



COMUNE DI PIACENZA

OGGETTO:

“PROGETTO NUOVO POLO BIBLIOTECARIO VIA DANTE N.46”

RELAZIONE GEOLOGICO-SISMICA



Data: Marzo 2022

SOMMARIO

1	PREMESSA	1
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	2
3	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	3
4	INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE.....	5
4.1	PROVA PENETROMETRICA	7
4.2	PROSPEZIONE SISMICA CON TECNICA “MASW”	8
4.2.1	Cenni metodologici	8
4.2.2	Strumentazione utilizzata	8
4.2.3	Modalità d'intervento.....	9
4.2.4	Elaborazione dati	10
4.2.5	Analisi dei risultati	10
4.3	MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA)	11
4.3.1	Cenni Metodologici.....	11
4.3.2	Analisi dei risultati	12
5	MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO DELL’AREA.....	13
6	CARATTERI SISMICI DEL SITO	15
6.1	SISMICITÀ DELL’AREA.....	15
6.2	CARATTERISTICHE GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICHE	16
6.3	CALCOLO DELLA SUSCETTIBILITA' DI LIQUEFAZIONE	16
7	CALCOLO AZIONE SISMICA	19
7.1	AZIONE SISMICA E STATI LIMITE	19
7.2	CATEGORIE DI SUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	20
7.3	AZIONE SISMICA DI PROGETTO DEL SITO	21
8	CONCLUSIONI	22

1 PREMESSA

Nel Febbraio/Marzo 2022 è stata realizzata un'indagine geologico-sismica a Piacenza in viale Dante.



Ubicazione dell'area da foto satellitare

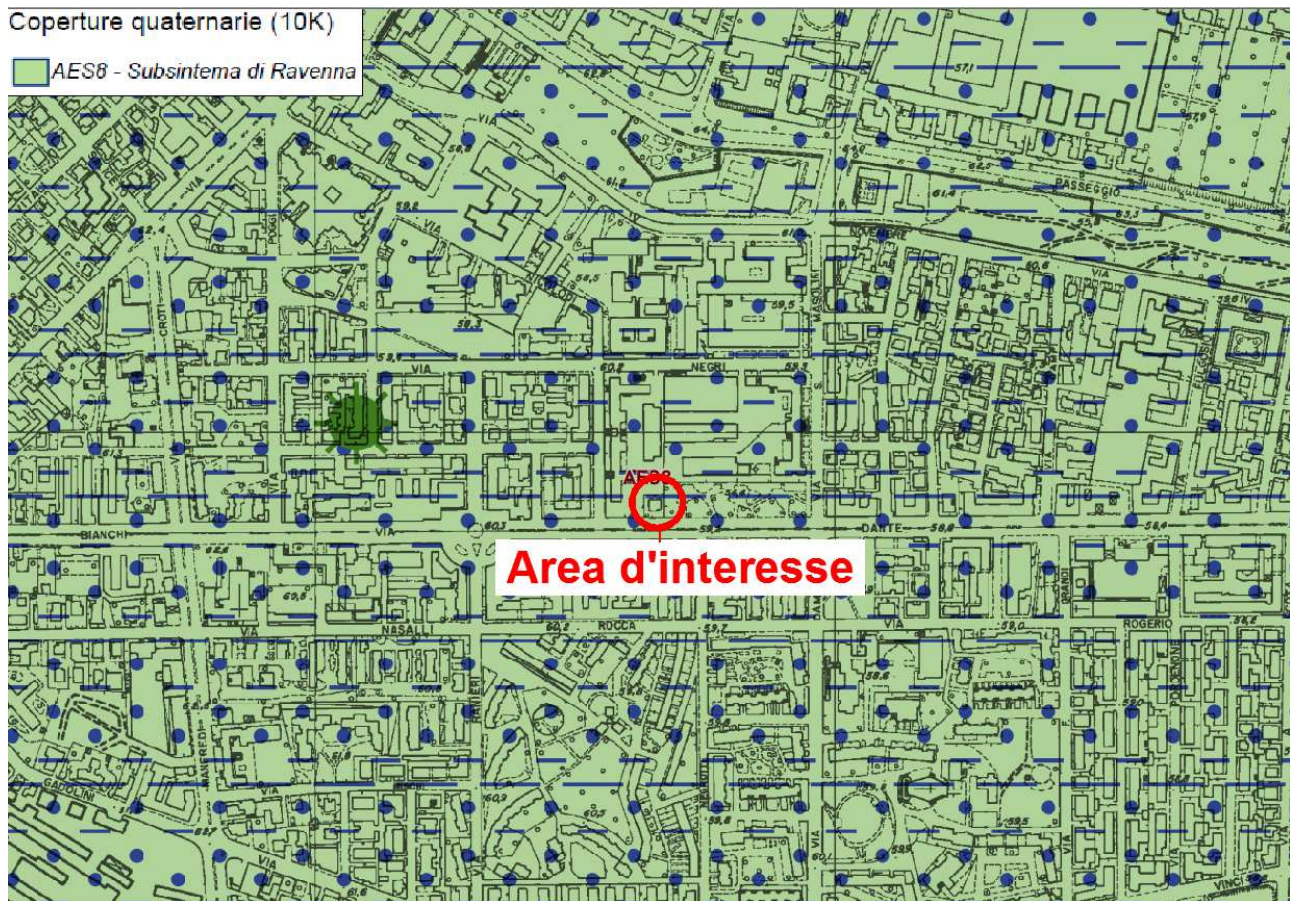
Il lavoro è stato realizzato a supporto del “Progetto del nuovo polo bibliotecario di via Dante n.46”.

L'indagine ha previsto le seguenti fasi di studio:

- Raccolta e analisi della documentazione esistente;
- Inquadramento geologico - geomorfologico, idrogeologico e sismico dell'area;
- Realizzazione di 1 prova penetrometrica dinamica, per la valutazione diretta delle caratteristiche geomeccaniche del terreno;
- Esecuzione di 1 prova sismica con metodologia “Masw” e di 2 prove “Hvsr”, per la determinazione della categoria di suolo di fondazione in base alla normativa antisismica;
- Ricostruzione del modello geologico, sismico e geotecnico dell'area d'interesse;
- Valutazione dei possibili effetti sismici di sito.

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Come documento di base per l'inquadramento geologico dell'area, è stata utilizzata la "Carta Geologica" alla scala 1: 10.000 realizzata dalla Regione Emilia-Romagna.



Estratto Carta Geologica Regionale

Dal punto di vista geologico, l'area d'interesse, è localizzata nella pianura piacentina, nella parte mediale-distale della conoide del F. Trebbia. Nella "Carta Geologica d'Italia" alla scala 1:100.000, Foglio n 72 "Fiorenzuola d'Arda", i terreni alluvionali qui presenti vengono classificati come "Alluvioni recenti". Recenti studi del Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna, hanno portato ad una nuova e più dettagliata classificazione dei depositi alluvionali quaternari. In base a questo studio, l'area d'interesse ricade all'interno dell'unità di "Ravenna". L'unità di Ravenna è definita all'interno del quadro stratigrafico della Regione Emilia Romagna come sotto-unità del "Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore". Litologicamente l'unità è costituita da alluvioni sabbioso-ghiaiose con intercalazioni di materiale fine, ricoperte da una coltre limoso argillosa

discontinua. Dal punto di vista deposizionale i sedimenti appartengono ad ambiente di conoide alluvionale. Lo spessore della copertura, nell'area d'intervento è di circa 3 metri.

3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

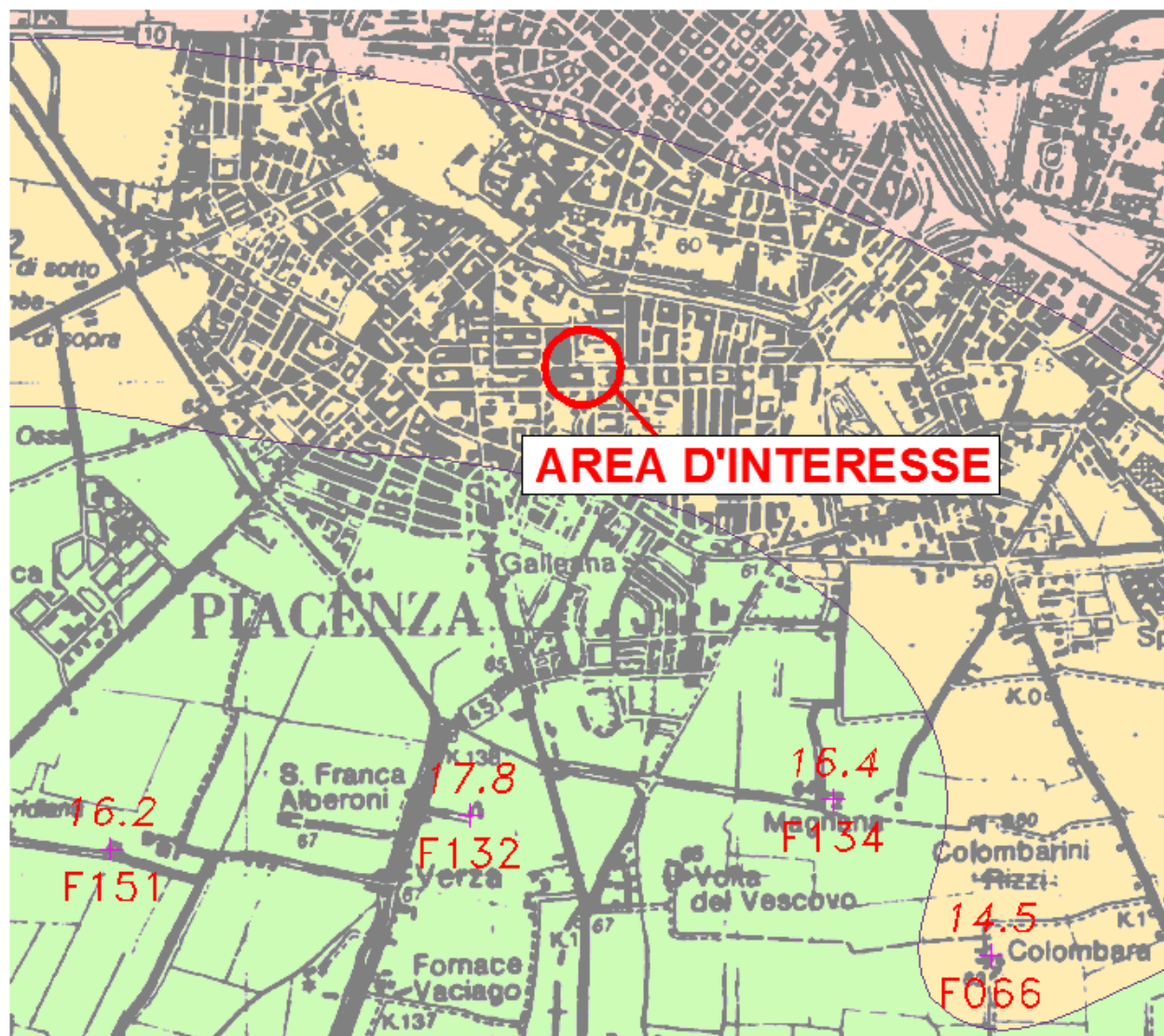
L'area d'interesse è localizzata nel settore mediale-distale della conoide del T. Trebbia. I depositi alluvionali, per i primi 100 m, sono costituiti prevalentemente da alluvioni ghiaioso-sabbiose con limitate e nettamente subordinate intercalazioni alluvioni limo-argillose. Il modello idrogeologico di riferimento ricostruito per tutta l'area della pianura Piacentina è caratterizzato da due distinti complessi acquiferi: uno superiore denominato "acquifero principale", a comportamento essenzialmente freatico, e uno più profondo denominato "acquifero secondario" con caratteri più o meno spiccati di artesianità.

L'alimentazione dell'acquifero principale avviene per infiltrazione diretta dalla superficie delle acque meteoriche e per dispersione dall'alveo del F. Trebbia. I principali caratteri idrogeologici dell'area si possono così riassumere:

- La direzione del flusso idrico sotterraneo è verso nord-est con gradiente idraulico di circa 0.2%;
- La soggiacenza della superficie piezometrica dal piano campagna, in base a dati pregressi, relativi a un periodo di alto piezometrico, si colloca mediamente sui 10-15 metri;
- Da dati bibliografici l'oscillazione massima della falda risulta di circa 3-4 metri.

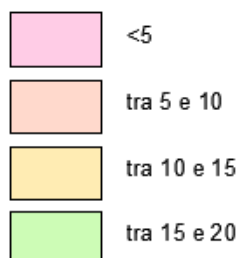
CARTA DELLA SOGGIACENZA (GIUGNO 1998)

Scala 1:25000



Legenda

Soggiacenza - Valori espressi in m dal p.c.



6.9

+

F289

Valore di soggiacenza in m dal p.c.

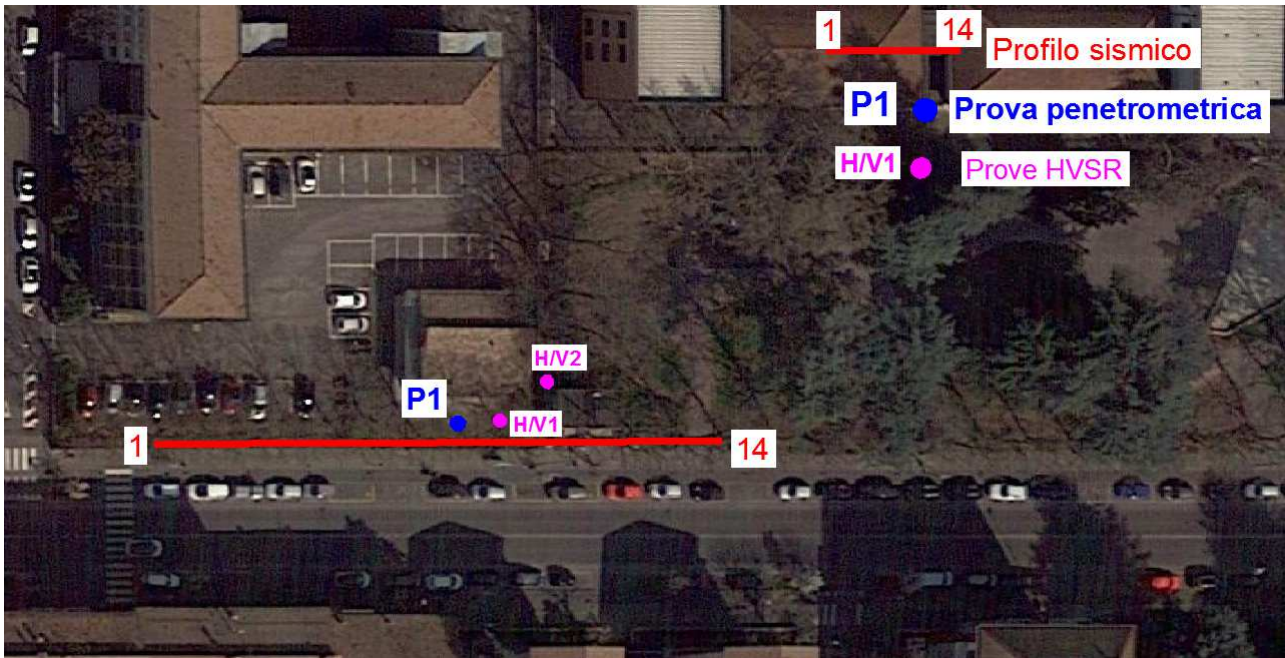
Pozzi di misura

N. identificativo pozzo

Carta della soggiacenza anno 1998

4 INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE

Al fine di determinare le caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche del terreno dell'area d'interesse, sono state realizzate: 1 prova penetrometrica dinamica media (DPM 030), 1 prova sismica tipo "Masw" e 2 prove "Hvsvr".



Ubicazione delle indagini geognostiche e geofisiche



Fasi esecutive della prova penetrometrica



Fasi esecutive delle indagini sismiche



Fasi esecutive delle prove Hvsr

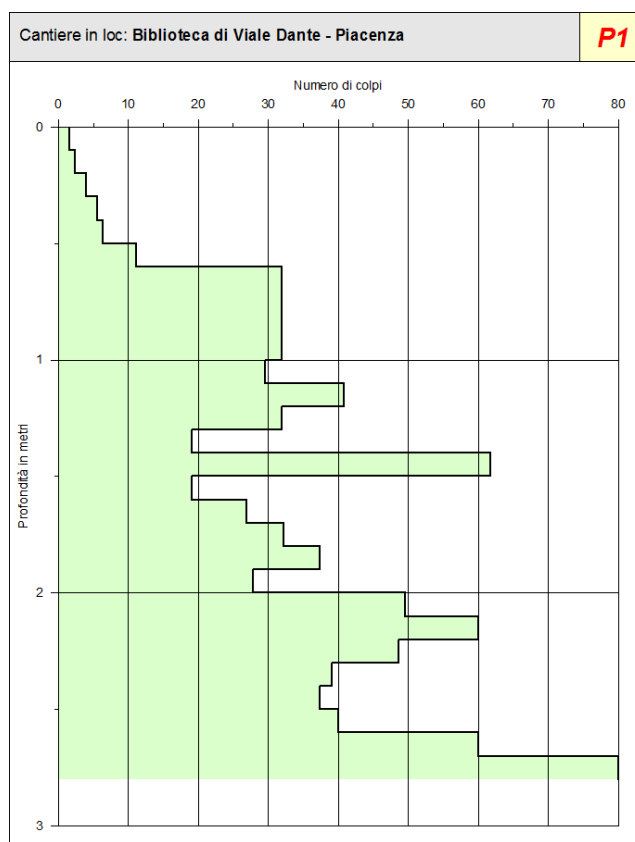
4.1 PROVA PENETROMETRICA

Le caratteristiche del penetrometro utilizzato sono le seguenti:

- Peso maglio: 30 kg
- Altezza caduta libera: 20 cm
- Sezione punta: 10 cm²
- Angolo apertura punta: 30°
- Peso singola asta: 2.4 kg
- Lunghezza aste: 1 m

Sono stati conteggiati e riportati in appositi grafici (riportati in appendice al rapporto) i colpi (n) necessari per infiggere le aste di 10 cm. L'indagine è stata spinta a una profondità massima di 2.8 m dal piano campagna.

I risultati della prova si possono così sintetizzare:



- Lo spessore del terreno di natura eterogenea (probabile riporto costituito da macerie misto a materiale limoso) nel complesso discretamente compatto, è di 2.8 m;
- Il rifiuto alla penetrazione è stato ottenuto al tetto del materiale ghiaioso molto addensato.

4.2 PROSPEZIONE SISMICA CON TECNICA “MASW”

4.2.1 Cenni metodologici

Il metodo MASW è una tecnica d'indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi. Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J.1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo.

Il metodo passivo in genere consente invece di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi fornisce informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50 m, in funzione della rigidità del suolo.

4.2.2 Strumentazione utilizzata

Il “Geode” è un sismografo modulare a 24 bit che rappresenta l'ultima frontiera dei sistemi di registrazione sismica combinando il meglio dei tradizionali sismografi Geometrics con la flessibilità di un sistema distribuito. Geode è un sismografo a elevata dinamica (144 dB di range

*Dr.Geol. Alberto Lepori Ordine geologi Emilia Romagna n 1062 – Via Don Galli n 14, 29023 Farini (PC),
Cell. 3487813006 - email a_lepori@virgilio.it; - pec: lepori.alberto@epap.sicurezzapostale.it*

dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 ms di campionamento). Grazie all'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 ms a 16 ms), esso è perfettamente idoneo per un'ampia gamma di applicazioni: sismica a rifrazione, sismica a riflessione (anche ad altissima risoluzione), monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche, downhole e VSP. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.

L'attrezzatura utilizzata è composta da:

- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali
- Massa battente da 10 kg
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 m con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 m l'una terminate con connettore Bendix 61S
- Geofoni GS20DX, 10 Hz verticali, 395 Ohm con puntale da 3" e 1,5 m di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP.



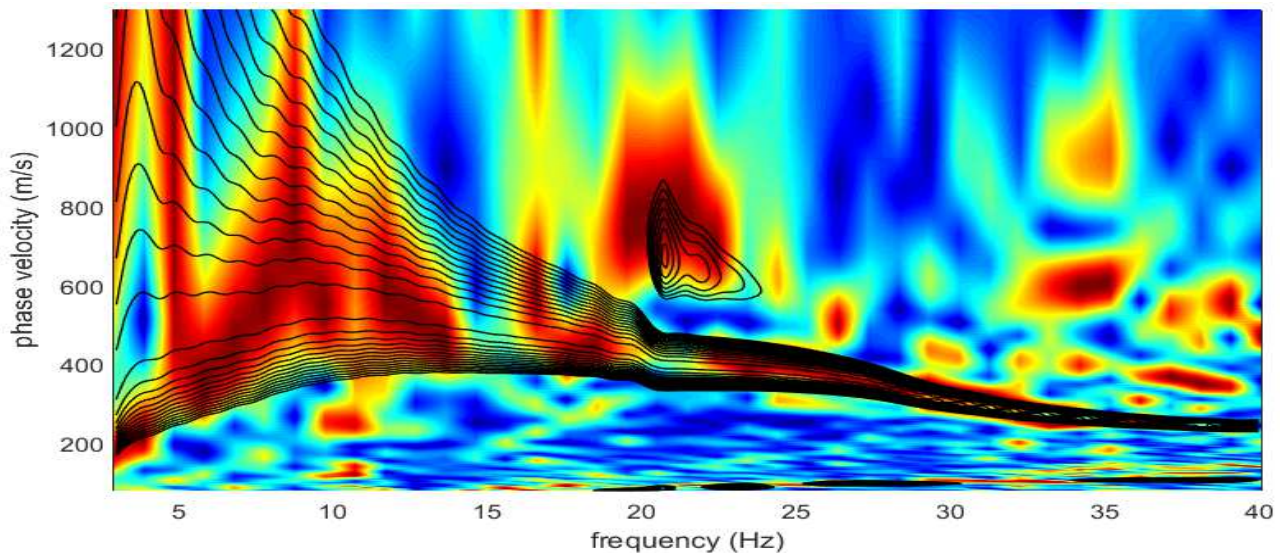
Sismografo "Geode" collegato al pc

4.2.3 Modalità d'intervento

E' stato acquisito uno stendimento sismico costituito da un allineamento di 14 geofoni. Sono stati raccolti 3 records di lunghezza di 1 sec. con campionamento ogni 0.25 ms. L'energizzazione è stata realizzata con una massa battente da 10 Kg.

4.2.4 Elaborazione dati

Il software di elaborazione utilizzato è il WinMasw, versione Academy, della Eliosoft, l'approccio di analisi utilizzato non prevede la determinazione di una curva di dispersione (scelta soggettiva), ma l'analisi di diretta di tutto lo spettro di velocità (approccio FVS Full Velocity Spectrum).

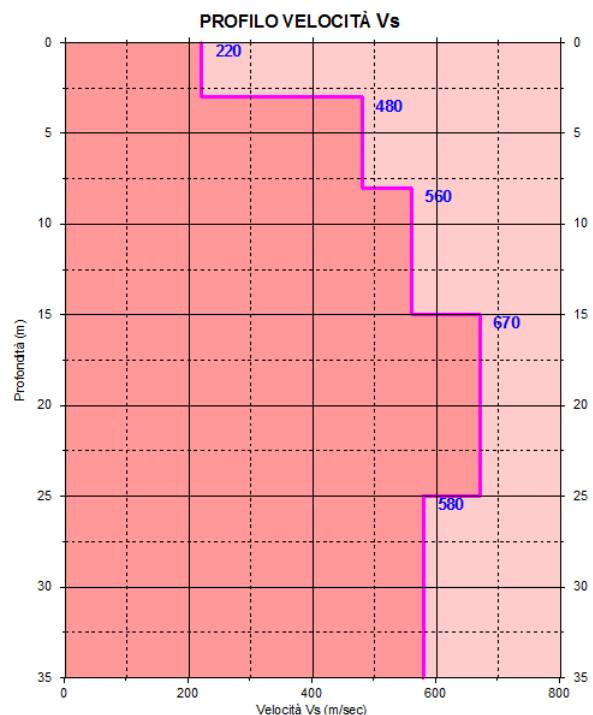


Spettro velocità di fase-frequenza dell'area d'interesse

4.2.5 Analisi dei risultati

Esaminando il grafico si possono fare le seguenti considerazioni:

- Lo spessore del materiale a medio-bassa velocità è di circa 3.0 metri;
- Più in profondità, fino a 7/8, metri le velocità aumentano collocandosi sui 480 m/s;
- Oltre i 7/8 metri sia un ulteriore aumento di velocità con valori che si collocano sui 560-670 m/s.



Poiché la norma stabilisce che la classificazione deve riguardare i terreni al di sotto delle fondazioni, in funzione del piano di posa delle fondazioni stesse, la V_{s_eq} varia secondo la seguente tabella:

<i>Quota piano di fondazione</i>	<i>Intervallo dal p.c.</i>	<i>VS30</i>	<i>Categoria di sottosuolo</i>
0 m	0/-30 m	499 m/sec	B
-1 m	-1/-31 m	524 m/sec	B
-2 m	-2/-32 m	551 m/sec	B
-3 m	-3/-33 m	581 m/sec	B
-4 m	-4/-34 m	585 m/sec	B
-5 m	-5/-35 m	589 m/sec	B

4.3 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA)

4.3.1 Cenni Metodologici

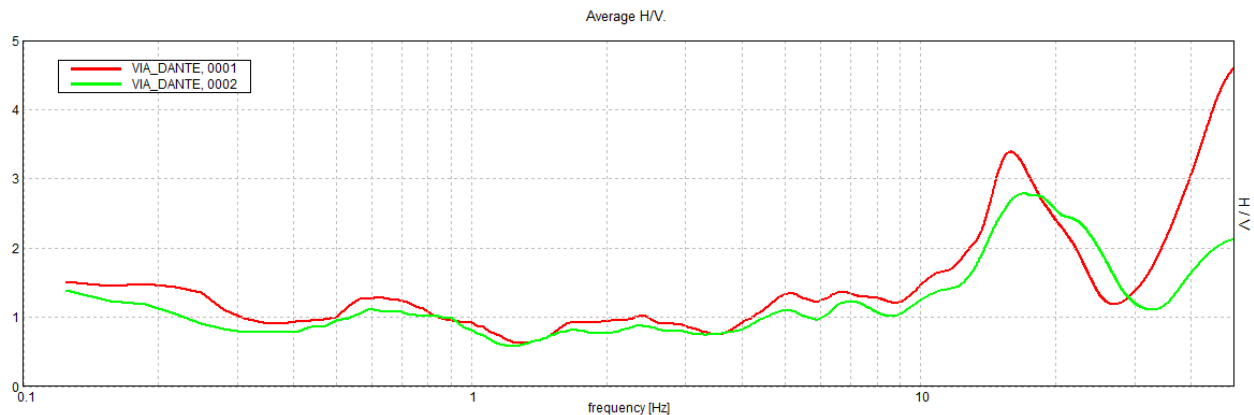
Il metodo dei rapporti spettrali di singola stazione (HVSr) è largamente utilizzato in paesi con elevato rischio sismico quali il Giappone per la stima degli effetti di amplificazione di sito. Il microtremore, un'impercettibile oscillazione naturale del suolo, è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde sismiche prodotte dal vento e dal moto ondoso marino negli strati superficiali della Terra. Anche le attività umane (industrie, traffico stradale ecc.) possono produrre localmente microtremore, ma in genere tale segnale viene attenuato piuttosto rapidamente a causa delle sue caratteristiche di alta frequenza.

Le principali applicazioni delle prove H/V si possono così sintetizzare:

- Misura delle frequenze di risonanza dei suoli;
- Effetti di sito e microzonazione sismica (curve H/V, metodo di Nakamura);
- Stratigrafia sismica passiva;
- Segnalazione dei possibili fenomeni di doppia risonanza suolo-struttura.

Di particolare importanza è la frequenza di vibrazione del sito, caratterizzata dal maggiore rapporto di ampiezze H/V, nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (frequenze generalmente inferiori a 10-15 Hz), denominata frequenza fondamentale di vibrazione f_0 .

4.3.2 Analisi dei risultati



Quadro d'insieme delle prove Hvsr

Per consentire un più agevole confronto fra le prove, i risultati delle stesse sono stati riportati in un unico grafico. Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- Le prove hanno un andamento simile testimoniando una buona uniformità sismo-stratigrafica del sito;
- Nel campo di frequenze di interesse ingegneristico (generalmente 1-10 Hz), non state individuate frequenze di risonanza significative;
- Le frequenze caratteristiche del sito sono state individuate nell'intervallo 16-17 Hz; tali frequenze evidenziano un contrasto d'impedenza sismica superficiale, collocabile intorno ai 3 metri dal p.c., al passaggio fra la copertura e l'orizzonte ghiaioso sottostante;
- In base all'esito delle prove si possono escludere, in caso sisma, fenomeni di risonanza terreno-fabbricato, in quanto il fabbricato in progetto sarà caratterizzato da frequenze di vibrazione sicuramente più basse rispetto a quelle del terreno.

5 MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO DELL'AREA

Le indagini eseguite, unite alle informazioni geologiche più generali, hanno consentito di ricostruire un modello geologico - geotecnico del terreno dell'area d'interesse. La normativa (NTC 2018-2019) con l'utilizzo della teoria agli "stati limite", prevede per i calcoli geotecnici, di considerare i parametri "caratteristici" del terreno.

Nel caso di coinvolgimento di un elevato volume di terreno, come nel caso del calcolo della capacità portante di una fondazione a platea e/o nastriforme, il valore caratteristico può essere assimilato al valore medio del parametro considerato, in caso contrario si deve considerare un valore prossimo al valore minimo.

CARATTERISTICHE DEL POZZO	STRATIGRAFIA DEL TERRENO	falde captate
*avanpozzo (sì o no) <u>SI</u> *diametro interno tubi mm. <u>400</u> *profondità mt. <u>32</u>	Indicare la natura dei terreni e le FALDE ACQUIFERE attraversati	
	-da mt. <u>0</u> a mt. <u>3</u> <u>terreno vegetale</u>	
	-da mt. <u>3</u> a mt. <u>14</u> <u>ghiaia mista</u>	
	-da mt. <u>14</u> a mt. <u>14,30</u> <u>ghiaia e argilla</u>	
	-da mt. <u>14,30</u> a mt. <u>18</u> <u>ghiaia e sabbia</u>	
	-da mt. <u>18</u> a mt. <u>18,25</u> <u>argilla e sassi</u>	
	-da mt. <u>18,25</u> a mt. <u>25,60</u> <u>ghiaia sporca</u>	
	-da mt. <u>25,60</u> a mt. <u>32</u> <u>ghiaia pulita</u>	
	-da mt. _____ a mt. _____	

EQUIPAGGIAMENTO
*tipo della pompa <u>Elettropompa sommersa</u>
*potenza ^{Cv} <u>7,5</u> kw
*prevalenza mt. <u>44</u>
*portata lt/sec. <u>6,6</u>

-Livello statico mt. 12
 -Portata pozzo: lt/sec. 8
 -Superficie irrigata:
 ha. /// are /// ca. ///
 -Consumo giornaliero (24 ore):
 metri cubi ///

Stratigrafia di un pozzo idrico, estratto dal database del Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna, ubicato nelle immediate vicinanze dell'area d'interesse

SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI (caratteristici)

Unità "A" Dal piano campagna a -2.8/-3.0 m	Probabile materiale di riporto eterogeneo in abbondante matrice limosa. Il materiale si presenta nel complesso discretamente compatto
Comportamento geotecnico	Misto, prevalentemente coesivo
Peso di volume γ (t/m ³)	1.80
Coesione non drenata Cu (Kg/cm ²)	0.7-0.8
Coesione drenata C (Kg/ cm ²)	
Angolo d'attrito ϕ	30°- 31°
Modulo edometrico Eed (Kg/ cm ²)	100-120
Modulo elastico E (Kg/ cm ²)	90 - 110
Unità "B" Oltre -2.8/-3.0	Materiale prevalentemente ghiaioso in matrice limosa a alto addensamento
Comportamento geotecnico	Incoerente
Peso di volume γ (t/mc)	1.95
Angolo d'attrito ϕ	35-36
Modulo elastico E (Kg/cm ²)	500-600

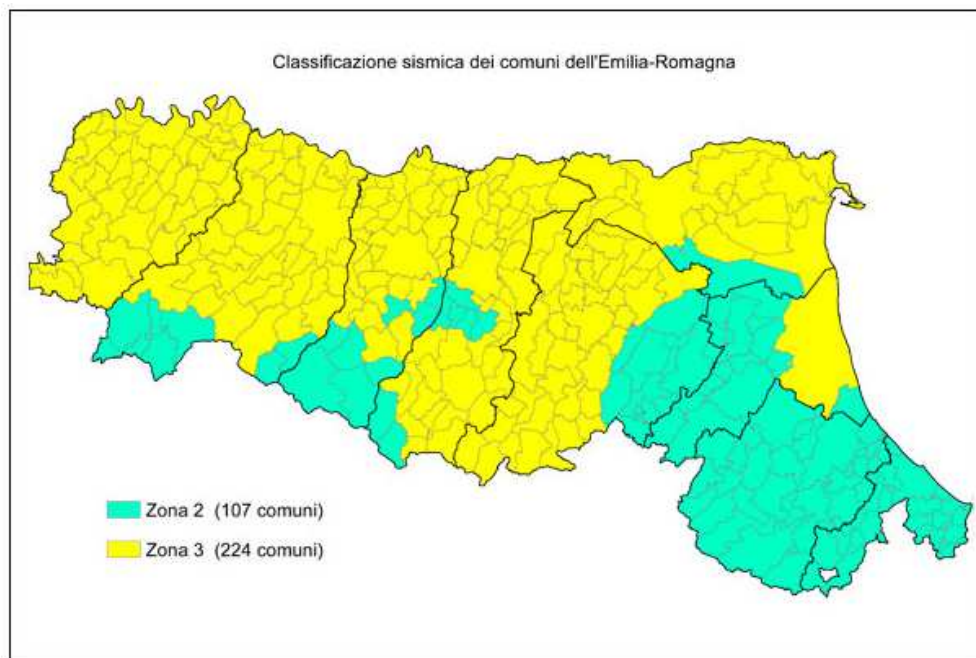
6 CARATTERI SISMICI DEL SITO

La pericolosità sismica di un'area dipende da diverse variabili, le principali delle quali sono rappresentate da:

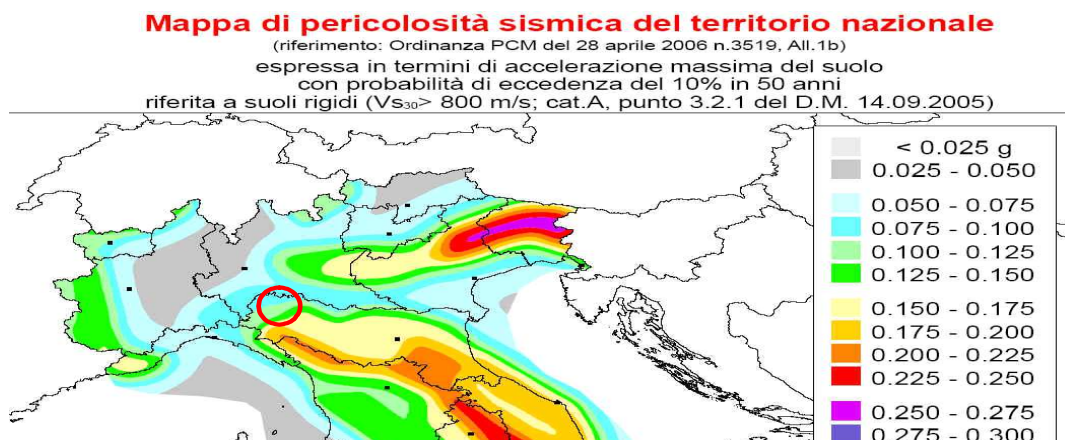
- Grado di sismicità dell'area,
- Fattori geologico - geomorfologici che possono determinare fenomeni di amplificazione locale e/o fenomeni di liquefazione e/o d'instabilità dei versanti.

6.1 SISMICITÀ DELL'AREA

Attualmente il Comune di Piacenza, prima inserito in zona 4 (bassa sismicità), è stato riclassificato in **zona 3** (medio-bassa sismicità).



Aggiornamento della classificazione sismica, luglio 2018



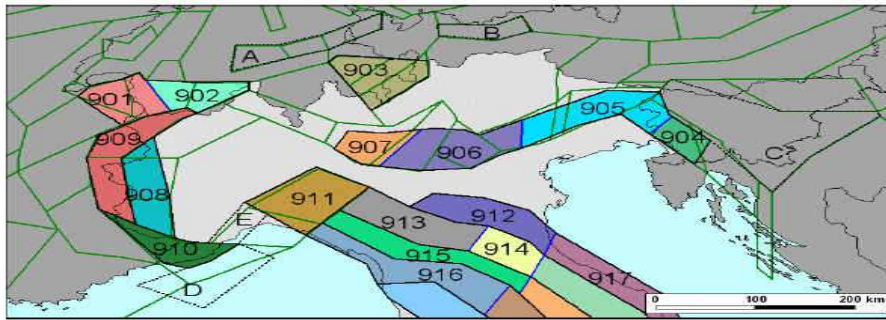


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

In base alla carta della pericolosità sismica del territorio nazionale, i valori di PGA su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il Comune di Piacenza sono piuttosto modesti e compresi fra 0.075-0.100 g. L'area ricade nella zona sismogenetica 911, in cui i meccanismi di fagliazione prevalenti sono legati a faglie trascorrenti e le profondità dei terremoti prevalentemente compresi fra 8 e 12 Km. Le magnitudo massime attese nella zona sismogenetica d'interesse sono di 5.7÷6.1. Le serie storiche dei terremoti contenuti nell'archivio della Regione Emilia-Romagna segnalano, per l'area d'interesse, eventi sismici solo di moderata intensità.

6.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICHE

Gli effetti cosismici, in base alle caratteristiche geologiche del sito d'interesse possono ricondursi essenzialmente a modesti fenomeni di amplificazione stratigrafica.

Sono da escludere effetti d'amplificazione topografica (area sub-pianeggiante), fenomeni di liquefazione (basso valore di a_g atteso e presenza di materiali prevalentemente grossolani ben addensati) e fenomeni d'instabilità del versante. Pur essendo, in base alle caratteristiche dei materiali, molto bassa la probabilità di liquefazione, si è proceduto alla verifica di suscettibilità utilizzando i metodi semplificati che si basano sulla velocità delle onde sismiche S.

6.3 CALCOLO DELLA SUSCETTIBILITA' DI LIQUEFAZIONE

Per la verifica alla liquefazione sono stati utilizzati i metodi semplificati che utilizzano come dato d'ingresso la velocità delle onde sismiche "S" (NCEER 1997). Il software utilizzato è prodotto dalla società "GeoLogismiki".

Per l'area d'interesse, in base alla mappa della pericolosità sismica, la PGA prevista è di 0,092g, il suolo di fondazione è di tipo "B" e il fattore di amplificazione stratigrafica è di 1.2.

Di conseguenza la PGA al suolo è di $0,092 \times 1.2 = 0,1104$. Le magnitudo massime di riferimento sono, secondo quanto previsto dalla zona sismogenetica 911, pari a 6,14. Cautelativamente nelle verifiche sono stati utilizzati i seguenti dati d'ingresso:

- Accelerazione massima al suolo = 0.15
- Magnitudo del sisma = 6.5
- Profondità della falda = 10 m
- Percentuale di materiale fine pari a zero in tutti gli orizzonti.

Lo schema stratigrafico-geofisico rappresentativo dell'area indagata si può così sintetizzare:

Strato Nr.	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Velocità Vs (m/s)
1	Riporto/Limo	0	3	220
2	Ghiaia in matrice limosa	3	8	480
3	Ghiaia in matrice limosa	8	15	560
3	Ghiaia in matrice limosa	15	20	670

Schema stratigrafico-geofisico

Dalle verifiche effettuate il fattore di sicurezza, anche considerando condizioni cautelative, risulta sempre nettamente superiore a 1.25, per cui si può affermare che il sito d'interesse non è a rischio liquefazione.



Geologismiki
Geotechnical Engineering Software
Merarhias 56, 621 25 - Serrai, Greece
url: <http://www.geologismiki.gr> - email: info@geologismiki.gr

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

Project title :

Project subtitle :

Input parameters and analysis data

In-situ data type: Shear wave velocity
Analysis type: Deterministic
Analysis method: NCEER 1998
Fines correction method: N/A

Depth to water table: 10.00 m
Earthquake magnitude M_w : 6.50
Peak ground acceleration: 0.15 g
User defined F.S.: 1.25

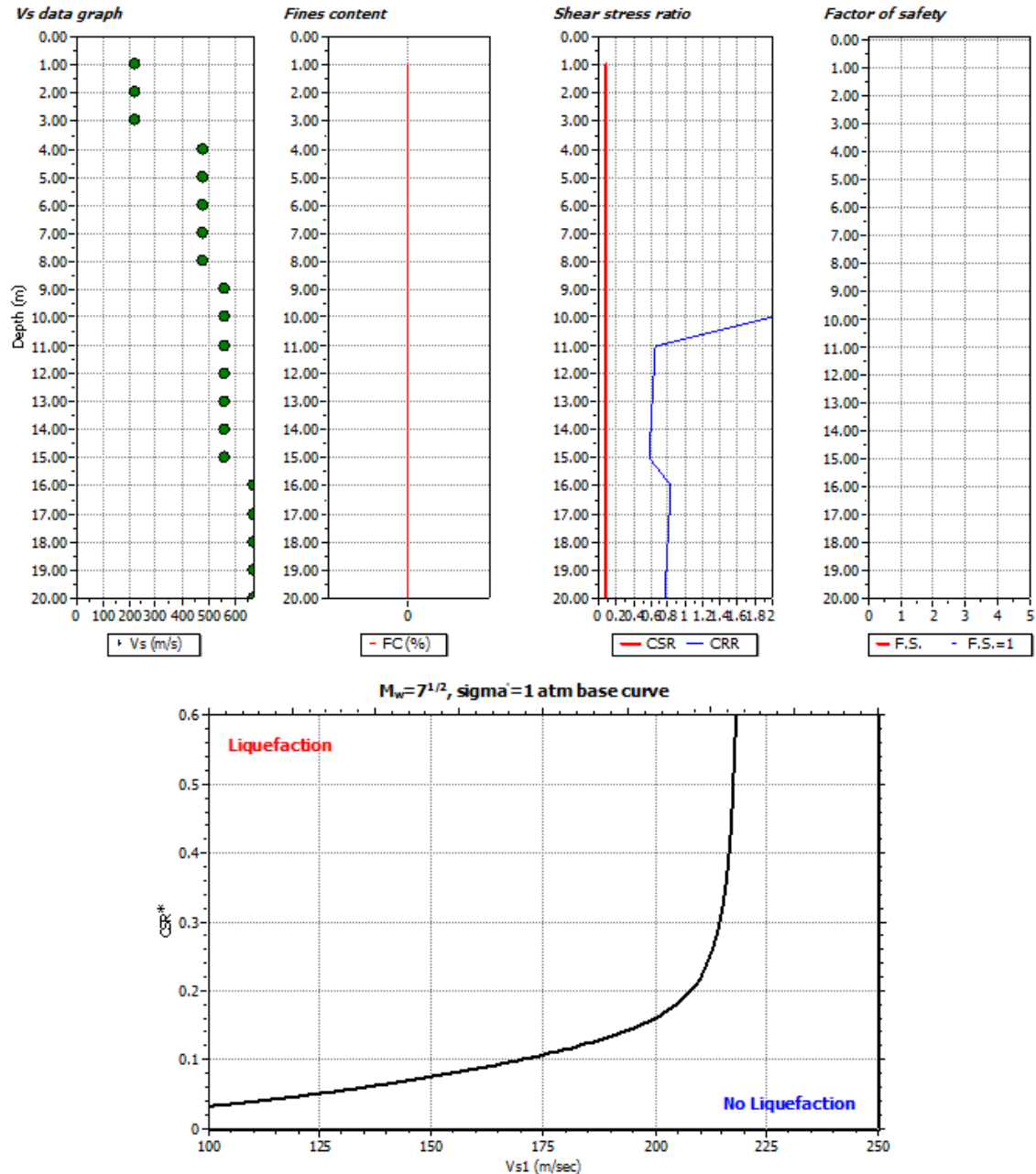


Grafico di verifica alla liquefazione

7 CALCOLO AZIONE SISMICA

7.1 AZIONE SISMICA E STATI LIMITE

L'azione sismica di progetto si definisce a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito d'interesse che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche in base alla quali sarà valutato il rispetto dei diversi stati limite considerati (Tab.3.2.1).

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento P_{V_R} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g , in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione a essa corrispondente e $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{vg} , nel periodo di riferimento V_r . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica de sito. Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{vg} , a partire 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

Tali parametri, necessari per la determinazione delle azioni sismiche, sono forniti per tutto il territorio nazionale, secondo un reticolo di riferimento (10 x 10Km) e un intervallo di riferimento. L'azione sismica così individuata è in seguito variata, nei modi chiaramente precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche definiscono la risposta sismica locale.

7.2 CATEGORIE DI SUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Come già accennato, per la definizione dell'azione sismica di progetto, oltre che l'accelerazione orizzontale attesa, bisogna considerare sia la categoria di suolo di fondazione che le condizioni topografiche. Il calcolo dell'amplificazione stratigrafica è effettuato in base alle formule riportate nella seguente tabella.

Amplificazione stratigrafica

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.V, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Tabella 3.2.V – 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	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:


Tabella 3.2.IV – 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 $i > 30^\circ$


7.3 AZIONE SISMICA DI PROGETTO DEL SITO


I parametri sismici del sito d'intervento con suolo di fondazione di tipo "B" e categoria topografica "T1", a seconda della classe d'uso considerata, con vita nominale di 50 anni, riferiti ai vari stati limite sono sintetizzati nelle tabelle sotto riportate. Per il calcolo dell'azione sismica è stato utilizzato un programma fornito dalla società "Geostru".

Stati limite

 Classe Edificio

III. Affollamento significativo...


 Vita Nominale 50

 Interpolazione Media ponderata

CU = 1.5

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	45	0.037	2.567	0.220
Danno (SLD)	75	0.046	2.538	0.250
Salvaguardia vita (SLV)	712	0.107	2.507	0.293
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.137	2.495	0.297
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	75			


Coefficienti sismici


 Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) us (m)

1 0.1


 Cat. Sottosuolo B

 Cat. Topografica T1


	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,49	1,45	1,41	1,40
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00


Classe d'uso III

Stati limite

 Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...


 Vita Nominale 50

 Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.032	2.534	0.206
Danno (SLD)	50	0.039	2.576	0.224
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.092	2.521	0.289
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.120	2.496	0.295
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			


Coefficienti sismici


 Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) us (m)

1 0.1

 Cat. Sottosuolo B

 Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,51	1,48	1,41	1,40
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Classe d'uso II

8 CONCLUSIONI

L'indagine realizzata, ha consentito di ricostruire nel dettaglio le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e sismiche dell'area d'interesse.

I risultati del lavoro svolto si possono così sintetizzare:

- L'area d'interesse non presenta particolari problematiche di carattere geologico e idrogeologico;
- Il modello geologico-geotecnico dell'area si può così schematizzare:

Unità "A" Dal piano campagna a -2.8/-3.0 m	Probabile materiale di riporto eterogeneo in abbondante matrice limosa. Il materiale si presenta nel complesso discretamente compatto
Unità "B" Oltre -2.8/-3.0	Materiale prevalentemente ghiaioso in matrice limosa a alto addensamento

- Per il fabbricato in progetto potranno essere utilizzate fondazioni dirette;
- In base a dati bibliografici, la falda, si colloca fra 10-15 metri dal p.c., senza possibili interferenze con le fondazioni;
- In base all'attuale normativa antisismica l'area ricade in zona 3 (recente riclassificazione), a medio-bassa sismicità;
- La tipologia del suolo di fondazione, determinata attraverso specifiche indagini geofisiche, risulta di classe "B";
- L'analisi del rischio sismico realizzata, ha portato ad escludere la possibilità che si verifichino fenomeni cosismici significativi, se non limitati effetti di amplificazione litologica;
- In base all'esito delle prove si possono escludere, in caso sisma, fenomeni di risonanza terreno-fabbricato, in quanto il fabbricato in progetto sarà caratterizzato da frequenze di vibrazione sicuramente più basse rispetto a quelle del terreno (16-17 Hz).

Gli accorgimenti costruttivi consigliati si possono così riassumere:

- Nel caso si adottassero fondazioni a trave si dovrà collocare il piano di posa ad almeno 1.3-1.5 metri dal p.c., al di sotto dell'orizzonte a forte componente limo-argillosa maggiormente soggetto a fenomeni di ritiro e rigonfiamento;
- Per fondazioni a platea il piano di appoggio potrà essere minore (indicativamente ad almeno 0.5-0.7 m);
- Per non alterare le caratteristiche geomeccaniche del terreno, dovrà essere posta la massima cura nella gestione delle acque meteoriche superficiali; inoltre si dovranno evitare dispersioni di acque nel sottosuolo nelle immediate vicinanze delle fondazioni;
- In fase esecutiva, nel caso si dovessero riscontrare difformità rispetto alla situazione geologica prevista, si dovrà contattare lo scrivente o altro tecnico abilitato, in modo da porre in atto gli opportuni interventi correttivi.

In conclusione si può affermare che, l'intervento edilizio in progetto, a condizione che siano rispettati gli accorgimenti costruttivi indicati, è compatibile con l'assetto geologico - geotecnico e sismico dell'area.

Farini 01/03/2022

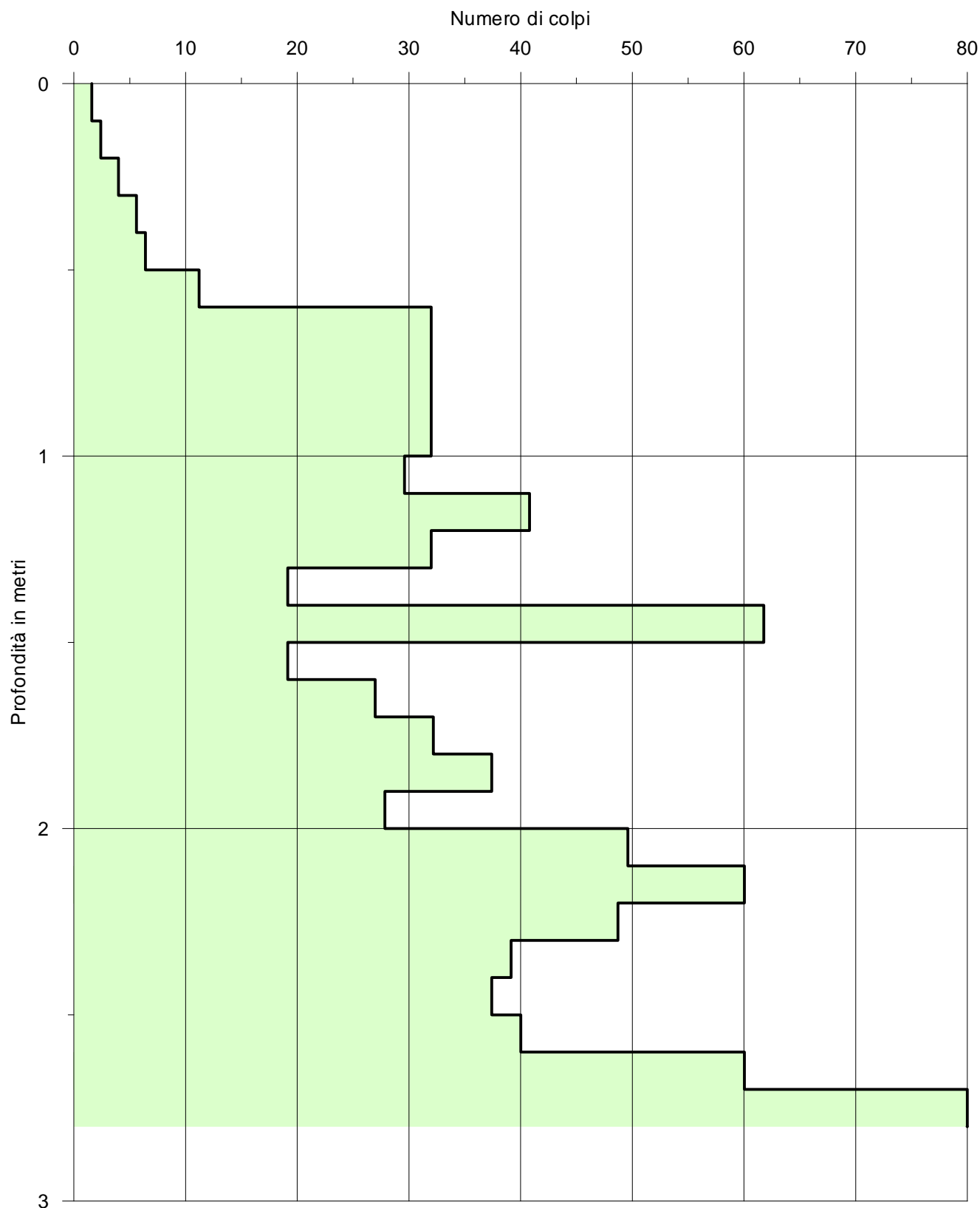
Dott. Geol. Alberto Lepori



Penetrometro Dinamico Medio DPM 030

Cantiere in loc: **Biblioteca di Viale Dante - Piacenza**

P1

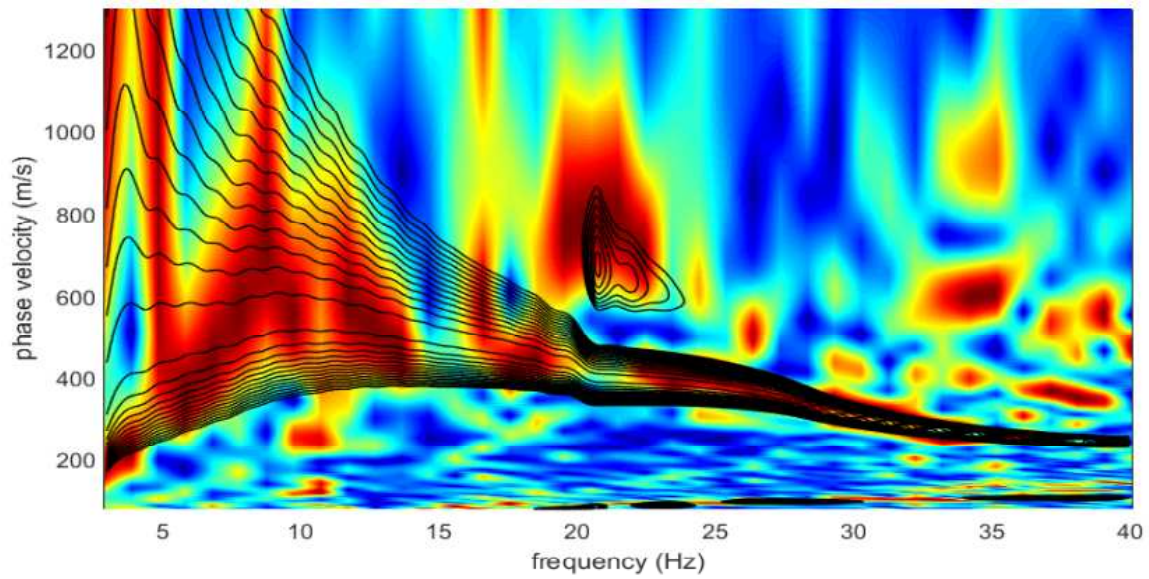


Data: *Febbraio 2022*

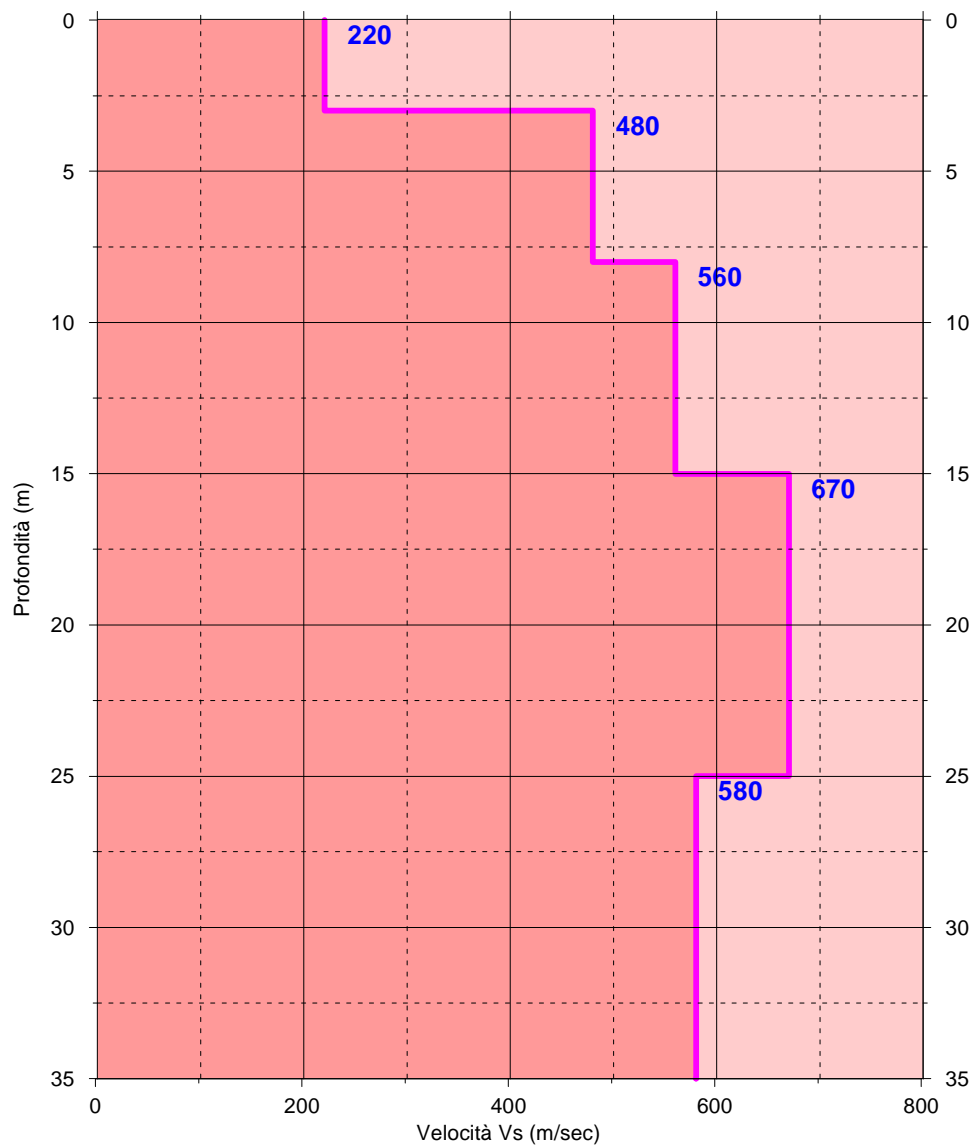
Fig.1

**BIBLIOTECA DI VIALE DANTE - PIACENZA
METODO MASW**

SPETTRO VELOCITA' di FASE- FREQUENZA - Componente verticale delle onde di Rayleigh



PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs_eq 0-30 m = 499 m/s

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"

Fig. 2