

**Comune di San Casciano V.P.**  
Provincia di Firenze

Indagine geofisica di superficie mediante Metodologia MASW

Romola – San Casciano Val di Pesa (FI)

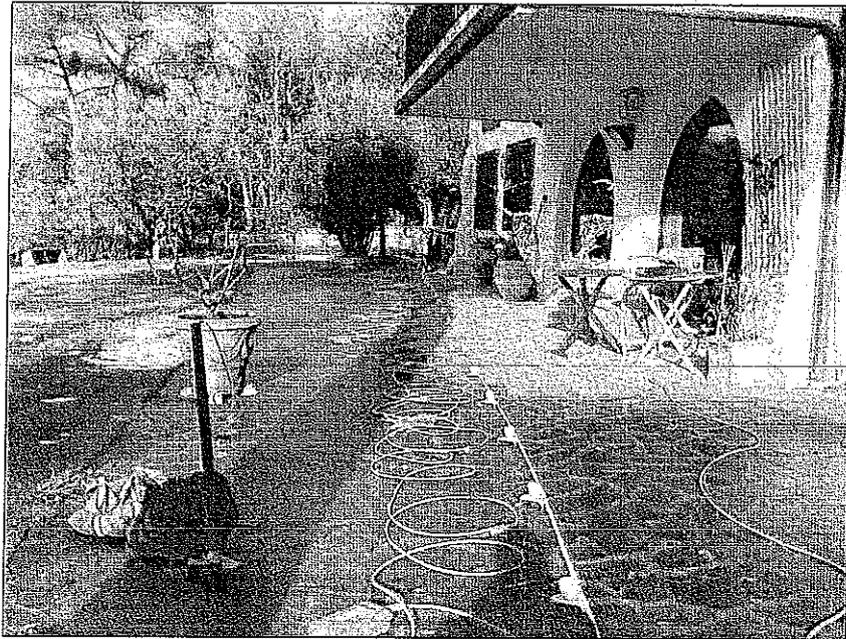
RELAZIONE TECNICA

GEOGNOSTICA FIORENTINA s.r.l.

Data:  
Dicembre 2010

## Introduzione

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica eseguita mediante metodologia MASW in data 21 dicembre 2010, per conto della committenza, all'interno di un'area in località Romola - Comune di San Casciano Val di Pesa (FI) – Fig. 1.



*Fig.1: Ubicazione linea sismica masw*

E' stata eseguita una campagna geofisica mediante acquisizione 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) al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame, ed in particolare i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette Vs30), così come previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni. La classificazione dei terreni è stata svolta sulla base del valore della Vs30 (il valore medio della Vs nei primi 30 m di profondità) definita dalla relazione:

$$v_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_{s_i}}}$$

in cui Vs<sub>i</sub> e h<sub>i</sub> sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio e lo spessore dell'i-esimo strato.

Di seguito vengono descritte le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, congiuntamente all'interpretazione scaturita dai dati elaborati.

## Acquisizione dati

L'acquisizione è avvenuta tramite sismografo *DOLANG mod. JEA a 24 canali*, con risoluzione di acquisizione pari a 24 bit. Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati geofoni "DOLANG" verticali, del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza propria di 4.5 Hz. È stata adottata una distanza intergeofonica di 1.0 m, un tempo di acquisizione di 1 s, e punti di energizzazione mediante martello su piastra, con offset minimi (distanze dai geofoni più esterni), di 3 e 4 m.

Per le analisi dei dati acquisiti si è adottato il software winMASW 4.3 Pro

## Metodologia d'indagine sismica

Il principio dell'analisi sismica è basato sul calcolo del tempo che impiega un'onda sismica ad attraversare differenti strati del sottosuolo; la velocità con cui la deformazione prodotta artificialmente si propaga nei terreni è funzione delle caratteristiche elastiche dei terreni stessi e pertanto la possibilità di determinare dette velocità con grande dettaglio permette di assegnare caratteri ragionevolmente realistici ai terreni da investigare e di seguirne l'andamento in profondità.

La tecnica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Wave*) è una tecnica di prospezione sismica che, attraverso la registrazione della modalità di propagazione delle onde di superficie nel sottosuolo permette di risalire alla velocità di propagazione delle onde di taglio S, caratteristiche del mezzo e fondamentali per determinare il parametro  $V_{s30}$ .

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo, utilizzato nel presente lavoro, le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi

30 m-50 m, in funzione della rigidità del suolo. La profondità massima di penetrazione, diversamente dalla sismica a rifrazione tradizionale, è determinata dalla relazione fra velocità di propagazione dell'onda e le sue frequenze, quindi non dipende dalla geometria dello stendimento, ma dalle caratteristiche della successione litostratigrafica del terreno investigato.

Questa tipologia di prospezione si realizza con uno stendimento sismico costituito da 12/24 o più geofoni allineati a distanza intergeofonica variabile tipicamente fra 0,5 e 2 m che registrano le onde sismiche generate in corrispondenza di X punti di energizzazione dislocati tipicamente ad una distanza (offset) compreso fra 2 e 10 m dal primo geofono all'esterno dello stendimento ed in allineamento con i geofoni. Un'acquisizione per la tecnica MASW prevede registrazioni per tempi di 1-2 sec con intervallo di campionamento di 250 $\mu$ s - 1ms.

L'obiettivo della registrazione è quindi l'individuazione nel treno di onde superficiali (Rayleigh o Love), che attraversando il mezzo subisce una dispersione le cui modalità sono direttamente correlate con la velocità di propagazione delle onde di taglio Sh.

Dal sismogramma, note le caratteristiche geometriche dell'acquisizione, si ottiene lo spettro delle velocità (diagramma velocità-frequenza) sul quale l'operatore individua la curva di dispersione.

## Elaborazione

I dati acquisiti (Fig. 2) sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ). Il dataset appare dominato dal modo fondamentale delle onde di Rayleigh. I risultati dell'elaborazione sono riportati in Figura. 3.

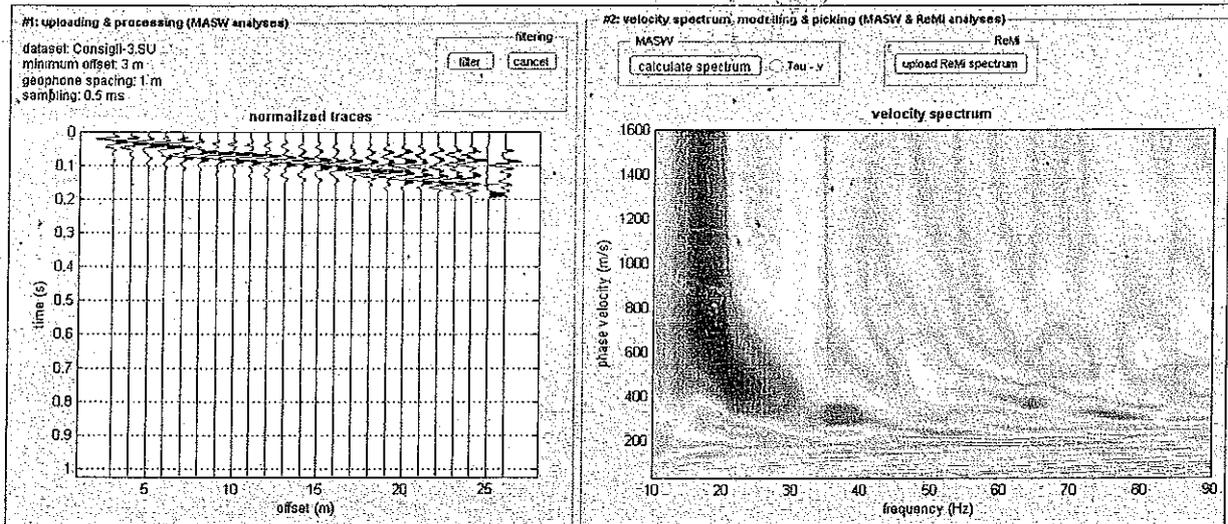


Fig. 2: Dati di campagna (a sinistra), spettro di velocità calcolato (a destra).

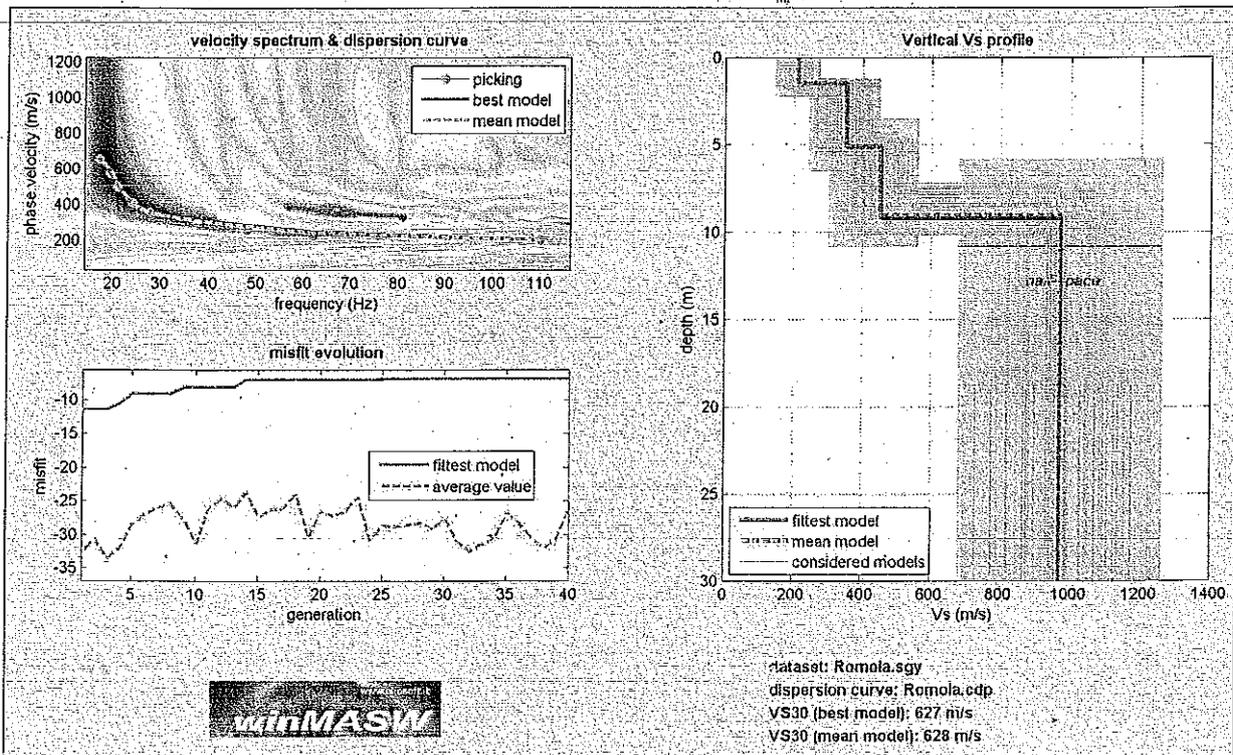


Fig. 3: Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione "piccate" e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale Vs identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).

Nella **Tabella 1** e nella **Figura 4** vengono riportati gli spessori, le relative velocità e la densità, stimati.

Spessore (m)	Vs (m/s)
1.5	210
3.7	350
3.9	448
semi-spazio	971

Tab. 1: Modello medio individuato  
(Vs30 del modello medio dal p.c.: 628 m/s)

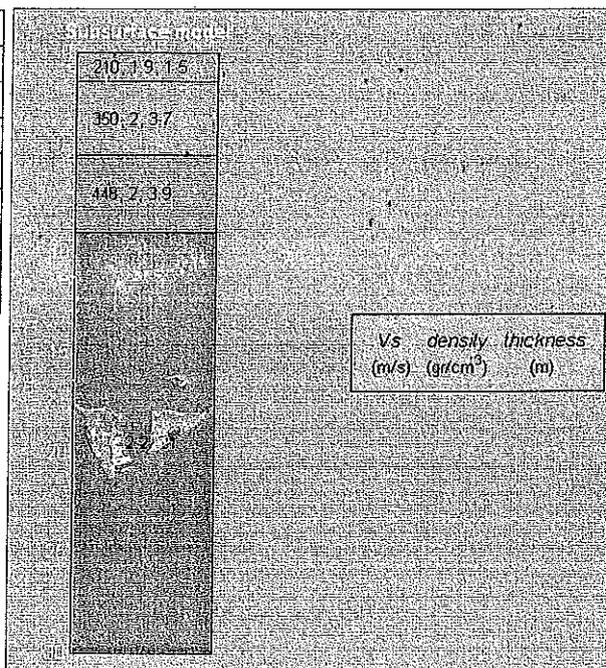


Fig. 4: Profilo verticale dalla Vs

## Conclusioni

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della Vs e, di conseguenza, del parametro Vs30, risultato – per il modello medio – pari a **628 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

La Vs della copertura risulta pari a **344 m/s**, quella del substrato **971 m/s**. Il valore della Vs per la copertura corrisponde a quella di tipo C (Vs compresa tra 180 e 360 m/s), ciò porta a classificare il sito, secondo il DM 14 gennaio 2008, in **categoria E** ("Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti su substrato di riferimento con Vs > 800 m/s").

Firenze, lì 22/12/2010

I Tecnici

Dott. Santi Accetta

Dott. Silvio Brenna

*Santi Accetta*

*Silvio Brenna*