

M640

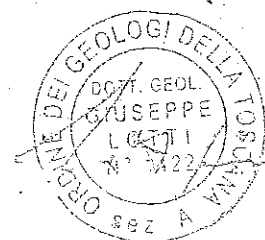
Geol. Giuseppe Lotti
studio geologico - Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

**RISULTATI DI UNA PROSPEZIONE GEOFISICA M.A.S.W. ESEGUITA IN LOC
GIBBIONÈ NEL COMUNE DI SAN CASCIANO VAL DI PESA FI**



LUGLIO 2011

COMMITTENTE SIG. FANTECHI ROBERTO



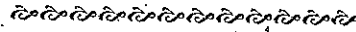
INDICE

1 PREMESSE.....	3
2 GENERALITÀ SULLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH.....	3
3 IL METODO M.A.S.W.....	5
4 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIE IMPIEGATE.....	6
5 INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	7

ALLEGATI:

- *Ubicazione stesa sismica*
- *Grafici "common-shot gather", spettro di velocità, e profilo verticale onde S*
- *Report di calcolo*

RISULTATI DI UNA PROSPEZIONE GEOFISICA M.A.S.W. ESEGUITA IN LOC GIBBIONE NEL COMUNE DI SAN CASCIANO VAL DI PESA FI



1 PREMESSE

La presente relazione descrive i risultati della prospezione sismica M.a.s.w. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh) eseguita, in loc. Gibbione nel Comune di San Casciano Val di Pesa FI.

L'indagine M.a.s.w. è stata eseguita con l'obiettivo di individuare le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi presenti (velocità delle onde Sh), e la determinazione del parametro VS30, necessario al fine della classificazione dei suoli, per la definizione dell'azione sismica di progetto, secondo la normativa vigente (D.M. 14 gennaio 2008).

2 GENERALITÀ SULLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale (Fig. 1) e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera.

L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde che vengono così generate.

Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a $0.92V_s$.

In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e $0.92 V_s$.

La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).

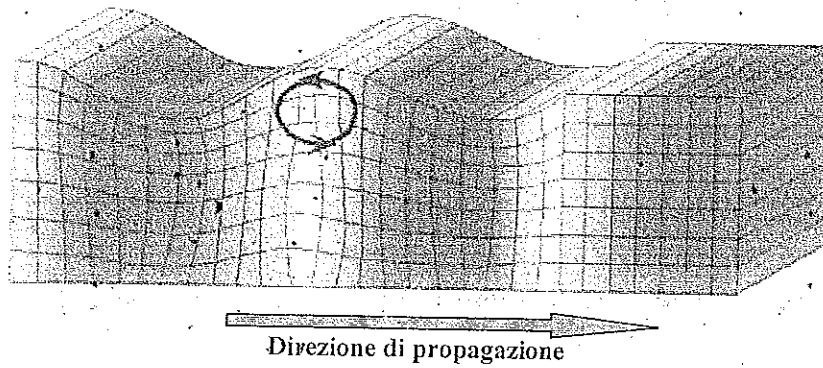


Fig. 1 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto al senso di propagazione dell'onda.

La determinazione della velocità delle onde di taglio VS tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_s , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dal DM 14/01/2008, mentre la velocità delle onde P misurata in terreni saturi dipende in maniera sostanziale dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, la velocità delle onde S è caratteristica delle vibrazioni trasmesse dal solo scheletro solido e, pertanto, a differenza delle onde P, risulta rappresentativa delle reali proprietà meccaniche del terreno.

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. In caso di variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale si propaga a una diversa velocità (velocità di fase) che a sua volta corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda. (Fig. 2)

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione.

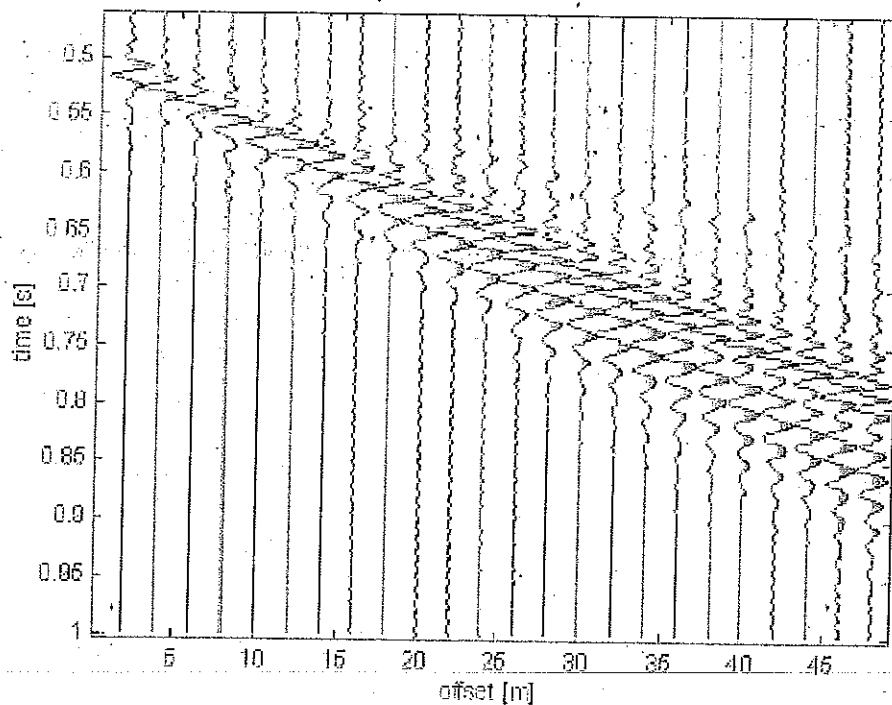


fig. 2 – Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato. Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.

3 IL METODO M.A.S.W.

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una efficiente ed accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio VS.

Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un sismografo multicanale. Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso tecniche computazionali, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede 3 fasi fondamentali:

- acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni;
- Estrazione del modo fondamentale dalla curva di dispersione (grafico velocità di fase rispetto alla frequenza) delle onde superficiali di Rayleigh;
- Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle VS.

Per ottenere un profilo Vs vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume (P e S), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni.

Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, ecc.) e diventano rumore.

Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana.

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella possibilità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni.

L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali. Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni. Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico.

4 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIE IMPIEGATE

Per l'indagine in oggetto si è impiegata un'attrezzatura AMBROGEO "ECHO12-24/2002 Sismic Unit", avente le seguenti caratteristiche:

- . numero di canali: 24
- . sampler interval: 0,296 msec
- . A/D conversion: 16 bit
- . input impedance: 1KOhm
- . Gain: 10 dB – 100 dB (step 1 dB)
- . saturation tension: +/- 2,3 V
- . saturation level: 100 dB
- . distortion: 0,01%
- . sampler:
 - 25 msec (191 punti)
 - 50 msec (383 punti)
 - 100 msec (756 punti)
 - 200 msec (1530 punti)
 - 400 msec (3060 punti)

800 msec (6121 punti)

1000 msec

- . sampling: 130 microsec
- . filter low pass: 50/950 Hz, step 1 Hz
- . digital filter low pass: 1000-50
- . digital filter high pass: 0-250
- . frequency response: 7-950 Hz, filter at 950 Hz
- . dynamic range: 93 dB
- . noise: 0,66 uV RMS, gain = 55 dB
- . crosstalk: 52 dB, gain = 55 dB
- . power: 12 V.

Il software di acquisizione dati è "ECHO 12-24" vers. 7.00.

L'attrezzatura è completata da 2 cavi sismici a 12 takes out spazati a 5 m, con connettori cannon, montati su rullo, geofoni "Geospace" a 4,5 Hz, mazza di battuta da 8 Kg con interruttore starter, cavo trigger da 200 m montato su rullo.

Lo stendimento impiegato per il profilo MASW in oggetto ha le seguenti caratteristiche:

- n. geofoni: 24
- spaziatura fra i geofoni: 1.0 m
- n. shots: sono state effettuate 3 rilevazioni, impiegando la massa battente, a distanze di 2.0 m, 5.0 m, e 8.0 m dalla linea geofonica.
- tempo di acquisizione : 1.000 msec.

Il profilo è da considerare orizzontale, in quanto i dislivelli massimi lungo lo stendimento sono modesti (nell'ordine dei decimetri).

5 INTERPRETAZIONE DEI DATI

Per l'interpretazione dei dati è stato impiegato il software winMASW, il quale consente la determinazione di profili verticali della velocità delle onde di taglio V_s , tramite l'inversione, effettuata con algoritmi "genetici", delle curve di dispersione ottenute. Tale programma è in grado di operare direttamente sui records, in formato SGY, prodotti dalla strumentazione Ambrogeo.

Il picking della curva di dispersione è stato eseguito, riconoscendo il modo fondamentale, e i primi due modi superiori utilizzando il grafico frequenze / velocità di fase, relativo allo shot con offset di 5.0m, che è risultato con sufficiente grado di definizione.

Per la ricerca del modello sismico del sito, nel processo di inversione, ci si è basati sulle caratteristiche litostratigrafiche generali note per la zona, oltre a due prove dpm eseguite ai piedi della balza. Sono stati ipotizzati 4 orizzonti a differente velocità V_{sh} .

I diagrammi ed il report relativi al procedimento di elaborazione ed inversione sono riportati in allegato.

Di seguito sono riportate le velocità V_s , e gli spessori, dei livelli sismici costituenti il modello monodimensionale geofisico ricostruito:

- secondo il MODELLO MEDIO

strato n.	1	2	3	4
V_s (m/s):	189	297	518	611
spessori (m):	2.8	5.0	7.2	

- secondo il MODELLO MIGLIORE:

strato	1	2	3	4
V_s (m/s):	187	300	528	593
spessori (m):	2.7728	5.0827	6.6158	

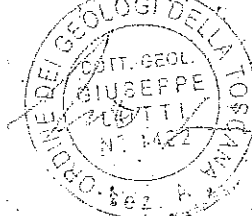
Con i dati ottenuti, per la zona di indagine si ha:

- VS30 del modello medio: 428 m/s
- VS30 del modello migliore: 426 m/s

Sulla base dei risultati della presente indagine sismica la categoria di sottosuolo del sito in esame, a partire da quota zero di p.c. è assimilabile a sottosuolo di tipo B secondo la tabella 3.2.11 delle NTC 2008, corrispondente a " Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)."

San Miniato 28/07/2011

Geol. Giuseppe Lotti



A B C D

RECINZIONE

stesa sismica

STRADELLO DI ACCESSO ALL'ABITAZIONE

A

PALIZZATA

ABITAZIONE

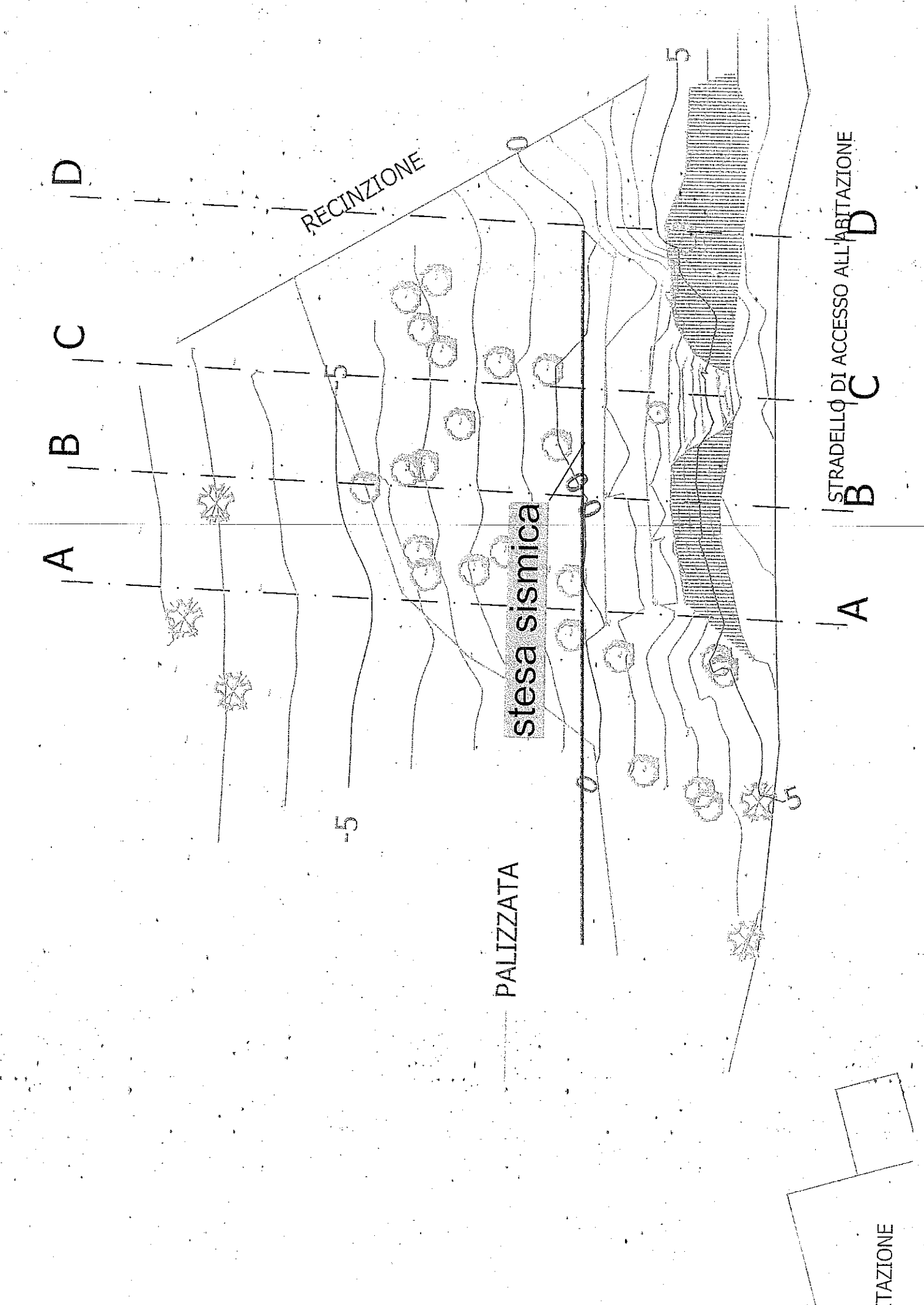
-5

5

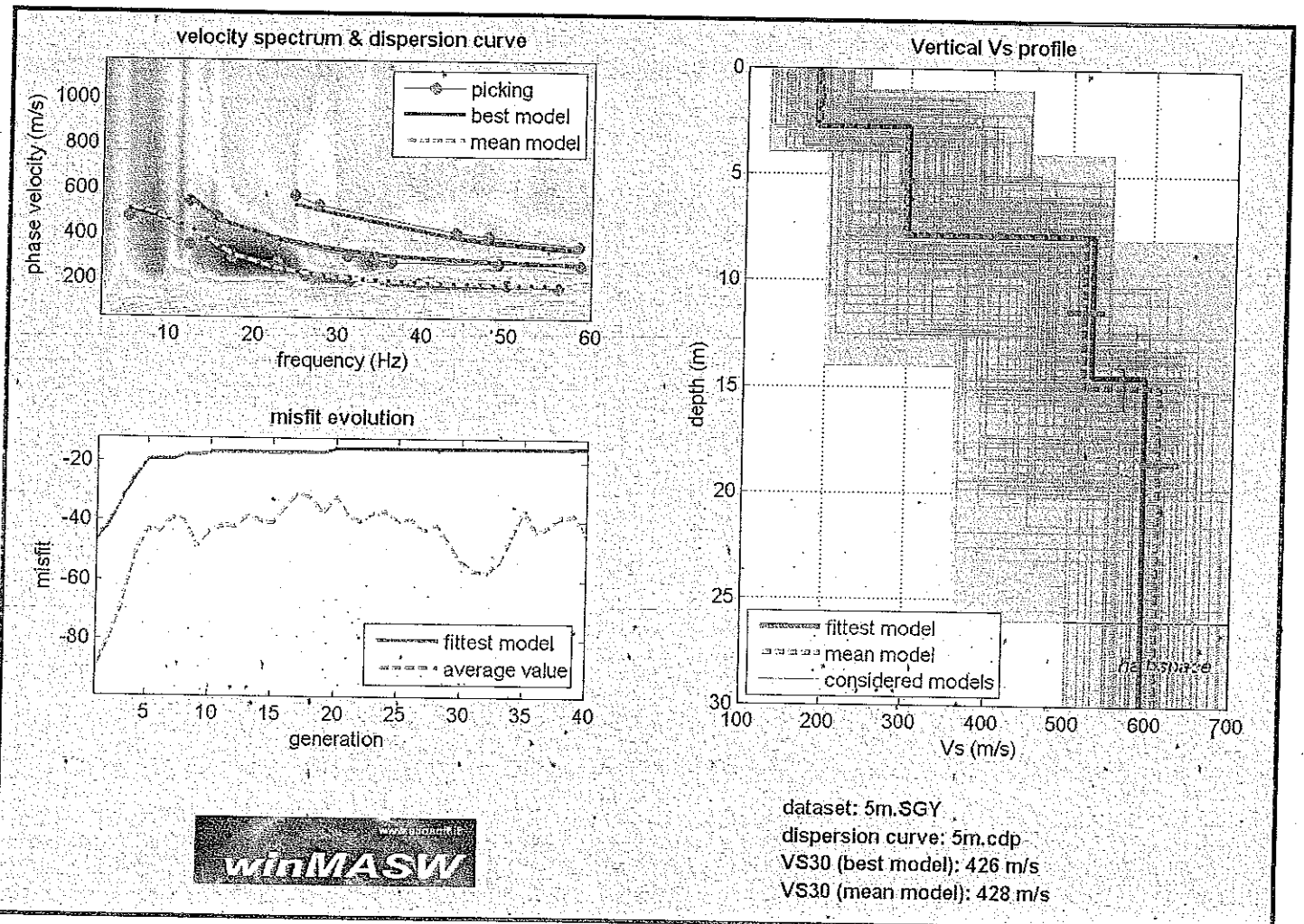
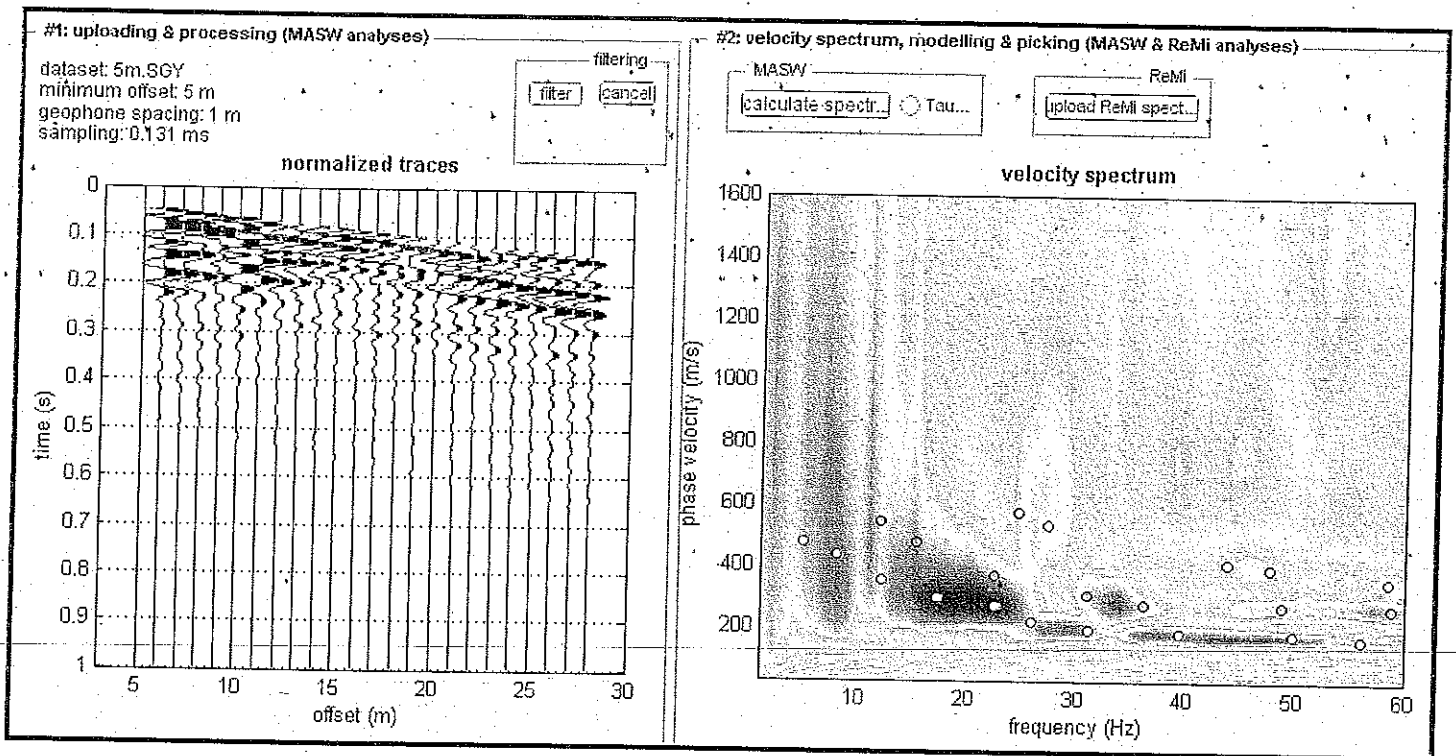
5

0

0



Grafici "common-shot gather" e spettro di velocità, elaborazioni e profilo verticale onde S



Dispersion curve: number of frequency-velocity points=22

==o== SECTION#1

dataset: 5m.SGY
 minimum offset (m): 5
 geophone spacing (m): 1
 sampling (ms): 0.131
 Dispersion curve: 5m.cdp
 Number of individuals: 30
 Number of generations: 31

Rayleigh-wave dispersion analysis

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 127 1 200 3 360 4 500
 Adopted search space (maximum Vs & thickness): 250 4 450 10 550 12 700
 Adopted Poisson values: 0.35 0.35 0.35 0.3

Output folder: C:\WINMAS-3\output

==o== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits:	-90.1287	-46.4318
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits:	-80.3707	-41.1241
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits:	-68.6601	-32.286
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits:	-52.1486	-25.485
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits:	-42.947	-19.3882
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits:	-43.7121	-19.3882
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits:	-39.083	-19.3882
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits:	-40.236	-17.7151
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits:	-48.7844	-17.7151
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits:	-43.3145	-16.9542
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits:	-41.633	-16.9542
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits:	-41.967	-16.9542
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits:	-38.2844	-16.9542
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits:	-40.046	-16.9542
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits:	-40.5537	-16.9542
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits:	-35.1605	-16.9542
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits:	-30.5037	-16.8762
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits:	-32.0124	-16.8762
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits:	-37.5103	-16.8762
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits:	-31.4421	-15.4716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits:	-38.2458	-15.4716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits:	-39.9938	-15.4716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits:	-37.2191	-15.4716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits:	-36.8087	-15.4716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits:	-39.9959	-15.4716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits:	-39.0742	-15.4716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits:	-43.0982	-15.4716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits:	-41.0442	-15.4716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits:	-47.2382	-15.4716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits:	-53.4592	-15.4716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits:	-56.6542	-15.4716

Checking the new search space (for the finer search)

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits:	-57.1646	-15.4716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits:	-53.9657	-15.4716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits:	-45.1492	-15.4716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits:	-36.1986	-15.4716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits:	-43.4927	-15.4716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits:	-41.6671	-15.4716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits:	-38.4268	-15.4716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits:	-37.8612	-15.3911

Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -44.5542 -15.3911

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 187 300 528 593
Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.3
Thickness (m): 2.8 5.1 6.6

Number of models considered to calculate the average model: 38

RESULTS winMASW Pro
#####

Dataset: 5m.SGY
Analyzed curve: 5m.cdp

==o== SECTION#3

=====

MEAN MODEL

VS (m/s): 189 297 518 611
Standard deviations (m/s): 5 7 23 24

Thickness (m): 2.8 5.0 7.2
Standard deviations (m): 0.1 0.2 1.0

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s): 393 618 1078 1143
Density (gr/cm3): 1.83 1.94 2.07 2.09
Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 1.87
Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.30
Young modulus (MPa): 176 461 1501 2025
Shear modulus (MPa): 65 171 556 779
Lamé (MPa): 152 398 1296 1168
Bulk modulus (MPa): 195 512 1667 1687

Fundamental mode

Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
4.94769	521.2314
8.10584	488.7791
12.2689	427.5485
17.2932	308.1132
22.6046	249.8253
26.0499	229.6535
31.2178	207.9596
39.5438	189.9064
49.8796	181.8115
56.0523	179.7509

First higher mode

Mean model

12.1253	561.8522
15.427	461.0579
22.6046	384.5629
31.0742	329.7065
36.2421	306.5601
48.8747	281.2062
58.7798	271.4803

Second higher mode)

Mean model

24.7579	533.3664
---------	----------

27.4854 508.6002
 43.8504 390.7976
 47.7263 372.2719
 58.4927 338.1549

==o== SECTION#4

=====

BEST MODEL

Vs (m/s): 187 300 528 593
 thickness (m): 2.7728 5.0827 6.6158

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s):	389	624	1099	1109
Density (gr/cm3):	1.83	1.94	2.08	2.08
Vp/Vs ratio:	2.08	2.08	2.08	1.87
Poisson:	0.35	0.35	0.35	0.30
Young modulus (MPa):	172	471	1563	1901
Shear modulus (MPa):	64	175	579	731
Lamé (MPa):	149	406	1350	1095
Bulk modulus (MPa):	191	523	1736	1582

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
4.94769	508.4031
8.10584	479.1579
12.2689	426.2451
17.2932	311.6127
22.6046	250.4076
26.0499	228.9755
31.2178	206.0375
39.5438	187.6983
49.8796	179.74
56.0523	177.7412

First higher mode)

best model

12.1253	567.0359
15.427	462.0662
22.6046	381.9523
31.0742	326.8126
36.2421	304.904
48.8747	281.0392
58.7798	271.2334

Second higher mode)

best model

24.7579	531.3239
27.4854	509.9652
43.8504	388.1988
47.7263	369.6177
58.4927	336.0442

VS5 (mean model): 226 m/s
 VS5 (best model): 225 m/s

VS20 (mean model): 373 m/s
 VS20 (best model): 373 m/s

VS30 (mean model): 428 m/s
 VS30 (best model): 426 m/s

==o== SECTION#6

Possible Soil Type: B
(based on the mean model)

For Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e $cu30 > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT30 < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu30 < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $VS > 800$ m/s).

S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero $10 < cu30 < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Results saved in the folder "C:\WINMAS~3\output".

=====
winMASW Pro
Surface Wave Analysis
www.eliosoft.it