

**COMUNE DI SAN CASCIANO VAL DI PESA
PROVINCIA DI FIRENZE**

TITOLO:

**INDAGINE GEOFISICA DI SUPERFICIE MEDIANTE
METODOLOGIA MASW - CALCOLO V_{S30} - D.M. 14/01/2008
A SUPPORTO DI UN PROGETTO DI AMPLIAMENTO DI UN EDIFICIO UBICATO IN
VIA VOLTERRANA IN LOC. CHIESANUOVA - SAN CASCIANO VAL DI PESA (FI)**

COMMITTENTE:



OGGETTO:

RELAZIONE TECNICA



DATA:
25 Maggio 2011

TRIGEO S.N.C.
VIA MAZZINI, 18 - 52011 SOCI (AR)
VIA BOLOGNESE, 289 - 50139 LA LASTRA - FIRENZE
TEL/FAX 0575 294500 - CELL. 3392288117 - 3287213928
P.IVA 02024110518
E-MAIL: info@trigeo.it - www.trigeo.it

TRIGEO s.n.c.
di Nencetti Andrea e Burchielli Benedetto
Via Mazzini, n°18 - 52011 - SOCI (AR)
P.IVA 02024110518
Tel/Fax: 0575 294500 - 055 666212
Cell: 339 2288117 - 328 7213928
www.trigeo.it - info@trigeo.it



INDICE

INTRODUZIONE.....	2
1.0 SCHEMA OPERATIVO.....	3
2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA.....	3
3.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI.....	5
4.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA.....	5
5.0 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE OTTENUTA CON IL MASW.....	7
6.0 CONSIDERAZIONI FINALI.....	10
ALLEGATI.....	11

INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica eseguita mediante metodologia MASW nel mese di Marzo 2011, per conto della committenza, nei pressi di un'area posta in VIA VOLTERRANA località CHIESANUOVA nel COMUNE DI SAN CASCIANO VAL DI PESA (FI), a supporto di un progetto di ampliamento di un edificio esistente (Figura 1).

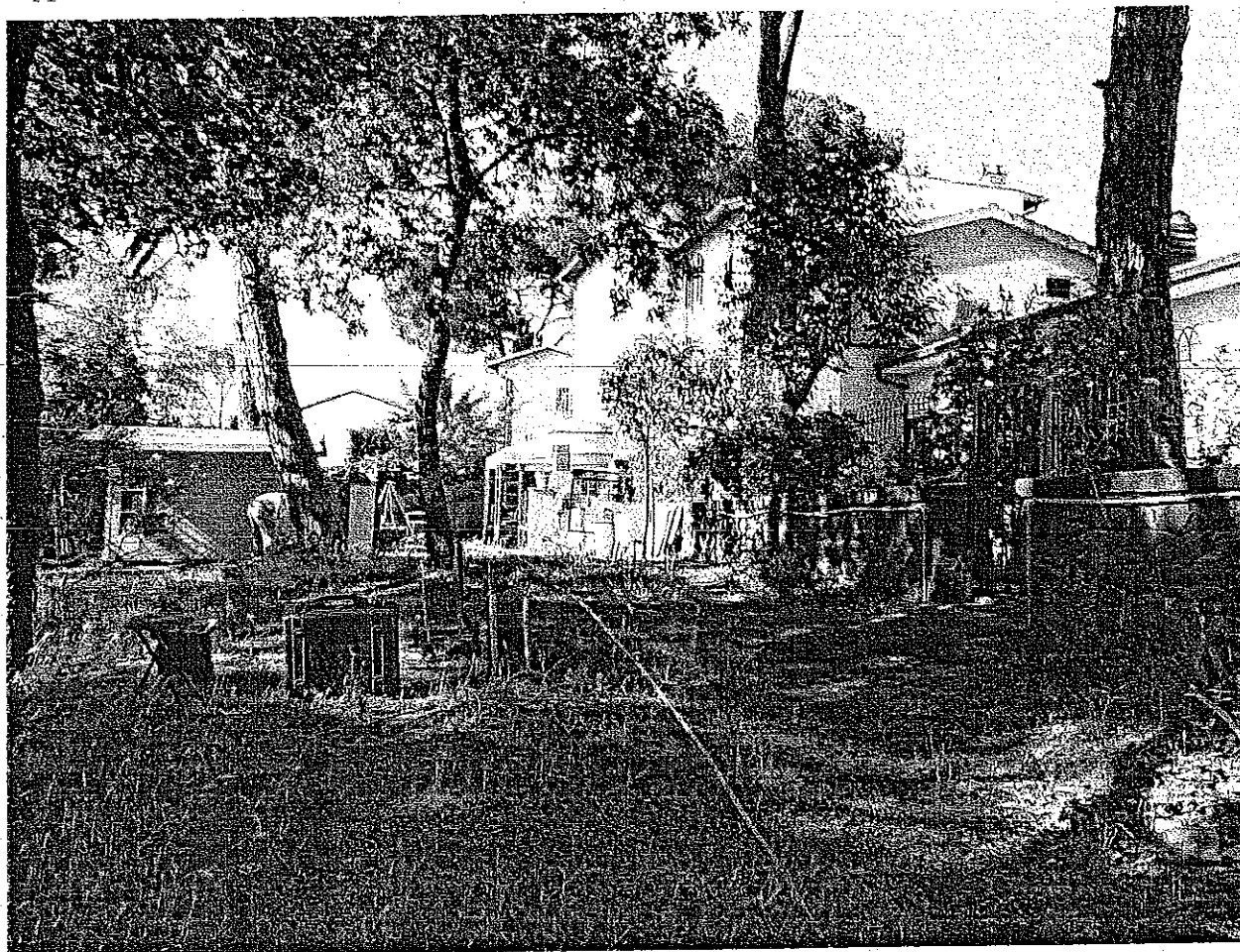


Figura 1: Area d'intervento: Via Volterrana – Chiesanuova – S. Casciano val di Pesa, particolare della linea sismica 1-1'.

Dopo aver preso visione della zona e delle problematiche ad essa connesse è stata programmata, con il vostro tecnico incaricato DOTT. GEOL. ELISA LIVI, una campagna di prospezioni geofisiche mediante Metodologia MASW, tesa a fornire i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette V_{S30}), così come richiesto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni.

Di seguito viene descritto lo schema operativo e le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, congiuntamente all'interpretazione scaturita dai dati elaborati.



1.0 SCHEMA OPERATIVO

Nella Tavola 01 allegata, è stato riportato un inquadramento corografico in scala 1:500 con inserita la sezione sismica eseguita.

Dopo una prima analisi dei test eseguiti in loco ed in considerazione dei risultati prefissati ed in base agli spazi a disposizione è stata scelta una distanza intergeofonica di 2 m per la sezione 1-1', eseguita con Onde P. La distanza inter-elettrodica è stata scelta al fine di poter calcolare la V_s 30 con Metodologia MASW. Complessivamente sono stati acquisiti 46 ml di rilievo.

2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

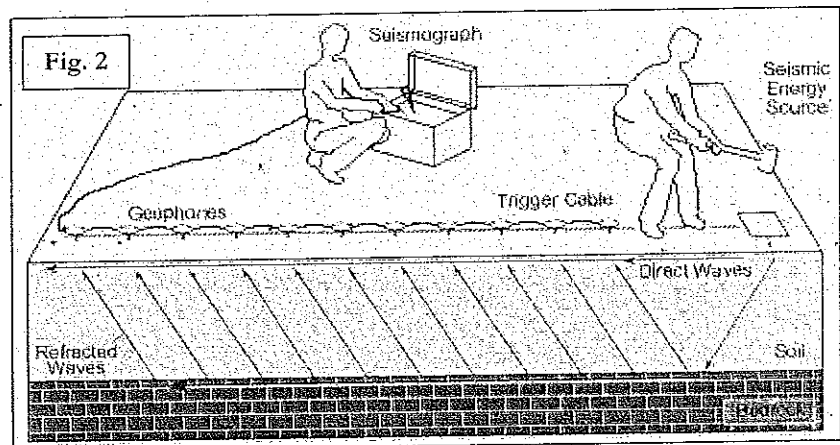
• INDAGINE SISMICA

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.

Un sistema digitale di acquisizione dati (Fig. 2), in sismica, è costituito sostanzialmente da sismometri (geofoni o accelerometri), amplificatori, filtri, convertitori

A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo PASI mod. 16S24 a 24 canali, dotato di filtri analogici e digitali, *notch filter* a 50 Hz ed *Automatic Gain Control*, con risoluzione di acquisizione pari a 24 bit con sovracampionamento e post-processing, 4 contatori indipendenti, base dei tempi 20 Mhz, accuratezza $\pm 0.01\%$, trattamento dei dati come Floating Point 32 bit, processore Pentium Intel,





ambiente operativo Windows ed un Hard Disk da 10 Gb dove vengono immagazzinati i dati acquisiti, i dati sono quindi visualizzati sul display VGA a colori in LCD-TFT 10.4". Le registrazioni vengono gestite dal PC interno ed in seguito trasferite mediante RS232 ad altri PC per le successive elaborazioni.

Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati geofoni "PASI" verticali, del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza caratteristica di 4.5-10 Hz, 70 % di smorzamento. Il cavo di connessione tra geofoni e sismografo è uno standard NK-27-21C.

Generalmente come sorgente di energia sismica per le onde P, nel caso di rilievi a piccola profondità si fa uso di una mazza da 8 kg o del Minibang; nel nostro caso, dato le distanze in gioco, l'utilizzo della mazza ha consentito di ottenere risultati ottimali.

In questo lavoro utilizzando il metodo "MASW" sono stati calcolati i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette V_{S30}), come richiesto dalla nuova "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. 14 Gennaio 2008 e dall'O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003.

• MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio orizzontali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) 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, 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 rigidezza del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50 m, in funzione della rigidezza del suolo.

Il software utilizzato nel presente lavoro è il WIN-MASW 4.3 della Eliosoft.

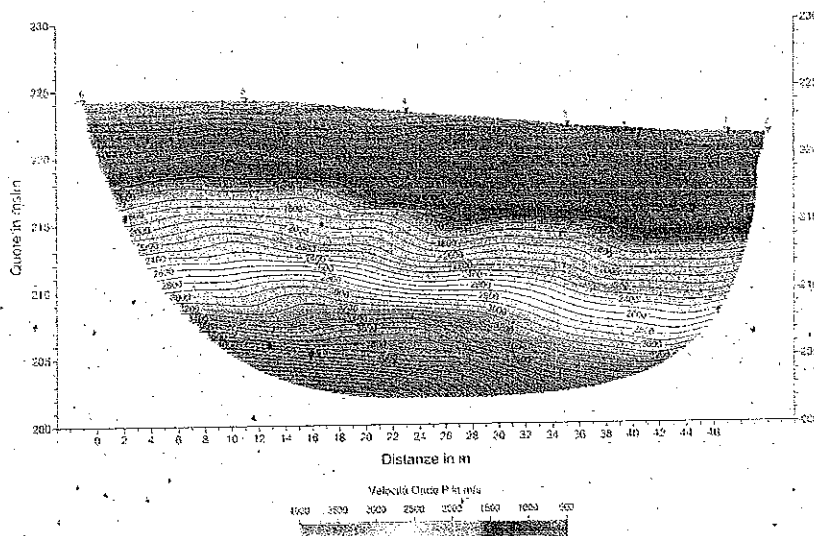
3.0 PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI

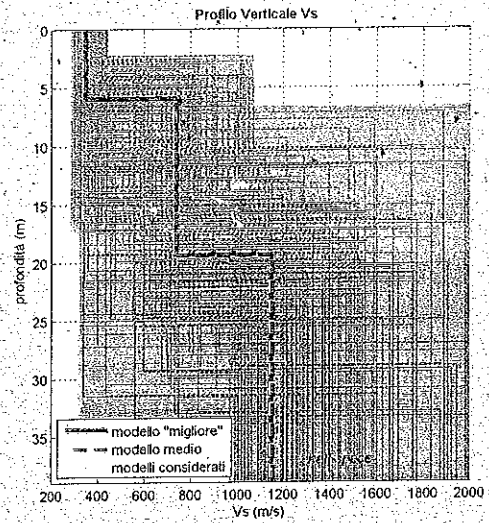
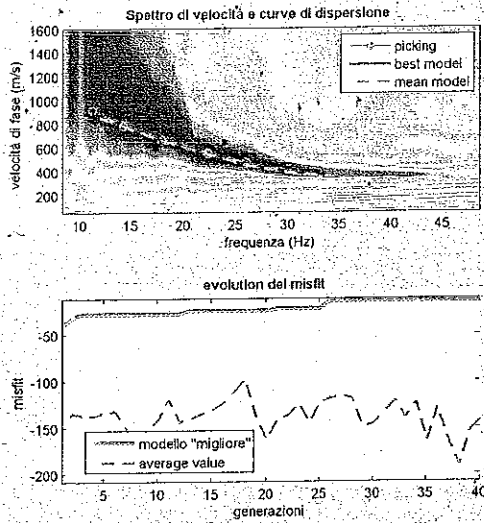
Nella Tavola 02 sono riportati i risultati dell'elaborazione tramite il Programma WinMasw.

4.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA

Per il calcolo del modello di velocità (onde SH), ottenuto da WinMasw, sono state usate informazioni geologiche e sismiche pregresse dell'area ed i risultati di alcuni sondaggi eseguiti all'interno dell'area in esame. Si rimanda al tecnico incarico, le considerazioni litologiche e geologiche di dettaglio.

E' evidente la presenza di una coltre di riporto/copertura con spessori compresi tra 1.0/2.0 m (curve isovelocità 500-800 m/s), maggiori nel tratto iniziale ed inferiori nel resto della sezione. Le curve di isovelocità dei 1.000/1.500 m/s, sembrano indicare un livello intermedio, costituito da materiale più argillitico. In profondità oltre la curva dei 1.500 m/s si passa al substrato roccioso integro, che visto l'andamento regolare delle curve di isovelocità, risulta omogeneo e compatto.

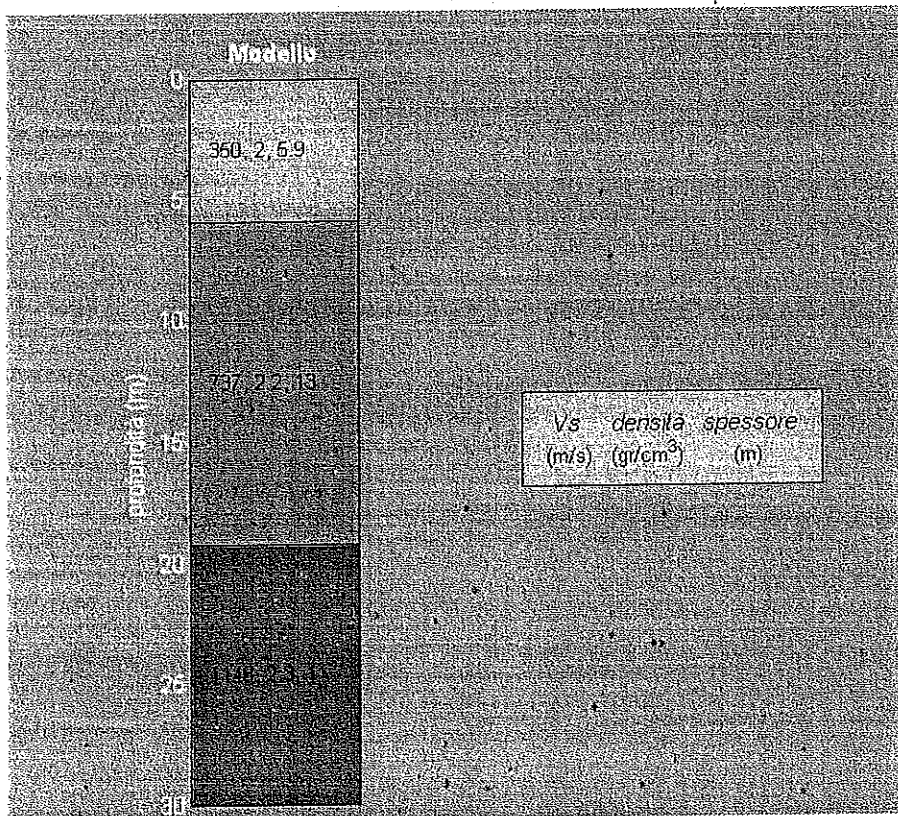




dataset: CH1.DAT
curve di dispersione: ch.cdp
VS30 (modello "migliore"): 877 m/s
VS30 (modello medio): 677 m/s



L'elaborazione con metodologia MASW fornisce lo spettro delle velocità, all'interno del quale viene eseguito il picking. La curva di dispersione ottenuta consente di estrapolare il modello di velocità (Vs) riportato nella Tavola 02 ed utilizzato nel calcolo della Vs30.





Viene qui di seguito riportato il *report* del processing dei dati:

MODELLO MEDIO

Vs (m/s): 350 737 1148

Deviazioni Standard (m/s): 0 0 0

Spessori (m): 5.9 13.4

Deviazioni Standard (m): 0.0 0.0

Valori approssimati per Vp, densità ed alcuni moduli elastici (VEDI MANUALE)

Vp (m/s): 729 1534 2390

Densità (gr/cm³): 1.98 2.16 2.27

Modulo di taglio (MPa): 242 1172 2986

Rapporto Vp/Vs: 2.08 2.08 2.08

Poisson: 0.35 0.35 0.35

Modulo di Young (MPa): 654 3165 8063

Lamé (MPa): 566 2734 6971

Modulo di compressione (MPa): 728 3515 8961

Fundamental mode

Mean model

f(Hz) VR(m/s)

11.2637 886.9046

14.233 790.0815

17.977 664.8587

22.3665 553.9739

25.9814 457.7542

30.6291 386.5787

34.1149 363.2871

MODELLO MIGLIORE

Vs (m/s): 349.87317 738.80722 1145.2131

Spessori (m): 5.89848 13.3316



Valori approssimati per V_p , densità ed alcuni moduli elastici (VEDI MANUALE)

V_p (m/s):	728	1538	2384
Densità (gr/cm ³):	1.98	2.16	2.27
Moduli di Taglio (MPa):	242	1179	2970
Rapporto V_p/V_s :	2.08	2.08	2.08
Poisson:	0.35	0.35	0.35
Moduli di Young (MPa):	654	3183	8019
Lamé (MPa):	563	2748	6935
Modulo di compressione (MPa):	725	3534	8915

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
11.2637	885.6468
14.233	790.241
17.977	666.0099
22.3665	553.2154
25.9814	455.7547
30.6291	385.4283
34.1149	362.5402

massima profondità di penetrazione sulla base dell'approssimazione "Steady State": 33 m

VS30 (modello medio): 677 m/s

VS30 (modello "migliore"): 677 m/s

5.0 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE OTTENUTA CON IL MASW

Il Masw fornisce 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.

Le "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" definiscono 7 tipologie di suoli principali:



Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto 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 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{57-70} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina 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 (ovvero $15 < N_{57-70} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{v,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{57-70} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{v,30} < 20$ 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 sensive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

La profondità tenuta in considerazione nel calcolo della V_{s30} differisce in funzione del tipo di fondazione e del tipo di opera:

Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera.

Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Sulla base delle caratteristiche litologiche, ma soprattutto sulla base dei valori di velocità ottenuti è stato possibile definire il valore di V_{s30} per l'area in oggetto:

$$V_{s30} = 677 \text{ m/s}$$

Che definisce una **CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE B**.

La V_{s30} così calcolata rappresenta un'assunzione sempre cautelativa, poiché calcolata dal piano campagna e non dal piano di posa delle fondazioni.



6.0 CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio ha individuato le caratteristiche geofisiche dei materiali superficiali e profondi di un'area posta VIA VOLTERRANA località CHIESANUOVA nel COMUNE DI SAN CASCIANO VAL DI PESA (FI), a supporto di un progetto di ampliamento di un edificio esistente.

L'indagine geofisica di superficie, eseguita mediante metodologia MASW, ha permesso, di ricostruire un modello della Vs30 (velocità delle onde SH).

Sulla base di quanto fino ad ora riportato è possibile trarre le seguenti considerazioni conclusive relativamente all'area in oggetto:

- E' evidente la presenza di una coltre di riporto/copertura con spessori compresi tra 1.0/2.0 m (curve isovelocità 500-800 m/s), maggiori nel tratto iniziale ed inferiori nel resto della sezione. Le curve di isovelocità dei 1.000/1.500 m/s, sembrano indicare un livello intermedio, costituito da materiale più argillitico. In profondità oltre la curva dei 1.500 m/s si passa al substrato roccioso integro, che visto l'andamento regolare delle curve di isovelocità, risulta omogeneo e compatto;
- le Vs dei singoli orizzonti sono rappresentate nella stratigrafia del Cap 4 insieme all'elaborazione MASW;
- è stata calcolata mediante metodologia MASW, come previsto dal D.M. 14/01/2008, una Vs30 mediata sui primi 30 m, pari a **677 m/s**, che definisce una **Categoria del suolo di fondazione di tipo B**.

Firenze, li 25/05/2011

TRIGEO SNC
TRIGEO S.p.A.
di Nencetti Andrea e Burghini Benedetto
Via Mazzini n°18 - 50011 - SICI (AR)
P.IVA 02024110518
Tel/Fax 0575 294400 - 055 8062012
Cell: 330 2268117 - 338 7213928
www.trigeo.it - info@trigeo.it



INDAGHI GEOTECNICHE DI SUPERFICIE MEDIANTE METODOLOGIA MASW
A SUPPORTO DI UN PROGETTO DI AMPLIAMENTO DI UN EDIFICIO UBICATO IN:
VIA VULTEBRANA IN LOC. CHIESANUOVA - SAN CASCIANO VAL DI PESA (FI)

Maggio 2011

Comune di San Casciano val di Pesa

Pag. 11 di 12

ALLEGATI

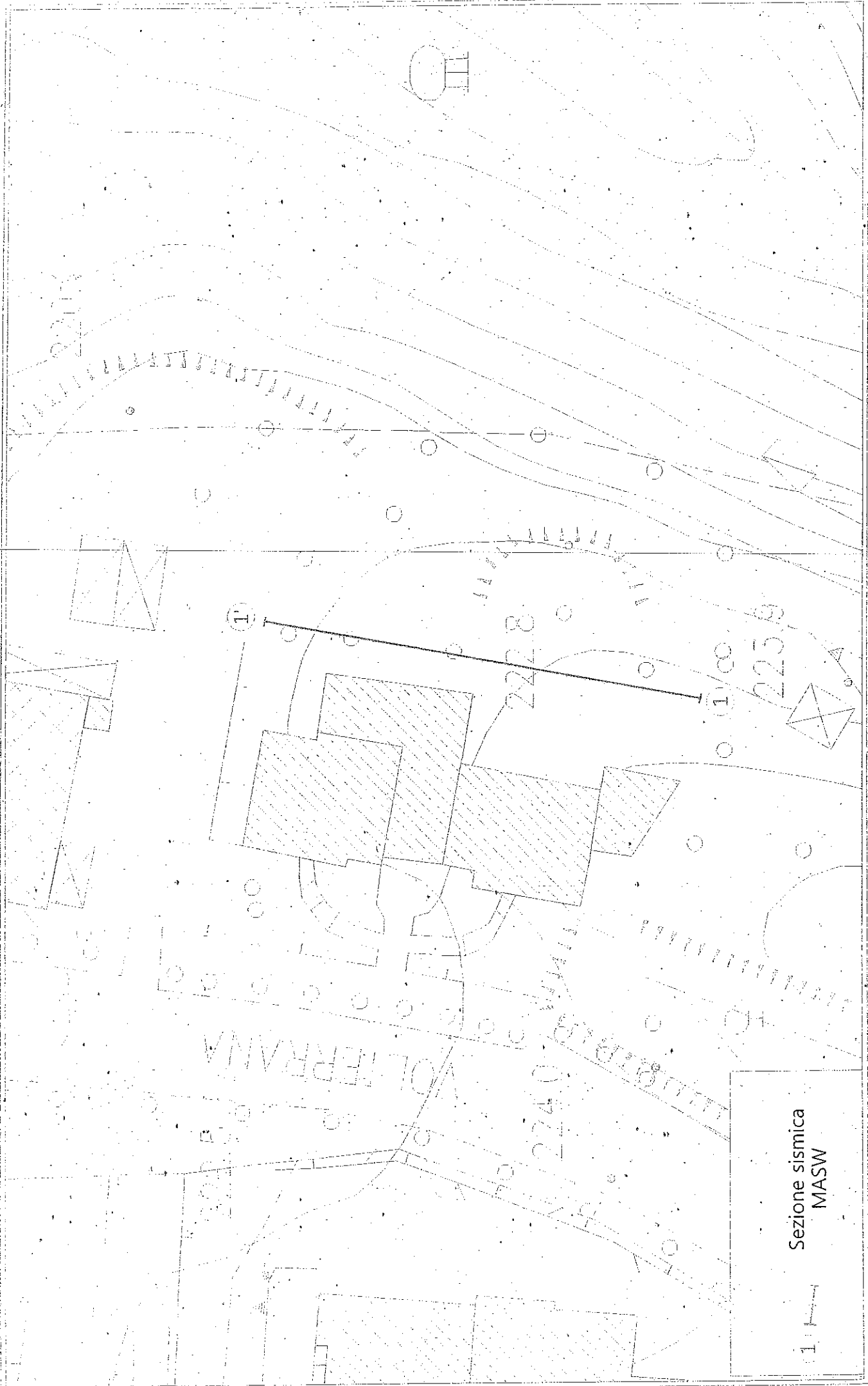


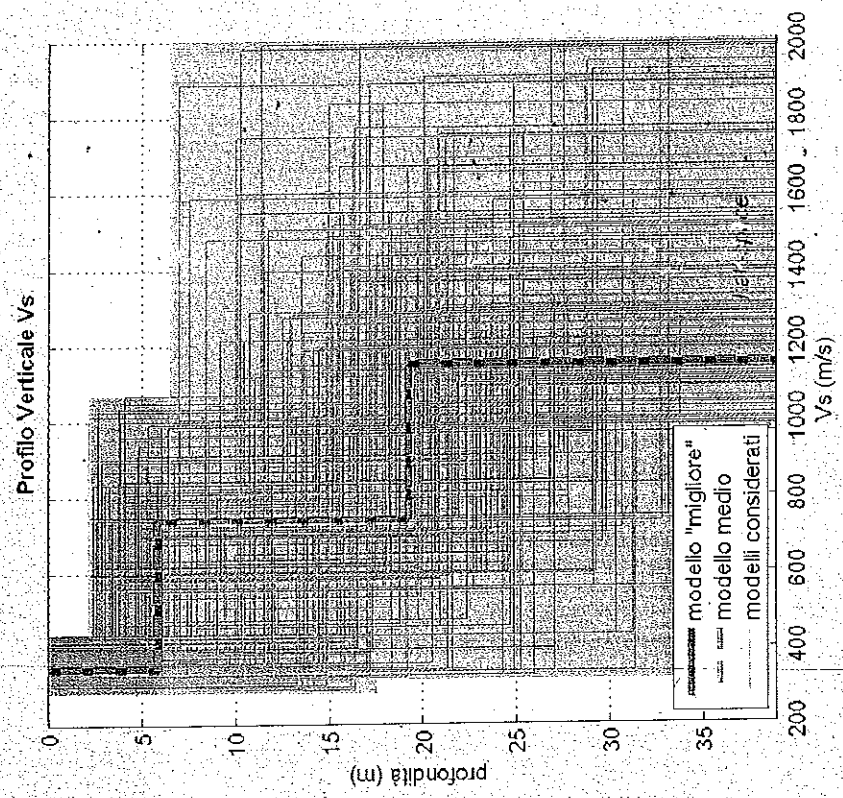
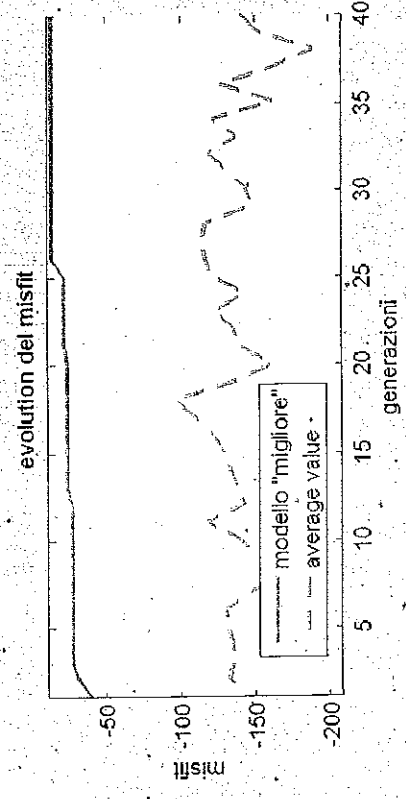
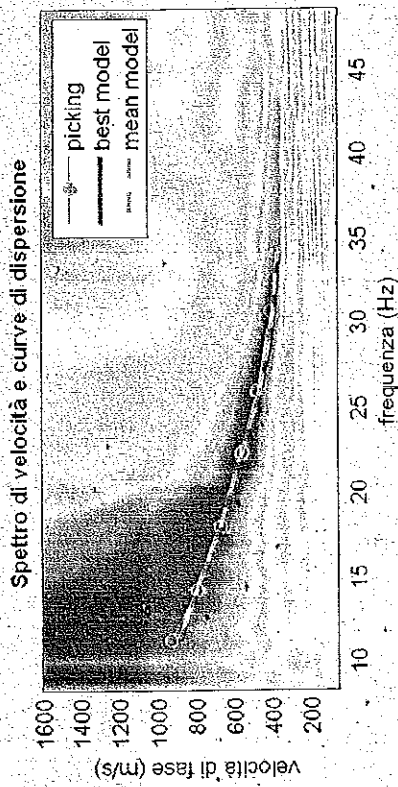
Tavola 01 - Planimetria generale

Maggio 2011

Scala 1:500

Sezione sismica
MASW





dataset: CH1.DAT
 curve di dispersione: ch.cdp
 VS30 (modello "migliore"): 677 m/s
 VS30 (modello medio): 677 m/s



TAVOLA 5 - Sezione derivane dalla correlazione delle indagini (Scala 1:200)

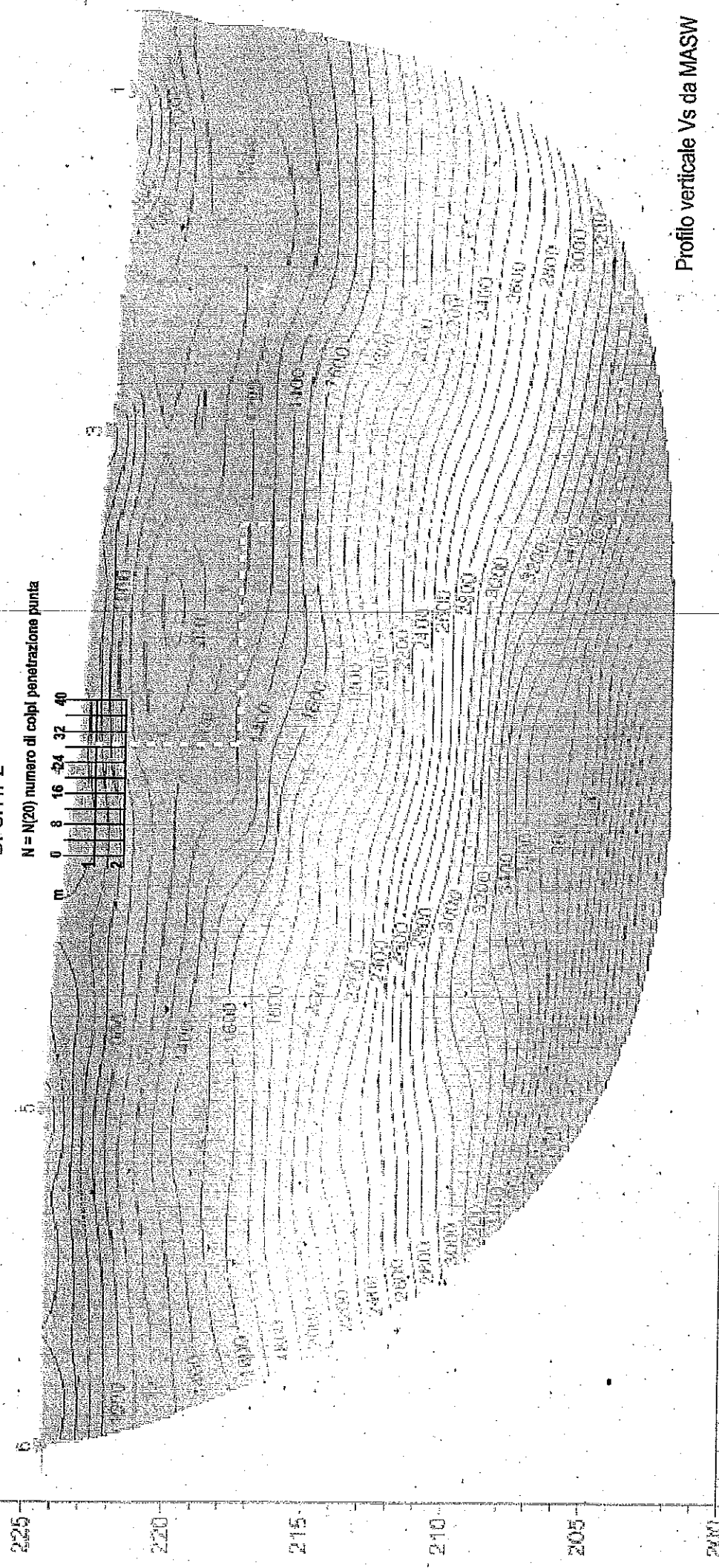
Quote in m s.l.m.

DPSH n°2

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta

0 8 16 24 32 40

m



Profilo verticale Vs da MASW

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 42 44 46

Distanze in m