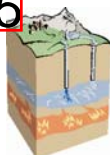


M565



**GEOLOGIA & AMBIENTE S.n.c.**  
Indagini Ambientali Geotecniche Geofisiche

**SINCERT**



## INDAGINE SISMICA M.A.S.W. – Re.Mi. Via Cerdaldese loc. San Pancrazio – Montespertoli (FI)

COMMITTENTE: *Idrogeo Service srl*

DATA INDAGINE: 24 Aprile 2013



Pistoia 02/05/2013

GEOLOGIA E AMBIENTE S.N.C.

**GEOLOGIA & AMBIENTE snc**  
*di Naselli Gino & C.*  
Via Panciatici 11 - 51100 PISTOIA  
Tel. e Fax 0573-366497  
P.IVA 01427880479  
e mail: geologiaeambiente@tiscalinet.it



## Premessa

La presente relazione riporta i risultati di una campagna di prospezione geofisica in corrispondenza di un'area ubicata in Via Certaldese, nel Comune di Montespertoli (FI). Tale indagine è stata finalizzata alla determinazione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio (Onde S), al calcolo del parametro Vs30. L'indagine, svolta nel giorno 24 Aprile 2013, è stata condotta conformemente alla vigente normativa sismica e in particolare ai contenuti dell'O.P.C.M. n. 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e s.m.i., al D.M. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" e alla Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, contenente le Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

## TIPO DI INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

### Introduzione

Per la ricostruzione del profilo verticale di velocità delle onde S e per il calcolo del parametro Vs30 si è deciso di eseguire: n. 1 prospezione sismica superficiale mediante la tecnica MASW ("Multichannel Analysis of Surface Waves") e n. 1 Re.Mi.(Refraction Microtremor).

### Strumentazione utilizzata

L'indagine è stata eseguita con la seguente strumentazione:

- sistema di energizzazione ad impatto verticale per le onde di Rayleigh costituito da una mazza del peso di 10 kg battente verticalmente su piastra rotonda in alluminio di dimensioni di 20 x 20 x 5 cm posta direttamente sul piano di campagna per la generazione di onde Rayleigh;
- un sistema di ricezione costituito da 24 geofoni verticali Geospace verticali con frequenza propria di 4.5 Hz;
- un sistema di acquisizione dati: costituito da un sismografo DoReMi della SARA s.r.l., un cavo sismico con 24 canali; un notebook PC Windows 7 con software di acquisizione Do.Re.Mi. a 24 canali; un sistema di trigger rappresentato da un geofono starter

## METODOLOGIA E ACQUISIZIONE

### Metodologia

Il metodo **MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)** è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio Vs, sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità 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; onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. I metodi di utilizzo delle MASW sono di tipo attivo e passivo; nel primo caso il concetto è quello di energizzare verticalmente con i metodi tradizionali e procedere ad un'analisi del segnale non più nel campo nel tempo, come si fa abitualmente con la rifrazione, ma nel dominio della frequenza. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5-10 Hz e 70-100 Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente. Nel caso invece del metodo passivo, denominato anche NASW, MAM o **ReMI (Refraction Microtremor)** a seconda degli autori, l'analisi delle frequenze viene condotta su registrazioni, che in questo caso devono essere prolungate per un tempo sufficientemente lungo, dei "naturali" rumori di fondo.

I principali vantaggi pratici nell'utilizzo di queste tecniche sono evidentemente nella semplicità di acquisizione rispetto alla sismica a rifrazione; le onde di taglio infatti non sempre possono essere rilevate in modo soddisfacente sia per il basso rapporto segnale/rumore, sia per la mancanza degli spazi necessari per effettuare profili di lunghezza adeguata. Il metodo passivo risulta inoltre particolarmente indicato in situazioni di elevato rumore di fondo caratteristico delle aree urbane, anche se può risentire negativamente di fonti di rumore orientate (fonti industriali). La bibliografia abbonda di documenti che discutono sul grado di dettaglio delle ricostruzioni stratigrafiche ottenute con questi metodi. Un dato comunque su cui c'è univoca concordanza è il buon grado di affidabilità nella determinazione delle Vs medie entro lo spessore indagato. In altre parole, indipendentemente dalla situazione stratigrafica, il valore medio delle onde superficiali, e quindi di quelle di taglio, all'interno del volume di sottosuolo indagato è da ritenersi valido

I fondamenti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 20°, sia della topografia sia delle diverse discontinuità elastiche.

### **Acquisizione**

La metodologia di acquisizione si sviluppa in quattro fasi:

- 1) acquisizione dei dati di campagna energizzando a più riprese e alternativamente ai due estremi dello stendimento geofonico;
- 2) determinazione dello spettro di velocità sperimentale dal campo di moto acquisito nel dominio spazio-tempo lungo lo stendimento;
- 3) calcolo della curva di dispersione attraverso il picking o la modellazione diretta;



4) inversione della curva di dispersione per l'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs e il parametro Vs30.

L'elaborazione è stata eseguita tramite il software MASW (Vitantonio). Le acquisizioni sono state eseguite secondo le seguenti configurazioni spaziali e temporali

PARAMETRI CONFIGURAZIONALI DELLO STENDIMENTO MASW		
CARATTERISTICHE SPAZIALI DELLO STENDIMENTO		
COORDINATE	672392.00 m E	4832288.00 m N
ORIENTAMENTO	NE-SW	
DISLIVELLO ALTIMETRICO TRA GLI ESTREMI	0	
LUNGHEZZA STENDIMENTO	36 m	
OFFSET INTERGEOFONICO	1,5 m	
OFFSET PUNTI ENERGIZZAZIONE	3 m	
IMPOSTAZIONI DI CAMPIONAMENTO		
	MASW	REMI
DURATA CAMPIONAMENTO	2sec	60 sec
FREQUENZA	1.000 Hz	500 Hz
PERIODO	1μsec	5msec

Durante il processo di elaborazione, al fine di minimizzare le possibili soluzioni e cercare la più sensata coerenza tra lo spettro di velocità sperimentale e le curve di dispersione teoriche che possono generare tale spettro, ci si è avvalsi sia dei dati derivanti dal rilevamento geologico e da indagini geognostiche dirette eseguite in sito e forniteci dalla Committenza.

#### ANALISI DEI RISULTATI

Nel complesso la prospezione geofisica eseguita, per mezzo delle analisi della prova MASW e ReMi, hanno permesso di ricavare sia il modello medio di distribuzione della velocità delle onde "S" che il parametro Vs30 relativi al sottosuolo del sito indagato.

Nella tabella seguente si riporta il profilo verticale delle Onde S ricavato mediante elaborazione dei dati di campagna:

SPESSORE DELLO STRATO [m]	PROFONDITA' DELLA BASE DELLO STRATO [m]	Vs [m/sec]
1	-1	218
3	-4	270
3	-7	258
13	-20	375
10	-30	431

La velocità media di propagazione delle Onde di taglio entro i 30 metri di profondità (Vs30) è calcolata con la seguente espressione:  $Vs30 = 30 / (h_i / V_i)$

I profili MASW e ReMi indicano una **Vs30 pari a 352 m/s.**

Pistoia, 02/05/2013

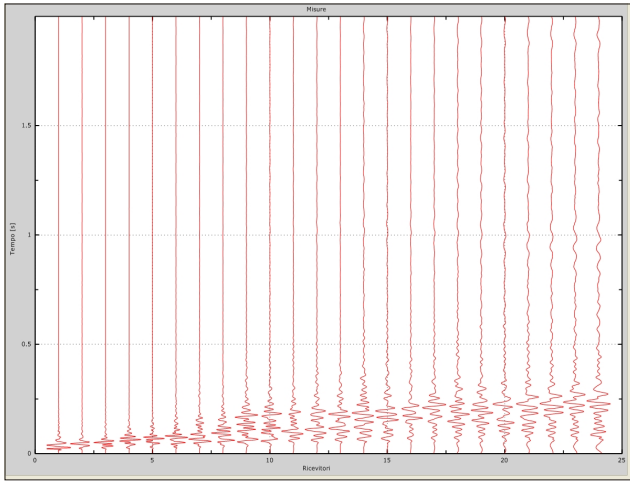


Figura 1: Tracce sperimentali tecnica attiva MASW

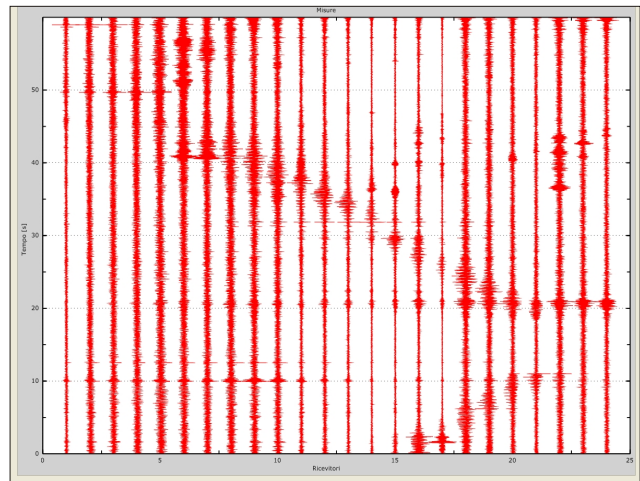


Figura 2: Tracce sperimentali tecnica passiva REMI

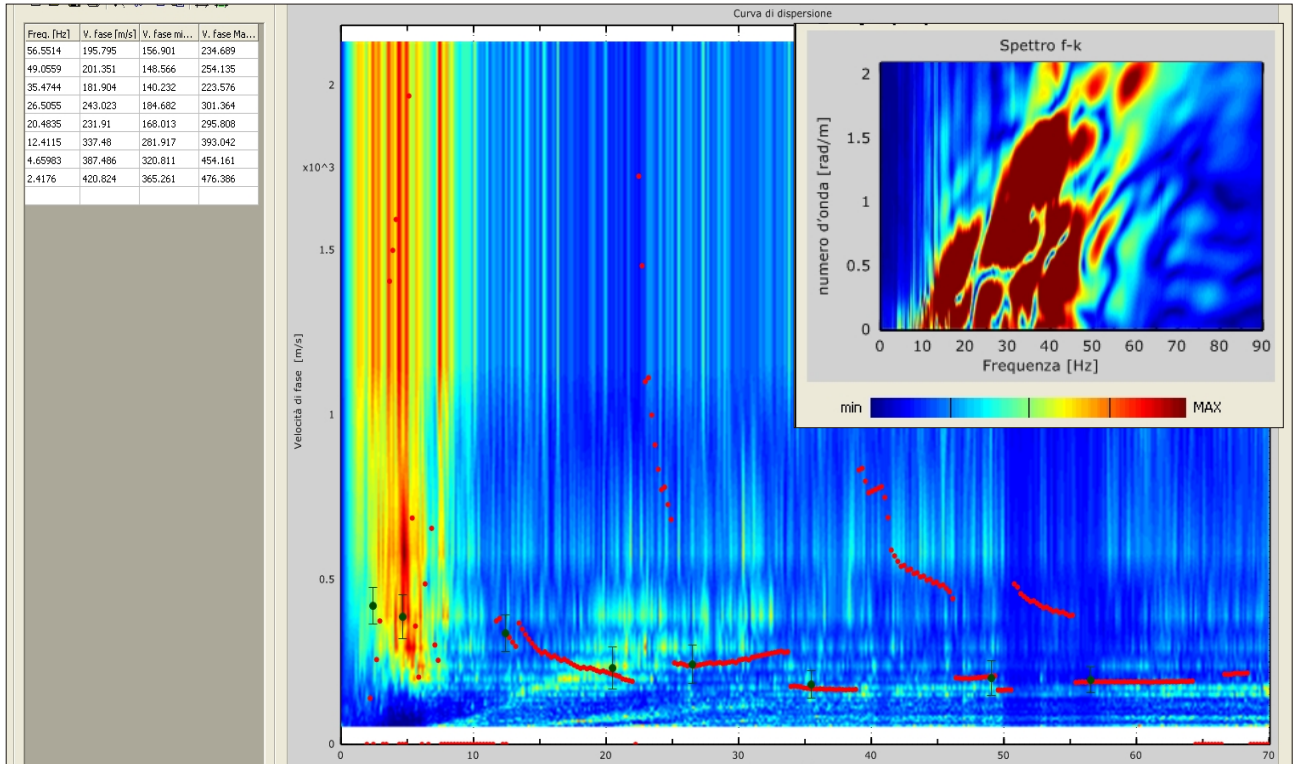


Figura 3: Curva di dispersione e spettro f-k

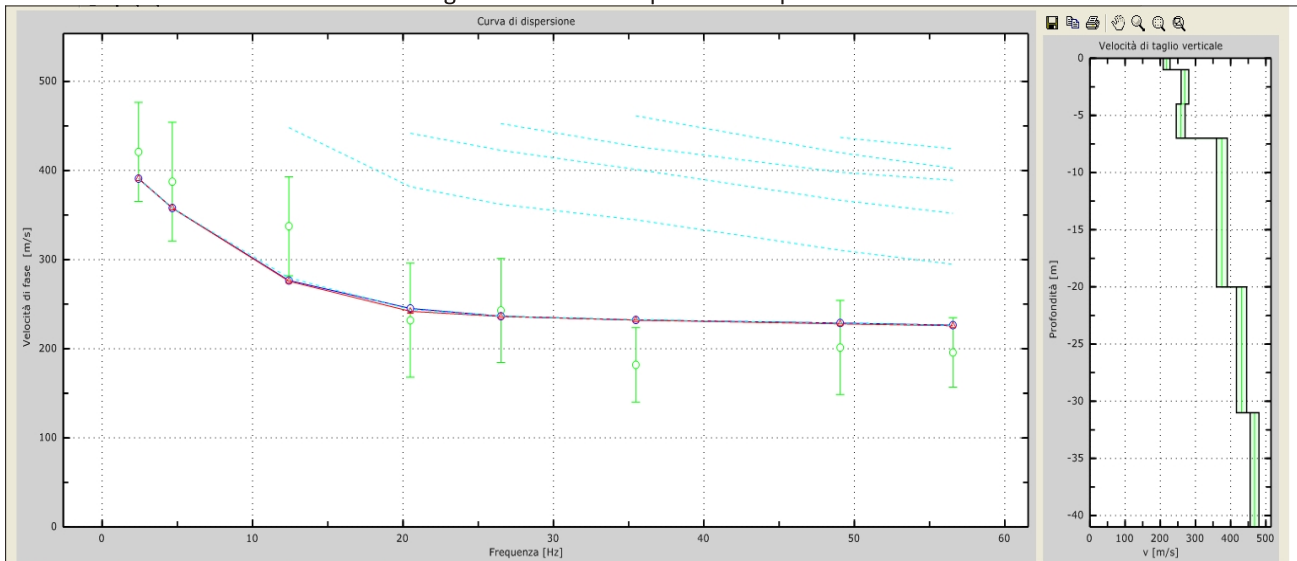


Figura 5:  
Velocità numeriche punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano),  
curva apparente(ble), curva numerica (rosso)

Figura 6:  
Profilo Vs numerico