

RELAZIONE GEOLOGICA E MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2 D.G.R. 1572 del 3 settembre 2013

Piano Urbanistico Attuativo denominato TRAPEZIO 2

Ditta : CAR.LO Immobiliare s.a.s.

Area : comune di Paese foglio 5 mappale 532 540 662 663 664 665 666

ZONA SISMICA: zona 3 soggetti a scuotimenti modesti $0.05 < ag \leq 0.15$

GENNAIO 2017

il geologo



Descrizione dell'opera e degli interventi

Per l'area in oggetto lo scrivente ha redatto una relazione geologica-geotecnica con l'ausilio di indagini in sito .

- Inoltre nel rispetto della nuova normativa è necessario predisporre una verifica sismica
- MS – essa , per il caso in esame è del 1 e 2 livello
 - Livello 1 analisi generale e raccolta di dati preesistenti
 - Livello 2 quantificazione dell'effetto sismico utilizzando dati e correlazioni

TRAPEZIO gennaio2017



La stratigrafia dei terreni Pleistoceni superficiali risulta globalmente semplice in ottica

In superficie esiste un livello di copertura di sabbie limose parzialmente alterate dalla normale evoluzione pedogenetica che risente della litologia sottostante in un'abbondante presenza di scheletro ghiaioso.

Segue un materasso alluvionale praticamente indifferenziato per classe e granulometrica che presenta orizzonti marcatamente sabbiosi o ghiaiosi, a volte anche ciottoli ma si tratta di corpi geometrici lentiformi che non alterano lo spettro granulometria medio.

La ricostruzione valida per la porzione di superficie del progetto in esame, ricostruita mediante trincee geognostiche in aree vicine , a condizioni che non intervengano successivi rimaneggiamenti , è la seguente:



La ricostruzione valida per la porzione di superficie del progetto in esame ,a condizioni che non siano intervenuti recenti rimaneggiamenti per la costruzione di quanto in essere , è la seguente:

- primo strato da 0.0 m a 0.5/0.8 m

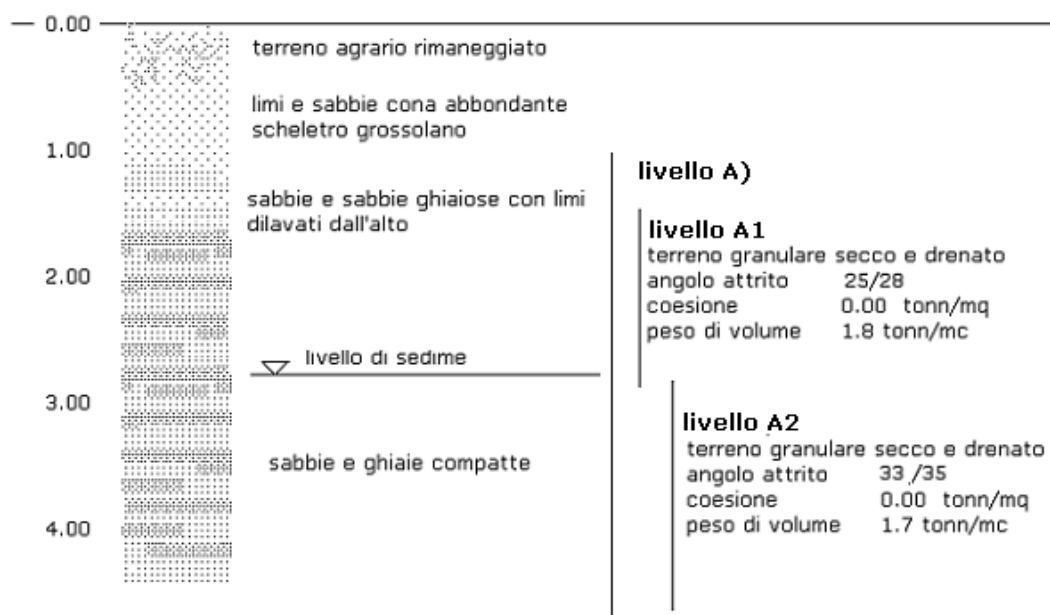
terreno agrario limo sabbioso rimaneggiato con abbondante scheletro , terreno soffice e compressibile non idoneo quale terreno di fondazione

- secondo strato da 0.5/0.8 a 40 m d'ora in avanti denominato livello A

sabbie e ghiaie con abbondante matrice fine anche dilavata dall'alto, terreno mediamente compressibile per la presenza di facies fini compressibile fino alla profondità di 1.50 m. dal p. c. con la necessità di approfondire le strutture di fondazione fino al sottostante livello sabbio ghiaioso .

- segue alluvioni compatte sabbio ghiaiose con qualche intersezione di materiale fine

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA NEGRI DOTT. GIUSEPPE
Progetto di Piano Urbanistico Attuativo denominato
TRAPEZIO gennaio 2017



Sismicità storica

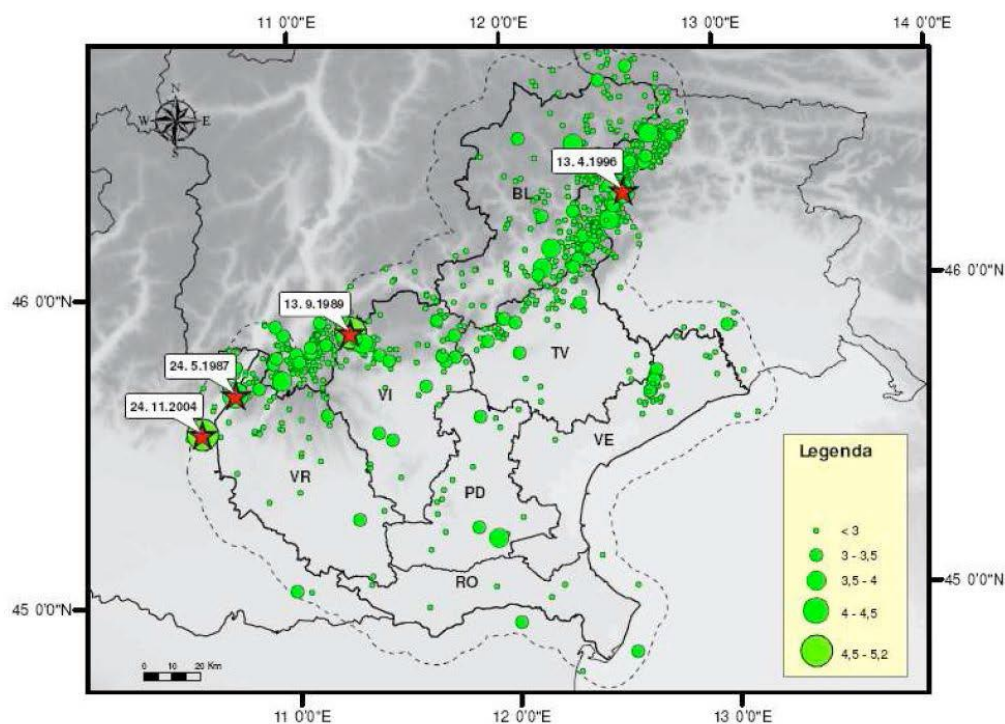
Il Veneto è classificabile come un'area attualmente poco attiva da un punto di vista sismico. Negli ultimi anni non ci sono stati eventi sismici importanti e questo porta all'errata ipotesi che il Veneto sia una regione sismicamente poco attiva

Studi di neotettonica indicano invece movimenti assai importanti nella fascia pedemontana tra Belluno e Treviso dando spiegazione degli eventi storici più significativi

Attualmente il rischio sismico del veneto è determinata dall'attività dei distretti sismici del Friuli centrale ,dell'Alpago e del Garda.

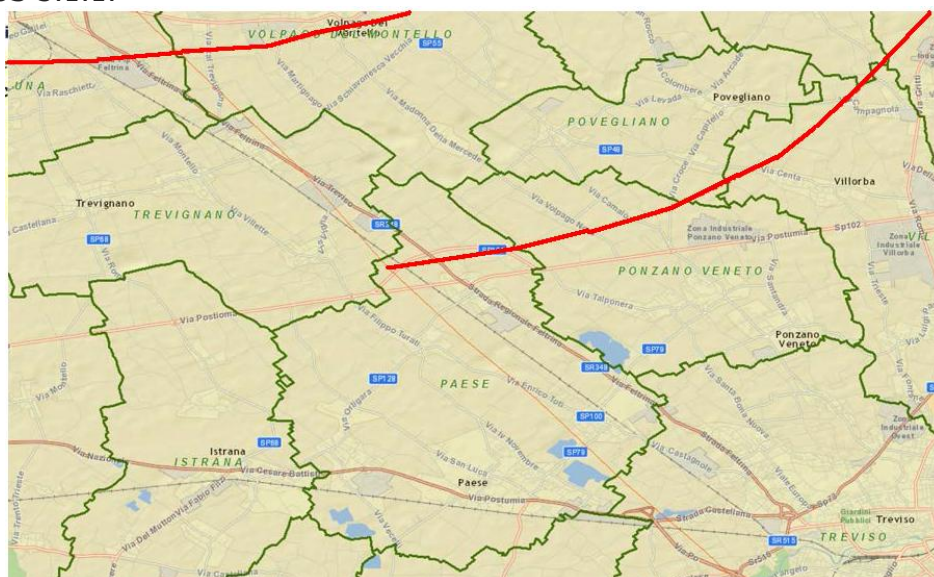
Nel periodo 1977-2006, l'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste ha registrato in Veneto più di 1000 terremoti di magnitudo variabile tra 2,0 e 3,0.

La maggior parte di questi eventi è ubicata nella fascia prealpina dal Cansiglio al Baldo ,la profondità media è i 7 e i 15 km



Faglie capaci e sorgenti sismogenetiche

Per l'analisi delle sorgenti sismiche, zone che sono state riconosciute come origine dei terremoti, più vicine all'area di Paese, si è fatto riferimento ai dati riportati nei cataloghi ITHACA e DISS 3.1.1.



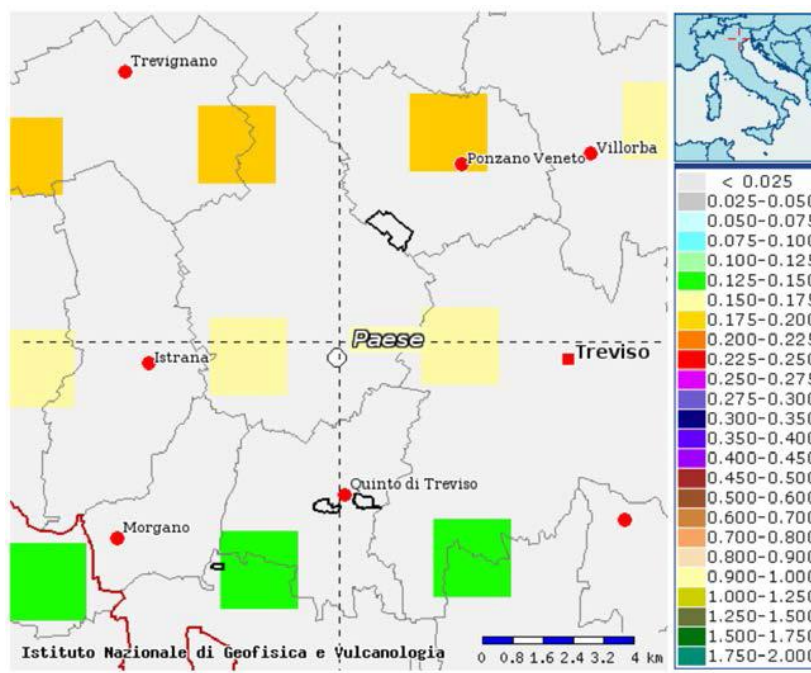
Risulta che nei pressi del territorio comunale sono presenti due faglie attive; per questi lineamenti sono riportate le informazioni desunte dalle schede specifiche ITHACA

Nome faglia	Montebelluna	Montello Line
Tipo faglia	Non definita	Inversa
Codice faglia	74200	70300
Macrozona	2	2
Regione	Veneto	Veneto
Sistema	Montebelluna	Montello Line
Ordine	Primaria	
Direzione media	140	240
Immersione	0	0
Lunghezza (Km)	60	80
Ultima attività	Olocene (<10.000)	Olocene (<10.000)
Affidabilità dato	Bassa	Media
Intervallo ricorrente (anni)		750
Velocità mov. (mm/anno)	0	1.9
Max lunghezza di rottura (m)	0	1000
Max scivolamento (m)	0	2000000
Max magnitudo attesa (MW)		6

Pericolosità sismica di riferimento

Con l'Ordinanza O.P.C.M. n°3519 del 28/04/2006 è entrata in vigore la Carta di Pericolosità Sismica, valida su tutto il territorio nazionale nella quale sono riportati i valori di accelerazione orizzontale massima al suolo ag con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi subpianeggianti di categoria A.

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA NEGRI DOTT. GIUSEPPE
Progetto di Piano Urbanistico Attuativo denominato
TRAPEZIO gennaio2017



il territorio oggetto dello studio appartiene alla zona caratterizzata da un valore di accelerazione sismica orizzontale a_g compreso tra 0,150g e 0,200g (valori riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni), quindi in Zona 2, come classifica la tabella riportata sotto, estratta dall'O.P.C.M. n°3519

Come classificato nell'elenco (allegato I) della Delibera di Consiglio Regionale n°67/03 (cfr. D.G.R.V. n°71 del 22/01/2008) il comune di Paese rientra in Zona 3,

a) Ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s, secondo lo schema seguente:

zona	accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni $[a_g]$	accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico $[a_g]$
1	$0,25 < a_g \leq 0,35 g$	0,35 g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25 g$	0,25 g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15 g$	0,15 g
4	$\leq 0,05 g$	0,05 g

Secondo Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica, si può assumere come valore di magnitudo attesa quella massima della zona sismogenetica di appartenenza, questo per la zona n°905 in cui il territorio di Paese risulta $M_{wmax} = 6,60$.

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA NEGRI DOTT. GIUSEPPE
Progetto di Piano Urbanistico Attuativo denominato
TRAPEZIO gennaio2017

Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)

Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio - Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Sismicità di dettaglio per il territorio di Paese

Utilizzando il Database Macrosismico Italiano DBMI11 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (a cura di M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi, 2011) più completo rispetto al precedente DBMI04 raccomandato nelle Linee Guida della Regione Veneto per la realizzazione dello studio della compatibilità sismica (D.G.R. 3308/2008), il DBMI11 risulta quanto segue :

Il comune di Paese risulta citato nel Database Macrosismico DBMI11 per quattro eventi.

Storia sismica di Paese

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
NF	1952 01 18 01:36	POLCENIGO	108	5 4.57 ±0.18
NF	1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6 4.74 ±0.09
3-4	1989 09 13 21:54	PASUBIO	779	6-7 4.88 ±0.09
NF	1998 04 12 10:55	Slovenia	227	5.66 ±0.09

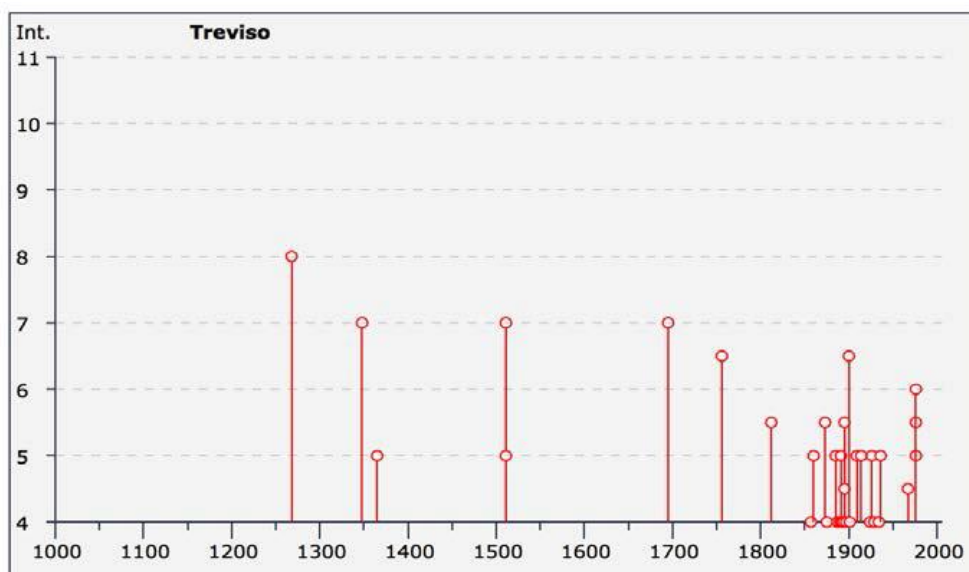
intensità in scala MCS al sito in esame (I)

la data (

l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io)

magnitudo momento (Mw).

Una analisi più ampia riporta invece gli eventi degli ultimi 30 Anni nel seguente schema



INDAGINI DI CAMPAGNA

Al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame è stata effettuata una serie di acquisizioni MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999) e ReMi (Refraction Microtremor -Louie, 2001) utili a definire il profilo verticale della Vs (velocità di propagazione delle onde di taglio) oltre alla tradizionale sismica a rifrazione.

Interpretazione di stendimenti di sismica a rifrazione

Questo metodo, di semplice applicazione, è utilizzabile nel caso di strati orizzontali o con inclinazione uniforme e in presenza di una superficie topografica, almeno lungo lo stendimento, orizzontale. Si parte inoltre dal presupposto che la velocità dei rifrattori aumenti con la profondità. In pratica si dovrà verificare che la velocità delle onde P nel primo strato sia minore della velocità delle onde P nel secondo, a sua volta inferiore a quella del terzo, ecc. ($V_1 < V_2 < V_3$).

Strati con interfaccia orizzontale

Consideriamo il caso di due strati con profilo orizzontale, caratterizzati dalle velocità V_1 e V_2 . Se S è la sorgente di energia e G è il geofono ricevitore il tempo necessario, perché il segnale copra la distanza SG (= x) viaggiando nel primo strato (onde dirette) sarà:

$$t = \frac{x}{V_1}$$

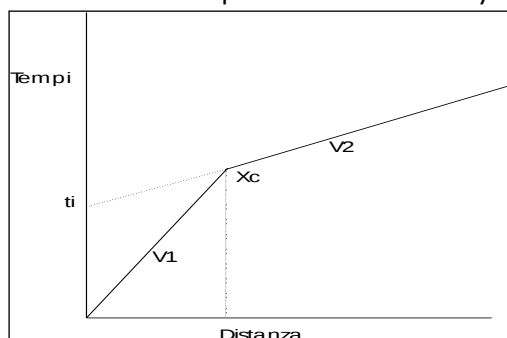
Oltre alle onde dirette, al geofono giungeranno anche le onde rifratte dal secondo strato. In questo caso il tempo necessario perché il segnale rifratto venga ricevuto è:

$$t = \frac{x}{V_2} + \frac{2h}{V_1} \cos \alpha_{12}$$

dove h è lo spessore dello strato e α è l'angolo limite di incidenza. La quantità

$$\frac{h}{V_1} \cos \alpha_{12}$$

viene detto tempo di ritardo o delay time.



Ponendo su grafico in ascissa la distanza dei geofoni dello stendimento dalla sorgente e in ordinata i tempi di arrivo del segnale ai singoli ricevitori, si ottengono due segmenti retti (dromocrone), con il secondo tratto meno inclinato del primo. I reciproci dei coefficienti angolari delle due dromocrone corrispondono alle velocità delle onde P nei due strati (V_1 e V_2). Il rapporto fra le due fornisce il valore dell'angolo limite:

$$\alpha_{12} = \arcsen\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$$

La profondità del secondo strato può essere ricavata attraverso la determinazione del tempo intercetto del secondo strato o dell'ascissa del punto ginocchio. Il tempo intercetto si ottiene estrapolando la dromocrona fino ad intercettare l'asse dei tempi. In pratica corrisponde al tempo di arrivo del segnale rifratto per $x=0$:

$$t_i = \frac{2h}{V_1} \cos \alpha_{12}$$

e quindi è uguale al doppio del tempo di ritardo. Quindi lo spessore è dato da:

$$h = \frac{t_i V_1}{2 \cos \alpha_{12}}$$

Il punto ginocchio corrisponde alla distanza alla quale arrivano contemporaneamente le onde dirette e le onde rifratte. Nel grafico coincide all'ascissa in cui giace l'intersezione delle due dromocrone. Noto x_c lo spessore del primo strato si ricava dalla relazione:

$$h = \frac{x_c}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

Nel caso di più di due strati la procedura è analoga. Il tempo di arrivo al geofono G delle onde rifratte dall'interfaccia dello strato n è fornito dalla relazione

$$t_n = \frac{x}{V_n} + \frac{2h_{n-1}}{V_{n-1}} \cos \alpha_{n-1,n} + \dots + \frac{2h_1}{V_1} \cos \alpha_{1,n}$$

Anche in questo caso le velocità dei singoli rifrattori si ottengono, calcolando il reciproco del coefficiente angolare di ogni dromocrona e i valori degli angoli limite dal rapporto delle velocità

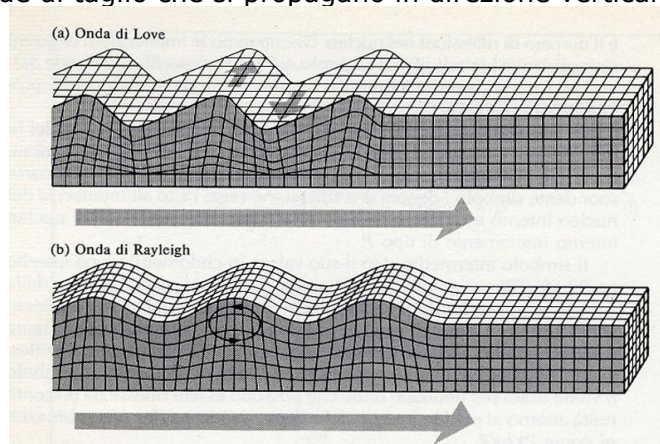
$$\alpha_{n-1,n} = \arcsen \left(\frac{V_{n-1}}{V_n} \right)$$

Per il calcolo degli spessori dei singoli strati si procede come indicato di seguito:

- si stimano i tempi intercetti di ogni dromocrona;
- si calcola lo spessore del primo strato con la relazione: $h_1 = \frac{t_1 V_1}{2 \cos \alpha_{12}}$, dove t_1 è il tempo intercetto della dromocrona relativa al secondo rifrattore;
- si calcola lo spessore del secondo strato con la relazione $h_2 = \frac{t_2 V_2}{2 \cos \alpha_{23}} - \frac{2h_1}{V_1} \cos \alpha_{13}$, dove h_1 è lo spessore del primo strato, ricavato in precedenza, e t_2 il tempo intercetto del terzo rifrattore;
- si procede analogamente per gli strati rimanenti.

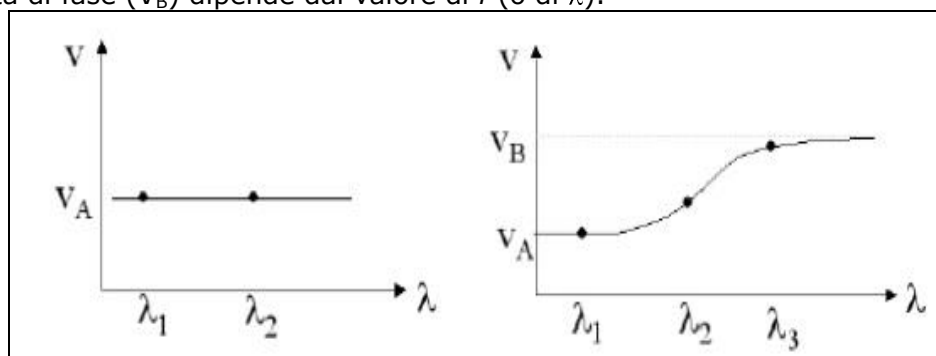
Tecnica di misurazione e interpretazione MASW

La tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves - Park et al., 1999) è un metodo d'indagine geofisica, sviluppato e diffusosi negli ultimi dieci anni circa, che sfrutta le modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare delle onde di Rayleigh, generate da sorgenti artificiali (mazza battente o scoppio). Le onde di Rayleigh si muovono lungo l'interfaccia terra-aria e sono generate dalla rifrazione e riflessione multipla di onde di compressione (P) e onde di taglio che si propagano in direzione verticale (SV).



Le tecniche d'indagine geofisica basate sulla registrazione ed elaborazione degli spostamenti indotti nel terreno dal passaggio delle onde di superficie (Rayleigh e Love) ne sfruttano in generale alcune caratteristiche particolari che le differenziano dalle onde di volume (P e S).

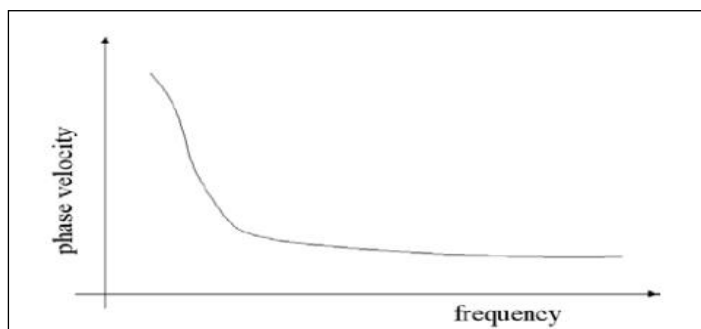
1. Le onde di superficie tendono a subire un'attenuazione del loro contenuto energetico minore rispetto alle onde di volume e quindi si propagano a distanze maggiori. Questo si spiega con il fatto che, mentre il fronte di propagazione delle onde di superficie, generate da una sorgente puntiforme, è sub-cilindrico, quello delle onde di volume è sub-emisferico. Si può dimostrare quindi che nel caso delle onde di Rayleigh la perdita di energia con la distanza (R) dalla sorgente è inversamente proporzionale a $R^{0,5}$, mentre nel caso delle onde di volume è inversamente proporzionale a R^2 . Questa più rapida dissipazione dell'energia associata alle onde di volume spiega il motivo per cui, in mezzi eterogenei e normalmente dispersivi (velocità delle onde S crescente con la profondità), dopo una distanza prossima a $\lambda_R/2$ (dove λ_R è la lunghezza d'onda di Rayleigh presa in considerazione) il contributo delle onde di volume diventa trascurabile.
2. In un mezzo elastico omogeneo la profondità massima in cui il terreno risente del passaggio delle onde di Rayleigh è circa uguale a λ_R . In un mezzo eterogeneo questa profondità è compresa normalmente fra $0,5\lambda_R$ e $1,0\lambda_R$. Questo significa che le lunghezze d'onda maggiori (frequenze minori) trasportano informazioni relative agli strati di terreno più profondi, mentre quelle minori (frequenze maggiori) coinvolgono solo i livelli più superficiali.
3. La velocità con cui si propaga un'onda di superficie di una data frequenza f (o lunghezza d'onda λ) viene detta velocità di fase. In un mezzo omogeneo la velocità di fase delle onde di superficie (V_A) non cambia al variare della frequenza d'onda. Al contrario in un mezzo stratificato, in presenza cioè di terreni sovrapposti con differenti caratteristiche meccaniche, la velocità di fase (V_B) dipende dal valore di f (o di λ).



Le tecniche d'indagine MASW sfrutta queste tre caratteristiche delle onde di superficie, e in particolare di quelle di Rayleigh, per ottenere un profilo dell'andamento della velocità di fase in funzione della frequenza, da correlare con la velocità delle onde di taglio S.

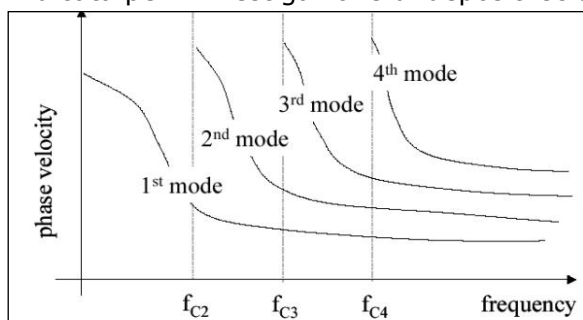
La caratteristica (1) consente in pratica l'effettuazione di registrazioni delle onde generate dalla sorgente senza dover subire un disturbo significativo da parte delle onde di volume. La caratteristica (2) permette di associare a ogni frequenza del segnale, o lunghezza d'onda, una profondità d'indagine differente: le frequenze più basse sono collegate alle profondità maggiori

e viceversa. La caratteristica (3) consente infine di vincolare ogni frequenza ad una velocità di fase precisa. L'obiettivo dell'elaborazione di un segnale acquisito con la tecnica MASW è essenzialmente quello di ricavare la curva di dispersione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh. Il termine 'curva di dispersione' sta a indicare che le velocità di fase tendono a disperdersi, in un mezzo eterogeneo, in funzione della



frequenza.

Nei terreni omogenei la curva di dispersione non si crea, in quanto in questi casi la velocità di fase non cambia al variare della frequenza. Questo è il motivo per cui la tecnica MASW non è indicata per l'investigazione di depositi sciolti o roccia, omogenei fino a grandi profondità.

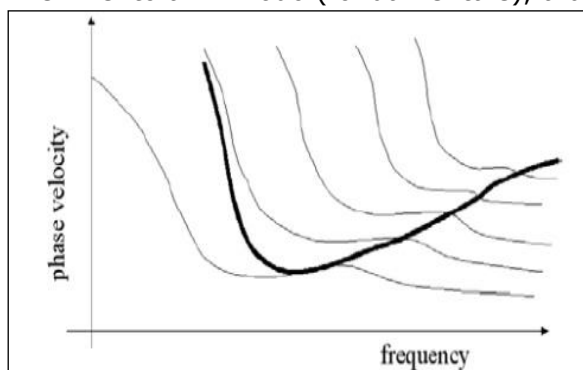


Una complicazione importante nasce dal fatto che, sempre in un mezzo eterogeneo, il terreno può vibrare in modi differenti e a ognuno di questi modi è associabile una curva di dispersione differente.

Anche se solitamente al modo fondamentale (1° modo) è associata l'energia maggiore, in alcuni casi, almeno per determinati intervalli di frequenze, si può avere la predominanza dei modi superiori. Ciò avviene per esempio nel caso di importanti inversioni di velocità (terreno

inversamente dispersivo) o per la scarsa risoluzione in fase di campionamento del segnale. In questi casi congiungendo, per ogni valore di frequenza, i valori corrispondenti alla massima ampiezza spettrale si ottiene una curva di dispersione apparente, data dalla sovrapposizione di modi di vibrazione differenti.

Poiché le comuni procedure di inversione richiedono il vincolo a un preciso modo di vibrazione, normalmente quello fondamentale, che è di solito il più facilmente identificabile, è importante non commettere errori in fase di selezione della curva di dispersione, mescolando insieme tratti appartenenti in realtà a modi differenti. Questo può condurre, se nell'inversione si fa riferimento al 1° modo (fondamentale), a una sovrastima delle V_s .



Il grafico frequenza-velocità di fase si ottiene, partendo dal sismogramma di campagna, attraverso l'applicazione di una doppia trasformata di Fourier alle tracce acquisite, prima nel dominio del tempo (tempo di campionamento-frequenza f) e quindi in quello dello spazio (spaziatura dei geofoni-numero d'onda k). Si ottiene così un diagramma, detto spettro f - k , in cui è evidenziato il modo in cui si distribuisce la densità di energia associata al segnale. Poiché già a una piccola distanza dalla sorgente superficiale il contributo delle onde di volume all'energia totale diventa

trascurabile, lo spettro f - k consente di far emergere la curva di dispersione delle onde di superficie.

Il passaggio dallo spettro f - k al grafico frequenza-velocità di fase si ottiene trasformando i valori di k in valori di v con la relazione:

$$v = 2 \pi f / k$$

Una volta generato il profilo dell'andamento delle V_s in profondità, è possibile calcolare la funzione di trasferimento, evidenziando in tal modo le frequenze di risonanza del terreno; si precisa che tale dato ricavato dalla MASW viene riportato solo in caso di congruenza con il responso della specifica indagine HVSR.

Per quanto riguarda la finestra di frequenze utili per l'interpretazione, di solito si fa riferimento a un intervallo compreso fra 3-4 Hz fino a 50-60 Hz. Il limite inferiore è legato alla frequenza di risonanza dei geofoni normalmente usati nella tecnica MASW che è solitamente di 4,5 Hz. Il limite superiore deriva dalla considerazione che onde di superficie con frequenza superiore a 50-60 Hz di solito interessano solo i primi centimetri di terreno sotto il piano campagna e quindi hanno scarsa utilità pratica. Inoltre vi è un limite legato al passo di campionamento temporale del segnale. In pratica esiste un valore massimo di frequenza, detta frequenza di Nyquist, sopra la quale il segnale non può essere elaborato in maniera utile. La frequenza di Nyquist è legata al passo di campionamento Δt (in secondi) dalla relazione:

$$f_{\text{Nyquist}} = 1 / 2\Delta t$$

Analogo limite è calcolabile per il numero d'onda. Esiste un numero d'onda massimo, detto numero d'onda di Nyquist, oltre il quale il segnale non può essere elaborato in maniera utile. Il numero d'onda di Nyquist è legato alla spaziatura dei geofoni Δx dalla relazione:

$$k_{\text{Nyquist}} = \pi / \Delta x$$

L'interpretazione della curva di dispersione avviene attraverso un procedimento detto di inversione. Poiché nel caso di un terreno stratificato non è possibile applicare una procedura di soluzione diretta, cioè dalla curva di dispersione al modello stratigrafico, a causa della non univocità del problema (alla stessa curva di dispersione sono associabili più profili di V_s), si opera con un procedimento inverso. In pratica, fissato il modello stratigrafico iniziale, l'inversione avviene con il metodo dei minimi quadrati, modificando a tentativi, con un procedimento iterativo, i parametri velocità delle onde S, peso di volume, spessore e coefficiente di Poisson di ogni strato e ricalcolando quindi, a ogni iterazione, la deviazione standard del nuovo modello rispetto al precedente. Gli zero della cosiddetta funzione secolare vengono valutati con il metodo della matrice del propagatore, messo a punto, dal punto di vista teorico, da Thomson (1950) e Haskell (1953) e riformulato da Dunkin (1965) e Watson (1970). Per tener conto di un comportamento debolmente dissipativo del terreno, i valori di velocità delle onde P e S inseriti nel modello vengono corretti inserendo un fattore di smorzamento. Nel programma GeoMASW viene preimpostato un fattore di smorzamento uguale a 0,05 per le onde S e uguale a 0,017 per le onde P.

Tecnica di misurazione e interpretazione ReMi

La tecnica ReMi (Refraction Microtremor) è un metodo d'indagine geofisica che sfrutta invece le modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare delle onde di Rayleigh, generate però da sorgenti ambientali.

A differenza di quanto avviene nell'indagine eseguita con la tecnica MASW, dove la posizione delle sorgenti è nota ed è allineata allo stendimento, nel caso del ReMi i punti di origine dei microtremori sono spesso non identificabili. Quindi la registrazione viene protratta per tempi più lunghi. Essendo la potenza associata al segnale utile comparabile con quella del rumore di fondo è necessario rilevare un numero di tremori molto elevato, questo sarà ottenibile semplicemente andando a allungare i tempi di registrazione del segnale. A differenza dei pochi secondi necessari per acquisizioni MASW sono qui necessari da alcuni a molti minuti di acquisizione (in genere 10 - 20 minuti sono sufficienti).

I principi teorici e gli aspetti di acquisizione ed elaborazione dei dati sono sostanzialmente gli stessi della tecnica MASW con la differenza che con ReMi si ha una maggior definizione degli strati profondi.

Tecnica di misure ed interpretazione HVSR (tramite TROMINO)

Tale prospezione sismica si basa sull'acquisizione e sull'analisi del Rumore Sismico Ambientale (Seismic Noise) ovvero la continua vibrazione del suolo dovuta sia a cause antropiche che naturali. Questa tipologia di tecniche (definite metodi sismici passivi), dunque, non ha bisogno di alcuna energizzazione esterna poiché utilizza come sorgente il traffico veicolare, la produzione industriale, il vento, la pioggia e tutto ciò che è in grado di produrre una minima vibrazione sulla superficie del suolo.

In particolar modo con la tecnica a "Stazione Singola" viene valutato il rapporto di ampiezza fra le componenti orizzontali e verticali del moto (metodo HVSR ovvero "Horizontal to Vertical Spectral Ratios") (Nakamura, Y. [1989]). Analizzando misure di questo tipo è possibile identificare le modalità di vibrazione del terreno e individuare la frequenza fondamentale (f) di questa vibrazione. Sapendo che in generale esiste una relazione semplice fra f , lo spessore della parte più soffice del terreno (ovvero la parte di materiali sovrastante il bed-rock) e la velocità media (V_s) delle onde sismiche nel sottosuolo, attraverso le misure HVSR è possibile risalire allo spessore di questo strato. Si possono inoltre effettuare delle considerazioni di tipo "qualitativo" molto utili in merito a possibili interferenze tra le frequenze risonanti del suolo e degli edifici sovrastanti.

Per la valutazione del periodo proprio di risonanza del sottosuolo è stata utilizzata la tecnica a stazione singola Horizontal to Vertical Spectral Ratio (Kanai, 1957; Igarashi 1970; Nakamura 1989) che permette di estrarre informazioni relative alla frequenza di vibrazione del suolo a

partire dagli spettri di rumore sismico registrati in sito. La tecnica prevede di calcolare il rapporto, in funzione della frequenza, tra gli spettri di risposta della componente orizzontale e verticale del moto dovuto ai microtremiti ambientali. La misura di rumore sismico della durata di 26 minuti per ogni punto di misura è stata eseguita con una frequenza di campionamento a 128 Hz.

Procedure

Il D.M. 14.01.2008 (ex DM 14/09/2005) propone come riferimento di calcolo dell'amplificazione sismica locale, in particolare della componente stratigrafica, il metodo di Borchardt (1994) basato sulla stima del parametro V_{s30} . Per V_{s30} s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione, calcolata secondo la relazione:

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

Sulla base del valore calcolato di V_{s30} vengono identificate 5 classi, A, B, C, D ed E alle quali corrispondono un differente spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

CATEGORIE DI SOTTOSUOLO					
Categoria sottosuolo	Descrizione	Spessore (m)	Vs (m/s)	Nspt	Cu (kPa)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 m.	Qualsiasi	≥ 800		
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} , compresi fra 360 m/s e 800 m/s ($N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa o $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).	> 30 m	≥ 360 ≤ 800	> 50	> 250
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 fra 180 e 360 m/s ($15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).	> 30 m	≥ 180 ≤ 360	> 15 < 50	> 50 < 250
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa, $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).	> 30 m	< 180	< 15	> 70
E	Terreni di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, giacenti su un substrato di riferimento ($V_{s30} > 800$ m/s).	Fino a 20 m	$\approx C$ e D	$\approx C$ e D	$\approx C$ e D
CATEGORIE AGGIUNTIVE DI SOTTOSUOLO					
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m 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.				

Integrazione dei dati

Per esperienza la prova MASW fornisce una migliore definizione dei sismostrati nei primi metri, fino a 10-15 m in genere; la ReMi consente di avere l'intera stratigrafia fino ai 30 m mentre la rifrazione consente di visualizzare le superfici di discontinuità/passaggio tra litologie diverse. Volendo è anche possibile partire dalle frequenze dei picchi dell'HV e ricavare una stratigrafia di Vs.

Strumentazione impiegata

Hardware

L'acquisizione dati per l'elaborazione MASW, ReMi e sismica a rifrazione è avvenuta tramite sismografo a 24 canali (mod. Dolang Geophysical DBS280 24 bit 24 canali) collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4.5Hz.

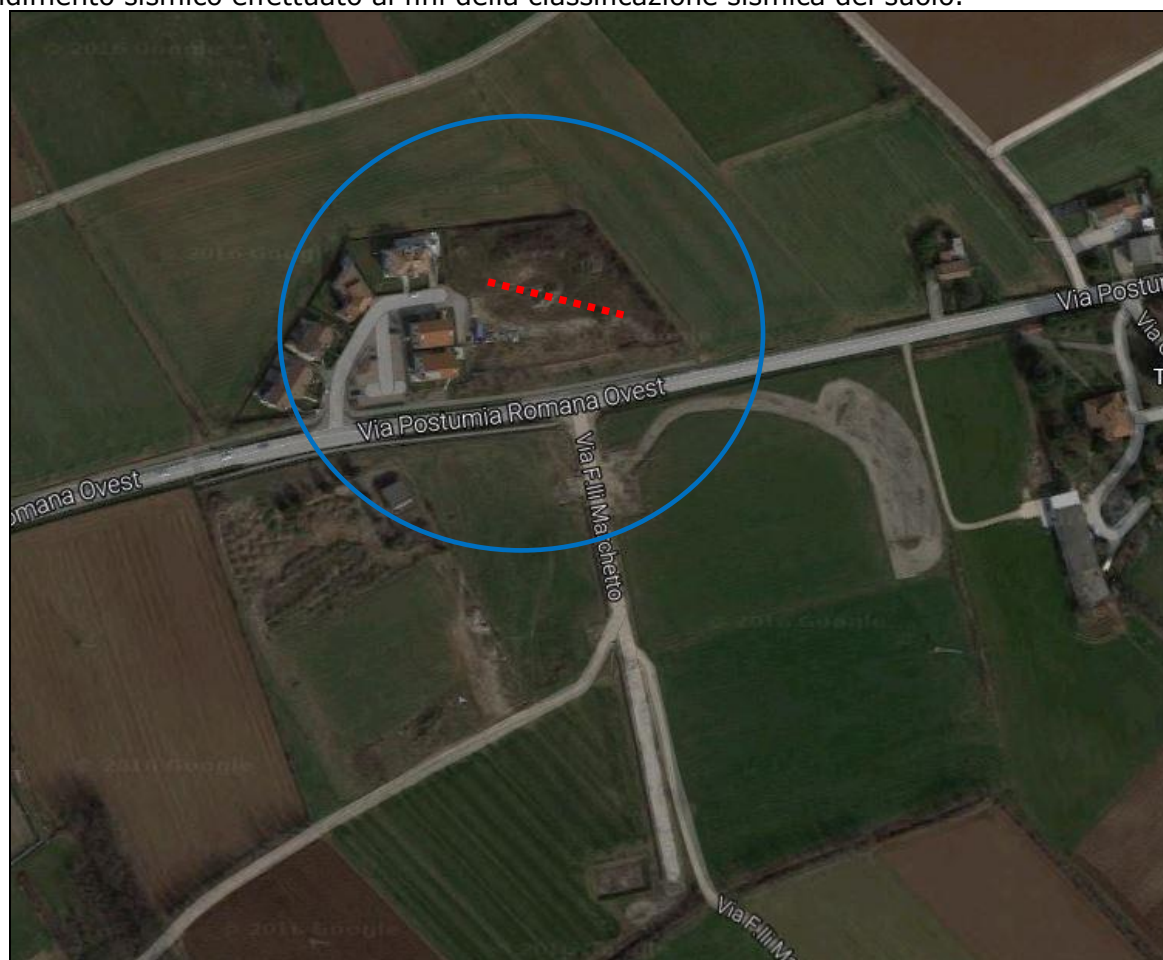
E' stato utilizzato un tromografo digitale modello "Tromino" (Micromed srl) avente un intervallo di acquisizione sulle frequenze da 0.1 a 256 Hz, dotati di sistema di acquisizione digitale ad alta risoluzione (24 bit) e primo-processing interno. La livellazione micrometrica dello strumento è stata assicurata per ogni misura tramite bolla di precisione agendo sui tre punti di appoggio (punte) ed orientando uno dei 3 sensori di acquisizione (ortogonali tra loro) verso il N magnetico.

Software

Per le analisi dei dati acquisiti si sono adottati i software GeoMASW , GeoReMi, SismaCon di ProgramGeo (Brescia) e il software Grilla.

Sito Stendimento Sismico St

L'immagine a seguire mostra l'ubicazione dell'indagine denominata 'St' (.....) per lo stendimento sismico effettuato ai fini della classificazione sismica del suolo.



Lo stendimento sismico geofonico lineare multicanale con geofoni verticali (4.5 Hz) è stato posizionato e utilizzato per le prospezioni sismiche tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), ReMi (Refraction Microtremor) e Sismica a Rifrazione, analizzano le onde di superficie.

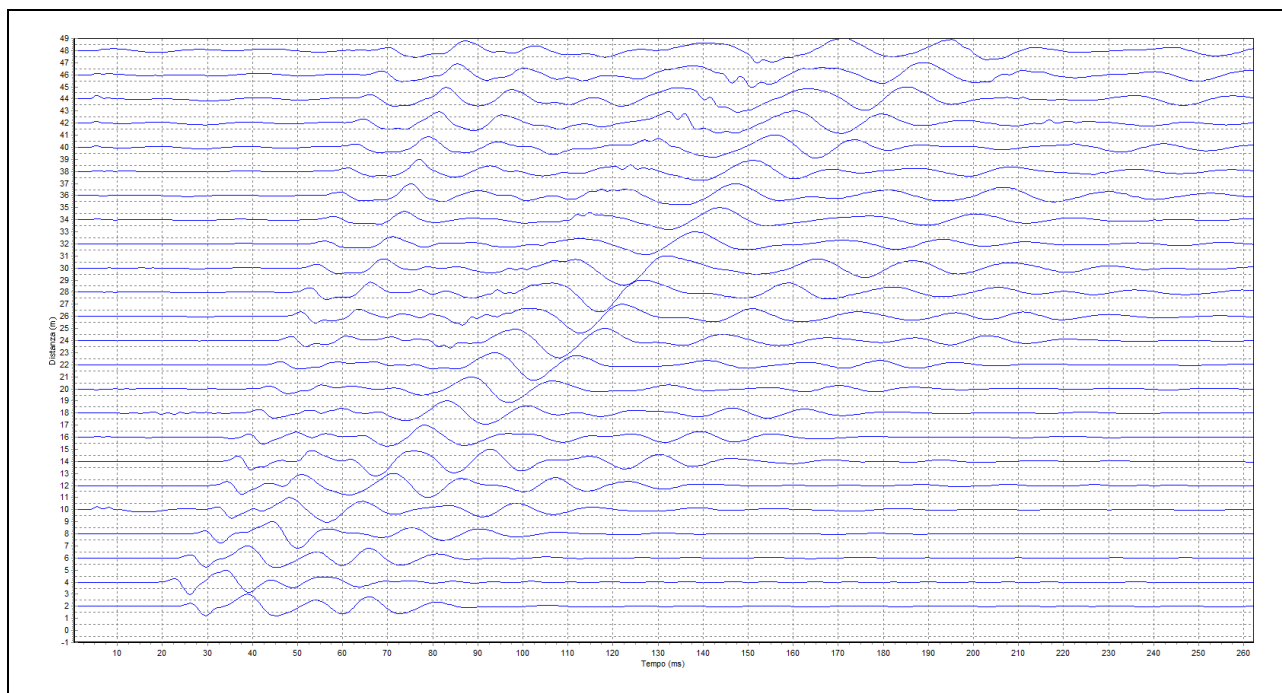
Dati sperimentali (St)

Numero di ricevitori
Distanza tra i sensori

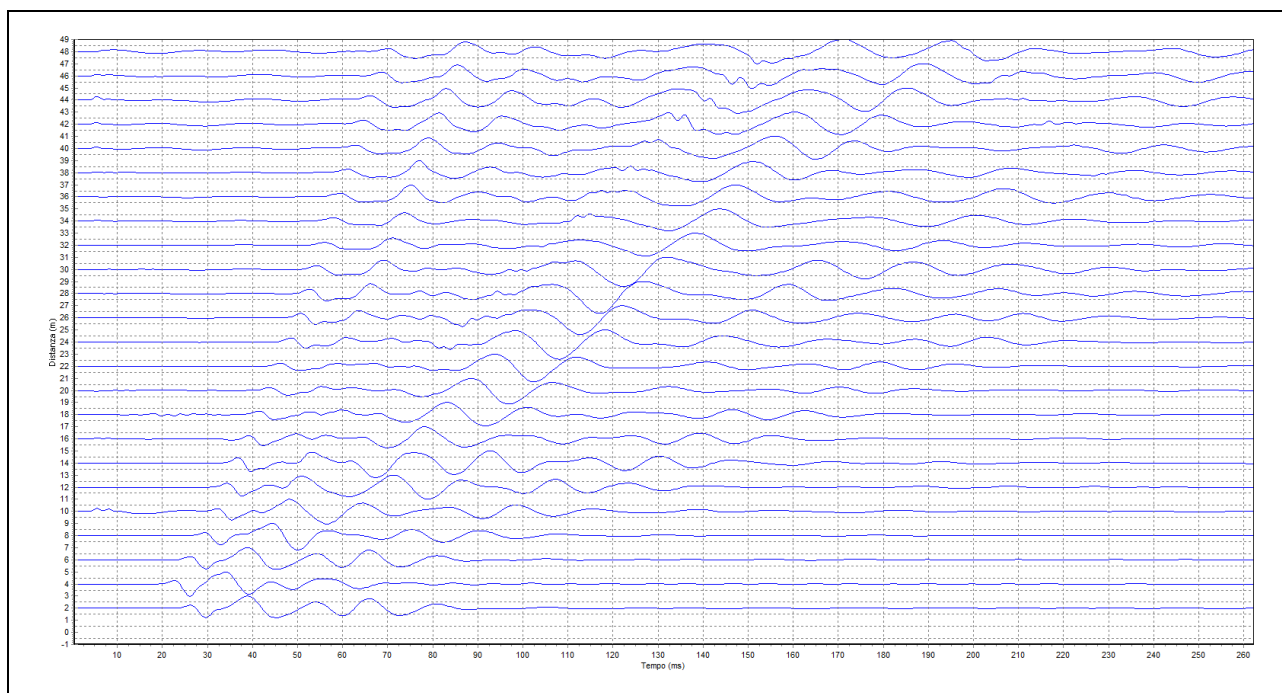
24
2 m

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA NEGRI DOTT. GIUSEPPE
Progetto di Piano Urbanistico Attuativo denominato
TRAPEZIO gennaio2017

Numero di ricevitori usati per l'analisi 24



Tracce sperimentali tiro diretto



Tracce sperimentali tiro coniugato

Sismica a rifrazione

Il metodo utilizzato è il Metodo convenzionale (metodo del tempo di ritardo - delay time); tale metodo è utilizzabile nel caso di strati orizzontali o con inclinazione uniforme e in presenza di una superficie topografica, almeno lungo lo stendimento, orizzontale. Si parte inoltre dal presupposto che la velocità dei rifrattori aumenti con la profondità. In pratica si dovrà verificare che la velocità delle onde P nel primo strato sia minore della velocità delle onde P nel secondo, a sua volta inferiore a quella del terzo, ecc. ($V_1 < V_2 < V_3$), così come nel caso in esame.

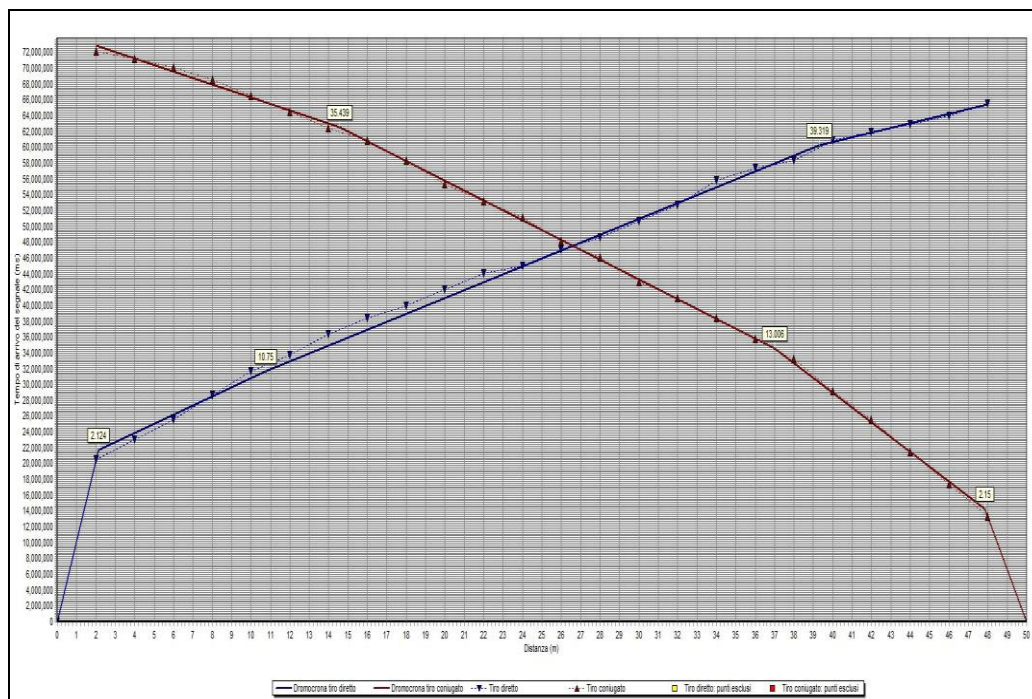
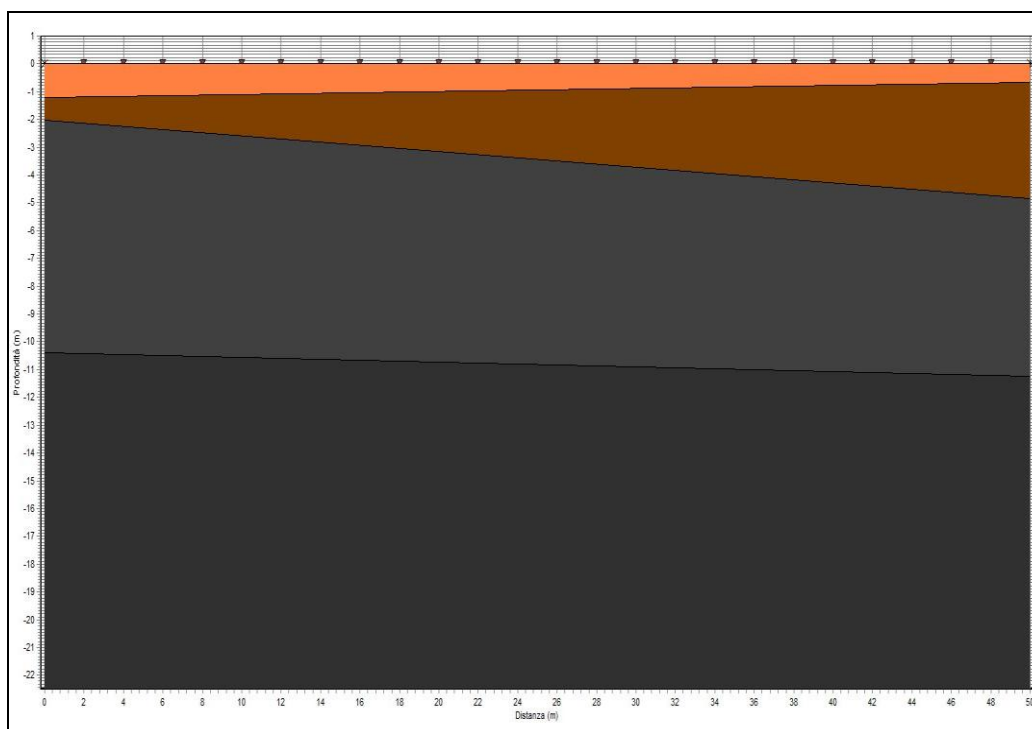


grafico generale curva distanza-tempo



Sezione stratigrafica interpretata

La sezione stratigrafica è stata interpretata sulla base dei valori delle velocità delle onde P considerando il profilo topografico orizzontale e gli strati inclinati in maniera pseudo-uniforme.

Strato n.	Vp (m/s)	Hs(m)	Hd(m)	rd	ri
1	512	1.218	0.65	1	1
2	563	2.021	4.835	0.995	0.998
3	1149	10.407	11.249	0.997	0.999
4	1342			0.994	0.99

LEGENDA:

Hs = spessore strato lato sinistro;

Hd = spessore strato lato destro;

Vp = velocità delle onde P.

Vs = velocità delle onde S.

rd = coefficiente correlazione tiro diretto

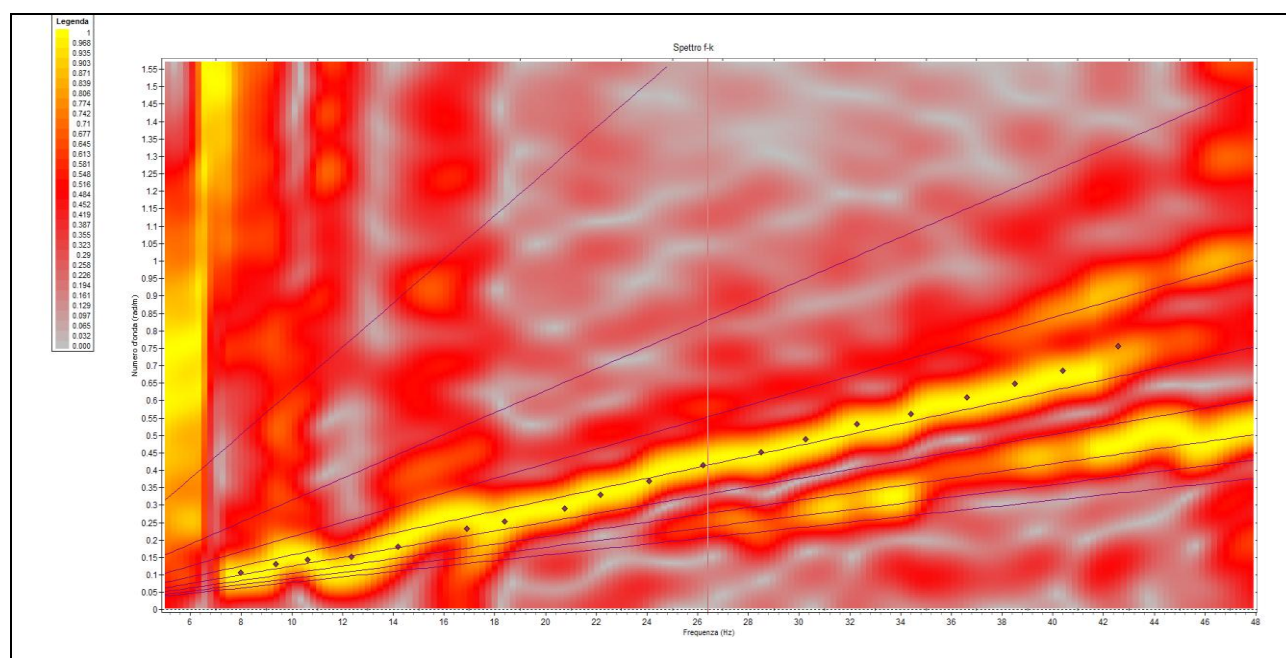
ri = coefficiente correlazione tiro inverso

La sezione sismostratigrafica è stata interpretata con attendibilità fino a circa 22 m di profondità, in coerenza con gli altri tipi di analisi descritte in seguito.

Analisi MASW

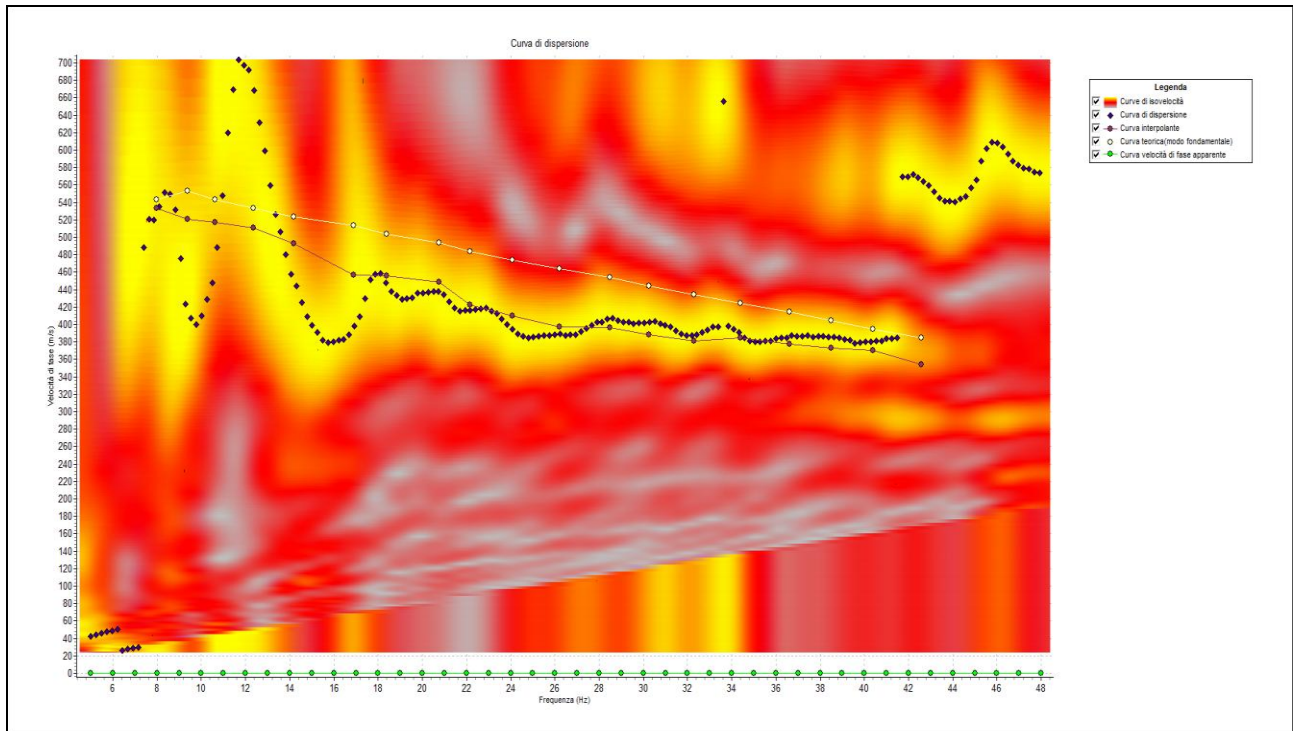
Frequenza minima 5Hz

Frequenza massima 48Hz



Spettro f – k

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA NEGRI DOTT. GIUSEPPE
Progetto di Piano Urbanistico Attuativo denominato
TRAPEZIO gennaio2017



Curva di dispersione

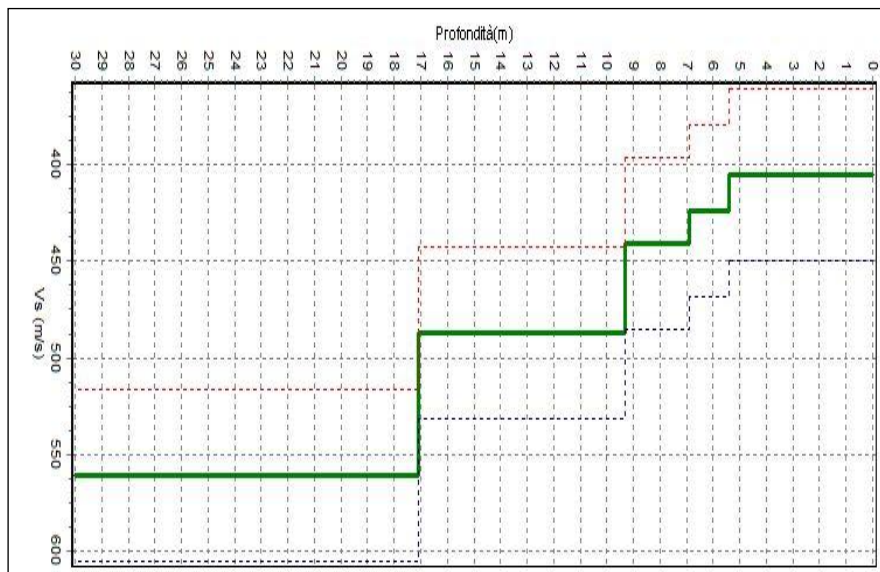
Procedendo per tentativi, secondo la procedura di Dunkin (1965) modificata da Watson (1970), il programma modifica in automatico il modello iniziale fino a quando lo scarto quadratico medio calcolato fra curva sperimentale e teorica non scende sotto un valore di soglia impostato e modificabile dall'operatore.

Poiché generalmente il metodo empirico genera in automatico un numero elevato di strati, si semplifica il modello iniziale mediando i livelli con valori di V_s simili.

Numero di strati (escluso semispazio) 4

Spaziatura ricevitori [m] 2 m

Numero ricevitori 24

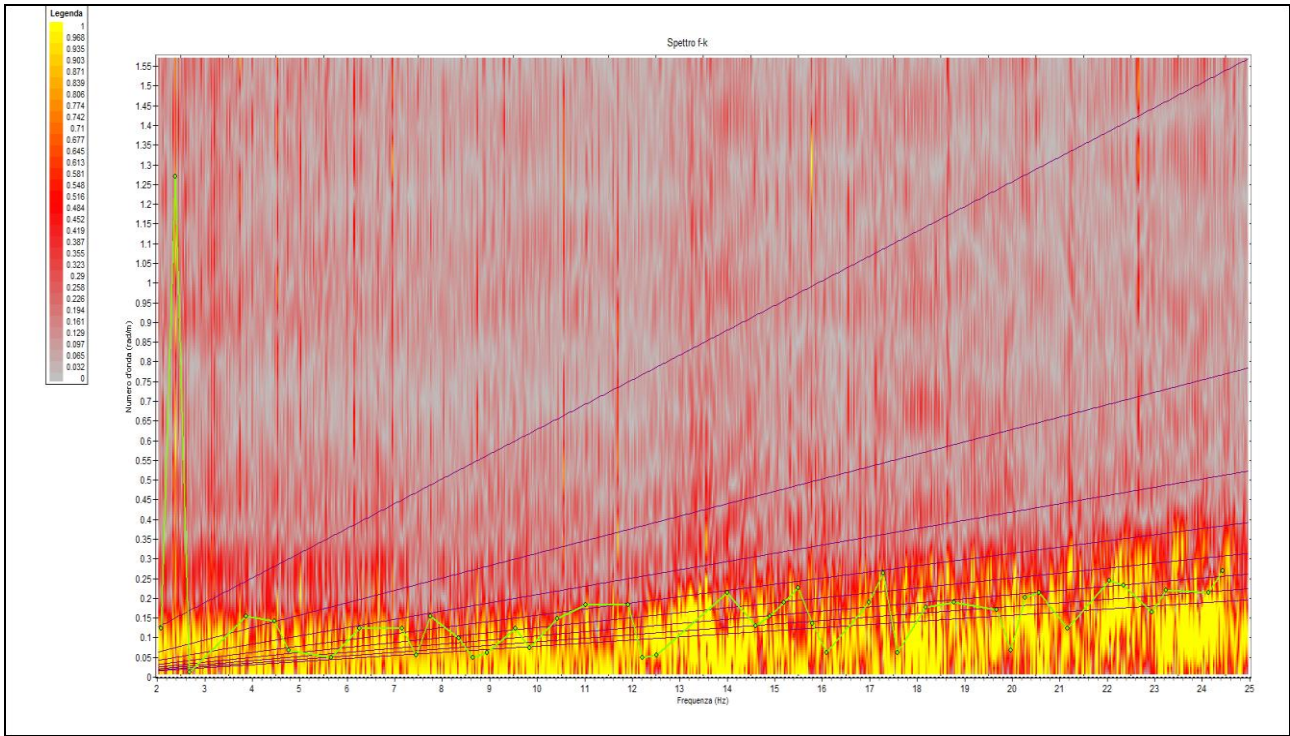


Profilo Vs numerico

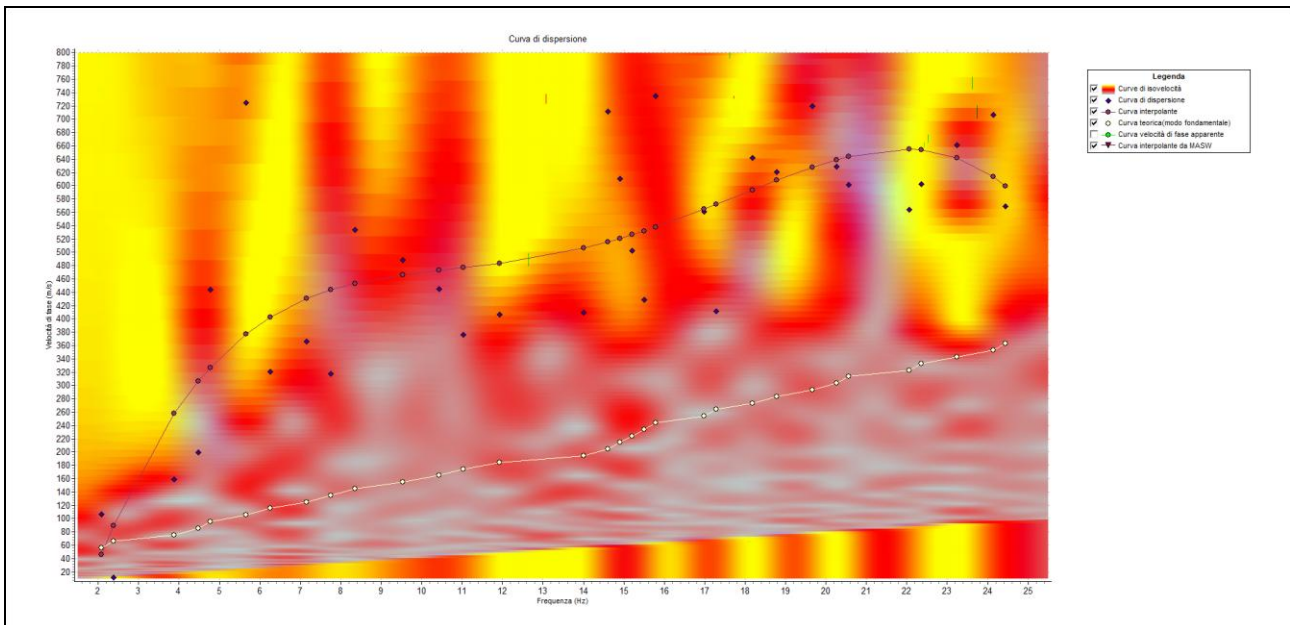
STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA NEGRI DOTT. GIUSEPPE
Progetto di Piano Urbanistico Attuativo denominato
TRAPEZIO gennaio 2017

Analisi ReMi

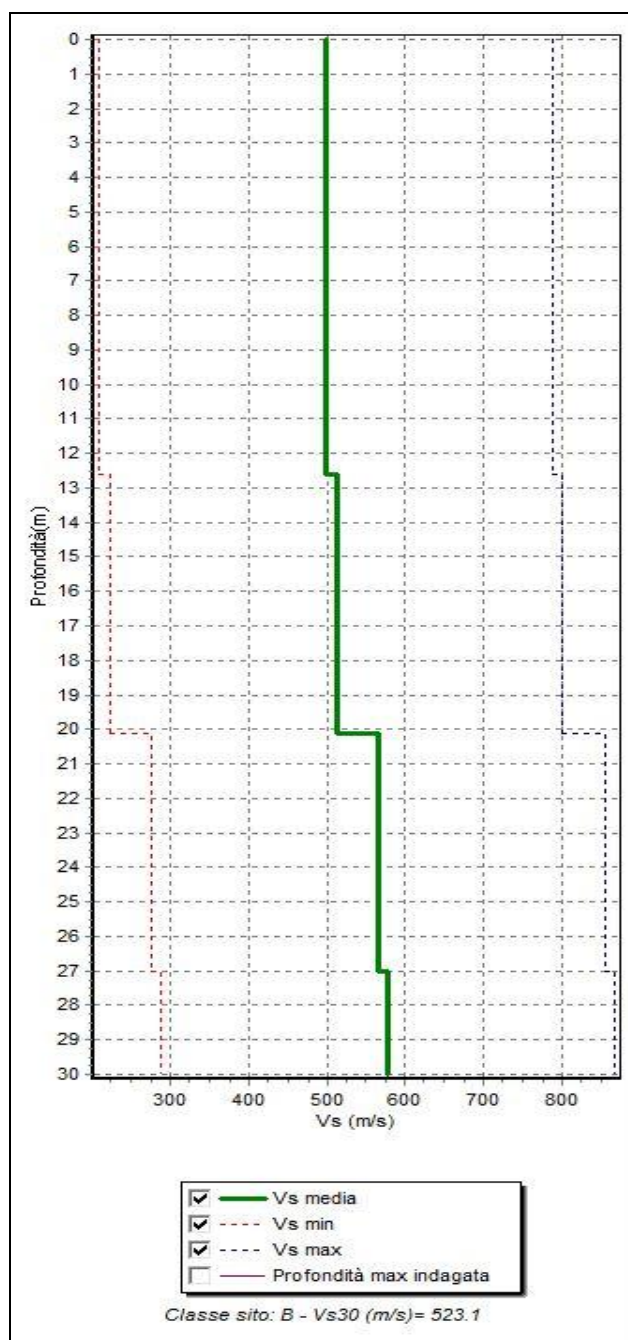
Numero di ricevitori	24
Distanza tra i sensori:	2 m
Numero di ricevitori usati per l'analisi	24



Spettro f – k



dispersione



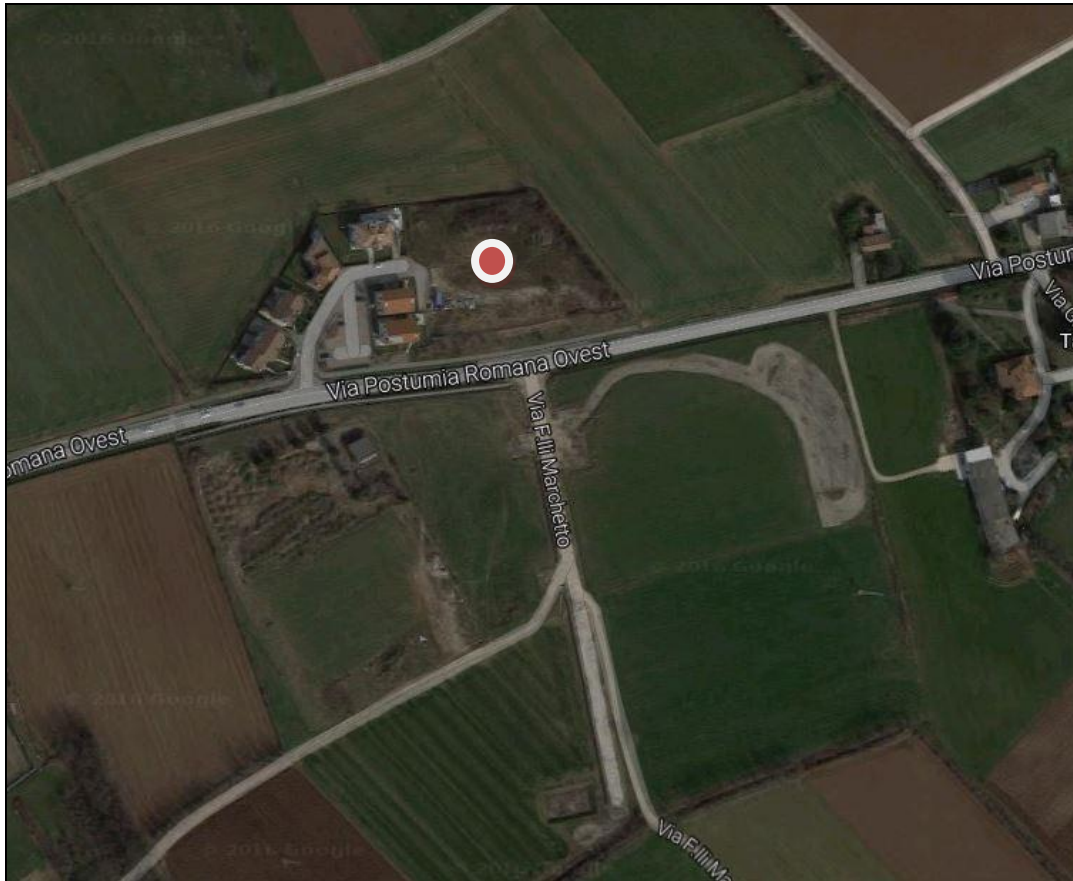
Profilo ReMi Vs numerico

Conclusioni (ReMi)

Secondo la misura sperimentale effettuata e la modellazione del sottosuolo elaborata dal trattamento dei dati, si individuano materiali sciolti di media consistenza caratterizzati da velocità delle onde sismiche di taglio tipiche di materiali granulari medio fini fino a profondità dell'ordine dei 30 m.

Periodo proprio di risonanza del suolo (HV)

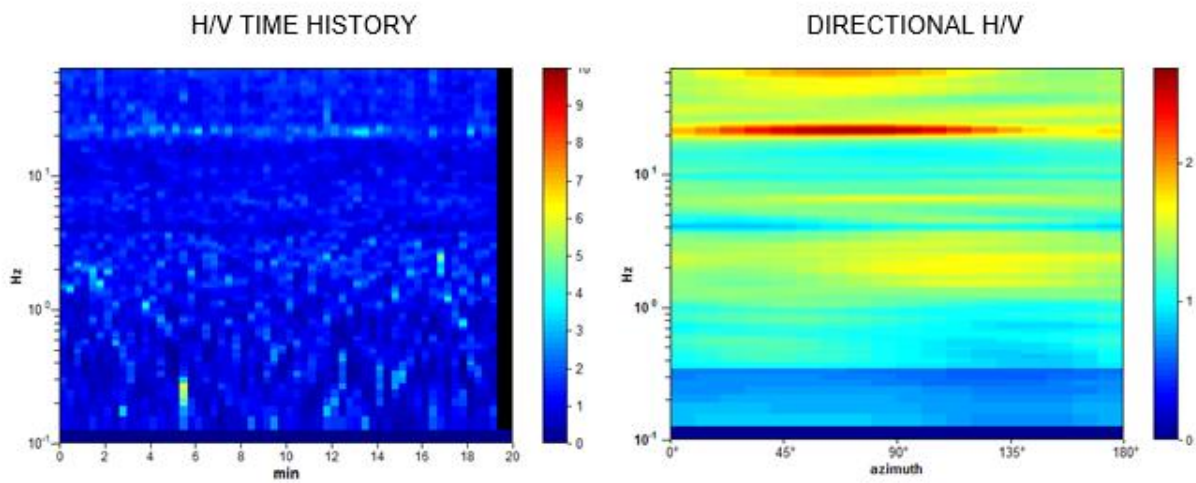
La foto aerea mostra l'ubicazione della indagine denominata HV () indicante il punto di acquisizione di rumore sismico ambientale finalizzata alla definizione del periodo proprio del suolo.



Nello studio specifico degli effetti di sito, la frequenza di campionamento utilizzata è di 128 Hz, con tempi di misura dell'ordine di 20 minuti.

Per la misura, oltre allo spettro H/V, è palesata la trasformata delle singole componenti, l'analisi direzionale e temporale del rumore sismico acquisito.

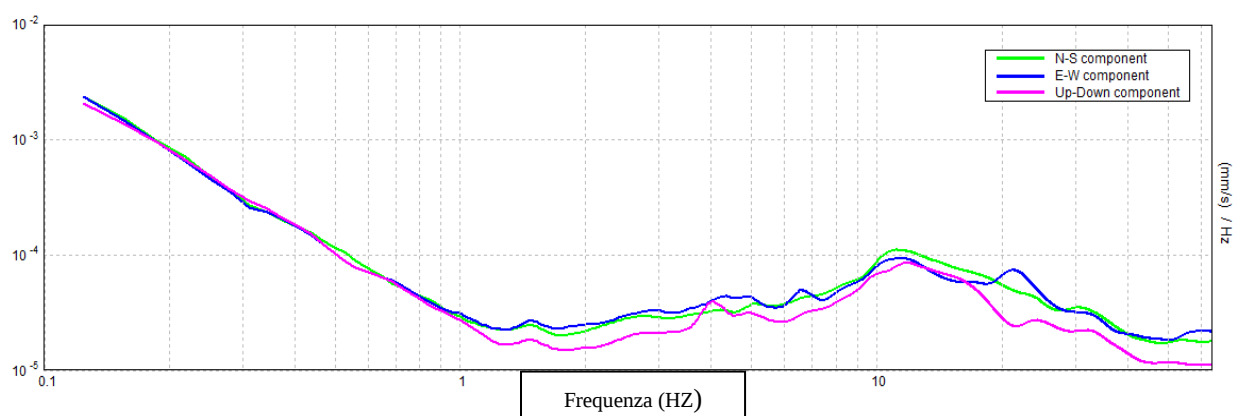
Analisi HV



analisi temporale del rumore

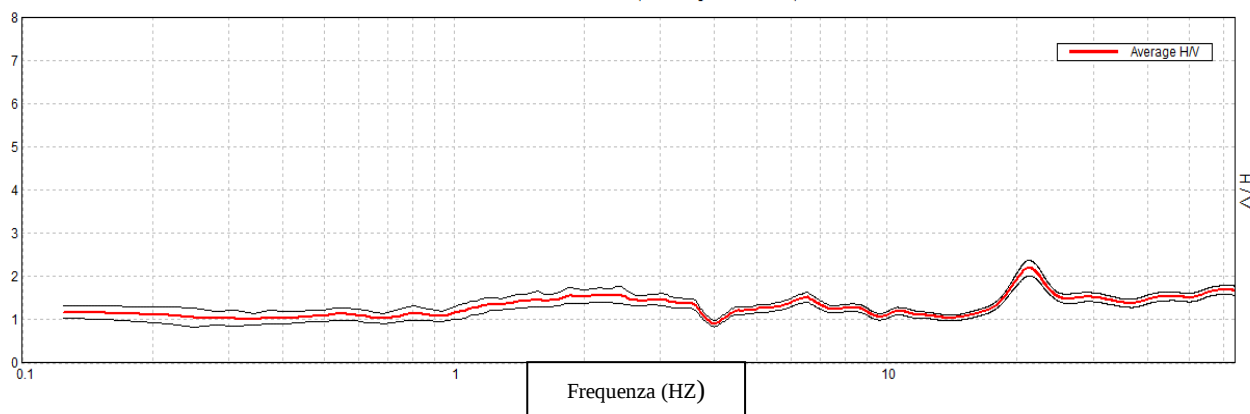
analisi direzionale del rumore

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA NEGRI DOTT. GIUSEPPE
Progetto di Piano Urbanistico Attuativo denominato
TRAPEZIO gennaio2017



spettri delle 3 componenti

Max. H/V at 21.25 ± 8.53 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



rapporto H/V

La misure effettuata ha subito un certo disturbo da rumore antropico (traffico stradale). Tutte le tracce escludono la presenza di un netto contrasto di impedenza acustica nel sottosuolo. Non si individuano picchi di risonanza di particolare entità.

Tabella riassuntiva delle frequenze registrate in un range da 0,0 a 64,0 Hz:

Sito di indagine	Frequenza max H/V	Considerazioni
HV	21.25 Hz	Dato registrato in condizioni di rumore antropico (traffico automobilistico)

Frequenza (HZ)

Tutte le misurazioni sono state testate per validarne l'efficacia tramite i parametri suggeriti dal Progetto Europeo SESAME:

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA NEGRI DOTT. GIUSEPPE
Progetto di Piano Urbanistico Attuativo denominato
TRAPEZIO gennaio2017

Max. H/V at 21.25 ± 8.53 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).					
Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]					
$f_0 > 10 / L_w$	21.25 > 0.50	OK			
$n_c(f_0) > 200$	25500.0 > 200	OK			
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1021 times	OK			
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]					
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$	15.375 Hz	OK			
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$			NO		
$A_0 > 2$	2.19 > 2	OK			
$f_{\text{peak}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.40133 < 0.05$		NO		
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$8.52823 < 1.0625$		NO		
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1815 < 1.58$	OK			
L_w n_w $n_c = L_w n_w f_0$ f f_0 σ_f $\varepsilon(f_0)$ A_0 $A_{HV}(f)$ f^- f^+ $\sigma_A(f)$ $\sigma_{\log HV}(f)$ $\theta(f_0)$	window length number of windows used in the analysis number of significant cycles current frequency H/V peak frequency standard deviation of H/V peak frequency threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ H/V peak amplitude at frequency f_0 H/V curve amplitude at frequency f frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{HV}(f^-) < A_0/2$ frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{HV}(f^+) < A_0/2$ standard deviation of $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{HV}(f)$ curve should be multiplied or divided standard deviation of $\log A_{HV}(f)$ curve threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$				
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log HV}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Per la completa affidabilità della curva HVSR devono essere positivi i primi tre parametri; in caso contrario la prova risulterà meno affidabile ed è cura dell'operatore scartarla o mantenerla. Nel nostro caso la prova è stata ugualmente ritenuta valida in quanto congruente con i risultati delle indagini condotte con altre tecniche. Gli altri sei criteri invece si riferiscono ad un chiaro e pulito segnale del picco massimo; in questo caso devono essere soddisfatti almeno cinque dei sei criteri successivi; se così non è, significa che il segnale è sporco e possono esserci altri picchi o nessun picco.

Risultati finali

I profili di velocità, elaborati con le tre tecniche di indagine, hanno consentito di riconoscere, sulle verticali di restituzione delle informazioni sismostratigrafiche, orizzonti con caratteristiche elastiche e velocità delle onde S variabili entro i primi 30 m di sottosuolo. Tutte le indagini hanno evidenziato un incremento delle velocità con la profondità, significativo di volumi di materiale con elevato grado di addensamento e/o maturazione. Non è stato intercettato il bedrock sismico entro i primi 30 m di profondità. In sintesi:

	BEDROCK SISMICO	
	NO	SI
COPERTURA	Sciolti (ghiaie)	
SPESSORE	30 m (spessore certo registrato)	
PARAMETRO Vs da MASW PARAMETRO Vs da ReMi	Vs 30 = 520 m/s	

FREQUENZA del TERRENO	21 Hz	
------------------------------	--------------	--

Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008, ex DM 14/09/2005) il sito in esame rientra quindi nella **categoria B**

Suolo di tipo B

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30, compresi fra 360 m/s e 800 m/s (Nspt,30>50 nei terreni a grana grossa o cu30 >250 kPa nei terreni a grana fina).

Naturalmente il vero dato di velocità va considerato in un ragionevole intorno del dato proveniente dalle elaborazioni sperimentali ($\pm 10\%$), per cui i terreni con velocità borderline vengono cautelativamente attribuiti alla categoria inferiore.

Una elaborazione più spinta dei dati con l'introduzione di filtraggi particolari avrebbe portato a risultati opinabili.

Le conclusioni riguardano quindi solo le elaborazioni dei dati ritenuti attendibili.

Procedure di analisi per la MS di 2° livello

Analisi dei punti secondo le linee guida per l'esecuzione di studi di microzonazione sismica da applicarsi nel territorio della Regione del Veneto

3.2.1 - Valutazione degli effetti morfologici

L'area in esame è inserita nel contesto pianeggiante dell'Alta Pianura Veneta

3.2.2 - Valutazione degli effetti litologici

L'area in esame è compresa nella grande conoide post glaciale del Piave formata da un potente e praticamente indifferenziato materasso sabbio ghiaioso

3.2.3 – zona di fondovalle

L'area è in una pianura alluvionale con C= 0.0025 e stratificazione piano parallela dei sedimenti

3.2.4 – instabilità di versante

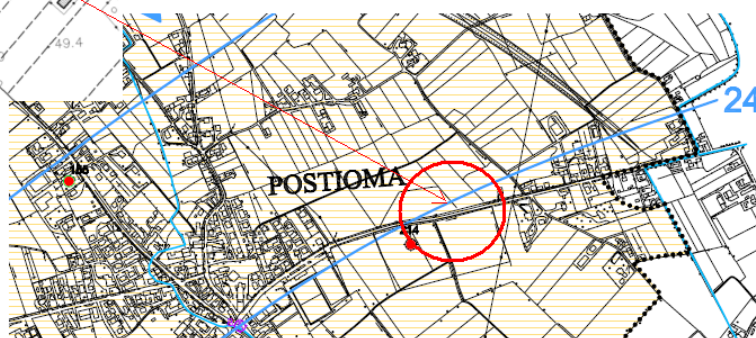
Il contesto pianeggiante esteso per chilometri e questo non determina problemi di stabilità generale

3.2.5 – liquefazione

la falda si trova ad una profondità MEDIA DI 26m. dal piano campagna

ESTRATTO CRT

quota piano campagna 50.7 m slm
 quota isofreatica 24 m slm
 profondità media della falda 26.7 m

ESTRATTO CARTA IDROGEOLOGICA DEL PAT**valutazione di FA e FV**

Le Linee Guida Regionali per la microzonazione sismica prevedono la realizzazione, al Livello 1 di approfondimento, della Carta di Pericolosità Sismica Locale, nella quale vengono indicate le maggiori criticità del territorio e individuate le aree che richiedono approfondimenti per particolari tematiche e/o assetti stratigrafici-tettonici complessi.

Nel caso in esame manca questo supporto, comunque è possibile attribuire all'area oggetto d'indagine una pericolosità P4a così descritta:

zona di fondovalle e pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi

PROCEDURA DI MICROZONAZIONE SISMICA								
SIGLA	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	Verifica di assoggettabilità	(soglia)	1°livello	(soglia)	2°livello	(soglia)	3°livello
P1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi			cartografia				Analisi stabilità
P1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti			cartografia				Analisi stabilità
P1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana			cartografia		Analisi di stabilità	Fs prossimo a 1	Analisi stabilità
P2a	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti quali depositi alluvionali compressibili, ecc.	zona 4 $p_{ga} > 0,100$ zona 3 $p_{ga} < 0,100$	p_{ga} di sito $> 0,125$	raccolta dati - cartografia	ABITATI PREV. URBAN.	Cedimenti Eventuale verifica Ligertazione	PREV. URBAN.	Cedimenti
P2b	Zona con depositi granulari fini saturi	zona 4 $p_{ga} > 0,100$ zona 3 $p_{ga} < 0,100$	p_{ga} di sito $> 0,125$	raccolta dati - cartografia	ABITATI PREV. URBAN.	Eventuale verifica Cedimenti	PREV. URBAN.	Ligertazione
P2c	Zona caratterizzata da coltri di terreno di riporto o che hanno subito riempimenti antropici	zona 4 $p_{ga} > 0,100$ zona 3 $p_{ga} < 0,100$	p_{ga} di sito $> 0,125$	raccolta dati - cartografia	ABITATI PREV. URBAN.	Cedimenti	PREV. URBAN.	Cedimenti
P3a	Linea di ciglio H-E m (scarpata, bordo di cave, scivoli di cava, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)			$H > 10$ m; $\alpha > 15^\circ$		Effetti topografici		
P3b	Zona di cresta e/o cuscine: appennine - arrotondate			$h > 1/3H$ α e $\alpha' > 15^\circ$		Effetti topografici		
P4a	Zona di fondovalle ampie e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi			$v_{s30} < 800$ m/s; $C < 0,25$ $v_{s30} < 800$ m/s; $C < 0,25$		Effetti litologici	$h > 0,65/\sqrt{C} - 1$	Effetti litogeometrici
P4b	Zona di fondovalle stretta ($C < 0,25$) ed in presenza di forme geomorfologiche esposte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale			$v_{s30} < 800$ m/s; $C < 0,25$				Effetti litogeometrici
P4c	Zona pedemontana di falda di detrito, conoidi alluvionali o conoidi dell'alto-lacustre			$v_{s30} < 800$ m/s		Effetti litologici		
P4d	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri lessiche)			$v_{s30} < 800$ m/s		Effetti litologici		
P4e	Zona con presenza di argille residue e terre rosse di origine eluvio-coluviale			$v_{s30} < 800$ m/s		Effetti litologici		
P5a	Linea di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse			cartografia		Comportamenti differenziali		
P5b	Zona ove sono presenti o potenzialmente presenti cavità sotterranee o sinkhole			cartografia				Comportamenti differenziali

In particolare nella classe P4 la quantificazione numerica degli effetti viene individuata dai fattori amplificativi

FA (fattore di amplificazione a basso periodo in termini di accelerazione)

FV (fattore di amplificazione a periodo proprio in termini di pseudo velocità)

La valutazione di questi avviene con procedimenti di calcolo semplificato

Per le aree in esame la classe per la valutazione del fattore di amplificazione come risulta dalla seguente tabella

CLASSE	DESCRIZIONE	informazioni
1	terreno di riporto antropico	
2	ghiaia	2a addensata 2b poco addensata
3	ghiaia/sabbiosa-sabbia/ghiaiosa	3a addensata 3b poco addensata
4	sabbia	4a addensata 4b poco addensata
5	Sabbia / limosa - limo/sabbioso	5a addensata 5b poco addensata
6	Limo	6a consistente 6b poco consistente
7	Limo / argilloso - argilla/limosa	7a consistente 7b poco consistente
8	Argilla	8a consistente 8b poco consistente
9	deposito alluvionale a granulometria mista	
10	detrito di versante a granulometria mista	
11	coltre di substrato alterato	

sembra essere collocato tra le classe 2a e 2b

Per la valutazione dei fattori amplificativi viene fatto riferimento alle tabelle di FA e FV predisposte dalla Protezione Civile e contenute negli Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica

I dati di ingresso per la scelta della tabella sono rappresentati dai seguenti elementi:

- la litologia prevalente nei terreni di copertura;
- la profondità del basamento sismico, ovvero la profondità dove si raggiungono velocità delle onde S superiori a 800 m/s (H);
- l'andamento della velocità delle onde di taglio con la profondità e la velocità media

VSH delle onde S nei terreni di copertura fino al basamento sismico. Questa sarà definita

dalla seguente relazione :

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA NEGRI DOTT. GIUSEPPE
Progetto di Piano Urbanistico Attuativo denominato
TRAPEZIO gennaio2017

$$V_{SH} \cong \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{SI}}}$$

Le tabelle sono riferite a tre livelli di sismicità: 0,06g, 0,18g e 0,26g; sono ordinate per litotipo (argille, sabbie e ghiaie) e all'interno di ciascun litotipo, per tipologia di profilo di velocità

Nel caso in questione,
ag=0,18,
un profilo di velocità con pendenza intermedia e una litologia prevalentemente ghiaiosa.

H del *bedrock* geofisico (Vs = 800 m/s) = 100 m
Vs = 520 m/sec .

Fattore di amplificazione		Tipo di terreno		a_g (g)		Profilo di velocità					
FA		Ghiaia		0.18g		Lineare pendenza intermedia					
		V_{is} (m/s)									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	2.47	1.91	1.70	1.51	1.30	1.16	1.09	1.05	1.02	1.01
	10	-	2.39	2.14	1.79	1.56	1.38	1.26	1.18	1.08	1.03
	15	-	2.22	2.19	1.99	1.78	1.58	1.43	1.30	1.14	1.05
	20	-	1.90	2.08	1.99	1.80	1.65	1.50	1.38	1.19	1.07
	25	-	1.63	1.87	1.90	1.77	1.65	1.51	1.41	1.23	1.09
	30	-	1.57	1.68	1.73	1.71	1.61	1.51	1.40	1.22	1.10
	35	-	-	1.62	1.65	1.59	1.57	1.47	1.38	1.22	1.09
	40	-	-	1.60	1.59	1.53	1.47	1.43	1.35	1.21	1.09
	50	-	-	1.47	1.52	1.46	1.38	1.33	1.27	1.17	1.07
	60	-	-	1.37	1.47	1.42	1.35	1.29	1.23	1.13	1.04
	70	-	-	1.25	1.34	1.38	1.32	1.27	1.21	1.10	1.01
	80	-	-	1.13	1.26	1.29	1.29	1.23	1.19	1.08	1.00
	90	-	-	1.11	1.20	1.24	1.25	1.22	1.17	1.07	0.99
	100	-	-	1.02	1.13	1.19	1.19	1.19	1.15	1.06	0.98
	110	-	-	0.98	1.11	1.15	1.17	1.14	1.13	1.04	0.97
120	-	-	0.92	1.06	1.11	1.11	1.12	1.09	1.03	0.96	
130	-	-	0.87	1.00	1.08	1.09	1.09	1.06	1.02	0.95	
140	-	-	0.85	0.96	1.04	1.06	1.07	1.05	0.99	0.94	
150	-	-	0.80	0.92	1.00	1.02	1.04	1.02	0.97	0.93	

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA NEGRI DOTT. GIUSEPPE
Progetto di Piano Urbanistico Attuativo denominato
TRAPEZIO gennaio2017

Fattore di amplificazione FV		Tipo di terreno Ghiaia		a_g (g) 0.18g		Profilo di velocità Lineare pendenza intermedia					
		V_w (m/s)									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	1.25	1.10	1.06	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
	10	-	1.73	1.22	1.12	1.08	1.05	1.04	1.03	1.01	1.00
	15	-	2.36	1.73	1.36	1.18	1.12	1.08	1.06	1.03	1.01
	20	-	2.70	2.15	1.66	1.38	1.21	1.14	1.10	1.05	1.02
	25	-	2.72	2.36	1.94	1.58	1.37	1.22	1.15	1.07	1.03
	30	-	2.67	2.51	2.07	1.74	1.50	1.33	1.21	1.10	1.04
	35	-	-	2.50	2.21	1.83	1.59	1.41	1.28	1.12	1.04
	40	-	-	2.44	2.25	1.93	1.66	1.47	1.33	1.15	1.05
	50	-	-	2.34	2.19	1.98	1.78	1.59	1.42	1.20	1.08
	60	-	-	2.19	2.11	1.95	1.76	1.61	1.47	1.23	1.09
	70	-	-	2.14	2.00	1.89	1.75	1.60	1.46	1.24	1.10
	80	-	-	1.99	1.96	1.81	1.69	1.58	1.46	1.26	1.11
	90	-	-	1.87	1.89	1.75	1.63	1.54	1.45	1.25	1.11
	100	-	-	1.85	1.81	1.72	1.59	1.50	1.41	1.25	1.11
	110	-	-	1.83	1.72	1.66	1.56	1.47	1.38	1.24	1.10
120	-	-	1.81	1.69	1.63	1.53	1.43	1.36	1.21	1.08	
130	-	-	1.76	1.67	1.55	1.50	1.41	1.33	1.20	1.06	
140	-	-	1.73	1.67	1.55	1.45	1.40	1.30	1.18	1.06	
150	-	-	1.71	1.65	1.53	1.41	1.36	1.28	1.16	1.05	

In sintesi

0,18g

Ghiaie

FA
1.15

FV
1.41

Profondità bedrock sismico = 80 /100 m

VSH = 520 m/sec

TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il caso in esame ricade nella situazione descritta come P4a e deve essere applicata solo se alla verifica $h/l > 0.65 / (C_v - 1)^{0.5}$

Nel caso in esame il rapporto $h/l = 0.0025$ e il prodotto $0.65 / (C_v - 1)^{0.5}$ diventa 0.88 considerando quindi rispettata la condizione $0.0025 < 0.88$ quindi si omette tale verifica

Pieve di Soligo gennaio 2016

il geologo

