

La **tecnica HVSR** (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*), detta anche **H/V** (**rapporto tra le componenti spettrali verticali ed orizzontali**), è una tecnica non invasiva, molto rapida e può essere applicata in qualunque zona del cantiere in quanto non necessita di una perforazione, nè di stendimenti o cavi.

Tale tecnica è stata utilizzata per la prima volta da **Nagoshi e Igarashi (1970)** e poi diffusa e migliorata da **Nakamura (1989)**.

La tecnica HVSR è considerata una **tecnica sismica passiva** perché sfrutta il rumore ambientale, quindi non necessita di un sistema di energizzazione. Il rumore generato consiste per lo più da onde superficiali, ovvero onde di Rayleigh e onde di Love prodotte dall'interferenza costruttiva delle onde P ed S negli strati superficiali.

Tuttavia, la tecnica si basa sul metodo di Nakamura e sul rapporto spettrale H/V, permettendo di ricavare la velocità delle onde di taglio, analizzare la sismicità degli edifici in progetto o quelli presenti e infine valutare la liquefazione dei terreni.

La tecnica HVSR, come la tecnica MASW, permette di definire la classificazione sismica dei suoli in accordo alla legislazione antisismica (NTC 2018); questa misurazione della velocità delle onde di taglio sono essenziali per la microzonazioni a grande e piccole scala. Tuttavia, la HVSR è preferibile rispetto alla MASW e alla *cross-hole*, perché non è invasiva, quindi non si hanno danni ambientali ed è meno costosa fornendo allo stesso tempo valori accettabili.

Tuttavia, la HVSR è preferibile rispetto alla MASW e alla *cross-hole*, perchè non è invasiva, quindi non si hanno danni ambientali ed è meno costosa fornendo allo stesso tempo valori accettabili.

I concetti base della tecnica si fondano sulla sismica tradizionale, ovvero rifrazione, riflessione e diffrazione e in parte alla teoria passiva dei microtremiti. Il rumore sismico registrato è il **rumore ambientale**, presente sulla superficie terrestre oppure generato da fenomeni atmosferici o attività antropiche. Il metodo determina la "funzione di trasferimento del mezzo", ovvero come il moto sismico viene alterato durante il passaggio di esso nel substrato partendo da un terreno alluvionale fino al raggiungimento del substrato rigido. Infatti, a causa di condizioni litostratigrafiche particolari possono verificarsi condizioni di amplificazione del moto sismico, definiti come "**effetti di sito**".

La metodologia HVSR presenta dei vantaggi come per esempio il segnale ottenuto passivamente viene meno alterato rispetto ad una MASW attiva, possono raggiungere profondità più elevate fino ad una centinaia di metri e non richiede tempi lunghi di esecuzione rispetto altre tecniche sismiche.

Gli utilizzi principali riguardano la definizione della **frequenza di risonanza di un sito, delle strutture e/o edifici, microzonazione sismica e misure vibrometriche su edifici**. I risultati di una indagine HVSR locale sono un potente strumento per il supporto nella progettazione. E' consigliabile eseguire la tecnica in zone dove si conosce la stratigrafia avendo per esempio fatto dei sondaggi geotecnici.

Cenni sulla frequenza fondamentale

La tecnica sismica passiva mostra le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica. Infatti, un terreno tende a vibrare non solo quando siamo in presenza di un sisma ma anche dovuto ad effetti locali, quali naturali o antropici; tale principio permette di misurare la frequenza fondamentale o di risonanza dei terreni. Le frequenze a cui si manifesta la risonanza vengono descritte dalla seguente relazione:

$$f = \frac{V_s}{4h}$$

dove V_s è la velocità delle onde di taglio e h è lo spessore dello strato. Dalla teoria di Nakamura il grafico del rapporto tra le componenti spettrali orizzontali e verticali evidenzia un picco di frequenza o di altri picchi di frequenza in caso di terreni eterogenei. Tuttavia la frequenza fondamentale del sito (Fig.1) è quella più significativa a bassa frequenza, mentre gli altri picchi di altre frequenze, sono picchi secondari in vicinanza alla struttura ingegneristiche.

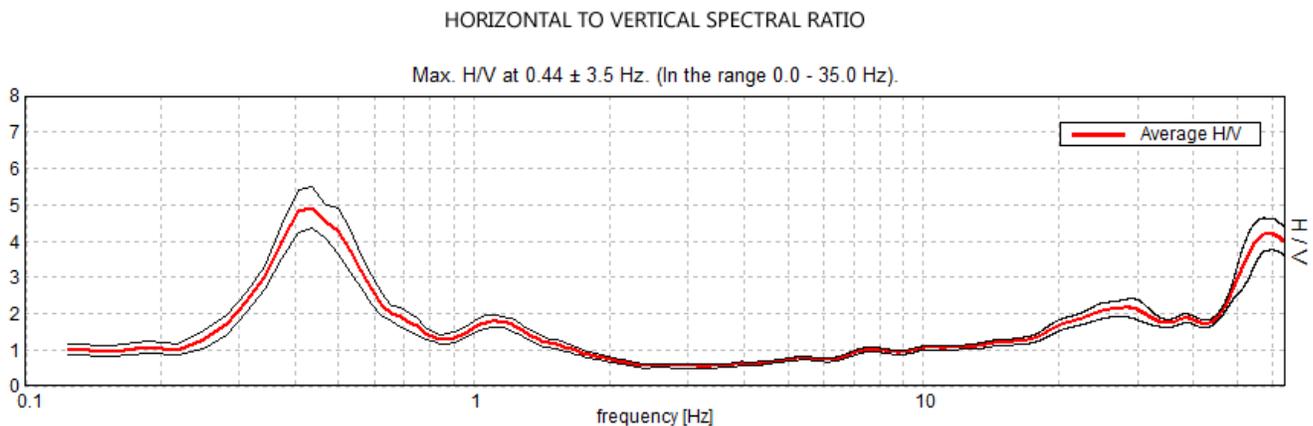


Fig. 1

La frequenza fondamentale è di estrema importanza per gli ingegneri, geologi e progettisti, i quali devono tenere in considerazione il **fenomeno della doppia risonanza**.

Cenni sulla metodologia HVSR

La sorgente è generata da **microtremori** sia in modo naturale che antropico; essa viene acquisita tramite geofoni posti sulla superficie topografica da 4.5 Hz.

La tecnica richiede un sismometro (fig.2) a stazione singola triassiale e un digitalizzatore di segnale di 16 bit. Tali sismometri devono essere in grado di registrare un ampio spettro di frequenza, compreso tra 0.1-100 Hz e una durata ampiamente lunga di 10-20 minuti. Tuttavia, il sensore viene appoggiato sulla superficie del suolo in modo tale da avere un accoppiamento migliore tra la topografia e il sensore, altrimenti una posizione non adeguata del sensore sul terreno potrebbe portare a delle modificazioni alla curva delle frequenze.

Le misure registrate vengono successivamente vengono elaborate tramite un software e restituite in un grafico H/V. Inoltre, il microtremore viene acquisito a seconda del passo di campionamento definito dal geofisico.

Con il modello TROMINO® ENGY 3G-Wireless Trigger (Fig.2) si possono realizzare prove **MASW**, Multichannel Analysis of Surface Waves, *con una analisi* congiunta con **HVSR**.



Fig.2