



Comune di Cuneo



Committenti:

Sigg. Ferrero Tommaso, Ferrero Giuseppe, Meinero Franco Vittorio, Negri Emanuele,
Dalmaso Giovanni Maria e Comune di Cuneo

**PROGETTO DI PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO
PER REALIZZAZIONE DI N. 2 FABBRICATI PLURIFAMILIARI E OPERE DI
URBANIZZAZIONE**

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Ai sensi del D.M. 17.01.2018 e delle N.T.A. del P.R.G.C. di Cuneo

Marzo 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



INDICE

1	PREMESSA	2
2	VINCOLI E QUADRO NORMATIVO	7
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	8
4	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	9
5	ASSETTO IDROGEOLOGICO ED IDRAULICO	10
6	INDAGINI GEOGNOSTICHE	11
	6.1 Indagine sismica attiva MASW.....	13
	6.2 Indagini sismiche passive HVSR	15
	6.2 Indagini di repertorio	16
	6.3 Modello geologico	17
7	MODELLO GEOTECNICO.....	17
8	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO	20
	8.1 Pericolosità sismica di base	20
	8.2 Pericolosità sismica di sito	22
9	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	23
10	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	25

- Allegato A – *Indagini geognostiche e geofisiche*
- Allegato B – *Stralci di progetto*

1 PREMESSA

La presente relazione illustra le risultanze delle indagini effettuate al fine di verificare la compatibilità geologica e geomorfologica, nonché di caratterizzare i terreni di fondazione sotto l'aspetto geotecnico e sismico dell'intervento in oggetto, il quale prevede la realizzazione di un Piano Esecutivo Convenzionato (P.E.C.) sito in Comune di Cuneo (CN), all'interno di un'area compresa tra Via Nino Berrini, Via Bodina, Via Tancredi Dotta Rosso, Via Medaglie d'Oro e Via Guido Verzone.

Il P.E.C. in esame (Comparto "A"), sviluppato su un'area complessiva pari a 7'099 m², prevede la demolizione di n. 7 fabbricati per una volumetria totale pari a 3'431 m³ e la realizzazione delle opere di urbanizzazione pertinenti a n. 2 fabbricati ad uso residenziale di nuova esecuzione. Tali nuovi fabbricati occuperanno due distinti lotti di superficie pari a 1'958 m² (Lotto 1, sud) e 1'644 m² (Lotto 2, nord). Le opere di urbanizzazione previste nel P.E.C. riguardano viabilità pubblica (840 m²), parcheggi pubblici (720 m²), verde pubblico attrezzato (911 m²), marciapiedi (987 m²) e una cabina elettrica dell'Enel (39 m²), con la contestuale realizzazione e posa della rete stradale, fognaria, acquedottistica, metano, elettrica, telefonica, illuminazione pubblica e irrigazione del verde pubblico. Per maggiori dettagli riguardo le caratteristiche tecniche dell'intervento, si rimanda agli elaborati progettuali a cura dello Studio Tecnico dott. Arch. Umberto Fino.

Il corrispondente topografico del sito di indagine è individuabile nel database cartografico "BDTRE" della Regione Piemonte in Figura 1 e nell'immagine satellitare di Figura 2.

Catastalmente, l'oggetto dell'intervento è collocato al Foglio 91, Particelle 821, 67, 68, 70, 171, 574, 127, 1396, 1352, 673, 737, 665, 802, 72, 1391, 666, 562, 804, 805, 917, 533, 1355 e 115 del Comune di Cuneo (Figura 3).

Le coordinate di baricentro dell'opera sono:

latitudine N 44.37657

longitudine E 7.53898 (datum WGS84)

quota pari a circa 557 m s.l.m.

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 P.R.G.C. di Cuneo, agli altri elaborati geologici di adeguamento

al P.A.I. allegati allo Strumento Urbanistico vigente e ai dati disponibili nelle banche dati di Arpa e Regione Piemonte.

In riferimento alla caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica dei terreni di fondazione, sono state eseguite in sito le seguenti indagini:

- n. 1 indagine attiva MASW per la caratterizzazione geotecnica e sismica del sito;
- n. 2 indagini passive HVSR per la definizione dei picchi di amplificazione del terreno di fondazione.

Si fa inoltre nel seguito riferimento ad indagini di repertorio (sondaggi geognostici a carotaggio continuo) eseguiti nell'ambito di interesse e finalizzati alla progettazione della vicina Est-Ovest.

Lo studio è stato eseguito ai sensi del D.M. 17.01.18 "Norme tecniche per le costruzioni (N.T.C.)", nonché delle N.T.A: del vigente Strumento Urbanistico.

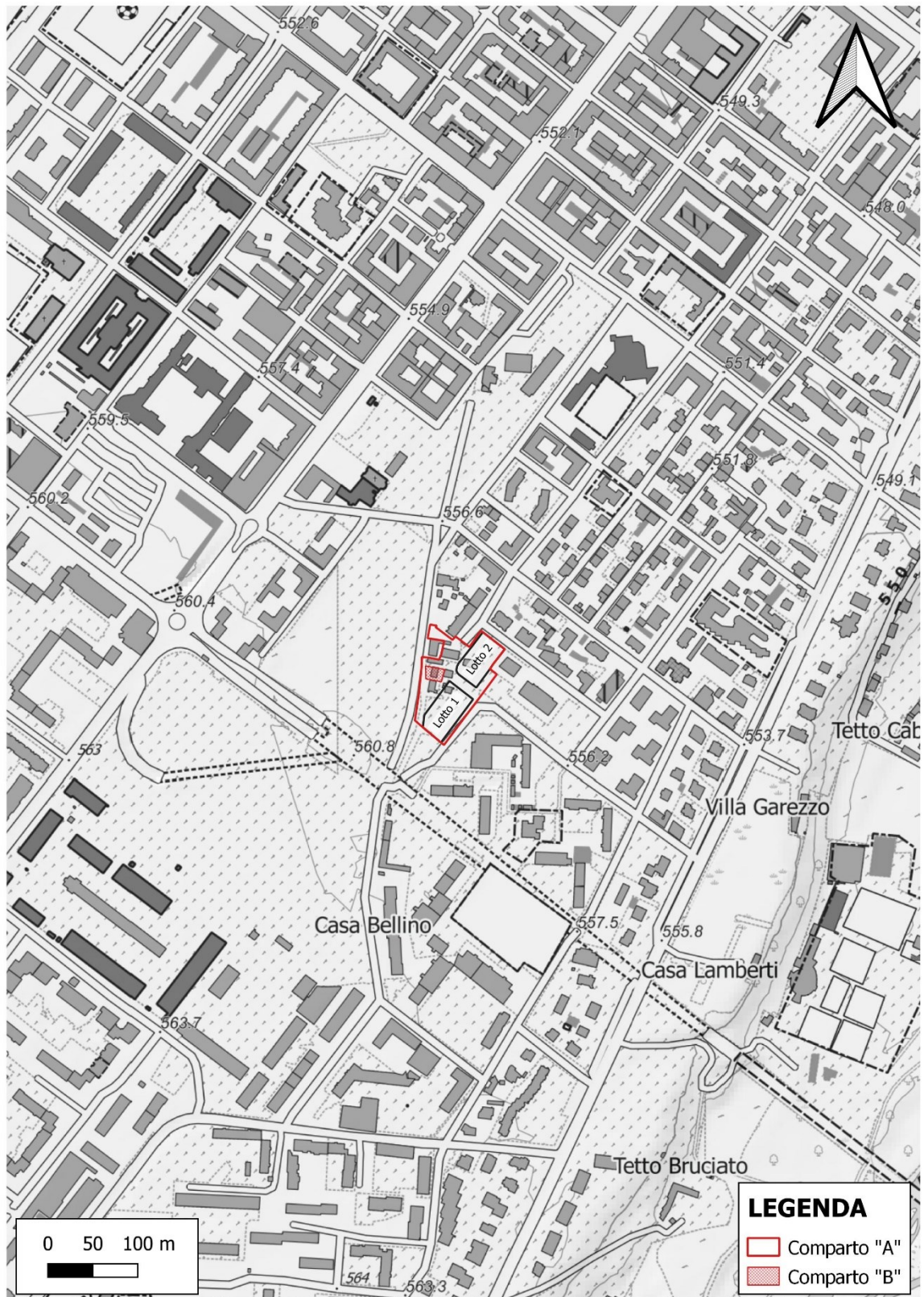


Figura 1 - Ubicazione del sito d'intervento alla scala 1:5'000 su "BDTRE - Base cartografica di riferimento in bianco e nero" e "Rilievo ombreggiato da Ripresa Aerea ICE 2009-2011" - Geo-servizi WMS Regione Piemonte.



Figura 2 - Localizzazione del sito d'intervento alla scala 1:2'500 su Ortofoto AGEA 2018 - Geo-servizio WMS Regione Piemonte.

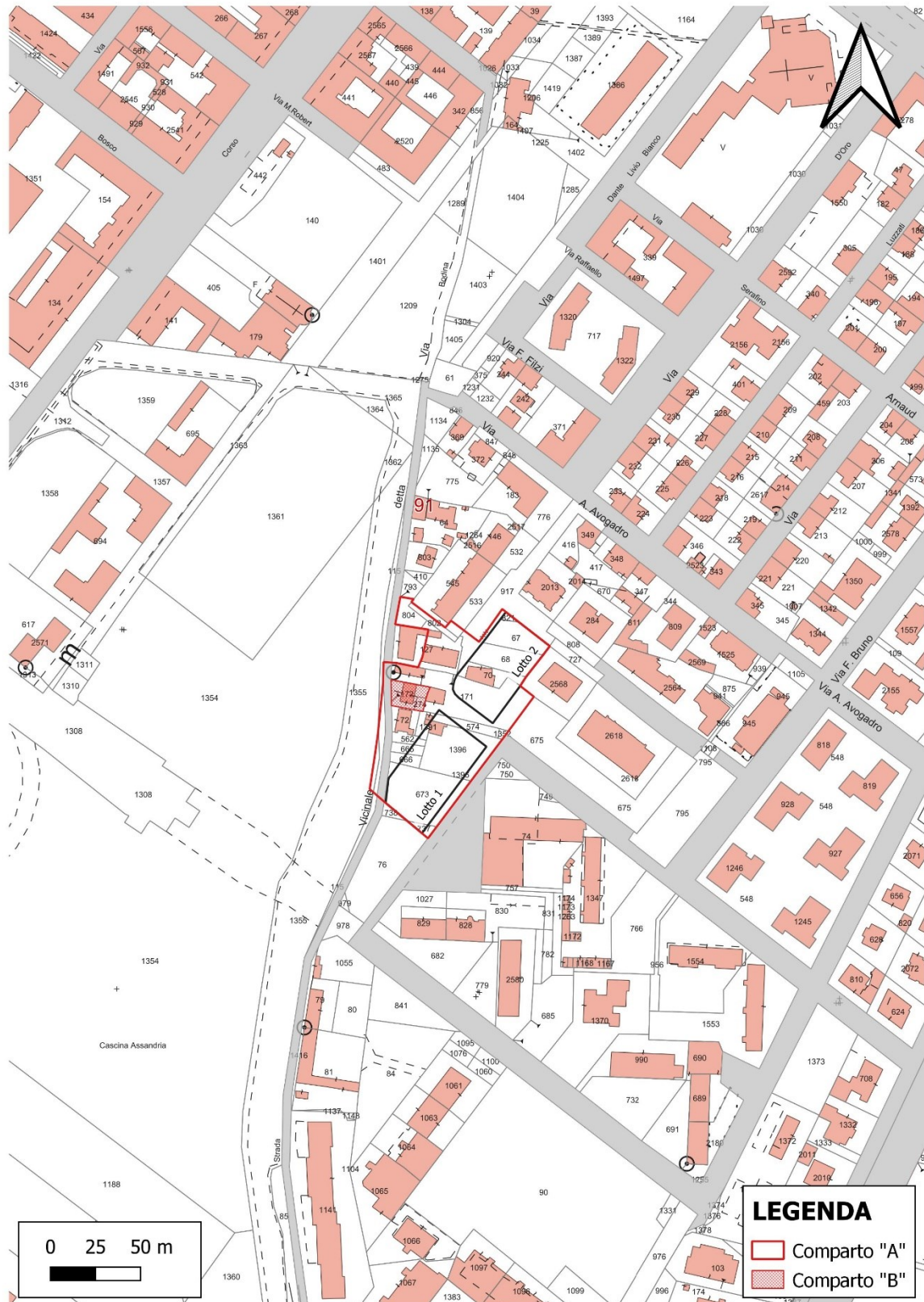


Figura 3 - Localizzazione del sito d'intervento alla scala 1:2'500 sulla mosaicatura catastale di riferimento regionale - Geo-servizio WMS Regione Piemonte.

2 VINCOLI E QUADRO NORMATIVO

L'area oggetto di studio è compresa in un settore pianeggiante del territorio comunale di Cuneo classificato in *Classe I* di sintesi della pericolosità geomorfologica e di idoneità all'utilizzazione urbanistica. Tale classe definisce *“porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non imporre limitazioni alle scelte urbanistiche”*.

L'area oggetto di studio non ricade in area sottoposta a vincolo per scopi idrogeologici (R.G.L. 30.12.1923 n. 3267 e L.R. 45/89).

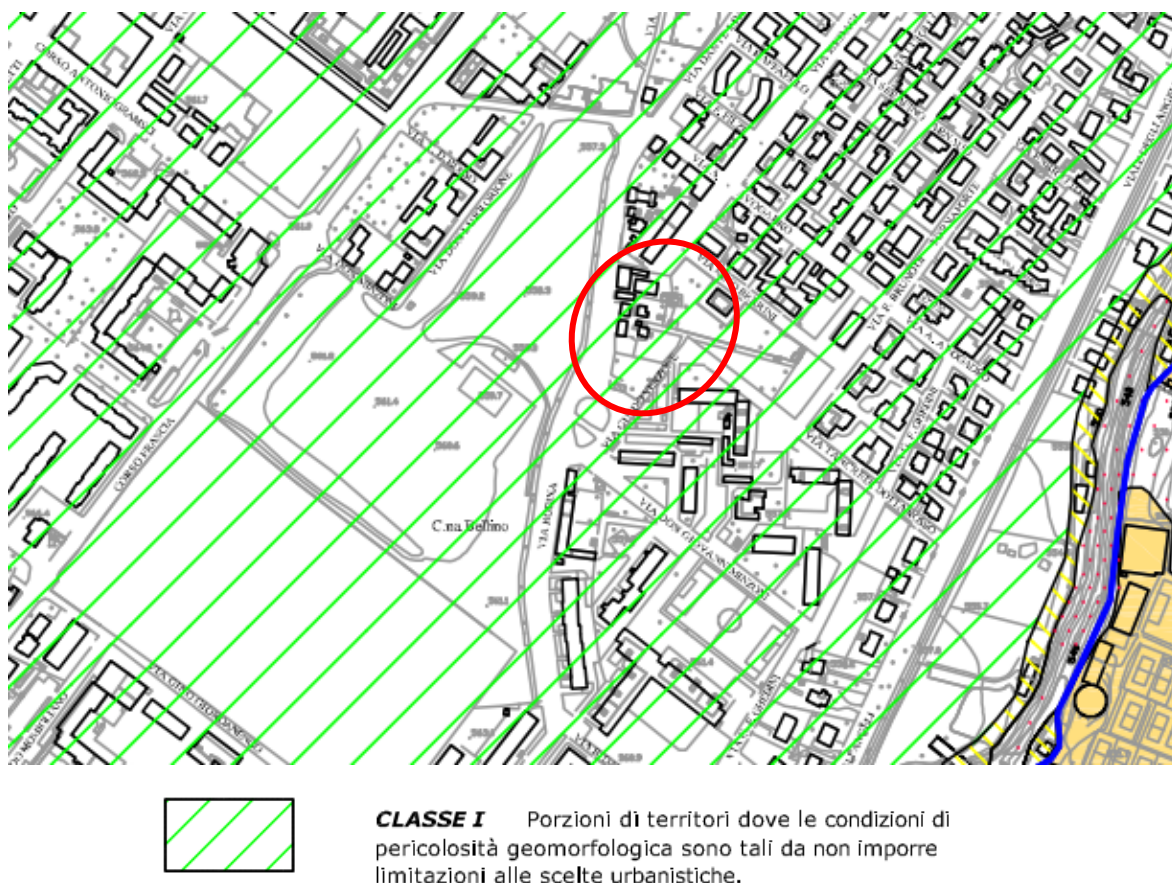


Figura 4 - Stralcio dalla Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfologica e dell'Idoneità all'Utilizzazione Urbanistica del PRGC di Cuneo. Con indicazione del sito di intervento e legenda.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in esame afferisce morfologicamente all'alta pianura cuneese, che rappresenta dal punto di vista paleogeografico la terminazione meridionale del Bacino Terziario Liguro-Piemontese, ove si depositò nel Quaternario, a seguito di una fase di accentuata subsidenza, una potente serie di depositi continentali che raggiunge in alcune zone spessori anche superiori al chilometro.

L'altopiano di Cuneo risulta costituito da depositi fluvio-glaciali pleistocenico-oligocenici che nella bibliografia più recente (Civita et al., 2011) sono attribuiti alla "Unità alluvionale del livello fondamentale della pianura". Si tratta di depositi prevalentemente grossolani (ciottoli, ghiaia e subordinati blocchi in matrice prevalentemente sabbiosa) depositati dal F. Stura e dal T. Gesso. I clasti, di norma ben arrotondati ed esenti da processi di alterazione fisico-chimica, denotano scarsa classazione granulometrica, con prevalenza di elementi di grossa pezzatura appartenenti alle litologie affioranti nei bacini idrografici dei corsi d'acqua suddetti.

Come osservabile in corrispondenza di spaccati naturali ed artificiali sull'altopiano o lungo le scarpate di terrazzo del T. Gesso e del Fiume Stura di Demonte, nella sequenza stratigrafica si evidenziano livelli ghiaioso-conglomeratici di potenza metrica, con grado di cementazione variabile sia in senso verticale che orizzontale.

Al tetto dei depositi fluviali è presente un suolo di alterazione costituito da argille sabbioso-limose di colore nocciola dello spessore, in genere, di circa 1 m.

La successione quaternaria insiste verosimilmente su un basamento litoide pre-terziario costituito da rocce afferenti alla Zona dei Calcescisti con Pietre Verdi.

In particolare, il sito di indagine giace su una potente coltre di copertura alluvionale continentale i cui terreni sono costituiti da depositi fluviali e fluvioglaciali terrazzati (Olocene) legati all'attività del Fiume Stura e del Torrente Gesso. I materiali sono caratterizzati dalla presenza di ghiaie ciottolose in abbondante matrice sabbioso-limosa con lenti di sabbie, livelli e corpi lentiformi cementati. In superficie è presente altresì un suolo argillificato di potenza decimetrica (Galliano, 2002).

Per ulteriori informazioni di carattere geologico generale, si rimanda al Foglio 80 "Cuneo" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100'000 (Figura 5) ed alla Carta Geologica del Piemonte in scala 1:250'000 (Piana et al., 2017).

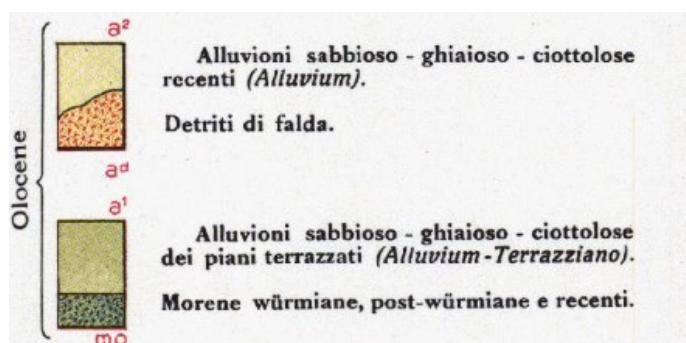
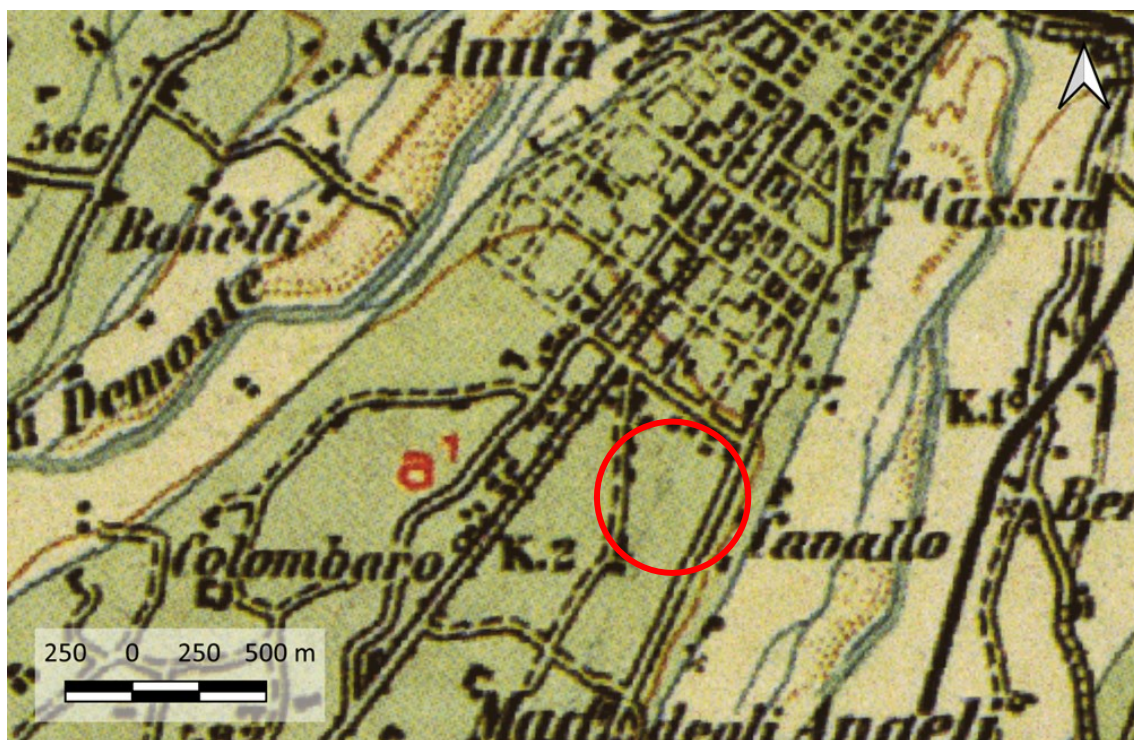


Figura 5 - Stralcio dalla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 80 "Cuneo". Con legenda ed ubicazione del sito d'intervento. Scala 1:25000.

4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'assetto geomorfologico locale, dato da un altopiano contornato da ordini di terrazzi secondari a quote via via decrescenti, rappresenta il risultato di diversi cicli erosivi e deposizionali legati al susseguirsi di eventi alluvionali, collegati alle fasi di avanzamento e ritiro glaciale succedutisi durante il Pleistocene ed al noto fenomeno della "cattura del F. Tanaro", avvenuto probabilmente al termine dell'ultima glaciazione.

L'altopiano si configura come il risultato dell'interdigitazione di due principali conoidi alluvionali generate dall'imponente fase di deposito post-glaciale del Fiume Stura

e del Torrente Maira, con modesti contributi dei Torrenti Gesso e Grana, ormai obliterate dall'assetto attuale dei principali corsi d'acqua (Galliano, 2002).

In dettaglio, il sito in esame è ubicato su un terrazzo alluvionale significativamente esteso, appartenente al 1° Ordine della Serie Quaternaria dei depositi alluvionali e caratterizzato da una morfologia da pianeggiante a sub-pianeggiante.

Lo studio eseguito, nonché l'analisi della cartografia tecnica allegata al P.R.G.C. vigente e al P.A.I. e della banca dati del progetto SIFraP, non ha evidenziato la presenza di processi di instabilità in atto o potenziale.

5 ASSETTO IDROGEOLOGICO ED IDRAULICO

Alla luce dell'interpretazione stratigrafica di Irace et al. (2009), dal punto di vista idrogeologico il sito in esame ricade nel Gruppo Acquifero A (corrispondente al Sintema Q2), l'unico appartenente all'Acquifero superficiale, in cui l'unità idrogeologica principale individuata è un acquifero monostrato, così individuato sulla base della granulometria e della permeabilità prevalente dei depositi stessi. Tale gruppo acquifero raggiunge, nelle aree pedemontane come nel caso in esame, potenze dell'ordine di 80 m circa, presenta una buona permeabilità ed è caratterizzato dalla presenza esclusivamente di acque dolci (Irace et al., 2009).

L'assetto idrogeologico dell'area d'indagine è influenzato direttamente dalla situazione stratigrafico - strutturale dei complessi geolitologici presenti e dalle caratteristiche morfologiche del territorio in oggetto. Alla luce di quanto precedentemente descritto, nell'area d'indagine si evidenzia la presenza di un acquifero a falda libera, la cui elevata soggiacenza, circa 50 m da p.c. (Galliano, 2002; Piano di Tutela delle Acque, 2007), garantisce la non interferenza con le opere in oggetto. La coltre superficiale di suolo argillificato può tuttavia essere sede di una locale circolazione idrica alimentata essenzialmente dalle acque di infiltrazione a seguito di eventi di precipitazione abbondante.

Dal punto di vista idraulico e della dinamica torrentizia, l'area non presenta elementi di pericolosità legati alla dinamica dei corsi d'acqua, in considerazione della

posizione rilevata e discosta rispetto al reticolo idrografico principale e dell'assenza di linee di deflusso secondarie. Relativamente agli aspetti idrologici, si segnala che la superficie impermeabilizzata del P.E.C. in esame è pari a meno del 70% dell'area totale, ossia pari a circa 4'799 m². Le acque meteoriche intercettate da tale superficie risultano correttamente raccolte e convogliate nella rete fognaria delle acque bianche, il cui smaltimento finale avviene tramite pozzi perdenti, presenti in n. 3 unità all'interno dell'area del P.E.C. in esame. Considerata la permeabilità elevata dei depositi presenti in sito, si evidenzia la compatibilità geologica e idrogeologica di detti pozzi perdenti.

6 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Effettuato un inquadramento geologico basato sui dati bibliografici noti, per definire l'assetto geotecnico e sismico dell'area in esame sono state eseguite delle indagini geognostiche indirette di tipo geofisico in corrispondenza del sito di indagine (Figura 6), consistenti in:

- n. 1 indagine sismica attiva di tipo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) per la definizione della velocità $V_{s,eq}$ ai fini della classificazione sismica dell'area in oggetto, nonché della parametrizzazione geotecnica del terreno di indagine;
- n. 2 indagini sismiche passive HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) per la definizione dei picchi di amplificazione (F_0) del terreno di fondazione.

Si fa inoltre riferimento ad indagine geologiche e geotecniche in sito di repertorio:

- n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo eseguiti in fase di progettazione della bretella stradale della Est-Ovest (Figura 7)

I report delle indagini sono riportati in Allegato A, in calce alla relazione. L'ubicazione delle indagini geognostiche è stata scelta sulla base delle condizioni operative presenti, degli ingombri e degli spazi effettivamente a disposizione, in relazione agli obiettivi dell'indagine.



Figura 6 - Ubicazione delle indagini geofisiche eseguite in sito alla Scala 1:1'500.

Campagna sondaggi geognostici a carotaggio continuo, 1998 (CONICOS)

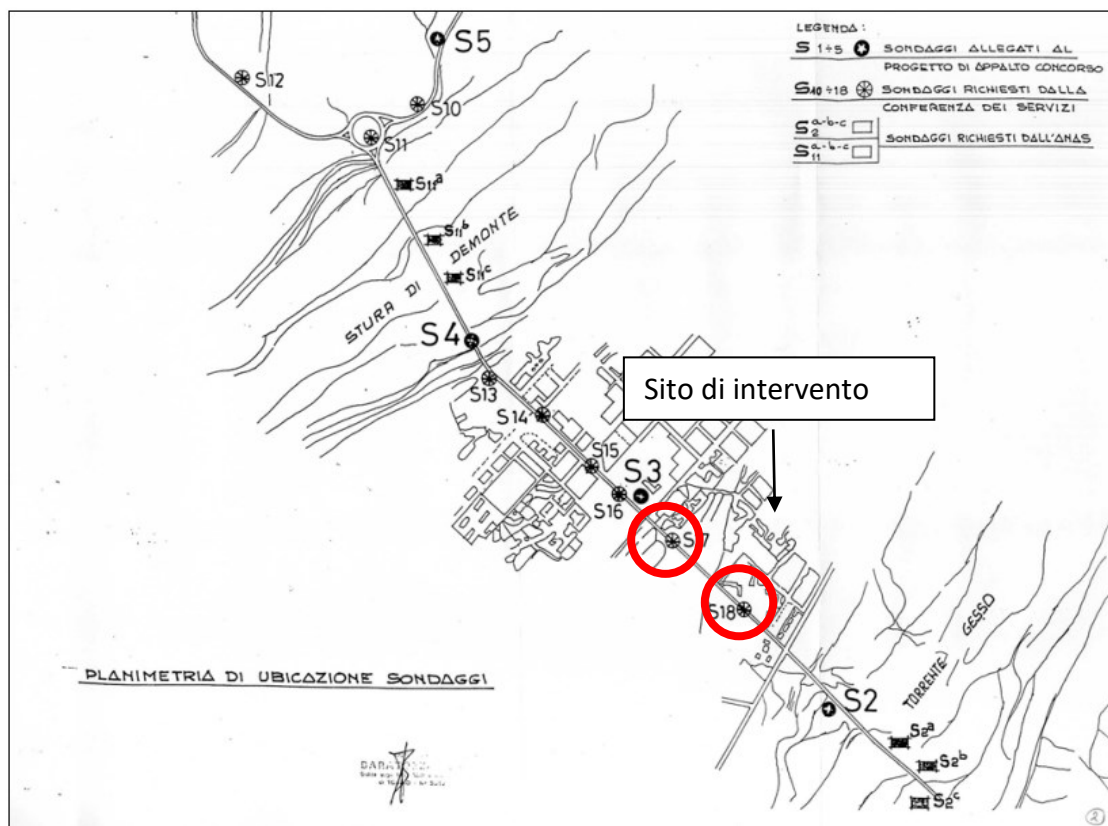


Figura 7 - Ubicazione dei sondaggi geognostici presi in considerazione.

6.1 Indagine sismica attiva MASW

L'indagine MASW a 24 canali geofonici è stata effettuata con un sismografo EEG BR24 della Environmental and Engineering Geophysics S.r.l. (Figura 8) con massa battente da 6 kg, distanza intergeofonica di 1.5 m e con battute esterne a 8 e 4 m.



Figura 8 - Stendimento geofonico passo 1.5 m per indagine MASW

6.1.1 Classificazione sismica del suolo

Il DM 17.01.2018 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:

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

dove h_i e $V_{s,i}$ indicano rispettivamente lo spessore (m) e la velocità (m/s) delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti tra il piano campagna ed il substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

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

6.1.2 Successione stratigrafica dedotta dalla prova MASW

La prova MASW (Allegato A) ha permesso di ottenere una stratigrafia semplificata descritta nella Tabella 1 seguente.

Tabella 1 - Stratigrafia semplificata del sito da prova MASW.

Livello	Profondità [m da p.c.]	Descrizione	Velocità V_s [m/s]
1	0 ÷ 1.1	Suolo vegetale frammisto a materiali di riporto a rigidità molto bassa	< 100
2	1.1 ÷ 2.4	Materiali sciolti a rigidità bassa	100 ÷ 260
3	2.4 ÷ 14.1	Materiali sciolti a rigidità media	260 ÷ 410
4	14.1 ÷ 30.0	Materiali sciolti a rigidità elevata	410 ÷ 830

6.1.3 Classificazione sismica di sito

Il valore di $V_{s,eq}$ calcolato al piano campagna è pari a 435 m/s. È pertanto possibile definire il contesto geotecnico esaminato come suolo di categoria “B”.

Categoria	Descrizione	V_s [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.	435 m/s

6.2 Indagini sismiche passive HVSR

Le misure passive di microtremore ambientale HVSR sono state eseguite per mezzo di un geofono 3D della EEG S.r.l. (Figura 9) progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico, dotato di tre geofoni interni orientati secondo una terna di assi cartesiani (N-S, E-W e verticalmente). L'indagine, effettuata contestualmente alla MASW è utile per la definizione di vincoli durante l'interpretazione dei dati.



Figura 9 - Geofono 3D Pasi Gemini 2 in sito di prova (HV1).

La curve HVSR risultanti dalle indagini presentano picchi di amplificazione (F_0) del terreno di fondazione alle frequenze di 13.1 Hz (HV01) e di 14.3 Hz (HV02) associati a probabile contrasto fra la copertura corticale di superficie e i depositi sciolti addensati sottostanti.

Nel caso di strutture caratterizzate da un tempo di oscillazione $T_1 = 0.076$ s (pari a 1/13.1 Hz) nel Lotto 1 e $T_1 = 0.069$ s (pari a 1/14.3 Hz) nel Lotto 2 (Figura 4), si verificherebbe, verosimilmente, un notevole effetto di amplificazione sismica (doppia risonanza).

6.2 Indagini di repertorio

Nell'intorno dell'area in esame sono state eseguite numerose indagini geognostiche e pozzi nel recente passato, la cui ubicazione planimetrica è riportata in Figura 7.

I dati provengono in particolare dal n.2 stratigrafie di sondaggi a carotaggio continuo.

Si tratta, nella fattispecie di indagini terebrate sino alla profondità di 25 m propedeutici alla realizzazione della bretella stradale Est-Ovest. La stratigrafia media estrapolabile dai sondaggi S17 e S18 è come di seguito riassumibile:

- 0.00 – 4.50 m sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose mediamente addensate;
- 4.50 – 11.00m ghiaia ciottolosa in matrice sabbioso-limosa addensata;
- 11.00 – 16.00m sabbie ghiaiose con ciottoli con grado di addensamento alto;
- 16.00 – 25.00m ghiaia ciottolosa in matrice sabbioso-limoso-argillosa ben addensata.

Le prove SPT in foro hanno determinato i seguenti risultati (Tabella 2).

Tabella 2 - Riassunto prove SPT

Sondaggio	Profondità (m)	N1	N2	N3	Nspt
S17	3	17	25	34	59
	6	R			R
	9	27	32	34	66
	12	13	13	24	37
	15	15	24	19	43
	18	19	19	20	39
S18	3	15	39	41	80
	6	R			R
	9	31	36	46	82
	12	13	50	20	70
	15	53	17	29	46
	18	19	20	30	50

6.3 Modello geologico

Viene di seguito riportato il modello geologico desunto dalle considerazioni geologiche, dalle prove sismiche eseguite e dalle indagini di repertorio (Tabella 3).

Tabella 3 – Modello geologico del sito

Livello	Descrizione		Profondità indicativa
1	Suolo vegetale frammisto a riporto antropico scarsamente addensato		0 ÷ 1 m
2	Depositi ghiaioso-ciottolosi in matrice sabbiosa con grado di addensamento medio		1 ÷ 14 m
3	Depositi ghiaioso-ciottolosi in matrice sabbiosa e sabbie ghiaiose con grado di addensamento elevato		> 14 m

7 MODELLO GEOTECNICO

Si riporta nel seguito, sulla base degli esiti delle prove geofisiche e delle prove NSPT eseguite in foro nei sondaggi geognostici di repertorio, utilizzate come controllo del dato, una parametrizzazione geotecnica delle unità litologiche individuate precedentemente.

I parametri sismici cinematici di 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 N_{SPT} si è utilizzata la formula di Ohta and Goto (1978):

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

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:

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

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 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 4 - Riassunto parametri geomeccanici da Vs

TABELLA COMPLETA PARAMETRI GEOTECNICI (moduli in [kg/cm ²])									
Profondità [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ν [-]	γ [g/cm ³]	N-SPT	Φ' [°]	E _{din} [kg/cm ²]	G _{din} [kg/cm ²]	K _{din} [kg/cm ²]
-1.13	202	97	0.35	1.17	1	20	29.7	11.0	33.0
-2.41	543	261	0.35	1.50	25	34	275.3	102.0	305.9
-8.09	853	410	0.35	1.68	50	45	760.5	281.7	845.0
-14.14	841	404	0.35	1.67	50	45	735.7	272.5	817.4
-21.39	1282	616	0.35	1.86	50	45	1900.6	703.9	2111.7
-29.33	1722	827	0.35	2.00	50	45	3687.4	1365.7	4097.1

Si osservi che:

- per l'angolo di attrito $N_{spt} > 50$ si ottengono valori ampiamente sovrastimati (45°) si imposta quindi, sulla base della bibliografia nota, un angolo di attrito massimo pari a $37,5^\circ$ in accordo con quanto osservato dalle numerose indagini effettuate per la realizzazione della variante della Est-Ovest;
- in considerazione del tipo di terreni (ghiaie e sabbie con ciottoli e blocchi) la coesione è cautelativamente nulla;
- i valori di peso di volume sono spesso sottostimati. Si prende in considerazione il peso di volume secco in quanto la falda è profonda ($> 40m$) e la tipologia dei terreni permette un veloce smaltimento delle sovrappressioni indotte dal carico delle fondazioni;
- i valori dei parametri geotecnici della prova MASW e quelli deducibili da NSPT risultano essere confrontabili.

Il modello geotecnico proposto è il seguente, in cui si riportano i valori caratteristici dei terreni. Si distinguono n.3 Unità Geotecniche di cui UG1 è compresa nel Livello 1 del Modello Geologico mentre la UG2 e UG3 sono parte del Livello 2 del Modello Geologico.

Profondità [m da p.c.]	UG	N_{SPT}	γ [kN/m ²]	Dr [%]	ϕ [°]
0.00 – 1.00	1	1	1.70	44	20
1.00 – 2.50	2	25	1.80	72	34
> 2.50	3	50	1.80	95	37.5

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 Cuneo è stato classificato in Zona Sismica 4. 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 la D.G.R. n. 11-13058 del 19.01.2010 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche" e la 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 Cuneo 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 *ag* con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi. Per il sito in esame (Zona Sismica 3s), tale cartografia fornisce un valore di accelerazione orizzontale *ag* compreso tra 0.125 e 0.15 g. Le coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito in esame e i valori della distanza rispetto ad esso sono le seguenti:

	ID	Latitudine N [°]	Longitudine E [°]	Distanza [m]
Sito 1	16675	44.3824	7.4723	5423.833
Sito 2	16676	44.3860	7.5420	959.211
Sito 3	16898	44.3361	7.5470	4630.725
Sito 4	16897	44.3326	7.4773	7065.067

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

- Classe edificio: 2
- Vita nominale: 50 anni
- Categoria sottosuolo: B
- Categoria topografica: T1
- Periodo di riferimento: 50 anni
- Coefficiente *c_u*: 1
- Tipo di elaborazione: stabilità dei pendii e fondazioni

	Probab. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0.037	2.462	0.202
Danno (SLD)	63	50	0.050	2.420	0.228
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0.132	2.473	0.281
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0.167	2,510	0.292

8.2 Pericolosità sismica di sito

Con riferimento all'individuazione della categoria del profilo stratigrafico del sottosuolo di fondazione, come definito dalle N.T.C. del D.M. 17.01.18, il sottosuolo di fondazione può 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, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)”*.

Con riferimento alle proprietà geotecniche dei terreni, considerando le loro caratteristiche granulometriche, non è possibile escludere la possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione. Tuttavia, ai sensi della vigente normativa (paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC18), l'area oggetto di studio rientra nei casi in cui la verifica della possibilità di liquefazione dei terreni in condizioni sismiche può essere omessa. Nel caso in esame tale verifica non è stata eseguita in quanto:

- la profondità media stagionale della falda è superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- i depositi sono costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$, dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- la distribuzione granulometrica dei depositi è esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$.

Per quanto concerne la vulnerabilità sismica, si fa presente che l'area indagata è situata su un'area prevalentemente sub-pianeggiante. Il sito in oggetto è stato pertanto compreso nella categoria di amplificazione topografica T1 *“Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ”* (N.T.C. 18 § 3.2.3 - Tab. 3.2.III) con un fattore di amplificazione topografica S_t pari a 1.0 (N.T.C. § 3.2.3 - Tab. 3.2.V).

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	0.004	0.439	0.200
SLD	1.200	1.480	1.000	0.012	0.006	0.591	0.200
SLV	1.200	1.420	1.000	0.038	0.019	1.552	0.240
SLC	1.200	1.410	1.000	0.048	0.024	1.961	0.240

9 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Alla luce di quanto sopra esposto, si riportano le seguenti considerazioni conclusive ed i sottoelencati provvedimenti da adottarsi dal punto di vista tecnico-operativo:

- Dal punto di vista geomorfologico, lo studio eseguito, nonché l'analisi della cartografia tecnica allegata al P.R.G.C. vigente e al P.A.I., non ha evidenziato la presenza di processi di instabilità in atto o potenziale.
- Dal punto di vista idrogeologico, si evidenzia la presenza di un acquifero a falda libera, la cui elevata soggiacenza, circa 50 m da p.c. (Galliano, 2002; Piano di Tutela delle Acque, 2007), garantisce la non interferenza con le opere in oggetto. La coltre superficiale di suolo argillificato può tuttavia essere sede di una locale circolazione idrica alimentata essenzialmente dalle acque di infiltrazione a seguito di eventi di precipitazione abbondante.
- Dal punto di vista idraulico e della dinamica torrentizia, l'area non presenta elementi di pericolosità legati alla dinamica dei corsi d'acqua, in considerazione

della posizione rilevata e discosta rispetto al reticolo idrografico principale e dell'assenza di linee di deflusso secondarie.

- Relativamente agli aspetti idrologici, si segnala che la superficie impermeabilizzata del P.E.C. in esame è pari a meno del 70% dell'area totale, ossia pari a circa 4'799 m². Le acque meteoriche intercettate da tale superficie risultano correttamente raccolte e convogliate nella rete fognaria delle acque bianche, il cui smaltimento finale avviene tramite pozzi perdenti, presenti in n. 3 unità all'interno dell'area del P.E.C. in esame. Considerata la permeabilità elevata dei depositi presenti in sito, si evidenzia la compatibilità geologica e idrogeologica di detti pozzi perdenti.
- Le indagini sismiche eseguite hanno permesso di classificare il terreno di fondazione come suolo di Categoria B ai sensi delle N.T.C. 2018, con un parametro $V_{s,30}$ pari a 435 m/s e picchi di amplificazione pari a 13.1 e 14.3 Hz.
- I terreni di fondazione degli edifici che verranno progettati sono verosimilmente corrispondenti alla UG3, con buone caratteristiche geomeccaniche, che potrebbero decadere soli in corrispondenza di livelli o lenti a granulometria fine. Al fine di verifica questa evenienza, in fase di progetto esecutivo degli edifici sarà necessario esperire opportune verifiche geologiche e geotecniche.
- Vista la tipologia dei materiali e la profondità degli scavi necessari per la realizzazione di interrati non sarà possibile eseguire scavi aperti a pareti inclinate, ma dovranno essere utilizzate opere provvisorie, oppure si dovrà fare riferimento ad opportuni studi per la verifica dell'angolo di scarpata degli scavi.

Con il presente documento è stato espletato l'incarico ricevuto e si attesta la conformità geologica e geomorfologica delle opere in oggetto. 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.

10 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Foglio n. 80 “Cuneo” della Carta Geologica d’Italia in scala 1:100'000 e relative Note Illustrative.

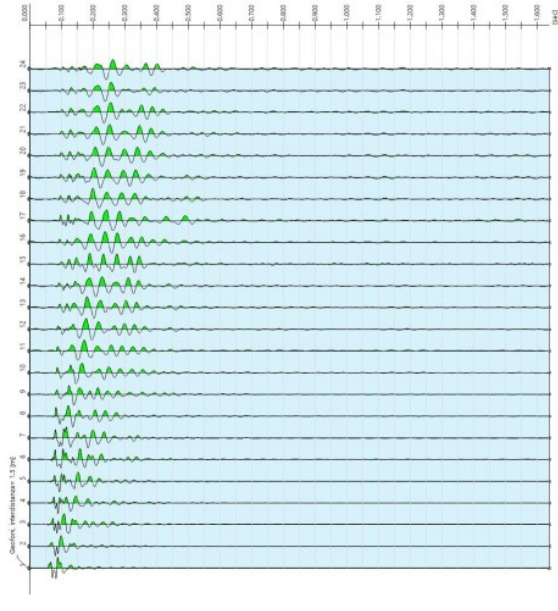
Galliano G. (2002) – “Relazione Geologico-Tecnica” e relative Tavole allegate al P.R.G.C. di Cuneo, 103 pp.

Irace A., Clemente P., Natalicchio M., Ossella L., Trenkwalder S., De Luca D.A., Mosca P., Piana F., Polino R., Violanti D. (2009) – “Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale”, CNR, Dipartimento di Scienze della Terra di Torino, Regione Piemonte, 126 p.

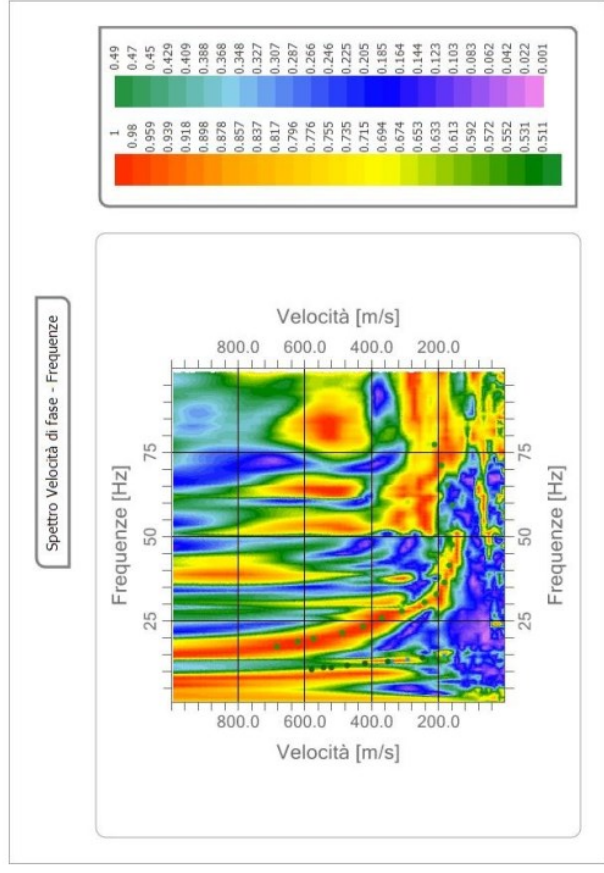
Piana F., Barale L., Compagnoni R., D’Atri A., Fioraso G., Irace A., Mosca P., Tallone S., Monegato G., Morelli M., Vigna B. (2017) – “Carta geologica del Piemonte alla scala 1:250.000 e Note Illustrative”. Accademia delle Scienze di Torino, Classe di Scienze Fisiche, Vol. 41, 146 pp - webgis.arpa.piemonte.it.

ALLEGATO A
Indagini geognostiche

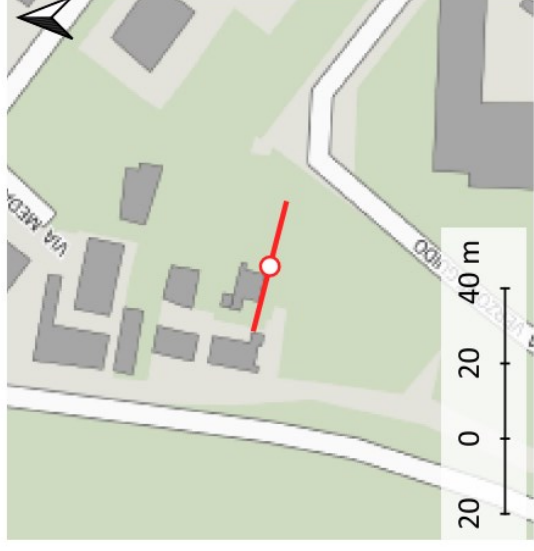
SISMOGRAMMA



SPETTRO VELOCITA' DI FASE-FREQUENZE



UBICAZIONE SU BDTRE PIEMONTE SCALA 1:2000



PROFILI DI VELOCITA' DELLE VS

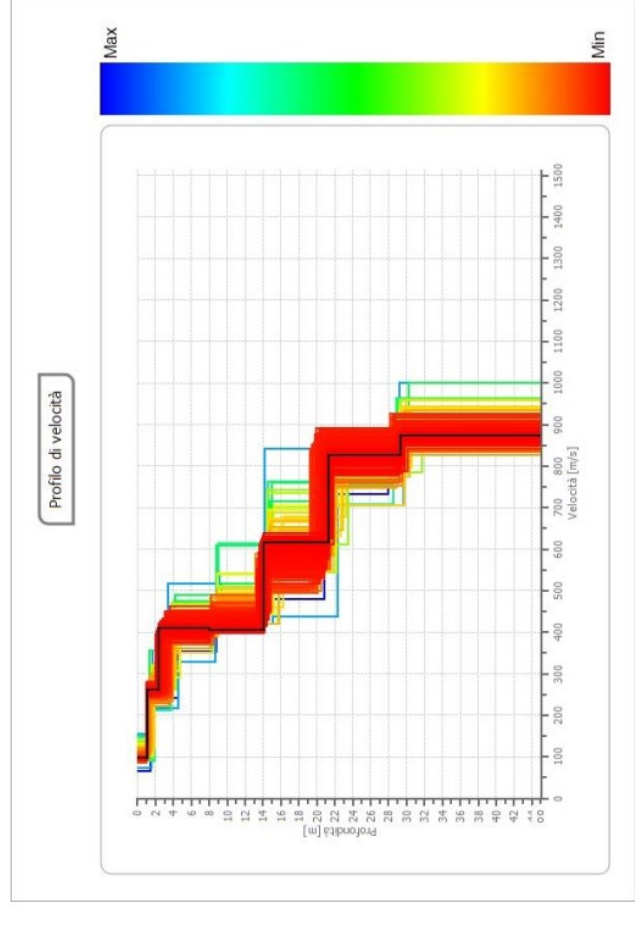


TABELLA PARAMETRI

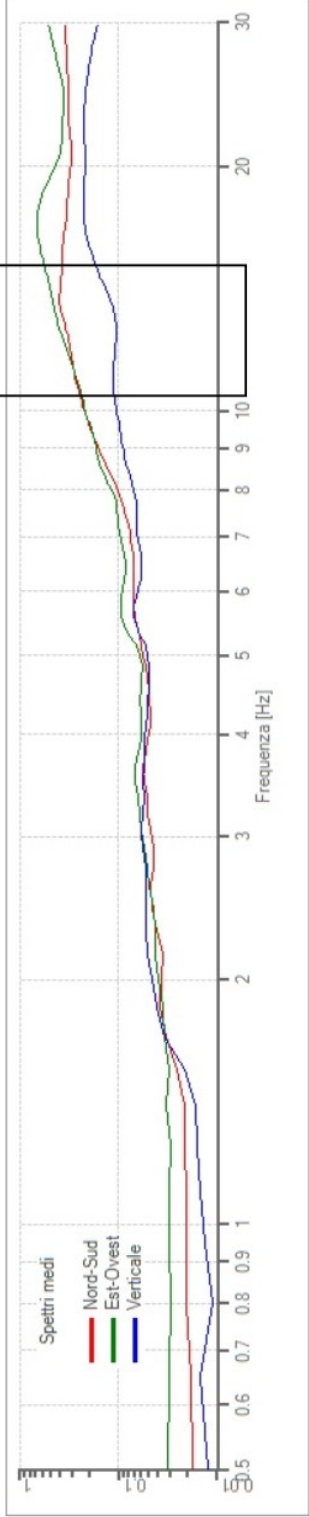
	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
1	1.13	1.13	97.29
2	2.41	1.28	261.32
3	8.09	5.68	410.56
4	14.14	6.05	404.57
5	21.39	7.25	616.73
6	29.33	7.95	827.02
7	00	00	872.83

$V_{s,30} = 435 \text{ m/s}$
Categoria di sottosuolo = B
Calcolata a partire da piano campagna

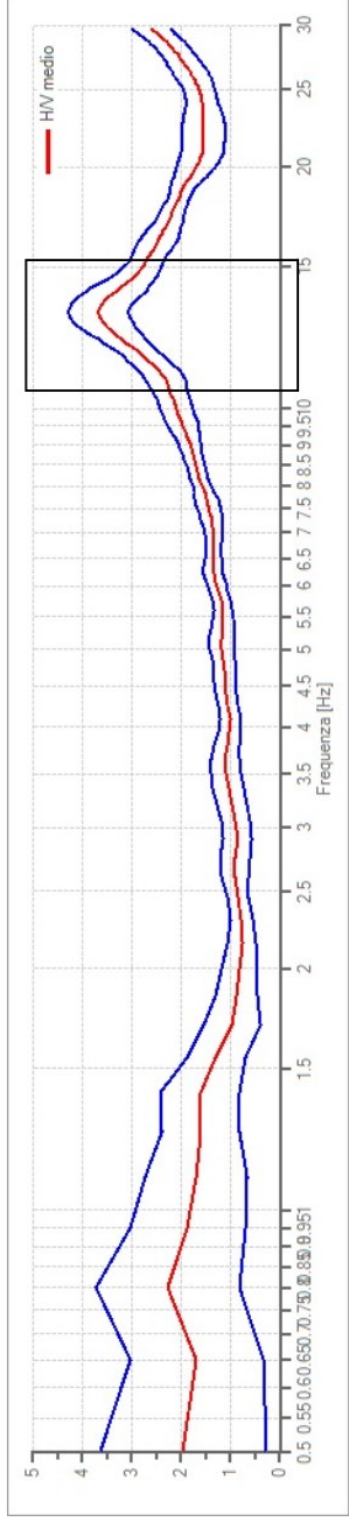
STAZIONE DI MISURA IN SITO



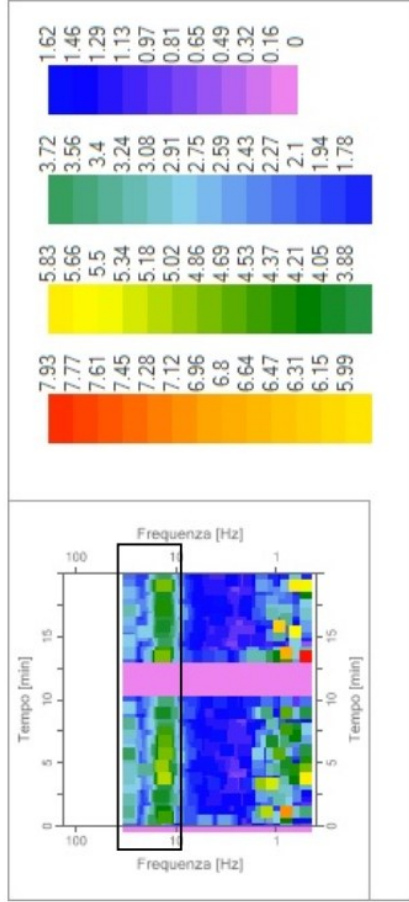
COMPONENTI XYZ DELLO SPETTRO DI FREQUENZA



RAPPORTO DELLE COMPONENTI SPETTRALI ORIZZONTALI SULLA VERTICALE



MAPPA DELLA STAZIONARIETA'



Strumento: EEG Srl 3G
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: 6/6
Picco fo: 13.1 Hz

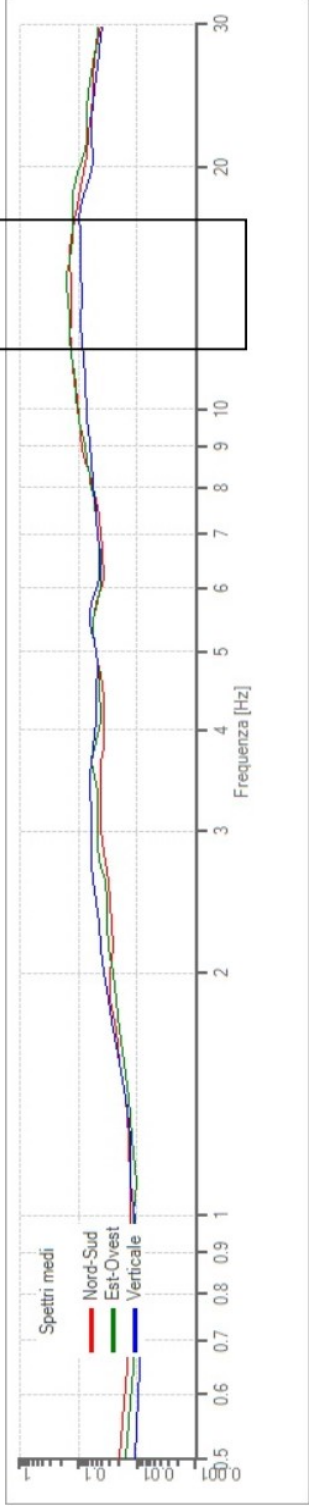
UBICAZIONE SU ORTOFOTO SATELLITARE. SCALA 1:2000



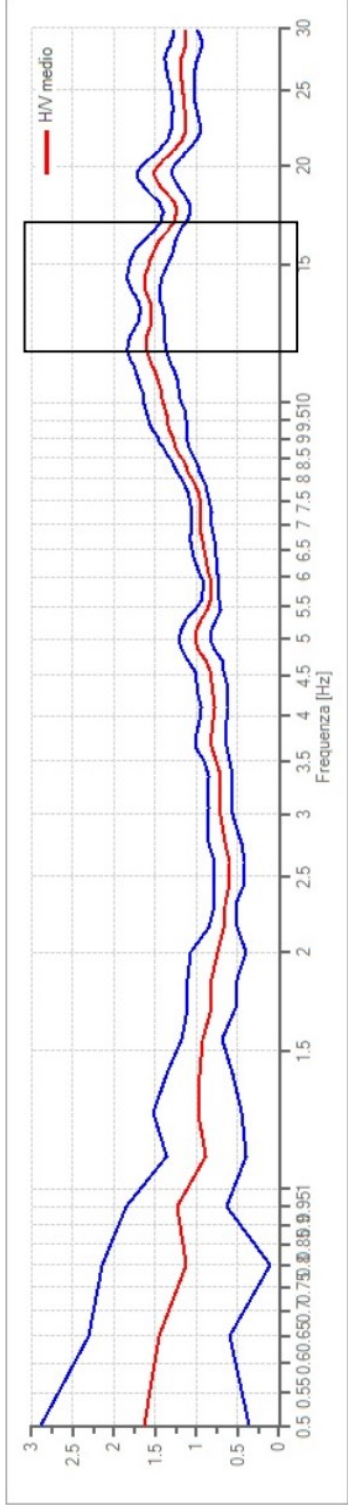
STAZIONE DI MISURA IN SITO



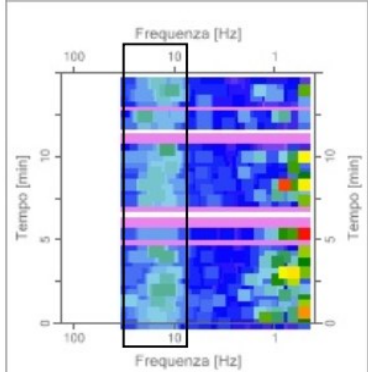
COMPONENTI XYZ DELLO SPETTRO DI FREQUENZA



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: 6/6

Picco fo: 14.3 Hz

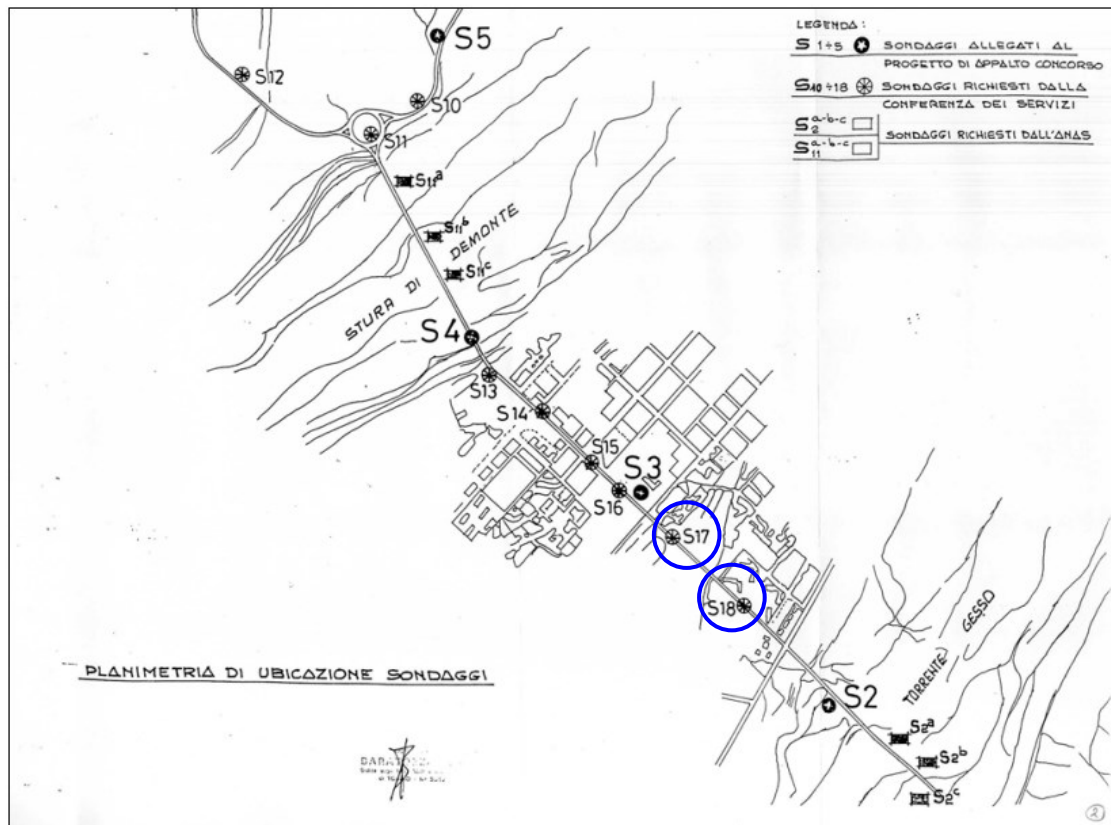
UBICAZIONE SU ORTOFOTO SATELLITARE: SCALA 1:2000

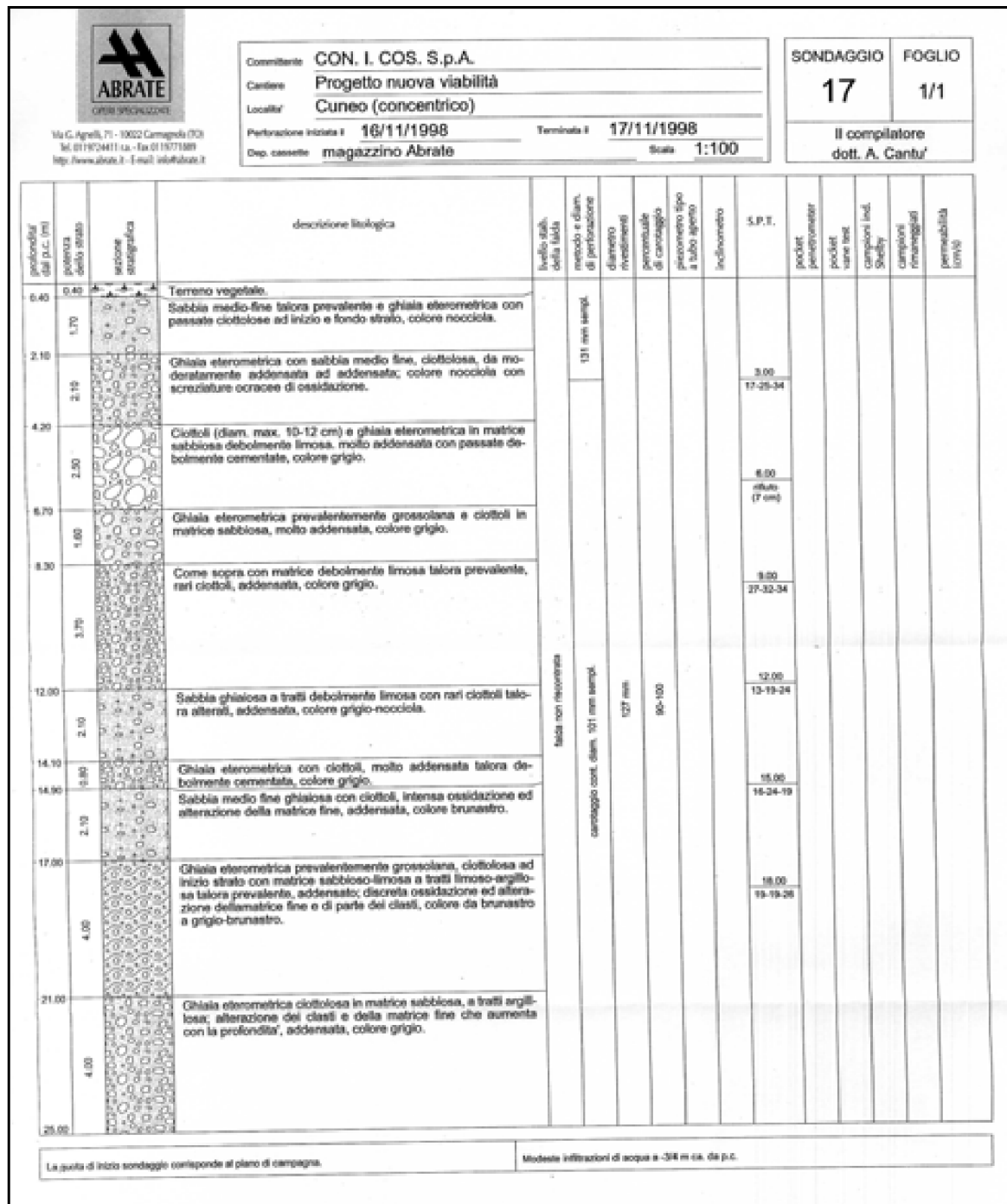


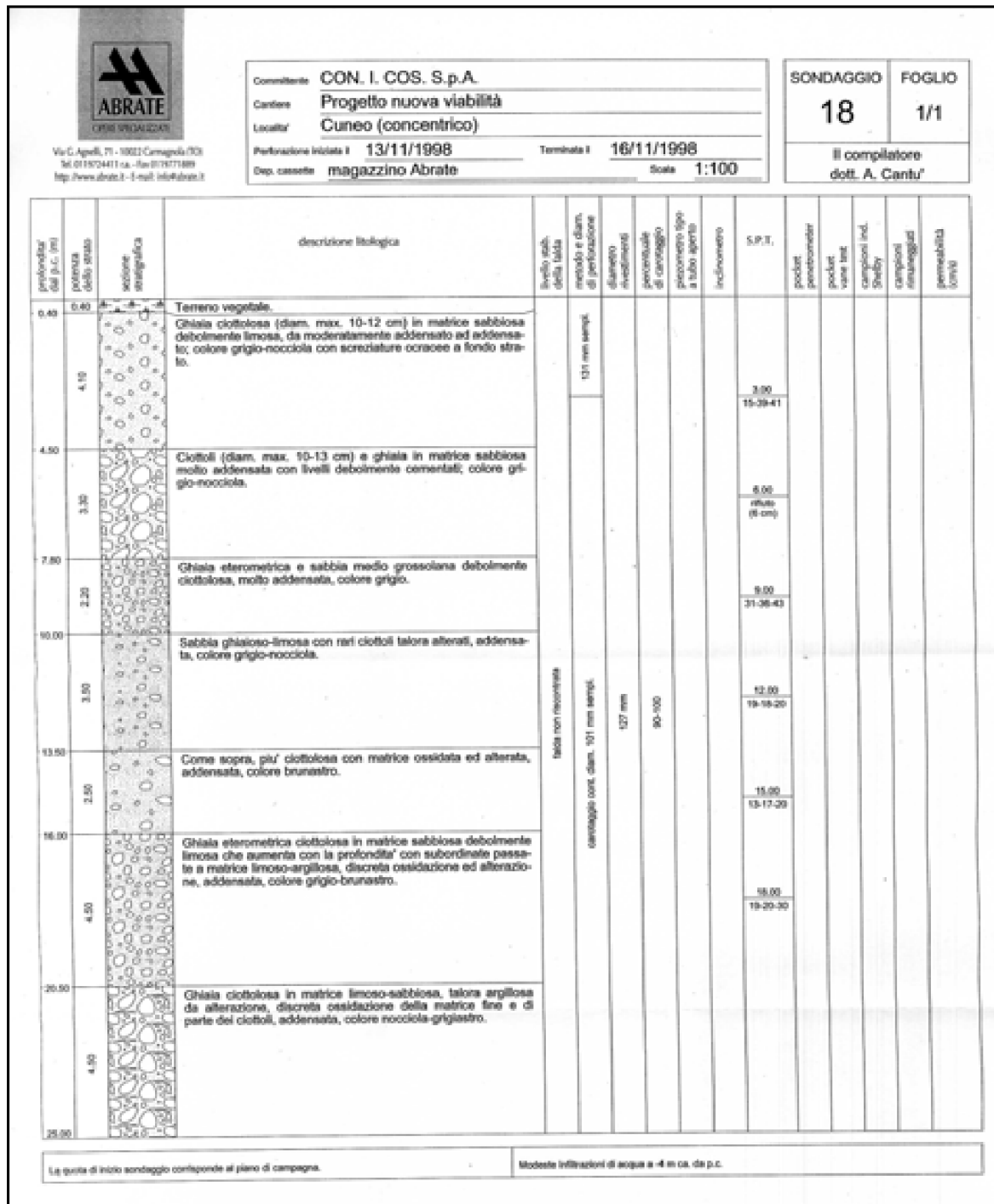
STAZIONE DI MISURA IN SITO



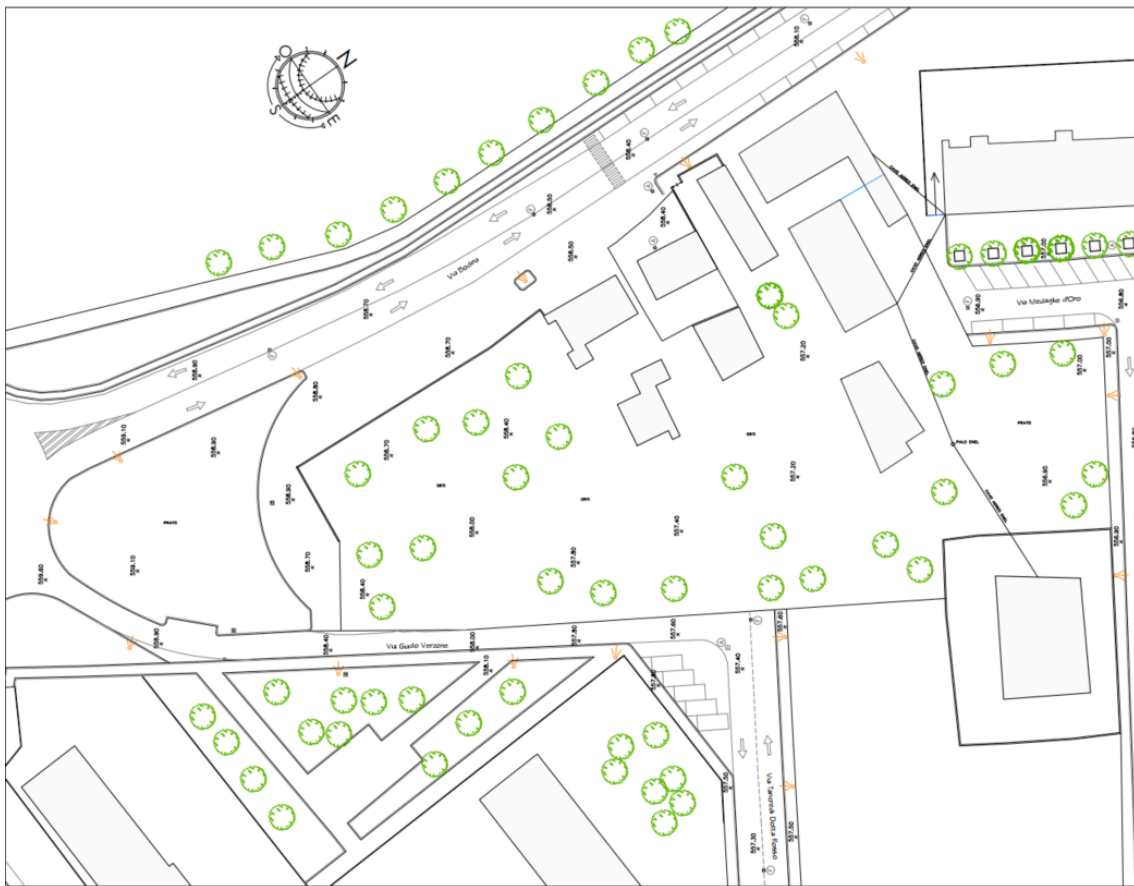
Campagna sondaggi geognostici a carotaggio continuo, 1998 (CONICOS)



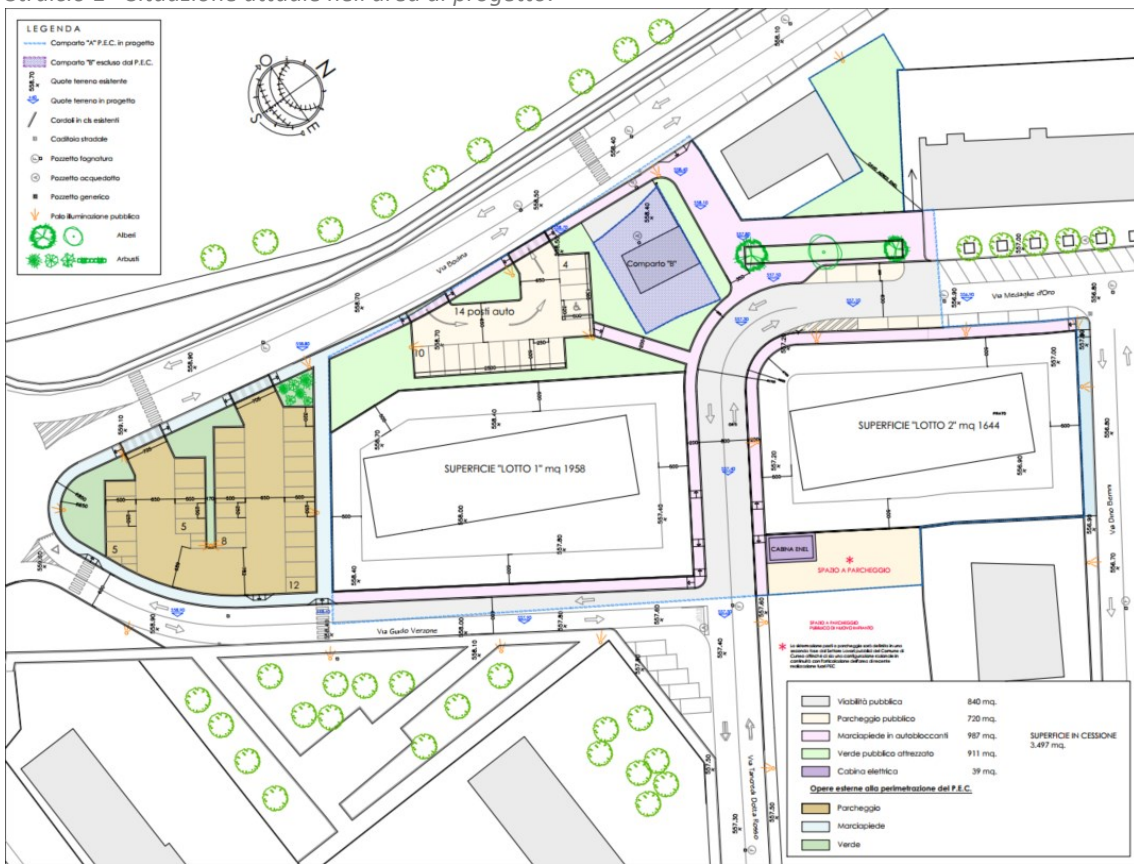




ALLEGATO B
Stralci di progetto



Stralcio 1 - Situazione attuale nell'area di progetto.



Stralcio 2 - Stato di progetto

The architectural drawings for the Riepiolo S.U.L. project include:

- Site Plan:** Shows the location of Palazzo 1 and Palazzo 2 within the urban context of Viale Giuseppe Verdi and Viale Dante Alighieri. A north arrow and scale bar (0-10m) are provided.
- Floor Plans:**
 - Palazzo 1:** Shows the ground floor (PIANO TERRAZZO) and attic floor (PIANO ATTICO) for compartments 1-2, 3-4, and 5.
 - Palazzo 2:** Shows the ground floor (PIANO TERRAZZO) and attic floor (PIANO ATTICO) for compartments 1-2, 3-4, and 5.
- Elevations:**
 - PROSPETTO LATERALE INDICATIVO DELLA TIPOLOGIA EDILIZIA:** A side elevation showing the building's profile and facade details.
 - PROSPETTO FRONTALE INDICATIVO DELLA TIPOLOGIA EDILIZIA:** A front elevation showing the building's facade and entrance details.

RIEPIOLO S.U.L.				
	PROPRIETÀ	S.U.L. TERRITORIALE	S.U.L. PREMIALITÀ	S.U.L. TOTALE
COMPARTO A	FERRERO Tommaso	6.366,00 mq.	285,91 mq.	6.651,91 mq.
	FERRERO Giuseppe			
	MEINERO Franco Vittorio			
	NEGRİ Emanuele			
	DALMASSO Giovanni Maria			
COMPARTO B	COMUNE DI CUNEO	733,00 mq.	0,00 mq.	733,00 mq.
	AMAR Giovanni	302,00 mq.	46,33 mq.	348,33 mq.
	DALMASSO Lucio			
	ANSELMİ Attilio			
	CONTA Maria Grazia			
	GALFRE' Donella	7.401,00 mq.	332,24 mq.	7.733,24 mq.

Studio Geologico dott. geol. Piero Adamo
Via Serafino Arnaud 6 Cuneo – geologo.adamo@gmail.com – 333 8571311