

**REGIONE DEL VENETO**

**COMUNE DI  
ASOLO**

**PROVINCIA DI  
TREVISO**

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA**

**“SPORTELLO UNICO PER LE ATTIVITA' PRODUTTIVE  
AMPLIAMENTO AUTOSERVIZI”**

**COMMITTENTE : De Zen Michele s.a.s.**

**MASER, Dicembre 2013**

**Il geologo**

**Livio dott. Sartor**



## 1. PREMESSA

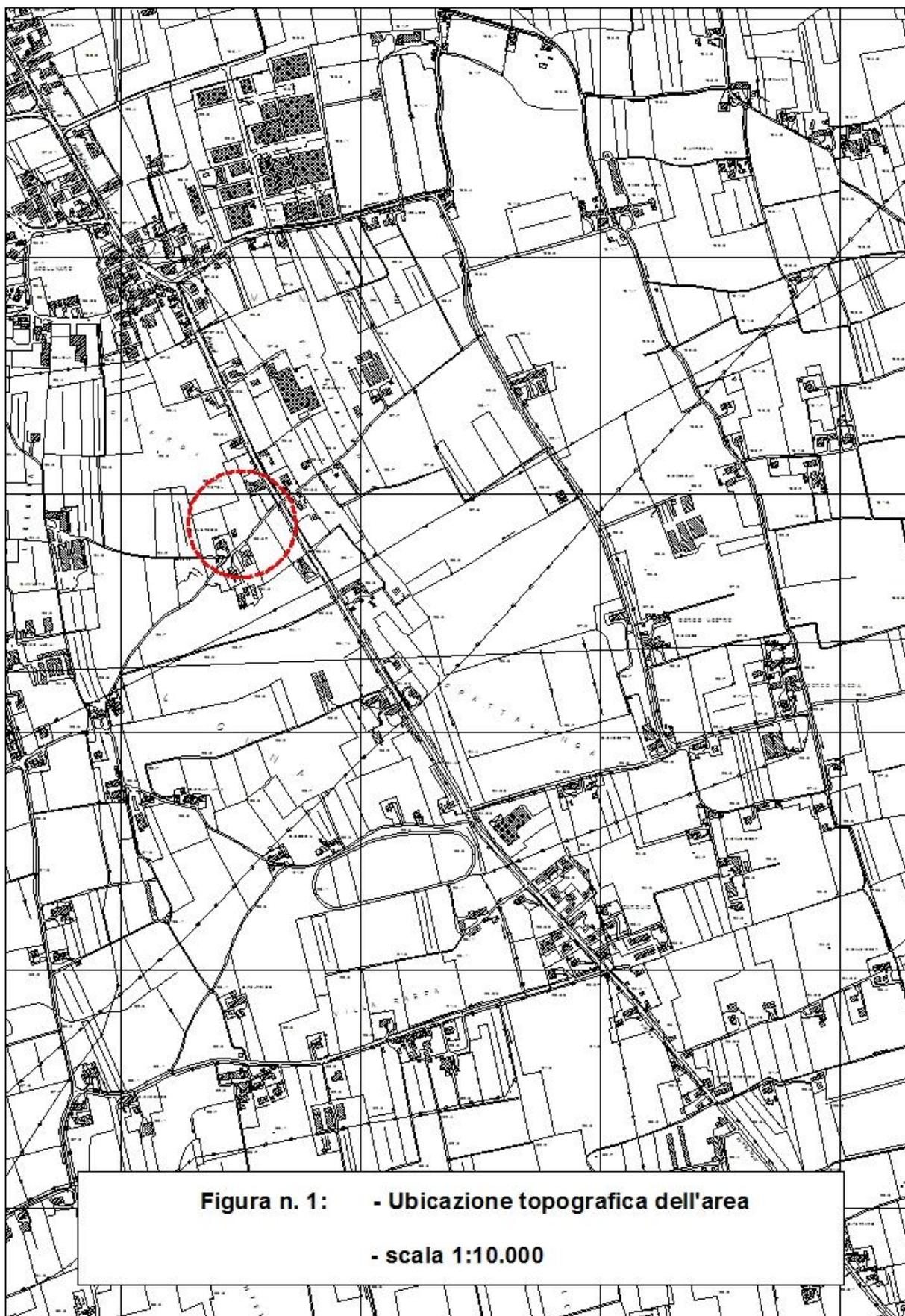
Su incarico della ditta De Zen Michele, questo studio ha effettuato una indagine geologica richiesta dagli organi tecnici competenti, per l'ampliamento di un fabbricato ad uso autoservizi nel Comune di Asolo (TV).

In seguito all'avvenuta pubblicazione nella G.U. della Repubblica Italiana n.147 in data 31.05.1982 del decreto 14.05.1982 ( Ministero dei LL.PP.) "Aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche della Regione Veneto" il Comune di Asolo, in Provincia di Treviso, e' divenuto zona sismica ai sensi e per gli effetti della legge 02.02.1974 n. 64 con grado di sismicità = 9; con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20.03.2003 questo comune è stato classificato sismico e rientra nella "zona n.2". Nel D.M. 21.01.1981 sono contenute le " Norme Tecniche ... " di attuazione della sopracitata legge n. 64 poi precisata dalle " Istruzioni con circolare LL.PP. 03.06.1981 n. 21597. Nel D.M. 11.03.1988 sono contenute le " Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. La Regione Veneto con circolare n.9 del 05.04.2000 "Indirizzi in materia di prescrizioni tecniche da osservare per la realizzazione di opere pubbliche e private. Obblighi derivanti dalla L. 02.02.1974 n.64 e dal D.M. 11.03.1988", ha prescritto a tutti gli Enti locali del Veneto la relazione geotecnica "per le opere pubbliche o private ...". Con la Legge del 24.06.2009 n.77 "Interventi urgenti a favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici nella regione Abruzzo di aprile 2009...", all'art. 1 bis, si anticipa al 01.07.2009 l'entrata in vigore delle "Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 14.01.2008.

Le indagini sono consistite in :

- rilievo geologico, geomorfologico e idrogeologico di un'area convenientemente estesa;
- sondaggio esplorativo;
- indagine sismica HVSR;
- elaborazione dei dati di campagna.

Le informazioni e le indagini locali sono state inquadrare nelle conoscenze geologiche e idrogeologiche regionali, reperibili nella bibliografia ufficiale e in studi editi e inediti.



## 2. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOMORFOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE

La morfologia locale, come si può osservare nella corografia alla scala 1 :10.000, può fornire un tipico esempio di quanto il paesaggio di una zona sia influenzato dalla propria situazione geologica. Il settore Nord Occidentale della Provincia di Treviso è geologicamente e geomorfologicamente dominato dal Massiccio del Grappa e da una serie di colline quasi parallele tra loro, orientate grosso modo secondo la direzione Nord-Est Sud-Ovest.

Si ha una nettissima relazione tra geologia e geomorfologia, che si esplica soprattutto nell'erosione selettiva dei vari termini della serie geologica : maggiore erosione nei terreni più teneri (marne e argille) che diventano facile preda delle acque meteoriche, e una erosione minore, per non dire quasi assente nei terreni più duri (arenarie, calcari e conglomerati) .

Viene così a formarsi il tipico paesaggio, detto "a corde", dell'alta pianura trevigiana, in cui si riconoscono file di rilievi collinari intercalati da valli ad esse parallele.

L'area in oggetto è posta a sud dell'ultimo sistema collinare meridionale, in zona pianeggiante, dove affiorano le seguenti unità geologiche:

- **Materiali granulari più o meno addensati dei terrazzi fluviali e/o fluvioglaciali antichi a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa, mediamente permeabili per porosità (*Wurm - circa 84/10.000 anni fa*)**

Questi materiali sono stati depositati principalmente durante il periodo fluvioglaciale del Wurm, dalle divagazioni dei F. Piave - Brenta; essi depositava ingenti quantità di materiali, il trasporto solido era infatti molto abbondante per la maggiore portata dovuta allo scioglimento dei ghiacciai, da cui traevano origine.

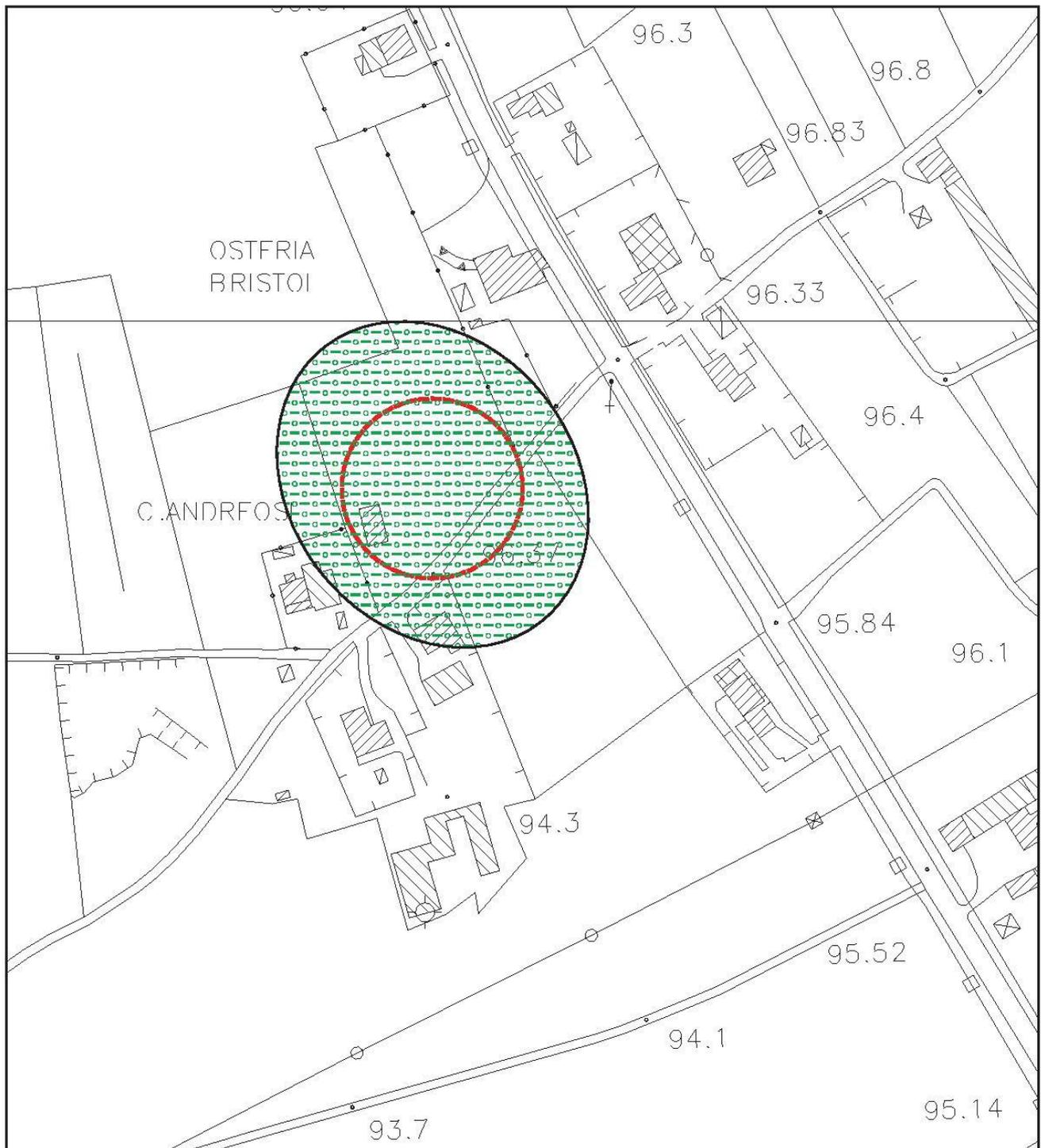
I sedimenti sono costituiti da alluvioni ghiaiose e ghiaioso sabbiose, a volte cementate, i cui elementi sono arrotondati; ad esse sono alternate lenti sabbiose di modesta estensione laterale. Dall'analisi di stratigrafie profonde relative a pozzi idrici esistenti nel territorio, si può sottolineare che le ghiaie con matrice sabbiosa, sono intercalate in profondità con livelli cementati conglomeratici.

Nel sito in oggetto questo litotipo affiora alla profondità di 1.50 metri dal p.c., e presenta una matrice limosa, mentre dalla profondità di -3.00 metri dal p.c., la matrice è sabbiosa.

- **Materiali alluvionali a tessitura prevalentemente limo-argillosa, poco permeabili per porosità**

Sono terreni che costituiscono principalmente la zona di transizione dalle aree ferrettizzate (depositi di “ferretto” delle colline asolane) e di conoide a quelle con depositi ghiaiosi fluvioglaciali del Wurm, e secondariamente modeste aree vallive della zona collinare.

Le acque torrentizie, che dalle colline si riversavano e procedevano sull'antistante pianura ghiaiosa, venivano assorbite, e abbandonavano di conseguenza su di essa le loro torbide residue, costituendo un cappello di copertura. Si delineava perciò una zona di raccordo tra i depositi di alluvione pedecollinare e le masse alluvionali deposte dalle grandi correnti fiumi Piave e Brenta. Nella zona in esame vi sono dei terreni argillosi poggianti sui depositi fluvioglaciali ghiaiosi.



**Figura n. 2: - CARTA GEOLITOLOGICA-GEOMORFOLOGICA-IDROGEOLOGICA**



**- Materiali alluvionali a tessitura prevalentemente limoso-argillosa superficiale, poco permeabili per porosità, poggianti su litotipi granulari più o meno addensati dei terreni fluviali e/o fluvio-glaciali a tessitura prevalentemente ghiaioso-sabbiosa, media\_mente permeabili per porosità**

**- scala 1:2.000**

L'idrogeologia dell'area è nota nei suoi caratteri generali dalla bibliografia e da tutta una serie di indagini condotte in zona per studi di carattere stratigrafico ed idrogeologico.

Nel materasso alluvionale fluviale e/o fluvio-glaciale antico del Wurm è presente una falda, la cui alimentazione è soprattutto legata alle dispersioni dei fiumi Piave e Brenta. Il sottosuolo è solcato soprattutto dai paleoalvei di questi fiumi che, in epoca geologicamente recente, hanno più volte cambiato il suo percorso determinando delle zone con terreni a permeabilità differenziata. Lungo tutto il tracciato di questi fiumi esistono laghi naturali, artificiali e numerose derivazioni ad uso generalmente irriguo che ne modificano il regime. Le portate medie mensili raggiungono valori massimi nei mesi di Maggio e Giugno, in corrispondenza del regime pluvio-nivale di tipo prealpino, inoltre piene si hanno anche nel periodo autunnale. Le magre del fiume si manifestano durante il periodo estivo ed invernale, quando generalmente si prolungano sino ad Aprile; a volte le magre estive sono interrotte da morbide intense nel bacino montano.

La presenza di questi materiali, prevalentemente grossolani, permette l'esistenza di una potente falda idrica a carattere freatico. L'acquifero indifferenziato ha una notevole continuità laterale in senso Est-Ovest; numerosi studi hanno dimostrato che l'alimentazione dell'acquifero nell'alta pianura trevigiana-vicentina avviene prevalentemente in seguito a dispersioni del subalveo dei fiumi Piave e Brenta; secondariamente contribuiscono le precipitazioni efficaci, le irrigazioni ed i deflussi provenienti dalle zone pedemontane lungo paleoalvei sepolti. La falda in corrispondenza dell'area interessata si trova ad una quota superiore ai cinquanta metri dal piano campagna. I fattori di alimentazione naturali delle falde sono individuabili nella dispersione dei corsi d'acqua, nella infiltrazione diretta degli afflussi meteorici e nella infiltrazione dei ruscellamenti dai versanti posti ai limiti settentrionale e occidentale della pianura Veneta.

Il fattore di ricarica più importante è la dispersione di subalveo dei corsi d'acqua. Il processo inizia allo sbocco in pianura delle valli montane e prosegue per vari chilometri verso valle. Lungo i tronchi d'alveo disperdenti la carta delle isofreatiche fa rilevare marcatissimi assi di alimentazione. L'alimentazione per dispersione d'acqua dagli alvei al sottosuolo determina tutta una serie di caratteri peculiari nelle falde: una strettissima analogia tra il regime dei corsi d'acqua e quello degli acquiferi sotterranei; una maggiore oscillazione della falda a ridosso dei tratti disperdenti; direzioni di deflusso della falda divergenti lateralmente dai letti fluviali.

Il processo di dispersione è messo in risalto dalla mancanza di deflussi superficiali in alveo per estesi periodi dell'anno lungo buona parte dei tronchi disperdenti. Il fenomeno si verifica quando le portate di magra sono interamente assorbite dal sottosuolo allo sbocco del fiume in pianura, una situazione che si verifica quasi ogni anno.

L'importanza del processo di dispersione nella ricarica naturale degli acquiferi sotterranei è valutabile dalle dimensioni delle portate disperse e dal confronto tra queste e i valori delle portate di alimentazione attribuibili agli altri fattori. Un ulteriore contributo all'alimentazione delle falde è fornito dall'infiltrazione delle acque irrigue, il cui uso è ancora ampiamente diffuso nella pianura del Piave. Le irrigazioni a scorrimento, che sono il tipo più comune, forniscono al sottosuolo ghiaioso dell'alta pianura infiltrazioni fino al 30-40% delle acque immesse.

Nel sito in esame la profondità media della falda è compresa tra circa -50 /-60 metri dal piano campagna.

### 3. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Considerata la natura dei terreni che costituiscono l'area in esame è stata eseguita una trincea esplorativa, la quale ha messo in evidenza i seguenti litotipi:

- Trincea n.1: vi è un primo strato dello spessore di 0.90 metri di terreno vegetale, un secondo strato dello spessore di 0.60 metri di limo argilloso di colore marrone-rossastro con rari ciottoli, un terzo strato dello spessore di 1.50 metri di ghiaia con matrice limosa, e infine un quarto terreno dello spessore di 1.0 metro di ghiaia con matrice sabbiosa.

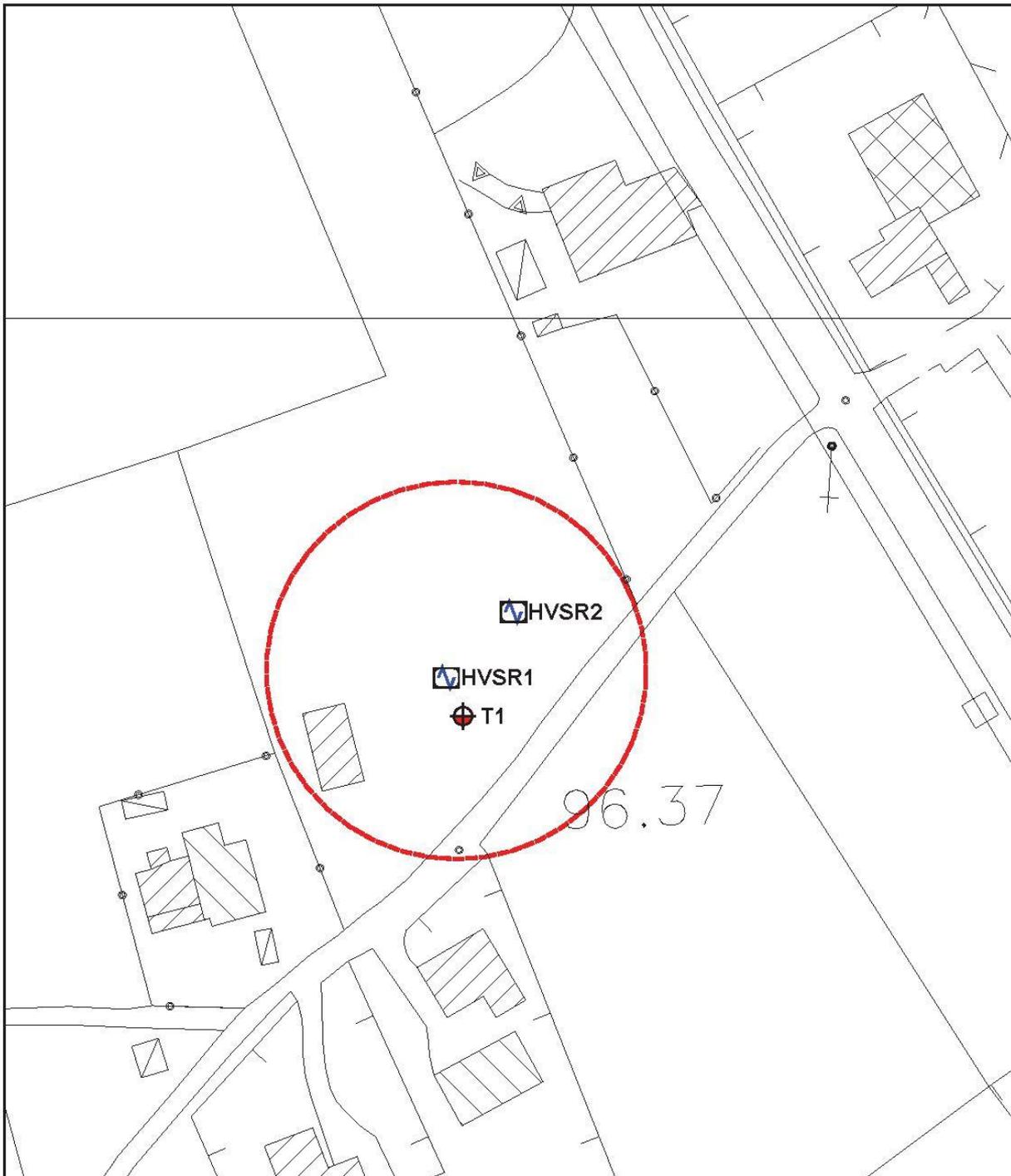
Nella trincea esplorativa non sono state riscontrate venute d'acqua, sono stati prelevati dei campioni e sono stati determinati i seguenti parametri geotecnici:

• **Campione n.1** ( trincea n.1 - profondità circa – mt 1.40 dal p.c.)

- $\gamma$  ( peso di volume).....= 1.7 gr/cmc
- cu (coesione non drenata).....= 0.6 Kg/cmq
- $\phi$  (angolo d'attrito) .....= /

• **Campione n.2** (trincea n.2 - profondità circa – mt 3.50 dal p.c.)

- $\gamma$  ( peso di volume).....= 2.1 gr/cm<sup>3</sup>
- $c_u$  (coesione non drenata).....= / Kg/cm<sup>2</sup>
- $\phi$  (angolo d'attrito) .....= 40°



**Figura n. 3:** T1  - Ubicazione Trincea esplorativa

HVSR1  - Stazione microtremore a stazione singola

- scala 1:1.000

Committente	De Zen Michele	SONDAGGIO	FOGLIO
Cantiere	via Capitello	<b>1</b>	<b>1</b>
Località	Asolo (TV)	Il geologo /	
Data Inizio	04.12.2013		

Scala 1:50	Stratigrafia	Descrizione	Profondita'	Potenza
		Terreno vegetale		0.90
		Terreno limoso argilloso di colore marrone rossastro, con rari ciottoli	0.90	0.60
		Ghiaia con matrice limosa e con ciottoli prevalentemente calcarei	1.50	1.50
		Ghiaia con matrice sabbiosa	3.00	1.00
			4.00	

Non si sono riscontrate venute d'acqua.

## 4. INDAGINI E RISCHIO SISMICO

### 4.1 Indicazioni generali

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20.03.2003 questo comune è stato classificato sismico e rientra nella "zona n.2" .

L'oggetto della norma, ripresa successivamente dalle *Norme tecniche per le costruzioni* DM 14 gennaio 2008, qui di seguito riportata, disciplina la progettazione e la costruzione di opere d'arte soggette ad azioni sismiche, nonché la valutazione della sicurezza e gli interventi di adeguamento su opere esistenti soggette al medesimo tipo di azioni sismiche.

Al paragrafo 3.2.2 «*Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche*» si fa espresso riferimento ad indagini sismiche allo scopo di classificare il suolo di fondazione sulla base del valore di  $V_{s30}$  cioè del valore medio della velocità delle onde di taglio fino a 30 metri di profondità e comunque fino alla profondità significativa. Si sottolinea inoltre che "...la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori... $N_{spt30}$  ...e della ... $c_{u30}$  ...".

Riportiamo di seguito il paragrafo 3.2.2 e 3.2.3 in parte, delle "Norme tecniche per le costruzioni" del 14.01.2008.

### **"3.2. Azione sismica**

... 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** quale definita al capitolo 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{vr}$ , come definite nel capitolo 3.2.1, nel periodo di riferimento  $V_r$ , come definito nel capitolo 2.4. ...

...In allegato alla presente norma, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di  $a_g$ ,  $F_0$ , e  $T^*_c$ .

...

### **3.2.1 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel capitolo 7.11.3 In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di

riferimento (Tab 3.2.II e 3.2.III).

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

**A** – Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

**B** – Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto 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 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica  $NSPT > 50$ , o coesione non drenata  $c_u > 250$  kPa).

**C** - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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 e 360 m/s ( $15 < NSPT < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_u < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

**D** - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  inferiori a 180 m/s (ovvero  $NSPT < 15$  nei terreni a grana grossa e  $c_u < 70$  kPa nei terreni a grana fina).

**E** – Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 metri, posti sul substrato di riferimento con  $V_{s30} > 800$  m/s.

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s30}$  di propagazione delle onde di taglio (definita successivamente) entro i primi 30 metri di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano d'imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (SPT)  $N_{spt30}$  (definito successivamente) nei terreni a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente  $Cu30$  (definita successivamente) nei terreni prevalentemente a grana fine. Per queste cinque categorie di suolo, le azioni sismiche sono definite al capitolo 3.2.3 delle presenti norme. Per i sottosuoli appartenenti alle ulteriori categorie **S1** e **S2** di seguito indicate (Tab. 3.2.III), è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensitività possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo

**S1** – Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/sec, (ovvero  $10 < cu < 70$  kPa), che includono uno strato di almeno 8 metri di terreni a grana fine a bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 metri di torba o di argille altamente organiche.

**S2** – Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

La velocità equivalente delle onde di taglio Vs30 è definita dall'espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} \text{ (m/s)}$$

...

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo compreso nei primi 30 metri di profondità....

Nel caso di sottosuoli costituiti da stratificazioni di terreni a grana grossa e a grana fina, distribuite con spessori confrontabili nei primi 30 metri di profondità, ricadenti nelle categorie da **A** ad **E**, quando non si disponga di misure dirette della velocità delle onde di taglio si può procedere come segue:

- determinare  $N_{spt30}$  limitatamente agli strati di terreno a grana grossa compresi entro i primi 30 metri di profondità;
- determinare  $Cu_{30}$  limitatamente agli strati di terreno a grana fina compresi entro i primi 30 metri di profondità;
- individuare le categorie corrispondenti singolarmente ai parametri  $N_{spt30}$  e  $Cu_{30}$ ;
- riferire il sottosuolo alla categoria peggiore tra quelle individuate al punto precedente.

### **Condizioni topografiche**

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (tab. 3.2.IV):

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

- T1** – Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ;
- T2** – Pendi con inclinazione media  $i > 15^\circ$ ;
- T3** – Rilievi con larghezza della cresta molto minore che alla base e inclinazione media  $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ ;
- T4** – Rilievi con larghezza della cresta molto minore che alla base e inclinazione media  $i > 30^\circ$ .

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

### 3.2.3. Valutazione dell'azione sismica

#### 3.2.3.1 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Quale sia la probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{vr}$  considerata, lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle seguenti espressioni:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot [T/T_B + 1/\eta \cdot F_0 (1 - T/T_B)]$$

...

nelle quali  $T$  ed  $S_e$  sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale. Inoltre:

$S$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la seguente relazione  $S = S_s \cdot S_T$  essendo  $S_s$  il coefficiente di amplificazione topografica (v. tab. 3.2V) e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica (vedi tab. 3.2 VI);

$\eta$  ...

$F_0$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha il valore minimo pari a 2,2;

$T_c$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da  $T_c = C_c \cdot T^*c$ , dove  $T^*c$  è definito dal capitolo 3.2 e  $C_c$  è un coefficiente funzione della categoria del sottosuolo (v. tab. 3.2V);

...

#### 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. 3.2V, nelle quali  $g$  è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi

Tabella 3.2.V Espressioni di  $S_s$  e  $C_c$

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T^*c)^{-0,2}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T^*c)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T^*c)^{-0,5}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T^*c)^{-0,4}$

### **Amplificazione topografica**

*Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati in tab. 3.2 VI, in funzione delle categorie topografiche definite in capitolo 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.*

*Tabella 3.2.VI Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$*

<i>Categoria topografica</i>	<i>Ubicazione dell'opera o dell'intervento</i>	<i><math>S_T</math></i>
<i>T<sub>1</sub></i>	<i>/</i>	<i>1,0</i>
<i>T<sub>2</sub></i>	<i>In corrispondenza della sommità del pendio</i>	<i>1,2</i>
<i>T<sub>3</sub></i>	<i>In corrispondenza della cresta del rilievo</i>	<i>1,2</i>
<i>T<sub>4</sub></i>	<i>In corrispondenza della cresta del rilievo</i>	<i>1,4</i>

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

...

## **4.2 Sismicità del territorio**

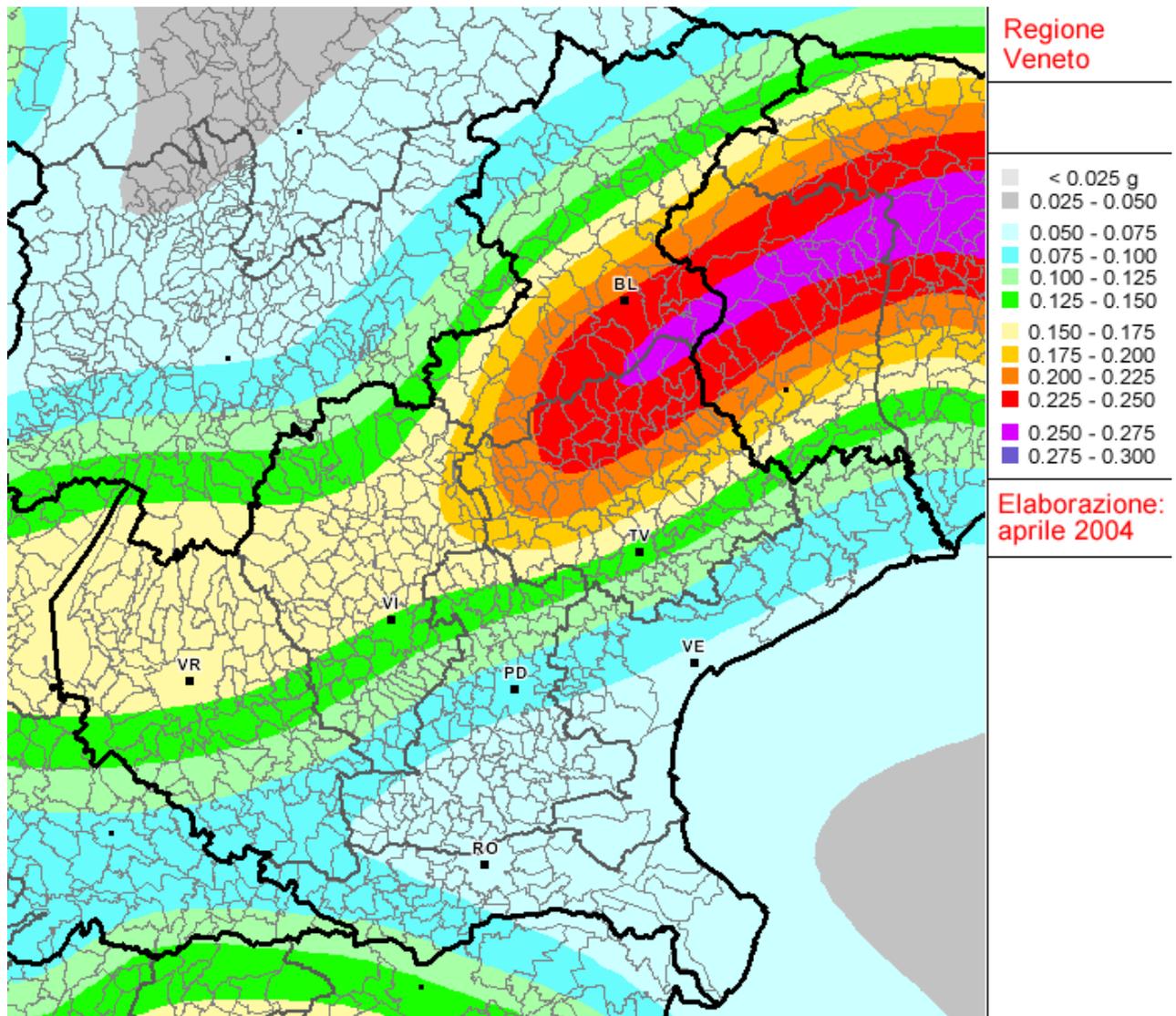
### **4.2.1 Premessa**

Con la nuova normativa sismica, per definire l'azione sismica di progetto, si deve valutare l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale. In caso alternativa si può utilizzare la classificazione dei terreni presente nelle "Norme tecniche per le Costruzioni" (dm 14.01.2008), basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio  $V_s$  entro 30 metri di profondità. Un modello di riferimento per la descrizione del moto sismico sul piano di fondazione è costituito dallo spettro di risposta elastico, altro modello consiste nel descrivere il moto del suolo mediante accelerogrammi.

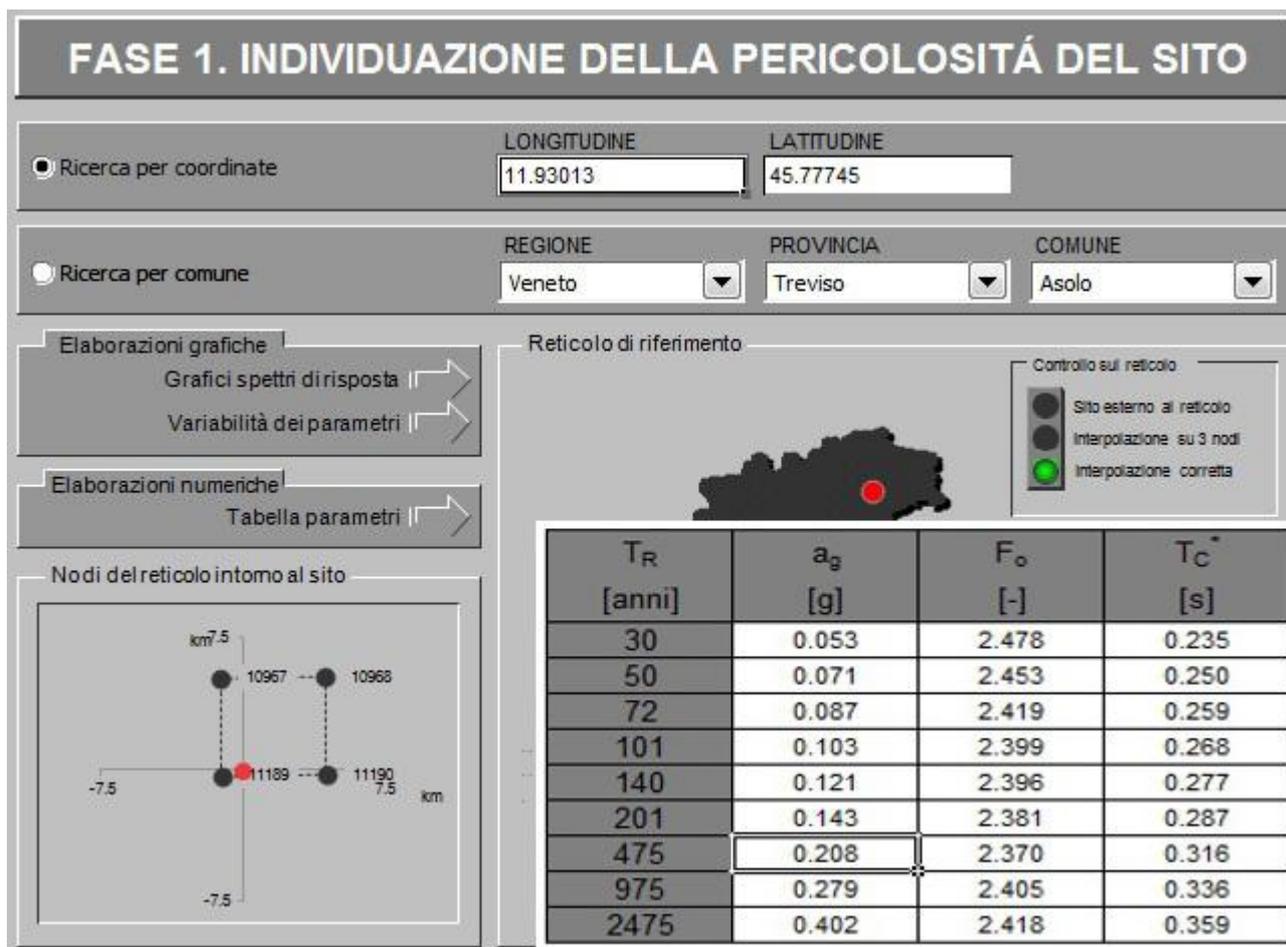
Lo spettro di risposta elastico è costituito da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita allo smorzamento convenzionale del 5% e considerata indipendente dal livello di sismicità, moltiplicata per il valore della accelerazione massima convenzionale del terreno fondale " $a_g$ " che caratterizza il sito. Nella espressione dello spettro di risposta elastico, sia nella sua componente orizzontale che verticale, assume importanza non solo il parametro " $a_g$ " ma anche " $S$ ", quest'ultimo è il fattore che tiene conto della categoria del suolo di fondazione in funzione alla velocità delle onde di taglio  $V_s$  nei primi trenta metri di profondità, e della componente di amplificazione topografica del sito.

Con l'OPCM n. 3519 del 28.04.2006 e DGRV n.71/2008 si approva la "*Mappa di pericolosità sismica del territorio Nazionale*" espressa in termini di accelerazione massima al suolo ( $a_g \max$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) riferita ai suoli molto rigidi ( $V_s > 800$  m/sec). Il valore di " $a_g$ ", per il Comune di Asolo, in zona "2", riferita a suoli molto rigidi ( $V_s > 800$  m/s) varia da 0,175g a 0.225g.

Per quanto riguarda la pericolosità di base del sito di intervento, in riferimento ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni ( $T_r = 475$  anni), il calcolo eseguito con il programma "Spettri di risposta – ver. 1.0.3" del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici mediante interpolazione per superficie rigata, individua la pericolosità sismica del sito di intervento con un valore di  $a_g$  riferito a suoli rigidi caratterizzati da  $V_{s30} > 800$  m/s pari a **0.208g**.



**Fig. 4 -** Mappa della pericolosità sismica della Regione del Veneto espressa in termini di accelerazione massima al suolo ( $a_g \max$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) riferita ai suoli molto rigidi ( $V_s > 800$  m/sec)



**Fig. 5 - Parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c$  per i periodi di ritorno  $T_r$  di riferimento (da software LL.PP. "Spettri NTC vers. 1.0.3")**

Nel 2004 è stato aggiornato il Catalogo Parametrico dei Terremoti (CPTI04 - catalogo dei terremoti dal 217 a.C. al 2002 ) da parte di INGV; dall'analisi di questo catalogo possiamo rilevare che i terremoti aventi epicentro entro un raggio di circa 30 km dal centro abitato di Casella D'Asolo e con magnitudo  $M_{aw} \geq 5$  sono i seguenti:

- anno 1268 nel Trevigiano con  $M_{aw}=5.37$ ;
- anno 1695 nell'Asolano con  $M_{aw}=6.61$ ;
- anno 1836 nel Bassanese con  $M_{aw}=5.48$ ;
- anno 1860 nel Valdobbiadense con  $M_{aw}=5.17$ ;
- anno 1861 nella zona di Castelfranco V.to con  $M_{aw}=5.03$ ;
- anno 1887 nell'Asolano con  $M_{aw}=5.17$ ;
- anno 1894 nella zona di Fonzaso con  $M_{aw}=5.03$ ;
- anno 1895 nel Valdobbiadense con  $M_{aw}=5.06$ ;
- anno 1900 nel Valdobbiadense con  $M_{aw}=5.22$ ;
- anno 1943 nel Valdobbiadense con  $M_{aw}=5.18$ .

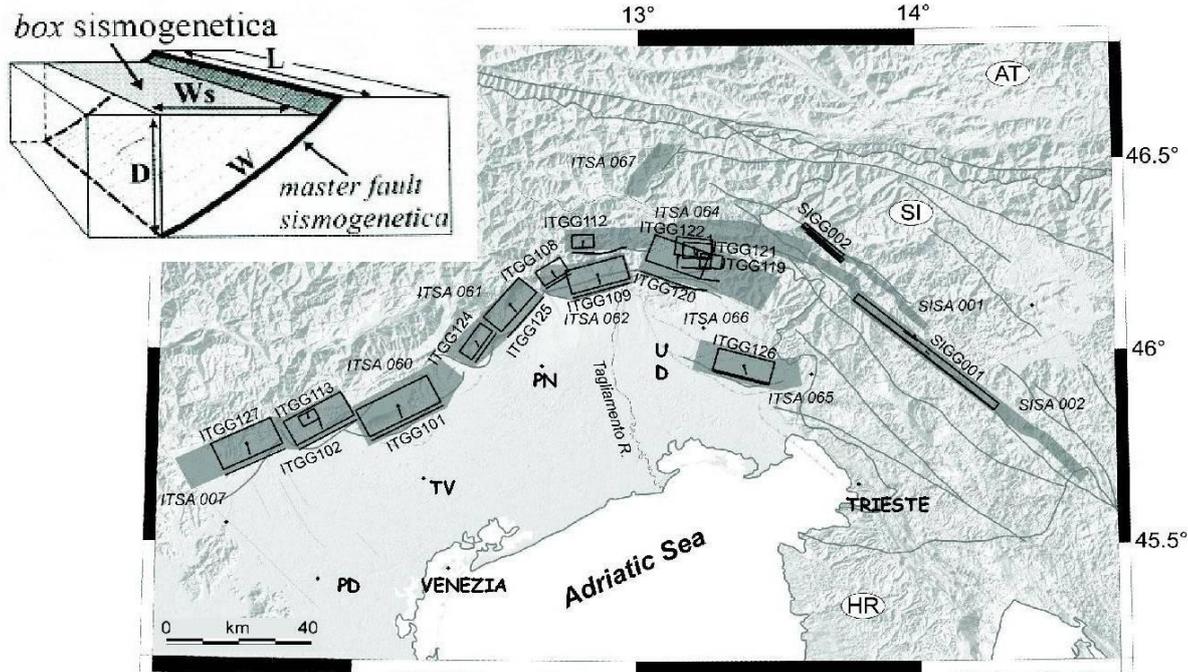
Il sisma con maggiore intensità negli ultimi 2000 anni, con epicentro entro i 30 km circa di raggio è avvenuto il 25.02.1695 nell'asolano (lat. 45°48', long. 11°57' poco a Est della Chiesa di Crespignaga di Maser) con intensità epicentrale di 9.5 e magnitudo  $M_{aw}=6.61$ .

#### **4.2.2 Sorgenti sismogenetiche responsabili di terremoti**

Verso la fine degli anni '90 sono iniziate delle ricerche geologico-strutturali, sul fronte pliocenico (7-1.5 milioni di anni fa) - quaternario (1.5 milioni all'attuale) nell'Italia Nord Orientale e sul suo potenziale sismogenetico; con tale studio sono stati ridefiniti l'architettura del fronte sepolto della pianura friulano-veneta, lo schema dei rapporti fra i sovrassorimenti paleocenici dinarici WSW-vergenti e quelli neoalpini SSE-vergenti e il quadro dell'evoluzione miocenica superiore-quaternaria dell'area.

In figura n. 6 è rappresentato lo schema dei segmenti ritenuti attivi, accompagnati dalla proiezione in superficie del piano di rottura rettangolare. In particolare per l'area del trevigiano Nord-occidentale e il feltrino, evidenziamo tre sorgenti sismogenetiche:

- ITGG101 (Montello) alla quale non è associato alcun terremoto significativo (zona silente), ed è associata all'area sismogenetica ITSA060 Montebelluna - Montereale;
- ITGG113 (Monte Grappa) a cui è associato il sisma del 12.06.1836 con epicentro nel Bassanese; appartiene all'area sismogenetica ITSA007 Thiene-Cornuda;
- ITGG102 (Bassano-Cornuda) a cui è associato il sisma del 25.02.1695 con epicentro nell'Asolano; appartiene all'area sismogenetica ITSA007 Thiene-Cornuda.



**Le sorgenti sismogeniche individuate nell'Italia nord-orientale e nella Slovenia occidentale inserite nel DISS - vers. 03 (Database of Individual Seismogenic Sources).**

Le sorgenti sismogeniche individuali sono evidenziate in nero. Esse sono rappresentate con un rettangolo che è la proiezione del piano di faglia sulla superficie esterna e da una linea che rappresenta la proiezione della linea di rottura sulla superficie stessa. La freccetta nera all'interno del rettangolo rappresenta la direzione del vettore di movimento (vettore di slip sotto forma di angolo di rake). In grigio le aree con caratteristiche sismogeniche omogenee (aree sismogeniche). (Burrato et al., Tectonophysics, 2008).

**Fig. 6 - Sorgenti sismogenetiche dell'Italia Nord-Orientale (Buratto e altri 2008)**

In Tab.1 sono riportate le sorgenti sismiche di terremoti di  $M \geq 6$  e i relativi parametri geometrici e cinematici, dell'area in studio o immediatamente limitrofa. La struttura Montello-Conegliano sembra essere caratterizzata da comportamento silente, sulla base dell'assenza di terremoti storici riferibili alla sua attuazione, mentre per la Thiene-Bassano alcuni autori l'associano al terremoto del 03.01.1117 con epicentro nel Veronese.

ID	Name	LAT	LON	Length (km)	Width (km)	Depth (km)	Strike (°)	Dip (°)	Rake (°)	Slip rate (mm/a)	Associated earthquake	M <sub>w</sub>
ITGG127	Thiene-Bassano	45.69	11.54	18.0	9.5	1.0-5.8	244	30	80	0.10-1.00	Unknown	6.6
ITGG102	Bassano-Cornuda	45.75	11.79	18.0	9.5	1.0-6.4	240	35	80	0.70-0.87	25 Feb 1695	6.6
ITGG113	Monte Grappa	45.85	11.85	5.0	3.9	0.5-2.7	60	35	80	0.10-1.00	12 Jun 1836	5.5
ITGG101	Montello	45.88	12.31	22.0	11.2	1.0-8.2	242	40	80	0.47-1.56	Unknown	6.7
ITGG124	Cansiglio	45.98	12.41	10.0	6.4	1.5-6.4	214	50	60	0.52-0.65	18 Oct 1936	6.1

**Tab.1 - Caratteristiche sismogenetiche di alcune sorgenti di Fig.6**

Le zone sismogenetiche sono state definite in base a uniformità dello stile deformativo e della congruenza cinematica con il modello deformativo. In base alla cartografia ZS9 (v. fig. 7). Le aree del trevigiano settentrionale e del feltrino possono essere associate alle zone 905 e 906, caratterizzate da strutture a pieghe sud-vergenti del Sudalpino orientale e faglie inverse associate; la zona 905 include sorgenti sismogenetiche potenzialmente responsabili di terremoti con magnitudo  $M > 6$ , e racchiude un'area in cui la frequenza di eventi sismici (anche di magnitudo medio-alte) è nettamente superiore a quella delle zone adiacenti. La zona 905 comprende anche la sorgente del Montello (potenzialmente responsabile di terremoti con  $M > 6$ ), che, in base ai dati attualmente disponibili, è definita come "silente" (cioè mancano, nei cataloghi disponibili, terremoti storici con magnitudo prossima a quella massima attesa). La zona 906 interessa l'area che va da Bassano del Grappa fino a Verona.

# Sorgenti sismogenetiche, dettaglio per il Veneto

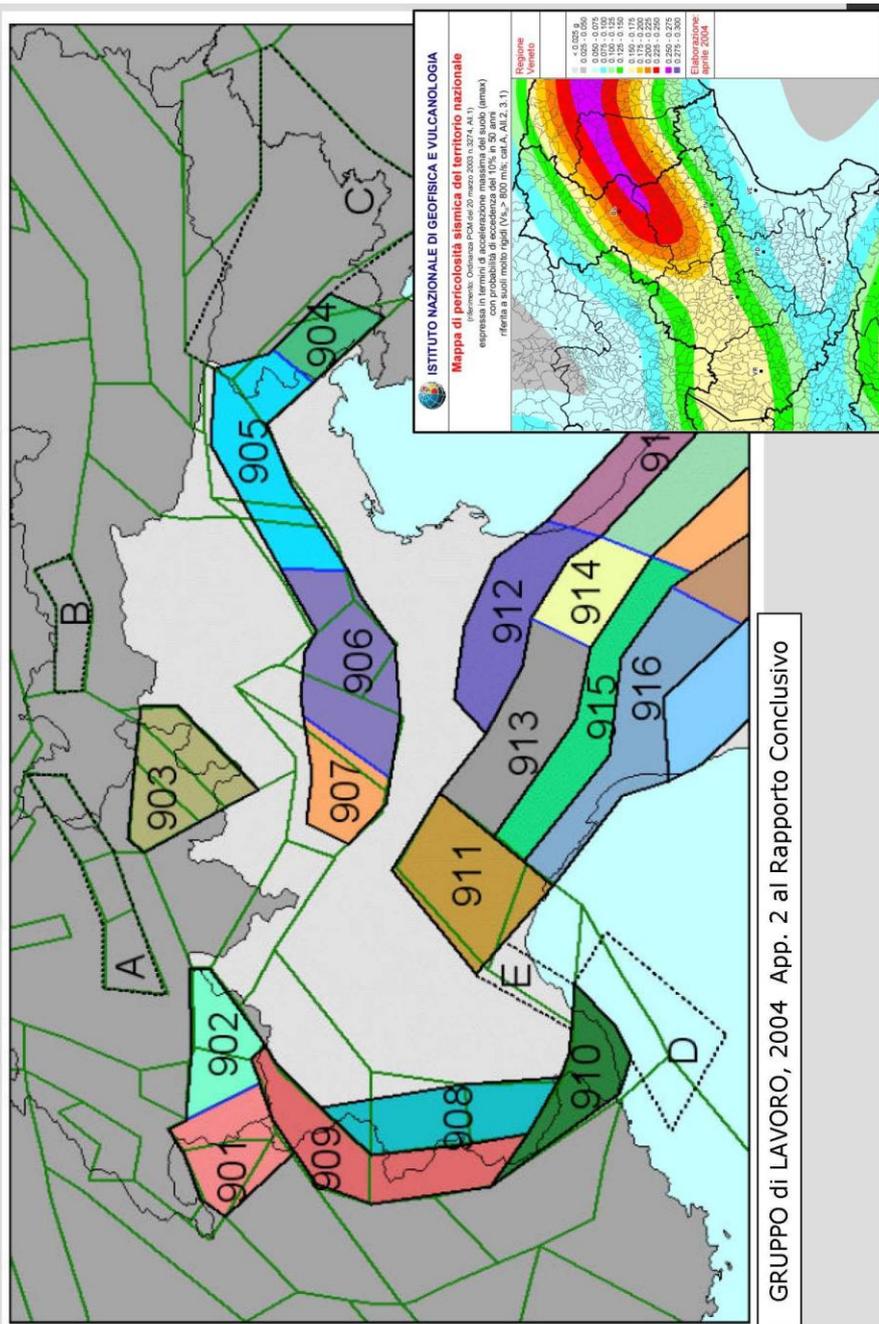


Fig. 7 - Zonazione sismogenetica ZS9 del Veneto

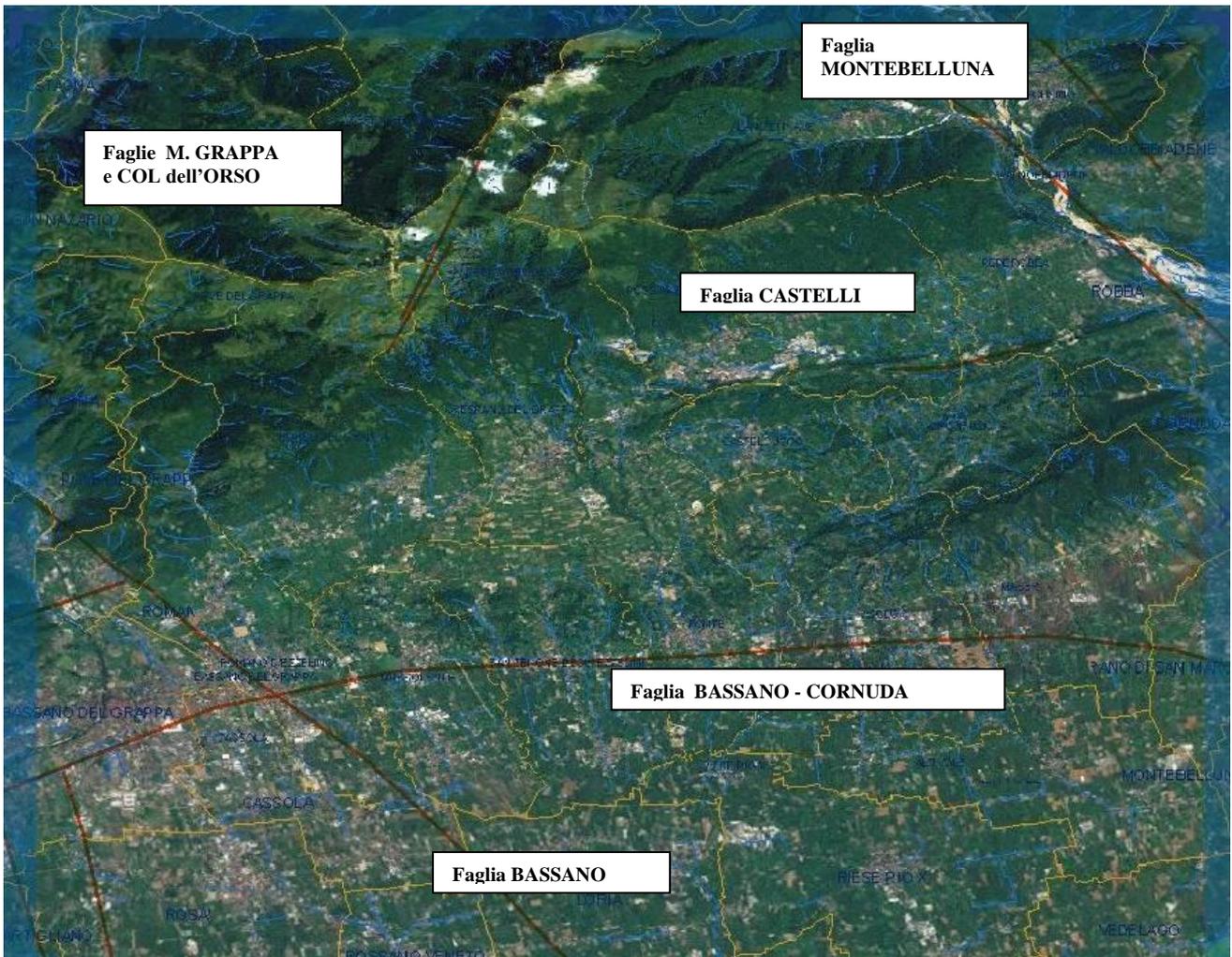
### 4.2.3 Faglie presunte nel territorio comunale

Nel progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults) è indicata una faglia attiva e capace nel Comune di Asolo:

- “Bassano-Cornuda” interessa i comuni di Romano d'Ezzelino-Mussolente-S.Zenone-Fonte-Asolo-Maser- Caerano-Montebelluna, con andamento ENE-OSO e immersione NO;

Si sottolinea che l'individuazione delle faglie attive e capaci è di fondamentale importanza. Per faglia attiva si intende una faglia che si è rotta almeno una volta negli ultimi 40.000 anni (limite inferiore certo dalle datazioni radiometriche). Una faglia attiva è detta capace se raggiunge la superficie producendo una frattura del terreno ovvero deformazioni in superficie; l'andamento di questa rottura in superficie è la superficie della faglia (v. cap. 3.1.4 “*Indirizzi e criteri di microzonazione sismica –2008 Conferenza Stato Regioni*”).

Nel sito in esame non vi sono evidenze superficiali, scarpate di neoformazione, che possano avvalorare la presenza di faglie capaci ovvero creare una fagliazione di superficie.



**Fig. 8 - Faglie attive e capaci nell'area Asolana-M.Grappa dal progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults) – le linee gialle sono i confini comunali, quelle marrone le faglie.**

### **4.3 Indagini sismiche in sito**

#### **4.3.1 Premessa**

Per ottenere la caratterizzazione del sottosuolo ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, sono state eseguite dallo scrivente due indagini HVSR.

La normativa prevede il calcolo del parametro  $V_{s30}$ , indicando come metodologia di elezione la misura della velocità delle onde di taglio ed in subordine la prova SPT e, nei mezzi coesivi, il valore della  $c_u$ . Detto parametro si calcola attraverso la relazione:

$$V_{s30} = 30 / \sum_{i=1, N} h_i / V_i$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ esimo per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 metri superiori. Si ricorda che la velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) è quella che meglio di ogni altro parametro fisico caratterizza i materiali dal punto di vista del loro comportamento meccanico.

In modo più coerente con le caratteristiche dei processi fisici responsabili dei fenomeni di amplificazione del moto sismico, le "Linee Guida per la Microzonazione Sismica - 2008" hanno individuato (per la definizione di carte di II livello) parametri dinamici simili ma con importanti differenze in merito:

- Andamento della velocità delle onde S ( $V_s$ ) fino al basamento, ovvero fino alla profondità alla quale le velocità  $V_s > 800$  m/sec: questa informazione viene utilizzata per dedurre il valore medio di  $V_s$  fino al basamento sismico.
- In assenza di questa informazione, valore del periodo proprio (frequenza di risonanza) delle coperture, accompagnato da una stima affidabile della profondità del substrato geologico, oppure da una stima della velocità media  $V_{SH}$  delle onde S fino al primo contrasto significativo nei valori di impedenza sismica, purchè questo corrisponda ad un transazione brusca ad un substrato da  $V_s > 600$  m/sec.

In questo studio sono stati perciò realizzato n.2 test di Nakamura (HVSR), per la misura della curva di risposta elastica del terreno ovvero per i seguenti obiettivi:

- ricostruire la stratigrafia sismica del sottosuolo;
- stimare il profilo della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) per fornire indicazione della categoria di suolo di fondazione secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14.01.2008);
- caratterizzare le frequenze fondamentali di risonanza del sottosuolo.

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica effettuate possono restituire si basa sul contrasto d'impedenza. Per strato s'intende un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Le prove a stazione singola (HVSR) sono state effettuate ponendo il Nord strumentale secondo il Nord geografico.

#### 4.3.2 Indagine sismica mediante la tecnica "HVSR" (Horizontal Vertical Spectra Ratio) a stazione singola

La tecnica di indagine adottata a supporto di questo studio e conosciuta come *metodo di Nakamura* (1989), dal nome dello scienziato giapponese che l'ha messa a punto, parte dal presupposto che:

1. Il rumore ambientale è generato da riflessioni e rifrazioni di onde di taglio con gli strati superficiali e dalle onde di superficie;
2. Le sorgenti di rumore superficiale non interessano il rumore ambientale alla base di una struttura non consolidata;
3. Gli strati soffici non amplificano la componente verticale del rumore ambientale: questo è composto da onde di superficie tipo Rayleigh generate dall'interazione del vento con le strutture, dal traffico e da altre attività urbane.

Le funzioni di trasferimento **SE** e **AS** che sono rispettivamente l'effetto intrinseco di sito e l'effetto della singola onda Rayleigh possono essere definite come:

$$SE=Hs/Hb \quad As=Vs/Vb$$

dove **H** e **V** sono gli spettri per le componenti orizzontali e verticali delle registrazioni di rumore ambientale alla superficie (s) o al top del basamento rigido.

Gli effetti di sito, che non comprendono il contributo della sorgente, sono definiti da **SM** come:

$$SM= Se/As \Leftrightarrow SM=HsVb/VsHb$$

Nakamura e Theodulidis *et al.* (1996) hanno dimostrato che gli spettri delle componenti verticali (Vb) e orizzontali (Hb) sono equivalenti al top del basamento rigido:

$$\text{se } Hb/Vb = 1 \text{ allora } SM= Hs/Vs$$

Alla fine quindi, gli effetti di sito **SM** (ampiezza del rapporto spettrale) posso essere espressi come *rapporto spettrale delle componenti orizzontali e verticali del rumore ambientale alla superficie del suolo*. In conclusione questa affermazione implica che una stima della risposta del terreno in un determinato sito può essere ottenuta con un singolo sismometro a tre componenti. Esperienze di campagna hanno dimostrato che registrazioni di una quindicina di minuti per sito sono sufficienti per fornire risultati stabili nei differenti contesti urbani.

Le curve H/V possono essere convertite dal dominio H/V - frequenza, al dominio Vs - profondità, tramite inversione vincolata. Nel caso presente il vincolo è fornito dalla Vs del primo strato riferita dalle indagini in array. Più in generale il vincolo è costituito dalla profondità di un riflettore sismico nota tramite prove dirette (sondaggio/ penetrometria / geofisica indipendente) il cui marker sia riconoscibile nelle curve H/V. A partire da questo elemento noto si genera una serie di modelli sintetici (che contemplano la propagazione delle onde di Rayleigh e di Love nel modo fondamentale e superiori in sistemi multistrato) e si considera per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali.

Nei siti in esame si è correlato i valori di picco, degli spettri di risposta HVSR, con le frequenze fondamentali di risonanza del sito. Si sono ricavate le frequenze relative ad ogni discontinuità sismica, interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH.

Le misure di microtremore ambientale HVSR sono state effettuate per mezzo di un tomografo digitale portatile progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (Tromino, Micromed spa) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente.

Le caratteristiche di tutte le misure effettuate HVSR sono le seguenti:

- terreno di misura naturale, non artificiale o compattato, e privo di vegetazione;
- condizioni meteorologiche buone senza la presenza di vento;
- orientamento dello strumento parallelo alla dorsale;
- durata di registrazione 20 minuti;
- frequenza di campionamento 128 Hz;
- lunghezza finestre 30 secondi;
- tipo di lisciamento triangolare;
- lisciamento al 10%.

I risultati delle prove H/V sono stati classificate sia con i "criteri SESAME 2004", sia con quelli "Albarelo et al. 2010". Quest'ultimo metodo non interpreta la curva in chiave

geologico-stratigrafica, che può essere eseguita invece con i criteri SESAME. Nella classificazione “**Albarello et al. 2010**” si distinguono tre classi di qualità: “A”, “B”, “C”.

Le caratteristiche di queste classi sono le seguenti:

- **Classe “A”** : curva H/V affidabile e interpretabile; può essere utilizzata anche da sola e deve avere:
  - a. la forma dell’H/V nell’intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (*stazionarietà*);
  - b. le variazioni azimuthali di ampiezza non superano il 30% del massimo (*isotropia*);
  - c. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda delle frequenze di interesse (*assenza di disturbi*);
  - d. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (*plausibilità fisica*);
  - e. i criteri SESAME per una curva H/V attendibile (primi tre criteri) sono verificati (*robustezza statistica*);
  - f. la misura è durata almeno 15/20 minuti (*durata*).

ECCEZIONE: misure effettuate su roccia integra affiorante o in zone alluvionali fini con basamento sismico profondo (tipicamente > 1 km) possono non mostrare alcun picco statisticamente significativo della curva H/V nell’intervallo di frequenze di interesse ingegneristico, a causa dell’assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati. In questi casi, in cui la curva H/V apparirà piatta e con ampiezza circa pari a 1, il criterio “e” risulterà non verificato anche se la misura è di fatto attendibile. In questo solo caso la misura può ricadere nella classe “A”, ma si consiglia di ripetere la misura per confermare l’effettiva assenza di massimi significativi.

- **Classe “B”** : curva H/V sospetta (da interpretare); va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze e deve avere:
  - a. almeno una delle condizioni della classe “A” non è soddisfatta, a condizione che non si rientri nell’ECCEZIONE citata per la classe “A”.
- **Classe “C”** : curva H/V scadente e di difficile interpretazione; non va utilizzata. Essa può presentare:
  - a. misura tipo “B” nella quale la curva H/V mostra un’ampiezza crescente al diminuire della frequenza (deriva), indice di un movimento dello strumento durante la misura;
  - b. misura tipo “B” nella quale si evidenzia la presenza di rumore elettromagnetico nell’intervallo di frequenze di potenziale interesse.

Per le classi “A” e “B” si possono pertanto definire due sottoclassi delle classi precedenti, ossia:

- **Tipo 1** : Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri SESAME (parte 2):  
*possibile risonanza.*
- **Tipo 2** : Non presenta picchi “chiari” nell’intervallo di frequenze d’interesse:  
*assenza di risonanza.*

#### 4.3.3 Sintesi dei risultati

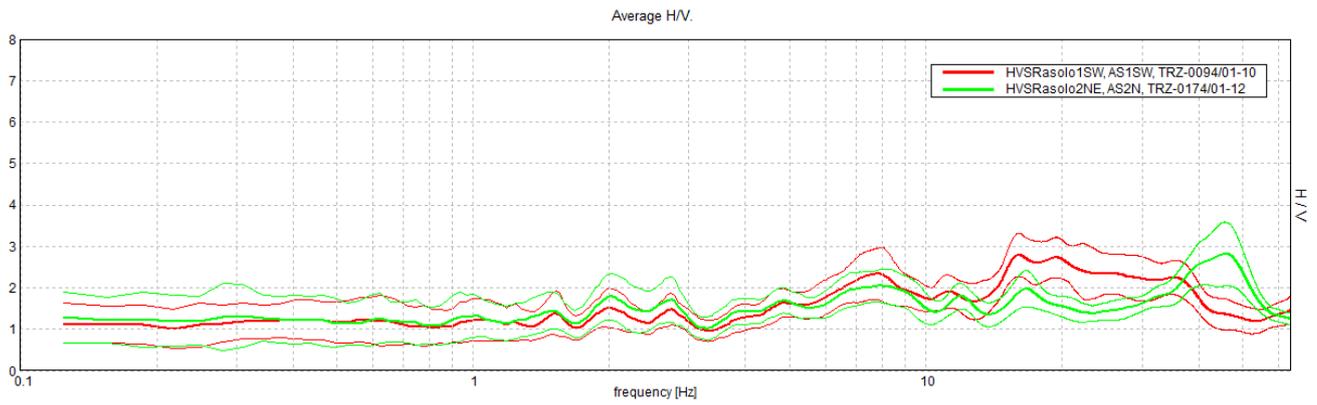
La misura HVSR presenta modeste frequenze di risonanza, nell’intervallo d’interesse ingegneristico 1 a 20 Hz; vi è un effetto di risonanza a frequenze da 16 a 20 Hz con ampiezze massime di circa 2.7 e a 7.7 Hz con ampiezza di 2.3 nella n.1, e a 16.50 e a 2.3 Hz con ampiezza di circa 2 nella n.2. La sovrapposizione delle due curve H/V (HVSR 1 e 2) sono simili da 0.5 a 15 hz; ciò significa che vi è un a diversa litologia superficiale (da -2/-3 metri dal piano campagna).

Si sottolinea che le linee guida per le misure HVSR, contenute nel progetto SESAME, ritengono 2 il rapporto H/V sotto il quale si possono non considerare le amplificazioni sismiche dovute ad effetti locali di natura stratigrafica.

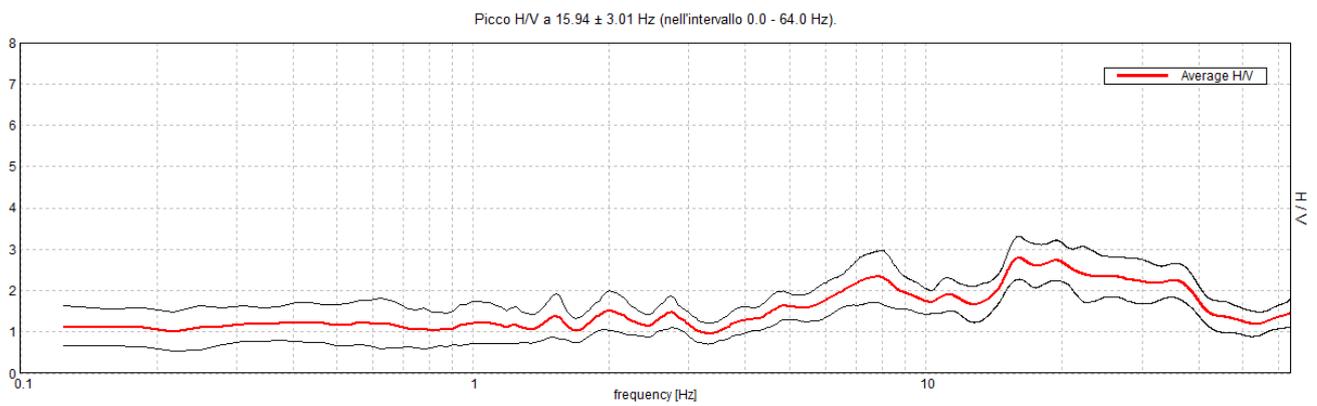
Il modello di sottosuolo ottenuto dalla HVSR 1 è mediamente il seguente:

Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
2.6	160
30	350
0	>500

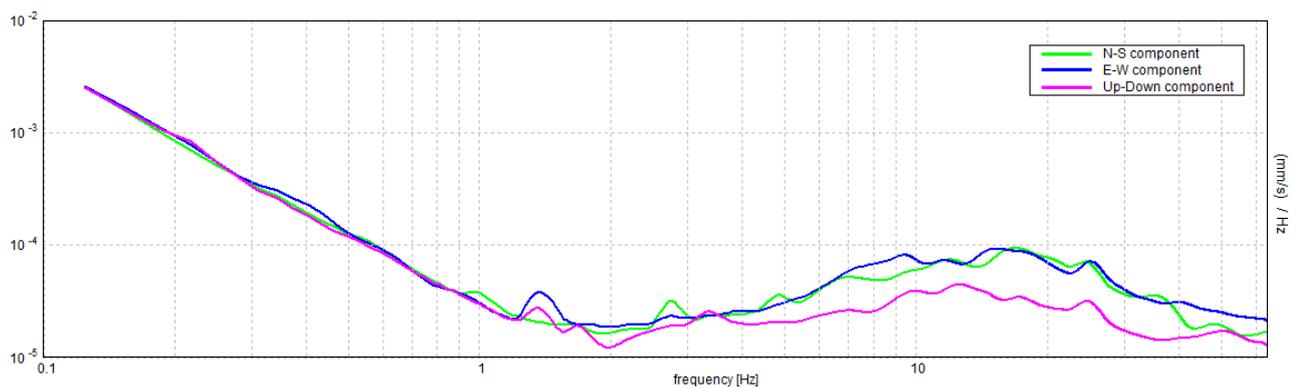
La **Vs30** (velocità media delle onde di taglio dei primi 30 metri) calcolata ai sensi del DM 14.01.2008, con il piano di fondazione coincidente con il piano campagna attuale è di 392 m/sec. Se, a favore della sicurezza, consideriamo un valore d’incertezza dell’ordine del 20%, il valore minimo sarà di circa 350 m/sec, perciò la categoria del suolo, in virtù della normativa vigente sarebbe “**C**”. Se il piano di fondazione verrà posto a profondità superiori ai -3.00 metri dal p.c. la categoria del suolo sarà “**B**”.



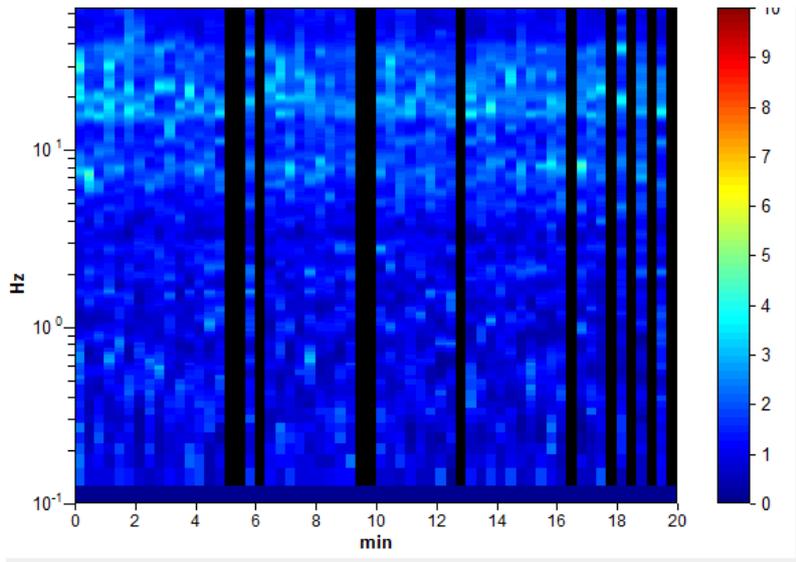
**HVSR 1 e HVSR 2: sovrapposizione rapporti spettrali H/V**



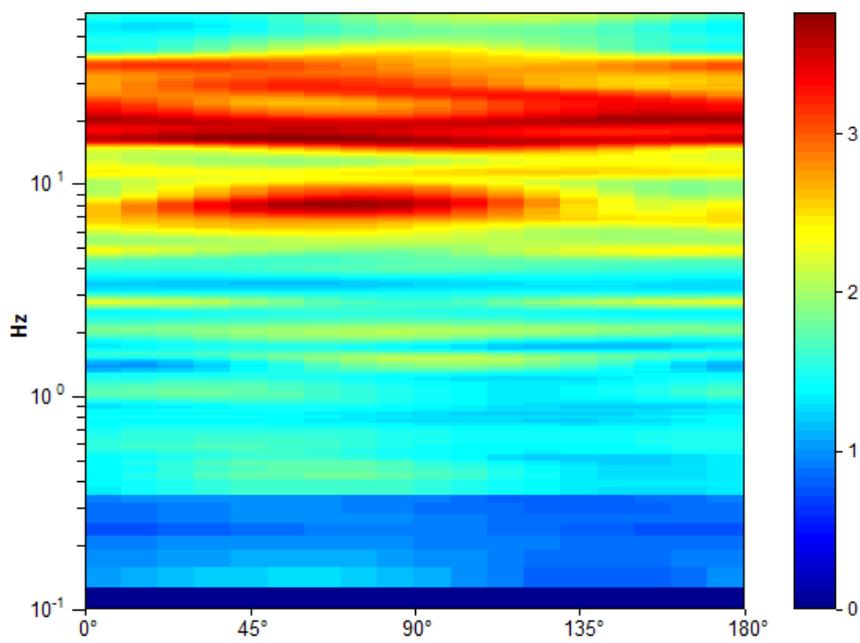
**HVSR 1: rapporto spettrale H/V**



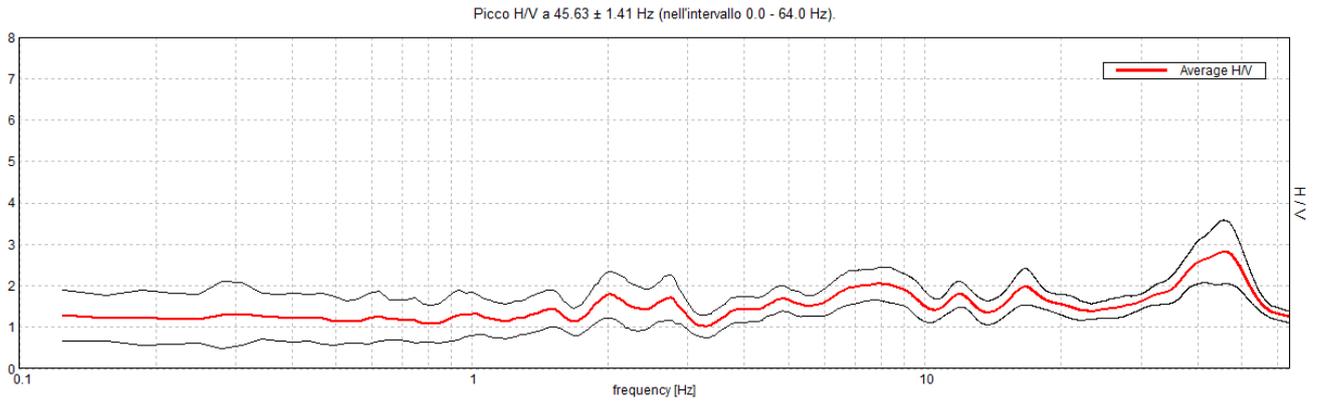
**HVSR1: spettri delle singole componenti**



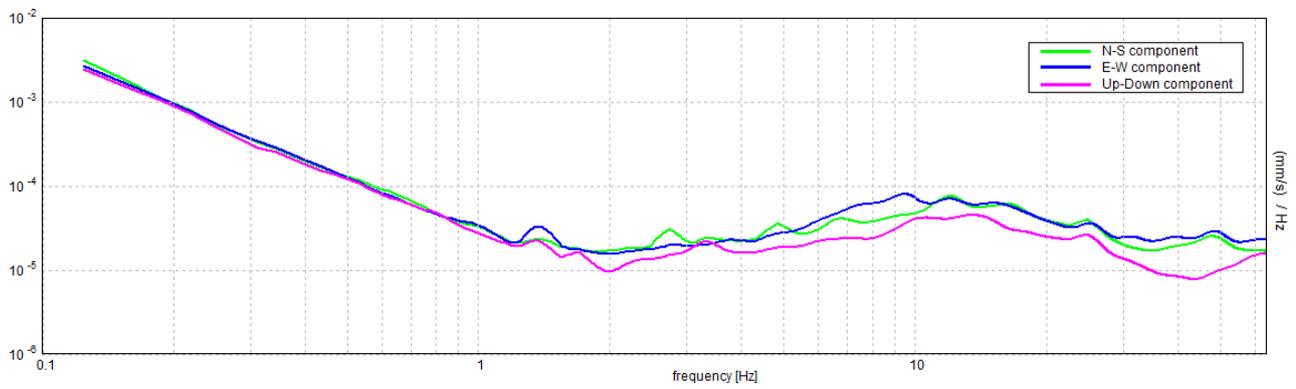
**HVSR1: serie temporale**



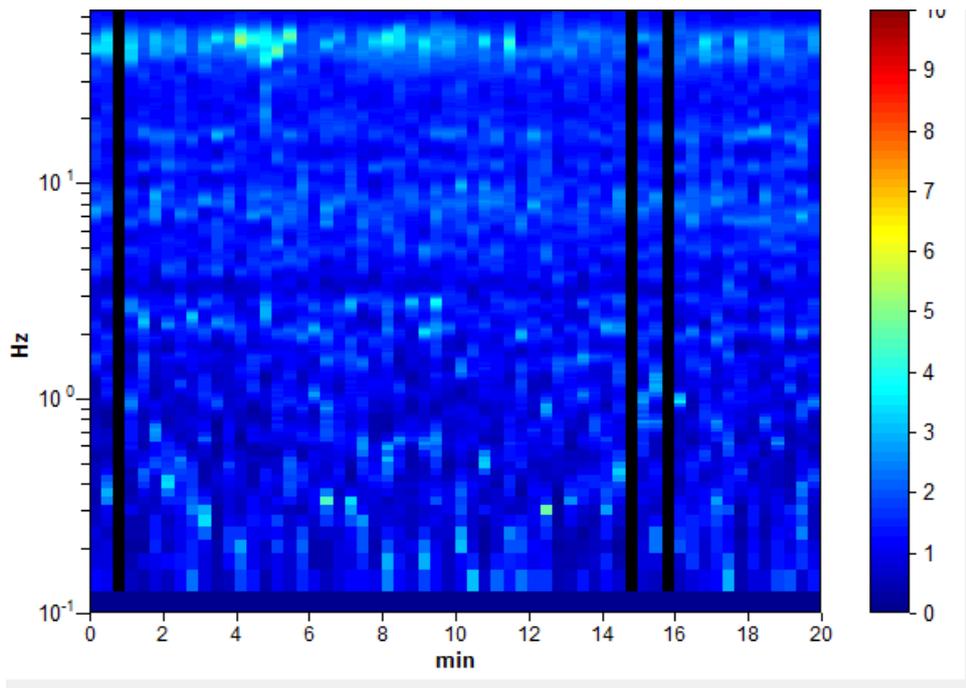
**HVSR1: Direzionalità**



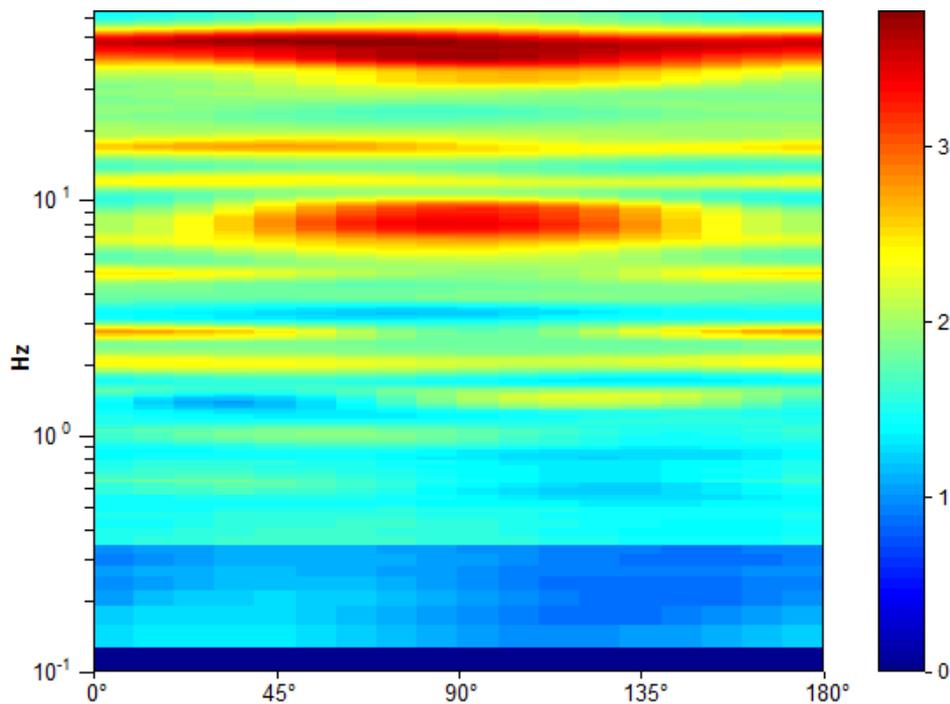
**HVSR 2: rapporto spettrale H/V**



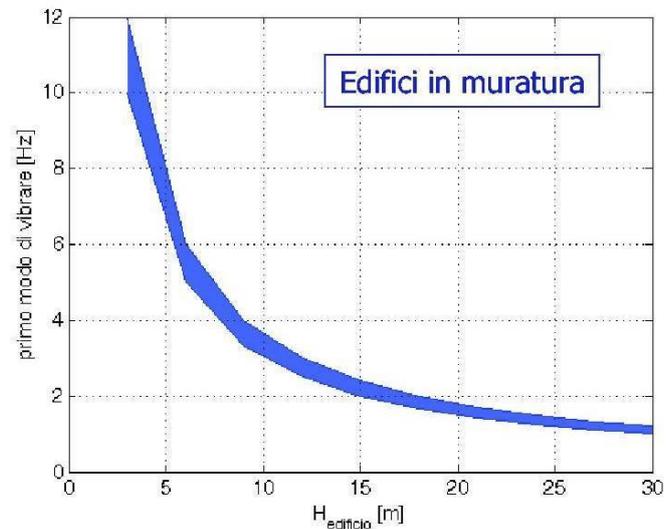
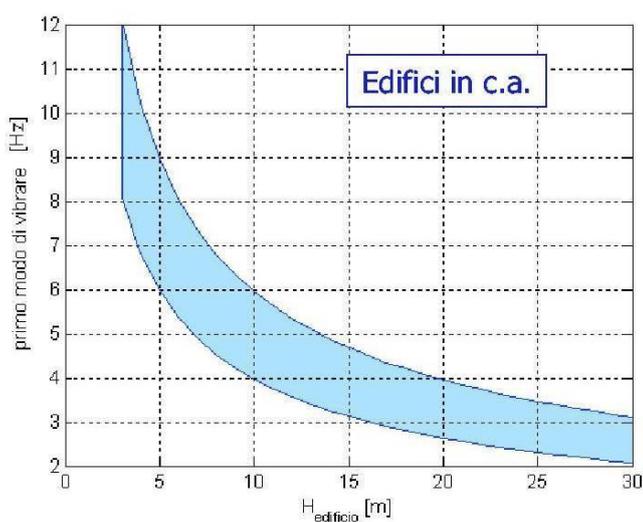
**HVSR2: spettri delle singole componenti**



**HVSR2: serie temporale**



**HVSr2: Direzionalità**



**Figura n.9: Esempi di modi di vibrare di edifici (rapporto frequenze e altezze)**

Il grafico rappresentato in Figura n.9, permette di ottenere un'indicazione degli edifici a maggiore rischio e vulnerabilità, per fenomeni di doppia risonanza terreno-struttura in caso di terremoto. La curva vale per edifici standard in c.a. e in muratura. La prassi migliore è eseguire il confronto o con la misura diretta dei modi di vibrare degli edifici se esistenti o con i risultati del calcolo dello strutturista attraverso l'analisi modale, nel caso di fabbricati in progetto. I modi principali di vibrare di un edificio si possono misurare con

tecniche passive molto rapide e simili a quelle descritte in questo studio; le misure dirette sono raccomandabili, rispetto al calcolo da modello o alla stima attraverso relazioni standard come quelle riportate nei grafici di figura n.9, in quanto esiste una notevole variazione da struttura a struttura.

Le strutture subiscono le maggiori sollecitazioni sismiche quando vi è la coincidenza tra la frequenza di vibrazione naturale del terreno investito dall'onda sismica e quella naturale del fabbricato. Le frequenze dei modi di vibrare superiori a 10/12 Hz interessano strutture in cemento armato di altezza inferiore ai tre metri, mentre frequenze inferiori a 2 Hz interessano altezze superiori ai 30 metri.

Particolare attenzione va posta perciò alle strutture esistenti e di progetto, al fine di evitare i fenomeni di doppia risonanza terreno-struttura, in caso di terremoto.

Nel contesto sismico è sfavorevole la doppia risonanza suolo-struttura.

Nella valutazione del valore massimo di frequenza dei picchi, è opportuno considerare le condizioni più sfavorevoli è perciò l'intervallo del +/- 40% del picco.

## 5 CONCLUSIONI

In questa relazione sono stati considerati i principali fattori di natura geologica, idrogeologica necessari per l'intervento in oggetto :

- vicinanza della falda al piano campagna, possibilità di saturazione del terreno;
- caratteristiche geomorfologiche e idrogeologiche;
- natura litologica e determinazione dei parametri geotecnici dei terreni, contatti tra formazioni geologiche a comportamento marcatamente diverso.

Si può perciò concludere che:

1. l'area in esame è posta in terreno pianeggiante, per cui non vi è un effetto di amplificazione topografica. Applicando i metodi di calcolo presenti negli "Indirizzi e criteri di micro zonazione sismica " (Conferenza Stato e Regioni del Febbraio 2008) e il DM 14.01.2008, risulta un'amplificazione topografica **T1**.
2. Il livello della falda stabilizzato è a profondità mediamente superiori ai -50 metri dal p.c..
3. I terreni presenti nell'area in oggetto sono costituiti da argille limose superficiali e ghiaie sabbiose a profondità superiori ai -3.00 metri dal p.c..

4. le caratteristiche geotecniche dei litotipi sono descritte nei paragrafi precedenti.
5. le modalità di scavo dovranno essere tali da garantire la sicurezza della scarpate dello scavo, dei manufatti, delle reti tecnologiche e dei sottoservizi, adiacenti all'intervento.
6. l'elaborazione dei dati del Test di Nakamura (HVSR), ci hanno permesso di individuare il modello del sottosuolo mediante la determinazione della velocità delle onde di taglio (v. capitolo 4.3.3). Le caratteristiche litologiche e idrogeologiche ci permettono di affermare che non vi è rischio di liquefazione nel sito in oggetto, in quanto la profondità della falda è sempre superiore ai 15 metri dal piano campagna.
7. nel contesto sismico è sfavorevole la doppia risonanza suolo-struttura (v. capitolo precedente 4.3.3);
8. il rischio idraulico è valutato da una apposita relazione, allegata al progetto;
9. non vi sono captazioni a scopo acquedottistico utilizzate entro un raggio di 200 metri dall'opera di progetto.

Il direttore dei lavori dovrà controllare la validità delle ipotesi di progetto durante la costruzione considerando, oltre ai dati raccolti in fase di progetto, anche quelli ottenuti con misure e osservazioni nel corso dei lavori per adeguare, eventualmente, l'opera alle situazioni riscontrate.

Maser, Dicembre 2013

IL GEOLOGO

