



COMUNE DI SAN MAURO CASTELVERDE (PA)

**VERIFICHE TECNICHE DEI LIVELLI DI SICUREZZA SISMICA AI
SENSI DELL'ORDINANZA P.C.M. N. 3274/2003 E S.M. E I. RELATIVE
ALL'ISTITUTO COMPRENSIVO I. C. POLLINA UBICATO IN VIA S.
NICOLO NEL COMUNE DI SAN MAURO CASTELVERDE (PA)**

Committente: ABGroup s.n.c.

**RELAZIONE SULLE INDAGINI DI SISMICA PASSIVA A
STAZIONE SINGOLA (TROMOGRAFIA)**

Dicembre 2015

Azienda Certificata con SGQ RINA
ISO 9001:2008
Numero: 19305/09/S

Il Geologo
Dott. Geol. Giacomo Anselmo

COMUNE DI SAN MAURO DI CASTELVERDE (PA)

**VERIFICHE TECNICHE DEI LIVELLI DI SICUREZZA SISMICA AI
SENSI DELL'ORDINANZA P.C.M. N. 3274/2003 E S.M. E I.
RELATIVE ALL'ISTITUTO COMPRENSIVO I. C. POLLINA
UBICATO IN VIA S. NICOLO NEL COMUNE DI SAN MAURO
CASTELVERDE (PA)**

Committente: ABGroup s.n.c.

**RELAZIONE SULLE INDAGINI DI SISMICA PASSIVA A
STAZIONE SINGOLA (TROMOGRAFIA)**

1. PREMESSA

La presente relazione espone i risultati ottenuti nel corso di una campagna geofisica con l'utilizzo della tecnica di sismica passiva a stazione singola (tromografia) eseguita nel territorio comunale di San Mauro Castelveverde, nell'ambito del progetto indicato in epigrafe.

L'incarico prevede l'esecuzione di n° 1 sondaggio tromografico realizzato in corrispondenza dell'area in cui è ubicata la struttura indicata in epigrafe.

La presente relazione è corredata da:

- elaborati grafici dell'indagine tromografica eseguita;
- tabella con indicate le VS_{30} che caratterizzano i terreni presenti;
- documentazione fotografica.

2. OGGETTO DELLA MISURA DELLE INDAGINI DI SISMICA PASSIVA: IL MICROTREMORE SISMICO AMBIENTALE

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato, oltre che dall'attività dinamica terrestre, dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica.

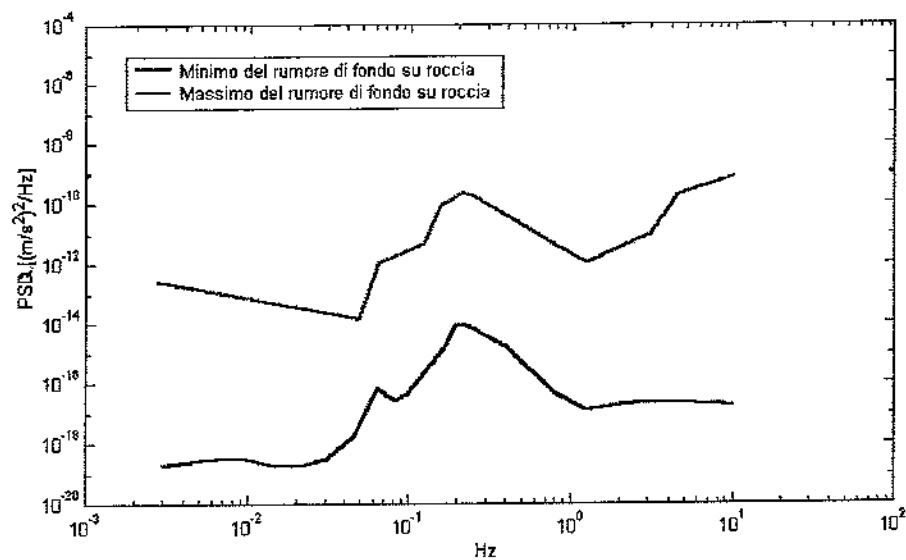
Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti ($10-15 \text{ [m/s}^2\text{]}^2$ in termini di accelerazione).

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale ed in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno roccioso e pianeggiante presenta l'andamento illustrato in Figura 1, dove la curva blu rappresenta il rumore di fondo 'minimo' di riferimento secondo il servizio geologico statunitense (USGS) mentre la curva verde rappresenta il 'massimo' di tale rumore, dove i picchi a 0.14 e 0.07 Hz sono comunemente interpretati come originati dalle onde oceaniche.

Tali componenti spettrali vengono attenuate molto poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto "guida d'onda".

A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie o anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.



Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la terra. Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto

3. INDAGINI DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA - TROMOGRAFIA

Allo scopo di determinare le velocità delle onde di taglio (V_s) dei terreni presenti, si è ritenuto necessario l'utilizzo della tecnica di sismica passiva a stazione singola HVSR.

In particolare è stata eseguita una misura di microtremore ambientale, con un tromografo digitale progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Di seguito vengono riportati alcuni cenni riguardo la metodologia utilizzata.

La sismica passiva è una tecnica che permette di definire la serie stratigrafica locale basandosi sul concetto di contrasto di impedenza dove per strato si intende un'unità distinta in relazione al rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

I primi studi su questa tecnica sono da attribuire a Kanai (1957) e da allora diversi metodi sono stati proposti per estrarre utili informazioni sul sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in sito.

Tra tutte le tecniche messe a punto quella che si è maggiormente consolidata è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (HVSR), applicata da Nogoshi e Igarashi (1970). Successivamente Nakamura (1989) ha applicato tale metodo come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale.

Le basi teoriche dell'HVSR sono relativamente semplici in un sistema stratificato in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D).

Considerando lo schema illustrato nella Figura 1 si osserva che sono presenti due strati (1 e 2) che si differenziano per le densità (ρ_1 e ρ_2) e le velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2).

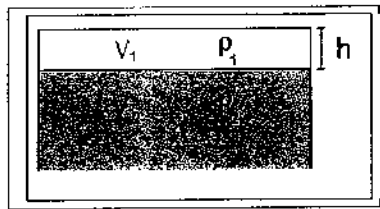


Figura 1. Modello di suolo costituito da due strati a diverse velocità delle onde sismiche e densità.

In questo caso un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene parzialmente riflessa dalla superficie di strato.

L'onda riflessa interferendo con quelle incidenti si somma e raggiunge le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato.

Ne consegue che la frequenza di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde P è pari a:

$$f_r = V_{P1}/(4 H) \quad [1]$$

mentre quella relativa alle onde S è

$$f_r = V_{S1}/(4 H) \quad [2]$$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra, come massimi relativi, le frequenze di risonanza dei vari strati.

Questo dato, insieme alla stima delle velocità, è in grado di fornire utili previsioni sullo spessore H degli strati.

Questa informazione è contenuta principalmente nella componente verticale del moto ma la prassi di usare il rapporto tra gli spettri orizzontali e quello verticale, piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce un'importante normalizzazione del segnale per:

- il contenuto in frequenza;
- la risposta strumentale;
- l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La normalizzazione, che rende più semplice l'interpretazione del segnale, è alla base della popolarità del metodo.

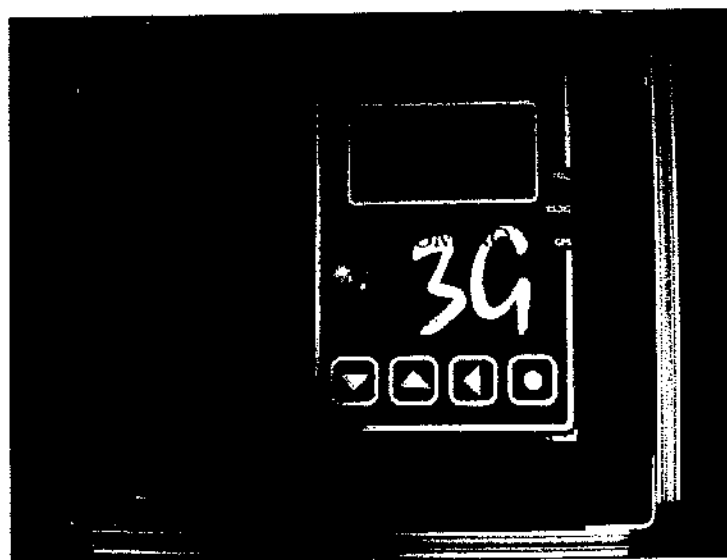
Da evidenziare, inoltre, che i microtremori sono costituiti da onde di volume, P o S, ed in misura maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh.

Tale inconveniente è facilmente superabile sia perché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva, sia perché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

D'altro canto l'applicabilità pratica della formula [2] è stata già dimostrata in molti studi sia nell'ambito della prospezione geofisica che nell'ambito ingegneristico.

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati sperimentali, consiste in un tromografo digitale denominato "Tromino 3G", dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

Tromografo digitale – Micromed- Grilla



Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

- le curve HVSR che sono state ottenute col software Grilla eseguendo un processing con i seguenti parametri:
 - larghezza delle finestre d'analisi pari a 20 s per tempi di acquisizione di 20 minuti;
 - lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale;
 - rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine/media a lungo termine) superiore ad 2;
 - rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.
- le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto sono state ottenute dopo l'analisi con gli stessi parametri sopra riportati.

Le profondità H delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la formula sotto riportata, in cui:

- V_0 è la velocità al tetto dello strato;
- α un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione, ecc.);
- ν la frequenza fondamentale di risonanza.

$$H = \left[\frac{V_0(1-\alpha)}{4\hat{\nu}_1} + 1 \right]^{\frac{1}{1-\alpha}} - 1$$

L'ubicazione del sondaggio eseguito è visibile nelle foto aeree allegate tratte dal sito "Google Eath".

Nei paragrafi seguenti sono riportate, in dettaglio, le interpretazioni dei dati sperimentali ottenuti.

San Mauro Castelverde

Strumento: TE3-0010/01-13

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 07/12/15 16:18:47 Fine registrazione: 07/12/15 16:38:47

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". (Analizzato da 0 s per 20 min)

Freq. campionamento: 128 Hz

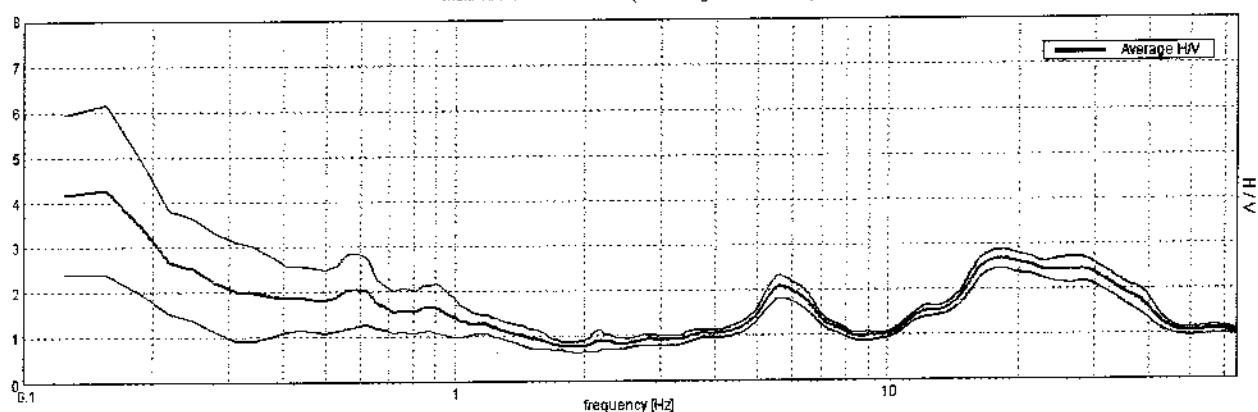
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

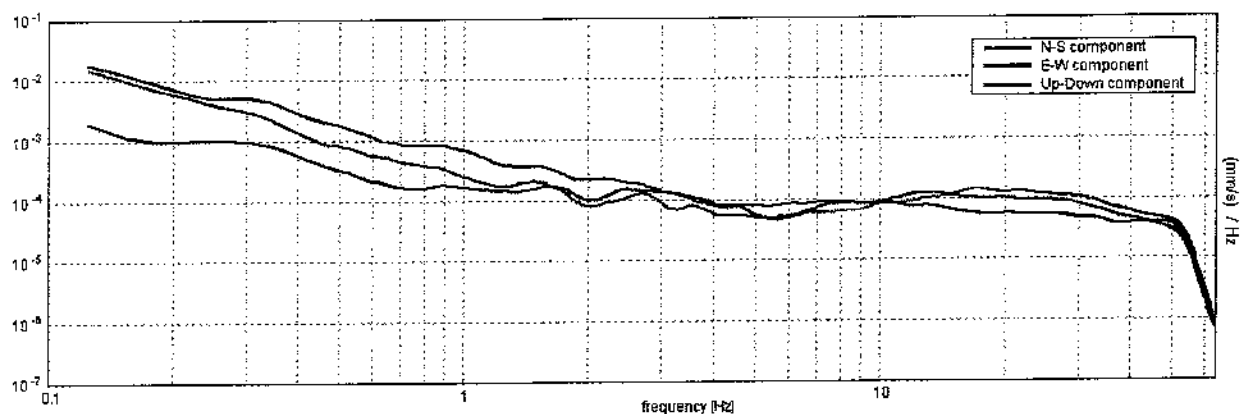
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

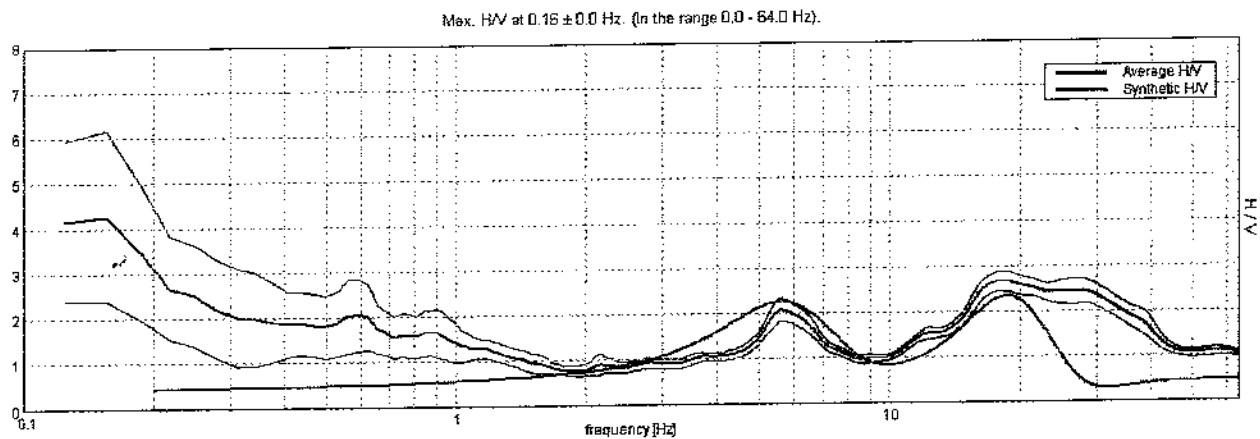
Max. H/V at 0.16 ± 0.0 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

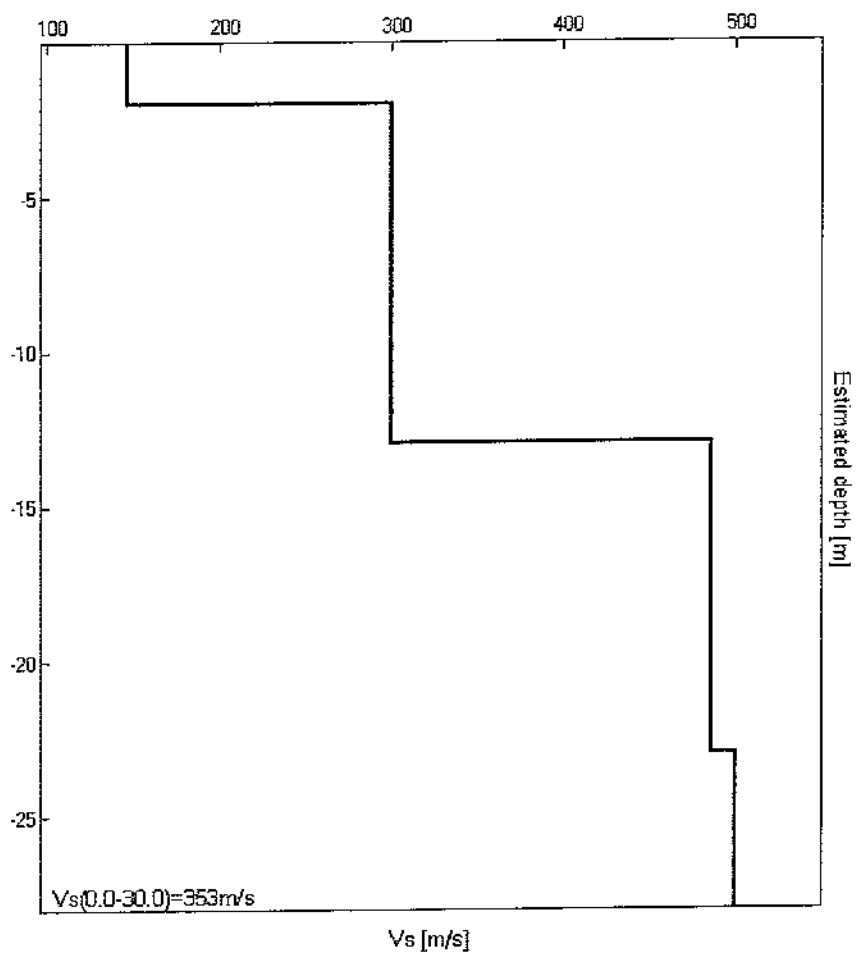


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
2.00	2.00	146	0.42
13.00	11.00	300	0.42
23.00	10.00	486	0.42
inf.	inf.	500	0.42

Vs(0.0-30.0)=353m/s



4. STIMA DELLE VELOCITA' DELLE ONDE S

I dati sperimentali ricavati dalle indagini di sismica passiva a stazione singola permettono di ricavare una stima delle velocità delle onde di taglio V_s .

In generale, la frequenza di risonanza delle onde S che viaggiano all'interno di uno strato è legata al tempo di tragitto delle onde S nello strato stesso dalla relazione:

$$f_r = \frac{1}{4T_H}$$

Dove T_H è il tempo di tragitto dall'interfaccia risonante e f_r è la frequenza di risonanza.

A partire dalla formula precedente e conoscendo la profondità h dell'interfaccia risonante è definibile la velocità media delle onde S nella struttura risonante

$$V = \frac{H}{T_H}$$

e

$$f_r = \frac{1}{4T_H}$$

da cui si ricava

$$V = 4 f_r h$$

Nelle tabelle seguenti sono riportati i valori delle velocità delle onde trasversali per i primi 30 m di profondità dal piano compagna, registrate durante l'esecuzione del sondaggio.

Ai sensi del D.M. 14/01/2008, i terreni appartengono alla **Categoria C** - *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s”*.

Dott. Geol. Giacomo Anselmo

A circular official stamp of the Regione Siciliana (Region of Sicily) is visible, partially obscured by a handwritten signature. The stamp contains the text "REGIONE SICILIANA" and "DIREZIONE REGIONALE DEL TERRITORIO E DELL'AMBIENTE".

Sondaggio T1 – Documentazione fotografica

