

**Dott. Geol. MATTIA BERTANI**

**Ordine dei Geologi del Piemonte n.588 Sezione A**

Casale Tabuloni, 32 – 28021 Borgomanero (No)  
tel. 0322 843722 – fax. 0322 060155 – cell. 349 1884498

e-mail: [mattia.bertani@atdot.it](mailto:mattia.bertani@atdot.it)

P.I. 01922860034

[www.studiobertani.it](http://www.studiobertani.it)

**REGIONE PIEMONTE**

**PROVINCIA DI NOVARA**

**COMUNE DI BORGO TICINO**

Committente:	Spett.le MEDIO NOVARESE AMBIENTE S.p.A. <i>Via Matteotti, 51 – 28021 Borgomanero (No)</i>
Progetto:	Nuova costruzione di ricovero automezzi presso la piattaforma ecologica di Via Castelletto Ticino
Elaborato:	<b>RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA</b> D.M. 14 gennaio 2008 (rif. 6.2.1) – N.T.A. P.R.G.C.

Commessa rif.: 584-16		File: 584-16_borgoticino_medionovarese_geo&sismica.pdf
Rev.	Data emissione	Note
00	Aprile 2016	Relazione geologica e sismica

Il tecnico:

Dott. Geol. Mattia BERTANI

## Indice

<b>Premessa.....</b>	<b>2</b>
1.UBICAZIONE AREA DI INTERVENTO.....	3
1.1.Ubicazione geografica.....	3
1.2.Ubicazione Carta di sintesi dello studio geologico di P.R.G.C.....	3
2.DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	3
3.INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	3
3.1.Evoluzione geomorfologica in atto e vulnerabilità geomorfologica.....	4
4.INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	4
5.INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROLOGICO.....	5
6.INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	5
6.1.Caratteristiche idrogeologiche del territorio.....	5
6.2.Caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo.....	6
6.3.Caratteristiche del deflusso idrico sotterraneo.....	6
7.CARATTERIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA.....	6
7.1.Ubicazione sismica.....	6
7.2.Pericolosità sismica di base.....	7
7.3.Indagini geofisiche.....	8
7.3.1.Ubicazione delle indagini eseguite.....	8
7.3.2.Strumentazione utilizzata.....	9
7.4.Prova geofisica HVSR.....	9
7.4.1.Dati ed interpretazione dei risultati ottenuti.....	9
7.5.Prova geofisica MASW.....	10
7.5.1.Dati ed interpretazione dei risultati ottenuti.....	10
7.6.Risposta sismica locale.....	11
7.6.1.Amplificazione stratigrafica.....	11
7.6.2.Amplificazione topografica.....	12
7.6.3.Definizione dell'accelerazione massima attesa in superficie.....	12
7.7.Spettri di risposta elastici.....	12
8.CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE SUGLI INTERVENTI IN PROGETTO, PRESCRIZIONI ED INCERTEZZE DEL MODELLO.....	15
<b>Conclusioni.....</b>	<b>16</b>

**TAVOLE:**

- Tavola 1: Corografia – scala 1:10.000;
- Tavola 2: Inquadramento geologico geomorfologico – scala 1:10.000;
- Tavola 3: Inquadramento idrogeologico – scala 1:10.000.

**ALLEGATI:**

- Allegato 1: Estratto Carta di Sintesi dello studio geologico di P.R.G.C.;
- Allegato 2: Elaborati indagini geofisiche.

## **Premessa**

Il presente studio ha la finalità di effettuare la modellazione geologica e sismica dell'area situata nei pressi della piattaforma ecologica di Medio Novarese Ambiente S.p.A. a Borgo Ticino (No), in Via Castelletto Ticino, dove sono in progetto nuovi interventi edilizi comprendenti la realizzazione di una costruzione di circa 2.250 m<sup>2</sup> per il ricovero automezzi.

L'indagine è stata effettuata ai sensi delle *Norme Tecniche per le Costruzioni* (NTC) emanate con D.M. 14.01.2008 e della loro Circolare esplicativa n. 617 del 02.02.2009, e delle Norme Tecniche di Attuazione del vigente studio geologico-tecnico di Piano Regolatore Comunale, che rimandano espressamente al D.M. 11.03.1988 *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"* ed alla sua Circolare esplicativa n. 30487 del 24.09.1988.

I risultati ottenuti vengono riportati nella presente relazione tecnica che analizza, per la ricostruzione del modello geologico del sito, le caratteristiche di una zona significativamente estesa, in relazione al tipo di opera ed al contesto geologico in cui questa si colloca, ed in particolare descrive:

- l'ubicazione geografica del sito e la sua collocazione nelle cartografie comunali di P.R.G.;
- le principali morfologie presenti nel territorio, i dissesti in atto o potenziali, la loro tendenza evolutiva ed il grado di pericolosità geomorfologica del sito;
- il quadro geologico e strutturale del territorio con la distribuzione spaziale dei litotipi affioranti, la loro origine e le loro principali caratteristiche, e l'eventuale presenza di superfici di discontinuità;
- le caratteristiche di circolazione idrica superficiale e sotterranea e l'assetto litostratigrafico locale;
- la caratterizzazione della pericolosità sismica del sito e della risposta sismica locale;
- considerazioni geologiche relative agli specifici interventi da realizzare, con evidenziate le eventuali incertezze del modello elaborato;
- la compatibilità dei nuovi interventi con l'assetto geologico locale.

A corredo dello studio sono presenti opportuni elaborati grafici ed allegati, volti a meglio illustrare le considerazioni espresse nella presente relazione tecnica e le attività di indagine svolte.

## 1. UBICAZIONE AREA DI INTERVENTO

### 1.1. Ubicazione geografica

L'area di intervento è ubicata nel settore orientale del territorio comunale di Borgo Ticino (No), a circa 150 m di distanza dal Comune di Castelletto Sopra Ticino, immediatamente a Sud del tracciato dell'A26, alle seguenti coordinate geografiche medie (tav. 1):

- WGS84: lat. 45,697969° long. 8,6184198°;
- ED50: lat. 45,698903° long. 8,619496°.

### 1.2. Ubicazione Carta di sintesi dello studio geologico di P.R.G.C.

Come si può osservare dalla vigente *"Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica"* allegata allo studio geologico di P.R.G.C. (si veda estratto in all. 1), l'area di intervento appartiene alla *"Classe di pericolosità geomorfologica e di idoneità all'utilizzazione urbanistica I"* di P.R.G.C., che non rileva nessuna limitazione urbanistica o problematiche di tipo idrogeologico o geotecnico.

## 2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Dalla visione degli elaborati di progetto, redatti dall'arch. Simone Guerini (studio tecnico in Via Caduti per la Libertà n°150 a Castelletto Sopra Ticino), si evince come l'intervento principale sia costituito da una costruzione ad uso ricovero automezzi con dimensioni in pianta di circa 30 m x 75 m.

Le specifiche tecniche dell'opera, così come definite dal Progettista e dalla Committenza, sono riportate nella tabella seguente (tab. 2.1).

<b>Vita Nominale (<math>V_N</math>)</b>	50 anni
<b>Tipo di costruzione</b>	Tipo 2
<b>Classe d'uso (<math>C_U</math>)</b>	Classe II

Tab. 2.1 – Specifiche tecniche dell'opera.

## 3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area di studio è situata nella porzione occidentale della valle del Fiume Ticino, il cui corso si imposta circa 2 km più ad Est, poco più a valle del suo sbocco nel Lago Maggiore.

La conformazione topografica è strettamente connessa alla sua genesi glaciale e post-glaciale: la morfologia del territorio è infatti il risultato della successione dei fenomeni di deposito ed erosione che si sono verificati durante il Quaternario, seguita al sollevamento post-pliocenico. Le morfologie più evidenti sono di tipo fluvioglaciale e sono rappresentate principalmente da vasti sistemi terrazzati, presenti in modo particolare nelle porzioni più marginali della valle, che digradano in modo non sempre ben definito verso il corso del Ticino.

Dall'esame della carta di inquadramento geomorfologico (tav. 2) è possibile osservare come l'area di intervento si collochi ad una quota di circa 249 m s.l.m., in

un settore prevalentemente pianeggiante, compreso tra due ordini di terrazzi.

Il terrazzo che si imposta circa 800 m più a Sud ha andamento prevalente W-E e genera un versante con dislivello medio di circa 40 m, mettendo in contatto depositi con diversa età deposizionale. Più a Sud è possibile rilevare morfologie tipiche di un ambiente glaciale, dove sono ancora visibili i relitti delle antiche creste dei cordoni morenici, con disposizione concentrica rispetto alla depressione lacustre.

Circa 100 m più a Nord si imposta invece un terrazzo fluvioglaciale più modesto, formato dalla presenza di una vallecchia di ruscellamento superficiale compresa tra accumuli morenici più recenti.

### 3.1. Evoluzione geomorfologica in atto e vulnerabilità geomorfologica

La tendenza evolutiva del territorio è a grande scala strettamente connessa con l'azione degli agenti erosivi (principalmente ruscellamento delle acque superficiali ed azione eolica), che interagiscono andando a modificare lentamente il profilo morfologico dei terreni attuali.

Tuttavia il settore sede degli interventi non è interessato da rilevanti processi geomorfologici accelerati, in quanto privo di asperità tali da dare origine a processi gravitativi, ed esterno alla fascia di influenza diretta dei principali elementi idrografici superficiali. Inoltre nell'area di studio non si segnala la presenza di dissesti in atto o incipienti. Pertanto il grado di vulnerabilità geomorfologica attribuibile al sito di intervento è basso, in accordo con la sua classificazione di P.R.G.C..

## 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Per redigere l'inquadramento geologico generale dell'area di studio è stata visionata una numerosa documentazione tra cui il Foglio 31 "Varese" (1932) della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 e le più recenti osservazioni contenute nello studio geologico di P.R.G.C. (Cerri, 2004).

Le formazioni geologiche affioranti possono essere distinte, sulla base del loro grado di alterazione e del loro periodo di formazione, nelle seguenti unità (tav. 2):

- Depositi fluvioglaciali del Würm: sono depositi grossolani, ciottoloso-ghiaiosi con matrice sabbiosa, che affiorano nelle porzioni più depresse del territorio, e vanno a colmare le strette vallecchie impostate tra gli accumuli morenici, dove localmente diventano preponderanti in superficie litotipi a granulometria maggiormente fine.
- Unità 1 (Pleistocene Superiore): sono sedimenti fluvioglaciali prevalentemente ghiaiosi a supporto di matrice limoso-argillosa con sottile copertura löessica. In questa unità è possibile distinguere i depositi fluvioglaciali da quelli glaciali s.s. che sono caratterizzati da una maggiore presenza di granulometrie fini (argille, sabbie e limi inglobanti ciottoli eterometrici poligenici mal selezionati). Questi depositi affiorano nella porzione centro-settentrionale dell'area di studio ed in corrispondenza del punto di realizzazione dei nuovi interventi edilizi.
- Unità 2 (Pleistocene Medio): sono sedimenti fluvioglaciali prevalentemente ghiaiosi a supporto di matrice limoso-argillosa con modesta copertura löessica. Questi depositi affiorano nella porzione centro-meridionale dell'area di studio, e vanno a costituire la parte preponderante del territorio comunale, dove si imposta l'abitato di Borgo Ticino. Anche per questa unità, come per la precedente, è possibile distinguere le litologie di formazione fluvioglaciale da quelle di origine glaciale s.s..

## 5. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROLOGICO

I principali elementi idrografici presenti nell'area di studio sono rappresentati dal Lago Maggiore e dal suo emissario Fiume Ticino.

Il Lago Maggiore, situato circa 3 km più a Nord del punto di nuova edificazione, ha una superficie di 212 km<sup>2</sup>, di cui circa l'80% è situata in territorio italiano mentre il rimanente 20% ricade in territorio svizzero, ed un perimetro di 170 km.

Il Fiume Ticino, distante circa 2 km più ad Est, ha origine dal Massiccio del San Gottardo, in Svizzera, poi entra nel Lago Maggiore nei pressi di Bellinzona per uscirne a monte di Sesto Calende. Dopo un percorso di 248 km con direzione principale NW-SE confluisce nel Fiume Po come affluente di sinistra, poco più a Sud di Pavia. Per l'azione di regimazione compiuta del Lago Maggiore il Fiume Ticino ha una portata abbastanza regolare, di circa 290 l/s. In corrispondenza dell'area di studio il suo alveo è già caratterizzato dalla presenza di ampi meandri e dalla formazione di barre mediane frequentemente sovrapposte sotto corrente. La scarsità di materiali fini con azione consolidante rende le forme fluviali facilmente soggette all'erosione e decisamente instabili, e sottopone l'alveo a variazioni della sua configurazione morfologica con una discreta attività migratoria laterale.

Nell'intorno di interesse non si segnala la presenza di corsi d'acqua significativi.

La direzione di scorrimento delle acque superficiali ruscellanti inoltre è influenzata dalla morfologia del terreno, e localmente tende a dirigersi verso E-NE.

## 6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

### 6.1. Caratteristiche idrogeologiche del territorio

La circolazione idrica sotterranea è profondamente condizionata dalle caratteristiche litologiche e tessiturali dei depositi presenti, che definiscono il loro grado di permeabilità.

In particolare, si sono distinti i seguenti Complesso idrogeologici (tav. 3):

- Complesso a permeabilità alta ( $k > 10^{-5}$  m/s), formato dai depositi fluvioglaciali würmiani con basso grado di alterazione e minima frazione fine;
- Complesso a permeabilità medio-alta ( $k = 10^{-5} \div 10^{-6}$  m/s), formato da depositi fluvioglaciali del Pleistocene Superiore;
- Complesso a permeabilità media ( $k = 10^{-6}$  m/s), formato da depositi glaciali del Pleistocene Superiore;
- Complesso a permeabilità medio-bassa ( $k = 10^{-6} \div 10^{-7}$  m/s), formato da depositi fluvioglaciali e glaciali del Pleistocene Medio.

L'area di intervento si colloca in corrispondenza del Complesso idrogeologico a permeabilità medio-alta.

Nelle immediate vicinanze dell'area indagata non si segnala la presenza di pozzi ad uso idropotabile (verifica della presenza di aree di rispetto D.Lgs. 152/06 e s.m.i.), in quanto il nuovo pozzo idropotabile di "San Fabiano" è situato circa 600 m più a Sud, a monte rispetto alla direzione di flusso della falda.

## 6.2. Caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo

Dall'analisi del profilo stratigrafico del pozzo idropotabile di "San Fabiano", ubicato circa 600 m più a Sud, si evince come l'assetto litostratigrafico del sottosuolo sia il seguente:

- dal p.c. fino a 31,1 m di profondità: acquifero superficiale di tipo libero, formato principalmente da ghiaie con ciottoli e sabbie, con abbondante presenza di frazione fine limoso-argillosa, protetto in superficie da depositi poco permeabili;
- da 31,1 m a 45,3 m di profondità: depositi argillosi con valori di permeabilità da molto bassi a nulli (acquicludo);
- da 45,3 m a 51,4 m di profondità: porzione basale dell'acquifero superficiale, localmente protetta a tetto da depositi argillosi;
- da 51,4 m a 85,4 m di profondità: depositi fini argilloso-sabbiosi, e subordinatamente ghiaiosi, con valori di permeabilità molto bassi (acquicludo);
- da 85,4 m a 113,2 m di profondità: acquifero profondo, di tipo confinato, formato da depositi ghiaioso-ciottolosi, anche grossolani, dove è sempre presente una significativa frazione fine argilloso-limosa in percentuale variabile;
- da 113,2 m a 150,0 m di profondità: depositi argillosi con valori di permeabilità da molto bassi a nulli (acquicludo).

## 6.3. Caratteristiche del deflusso idrico sotterraneo

In assenza di un numero adeguato di punti di misura accessibili l'andamento della circolazione idrica sotterranea della falda freatica superficiale (tav. 3) è stato ricostruito dall'interpolazione degli studi di P.R.G. dei comuni di Borgo Ticino (Cerri, 2002) e Castelletto Sopra Ticino (Epifani, 2004).

Dall'esame dell'elaborato cartografico si può osservare come la direzione di flusso idrico sotterraneo nell'area di interesse sia principalmente diretto verso la costa meridionale del Lago Maggiore e verso il corso del Fiume Ticino, seguendo grosso modo l'andamento topografico del territorio, con la conseguente presenza di aree, anche limitrofe tra loro, a diverso gradiente, e locali assi di drenaggio o spartiacque.

Il punto di nuova edificazione si colloca in prossimità di uno spartiacque idrogeologico, e qui localmente la falda ha direzione media prevalente di deflusso SW-NE, gradienti del 2-3 % e valori di soggiacenza di circa 10-15 m dal p.c. attuale, con significative oscillazioni stagionali ed annuali del suo livello.

## 7. CARATTERIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA

La pericolosità sismica del sito costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La caratterizzazione è stata eseguita secondo l'approccio semplificato descritto al p.to 3.2.2 delle NTC, ed è consistita nella determinazione della pericolosità sismica di base e della risposta sismica locale.

### 7.1. Ubicazione sismica

Nell'Allegato 1 *"Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone"* dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 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"* e s.m.i., viene definita, per

ogni comune del territorio italiano, la zona sismica di appartenenza, in funzione del valore di accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Il Comune di Borgo Ticino appartiene alla "zona 4", contraddistinta da un grado di sismicità molto basso.

La Regione Piemonte ha proceduto all'adeguamento delle zone sismiche con D.G.R. n. 11-13058 del 19 gennaio 2010, sulla base dei risultati di uno studio affidato al Politecnico di Torino in collaborazione con il Centro Eucentre di Pavia, e queste sono in vigore dal 01.01.2012 per effetto della D.G.R. n. 4-3084 del 12 dicembre 2011. Il Comune di Borgo Ticino resta classificato in "zona 4".

## 7.2. Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di base di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato, denominato "periodo di riferimento" ( $V_R$ ); la relativa probabilità è detta "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" ( $P_{VR}$ ).

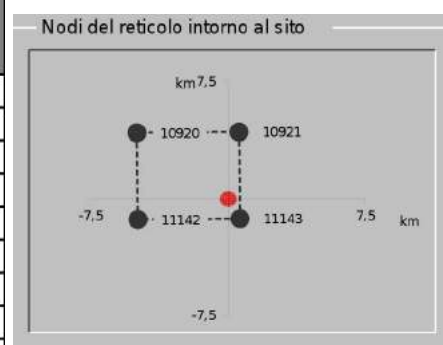
Ai sensi delle NTC, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1), in condizioni di campo libero.

In funzione delle coordinate geografiche del sito (rif. par. 1.1), servendosi dei dati elaborati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e tabulati nell'Allegato B alle NTC, è possibile ricavare i seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_o$ : 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.

I valori sono stati ottenuti mediante interpolazione per media ponderata, utilizzando il software "Spettri NTC ver. 1.0.3" fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. I valori così determinati vengono riportati nella tabella seguente (tab. 7.1) in funzione del "periodo di ritorno del sisma" ( $T_R$ ).

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
30	0,014	2,583	0,158
50	0,018	2,546	0,168
72	0,021	2,516	0,198
101	0,024	2,595	0,211
140	0,027	2,605	0,224
201	0,030	2,615	0,238
475	0,038	2,632	0,279
975	0,045	2,676	0,302
2475	0,056	2,801	0,323



Tab. 7.1 – Pericolosità sismica di base del sito per i diversi  $T_R$ .

I valori relativi ai periodi di ritorno del sisma  $T_R$  associati ai diversi stati limite relativi ad un suolo di riferimento rigido orizzontale, per una strategia progettuale di norma e per le specifiche dell'opera indicate in tab. 2.1, sono riportati nella tabella seguente (tab. 7.2), mentre i relativi spettri di risposta sono riportati in fig. 7.1.



SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0,014	2,583	0,158
SLD	50	0,018	2,546	0,168
SLV	475	0,038	2,632	0,279
SLC	975	0,045	2,676	0,302

Tab. 7.2 – Pericolosità sismica di base del sito relativa ai diversi stati limite.

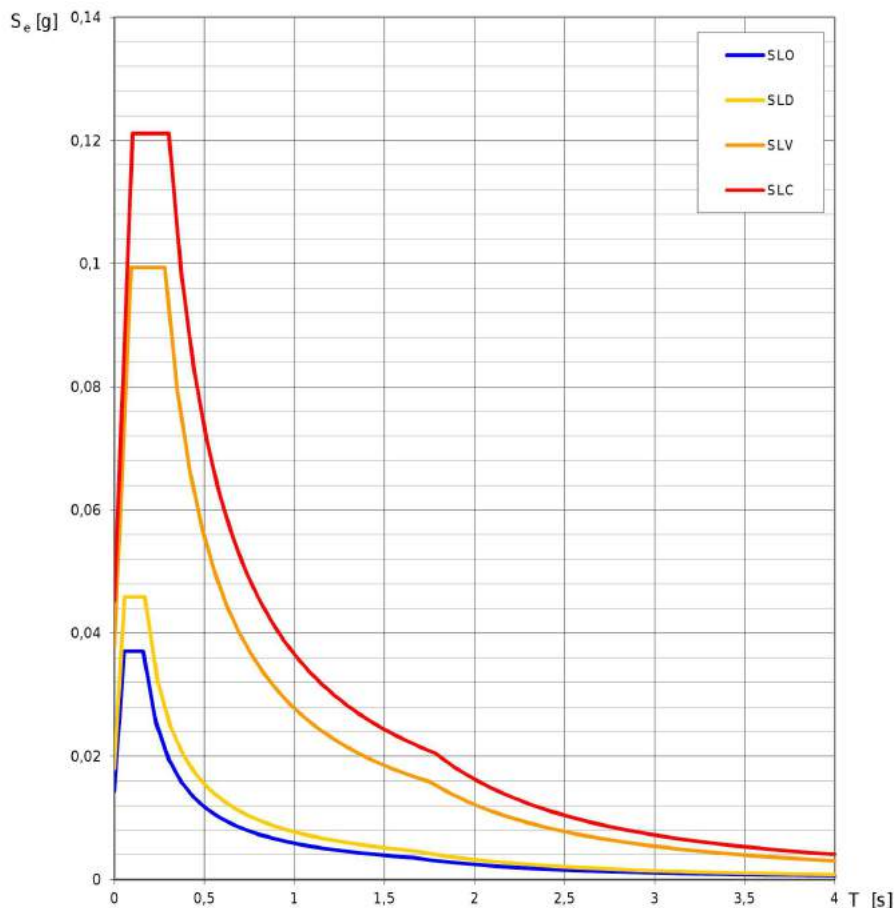


Fig. 7.1 – Spettri di risposta elastici su suolo di riferimento rigido orizzontale.

### 7.3. Indagini geofisiche

Per la caratterizzazione sismica del sito, indispensabile per determinare la risposta sismica locale, sono state eseguite le seguenti indagini non invasive:

- una misurazione dei microtremori con metodologia sismica HVSR, per determinare la frequenza caratteristica di risonanza del terreno;
- una prova geofisica di tipo MASW, per misurare la velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità ( $V_{s,30}$ ).

Le indagini sono state seguite direttamente dallo scrivente, che ne certifica l'esatta esecuzione in quanto abilitato ai sensi dell'art. 41 del D.P.R. 328/01.

#### 7.3.1. Ubicazione delle indagini eseguite

Le indagini sono state eseguite al confine Est dell'area di proprietà, nel terreno naturale ai margini del riempimento messo in opera come pavimentazione per la movimentazione degli automezzi.

### 7.3.2. Strumentazione utilizzata

L'indagine geofisica è stata effettuata impiegando la seguente strumentazione:

- sismografo Echo Tromo HVSR 3;
- geofono 3D per misure HVSR;
- geofoni orizzontali con frequenza di 4,5 Hz;
- sorgente impulsiva costituita da una mazza battente da 6 kg;
- piastra di battuta in duralluminio;
- software geopsy e dinver (by Marc Wathelet, ISTerre, Grenoble, France).

## 7.4. Prova geofisica HVSR

La tecnica dei rapporti spettrali HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*), proposta da Nogoshi e Igarashi (1971) e diffusa da Nakamura (1989), viene utilizzata per individuare la frequenza caratteristica di risonanza del sito, parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale. Infatti si dovranno evitare, o realizzare con adeguate precauzioni, strutture con frequenza fondamentale di risonanza pari alla frequenza caratteristica di risonanza del sito, al fine di evitare durante il verificarsi di un evento sismico l'effetto della "doppia risonanza".

Questa tecnica, di tipo passivo, consiste nella misurazione del rumore sismico ambientale (*microtremore*) mediante l'impiego di tre velocimetri elettrodinamici ortogonali tra di loro ad alta definizione contenuti in un geofono triassiale, e nella stima del rapporto tra lo spettro di ampiezza delle componenti orizzontali e quello della componente verticale (rapporto H/V). La presenza di un picco nella curva H/V ad una certa frequenza è indice che tale frequenza può essere amplificata in caso di sisma.

In fase operativa il microtremore è stato registrato nelle sue tre componenti alla frequenza di 311 Hz per un tempo complessivo di campionamento di 30'.

Il calcolo del rapporto H/V ha previsto le seguenti fasi:

- scomposizione del segnale in finestre temporali da 15 s ed eliminazione dei rumori transitori o transienti;
- calcolo e smussamento dello spettro di ampiezza ricavato tramite la trasformata di Fourier per ognuna delle finestre temporali su tutte e tre le componenti;
- combinazione, con un'operazione di media, delle due componenti orizzontali per ognuna delle finestre temporali;
- calcolo del rapporto H/V per ogni finestra temporale;
- calcolo della media dei rapporti H/V delle singole finestre, che rappresenta la curva H/V definitiva.

### 7.4.1. Dati ed interpretazione dei risultati ottenuti

La curva H/V ottenuta, riportata in Allegato 2, mostra un picco alla frequenza di 18,2753 Hz, anche se non soddisfa completamente i criteri SESAME in termini di chiarezza (*Site Effects Assessment Using Ambient Excitations, 2005*). Questo picco è di tipo stratigrafico e corrisponde presumibilmente al contrasto di velocità individuato al contatto tra lo strato di alterazione superficiale, con spessore massimo di circa 2 m, ed i terreni sottostanti. Più in profondità non si rileva alcun picco, indice di un terreno omogeneo e compatto, almeno fino alla profondità di propagazione del segnale, che non dà luogo a fenomeni di amplificazione.

## 7.5. Prova geofisica MASW

La metodologia MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) viene utilizzata per individuare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

La caratteristica principale delle onde di superficie (onde di Rayleigh e onde di Love) è quella di viaggiare ad una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla loro propagazione. In un mezzo stratificato sono dispersive, cioè ciascuna componente di frequenza dell'onda ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda. In particolare le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori) sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte) hanno energia minore ed una capacità di penetrazione superficiale.

Il metodo MASW consiste nel determinare il profilo verticale della velocità delle  $V_s$  attraverso l'analisi delle modalità di dispersione delle onde di superficie, con le seguenti operazioni:

- acquisizione delle onde superficiali;
- determinazione dello spettro di velocità, dal quale vengono estratte le proprietà dispersive delle onde di superficie;
- inversione della curva di dispersione.

Per ottenere un profilo  $V_s$  bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga, generato da una sorgente sismica, quale ad esempio una massa battente, e registrarli attraverso appositi geofoni, minimizzando il rumore.

Durante l'acquisizione del segnale, l'energizzazione genera simultaneamente, oltre alle onde piane, una molteplicità di tipi diversi di onde, con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. L'impiego di un metodo di registrazione multicanale consente il riconoscimento dei diversi comportamenti delle onde in arrivo, permettendo di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti onde sismiche.

Nell'indagine in sito è stata eseguita una misura RVF, ottenuta con energizzazione mediante sorgente ad impatto verticale e misura con geofoni orizzontali, che permette di acquisire la componente radiale delle onde di Rayleigh.

Sul campo le misure sono state eseguite in modo tale da ricostruire uno stendimento di 24 geofoni con interdistanza geofonica di 2 metri, per una lunghezza complessiva di 46 metri, con offset minimo (*mo*) di 10,0 m. Le acquisizioni sono state fatte ad una frequenza di 1.244 Hz con un tempo di acquisizione di 2,0 s. Data la vicinanza con l'A26, che rappresenta un significativo elemento di disturbo, si è scelto di non considerare i segnali dei tre geofoni più lontani, fortemente compromessi.

### 7.5.1. Dati ed interpretazione dei risultati ottenuti

I risultati ottenuti sono riportati in dettaglio in Allegato 2, dove si possono osservare:

- il sismogramma acquisito durante la misurazione in sito;
- lo spettro di velocità da cui è stata estratta la curva di dispersione;
- il confronto tra la curva di dispersione estratta dallo spettro e quella calcolata dal modello elaborato;
- il modello del terreno, con il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$ .

I risultati ottenuti sono compatibili con l'assetto litostratigrafico locale. Si sottolinea tuttavia il fatto che la stratigrafia individuata è sismicamente equivalente e ragionevolmente prossima a quella reale, anche se probabilmente non esattamente coincidente.

## 7.6. Risposta sismica locale

La risposta sismica locale è stata effettuata mediante la determinazione dell'amplificazione stratigrafica e morfologica del sito, rispetto alla condizione del sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A e T1).

### 7.6.1. Amplificazione stratigrafica

Gli effetti di amplificazione stratigrafica sono stati tenuti in considerazione mediante la determinazione della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità dal piano di imposta delle fondazioni ( $V_{s,30}$ ), calcolata mediante l'utilizzo della seguente espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} [m/s]$$

dove:

- $h_i$  : spessore dell'i-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;
- $V_{s,i}$  : velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- $N$ : numero di strati compresi nei primi 30 m di profondità.

Dai valori misurati (tab. 8.3) si è ottenuto un valore di  $V_{s,30}$  pari a 378 m/s, considerato cautelativamente a partire dal p.c..

CALCOLO $V_{s,30}$				
da m	a m	Vs [m/s]	Hi [m]	Hi/Vi
0,0	2,2	187	2,2	0,0115
2,2	2,9	284	0,7	0,0026
2,9	4,8	295	1,9	0,0065
4,8	5,4	336	0,6	0,0018
5,4	7,7	343	2,3	0,0066
7,7	12,7	382	5,0	0,0130
12,7	21,9	414	9,2	0,0223
21,9	24,7	515	2,8	0,0054
24,7	30,0	552	5,3	0,0096
SOMMA			30,0	0,0794
			$V_{s,30}$ [m/s]	<b>377,65</b>

Tab. 7.3 – Calcolo  $V_{s,30}$ .

Dal valore calcolato e dalla conoscenza delle caratteristiche litostratigrafiche, è possibile attribuire al sito la *categoria di sottosuolo B*, che individua "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  $N_{SPT,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina)" (rif. tab. 3.2.II NTC).

### 7.6.2. Amplificazione topografica

Per quanto concerne gli effetti di amplificazione topografica, legati alla conformazione del piano campagna, il sito appartiene alla categoria topografica T1, che individua "superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ " (rif. tab. 3.2.IV NTC).

### 7.6.3. Definizione dell'accelerazione massima attesa in superficie

Il valore dell'accelerazione massima attesa in superficie  $a_{\max}$  può essere ottenuto dalla seguente relazione:

$$a_{\max} = S_S \times S_T \times a_g$$

I risultati ottenuti, relativi ai diversi stati limite, sono riportati nella tabella seguente.

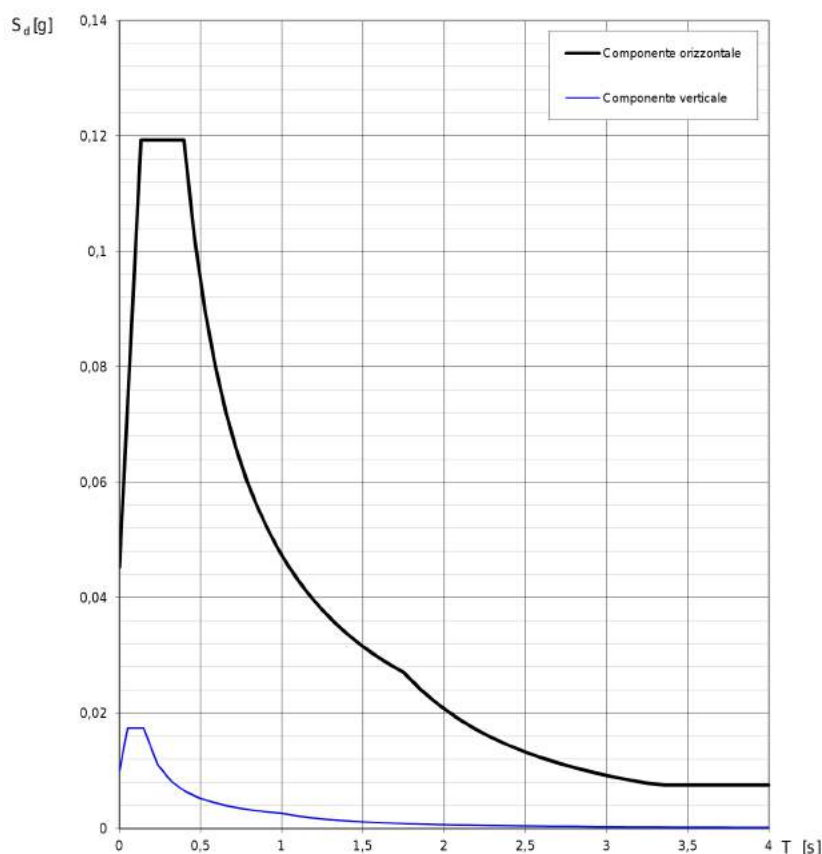
	$S_S$	$S_T$	$a_{\max}$ [g]
<b>SLO</b>	1,20	1,00	0,0168
<b>SLD</b>	1,20	1,00	0,0216
<b>SLV</b>	1,20	1,00	0,0456
<b>SLC</b>	1,20	1,00	0,0540

Tab. 7.4 – Valori dell'accelerazione massima attesa in superficie per i diversi stati limite.

## 7.7. Spettri di risposta elastici

Gli spettri di risposta elastici in accelerazione per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SL), riferiti ad uno smorzamento convenzionale del 5%, sono riportati di seguito sia in forma grafica che tabellare.

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**



## Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,038 g
$F_0$	2,632
$T_C^*$	0,279 s
$S_S$	1,200
$C_C$	1,420
$S_T$	1,000
$q$	1,000

### Parametri dipendenti

$S$	1,200
$\eta$	1,000
$T_B$	0,132 s
$T_C$	0,397 s
$T_D$	1,751 s

### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 < T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B < T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C < T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T > T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,045
$T_B \leftarrow$	0,132	0,119
$T_C \leftarrow$	0,397	0,119
	0,461	0,103
	0,526	0,090
	0,590	0,080
	0,655	0,072
	0,719	0,066
	0,784	0,060
	0,848	0,056
	0,913	0,052
	0,977	0,048
	1,042	0,045
	1,106	0,043
	1,171	0,040
	1,235	0,038
	1,300	0,036
	1,364	0,035
	1,429	0,033
	1,493	0,032
	1,558	0,030
	1,622	0,029
	1,687	0,028
$T_D \leftarrow$	1,751	0,027
	1,858	0,024
	1,965	0,021
	2,072	0,019
	2,179	0,017
	2,287	0,016
	2,394	0,014
	2,501	0,013
	2,608	0,012
	2,715	0,011
	2,822	0,010
	2,929	0,010
	3,036	0,009
	3,143	0,008
	3,250	0,008
	3,357	0,008
	3,465	0,008
	3,572	0,008
	3,679	0,008
	3,786	0,008
	3,893	0,008
	4,000	0,008

## Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: **SLV**

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_{gv}$	0,010 g
$S_s$	1,000
$S_T$	1,000
$q$	1,500
$T_B$	0,050 s
$T_C$	0,150 s
$T_D$	1,000 s

### Parametri dipendenti

$F_v$	0,691
$S$	1,000
$\eta$	0,667

### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$\begin{aligned} 0 < T < T_B & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\ T_B < T < T_C & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\ T_C < T < T_D & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\ T_D < T & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right) \end{aligned}$$

### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,010
$T_B$ ←	0,050	0,017
$T_C$ ←	0,150	0,017
	0,235	0,011
	0,320	0,008
	0,405	0,006
	0,490	0,005
	0,575	0,005
	0,660	0,004
	0,745	0,004
	0,830	0,003
	0,915	0,003
$T_D$ ←	1,000	0,003
	1,094	0,002
	1,188	0,002
	1,281	0,002
	1,375	0,001
	1,469	0,001
	1,563	0,001
	1,656	0,001
	1,750	0,001
	1,844	0,001
	1,938	0,001
	2,031	0,001
	2,125	0,001
	2,219	0,001
	2,313	0,000
	2,406	0,000
	2,500	0,000
	2,594	0,000
	2,688	0,000
	2,781	0,000
	2,875	0,000
	2,969	0,000
	3,063	0,000
	3,156	0,000
	3,250	0,000
	3,344	0,000
	3,438	0,000
	3,531	0,000
	3,625	0,000
	3,719	0,000
	3,813	0,000
	3,906	0,000
	4,000	0,000

Dallo spettro elastico si ricava per lo SLV il seguente coefficiente sismico  $Kh_k$  (inerzia del terreno), dove  $\beta_s$  è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito:

$$Kh_k = \beta_s \frac{a_{max}}{g} = 0,20 \times 0,0456 = 0,00912$$

## 8. CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE SUGLI INTERVENTI IN PROGETTO, PRESCRIZIONI ED INCERTEZZE DEL MODELLO

Le osservazioni condotte sull'assetto geologico del sito di nuovo intervento non hanno evidenziato problematiche particolari che non possano essere risolte mediante locali interventi da eseguirsi negli specifici lotti, confermando la favorevole situazione prospettata dalla sua appartenenza alla *Classe I* di P.R.G.C..

Il moderato grado di pericolosità dell'area è riconducibile alla presenza nel primo sottosuolo di terreni scarsamente addensati, condizione che deve essere attentamente indagata con prove in sito in sede di indagine geotecnica.

Le fondazioni del nuovo edificio, infatti, dovranno impostarsi in terreni con caratteristiche geotecniche adeguate, sotto lo strato di gelo-disgelo. In fase di indagine geotecnica dovrà anche essere verificata la profondità di imposta del substrato ghiaioso-ciottoloso, e valutata l'adeguatezza delle sue caratteristiche geotecniche in relazione anche all'entità dei carichi.

Il giudizio di attendibilità del modello geologico elaborato può essere definito come *"buono"* (livello 4, ai sensi delle Linee Guida prodotte dal C.N.G.), ed il suo maggiore grado di incertezza è dato dalla non perfetta conoscenza del valore di soggiacenza della falda, che tuttavia dovrebbe essere tale da non interferire con le nuove strutture.

Dopo aver analizzato nel dettaglio gli elementi geologici che determinano il grado di pericolosità del sito attribuito dalla cartografia di P.R.G.C., si può quindi affermare che l'intervento in progetto non sia tale da comportare un aumento della pericolosità geomorfologica, geologica ed idrogeologica per un intorno significativo del sito di studio.

Inoltre il rischio geologico connesso con le opere in progetto, definito come probabilità che un determinato evento naturale si verifichi incidendo sull'ambiente fisico in modo tale da recare danno all'uomo e alle sue attività, è modesto.



## Conclusioni

Lo studio geologico e sismico condotto sull'area dove verrà realizzato il nuovo intervento edilizio ha evidenziato i seguenti aspetti:

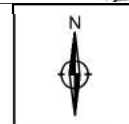
- l'area è ubicata nel settore orientale del territorio comunale di Borgo Ticino (No), ed appartiene alla "Classe I" di PRGC, che individua una totale edificabilità;
- da un punto di vista geomorfologico l'area è situata nella porzione occidentale della valle del Fiume Ticino, e non presenta una pericolosità tale da sconsigliare l'esecuzione dell'intervento in oggetto;
- la sua tendenza evolutiva è a grande scala strettamente connessa con l'azione degli agenti erosivi, anche se non sono in atto processi accelerati;
- in corrispondenza del sito di intervento affiorano depositi fluvioglaciali del Pleistocene Superiore, formati da ghiaie a supporto di matrice limoso-argillosa;
- l'area di intervento è esterna alle zone di possibile esondazione dei principali corsi d'acqua superficiali;
- in corrispondenza dei lotti di intervento i depositi presenti definiscono un complesso idrogeologico a permeabilità medio-alta, con potenza di circa 30 m, poggiante su depositi argillosi a permeabilità molto bassa;
- in questo complesso si imposta un acquifero a falda libera, con direzione di deflusso prevalente SW-NE, gradienti del 2-3% e valori di soggiacenza di circa 10-15 m, con oscillazioni stagionali ed annuali di ordine metrico che potrebbero innalzarne significativamente il livello;
- il sito possiede una pericolosità sismica di base molto bassa, tipica di una "zona 4" sismica, ed al cap. 7 è stata analizzata la sua risposta locale sulla base di specifiche indagini geofisiche in sito, che ha rilevato una possibile amplificazione stratigrafica compatibile con la categoria di sottosuolo B (rif. tab. 3.2. II NTC);
- il giudizio di attendibilità del modello geologico elaborato del sito di intervento può essere definito come "buono", ed il suo grado di incertezza dipende principalmente dalla non perfetta conoscenza della reale entità della soggiacenza della falda superficiale.

In conclusione, dopo aver analizzato nel dettaglio gli elementi geologici dell'area di studio, si può affermare che l'insieme delle osservazioni condotte evidenzia un quadro sostanzialmente idoneo per l'esecuzione degli interventi in progetto, non rilevandosi particolari limitazioni di carattere geologico che non possano essere compensate con provvedimenti particolari a livello di singolo lotto, nel rispetto delle considerazioni riportate al Capitolo 8, al quale si rimanda; l'intervento è quindi compatibile con la geologia locale.

Il presente studio a carattere generale dovrà essere verificato in fase esecutiva. Pertanto se durante l'esecuzione dell'opera si dovessero rinvenire condizioni geologiche difformi da quanto previsto in questa relazione sarà opportuno rivedere le conclusioni e contattare il consulente geologo. Inoltre qualsiasi significativa variante che si voglia adottare all'attuale progetto cui si è fatto riferimento dovrà essere analizzata anche sotto il profilo geologico.



Base Cartografica di Riferimento Regione Piemonte Anno 2015 scala 1:10.000



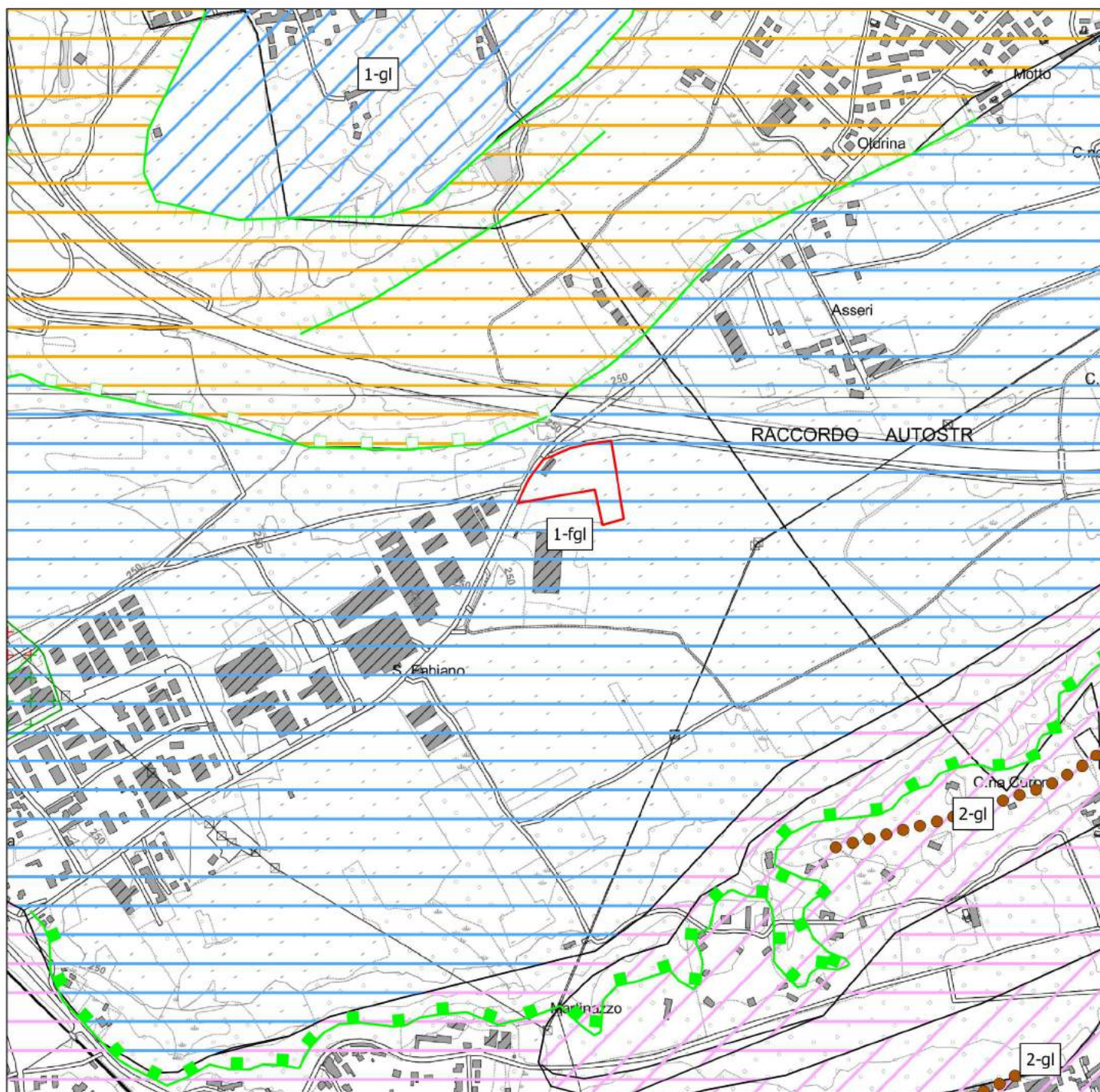
Area di intervento

Coordinate geografiche medie:

- WGS84: lat. 45,697969° e long. 8,6184198°
- ED50: lat. 45,698903° e long. 8,619496°

		<b>Dott. Geol. Mattia BERTANI</b> Ordine dei Geologi del Piemonte n.588/A Casale Tabuloni, 32 - 28021 Borgomanero (No) tel. 0322 843722 - fax. 0322 060155 - cell. 349 1884498 www.studiobertani.it - e-mail: mattia.bertani@atdot.it	
		Località: <b>Via Castelletto Ticino</b> <b>Comune di Borgo Ticino (No)</b>	
Titolo: <b>Corografia</b>		N. Tavola: <div style="font-size: 2em; text-align: center;">1</div>	
Commessa: rif. <b>584-16</b>	File: 584-16_borgoticino_medionovarese_geo_tav1.pdf		
Rev: <div style="text-align: center;">00</div>	Data emissione: Aprile 2016	Foglio: <div style="text-align: center;">A4</div>	Scala: <div style="text-align: center;">1:10.000</div>








### Unità geologiche

-  Depositi fluvioglaciali (Wurm)
-  Unità 1: Depositi fluvioglaciali (Pleistocene Superiore)
-  Unità 1: Depositi glaciali (Pleistocene Superiore)
-  Unità 2: Depositi fluvioglaciali (Pleistocene Medio)
-  Unità 2: Depositi glaciali (Pleistocene Medio)


### Elementi morfologici

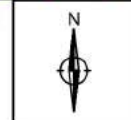
-  Cresta di cordone morenico

#### Terrazzi:

-  con altezza < 5 m
-  con altezza compresa tra i 5 ed i 10 m
-  con altezza superiore ai 10 m

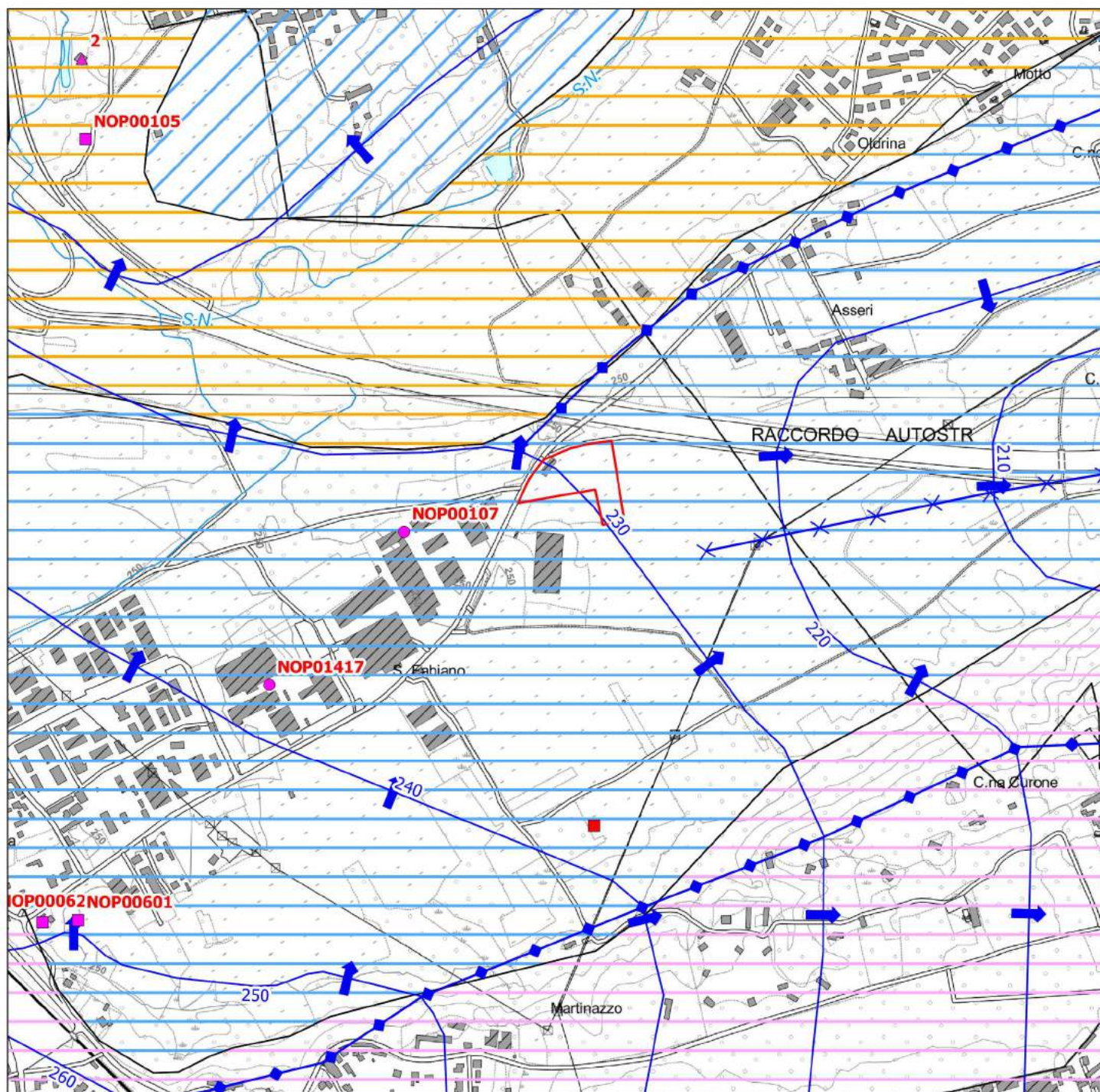
Cartografia di Riferimento Regione Piemonte Anno 2015 scala 1:10.000

 Area di intervento



		Dott. Geol. Mattia BERTANI Ordine dei Geologi del Piemonte n.588/A Casale Tabuloni, 32 - 28021 Borgomanero (No) tel. 0322 843722 - fax. 0322 060155 - cell. 349 1884498 www.studiobertani.it - e-mail: mattia.bertani@atd.it	
Località:		<b>Via Castelletto Ticino</b> <b>Comune di Borgo Ticino (No)</b>	
Titolo:		<b>Inquadramento geologico e geomorfologico</b>	N. Tavola: <b>2</b>
Commessa:	File:	584-16_borgoticino_medionovarese_geo_tav2.pdf	
Rev:	Data emissione:	Foglio:	Scala:
00		Aprile 2016	A4 1:10.000





### Complessi idrogeologici

	Complesso a permeabilità alta
	Complesso a permeabilità medio-alta
	Complesso a permeabilità media
	Complesso a permeabilità medio-bassa

### Pozzi con codice di riferimento provinciale

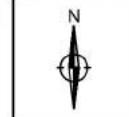
- Pozzo dell'acquedotto ad uso idropotabile
- Pozzo privato
- Pozzo pilota
- Nuovo pozzo idropotabile San Fabiano

### Falda superficiale (rif. studi idrogeologici di P.R.G.C.)

- Isofreatica con quota in m s.l.m. e direzione di deflusso
- Spartiacque idrogeologico
- Asse di drenaggio idrogeologico

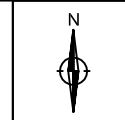
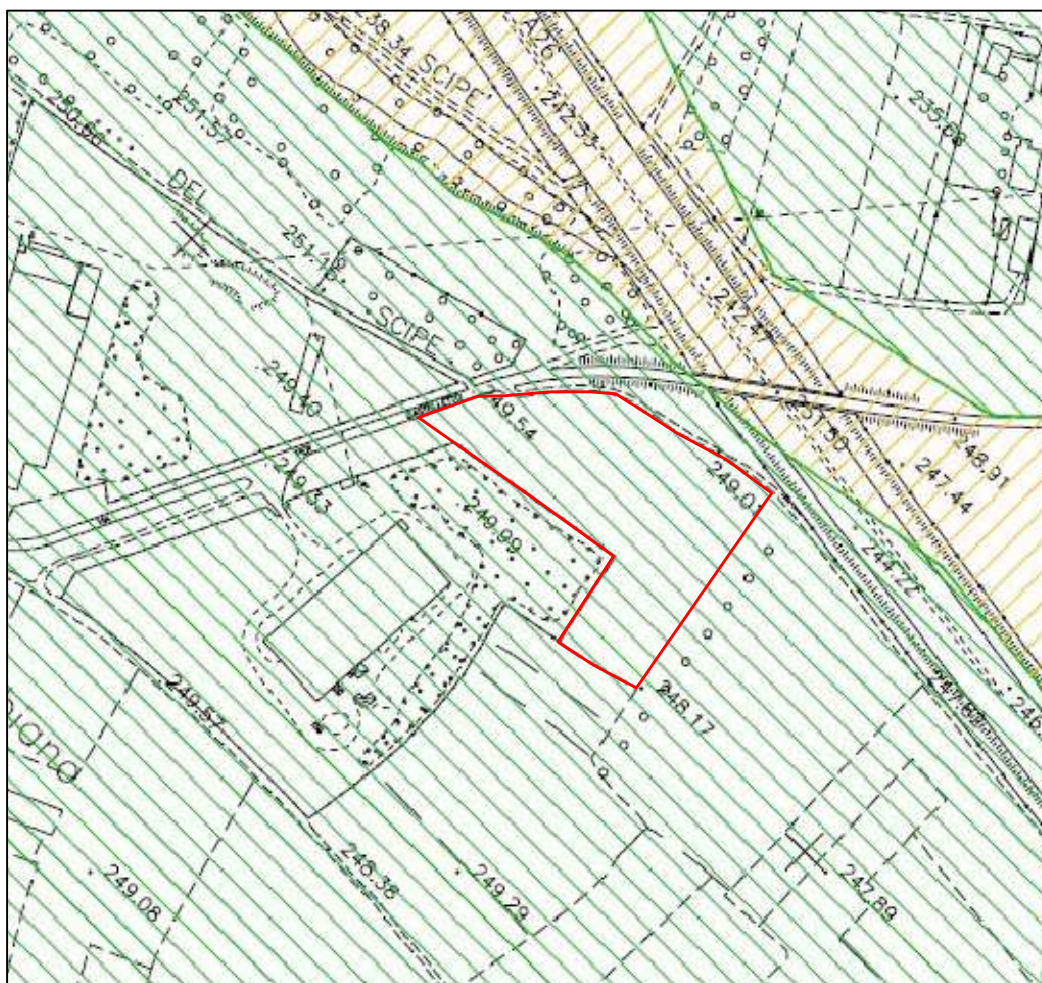
Base Cartografica di Riferimento Regione Piemonte Anno 2015 scala 1:10.000

Area di intervento



 Dott. Geol. Mattia BERTANI Ordine dei Geologi del Piemonte n.588/A Casale Tabuloni, 32 - 28021 Borgomanero (No) tel. 0322 843722 - fax. 0322 060155 - cell. 349 1884498 www.studiobertani.it - e-mail: mattia.bertani@atdot.it	
Località: <b>Via Castelletto Ticino</b> <b>Comune di Borgo Ticino (No)</b>	
Titolo: <b>Inquadramento idrogeologico</b>	N. Tavola: <b>3</b>
Commessa: rif. 584-16	File: 584-16_borgoticino_medionovarese_geo_tav3.pdf
Rev: 00	Data emissione: Aprile 2016
Foglio: A4	Scala: 1:10.000





CLASSE DI PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA E DI IDONEITA'  
ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA RELATIVA ALL'AREA DI INTERVENTO:

## CLASSE DI IDONEITA' URBANISTICA I - EDIFICABILITA' TOTALE



**Dott. Geol. Mattia BERTANI**  
*Ordine dei Geologi del Piemonte n.588*  
Casale Tabuloni, 32 - 28021 Borgomanero (No)  
tel. 0322 843722 - fax. 0322 060155 - cell. 349 1884498  
[www.studiobertani.it](http://www.studiobertani.it) - e-mail: [mattia.bertani@atdot.it](mailto:mattia.bertani@atdot.it)

Località: **Via Castelletto Ticino**  
**Comune di Borgo Ticino (No)**

**Titolo:** Estratto Carta di sintesi dello studio geologico di P.R.G.C.

N. Allegato:

1

Commissa: rif: 584-16	File: 584-16_borgottolno_medlonovarese_geo_all1.pdf
--------------------------	--------------------------------------------------------

Rev:	Data emissione:	Foglio:	Scala:
00	Aprile 2016	A4	

---

Medio Novarese Ambiente  
Via Matteotti, 51  
28021 Borgomanero (No)

---

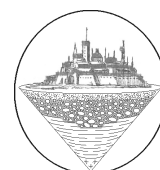
Nuova costruzione di ricovero automezzi  
presso la piattaforma ecologica  
di Via Castelletto Ticino, a Borgo Ticino (No)

## RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

---

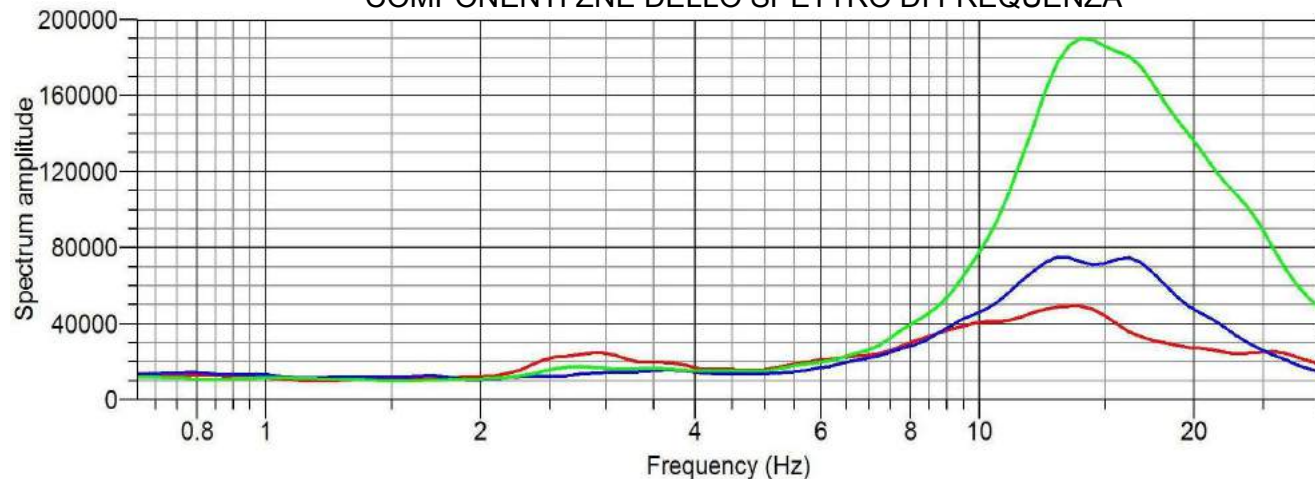
ALLEGATO	2
Elaborati indagini geofisiche	

Rif. 584-16



Dott. Geol. Mattia BERTANI  
Casale Tabuloni, 32  
28021 Borgomanero (No)  
tel. 0322 843722 – fax. 0322 060155  
[www.studiobertani.it](http://www.studiobertani.it)

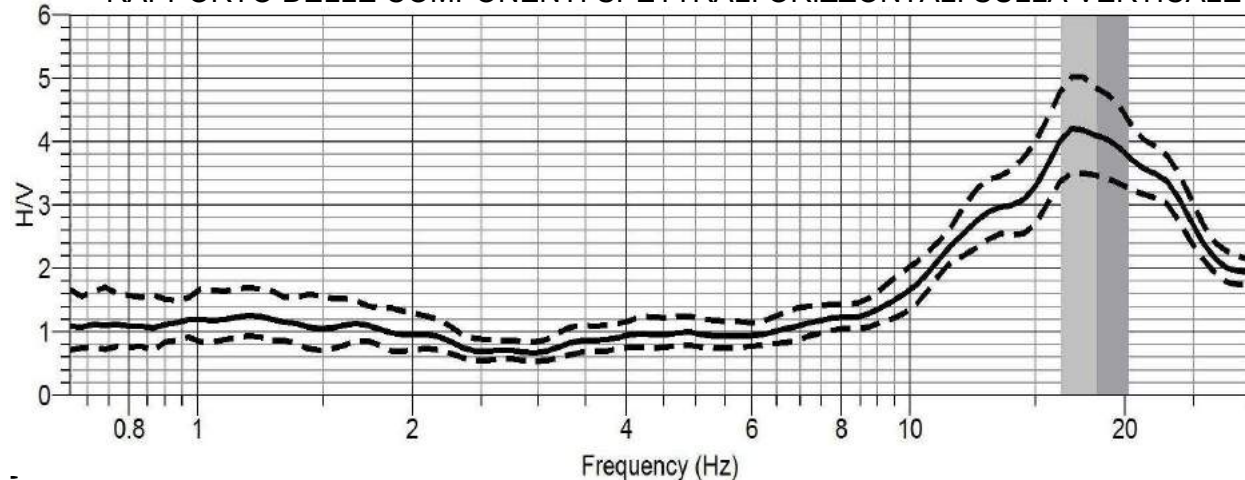
## COMPONENTI ZNE DELLO SPETTRO DI FREQUENZA



### LEGENDA

- Spettro asse Z (verticale)
- Spettro asse Nord-Sud
- Spettro asse Est-Ovest
- Rapporto H/V medio
- - - Curve di confidenza (rapporto H/V medio  $\times$  dev. stand.)
- Area ottenuta aggiungendo e sottraendo alla  $f_0$  del rapporto medio la dev. stand.

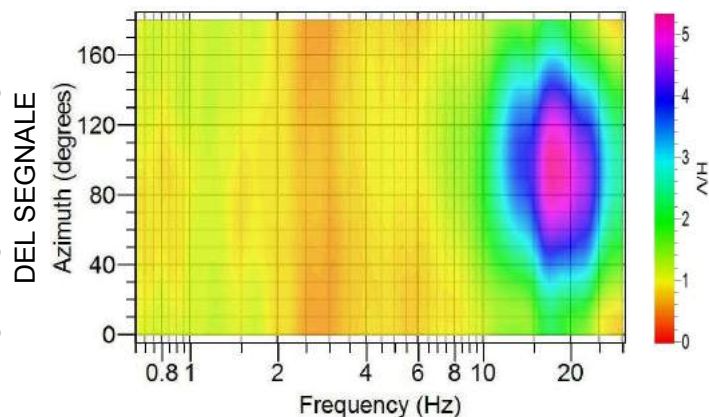
## RAPPORTO DELLE COMPONENTI SPETTRALI ORIZZONTALI SULLA VERTICALE



Durata della registrazione: 30'  
 Frequenza di campionamento: 311 Hz  
 Finestra di campionamento: 15 s  
 Minima frequenza attendibile: 0,66 Hz

**Picco alla frequenza di 18,2753 Hz**

## VALUTAZIONE DIREZIONALITA' DEL SEGNALE



## VERIFICA CRITERI SESAME

Criteria for a reliable H/V curve	
i) $f_0 > 10 / I_w$	OK
and	
ii) $n_c(f_0) > 200$	OK
and	
iii) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$ Hz	OK
or $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$ Hz	
Criteria for a clear H/V peak	
(at least 5 out of 6 criteria fulfilled)	
i) $\exists f \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	OK
ii) $\exists f \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	OK
iii) $A_0 > 2$	OK
iv) $f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	NO
v) $\sigma_f < s(f_0)$	NO
vi) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	OK

## ANALISI H/V Metodo di Nakamura

Via Castelletto Ticino  
 Comune di Borgo Ticino (No)

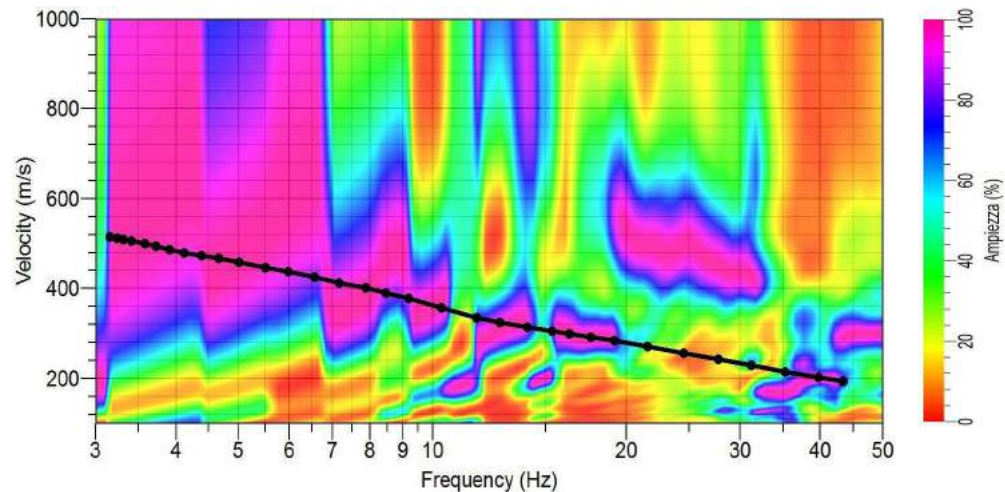
MISURA HVSR

6 aprile 2016

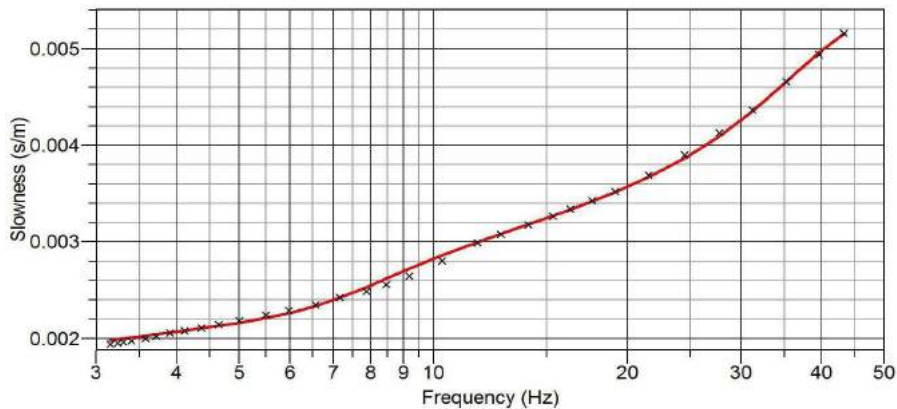
Dott. Geol. Mattia BERTANI  
 Casale Tabuloni, 32  
 28021 Borgomanero (No)  
[www.studiobertani.it](http://www.studiobertani.it)



SPETTRO DI VELOCITA'



CURVA DI DISPERSIONE



x Curva di dispersione  
misurata

— Curva di dispersione  
calcolata

MODELLO DEL TERRENO

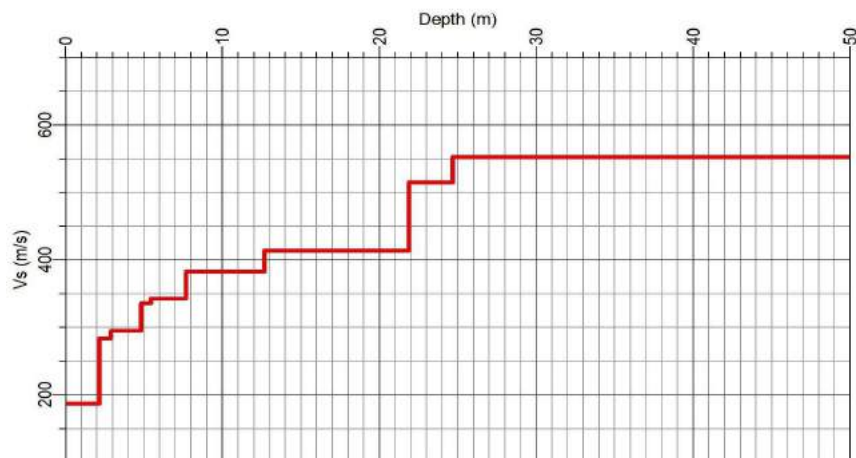
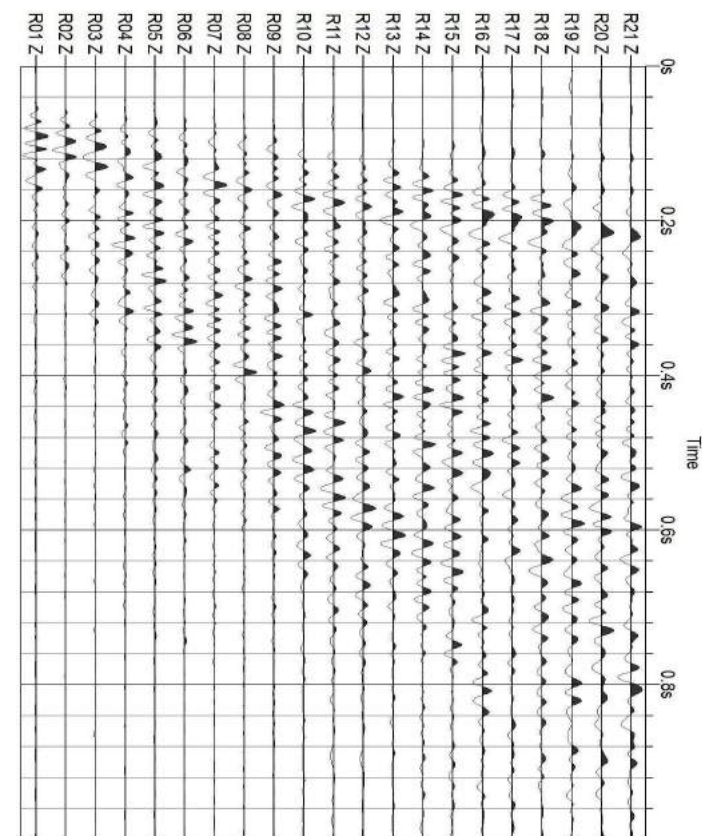


TABELLA DI VELOCITA'

da m	a m	Vs [m/s]	Hi [m]	Hi/Vi	G' [Mpa]
0,0	2,2	187	2,2	0,0115	59
2,2	2,9	284	0,7	0,0026	143
2,9	4,8	295	1,9	0,0065	156
4,8	5,4	336	0,6	0,0018	207
5,4	7,7	343	2,3	0,0066	216
7,7	12,7	382	5,0	0,0130	275
12,7	21,9	414	9,2	0,0223	328
21,9	24,7	515	2,8	0,0054	535
24,7	54,0	552	29,3	0,0531	626

SISMOGRAMMA



Tipo geofoni: orizzontali  
Modalità di energizzazione: mazza battente  
Frequenza di campionamento: 1.244 Hz  
Tempo di acquisizione: 2,0 sec  
Offset primo geofono: 10,0 m  
Interdistanza geofonica: 2,0 m

## ANALISI MASW Onde di Rayleigh (R)

Via Castelletto Ticino  
Comune di Borgo Ticino (No)

MISURA RVF

6 aprile 2016

Dott. Geol. **Mattia BERTANI**  
Casale Tabuloni, 32  
28021 Borgomanero (No)  
[www.studiobertani.it](http://www.studiobertani.it)