

## RELAZIONE DI MICROZONIZZAZIONE

PER IL PROGETTO DI RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA DI FABBRICATI ESISTENTI  
GIÀ ADIBITI ALL'ESERCIZIO DI IMPRESA, NECESSARI ALLO SVILUPPO,  
TRASFORMAZIONE E CONSOLIDAMENTO  
DELL'ATTIVITÀ ECONOMICA GIÀ INSEDIATA NEL COMPLESSO  
SOCIO-RIABILITATIVO-RESIDENZIALE  
PER PERSONE AFFETTE DA DISTURBO DELLO SPETTRO AUTISTICO  
IN VIA DEL CANALE N.555  
IN COMUNE DI FORLIMPOPOLI

**Committenti: Fornino - Valmori E.T.S.  
Soc. Coop. Sociale Insieme per Crescere**

Forlimpopoli, 23 settembre 2025

**Federica Villa Geologa  
Via Oberdan n.39 - 47034 Forlimpopoli (FC)  
Tel 3387122230  
C.F. VLLFRC71M68D705E P.I. 03145580407  
Pec: federicavilla@pec.epap.it  
Mail : Federica-Villa@libero.it**

## 1. *PREMESSA*

Con la presente relazione si fornisce la documentazione richiesta dal Comune di Forlimpopoli, inerente lo studio di microzonazione sismica relativa all'area inserita nella scheda A20-A03 della variante del P.O.C.

Secondo quanto citato nell'Allegato A al punto 4.2 della **Delibera dell'Assemblea legislativa progr. n° 112 - oggetto n° 3121 del 2 maggio 2007** "*Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L. R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"*", viene fatta richiesta di un'analisi approfondita di terzo livello per le aree nelle quali si intende localizzare ambiti di riqualificazione e nuovo insediamento per 4 specifiche situazioni (che vengono elencate nell'atto). Poiché l'area in oggetto rientra in una di queste situazioni (punto d) "*aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico*"), come richiesto, si è proceduto ad un'analisi di terzo livello nel modo di seguito esposto.

Sono allegati in fondo alla presente relazione:

- planimetrie con ubicazione prova HVSR a scala 1:2.000
- carta geologica a scala 1:10.000

## 2. *INDAGINI EFFETTUATE*

### 2.1 PROVA HVRS

La presente indagine è stata svolta con l'ausilio di n. 1 rilievo di microtremori ed utilizzando informazioni ricavate da prove penetrometriche statiche già effettuate sull'area.

Le registrazioni dei microtremori sono state effettuate con il tromografo digitale TROMINO che è uno strumento progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Si tratta di un apparecchio portatile compatto di circa 10 x 7 x 14 cm e 1 kg di peso dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza alcun cavo esterno.

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento), dall'attività antropica e dall'attività

dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore perché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro.

I microtremori sono in parte costituiti da onde di volume P o S, ma giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali ed in particolare le onde di Rayleigh che hanno velocità prossima alle onde di volume. Nel tragitto da un'ipotetica sorgente  $s$  al sito  $x$  le onde elastiche (sia di terremoto che di microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni ed intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono anche dalla natura del sottosuolo attraversato.

E' una tecnica di sismica passiva che utilizza i rapporti spettrali o HVRS (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) tra la componente del moto orizzontale del rumore e quella verticale (H/V) e permette di determinare l'amplificazione sismica locale ed indagare il sottosuolo, è una tecnica non invasiva, molto rapida, ha costi bassi e la si può applicare ovunque. L'estrema portabilità dello strumento rende possibile la sua messa in opera su ogni tipo di terreno e versante permettendo misure anche in siti non raggiungibili con strumenti montati su mezzi di trasporto o con i sismografi classici. Un solo tecnico è sufficiente a svolgere tutte le operazioni e la rapidità di installazione e di misura (1 min per l'installazione, 20 min di acquisizione del segnale circa) permette di moltiplicare il numero di indagini senza aumentare i costi.

Il metodo HVSR, è in grado di individuare la frequenza di risonanza dei terreni sciolti sovrastanti un basamento roccioso e permette di risalire, da questa, alla profondità del contatto (Ibs-von Seht e Wohlenberg, 1999; Castellaro et al. 2005) tramite una stima della velocità di propagazione delle onde acustiche nei mezzi attraversati. Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di contrasto di impedenza, ovvero, lo strato è inteso come un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e la densità del mezzo stesso (contrasto di impedenza).

## 2.2 DISCUSSIONE DATI

Come già accennato, sul sito in esame è stata effettuata n.1 misura dei microtremori, prendendo come quota di riferimento quella del piano di campagna attuale.

Dall'esame del grafico (H/V), presente in Figura 1 è possibile notare l'assenza di picchi di massima della funzione H/V, la cui ampiezza massima raggiunta dalla funzione è di 1,09 Hz. Questo andamento della curva suggerisce l'assenza di amplificazione sismica dovuta ai fenomeni di risonanza legati ad un'assenza di transizione fra sedimenti soffici e basamento ciò fanno presumere ad una omogeneità tra i terreni superficiali e quelli del sottostante basamento rigido costituiti prevalentemente da terreni fini compatti.

Dai risultati così ottenuti, e con l'ausilio delle prove penetrometriche statiche effettuate in precedenza, è stato possibile ricavare una stratigrafia del sito che sembra confermare la presenza, di un primo strato superficiale di terreni poco rigidi seguiti da terreni molto compatti, ascrivibili alla presenza di limi argillosi e limi sabbiosi nei primi 10 metri di profondità seguiti da argille mediamente compatte.

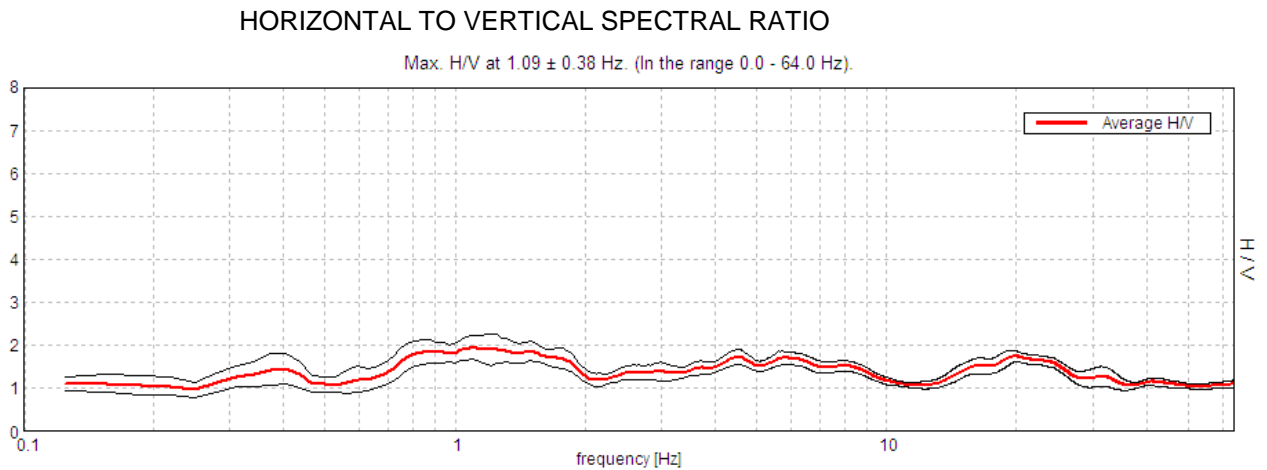


Figura 1 – Curva Ampiezza (HVRS) Frequenza(Hz) registrata sul sito. La linea rossa indica la media del rapporto spettrale (H/V) misurato.

Per una corretta ricostruzione sismica del sottosuolo e per l'identificazione della categoria di sottosuolo, secondo quanto riportato nel D.M 14/01/2008, si considera la velocità di propagazione delle onde di taglio S nei primi 30 m di profondità del sottosuolo ( $V_{s30}$ ) utilizzando la seguente formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{si}}} = m/s$$

in cui:

$h_i$ = spessore in metri dell'i-esimo strato nei primi 30 m di profondità;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato.

N= numero strati compresi nei primi 30 m di profondità.

EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 1.09 ± 0.38 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

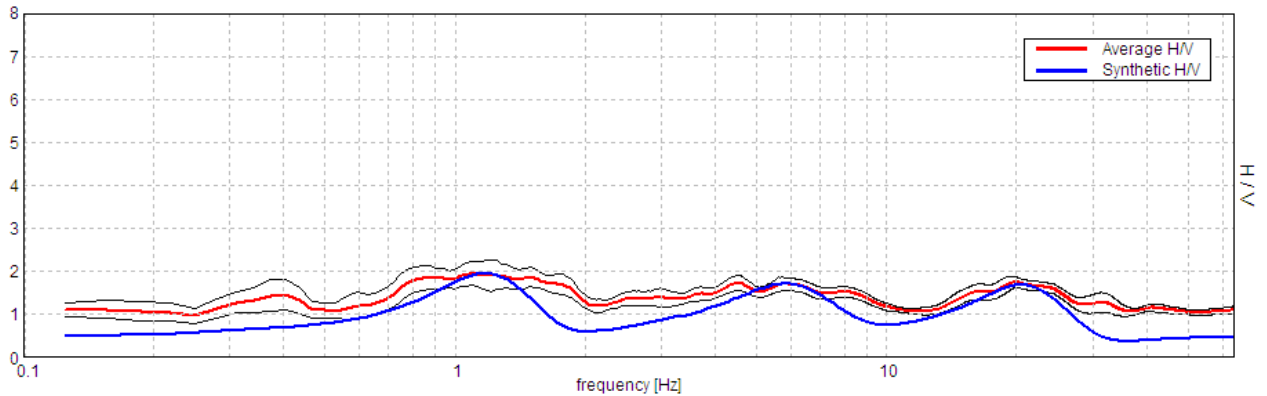


Figura 2 – Confronto tra la linea spettrale misurata (in rosso) e la linea teorica (in blu).

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
1.60	1.60	135
11.60	10.00	280
101.60	90.00	490
inf.	inf.	940

Da ciò si deduce che **Vs(0.0-30.0)=345m/s**

Figura 3 – Modello del sottosuolo impiegato per l’inversione della curva H/V.

Dai calcoli effettuati con il software in dotazione allo strumento, il bedrock sismico (un terreno più rigido avente Vs = 800 m/s) è stato localizzato ad una profondità di 101,60 m dal piano campagna.

3. SISMICITA'

3.1 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Nel D.M 14/01/2008 si definiscono 7 classi di sottosuolo, di cui le prime cinque identificate con le lettere A,B,C,D ed E più due classi speciali di sottosuolo indicate con S1 ed S2 per la cui definizione sono richiesti studi speciali. Ciascuna classe di sottosuolo è caratterizzata dalla descrizione sintetica del profilo stratigrafico e distinta sulla base di uno dei seguenti fattori:  $V_{S30}$ ,  $N_{spt}$ , Cu. In generale, il fenomeno dell’amplificazione sismica si accentua passando dalla classe A alla classe E.

In considerazione di ciò, sulla base del valore della  $V_{S30}$  (media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione) ottenuta dall'indagine tomografica e dall'assetto geo-litostatigrafico locale dei valori desunti dalle prove penetrometriche, si è proceduto ad inquadrare i terreni presenti nell'area in esame, in una delle categorie di suolo presenti nella tabella di seguito riportata.

CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE	PROFILO STRATIGRAFICO	PARAMETRI		
		$V_{S30}$ (m/s)	$N_{spt}$	$C_u$ (kPa)
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi	> 800		
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	< 800 > 360	> 50	> 250
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza	< 360 > 180	< 50 > 15	< 250 > 70
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti	< 180	< 15	< 70
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di $V_{S30}$ simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{S30} > 800$ m/s			
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $PI > 40$ ) e contenuto di acqua	< 100		< 20 > 10
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti			

Nel caso in questione, considerando una  $V_{S30}$  pari a 345m/s si ritiene di poter riferire i terreni alla categoria di suolo di fondazione **Tipo C** – “*Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza*” con valori pari a:

$$180\text{m/s} < V_{S30} < 360\text{m/s};$$

$$15 < N_{spt} < 50;$$

$$70\text{kPa} < C_u < 250\text{kPa}$$

L'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003, suddivide il territorio italiano in 4 zone sismiche con diversi livelli di accelerazione sismica di progetto.

In Emilia-Romagna, detta ordinanza (DGR n.1435/2003 di "presa d'atto") ha introdotto una nuova classificazione sismica del territorio regionale, cosiddetta di "prima applicazione" e suscettibile di future revisioni. Dagli 89 comuni classificati di II categoria nel 1983 si è passati a 105 comuni classificati in "zona 2" (maggiore sismicità). In "zona 3" sono classificati 214 comuni, i rimanenti 22 comuni ricadono in zona 4 (minore sismicità) (si veda Figura 4).

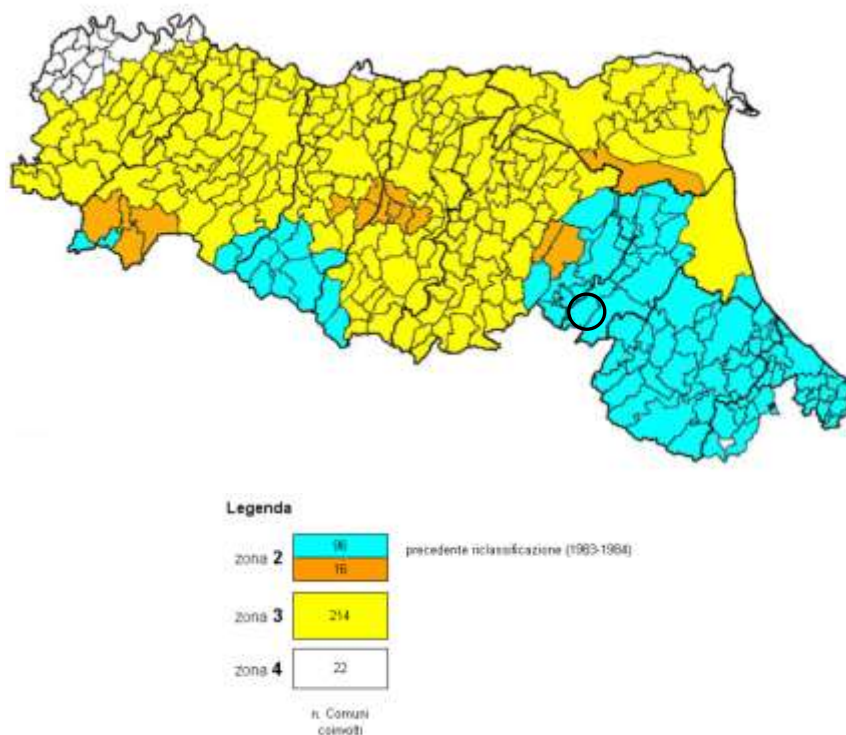


Figura 4 – Riclassificazione sismica dell’Emilia-Romagna, Ordinanza del PCM n. 3274 / 2003.

Come si nota anche dalla mappa di Figura 4, la Regione Emilia Romagna è interessata da una sismicità che, in relazione a quella nazionale, può essere definita media, caratterizzata da terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità massima dell’VIII-IX grado della scala MCS.

ZONA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITA’ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI [a <sub>g</sub> ]	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE MASSIMA CONVENZIONALE DI ANCORAGGIO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO [a <sub>g</sub> ]
1	$0,25 < a_g \leq 0,35 \text{ g}$	0,35 g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g
4	$\leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g

Alle quattro zone sismiche corrispondono differenti valori dell’accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A.

Dalla tabella Allegato A della legge (che riporta l’elenco dei comuni dell’Emilia Romagna con la relativa della classificazione sismica) il Comune di Forlimpopoli, è stato classificato in zona 2 (sismicità media), cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a<sub>g</sub>), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, compresi tra 0,15\*g e 0,25\*g (dove

g è l'accelerazione di gravità) cui corrisponde un valore dell'accelerazione orizzontale massima al suolo pari a 0,25\*g.

**Allegato A - CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI DELL'EMILIA-ROMAGNA**

Codice ISTAT 2001	Provincia	COMUNE	Anno di				Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti fino al 1984)	Categoria secondo la proposta del GdL del 1998	Zona ai sensi del presente documento (2003)
			prima classificazione	declassificazione	riclassificazione	declassificazione			
8039016	RA	RUSSI	1983			II	II	2	
8039017	RA	SANT'AGATA SUL SANTERNO	1983			II	II	2	
8039018	RA	SOLAROLO	1983			II	II	2	
8040001	FC	BAGNO DI ROMAGNA	1927			II	II	2	
8040003	FC	BERTINORO	1983			II	II	2	
8040004	FC	BORGHI	1983			II	II	2	
8040005	FC	CASTROCARO TERME E TERRA DEL	1983			II	II	2	
8040007	FC	CESENA	1983			II	II	2	
8040008	FC	CESENATICO	1983			II	II	2	
8040009	FC	CIVITELLA DI ROMAGNA	1927			II	II	2	
8040011	FC	DOVADOLA	1983			II	II	2	
8040012	FC	FORLI'	1983			II	II	2	
8040013	FC	FORLIMPOPOLI	1983			II	II	2	
8040014	FC	GALEATA	1927			II	II	2	
8040015	FC	GAMBETTOLA	1983			II	II	2	

Categoria di suolo	S	TB	TC	TD
A	1.0	0.15	0.40	2.0
B	1.25	0.15	0.50	2.0
C	1.25	0.15	0.50	2.0
D	1.35	0.20	0.80	2.0
E	1.25	0.15	0.50	2.0

*Valori dei parametri dello spettro di risposta elastica della componente orizzontale*

Categoria di suolo	S	TB	TC	TD
A, B, C, D, E	1.0	0.05	0.15	1

*Valori dei parametri dello spettro di risposta elastica della componente verticale*

L'OPCM n°3274, definisce inoltre la classe di suolo C come segue:

ZONA 2 - terreni delle Classi B-C

Comprende la zona collinare dove è presente la successione pliocenica e la successione

*messiniana, formata da argille molto consistenti o da argille di media consistenza, caratterizzate da un graduale miglioramento delle proprietà con la profondità. La  $V_{s30}$  è generalmente compresa fra 360 m/s e 800 m/s (Classe B) ma spesso può risultare inferiore a 360 m/s (Classe C). Questi terreni sono presenti, in parte, sul margine collinare che si affaccia alla pianura e, in maniera più estesa, sulla fascia collinare meridionale del territorio comunale. Rappresenta un'area con un dissesto idrogeologico molto diffuso e con una accentuata presenza a macchia di leopardo di zone instabili (aree suscettibili a innesco e/o accelerazione di movimenti franosi).*

### 3.2 VALUTAZIONE FATTORI AMPLIFICAZIONE SISMICA

Per ricavare i fattori di amplificazione sismica locale si è fatto riferimento alle tabelle ed alle formule presenti nell'Allegato A2 della Delibera dell'Assemblea legislativa progr. n°112 - oggetto n°3121 del 2 maggio 2007, dalle quali è stato possibile calcolare i fattori di amplificazione rispetto al suolo di riferimento.

Tali fattori sono espressi in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale  $PGA/PGA_0$  e di rapporto di Intensità di Housner  $SI/SI_0$ , per prefissati valori, dove  $PGA_0$  e  $SI_0$  sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento (definiti per ogni comune e ricavabili dal database della Regione Emilia Romagna), mentre  $PGA$  ed  $SI$  sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale ed Intensità di Housner calcolate sulle superfici dei siti esaminati.

Dal valore della  $V_{s30} = 345\text{m/s}$ , ricavata dalla prova HVSr e confrontata con la tabella riferita alla classificazione dei suoli di fondazione il sito rientra nella una categoria di suolo di tipo C. Facendo riferimento al suddetto atto, lo scenario di pericolosità sismica risulta definito dal profilo stratigrafico PIANURA 2 (Allegato A2.1.2) caratterizzato da un *profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaia (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo ( $\geq 100\text{ m}$  dal p.c).*

## F.A. P.G.A.

$V_{s30}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.1s < T_0 < 0.5s$ 

$V_{s30}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.5s < T_0 < 1.0s$ 

$V_{s30}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.3	2.3	2.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.2	1.0

Quindi:

$$PGA = 1,4$$

$$SI_{0,1s < T_0 < 0,5s} = 1,7$$

$$SI_{0,5s < T_0 < 1,0s} = 2,0$$

Per quanto attiene gli effetti topografici, poichè l'inclinazione media del sito è inferiore a 15° essi possono essere trascurati.

### 3.3 ANALISI SISMICA DI TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

#### 3.3.1 ANALISI DEGLI EFFETTI DI SITO

Per quanto riguarda gli spettri di risposta sismica locale (o effetti di sito) si fa riferimento all'Allegato A4, dell'Atto di indirizzo regionale nel quale si dispone che il calcolo della risposta sismica locale, nelle analisi di livello di dettaglio deve essere eseguito sulla base di segnali di riferimento assegnati ad ogni comune. Tali segnali sono rappresentativi dello scuotimento atteso su un suolo di riferimento, quest'ultimo inteso come la superficie al di sotto della quale si può assumere una velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_s$ ) superiore o uguale a 800 m/s.

In detto allegato, al fine di definire il moto di input si riportano:

- la forma dello spettro di risposta normalizzato rappresentativo del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni (con smorzamento pari al 5%);

- i valori di PGA (10% di probabilità di superamento in 50 anni) di ogni comune dell'Emilia-Romagna;
- indicazioni per il reperimento e l'utilizzo dei segnali di riferimento selezionati.

Dallo spettro di risposta normalizzato ( $T_R=475$  anni con smorzamento  $=5\%$ ) per l'Emilia Romagna è possibile ottenere (moltiplicando per il valore di PGA di ogni comune della regione), lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per quel comune.

Dalla Tabella 2 dell'Allegato A4 si ricava il valore di accelerazione massima orizzontale di picco la suolo (cioè per  $T=0$ ), espressa in frazione dell'accelerazione di gravità ( $a_{refg}$ ) riferita ad ogni singolo comune della regione.

Nel caso del comune di Forlimpopoli tale accelerazione corrisponde ad un valore pari a 0,201  $a_{refg}$ .

Tabella 2 – valori di  $a_{refg}$  per i comuni dell'Emilia-Romagna

Provincia	Comune	$a_{refg}$
FC	Forlimpopoli	0.201

T (s)	$S_a/a_{ref}$
0,00000	1,00000
0,04000	1,38865
0,07000	1,75927
0,10000	2,28349
0,15000	2,63726
0,20000	2,70745
0,30000	2,46642
0,40000	1,84047
0,50000	1,44476
0,75000	0,95494
1,00000	0,64546
1,50000	0,35479
2,00000	0,23070

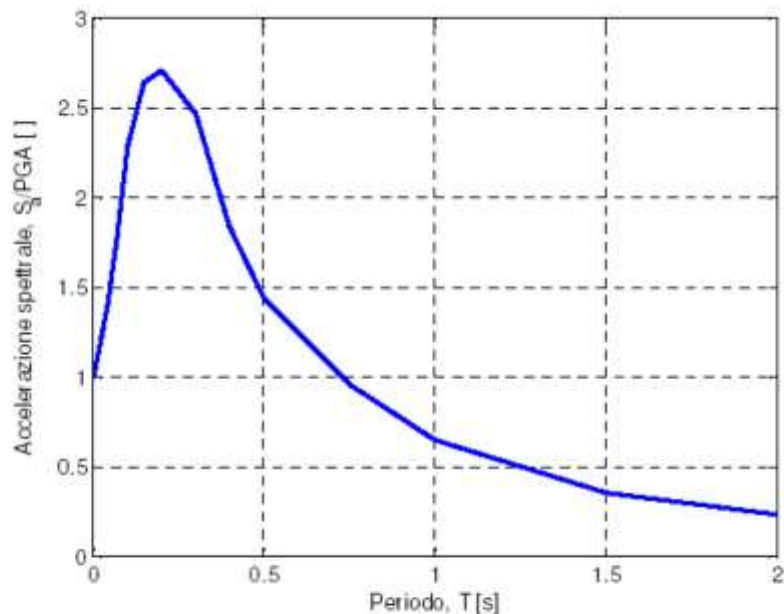


Figura 7- Valori che definiscono lo spettro normalizzato previsto per l'Emilia-Romagna (in tabella) e grafico corrispondente.

Dallo spettro di risposta normalizzato la cui forma spettrale corrisponde alla forma dello spettro di risposta isoprobabile con il 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni (figura 1)

(Figura 7), riportato nell'Atto, moltiplicando i valori della tabella corrispondente, per il valore  $a_{refg} = 0,201$  del Comune di Forlimpopoli, si ottiene lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso dal comune in oggetto (Figura 8).

T (s)	Sa/arefg (Comune di Forlimpopoli)
0,00	0,20
0,04	0,28
0,07	0,35
0,10	0,46
0,15	0,53
0,20	0,54
0,30	0,50
0,40	0,37
0,50	0,29
0,75	0,19
1,00	0,13
1,50	0,07
2,00	0,05

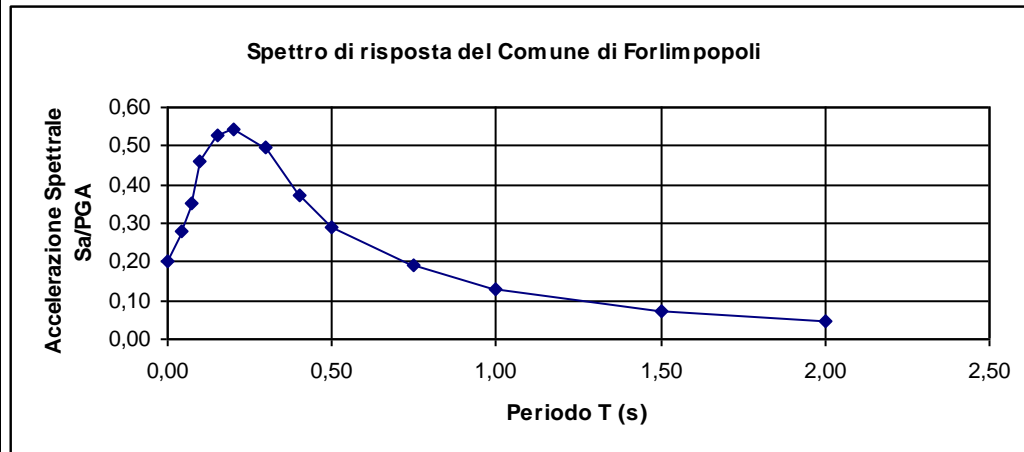


Figura 8 - Valori che definiscono lo spettro normalizzato previsto per il Comune di Forlimpopoli (in tabella) e grafico corrispondente.

Lo stesso procedimento viene adottato per calcolare lo spettro di risposta riferito al sito in esame, moltiplicando quindi i valori della tabella presenti in Figura 7, per il valore  $a_{refg} = 0,281$  (Figura 9).

T (s)	Sa/arefg (Sito)
0,00	0,28
0,04	0,39
0,07	0,50
0,10	0,64
0,15	0,74
0,20	0,76
0,30	0,69
0,40	0,52
0,50	0,41
0,75	0,27
1,00	0,18
1,50	0,10
2,00	0,06

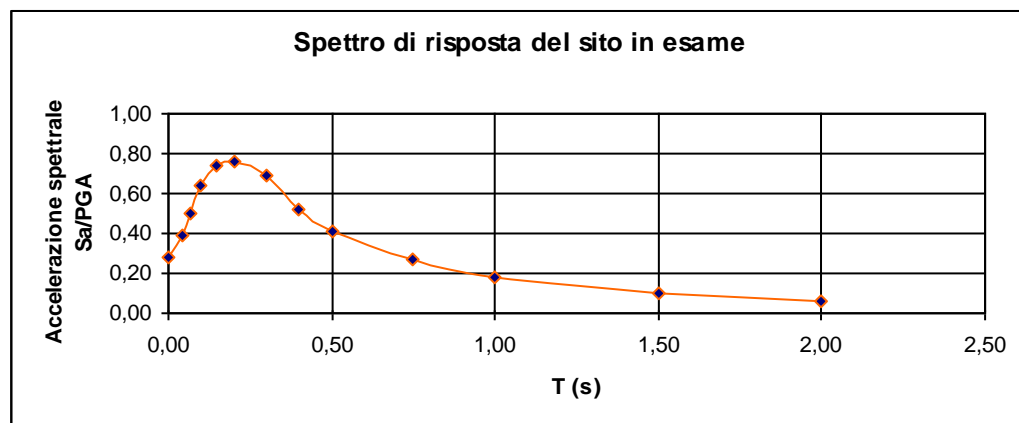


Figura 9- Valori che definiscono lo spettro normalizzato previsto per il sito in esame (in tabella) e grafico corrispondente.

Per una valutazione quantitativa degli effetti di amplificazione propri dell'area di studio, si è proceduto ad una modellazione numerica della risposta sismica locale utilizzando il codice di calcolo EERA (**E**quivalent **-**linear **E**arthquake site **R**esponse **A**nalyses of Layered Soil Deposits) che deriva dal codice di calcolo SHAKE(Schnabel et al., 1972; Idriss e Sun, 1992). L'analisi, simula la propagazione delle onde sismiche nei terreni dalla sottostante formazione rocciosa di base fino alla superficie, ha il vantaggio di considerare il vero fenomeno fisico e quindi di aumentare il grado di accuratezza nella previsione dell'amplificazione.

Tutti i programmi di calcolo lavorano nel campo delle tensioni totali; infatti il modello fisico utilizzato è quello a strati continui ed omogenei a comportamento viscoelastico linearizzato di Kelvin-Voigt e consiste di n strati piani e paralleli di estensione orizzontale infinita su un semispazio affiorante corrispondente al bedrock su cui si applica il moto di input.

Per effettuare i calcoli sono stati utilizzati i tre segnali di riferimento già scalati per il comune di Forlimpopoli e disponibili sul sito della Regione Emilia Romagna, da cui si sono ricavati i corrispondenti spettri di accelerazione, che vengono di seguito riportati:

**RISPOSTA SISMICA**

Per l'inserimento dei dati in ingresso relativi al calcolo delle risposte sismiche riferite ai 3 input forniti dalla Regione Emilia Romagna (per ottenere gli output) sono state utilizzate le n. 4 prove penetrometriche statiche (CPT), da cui è stata desunta la stratigrafia, e n. 1 prova HVRS le cui risultanze vengono riportate in allegato.

Come già accennato, la stratigrafia è stata desunta dalle prove CPT e dalla prova sismica che ha evidenziato la presenza di limi argillosi e argille con sottili livelli sabbiosi seguite da ghiaie ed infine dal substrato.

I dati in ingresso relativi al profilo del terreno di studio sono i seguenti:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
		Layer Number	Soil Material Type	Number of sublayers in layer	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus $G_{max}$ (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight ( $kN/m^3$ )	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
5													
6	Surface	1	1	1,0	33,44			18,00	135			0,5	9,00
7		2	2	4,0	143,85			18,00	280			3,0	54,00
8		3	1	5,0	157,12			19,66	280			7,5	139,15
9		4	3	15,0	489,50			20,00	490			17,5	338,30
10		5	4	16,6	509,68			20,00	500			33,3	654,30
11		6	4	21,4	807,34			22,00	600			52,3	1055,70
12		7	4	20,0	1098,88			22,00	700			73,0	1511,10
13	Bedrock	8	0	18,6	1435,27		1	22,00	800	Outcrop		83,0	1731,10

Di seguito si considera un incremento lineare delle velocità di taglio.

Il periodo fondamentale del terreno calcolato è pari a 0,61 s per una velocità media delle onde S su tutta la stratigrafia di 543,92 m/s.

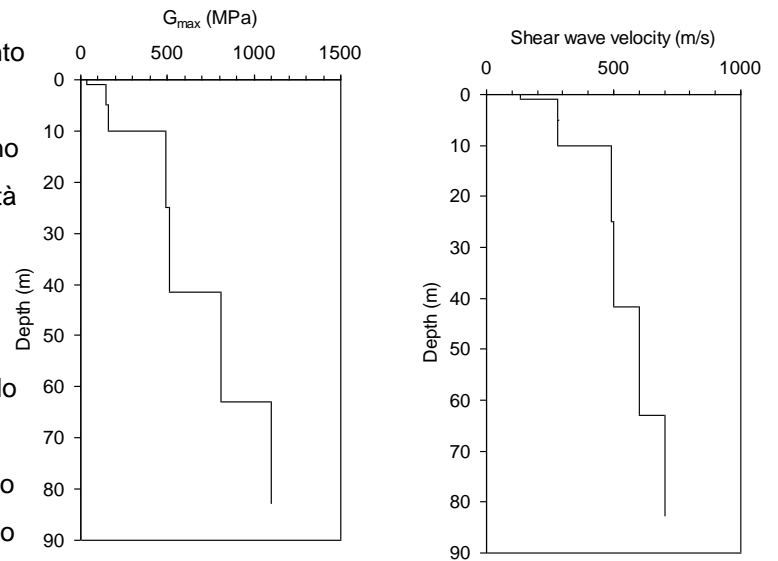
Il profilo del modulo di taglio  $G_{max}$  e della velocità delle onde S del modello stratigrafico è mostrato a lato.

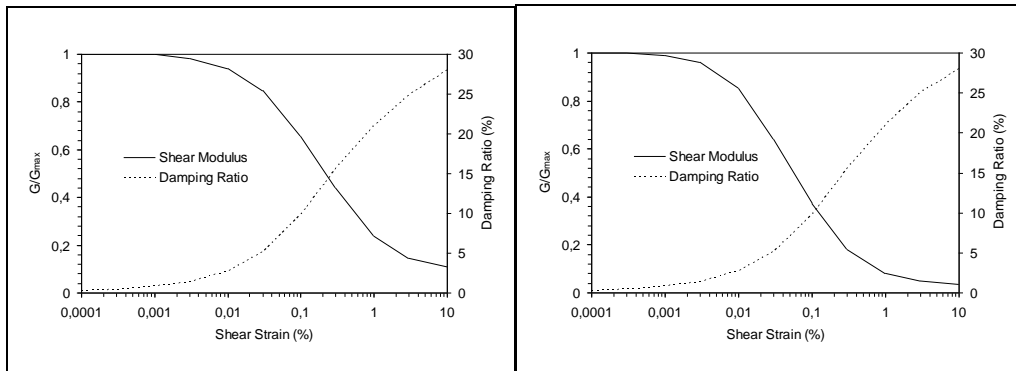
Il comportamento meccanico del terreno sotto azioni sismiche è valutato

semplificando le litologie coinvolte in 4 categorie, argilla, sabbia, ghiaia

e roccia che presentano le seguenti proprietà nel modulo di taglio  $G/G_0$  e fattore di smorzamento  $D$ .

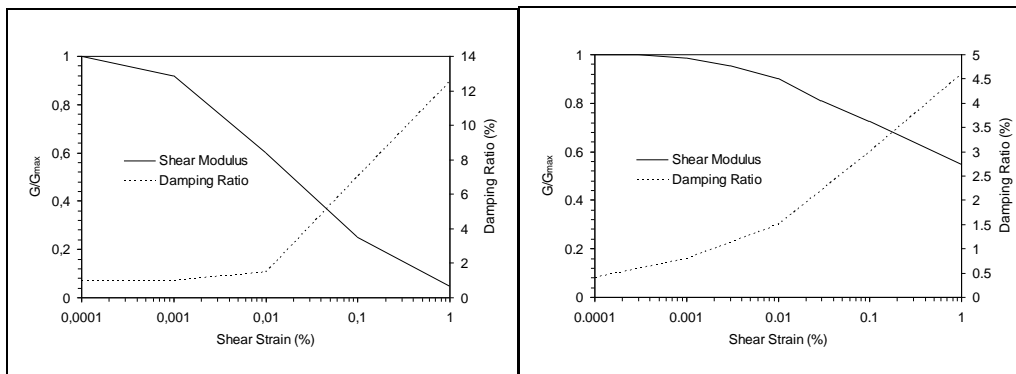
Di seguito si riportano i grafici che rappresentano il comportamento delle 4 tipologie di terreno relativi al modulo di taglio (Shear Modulus) e al fattore di smorzamento (Damping ratio) al variare della deformazione.





Tipo 1: Argilla

Tipo 2: Sabbia



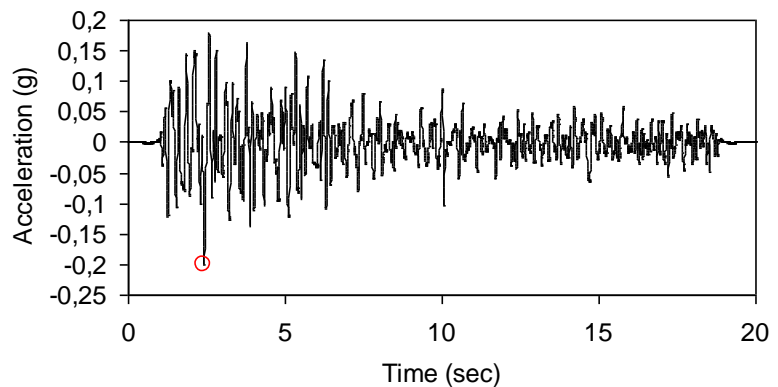
Tipo 3: Ghiaia

Tipo 4: Roccia

### CALCOLO IMPUT 1:

Come già anticipato sono stati utilizzati 3 segnali di riferimento forniti dal Servizio Geologico Sismico per il comune di Forlimpopoli.

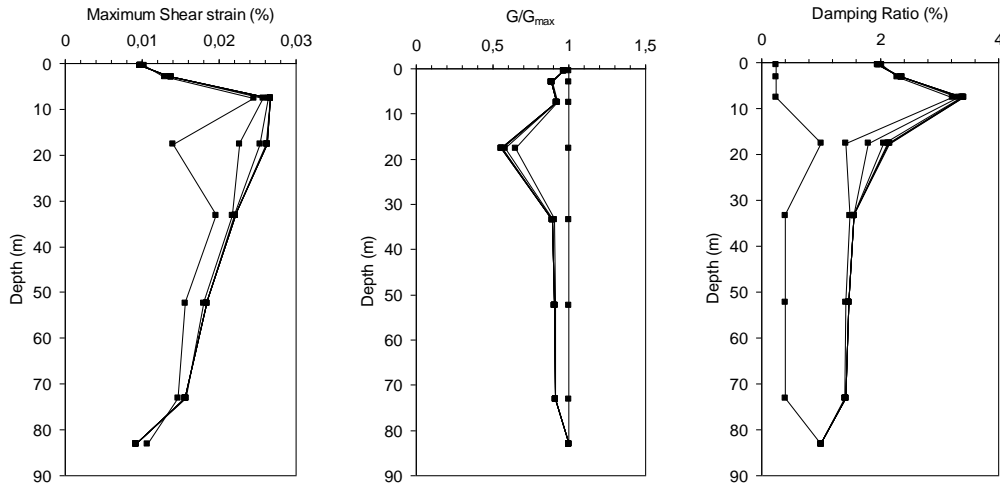
Il primo segnale presenta una durata di 19,985 sec e un picco di accelerazione di 0.201g.



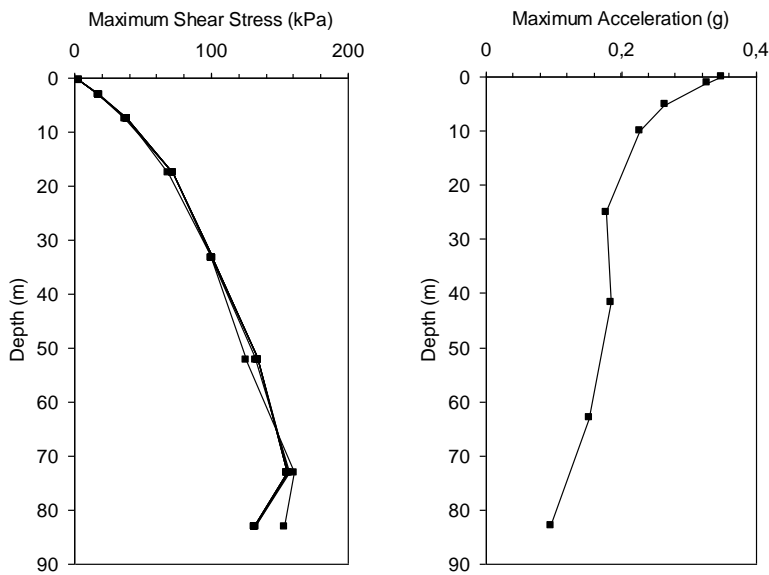
### *RISULTATI I*

La figura qui di seguito mostra la variazione con la profondità dello sforzo di taglio massimo, il rapporto  $G/G_0$  e lo smorzamento per ogni step di calcolo.

Passando attraverso i vari step di calcolo, si nota una convergenza dei profili di  $G/G_0$  e  $D$  verso i loro valori finali.



Di seguito invece sono mostrati i grafici con i valori di stress di picco e di accelerazione massima corrispondenti ai livelli di cui sopra.

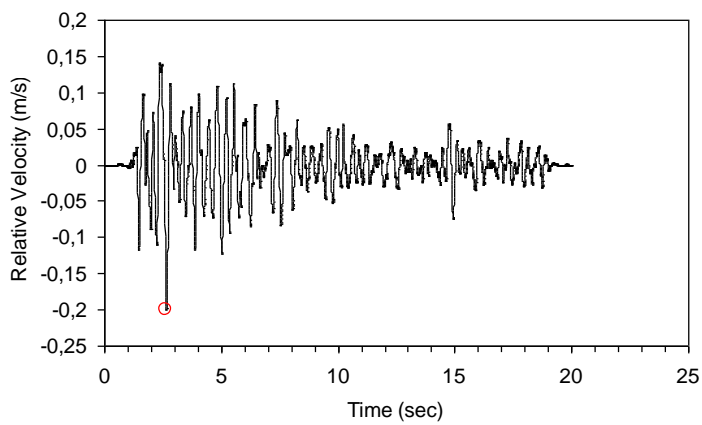
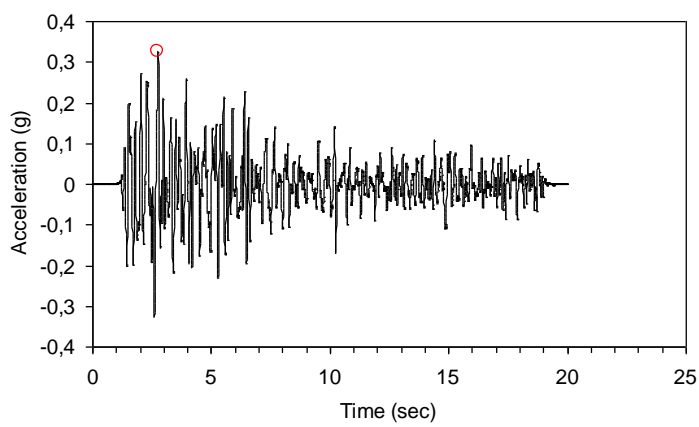


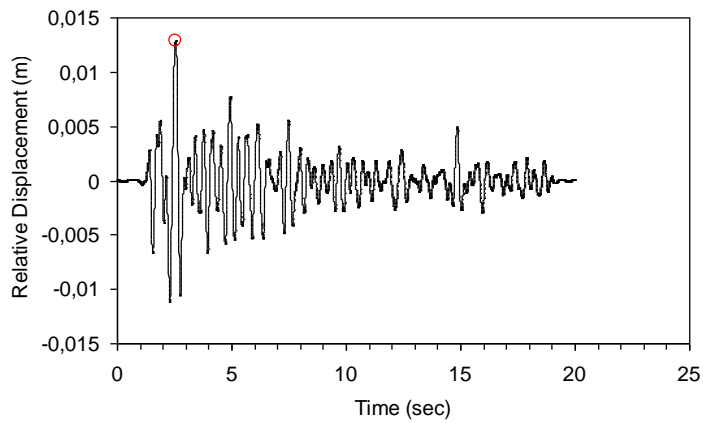
Come si può notare dal grafico, in superficie si osserva un'accelerazione massima di 0.348g, mentre al livello 2, a 1 m di profondità essa è pari a 0,326 g.

Qui di seguito sono poi mostrate le serie temporali di accelerazione velocità relativa e spostamento relativo del livello sub-superficiale, riferito alla base del modello.

I valori calcolati ed i grafici sono i seguenti:

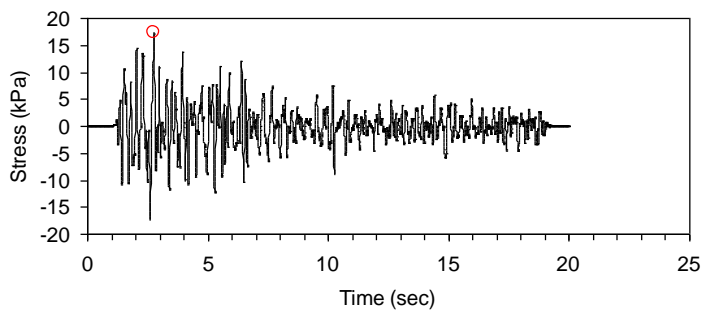
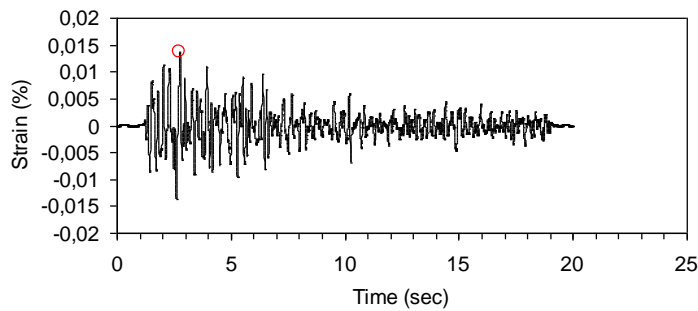
Depth at top of sublayer (m) =	1
Maximum acceleration (g) =	0,326
Time of maximum acceleration (sec) =	2,75
Mean Square frequency (Hz) =	4,89
Maximum relative velocity (m/s) =	0,20000
Time of maximum relative velocity (sec) =	2,64
Maximum relative displacement (m) =	0,01290
Time of maximum relative displacement (sec) =	2,54

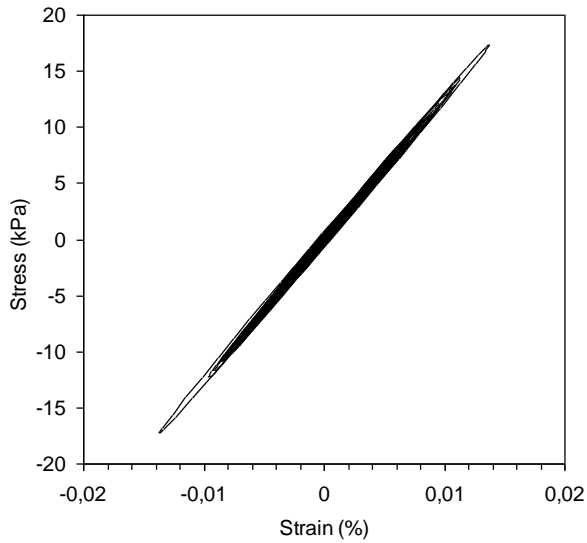
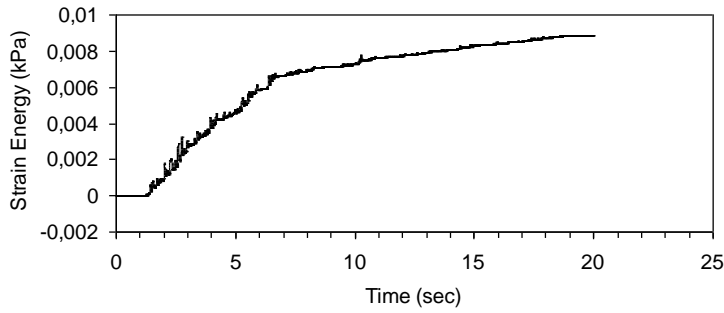




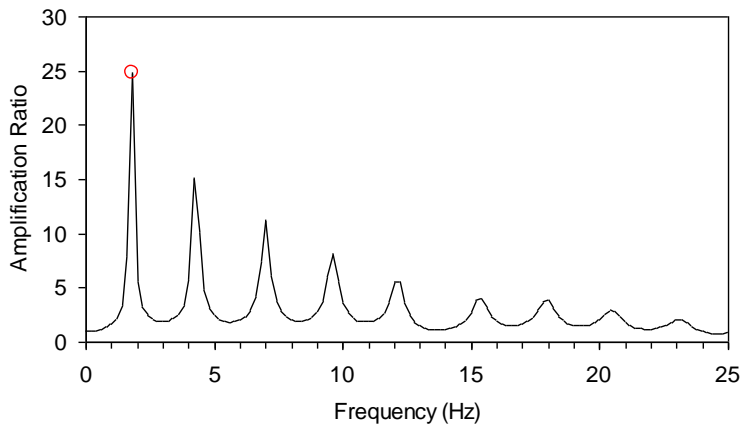
Di seguito sono mostrate le serie temporali con la deformazione di taglio, lo sforzo di taglio e l'energia dissipata per unità di volume. Nell'ultimo grafico viene indicato il ciclo di sforzo deformazione al livello 2.

Depth (m) =	3,00
Maximum strain (%) =	0,0137
Effective strain (%) =	0,0069
Number of soil material type =	2
Shear modulus compatible to strain (MPa) =	127,2294
Maximum stress (kPa) =	17,3471
Time of maximum strain and stress (sec) =	2,755

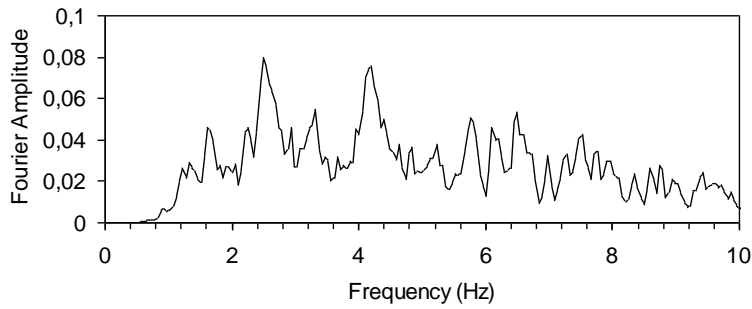




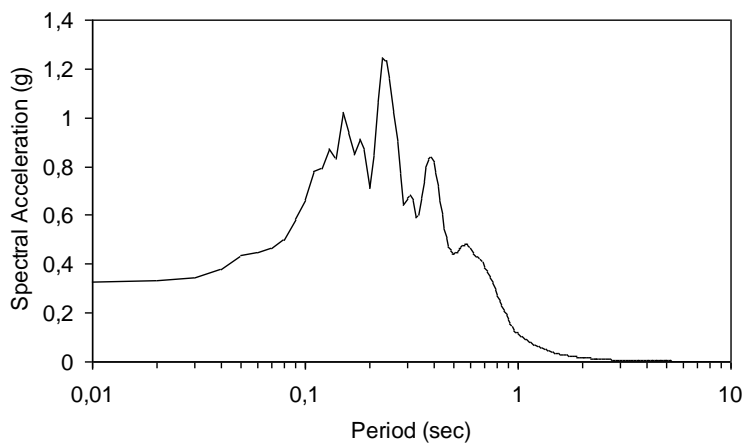
Qui di seguito è mostrata l'ampiezza ed il rapporto di amplificazione tra il bottom ed il livello subsuperficiale: l'amplificazione massima risulta pari a 24,78 a cui corrisponde una frequenza massima amplificazione di 1.8 Hz.



Lo spettro di Fourier al livello sub-superficiale, come si può notare dal grafico riportato di seguito è, presenta nello spettro numerosi picchi, di cui il principale presenta una frequenza di 2.49 Hz.

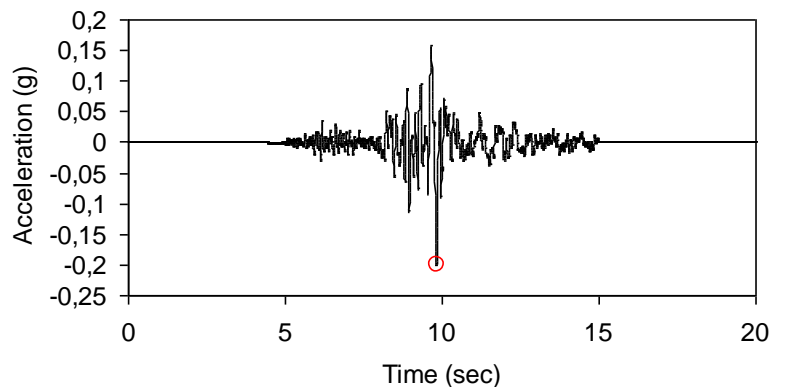


Infine qui di seguito si riporta lo spettro di risposta in accelerazione del sito calcolato al livello subsuperficiale con un fattore di smorzamento del 5%.



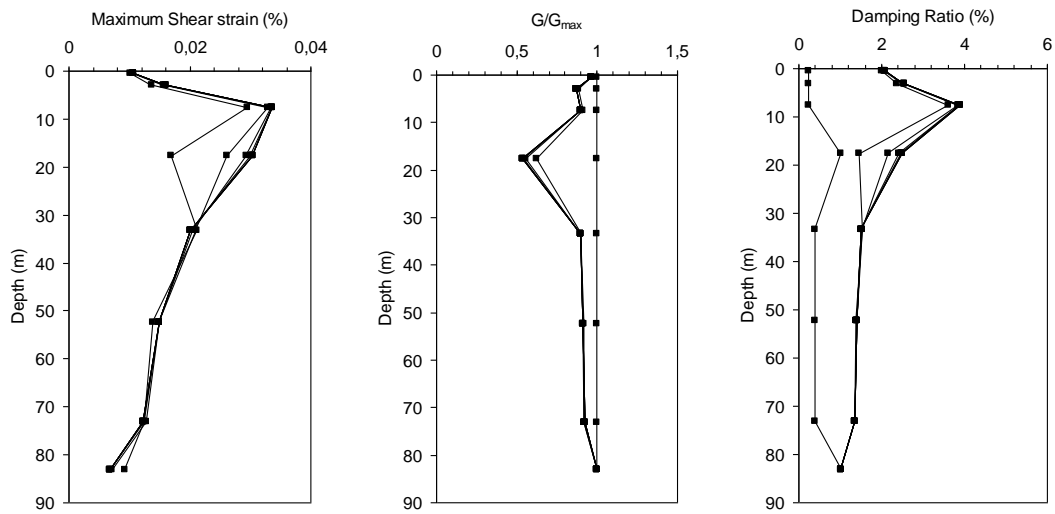
### CALCOLO IMPUT 2:

Il secondo segnale presenta una durata di 19,770 sec a cui corrisponde un picco di accelerazione di 0.201.

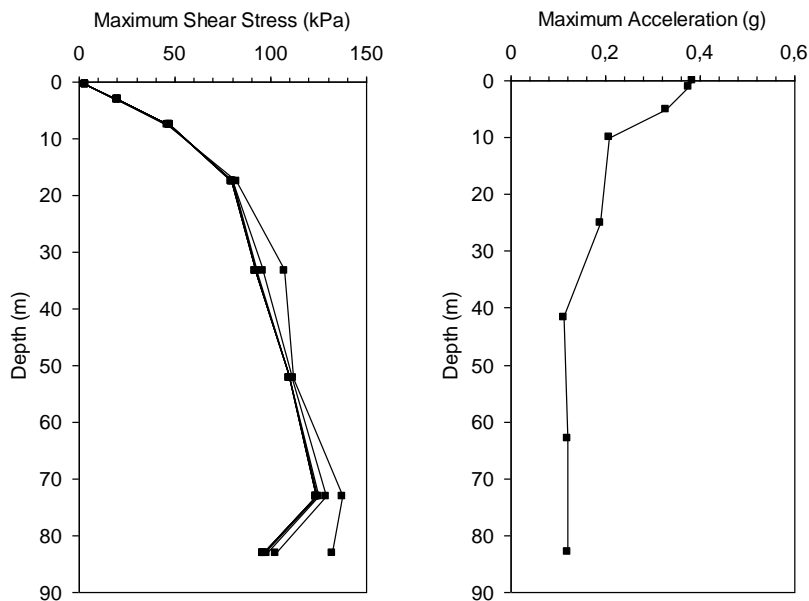


### *RISULTATI 2*

La figura qui di seguito mostra la variazione con la profondità dello sforzo di taglio massimo, il rapporto  $G/G_0$  e lo smorzamento per ogni step di calcolo. Passando attraverso i vari step di calcolo, si nota una convergenza dei profili di  $G/G_0$  e  $D$  verso i loro valori finali.



Qui di seguito invece sono mostrati i grafici con i valori di stress di picco e di accelerazione massima corrispondenti ai livelli di cui sopra.

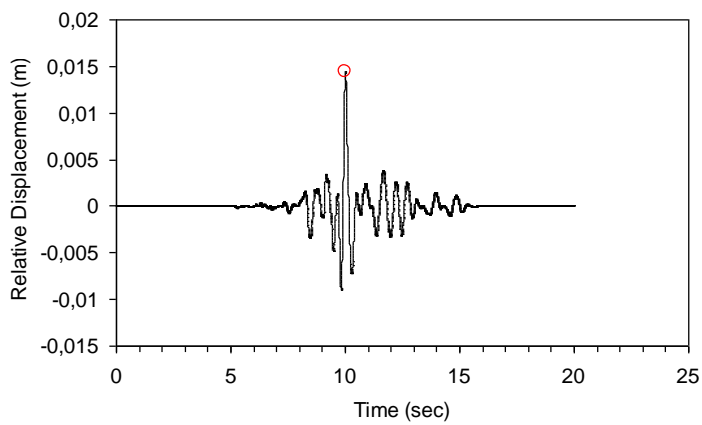
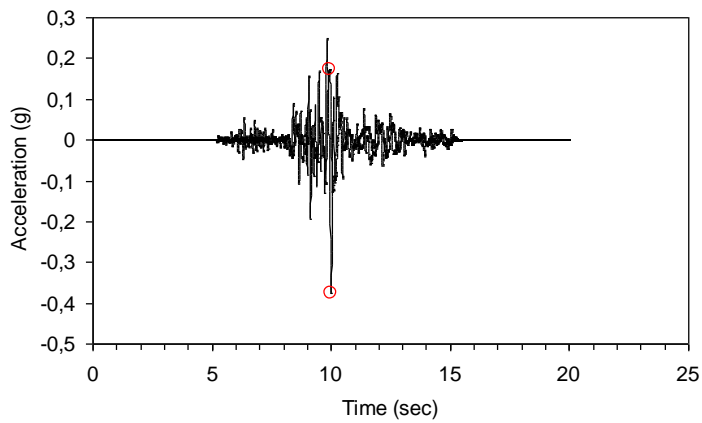
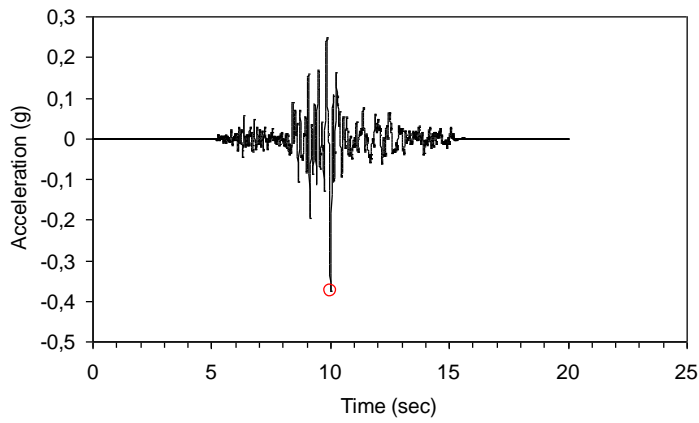


Dal grafico Accelerazione Massima/Profondità si osserva che il valore di accelerazione massima in superficie è pari a 0,385g mentre al livello 2 a m 1 di profondità essa è pari a 376g.

Qui di seguito sono poi mostrate le serie temporali di accelerazione assoluta, velocità relativa e spostamento relativo del livello sub-superficiale, riferito alla base del modello.

I valori calcolati ed i relativi grafici sono i seguenti:

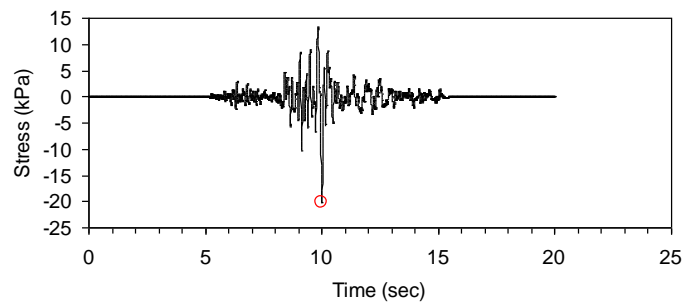
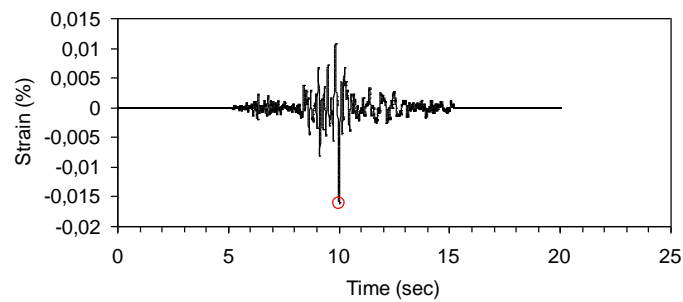
Depth at top of sublayer (m) =	1
Maximum acceleration (g) =	0,376
Time of maximum acceleration (sec) =	9,99
Mean Square frequency (Hz) =	4,60
Maximum relative velocity (m/s) =	0,17331
Time of maximum relative velocity (sec) =	9,92
Maximum relative displacement (m) =	0,01439
Time of maximum relative displacement (sec) =	10,00

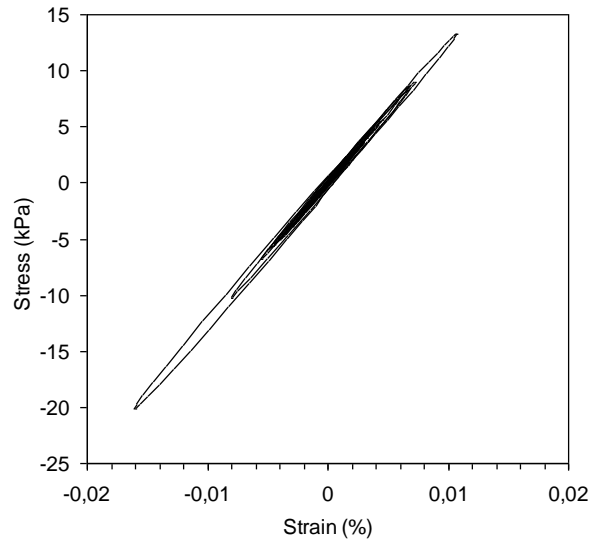
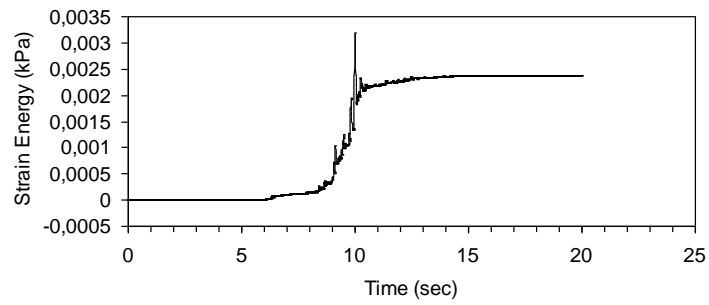


Di seguito sono mostrate le serie temporali con la deformazione di taglio, lo sforzo di taglio e l'energia dissipata per unità di volume, il grafico terminale indica il ciclo di sforzo deformazione al livello 2.

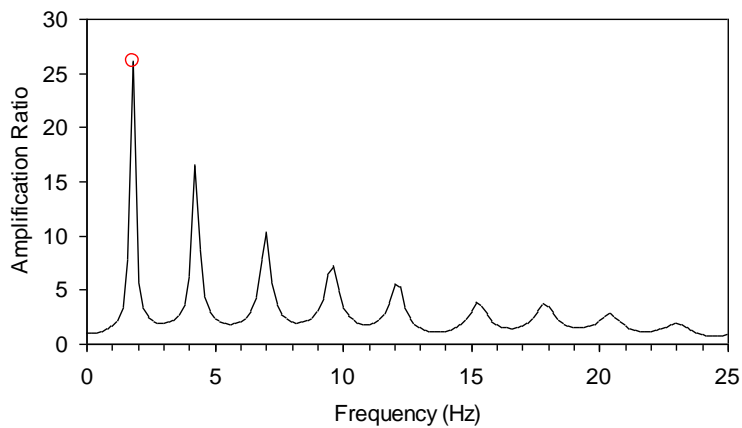
I valori calcolati ed i grafici sono i seguenti:

Number of sublayer =	2
Depth (m) =	3,00
Maximum strain (%) =	0,0161
Effective strain (%) =	0,0080
Number of soil material type =	2
Shear modulus compatible to strain (MPa=	125,1367
Maximum stress (kPa) =	20,0955
Time of maximum strain and stress (sec) =	10,000

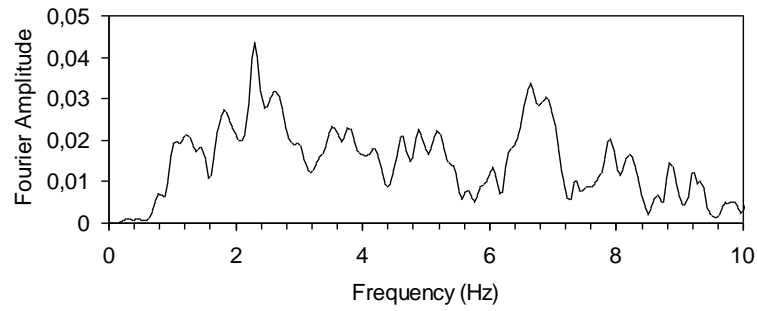




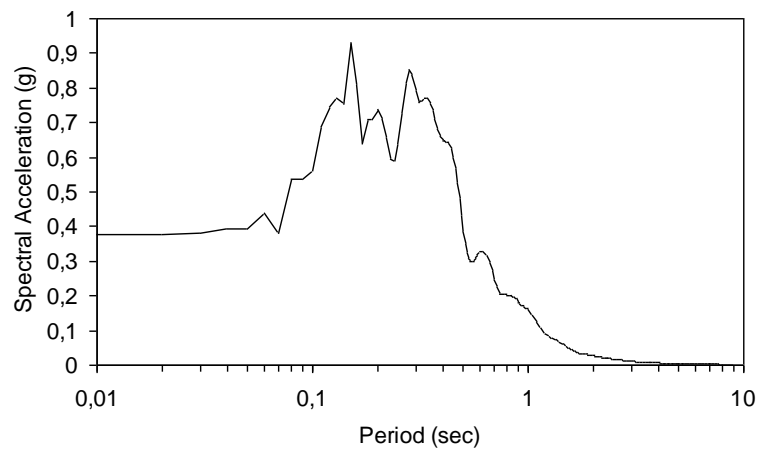
Qui di seguito è mostrata l'ampiezza ed il rapporto di amplificazione tra il bottom ed il livello subsuperficiale: l'amplificazione massima è pari a 26,15 cui corrisponde una frequenza di amplificazione massima di 1.8 Hz.



Lo spettro di Fourier al livello sub-superficiale è qui di seguito mostrato e presenta una serie di picchi tra cui il picco massimo è presente ad una frequenza fondamentale di 2.29 Hz.



Infine viene di seguito mostrato lo spettro di risposta in accelerazione assoluta del sito calcolato al livello subsuperficiale con una fattore di smorzamento del 5%.

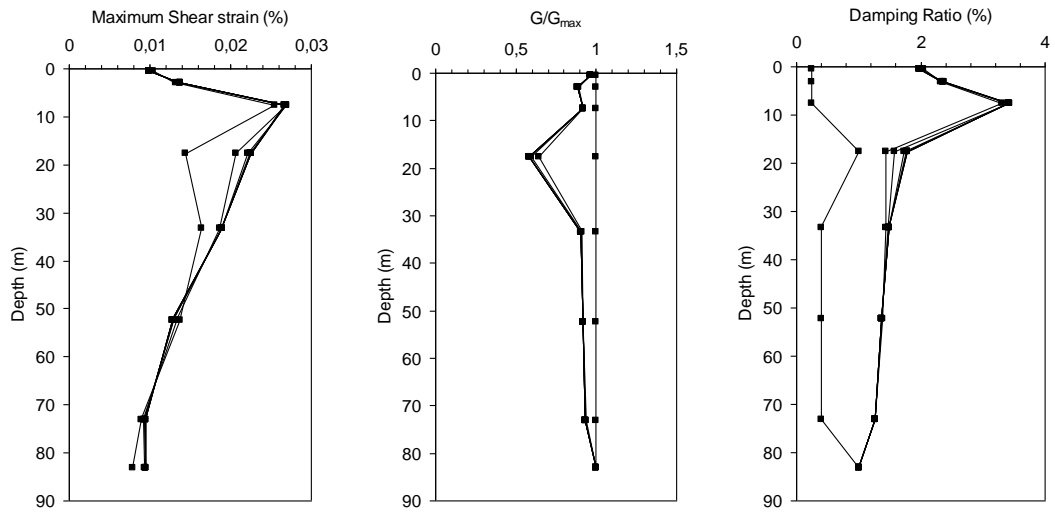
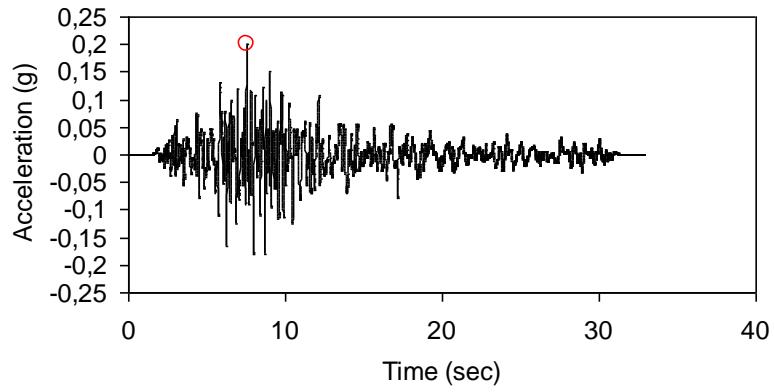


### CALCOLO IMPUT 3:

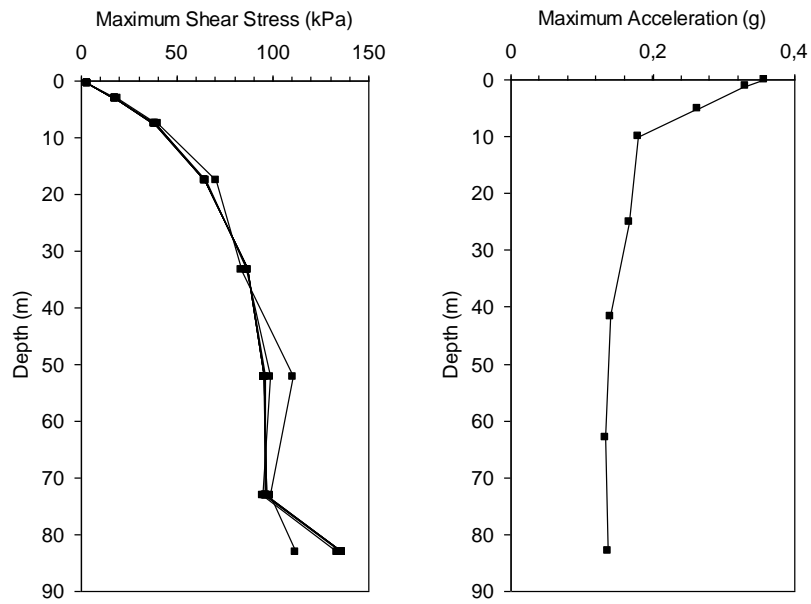
Il terzo ed ultimo segnale di riferimento presenta una durata di 32,805 sec ed un picco di accelerazione di 0.201 g.

### *RISULTATI 3*

La figura qui di seguito mostra la variazione con la profondità dello sforzo di taglio massimo, il rapporto  $G/G_0$  e lo smorzamento per ogni step di calcolo. Passando attraverso i vari step di calcolo, si nota una convergenza dei profili di  $G/G_0$  e  $D$  verso i rispettivi valori finali.



Qui di seguito invece sono mostrati i grafici con i valori di stress di picco e di accelerazione massima corrispondenti ai livelli di cui sopra.

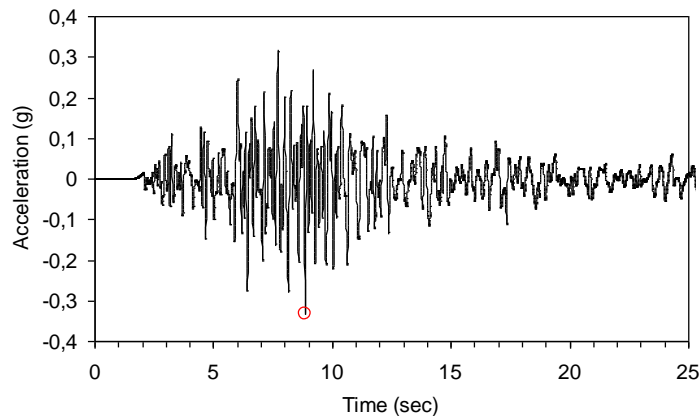


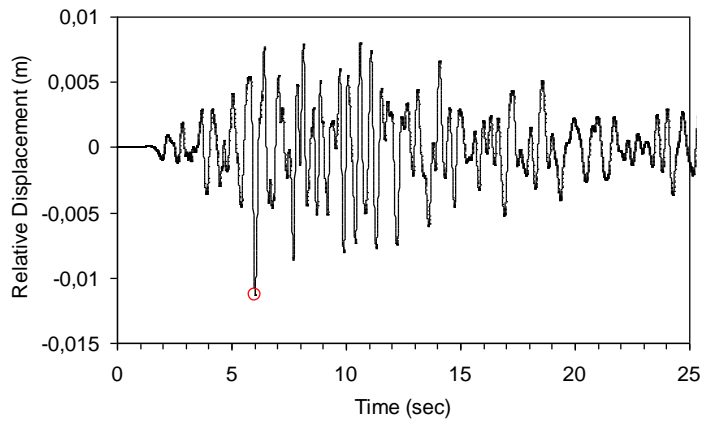
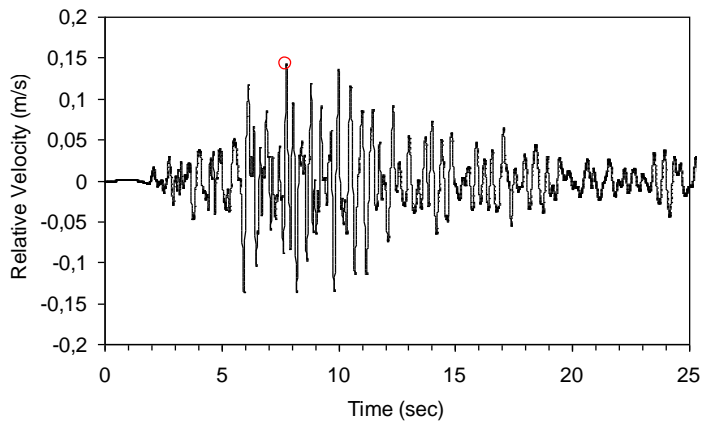
Come si può notare dal grafico Accelerazione Massima/Profondità in superficie si osserva un'accelerazione massima di 0.357 g, mentre al livello 2, a 1 m di profondità essa è pari a 0.331 g.

Di seguito sono poi mostrate le serie temporali di accelerazione velocità relativa e spostamento relativo del livello sub-superficiale, riferito alla base del modello.

I valori calcolati ed i grafici relativi sono i seguenti:

Depth at top of sublayer (m) =	1
Maximum acceleration (g) =	0,331
Time of maximum acceleration (sec) =	8,85
Mean Square frequency (Hz) =	4,50
Maximum relative velocity (m/s) =	0,14276
Time of maximum relative velocity (sec) =	7,75
Maximum relative displacement (m) =	-0,01135
Time of maximum relative displacement (sec) =	6,01

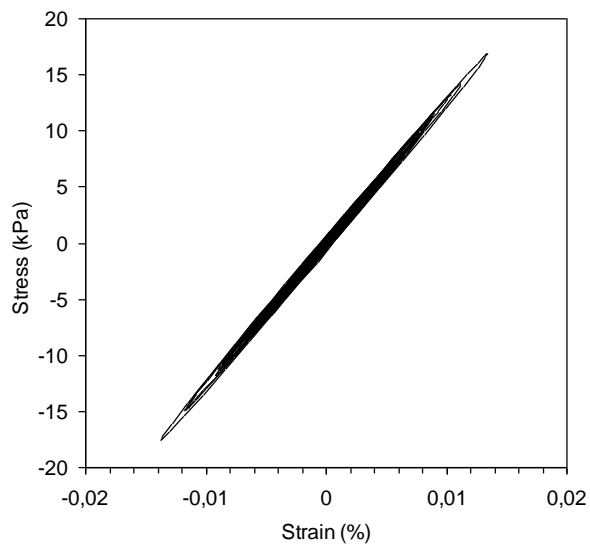
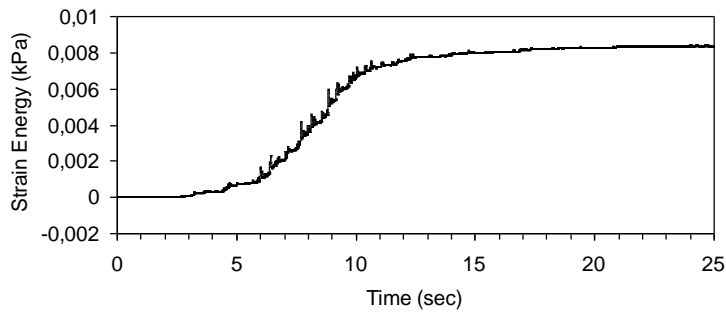
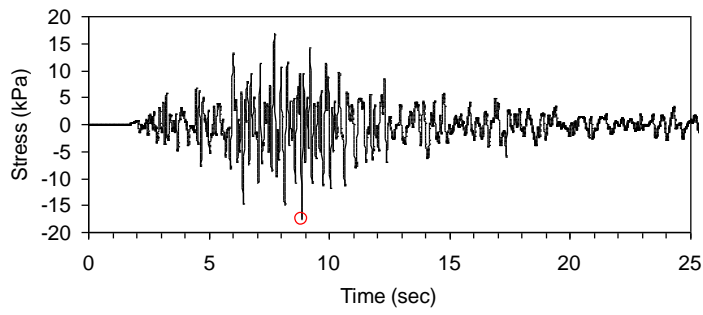
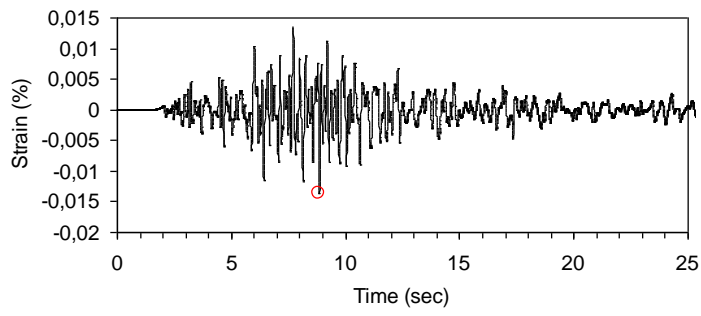




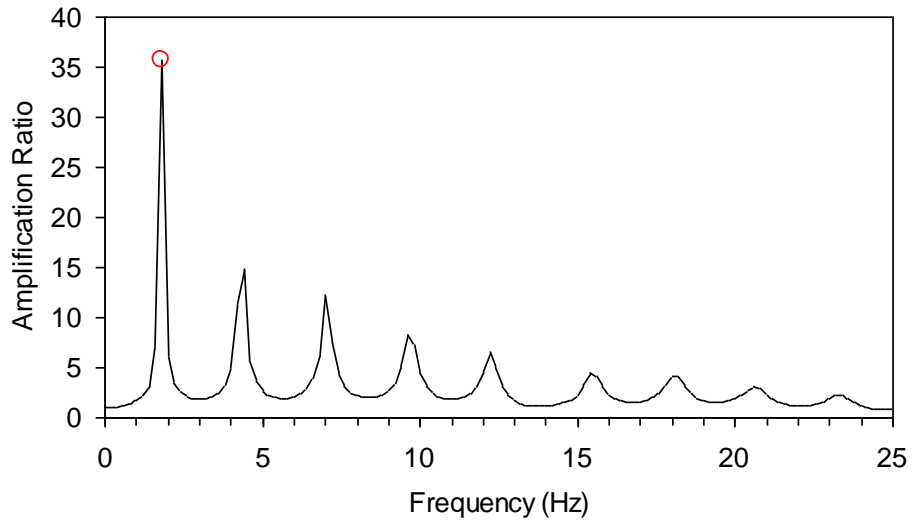
Qui di seguito sono mostrate le serie temporali con la deformazione di taglio, lo sforzo di taglio e l'energia dissipata per unità di volume. L'ultimo grafico di questa serie mostra ciclo di sforzo deformazione al livello 2.

I valori calcolati ed i relativi grafici vengono di seguito riportati:

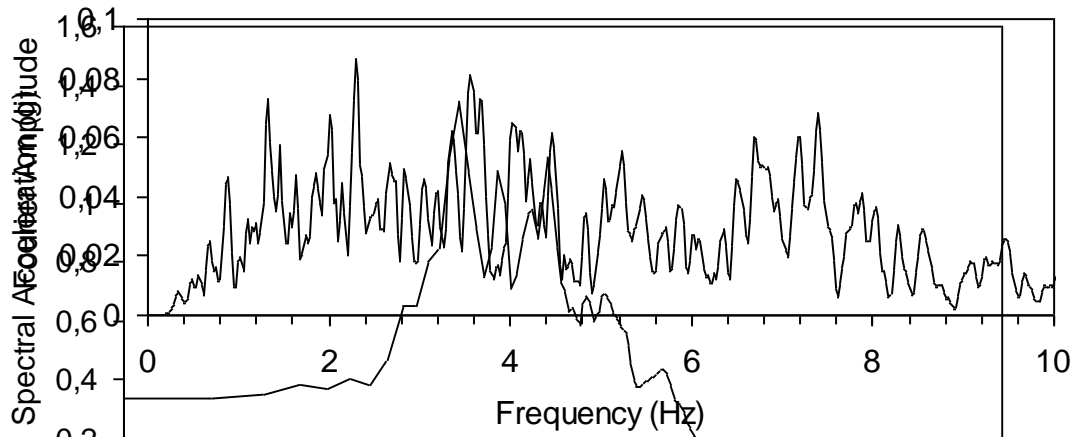
Number of sublayer =	2
Depth (m) =	3,00
Maximum strain (%) =	0,0137
Effective strain (%) =	0,0069
Number of soil material type =	2
Shear modulus compatible to strain (MPa) =	127,2375
Maximum stress (kPa) =	17,5170
Time of maximum strain and stress (sec) =	8,850



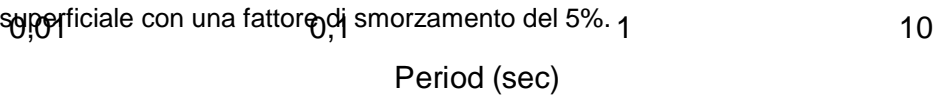
Qui di seguito è mostrata l'ampiezza ed il rapporto di amplificazione tra il bottom ed il livello subsuperficiale: l'amplificazione massima è pari a 35,88 cui corrisponde una frequenza di amplificazione massima di 1.8 Hz.



Lo spettro di Fourier al livello sub-superficiale di seguito mostrato, presenta una frequenza fondamentale è pari 2,29 Hz.



Infine qui di seguito è mostrato lo spettro di risposta in accelerazione del sito calcolato al livello subsuperficiale con una fattore di smorzamento del 5%.



Sulla base dei calcoli condotti con EERA i valori sono qui di seguito mostrati:

### Rapporti $PGA/PGA_0$

$$\text{Sisma 1: } \frac{PGA}{PGA_0} = 1,84$$

$$\text{Sisma 2: } \frac{PGA}{PGA_0} = 1,91$$

$$\text{Sisma 3: } \frac{PGA}{PGA_0} = 1,77$$

### **Rapporti $SI/SI_0$**

Ai fini della misura del potere distruttivo di un evento sismico nei confronti delle costruzioni risulta particolarmente efficace la conoscenza dell'Intensità Spettrale di Housner definita come l'integrale dello spettro di risposta in velocità con smorzamento pari al 5% secondo la seguente espressione:

$$SI = \int_{T1}^{T2} PSV_{(\xi=5\%, T)} dT \quad (1)$$

dove  $PSV$  è lo spettro di risposta di pseudovelocità (smorzamento 5%).

Mediante la (1), l'intensità di un terremoto viene valutata dall'area racchiusa dalla curva di velocità spettrale che è funzione dello smorzamento (5%) e del periodo proprio di oscillazione ( $T$ ), nell'intervallo tra 0,1 e 1,0 sec. L'intensità di Housner rappresenta una misura integrale della richiesta di energia. L'intervallo di periodo considerato ( $0,1 < T < 1,0$  sec) consente di includere, nella valutazione dell'intensità, gli effetti provocati su tutte le strutture civili.

I due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di FA può essere assunto come:

SI (0,1-0,5 sec): rappresentativo del periodo proprio della maggior parte degli edifici presenti nel territorio ed in particolar modo a strutture regolari e rigide con sviluppo verticale fino a 4-5 piani;

SI (0,5-1,0 sec): rappresentativo del periodo proprio di alcuni edifici con strutture flessibili con sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani.

Il fattore di amplificazione FA è definito come il rapporto tra le intensità spettrali calcolate sugli spettri di risposta di pseudovelocità al 5% dello smorzamento critico del moto di superficie e del moto di input calcolati per i due intervalli di periodo in funzione delle diverse tipologie degli edifici nel seguente modo:

$$FA(0,1-0,5) = \frac{SI_{(0,1-0,5)}(output)}{SI_{(0,1-0,5)}(input)}$$

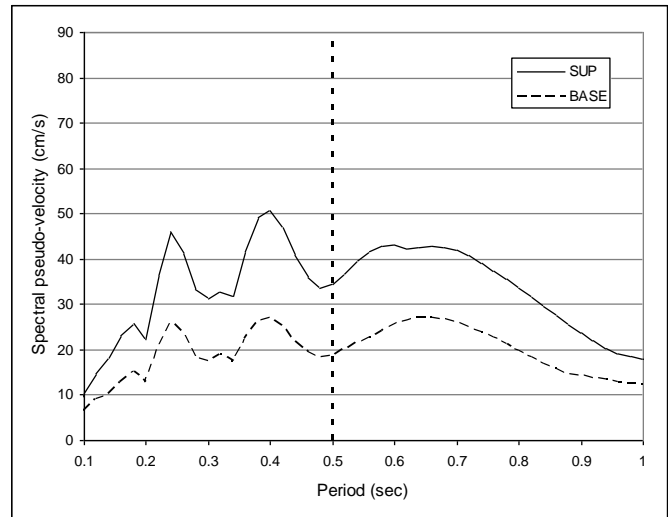
$$FA(0,5-1,0) = \frac{SI_{(0,5-1,0)}(output)}{SI_{(0,5-1,0)}(input)}$$

Sulla base di quanto esposto, valori ricavati per i 3 input forniti dalla regione Emilia Romagna sono i seguenti:

**Sisma 1:**

$$FA(0,1-0,5) = \frac{SI}{SI_0} = 1.8123$$

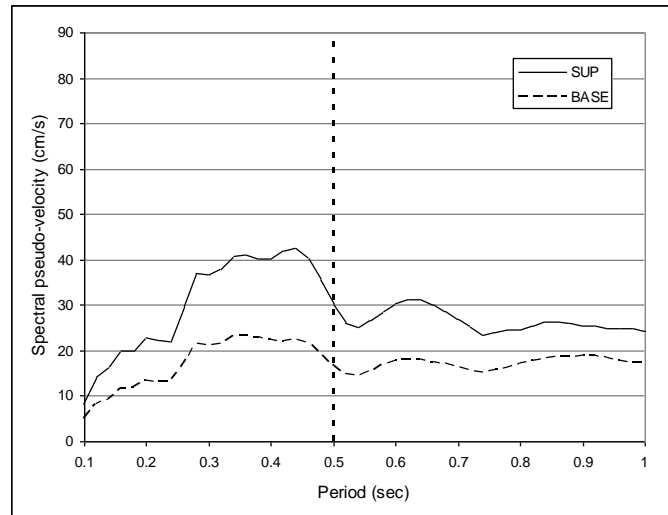
$$FA(0,5-1,0) = \frac{SI}{SI_0} = 1.6685$$



**Sisma 2:**

$$FA(0,1-0,5) = \frac{SI}{SI_0} = 1.7858$$

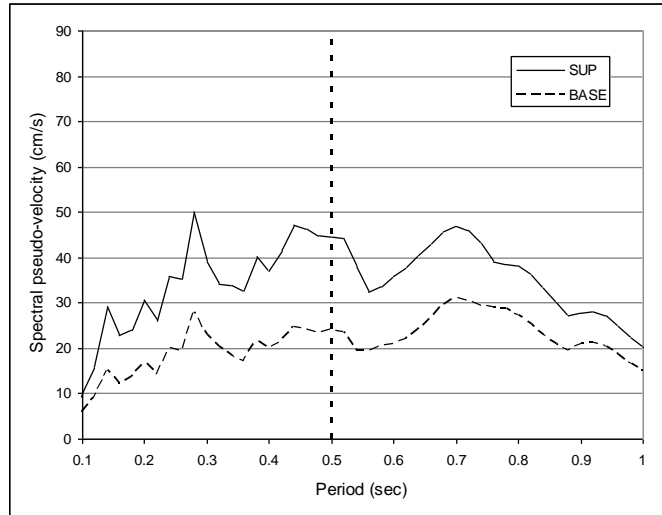
$$FA(0,5-1,0) = \frac{SI}{SI_0} = 1.5498$$



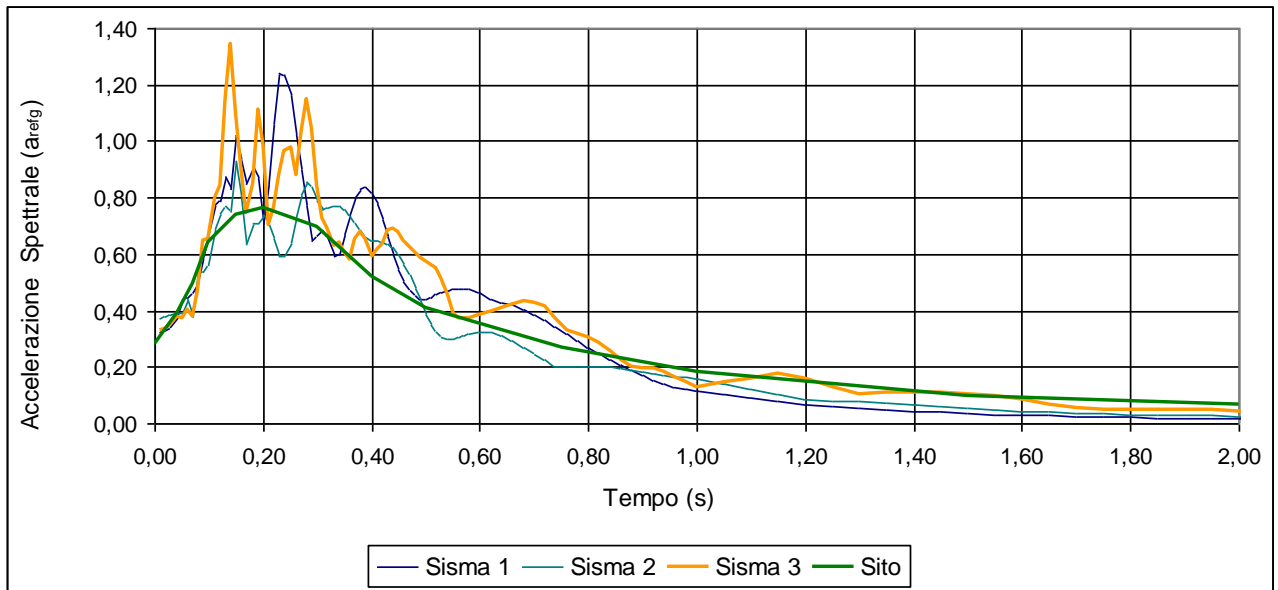
**Sisma 3:**

$$FA(0,1-0,5) = \frac{SI}{SI_0} = 1.8453$$

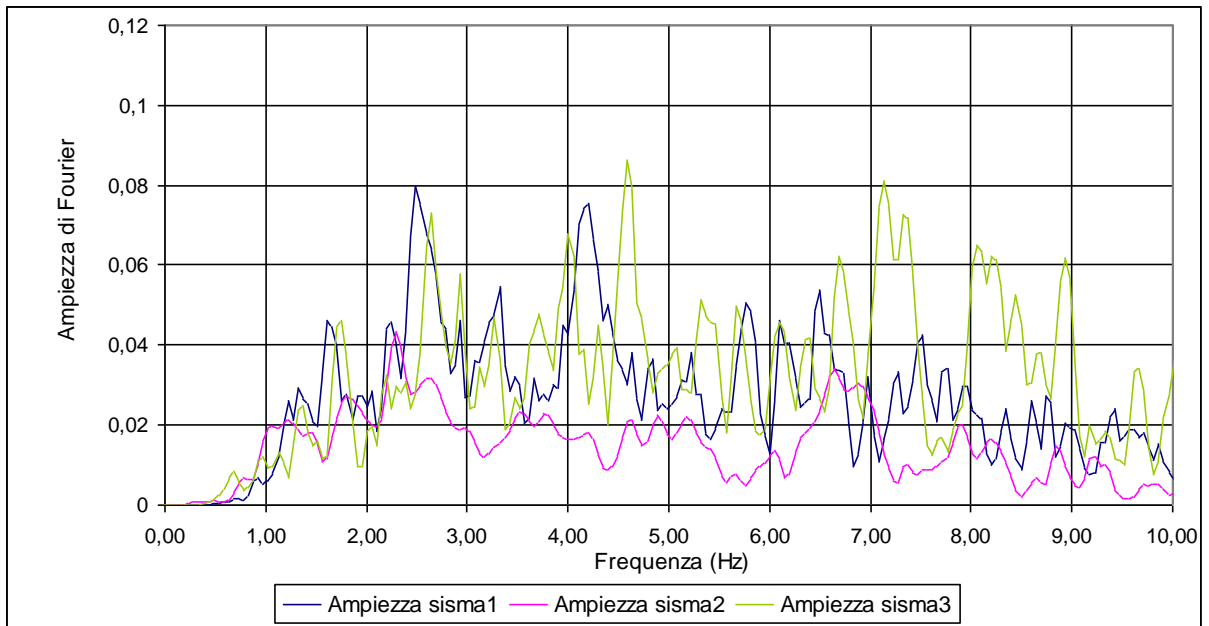
$$FA(0,5-1,0) = \frac{SI}{SI_0} = 1.5136$$



Infine si riporta la comparazione eseguita tra i grafici relativi agli spettri di risposta calcolati utilizzando i 3 input (forniti dalla Regione Emilia Romagna) e quello relativo al sito di riferimento. Come si può notare dal grafico i picchi presentano valori maggiori in periodi compresi tra 0,14 e 0,28 sec.



Nel grafico sottostante viene mostrato il confronto degli spettri di Fourier fra i 3 output riferiti al livello subsuperficiale.



Come si può notare dall'andamento degli spettri, i 3 sismi sollecitano il terreno in modo da dare amplificazioni a diverse frequenze.

#### CONSIDERAZIONI SULLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE

La liquefazione è un fenomeno che interessa i depositi sabbiosi sciolti saturi e si può verificare a seguito di una forte sollecitazione sismica o anche per fenomeni di infiltrazione. A seguito di un forte evento sismico in detti depositi si verifica un forte incremento temporaneo della pressione interstiziale ( $u$ ) tale da provocare l'annullamento della resistenza al taglio trasformando così il deposito in un liquido pesante.

Da studi statistici si è verificato che il fuso granulometrico a rischio possiede un  $D_{50}$  compreso tra 0,25 e 0,45 mm.

L'area in oggetto è attualmente inserita tra i territori dichiarati sismici di seconda categoria con un'accelerazione sismica in superficie pari al 25% della forza di gravità.

Poiché al momento in cui sono state effettuate le prove penetrometriche statiche sul sito in esame non è stata riscontrata la presenza di acqua di falda fino alla profondità massima raggiunta di m -10 dal p.c. e poiché gli eventi sismici attesi sono di magnitudo  $M < 5$  (si veda la mappa di pericolosità riportata in allegato) si può escludere il pericolo di liquefazione.

## CONCLUSIONI

Gli studi effettuati e le indagini svolte portano alle seguenti conclusioni:

- dalle indagini effettuate è emerso che nel sottosuolo dell'area in esame, al di sotto di un primo strato costituito da terreni limoso argillosi e limoso sabbiosi è presente un basamento costituito da terreni argillosi mediamente compatti;
- secondo quanto stabilito dall' O.P.C.M. n. 3274/2003 il comune di Forlimpopoli è stato classificato in zona 2 (pericolosità media);
- dall'indagini sismica di tipo HVSR il valore della  $V_{s30}$  è risultato pari a  $345\text{m/s}$ , da cui segue che i terreni di fondazione risultano appartenere alla categoria di suolo di **tipo C** - *"Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza"*;
- i fattori di amplificazione sismica PGA riferiti al suolo A, come previsto dall'eurocodice 8 e dal D.M. 14/09/2005 e calcolati secondo le specifiche dell'Atto di indirizzo Allegato 2 ricadono nell'ambito di PIANURA 2 (A 2.1.2) e rispondono ai seguenti valori: Fattori di Amplificazione **PGA** pari a **1,4** e valori di Intensità di Housner di **1,7** ( $0,1\text{s} < T_0 < 0,5\text{s}$ ) e **2,0** ( $0,5\text{s} < T_0 < 1,0\text{s}$ );
- lo studio dello spettro di risposta sismica locale ha permesso di conoscere il comportamento del terreno al verificarsi di un evento sismico. Gli spettri di risposta riferiti ai tre input forniti dalla Regione Emilia Romagna (000046xa\_040013Forlimpopoli.xy;000126xa\_040013Forlimpopoli.xy;000354xa\_040013Forlimpopoli.xy), calcolati utilizzando il codice di calcolo EERA, si sovrappongono in modo molto soddisfacente allo spettro di risposta normalizzato preso come riferimento;
- i rapporti **PGA/PGA<sub>0</sub>** riferiti a ciascun output sono risultati i seguenti:

$$\text{Sisma 1: } \frac{PGA}{PGA_0} = 1,84$$

$$\text{Sisma 2: } \frac{PGA}{PGA_0} = 1,91$$

$$\text{Sisma 3: } \frac{PGA}{PGA_0} = 1,77$$

Ed i valori di **SI/SI<sub>0</sub>** sono risultati pari a:

Sisma 1:

$$\text{FA (0,1-0,5)} = \frac{SI}{SI_0} = \mathbf{1.8123}$$

$$\text{FA (0,5-1,0)} = \frac{SI}{SI_0} = \mathbf{1.6685}$$

Sisma 2:

$$FA(0,1-0,5) = \frac{SI}{SI_0} = \mathbf{1.7858}$$

$$FA(0,5-1,0) = \frac{SI}{SI_0} = \mathbf{1.5498}$$

Sisma 3:

$$FA(0,1-0,5) = \frac{SI}{SI_0} = \mathbf{1.8453}$$

$$FA(0,5-1,0) = \frac{SI}{SI_0} = \mathbf{1.5136}$$

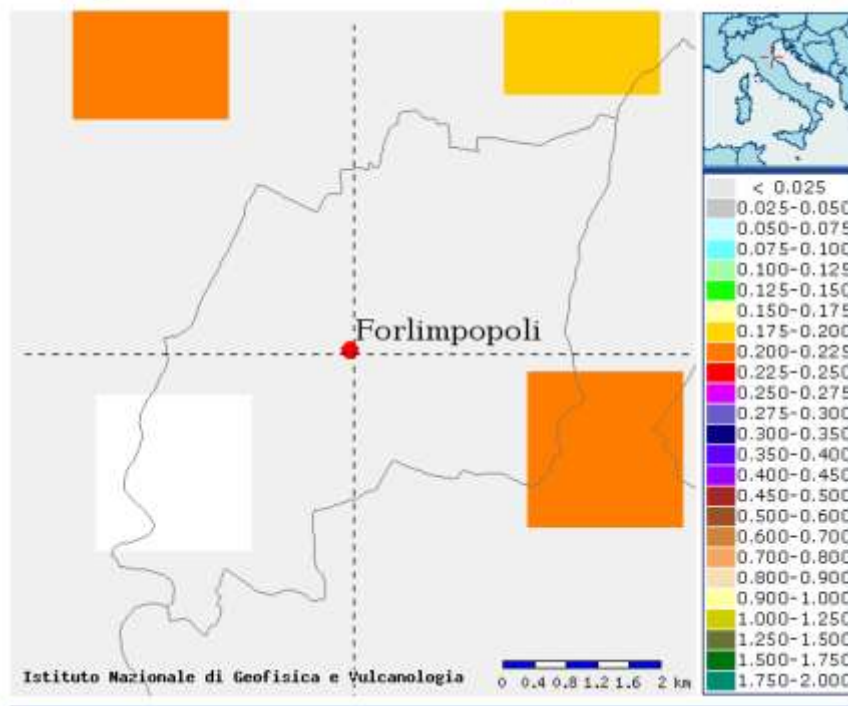
ALLEGATO

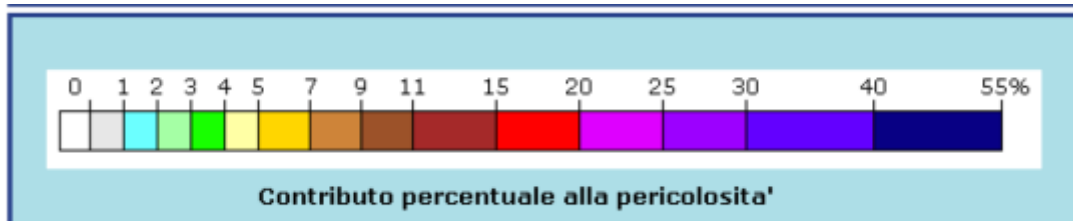
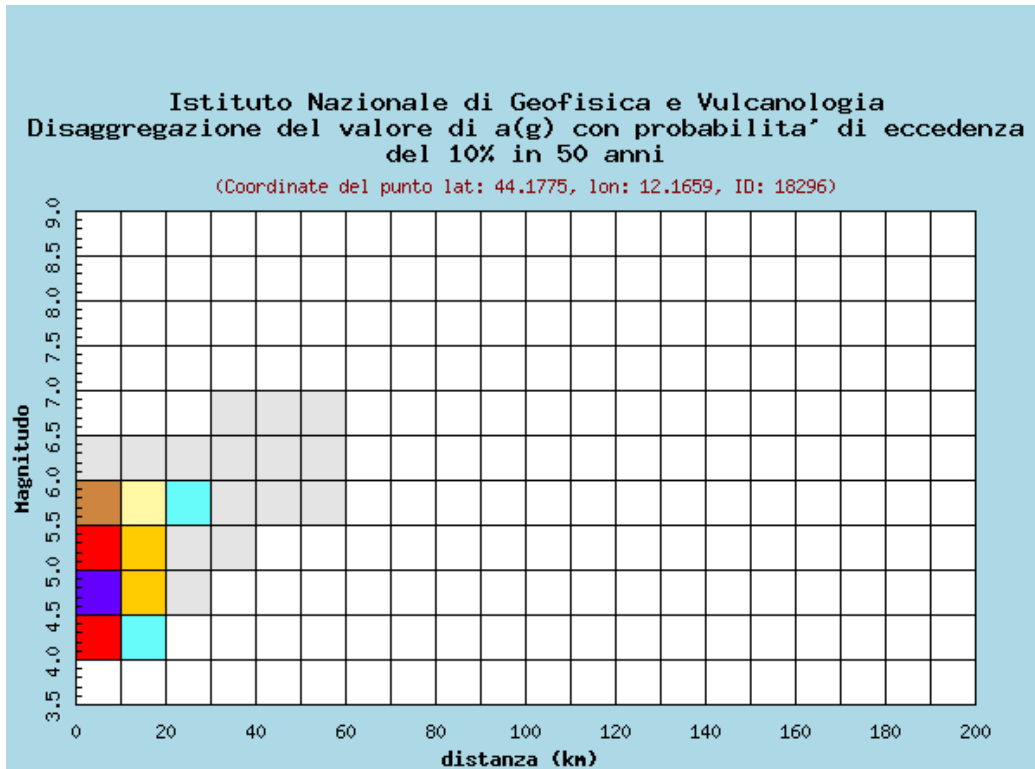
### PERICOLOSITA' SISMICA

Dai valori presenti nella mappa di pericolosità sismica presente nel database dell'INGV (<http://esse1.mi.ingv.it>), facente parte del progetto INGV-DPC S1, compilata quindi seguendo l'OPCM 3274 del 2003 è possibile ricavare la pericolosità sismica riferita a ciascun comune del territorio nazionale.

Di seguito si riportano: la mappa interattiva di pericolosità sismica (Progetto INGV-DPC S1) con i relativi grafici e tabelle riferiti al comune di Forlimpopoli desunti dal database presente sul sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>.

### Mappe interattive di pericolosità

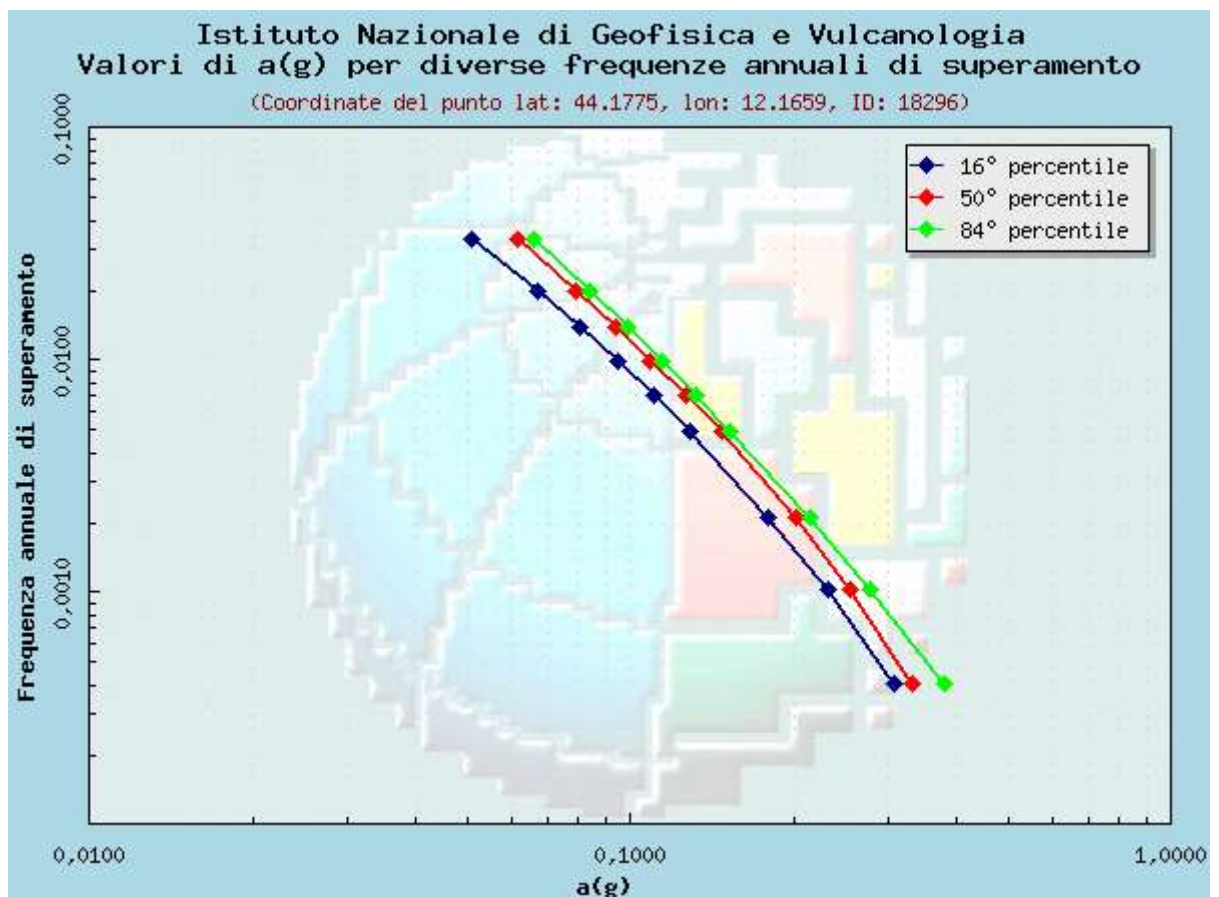




Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.1767, lon: 12.0963, ID: 18295)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	18.200	34.800	20.300	7.830	0.047	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	1.260	4.890	5.780	3.950	0.232	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.096	0.760	1.160	0.242	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.029	0.262	0.114	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.041	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.940	6.760	1.020



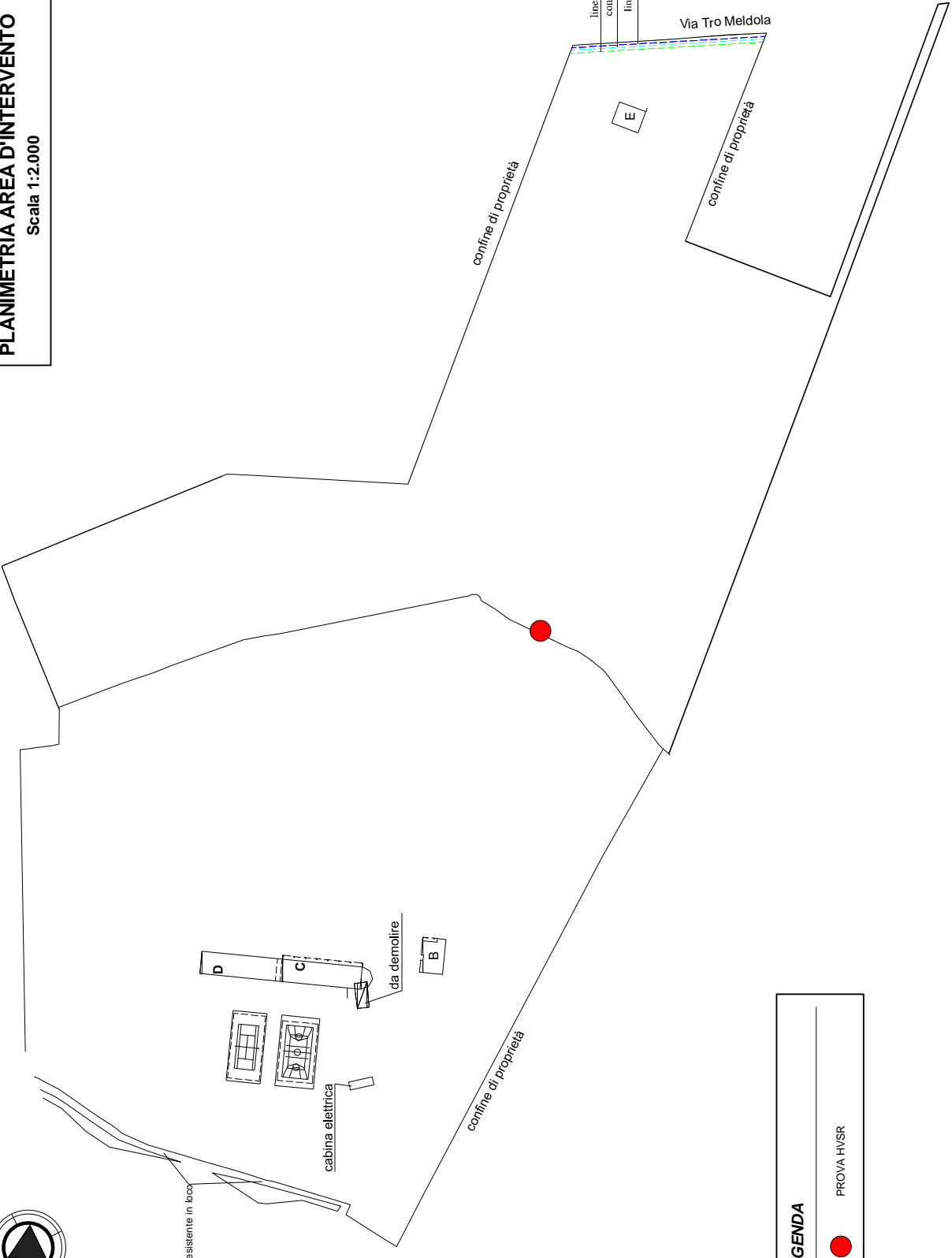
Frequenza annuale di superamento	a(g) (Coordinate del punto lat: 44.1775, lon: 12.1659, ID: 18296)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.3066	0.3309	0.3796
0.0010	0.2309	0.2540	0.2778
0.0021	0.1791	0.2022	0.2140
0.0050	0.1284	0.1468	0.1528
0.0071	0.1100	0.1260	0.1314
0.0099	0.0949	0.1085	0.1145
0.0139	0.0804	0.0934	0.0989
0.0200	0.0672	0.0791	0.0841
0.0333	0.0506	0.0619	0.0659

Geologa Federica Villa

**PLANIMETRIA AREA D'INTERVENTO**  
Scala 1:2.000



Traito di strada vicinale esistente in loco

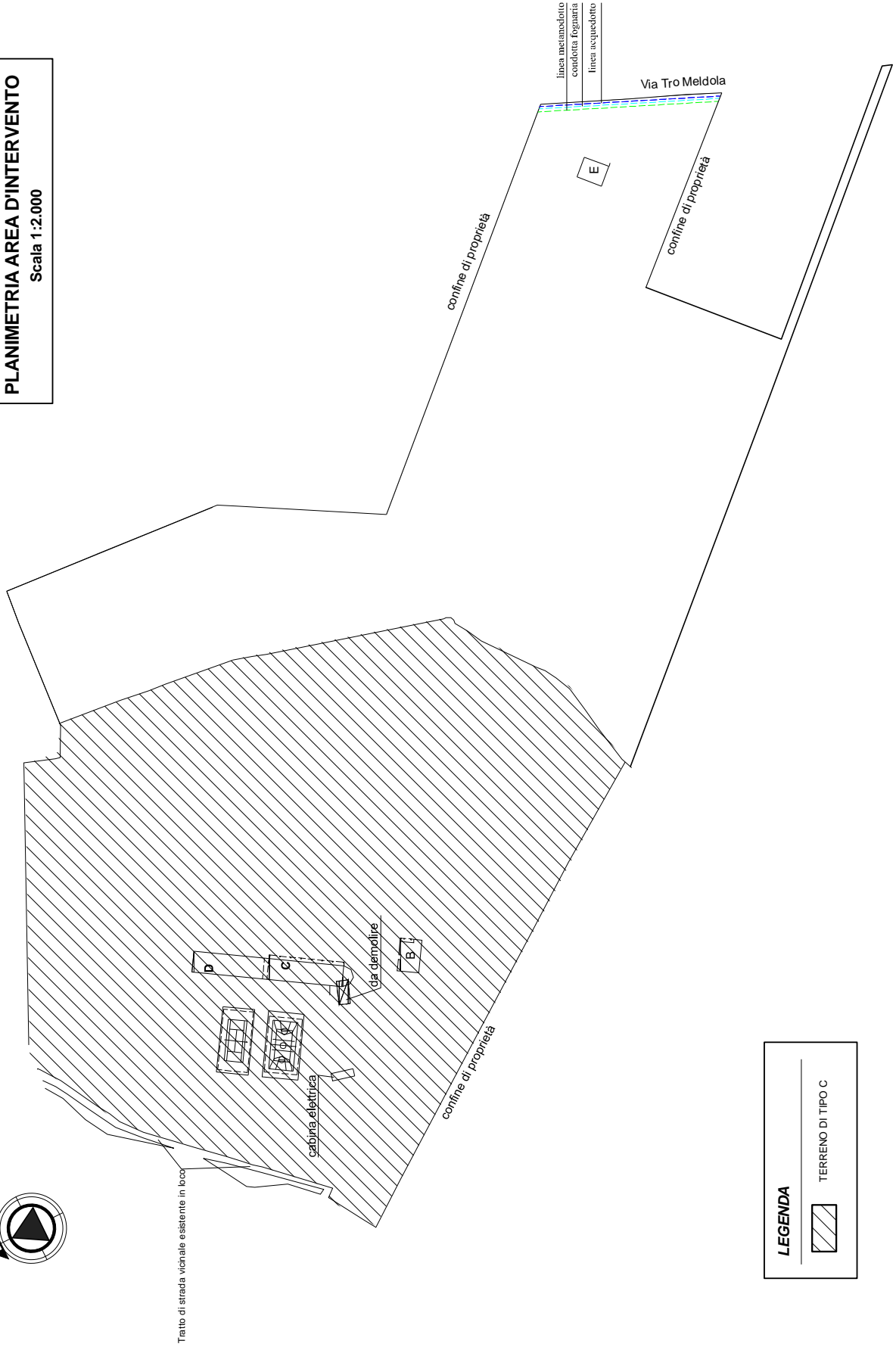


**LEGENDA**

PROVA HVSR

**PLANIMETRIA AREA D'INTERVENTO**

Scala 1:2.000



linea metrodotta  
condotta regolata  
linea acquedotto

Via Tro Meldola

confine di proprietà

confine di proprietà

D  
C  
da demolire  
B

cabina elettrica

confine di proprietà

**LEGENDA**

TERRENO DI TIPO C

# CARTA GEOLOGICA

Scala 1:10.000

