



Regione Piemonte



Comune di Borgo S. Dalmazzo

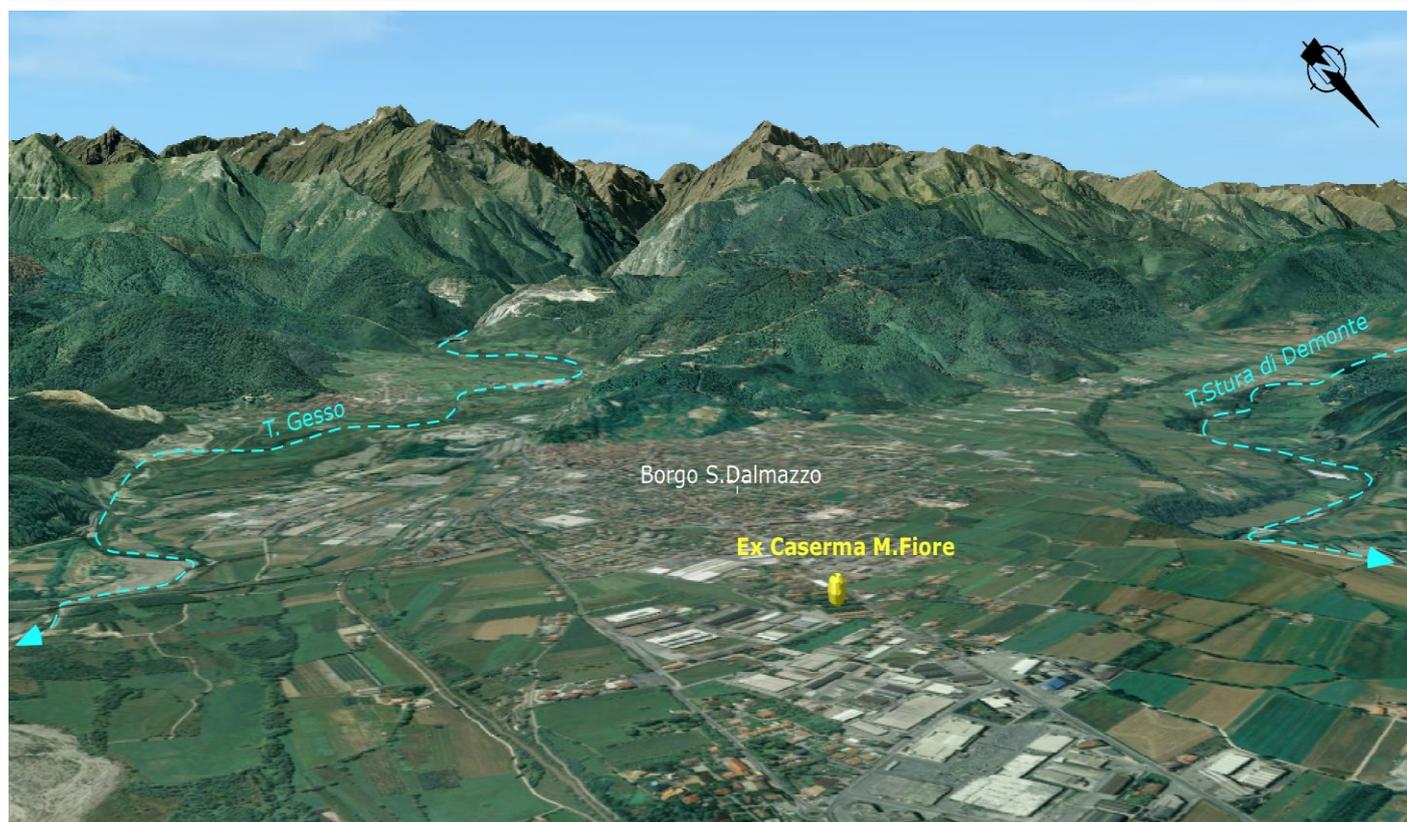


Provincia di Cuneo

STUDIO DI FATTIBILITA' PER LA VALORIZZAZIONE DELLA EX CASERMA MARIO FIORE

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

Normativa	L.R. 56/77 e s.m.i. NTC 2018	Codice documento	18_03_GG_Rev.00	Data	Luglio 2018
Ubicazione	Ex Caserma Mario Fiore				
Committente	Istituto Scenari Immobiliari – Galleria Passerella, 1 – 20121 Milano (MI)				
Professionista incaricato	 <p>Via A. Campana 14 12016 Peveragno (CN) Cell. +39 3404923790 C.F.: BRDNDR71C03E379A P.IVA: 08368860015 e-mail: ndrea.bredy@geologipiemonte.it</p>				



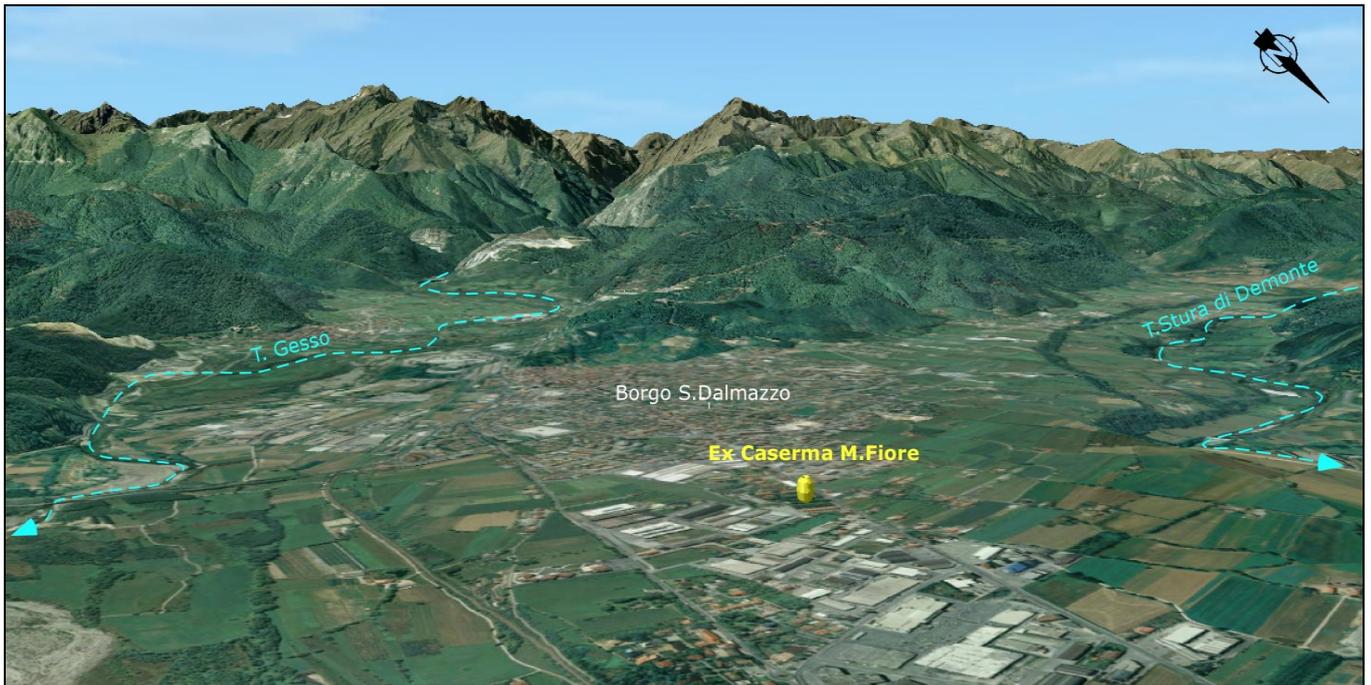
INDICE

INDICE	1
1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	3
2.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO	3
2.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
2.3. IDROGEOLOGIA	5
2.4. QUADRO GEOLOGICO/TECNICO E NORMATIVO	7
3. ASPETTI SISMICI	8
3.1.1. <i>Indagini geofisiche</i>	9
3.2. INDAGINI MASW	10
3.3. INDAGINI HVSR	12
3.4. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO	15
3.5. STIMA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA	17
3.6. STABILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE	18
4. ASPETTI LITOTECNICI	20
5. CONCLUSIONI	22

1. PREMESSA

Il presente studio geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico viene redatto su incarico dell'Istituto Scenari Immobiliari a supporto dello studio di fattibilità per la valorizzazione della ex caserma Mario Fiore di Borgo San Dalmazzo (CN) e della relativa Variante a P.R.G.C.. L'area si trova nel settore a vocazione commerciale-industriale posto al margine settentrionale del concentrico comunale tra Via Cuneo e Via Mangiacane.

Nel presente lavoro verranno illustrate le risultanze delle osservazioni di carattere geologico-tecnico e delle indagini sismiche realizzate sul sito in modo da fornire un quadro generale del settore d'intervento anche in funzione della sua futura destinazione urbanistica.



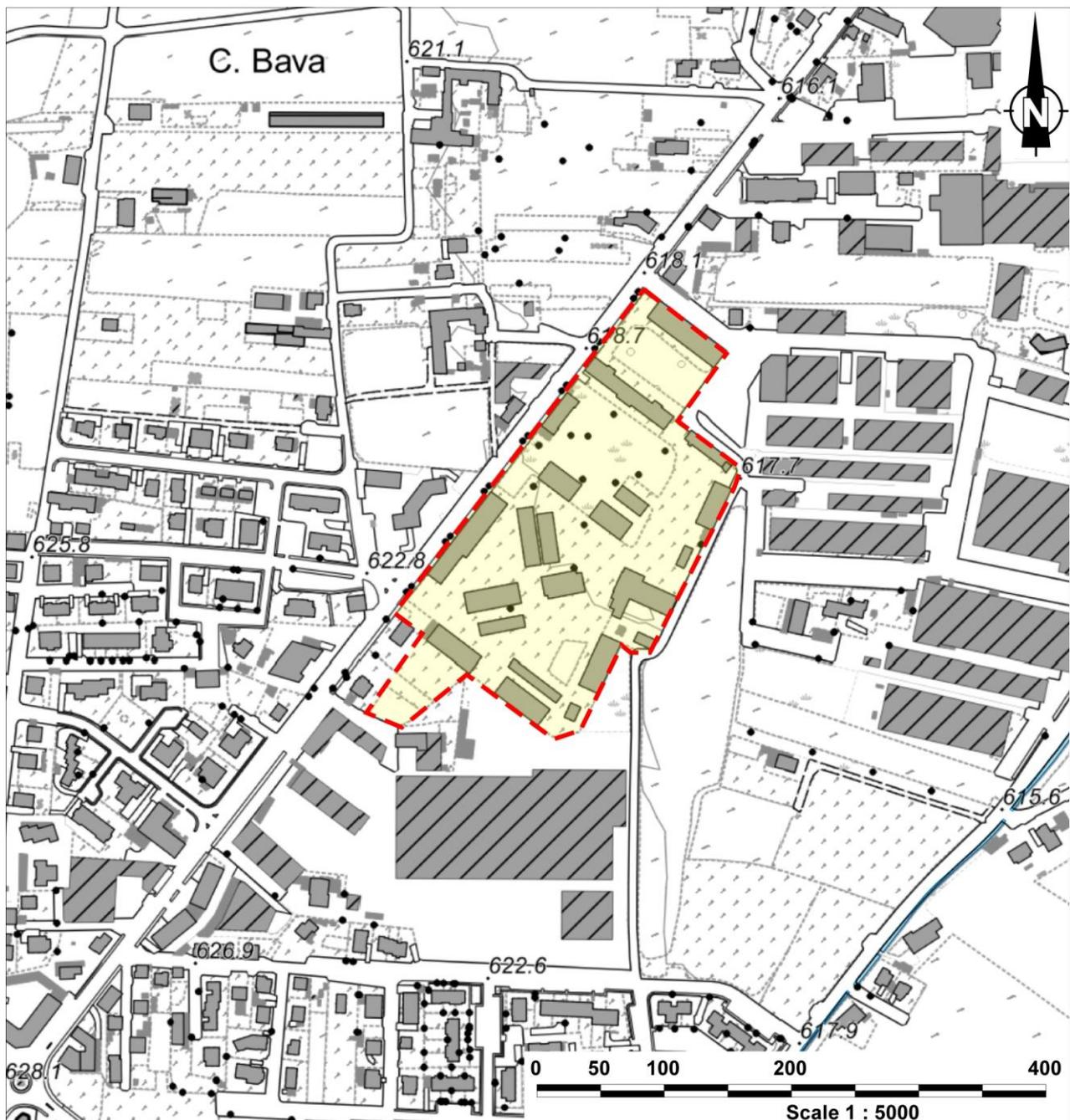
Inquadramento dell'are su Ortofoto 3D (tratto da Geoportale 3D ARPA Piemonte)

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

2.1. Inquadramento geografico e geomorfologico

L'area in studio si ubica nel settore NE del territorio comunale di Borgo San Dalmazzo (CN) sulla destra di Via Cuneo andando in direzione dell'omonima Città. Si tratta di un'area di quasi 5 ettari posta ad una quota media di circa 620 m s.l.m. che in passato ospitava una caserma militare composta da vari edifici ad 1-2-3 piani f.t., ampie superfici asfaltate ed aree verdi. Ad oggi tutto il settore appare in stato di abbandono totale con un vegetazione infestante in espansione che raggiunge gli edifici che appaiono vandalizzati anche se relativamente integri dal punto di vista strutturale.

L'area appare completamente recintata con opere murarie ed il confine NW è marcato da Via Cuneo, quello E-NE da via Mangiacane mentre verso Sud confina con ere interessate da attività industriali.



Inquadramento dell'area in studio su base BDTRE Piemonte

A grande scala la morfologia del settore in studio è caratterizzata da una successione di terrazzi fluviali che dall'altopiano di Cuneo-Borgo San Dalmazzo degradano verso l'alveo del T. Stura di Demonte, incidendo profondamente la potente coltre alluvionale quaternaria.

L'attuale morfologia è quindi il risultato di diversi cicli erosivi e di alluvionamenti, legati ai processi di dinamica torrentizia dello Stura (e del T.Gesso) che si sono sviluppati nel corso delle diverse fasi glaciali e interglaciali del Quaternario. Altro fattore che ha condizionato l'attuale assetto dell'area è la "cattura" del F.Tanaro, avvenuta presumibilmente nel tardo Pleistocene (interglaciale Riss-Wurm) quando il corso d'acqua confluiva ancora nel Fiume Po presso Carmagnola, percorrendo la valle relitta che da Bra si estende verso Sommariva Bosco e Caramagna ("Paleo Tanaro"); la sua deviazione nella valle attuale con conseguente confluenza nel Po presso Valenza determinò il ringiovanimento di tutta la rete idrografica sottesa e, di conseguenza, l'incisione dell'originaria piana alluvionale che oggi costituisce l'altopiano di Cuneo. Il processo sopra descritto ha inciso quasi totalmente la coltre quaternaria fino a far affiorare il substrato roccioso (calcescisti e/o scisti permiani) in diversi tratti lungo le sponde dello Torrente Stura di Demonte.

L'area in studio si trova quindi in un settore a morfologia pianeggiante/subpianeggiante esterna a perimetrazioni di dissesto legate alla dinamica dei corsi d'acqua. Il reticolato idrografico locale è caratterizzato dalla presenza di una rete irrigua superficiale (canali, bealere, fossi). E' presente una bealera che scorre intubata al di sotto dell'area della ex caserma il cui tracciato esatto risulta di difficile ricostruzione.

2.2. Inquadramento Geologico

Geologicamente ci troviamo al margine dell'ampio settore di pianura ascrivibile al BTP ove affiorano esclusivamente terreni quaternari alluvionali depositatesi al di sopra del Villanfranchiano inferiore che chiudeva il ciclo sedimentario marino del Bacino Terziario Ligure-Piemontese.

Il settore di pianura nei pressi di Borgo San Dalmazzo risulta quindi costituito da terreni alluvionali legati agli apporti fluviali dei torrenti pedemontani, che hanno subito forti oscillazioni in corrispondenza dei periodi glaciali ed interglaciali che si sono succeduti nel Quaternario.

Questi depositi sono dovuti a fenomeni di sovralluvionamento a seguito dello sbarramento delle acque superficiali della porzione meridionale della Pianura Padana Occidentale presso la stretta di Moncalieri conseguenti a:

- presenza di una sinclinale diretta N-S che si estende tra Savigliano e Cuneo;
- attivazione di un'anticlinale antecedente all'interglaciale Riss-Wurm e trasversale al Fiume Stura di Demonte e che sarebbe responsabile dello spostamento verso NW dei fiumi del versante cuneese delle Alpi Cozie (Petrucci et Alii, 1975).

Dal punto di vista strutturale la pianura cuneese si configura infatti come una fossa subsidente con asse N-S. L'esistenza della faglia sepolta di Saluzzo (AGIP mineraria, 1957) la divide in due settori: uno settentrionale, irregolare, tra Saluzzo e Torino, in cui la base del Pliocene raggiunge i 1500 m di profondità, ed uno meridionale, noto in letteratura come la Fossa di Cuneo, nel quale la profondità massima raggiunta, a S di Savigliano, è di 2000 m.

I terreni affioranti in corrispondenza dell'area in studio sono costituiti da depositi alluvionali e fluvioglaciali grossolani attribuibili al Riss secondo quanto riportato nella "*Carta geologica del Massiccio dell'Argentera*" (Malaroda et al. 1970) o al Wurm secondo Biancotti ("*Il quaternario dell'area compresa fra Stura di Demonte e Tanaro*", 1979). Facendo riferimento a quanto riportato nella Cartografia

Geologica Ufficiale (F° 80 dell C.G.I.) nell'area in studio viene indicata la presenza di "Alluvioni sabbioso-ghiaioso-ciottolose recenti (Alluvium)".

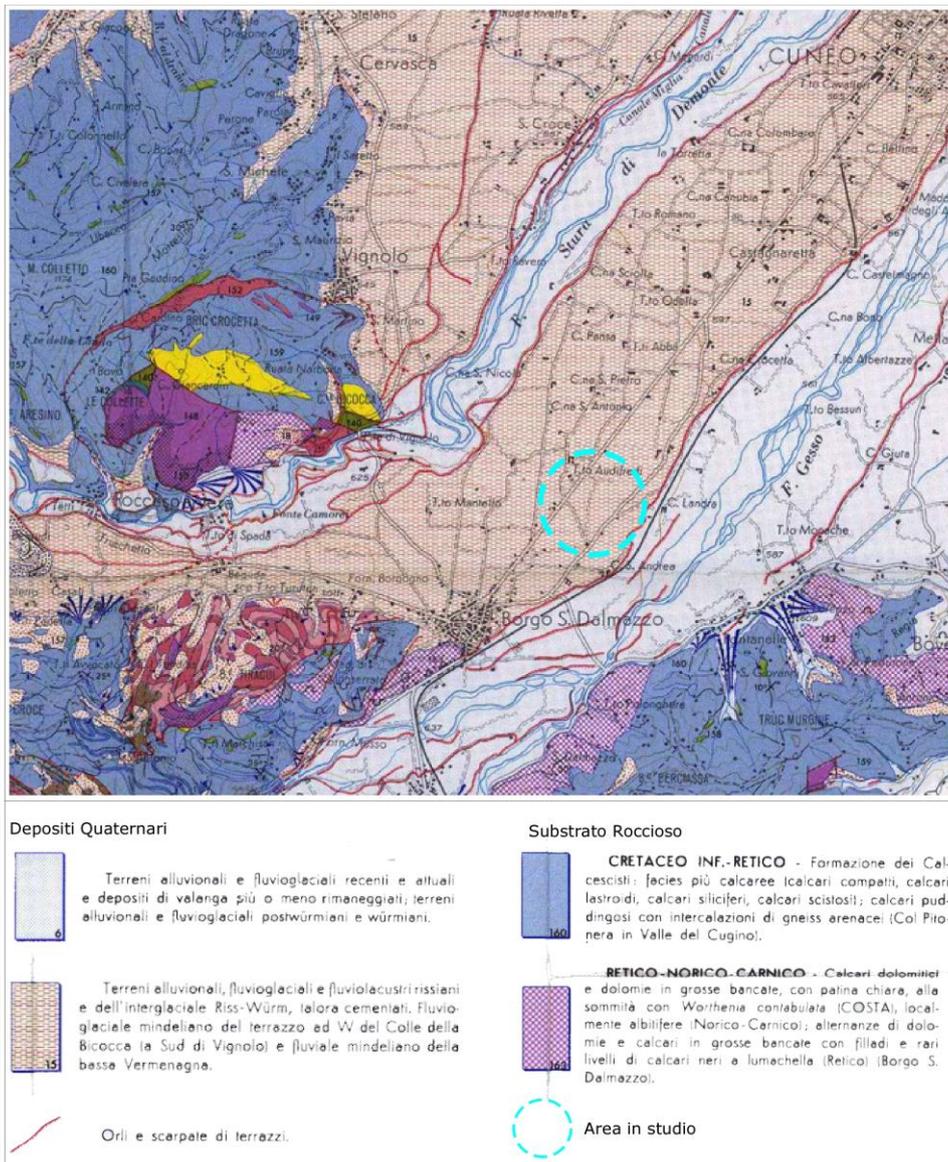
Questi terreni sono di norma formati, al di sotto di una coltre di alterazione superficiale di spessore decimetrico, da materiali molto eterometrici (blocchi, ciottoli, ghiaie e sabbie) con subordinata presenza di materiali più fini (limi e argille). Le varie classi granulometriche sono composte da clasti ben arrotondati, praticamente esenti da processi di alterazione fisico-chimica, costituiti essenzialmente da rocce gneissiche provenienti da Massiccio dell'Argentera. Lo spessore del complesso dei depositi alluvionali si può stimare in circa 40-50 m.

2.3. Idrogeologia

Dal punto di vista idrogeologico i depositi alluvionali affioranti in corrispondenza dell'area in studio presentano una permeabilità primaria per porosità da media ad elevata a seconda della granulometria.

In questo settore di territorio è quindi presente una falda freatica superficiale collegata all'andamento dei corsi d'acqua principali ed alle loro oscillazioni e pertanto, rispetto al piano campagna, la soggiacenza della falda è molto elevata.

Nell'intorno dell'area della caserma sono presenti dei pozzi che raggiungono profondità di 60÷70 m con soggiacenze comprese tra i 40 e 50 m rispetto al locale p.c., ovvero con quota piezometrica di circa 575 m s.l.m.. I dati riportati nello studio "Le acque sotterranee della pianura e della collina cuneese" edito dalla Provincia di Cuneo nel 2011 sono congrui con quanto sopra riportato.



"Carta Geologica del Massiccio dell'argentera", Malaroda et al., 1970 (scala originale 1:50.000)

2.4. Quadro geologico/tecnico e normativo

Gli elaborati di carattere geologico tecnico allegati alla "Verifica di compatibilità idraulica ed idrogeologica del P.R.G. vigente al P.A.I.", redatti nel 2003 ai sensi della Circolare 7/LAP dal Dott. Geol. Massimo Lanfranco, riportano interessanti informazioni relativamente all'area in studio. Nel 2008 e nel 2014 è stata poi rivista la "Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica" durante le Varianti Strutturali al P.R.G.C., seppur il quadro del dissesto sia rimasto invariato.

A seguire si riporta un'analisi delle cartografie di carattere geologico-tecnico allegate allo studio del Geol Lanfranco P.R.G.C.:

- La "Carta geolitologica" segnala la presenza in affioramento di generici "Terreni alluvionali" e indica le principali scarpate di terrazzo presenti nell'area.
- La "Carta Litotecnica" descrive i terreni alluvionali come "rissiani, wurmiani e postwurmiani, depositi fluviali ghiaioso-sabbiosi recenti, con livelli conglomeratici, poggiati su II° e I° ordine di terrazzi".
- La "Carta Geoidrologica" descrive i terreni alluvionali come altamente permeabili e la presenza di un acquifero superficiale con direzione di deflusso della falda freatica verso E-NE. La falda è segnalata a circa - 40÷50 m dal p.c. ad una quota piezometrica di circa 580 m s.l.m..
- La "Carta Morfodinamica" non evidenzia dissesti a carico dell'area in esame. Segna la presenza di una "bealera, canale, fosso" della rete irrigua superficiale che attraversava l'area in esame che ad oggi non appare più esistente. La cartografia venne redatta sulla vecchia base CTR Piemonte che non riportava la ex caserma e mostrava una viabilità non aggiornata. L'area negli ultimi è stata trasformata e dall'esterno non ci sono evidenti tracce della bealera che risulta intubata.
- La "Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfologica e dell'Idoneità all'utilizzazione Urbanistica" relativa alla recente Variante Strutturale 2014 inserisce tutta l'area in **Classe I**: "Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche".

Nella Cartografia è indicata la presenza della "bealera o canale consortile" che attraversa l'area, ad oggi non più esistente, con una fascia di rispetto di inedificabilità di 5 m (art. 14 N.D.A. del P.A.I.). Relativamente a tale canalizzazione nello studio di fattibilità vengono formulate alcune ipotesi per una sua rivalorizzazione.

Si allegano alla presente relazione gli stralci cartografici delle cartografie di P.R.G.C. sopra descritte.

Il sito non è interessato da vincoli di tipo idrogeologico (L.R. 45/89) o idraulico (R.D. 523/1904).

3. ASPETTI SISMICI

Il territorio regionale piemontese è sede di attività sismica, modesta come intensità, ma notevole come frequenza. I terremoti si manifestano generalmente lungo due direttrici:

- una segue la direzione dell'Arco Alpino occidentale nella sua parte interna in corrispondenza del massimo gradiente orizzontale della gravità;
- l'altra più dispersa segue l'allineamento dei massicci cristallini esterni in corrispondenza del minimo gravimetrico delle Alpi Occidentali francesi.

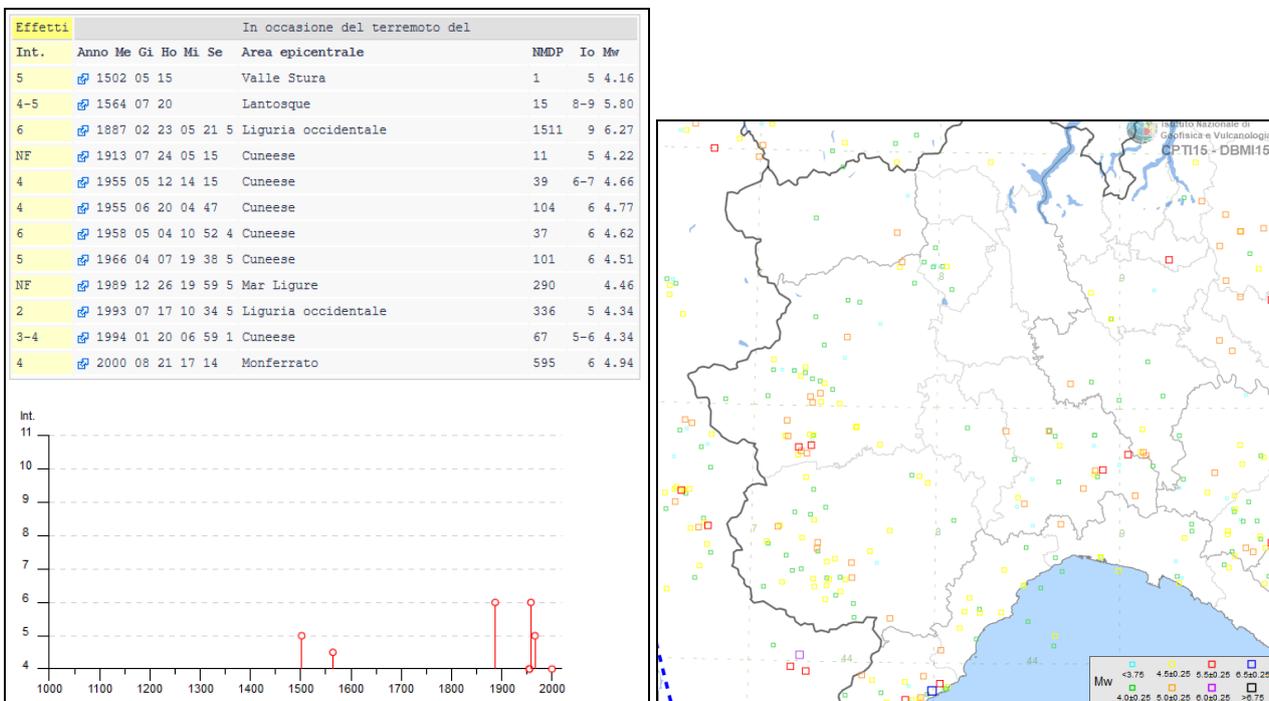
Le due direttrici convergono nella zona del Cuneese, per riaprirsi a ventaglio verso la costa, interessando il Nizzardo e l'Imperiese. Una terza direttrice, infine, interessa il fronte occidentale dell'Appennino sepolto ed il suo prolungamento nel Monferrato.

Secondo la D.G.R. 19/01/2010, n. 11-13058 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)" il Comune di Borgo San Dalmazzo è classificato in Zona 3.

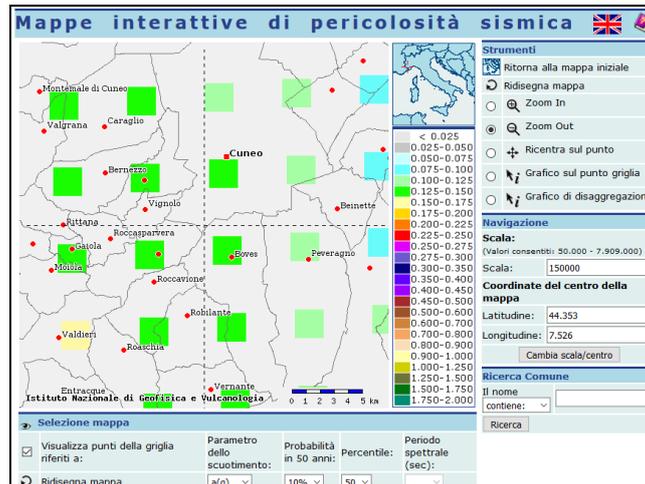
Per la caratterizzazione della pericolosità sismica del settore in studio si può fare riferimento alle banche dati ufficiali dell'ARPA Piemonte, del INGV ed a quanto riportato nella Relazione Illustrativa dello studio di "Microzonazione Sismica" del Comune di Borgo San Dalmazzo redatto dal Dip. Ingegneria Civile ed Ambientale del Politecnico di Milano nel settembre 2013.

La storia sismica di Borgo S.D. si può reperire alla pagina del sito INGV <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>.

Come si può osservare nelle figure riportate a seguire l'evento sismico di maggiore entità percepito nel sito in studio è quello del 23/2/1887 della Liguria di magnitudo Mw 6,97 che ha prodotto un risentimento a Borgo San Dalmazzo di intensità pari a 6 MCS. Recentemente il monitoraggio a partire dal 1982 evidenzia il verificarsi di numerosi eventi di bassa magnitudo (<2) e bassa profondità (< 10 km o compresi tra 10 e 20 km).



Storia sismica di Borgo San Dalmazzo (tratto da sito web INGV)



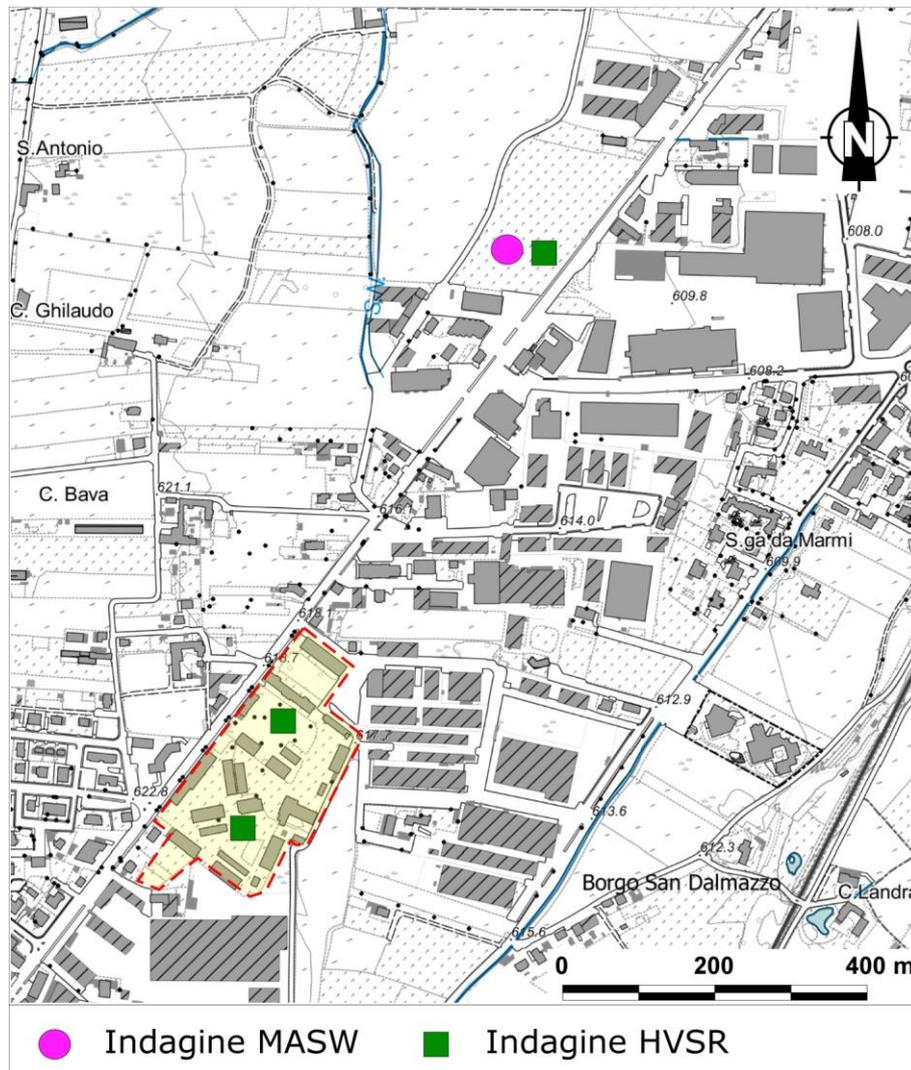
Mappa interattiva pericolosità sismica (tratto da sito web INGV)

3.1.1. Indagini geofisiche

Il Comune di Borgo San Dalmazzo è stato oggetto nel settembre 2013 di uno studio di "Microzonazione Sismica" redatto dal Dip. Ingegneria Civile ed Ambientale del Politecnico di Milano nel settembre 2013, all'interno del quale è stato caratterizzato il territorio comunale, ed ovviamente il sito in studio, attraverso l'analisi di indagini pregresse e di indagini sismiche specifiche. I risultati di tale ricerca sono illustrati nella Relazione Illustrativa ed in una serie di cartografie tematiche, ed in particolare:

- "Carta geologico-tecnica": il sito della ex caserma viene descritto come appartenente alla categoria delle "Ghiaie pulite con granulometria bena assortita, miscela di ghiaie e sabbie (pd=piana pedemontana). Viene indicato nei dintorni la profondità del substrato rigido raggiunto da sondaggio o pozzo a circa -15 m dal p.c.. Il "substrato rigido" descritto a circa -15 m di profondità per l'area in studio corrisponde a depositi alluvionali cementati (conglomeratici) con $V_s > 800$ m/s.
- La "Carta delle indagini" segnala la presenza di indagini sismiche (MASW, Sismica a rifrazione e HVSR) nell'intorno del sito in studio.
- La "Carta MOPS - microzone omogenee in prospettiva sismica" inserisce il settore della ex caserma Mario Fiore tra le "Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali - Zona 2". In questo settore è prevista una copertura alluvionale sciolta di circa 15 m ricoprente un substrato rigido.

A supporto dello studio di microzonazione sismica comunale sono state realizzate indagini sismiche (MASW e HVSR) a circa 500 m a N-NE della ex caserma in un contesto assolutamente paragonabile per quanto riguarda le caratteristiche geologico-stratigrafiche, geomorfologiche ed idrogeologiche. A seguire verranno pertanto descritti i risultati di tali indagini e di quelle realizzate sul sito in studio consistenti in n° 2 prove HVSR.



Ubicazione indagini sismiche realizzate nell'ex caserma e nell'intorno

3.2. Indagini MASW

L'obiettivo delle indagini è la determinazione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio (VS) mediante analisi multicanale di onde superficiali (MASW – *Multichannel Analysis of Surface Waves*; per onde di superficie si intendono in questo caso le onde di *Rayleigh*); le ipotesi fondamentali sulle quali comunemente si basa il metodo MASW sono:

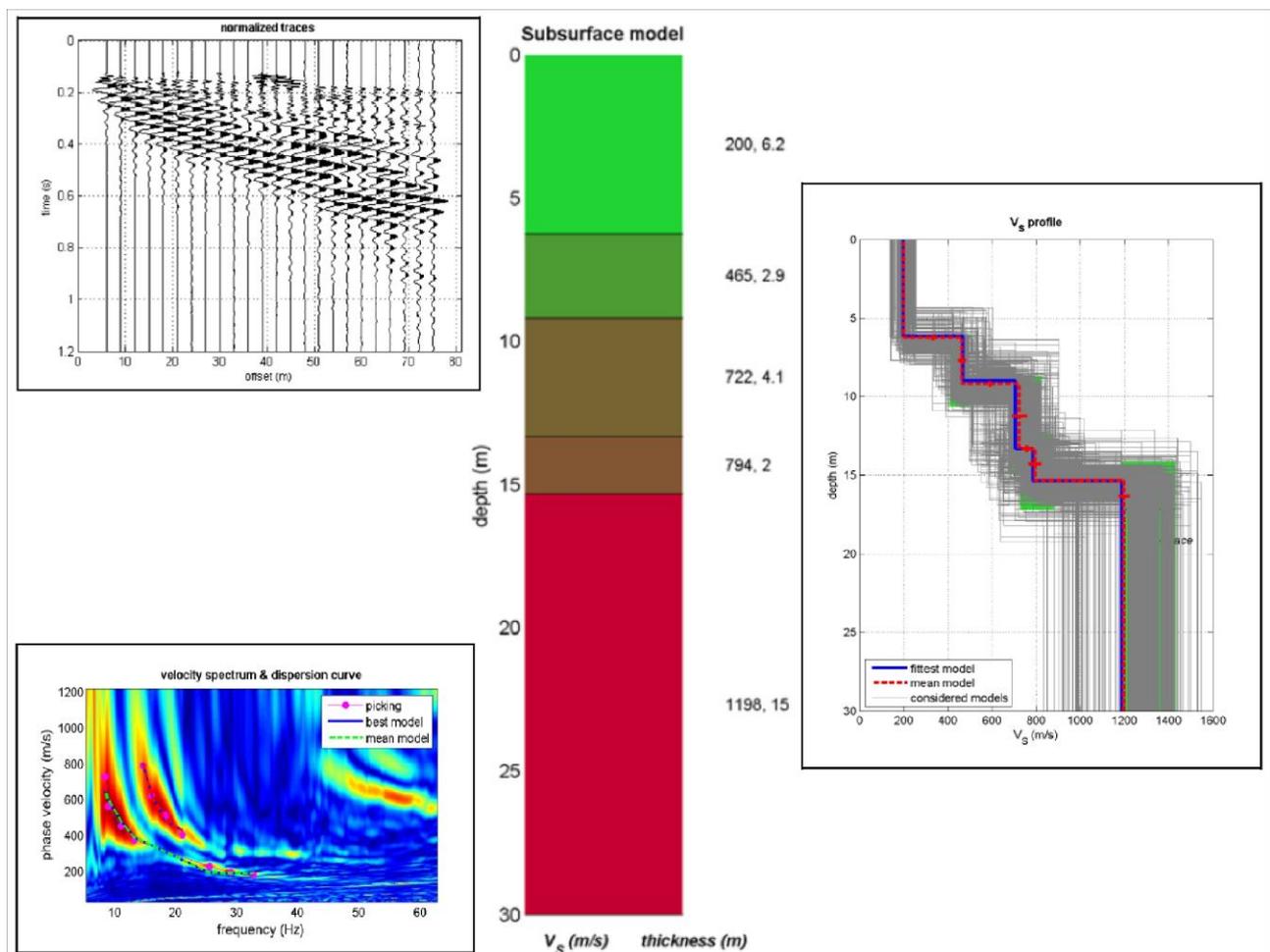
1. mezzo a strati piani paralleli (assenza di variazioni laterali);
2. propagazione piana delle onde di *Rayleigh*;
3. il modo di propagazione fondamentale è quello dominante. Generalmente *offset* (ovvero la distanza sorgente-ricevitori) maggiori permettono di ottenere una separazione più efficace tra i diversi modi associati alla propagazione delle onde di *Rayleigh* e quindi permettono di identificare il modo fondamentale più facilmente.

Inoltre una distanza opportuna tra sorgente e ricevitori permette di evitare l'insorgere del *Near-field effect* (effetto di campo vicino) in presenza del quale non si ha propagazione piana delle onde di superficie. È chiaro che i benefici di *offset* grandi vanno pesati con la necessità di avere un buon rapporto segnale rumore (SNR – *Signal to Noise Ratio*) su tutti i canali acquisiti e di evitare il *Far-field effect* che si manifesta con l'attenuazione delle alte frequenze. Considerazioni analoghe possono essere fatte confrontando pregi e svantaggi di stendimenti di ricevitori lunghi e corti. In questo caso anche le variazioni laterali del mezzo possono avere un grande impatto sull'interpretazione dei risultati, perché

contraddicono l'ipotesi di un modello unidimensionale del sottosuolo. Metodi speditivi per la valutazione della presenza di variazioni laterali di velocità possono consistere nel controllare la congruenza delle curve di dispersione per tiri coniugati, oppure la linearità delle differenze di fase alle frequenze di interesse. Poiché l'ampiezza delle onde superficiali decade esponenzialmente con la profondità, la loro propagazione interessa solamente una parte del mezzo vicina alla sua superficie libera, corrispondente grossolanamente ad una lunghezza d'onda (per la frequenza e la velocità considerate). Come regola pratica, alcuni autori sostengono che la massima profondità investigata con il metodo MASW possa essere uguale alla massima lunghezza d'onda, mentre altri suggeriscono di dimezzare tale valore. La sensibilità sugli strati più superficiali dipende invece dalla minima lunghezza d'onda che corrisponde alla spaziatura intergeofonica.

Per l'acquisizione realizzata nell'area a N-NE della ex caserma è stato realizzato dai tecnici del Politecnico di Milano uno stendimento di lunghezza 70 m, con n. 24 geofoni con frequenza di risonanza a 4.5 Hz, adottando come offset sorgente 1, 2, 4, 6, 10, 20 m (tiri coniugati); come sorgente è stata utilizzata sia una mazza da 8 kg sia il fucile sismico (*Shotgun*); sono state utilizzate finestre di acquisizione di 1 s, con finestra di campionamento temporale di 1 kHz.

I risultati mostrano una sequenza che vede per i primi 6 m una V_s di 200 m/s, a cui segue per uno spessore di 3 m una V_s di 465 m/s, al di sotto si ha una V_s di 722 m/s per 4 m, seguita per 2 m da una V_s di 794 m/s che costituiscono il substrato rigido, al di sotto del quale si hanno V_s di 1200 m/s per 15 m.



Risultati indagine MASW 2 (tratta da studio di "Microzonazione Sismica" del Comune di Borgo San Dalmazzo redatto dal Dip. Ingegneria Civile ed Ambientale del Politecnico di Milano)

3.3. Indagini HVSR

Le vibrazioni sismiche ambientali (rumore sismico o microtremore) sono onde sismiche di bassa energia con ampiezze dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-2} mm (Okada, 2003). L'origine del rumore sismico è di tipo ambientale (ad esempio dovuto alle perturbazioni atmosferiche sugli oceani che si propagano come onde superficiali sui continenti), mentre le sorgenti dei microtremori sono le attività antropiche e si propagano come onde superficiali di Rayleigh.

L'analisi delle misure di rumore sismico che sembra fornire i risultati migliori è quello dei Rapporti spettrali H/V noto anche come metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) o metodo di Nakamura.

L'indagine HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è un'indagine sismica passiva, sul terreno si rilevano i dati di velocità delle onde sismiche acquisiti da una terna geofonica orientata nelle tre direzioni che vengono poi elaborate e interpretate tramite software per l'ottenimento di alcuni parametri specifici; tramite questa indagine è possibile effettuare delle stime per l'individuazione dei seguenti parametri:

- classificazione del terreno di fondazione in base alle attuali NTC (parametro $V_{s_{eq}}$)
- frequenza propria di risonanza del sito
- ricostruzione stratigrafica del sottosuolo

I microtremori sono rappresentati da oscillazioni molto piccole (accelerazioni dell'ordine di $10^{-15}m/s^2$), che, attraversando strati con caratteristiche differenti (in termini di densità e velocità di propagazione delle onde), subiscono fenomeni di rifrazione, riflessione, attenuazione e altri.

Questi fenomeni sono tali per cui un'onda che viaggia all'interno di un mezzo e viene riflessa da una superficie di discontinuità interferisce con le onde incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime quando la lunghezza d'onda incidente è pari a 4 volte lo spessore h dello strato (condizione di risonanza). La frequenza di risonanza è legata allo spessore (h) e alla velocità delle onde di taglio V_s del primo strato (V_{s1}) dalla seguente relazione:

$$f_r = V_{s1}/4h$$

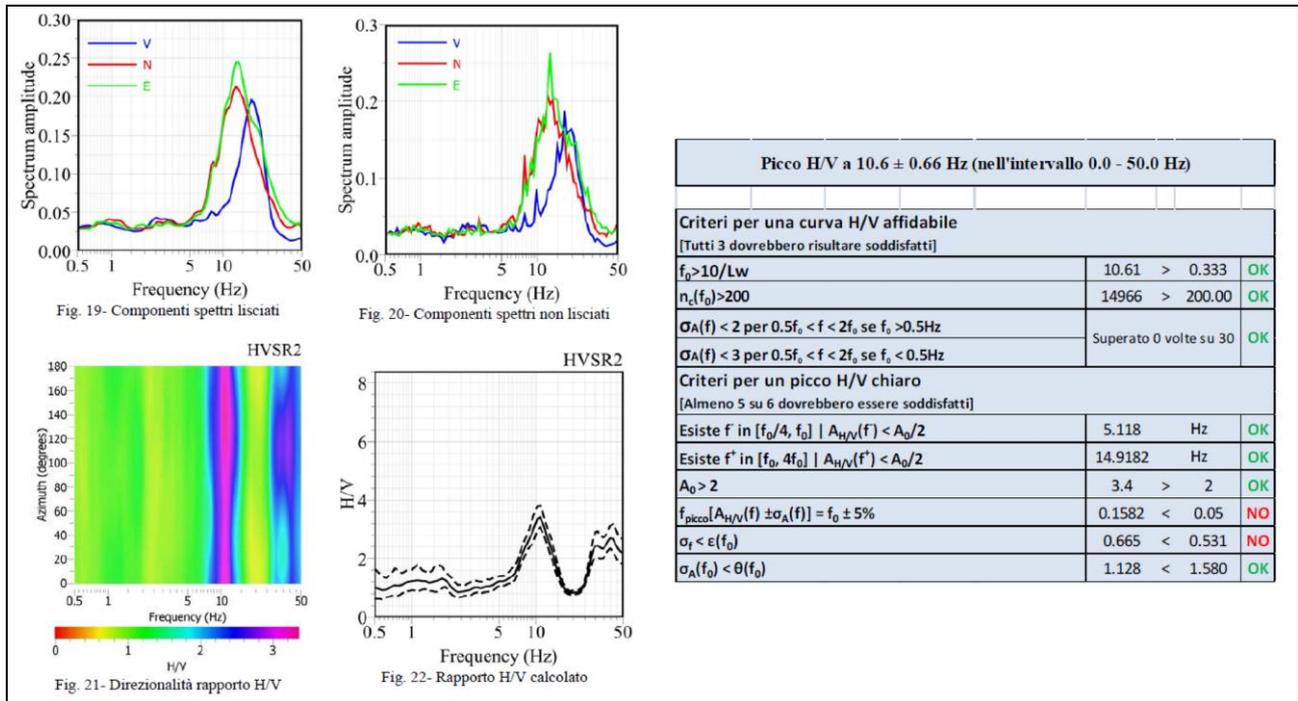
Utilizzando la formula sopra esposta si evince che conoscendo la profondità di una discontinuità (trovata ad esempio attraverso indagini dirette quali prove penetrometriche) e la frequenza fondamentale del terreno in superficie (fornita dal tomografo) è possibile risalire alla velocità delle onde S del terreno. Una volta ricavato il valore di V_s , è possibile ricostruire la stratigrafia dell'area e l'andamento delle discontinuità, se presenti. La tecnica HVSR consiste nella valutazione dei rapporti spettrali tra le componenti orizzontali e verticali del moto ed è in grado di fornire in buona approssimazione il contenuto in frequenza del segnale dei microtremori.

L'indagine HVSR permette inoltre l'individuazione delle frequenze di risonanza caratteristiche del sito, oltre alla ricostruzione dell'andamento delle velocità sismiche nel sottosuolo; durante la procedura di elaborazione è stato possibile verificare che sono stati rispettati i "CRITERI SESAME".

I segnali acquisiti, come visualizzabile nei grafici frequenze su rapporto H/V, sono qualitativamente accettabili e permettono la chiara visualizzazione dei picchi caratteristici.

Per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il software opensource Geopsy ed il successivo modulo Dinver per l'inversione dello spettro (www.geopsy.org).

L'analisi HVSR svolta a supporto dello studio di microzonazione sismica nei pressi della ex caserma utilizzando un sensore *Veloget 3D* 1 Hz fornendo i risultati riportati nella figura riportata e seguire. Dall'indagine sopra riportata emerge come la frequenza fondamentale del sito (f_0) calcolata sia in corrispondenza del picco H/V posto a 10,6 Hz.



Risultati indagine HVSR 2 (tratta da studio di "Microzonazione Sismica" del Comune di Borgo San Dalmazzo redatto dal Dip. Ingegneria Civile ed Ambientale del Politecnico di Milano)

All'interno della ex caserma Mario Fiore è stato condotto dallo scrivente in data 17/7/2018 il rilievo dei microtremori con il tromografo da 4,5 Hz HECHO TROMO dell'AMBROGEO s.r.l., per verificare le caratteristiche sismiche e stratigrafiche del terreno in due punti differenti (cfr. planimetria ubicazione indagini).

L'elaborazione dei dati è stata eseguita con il software freeware *Geopsy* (www.geopsy.org) che ha permesso di ricavare il grafico H/V dove viene evidenziata la frequenza fondamentale del sito. In entrambi i casi (prova HVSR1 e prova HVSR2) il grafico evidenzia un picco alla frequenza di 11,5 Hz (11,44 +/- 1,41 in HVSR1 e 11,63 +/- 1,10 in HVSR2).

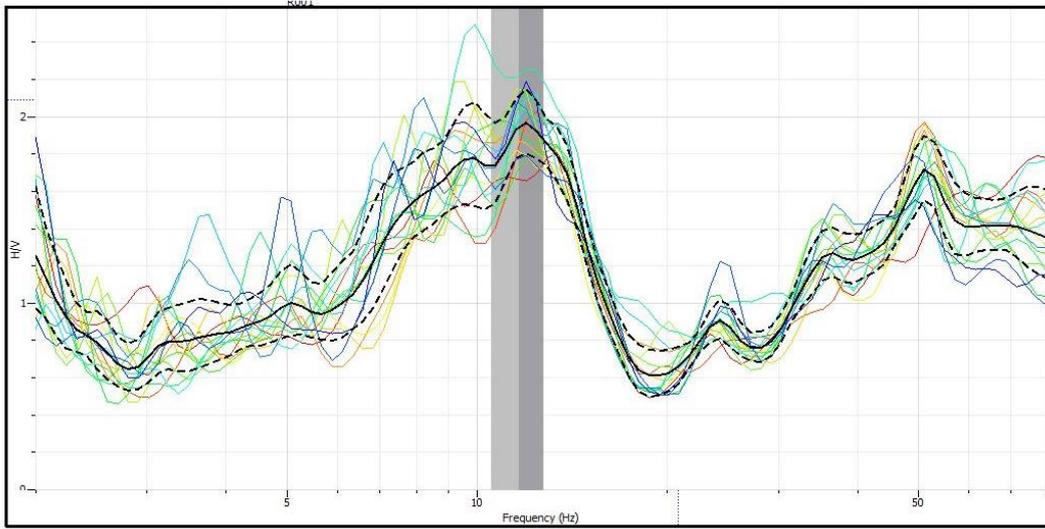
Con il modulo *Dinver* è stata poi stimato l'assetto stratigrafico locale che in entrambi i casi è quello descritto nel grafico riportato a seguire dove si evidenzia la presenza di un orizzonte superficiale di circa 4 m con Vs di 182 m/s, poi le Vs aumentano fino a circa 400 m/s fino a 16 m di profondità per poi aumentare oltre gli 800 m/s.

ID	Name	Component	Time reference	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration
1 4	R001	Vertical	17/07/2018 00:00:00	11h1m	11h21m	172	0.005813953488	206400	20m
2 5	R001	North	17/07/2018 00:00:00	11h1m	11h21m	172	0.005813953488	206400	20m
3 6	R001	East	17/07/2018 00:00:00	11h1m	11h21m	172	0.005813953488	206400	20m

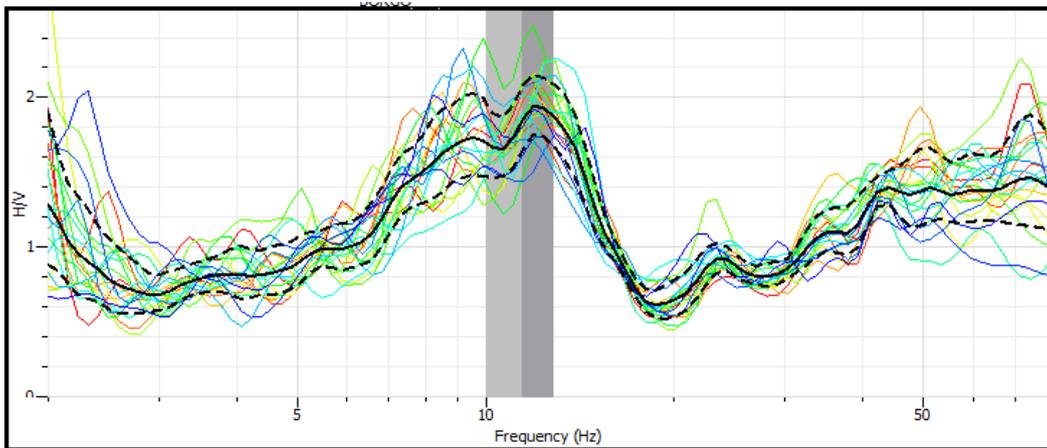
Dati indagine microtremori HVSR 1

ID	Name	Component	Time reference	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y	Src x	Src y
1	BORGO__	Vertical	17/07/2018 00:00:00	11h1m	11h21m	172	0.005813953488	206400	20m	0	0	0	0
2	BORGO__	North	17/07/2018 00:00:00	11h1m	11h21m	172	0.005813953488	206400	20m	0	0	0	0
3	BORGO__	East	17/07/2018 00:00:00	11h1m	11h21m	172	0.005813953488	206400	20m	0	0	0	0

Dati indagine microtremori HVSR 2



Spettro H/V HVSR 1



Spettro H/V HVSR 2

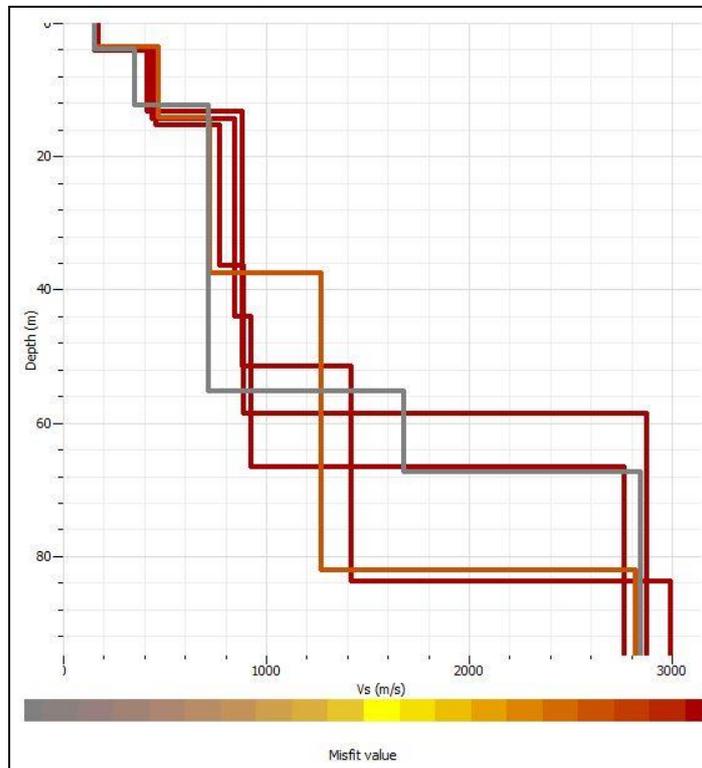


Grafico Vs/profondità ricavato dalle prove HVSR

3.4. Classificazione sismica del sito

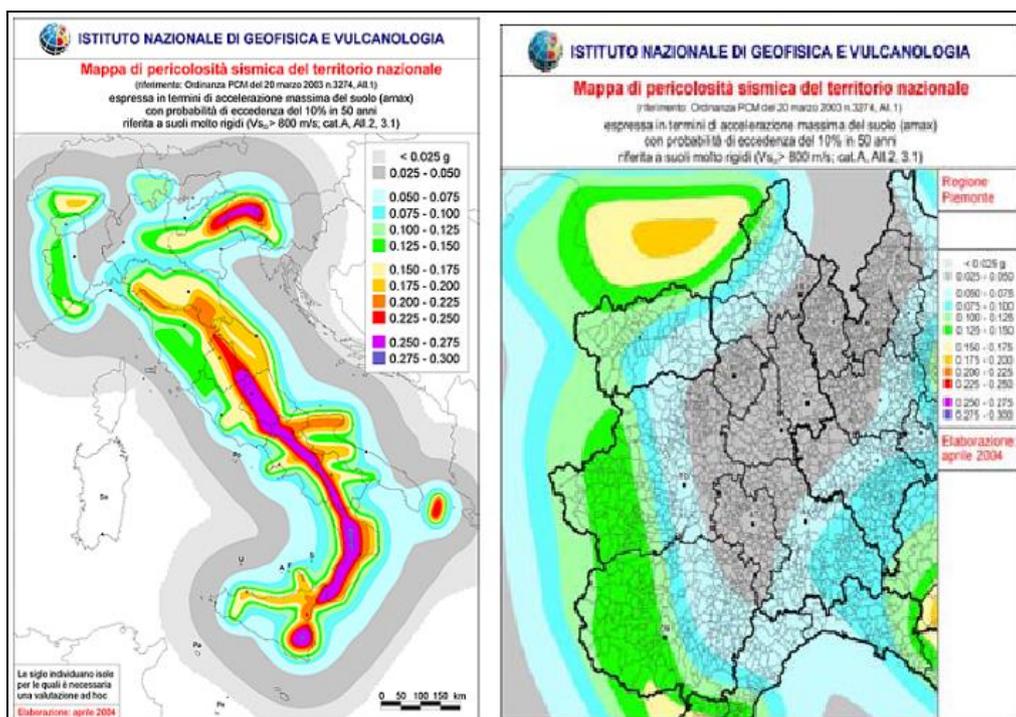
Per classificazione sismica si intende un sistema di normative che determina in che modo e dove gli edifici di nuova costruzione vanno costruiti secondo criteri antisismici, in modo cioè da resistere senza crollare alle forze sismiche. Il rischio sismico è definibile come l'incrocio tra dati di pericolosità (definizione delle strutture sismogenetiche e capacità di caratterizzazione dell'eccitazione sismica ad esse associata), di vulnerabilità (capacità degli oggetti esposti di resistere alle sollecitazioni) e di esposizione (presenza sul territorio di manufatti a rischio).

Il sistema della classificazione sismica (e le mappe da esso previste) è finalizzato a fornire a chi costruisce un edificio nuovo un livello di riferimento convenzionale delle forze sismiche rispetto al quale gli edifici vanno progettati per poter rispondere alle sollecitazioni senza crollare. Un edificio antisismico può quindi danneggiarsi in caso di terremoto (anzi, nel caso di certe tipologie edilizie l'edificio "deve" danneggiarsi, poiché tale danneggiamento aiuta a scaricare l'energia sismica ed a impedire il crollo).

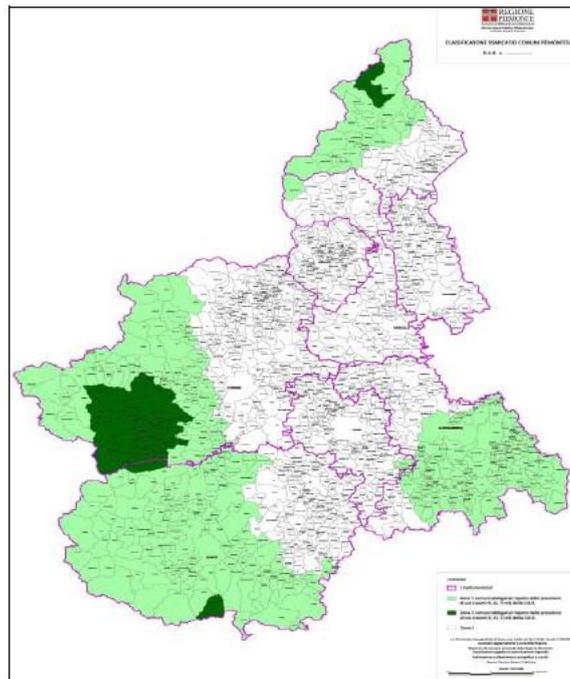
Detti criteri sono stati stabiliti dall'allegato al recente D.M. 17 gennaio 2018 "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI" come già nella versione (NTC 2008) e dell'O.P.C.M. 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" nella quale venivano individuate 4 zone sulla base dei 4 valori di accelerazioni orizzontali (a_g/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico indicati nelle Norme Tecniche (allegati 2, 3,4).

Si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [A_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [A_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15 - 0,25	0,25
3	0,05 - 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05



Nuova classificazione sismica del territorio nazionale e piemontese (O.P.C.M. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)



Classificazione sismica del Piemonte (D.G.R. 19 gennaio 2010 n.11-13058)

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare anche l'effetto della risposta sismica locale che, in assenza di specifiche analisi, può essere ricavata mediante un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

L'identificazione di questa categoria va di norma veniva eseguita in base ai valori della cioè la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. A partire dal 22 marzo 2018 con l'ingresso delle NTC 2018 viene anche introdotta la $V_{S,eq}$ inserita nelle NTC 2018 e definita dalla seguente relazione:

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

con

- h_i = spessore dello strato i -esimo
- $V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato
- 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 m/sec (bedrock sismico).

Si tratta in pratica di una *variazione sul tema* rispetto al parametro V_{S30} (in quel caso il valore di H era ed è fissato a 30 m). 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_{S30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. I valori di V_S sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. Viene eliminata la possibilità di ricavare la categoria di sottosuolo mediante $NSPT_{30}$ o Cu_{30} .

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Le nuove "categorie di sottosuolo" secondo il Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018, sono:

- **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 scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
- **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
- **C** - Depositati 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
- **D** - Depositati 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 miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s
- **E** - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Per il caso in studio in base ai risultati delle indagini MASW realizzate nelle immediate vicinanze del sito ed alle indagini HVSR realizzate presso l'area della ex Caserma è possibile stimare una $V_{s_{eq}}$ inferiore a 360 m/s ma superiore a 180 m/s. Con i dati della MASW si ricava infatti una $V_{s_{eq}}=337,8$ m/s mentre con quelli delle HVSR è di circa 300 m/s.

Il sottosuolo della Ex Caserma Mario Fiore rientra quindi nella categoria di sottosuolo C: *Depositati 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*. Ovviamente il calcolo in questo caso partendo dal p.c. e quindi andrà realizzato tenendo conto dell'effettiva quota del piano di posa delle fondazioni dei fabbricati che verranno realizzati.

3.5. Stima della pericolosità sismica

La "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo ("Periodo di riferimento" VR espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Questa probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" Pvr.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido, con superficie topografica orizzontale e, in un sito generico,

deve essere descritta sia in termini geografici che in termini temporali fornendo i risultati dello studio di pericolosità:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC (nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definite).
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km).
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR.

Ai fini delle N.T.C. gli stati limite (SL) per i quali l'opera viene progettata sono definiti, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{vr} , a partire dai seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nelle NTC la stima della pericolosità sismica è basata su una griglia di 10751 punti ove viene fornita la terna di valori a_g , F_0 e T^*C per nove distinti periodi.

Per la determinazione di tali parametri occorre partire dai seguenti dati di base:

- Categoria di sottosuolo: da definirsi in base al quota del piano di fondazione delle opere in progetto.
- Classe d'Uso della Costruzione : dovrà essere definita dai progettisti in base alla destinazione d'uso degli edifici.
- Categoria Topografica: $T1$ (*versante con pendenza < 15°*)
- Vita nominale: in base al tipo di costruzione hce ragionevolmente sarà di tipo 2 "Opere ordinaria, ponti, opere infrastrutturali..." con Vita Nominale (V_N) ≥ 50 anni.

3.6. Stabilità alla liquefazione

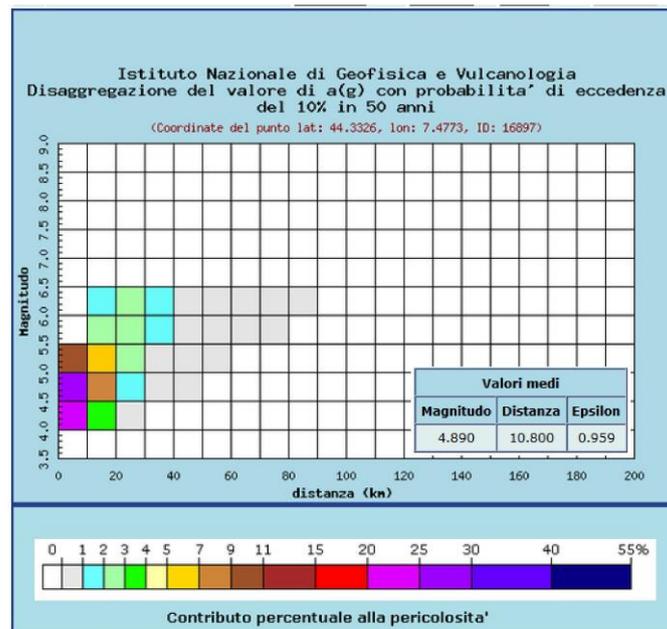
L'entità delle deformazioni che subisce il terreno dipende dal grado di addensamento. Se la sabbia è sciolta la pressione dei pori aumenterà molto velocemente, se la sabbia è densa le deformazioni avvengono più lentamente e sono associate ad un aumento di volume (dilatanza). Per effetto della dilatazione la pressione interstiziale subisce una caduta ed il terreno riesce a sviluppare una resistenza al taglio sufficiente a sostenere le sollecitazioni indotte dai carichi ciclici. A tale proposito Casagrande afferma che sabbie sciolte con densità relative minori del 40% possono essere soggette a liquefazioni; nelle sabbie fortemente dilatanti, con densità relative maggiori del 70 % è invece normalmente impossibile che le pressioni neutre raggiungano quelle di confinamento, per cui si possono attendere solo assestamenti di lieve entità.

Secondo la normativa vigente la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna suborizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi 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;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) delle NTC nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) delle NTC nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$

Nel caso specifico la magnitudo stimata con il processo di disaggregazione desunto dal sito internet dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (2007), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, risulta pari a 4.71 ovvero inferiore a 5.



Tuttavia, come evidenziato in precedenza, tale metodo è considerato poco cautelativo.

Le accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) sono maggiori di 0,1 g.

La profondità media stagionale della falda, secondo i dati esistenti, è superiore a 15 m dal piano campagna.

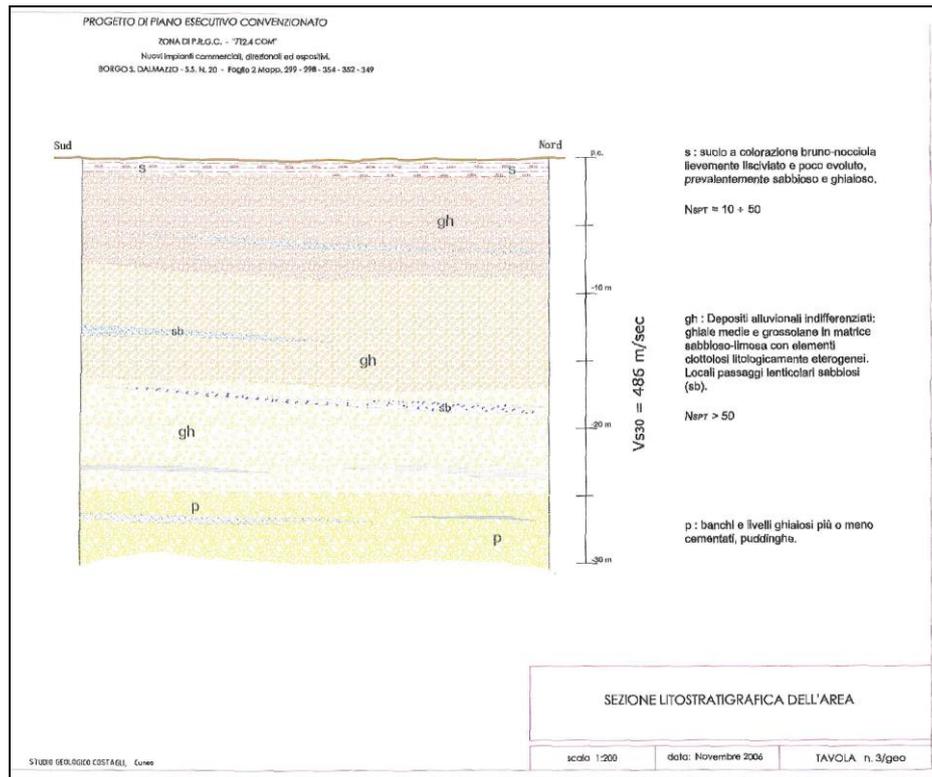
In via preliminare, stante la composizione granulometrica dei terreni di fondazione, il loro addensamento e i valori di soggiacenza della falda freatica, si ritiene che rispetto alle magnitudo attese i fenomeni di liquefazione siano alquanto improbabili.

In fase di progettazione esecutiva, sulla base delle indagini geognostiche in sito e delle analisi e prove di laboratorio, nonché della quota di appoggio delle fondazioni, dovranno essere valutate nel dettaglio le suddette condizioni e qualora necessario, effettuata la verifica a liquefazione secondo i metodi più accreditati dal punto di vista tecnico-scientifico.

4. ASPETTI LITOTECNICI

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata per un'area più estesa di quella oggetto dello studio allo scopo di fornire gli elementi per ipotizzare un modello geologico preliminare. Le fonti delle indagini sono state la documentazione allegata alla Variante di adeguamento al PAI del P.R.G.C. ed allo Studio di Microzonazione Sismica. La Banca Dati Geotecnica dell'Arpa Piemonte non riporta informazioni nelle vicinanze del sito in studio.

In particolare si può fare riferimento allo studio geologico-tecnico realizzato dal Geologo Costagli nel novembre 2006 nella Zona PEC 7T2.4 COM ubicata qualche centinaio di metri più a N-NE del sito in studio. Nella figura riportata a seguire sono illustrati i risultati dell'indagine basata su prove geofisiche e penetrometriche.



Assetto stratigrafico Zona PEC 7T2.4 COM (tratta da Relazione Geologica e Geotecnica del Dott. Costagli, novembre 2006)

A seguito delle indagini svolte dallo scrivente ed ai dati geotecnici e geofisici pregressi è quindi possibile risalire al seguente assetto stratigrafico locale:

- Dal p.c. a -2÷4 circa dal p.c. è presente un orizzonte di copertura di colore bruno-nocciola di natura sabbioso-ghiaiosa ($N_{SPT}=10\div50$);
- Da -2÷4 a -15 m circa depositi alluvionali costituiti da ghiaie medie e grossolane con ciottoli eterogenee in matrice sabbioso-limosa con possibile presenza di lenti sabbiose ($N_{SPT}>50$);
- A partire da - 15 m dal p.c. presenza di depositi ghiaiosi più o meno cementati (conglomerati e puddinghe).

Sulla base dei risultati delle indagini geognostiche e di laboratorio effettuate in aree adiacenti e/o contesti simili è possibile classificare i termini di tale unità, secondo la classificazione del sistema unificato statunitense (U.S.C.S.), con la sigla GW e localmente GM.

Per terreni ghiaiosi e ciottolosi analoghi, nonché della classificazione granulometrica GW desunta dalle analisi di laboratorio e dalle correlazioni presenti in Letteratura, è possibile stimare valori nominali dell'angolo di resistenza al taglio mediamente compresi tra 40° e 42°. Al contrario, come valore dell'angolo di resistenza al taglio a volume costante è possibile assumere un campo di valori compreso tra 35° e 38° con il limite inferiore valido per i termini ghiaioso-sabbiosi e il limite superiore per gli strati ove la componente ghiaiosa risulta preponderante con la componente ciottolosa.

Riassumendo per terreni costituenti l'orizzonte alluvionale presente a partire da -1÷2 m dal p.c. in via del tutto preliminare e in assenza di indagini puntuali sul sito di intervento, si ritiene corretto assumere i seguenti parametri geotecnici nominali:

- peso di volume $\gamma = 2-2,1 \text{ t/m}^3$
- coesione drenata $c' = 0 \text{ kPa}$
- angolo di resistenza al taglio di picco $\phi'_p = 40 \div 42^\circ$
- angolo di resistenza al taglio a volume costante $\phi'_{cv} = 35 \div 38^\circ$

I parametri di picco risultano validi per problematiche che implicino bassi livelli di deformazione, quali problemi di sostegno degli scavi mediante opere tirantate, mentre per quanto concerne i parametri a volume costante è opportuno fare riferimento ad essi quando i livelli di deformazione risultino elevati, come nel caso di problematiche di capacità portante.

5. CONCLUSIONI

Il presente studio ha analizzato le componenti geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche su incarico dell'Istituto Scenari Immobiliari a supporto dello studio di fattibilità per la valorizzazione della ex caserma Mario Fiore di Borgo San Dalmazzo (CN) e della relativa Variante a P.R.G.C..

Sulla base di quanto esposto risulta opportuno prevedere alcuni accorgimenti di carattere tecnico-esecutivo essenzialmente riconducibili a:

- Sarà compito dei progettisti delle strutture e dei loro consulenti geologi valutare la quantità e la tipologia delle indagini geognostiche e delle analisi e prove geotecniche, da realizzarsi quantomeno nella fase di progettazione esecutiva e che saranno commisurate all'entità degli interventi edilizi. Dal punto di vista strettamente sismico, risentimenti particolari si avranno qualora il periodo del terreno (frequenza) o comunque il periodo fondamentale (frequenza fondamentale) coincida con il periodo proprio del fabbricato (frequenza struttura), determinando, in questi casi, dannosi effetti di doppia risonanza. Per tale ragione oltre a alla frequenza fondamentale di vibrazione del terreno (f_0) occorrerà valutare la frequenza propria dell'edificio in progetto.
- Nonostante le buone caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione si sottolinea la necessità di approfondimenti geognostici puntuali quantomeno in fase di progettazione esecutiva, in modo da adottare specifiche soluzioni tecniche atte evitare fenomeni di instabilità a carico dei fronti di scavo, degli edifici contermini e della viabilità.
- In relazione all'indicazione del fosso/canale irriguo intubato indicato nella "*Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica*" del P.R.G.C. e della sua relativa fascia di inedificabilità di 5 m occorrerà verificarne il corretto andamento anche nell'ipotesi di un sua valorizzazione.

Le osservazioni svolte hanno permesso di individuare le principali caratteristiche geologiche della zona e verificare l'assenza di problematiche geologiche, geomorfologiche e geotecniche connesse agli interventi in progetto.

Ulteriori considerazioni e analisi maggiormente approfondite dovranno essere effettuate nell'ambito della relazione geologia e geotecnica a livello di progettazione esecutiva, insieme alle verifiche di cui al D.M. 17/01/2018 (NTC 2018) da effettuarsi in base alle indicazioni fornite dal progettista strutturale.

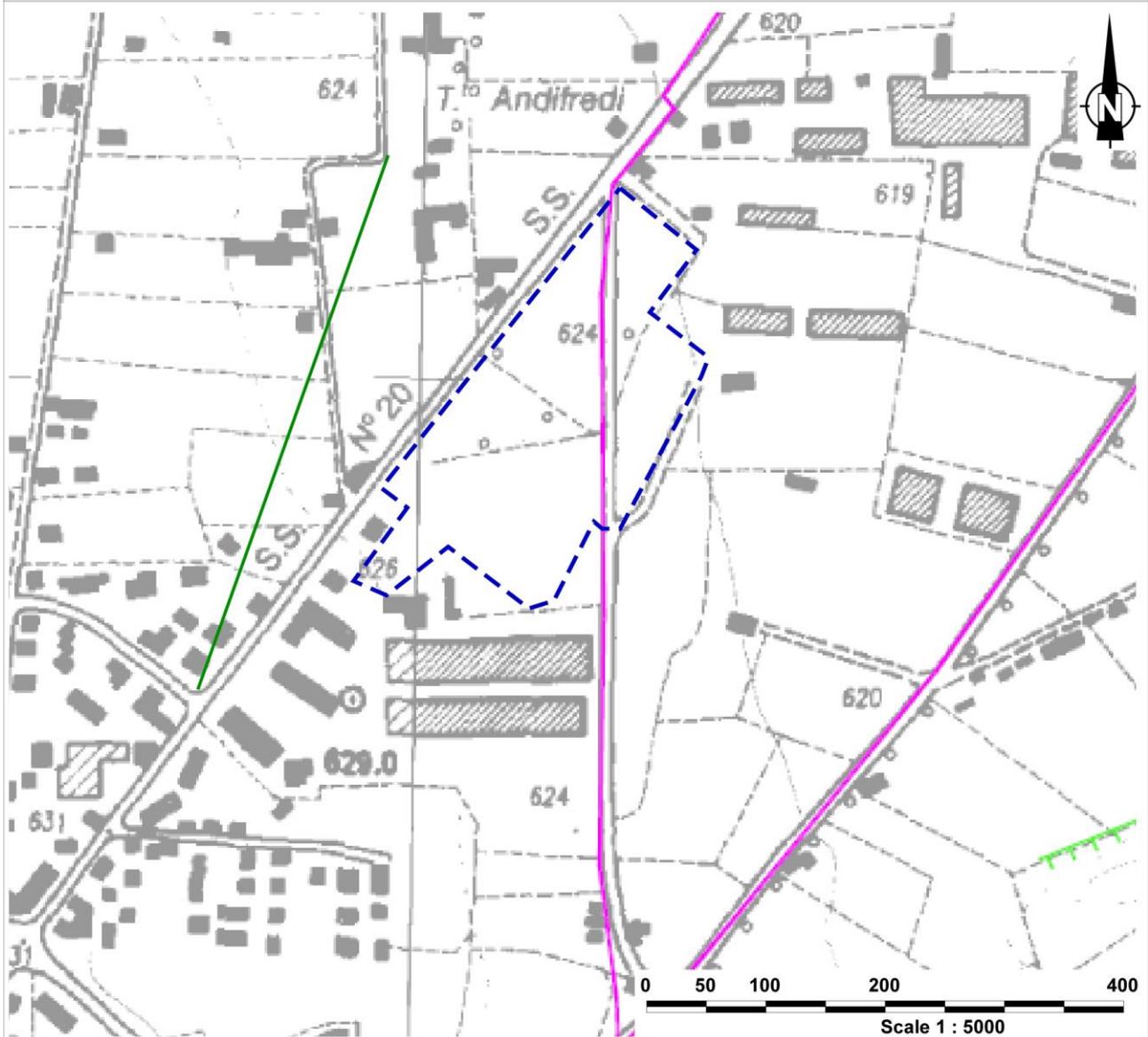
Peveragno, luglio 2018

Il Geologo, Dott. Andrea Bredy

ALLEGATI:

- *Stralcio della "Carta mORFODINAMICA" allegata al P.R.G.C.*
- *Stralcio della "Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica" vigente allegata al P.R.G.C.*
- *Stralcio della "Carta M.O.P.S. - Microzone omogenee in prospettiva sismica" allegata allo studio di microzonazione sismica comunale*

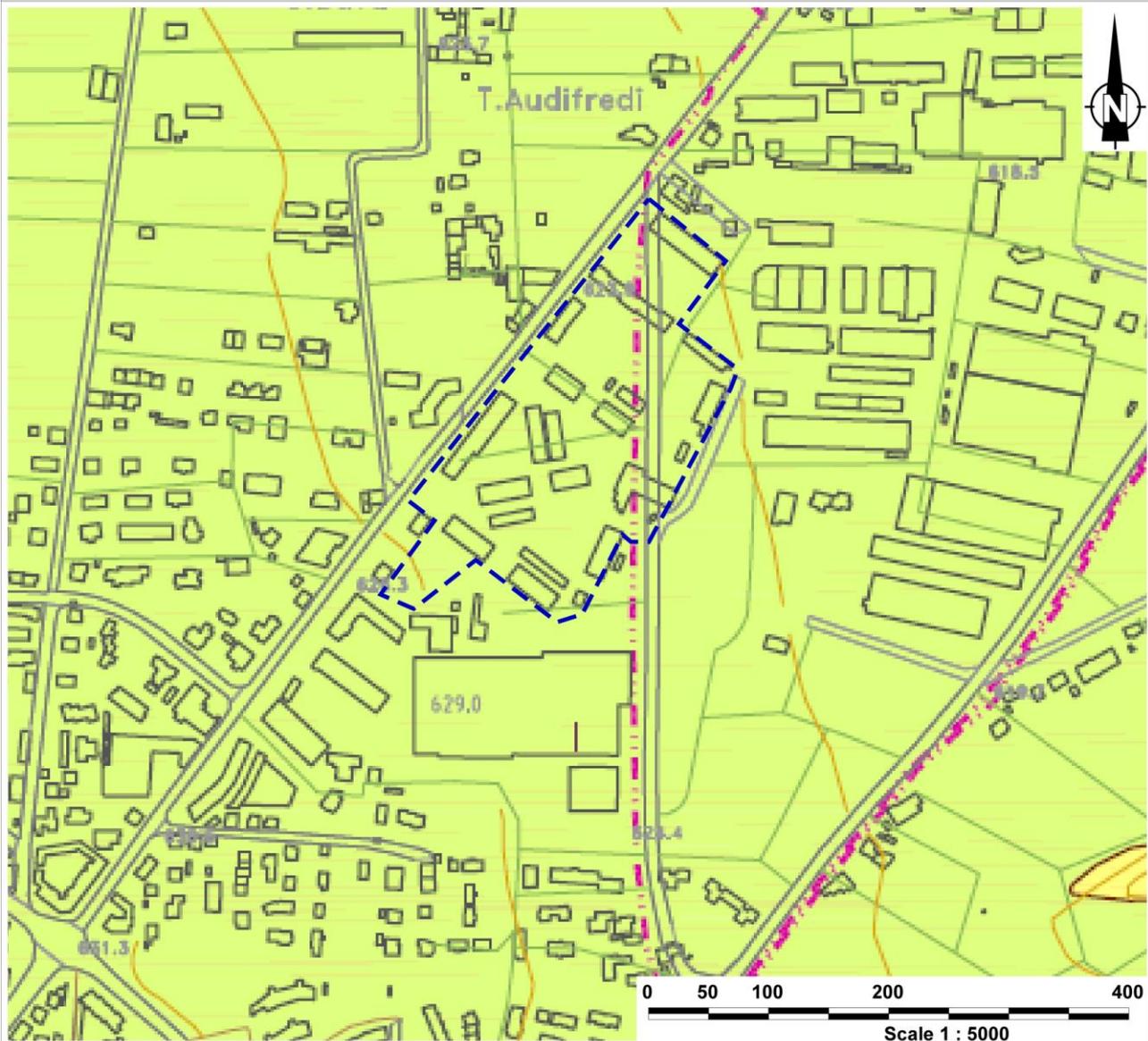
CARTA MORFODINAMICA



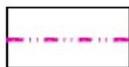
 Rete Irrigua superficiale (canali, bealere e fossi)

 Area d'intervento

CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA E DELL'IDONEITA' ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA



Classe I Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche.

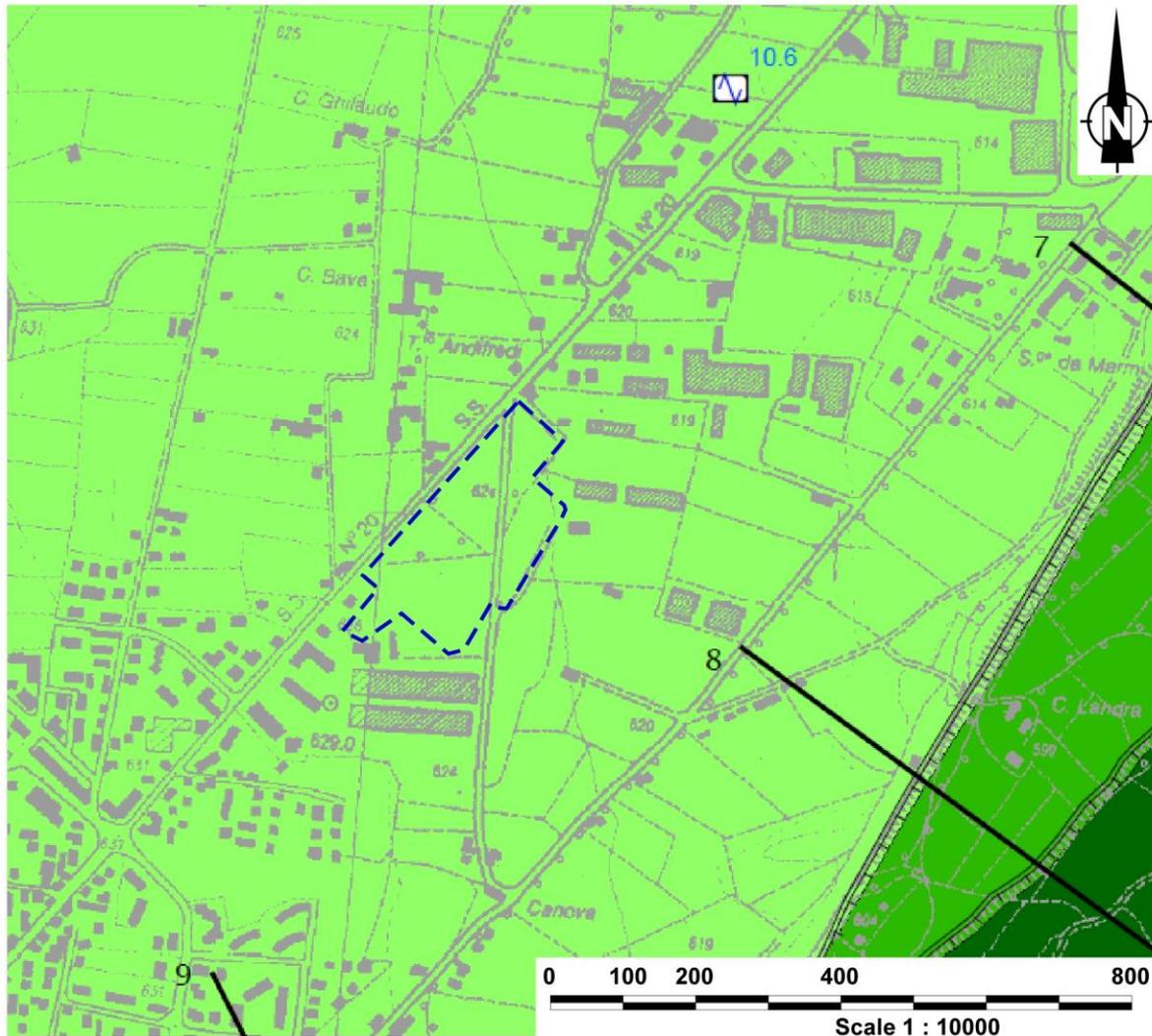


Canali e bealere consortili - 5 metri di fascia di rispetto inedificabile - art. 14 N.d.a. P.A.I..



Area d'intervento

CARTA DELLE ZONE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

 Zona 2

Punti di misura di rumore ambientale

 1.0 Punto di misura di rumore ambientale con indicazione del valore di R_0



Area d'intervento

