

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. GEOLOGIA GESTIONE TERRE E BONIFICHE

PROGETTO DEFINITIVO

NODO DI TORINO  
COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA – TORINO  
PORTA NUOVA

ESITI GEOFISICA

SCALA:



COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

NT0P 00 D 69 IG GE0001 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	D. Roverselli	Luglio 2018	G. Riggi	luglio 2018	G. De Michele	luglio 2018	ITALFERR S.p.A. Dott. Geologo FRANCESCO MARCHETTI Resp. UO GEOLOGIA Ordine Geologi n. 178 ES 
								

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
1.1	ESEMPI DELLE ATTIVITÀ SVOLTE.....	4
2	PROVA “IN HOLE P-S” LOGGING .....	6
2.1	DESCRIZIONE E ACQUISIZIONE DATI PROVA “ <i>IN-HOLE P-S</i> ” LOGGING .....	6
2.2	ELABORAZIONE E RESTITUZIONE DEI DATI .....	7
2.3	ANALISI DEI RISULTATI .....	8
2.4	MASW / RE.MI. – RIFERIMENTO NORMATIVO ( <i>NTC 2018, DM 14/01/2018</i> ) .....	11
3	STENDIMENTI SISMICI CON METODO “MASW” E “RE.MI.” CENNI METODOLOGICI.....	12
3.1	MODALITÀ ESECUTIVE DELLA PROVA “MASW” E “RE.MI.” .....	13
3.2	ELABORAZIONE DATI SISMICI.....	14
3.3	ANALISI SEZIONI INTERPRETATIVE .....	15
3.4	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELL’ATTIVITÀ DI REGISTRAZIONE .....	16
	ALLEGATO 1 SPETTRI, CURVE DI DISPERSIONE LOG VELOCITÀ ONDE VS (MASW / RE.MI.).....	17

## 1 PREMESSA

A seguito dell'Ordine n. 100034476 di attivazione n. 3 su A.Q. n. 200001148 del 21.02.2018, sono state eseguite specifiche indagini geofisiche per la definizione delle caratteristiche dei terreni interessati dal Progetto Definitivo del collegamento diretto Torino Porta Nuova - Torino Porta Susa.

I rilievi geofisici sono stati eseguiti parallelamente all'asse ferroviario da Ovest verso Est; nei pressi di Largo Filippo Turati, interessando Corso turati e Via Jonio (inquadramento geografico in Figura 1).



Figura 1. Inquadramento dell'area di indagine su base aerea Google Earth.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA-  TORINO PORTA NUOVA</b>					
	<b>ESITI GEOFISICA</b>	COMMESSA NTOP	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A

L'attività si è articolata in differenti metodologie geofisiche strutturate in:

- N. 1 prova "In-Hole P-S" Logging in foro per la definizione del profilo Vs, denominato **PS-01**.
- N. 1 stendimento lineare 2D di 272 metri lineari corrispondente a n. 69 prove sismiche attive di tipo MASW, denominate da **M1** a **M69**, registrate mediante l'utilizzo di un "land streamer" con 24 geofoni intervallati a 2 m, spostando la catena di registrazione di 4 metri ad ogni energizzazione e calcolando il profilo Vs per ognuna delle acquisizioni. Le singole indagini sismiche MASW, normalmente finalizzate alla definizione dei valori di Vs<sub>30</sub>, sono state infine utilizzate per la ricostruzione di una sezione 2D in termini di velocità delle onde S.
- N. 3 prove sismiche passive di tipo ReMi, denominate da **R1** a **R3**, con stendimenti di 24 geofoni intervallati a 2 m, eseguiti in corrispondenza di specifiche prove Masw e funzionali a verificare l'andamento delle velocità delle onde S anche a profondità maggiori di quelle indagabili con il solo metodo Masw.

Di seguito vengono descritte le singole attività svolte e relativa interpretazione dei dati geofisici acquisiti unitamente agli allegati di riferimento e specifica documentazione fotografica.

### 1.1 Esempi delle attività svolte

#### INDAGINE SISMICA - Prova Re.Mi / MASW



Figura 2. Acquisizione notturna con Land Streamer nel settore terminale della sezione 2D.

INDAGINE SISMICA - Prova "In Hole P-S" Logging



Figura 3. Acquisizione della prova PS-01.

## 2 PROVA “IN HOLE P-S” LOGGING

In corrispondenza del sondaggio S1 opportunamente attrezzato è stata effettuata la prova “*In Hole P-S*” Logging, denominata PS-1 (Figura 4).



Figura 4. Registrazione della prova PS-1.

### 2.1 Descrizione e acquisizione dati prova “*In-Hole P-S*” Logging

La tecnica del “*In-Hole P-S*” Logging consiste nel misurare i tempi di primo arrivo delle onde sismiche P e S, generate da una specifica sorgente in foro, ad una coppia di geofoni tridimensionali posti ad una distanza di 1 metro l’uno dall’altro, a loro volta posizionati a 2 metri dalla sorgente stessa (Figura 5).

La sonda, di lunghezza complessiva pari a 3 metri, monta specifici geofoni da foro dotati di frequenza propria pari a 10 Hz, e tramite un apposito sistema di ancoraggio viene resa solidale al *casing* del foro. La distanza della sorgente dai ricevitori è calibrata in funzione del materiale da investigare.

In superficie la sonda è connessa ad un sismografo Geode della Geometrics, oltre che al sistema pneumatico di controllo dell’ancoraggio.

La procedura di acquisizione dati prevede la registrazione a partire dal fondo del foro con risalita sino alla sommità, acquisendo le informazioni sismiche con passo di un metro lungo la verticale.

I parametri di acquisizione utilizzati sono stati i seguenti:

- Tempo di campionamento (*sampling frequency*): 0.250 ms
- Tempo di acquisizione (*time window*): 100 ms
- Pre-trigger: 10 ms

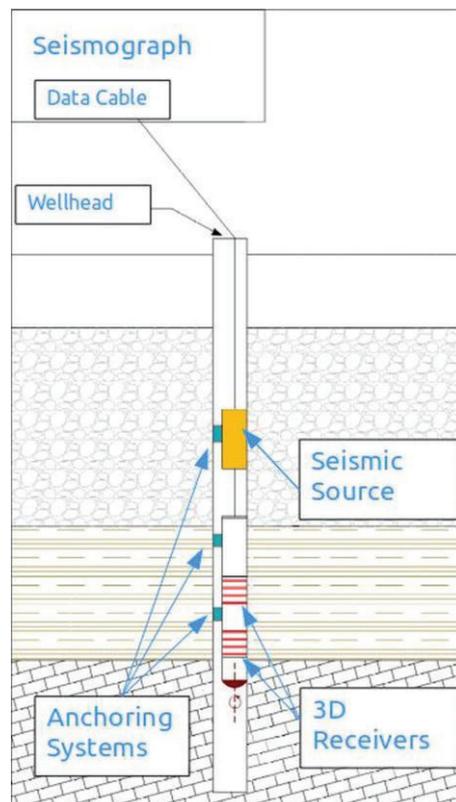


Figura 5. Schema di acquisizione PS.

A differenza del *Down-Hole*, la tecnica “*In-Hole P-S*” Logging consente di indagare profondità ben oltre i consueti 30 metri, grazie all’energizzazione effettuata direttamente in foro che evita le problematiche legate alla dissipazione dell’energia tipiche dell’energizzazione eseguita in superficie.

## 2.2 Elaborazione e restituzione dei dati

I sismogrammi registrati sono stati preventivamente “tagliati” a 35 ms e riorganizzati (Figura 6) in modo da poter confrontare direttamente i tempi di arrivo degli impulsi sismici nelle componenti omologhe dei due ricevitori (onde P in geofono 1 vs onde P in geofono 2, onde Sx in geofono 1 vs onde Sx in geofono 2, onde Sy in geofono 1 vs onde Sy in geofono 2).

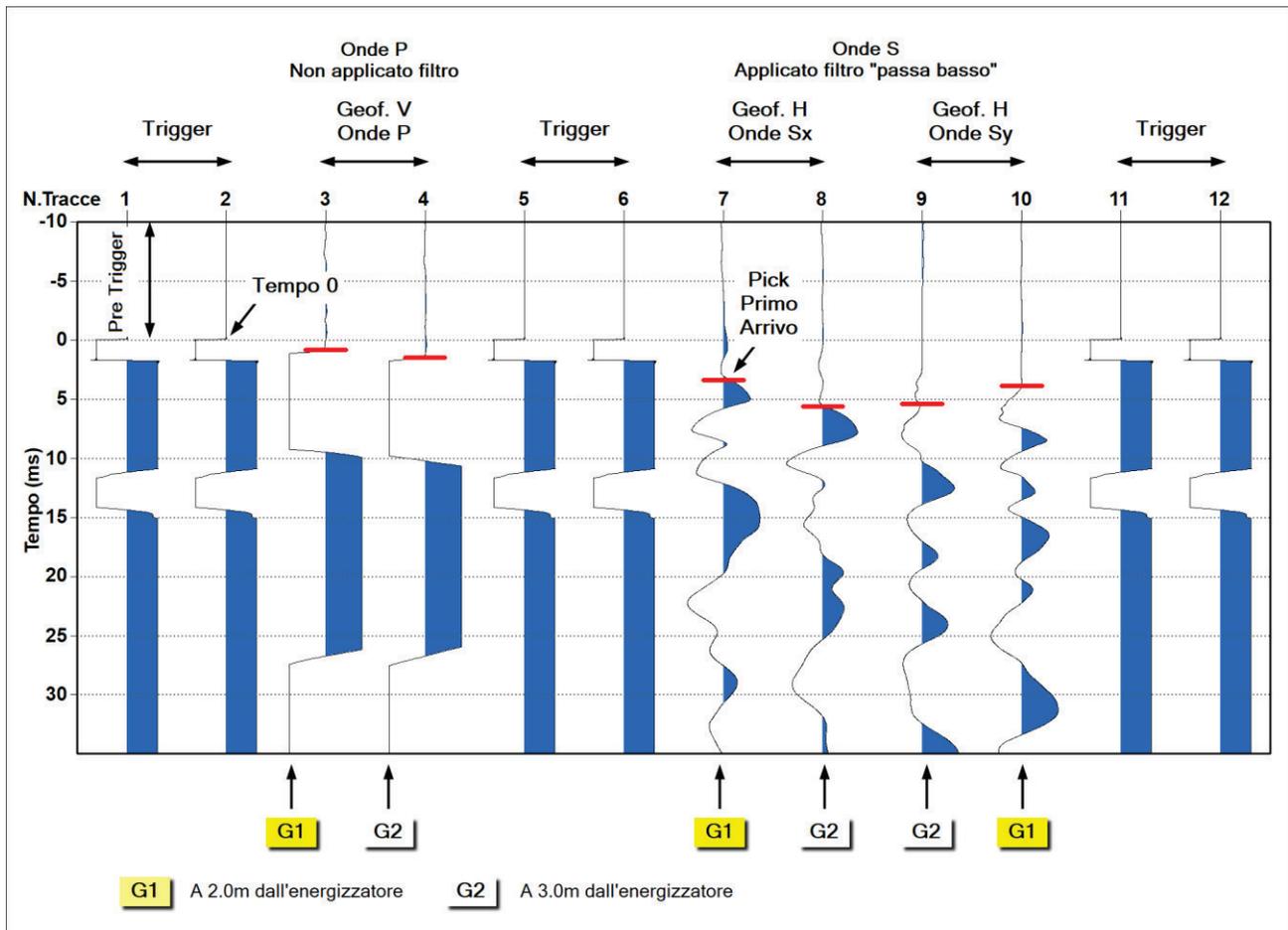


Figura 6. Esempio di lettura dei tempi nella prova In Hole P-S Logging.

Per ciascuna coppia di tracce (P, Sx e Sy) la velocità sismica calcolata, tramite la differenza dei tempi di arrivo tra i due ricevitori posti alla distanza prefissata, per ciascun intervallo di misura, ha consentito la ricostruzione del Grafico Velocità riportato di seguito.

Come prodotto finale, tramite i valori di velocità VP e VS, sono stati calcolati i valori dei principali parametri caratterizzanti i materiali interessati dall'indagine, riportati nella Tabella Parametri unitamente alle differenze dei tempi di arrivo, le velocità sismiche d'intervallo e le VP e VS calcolate ad intervalli di 1 metro. In dettaglio:

- Velocità Onde P= VP
- Velocità Onde S= VS
- Rapporto VP/VS
- Rapporto di Poisson  $\sigma$
- Modulo di taglio G din
- Modulo di Young E din
- Modulo di compressione Ev

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA-</b> <b>TORINO PORTA NUOVA</b>					
<b>ESITI GEOFISICA</b>	COMMESSA NTOP	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 8 di 20

A tale proposito si precisa che, per il calcolo dei moduli dinamici sono stati utilizzati i valori di peso di volume ( $\gamma$ ) stimati sulla base delle litologie presenti.

### 2.3 Analisi dei risultati

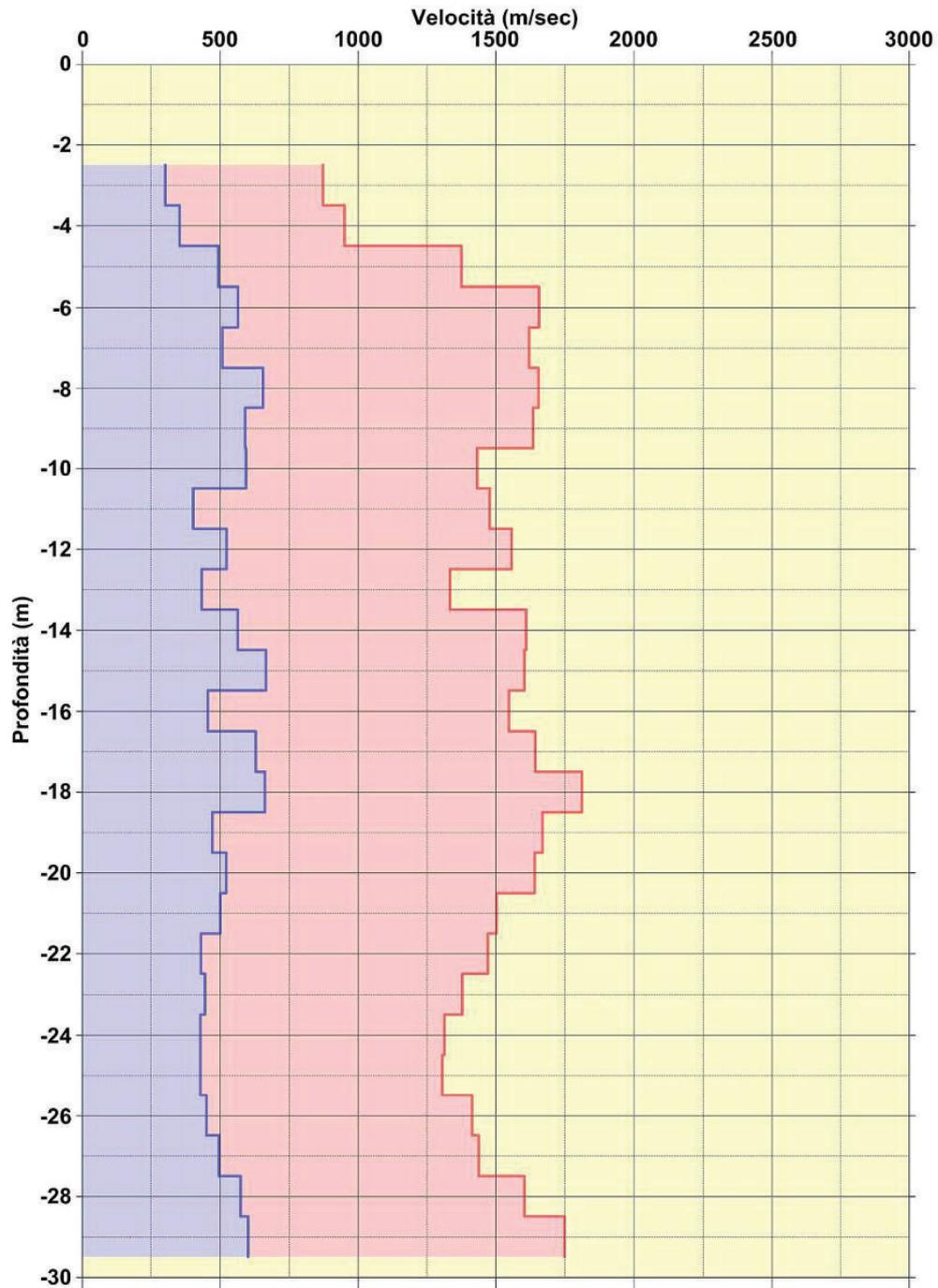
I risultati acquisiti e sintetizzati negli elaborati descritti possono essere riassunti come segue:

- **V<sub>p</sub>**: fino a -4.5 m dal p.c. valori inferiori a 1000 m/s, seguono sino a -21.5 m dal p.c. valori medi di 1500 m/s; da -21.5 a -27.5 m dal p.c. è osservabile un'inversione di velocità su valori di circa 1300 m/s per poi tornare su valori di 1500 m/s;
- **V<sub>s</sub>**: mostrano un andamento simile a quello mostrato dalle onde P; in superficie si osservano valori inferiori a 400 m/s, crescenti da -4.5 a -21.5 m dal p.c., con valori tipici compresi tra 500 e 700 m/s; più in profondità si conferma l'inversione con velocità che tornano su valori di circa 400 m/s fino a -27.5 m dal p.c., per poi tornare su valori maggiori di 500 m/s.

**GRAFICO VELOCITÀ**

Indagine sismica "In-Hole P-S"  
con energizzazione e registrazione in un unico foro

**PS-1**



Velocità  
Onde VSH



Velocità  
Onde VP



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>  <b>COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA- TORINO PORTA NUOVA</b>					
	<b>ESITI GEOFISICA</b>	COMMESSA NTOP	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A

## 2.4 MASW / Re.Mi. – Riferimento normativo (NTC 2018, DM 14/01/2018)

La normativa D.M. 14.01.08 “Norme tecniche per le costruzioni” aggiornate con D.M. del 17 gennaio 2018, afferma che ai fini della definizione della azione sismica di progetto (punto 3.2.2), deve essere valutata l’influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ .

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall’espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

- $h_i$  spessore dell’i-esimo strato;
- $V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell’i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato 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.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l’utilizzo dell’approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

**Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l’utilizzo dell’approccio semplificato.**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 delle NTC 2018.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>  <b>COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA-          TORINO PORTA NUOVA</b>					
	<b>ESITI GEOFISICA</b>	COMMESSA NTOP	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A

### 3 STENDIMENTI SISMICI CON METODO “MASW” E “RE.MI.” CENNI METODOLOGICI

Il metodo Masw (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o 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. 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 nell'indagine, 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 generalmente 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 30m-50m, in funzione della rigidità 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 50m, in funzione della rigidità del suolo.

L'elaborazione dei dati con il metodo MASW prevede tre fasi di lavoro:

1. la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale,
2. la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica,
3. la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , modificando opportunamente lo spessore  $h$ , le velocità delle onde di taglio  $V_s$  e di compressione  $V_p$  (o in maniera alternativa alle velocità  $V_p$  è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono 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.

Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o con procedura automatica o con una combinazione delle due. Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson, la densità di massa e si variano lo spessore  $h$  e la velocità  $V_s$  degli strati.

Nella procedura manuale l'utente assegna per tentativi diversi valori delle velocità  $V_s$  e degli spessori  $h$ , cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale. Nella procedura automatica la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica. In genere quando l'errore relativo, tra curva sperimentale e curva numerica è compresa tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

La tecnica di prospezione “Refraction Microtremor“ (Re.Mi), utilizzata nell'ambito di questo progetto, capovolge il concetto comune del parametro “segnale-disturbo”, per il quale tradizionalmente il primo (segnale) ha necessità di essere rilevato in condizioni favorevoli quindi in assenza o scarsità di rumore. Viceversa, in presenza di forte rumore di fondo (es. ambiente urbano), le tradizionali rilevazioni sismiche hanno sempre trovato una condizione di difficile applicazione a causa della difficoltà di discriminare il segnale dal rumore.

Con questa nuova tecnica, il disturbo, il “noise” ambientale diventa il segnale utilizzato per la caratterizzazione sismica. Sono i microtremori (rumore di fondo generato dal traffico stradale, ferroviario e comunque il rumore presente costantemente in ambito urbanizzato) a costituire la sorgente di energia utile allo scopo.

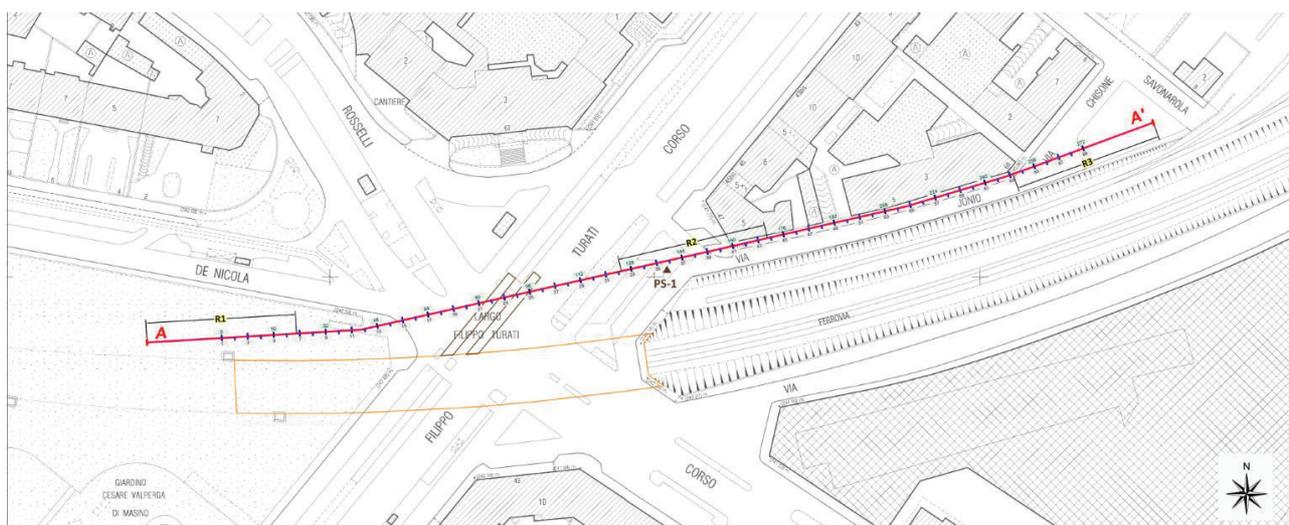
Numerose sperimentazioni hanno consentito di appurare che le registrazioni del rumore di fondo ambientale, effettuate con uno stendimento sismico normalmente utilizzato per la sismica a rifrazione, possono essere utilizzate, con opportune procedure di acquisizione e elaborazione, per stimare la velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) fino a profondità che possono essere superiori a 100m. La metodologia d’indagine più applicata per la determinazione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio  $V_s$ , è stata proposta e sperimentata da J.N.Louie del Seismological Laboratory and Dept. of Geological Sciences dell’Università del Nevada, ed è basata su due aspetti fondamentali:

- uno pratico, rappresentato dal fatto che alcuni sistemi di acquisizione di sismica a rifrazione (con dinamica a 24bit) sono in grado di registrare onde di superficie con frequenze fino a 2 Hz per intervalli di tempo sufficientemente lunghi (almeno 10 sec);
- uno teorico, sulla base del quale una semplice trasformata bidimensionale (p-f) slowness-frequency della registrazione di un rumore di fondo (microtremor) è in grado di separare le onde di Rayleigh (onde di superficie) da altri tipi di onde che compongono il sismogramma, rendendo possibile il riconoscimento delle vere velocità di fase dalle velocità apparenti.

### 3.1 Modalità esecutive della prova “MASW” e “Re.Mi.”

L’acquisizione dei dati per la definizione della  $V_s$  è stata realizzata tramite la registrazione del rumore ambientale, impiegando geofoni da 4.5Hz, ed un acquisitore digitale a 24 canali della Geometrics tipo “Geode” con dinamica a 24bit.

La registrazione del segnale sismico è stata eseguita mediante “land streamer” con 24 geofoni intervallati di 2 metri, con energizzazione a 4 metri dal primo geofono nel caso del MASW. La configurazione geofoni e punto di battuta è stata traslata da est verso ovest e shiftata di 4 metri ad ogni energizzazione, per 69 volte. In punti prestabiliti dello stendimento sono state eseguite registrazioni di tipo ReMi (da R1 a R3).



**Figura 7. Planimetria di inquadramento delle prove MASW e ReMi eseguite (estratto fuori scala).**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>  <b>COMPLETAMENTO LINEA DIRETTA TORINO PORTA SUSA-          TORINO PORTA NUOVA</b>					
	<b>ESITI GEOFISICA</b>	COMMESSA NTOP	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A

### 3.2 Elaborazione dati sismici

I dati della prova “MASW” sono stati elaborati con il software “WinMasw – Eliosoft”.

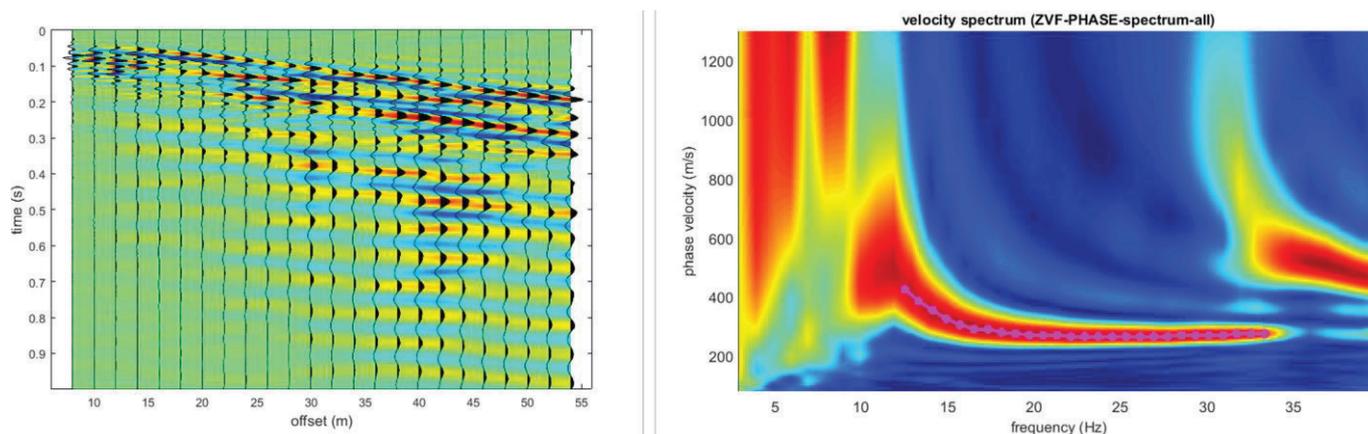
Per la metodologia “Re.Mi.” per l’elaborazione dei dati si è utilizzato il pacchetto software SeisOpt Re.Mi. 5.0 prodotto dalla Optim Software LLC.



Come prima fase è stata eseguita un’analisi spettrale del sismogramma che ha consentito di elaborare una immagine della distribuzione del segnale di velocità sismica in funzione delle diverse frequenze che lo compongono. Da tale elaborazione è stata estrapolata la curva di attenuazione del segnale caratteristico e in funzione del suo andamento (curva di dispersione) si è risaliti alla stratigrafia sismica in termini di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ).

La velocità delle onde di taglio, essendo legata alle caratteristiche dello scheletro del materiale, costituisce un parametro di grande rilevanza per la definizione delle caratteristiche geomeccaniche dei materiali. Risulta evidente che a velocità elevate corrispondono materiali con buone caratteristiche geomeccaniche, viceversa a bassi valori corrispondono materiali con scadenti caratteristiche geotecniche.

Dei 69 MASW acquisiti, non tutti hanno permesso la ricostruzione di un accettabile profilo di  $V_s$ . Vista l’elevata numerosità delle prove eseguite la mancanza di alcuni profili non ha compromesso la bontà dell’elaborazione finale.



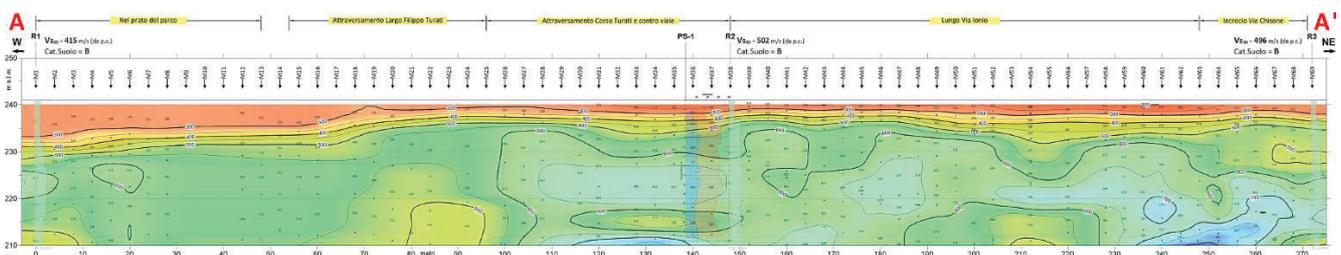
**Figura 8. Esempio di elaborazione e picking di una prova MASW.**

La tabella seguente sintetizza i valori di  $V_{s30}$  calcolati e conseguente categoria di suolo sismico per i primi 10 metri di profondità da piano campagna. Nel complesso si osserva che il suolo risulta sempre di categoria B qualunque sia il piano di imposta delle fondazioni da piano campagna sino a -10 metri.

Sigla Prova	R1	R2	R3
<b>Profondità piano di fondazione</b>	<b>Vs<sub>30</sub> (m/sec) / Cat. Suolo</b>		
p.c.	415 / B	502 / B	496 / B
-1 m p.c.	423 / B	524 / B	511 / B
-2 m p.c.	431 / B	547 / B	528 / B
-3 m p.c.	440 / B	573 / B	546 / B
-4 m p.c.	449 / B	602 / B	569 / B
-5 m p.c.	459 / B	609 / B	580 / B
-6 m p.c.	468 / B	615 / B	584 / B
-7 m p.c.	478 / B	620 / B	589 / B
-8 m p.c.	489 / B	626 / B	594 / B
-9 m p.c.	499 / B	630 / B	599 / B
-10 m p.c.	498 / B	635 / B	606 / B

### 3.3 Analisi sezioni interpretative

I profili di Vs così calcolati, sono stati quindi elaborati in una sezione 2D (AA') riportata in scala X=1:500, Y=1:500 nell'elaborato PROGR 002.



**Figura 9. Miniatura fuori scala della sezione AA'.**

L'analisi dei dati elaborati ha permesso di definire in linea generale due differenti unità geofisiche correlabili a differenti valori di velocità sismica Vs.

- I. **Unità superficiale:** unità di media densità, con velocità sismica Vs variabile fra 200 – 350 m/sec, continua su tutta la sezione indagata seppur con diversi spessori, tendenzialmente maggiori nel settore ovest;
- II. **Unità sottostante:** unità a maggior compattazione e/o presenza di materiali grossolani, a velocità sismica Vs più elevata e variabile tra 400 e 800 m/s; la distribuzione delle Vs all'interno dell'unità è discontinua e risulta essere più omogenea nel settore occidentale; in particolare nel settore centrale e orientale sono osservabili inversioni di velocità (compatibili con quanto emerso dalla prova PS-1), oltre ad alcune modeste aree caratterizzate da Vs maggiori di 700 m/s probabilmente interessate dalla presenza di lenti di conglomerato.

### 3.4 Documentazione fotografica dell'attività di registrazione



Stendimento sismico per registrazione Re.Mi. / MASW



Energizzazione Prova MASW



Attrezzatura di registrazione

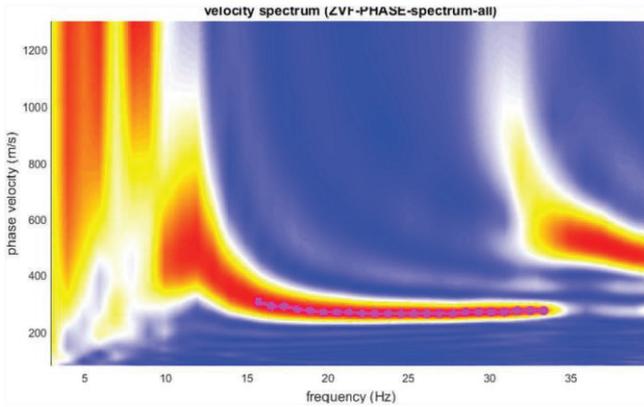
**ALLEGATO 1**  
**SPETTRI, CURVE DI DISPERSIONE**  
**LOG VELOCITÀ ONDE  $V_s$  (Masw / Re.Mi.)**

e

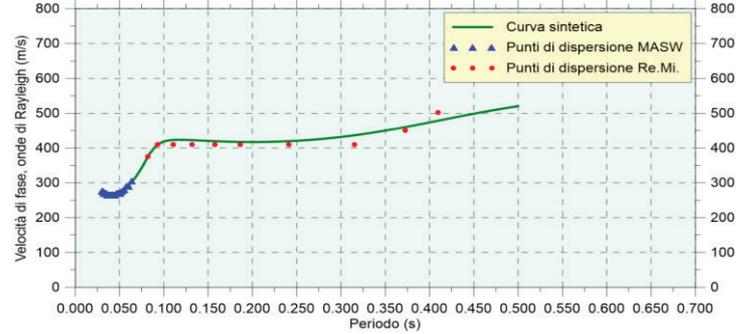
**R1 / R2 / R3**

**Prova Masw/Re.Mi. - R1**

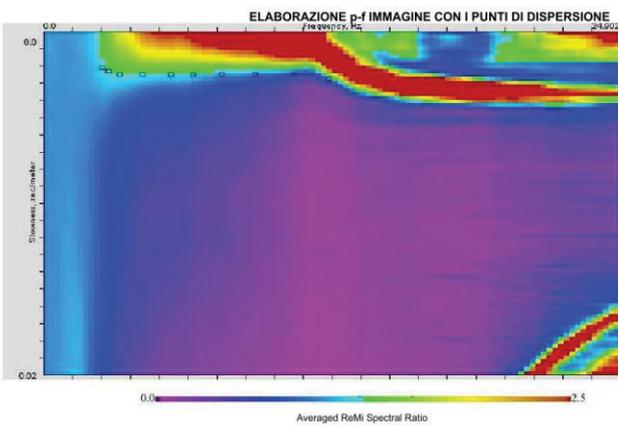
**PROVA MASW - Spettro medio**



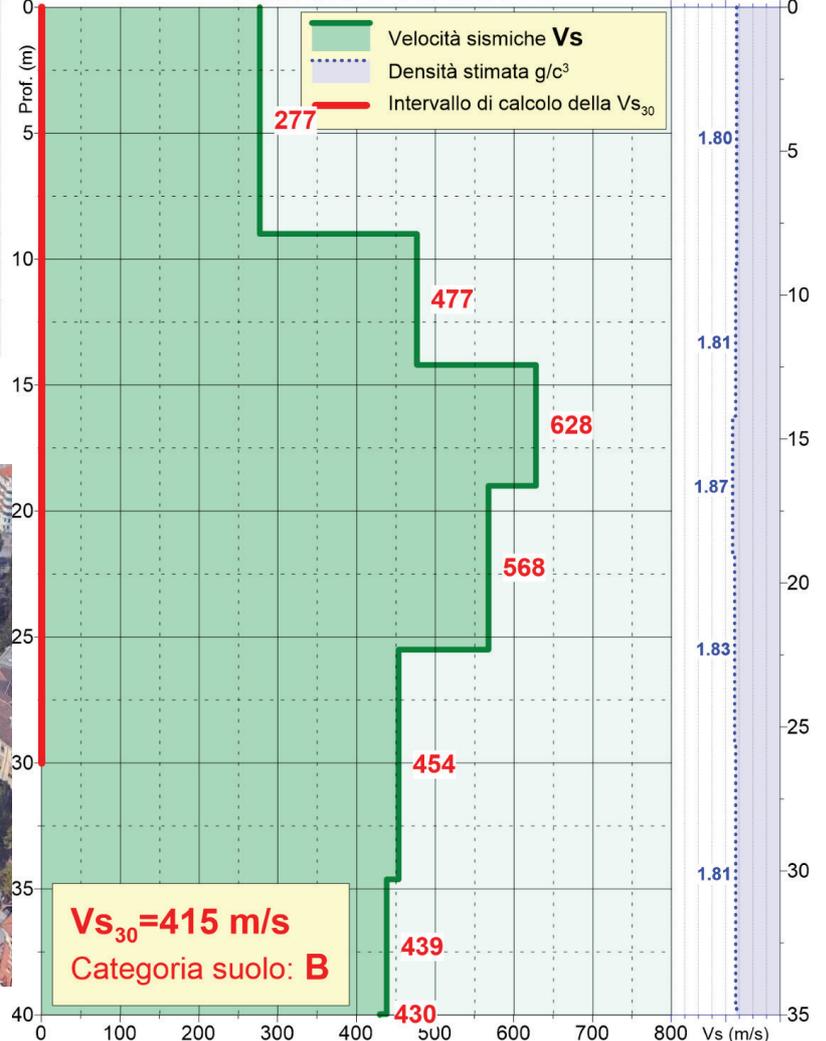
**CURVA DI DISPERSIONE**



**PROVA REMI - Spettro medio**



**PROFILO VELOCITÀ Vs**

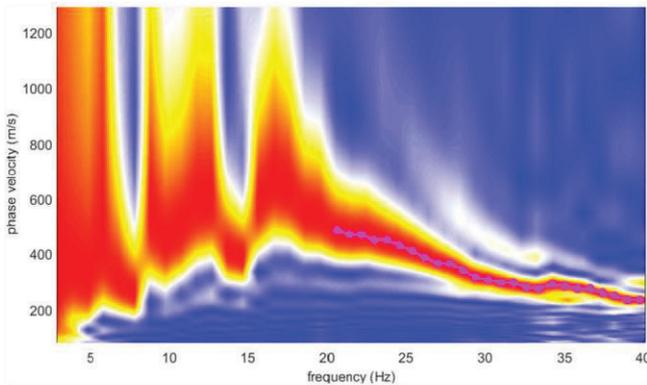


**Ubicazione prova**

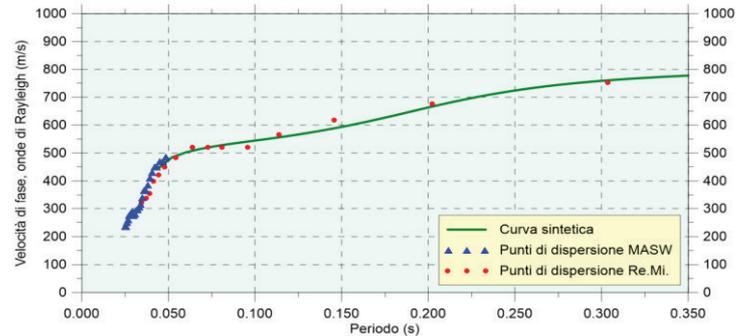


## Prova Masw/Re.Mi. - R2

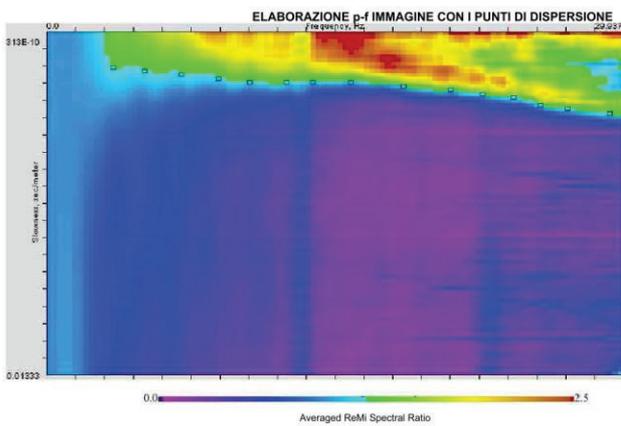
**PROVA MASW - Spettro medio**



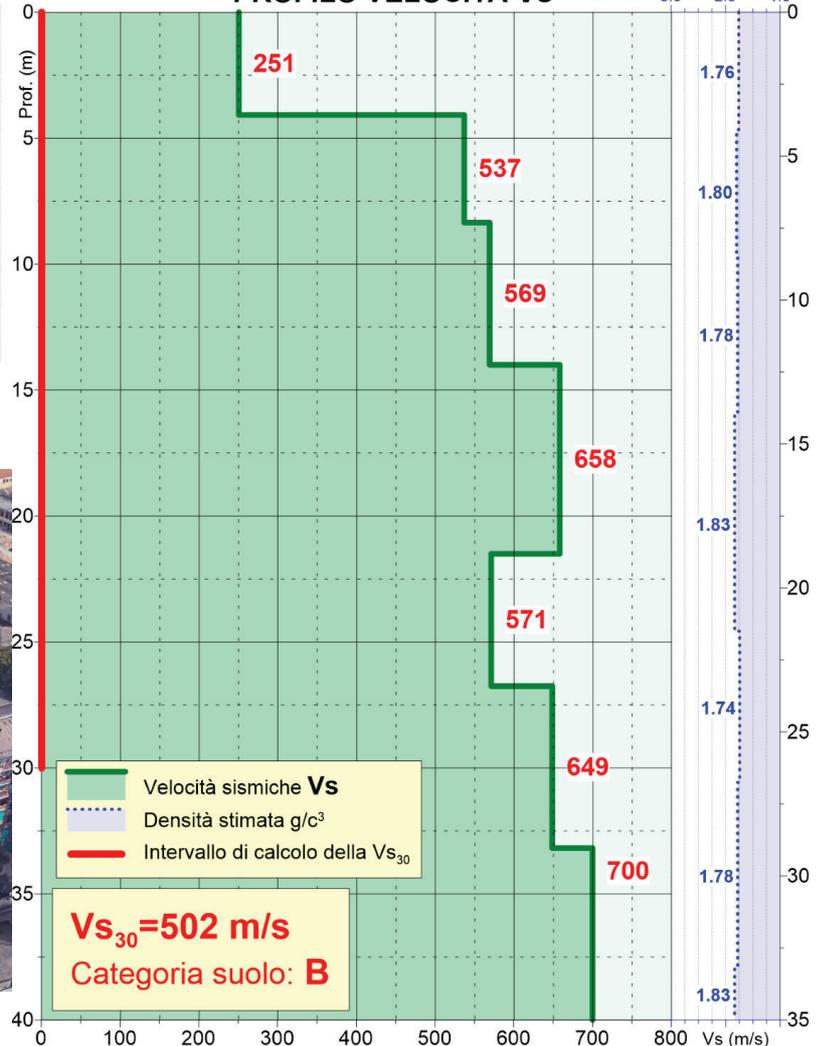
**CURVA DI DISPERSIONE**



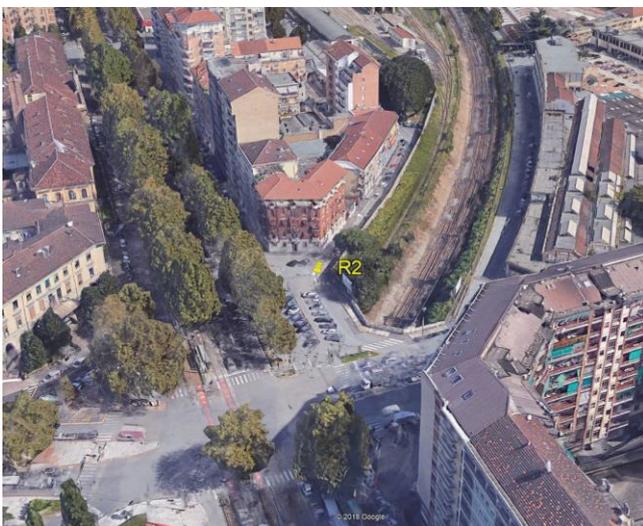
**PROVA REMI - Spettro medio**



**PROFILO VELOCITÀ Vs**

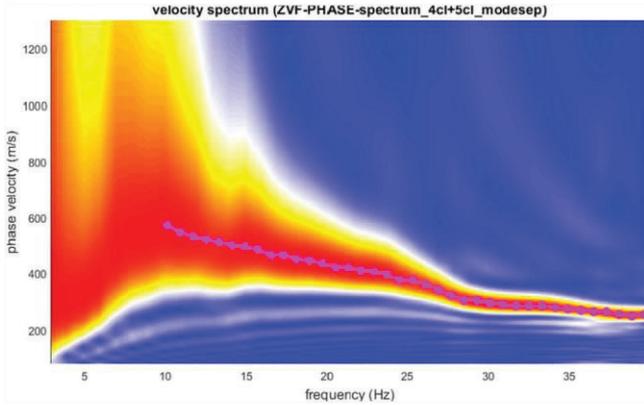


**Ubicazione prova**

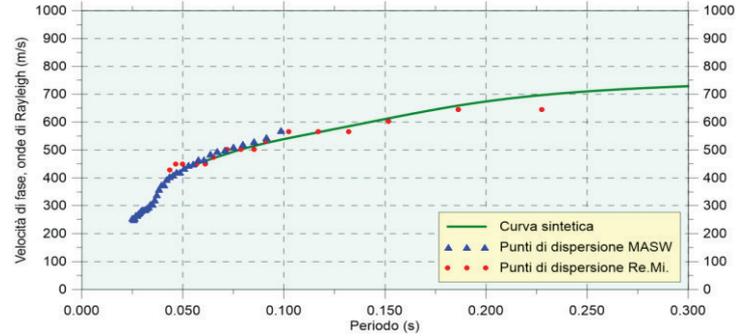


## Prova Masw/Re.Mi. – R3

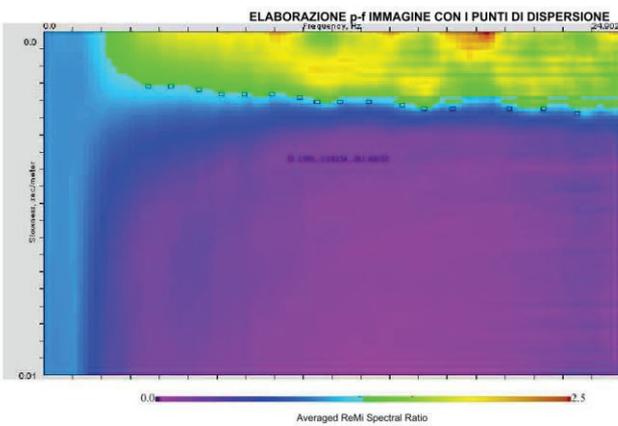
### PROVA MASW - Spettro medio



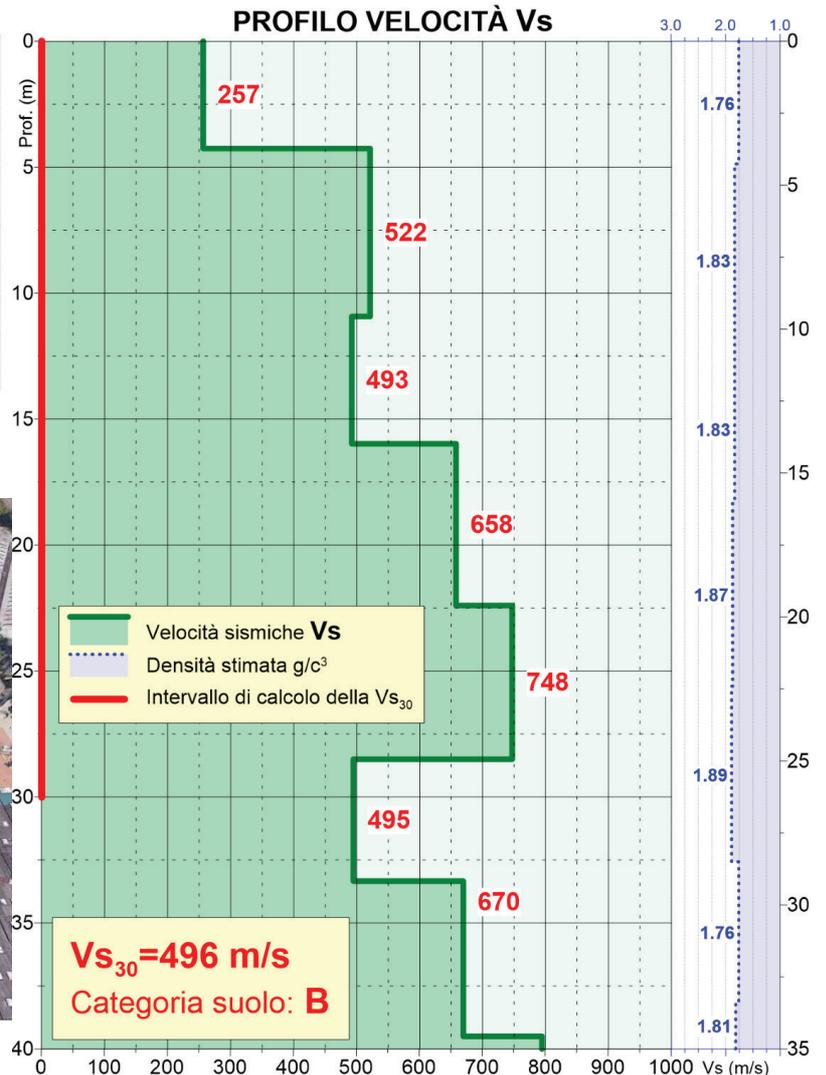
### CURVA DI DISPERSIONE



### PROVA REMI - Spettro medio



### PROFILO VELOCITÀ Vs



### Ubicazione prova

