# COMUNE DI CASTELFRANCO EMILIA

## LOCALITA' PIUMAZZO

# PIANO URBANISTICO ATTUATIVO

## DENOMINATO

## *"III COMPARTO INDUSTRIALE E ARTIGIANALE PIUMAZZO"*

*(Sub. Ambito n. 65.2 di Piumazzo)*

Proprietà: MGM2 SRL
Marco Malaguti

MGM2 SRL
Largo Garibaldi, 2
41100 MODENA
C. F. e P. IVA 02756080368

# RELAZIONE GEOFISICA-SISMICA

ORDINE DEGLI ARCHITETTI PIANIFICATORI PAESAGGISTI E CONSERVATORI
PROVINCIA DI MODENA
ARCHITETTO
FABRIZIO ZANELLA
321

COLLABORAZIONE ALLA PROGETTAZIONE
*geom. Fabrizio Gorrieri*

PROGETTO
***arch. Fabrizio Zanella***

## I - PROGETTO URBANISTICO

| n. | data | Aggiornamenti |
|---|---|---|
| 0 | 08.02.14 | *Emissione* |
| 1 | 09.10.14 | *Aggiornamento* |
| 2 | | |

**tav. O**

Cfranco_MGM2-Piumazzo\CompartoMGM2_2° INTERVENTO\ITER URBANISTICO\PUA_2014\AGGIORNAMENTO PUA sett 2014\PUA_OOUU_sett 2014.pln

***Comune di Castelfranco Emilia***

***RELAZIONE GEOFISICA***

*Committente: Geo-Probe S.r.l.*

*Valutazione del parametro $V_{S30}$ e determinazione della categoria del suolo di fondazione in un'area situata in Via della Tecnica in località Piumazzo – Comune di Castelfranco Emilia (MO)*

Maggio 2010

***Geologo Mirko Sita***
Via Leonardo da Vinci, 17 – 40069 Zola Predosa
Tel. 051.757378 Cell. 349.4515174
C.F. STIMRK74B15A944T – P.I. 02344551201

# INDICE

**1. INTRODUZIONE ..... 1**

**2. RUMORE SISMICO AMBIENTALE ..... 3**

**3. MISURAZIONE DEL RUMORE SISMICO AMBIENTALE ..... 4**

**3.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA ..... 4**

**3.2 ACQUISIZIONE DATI ..... 6**

**3.3 INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI ..... 7**

**3.4 VALUTAZIONE DEL PARAMETRO $V_{S30}$ E DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE ..... 9**

**4. CONCLUSIONI ..... 10**

## 1. INTRODUZIONE

Su incarico della ditta Geo-Probe S.r.l. è stata redatta la presente relazione riportante i risultati ottenuti da una registrazione del rumore sismico ambientale di fondo (microtremore) effettuata dallo scrivente in data 18 Maggio 2010 in un'area situata in Via della Tecnica in località Piumazzo, Comune di Castelfranco Emilia (MO).

Lo scopo dell'indagine è consistito nella determinazione del parametro $V_{S30}$ al fine di classificare il suolo di fondazione del sito in accordo con la normativa vigente:

- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (14/01/2008): *Norme tecniche per le costruzioni* (G.U. n. 29 del 04/02/2008) – Suppl. Ordinario nº 30

L'area di intervento è ubicata nell'Elemento *Piumazzo* n° 220051 della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5.000.

L'ubicazione del punto di registrazione è indicata in Tavola 1 di seguito riportata.

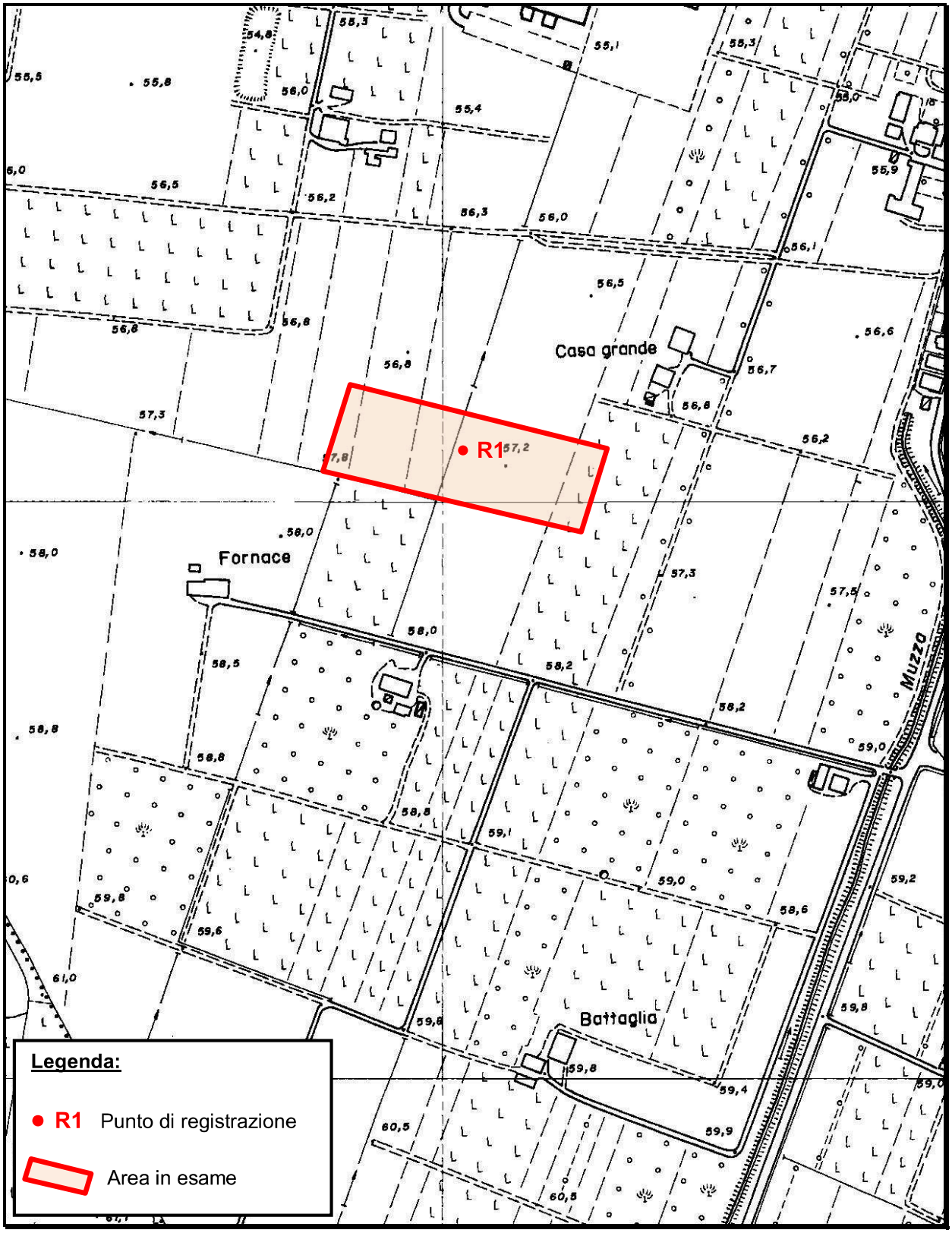


**TAVOLA 1:** Estratto dalla Carta Tecnica Regionale, Elemento *Piumazzo* n° 220051
Scala 1:5.000

***Geologo Mirko Sita***
Via Leonardo da Vinci, 17 – 40069 Zola Predosa
Tel. 051-757378 Cell. 349-4515174
C.F. STIMRK74B15A944T – P.I. 02344551201

## 2. RUMORE SISMICO AMBIENTALE

Il rumore sismico ambientale è conosciuto anche con il termine *microtremore*, dato che si manifesta con oscillazioni decisamente di piccola ampiezza (1~10 μm) e nettamente inferiori rispetto a quelle presenti nel campo prossimo all'epicentro di un terremoto. È costituito in piccola parte da onde di volume (P o S) e per lo più da onde superficiali (in particolare onde di Rayleigh) prodotte da interferenza delle prime e con velocità prossime alle onde S.

La sua permanente presenza sull'intera superficie terrestre è dovuta a:

- fenomeni atmosferici (in particolare al moto delle onde oceaniche e del vento);
- attività antropica (come industrie e traffico);
- attività dinamica terrestre.

L'acquisizione dei microtremori viene effettuata con strumenti a metodologia passiva, in quanto agiscono direttamente come sorgente di eccitazione e non richiedono pertanto l'utilizzo di battute o esplosioni classiche della sismica attiva.

La tecnica maggiormente sfruttata per lo studio dei microtremori è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale e conosciuta come HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*). È infatti un'opinione accettata in letteratura che le singole componenti del rumore ambientale possono presentare ampie variazioni in funzione dei disturbi naturali ed antropici, mentre il rapporto delle componenti orizzontali e della componente verticale tende a rimanere costante conservando così il picco della frequenza di risonanza fondamentale.

Lo sviluppo di questa metodologia ha visto come massimo fautore Nakamura (1989), il quale si è basato su tre assunzioni fondamentali:

1. Considerare l'origine dei microtremori solo da sorgenti superficiali e trascurare le sorgenti profonde.
2. Considerare l'amplificazione come conseguenza della propagazione delle onde all'interno di

uno strato soffice situato al di sopra di un semispazio rigido e omogeneo tale da creare un forte contrasto di impedenza sismica tra le due parti.

3. Considerare la componente verticale del moto non soggetta a fenomeni di amplificazione dallo strato superficiale ad eccezione delle onde di Rayleigh.

Le registrazioni dei microtremori possono offrire un valido aiuto per ricavare indicazioni riguardanti variazioni litostratigrafiche e per la determinazione della velocità delle onde di taglio. In considerazione di quest'ultimo punto risulta evidente il loro utilizzo pratico ai fini del calcolo del parametro $V_{S30}$.

## 3. MISURAZIONE DEL RUMORE SISMICO AMBIENTALE

### 3.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le registrazioni del rumore sismico ambientale sono state effettuate tramite tromografo digitale *Tromino* della Micromed S.p.A., il quale permette sia l'acquisizione digitale in alta risoluzione in modo passivo e non intrusivo sia il pre-processing dei dati. È costituito da tre velocimetri elettrodinamici ortogonali (N-S, E-W e in senso verticale) con autobloccaggio in fase di non acquisizione e da un GPS interno.

Considerando il suolo come un corpo viscoelastico risulta possibile effettuare la misurazione delle frequenze proprie di oscillazione, riconosciute come funzioni delle proprietà meccaniche dei materiali e della morfologia attorno al sito in esame.

Tramite lo strumento utilizzato per questa indagine, oltre alla registrazione del rumore sismico, è possibile ricavare queste frequenze di risonanza del sottosuolo e anche quelle degli edifici, conoscendo le quali si creano basi utili in fase di progettazione per evitare la produzione di fenomeni di amplificazione sismica dovuti all'accoppiamento tra le due vibrazioni nel caso coincidessero i loro valori in frequenza.

Ciò produrrebbe un notevole aumento della sollecitazione sulle strutture in caso di evento sismico.

Le principali note tecniche di questo tromografo digitale presentate dalla ditta costruttrice sono di seguito esposte:

| PRINCIPALI NOTE TECNICHE | |
|---|---|
| **Alimentazione** | 2 batterie alcaline x 1.5 VDC AA |
| **Voltaggio interno** | +3.3 V, +3.6 V per la sezione analogica |
| **Consumi** | 75 mW (GPS disattivato), 450 mW (GPS attivo) |
| **Durata delle batterie** | 80 h di misura continua con GPS disattivato |
| **Numero di canali** | 3+1 analogici |
| **Amplificatori** | tutti canali con input differenziali |
| **Rumore** | < 0.5 µV r.m.s. @128 Hz sampling |
| **Impedenza dell'input** | $10^6$ Ohm |
| **Range di frequenze** | DC - 360 Hz |
| **Frequenza di campionamento** | 16384 Hz per canale |
| **Frequenze di sovracampionamento** | 32x, 64x, 128x |
| **Conversione A/D** | equivalente a 24 bit |
| **Massimo input analogico** | 51.2 mV (781 nV/digit) |
| **Display grafico** | grafico, 128 x 64 pixel, retroilluminato |
| **Tastiera** | 4 tasti a membrana |
| **Orologio** | interno, permanente con datario e allarme, può essere visualizzato anche durante l'acquisizione |
| **GPS** | 12 canali con time-marker (precisione 1 µs), può essere visualizzato anche durante l'acquisizione |
| **Livella** | a bolla d'aria, elevata precisione orizzontale, sensibilità 5' d'arco (0.083°) |
| **Connessioni** | porta USB, tipo B |
| **Registrazione dati** | memoria interna, standard 512 Mb, opzionale fino a 2 Gb |
| **Dimensione e peso** | 10 x 14 x 7.7 (altezza) cm<br>1.1 kg<br>contenitore di alluminio |
| **Accoppiamento col terreno** | su punte e cuscinetto reologico |
| **Condizioni operative** | temperatura - 10 / +70°C<br>umidità 0-90% senza condensa |
| **Impermeabilità** | indice di protezione IP = 65 (resistente alla polvere, resistente agli spruzzi) |
| **Sensori** | 3 velocimetri elettrodinamici ortogonali ad alta risoluzione autobloccaggio quando non in acquisizione |

**Tabella 1:** Principali note tecniche dello strumento di acquisizione.

L'elaborazione dei dati prevede i seguenti passaggi ed è stata effettuata tramite software *Grilla*, in dotazione allo strumento, con cui è possibile effettuare analisi spettrali e analisi HVSR (in funzione del tempo ed in funzione della direzione):

1. suddivisione della registrazione del rumore sismico nelle sue tre componenti in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno;
2. analisi spettrale del segnale nelle tre componenti;
3. correzione da andamenti anomali (*detrend*);
4. riduzione della dispersione del segnale (*tapering*);
5. calcolo della FFT (*Fast Fourier Transform*) e analisi spettrale PSD (*Power Spectral Density*);
6. lisciamento;
7. media degli HVSR calcolati sulla varie finestre.

## 3.2 ACQUISIZIONE DATI

Al fine di tarare al meglio gli spessori e le velocità sismiche degli strati, la registrazione è stata eseguita in prossimità della prova penetrometrica statica CPT2 effettuata nell'area in esame.

Di seguito vengono riportate le informazioni riguardanti l'acquisizione dei dati in campagna:

| | **R1** |
|---|---|
| Inizio registrazione | Ore 09:09:38<br>Data 18/05/10 |
| Fine registrazione | Ore 09:21:39<br>Data 18/05/10 |
| Lunghezza della traccia | 12'00" |
| Frequenza di campionamento | 256 Hz |
| Dimensione della finestra di suddivisione del tracciato | 30 sec |
| Finestra di lisciamento | Triangolare |
| Lisciamento | 10% |

**Tabella 2:** Dati riguardanti l'acquisizione e l'elaborazione.

Le misure sono state effettuate su terreno soffice argilloso e umido. Le condizioni meteo durante la registrazione sono state buone. Il vento è stato di debole entità e dunque tale da non creare disturbo ai dati.

Lo scrivente ritiene che non ci siano state altre condizioni sfavorevoli atte a produrre vibrazioni aggiuntive a quelle di interesse.

### 3.3 INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Il grafico 1, indicante gli spettri delle tre componenti ortogonali tra loro, mostra la presenza di rumore antropico in corrispondenza di 6 Hz, 20 Hz e 24 Hz. Tali disturbi risultano in ogni modo di larghezza ridotta e non inficiano minimamente l'interpretazione dei dati.

Per quanto riguarda l'accoppiamento dello strumento con il terreno si nota una buona qualità, dal momento che nessuna delle tre curve tende ad avere un andamento completamente discordante da quello delle altre due. Pertanto i picchi principali e secondari presenti nel grafico 2, indicante il diagramma HVSR, sono da considerare naturali.

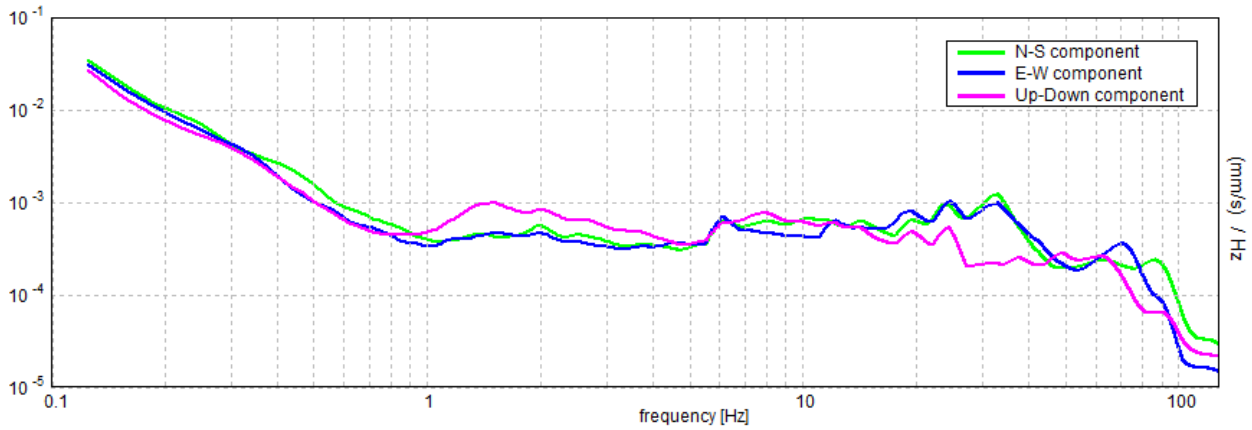


**Grafico 1:** Spettri delle tre componenti ortogonali rilevate nella registrazione R1.

Il grafico 2 mostra un picco di ampiezza elevata a 30 Hz causato dal forte contrasto di impedenza sismica tra i materiali fini superficiali e le ghiaie sottostanti rinvenute alla profondità di circa 1 metro nella prova CPT2.

Per frequenze comprese tra 0.9 Hz e 10 Hz la curva assume valori di H/V per lo più inferiori ad 1, mostrando un'inversione di velocità che lascia ipotizzare un ritorno a materiali fini al di sotto delle ghiaie.

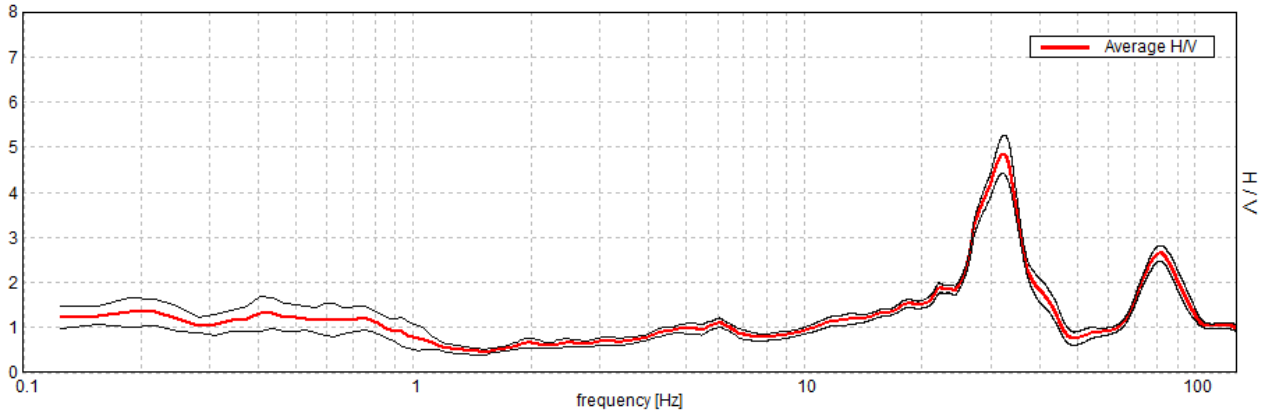


**Grafico 2:** Diagramma HVSR indicante lo spettro del moto del suolo rilevato nella registrazione R1.

Le velocità estratte per gli spessori dei materiali nel punto di registrazione R1 vengono di seguito esposte. Non conoscendo l'esatta quota dell'intervento che verrà effettuato nell'area in esame, vengono indicate le profondità fino a 34 metri, in modo da poter calcolare i vari valori del parametro $V_{S30}$.

| | **Profondità (m)** | **$V_S$ (m/sec)** |
|---|---|---|
| Strato sismico 1 | 0.0 – 1.4 | 170 |
| Strato sismico 2 | 1.4 – 18.9 | 450 |
| Strato sismico 3 | 18.9 – 34.0 | 240 |

## 3.4 VALUTAZIONE DEL PARAMETRO $V_{S30}$ E DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Sulla base dei risultati ricavati nel paragrafo 3.3, ed in accordo con l'attuale normativa, viene calcolato il valore del parametro $V_{S30}$ tramite la formula:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{hi}{Vi}}$$

Da cui, rispetto al piano campagna, si ottiene:

$$\mathbf{V_{S30\ (0.0 \div 30.0)} = 321\ m/sec}$$

Considerando invece varie possibili profondità dell'intervento che verrà effettuato nell'area in esame, si ricava:

$$\mathbf{V_{S30\ (1.0 \div 31.0)} = 327\ m/sec}$$

$$\mathbf{V_{S30\ (2.0 \div 32.0)} = 326\ m/sec}$$

$$\mathbf{V_{S30\ (3.0 \div 33.0)} = 319\ m/sec}$$

$$\mathbf{V_{S30\ (4.0 \div 34.0)} = 312\ m/sec}$$

Per le velocità sopra elencate per il terreno in oggetto, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, viene associata una categoria di suolo di fondazione di tipo *C* definita:

C - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

## 4. CONCLUSIONI

I risultati della registrazione dei microtremori vengono sinteticamente esposti di seguito:

1. Il sito in esame mostra un picco di ampiezza elevata a 30 Hz causato dal forte contrasto di impedenza sismica tra i materiali fini superficiali e le ghiaie sottostanti rinvenute alla profondità di circa 1 metro nella prova CPT2;
2. Rispetto al piano campagna si ottiene:

$$V_{S30\ (0.0 \div 30.0)} = 321 \text{ m/sec}$$

Considerando invece varie possibili profondità dell'intervento che verrà effettuato nell'area in esame, si ricava:

$$V_{S30\ (1.0 \div 31.0)} = 327 \text{ m/sec}$$

$$V_{S30\ (2.0 \div 32.0)} = 326 \text{ m/sec}$$

$$V_{S30\ (3.0 \div 33.0)} = 319 \text{ m/sec}$$

$$V_{S30\ (4.0 \div 34.0)} = 312 \text{ m/sec}$$

3. La categoria del suolo di fondazione per le velocità sopra elencate è pertanto di tipo C.

Lo scrivente resta a disposizione per qualsiasi ulteriore chiarimento o caso dubbio.

Zola Predosa, 27 Maggio 2010

Geologo Mirko Sita

***Geologo Mirko Sita***
Via Leonardo da Vinci, 17 – 40069 Zola Predosa
Tel. 051-757378 Cell. 349-4515174
C.F. STIMRK74B15A944T – P.I. 02344551201