

Attuazione dell'art. 11 della Legge 24 giugno 2008 n. 77

## **MICROZONAZIONE SISMICA LIVELLO 1**



**Regione Veneto**  
**Comune di Schio**



### **Allegato 7.2**

Misure vibrometriche su edifici significativi

**MUNICIPIO**

Soggetto Realizzatore:



**TECNOLOGICA SRL**

Via Combattenti Alleati d'Europa n. 24  
45100 Rovigo (RO)  
P. IVA 01430220291  
t./f. 0425 475453



**M6 Srl Società di Ingegneria**

Via F. Filzi n. 21 – 36045 Lonigo (VI)  
Via Verdi n. 1 45100 Rovigo (RO)  
P.IVA 03568500247  
t. (+39) 0425.46.05.77 - f. (+39) 0425.07.00.13  
[www.studiom6.it](http://www.studiom6.it)

codifica elaborato

*data elaborato* 11 aprile 2013

*data stampa* 11 aprile 2013

*codice progetto.* C.087/2012

*codice elaborato* A-All.7

*rev.* 0/13

*archivio* A-All.7/C087/A/0



## VERIFICA CARATTERISTICHE SISMICHE TERRENO/STRUTTURA MUNICIPIO

### FREQUENZA DI RISONANZA

Le misure di campagna sono state eseguite il mese di Aprile 2013. E' stata eseguita una registrazione di vibrazioni e rumore sismico, nei terreni adiacenti al Municipio del comune di Schio e tre registrazioni all'interno dello stabile: piano terra "fondazioni", primo solaio, secondo solaio, terzo solaio.

Caratteristiche tecniche indagini eseguite:

**Strumentazione impiegata.** Tutte le registrazioni del rumore sismico e vibrazioni sono state effettuate con il tromografo digitale TROMINO, progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico ambientale e/o vibrazioni indotte. Si tratta di un apparecchio portatile tutto-in-uno di 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 cavi esterno.

- **Procedure operative.** E' stata effettuata un'analisi sul rumore sismico e vibrazioni indotte della durata di 20' per il terreno e di 6'/cad. per solaio.

### H/V TERRENO SCHIO MUNICIPIO

Instrument: TRZ-0017/01-09

Start recording: 08/11/00 21:39:57      End recording: 08/11/00 21:49:58

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h10'00".      Analyzed 87% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

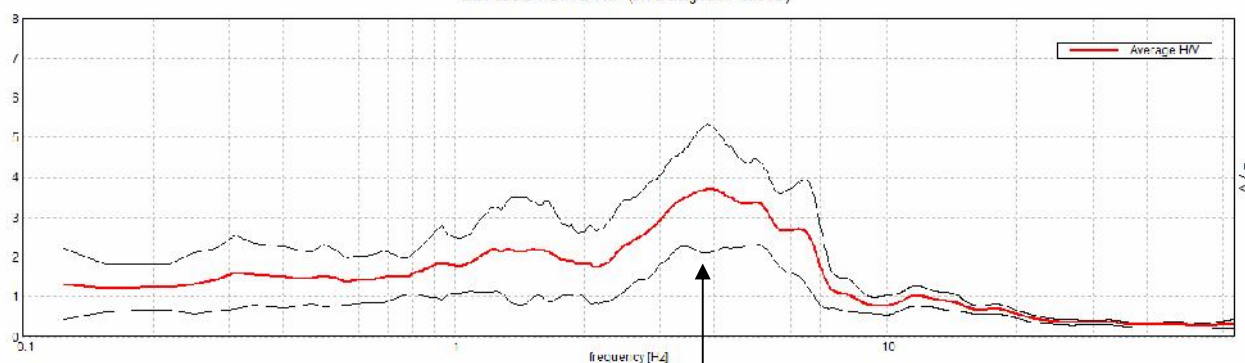
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%



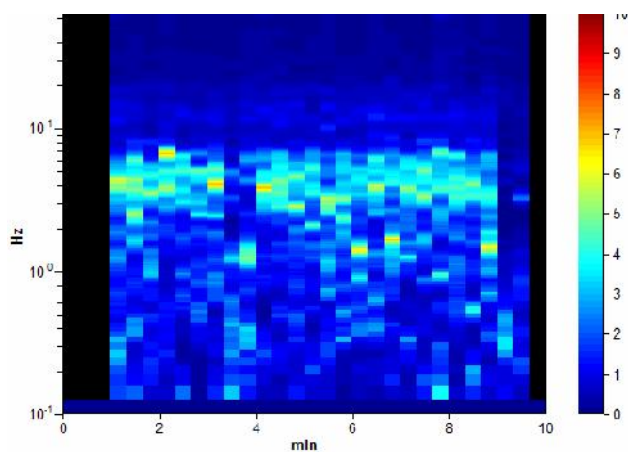
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max 1/W at 0.64 + 0.1 Hz (in the range 0.0 - 54.0 Hz)

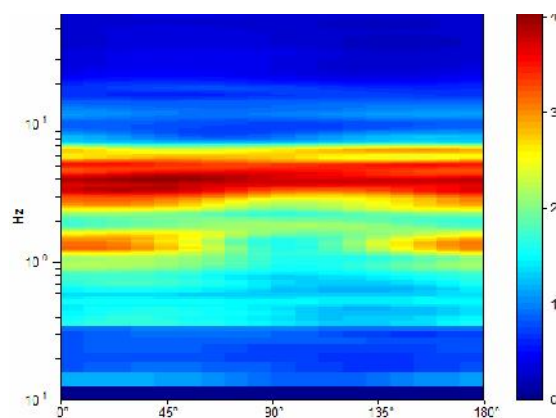


Frequenza risonanza terreno

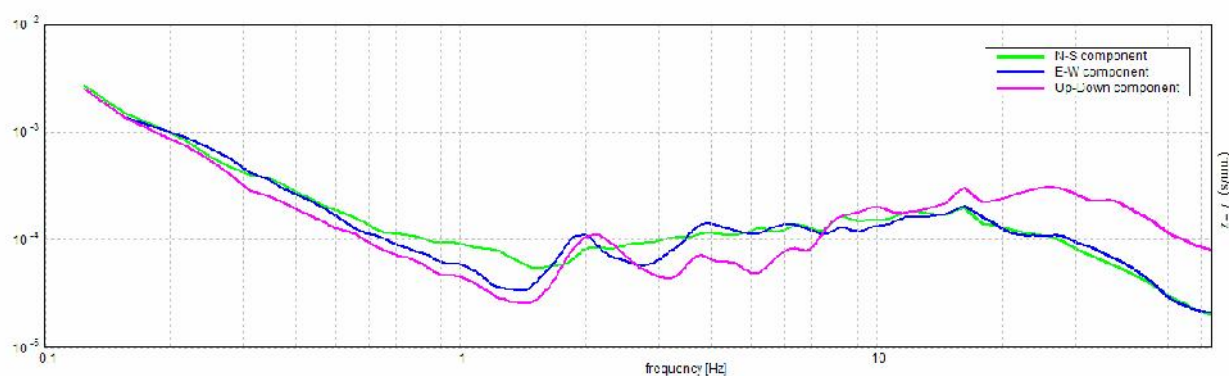
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA





According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the [Grilla](#) manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at  $3.84 \pm 0.1$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

### Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

|                                                                                                                          |                             |    |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$                                                                                                         | $3.84 > 0.50$               | OK |  |
| $n_c(f_0) > 200$                                                                                                         | $1998.8 > 200$              | OK |  |
| $A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 186 times | OK |  |

### Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

|                                                           |                     |    |  |
|-----------------------------------------------------------|---------------------|----|--|
| Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 2.25 Hz             | OK |  |
| Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$  | 7.0 Hz              | OK |  |
| $A_0 > 2$                                                 | $3.72 > 2$          | OK |  |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm A(f)] = f_0 \pm 5\%$      | $ 0.01201  < 0.05$  | OK |  |
| $f < (f_0)$                                               | $0.04616 < 0.19219$ | OK |  |
| $A(f_0) < (f_0)$                                          | $0.7741 < 1.58$     | OK |  |

|                     |                                                                                                                                |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $L_w$               | window length                                                                                                                  |
| $n_w$               | number of windows used in the analysis                                                                                         |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | number of significant cycles                                                                                                   |
| $f$                 | current frequency                                                                                                              |
| $f_0$               | H/V peak frequency                                                                                                             |
| $f$                 | standard deviation of H/V peak frequency                                                                                       |
| $(f_0)$             | threshold value for the stability condition $f < (f_0)$                                                                        |
| $A_0$               | H/V peak amplitude at frequency $f_0$                                                                                          |
| $A_{H/V}(f)$        | H/V curve amplitude at frequency $f$                                                                                           |
| $f^-$               | frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$                                                           |
| $f^+$               | frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$                                                            |
| $A(f)$              | standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\log_{H/V}(f)$     | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve                                                                                  |
| $(f_0)$             | threshold value for the stability condition $A(f) < (f_0)$                                                                     |

| Threshold values for $f$ and $A(f_0)$ |            |             |             |             |            |
|---------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Freq. range [Hz]                      | $< 0.2$    | $0.2 - 0.5$ | $0.5 - 1.0$ | $1.0 - 2.0$ | $> 2.0$    |
| $(f_0)$ [Hz]                          | $0.25 f_0$ | $0.2 f_0$   | $0.15 f_0$  | $0.10 f_0$  | $0.05 f_0$ |
| $(f_0)$ for $A(f_0)$                  | 3.0        | 2.5         | 2.0         | 1.78        | 1.58       |
| $\log (f_0)$ for $\log_{H/V}(f_0)$    | 0.48       | 0.40        | 0.30        | 0.25        | 0.20       |



## SCHIO MUNICIPIO FONDAZIONI

Instrument: TRZ-0017/01-09

Start recording: 08/11/00 21:51:11 End recording: 08/11/00 21:57:12

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h06'00". Analyzed 67% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

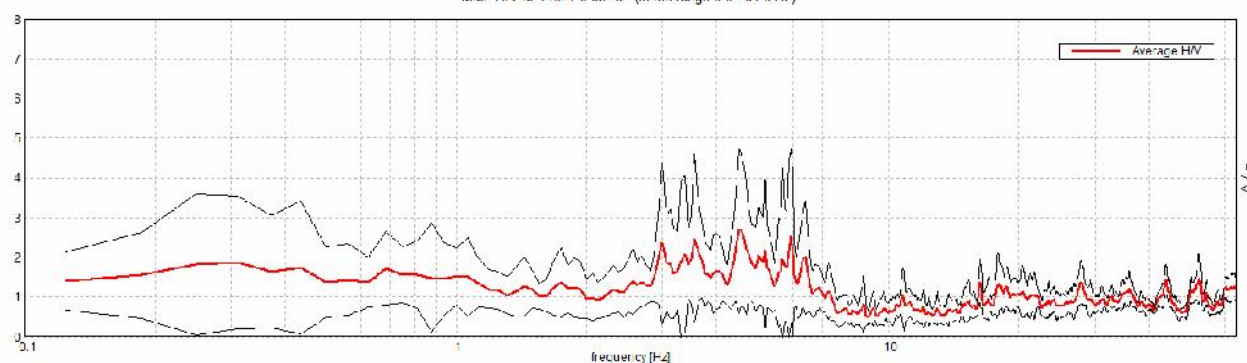
Window size: 15 s

Smoothing type: Triangular window

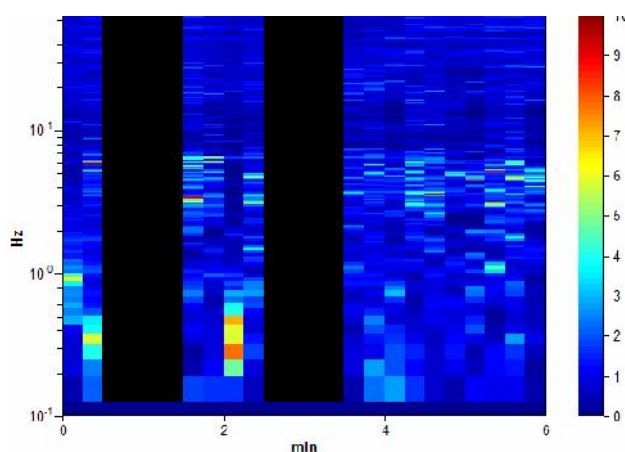
Smoothing: 1%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

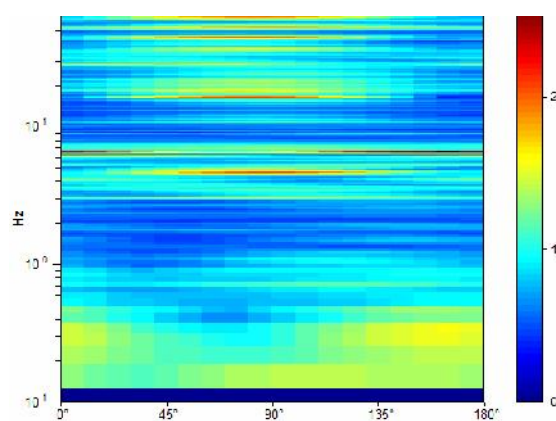
Max H/V at 4.56 + 0.85 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz)



### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V





## SCHIO MUNICIPIO PRIMO SOLAIO

Instrument: TRZ-0017/01-09

Start recording: 08/11/00 21:59:05 End recording: 08/11/00 22:05:06

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h06'00". Analyzed 58% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

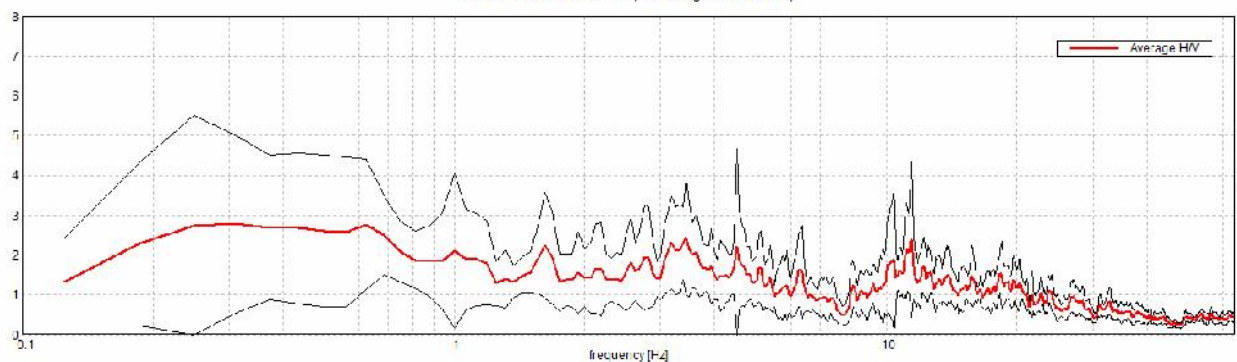
Window size: 15 s

Smoothing type: Triangular window

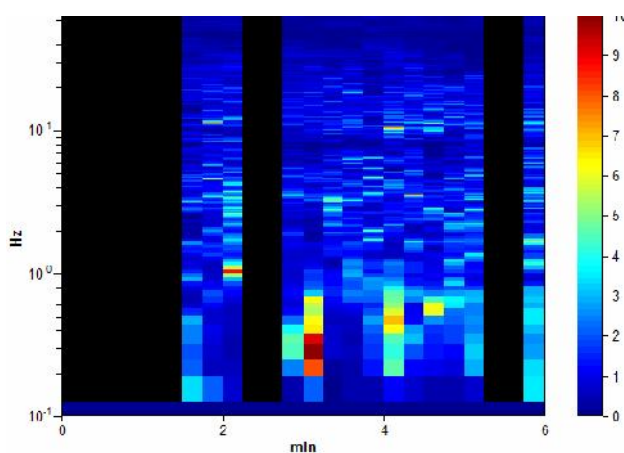
Smoothing: 1%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

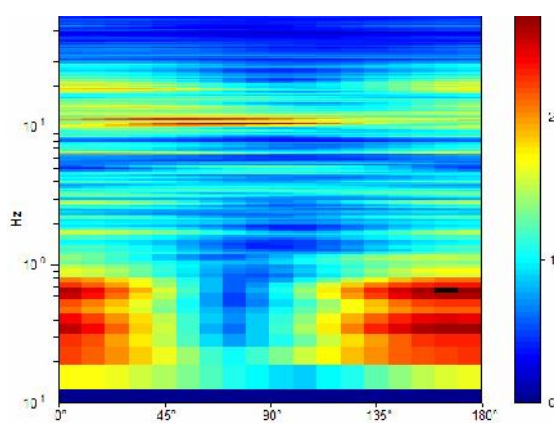
Max H/V at 0.31 + i 25 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz)



### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V





## SCHIO MUNICIPIO SECONDO SOLAIO

Instrument: TRZ-0017/01-09

Start recording: 08/11/00 22:06:25 End recording: 08/11/00 22:12:26

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h06'00". Analyzed 83% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

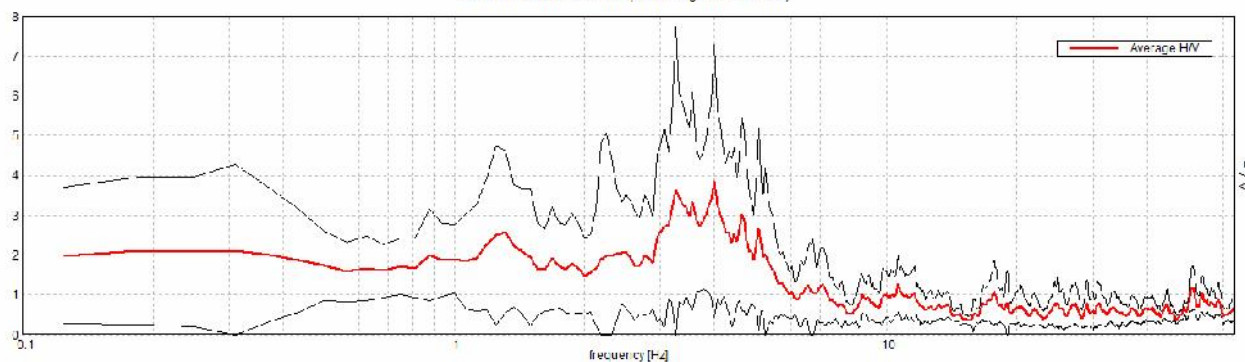
Window size: 15 s

Smoothing type: Triangular window

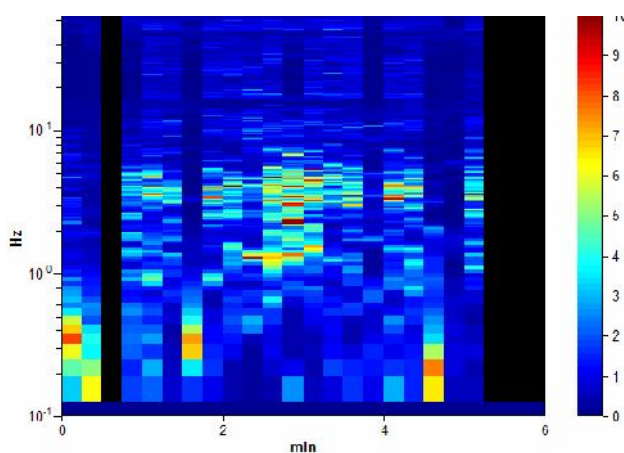
Smoothing: 1%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

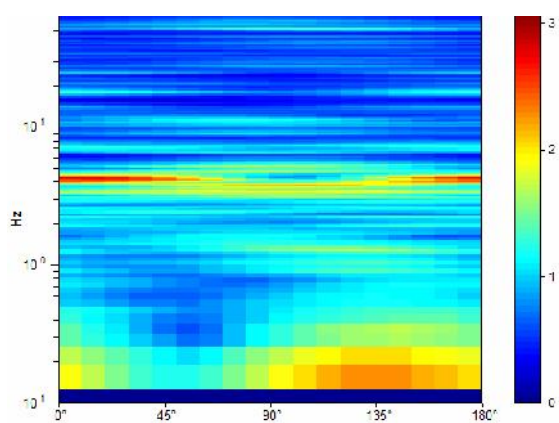
Max 11W at 4.0 + 1.12 Hz (in the range 0.0 - 54.0 Hz)



### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V





## SCHIO MUNICIPIO TERZO SOLAIO

Instrument: TRZ-0017/01-09

Start recording: 08/11/00 22:14:05 End recording: 08/11/00 22:20:06

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h06'00". Analyzed 88% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

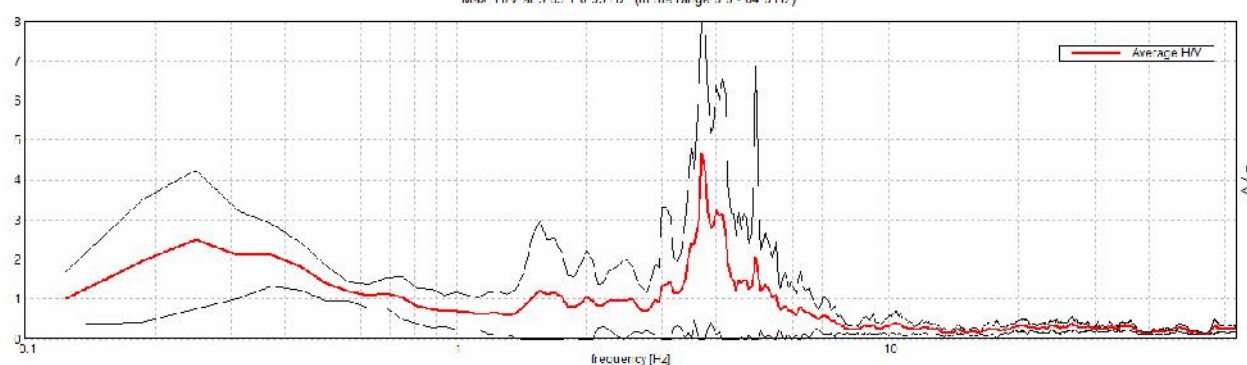
Window size: 15 s

Smoothing type: Triangular window

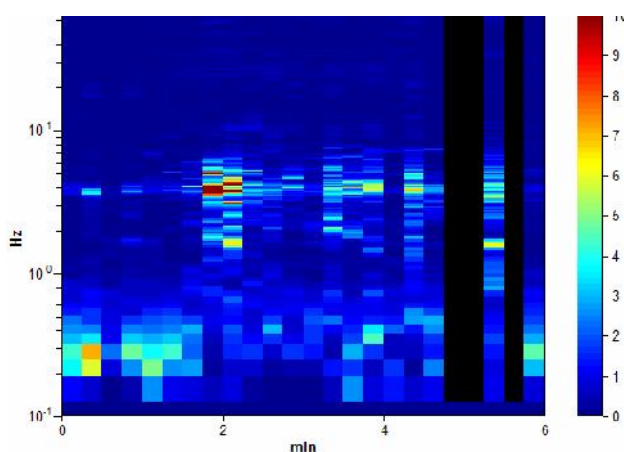
Smoothing: 1%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

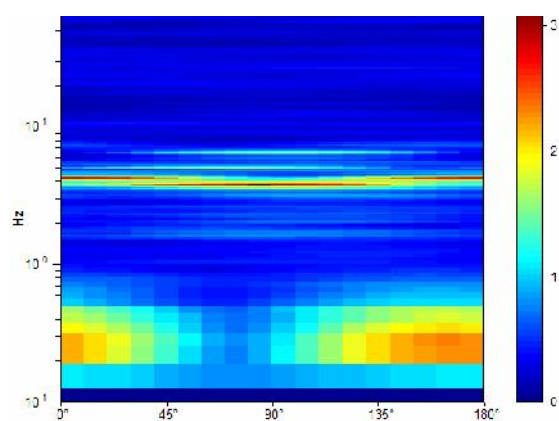
Max H/V at 3.65 + 0.93 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz)



### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



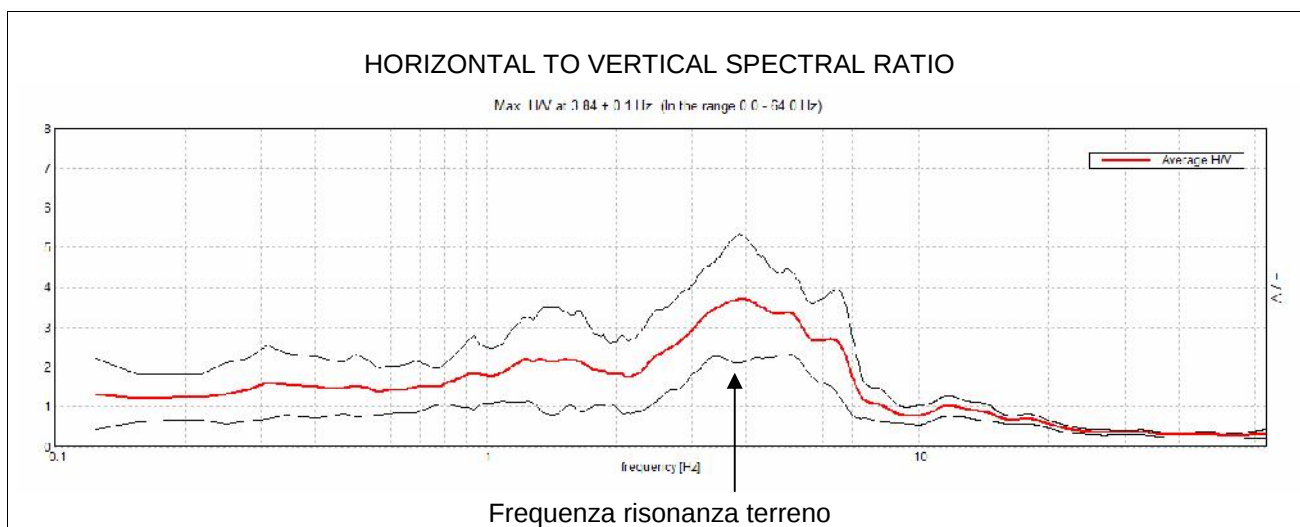


### Sintesi risultati analisi H/V

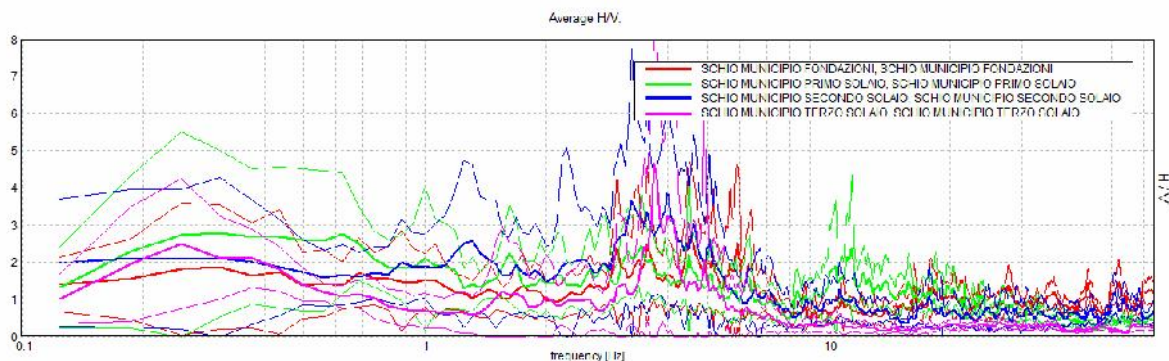
Per mettere in luce i modi di vibrare di una struttura è necessario rimuovere dalle registrazioni l'effetto del suolo. La tecnica classica per effettuare questa operazione si chiama Standard Spectral Ratio (SSR)

Sono state selezionate le tracce acquisite ai vari piani della struttura; è stata selezionata la traccia "sito" ovvero quella di riferimento H/V (cioè rispetto alla quale si devono deconvolvere le altre tracce) e scelta la misura al piano di fondazione.

I risultati ottenuti sono i seguenti:



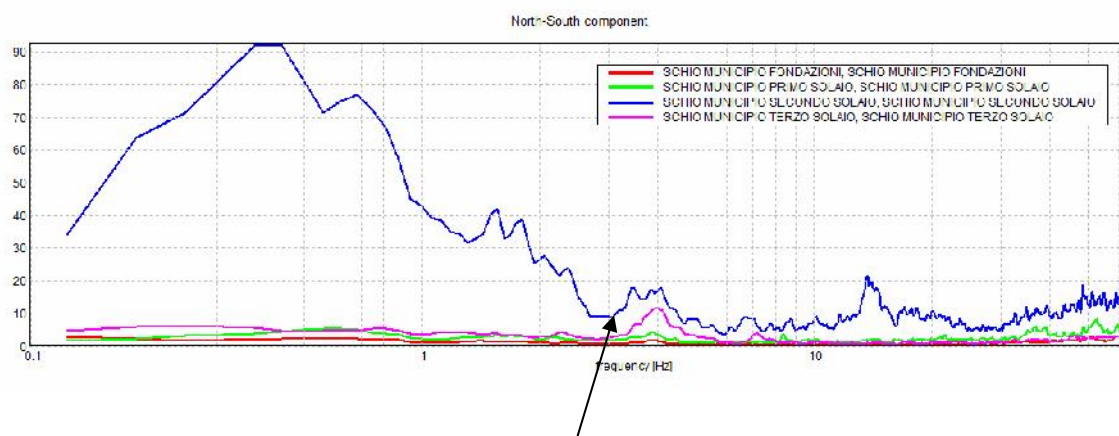
Sito: Picco H/V Terreno Max. H/V at 3.84 Hz



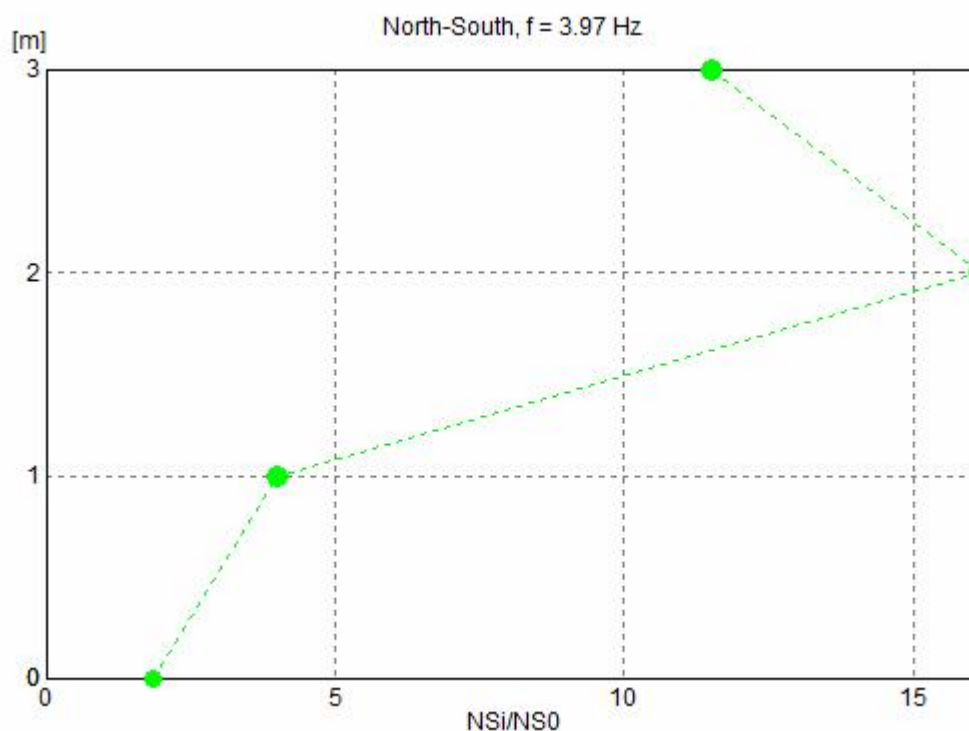
Tracce oggetto di SSR



Allegato 7.2 - Misure vibrometriche – Municipio



Edificio: Picco Max. at 3.97 Hz



Frequenza di risonanza dell'edificio utilizzando esclusivamente il grafico del sito di riferimento  $H_i/H_0$

**$f = 3.97\text{Hz}$**

Le frequenze di risonanza del sito sono risultate pari a:

- **Sito: Terreno Max. H/V at 3.84 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**
- **Edificio: Frequenza di risonanza 3,97 Hz.**

Nel caso in cui una sollecitazione si prolunghi nel tempo essa può diventare particolarmente pericolosa per l'edificio, progettato come elastico, quando il terreno trasmette una componente del segnale sismico che abbia la stessa frequenza di oscillazione della struttura:

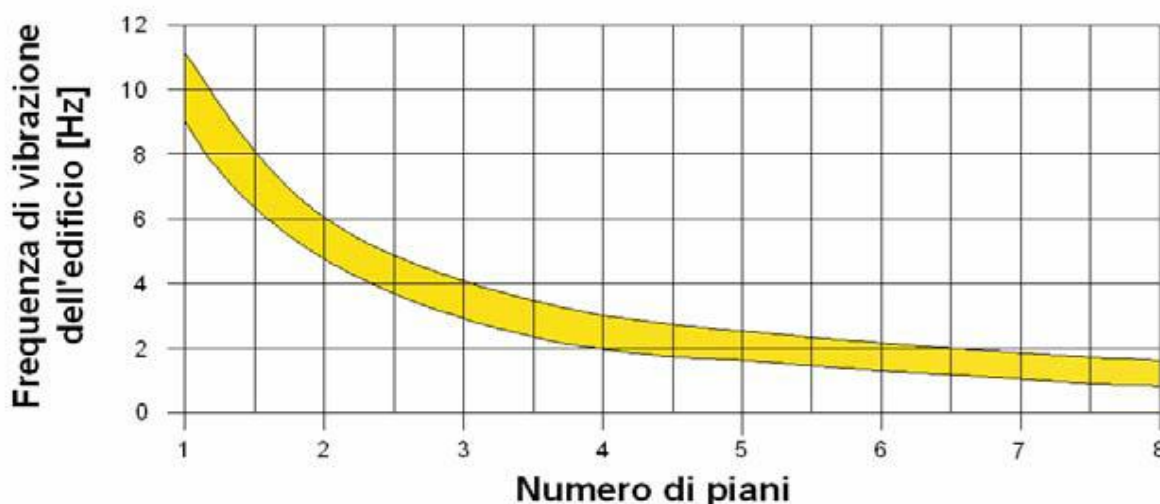
- Frequenza di oscillazione del terreno <  $F_n$  frequenza naturale di oscillazione della struttura → i danni sono "limitati"
- Frequenza di oscillazione del terreno =  $F_n$  frequenza naturale di oscillazione della struttura → i danni sono "illimitati".

Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula (cfr. Es. Pratt):

**freq. Naturale edificio  $\approx 10$  Hz / numero piani**

E' la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura ad essere particolarmente pericolosa, poiché dà luogo alla massima amplificazione e deve quindi essere oggetto di studi approfonditi.

**freq. naturale edificio  $\approx$  freq. fondamentale di risonanza del sito**



Dai risultati ottenuti si osserva che la frequenza di risonanza della struttura risulta uguale alla frequenza di risonanza del terreno (di sito).

**Frequenza terreno 3,84 Hz = frequenza edificio 3,97 Hz.**

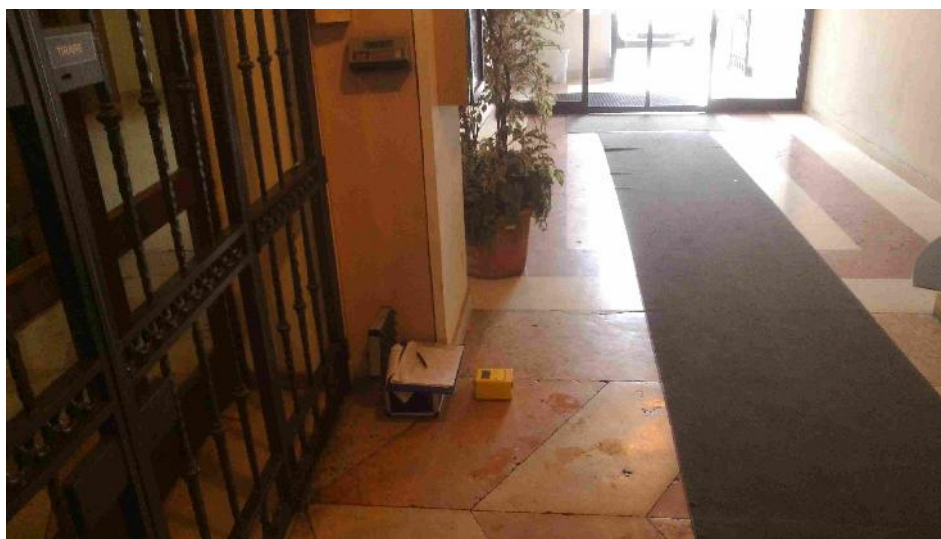
**Le frequenze di risonanza risultano molto vicine con il rischio di aumentare i danni in caso di terremoto.**



Documentazione fotografica



H/V Terreno



Fondazioni



Primo solaio



Secondo solaio



Terzo solaio