

REGIONE
TOSCANA

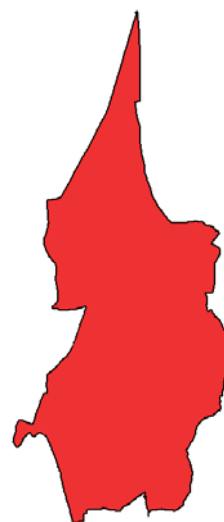


Microzonazione Sismica di Livello 1

DATI SISMICI DI BASE

Regione Toscana

Comune di Bientina



Regione Toscana	Soggetto realizzatore Dott. Geol. Fabio Mezzetti	Data 10 marzo 2020
--------------------	---	-----------------------

3 - ELABORAZIONE DEI DATI ACQUISITI

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile (KGS format file) per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (winM.A.S.W. PRO).

L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocity-frequency (c-f)" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica.

Elaborazione M.A.S.W.

L'analisi M.A.S.W. può essere ricondotta in tre fasi:

- Prima fase: trasformazione delle serie temporali nel dominio frequenza f - numero d'onda k ;
- Seconda fase: individuazione delle coppie $f-k$ cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale) che consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano V_{fase} (m/sec) - frequenza (Hz) - (Fig. 2).

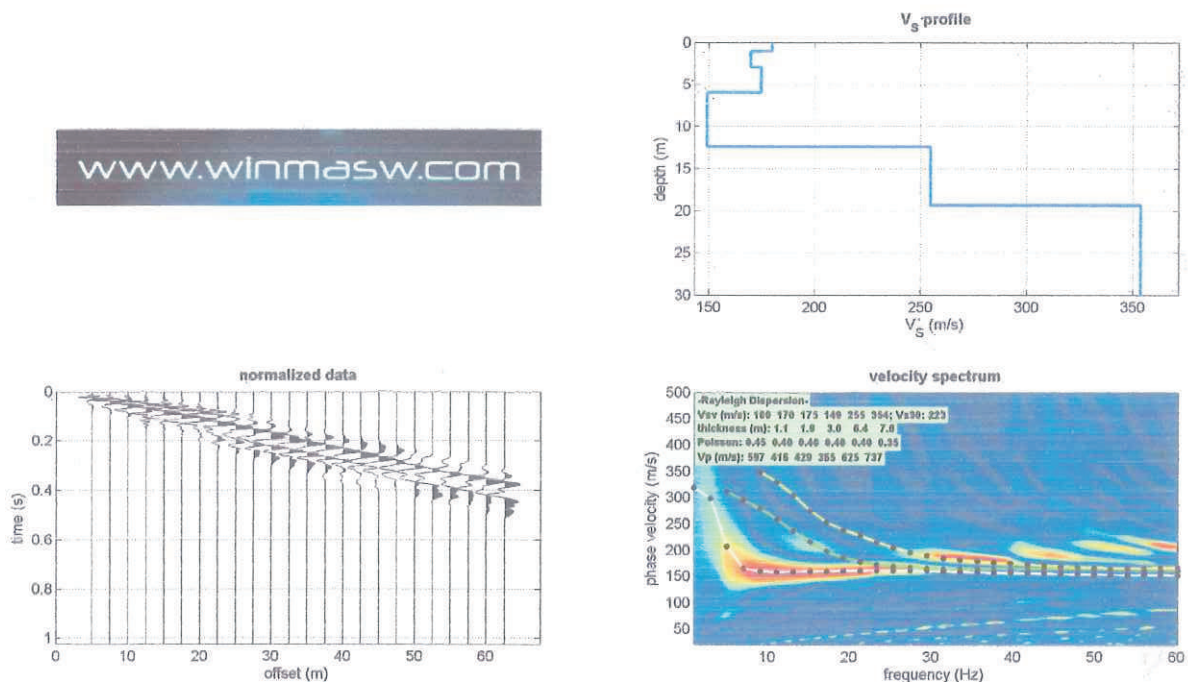


Fig. 2

- Terza fase: calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando in maniera opportuna lo spessore h , le velocità delle onde V_s e V_p , e la densità di massa ρ degli strati costituenti il modello del suolo fino

a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato (Fig. 3).

Nelle tabelle di pagina seguente sono riassunti i principali parametri desunti dall'indagine effettuata e si riporta il profilo verticale delle onde S ricavato mediante elaborazione dei dati di campagna.

PROFONDITA' DELLA BASE DELLO STRATO [m]	SPESSORE DELLO STRATO [m]	Vs [m/sec]
1.1	1.1	180
3.0	1.9	170
6.0	3.0	175
9.4	6.4	149
15.8	7	255
		354

MEAN MODEL						
Approximate values for Vp, density, Shear modulus						
Vp (m/s)	597	416	429	365	625	737
Density (gr/cm ³)	1.93	1.84	1.85	1.81	1.94	1.98
Shear modulus (MPa)	62	53	57	40	126	248

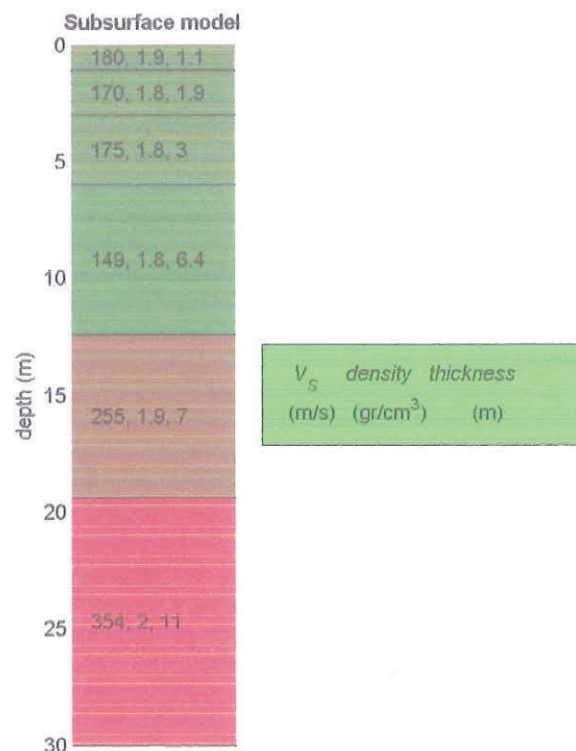
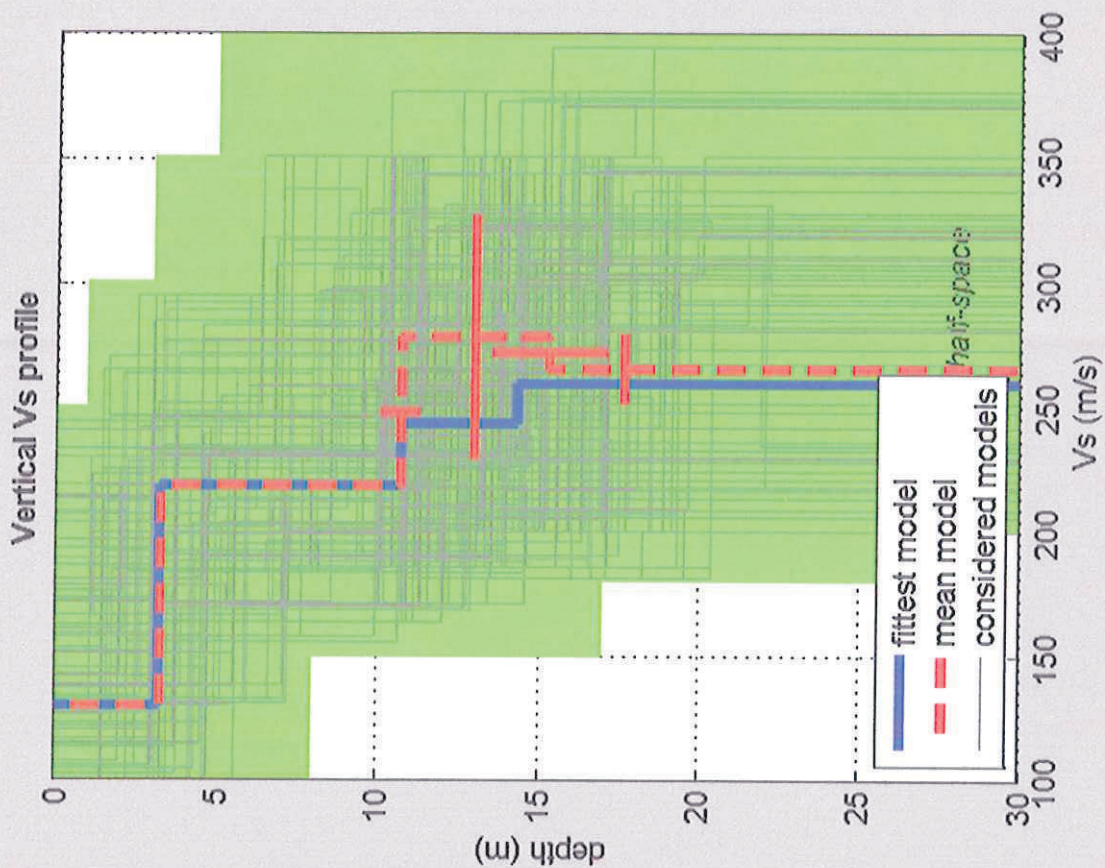
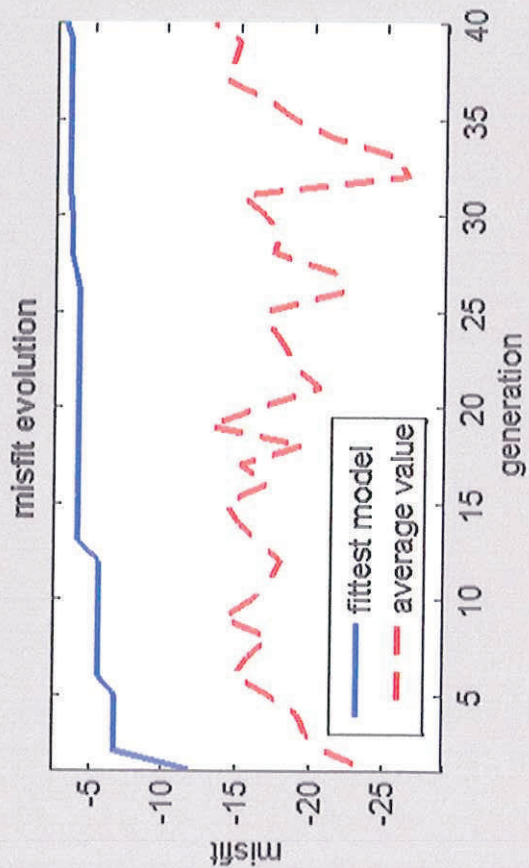
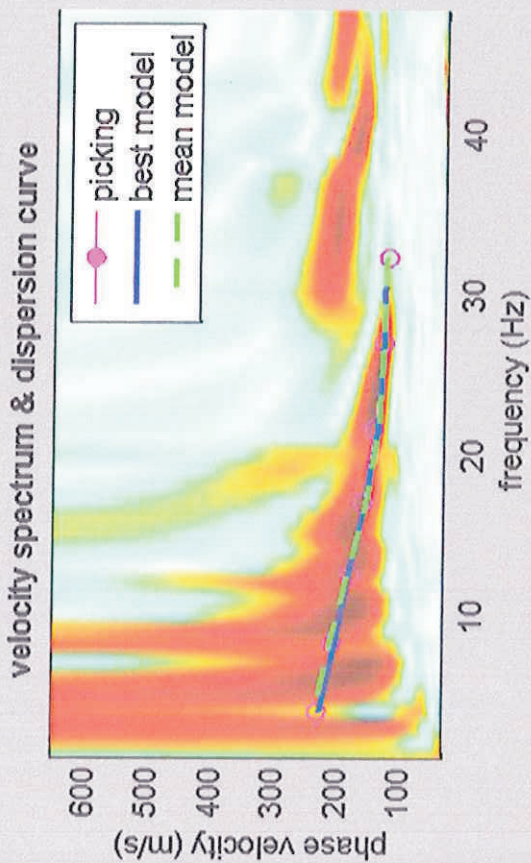


Fig. 3

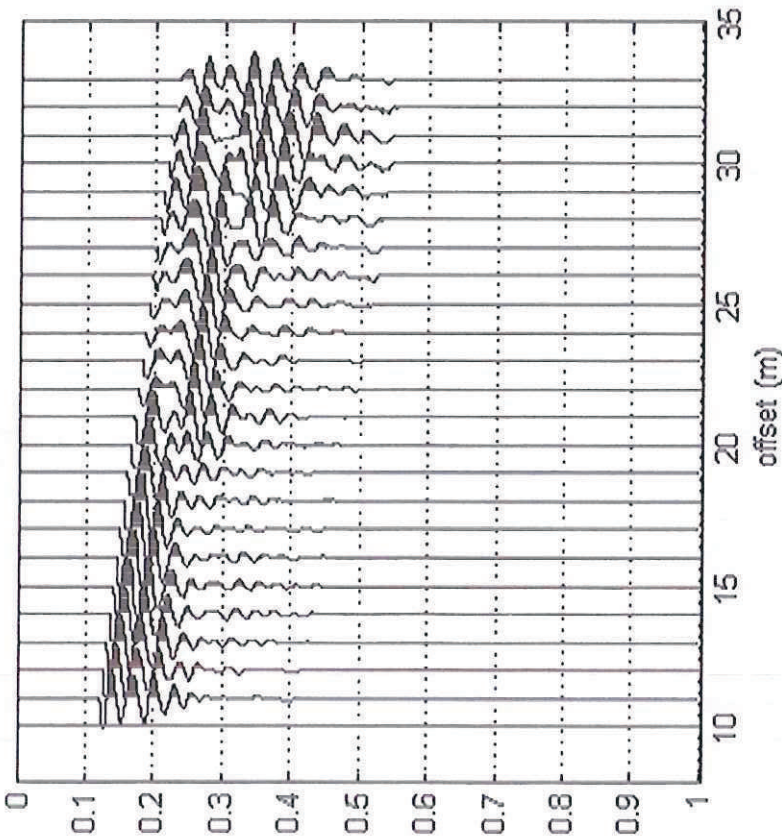


dataset: 10 m sing.SGY
dispersion curve: 10m.cdp
VS30 (best model): 223 m/s
VS30 (mean model): 229 m/s

uploading & processing (MASW analyses)

asset: 10 m sing.SGY
 minimum offset: 10 m
 phone spacing: 1 m
 nplng: 0.131 ms

normalized traces



filtering

refraction

toolbox

data selection

20

activities

Attenuation analysis

#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & Remi analyses)

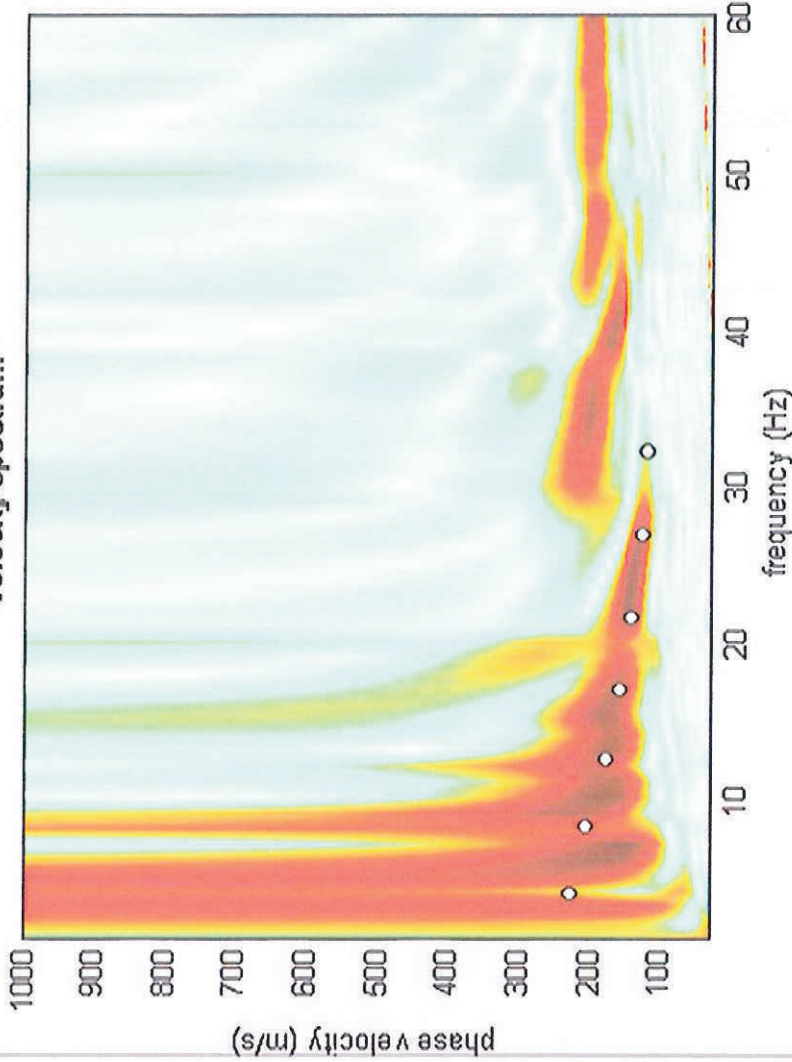
MASW

Tau...

Remi

visualize cur

velocity spectrum



pici

10m.cdp

modelling

Vs (m/s) Poisson thickness (m)

<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="0.35"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="button" value="calculate"/>
<input type="text" value="200"/>	<input type="text" value="0.35"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="button" value="save mo..."/>
<input type="text" value="300"/>	<input type="text" value="0.35"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="button" value="refresh"/>
<input type="text" value="600"/>	<input type="text" value="0.35"/>	<input type="text" value="4"/>	
<input type="text" value="800"/>	<input type="text" value="0.35"/>	<input type="text" value="0"/>	
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0.35"/>	<input type="text" value="0"/>	
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0.35"/>	<input type="text" value="0.35"/>	<input type="button" value="report"/>

general setting

Rayleigh

3 Number of

0 Reference

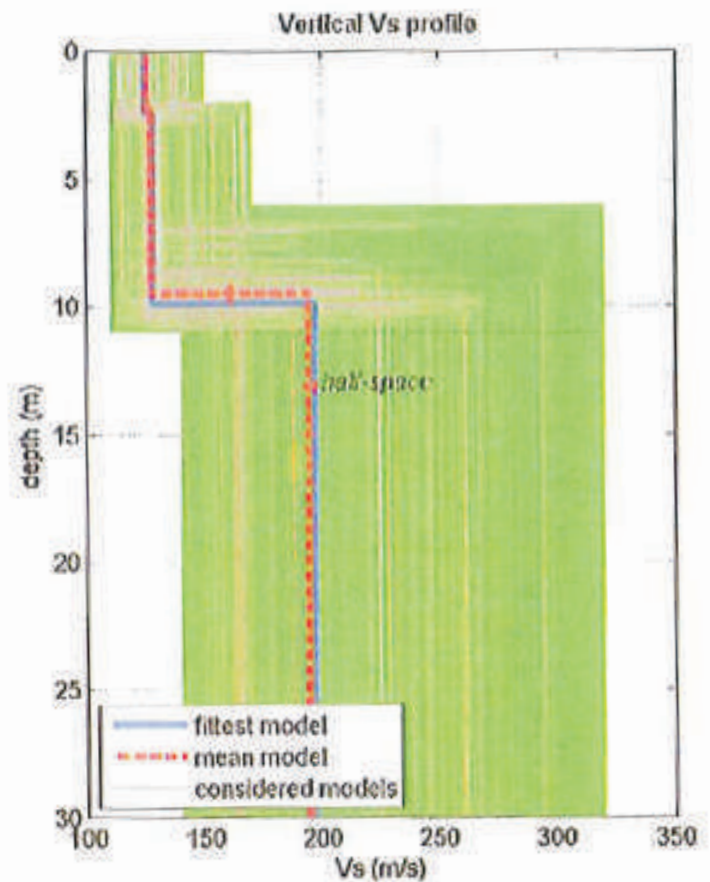
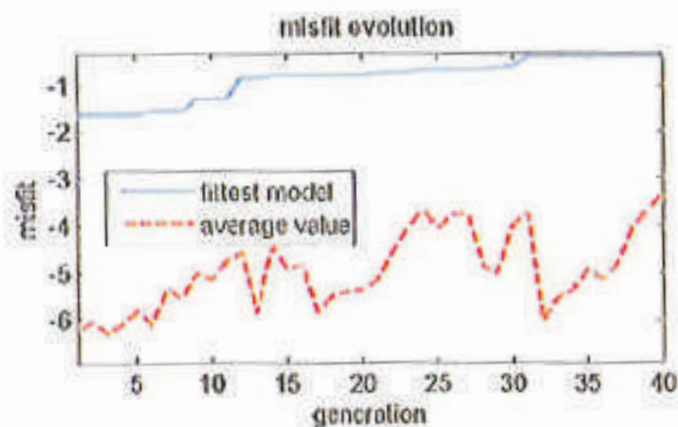
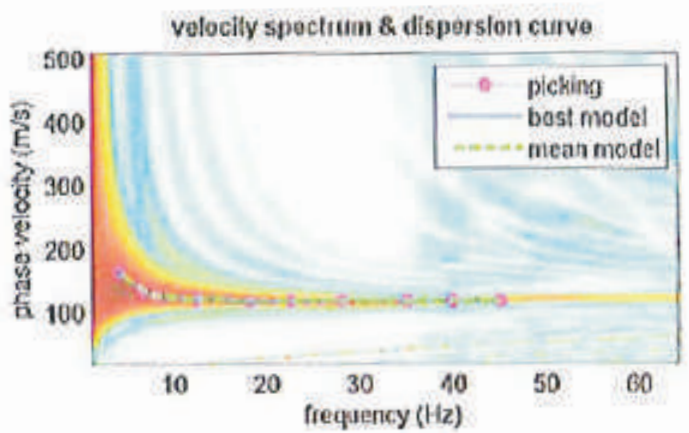
Masw 2
 nov.2013

- VS30 del modello medio: 167 m/sec
- VS30 del modello migliore: 167 m/sec

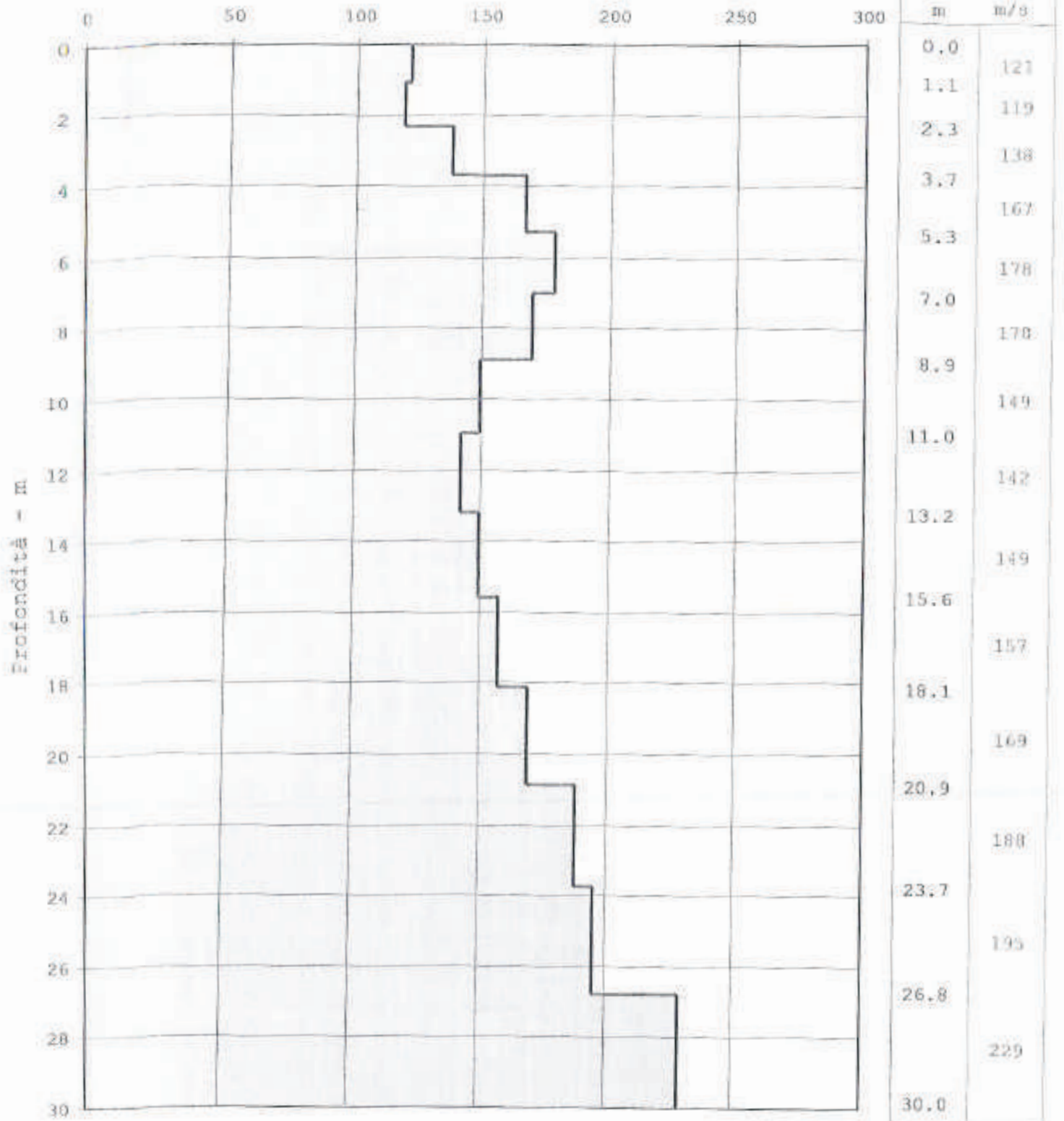
La categoria *attribuibile al suolo di fondazione*, da verificare sul modello geologico generale identificato, è la categoria "D", corrispondente a "depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s".

Allegati:

- *spettro di velocità e curva di dispersione*
- *profilo verticale VS*

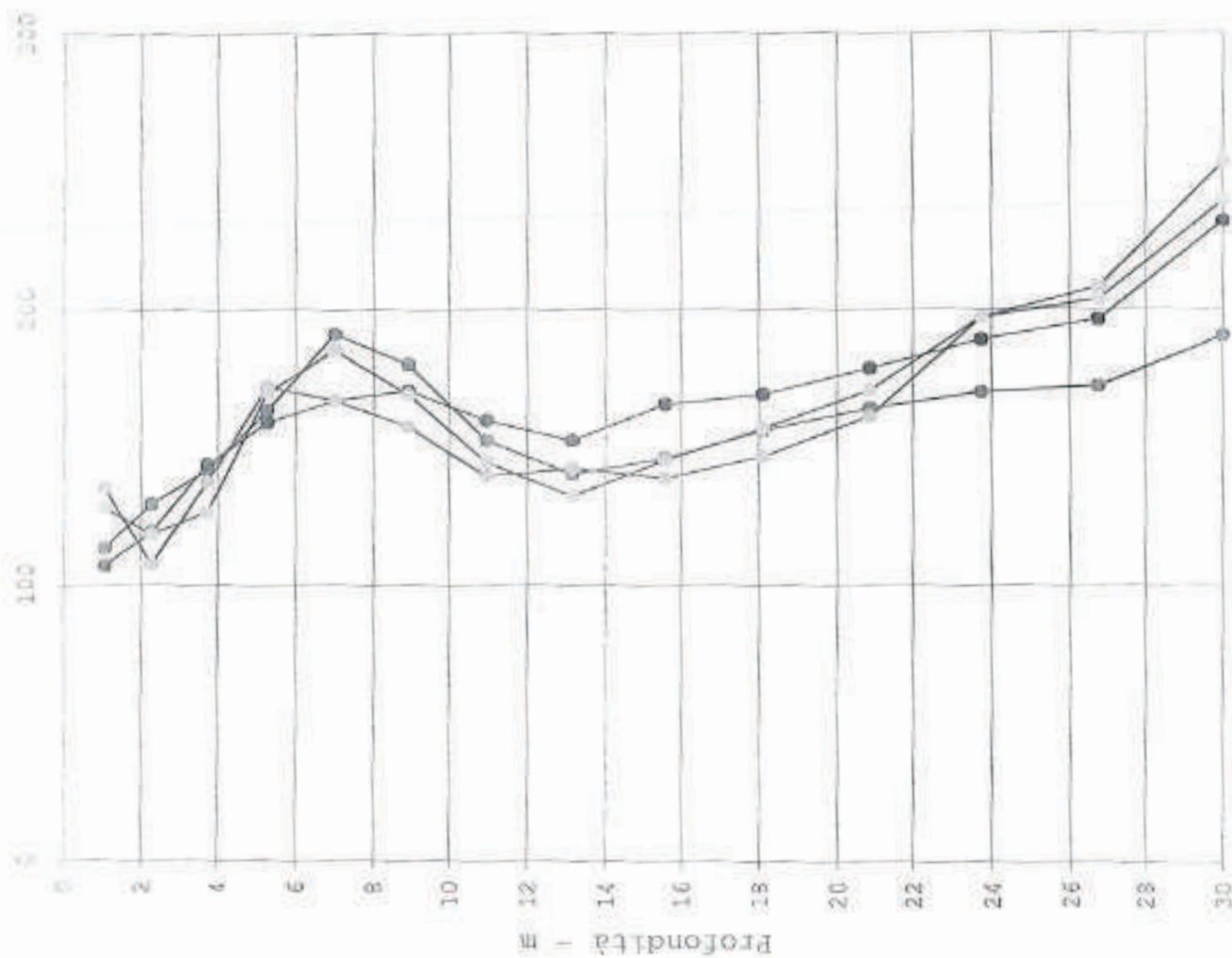


Velocità onde S - m/s



Vs30 = 164 m/s - Categoria D

Velocità onde S - m/s



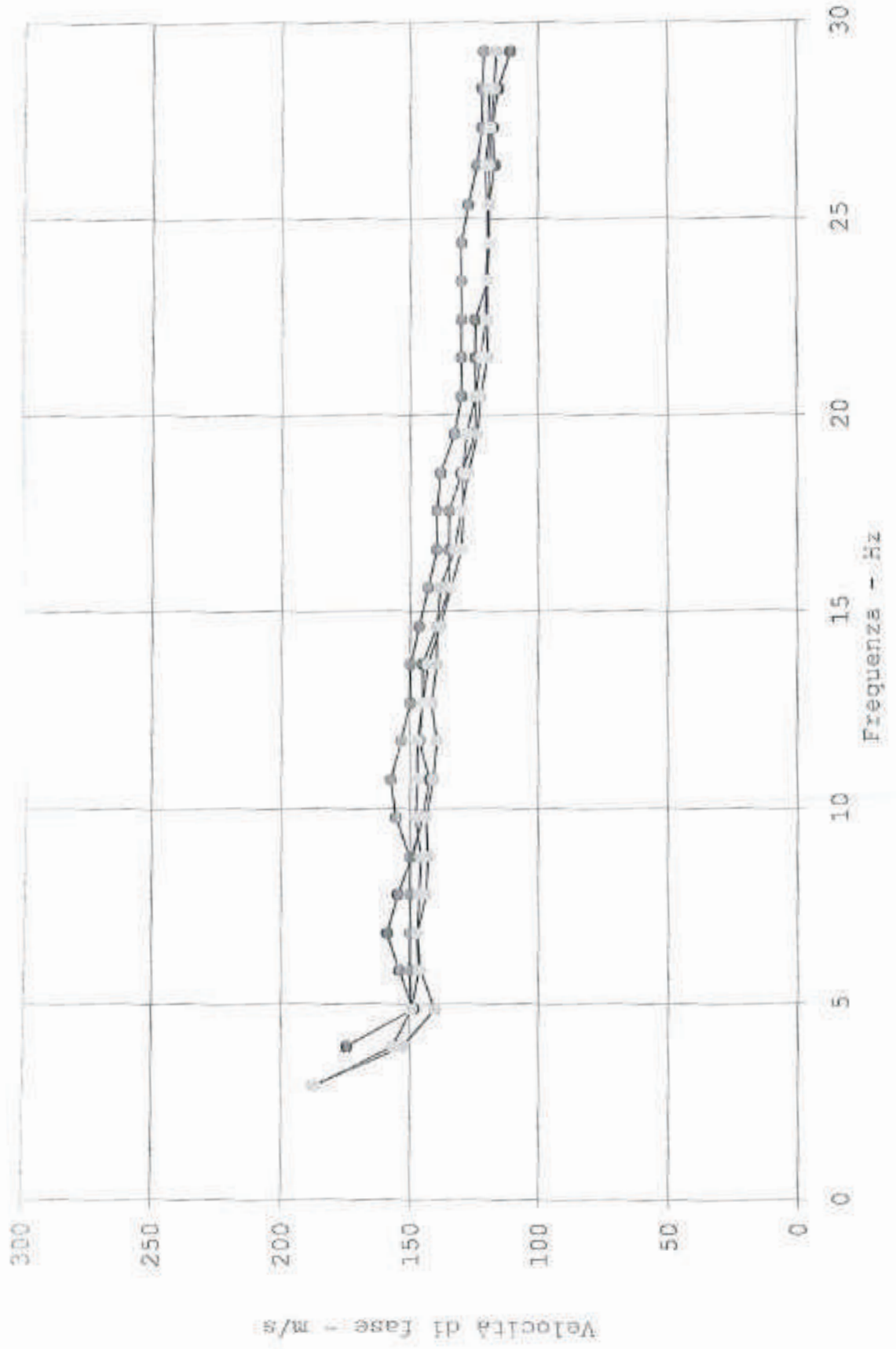
File	601	603	605	606
Shot m	-10.0	-1.0	47.0	54.0
Z	VS	VS	VS	VS
m	m/s	m/s	m/s	m/s
1.1	114	108	136	128
2.3	130	120	108	119
3.7	142	144	138	127
5.3	164	159	173	170
7.0	192	168	167	186
8.9	180	171	158	169
11.0	153	160	140	145
13.2	141	153	143	133
15.6	147	166	139	146
18.1	156	170	147	157
20.9	165	179	162	171
23.7	170	189	197	197
26.6	173	197	208	204
30.0	191	232	253	239

Va30	160	169	162	165
------	-----	-----	-----	-----

Masw 3
apr.2014

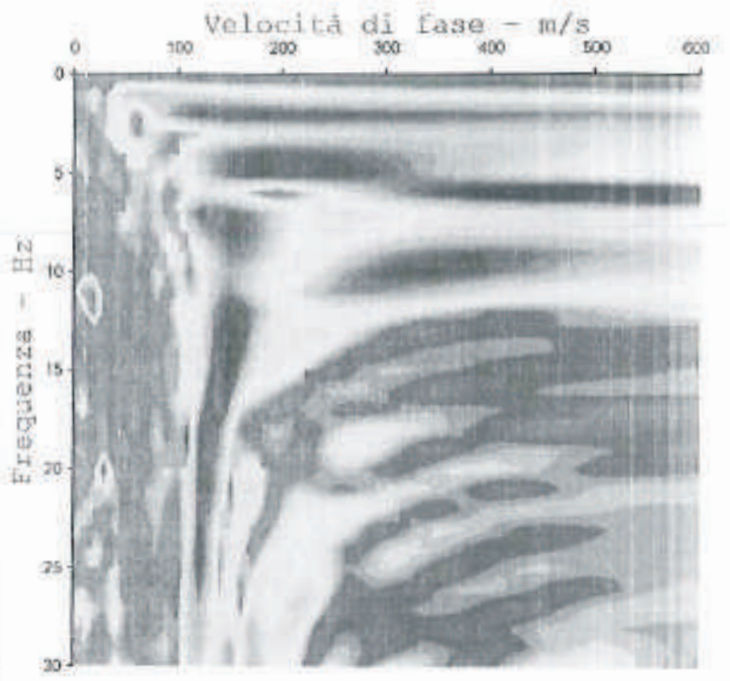
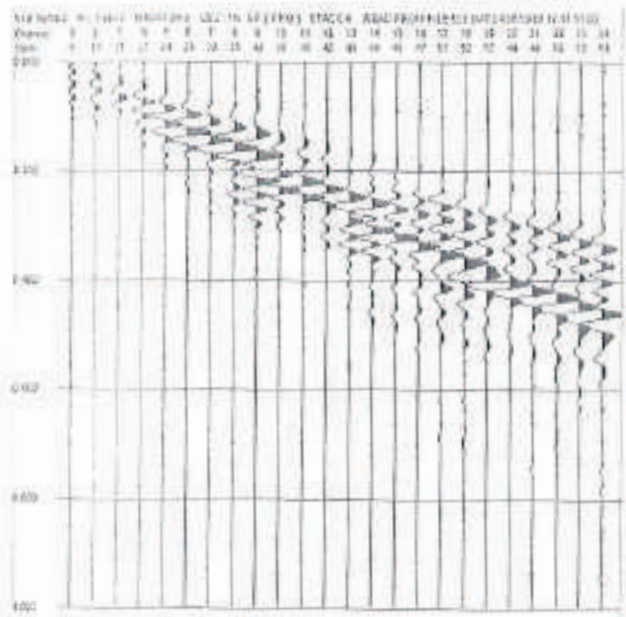
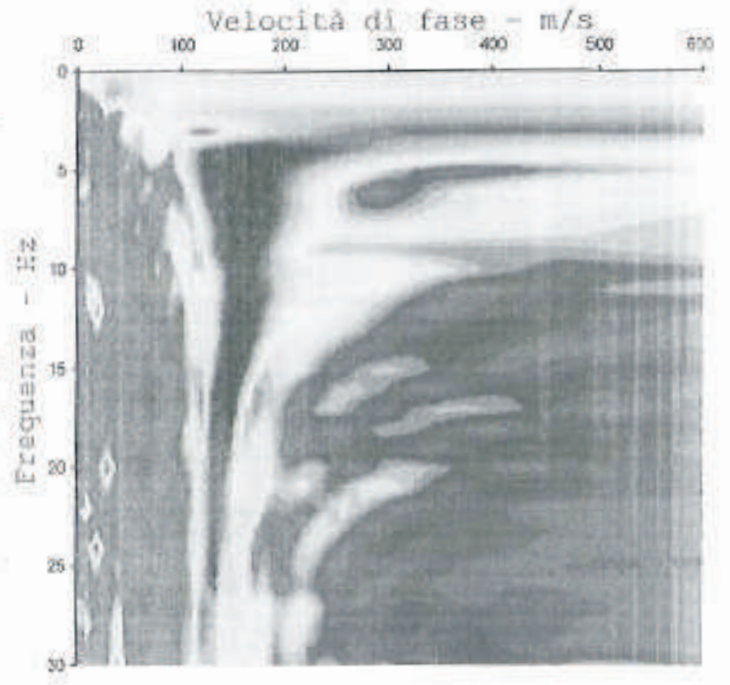
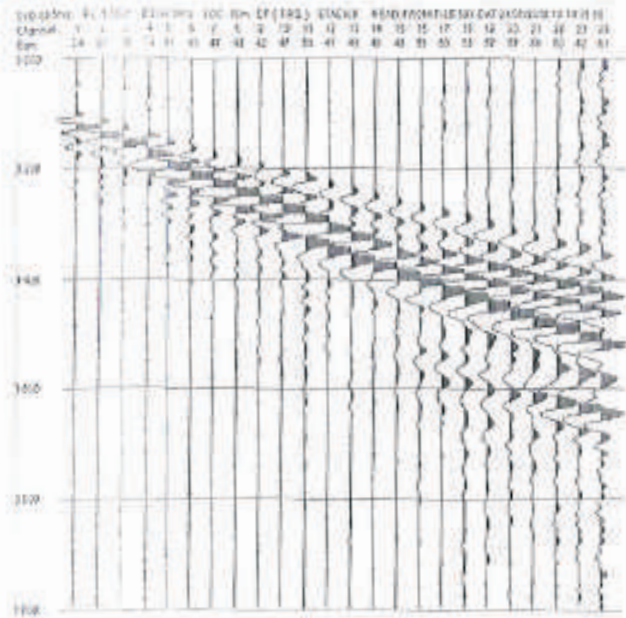
Masw 3
apr.2014

Curve di dispersione

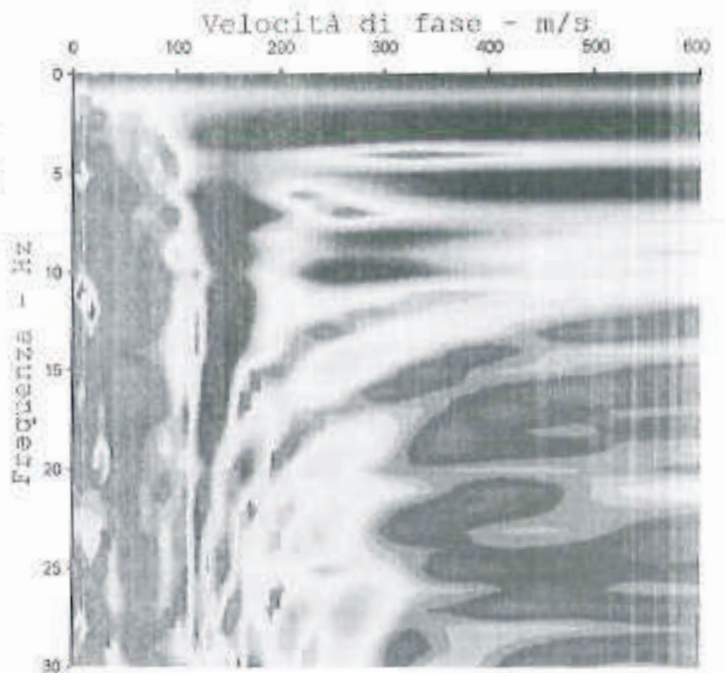
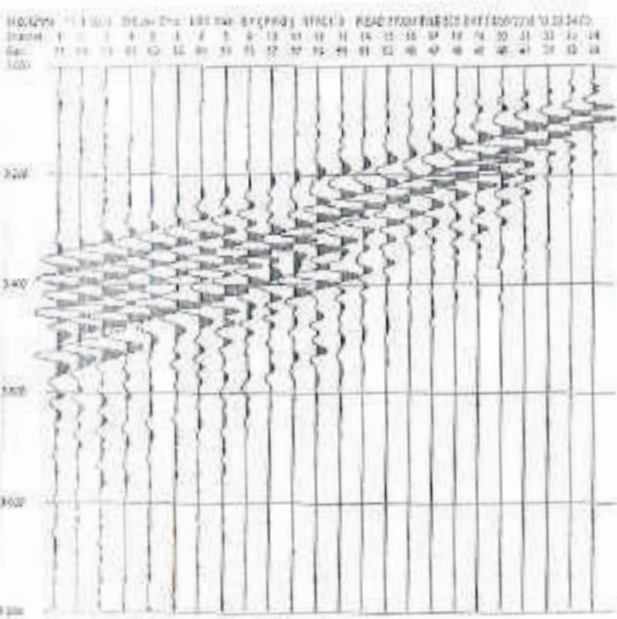
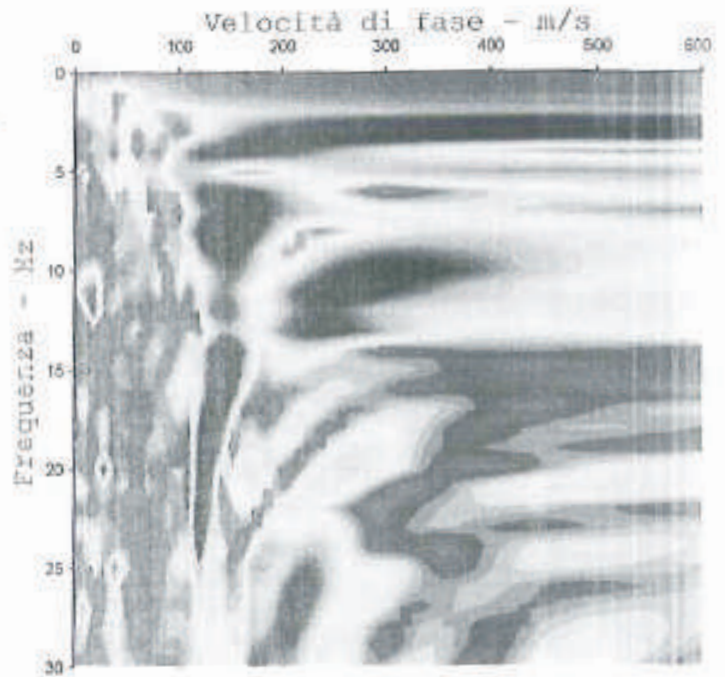
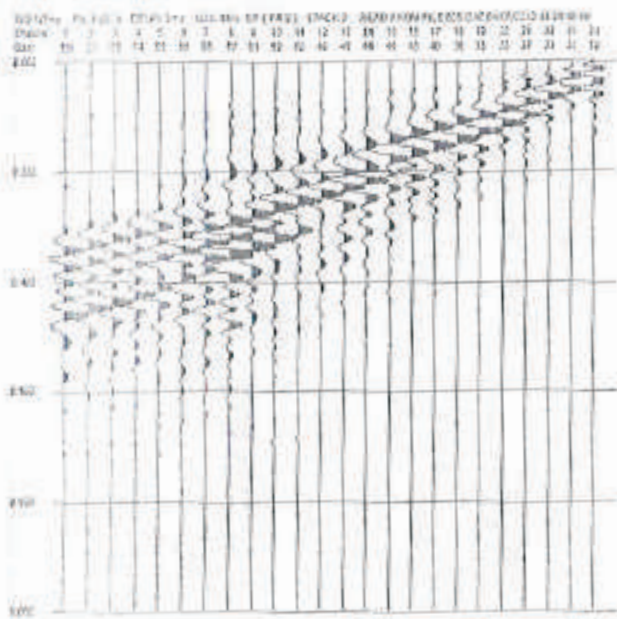


Masw 3
apr.2014

MASW Attive



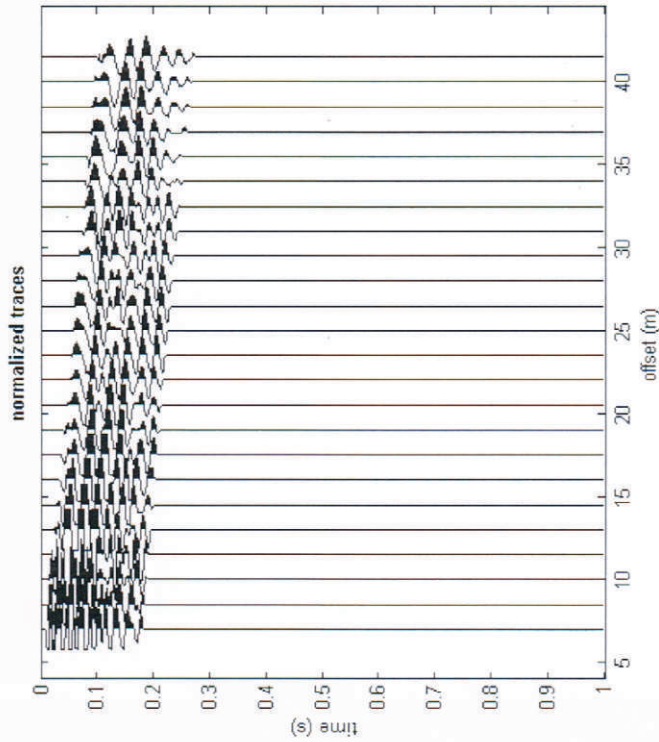
MASW Attive



Masw 2
ott.2014

#1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: 7.sgy
 minimum offset: 7 m
 geophone spacing: 1.5 m
 sampling: 0.131 ms



utilities

flip traces spectrum movie ?

data selection

activate select save

refraction

quick refraction upload save clear refraction



ver. 4.1 Pro

Attenuation analysis

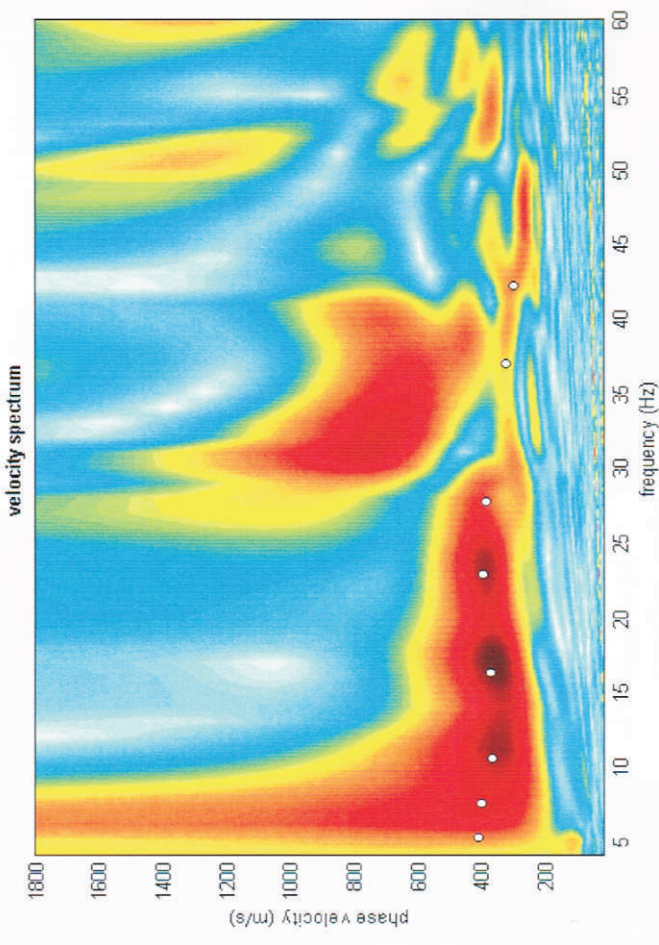
#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMI analyses)

MASW ReMI

calculate spectrum Tau - v

upload ReMI spectrum

visualize curves ?



explore spectrum

modelling

parameters save model

upload model refresh ?

eigen period

mezz7.cdp

picking

fundamental ?

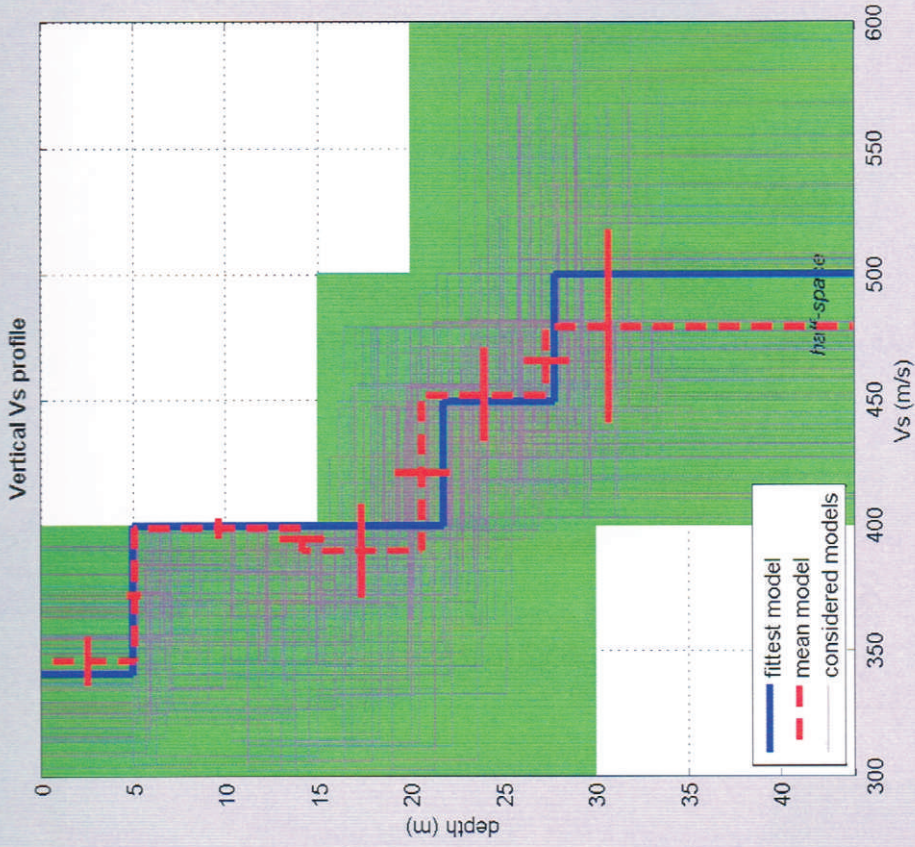
use the right button to select the last point of the considered mode

save picking ? cancel picking

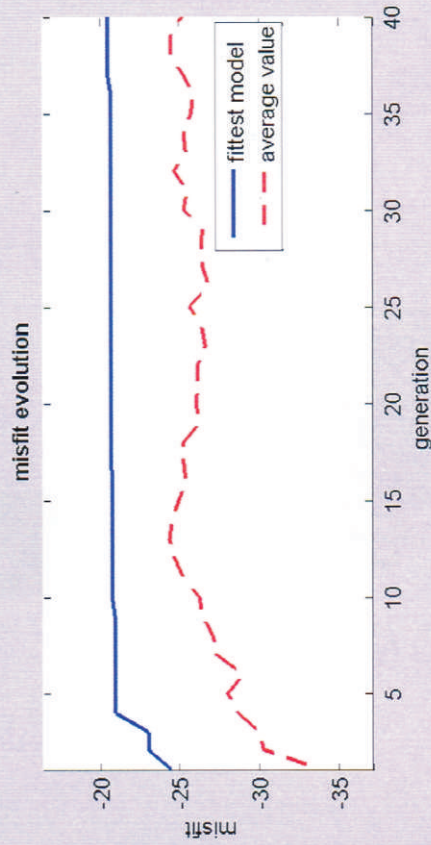
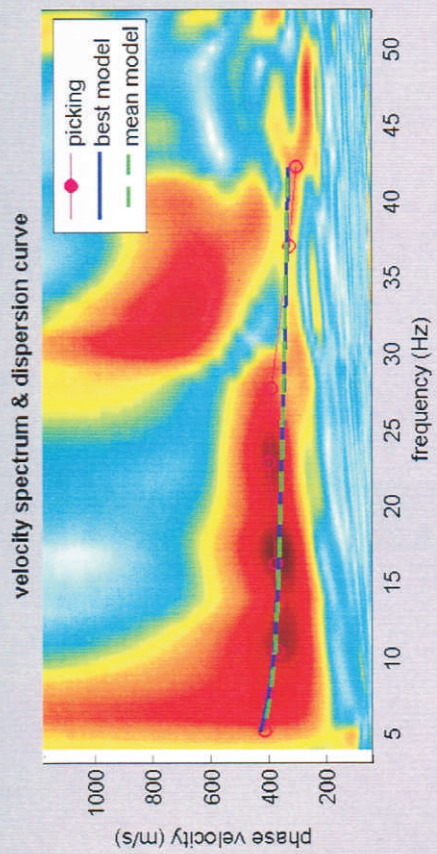
invertion

exit

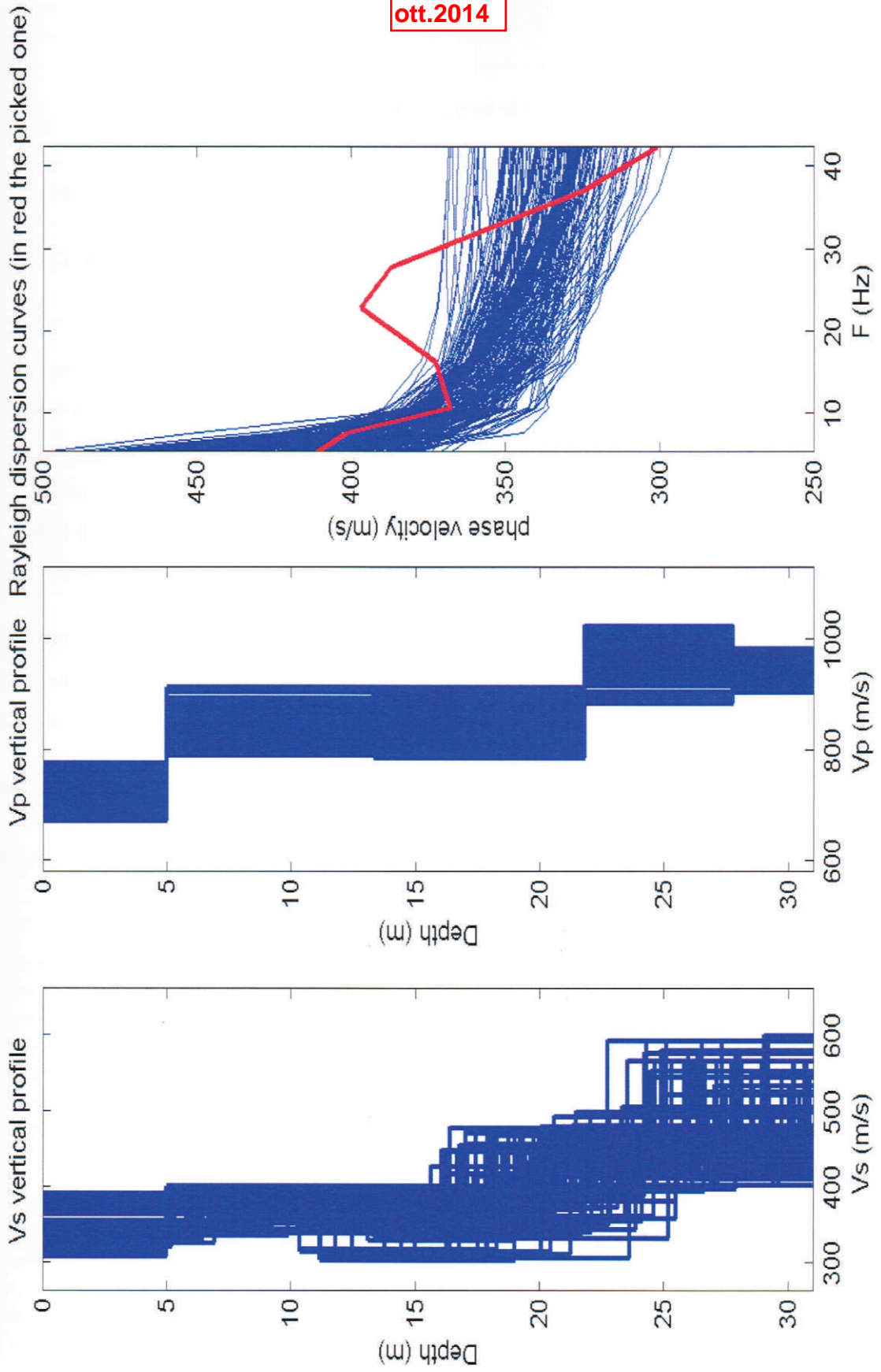
Masw 2
ott.2014



dataset: 7.sgy
dispersion curve: mezz7.cdp
VS30 (best model): 403 m/s
VS30 (mean model): 403 m/s

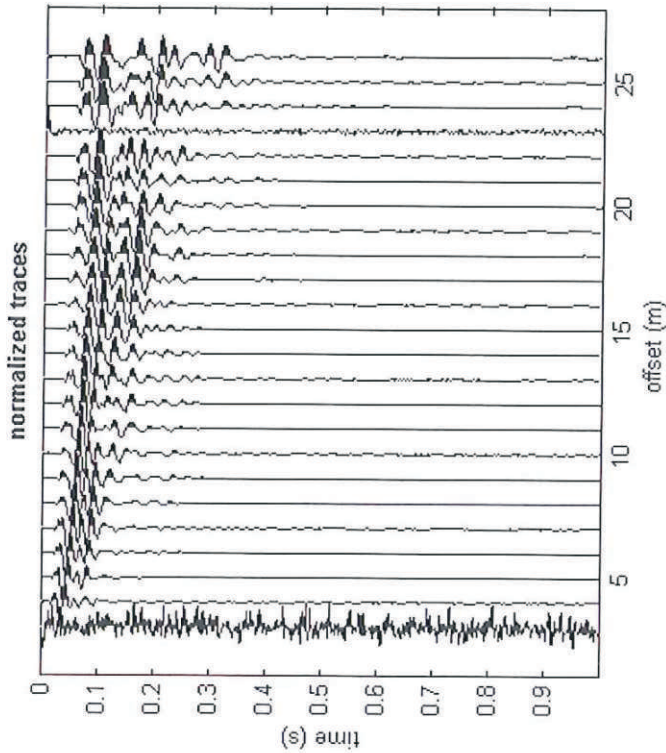


Masw 2
ott.2014



#1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: 03.sgy
 minimum offset: 3 m
 geophone spacing: 1 m
 sampling: 0.956 ms



utilities

flip traces

data selection

activate

refraction

quick refraction

ver. 4.1 Pro

Attenuation analysis

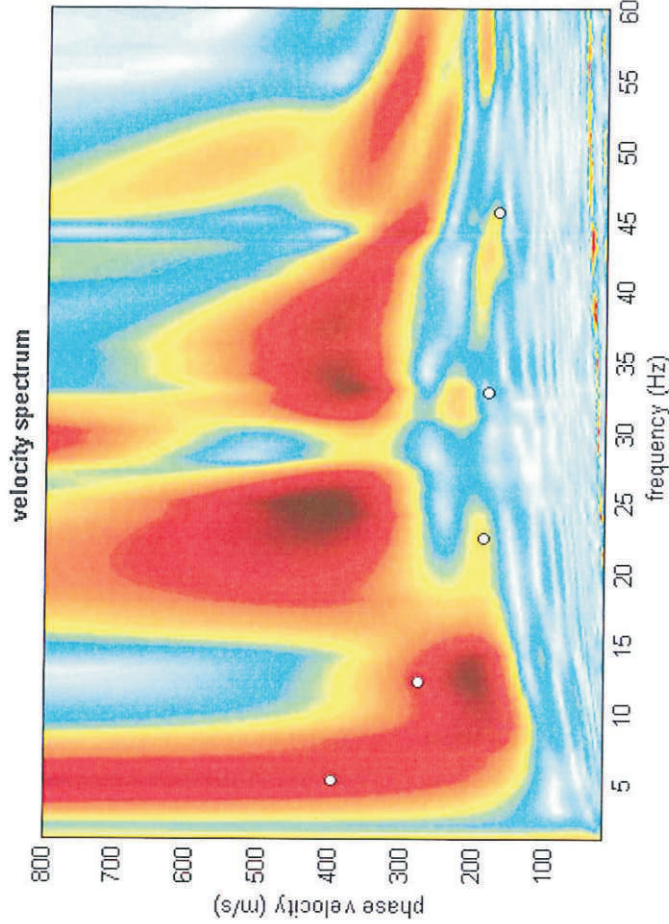


#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & RefMi analyses)

MASW

calculate spectrum Tau - v

visualize curves



explore spectrum

Remorini 3m pick.cdp

fundamental

use the right button to select the last point of the considered mode

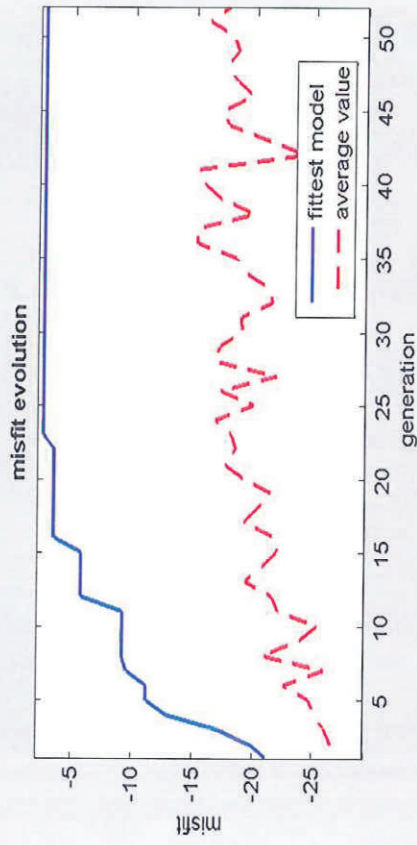
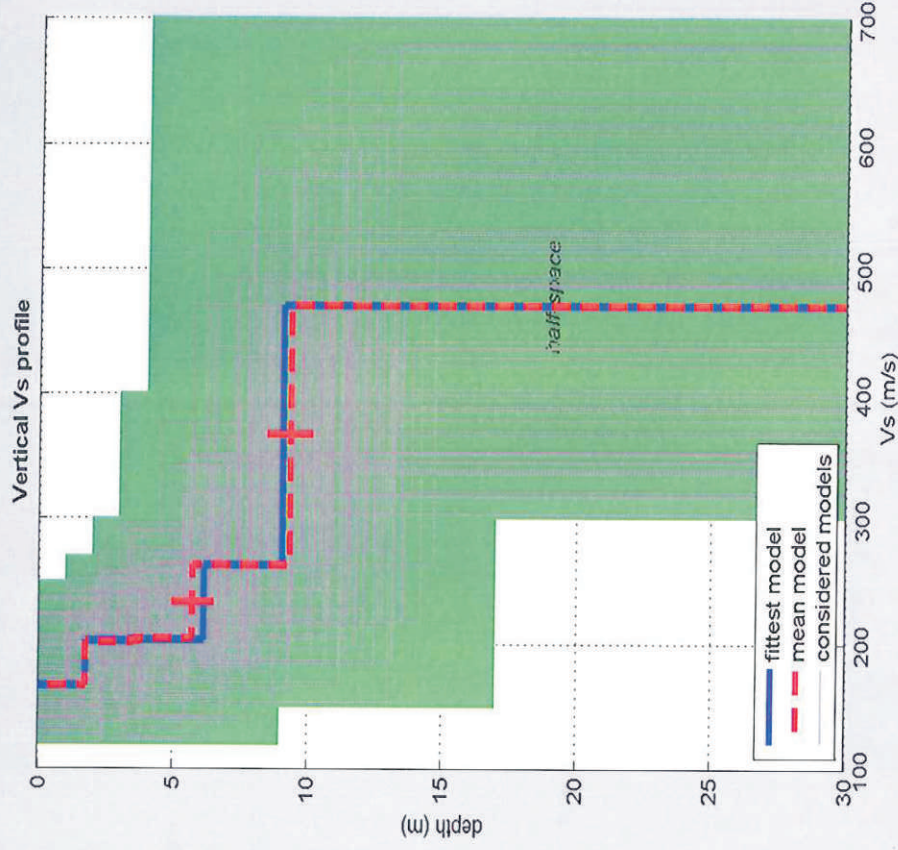
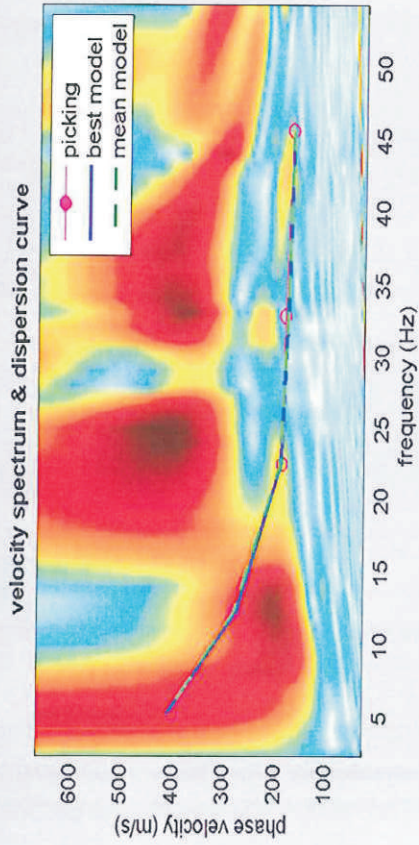
inversion

modelling

parameters

upload model eigen period

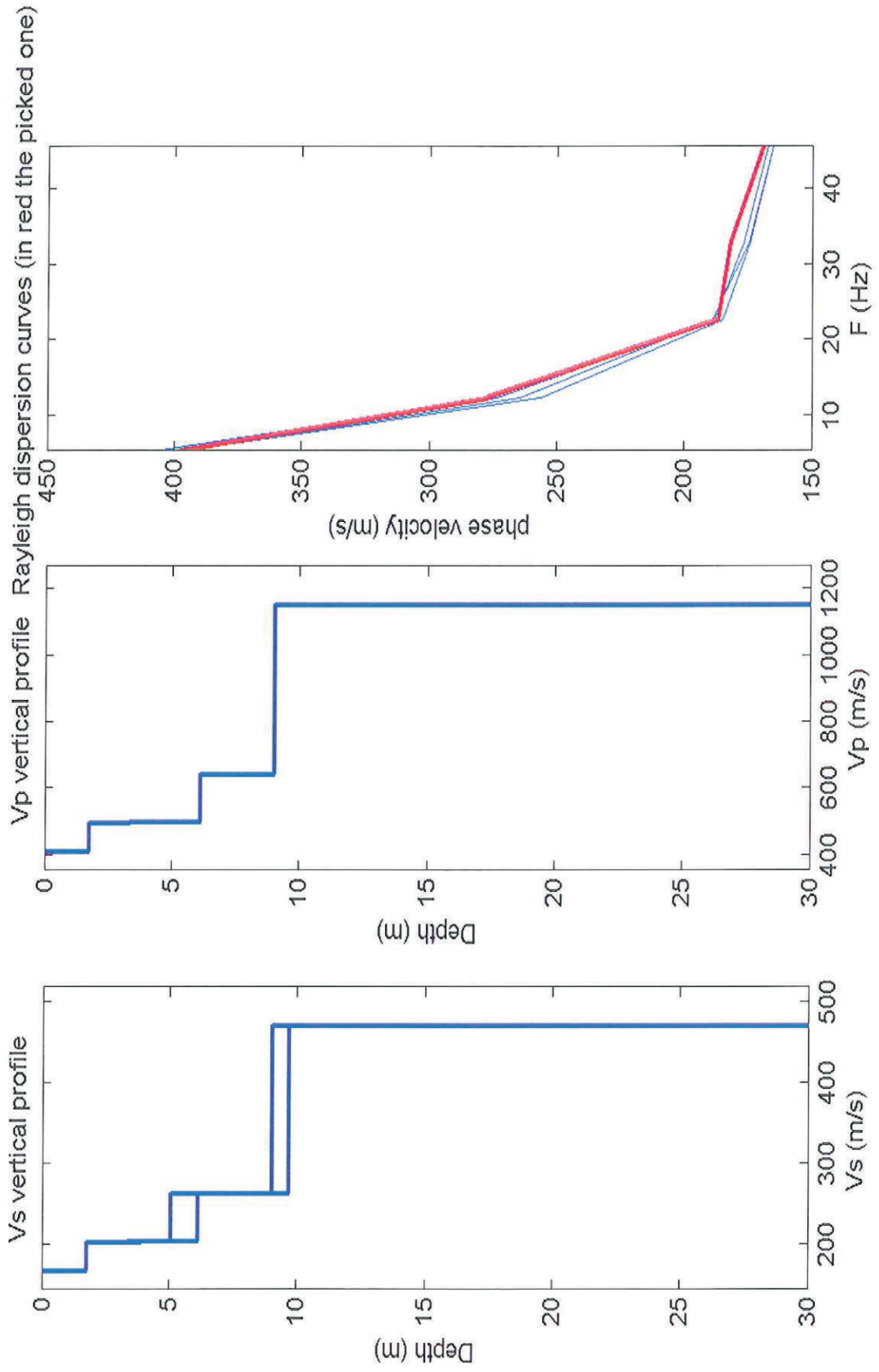
Masw 3
ott.2014



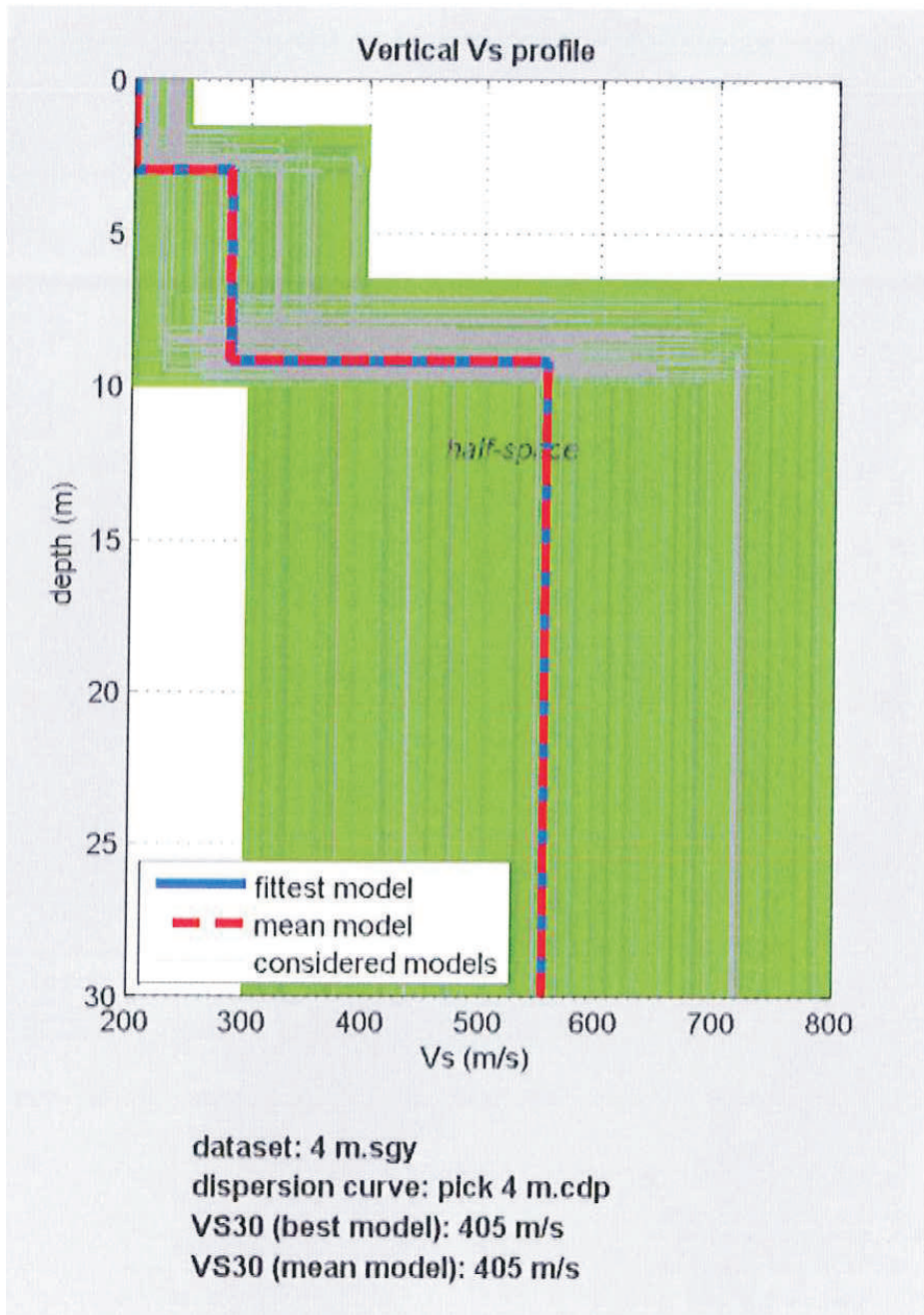
dataset: 03.sgy
dispersion curve: Remorini 3m pick.cdp
VS30 (best model): 342 m/s
VS30 (mean model): 342 m/s

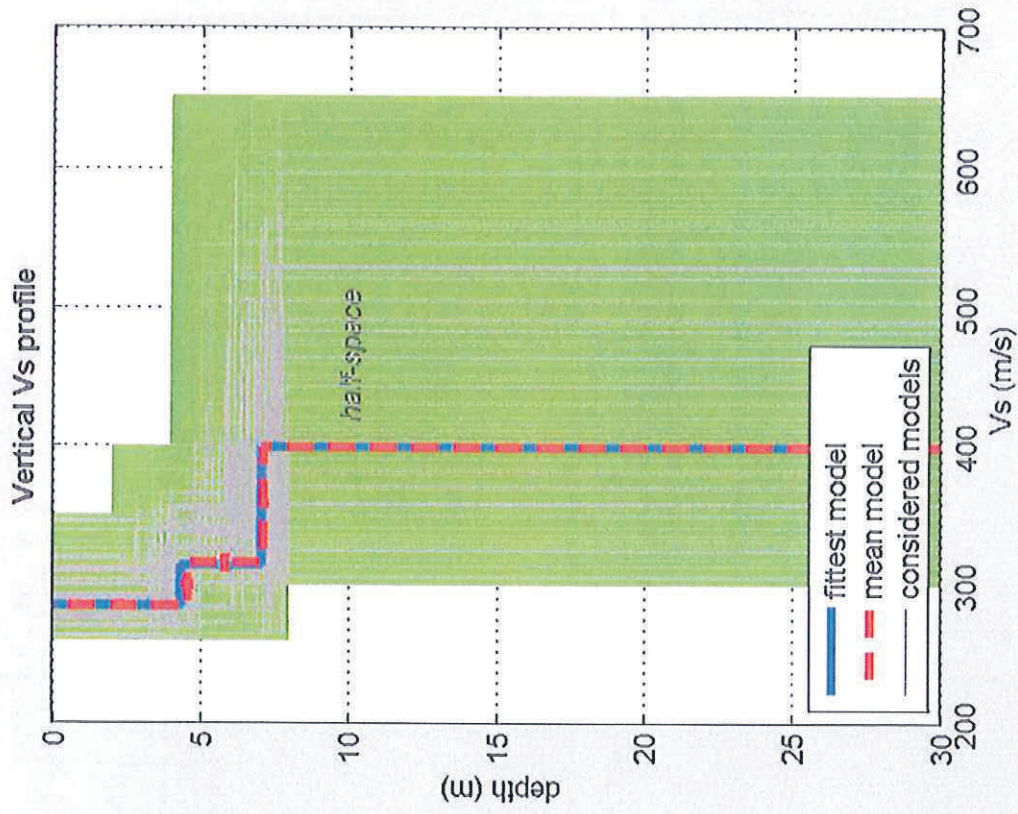


Masw 3
ott.2014

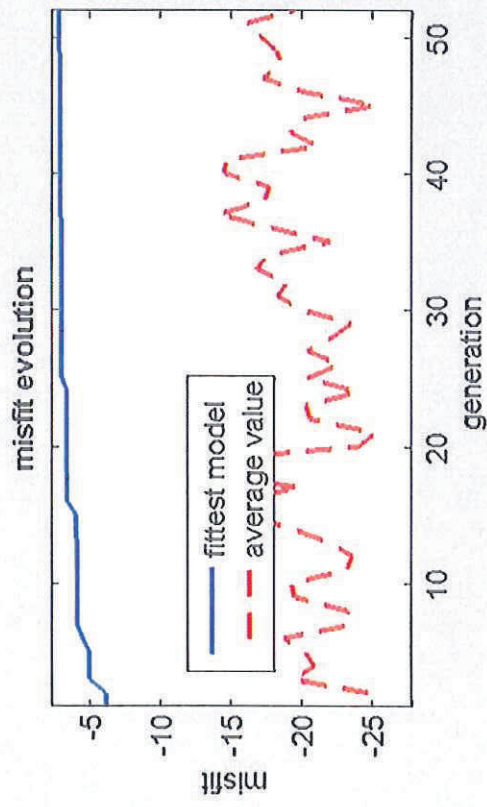
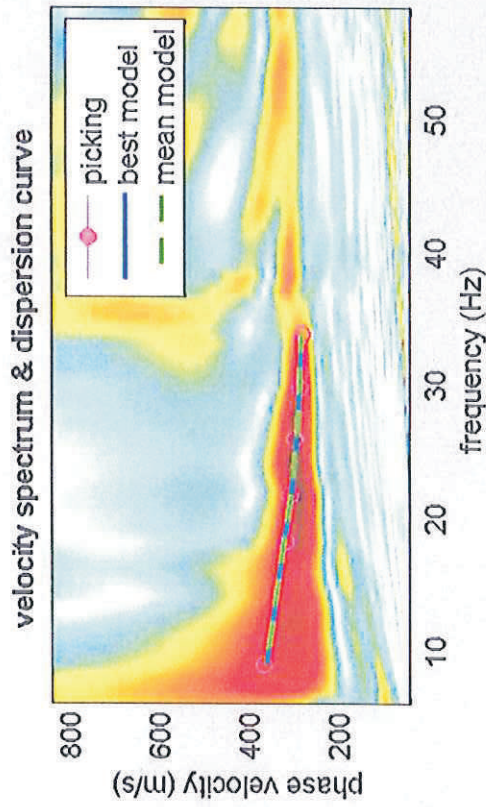


Masw 7
ott.2014





dataset: 5 m.sgy
dispersion curve: pick 5 m.cdp
VS30 (best model): 368 m/s
VS30 (mean model): 368 m/s



INDAGINE SISMICA MASW

Masw 1
feb.2017

#1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: 5b.sg2
sampling: 0.131 ms
minimum offset: 5 m
geophone spacing: 2 m

normalized traces

time (s)

offset (m)

#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & Refli analyses)

MASW: compute velocity spectrum

phase velocity Fk group velocity

save upload merge

explore spectrum mode separation

velocity spectrum

phase velocity (m/s)

frequency (Hz)

general setting

Rayleigh 3 phase-vel Retraction

Reference depth Retraction

HV (body waves)

HV modes (SH ellipticity)

about Poisson

Vs (m/s) Poisson thickness (m)

100	0.4	1
180	0.35	2
260	0.35	5
400	0.35	7
800	0.35	0
0	0.35	0
0	0.3	0
0	0.3	0

modeling

ZVF elastic shear DC synthetics

calculate upload mod save model refresh mdl models report

recompiling

1 resample accept

activate select cancel save

filtering & spectra

filter cancel

spectrum spectrogram

refr. /refl. 100 save clear

other tools & setting

1.00215 time to visualize (s) done cut flip traces test amplitude zero padding

visualize curves

input curve ?

show f-k

fundamental

To select the last point of the considered mode click the right button

save picking ?

pickLedp

cancel picking

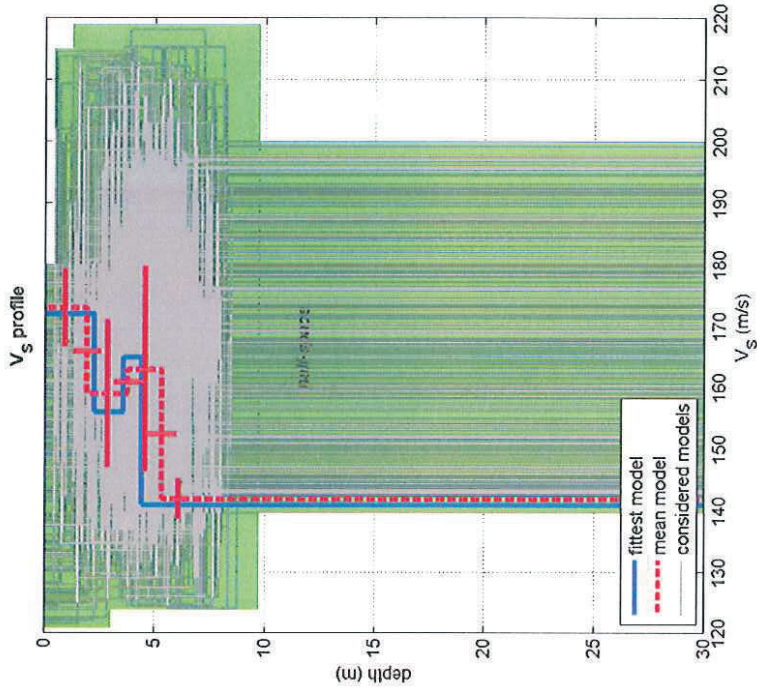
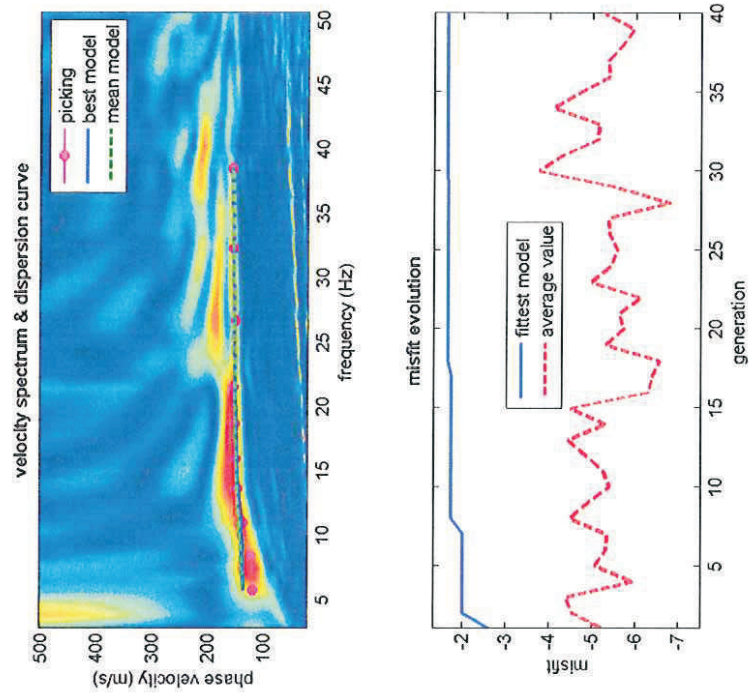
inversion

inversion

Joint DC-HV inv.

Figura 3: Indagine MASW: Sismogramma, spettro di velocità, curva di dispersione individuata (off-set 5m su G1)

INDAGINE SISMICA MASW



dataset: 5b.sg2
dispersion curve: pick.cdp
 V_{s30} (best model): 144 m/s
 V_{s30} (mean model): 146 m/s



Masw 1
feb.2017

Figura 4: Indagine MASW: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione; profilo verticale Vs identificato; grafico misfit-generazione (off-set 5m su G1)

Masw 1
feb.2017

INDAGINE SISMICA MASW

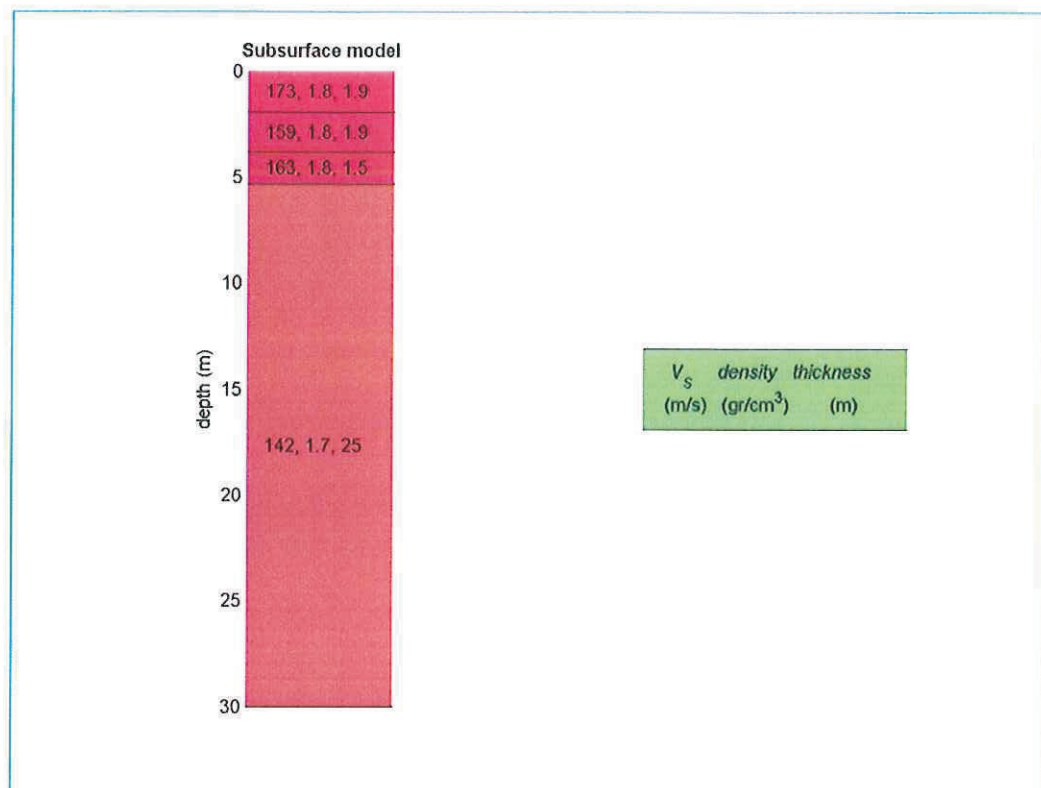


Figura 5: Indagine MASW: Modello sismo stratigrafico

Modello medio

V_s (m/s): 173, 159, 163, 142
Standard deviations (m/s): 6, 12, 17, 3
Thickness (m): 1.9, 1.9, 1.5
Standard deviations (m/s): 0.6, 0.6, 0.7

Density (gr/cm³) (approximate values): 1.81 1.79 1.79 1.73

Shear modulus (MPa) (approximate values): 54 45 48 35

Analyzing Phase velocities
Considered dispersion curve: pick.cdp
Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for V_p and Poisson

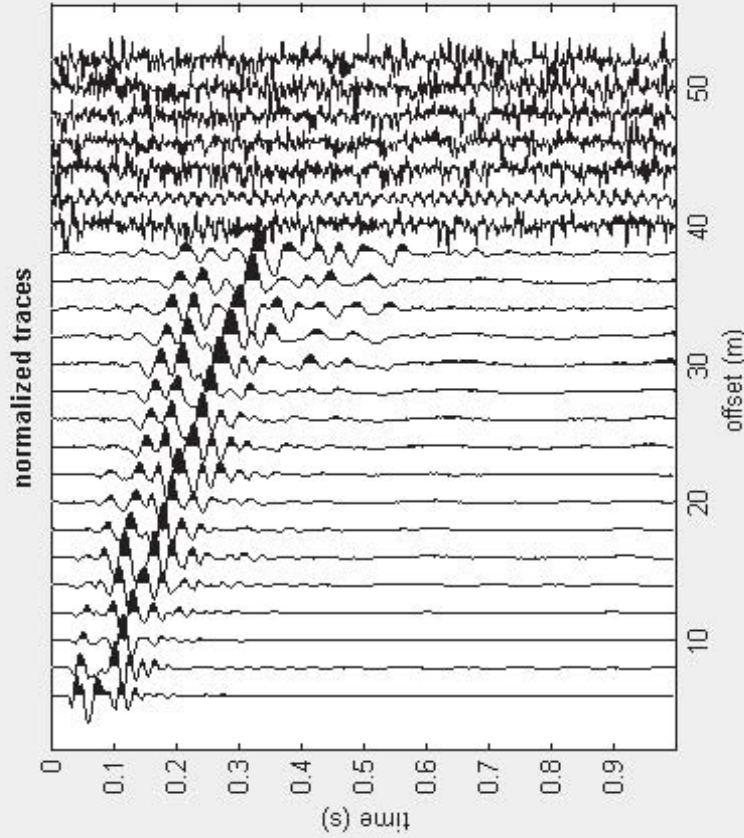
V_p (m/s): 360 331 339 266

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.30

V_{s30} (m/s): 146

#1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: 03.sgy
 minimum offset: 6 m
 geophone spacing: 2 m
 sampling: 0.956 ms



utilities

flip traces
 spectrum
 movie ?

data selection

activate
 select
 cancel
 20
 save

refraction

quick refraction
 upload
 clear refraction
 save

Attenuation analysis

#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMi analyses)

MASW

calculate spectrum

Tau - v

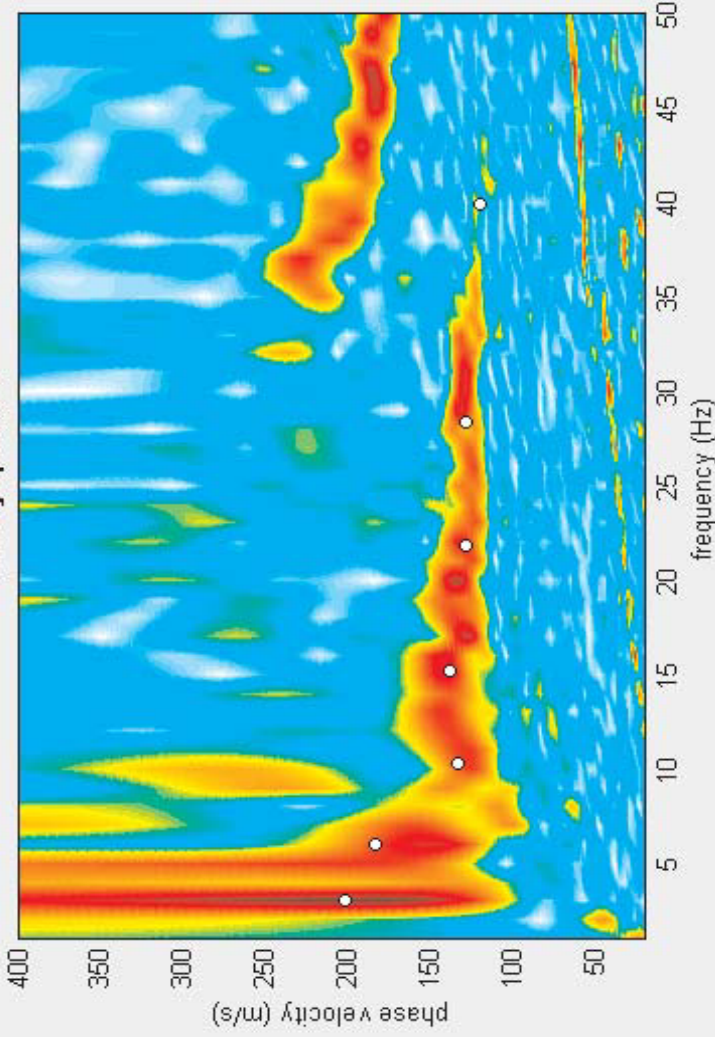
ReMi

upload ReMi spectrum

visualize curves

input curve ?

velocity spectrum



explore spectrum

modelling

parameters

upload model

3

Rayleigh

save model

eigen period

refresh ?

Bientina C6 6m pick.cdp

picking

fundamental

? ?

use the right button to select the last point of the considered mode

save picking ?

cancel picking

inversion

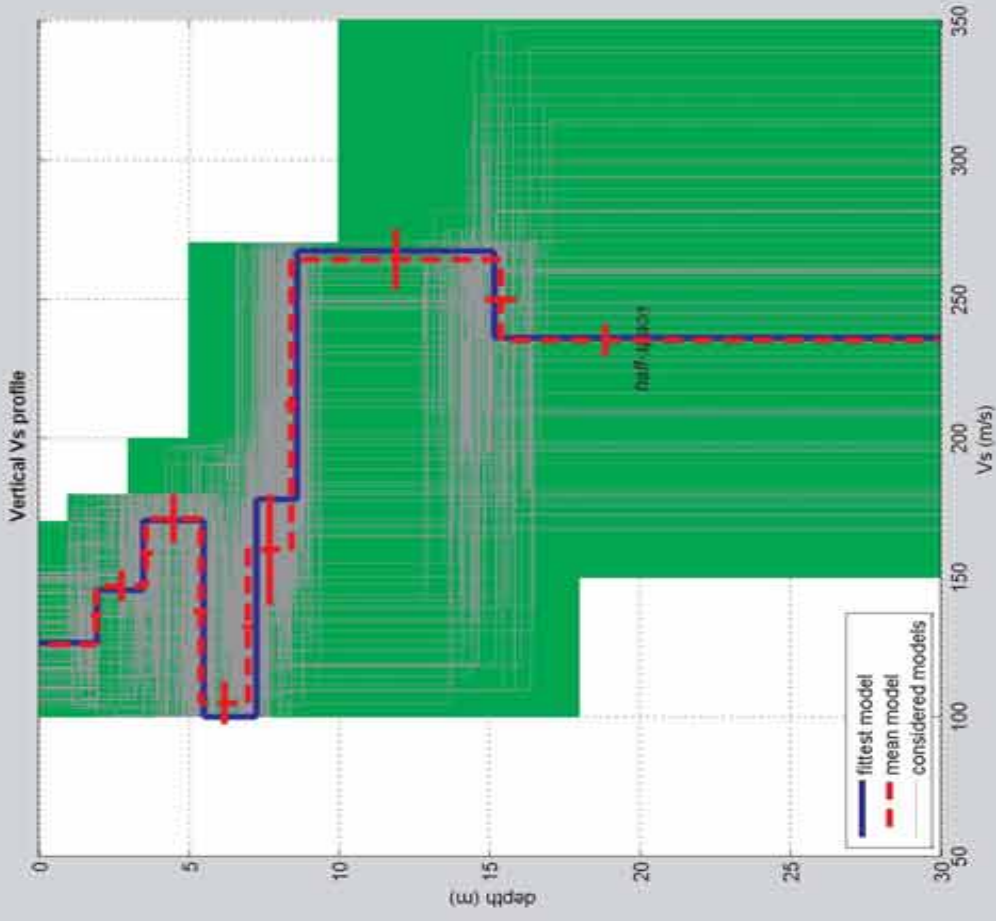
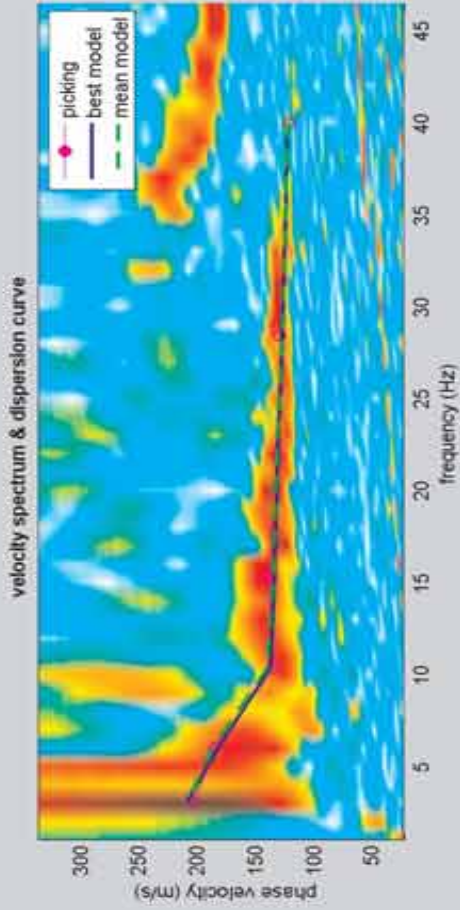
exit

Masw 2
 feb.2017

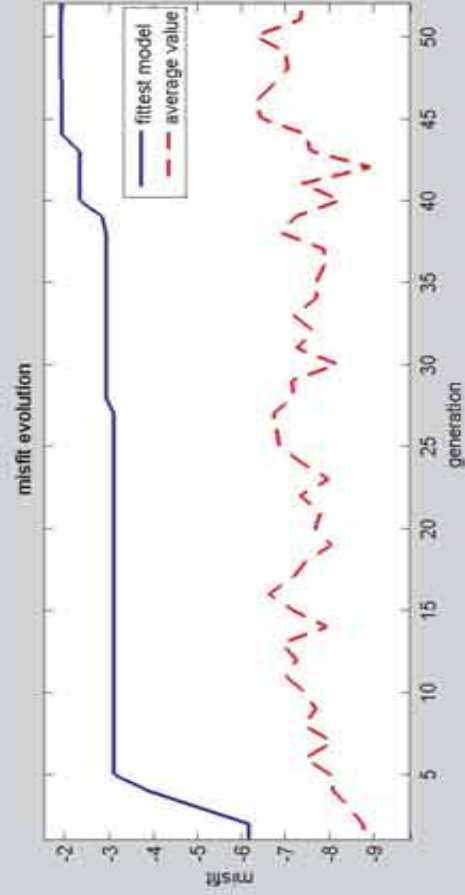
ver. 4.1 Pro

www.ellosoft.it

winMASW



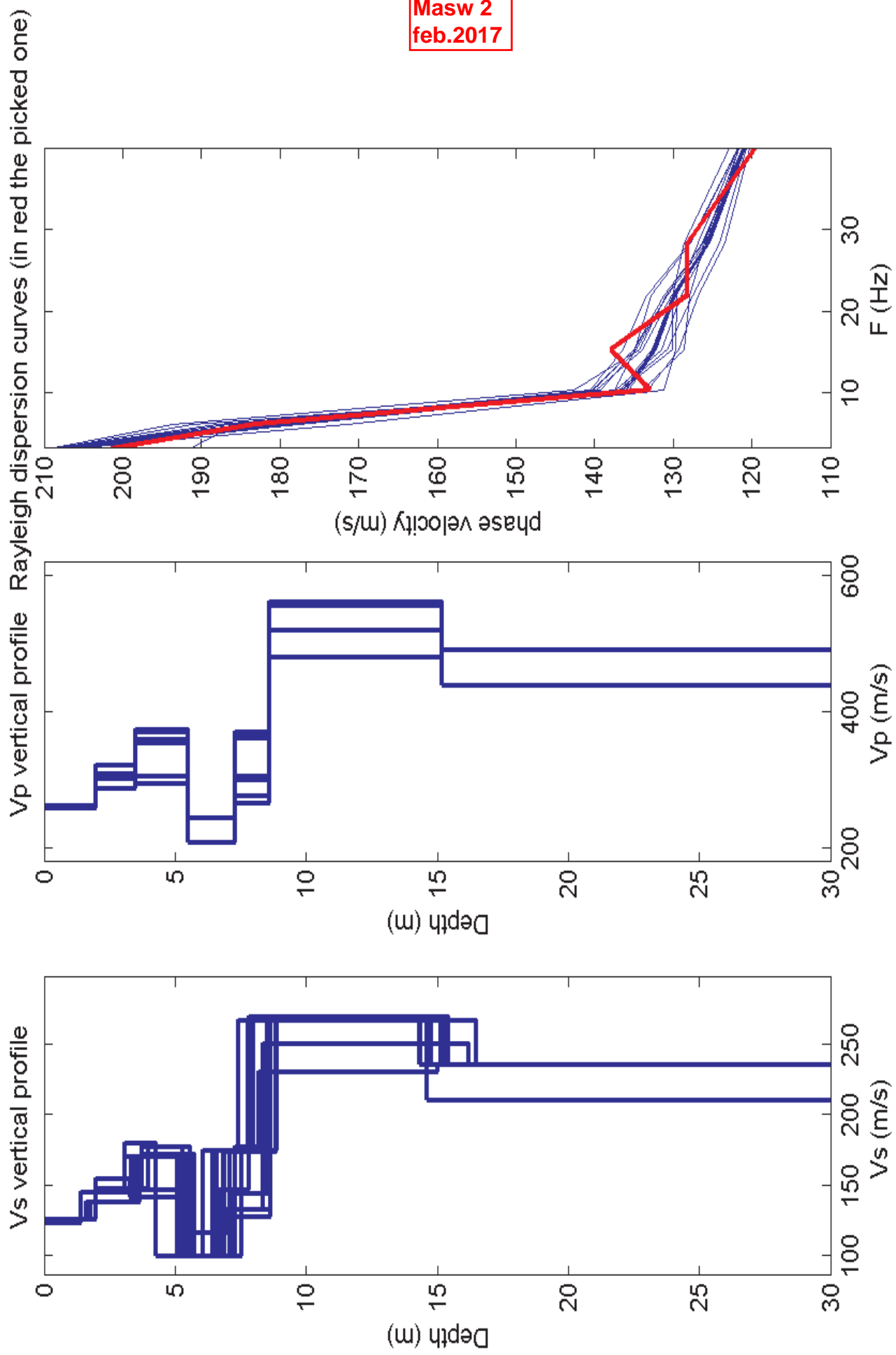
Masw 2
feb.2017



dataset: 03.sgy
 dispersion curve: Blentna C6 6m pick.cdp
 VS30 (best model): 199 m/s
 VS30 (mean model): 200 m/s

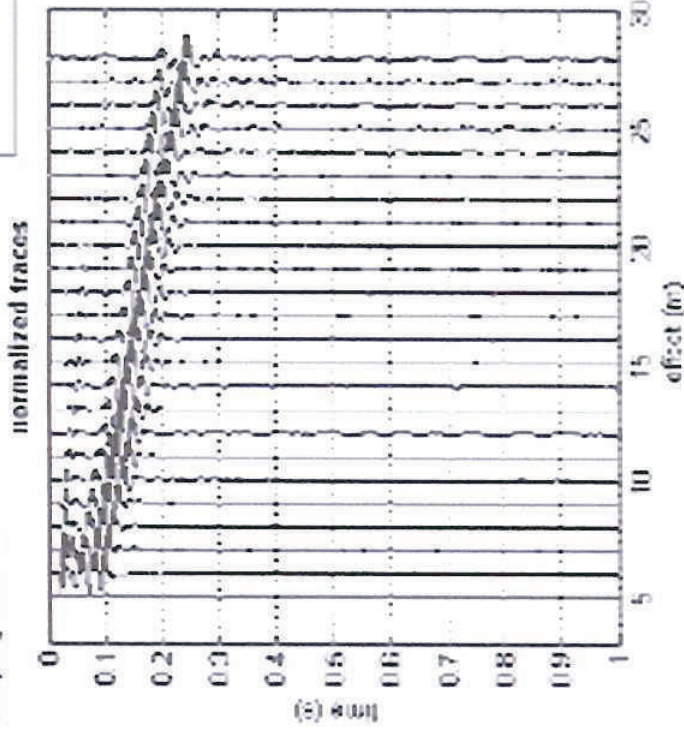


Masw 2
feb.2017



87: upscaling & processing (MASW analysis)

calib: 50 SOY
 minimum offset: 5m
 geophones spacing: 1 m
 sampling: 0.01 ms



save as

file

edit selection

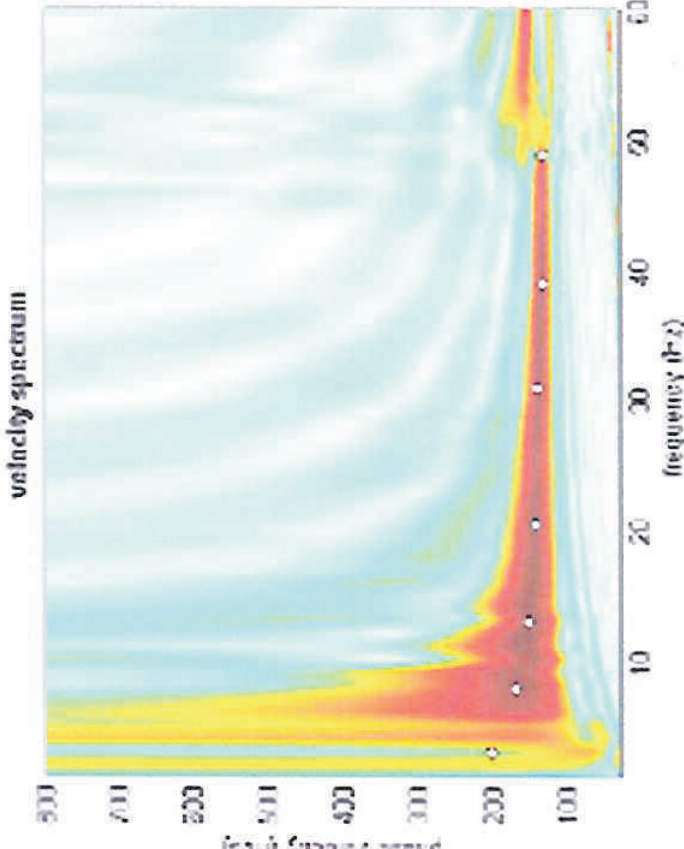
scaling

refraction

winMASW analysis

88: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & RefM analysis)

MASW



explore spectra...

picking

to adjust the
 location of
 the markers
 use the mouse
 or the keyboard

modelling

generalizing

Number of

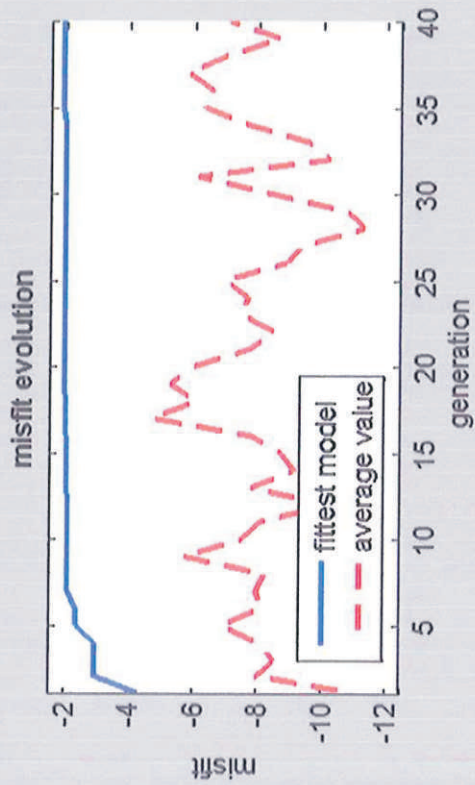
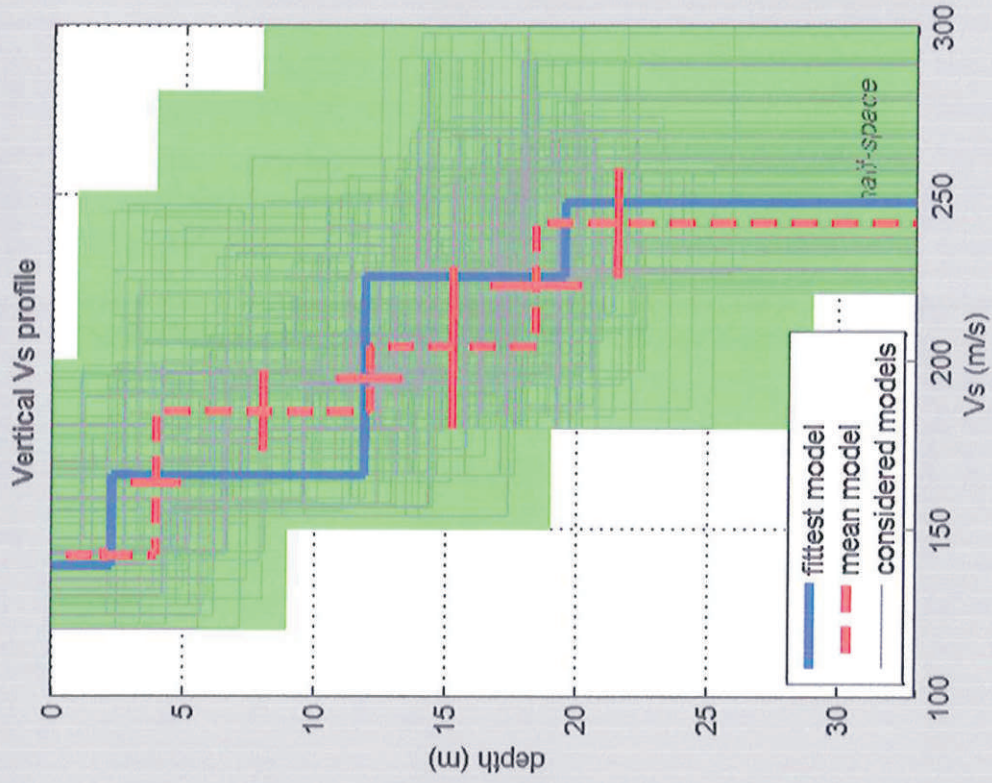
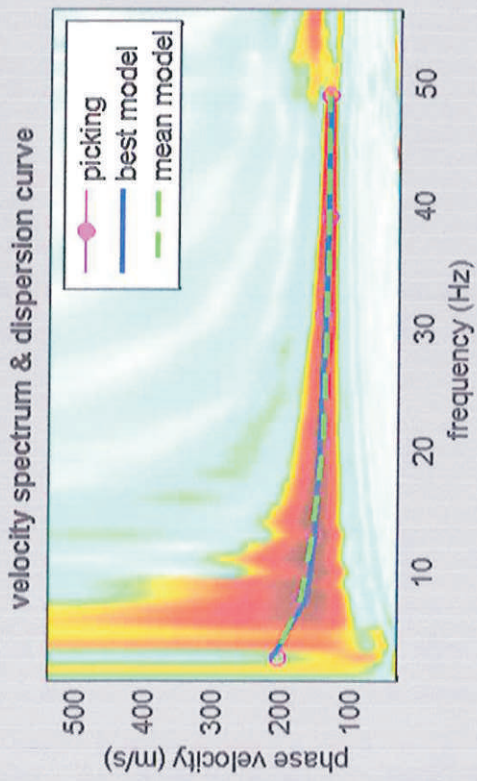
Distance

update model...

Vs (m/s) No. seen Distance (m)
 100 0.35 1
 200 0.35 2
 300 0.35 3
 400 0.35 4
 500 0.35 5
 600 0.35 6
 700 0.35 7
 800 0.35 8

Masw 4
 feb.2017

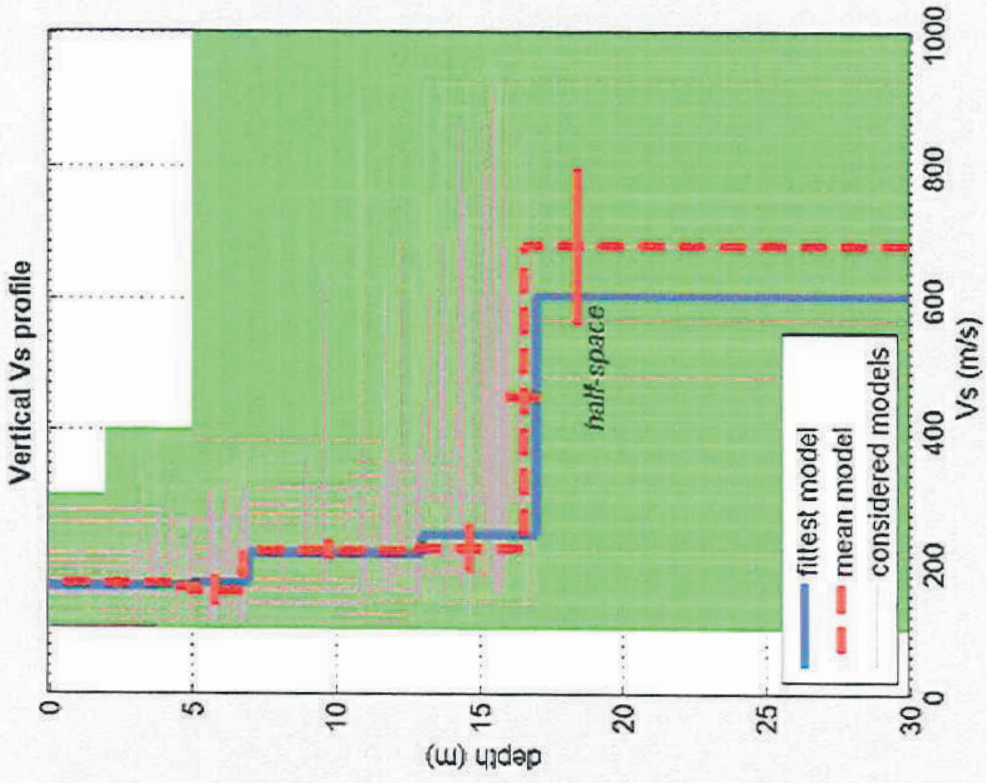




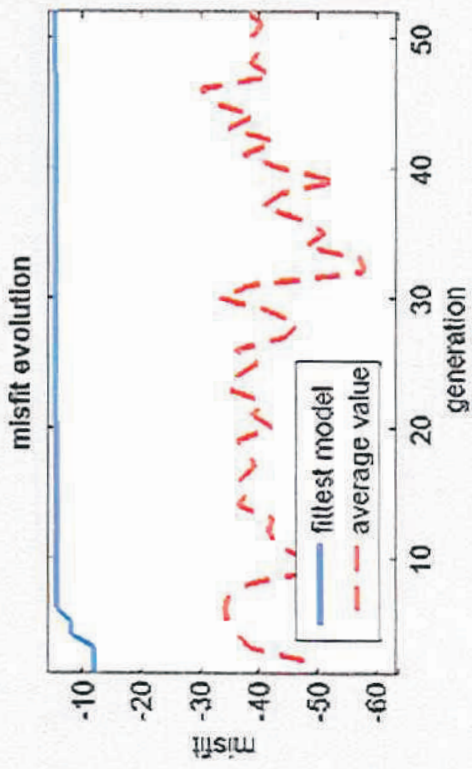
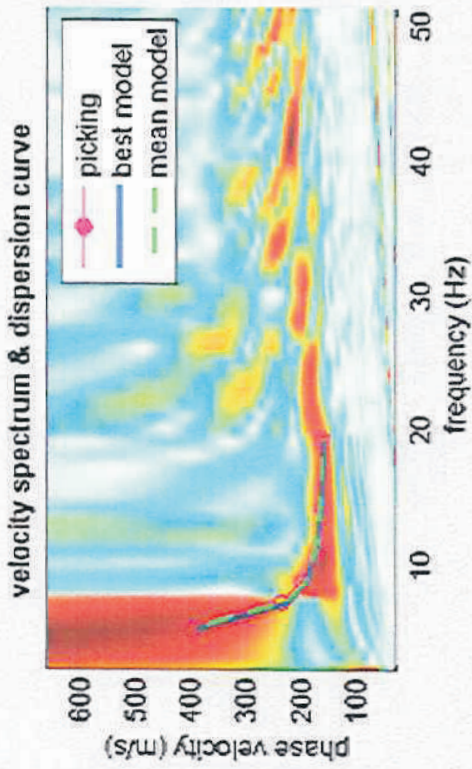
dataset: 5m.SGY
dispersion curve: 5m pick.cdp
VS30 (best model): 199 m/s
VS30 (mean model): 199 m/s

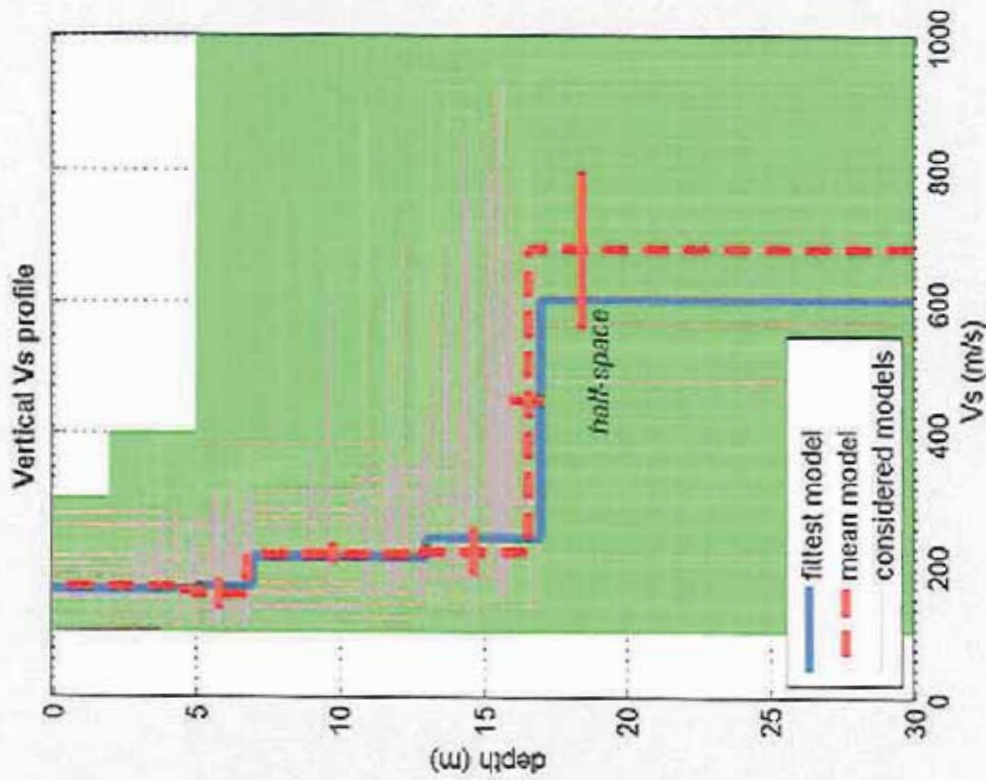
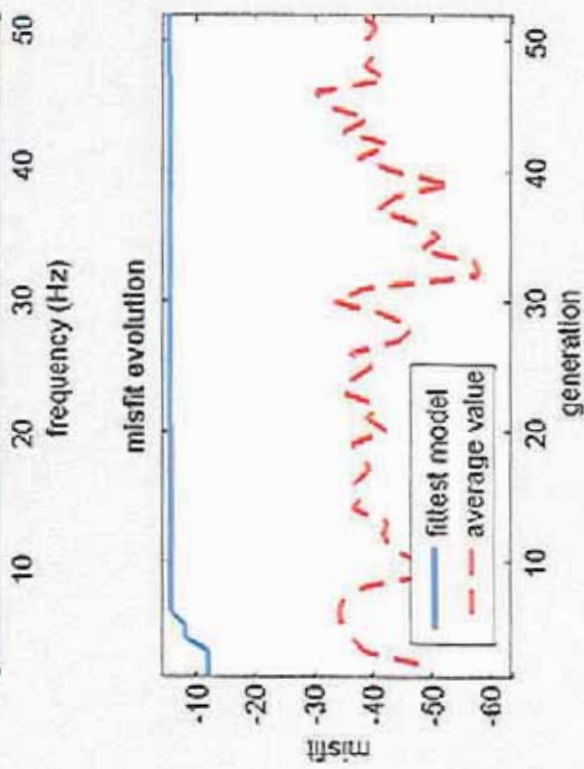
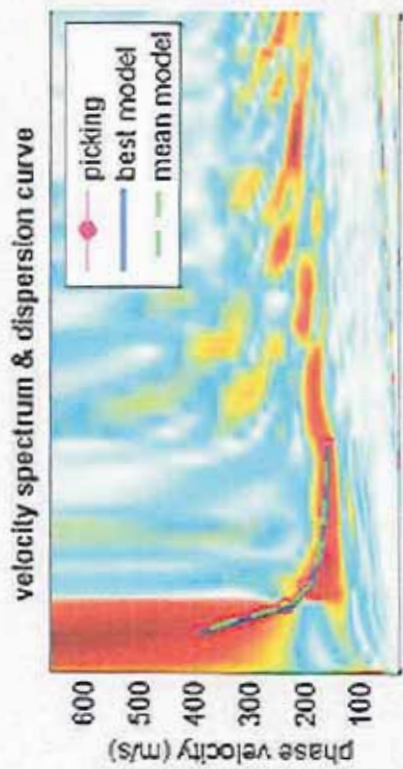


Masw 6
feb.2017



dataset: 10m5shots.sgy
dispersion curve: picking10m_p rova3.cdp
VS30 (best model): 276 m/s
VS30 (mean model): 284 m/s

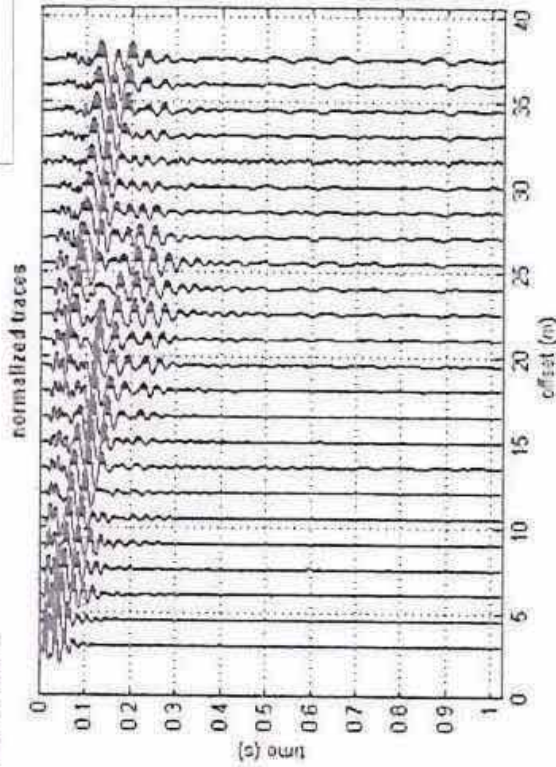




dataset: 10m5shots.sgy
dispersion curve: picking10m
VS30 (best model): 276 m/s
VS30 (mean model): 284 m/s

fit: uploading & processing (MASW analysis)

dataset 5_MASW Santa Colomba_7220111.sgz
 minimum offset 3 m
 geophone spacing 1.5 m
 sampling 0.5 ms



fitting

filter

masses

tip traces

spectrum

invert

data selection

activate

toolbox

zero padding

retraction

retraction

upload

download

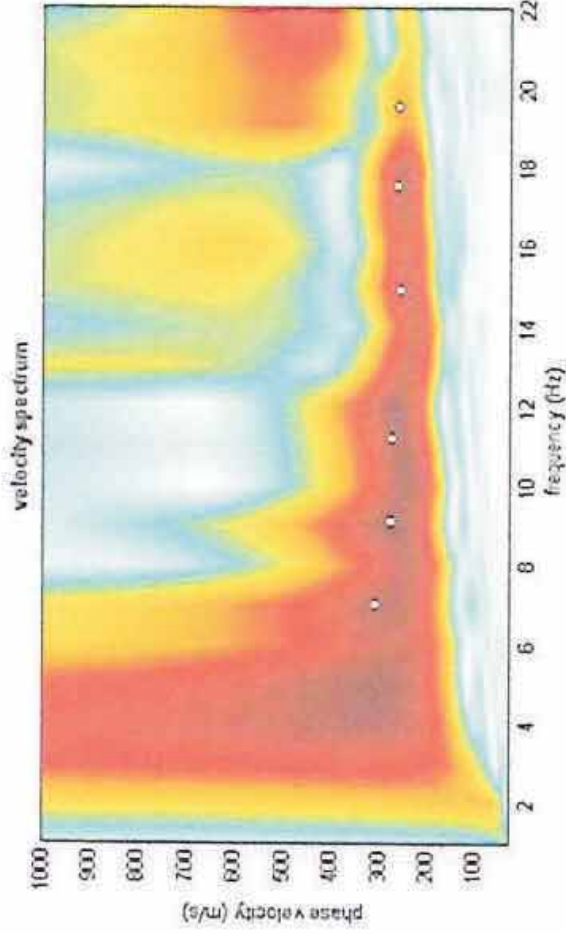
Attenuation analysis



fit: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMi analyses)

fit: SV

ReMi



general setting

Paytoosh

Number of modes

Preference depth HV

upload model

modelling

Vs (m/s)	100	200	300	600	800	0	0
Poisson	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Thickness (m)	1	2	3	4	0	0	Layer space

calculate save model refresh

report

Visualize curves

input curve

explore spectrum

picking

fundamental

To select the best point of the considered mode click the right button

save picking

scroll edge

cancel picking

Masw 6
 apr.2017

exit

Masw 6
apr.2017

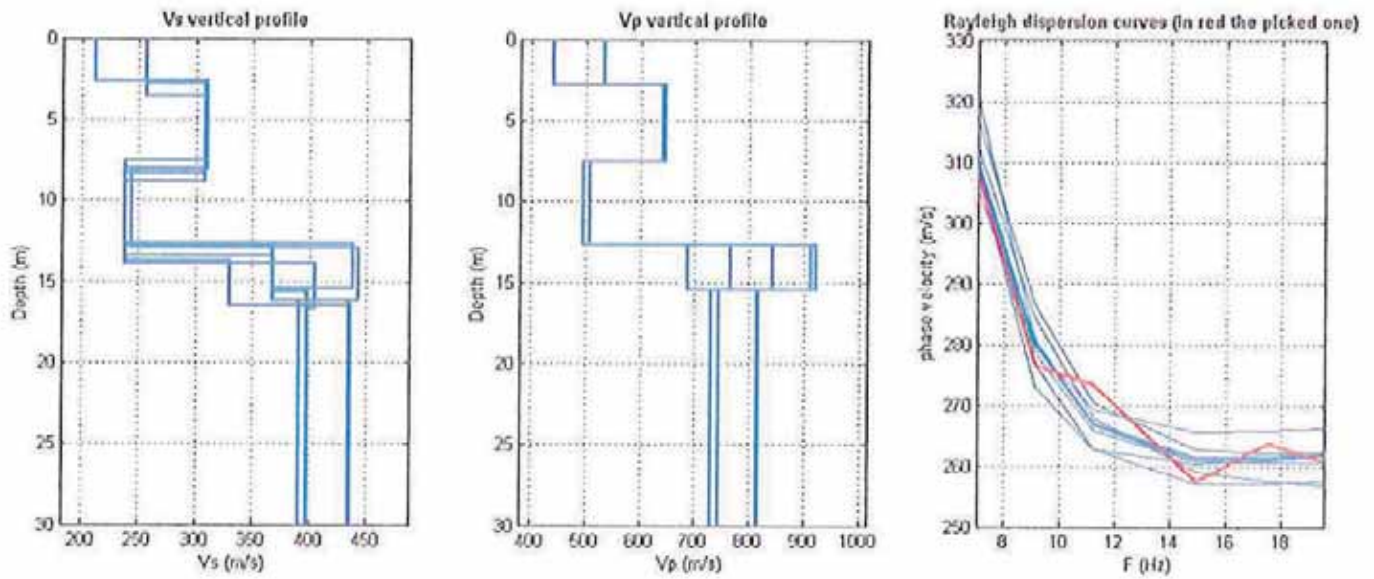
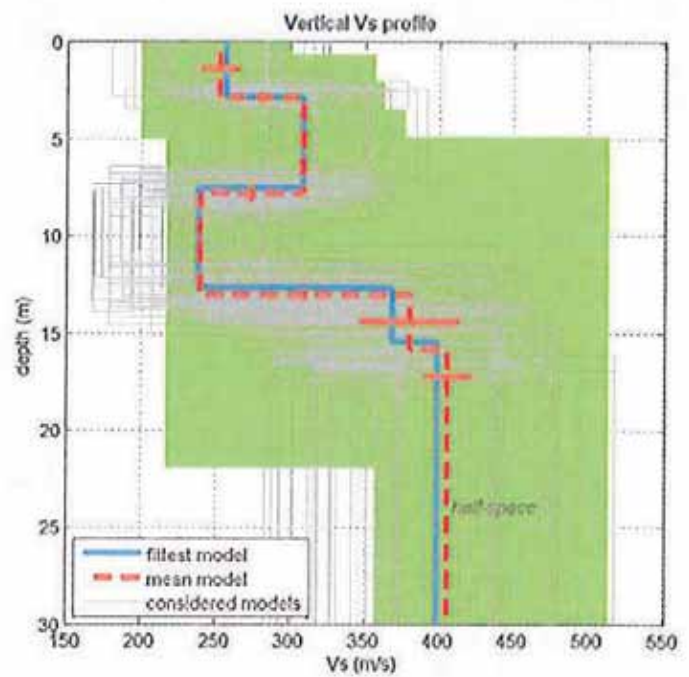
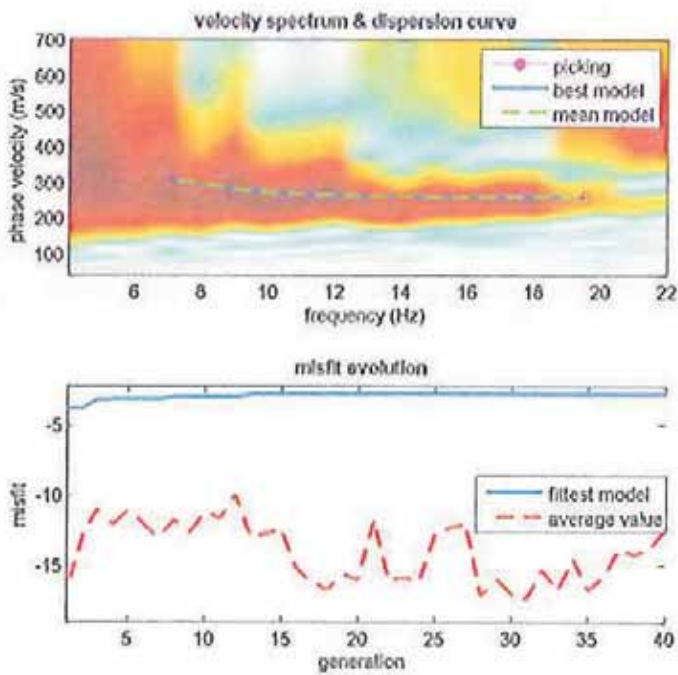


Fig. 2

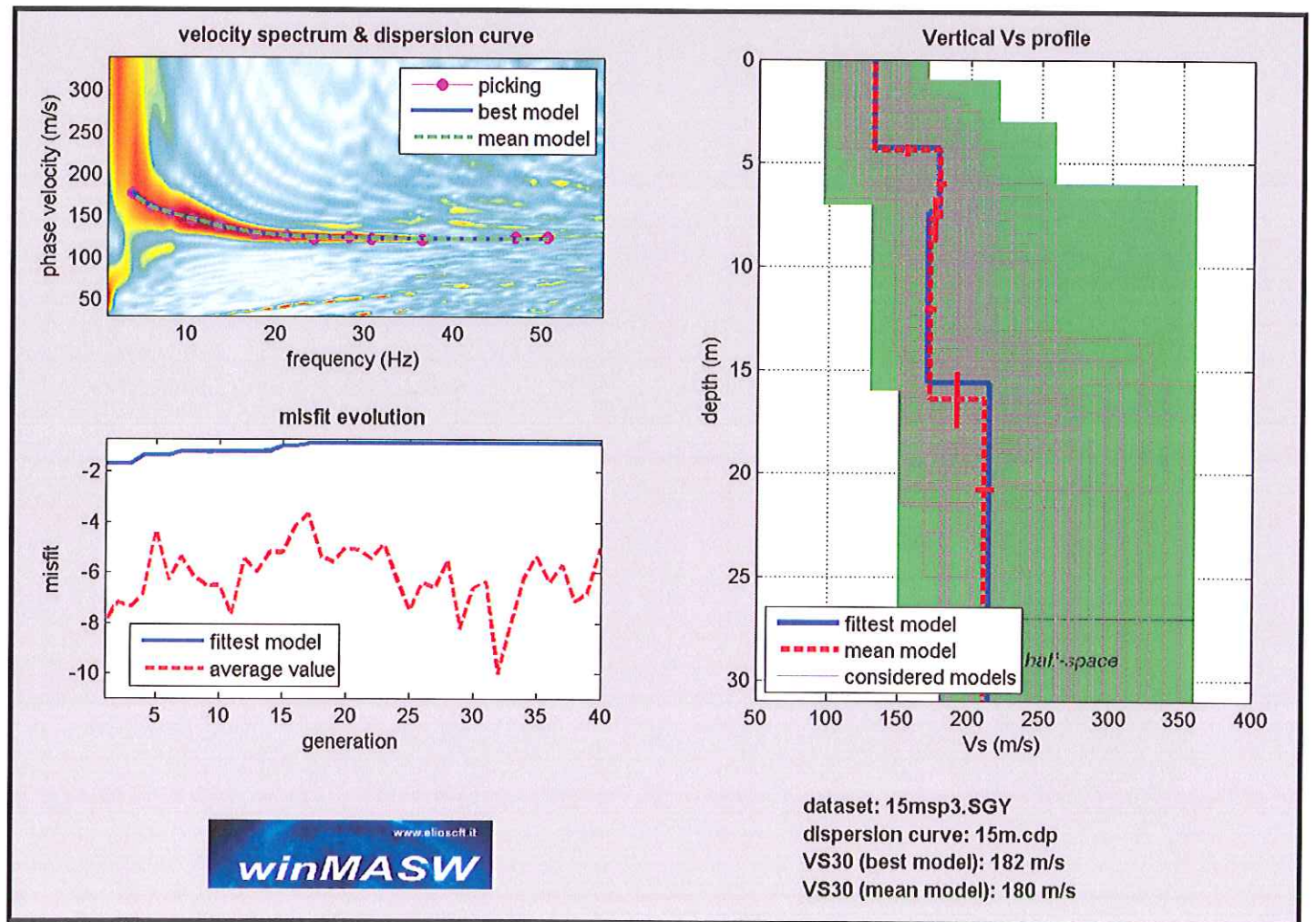
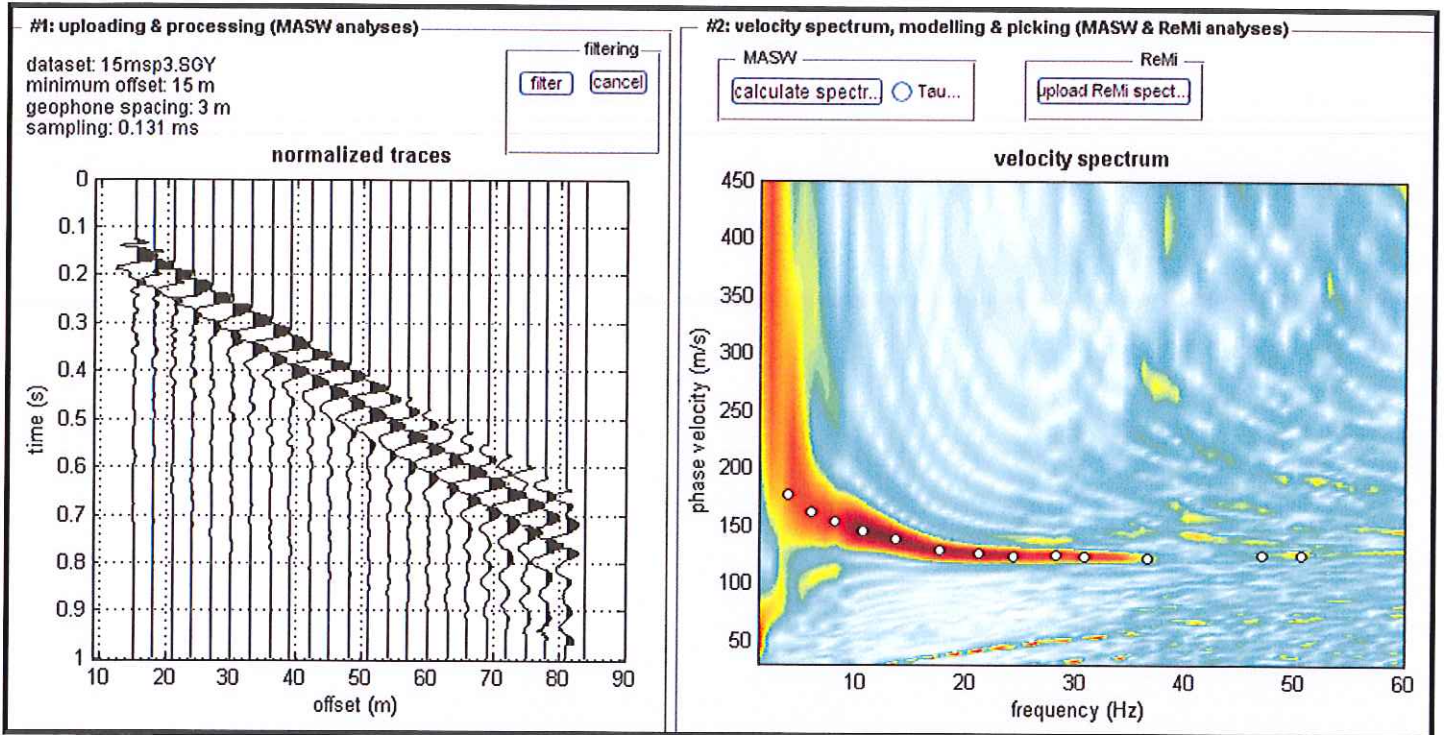


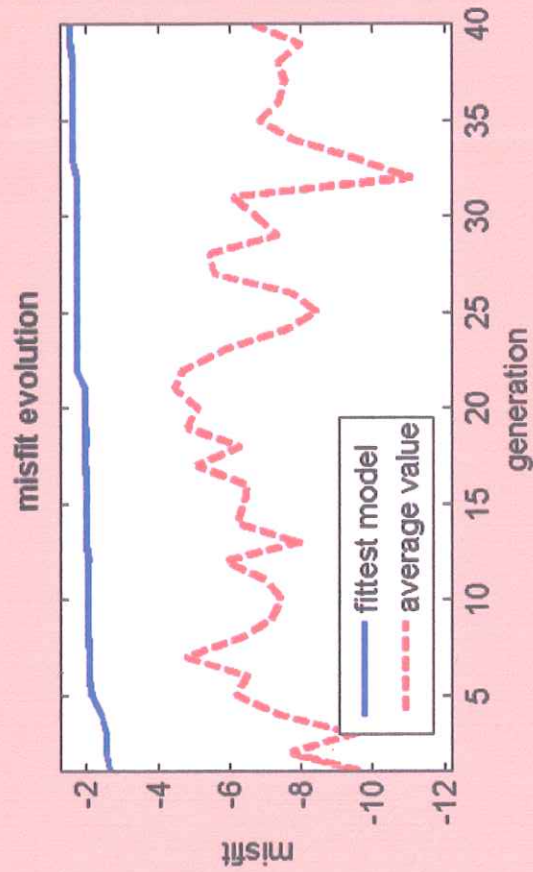
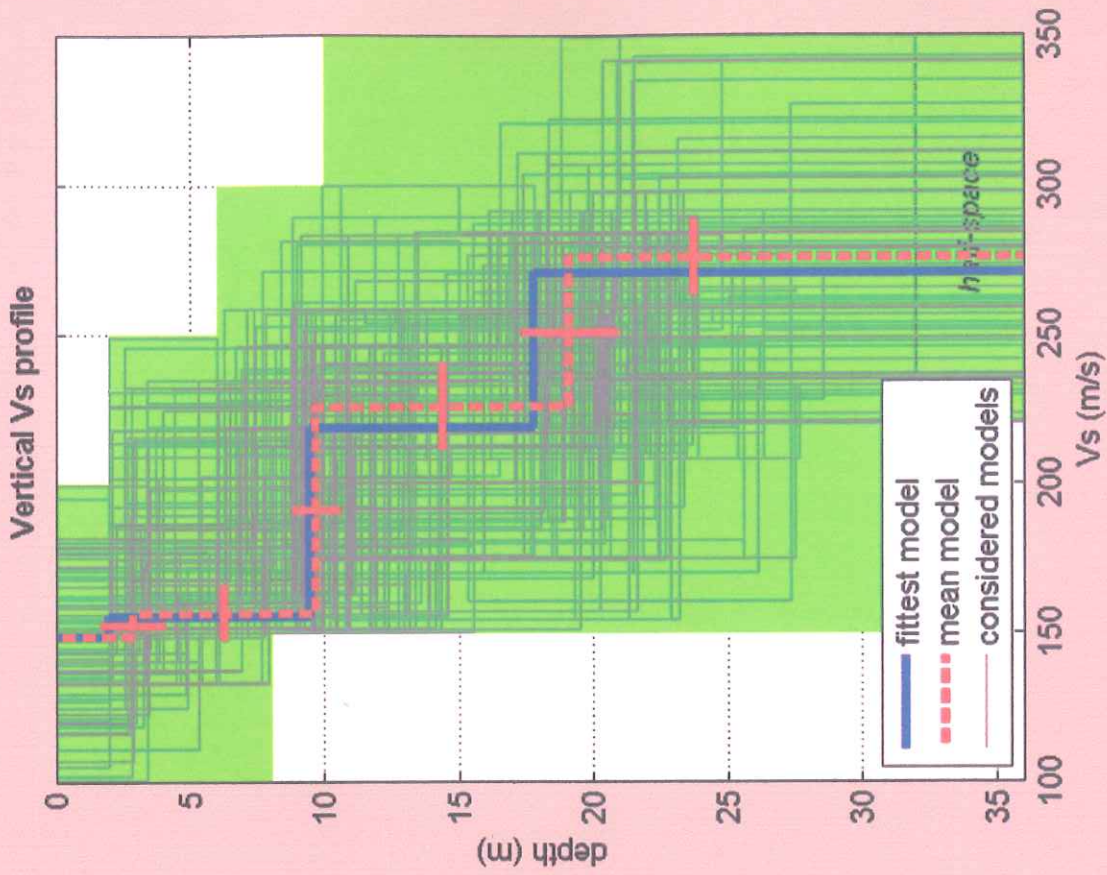
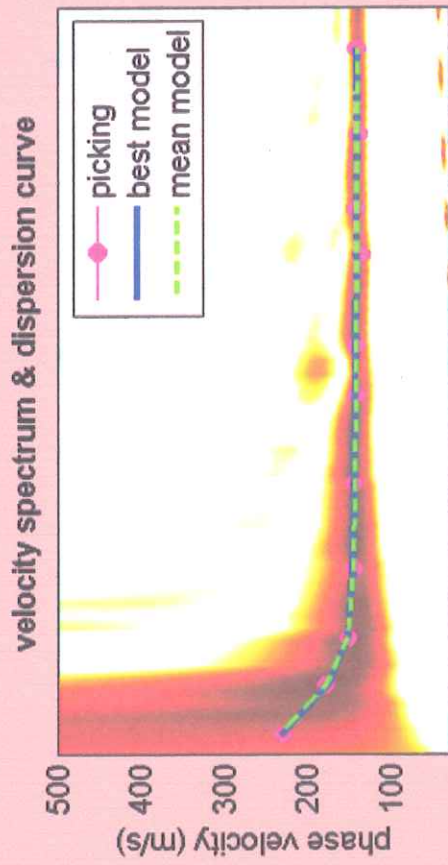
dataset: 5_MASW Santa Colomba_722011.sg2
dispersion curve: sc05.cdp
Vs30 (best model): 326 m/s
Vs30 (mean model): 327 m/s



Il valore medio di Vs30 calcolato è di 327 m/sec.

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



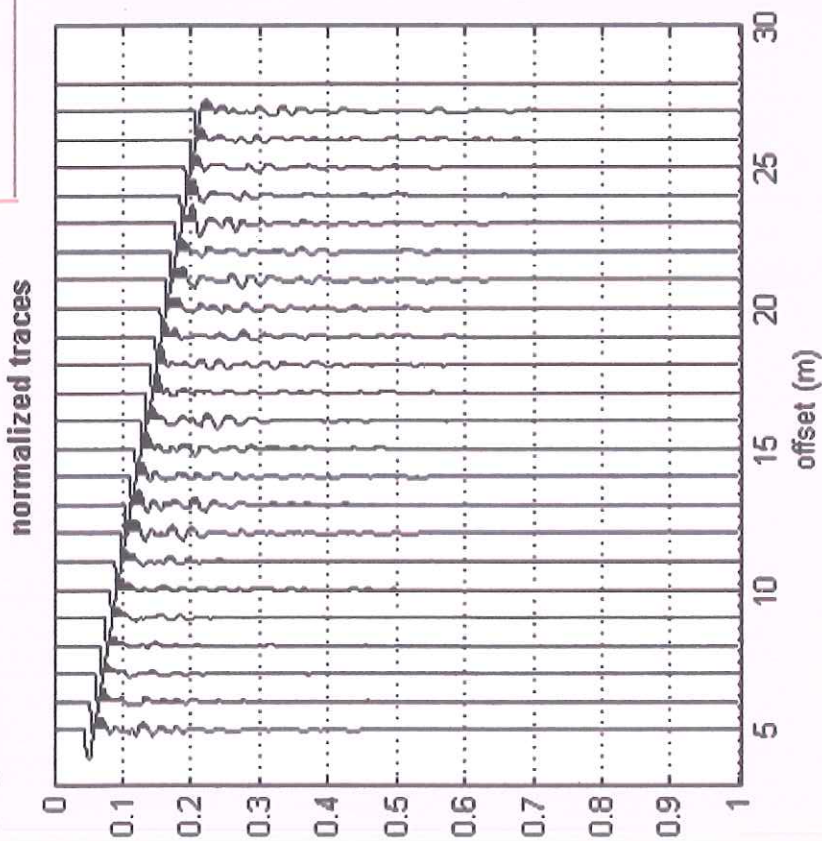


dataset: 5m.SGY
 dispersion curve: 5m-pick.cdp
 VS30 (best model): 208 m/s
 VS30 (mean model): 209 m/s



uploading & processing (MASW analyses)

asset: 5m.SGY
 minimum offset: 5 m
 phone spacing: 1 m
 sampling: 0.131 ms



filtering

Utilities

- tip traces
- spectrum
- movie
-

data selection

-
-

toolbox

-

refraction

- refraction
-
-
-

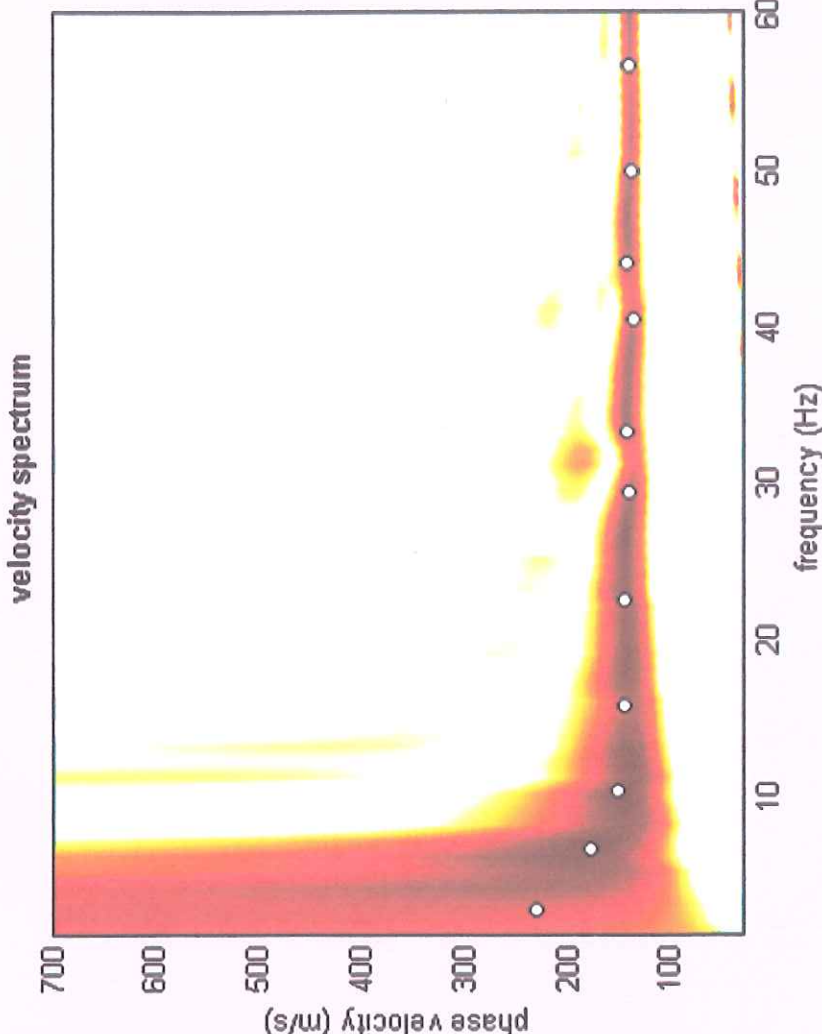
Attenuation analysis

#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMi analyses)

MASW

Tau...

ReMi



modelling

general setting

- Rayleigh
- Number of
- Reference
-

Vs (m/s)	Poisson	thickness (m)
<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="0.35"/>	<input type="text" value="1"/>
<input type="text" value="200"/>	<input type="text" value="0.35"/>	<input type="text" value="2"/>
<input type="text" value="300"/>	<input type="text" value="0.35"/>	<input type="text" value="3"/>
<input type="text" value="600"/>	<input type="text" value="0.35"/>	<input type="text" value="4"/>
<input type="text" value="800"/>	<input type="text" value="0.35"/>	<input type="text" value="0"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0.35"/>	<input type="text" value="0"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0.35"/>	<input type="text" value="half-spec"/>

visualize cur

explore sp

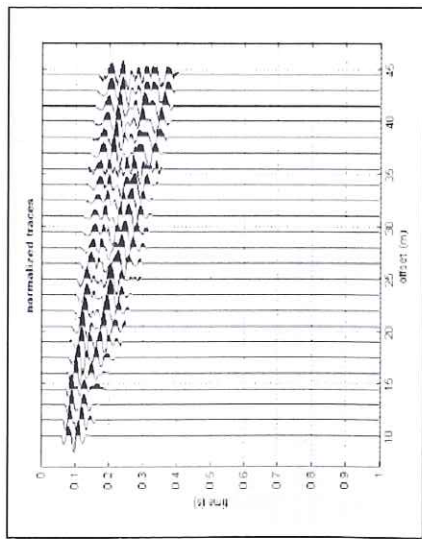
picl

to selec
 last poi
 the consi
 mode c
 the right

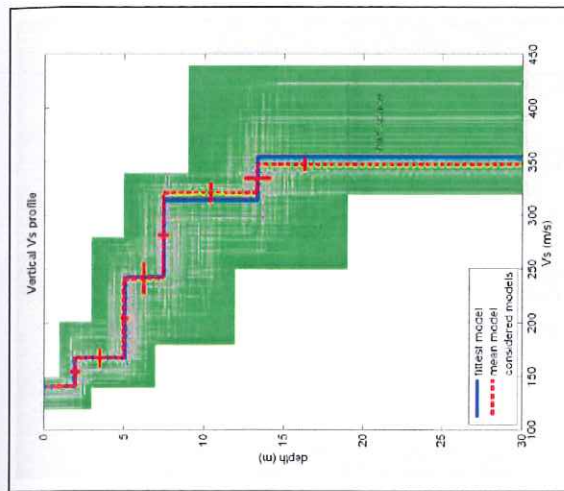
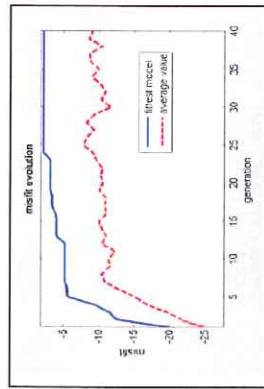
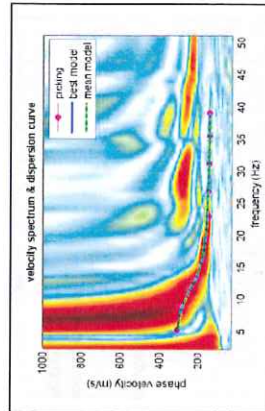
 5m-pick.



E' stata utilizzata la curva di dispersione relativa allo "shot" posto a offset di 10,0 m dalla linea geofonica. La rappresentazione del file dei dati acquisiti ("common-shot gather" - segnale per i vari geofoni nel tempo di acquisizione di 1000 msec) è la seguente:



Quello che segue è lo *spettro di velocità* (velocità di fase in funzione della frequenza), con relativo picking della curva di dispersione delle onde di superficie, cioè la determinazione dei punti che si ritengono appartenere, in questo caso, al *modo fondamentale* di propagazione dell'onda superficiale di Rayleigh:



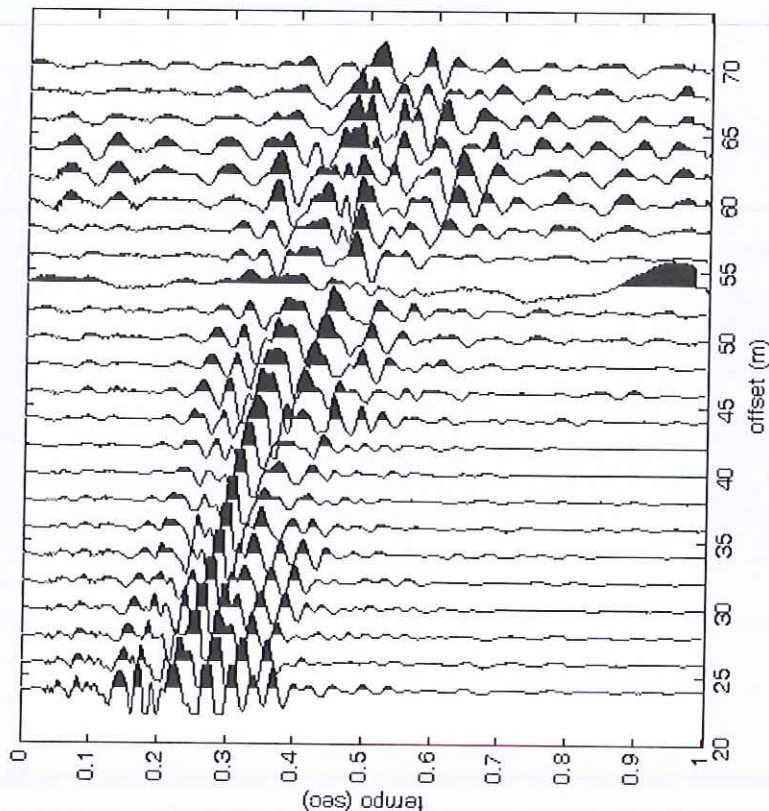
Sono stati cioè individuati 5 strati a diversa velocità V_{sh} , e precisamente:

- secondo il MODELLO MEDIO:

strato	1	2	3	4	5
V_{sh} (m/sec)	142	168	242	322	348
spessore (m)	2.0	3.0	2.4	5.9	

primo passo: caricamento dati

input file
dataset: 24maz.SGY
offset minimo: 24 m
distanza intergeofonica: 2 m
campionamento: 0.131 msec



ruota le tracce

movie

?

invia e-mail

salva schermata



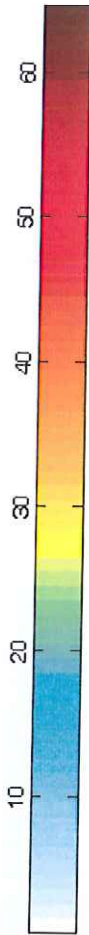
secondo passo: determinazione dello spettro di velocità

calcolo spettro di velocità

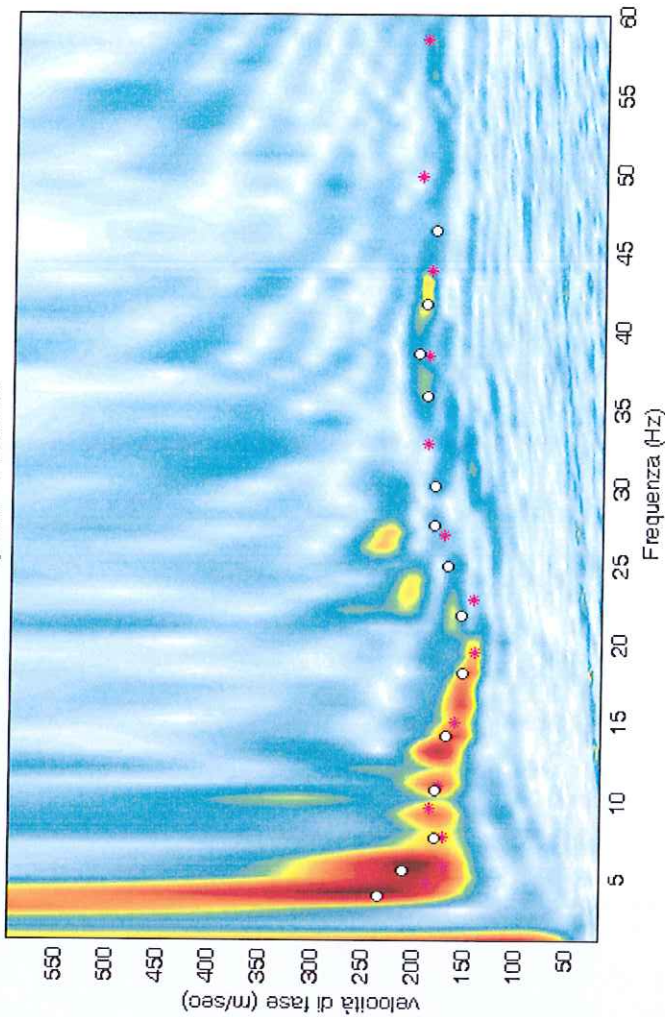
visualizza curve

input curva

?



spettro di velocità



picking

modo fondamentale

selezionare l'ultimo punto del modo utilizzando il tasto destro

salva picking

?

?

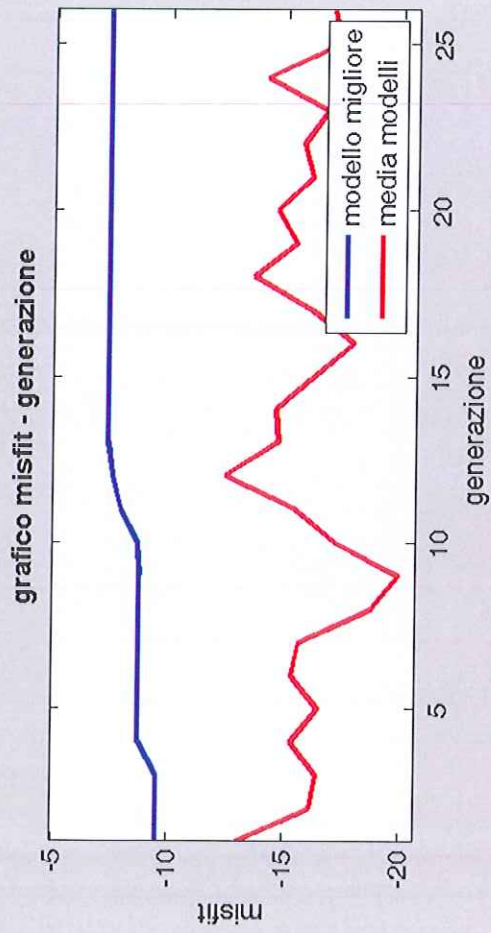
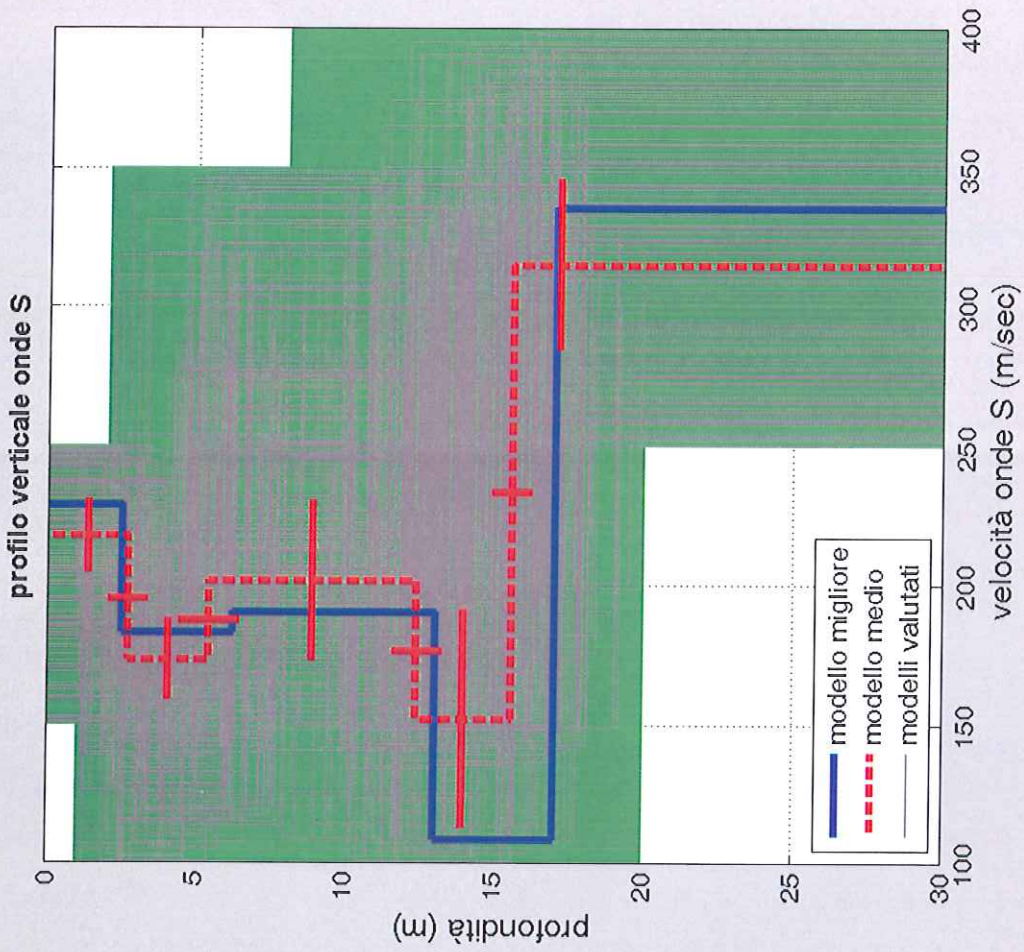
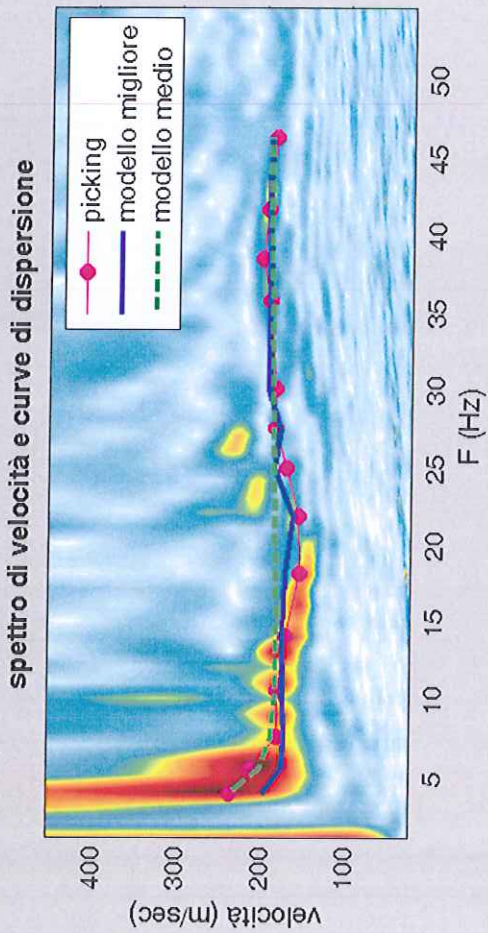
modellazione diretta

parametri

refresh

Inversione

Esci



dataset: 24maz.SGY
curva di dispersione: 24pic.cdp
modello migliore VS30: 211 m/sec
modello medio VS30: 232 m/sec



8.1 - Descrizione delle indagini

8.1.1 - Indagine MASW

Lo scopo della elaborazione MASW (Multychannel Analisis of Surface Waves) è di determinare la categoria sismica del terreno (A, B, C, D, E, S1, S2) secondo quanto indicato dalla Nuova Normativa Sismica e dagli Eurocodici 7 e 8. La categoria del terreno consente di quantificare l'amplificazione sismica al fine di definire lo spettro di risposta sismico del sito. Conseguentemente è possibile determinare le azioni sismiche agenti sulle opere di nuova generazione che interagiscono con il terreno.

Considerando un semispazio elastico, omogeneo ed isotropo, si dimostra che la velocità di propagazione delle onde di superficie è indipendente dalla frequenza e che il moto indotto dalla propagazione si smorza rapidamente con la profondità, sino ad estinguersi ad una profondità circa pari ad una lunghezza d'onda. Ciò vuol dire che la profondità raggiunta dipende dalla lunghezza d'onda, e che, a diverse lunghezze d'onda corrisponde la stessa velocità di fase (VR).

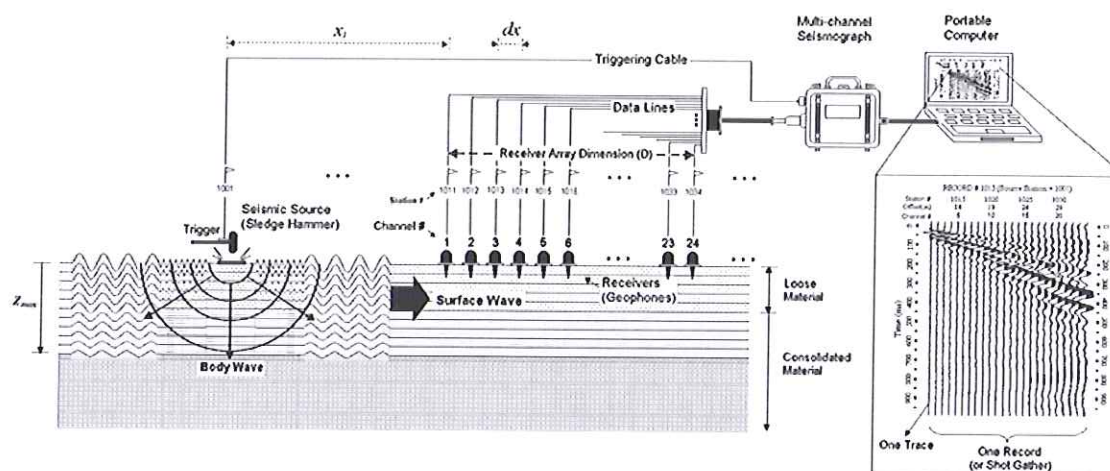
In un mezzo verticalmente eterogeneo, costituito cioè da strati aventi proprietà meccaniche differenti, il comportamento delle onde superficiali è differente. In particolare, la propagazione presenta un comportamento dispersivo (a frequenze diverse corrispondono diverse velocità di fase). Ciò vuol dire che, lunghezze d'onda diverse interessano strati diversi ai quali sono associati proprietà meccaniche diverse: ogni lunghezza d'onda si propaga ad una velocità di fase che dipende dalle caratteristiche dello strato interessato dalla propagazione.

Quindi, nel caso di mezzo eterogeneo, le onde superficiali non hanno una singola velocità, ma una velocità di fase che è funzione della frequenza: tale fenomeno, dipendente dalla distribuzione spaziale delle proprietà sismiche del sottosuolo è noto come dispersione geometrica e la relazione che lega la frequenza alla velocità di fase prende il nome di curva di dispersione.

Alle alte frequenze, la velocità di fase coincide con la velocità delle onde superficiali dello strato più superficiale, mentre, alle basse frequenze, l'effetto degli strati più profondi diventa importante, e la velocità di fase tende asintoticamente alla velocità dello strato più profondo come se questo fosse esteso infinitamente in profondità.

La curva di dispersione gioca un ruolo centrale nell'utilizzo delle onde superficiali ai fini della caratterizzazione dei terreni, infatti, è funzione delle caratteristiche di rigidità del mezzo e, posto di riuscire a misurarla sperimentalmente, può essere utilizzata (come si vedrà più avanti) per un processo inverso avente come obiettivo la stima delle caratteristiche di rigidità stesse.

Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali, il cui schema di acquisizione è rappresentato nella figura successiva, può essere suddiviso in tre fasi:



- 1) Acquisizione
- 2) Processing
- 3) Inversione

I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di *processing* che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto ovvero, la velocità di fase delle onde superficiali in funzione della frequenza.

Riportando le coppie di valori (VR, f) in un grafico, si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione. La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo (visco)-elastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati.

Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, ed eventualmente delle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza fra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica).

Per l'acquisizione MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) sono stati realizzati 1 profilo aventi lo scopo di valutare le caratteristiche di velocità delle onde di taglio V_s e la stima del parametro V_{s30} . La strumentazione utilizzata è composta da un prospettore sismico DOLANG JEA 24 BIT, con geofoni verticali da 4.5 Hz e da una mazza battente per la generazione dell'impulso sismico. Lo stendimento ha previsto la disposizione lineare di 12 geofoni equispaziati di 2 m, per una lunghezza totale pari a 24 m. Sono state effettuate 1 energizzazioni con mazza battente da 10 kg, disposte esternamente al profilo ad una distanza di 10 m dal geofono 1.

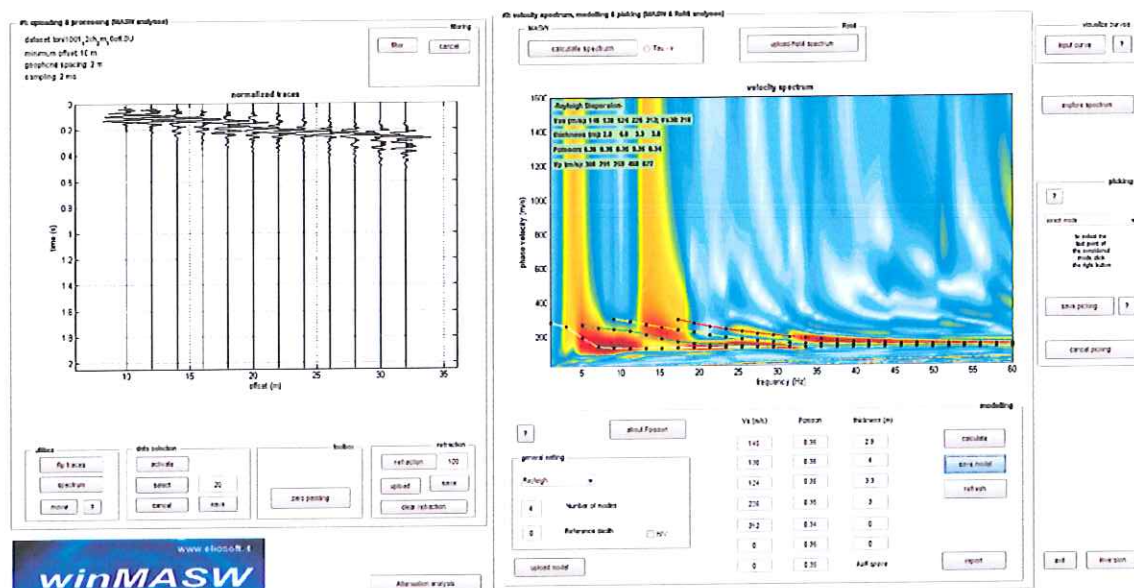


Figura 5 MASW OFFSET 10 m - ONDE DI RAYLEIGH - SISMOGRAMMA E RISULTATI ANALISI MODELLAZIONE DIRETTA

I dati acquisiti sono stati poi elaborati, ottenendo la curva di dispersione sperimentale per le onde di Rayleigh. L'inversione numerica delle curve individuate, attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici o per modellazione diretta (valutazione di un possibile modello rispetto allo spettro osservato), consente di ottenere un profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo. Le curve di dispersione utilizzate per i processi di inversione sono quelle che consentono di raggiungere le maggiori profondità di indagine tra le curve ottenute elaborando i dati relativi alle energizzazioni esterne agli stendimenti

I risultati delle indagini MASW indicano che dai profili di rigidezza (velocità delle onde di taglio) derivati dai modelli di velocità, si ottengono valori di V_{s30} pari a 210 m/s, corrispondenti a suoli di categoria 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 e 360 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $15 < N_{SPT} < 50$, o coesione non drenata $70 < C_u < 250$ kPa).

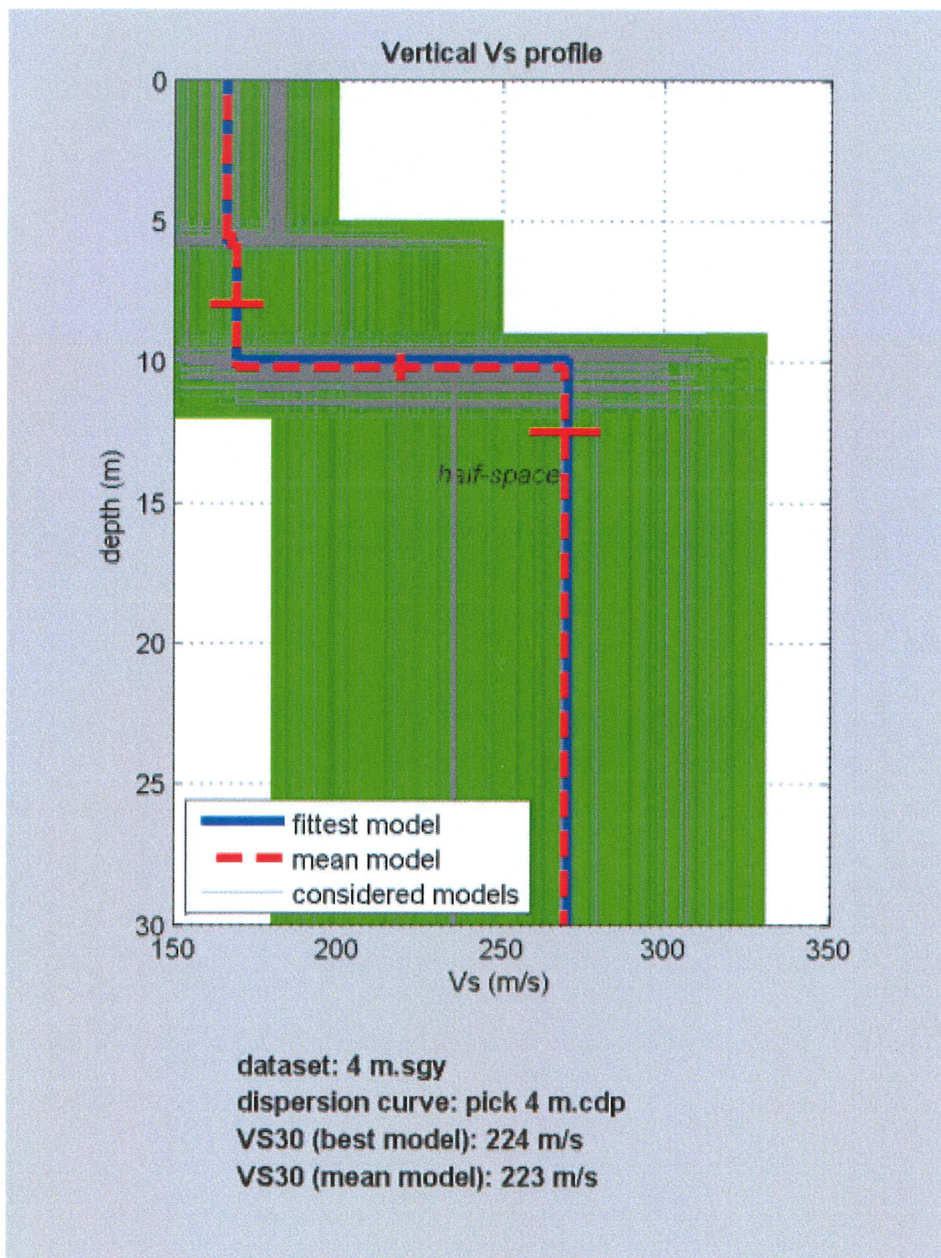
9 - MODELLAZIONE GEOLOGICA

La modellazione geologica ha l'intento di valutare, alla scala dell'intervento, tutti i fattori geologici, geomorfologici ed idrogeologici necessari per consentire al progettista di inserire al meglio l'opera nell'ambiente naturale.

9.1 - Geomorfologia

Da un punto di vista morfologico il territorio comunale di Bientina si distingue per l'ampia porzione di pianura del padule e per quella collinare delle Cerbaie.

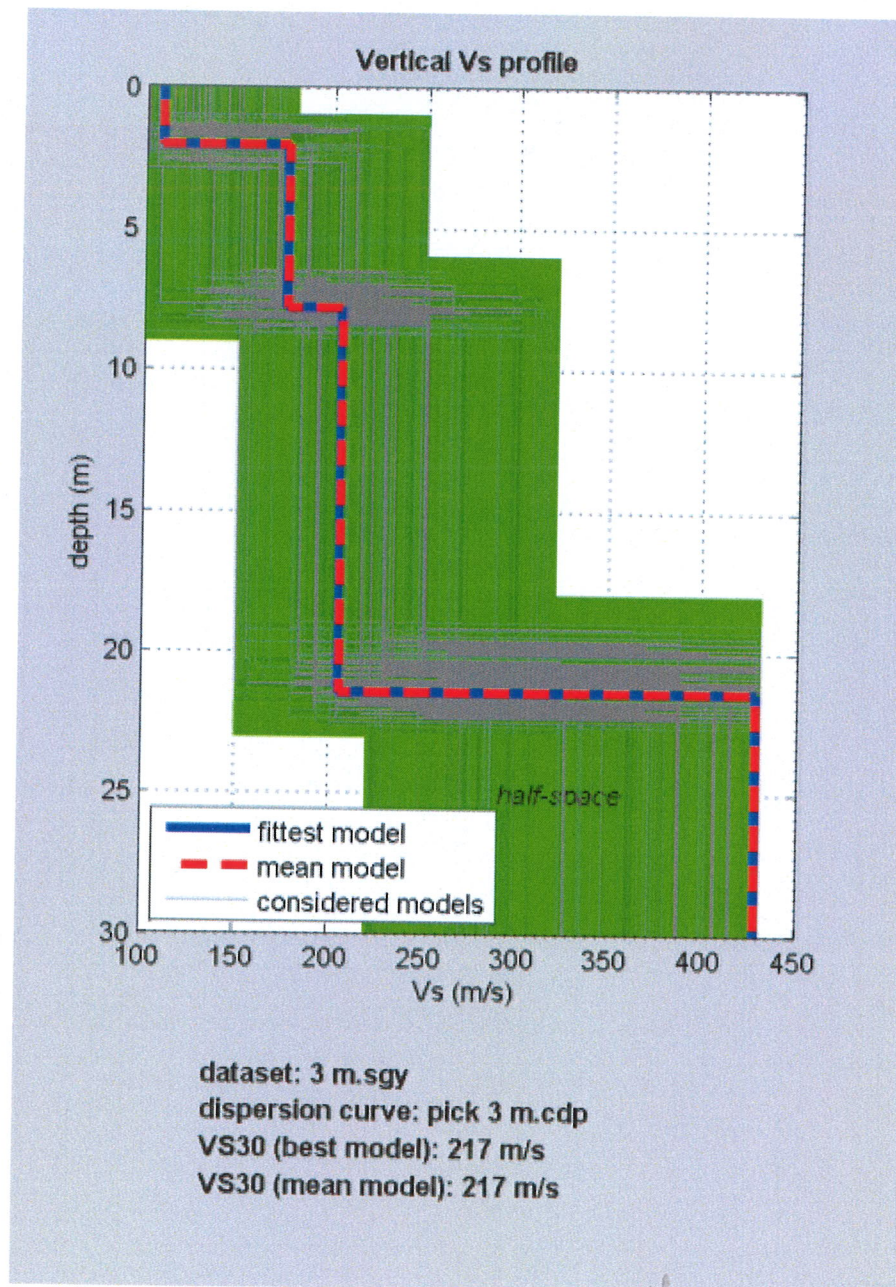
delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.



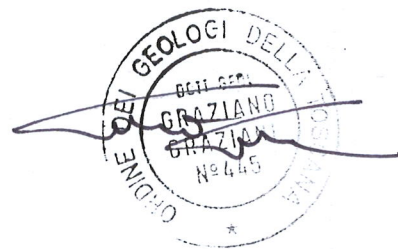
Vada, li Maggio 2014

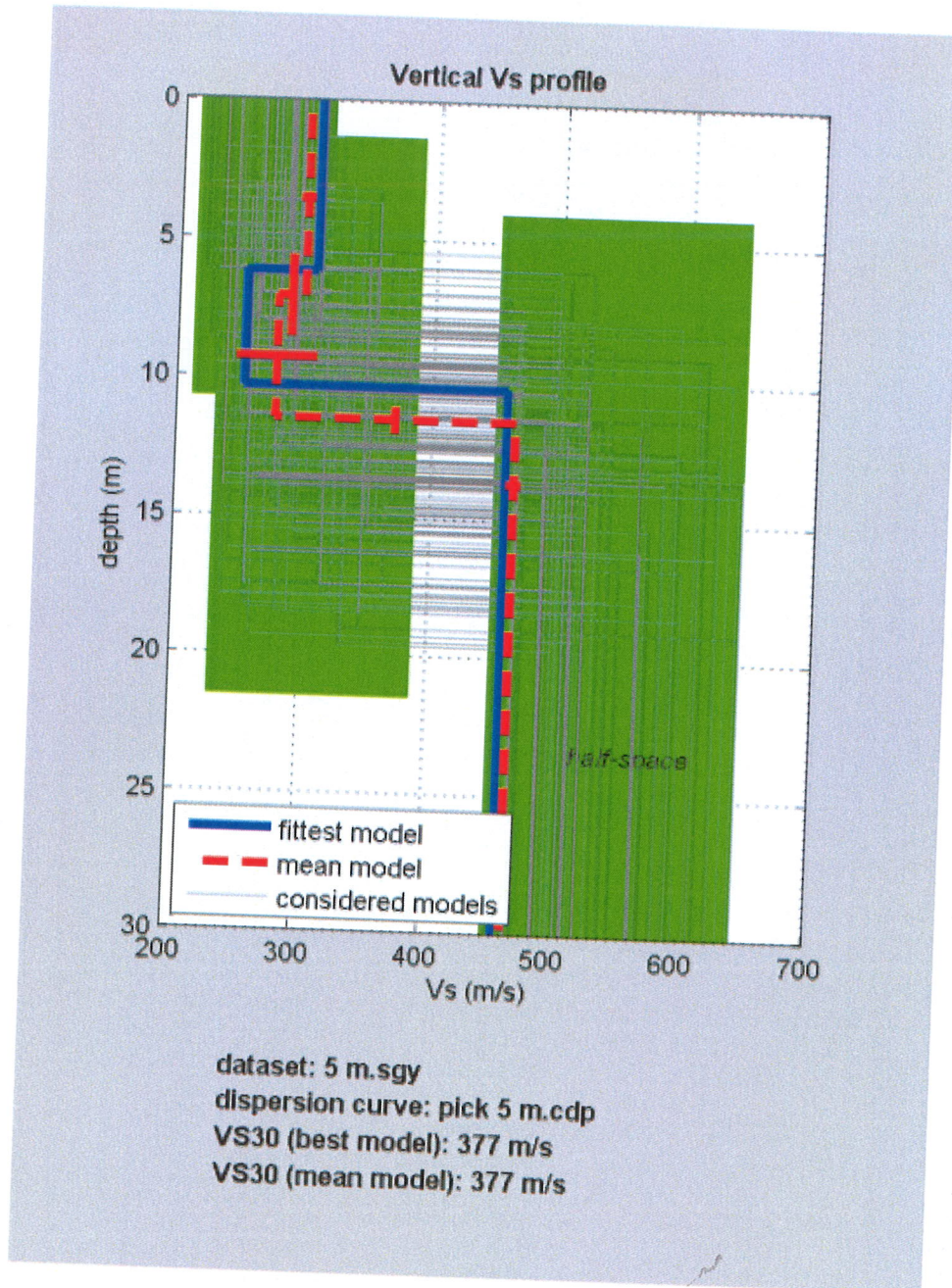


delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.



Vada, li Settembre 2014

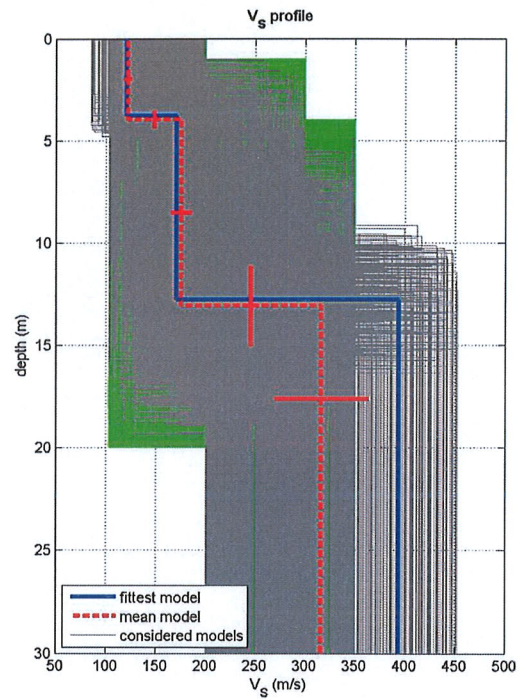
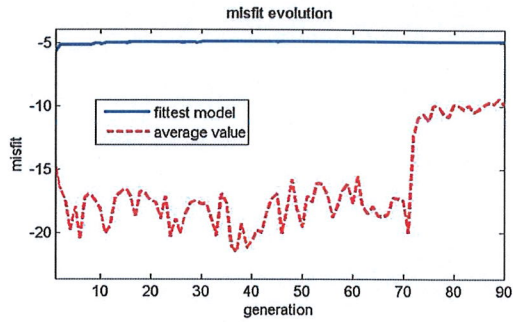
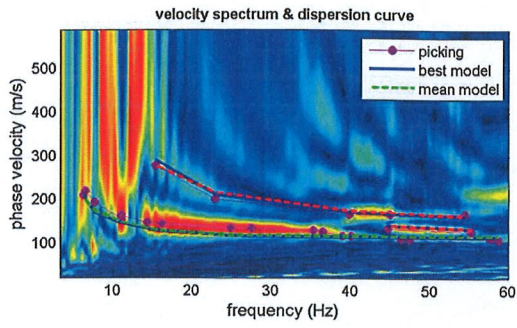




Vada, li Ottobre 2014



Masw 18

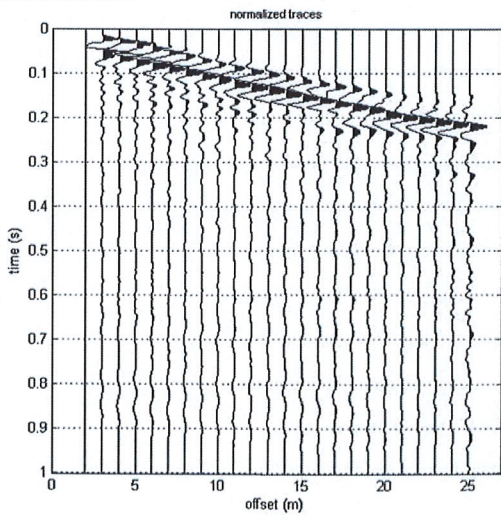


dataset: 2msp1m.SGY
dispersion curve: 2m.cdp
 V_{s30} (best model): 235 m/s
 V_{s30} (mean model): 218 m/s

www.winmasw.com

#1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: 2msp1m.SGY
sampling: 0.131 ms
minimum offset: 2 m
geophone spacing: 1 m



resampling: 1, resample, accept

data selection: activate, select, cancel, save

filtering & spectra: filter, cancel, spectrum, spectrogram

refraction: refraction, 100, upload, save, clear refraction

other tools & setting: 1.00215, time length to visualize (s), done, flip traces, zero padding

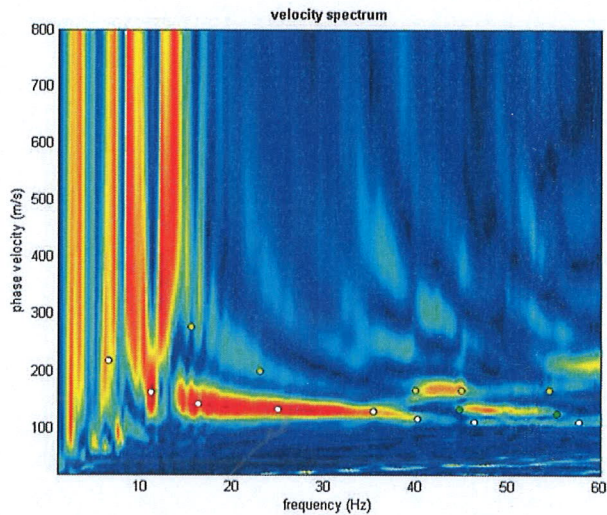
#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMi analyses)

MASW: compute velocity spectrum

phase velocity f-k group velocity

handling the spectra: save, upload, merge

explore spectrum, mode separation



visualize curves: input curve, ?

picking: show f-k, second higher, to select the last point of the considered mode click the right button, save picking, ?

2m.cdp: cancel picking

inversion: inversion, Joint DC-HV inv.

V_s (m/s) Poisson thickness (m) modelling

100	0.4	1	calculate
180	0.35	2	upload mod.
260	0.35	5	save model
400	0.35	5	refresh
600	0.35	7	
800	0.35	80	
1200	0.3	0	
0	0.2		report

general setting: Rayleigh 3, phase vel

0 Reference depth Refraction

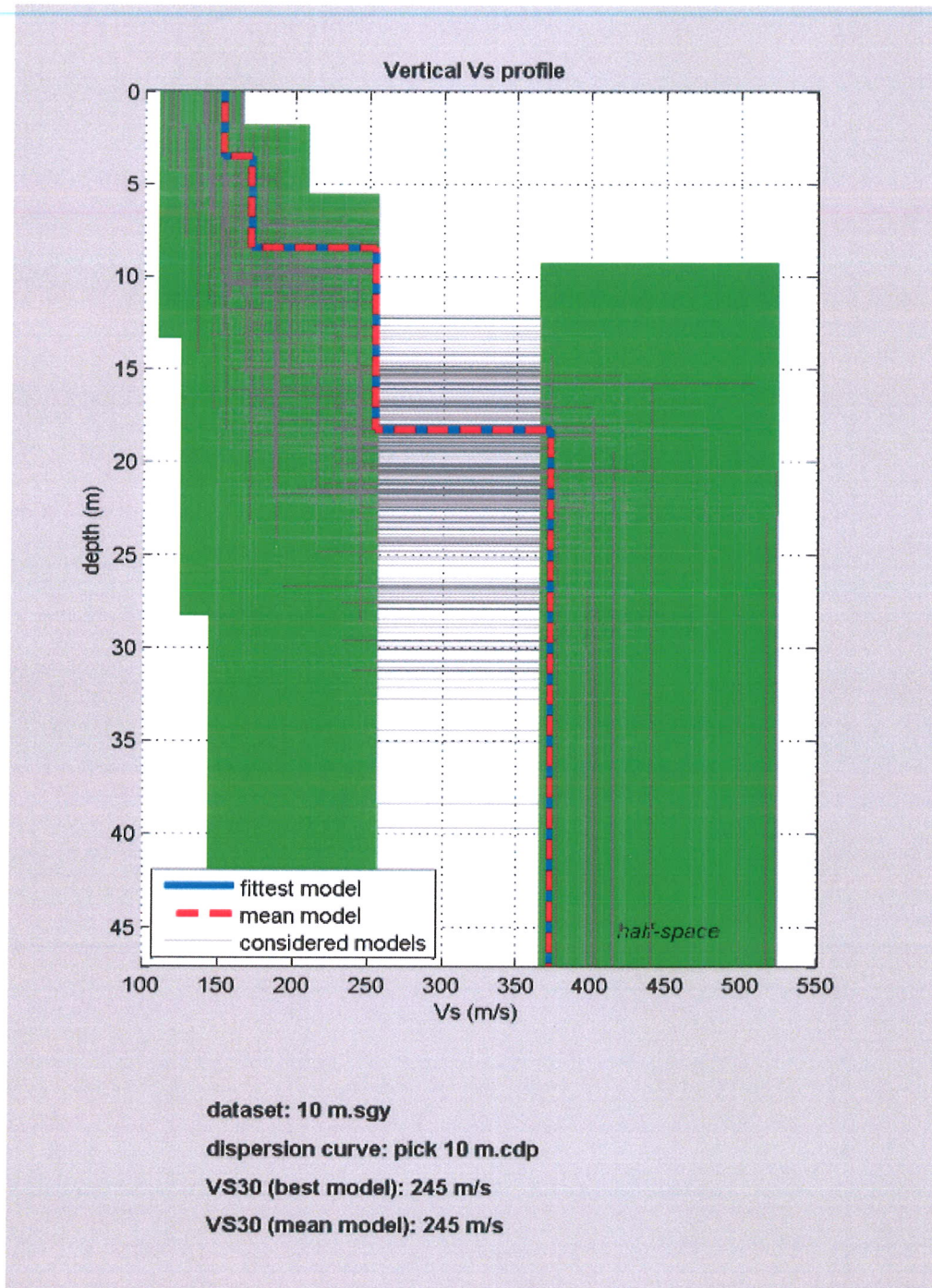
HV body waves

HV modes (SV ellipticity)

synthetics: ZVF, elastic, shows DC, synthetics

www.winmasw.com

delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.



Vada, li Settembre 2015

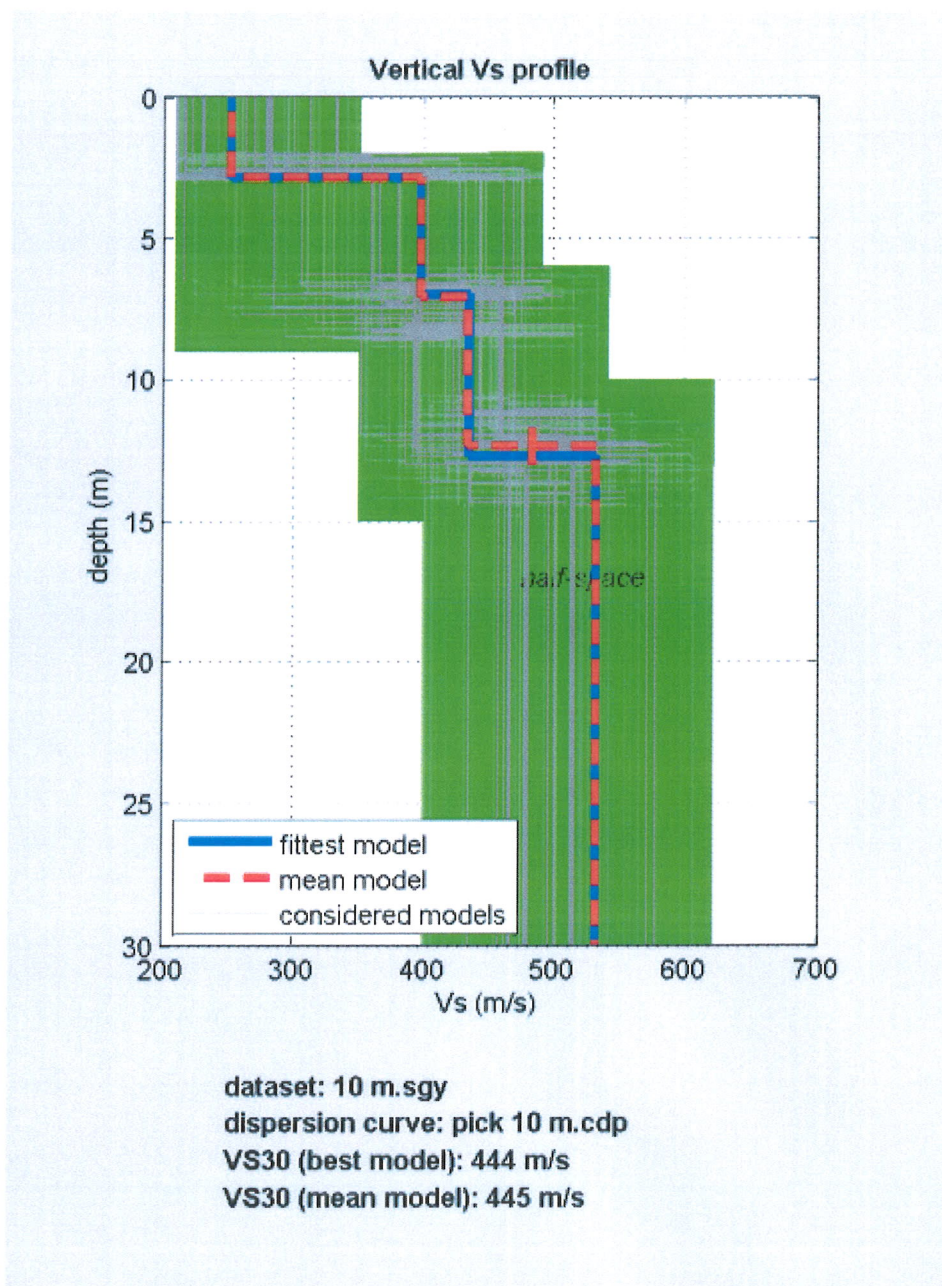


delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s”.

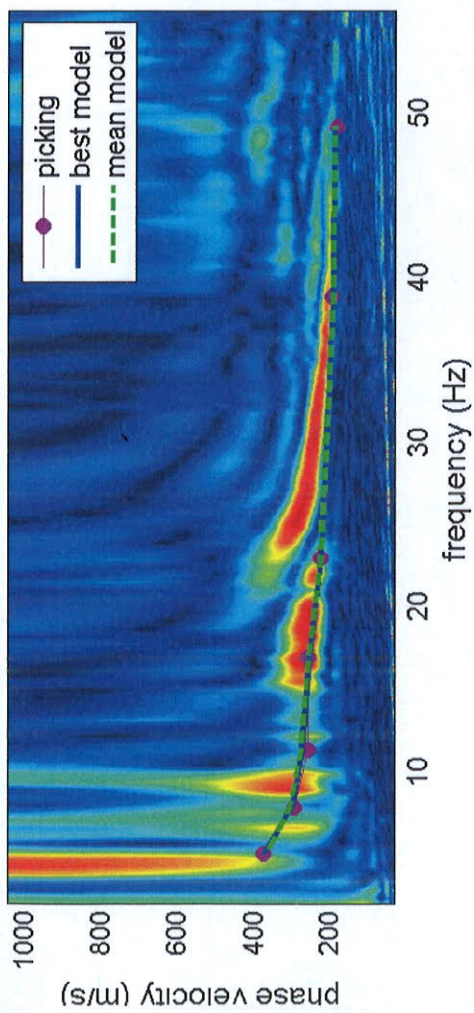
Allegati:

-Vertical Vs profile

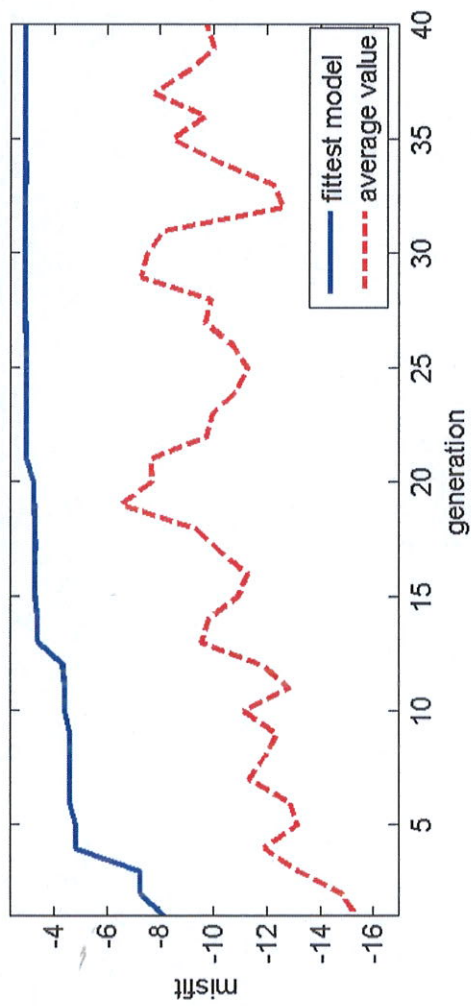
-Report di calcolo



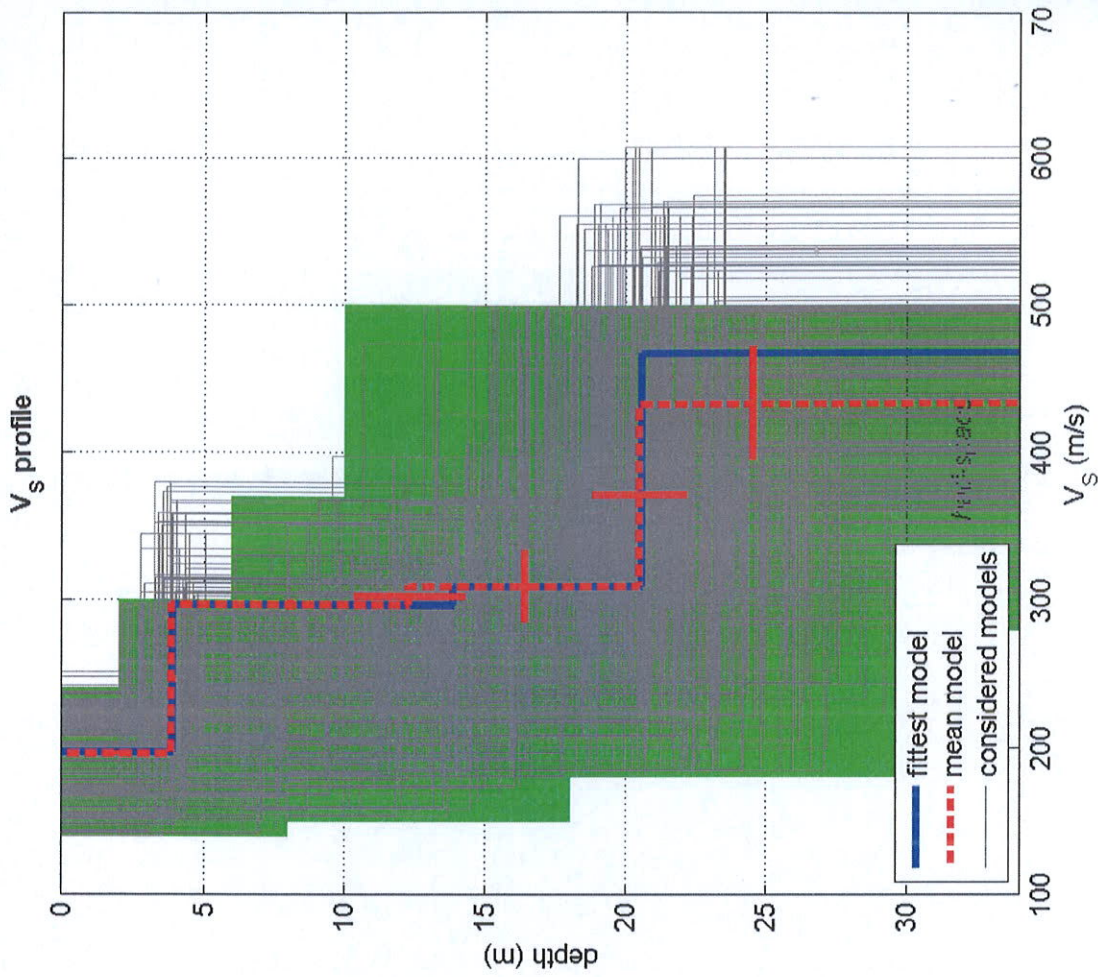
velocity spectrum & dispersion curve



misfit evolution



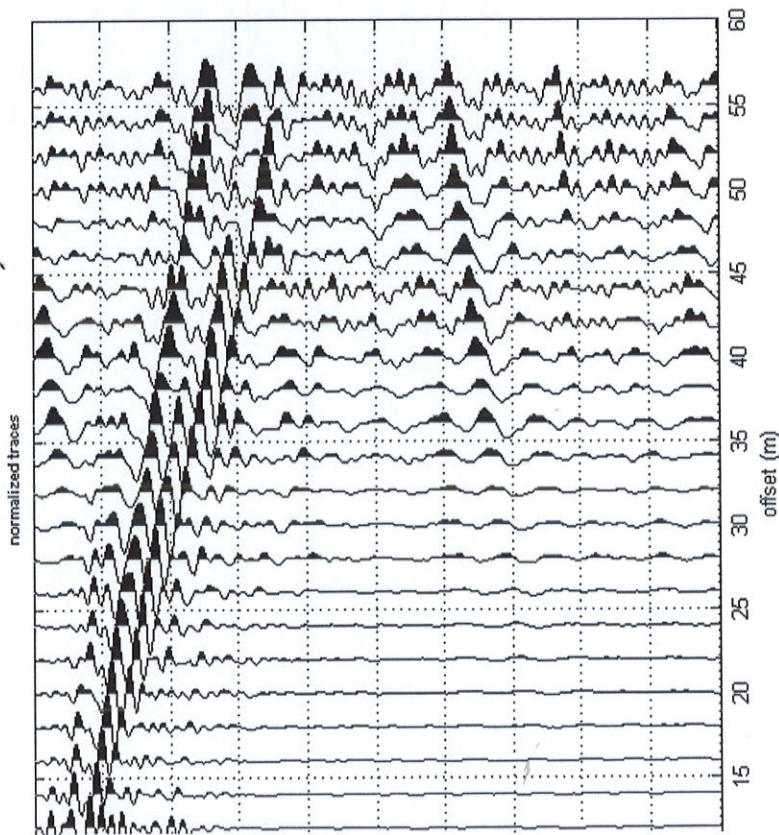
Masw 22



dataset: 10msp2m.SGY
dispersion curve: 10m.cdp
Vs30 (best model): 315 m/s
Vs30 (mean model): 311 m/s

SGY

m
2 m



Masw 22

#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMi analyses)

MASW: compute velocity spectrum

phase velocity

f-k

group velocity

handling the spectra

save

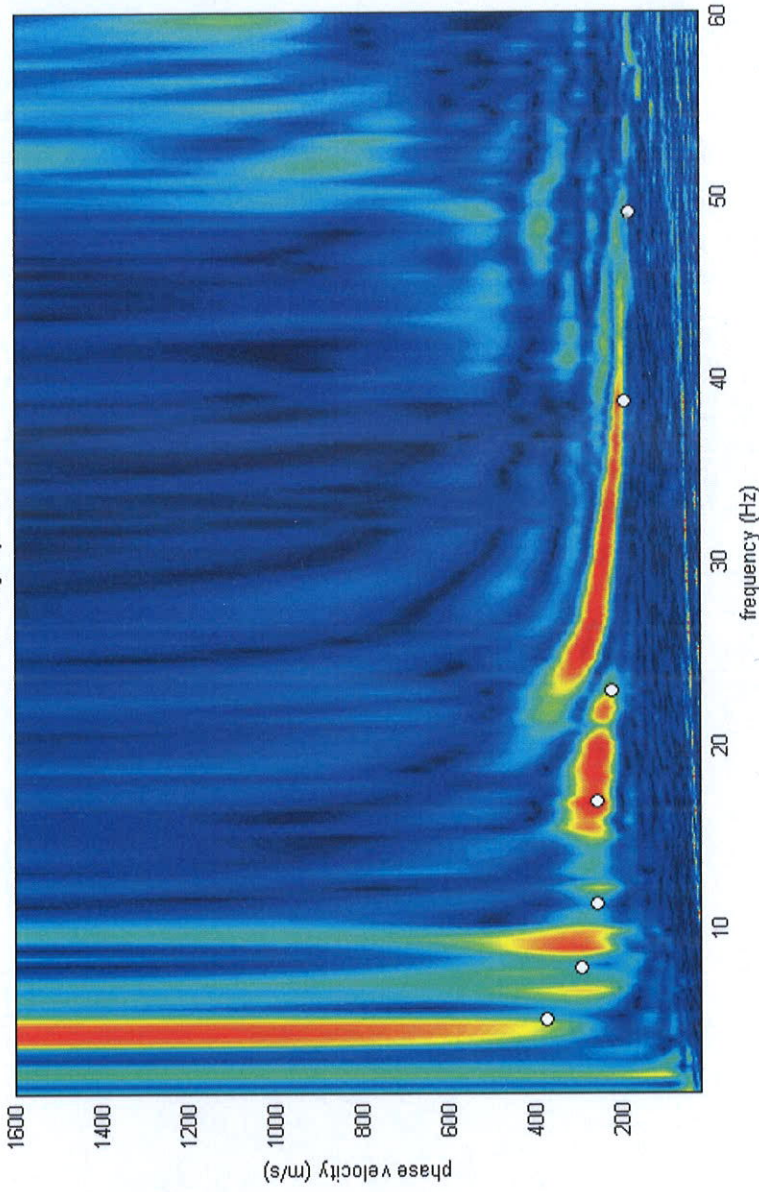
upload

merge

explore spectrum

mode separation

velocity spectrum



data selection

activate

select

cancel

60

save

filtering & spectra

filter

cancel

0-50Hz

spectrum

spectrogram

refraction

refraction

100

upload

save

clear refraction

length to visualize (s)

done

flip traces

zero padding

?

general setting

Rayleigh

3

phase vel

about Poisson

Reference depth

0

Refraction

H/V body waves

H/V modes (SW ellipticity)

0

Vs (m/s)

100

180

260

400

600

800

1200

0

Poisson

0.4

0.35

0.35

0.35

0.35

0.35

0.3

0.2

thickness (m)

1

2

5

5

7

80

0

0

calculate

upload mod.

save model

refresh

report

modelling

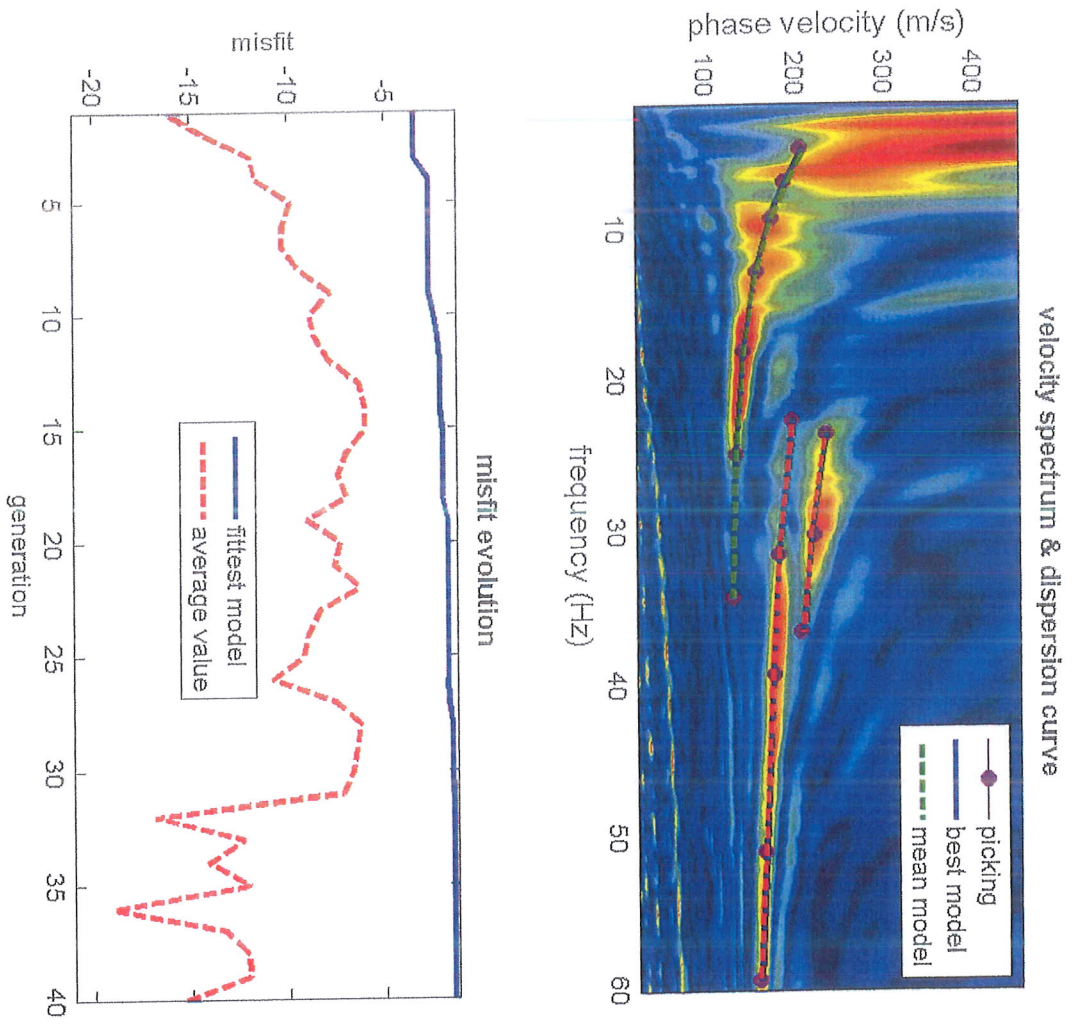
synthetics

ZVF

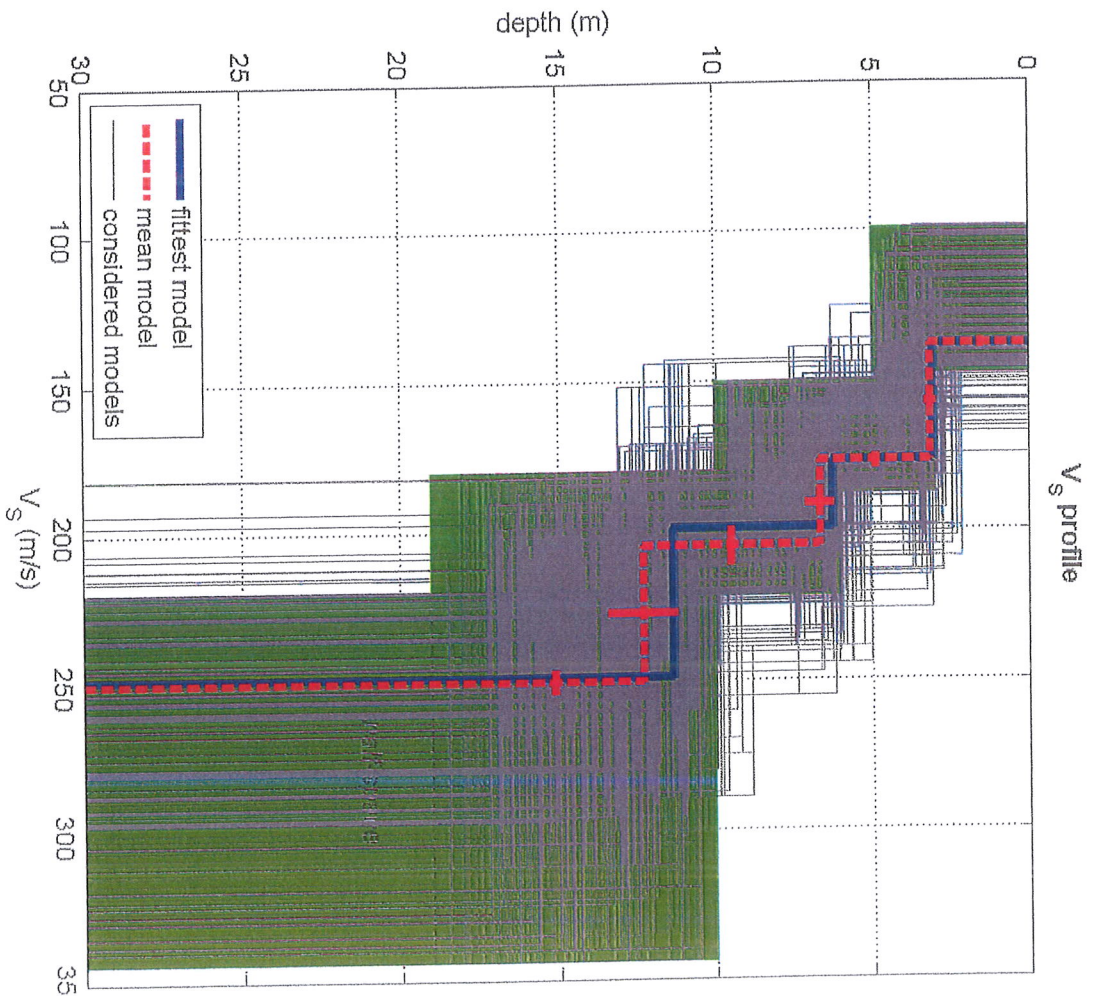
elastic

shows DC

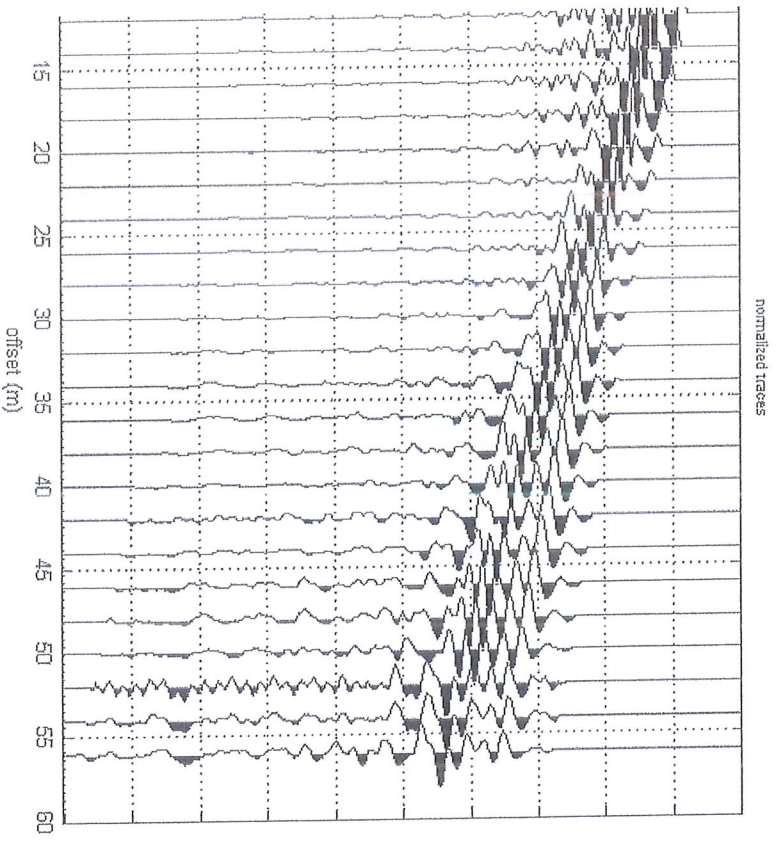
synthetics



Masw 23



dataset: 10mssp2m.SGY
 dispersion curve: 10m.cdp
 Vs30 (best model): 213 m/s
 Vs30 (mean model): 213 m/s



Masw 23

data selection

activate

select

cancel

60

save

filtering & spectra

filter

cancel

spectrum

spectrogram

refraction

100

upload

save

clear refraction

length to visualize (s)

done

flip traces

zero padding

MASW: compute velocity spectrum

phase velocity f-k group velocity

handling the spectra

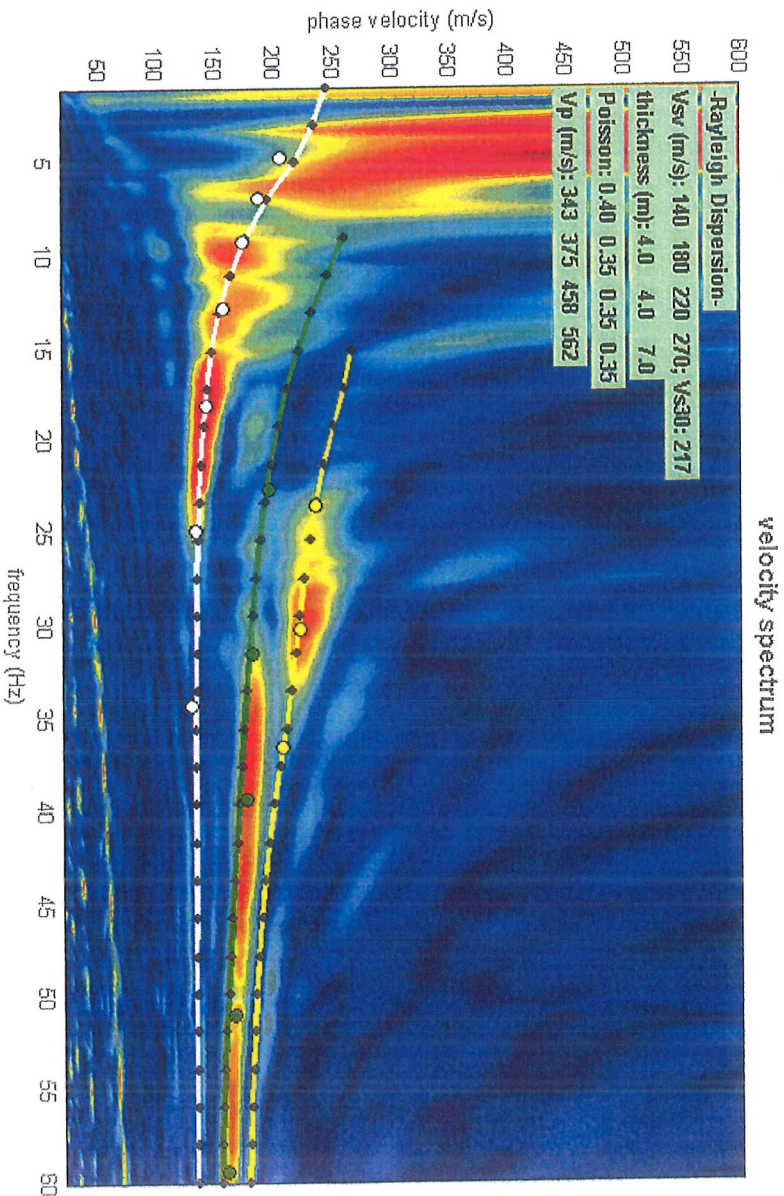
save

upload

merge

explore spectrum

mode separation



general setting

about Poisson

Rayleigh

Reference depth

phase vel

Refraction

HV body waves

HV modes (SW ellipticity)

Vs (m/s)

Poisson

thickness (m)

calculate

upload mod.

save model

refresh

ZVF

elastic

shows DC

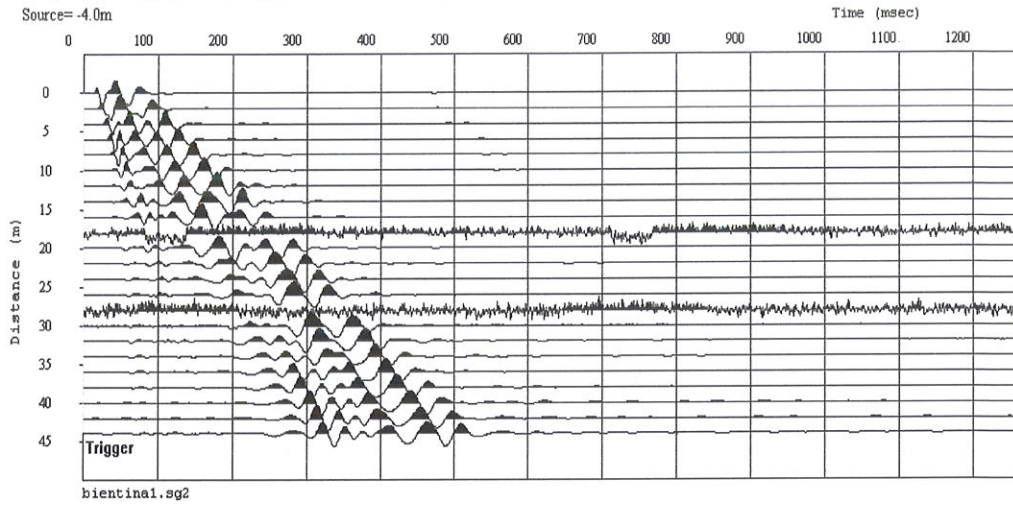
synthetics

report

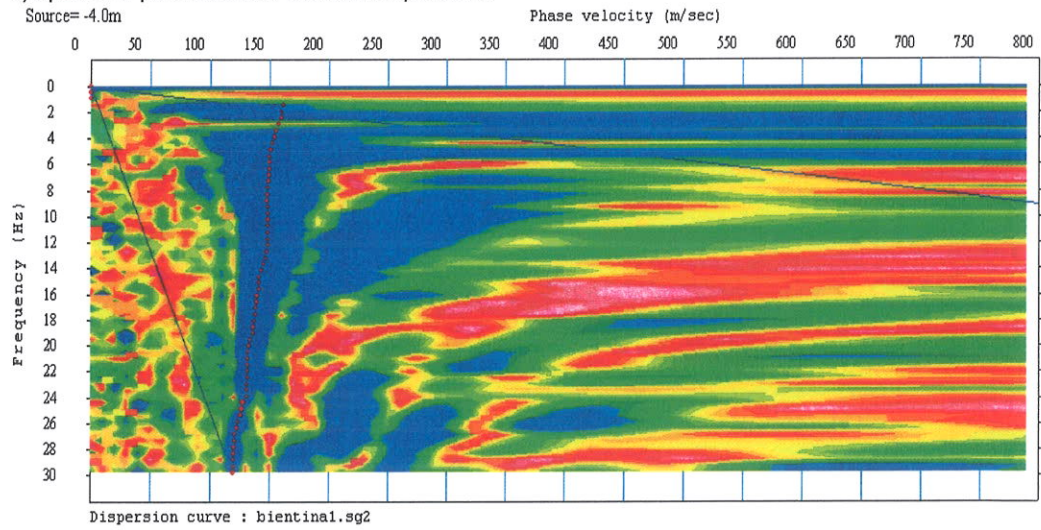
140	0.4	4		
180	0.35	4		
220	0.35	7		
270	0.35	0		
0	0.35	0		
0	0.35	0		
0	0.3	0		
0	0.2	0		

ELABORATI MASW

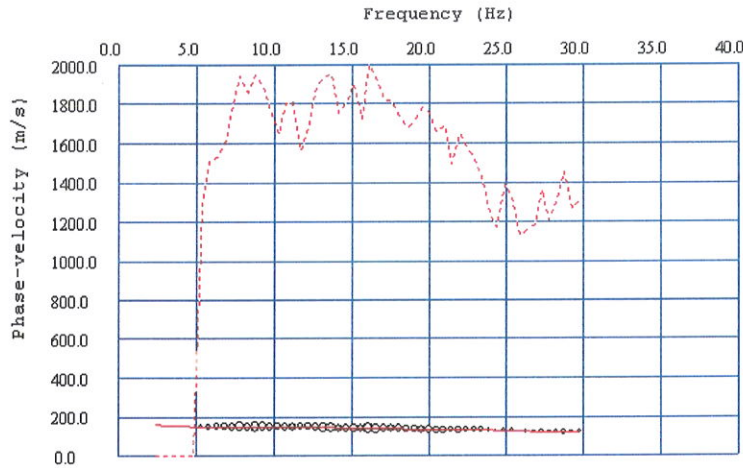
1) sismogramma registrato utilizzato per l'elaborazione



2) spettro di potenza della curva di dispersione

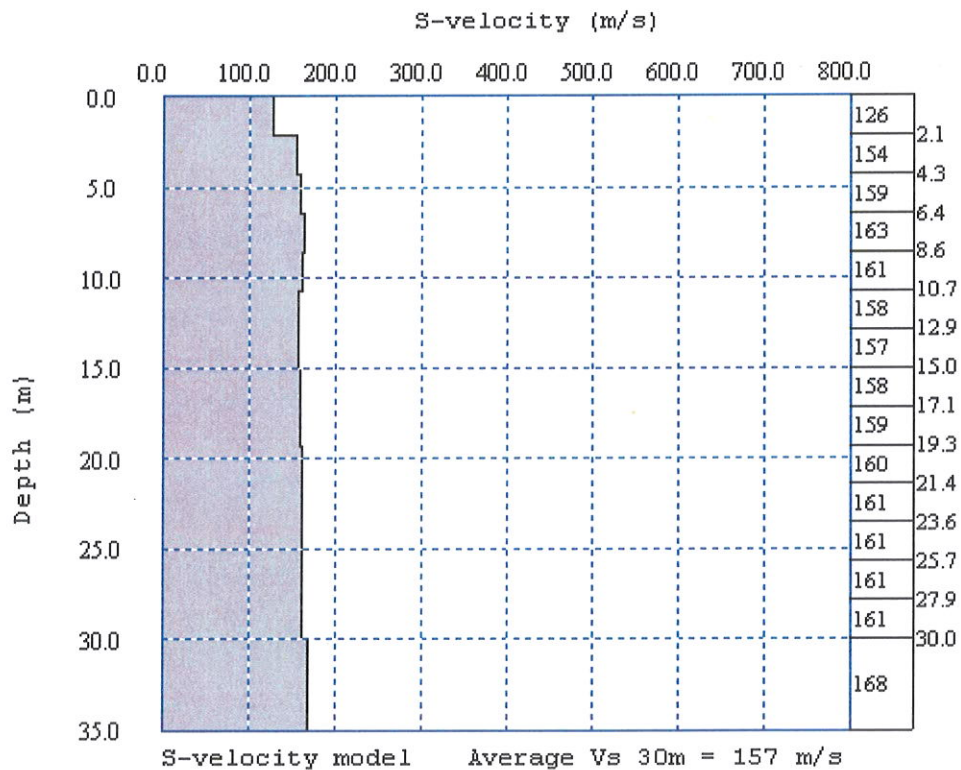


3) curva di dispersione ottenuta dal picking e grafico di attendibilità del modello generato dall'inversione



4) modello di velocità delle onde S

Vs30 = 157 m/sec



Lo stendimento impiegato per il profilo MASW in oggetto ha le seguenti caratteristiche (vedi documentazione fotografica):

- n. geofoni: 24
- spaziatura fra i geofoni: 1,5
- n. shots: sono state effettuate 2 rilevazioni, impiegando esclusivamente la mazza di battuta, a distanze di 5 e 7 metri dalla linea geofonica.
- tempo di acquisizione : 1.000 msec.

Il profilo è assimilabile ad orizzontale, in quanto i dislivelli massimi lungo lo stendimento sono non significativi.

INTERPRETAZIONE DEI DATI

Per il processo di interpretazione è stata utilizzata la curva di dispersione relativa allo “shot” posto a offset di 7 m dalla linea geofonica.

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 Vs tramite l'inversione delle curve di dispersione ottenute, effettuata con algoritmi “genetici”. Tale programma è in grado di operare sui records in formato SGY prodotti dalla strumentazione Ambrogeo secondo la procedura specifica descritta nel capitolo introduttivo.

Come già accennato, per la verifica attraverso la modellazione diretta, ci si è basati anche sul contesto geolitologico locale e sulle indagini geognostiche effettuate.

I diagrammi ed il report relativi al procedimento di elaborazione sono allegati alla presente relazione. Secondo la “modellazione diretta” si individuano 7 strati a differente velocità Vsh:

- secondo il MODELLO MEDIO:

strato	1	2	3	4	5	6	7
VSh (m/sec)	182	171	176	171	183	205	230
spessore (m)	4,5	6,2	5,7	5,5	5,2	6,3	

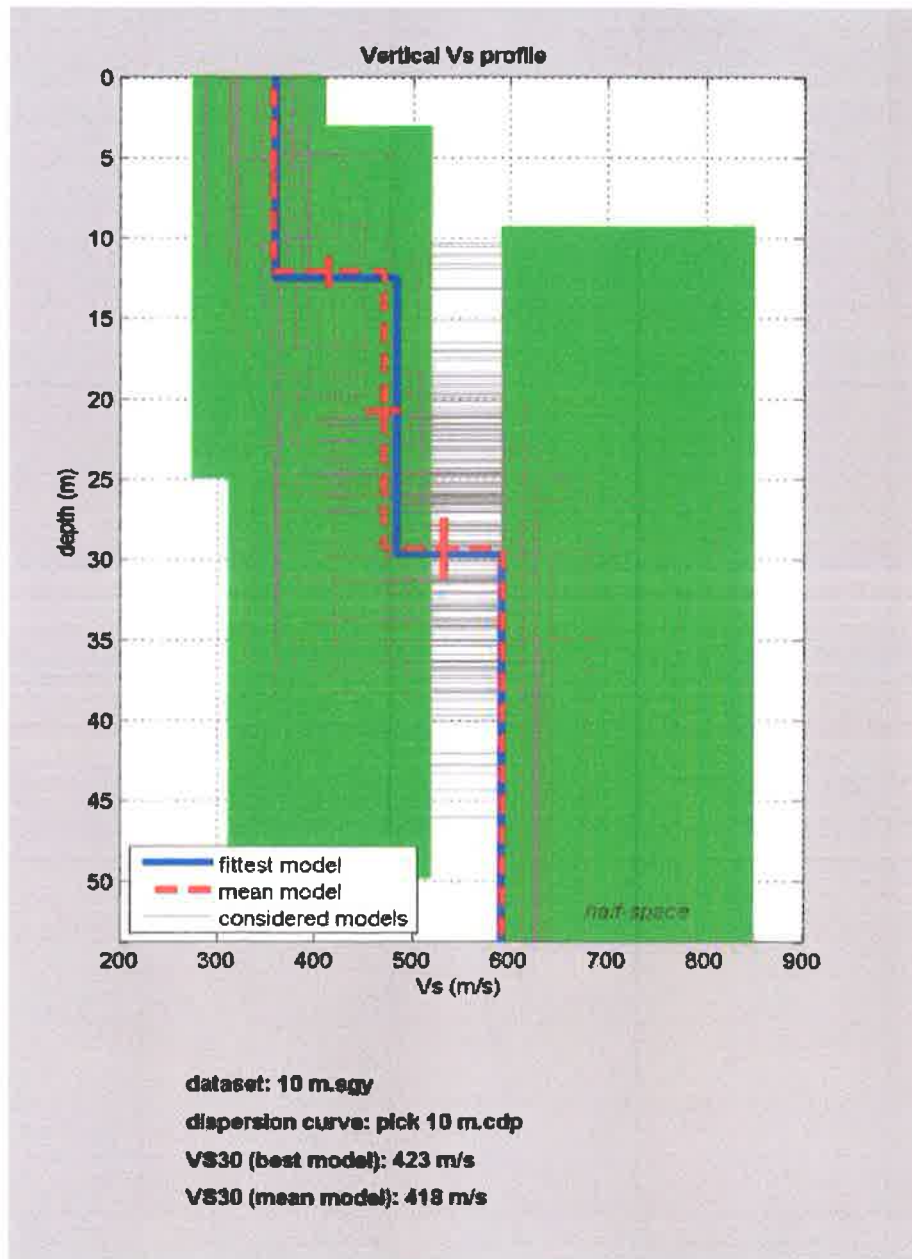
Il parametro V_{s30} viene calcolato utilizzando una media ponderata dei valori di velocità delle onde di taglio dei primi 30 m di profondità mediante la seguente espressione:

$$\frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{v_i}}$$

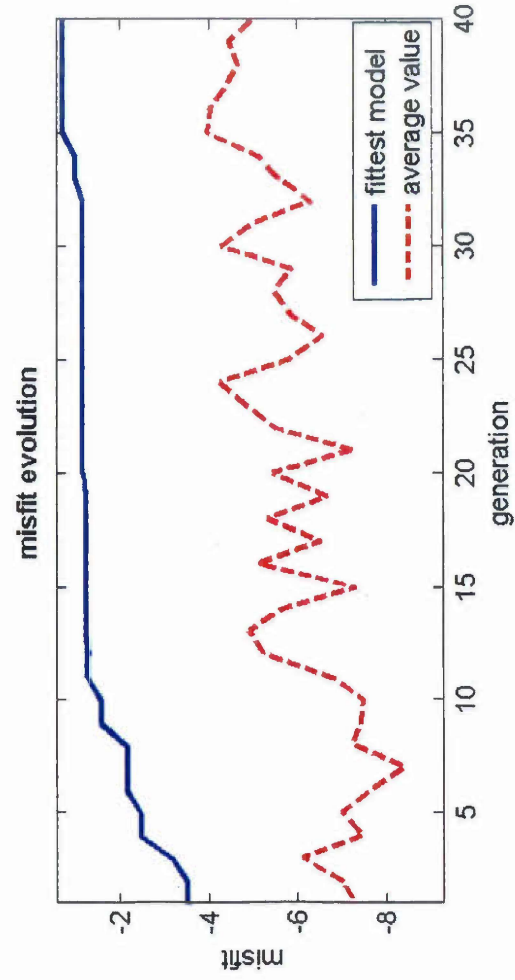
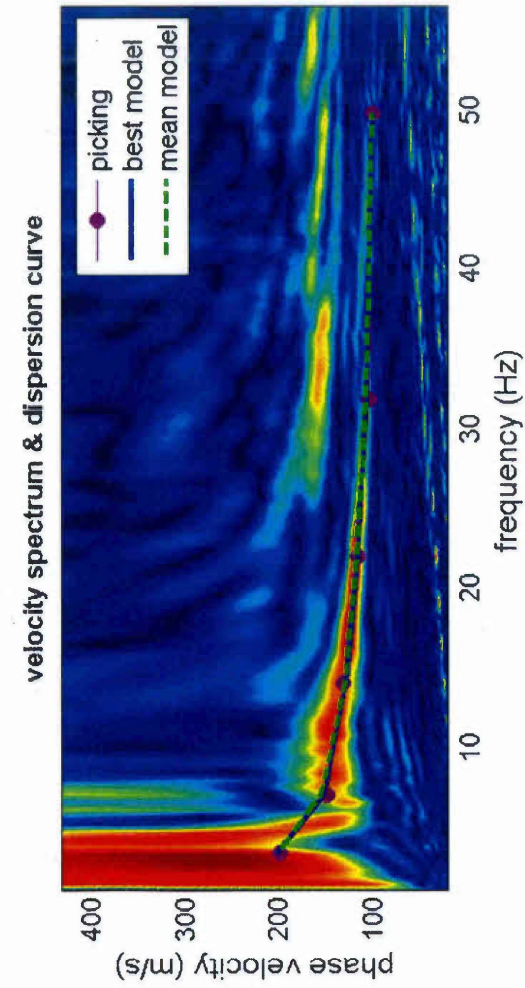
Con i dati ottenuti, per la zona di indagine si ha una “Vs30” intorno a **178** m/s ; a questo, in considerazione di un appoggio delle fondazioni attorno a 1.00 m dal piano del piazzale, corrisponde a una possibile categoria di suolo di fondazione “**D**”.

Masw 25

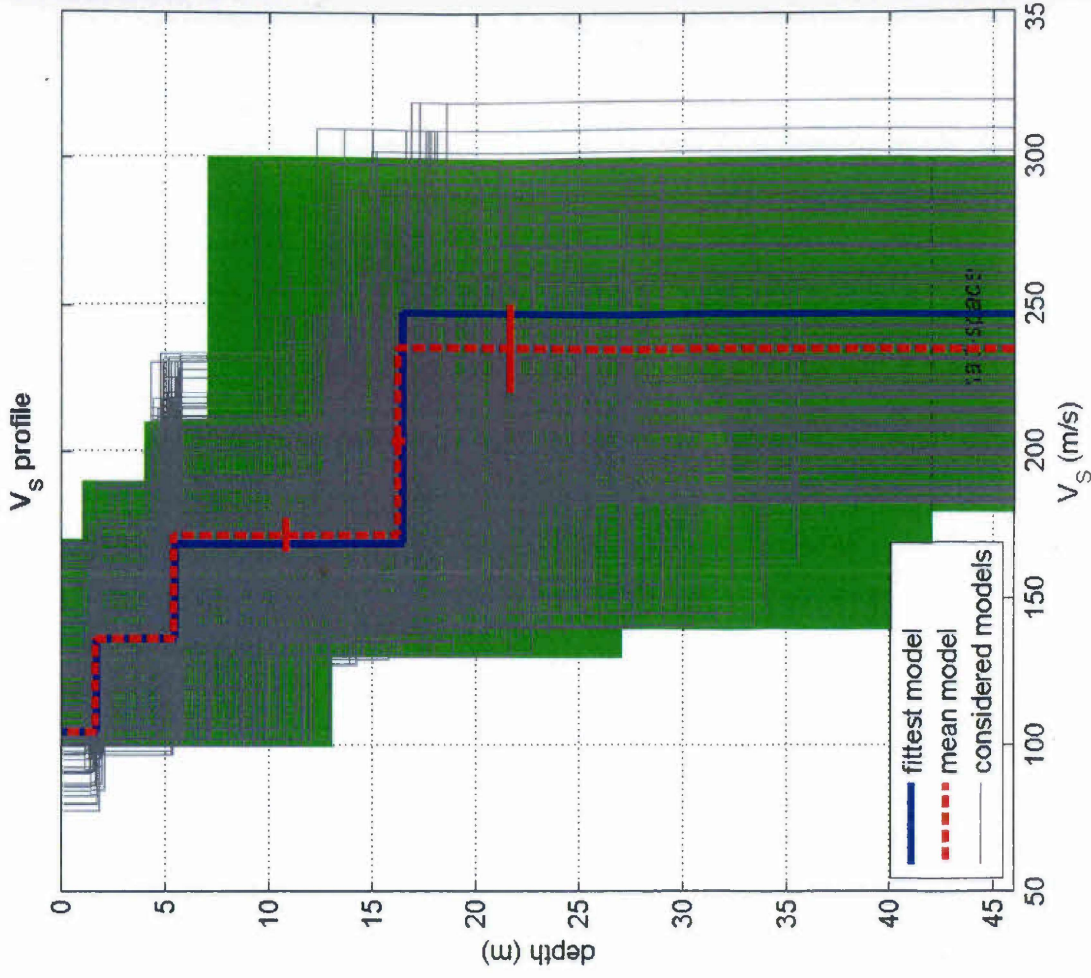
consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s”.



Vada, 11 Novembre 2017



Masw 27

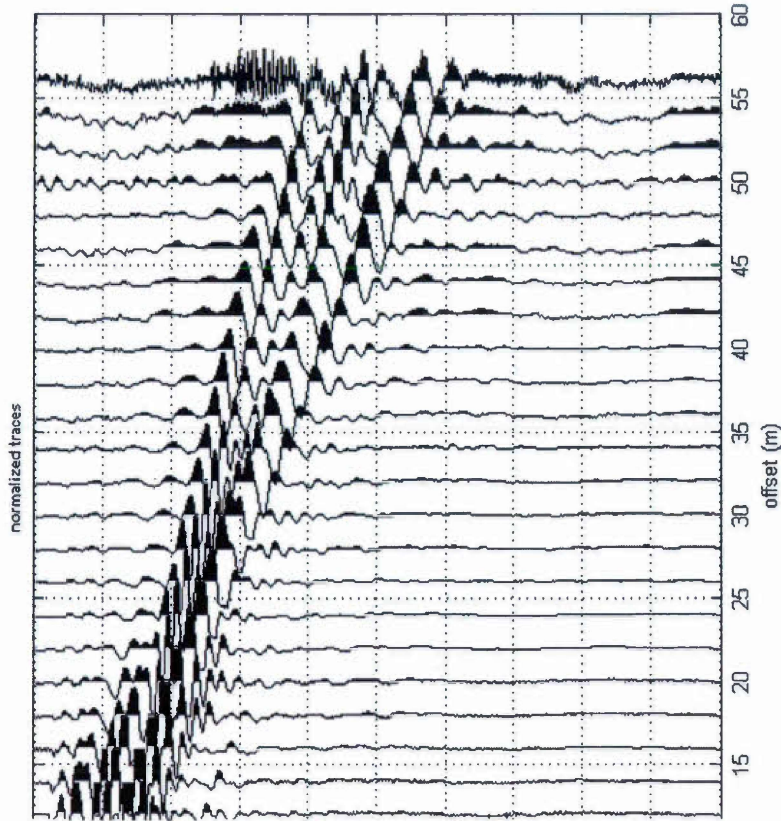


dataset: 10msp2m.SGY
dispersion curve: 10.cdp
 V_{s30} (best model): 183 m/s
 V_{s30} (mean model): 182 m/s

www.winmasw.com

SGY

m
2 m



Masw 27

#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMi analyses)

MASW: compute velocity spectrum

phase velocity

f-k

group velocity

handling the spectra

save

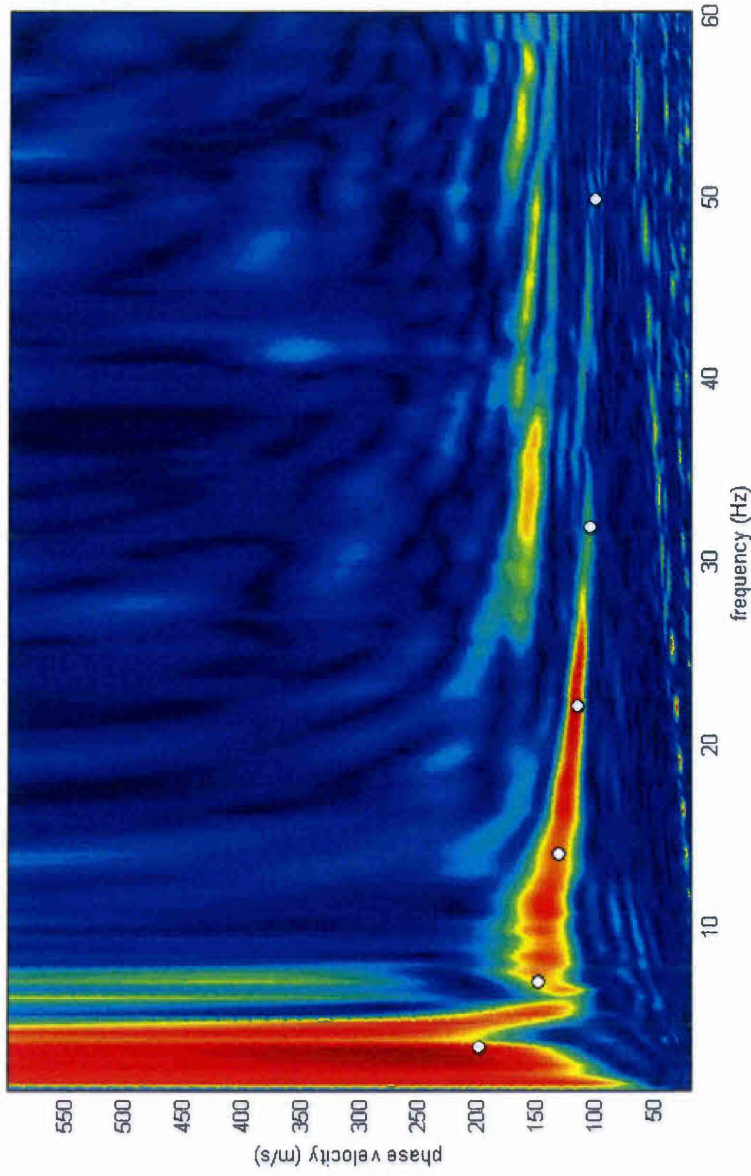
upload

merge

explore spectrum

mode separation

velocity spectrum



general setting

Rayleigh 3

Reference depth 0

H/V body waves 0

H/V modes (SW ellipticity) 0

about Poisson

phase vel Refraction

Vs (m/s)

100 180 260 400 600 800 1200 0

Poisson

0.4 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.3 0.2

thickness (m)

1 2 5 5 7 80 0

calculate upload mod. save model refresh report

modelling

synthetics

ZVF elastic shows DC

synthetics

data selection

activate select cancel 60 save

filtering & spectra

filter spectrum spectrogram cancel

refraction

refraction 100 upload clear refraction save

length to visualize (s)

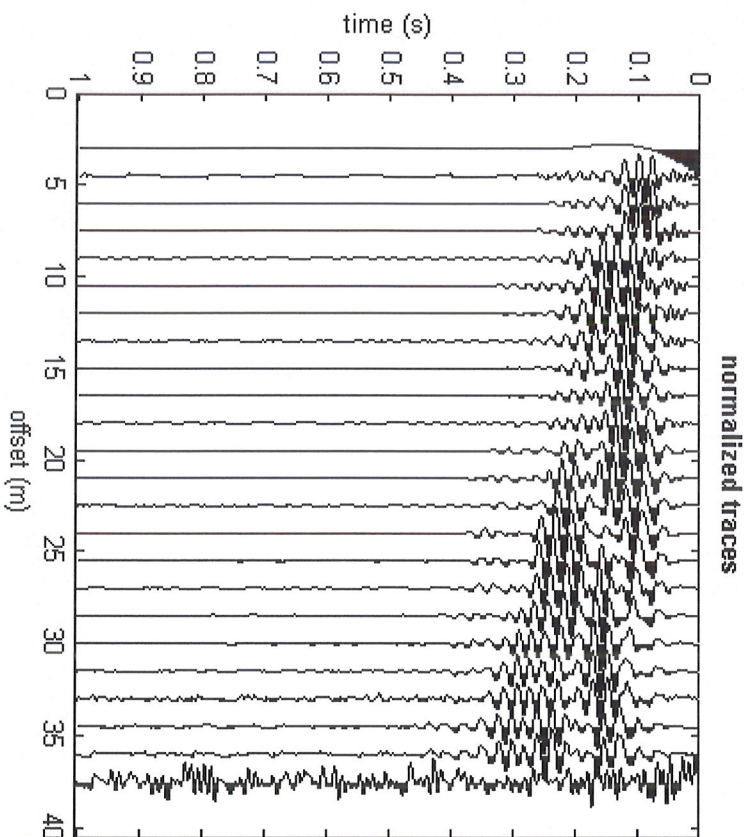
done

flip traces

zero padding

#1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: Miranda 3 m.SGY
 minimum offset: 3 m
 geophone spacing: 1.5 m
 sampling: 0.131 ms



utilities: flip traces, spectrum, move ?

data selection: activate, select, cancel, 20, save

refraction: quick refraction, upload, save, clear refraction



ver. 4.1 Pro

Attenuation analysis

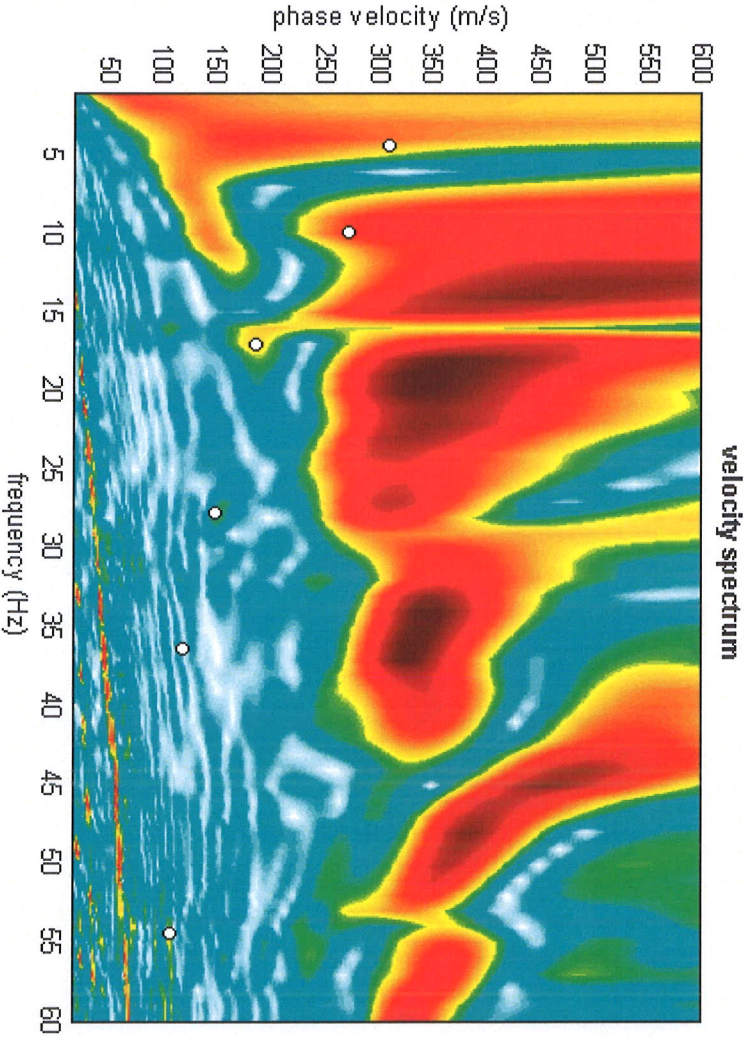
Masw 28

#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMi analyses)

MASW: calculate spectrum, Tau - v

ReMi: upload ReMi spectrum

visualize curves: input curve ?



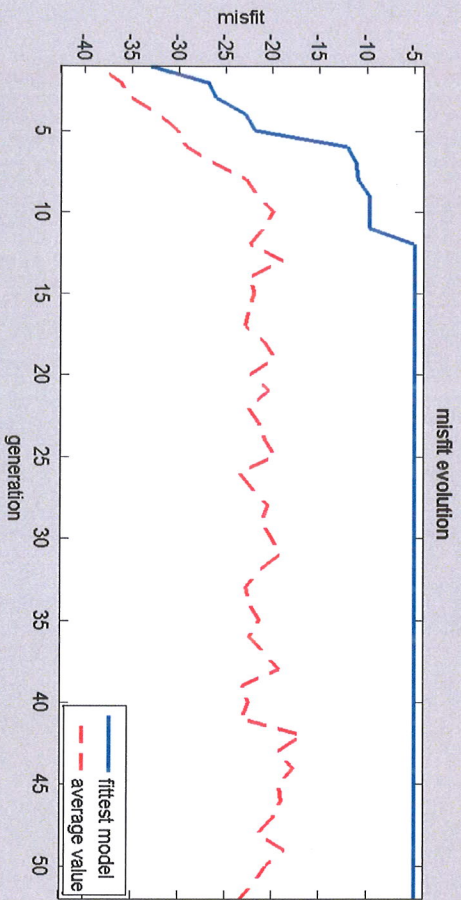
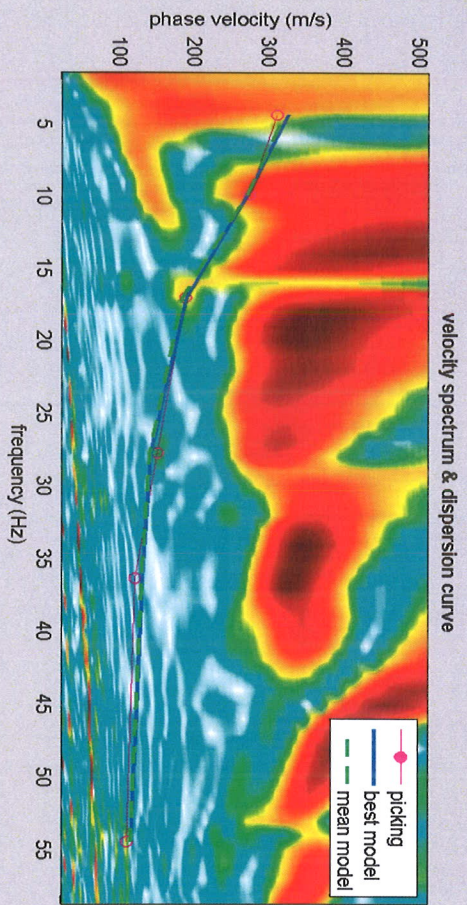
modelling: parameters, save model, upload model, 3, Rayleigh, refresh, ?

picking: fundamental, use the right button to select the last point of the considered mode, save picking, ?, cancel picking, ?

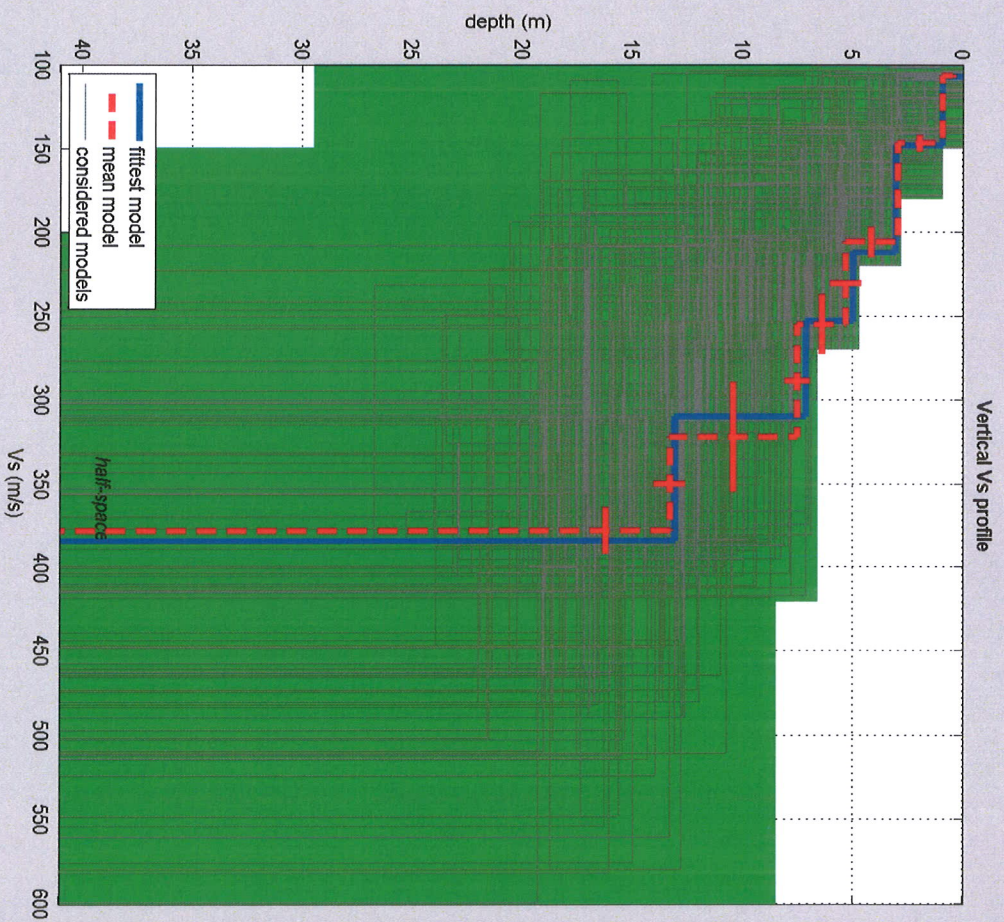
S. Colomba 3 m pick

invertion, exit

explore spectrum



Masw 28



dataset: Miranda 3 m SGY
 dispersion curve: S. Colomba 3 m pick
 VS30 (best model): 289 m/s
 VS30 (mean model): 286 m/s