

USO INTEGRATO DI TECNICHE GEOFISICHE NELLA STIMA DELLE V_s 30

Geol. Claudia Tomassoli

c.tomassoli@tes07.it

NTC 2008

V_s30

Categorie di sottosuolo

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

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ 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 sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo

La classificazione si effettua in base ai
valori della velocità equivalente V_s 30 di
propagazione delle onde di taglio entro i
primi 30 m di profondità.

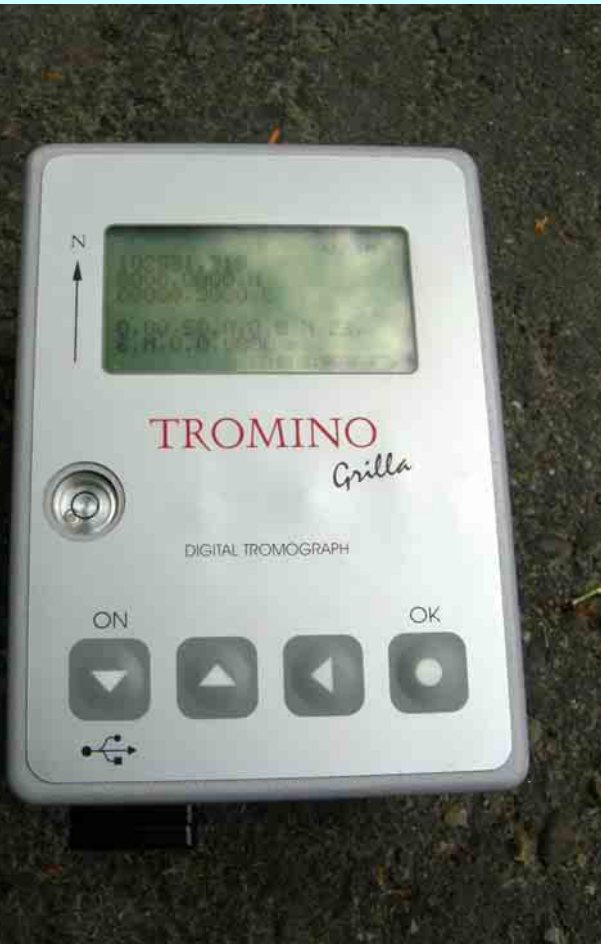
Vs30

- Down-Hole
- Array attivo o passivo (Masw, ReMi, Esac, ecc.)
- Tecnica a stazione singola H/V

3 casi:

1. Tecnica a stazione singola \rightarrow H/V
2. H/V + ARRAY \rightarrow FIT CONGIUNTO
3. Array (ReMi)

1. H/V

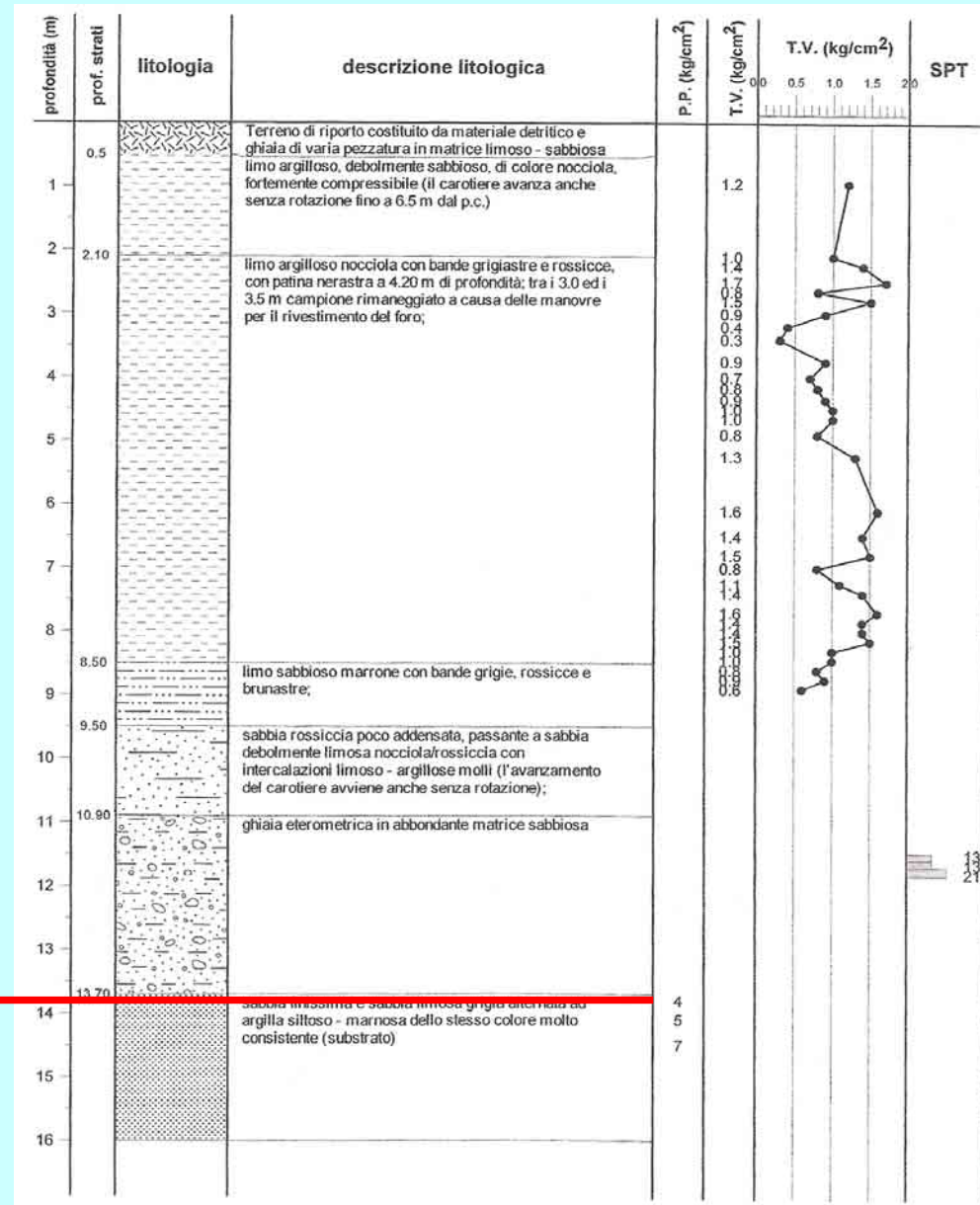


- Misura DIRETTAMENTE la Frequenza di risonanza del sottosuolo
- In presenza di un vincolo → stima V_s

CASO A

- Stratigrafia

substrato

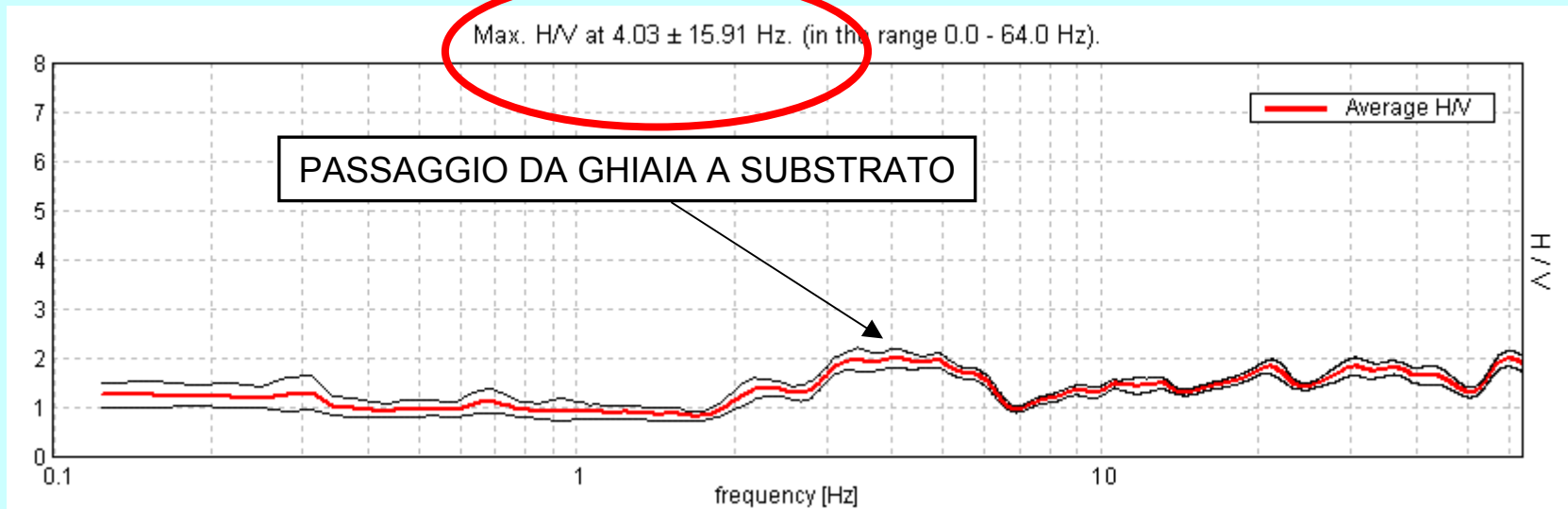


CASO A

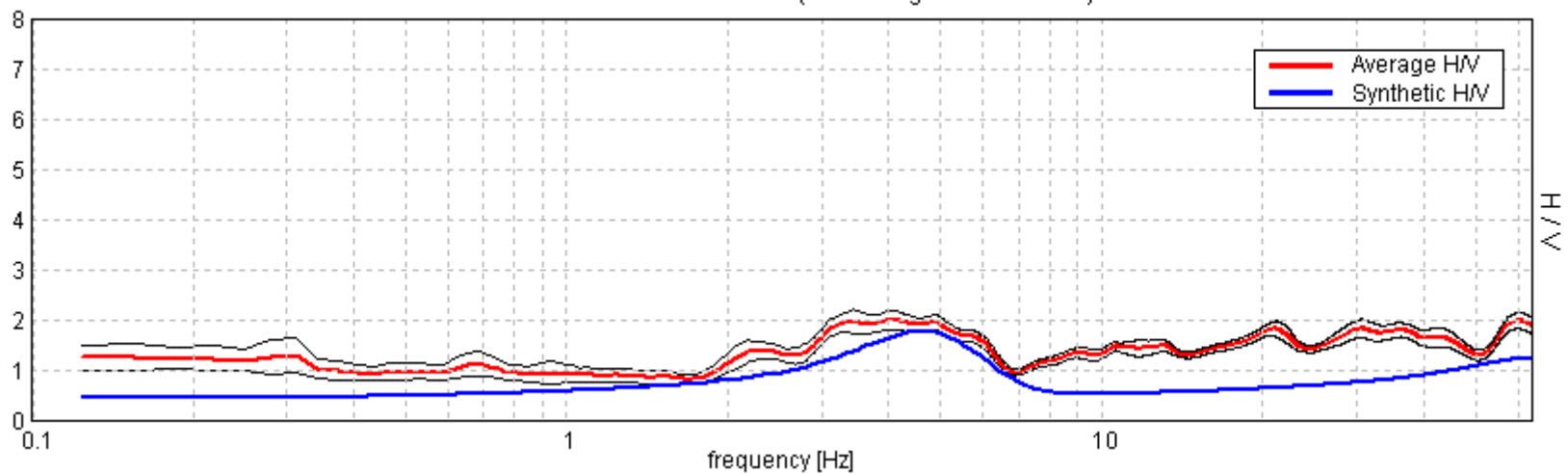
- *Indagine H/V con Tromografo digitale “Tromino”*

→ Frequenza di campionamento: 256 Hz

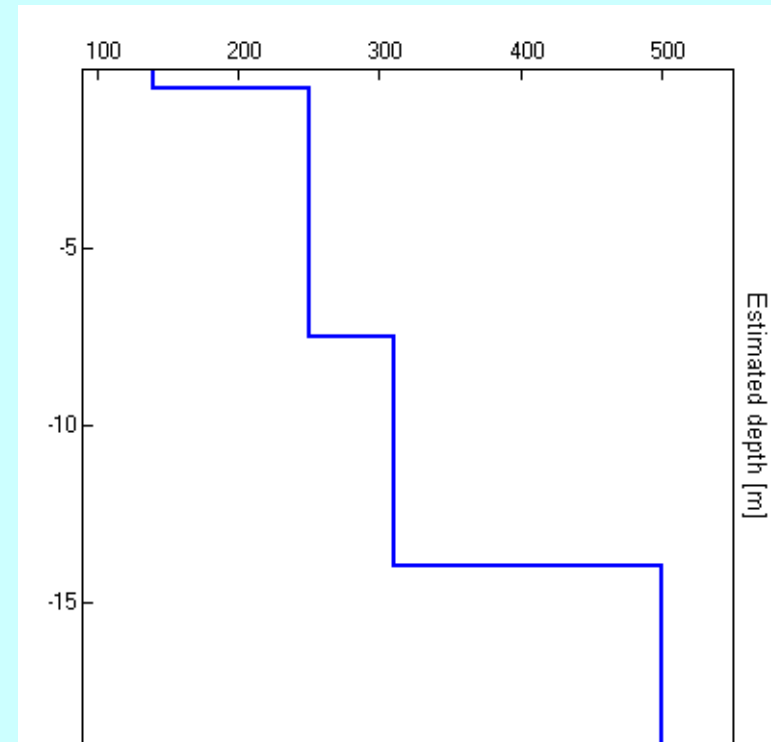
→ Tempo di acquisizione: 12 minuti



Max. H/V at 4.03 ± 15.91 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



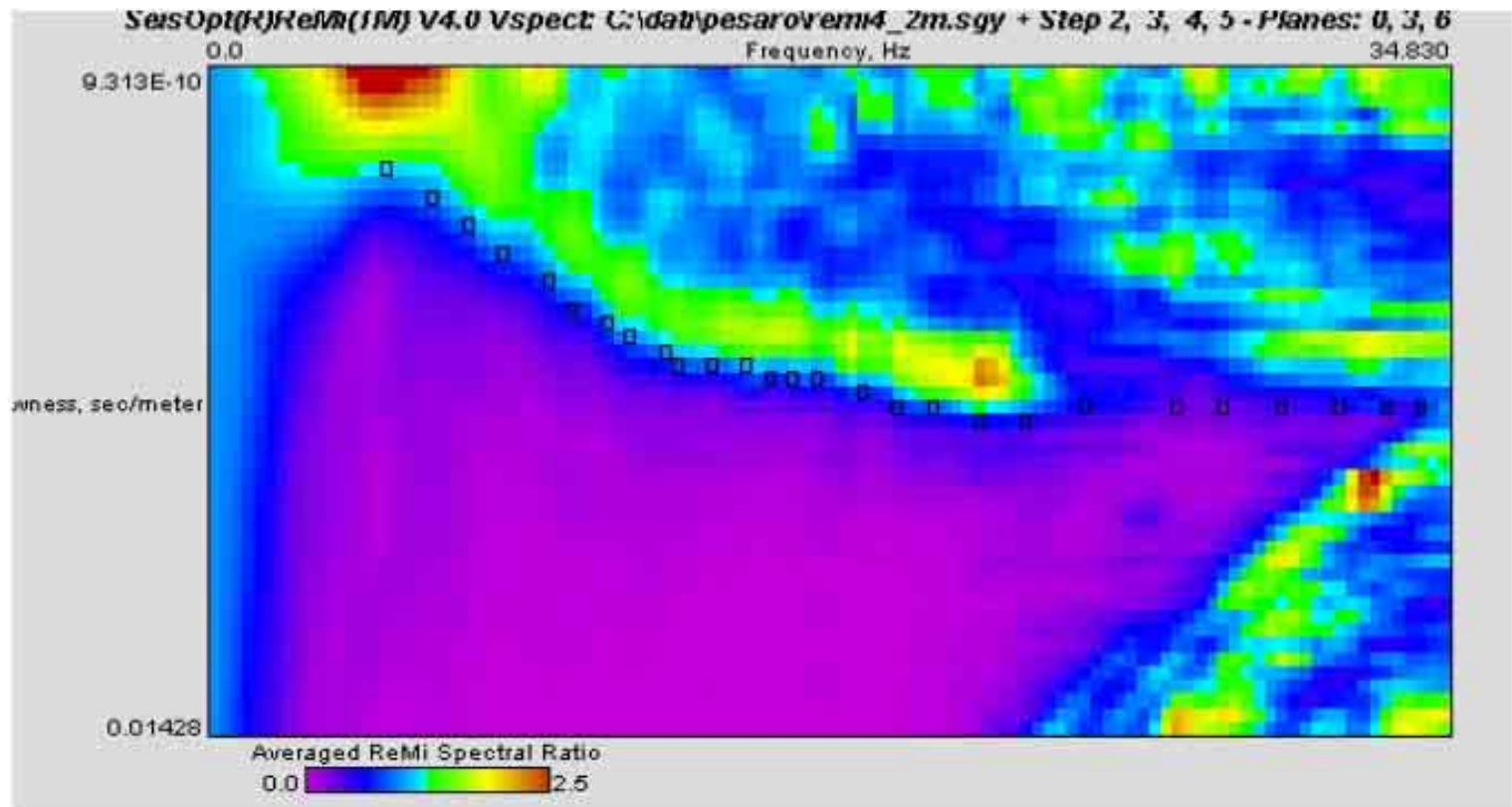
Profondità dal p.c.	Vs 30 (m/s)	Categoria Suolo di Fondazione
0 m	355	E
1 m	371	E
2 m	380	E
3 m	390	E



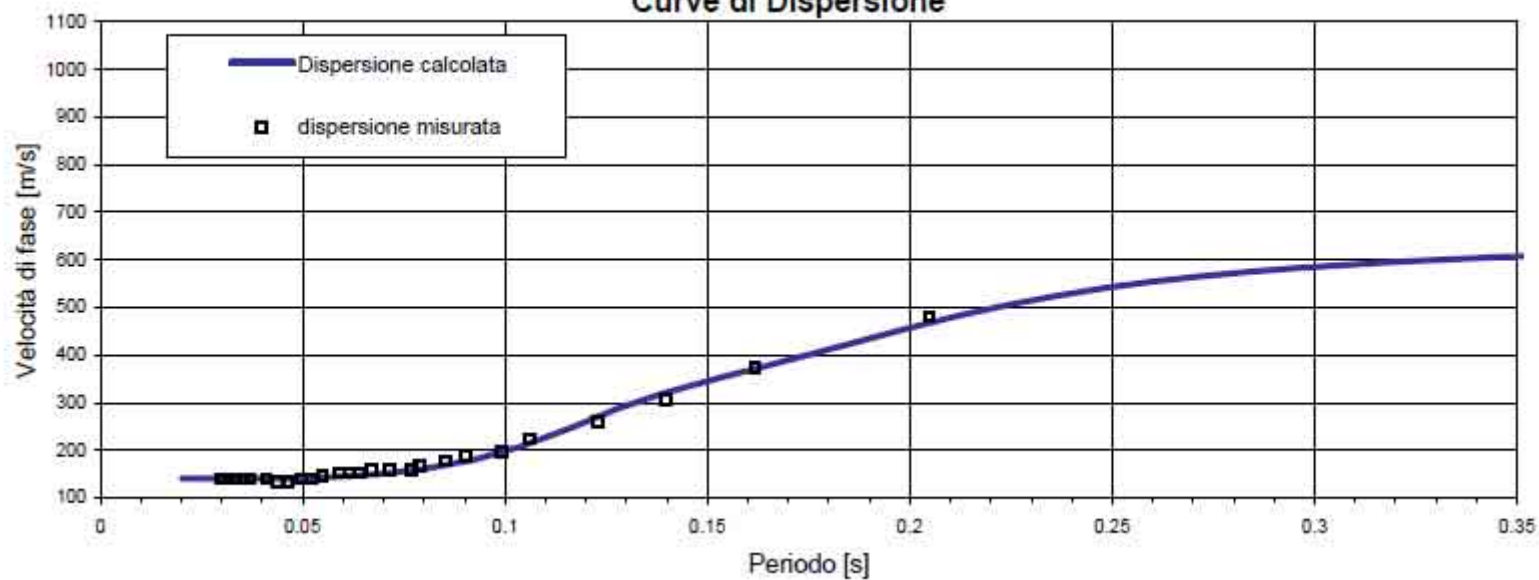
CASO A

- *ReMi* → 24 geofoni ad interdistanza di 2 m e a frequenza di 4,5 Hz

Spettro di potenza p-f



Curve di Dispersione

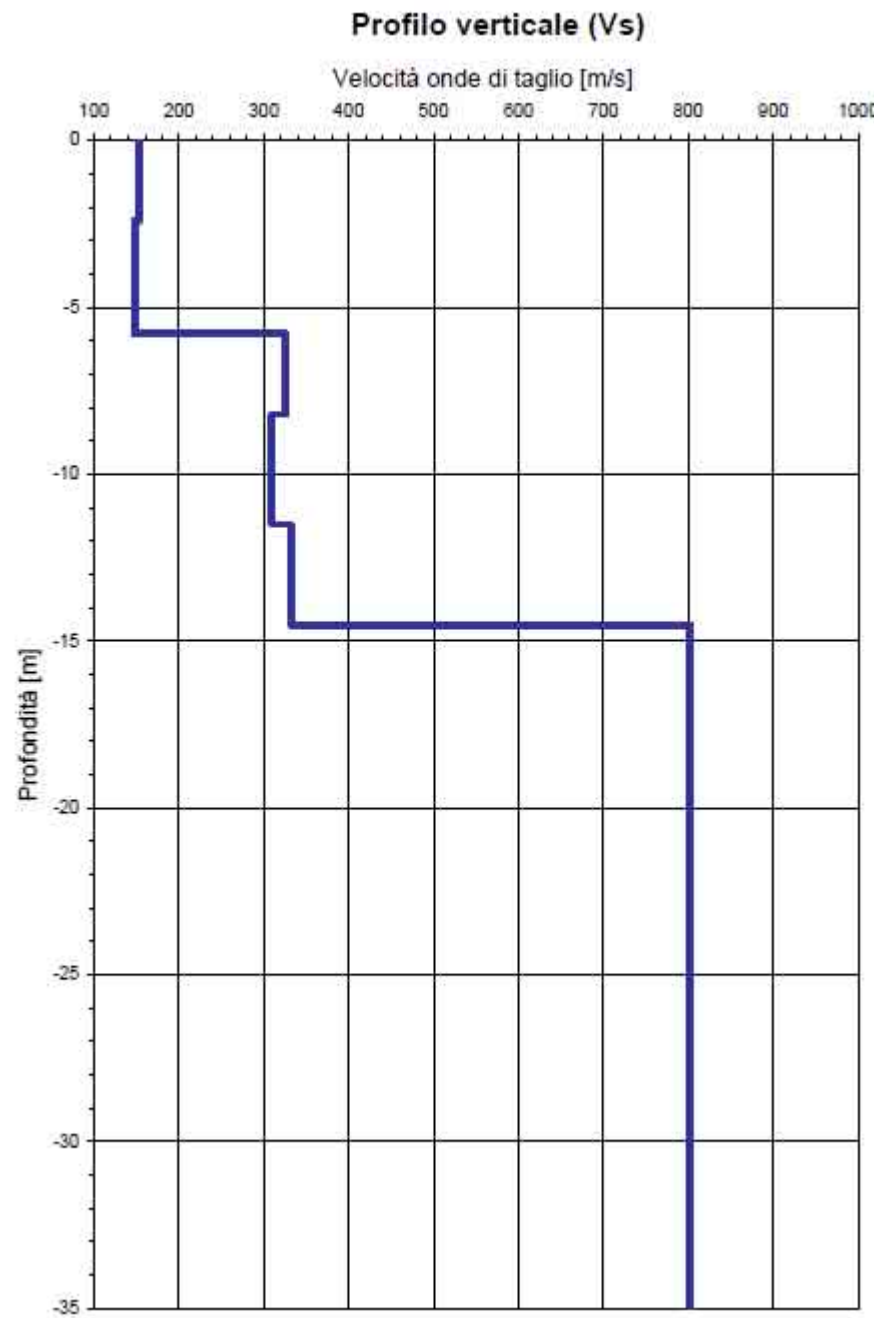


Profondità
dal p.c.

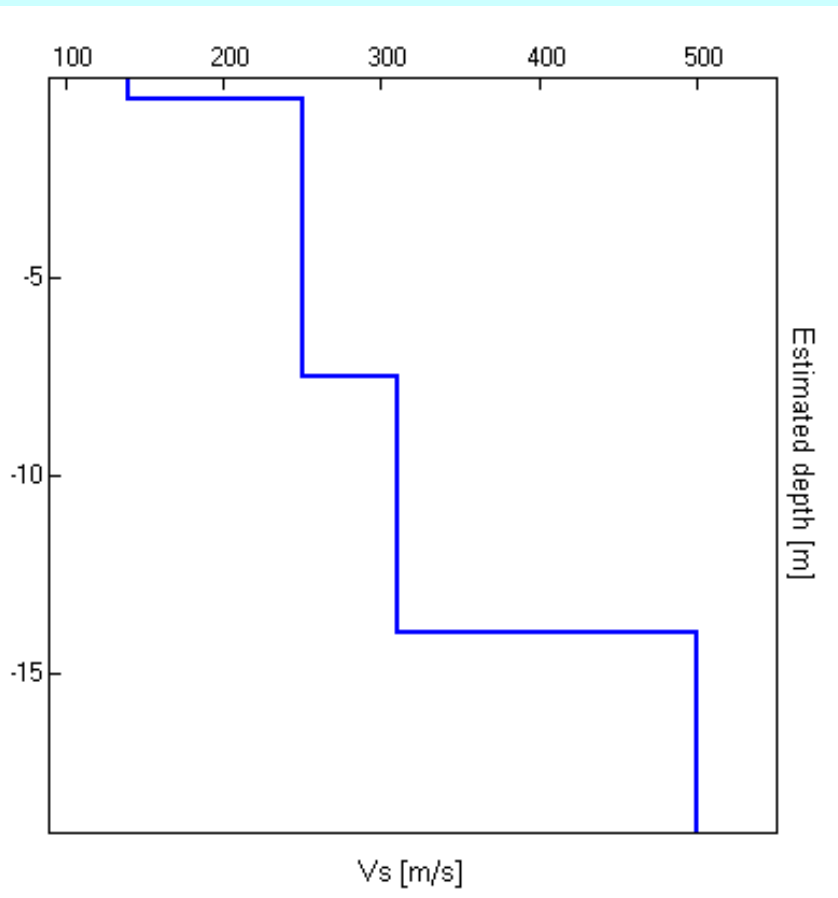
Vs30
(m/s)

Categoria suolo
di fondazione

0m	353	E
1m	376	E
2m	403	E
3m	434	E

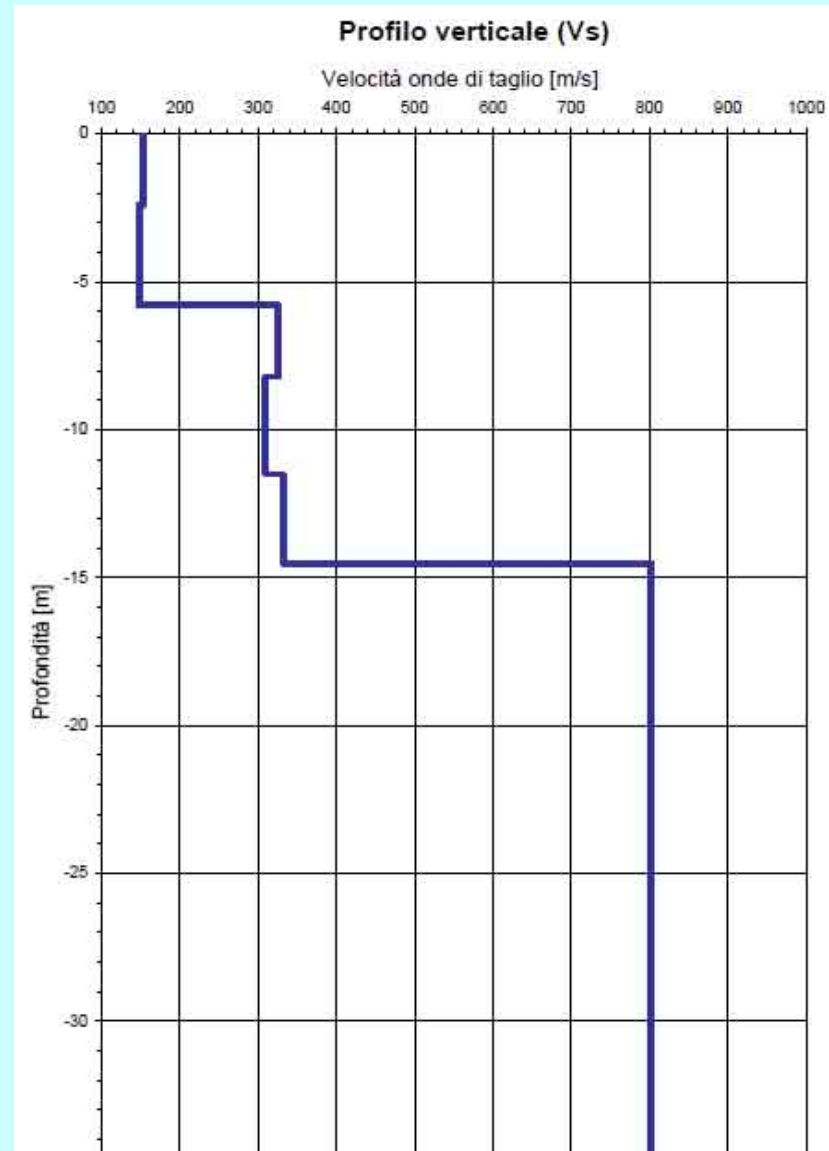


CONFRONTO DATI



Tromino

ReMi →



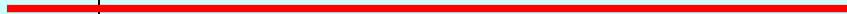
CONFRONTO DATI

Profondità dal p.c.	Vs30 ReMi (m/s)	Categoria Suolo ReMi	Vs30 Tromino (m/s)	Categoria Suolo Tromino
0 m	353	E	355	E
1 m	376	E	371	E
2 m	403	E	380	E
3 m	434	E	390	E

CASO B

- Stratigrafia

substrato

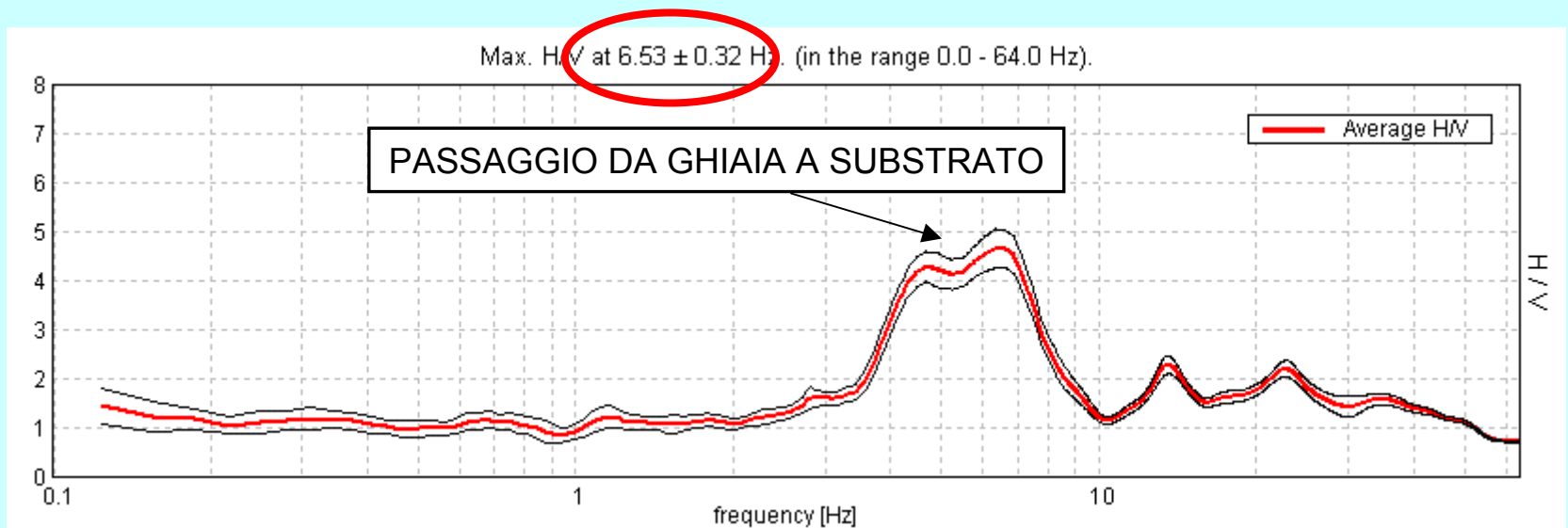


CASO B

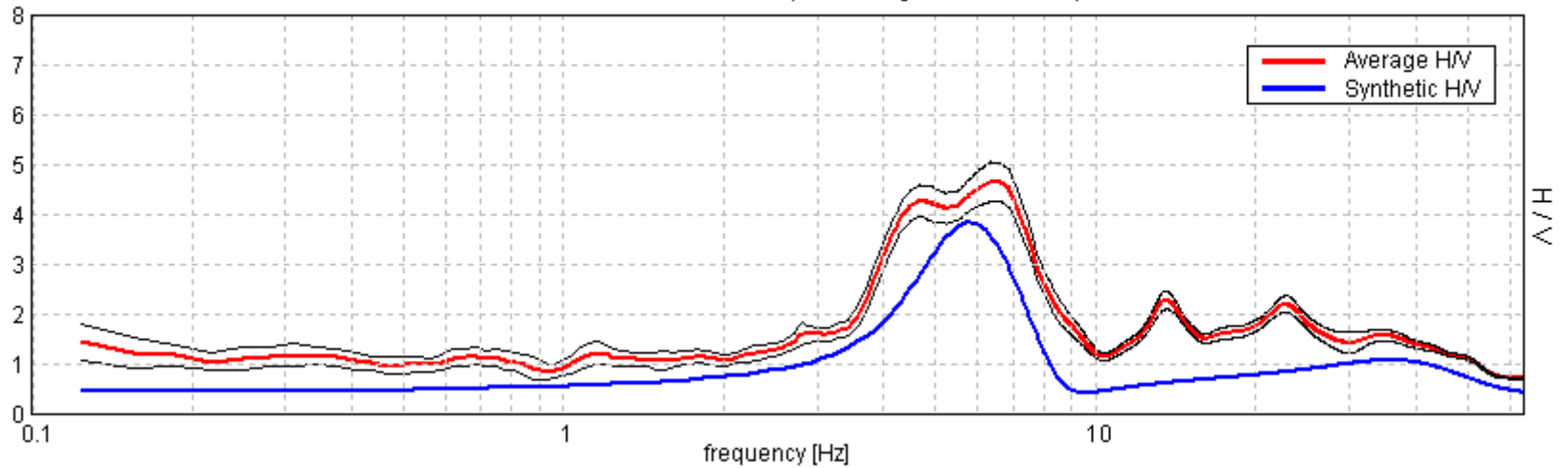
- *Indagine H/V con Tromografo digitale "Tromino"*

→ Frequenza di campionamento: 256 Hz

→ Tempo di acquisizione: 12 minuti



Max. H/V at 6.53 ± 0.32 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



**Profondità
dal p.c.**

**Vs 30
(m/s)**

**Categoria
Suolo di
Fondazione**

0 m

401

E

1 m

431

E

2 m

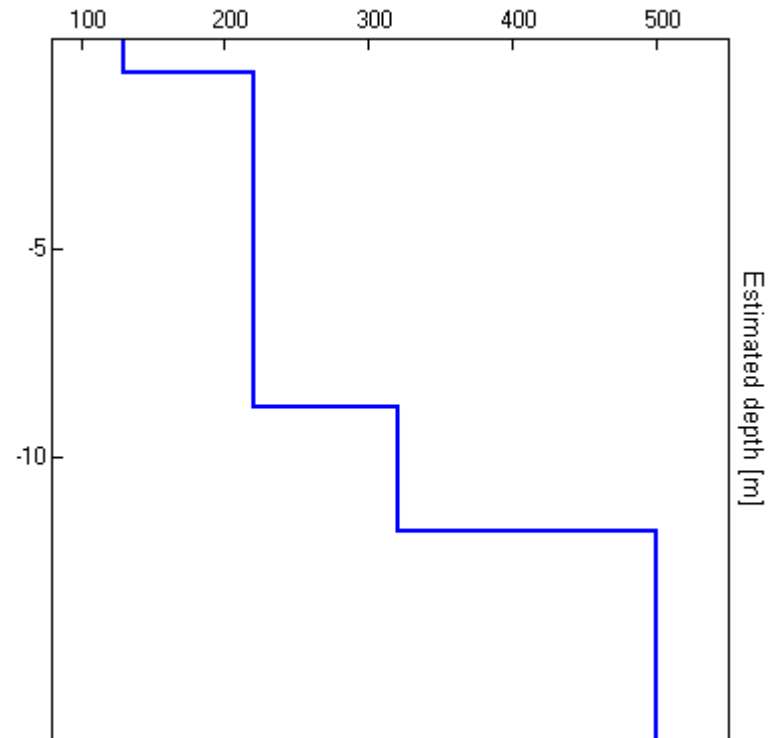
447

E

3 m

462

E

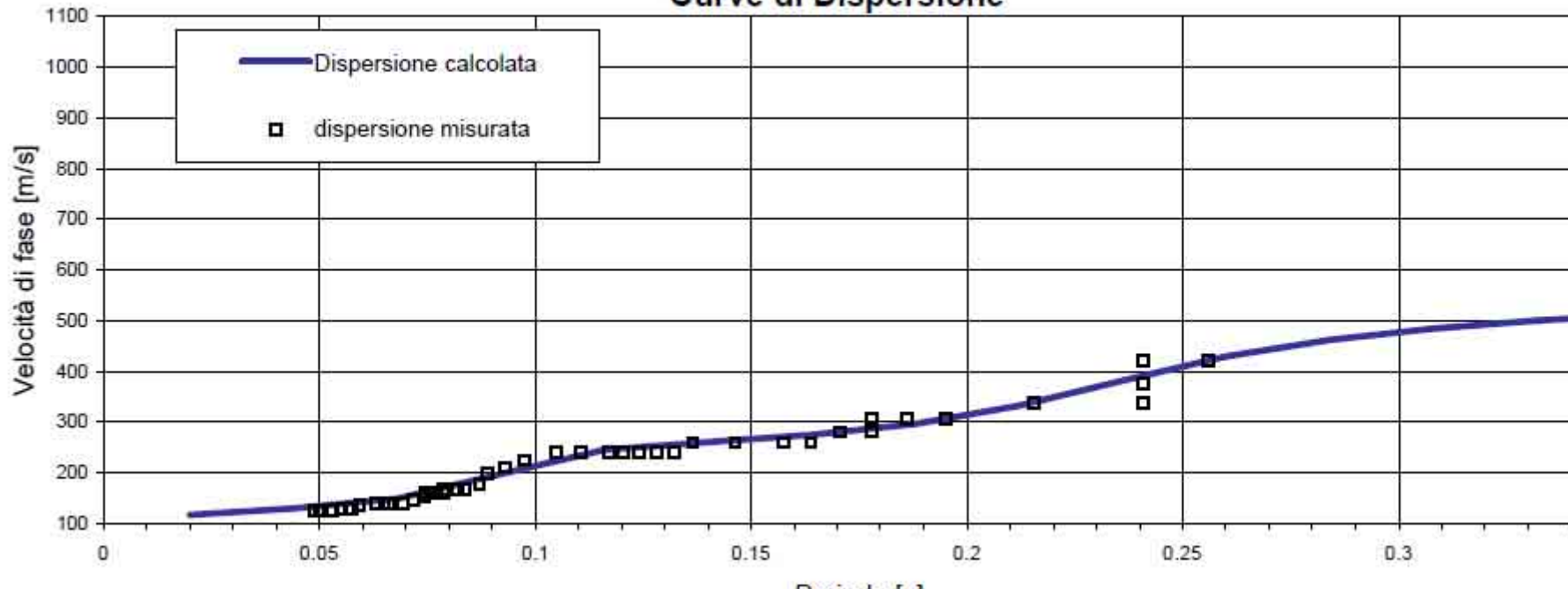


CASO B

- *ReMi* → sono stati eseguiti 2 stendimenti perpendicolari tra loro

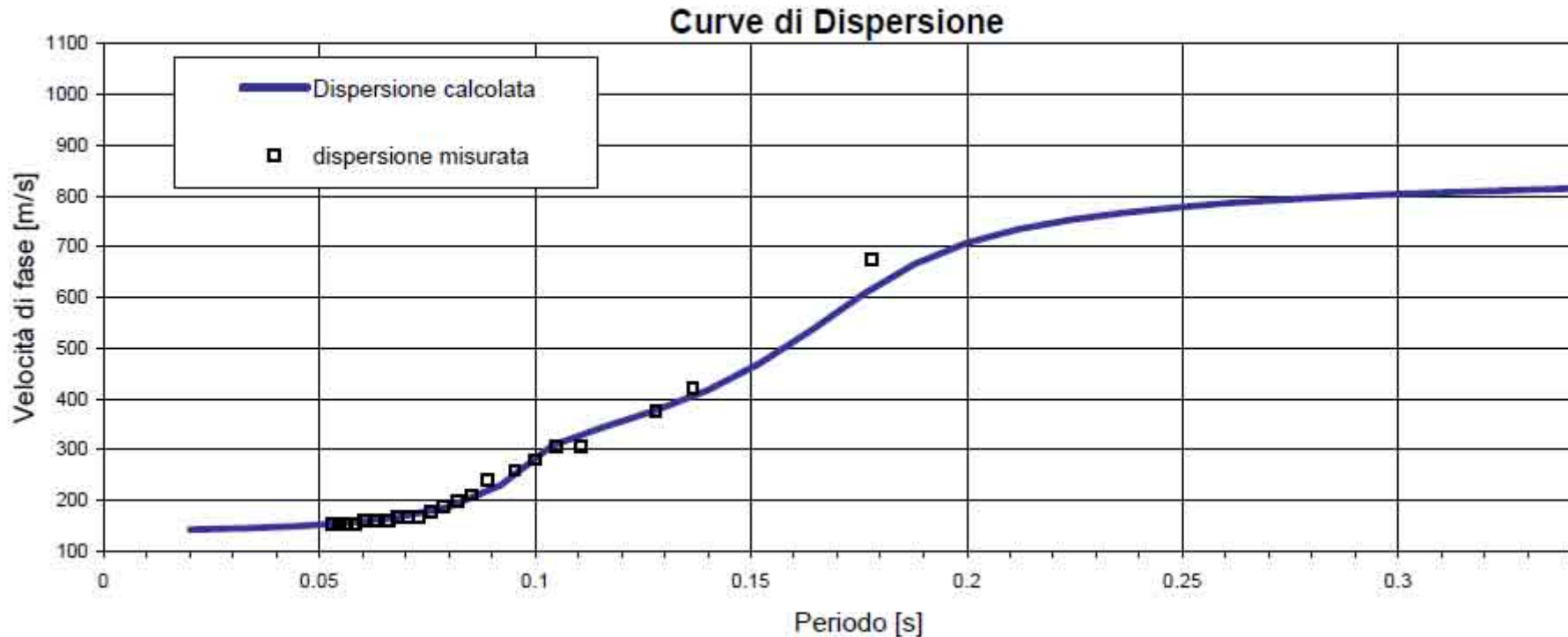
1) 24 geofoni ad interdistanza di 2 m e a frequenza di 4,5 Hz

Spettro di potenza n-f
Curve di Dispersione



2) 24 geofoni ad interdistanza di 3 m e a frequenza di 4,5 Hz

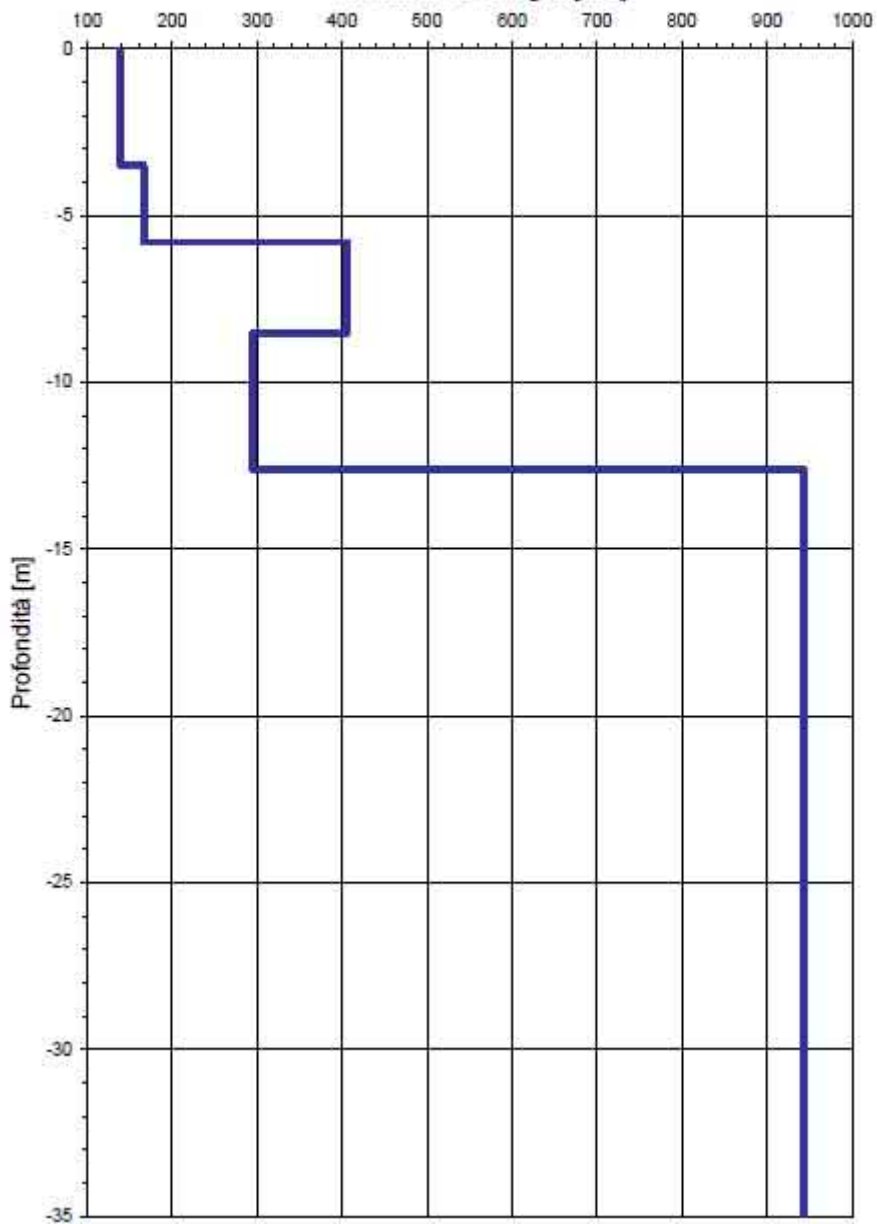
Spettro di potenza p-f



1)

Profilo verticale (Vs)

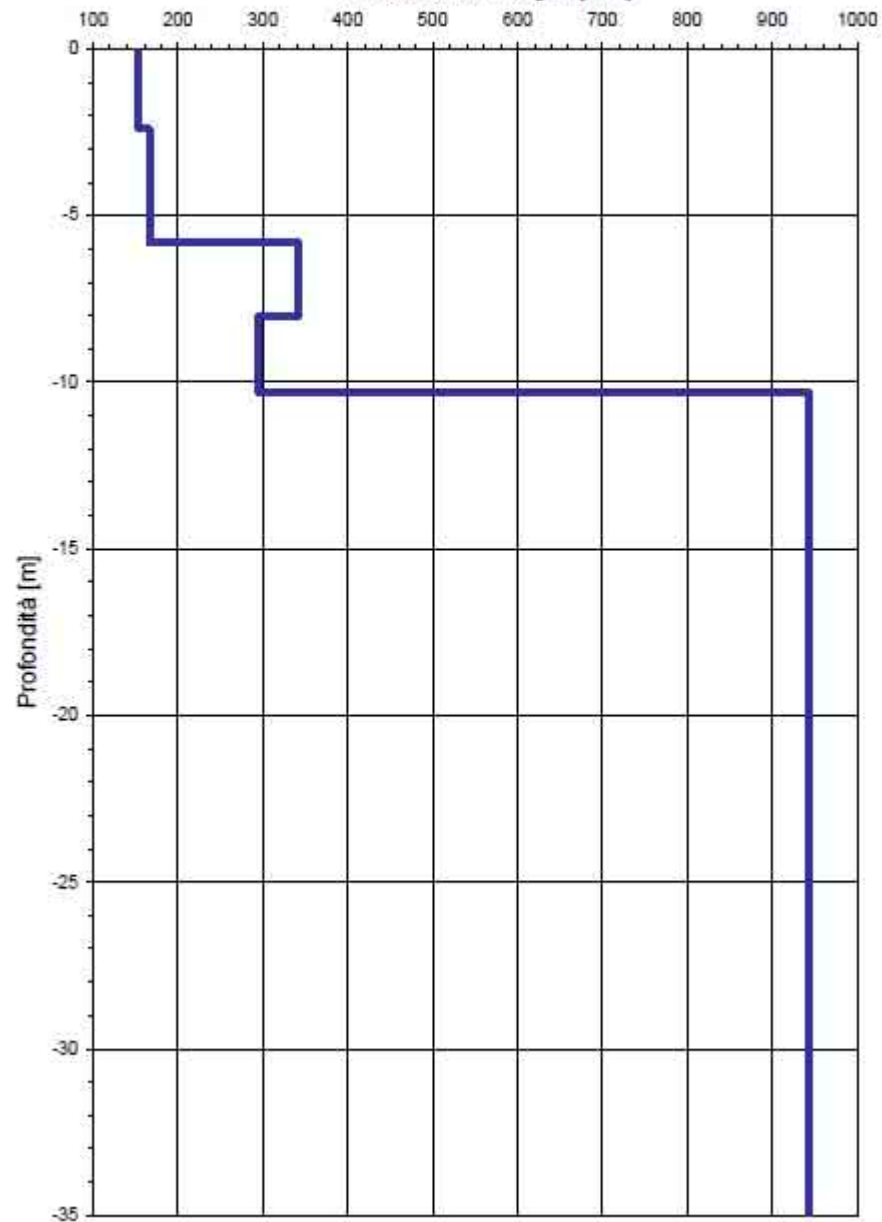
Velocità onde di taglio [m/s]



2)

Profilo verticale (Vs)

Velocità onde di taglio [m/s]

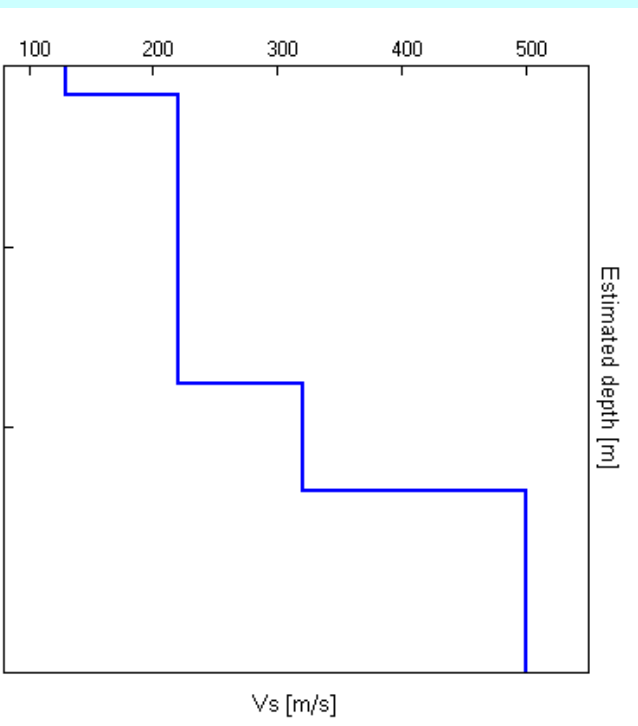


**Profondità
dal p.c.** **Vs30
(m/s)** **Categoria suolo
di fondazione**

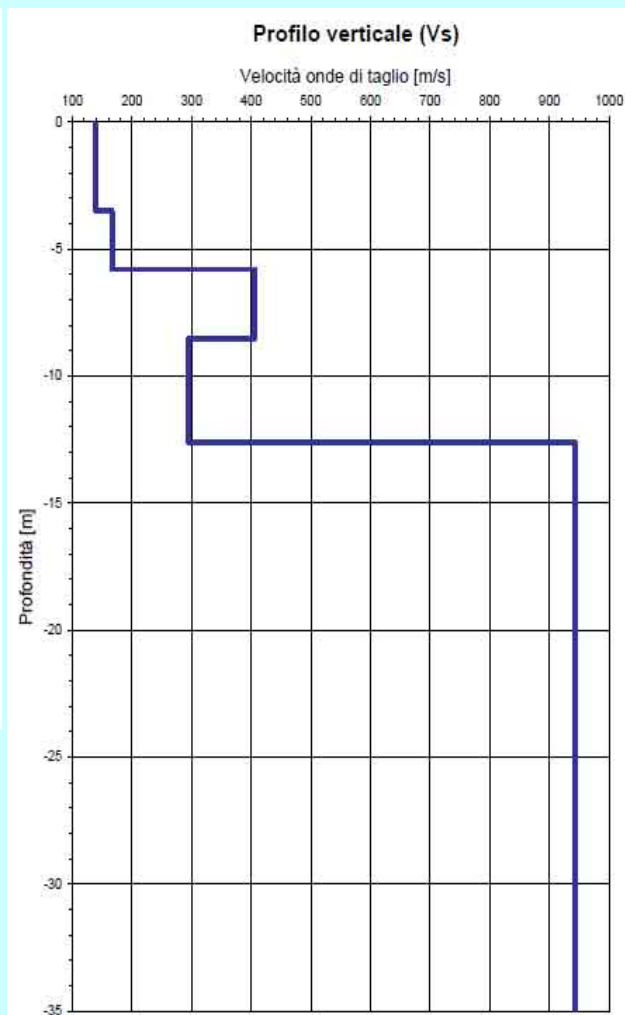
0m	385	E
1m	418	E
2m	457	E
3m	503	E

**Profondità
dal p.c.** **Vs30
(m/s)** **Categoria suolo
di fondazione**

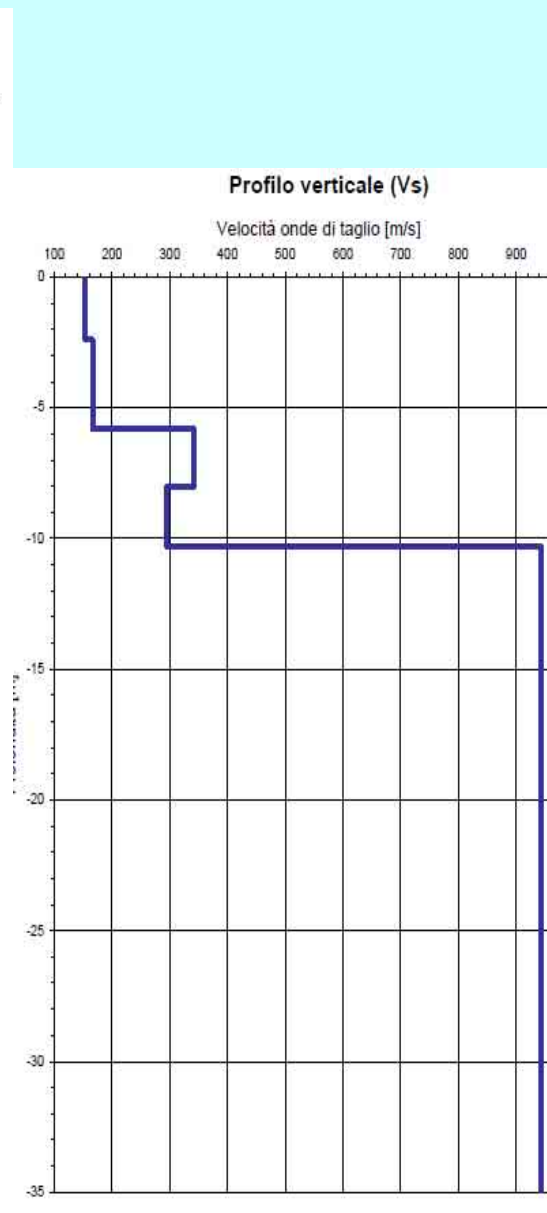
0m	422	E
1m	456	E
2m	498	E
3m	544	E



Tromino



ReMi 1



ReMi 2

CONFRONTO DATI

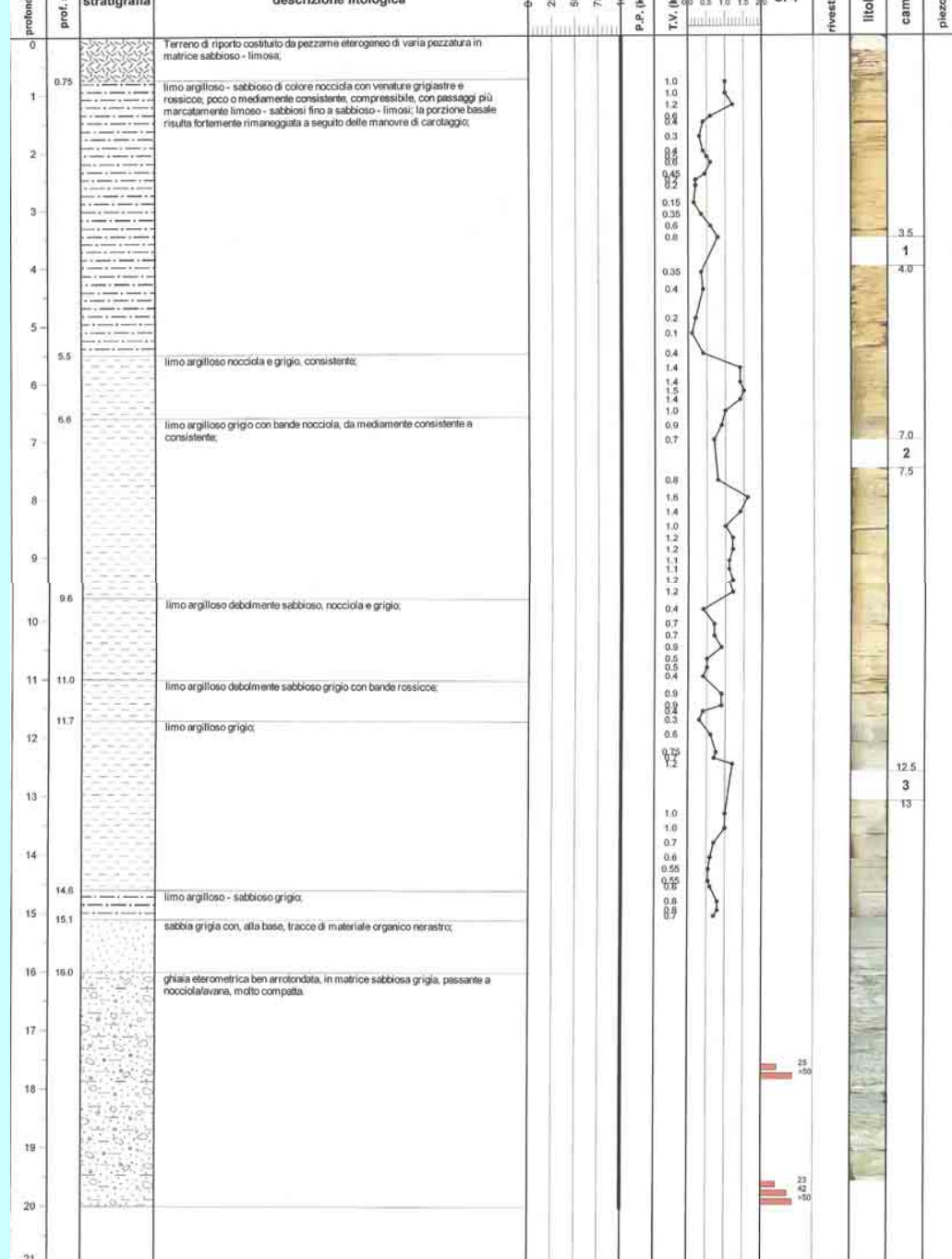
Profondità dal p.c.	Vs30 ReMi 1/2 (m/s)	Categoria Suolo ReMi	Vs30 Tromino (m/s)	Categoria Suolo Tromino
0 m	385/422	E	401	E
1 m	418/456	E	431	E
2 m	457/498	E	447	E
3 m	503/544	E	462	E

2. FIT CONGIUNTO

H/V + ARRAY (ReMi)

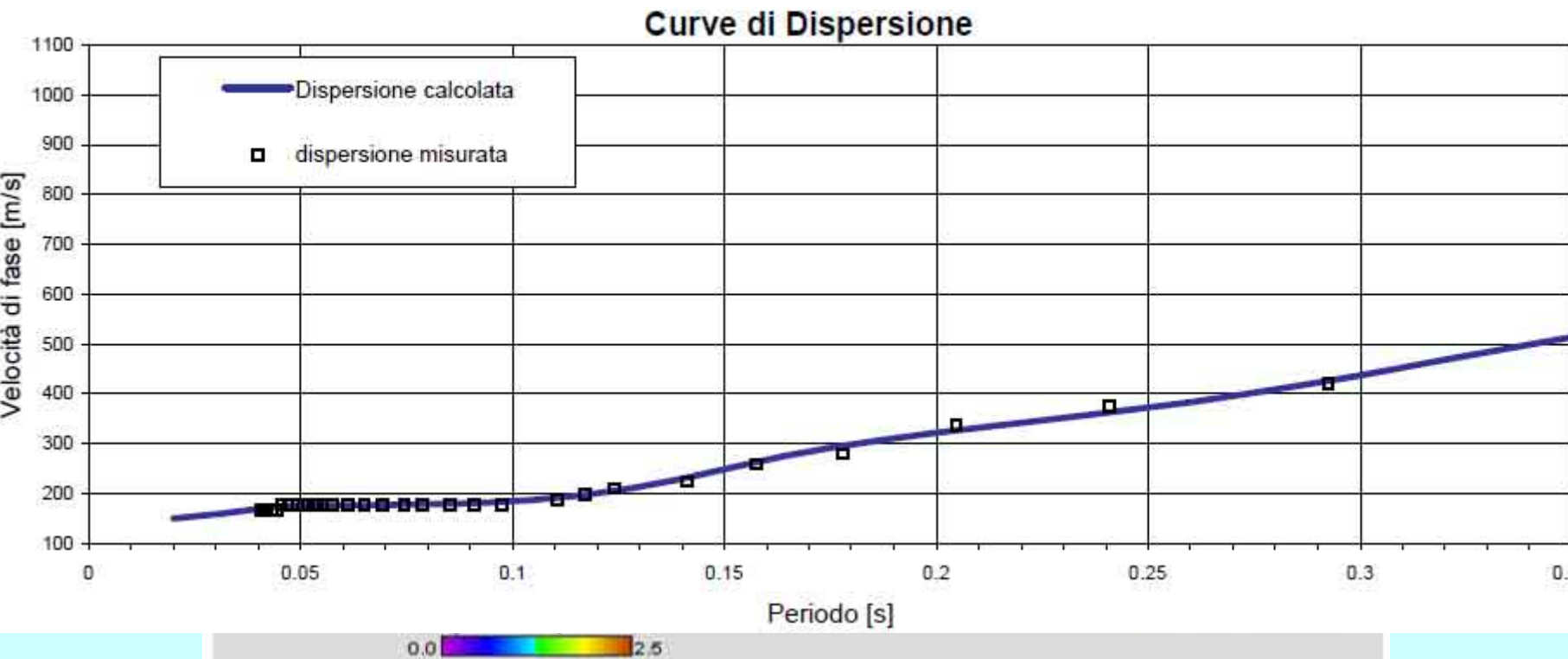
CASO C

- Stratigrafia



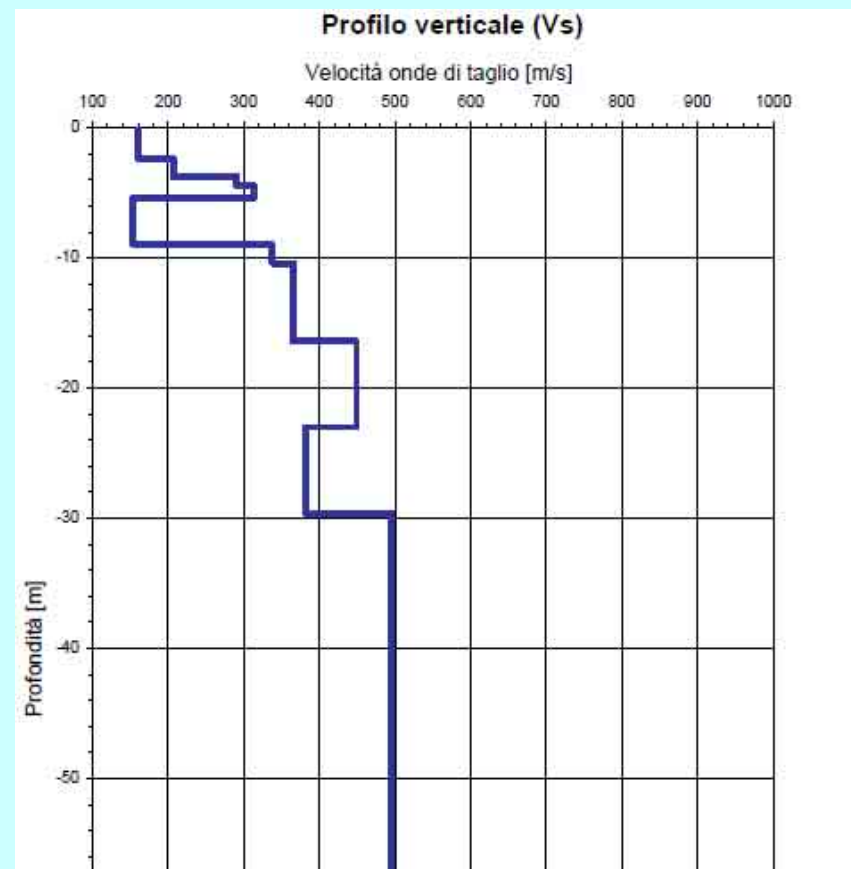
CASO C

- ReMi → 24 geofoni ad interdistanza di 3 m e a frequenza di 4,5 Hz*



**Profondità
dal p.c.** **Vs30
(m/s)** **Categoria suolo
di fondazione**

0m	289	C
1m	301	C
2m	314	C
3m	326	C

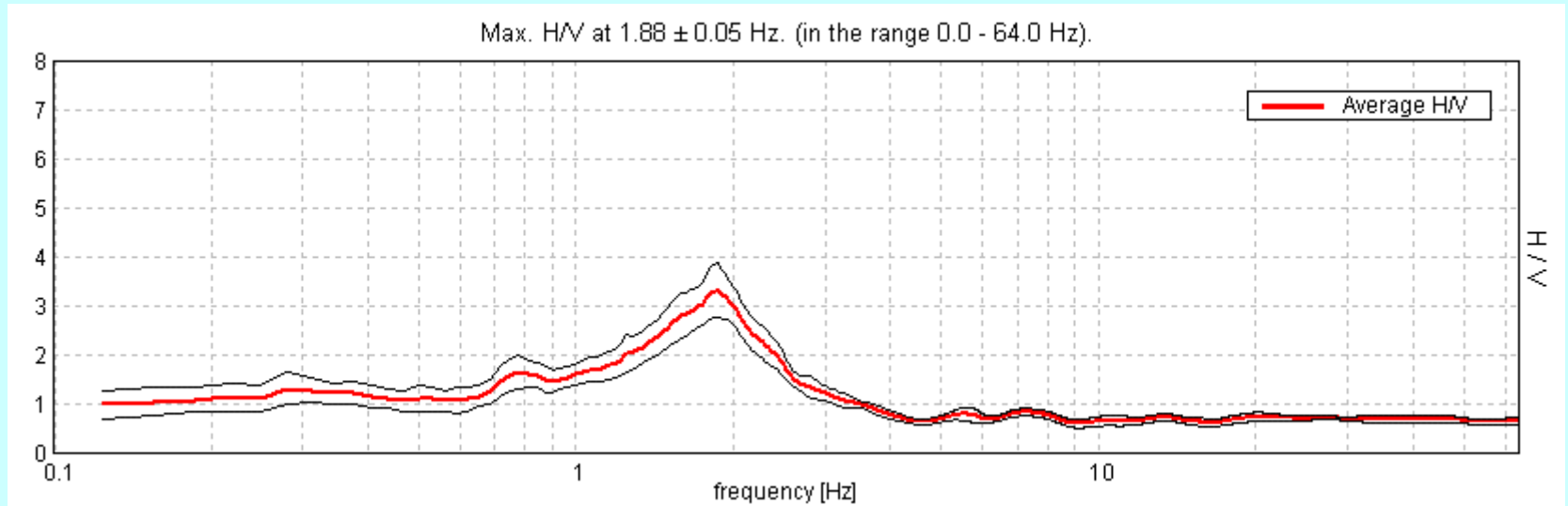


CASO C

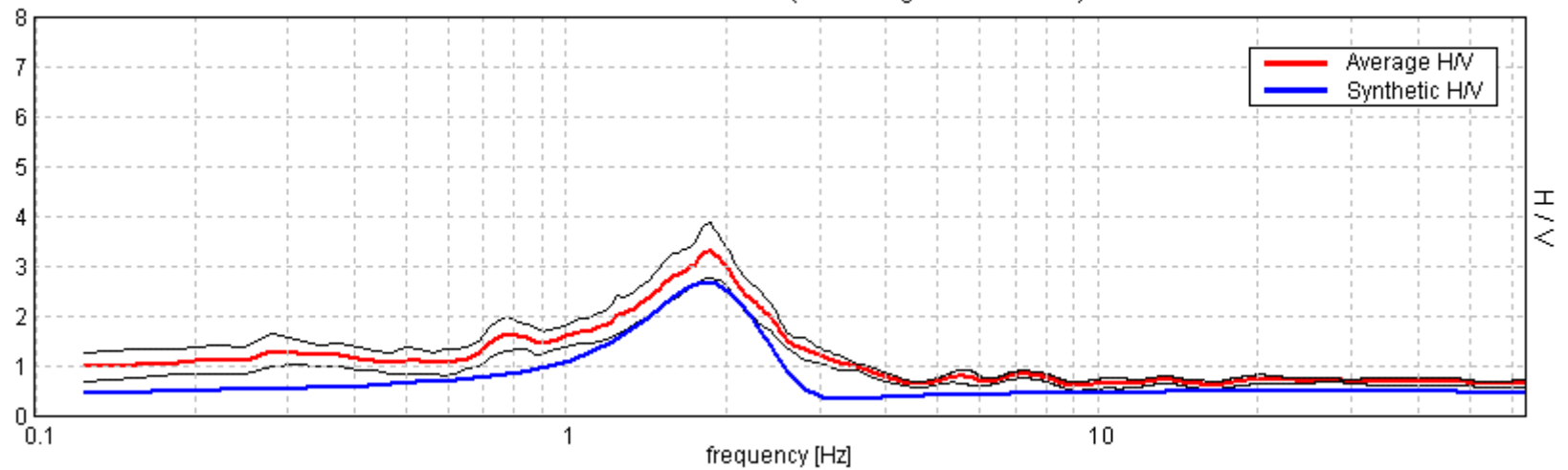
- *Indagine H/V con Tromografo digitale “Tromino”*

→ Frequenza di campionamento: 256 Hz

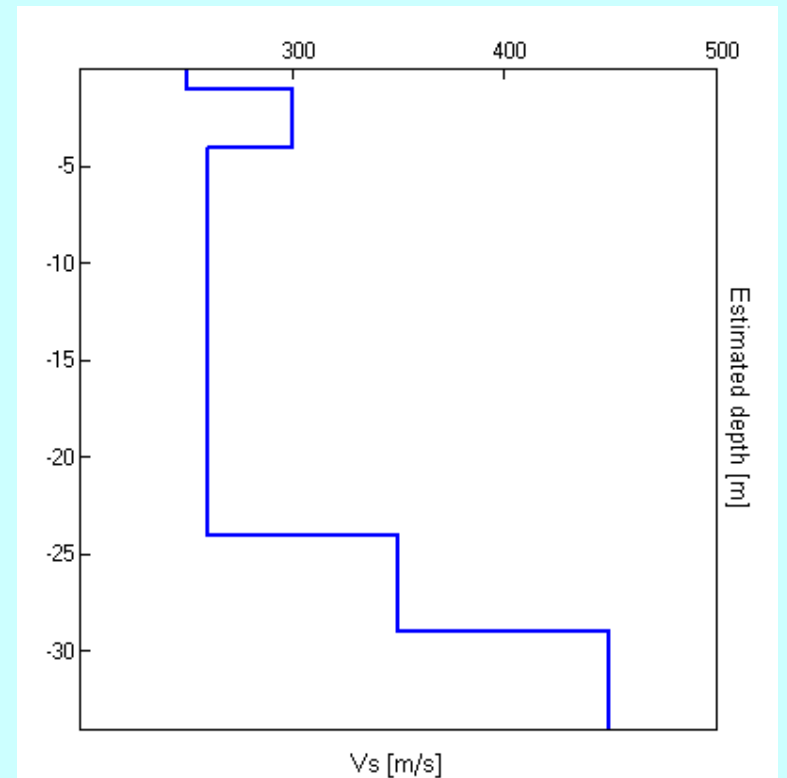
→ Tempo di acquisizione: 12 minuti



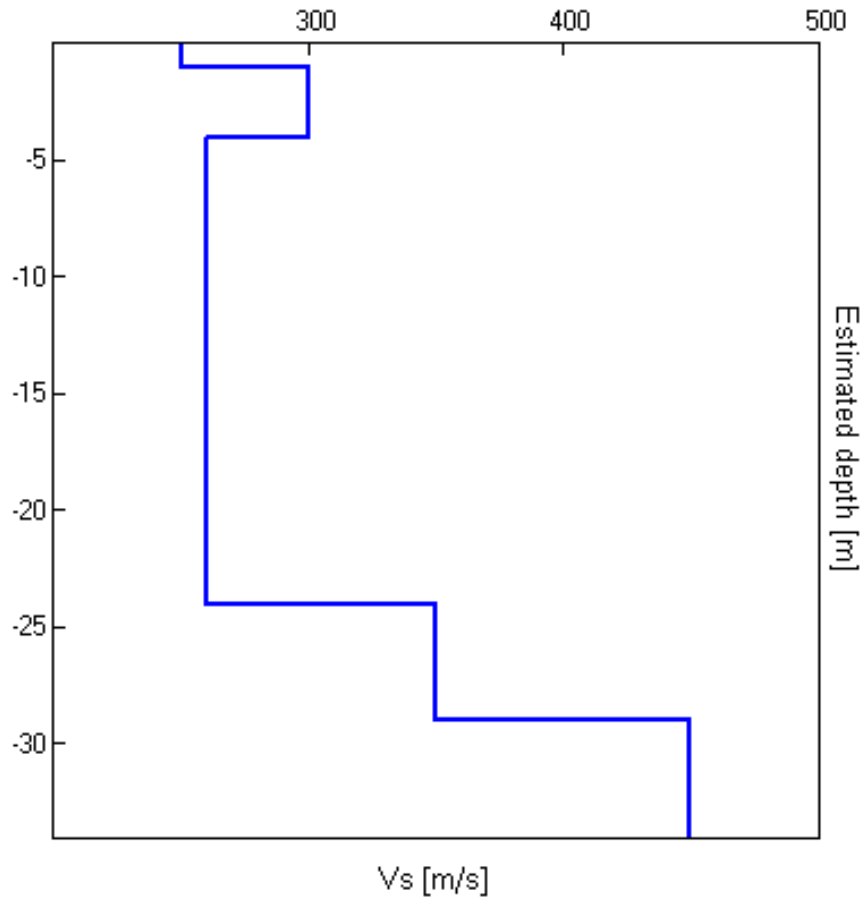
Max. H/V at 1.88 ± 0.05 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



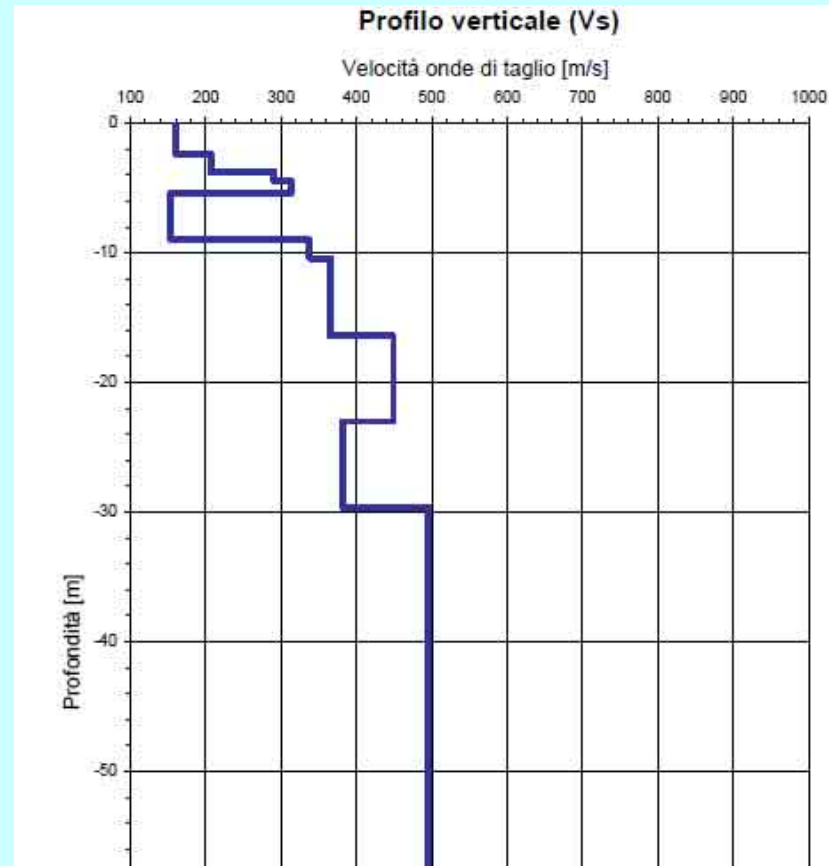
Profondità dal p.c.	Vs 30 (m/s)	Categoria Suolo di Fondazione
0 m	270	C
1 m	280	C
2 m	295	C
3 m	305	C



CONFRONTO DATI



Tromino



ReMi

CONFRONTO DATI

Profondità dal p.c.	Vs30 ReMi (m/s)	Categoria Suolo ReMi	Vs30 Tromino (m/s)	Categoria Suolo Tromino
0 m	289	C	270	C
1 m	301	C	280	C
2 m	314	C	295	C
3 m	326	C	305	C

È ottimo affiancare la misura in array con quella a stazione singola in quanto quest'ultima può:

- a) dare informazioni sulla natura 1D o 2D del sito;
- b) dare un modello di sottosuolo in termini di Vs per profondità maggiori di quelle ottenute da array;
- c) fornire una misura diretta della frequenza di risonanza;
- d) l'inversione congiunta delle due tecniche fornisce un modello più affidabile.

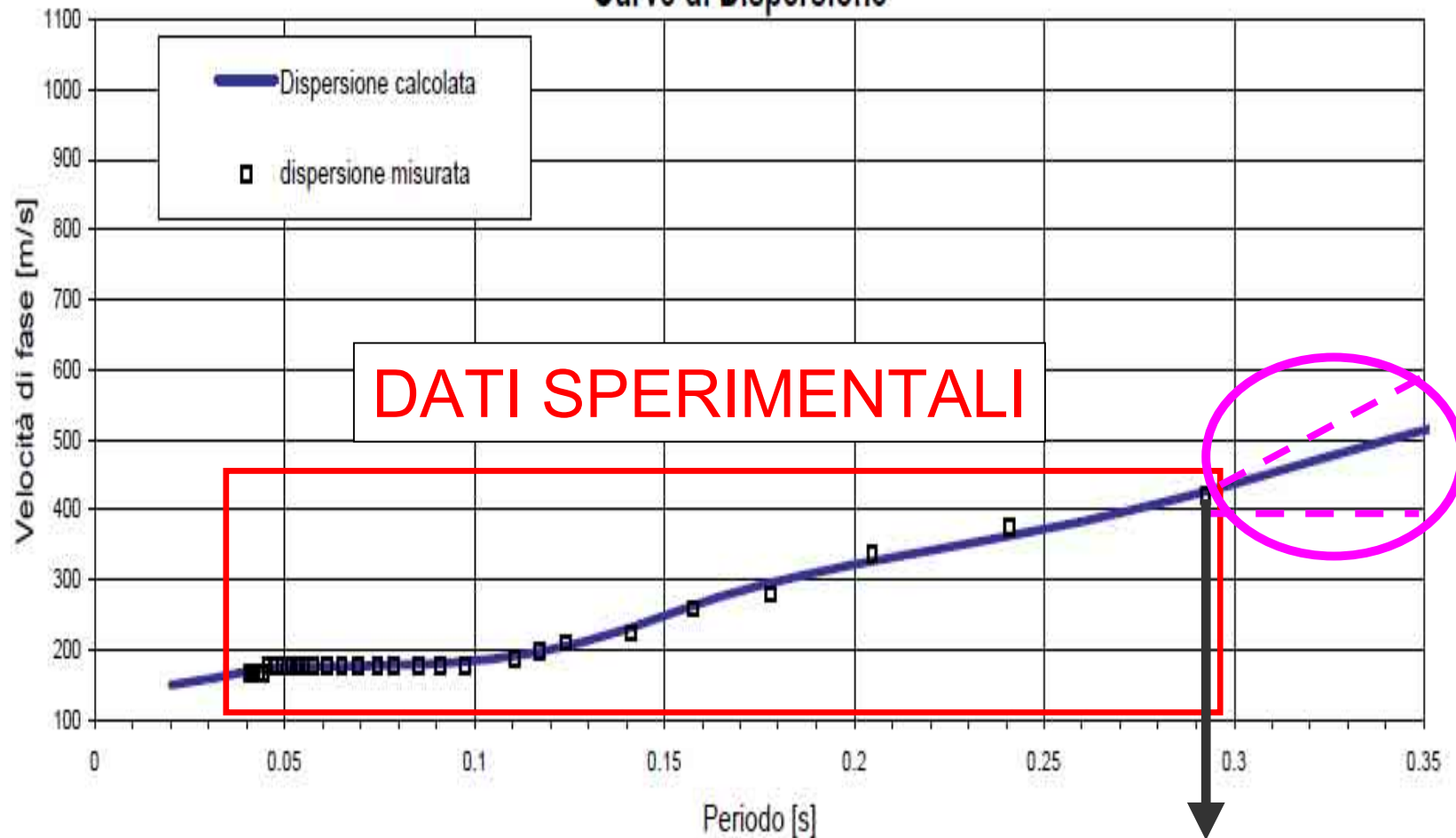
3. ARRAY \rightarrow ReMi

ATTENZIONE

- IL MODELLO V_s DEVE BASARSI SOLO SUI DATI SPERIMENTALI



Curve di Dispersione



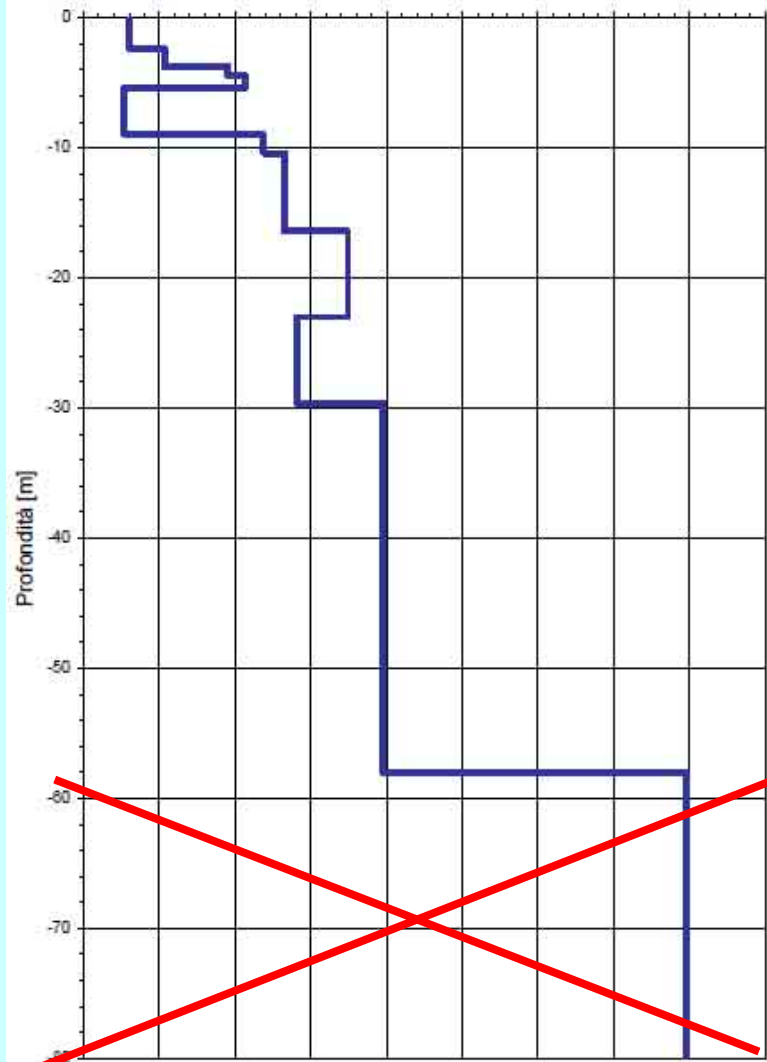
$$1/0.3 = 3.3333 \approx 3.4 \text{ Hz}$$

$$H \approx 29.42 \text{ m}$$

Profilo verticale (Vs)

Velocità onde di taglio [m/s]

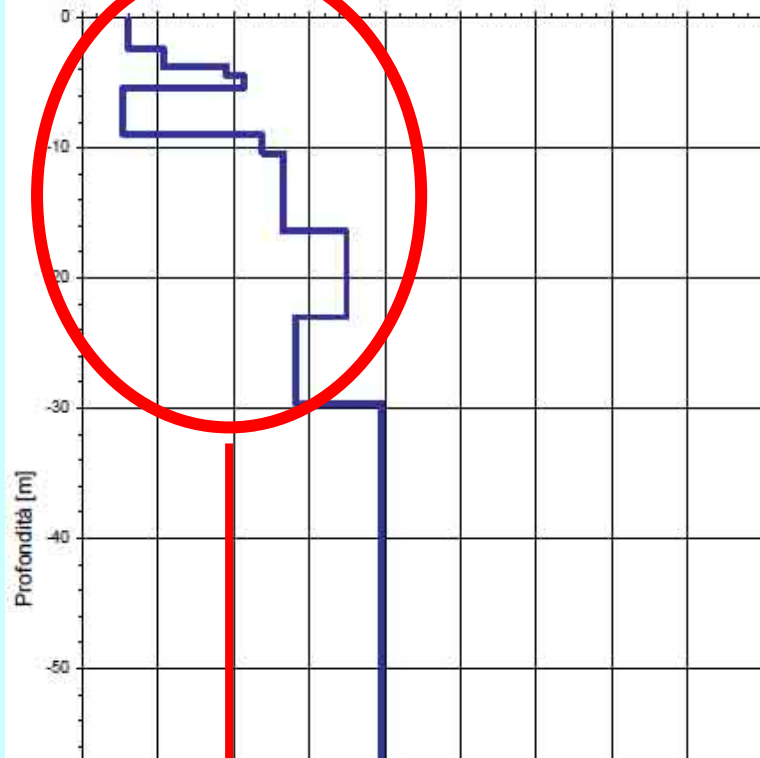
100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000



Profilo verticale (Vs)

Velocità onde di taglio [m/s]

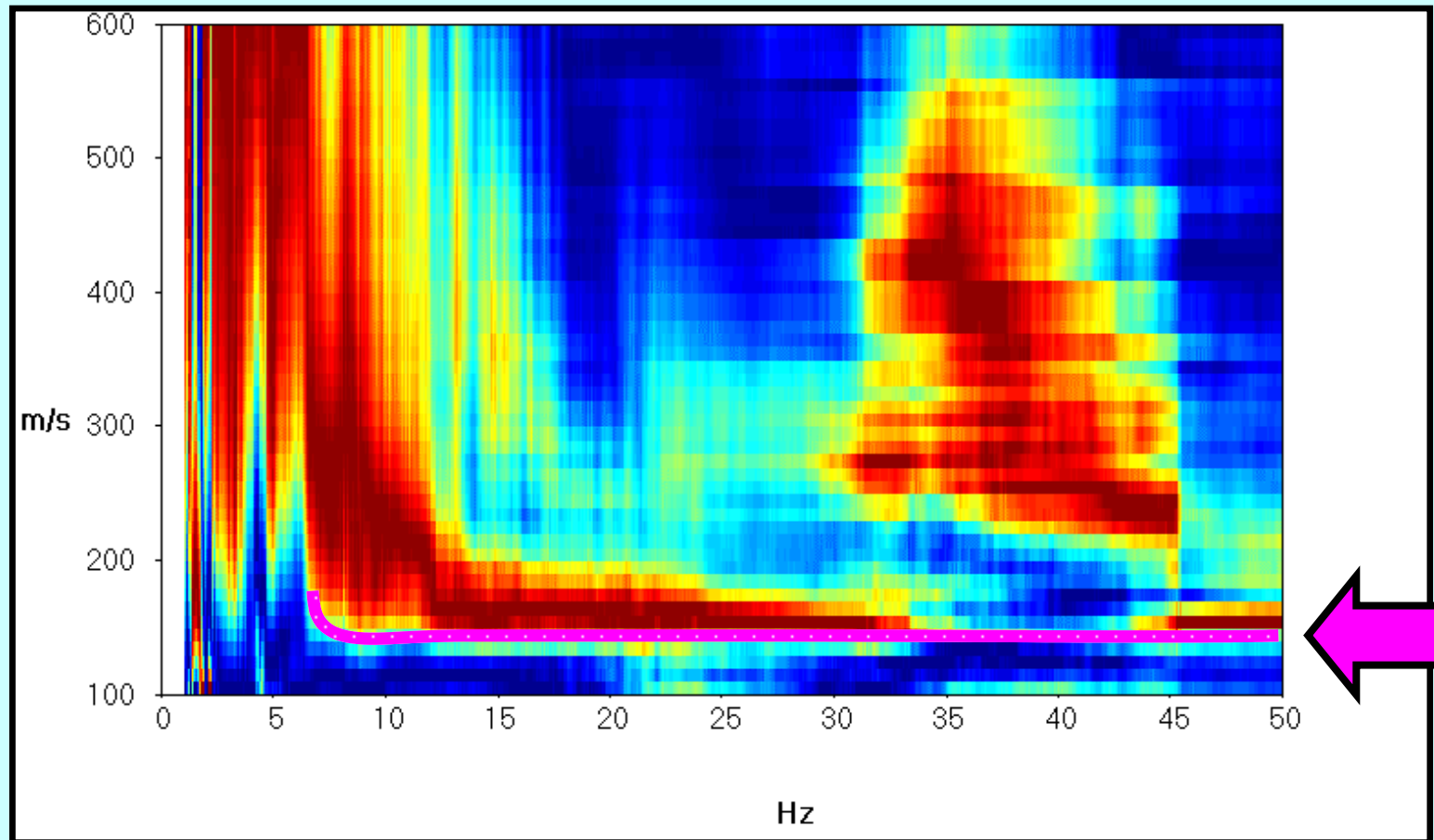
100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000



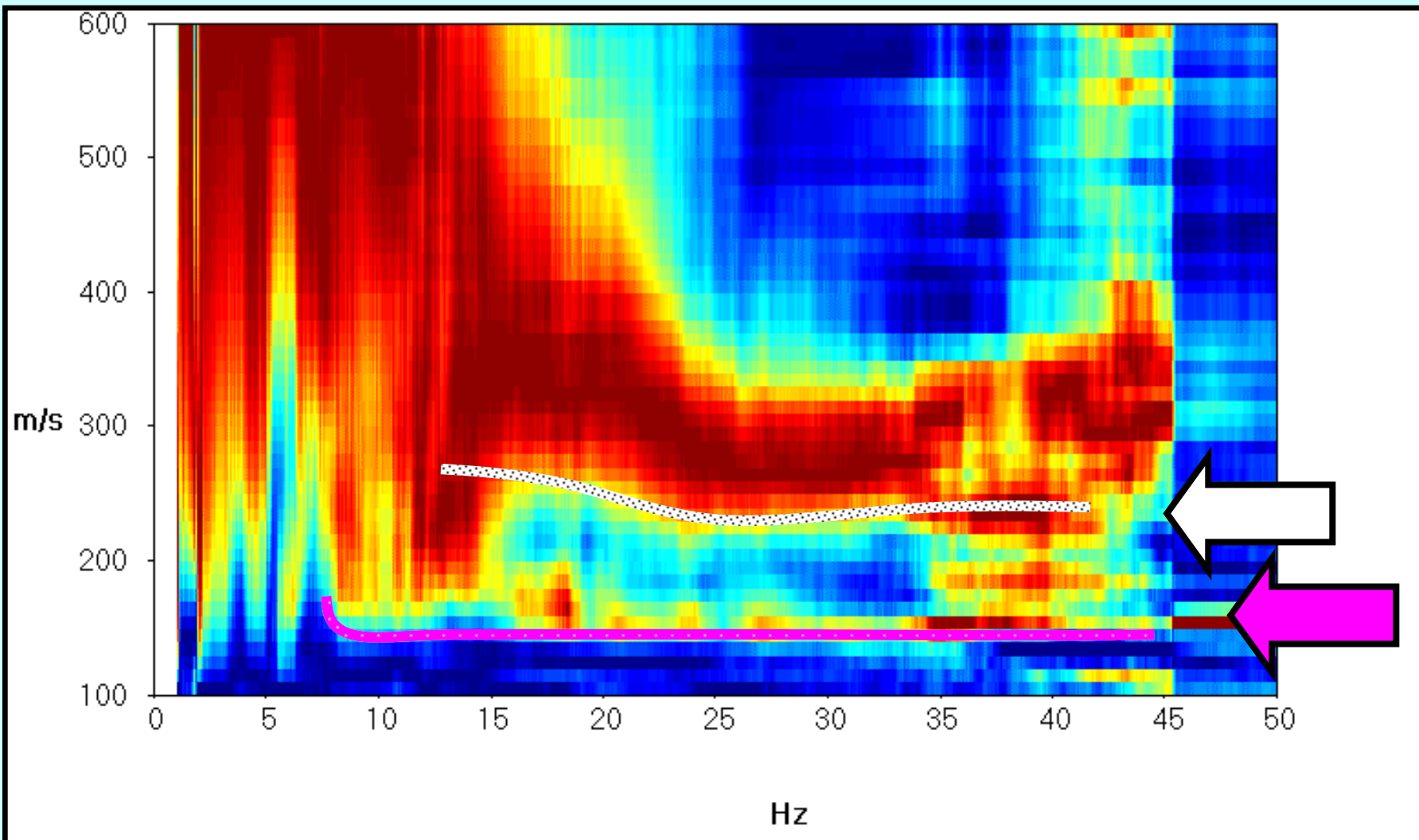
**SONO STRATI MATEMATICI
E NON FISICI**

- Il problema nell'interpretazione dei modi superiori

Modo fondamentale



Modo superiore





v01.jpg



v02.jpg



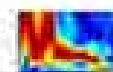
v03.jpg



v04.jpg



v05.jpg



v06.jpg



v07.jpg



v08.jpg



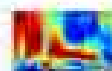
v09.jpg



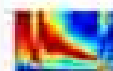
v10.jpg



v11.jpg



v12.jpg



v13.jpg



v14.jpg



v15.jpg



v16.jpg



v17.jpg



v18.jpg



v19.jpg



v20.jpg



v21.jpg



v22.jpg



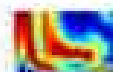
v23.jpg



v24.jpg



v25.jpg



v26.jpg



v27.jpg



v28.jpg



v29.jpg



v30.jpg



v31.jpg



v32.jpg



v33.jpg



v34.jpg



v35.jpg



v36.jpg



v37.jpg



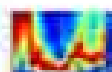
v38.jpg



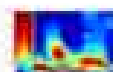
v39.jpg



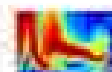
v40.jpg



v41.jpg



v42.jpg



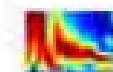
v43.jpg



v44.jpg



v45.jpg



v46.jpg



v47.jpg



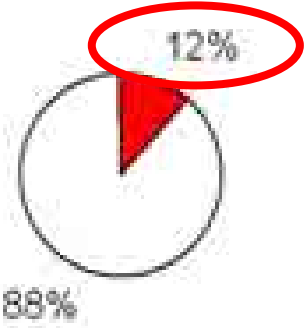
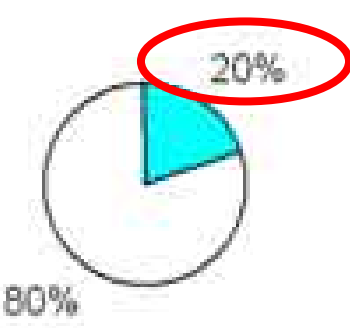
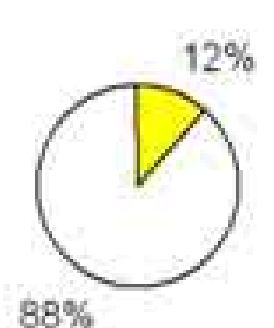
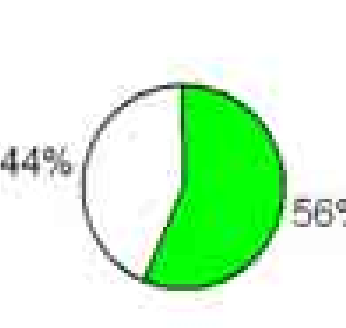
v48.jpg

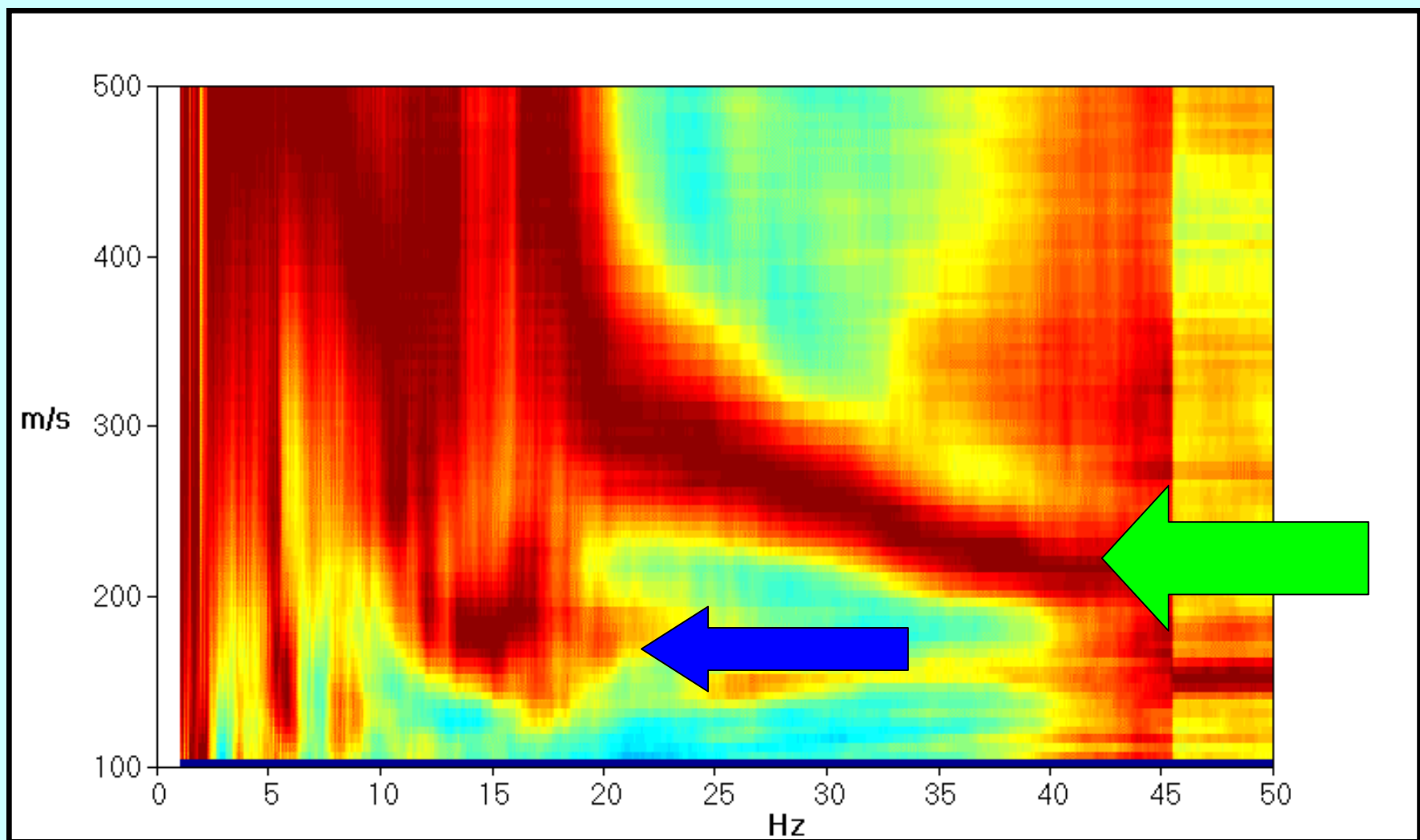


v49.jpg



v50.jpg

% di curve con modo fondamentale pre do minante	% di curve con modi superiori pre do minanti	% di curve con tutti i modi	% di curve non informative
 <p>88% 12%</p>	 <p>80% 20%</p>	 <p>88% 12%</p>	 <p>44% 56%</p>



È indispensabile campionare il segnale per almeno 10 minuti ed analizzare diverse decine di finestre di alcuni secondi al fine di riconoscere presenza e posizione di eventuali modi superiori (non eseguire una media), per evitare una sovrastima delle Vs30 e una classificazione dei terreni in Categorie di Sottosuolo diverse da quelle reali