

COMUNE DI BOBBIO

committente:

COMUNE DI BOBBIO

tavola:



UNIONE EUROPEA

GEO

progetto:

PNRR - MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA
COMPONENTE 1 - INVESTIMENTO 3.3: "PIANO DI
MESSA IN SICUREZZA DELL'EDILIZIA SCOLASTICA"
finanziamento Unione Europea - NEXT GENERATION

POLO SCOLASTICO ALTA VAL TREBBIA - LOTTO 01
EFFICIENTAMENTO ENERGETICO E MIGLIORAMENTO
SISMICO - EX SEMINARIO - CUP G33C23000040008



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU

oggetto:

RELAZIONE GEOLOGICO-SISMICA

data:

aprile2023

REGIONE EMILIA ROMAGNA
COMUNE DI BOBBIO
PROVINCIA DI PIACENZA

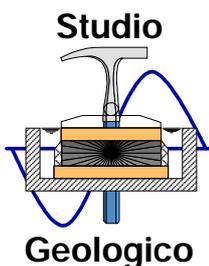
RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA

**A CORREDO DEL PROGETTO PER IL MIGLIORAMENTO
SISMICO DI PARTE DELL' EX SEMINARIO VESCOVILE DI
BOBBIO**



Località : Bobbio

Committente : Amm.ne Comunale di Bobbio



Dott. Geol. N. CAVANNA

Via Degani, 9 (PC)

☎ 0523 / 305674 - ☎ 335 / 5734746

FAX 0523 / 317301



SOMMARIO

1.0 - PREMESSA	3
2.0 - CONTENUTI RELAZIONALI	3
3.0 - STATO DEI LUOGHI	4
4.0 - INQUADRAMENTO FISICO-GEOGRAFICO ED AMBIENTALE	5
4.1. - CENNI GEOMORFOLOGICI E GEOLITOLOGICI.....	5
5.0 - INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI	9
5.1. – PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (DPM)	10
5.2. – REGISTRAZIONE MICROTREMORI	11
5.2.1 - Metodologia d'indagine	11
5.2.2 - Categoria di suolo	11
5.2.3 - Elaborati dati d'indagine HVSR 01	12
5.2.4 - Elaborati dati d'indagine HVSR 02	15
6.0 – CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITA' LITOTECNICHE INDIVIDUATE	18
7.0 - AZIONE SISMICA	19
7.1 - CATEGORIA DI SUOLO FONDAZIONALE	19
7.2 – FATTORI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA.....	22
7.3 – LIQUEFAZIONE DEI TERRENI.....	23
7.4 – MODELLO SISMICO DEL SITO	24

PROSPETTO DI SINTESI DEI PRINCIPALI ELEMENTI GEOGNOSTICI

Stratigrafia rilevata dalla prova penetrometrica:

Profondità rilevata (centimetri)	Descrizione	Spessore rilevato (metri)
da p.c. a -90	A $\text{\textcircled{0}}$ - Coltre terrosa rimaneggiata al tetto (si trascura)	0.90
da -90 a -500	A $\text{\textcircled{1}}$ - Depositi limo argillosi localmente sabbiosi	4.10
da -500	B $\text{\textcircled{1}}$ - Probabile cappellaccio del sub-strato roccioso	--

Principali parametri geomeccanici "medi" del sottosuolo:

UNITA' GEOTECNICHE	A $\text{\textcircled{0}}$	A $\text{\textcircled{1}}$	B $\text{\textcircled{1}}$
Litologie prevalenti	Coltre terrosa	Limi argillo sabbiosi	Cappellaccio rx
Spessore (m)	~0.90	~4.10	≥30.00
Profondità (m)	~0.90	~5.00	≥32.00
Peso di vol. naturale (t/mc)	Si trascura	$\gamma_{a1} \cong 1.90$	$\gamma_{b1} \cong 2.25$
Peso di vol. saturo (t/mc)		--	--
Classificazione AGI		mod. consistente	molto consistente
Modulo Edometrico (Kg/cmq)		$M_o \cong 68$	--
Coesione non drenata (Kg/cmq)		$C_u \cong 0.62$	--
Coesione drenata (Kg/cmq)		--	--
Densità relativa (%)		--	--
Angolo di attrito interno (°)		$\varphi' \cong 24^\circ \div 25^\circ$	$\varphi \geq 40^\circ$
Modulo di Young (Kg/cmq)		$E_y \cong 65$	$E \cong 350$
Coefficiente di Poisson		0,36	0,20
Modulo di reazione (Kg/cm)		$K_o \cong 1.95$	$K_o \geq 4.50$

Azione sismica (vedasi nel dettaglio capitolo 9 e paragrafo 9.4):

- sito in esame (coordinate WGS84: latitudine 44,770 - longitudine 9,383);
- zona sismica 3;
- classe d'uso III: C_u pari a 1.5;
- accelerazione massima orizzontale del sito (a_g) pari a **0.117 (SLV)**;
- accelerazione orizzontale massima attesa al sito (**A_{max}**) pari a **1,659 m/s² (SLV)**;
- categoria di suolo fondazionale "tipo **B**", coefficiente **S_s** pari a **1.20**;
- categoria topografica **T2**, coefficiente di amplificazione topografica **ST** pari a **1.20**;
- coefficienti azione sismica orizzontale e verticale (SLV): **$k_h = 0.041 \div k_v = 0.020$** ;
- terreni fondazionali **non liquefacibili**.

1.0 - PREMESSA

Su incarico dell'Amm.ne Comunale di Bobbio si è eseguita un'indagine geologica-sismica su di un appezzamento di terreno edificato sito nel capoluogo comunale (vedi fig. 3.0.I - "Inquadramento corografico" in scala 1: 5.000, ricavato sulla base della C.T.R.).

Lo studio si è reso necessario al fine di caratterizzare il comportamento dinamico e litotecnico del terreno di fondazione di parte delle strutture dell'ex Seminario Vescovile di Bobbio.

In allegato sono presenti:

- CERTIFICATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (ALLEGATO 1);
- ELABORATI INDAGINI SISMICHE "HVSUR" (ALLEGATO 2).

2.0. - CONTENUTI RELAZIONALI

Al fine di caratterizzare il comportamento della struttura e del terreno di fondazione è stata eseguita una campagna di indagini penetrometriche e sismiche passive di tipo HVSUR.

Lo scopo delle indagini è stato quello di:

- Descrizione delle caratteristiche geologico e/o geologico-strutturali e geomorfologiche generali dell'area con riferimenti anche a cartografie ufficiali e a materiale di letteratura, integrati con i dati rilevati direttamente in campagna;
- Determinazione dei parametri iniziali di accelerazione su suolo libero, con ricavo degli spettri di risposta rappresentativi delle componenti delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale, tramite l'individuazione della relativa pericolosità sismica direttamente da coordinate geografiche; calcolo delle V_{s30} tramite indagini specifiche e/o correlazioni ammesse dalla normativa vigente e conseguente individuazione della categoria di suolo e delle condizioni topografiche e della stabilità nei confronti della liquefazione;
- Descrizione del MODELLO GEOLOGICO locale;
- Descrizione del MODELLO GEOTECNICO locale;
- Determinare la frequenza propria di vibrazione del sito di costruzione.

3.0. - STATO DEI LUOGHI

Il territorio comunale di Bobbio si inquadra geograficamente nella parte Nord occidentale della Provincia di Piacenza. La provincia di Piacenza può essere suddivisa in tre fasce morfologiche: pianura, collina e montagna, tra loro subparallele, orientate lungo la direzione prevalente delle strutture geologiche dell'Appennino (NO-SE). Il territorio del Comune di Bobbio, che occupa una superficie di circa 106.53 kmq, si sviluppa interamente nella fascia collinare e montana piacentina.

La porzione di edificio dell'ex Seminario Vescovile in studio è sita a monte della Strada Statale n° 461, alla periferia Nord-occidentale del capoluogo comunale di Bobbio; la quota media sul livello del mare è di 307 metri (vedi fig. 3.0.1 - "Inquadramento corografico" in scala 1: 5.000, ricavato sulla base della C.T.R.).

L'area in esame si estende entro il versante in sinistra idrografica del Fiume Trebbia, fortemente modificata dalle attività antropiche e dall'urbanizzazione.

Alla data del rilevamento, la porzione di territorio edificata si presenta stabile in assenza di fenomeni erosivi di qualsiasi genere, né presenta emergenze idriche o zone a deflusso difficoltoso delle acque superficiali.



fig. 3.0.1 – inquadramento corografico

4.0. - INQUADRAMENTO FISICO-GEOGRAFICO ED AMBIENTALE

La configurazione dell'assetto geografico e geologico del territorio è stato definito attraverso l'analisi della documentazione cartografica esistente ed i rilievi di campagna.

4.1. - Cenni geomorfologici e geolitologici

L'area in esame è ubicata in località Bobbio capoluogo comunale, ad un'altitudine compresa indicativamente tra i 304÷310 metri s.l.m., in una zona morfologicamente identificata come "media collina".

Il terreno in studio, posto al contatto tra l'antico terrazzo alluvionale lungo il quale si sviluppa la gran parte del centro abitato di Bobbio ed i depositi di versante, è contraddistinto da una morfologia terrazzata, con pendenze medie prossime o inferiori ai 15°. Esso si colloca nella porzione mediana del versante che degrada fino alla sponda sinistra del Fiume Trebbia, il cui alveo ordinario dista, in linea d'aria, oltre 0.50 Km.

Un accurato rilievo geomorfologico dell'area edificata non ha evidenziato la presenza di fenomeni gravitativi "rilevanti" né in atto né quiescenti (vedasi estratto "*Carta del dissesto RER*" scala 1: 5.000 in fig. 4.1.I). Nell'area in esame non si sono, inoltre, rilevate zone di ristagno o "umide" né forme di erosione accentuate.

Localmente la rete idrica superficiale è povera di elementi significativi. Il drenaggio delle acque meteoriche è favorito dalla pendenza della superficie verso valle e verso l'impluvio naturale costituito dal sopraccitato Fiume Trebbia.

Dal punto di vista geologico, il territorio comunale di Bobbio, cartografato nel Foglio 197 "Bobbio" e nel Foglio 179 "Ponte dell'Olio" alla scala 1: 50.000 della Carta Geologica d'Italia, risulta inserito in un ambito geologico assai complesso, sia dal punto di vista litologico che strutturale. Tale ambito è caratterizzato dall'affioramento dei complessi sedimentari e delle successioni torbiditiche di età cretaco-terziaria che costituiscono gran parte delle unità stratigrafico-tettoniche in cui risulta essere suddiviso l'edificio strutturale della catena appenninica. In particolare, la Successione epiligure giace in discordanza sulle unità liguridi deformate e la sua storia deposizionale costituisce un'importante documentazione dell'evoluzione geologica tardopaleogenica e neogenica del prisma appenninico.

L'assetto tettonico della zona, che rappresenta il risultato delle spinte orogeniche attive già a partire dal Cretacico e che hanno avuto momenti di acme nell'Eocene medio (fase ligure) e nel Tortoniano (fase tortoniana), è organizzato in un edificio strutturale costituito dalla sovrapposizione di più unità stratigrafico-tettoniche che vengono in contatto lungo superfici di sovrascorrimento, spesso ripiegate da eventi deformativi di tipo duttile a scala varia. Di conseguenza, l'assetto giaciturale, sia delle superfici di stratificazione che dei contatti tettonici, risulta spesso estremamente caotico e di non facile interpretazione.

La formazione affiorante lungo la porzione di valle del fabbricato oggetto di miglioramento sismico è nota nella Bibliografia Geologica, con il nome di "Depositi alluvionali terrazzati antichi" (*vedasi estratto in fig. 4.1.II "Carta geologica-geomorfologica scala 1: 2.500, redatta dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli RER*), costituita da depositi lasciati da fiumi o torrenti, durante il periodo della glaciazione Wurmiana, del Pleistocene superiore. Tale formazione si presenta solitamente terrazzata, rispetto all'alveo dei fiumi, con quote che si elevano anche di una quindicina di metri dall'asta fluviale. Questi depositi alluvionali sono costituiti da lenti ghiaioso-argillose, con suoli bruni o giallo rossastri; La deposizione è piuttosto casuale si possono rinvenire aree lentiformi piuttosto larghe e di piccolo spessore, allungate prevalentemente verso Nord-Est. La disomogeneità deposizionale dovuta a tali lenti, la si rinviene anche alle diverse profondità, con orizzonti che sfumano da Ghiaie a Limi, man mano che ci si allontana dagli antichi alvei dei fiumi, che hanno costituito tutto il pacco alluvionale nel periodo glaciale. I materiali più fini, come le Argille ed i Limi, sono i depositi lasciati durante le piene dei fiumi, quando le correnti di torbida, al termine delle inondazioni, avevano modo di depositarsi su terreni pressoché pianeggianti delle aree circostanti: Le Ghiaie e le Sabbie, invece, si trovano laddove le acque scorrevano abbastanza velocemente da non lasciare possibilità di deposito agli elementi terrigeni più fini. Le parti sommitali dei depositi che si rinvengono in loco, sono prevalentemente di tipo Sabbioso-Limoso, sia per il variare dei corsi principali degli affluenti di destra del fiume Po, che tendevano a mutare continuamente il loro corso (in conseguenza degli accumuli deposizionali lasciati prevalentemente all'interno dell'alveo) sia a causa delle alterazioni superficiali che hanno comportato una disgregazione degli elementi litici più grossolani, grazie all'azione meteorica e degli acidi umici dei suoli in formazione. I terreni affioranti lungo la porzione di monte del fabbricato oggetto di miglioramento sismico sono riconducibili a "Depositi di versante", costituiti prevalentemente da frammenti litoidi in una matrice limo terrosa (*vedasi estratto cartografico in fig. 4.1.II*). Con questa denominazione sono state indicate tutte le aree ove si rinvengono gli accumuli detritici provenienti da aree più elevate in quota. Talvolta tali zone sono state sedi di frane antiche, ovvero fenomeni di soliflusso, che hanno portato alla formazione di spesse coltri di alterazione, solitamente a permeabilità piuttosto scarsa. Il principale problema nei riguardi della stabilità dei versanti, sono dissesti assai modesti ma molto diffusi, imputabili a fenomeni di "creeping". I fenomeni di dissesto sono comunque molto lenti e non rappresentano quasi mai delle vere situazioni di pericolo, pur comportando un maggior onere, in termini di controlli e di manutenzione delle tubazioni. La permeabilità è generalmente abbastanza buona, malgrado la presenza di una matrice terrosa che occlude parzialmente gli spazi interstiziali; ne consegue una relativamente buona stabilità dei versanti interessati da tali coperture, che, solitamente, si presentano a modellamento dai tratti dolci e sfumati.

Il locale substrato roccioso, che costituisce l'ossatura della porzione di versante in esame, è formato dalla successione litologica nota in letteratura con il nome di "Arenarie di Rio Fuino", databile *Eocene sup. - Oligocene inf.* ed ascrivibile all'Unità Toscane. Dal punto di vista idrogeologico la formazione può considerarsi mediamente permeabile: i calcari marnosi, le calcareniti ed i calcari sono, il più delle volte, interessati da fessurazione spinta e presentano pertanto una buona permeabilità; gli interstrati marnosi ed argillosi sono invece più compatti e decisamente meno permeabili.



**Legenda elementi del dissesto
cartografati**

Frane attive

a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento

Frane quiescenti

a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento

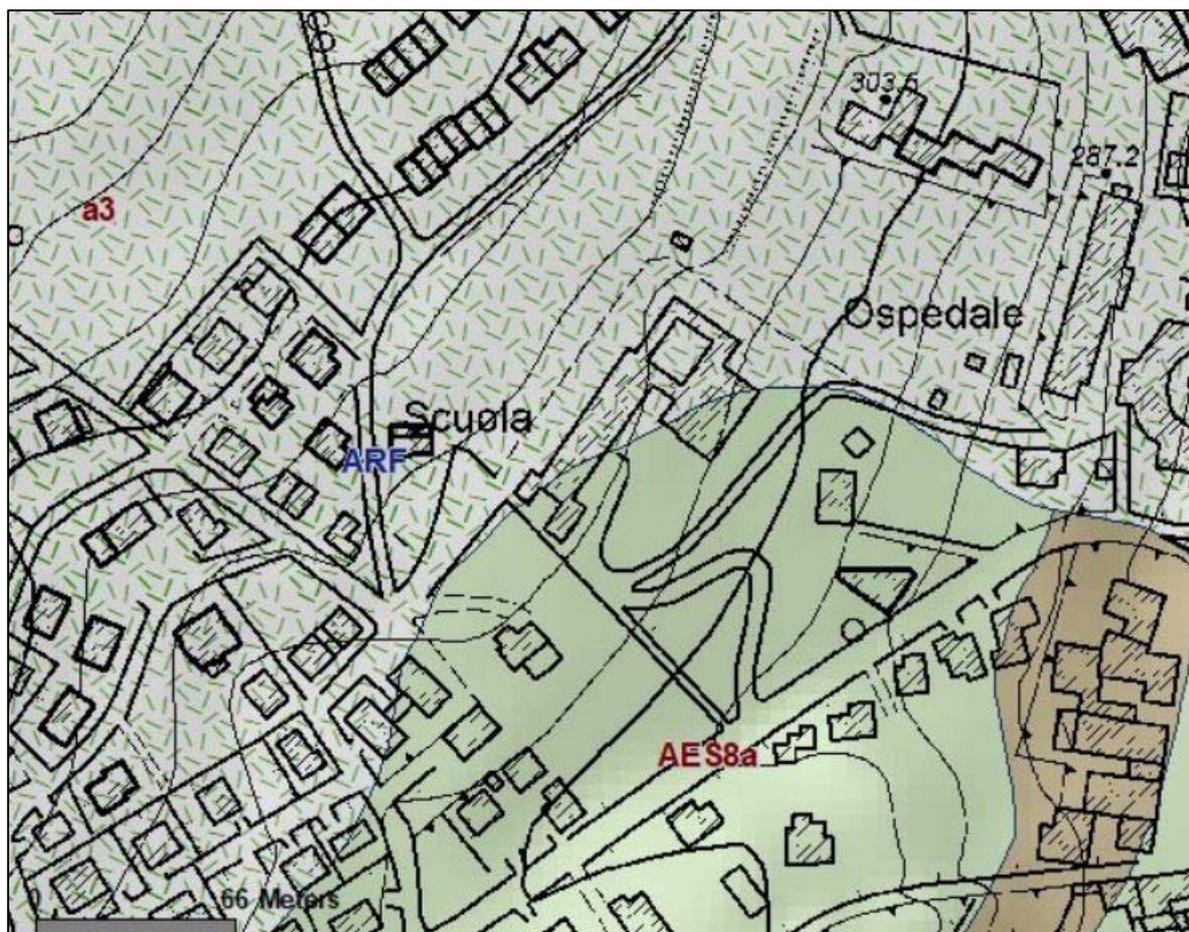
a2g - Deposito di frana quiescente complessa

Depositi alluvionali

bn - Deposito alluvionale attualmente non in evoluzione

b1 - Deposito alluvionale in evoluzione

fig. 4.1.I – estratto carta del dissesto RER



Legenda elementi cartografati in zona

Coperture quaternarie (10K)

- AES8a - Unità di Modena
- a3 - Deposito di versante s.l.
- b1 - Deposito alluvionale in evoluzione

Limiti di unità geologiche (10K)

- limite di natura incerta
- sovrascorrimento incerto

Affioramenti (aree) (10K)

Unità geologiche (10K)

- ACC - Argille e calcari di Canetolo
- ARF - Arenarie di Rio Fuino
- MMC - Marne di Monte La Croce

fig. 4.1.II – estratto carta geologica-geomorfologica RER

5.0 - INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI

La presente relazione geognostica ha per oggetto la definizione della successione litostratigrafica ed una caratterizzazione geo-meccanica dei terreni fondazionali siti in corrispondenza della struttura oggetto di miglioramento sismico.

Nell'ambito del progetto, ai fini della rappresentazione stratigrafica e sismica dei luoghi, sono state condotte delle verifiche geognostiche nel corso della presente campagna di rilevamento datata "giugno 2023".

Allo stato attuale sono quindi disponibili le seguenti indagini:

- n. 1 prova penetrometrica dinamica (DPM);
- n. 2 prospezioni sismiche (HSRV).



Fase d'indagine penetrometrica

Le indagini geognostiche approntate dallo scrivente (prova penetrometrica e prospezioni sismiche), sono posizionate come da planimetria su base ortofoto RER scala 1: 1.000 in allegato 1.

5.1. – Prove penetrometriche dinamiche (DPM)

Al fine di ottenere utili informazioni tecniche destinate al corretto dimensionamento delle opere di fondazione, in ottemperanza alla normativa tecnica vigente, si è proceduto alla verifica delle reali caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche dei terreni costituenti il sottosuolo del territorio in esame attraverso l'approntamento di n° 1 prova penetrometrica dinamica "media" (vedasi diagrammi in allegato 2 al presente elaborato).

L'attrezzatura usata consiste in un penetrometro D.P.M., le cui caratteristiche standard sono:

• peso massa battente	M (Kg)	30
• altezza di caduta	H (m)	0.20
• punta conica da 10 cmq diametro	Dp (mm)	35.7
• angolo apertura punta	β (°)	60
• passo infissione	δ (m)	0.10
• diametro aste da 1m di lunghezza	Da (mm)	20

Il numero di colpi (Nc) rilevato ogni 10 cm di infissione delle aste è perfettamente equiparabile al numero di colpi rilevabile ogni 30 cm di avanzamento nel corso di una prova con equipaggiamento standard SCPT o SPT.

I sondaggi penetrometrici dinamici consistono nell'infissione nel terreno di un'asta dotata di una apposita punta conica e nella registrazione dei colpi necessari ad ottenere una penetrazione di 10 cm.

La prova penetrometrica dinamica ha evidenziato una sequenza litostratigrafica costituita da una coltre superficiale limo argillosa prevalente, che ricopre il probabile cappellaccio del sub-strato roccioso in grado di portare a rifiuto il sondaggio.

Non si è rilevata la presenza d'acqua nel foro della prova penetrometrica fino alla massima profondità indagata di circa 5.30 metri dal piano campagna (data rilievo: 20 giugno 2023).

Sono stati così distinti, procedendo dal piano campagna verso il limite inferiore d'indagine penetrometrica, i seguenti termini litologici:

Profondità rilevata (centimetri)	Descrizione	Spessore rilevato (metri)
da p.c. a -90	A \bullet - Coltre terrosa rimaneggiata al tetto (si trascura)	0.90
da -90 a -500	A \bullet - Depositi limo argillosi localmente sabbiosi	4.10
da -500	B \bullet - Probabile cappellaccio del sub-strato roccioso	--

5.2. – Registrazione microtremori

Il paragrafo illustra e commenta l'indagine geofisica eseguita ai fini della determinazione del terreno di fondazione ai sensi del testo unitario " Norme tecniche per le costruzioni" (D.M. 17 Gennaio 2018). Si precisa che sono stata effettuate numerose registrazioni, con diverse durate, delle quali si riporta nel presente elaborato quella più significativa ai fini dell'indagine.

5.2.1 - Metodologia d'indagine

La misura a stazione singola del tremore sismico, attraverso l'analisi dei rapporti spettrali consente la determinazione della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo; mediante il processo di inversione le misure del microtremore consentono di stimare in maniera rapida il valore di Vs30.

La caratterizzazione dei terreni è stata effettuata tramite la tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali) o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio). La prova è stata condotta utilizzando un sismometro a stazione singola (tromografo digitale) in grado di registrare i microtremori lungo le direzioni X coincidente con l'Est topografico e Y coincidente con il Nord e lungo quella verticale (Z), di un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (mediamente 15 minuti). Il moto indotto nel terreno è stato misurato dallo strumento in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z). Le misure registrate sono state poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza) e spettri V (componente verticale del moto in funzione della frequenza).

5.2.2 - Categoria di suolo

Per determinare il valore delle onde di taglio VS è stato eseguito un rilievo tromografico che ha permesso di determinare:

- La frequenza di risonanza caratteristica del sito;
- Velocità media delle onde di taglio Vs.

Per la determinazione delle onde di taglio Vs è stata utilizzata l'inversione vincolata dello spettro H/V ottenuto attraverso il rilievo tromografico.

La relazione seguente correla la frequenza di risonanza del terreno (f) alla velocità delle onde S (Vs) con la profondità della base dello strato (H).

$$f(Hz) = \frac{Vs}{4H}$$

5.2.3 - Elaborati dati d'indagine HVSR 01

Nome	bobbio\dati HVSR\ex seminario.SAF
Passo temporale	6.45 ms
Numero di campioni	9300
Istante finale	60s
Numero di sotto-intervalli	1

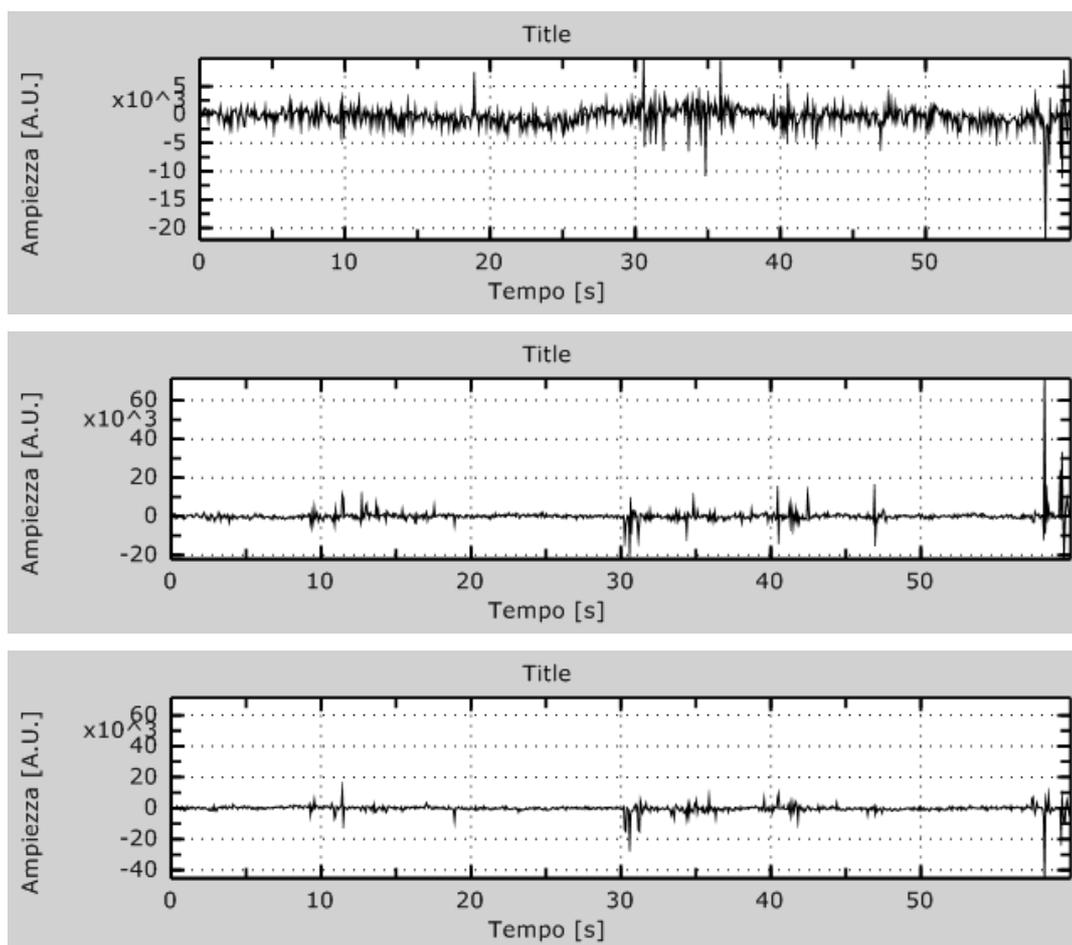


Figura. 5.2.3.I: Dati sperimentali in direzione Z (alto), N-S (centro) e E-W (basso).

Nota indicativamente la profondità di ogni livello stratigrafico, ottenuta attraverso l'elaborazione dei dati ricavati dai sondaggi e dai rilevamenti geologici in sito, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V, modellando la curva numerica in modo da ottenere la sovrapposizione con quella misurata (vedasi fig. 5.2.3.II), per poi ricavare la V_s media per ogni singolo strato.

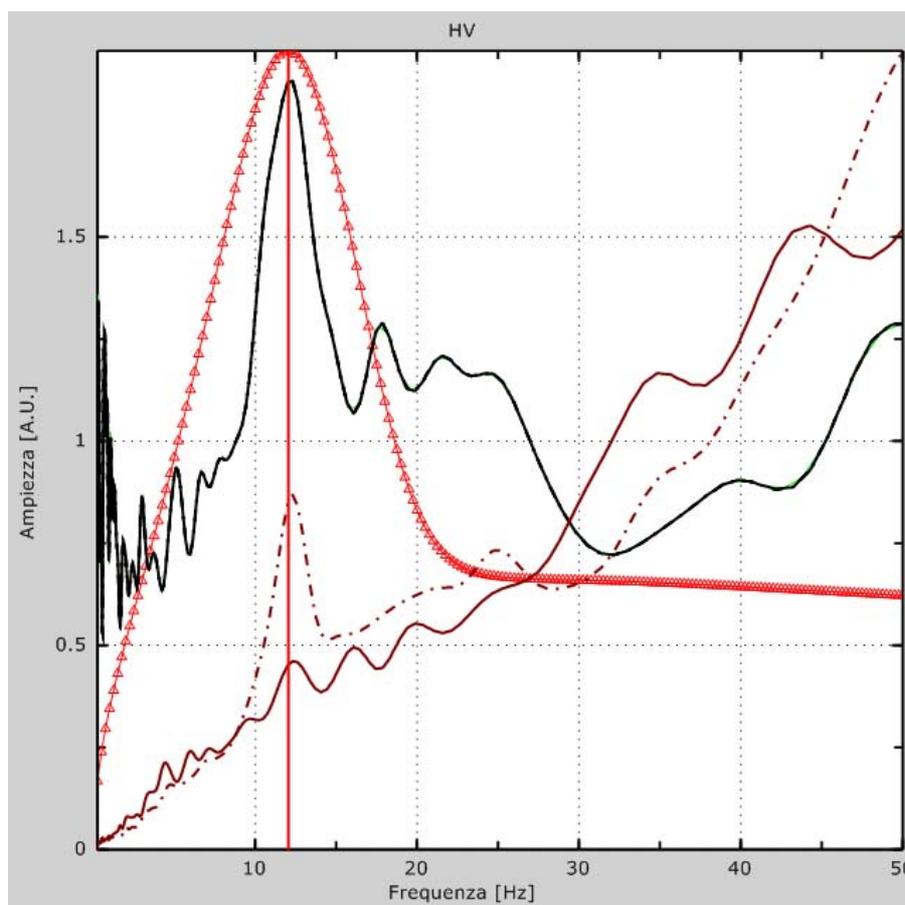


Figura 5.2.3.II: Curva HVSR; Curva H/V numerica (rosso); Curva H/V sperimentale (nero); Numeratore (N) del rapporto H/V (marrone tratteggiato); Curve H/V sperimentali calcolate sulle singole finestre (altri colori).

Finestra temporale	60 sec
Frequenza massima	50 Hz
Numero di campioni	200
Passo in frequenza	0.25 Hz

Sulla base di tali elaborazioni è ottenuto l'andamento della V_s al variare della profondità (vedasi Grafico in allegato 3).

In conclusione, la velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri è definita come:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_i}}$$

Analisi delle risultanze

I dati sismici acquisiti, ed elaborati, hanno consentito di determinare un profilo di velocità delle onde "S" fino ad oltre 35 m di profondità.

La velocità delle onde di taglio, essendo legata alle caratteristiche dello scheletro del materiale, costituisce un parametro di grande rilevanza per la definizione delle caratteristiche geomeccaniche dei materiali.

Risulta evidente che a velocità elevate corrispondono materiali con buone caratteristiche geomeccaniche, viceversa a bassi valori corrispondono materiali con scadenti caratteristiche geotecniche.

Dall'esame del grafico in allegato 3, si possono fare le seguenti considerazioni:

- ✓ Fino a circa 2.00 m dal p.c. i valori di V_s registrati, pari a 225 m/s, indicano la presenza di materiale "mediamente consistenti";
- ✓ Più in profondità si ha un aumento delle V_s , con valori compresi tra 255 m/s e ≥ 440 m/s;
- ✓ La velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri risulta, pari a circa **390 m/s**, quindi in base all'attuale normativa il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo "**B**";
- ✓ L'area in esame sarà soggetta ad amplificazioni dovute ad una particolare frequenza di risonanza del terreno in caso di sisma; le frequenze in oggetto che potrebbero provocare seppur limitati problemi di "accoppiamenti di risonanza" fra strutture e terreno è stata individuata a **12,06 \pm 0,1 Hz**;
- ✓ Si precisa che il dato delle V_{s30} ottenuto tramite la registrazione dei microtremori sismici ha un valore puramente indicativo; tuttavia, nel caso specifico, risulta in linea con le correlazioni di carattere geo-tecnico proposte dalla normativa vigente e da quanto emerso analizzando la prova penetrometrica.

5.2.4 - Elaborati dati d'indagine HVSr 02

Nome	bobbio\dati HVSr\ex seminario.SAF
Passo temporale	6.45 ms
Numero di campioni	18600
Istante finale	120s
Numero di sotto-intervalli	1

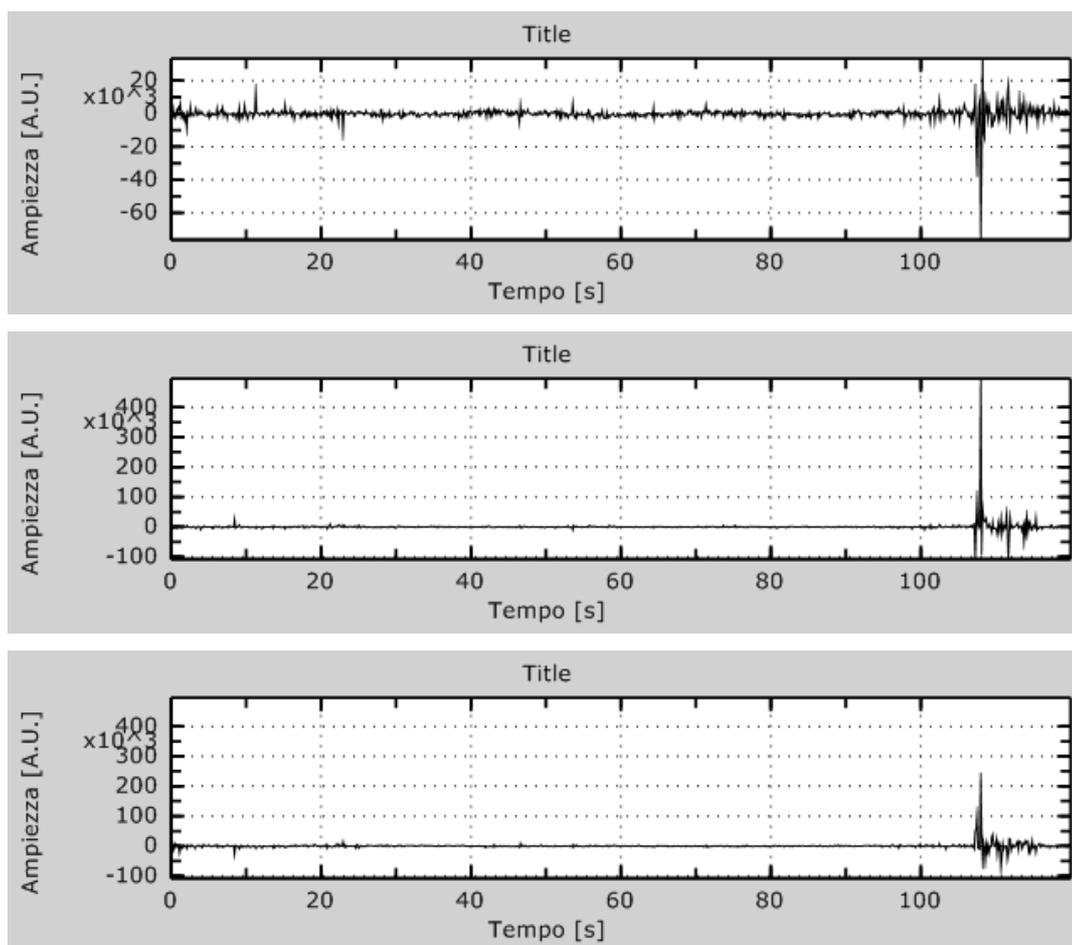


Figura. 5.2.4.I: Dati sperimentali in direzione Z (alto), N-S (centro) e E-W (basso).

Nota indicativamente la profondità di ogni livello stratigrafico, ottenuta attraverso l'elaborazione dei dati ricavati dai sondaggi e dai rilevamenti geologici in sito, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V, modellando la curva numerica in modo da ottenere la sovrapposizione con quella misurata (vedasi fig. 5.2.4.II), per poi ricavare la V_s media per ogni singolo strato.

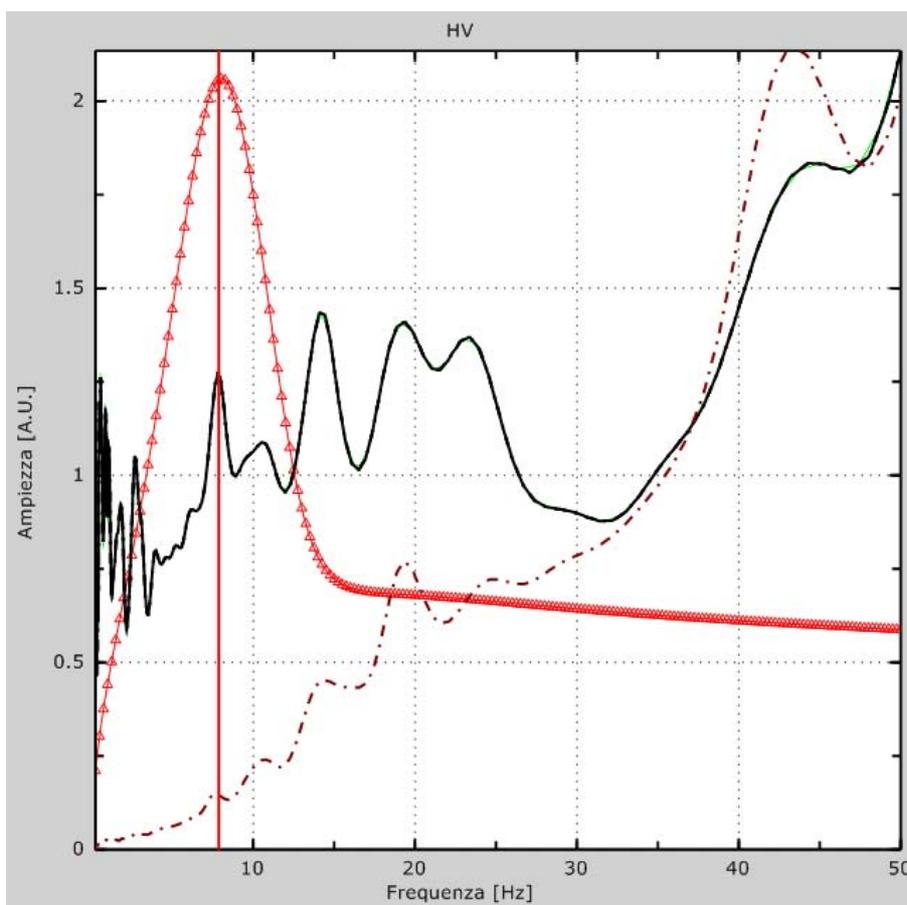


Figura 5.2.4.II: Curva HVSR; Curva H/V numerica (rosso); Curva H/V sperimentale (nero); Numeratore (N) del rapporto H/V (marrone tratteggiato); Curve H/V sperimentali calcolate sulle singole finestre (altri colori).

Finestra temporale	60 sec
Frequenza massima	50 Hz
Numero di campioni	200
Passo in frequenza	0.25 Hz

Sulla base di tali elaborazioni è ottenuto l'andamento della V_s al variare della profondità (vedasi Grafico in allegato 3).

In conclusione, la velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri è definita come:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_i}}$$

Analisi delle risultanze

I dati sismici acquisiti, ed elaborati, hanno consentito di determinare un profilo di velocità delle onde "S" fino ad oltre 35 m di profondità.

La velocità delle onde di taglio, essendo legata alle caratteristiche dello scheletro del materiale, costituisce un parametro di grande rilevanza per la definizione delle caratteristiche geomeccaniche dei materiali.

Risulta evidente che a velocità elevate corrispondono materiali con buone caratteristiche geomeccaniche, viceversa a bassi valori corrispondono materiali con scadenti caratteristiche geotecniche.

Dall'esame del grafico in allegato 3, si possono fare le seguenti considerazioni:

- ✓ Fino a circa 2.00÷3.00 m dal p.c. i valori di V_s registrati, pari a 210÷215 m/s, indicano la presenza di materiale "da poco a mediamente consistenti";
- ✓ Più in profondità si ha un aumento delle V_s , con valori compresi tra 230 m/s e ≥ 440 m/s;
- ✓ La velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri risulta, pari a circa **360 m/s**, quindi in base all'attuale normativa il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione posto al passaggio tra la categoria "C" e "B";
- ✓ L'area in esame sarà soggetta ad amplificazioni dovuti ad una particolare frequenza di risonanza del terreno in caso di sisma; le frequenze in oggetto che potrebbero provocare seppur limitati problemi di "accoppiamenti di risonanza" fra strutture e terreno è stata individuata a **7,87 \pm 0,1 Hz**;
- ✓ Si precisa che il dato delle V_{s30} ottenuto tramite la registrazione dei microtremori sismici ha un valore puramente indicativo; tuttavia, nel caso specifico, risulta in linea con le correlazioni di carattere geo-tecnico proposte dalla normativa vigente e da quanto emerso analizzando la prova penetrometrica approntata a valle.

6.0 – CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITA' LITOTECNICHE INDIVIDUATE

Sulla scorta delle informazioni acquisite tramite le indagini in situ si è proceduto ad una caratterizzazione geomeccanica dei terreni siti in corrispondenza dell'area oggetto di analisi geognostica.

La definizione dalle indagini in situ dei parametri geotecnici è basata su rapporti empirici che utilizzano i valori N_{scpt} e N_{spt} per le prove penetrometriche dinamiche e della resistenza alla punta q_c per le statiche (approntate su appezzamenti di terreno limitrofi).

Ai fini dell'attendibilità dei valori, per il calcolo dei singoli parametri associati a ciascuno dei livelli stratigrafici individuati, i risultati sono stati correlati con quelli derivanti dalle analisi di laboratorio e/o prove effettuate in zone limitrofe.

Inoltre, in linea con le indicazioni fornite dalla normativa vigente (NTC 2018), per la stima dei parametri geotecnici "medi" (vedasi tabella 6.0.I) sono state utilizzate opportune elaborazioni statistiche.

UNITA' GEOTECNICHE	A $\text{\textcircled{0}}$	A $\text{\textcircled{1}}$	B $\text{\textcircled{1}}$
	Litologie prevalenti	Coltre terrosa	Limi argillo sabbiosi
Spessore (m)	~0.90	~4.10	≥30.00
Profondità (m)	~0.90	~5.00	≥32.00
Peso di vol. naturale (t/mc)	Si trascura	$\gamma_{a1} \cong 1.90$	$\gamma_{b1} \cong 2.25$
Peso di vol. saturo (t/mc)		--	--
Classificazione AGI		mod. consistente	molto consistente
Modulo Edometrico (Kg/cm 2)		$M_o \cong 68$	--
Coesione non drenata (Kg/cm 2)		$C_u \cong 0.62$	--
Coesione drenata (Kg/cm 2)		--	--
Densità relativa (%)		--	--
Angolo di attrito interno (°)		$\varphi' \cong 24^\circ \div 25^\circ$	$\varphi \geq 40^\circ$
Modulo di Young (Kg/cm 2)		$E_y \cong 65$	$E \cong 350$
Coefficiente di Poisson		0,36	0,20
Modulo di reazione (Kg/cm 2)		$K_o \cong 1.95$	$K_o \geq 4.50$

6.0.I – tabella parametri geotecnici

Non avendo avuto disposizioni dal tecnico progettista di eseguire prove geotecniche di laboratorio (su campioni indisturbati di terreno prelevati da sondaggi a carotaggio continuo), le suddette correlazioni hanno ovviamente validità orientativa, con particolare riguardo alla profondità del sub-strato roccioso.

Occorre precisare infine che, i valori del Modulo di Winkler o di reazione e dell'angolo di attrito, per lo strato prettamente coesivo e/o intermedio (A1), essendo stati determinati unicamente attraverso correlazione di carattere bibliografico, risultano puramente indicativi.

7.0 - AZIONE SISMICA

7.1 - Categoria di suolo fondazionale

Per la definizione complessiva dell'azione sismica di progetto si deve considerare, oltre che la zonazione sismica, anche la tipologia del terreno di fondazione. L'importanza della determinazione della funzione spettrale del sisma (Risposta Sismica locale) è dovuta al fatto che un deposito incoerente poggiante su un basamento rigido può modificare un impulso sismico determinando amplificazioni o attenuazioni di alcune delle componenti in frequenza in esso contenute.

Il contributo della Pericolosità al Rischio per una struttura sottoposta ad uno stress sismico dipende infatti dall'intensità del terremoto che la colpisce, ma anche, e forse principalmente, dalle caratteristiche delle componenti a varie frequenze contenute nel segnale sismico, in particolare quello relativo alle onde S.

Queste a loro volta possono subire amplificazioni differenziali che dipendono dalle caratteristiche meccaniche e geometriche del materiale che costituisce il sottosuolo del terreno di fondazione.

E' quindi necessaria, per valutare le modifiche dell'impulso sismico provocate dal terreno, una parametrizzazione geometrica, geolitologica e geosismica, del sottosuolo dell'area interessata ad una costruzione, che consenta una valutazione corretta della Pericolosità sismica del sito di costruzione.

Gli impulsi sismici provenienti da una sorgente distante varie decine di chilometri che giungono ad un basamento ricoperto da terreni sciolti posto nel sottosuolo di siti distanti fra loro solo qualche centinaio o migliaio di metri sono praticamente identici. Essi si sono attenuati rispetto alla sorgente d'origine in dipendenza della distanza dalla sorgente stessa e, quindi, del percorso, che, comunque, è per tutti praticamente identico. Gli impulsi sismici registrati in superficie nei detti siti, invece, possono differire sostanzialmente a causa delle possibili diverse caratteristiche geosismiche dei depositi incoerenti che il raggio sismico attraversa nel suo ultimo tratto e che, come detto precedentemente, "modulano" in ampiezza e frequenza gli impulsi sismici.

Questo effetto, il cui spettro di ampiezza è detto Fattore di Amplificazione Dinamica (FAD), dipende dalle proprietà fisiche (densità, contenuto d'acqua, ecc...), dai parametri dinamici (Modulo di Taglio, G_{din} ; Coefficiente di smorzamento, D), caratteristici della particolare litologia dei depositi incoerenti e dalla loro geometria (spessore, profondità).

La Fase di indagini relative ai progetti esecutivi è quindi rivolta essenzialmente alla determinazione della Risposta Sismica di Sito in corrispondenza di una struttura edilizia esistente o in fieri e lo studio dovrà prevedere, in particolare, indagini di prospezioni geofisiche tese a determinare le caratteristiche sismiche del sottosuolo ed al fine di valutare l'eventualità di possibili fenomeni di amplificazione locale dell'intensità sismica, quale era stata prevista, in generale, dalle precedenti indagini di Microzonazione Sismica per lo Strumento Urbanistico Generale.

Le indagini da effettuarsi sono, quindi, prevalentemente finalizzate alla determinazione della giacitura e potenza degli strati nei siti scelti, fino ad una profondità di 30 m dal piano di posa delle fondazioni, ed alla caratterizzazione sismica dei terreni presenti, intesa come determinazione in particolare della Velocità delle onde sismiche trasversali V_s dei singoli sismostrati, con calcolo della media pesata per i primi 30 metri (V_{s30}) ed attribuzione alla categoria di suolo di cui alla OPCM n.3274/03 con la verifica della significatività, in senso orizzontale, di tale attribuzione.

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

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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.

La velocità media V_{s30} è definita dall'espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1.N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove:

h_i = spessore (m.) della i -esima formazione o strato compreso nei primi 30 m di profondità;

V_i = velocità delle onde di taglio nella stessa formazione o strato;

n = numero di formazioni o strati compresi nei primi 30 m di profondità.

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_s e C_c valgono 1. Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_c relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV, nelle quali $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità e T_c è espresso in secondi.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Quindi, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato *al capo 7.11.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018*.

In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (vedasi *Tabella 3.2.II*).

Da ricerche di carattere bibliografico il suolo di fondazione risulta costituito da depositi alluvionali di età olocenica.

La velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi trenta metri del sottosuolo (V_{s30}), alla luce dei dati ricavati dalle indagini in sito, delle quali si riportano le risultanze in allegato 2 (rif. paragrafo 6.0. "Prospezioni sismiche con metodologia HVSR"), risultano compresi tra circa **360** e **390 m/s**.

Il suolo di fondazione dell'area oggetto di intervento è pertanto ascrivibile alla **categoria di sottosuolo tipo B**. Quindi il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s risulta pari a **1.20**.

7.2 – Fattori di amplificazione topografica

Con riferimento alla *Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018*, per la determinazione dell'azione di progetto dovranno essere definiti i fattori di amplificazione topografica dell'azione sismica.

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III delle sopraccitate norme tecniche):

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le sopra esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 metri.

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.V delle sopraccitate norme tecniche, in funzione delle categorie topografiche e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T*

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove S_T assume valore unitario.

L'area oggetto di analisi geognostica si presenta a morfologia terrazzata, con pendenze medie prossime ai 15° .

Quindi, per quanto concerne la “*determinazione dell'azione di progetto*” ed in via cautelativa, si dovrà fare specifico riferimento alla categoria topografica **T2**, nella quale il coefficiente **ST** è pari a **1,20**.

7.3 – Liquefazione dei terreni

Le norme per la verifica alla liquefazione dei terreni sono esplicitate nell'Euro Codice 8 "UNI-ENV 1998-5- 1998" al p.to 4.1.3 "*terreni potenzialmente liquefacibili*".

Per liquefazione si intende il fenomeno in base al quale un terreno incoerente (sabbia) di particolari caratteristiche, durante una sollecitazione sismica tende a comportarsi come un fluido, vale a dire perde la resistenza al taglio e può colare anche su pendenze molto modeste.

Il fenomeno dipende dal tipo di sedimenti, dal loro grado di compattazione, dalle pressioni iniziali agenti e soprattutto dal livello della falda acquifera (condizioni di saturazione).

I terreni maggiormente colpiti dalla liquefazione sono le pianure alluvionali, le spiagge, i terrazzi e i depositi di estuario (Youd & Hoose, 1977-tesi).

In Italia, malgrado l'elevata pericolosità sismica, il fenomeno è molto limitato; ciò può essere dovuto al fatto che le aree più sismiche sono prevalentemente montuose, mentre i terreni potenzialmente liquefacibili sono situati nella Pianura Padana o lungo le coste.

Come vedremo in seguito, in riferimento ai parametri litostratigrafici-idrogeologici che caratterizzano l'area oggetto d'intervento, alla categoria sismica del territorio comunale e considerando le massime intensità microsismiche (magnitudo storica inferiore o pari a 6) osservate per un intorno significativo all'area d'intervento (rif. GNDT-ING-SSN – Servizio Sismico Nazionale), **non sussistono le condizioni perché si verifichino fenomeni di liquefazione.**

7.4 – Modello sismico del sito

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi *stati limite* presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

La pericolosità sismica è intesa come accelerazione massima orizzontale a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/s), con superficie topografica orizzontale (di categoria di sottosuolo A; NTC, § 3.2.2), ma è definita anche in termini di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento PVR, come definite nelle NTC nel periodo di riferimento VR.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 e s.m.i., infatti, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (v. tabella 1 nell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008 e s.m.i.).

Le forme spettrali vengono definite, per ciascuna delle probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento PVR, partendo dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- 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.

Parametri sismici

Sito in esame.

latitudine: 44,771 [°] (Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50)
longitudine: 9,384 [°]

Classe d'uso: III (cautelativa) Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Vita nominale: 50 [anni]

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 15370	Lat: 44,7626	Lon: 9,3372	Distanza: 3887,913
Sito 2 ID: 15371	Lat: 44,7651	Lon: 9,4075	Distanza: 1929,290
Sito 3 ID: 15149	Lat: 44,8150	Lon: 9,4041	Distanza: 5061,804
Sito 4 ID: 15148	Lat: 44,8126	Lon: 9,3337	Distanza: 6084,862

Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2
Periodo di riferimento:	75anni
Coefficiente cu:	1,5

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	45	[anni]
ag:	0,040	g
Fo:	2,528	
Tc*:	0,221	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	75	[anni]
ag:	0,050	g
Fo:	2,516	
Tc*:	0,245	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	712	[anni]
ag:	0,117	g
Fo:	2,481	
Tc*:	0,287	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	1462	[anni]
ag:	0,150	g
Fo:	2,472	
Tc*:	0,293	[s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:	
Ss:	1,200
Cc:	1,490
St:	1,200
Kh:	0,012
Kv:	0,006
Amax:	0,566
Beta:	0,200

SLD:

Ss: 1,200
Cc: 1,460
St: 1,200
Kh: 0,014
Kv: 0,007
Amax: 0,705
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,200
Cc: 1,410
St: 1,200
Kh: 0,041
Kv: 0,020
Amax: 1,659
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,200
Cc: 1,410
St: 1,200
Kh: 0,052
Kv: 0,026
Amax: 2,119
Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 44.770638

longitudine: 9.383778



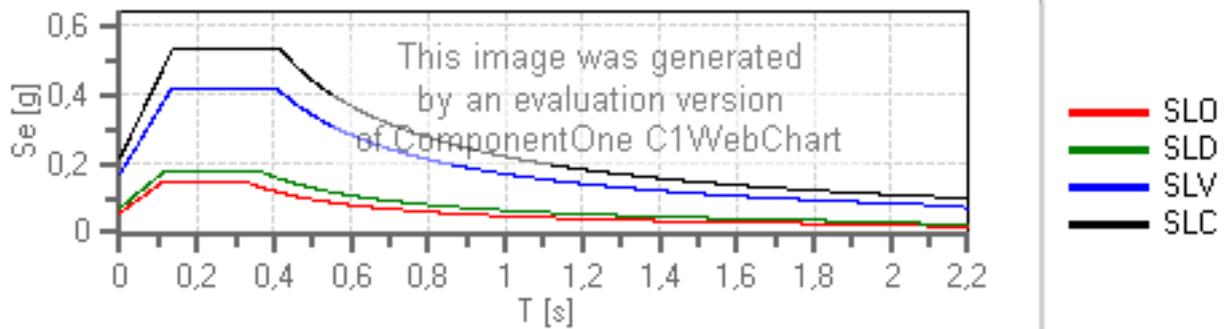
Spettri di risposta

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

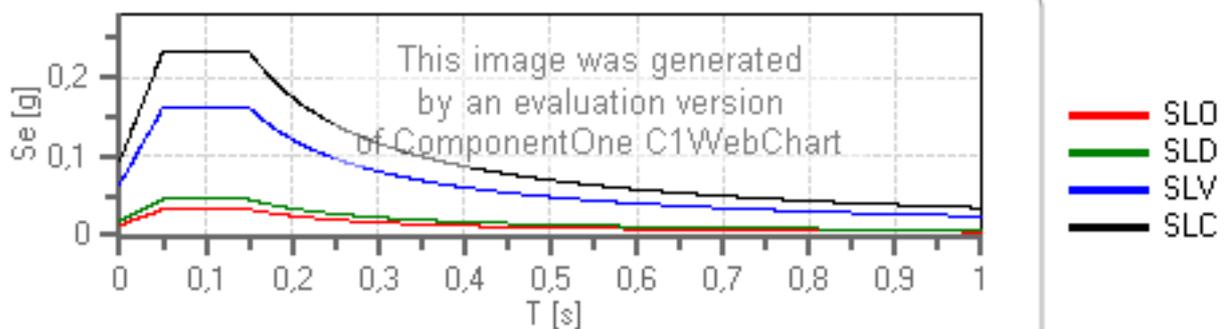
Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1,5	0,040	2,528	0,221	1,200	1,490	1,200	1,440	1,000	0,110	0,330	1,760
SLD	1,5	0,050	2,516	0,245	1,200	1,460	1,200	1,440	1,000	0,119	0,358	1,800
SLV	1,5	0,117	2,481	0,287	1,200	1,410	1,200	1,440	1,000	0,135	0,405	2,070
SLC	1,5	0,150	2,472	0,293	1,200	1,410	1,200	1,440	1,000	0,138	0,413	2,200

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1,5	0,040	2,528	0,221	1,000	1,490	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1,5	0,050	2,516	0,245	1,000	1,460	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1,5	0,117	2,481	0,287	1,000	1,410	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1,5	0,150	2,472	0,293	1,000	1,410	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000

Spettro di progetto

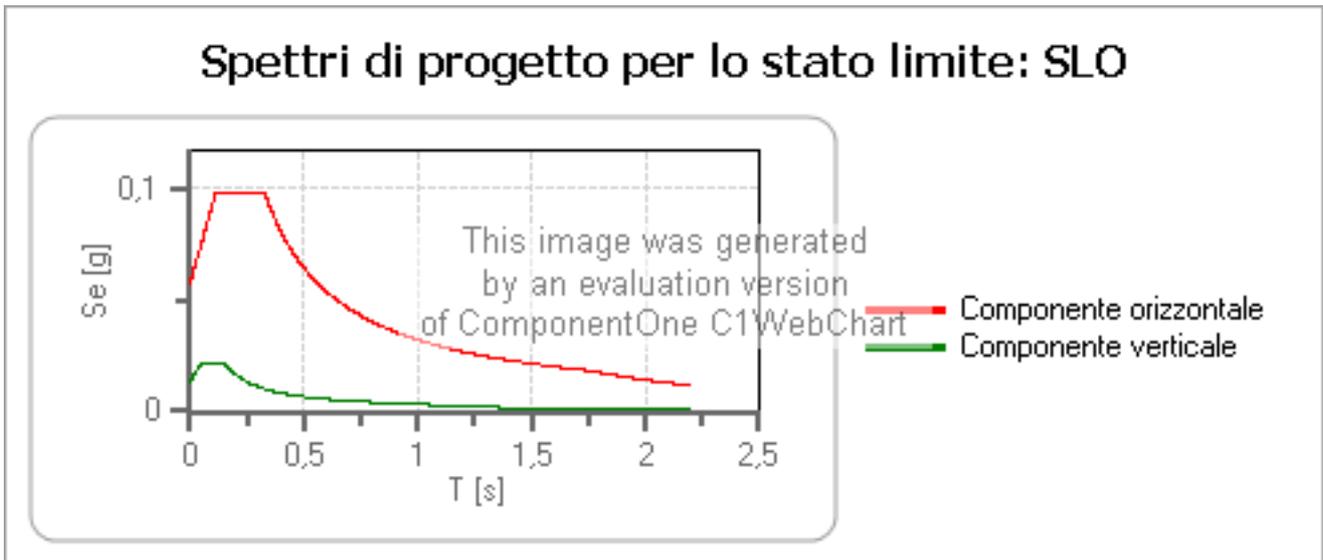
Coefficiente di struttura q per lo spettro orizzontale = 1.5

per lo spettro orizzontale = 0,667

Coefficiente di struttura q per lo spettro verticale = 1.5

per lo spettro verticale = 0,667

Stato limite: SLO



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO orizzontale	1,5	0,040	2,528	0,221	1,200	1,490	1,200	1,440	1,500	0,110	0,330	1,760
SLO verticale	1,5	0,040	2,528	0,221	1,200	1,490	1,200	1,200	1,500	0,050	0,150	1,000

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Panoramica del fabbricato oggetto di miglioramento sismico ripreso da valle

Nel dichiararci a disposizione per eventuali chiarimenti o rilevazioni che si rendessero necessarie, cogliamo l'occasione per porgere i più distinti saluti.

Piacenza: Giugno 2023

IL GEOLOGO

Dott. Nicola Cavanna



Provincia di Piacenza

Comune di Bobbio

ALLEGATO 1

UBICAZIONI INDAGINI GEOGNOSTICHE
(SU BASE ORTOFOTO RER SCALA 1: 1.000)

1 pagina

Committenza:
COMUNE DI BOBBIO



LEGENDA

- ⊕ PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
- ⊕ REGISTRAZIONI MICROTREMORI SISMICI

Provincia di Piacenza

Comune di Bobbio

ALLEGATO 2

CERTIFICATI PENETROMETRICI (DPM)



2 pagine

Committenza:

COMUNE DI BOBBIO

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

DMP 3020 PAGANI
 20/06/2023
 5,30 mt

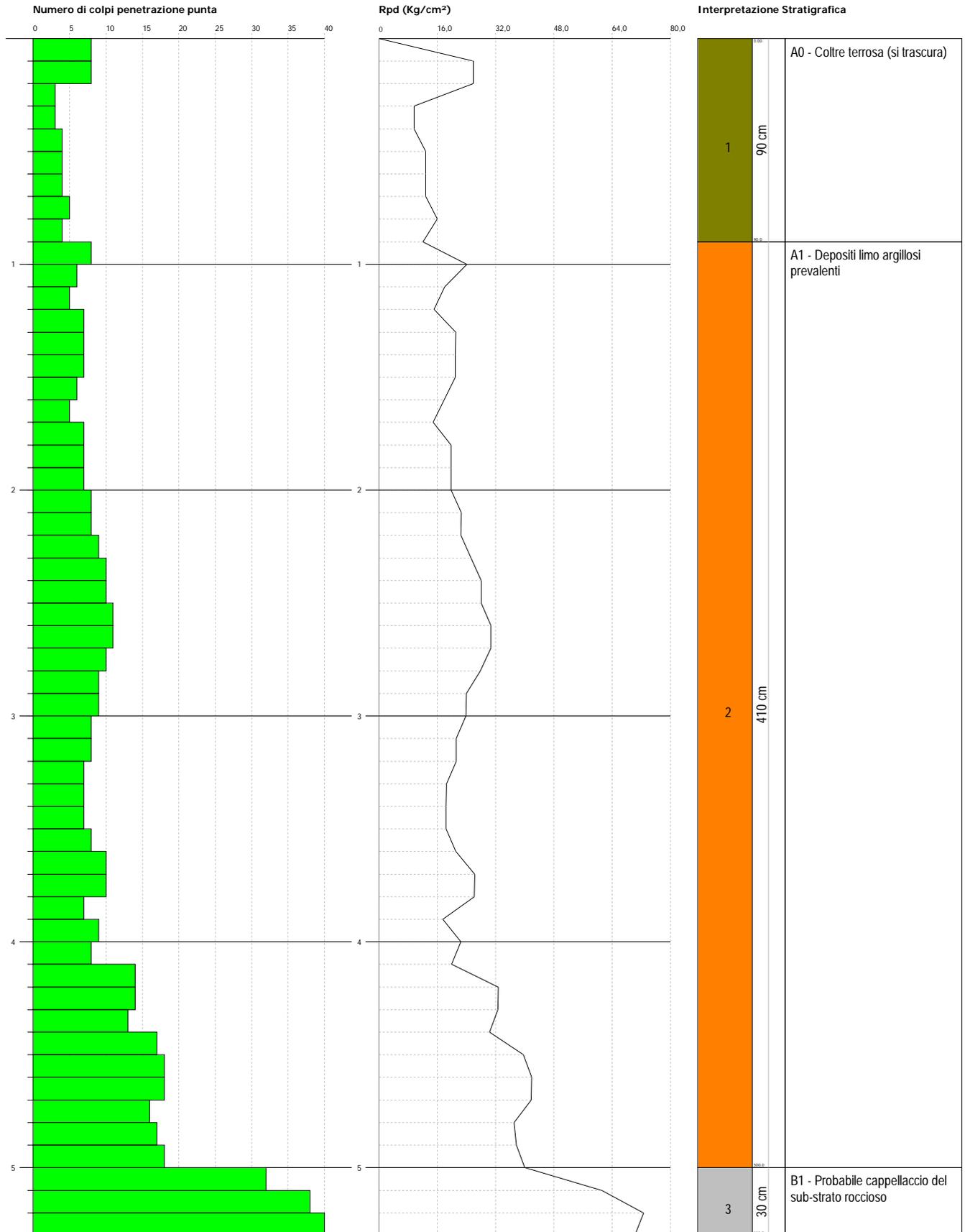
Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	8	0,857	25,89	30,22	1,29	1,51
0,20	8	0,855	25,83	30,22	1,29	1,51
0,30	3	0,853	9,66	11,33	0,48	0,57
0,40	3	0,851	9,64	11,33	0,48	0,57
0,50	4	0,849	12,83	15,11	0,64	0,76
0,60	4	0,847	12,80	15,11	0,64	0,76
0,70	4	0,845	12,77	15,11	0,64	0,76
0,80	5	0,843	15,93	18,89	0,80	0,94
0,90	4	0,842	12,11	14,39	0,61	0,72
1,00	8	0,840	24,16	28,77	1,21	1,44
1,10	6	0,838	18,08	21,58	0,90	1,08
1,20	5	0,836	15,04	17,98	0,75	0,90
1,30	7	0,835	21,01	25,17	1,05	1,26
1,40	7	0,833	20,97	25,17	1,05	1,26
1,50	7	0,831	20,93	25,17	1,05	1,26
1,60	6	0,830	17,90	21,58	0,90	1,08
1,70	5	0,828	14,89	17,98	0,74	0,90
1,80	7	0,826	20,80	25,17	1,04	1,26
1,90	7	0,825	19,81	24,02	0,99	1,20
2,00	7	0,823	19,78	24,02	0,99	1,20
2,10	8	0,822	22,56	27,45	1,13	1,37
2,20	8	0,820	22,52	27,45	1,13	1,37
2,30	9	0,819	25,28	30,89	1,26	1,54
2,40	10	0,817	28,04	34,32	1,40	1,72
2,50	10	0,816	27,99	34,32	1,40	1,72
2,60	11	0,814	30,74	37,75	1,54	1,89
2,70	11	0,813	30,68	37,75	1,53	1,89
2,80	10	0,811	27,85	34,32	1,39	1,72
2,90	9	0,810	23,92	29,54	1,20	1,48
3,00	9	0,809	23,88	29,54	1,19	1,48
3,10	8	0,807	21,20	26,25	1,06	1,31
3,20	8	0,806	21,16	26,25	1,06	1,31
3,30	7	0,805	18,49	22,97	0,92	1,15
3,40	7	0,803	18,46	22,97	0,92	1,15
3,50	7	0,802	18,43	22,97	0,92	1,15
3,60	8	0,801	21,03	26,25	1,05	1,31
3,70	10	0,800	26,24	32,82	1,31	1,64
3,80	10	0,798	26,20	32,82	1,31	1,64
3,90	7	0,797	17,55	22,01	0,88	1,10
4,00	9	0,796	22,53	28,30	1,13	1,41
4,10	8	0,795	19,99	25,15	1,00	1,26
4,20	14	0,744	32,74	44,02	1,64	2,20
4,30	14	0,743	32,69	44,02	1,63	2,20
4,40	13	0,741	30,30	40,87	1,52	2,04
4,50	17	0,740	39,57	53,45	1,98	2,67
4,60	18	0,739	41,84	56,59	2,09	2,83
4,70	18	0,738	41,78	56,59	2,09	2,83
4,80	16	0,737	37,08	50,31	1,85	2,52
4,90	17	0,736	37,76	51,30	1,89	2,56
5,00	18	0,735	39,92	54,32	2,00	2,72
5,10	32	0,634	61,22	96,56	3,06	4,83
5,20	38	0,633	72,59	114,67	3,63	5,73
5,30	40	0,582	70,25	120,70	3,51	6,04

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente: Amm.ne Comunale di Bobbio
 Cantiere: Miglioramento sismico ex Seminario Vescovile
 Località: Bobbio (PC)

Data: 20/06/2023

Scala 1:24



Provincia di Piacenza

Comune di Bobbio

ALLEGATO 3

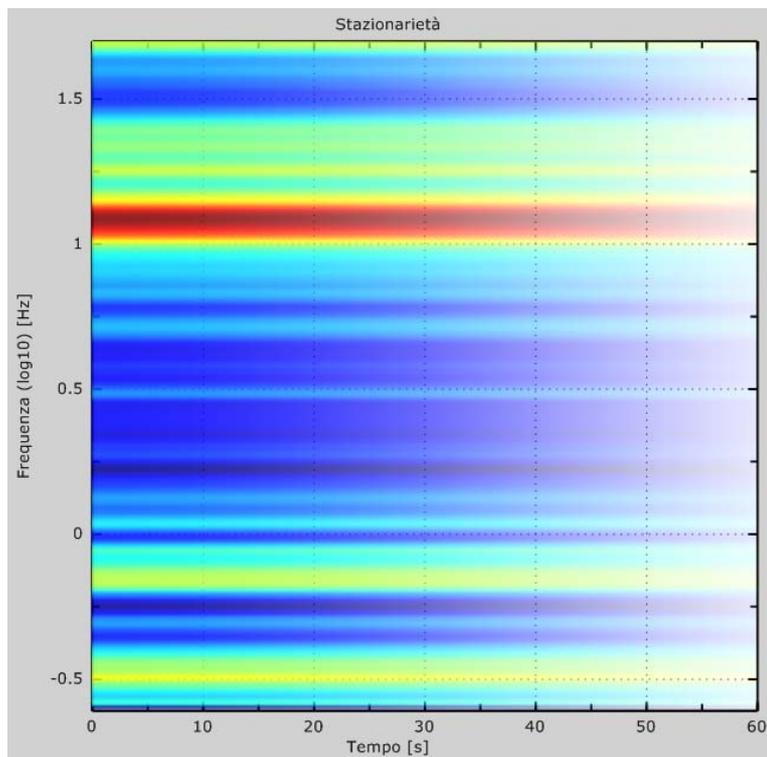
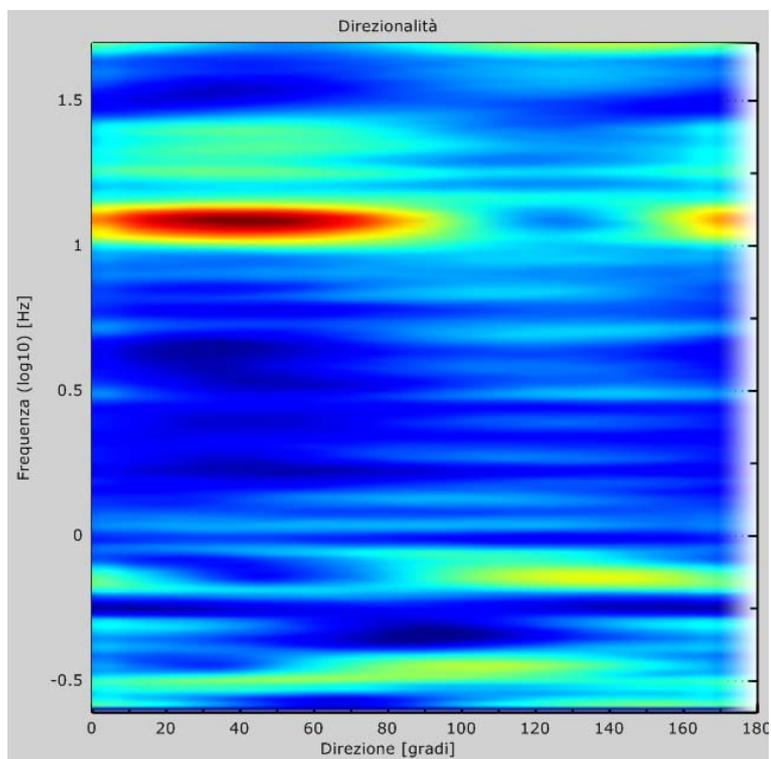
PROSPEZIONI SISMICHE "HVSr" (RISULTANZE)



2 pagine

Committenza:

COMUNE DI BOBBIO

HVSR 01**Stazionarietà****Direzionalità**

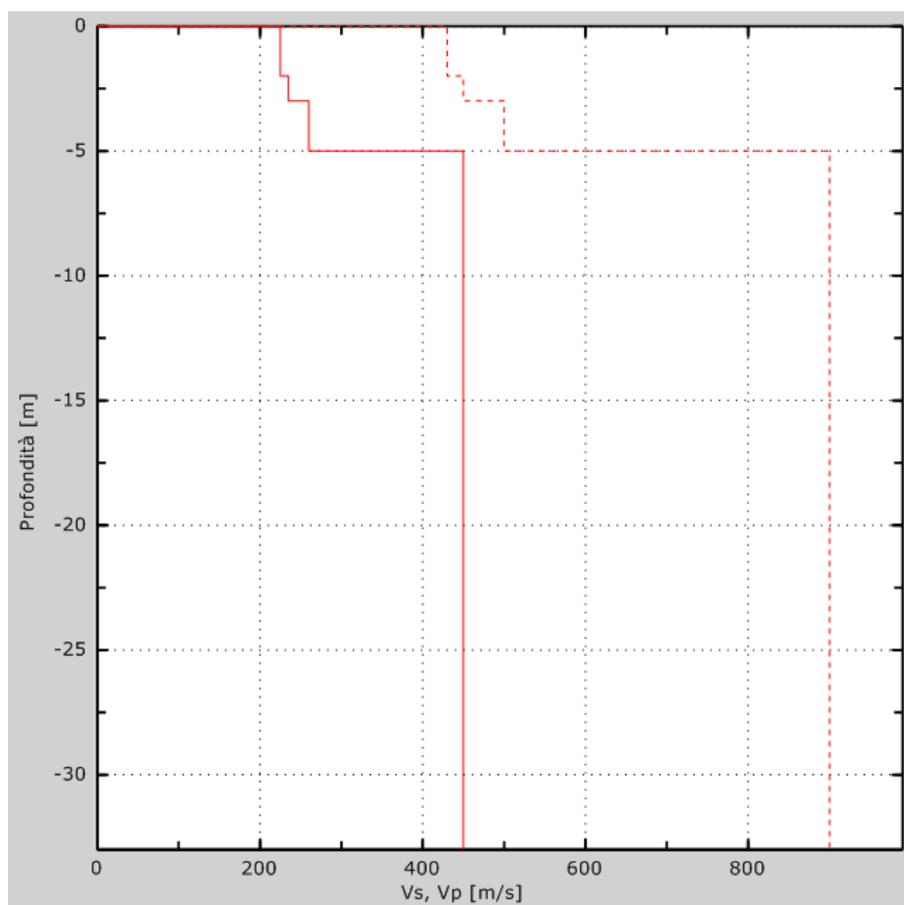
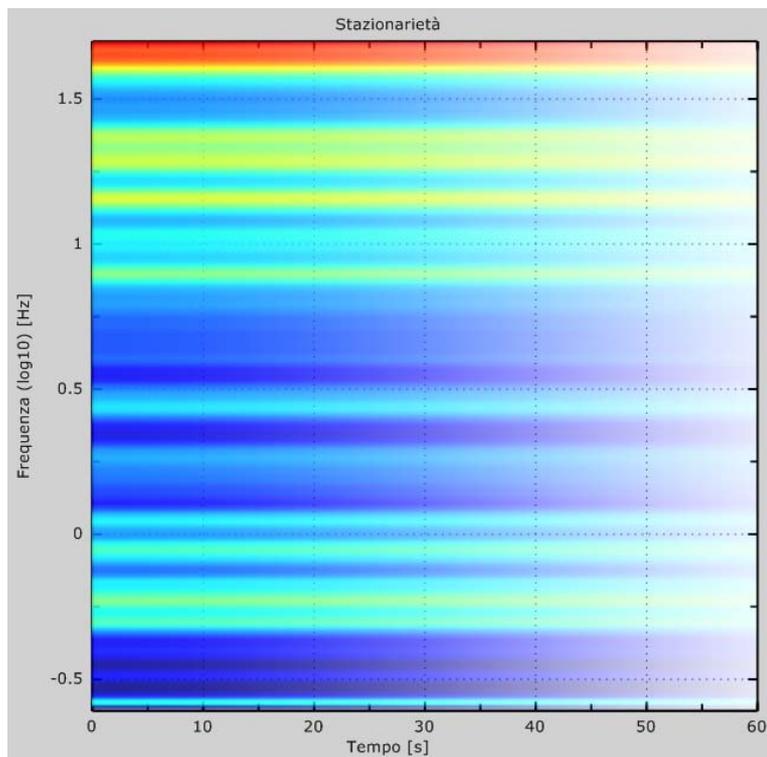
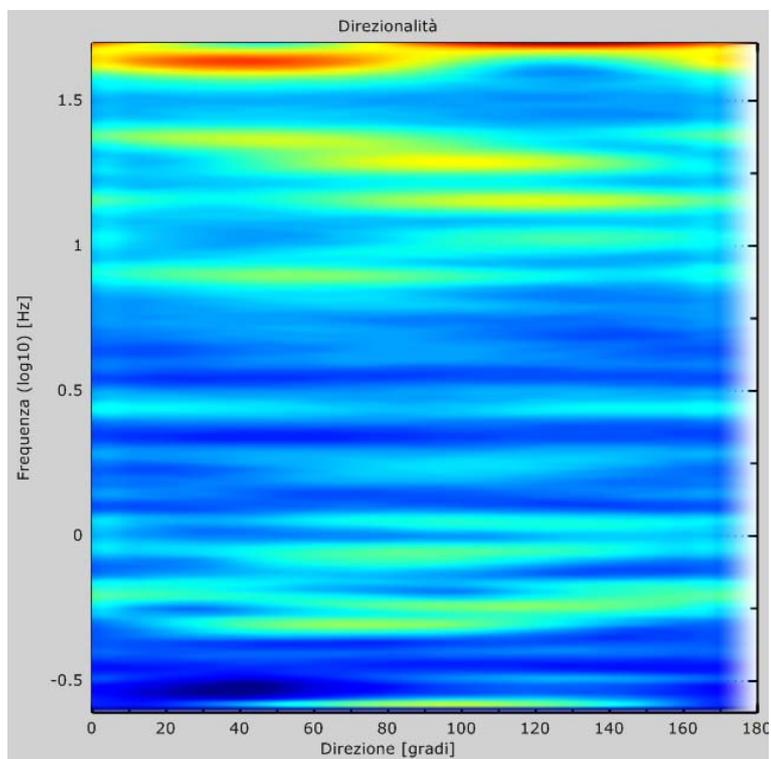


Grafico della velocità delle onde di taglio nell'area indagata

Frequenza propria di vibrazione del sito	12.06 Hz ± 0,1 Hz.
Vs30 [m/s]	390
Tipo di suolo	B
Normativa applicata	Decreto Ministeriale del 17-01-2018

HVSR 02**Stazionarietà****Direzionalità**

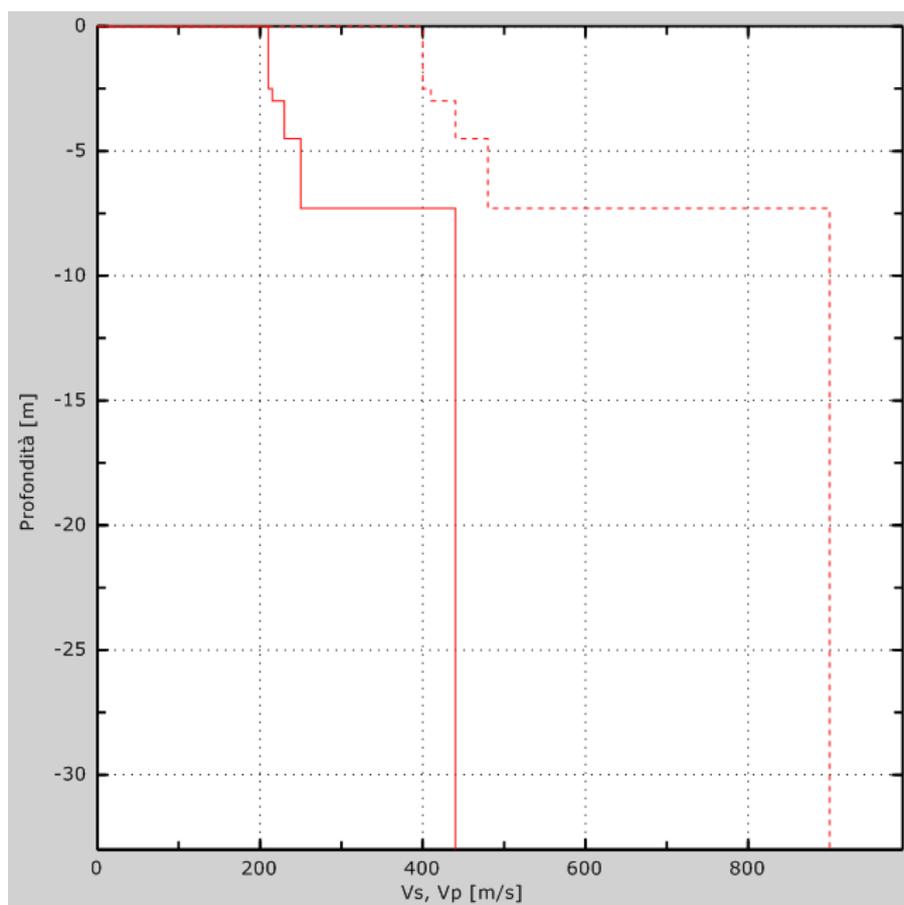


Grafico della velocità delle onde di taglio nell'area indagata

Frequenza propria di vibrazione del sito	7.87 Hz ± 0,1 Hz.
Vs30 [m/s]	360
Tipo di suolo	C/B
Normativa applicata	Decreto Ministeriale del 17-01-2018