

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



**DIREZIONE TECNICA**

**U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**ITINERARIO NAPOLI – BARI**  
**RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA**  
**II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA – ORSARA**  
Campagna d'Indagini Geognostiche 2018  
**INDAGINI GEOFISICHE**

SCALA:

---

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

IF1V 02 D 69 IG GE0005 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	P. Chiara	Maggio 2018	A. Salvagnini	Maggio 2018	D. Aprea	Luglio 2018	F. Marchese Maggio 2018

ITALFERR S.P.A.  
Dott. Geology/Franco MARCHESE  
Resp. UO GEOLOGIA  
Ordine Geology/14/16/17/18 ES

## INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	4
1.1	PREMESSA E SCOPI DELL'INDAGINE GEOFISICA.....	4
2.	METODOLOGIE IMPIEGATE.....	5
2.1	INDAGINE SISMICA TOMOGRAFICA.....	5
2.1.1	Strumentazione.....	5
2.1.2	Principi base della tecnica sismica a rifrazione.....	6
2.1.3	Configurazione delle misure ed elaborazione dati.....	6
2.2	INDAGINE SISMICA PER ONDE SUPERFICIALI MASW.....	8
2.2.1	Principi di funzionamento e cenni sul metodo.....	8
2.2.2	Strumentazione utilizzata, configurazione di indagine, codice di configurazione ed inversione dati.....	9
2.3	DOHN HOLE TEST (DHT).....	10
2.3.1	Principi di funzionamento e cenni sul metodo.....	10
2.3.2	Metodologia di misura e strumentazione utilizzata.....	11
2.3.3	Principi teorici.....	12
3.	RISULTATI.....	14
3.1	RISULTATI DELLA TOMOGRAFIA SISMICA – ALLEGATO 1.....	14
3.1.1	Linee Sismiche Rifr_01, Rifr_02 e Rifr_03.....	14
3.1.2	Linee Sismica Rifr_Cervaro.....	14
3.1.3	Linea Sismica Rifr_04.....	15
3.1.4	Linea Sismica Rifr_05.....	16
3.1.5	Linea Sismica Rifr_06.....	16
3.1.6	Linea Sismica Rifr_07.....	17
3.2	RISULTATI MASW – ALLEGATO 2.....	18
3.2.1	MASW 01.....	19
3.2.2	MASW 02.....	20



ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA  
PROGETTO DEFINITIVO

INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF1V	02 D 69	IG	GE0005 001	A

3.3	ANALISI DEI RISULTATI DELLE PROVE DOWN HOLE – ALLEGATO 3.....	21
3.3.1	Prova Down Hole IF16 V03.....	21
3.3.2	Prova Down Hole IF16 G09 .....	22
3.3.3	Prova Down Hole IF16 G18 .....	24
4.	BIBLIOGRAFIA .....	26
5.	ALLEGATO GRAFICO N.1 – INDAGINE SISMICA TOMOGRAFICA.....	28
6.	ALLEGATO GRAFICO N.2 – INDAGINI MASW .....	43
7.	ALLEGATO GRAFICO N.3 – INDAGINI DOWN HOLE .....	48

## 1. INTRODUZIONE

### 1.1 Premessa e scopi dell'indagine geofisica

La presente relazione illustra i risultati della campagna di prospezioni geofisiche, eseguite sull'itinerario Napoli-Bari, a supporto del progetto definitivo del II Lotto funzionale Hirpinia – Orsara, per il Raddoppio della tratta Apice – Orsara.

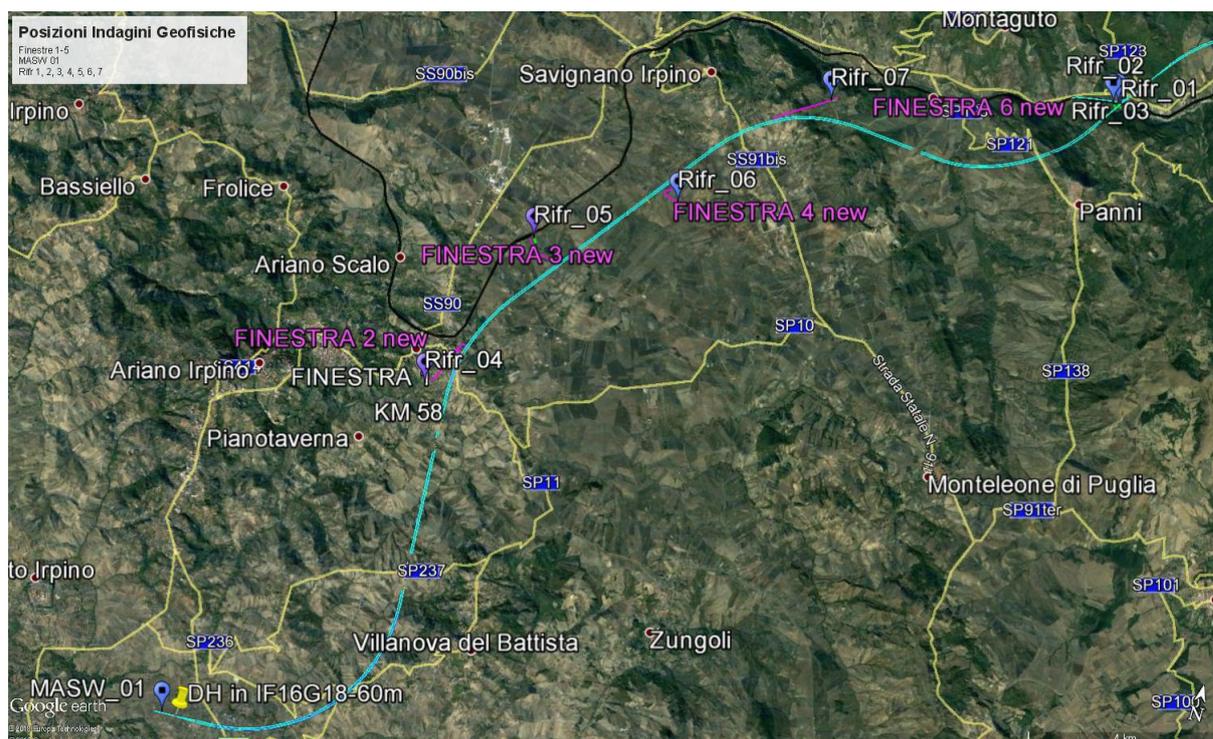


Figura 1: Posizioni delle indagini sismiche

Le prospezioni geofisiche sono state condotte utilizzando le seguenti metodologie:

- tomografie sismiche a rifrazione per onde P ed SH;
- indagini M.A.S.W.;
- indagini sismiche in foro di tipo Down Hole per onde P ed SH.

L'indagine sismica a rifrazione con interpretazione tomografica è stata impiegata al fine di definire, nei limiti delle metodologie impiegate, gli spessori dei terreni disposti al di sopra del substrato (se presente entro la massima profondità di indagine), per caratterizzarli da un punto di vista sismostratigrafico e per fornire le informazioni necessarie per la classificazione dei suoli secondo le NTC vigenti. Le sezioni tomografiche per onde P e SH (dalla Rifr\_01 P e S alla Rifr\_07 P e S e la Rifr\_Cervaro P e S) sono mostrati nelle quattordici Tavole all'interno dell'Allegato 1 alla presente Relazione.

Sono state inoltre realizzate indagini sismiche per onde superficiali con metodologie M.A.S.W., che consentono di ottenere la distribuzione monodimensionale della velocità di propagazione delle Onde di Taglio Vs, lungo un profilo verticale, utile alla

**INDAGINI GEOFISICHE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1V	02 D 69	IG	GE0005 001	A	5 di 60

attribuzione della categoria del suolo pertinente a ciascuna area di indagine. I risultati delle due stese MASW\_01 e 02, sono presentati nell'Allegato 2.

Le indagini sismiche in foro di tipo Down Hole, sono state infine condotte su tre verticali di sondaggio (IF16 V03, IF16 G18 e IF16 G09) opportunamente attrezzate; tale metodologia d'indagine consente la caratterizzazione di dettaglio e l'approfondimento necessario ai fini geotecnici su aree localizzate, laddove sia necessario valutare il comportamento dei terreni di fondazione, caratterizzandone i parametri dinamici relativi, oltreché a determinare, con grande risoluzione, la categoria dei terreni ai fini della valutazione della risposta sismica locale mediante il parametro  $V_{s30}$ . I risultati, per tale metodologia, sono riportati nell'Allegato grafico 3 e riguardano le seguenti indagini:

- IF16 V03
- IF16 G18
- IF16 G09

Il presente documento, oltre a riportare le evidenze dei risultati emersi dalle campagne di acquisizione dati condotte in sito, contiene una breve descrizione della metodologie geofisiche utilizzate.

## 2. METODOLOGIE IMPIEGATE

### 2.1 INDAGINE SISMICA TOMOGRAFICA

#### 2.1.1 Strumentazione

Per il presente lavoro è stato utilizzato un sismografo ECHO 48/2014. Lo strumento, prodotto dalla Ambrogeo (Piacenza, Italia), è un sistema a 48 canali e possiede le seguenti caratteristiche tecniche principali:

- Convertitore analogico digitale A/D a 24-bits
- intervalli di campionamento: 1/32, 1/16, 1/8, 1/4, 1/2, 1, 1 ½, 2 ms.



Figura 2: Sismografo digitale a 24 bit.



ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA  
PROGETTO DEFINITIVO

**INDAGINI GEOFISICHE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1V	02 D 69	IG	GE0005 001	A	6 di 60

### 2.1.2 Principi base della tecnica sismica a rifrazione

Per sismica a rifrazione si indicano una serie di tecniche basate sul principio fisico del fenomeno della rifrazione di un'onda sismica che incide su una discontinuità individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattore). Sulla superficie da investigare si posizionano i trasduttori del moto del suolo (geofoni) ad una certa distanza dalla sorgente sismica che può essere una massa battente (diversamente applicata e guidata) o una carica esplosiva a seconda della lunghezza dello stendimento e della profondità di indagine richiesta. Nel nostro caso è stata impiegata una massa battente.

Nell'indagine sismica a rifrazione i trasduttori situati più vicino alla sorgente rilevano prima l'onda diretta che arriva con velocità legata alle caratteristiche meccaniche dello strato di terreno più superficiale, mentre quelli più lontani rilevano le onde rifratte che viaggiano a velocità più elevata. Conoscendo i tempi di primo arrivo e la distanza geofono-sorgente, tramite l'analisi delle curve dei primi arrivi ad ogni trasduttore (dromocrone) con i metodi descritti al successivo paragrafo, si possono determinare i campi di velocità delle onde di compressione P e delle onde di taglio Sh che caratterizzano i vari strati interessati dall'indagine; da qui produrre una stratigrafia sismica da correlare alle formazioni geologiche o discontinuità presenti nella serie investigata nel sottosuolo.

### 2.1.3 Configurazione delle misure ed elaborazione dati

Per l'esecuzione dei profili sismici sono stati utilizzati n. 2 cavi sismici multiconduttori a 24 geofoni ciascuno, impiegati simultaneamente per ottenere basi a 48 stazioni (geofoni) simultaneamente e fino a 96 stazioni consecutive.

Per le linee più corte sono state utilizzate singole basi a 48 stazioni con 10 postazioni di energizzazione mentre per quelle più lunghe si è ricorsi alla sovrapposizione tra le basi costituenti; per ogni postazione sono state acquisite molteplici registrazioni al fine di ottimizzare il segnale in risposta.

Per il processing dei dati è stato utilizzato il Software RAYFRACT (ver. 3.35) della Intelligent Resources Inc. (Canada), creato per l'elaborazione di dati tomografici sismici a rifrazione, realizzabili sia con acquisizioni per onde di compressione P che di taglio SH, per scopi geologici, geotecnico-ingegneristici, ambientali, nonché per l'esplorazione nel campo delle georisorse.

Il software citato consente la realizzazione di dettagliati modelli di velocità del sottosuolo con le più evolute tecniche tomografiche, al fine di caratterizzarne gli orizzonti presenti in termini sismo-stratigrafici.

Lo schema di interpretazione utilizzato nel presente lavoro è basato sulla creazione di un modello iniziale ottenuto mediante interpretazione con una tecnica sofisticata di processo dei tempi di primo arrivo basata sui metodi dei “Volumi di Fresnel” (Watanabe 1999) al fine di elaborare un primo modello di partenza con una tecnica del Gradiente “smooth” 1D, a partire dal modello sopraccitato; il codice di calcolo per la modellazione tomografica utilizza, nell’algoritmo d’inversione, un “raytracing” con raggi curvilinei e metodi di calcolo ai minimi quadrati attraverso il metodo Delta t-v (Gebrande and Miller 1985), al fine di migliorare il riconoscimento e la localizzazione di strutture di forma anomala, stabilizzando la soluzione dell’algoritmo d’iterazione.

In generale, il tempo di percorrenza di un’onda sismica lungo un percorso S attraverso un mezzo bidimensionale (2D) può essere scritto come

$$t = \int_S u[\mathbf{r}(x, y)] \quad (2)$$

dove  $u(\mathbf{r})$  è il campo delle lentezze (l’inverso delle velocità) e  $\mathbf{r}$  è il vettore posizione. Discretizzando il campo di lentezze  $u(\mathbf{r})$  con  $m$  celle equidimensionali ognuna caratterizzata da una lentezza costante  $u_k$  ( $k=1, 2, \dots, m$ ) la dromocrona  $i$ -esima delle  $n$  disponibili può essere scritta come

$$t_i = \sum_{k=1}^m l_{ik} \cdot u_k \quad (3)$$

dove  $l_{ik}$  rappresenta la porzione dell’ $i$ -esima dromocrona nella cella  $k$ -esima.

Considerando tutte le dromocrone disponibili si ottiene il seguente sistema

$$\mathbf{t} = \mathbf{M} \cdot \mathbf{u} \quad (4)$$

dove  $\mathbf{t}$  è il vettore dei dati sperimentali (tempi di primo arrivo letti sui sismogrammi),  $\mathbf{M}$  è la matrice rettangolare contenente le porzioni dei percorsi nelle varie celle,  $\mathbf{u}$  è il vettore delle lentezze (incognite del problema). Il problema inverso da risolvere è pertanto

$$\mathbf{u} = \tilde{\mathbf{M}}^{-1} \cdot \mathbf{t} \quad (5)$$

dove  $\tilde{\mathbf{M}}^{-1}$  è la matrice inversa generalizzata. Poiché i percorsi sismici dipendono dalle lentezze, la matrice  $\mathbf{M}$  dipende anche dalle lentezze e quindi il problema inverso (5) è un problema non-lineare che deve essere risolto iterativamente partendo da una soluzione iniziale (modello di partenza). L’equazione da considerare è pertanto la seguente

$$\mathbf{J} \cdot \Delta \mathbf{u} = \Delta \mathbf{t} \quad (5)$$

dove  $\Delta \mathbf{t} = \mathbf{t} - \mathbf{t}(\mathbf{u}_0)$  è la differenza tra i tempi sperimentali e i tempi calcolati per il modello di lentezze iniziale  $\mathbf{u}_0$ ;  $\Delta \mathbf{u}$  è la perturbazione del modello iniziale; e  $\mathbf{J}$  è la matrice jacobiana contenente le derivate parziali delle dromocrone rispetto alle lentezze nelle celle  $\frac{\partial t_i}{\partial u_k}$ .

Poiché il problema è parzialmente sovradeterminato (per alcune celle si hanno molti percorsi) e parzialmente sottodeterminato (per alcune celle non è disponibile nessun

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA IF1V	LOTTO 02 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A	FOGLIO 8 di 60

percorso) esso è stato risolto con la tecnica dei minimi quadrati smorzati, cioè è stata minimizzata con la seguente funzione errore

$$\varphi = \|\mathbf{J} \cdot \Delta \mathbf{u} - \Delta \mathbf{t}\|^2 + \lambda \|\mathbf{L}_2 \mathbf{u}\|^2 \quad (6)$$

dove  $\lambda$  è il fattore di smorzamento e la matrice  $\mathbf{L}_2$  è una matrice derivata seconda (operatore laplaciano) che forza la soluzione verso la soluzione più regolare possibile (smoothest solution).

L'affinamento della soluzione è stato ottenuto attraverso un processo tomografico di inversione basato sul metodo WET (Wavepath Eikonal Traveltime inversion: Theory, 1993, Geophysics, Volume 58, Issue 9, pp. 1314-1323), spinto fino a 100 iterazioni per ottimizzarne il risultato finale e risolvere al meglio le zone con inversioni di velocità.

I risultati grafici che rappresentano la distribuzione delle velocità delle onde di compressione ( $V_p$ ) e di taglio ( $V_s$ ) nei terreni indagati, sono visualizzati nell'Allegato con campiture a colori caratterizzate da una scala cromatica rappresentativa della dinamica dei valori di velocità incontrati (espressi in m/s, metri al secondo). Tale rappresentazione consente di identificare aree omogenee (medesimo comportamento cromatico) in termini sismo-stratigrafici. Queste zone di isovalori, di  $V_p$  per le onde di compressione, e di  $V_s$ , per quelle di taglio, sono correlabili ad ammassi di materiale con caratteristiche affini.

## 2.2 INDAGINE SISMICA PER ONDE SUPERFICIALI MASW

### 2.2.1 Principi di funzionamento e cenni sul metodo

Nelle diverse aree sono state allestite stese sismiche per onde superficiali con tecnica multicanale identificata con l'acronimo MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave).

La propagazione delle onde superficiali (o di Rayleigh, nel nostro caso) avviene, in un mezzo eterogeneo, secondo modalità dispersive. Cioè, a differenti frequenze, corrispondono velocità di fase diverse: in particolare la dispersione geometrica, in opposizione alla dispersione intrinseca dei materiali, dipende dalle geometrie (spessori) delle formazioni o delle stratificazioni attraversate.

In un terreno non omogeneo o stratificato avente proprietà meccaniche variabili, il comportamento delle onde superficiali varia con tali caratteristiche. Differenti lunghezze d'onda, pertinenti a diverse profondità, coinvolgono materiali con disuguali proprietà meccaniche: ciascuna lunghezza d'onda si propaga secondo velocità di fase dipendenti dalle medesime proprietà meccaniche di cui sopra.

Le onde di superficie dunque non possiedono una singola velocità bensì una velocità di fase in funzione della frequenza; la relazione tra frequenza e velocità di fase è contenuta nelle curve di dispersione e di attenuazione. Attraverso un procedimento matematico di inversione è possibile risalire ai profili verticali delle onde di taglio S, proporzionali alle velocità di fase delle onde di superficie secondo un coefficiente

**INDAGINI GEOFISICHE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1V	02 D 69	IG	GE0005 001	A	9 di 60

invariabile.

Il metodo MASW, impiegato solo qualitativamente ai fini della ricostruzione sismo-stratigrafica di massima, è invece efficace per il calcolo seditivo del parametro  $V_{s30}$ .

Il parametro  $V_{s30}$  è calcolato come sommatoria (nei 30 metri di spessore del sottosuolo, nel nostro caso a partire dalla quota del piano campagna) dei valori delle velocità di intervallo, pesati rispetto agli spessori associati alla stratificazione dei materiali.

$$V_{s30} = 30 \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

Dal valore del parametro  $V_{s30}$  è possibile risalire alla categoria di suolo secondo il D.M. 14 Gennaio 2008 dal quale sono tratte le successive tabelle.

**Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo**

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<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>B</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).
<b>C</b>	<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).
<b>D</b>	<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).
<b>E</b>	<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).

**Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.**

Categoria	Descrizione
<b>S1</b>	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.
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

### 2.2.2 Strumentazione utilizzata, configurazione di indagine, codice di configurazione ed inversione dati

L'indagine per onde superficiali è stata condotta secondo le seguenti specifiche:



ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA  
PROGETTO DEFINITIVO

## INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1V	02 D 69	IG	GE0005 001	A	10 di 60

- Impiego di Sismografo a 48 canali e dinamica del convertitore analogico digitale a 24 Bit, impiegato in configurazione a 24 canali;
- 24 geofoni con frequenza naturale a 4.5 Hz, distanza intergeofonica pari a 2 m;
- piastra di battuta in alluminio;
- massa battente da 8 Kg con interruttore starter e cavo trigger;
- finestra di acquisizione pari a 2 secondi.

La tecnica di trattamento dati utilizzata è basata sul “f-k processing”. I file grezzi subiscono un primo “processing” di muting selettivo per eliminare le tracce o le porzioni di tracce ad elevato rumore. Quindi si esegue un calcolo della FFT usando un “windowing” opportuno. Attraverso una procedura semiautomatica si ricercano i massimi dello spettro (ricerca degli zeri della funzione secolare di Rayleigh) per ricavare i punti appropriati per la costruzione della curva di dispersione da utilizzarsi in un processo di inversione multimodale.

La tecnica di trattamento dati utilizzata è stata ottimizzata utilizzando un Software commerciale validato (SWAN, Italia).

## 2.3 DOHN HOLE TEST (DHT)

### 2.3.1 Principi di funzionamento e cenni sul metodo

La prova sismica DHT è un metodo di indagine sismica finalizzato alla determinazione dei profili di velocità delle onde di taglio SH e di compressione P di depositi di terreno.

I profili di velocità ottenuti dalle misure DHT rappresentano valori di velocità medi sullo spessore degli strati poiché sono calcolati lungo percorsi dei raggi sismici inclinati. Tali percorsi sono poi stati corretti per essere riportati ad un percorso rettilineo lungo la verticale.

L'importante particolarità di tale metodo è quella di studiare i parametri di stato e di comportamento riferendoli a volumi di terreno rappresentativi dei caratteri megastrutturali dei depositi, attraverso misure capaci di dare valori medi e non solo puntuali dei parametri geotecnici dei geomateriali.

Caratteristica essenziale del metodo sismico utilizzato è quella di consentire la determinazione dei parametri di deformabilità riferendoli a valori molto bassi dei livelli di deformazione ( $<10^{-5}$  m), al di sotto della soglia di deformazione lineare ciclica.

Per l'interpretazione dei dati è stata usata la tecnica diretta, che rappresenta un metodo nel quale la velocità delle onde P e SH è calcolata dalle pendenze dei tratti di dromocrone generate in dipendenza delle posizioni consecutive dei sensori alle diverse profondità all'interno del foro. Nel nostro caso le misurazioni sono state eseguite ogni metro.

I parametri calcolabili con l'ausilio del metodo DHT sono:

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA PROGETTO DEFINITIVO</b>				
	<b>INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA IF1V	LOTTO 02 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001

- il Coefficiente di Poisson dinamico,
- il modulo di elasticità dinamico ( $\sigma$  di Young),
- il modulo di taglio dinamico ( $\tau$  o modulo di rigidità),
- il Bulk modulus (modulo di incompressibilità) e pertanto
- il modulo di compressibilità dinamico.

I valori dinamici calcolati con tali tecniche possono risultare differenti dai valori provenienti da prove di tipo statico puntuali (normalmente anche di un ordine di grandezza), specie in tipologie di materiali quali quelli in oggetto.

Il parametro  $V_{s30}$  è calcolato come già ampiamente descritto nel precedente paragrafo §2.2.1 (relativo alle indagini MASW).

### 2.3.2 Metodologia di misura e strumentazione utilizzata

La sorgente del segnale sismico per onde SH è costituita da barre in teflon, di circa 2 m di lunghezza complessiva, assicurate al terreno applicando un carico verticale adeguato. Lo sforzo di taglio è trasmesso colpendo orizzontalmente con una massa battente la barra, in successione sui due lati opposti (con lo scopo di trasmettere impulsi a polarità invertite). Alternativamente, attraverso la realizzazione di un scasso nel terreno ove alloggiare verticalmente una piastra in alluminio per generare gli sforzi di taglio sulle due direzioni opposte (sempre con lo scopo di trasmettere impulsi a polarità invertite e successivamente sommarli per l'eliminazione del contributo delle onde P dai sismogrammi da avviare ad elaborazione).

Lo sforzo di compressione è invece trasmesso attraverso una massa battente verticale su di una piastra in alluminio; i sistemi di energizzazione sono posizionati, in prossimità del boccaforo. I ricevitori, all'interno del foro di sondaggio, sono stati posti in modo tale che la velocità di propagazione delle onde di volume, caratteristica dei vari strati di terreno, potesse essere misurata ogni metro.



Figura 3: configurazione standard per le indagini DHT

Spostando i ricevitori (geofoni triassiali solidali da foro) a diverse profondità, è possibile ottenere un dettagliato profilo di velocità delle onde SH e P.



ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA  
PROGETTO DEFINITIVO

**INDAGINI GEOFISICHE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1V	02 D 69	IG	GE0005 001	A	12 di 60

L'accoppiamento meccanico tra le pareti del “casing” del foro e i ricevitori all'interno del foro stesso, nell'indagine in oggetto, è stato reso possibile con appositi sistemi di ancoraggio pneumatico.

I ricevitori utilizzati sono costituiti da un sistema tridimensionale composto da tre geofoni, a frequenza propria di 10 Hz, della Geospace (USA), orientati nelle tre dimensioni dello spazio.

Il sismografo utilizzato per le misure sismiche (si veda la Figura 2 alle pagine precedenti), è uno strumento con possibilità di acquisizione su 48 canali contemporanei, espandibile a 96, dotato di convertitore analogico digitale a 24 bit.

### 2.3.3 Principi teorici

Per la determinazione dei moduli dinamici a partire dalla distribuzione di velocità delle onde di compressione P e di taglio SH, occorre assumere che il geomateriale indagato sia un mezzo omogeneo, elastico ed isotropo.

Nel nostro caso, come per la maggior parte, tale assunzione risulta un'approssimazione.

In ogni caso, facendo riferimento alle supposizioni introdotte, è possibile risalire al coefficiente di Poisson (in tale contesto denominato con  $\sigma$  in altri comunemente definito con  $\nu$ ), tramite la seguente relazione <sup>◇</sup>

$$\sigma = \frac{\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2 - 2}{2\left[\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2 - 1\right]} \quad \diamond$$

e al modulo di Young tramite la <sup>◇</sup>

$$E = \frac{(1 - 2\sigma)(1 + \sigma)}{(1 - \sigma)} \rho V_P^2 \quad \diamond$$

I valori dinamici calcolati con tali tecniche possono risultare differenti dai valori provenienti da prove di tipo statico puntuali (normalmente anche di un ordine di grandezza), specie in tipologie di materiali quali quelli in oggetto.

Sono inoltre esprimibili come funzioni dalle costanti elastiche dinamiche E e  $\sigma$ , la

---

<sup>◇</sup> Milton B. Dobrin, Carl H. Savit, 1988, Introduction to Geophysical Prospecting, fourth Edition, McGraw-Hill International Editions e R.E. Goodman, 1989, Introduction to Rock Mechanics, second Edition, John Wiley & Sons



ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA  
PROGETTO DEFINITIVO

**INDAGINI GEOFISICHE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1V	02 D 69	IG	GE0005 001	A	13 di 60

compressibilità  $\beta$  e di conseguenza il *Bulk modulus* ( $k = 1/\beta$ ) (Milton B. et alii, 1988), cioè come relazione tra le costanti di dilatazione cubica, risultanti dalla combinazione degli sforzi lineari di compressione e di taglio in dipendenza delle relative costanti:

$$k = \frac{E}{3(1-2\sigma)}$$

e il modulo di rigidità o di taglio  $\mu$  (altrimenti indicato con la lettera G) :

$$\mu = \frac{E}{2(1+\sigma)}$$



ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA  
PROGETTO DEFINITIVO

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1V	02 D 69	IG	GE0005 001	A	14 di 60

### 3. RISULTATI

#### 3.1 Risultati della tomografia sismica – Allegato 1

L'ubicazione delle sezioni tomografiche Rifr\_01 - Rifr\_07 è visibile nelle Tavole 1, 5, 7, 9, 11 e 13 dell'Allegato grafico 1. I risultati delle indagini geofisiche sono stati opportunamente calibrati mediante confronto con le stratigrafie dei sondaggi V02, F19, IF16F20 F3, IF16F21 - F4, IF16F22 eseguiti sulle rispettive aree indagate.

I risultati principali delle indagini sono di seguito descritti.

##### 3.1.1 Linee Sismiche Rifr 01, Rifr 02 e Rifr 03

I profili Rifr\_01, Rifr\_02 e Rifr\_03 sono stati distribuiti nell'area di indagine prevedendo intersezioni tra i medesimi in modo da visualizzare la continuità laterale dei vari sismostrati (v. Tavole 2, 3 e 4). Nelle sezioni sono individuati n. 4 sismostrati. I risultati ottenuti sono stati confrontati con la stratigrafia del sondaggio V02 eseguito in prossimità dell'intersezione tra le linee sismiche Rifr\_01 e Rifr\_02.

In superficie viene intercettato il primo sismostrato, di spessore variabile tra i 5/6 m e 10 m lungo le sezioni, con velocità delle onde P ed S rispettivamente negli intervalli 400-1.600 m/s e 200-600 m/s. Sulla base della stratigrafia del sondaggio di riferimento tale sismostrato può essere attribuito all'orizzonte detritico colluviale con passaggio graduale verso la base al materiale di deposizione legata alla dinamica fluviale.

Al di sotto viene intercettato il sismostrato 2 costituito da ghiaietto sabbioso e sabbie limose ghiaiose, passanti in profondità a clasti poligenici medio-grossolani e a trovanti in matrice sabbiosa. I sismostrato, con velocità delle onde compressionali tra 1.600 m/s e 2.800 m/s e delle onde di taglio tra 600 m/s e 900 m/s, è rappresentativo dei geomateriali "fluviali".

Seguono in profondità i sismostrati 3 e 4 che indicano il passaggio al substrato.

Il terzo sismostrato ha velocità delle onde compressionali tra 2.800 m/s e 3.600 m/s mentre le onde di taglio si propagano con velocità tra i 900 m/s ed i 1.200/1.400 m/s.

Un ulteriore aumento viene registrato nel sismostrato 4 in cui le onde P sono comprese tra 3.600 m/s e 4.500 m/s mentre le onde S risultano comprese tra 1.200/1.400 m/s e 3.000 m/s.

##### 3.1.2 Linee Sismica Rifr Cervaro

Il profilo Rifr\_Cervaro è stato eseguito lungo la sponda destra del Fiume omonimo (v. Tavola 5). Nella sezione sono individuati n. 3 sismostrati. Non avendo a disposizione informazioni derivanti da un sondaggio a carotaggio continuo eseguito lungo la linea, l'interpretazione dei risultati si basa esclusivamente sui litotipi affioranti e sul confronto degli intervalli di velocità/profondità osservati sulle sezioni dei profili Rifr\_1, 2 e 3, eseguiti sulla sponda opposta.



ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA  
PROGETTO DEFINITIVO

**INDAGINI GEOFISICHE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1V	02 D 69	IG	GE0005 001	A	15 di 60

Il primo sismostrato (v. Tavola 6) ha uno spessore medio di 7-8 m lungo l'intera sezione e le velocità delle onde P ed S ricadono rispettivamente negli intervalli 400-1.600 m/s e 200-650 m/s. Tale orizzonte può essere scomposto in due livelli: il sismostrato 1a ed il sismostrato 1b. Nel primo, superficiale, lo spessore si mantiene intorno ai 2-3 m e le onde sismiche di tipo P ed S si propagano con velocità negli intervalli 400-450/500 m/s e 200-250/300 m/s. In relazione ai litotipi affioranti, il sismostrato 1a, tra le progressive 0-32 m e 50-92 m è attribuibile alla coltre detritica colluviale mentre tra le progressive 32-50 m è presente una zona di accumulo di materiale lapideo grossolano (si veda la Foto di Tavola 5). La parte rimanente del sismostrato 1 (sismostrato 1b) è indicativa del passaggio al materiale di deposizione legata alla dinamica fluviale.

Al di sotto viene intercettato il sismostrato 2 che, con velocità delle onde compressionali comprese tra 1.600 m/s e 2.800 m/s e delle onde di taglio tra 650 m/s e 1.000 m/s; esso può essere correlato al sismostrato 2 individuato nella Rifr\_01 (sull'altra sponda, Tavola 2), attribuito ai materiali "fluviali" costituiti da ghiaietto sabbioso e sabbie limose ghiaiose, passanti in profondità a clasti poligenici medio-grossolani e a trovanti in matrice sabbiosa.

Segue in profondità il sismostrato 3 che, con velocità delle onde compressionali tra 2.800 m/s e 3.500 m/s e delle onde di taglio tra i 1.000 m/s ed i 1.400 m/s, sempre sulla base di quanto osservato nella Rifr\_01, può indicare il passaggio al substrato.

### 3.1.3 Linea Sismica Rifr\_04

Lungo la sezione Rifr\_04 (v. Tavola 8), sono individuati n. 4 sismostrati. I risultati ottenuti sono stati confrontati con la stratigrafia del sondaggio F19.

In superficie viene intercettato il primo sismostrato, di spessore medio di 5/6 m lungo l'intera sezione, con velocità delle onde P ed S rispettivamente negli intervalli 250-800 m/s e 150-250 m/s. Sulla base della stratigrafia del sondaggio di riferimento tale sismostrato può essere attribuito ad un limo argilloso sabbioso.

Seguono in profondità i sismostrati 2, 3 e 4.

Il secondo, il sismostrato 2, presenta un gradiente di velocità positivo e costante lungo l'intera sezione; al suo interno le onde P si propagano con velocità nell'intervallo dei valori di 800-1.800/1.900 mentre la velocità delle onde di taglio (S) risulta tra 250 m/s e 350 m/s.

Il terzo sismostrato, lungo la sezione onde P presenta variazioni laterali in termini di velocità con minimi tra le progressive 0-50 m e massimi nel resto della sezione; l'intervallo dei valori è 1.800/1.900 – 2.200/2.300 m/s. Le onde S in questo caso risultano più omogenee e comprese tra 350 m/s e 650/700 m/s.

Nella parte profonda della sezione, i geomateriali intercettati ed attribuiti al sismostrato 4 sono caratterizzati da velocità delle onde P ed S rispettivamente negli intervalli 2.200/2.300 – 2.800 m/s e 650/700 – 800 m/s.

Sulla base della stratigrafia del sondaggio F19 i tre sismostrati possono essere attribuiti alle argille limose-sabbiose, caratterizzati da livelli di consistenza crescente

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA PROGETTO DEFINITIVO</b>				
<b>INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA IF1V	LOTTO 02 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. FOGLIO A 16 di 60

all'aumentare della profondità.

#### 3.1.4 Linea Sismica Rifr\_05

Lungo la sezione Rifr\_05 (v. Tavola 10) sono individuati n. 3 sismostrati. I risultati ottenuti sono stati confrontati con la stratigrafia del sondaggio IF16F20 F3.

In superficie viene intercettato il primo sismostrato, di spessore medio di 5/6 m lungo l'intera sezione e con velocità delle onde P ed S rispettivamente negli intervalli 300-1.250 m/s e 100-250 m/s. Sulla base della stratigrafia del sondaggio di riferimento tale sismostrato può essere attribuito all'orizzonte detritico a matrice limo sabbioso/limo argillosa seguito alla base da sabbie fini limose.

Il secondo, il sismostrato 2, è suddiviso in due sub-sismostrati denominati 2a ed 2b.

All'interno del sismostrato 2a i valori delle velocità delle onde compressionali sono comprese tra 1.250 m/s e 1.950 m/s mentre le onde di taglio si propagano nell'intervallo 250-330 m/s. All'interno del sismostrato 2a superata la parte più superficiale attribuibile a delle argille limose grigio-azzurre e rosso mattone, si intercettano geomateriali a maggiore consistenza costituiti da argilla limosa debolmente marnosa. Queste ultime sono evidenziate in sezione da un andamento delle isolinee lenticolare in corrispondenza dei picchi di velocità delle onde P ed S.

La porzione 2b del sismostrato 2 presenta velocità delle onde P ed S rispettivamente nell'intorno dei 1.950 m/s e nell'intervallo 330 – 375/400 m/s; il medesimo può essere assegnato ad una argilla marnosa siltosa. Le onde di taglio subiscono inversioni di velocità in particolare nella prima metà della sezione.

In profondità l'aumento dei valori di velocità delle onde indica la presenza di geomateriali a maggiore consistenza; le onde P si propagano a velocità tra 1.950 m/s e 2.250 m/s mentre le onde S sono tra 375/400 m/s ed i 650 m/s.

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  nei primi 30 m di profondità, in corrispondenza della progressiva 65 m, è stato calcolato il valore del parametro  $V_{s30}$  rappresentativo del sito in esame. Secondo la normativa italiana in materia di progettazione antisismica "O.P.C.M. n° 3274/2003" e sue modifiche e le Norme Tecniche di Costruzione (D.M. 14/01/2008) e sue modifiche e, ancora, secondo la normativa europea Eurocodice 8, il valore calcolato di  $V_{s30}$  è pari a  **$V_{s30} = 369$  m/s.**

Vista la stratigrafia presente, i profili di velocità delle onde di taglio e il valore di  $V_{s30}$  si può assimilare la categoria di suolo di fondazione di riferimento al suolo "B".

#### 3.1.5 Linea Sismica Rifr\_06

Lungo la sezione Rifr\_06 (v. Tavola 12) sono individuati n. 4 sismostrati. I risultati ottenuti sono stati confrontati con la stratigrafia del sondaggio IF16F21 - F4.

Il primo, il sismostrato 1, è superficiale, ha uno spessore medio di circa 3,5 - 4 m ed al suo interno le onde sismiche P ed S si propagano a velocità comprese rispettivamente tra 300 m/s e 700 m/s e tra 100 m/s e 260 m/s. Tra la progressiva 25 m e la fine del profilo si rintraccia in sezione una porzione nella quale le onde



ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA  
PROGETTO DEFINITIVO

**INDAGINI GEOFISICHE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1V	02 D 69	IG	GE0005 001	A	17 di 60

sismiche assumono valori decisamente bassi. Tale porzione è delimitata alla base da una linea curva in tratteggio di colore bianco ed è attribuita a terreni che, nel periodo in cui è stata eseguita l'indagine, sono risultati saturi con ristagni superficiali sparsi.

Il sismostrato, sulla base della stratigrafia del sondaggio F21, può essere attribuito all'orizzonte delle argille limose, da debolmente sabbiose a sabbiose.

Segue un secondo sismostrato (sismostrato 2 in sezione) caratterizzato da velocità delle onde compressionali tra 700 m/s e 1.300 m/s. Lo spessore risulta mediamente di circa 6 m e le onde di taglio si propagano nel medesimo con velocità tra 260 m/s e 350 m/s. Il sismostrato è correlabile con le marne argillose e siltose.

In profondità vengono intercettati i sismostrati 3 e 4. Il sismostrato 3 presenta sia variazioni laterali che inversioni di velocità. Esso è suddiviso in sezione in due sub-sismostrati denominati 3a e 3b.

Nel primo (3a) le onde di compressione e di taglio rientrano rispettivamente negli intervalli 1.300 – 1.350/1.400 m/s e 350 – 400 m/s.

Nel secondo (3b) sono presenti numerose inversioni di velocità lungo l'intera sezione. Il sismostrato 3 è rappresentativo dell'alternanza ritmica tra argille marnose a tratti debolmente sabbiose.

Nella parte più profonda della sezione, nel sismostrato 4, si ritrovano geomateriali a maggiore competenza; il gradiente di velocità permane positivo e le velocità delle onde P ed S rientrano negli intervalli 1.300/1.400 – 1.800 m/s e 400 – 700 m/s.

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  nei primi 30 m di profondità, in corrispondenza della progressiva 60 m, è stato calcolato il valore del parametro  $V_{s30}$  rappresentativo del sito in esame. Secondo la normativa italiana in materia di progettazione antisismica "O.P.C.M. n° 3274/2003" e sue modifiche e le Norme Tecniche di Costruzione (D.M. 14/01/2008) e sue modifiche e, ancora, secondo la normativa europea Eurocodice 8, il valore calcolato di  $V_{s30}$  è pari a  **$V_{s30} = 384$  m/s**.

Vista la stratigrafia presente, i profili di velocità delle onde di taglio e il valore di  $V_{s30}$  si può assimilare la categoria di suolo di fondazione di riferimento al suolo "B".

### 3.1.6 Linea Sismica Rifr 07

Lungo la sezione Rifr\_07 elaborata (v. Tavola 14), sono individuati n. 3 sismostrati.

I risultati ottenuti sono stati confrontati con la stratigrafia del sondaggio IF16F22.

Il primo, il sismostrato 1, è suddiviso in due sub-sismostrato denominati 1a ed 1b.

All'interno del sismostrato 1a, superato il primo metro di copertura agraria, si intercettano geomateriali nei quali le onde di compressione e di taglio si propagano con velocità rispettivamente negli intervalli 400-1.000 m/s e 150-450/500 m/s.

L'orizzonte sismico sottostante (1b) mostra un aumento progressivo della velocità delle onde P con la profondità ed un andamento delle onde di taglio meno regolare, con massimi verso la fine della sezione. Gli intervalli di velocità delle onde P ed S sono rispettivamente 1.000 - 2.000/2.150 m/s per le onde P e 450/500 – 600/650 m/s



ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
IL LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA  
PROGETTO DEFINITIVO

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1V	02 D 69	IG	GE0005 001	A	18 di 60

per le S. L'intero sismostrato 1 è associabile ai geomateriali silt/limo sabbiosi da debolmente a scarsamente argillosi recuperati durante il sondaggio F22 entro i primi 14 m dal piano campagna; la lieve discordanza tra le onde P ed S riscontrato nel sismostrato 1b è dovuta alla presenza di acqua di circolazione nei terreni.

Segue il sismostrato 2 che, dall'esame dell'andamento delle isolinee di velocità, pare presentare una maggior tenacità nella prima metà della sezione rispetto alla seconda. All'interno del medesimo le onde di compressione si propagano con velocità comprese tra i 2.000/2.150 m/s ed i 2.900/3.000 m/s mentre le onde S si propagano a velocità nell'intervallo 600/650 – 850/900 m/s. Si tratta di uno spessore di silt sabbioso e sabbie fini seguito in profondità da limi argillosi sabbiosi e/o sabbie limose argillose nella stratigrafia del sondaggio F22.

La parte più profonda della sezione, il sismostrato 3, in accordo con l'aumento del grado di addensamento dei materiali sabbiosi sondati, mostra un aumento della velocità delle onde di compressione fino a valori di 3.600 m/s e delle onde di taglio fino a circa 1.000 m/s.

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  nei primi 30 m di profondità, in corrispondenza della zona centrale dello stendimento, è stato calcolato il valore del parametro  $V_{s30}$  rappresentativo del sito in esame. Secondo la normativa italiana in materia di progettazione antisismica "O.P.C.M. n° 3274/2003" e sue modifiche e le Norme Tecniche di Costruzione (D.M. 14/01/2008) e sue modifiche e, ancora, secondo la normativa europea Eurocodice 8, il valore calcolato di  $V_{s30}$  è pari a  **$V_{s30} = 511$  m/s.**

Vista la stratigrafia presente, i profili di velocità delle onde di taglio e il valore di  $V_{s30}$  si può assimilare la categoria di suolo di fondazione di riferimento al suolo "B".

### 3.2 Risultati MASW – Allegato 2

Nell'Allegato grafico 2, per i MASW eseguiti, sono riportati il sismogramma medio utilizzato per l'elaborazione, il profilo monodimensionale di velocità onde S inerente, lo spettro F-K e la curva di dispersione sperimentale oggetto del "picking" dei massimi sulla curva F-K (o FV) sovrapposta a quella ottimizzata secondo il modello interpretativo che meglio si accoppia a quello sperimentale.

Per l'indagine MASW in oggetto, sono riportati il calcolo della  $V_{s30}$  e l'attribuzione del valore alla classe di suolo idonea. Si ricorda che, per la progettazione di opere civili, il DM 2008 non prevede l'applicabilità del metodo semplificato con attribuzione della categoria di suolo nei casi siano presenti inversioni di velocità lungo il profilo verticale.

Nella presente indagine, in fase di elaborazione dei dati, il comportamento sismostratigrafico nei primi 30 m a partire dal piano di calpestio (di seguito indicato come p.c.) è stato ottimizzato con un modello a 30 sismostrati, ciascuno indicativamente di uguale spessore minimo pari a 1 m.

Questa procedura permette di approssimare al meglio il modello fisico reale della velocità delle onde S nel sottosuolo, caratterizzandolo secondo variazioni graduali

quasi continue all'interno dei terreni oggetto di prospezione. Tale approccio consente un processo di affinamento dei risultati e accresce la confidenza tra la curva sperimentale di dispersione e quella del modello ai fini dell'inversione, permettendo di ottenere una curva Velocità onde S – Spessori in funzione della profondità del sottosuolo, la più attendibile possibile.

### 3.2.1 MASW 01

A seguito dell'indagine e dell'elaborazione effettuata, i risultati del MASW\_01 (v. Tavola 2 dell'Allegato grafico 2) sono riassunti nella tabella sottostante.

Sismostrato	Spessore (m)	Profondità (m dal p.c.)	Vs (m/s)
1	1	0	101
2	1	1	139
3	1	2	170
4	1	3	180
5	1	4	177
6	1	5	198
7	1	6	256
8	1	7	327
9	1	8	397
10	1	9	456
11	1	10	502
12	1	11	533
13	1	12	550
14	1	13	555
15	1	14	550
16	1	15	539
17	1	16	525
18	1	17	511
19	1	18	500
20	1	19	494
21	1	20	496
22	1	21	507
23	1	22	526
24	1	23	554
25	1	24	590
26	1	25	632
27	1	26	680
28	1	27	732
29	1	28	787
30	INF	29	846

Tabella 3.2.1.1 – Modello a 30 sismostrati, con distribuzione di velocità dei terreni

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m di profondità, è possibile determinare una velocità equivalente  $V_{s30}$  rappresentativa del sito in esame. Secondo la normativa italiana in materia di progettazione antisismica "O.P.C.M. n° 3274/2003" e sue modifiche e le Norme Tecniche di Costruzione (D.M. 14/01/2008) e sue modifiche e, ancora, secondo la normativa europea Eurocodice 8, il valore calcolato di  $V_{s30}$  è pari a  **$V_{s30} = 348$  m/s.**

Vista la stratigrafia presente, i profili di velocità delle onde di taglio e il valore di  $V_{s30}$

si può assimilare la categoria di suolo di fondazione di riferimento al suolo “C”.

### 3.2.2 MASW 02

A seguito dell’indagine e dell’elaborazione effettuata (v. Tavola 4 dell’Allegato grafico 2), i risultati del MASW\_02 sono riassunti nella tabella sottostante.

Sismostrato	Spessore (m)	Profondità (m dal p.c.)	Vs (m/s)
1	1	0	160
2	1	1	219
3	1	2	205
4	1	3	179
5	1	4	197
6	1	5	245
7	1	6	296
8	1	7	337
9	1	8	369
10	1	9	397
11	1	10	422
12	1	11	447
13	1	12	473
14	1	13	499
15	1	14	525
16	1	15	550
17	1	16	573
18	1	17	595
19	1	18	614
20	1	19	632
21	1	20	648
22	1	21	662
23	1	22	675
24	1	23	686
25	1	24	697
26	1	25	707
27	1	26	717
28	1	27	727
29	1	28	736
30	INF	29	746

*Tabella 3.2.2.1 – Modello a 30 sismostrati, con distribuzione di velocità dei terreni*

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m di profondità, è possibile determinare una velocità equivalente Vs<sub>30</sub> rappresentativa del sito in esame. Secondo la normativa italiana in materia di progettazione antisismica “O.P.C.M. n° 3274/2003” e sue modifiche e le Norme Tecniche di Costruzione (D.M. 14/01/2008) e sue modifiche e, ancora, secondo la normativa europea Eurocodice 8, il valore calcolato di Vs<sub>30</sub> è pari a **Vs<sub>30</sub> = 398 m/s**.

Vista la stratigrafia presente, i profili di velocità delle onde di taglio e il valore di Vs<sub>30</sub> si può assimilare la categoria di suolo di fondazione di riferimento al suolo “B”.

### 3.3 Analisi dei Risultati delle Prove Down Hole – Allegato 3

Nell'Allegato Grafico 3, sono riportate, oltre le ubicazioni dei fori di sondaggio opportunamente attrezzati per le prove in foro (v. Tavole 1, 5, 9), i sismogrammi onde P ed Sh ottenuti per ogni indagine, i tempi dei primi arrivi osservati e corretti ed i profili di velocità con le tabelle dei parametri dinamici medi. Anche dalle prove Down Hole sono stati calcolati i valori del parametro  $V_{S30}$  e attribuita una specifica classe di suolo. Si ricorda che, per la progettazione di opere civili, il DM 2008 non prevede l'applicabilità del metodo semplificato con attribuzione della categoria di suolo nei casi siano presenti inversioni di velocità lungo il profilo verticale.

#### 3.3.1 Prova Down Hole IF16 V03

La prova DH sulla sponda sinistra del Fiume Cervaro nella zona della Stazione di Orsara di Puglia, è stata condotta, come precedentemente accennato, all'interno del foro geotecnico IF16 V03S3 opportunamente attrezzato.

I risultati completi della prova, la sua ubicazione e la sua interpretazione, sono reperibili di seguito e nell'Allegato 3 (v. Tavole 1-4).

Nelle pagine seguenti, sono altresì riportati, i valori delle velocità delle onde P ed S, i valori dinamici del Coefficiente di Poisson (qui indicato col simbolo  $\sigma$ ), del Modulo di Young dinamico (E), del Modulo di Rigidità o di Taglio ( $\mu$ ), nonché del Bulk Modulus (inverso della compressibilità), calcolati così come descritto precedentemente.

#### FORO IF16 V03 – VELOCITA' ONDE P ED SH

Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	Velocità Vs media (m/s)	Vseq (da 0 a -15 m)
da -1 a -5 m	4	233	373
da -5 a -15 m	10	535	<b>Vs 30</b>
da -15 a -18 m	3	833	<b>(da 0 a -30 m)</b>
da -18 a -25 m	7	840	537
da -25 a -38 m	13	1315	
da -38 a -42 m	4	1511	
da -42 a -46 m	4	1515	
da -46 a -50 m	4	1704	
Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	Velocità Vp media (m/s)	
da -1 a -5 m	4	442	
da -5 a -15 m	10	2208	
da -15 a -18 m	3	2548	
da -18 a -25 m	7	2635	
da -25 a -38 m	13	3184	
da -38 a -42 m	4	3615	
da -42 a -46 m	4	3756	
da -46 a -50 m	4	3893	

**FORO IF16 V03 – PARAMETRI DINAMICI**

Strato	Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Poisson	Young (MPa)	Share (MPa)	Bulk (MPa)
1	da -1 a -5 m	4	16.88	0.31	234.75	89.75	203.50
2	da -5 a -15 m	10	20.42	0.47	1681.56	572.41	8997.62
3	da -15 a -18 m	3	21.10	0.44	4138.34	1436.83	11513.99
4	da -18 a -25 m	7	21.27	0.44	4249.22	1471.88	12526.51
5	da -25 a -38 m	13	22.37	0.40	10605.74	3795.70	17173.87
6	da -38 a -42 m	4	23.23	0.39	14493.29	5197.66	22834.27
7	da -42 a -46 m	4	23.51	0.40	14844.84	5290.72	25483.64
8	da -46 a -50 m	4	23.79	0.38	18712.45	6772.36	26325.35

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  nei primi 30 m di profondità, è possibile determinare una velocità equivalente  $V_{s_{eq}}$  ed una  $V_{s30}$  rappresentativa del sito in esame. Il parametro  $V_{s_{eq}}$  risulta pari a 373 m/s. Secondo la normativa italiana in materia di progettazione antisismica "O.P.C.M. n° 3274/2003" e sue modifiche e le Norme Tecniche di Costruzione (D.M. 14/01/2008) e sue modifiche e, ancora, secondo la normativa europea Eurocodice 8, il valore calcolato di  $V_{s30}$  è pari a

$$V_{s30} = 537 \text{ m/s.}$$

Vista la stratigrafia presente, i profili di velocità delle onde di taglio e il valore di  $V_{s30}$  si può assimilare la categoria di suolo di fondazione di riferimento al suolo "B".

### **3.3.2 Prova Down Hole IF16 G09**

La prova DH è stata condotta, come precedentemente accennato, all'interno del foro geotecnico IF16 G09.

I risultati completi della prova, la sua ubicazione e la sua interpretazione, sono reperibili di seguito e nell'Allegato 3 (v. Tavole 5-8).

Nelle pagine seguenti, sono altresì riportati, i valori delle velocità delle onde P ed S, i valori dinamici del Coefficiente di Poisson (qui indicato col simbolo  $\sigma$ ), del Modulo di Young dinamico (E), del Modulo di Rigidità o di Taglio ( $\mu$ ), nonché del Bulk Modulus (inverso della compressibilità), calcolati così come descritto precedentemente.

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  nei primi 30 m di profondità, è possibile determinare il parametro  $V_{s30}$  rappresentativo del sito in esame. Secondo la normativa italiana in materia di progettazione antisismica "O.P.C.M. n° 3274/2003" e sue modifiche e le Norme Tecniche di Costruzione (D.M. 14/01/2008) e sue modifiche e, ancora, secondo la normativa europea Eurocodice 8, il valore calcolato di  $V_{s30}$  è pari a

$$V_{s30} = 380 \text{ m/s.}$$

Vista la stratigrafia presente, i profili di velocità delle onde di taglio e il valore di  $V_{s30}$  si può assimilare la categoria di suolo di fondazione di riferimento al suolo “**B**”.

**FORO IF16 G09 – VELOCITA' ONDE P ED SH**

Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	Velocità $V_s$ media (m/s)	$V_{s30} = V_{seq}$ (da 0 a -30 m)
da -1 a -3 m	2	226	380
da -3 a -6 m	3	281	
da -6 a -10 m	4	462	
da -10 a -27 m	17	414	
da -27 a -37 m	10	576	
da -37 a -55 m	18	583	
da -55 a -57 m	2	626	
da -57 a -60 m	3	594	
Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	Velocità $V_p$ media (m/s)	
da -1 a -3 m	2	464	
da -3 a -6 m	3	804	
da -6 a -10 m	4	1727	
da -10 a -27 m	17	1584	
da -27 a -37 m	10	1584	
da -37 a -55 m	18	1783	
da -55 a -57 m	2	2032	
da -57 a -60 m	3	1804	

**FORO IF16 G09 – PARAMETRI DINAMICI**

Strato	Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	$\gamma$ ( $kN/m^3$ )	Poisson	Young (MPa)	Share (MPa)	Bulk (MPa)
1	da -1 a -3 m	2	16.93	0.34	228.00	84.79	244.36
2	da -3 a -6 m	3	17.61	0.43	390.07	136.35	934.42
3	da -6 a -10 m	4	19.45	0.46	1190.25	407.21	5147.17
4	da -10 a -27 m	17	19.17	0.46	942.93	322.18	4286.86
5	da -27 a -37 m	10	19.17	0.42	1775.95	623.66	3884.90
6	da -37 a -55 m	18	19.57	0.44	1878.46	652.18	5230.46
7	da -55 a -57 m	2	20.06	0.45	2232.36	771.07	7096.33
8	da -57 a -60 m	3	19.61	0.44	1952.92	678.47	5353.34

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  nei primi 30 m di profondità, è possibile determinare il parametro  $V_{s30}$  rappresentativo del sito in esame. Secondo la normativa italiana in materia di progettazione antisismica “O.P.C.M. n° 3274/2003” e sue modifiche e le Norme Tecniche di Costruzione (D.M. 14/01/2008) e sue modifiche e, ancora, secondo la normativa europea Eurocodice 8, il valore calcolato di  $V_{s30}$  è pari a

$$V_{s30} = 380 \text{ m/s.}$$

Vista la stratigrafia presente, i profili di velocità delle onde di taglio e il valore di  $V_{s30}$  si può assimilare la categoria di suolo di fondazione di riferimento al suolo “**B**”.

### 3.3.3 Prova Down Hole IF16 G18

La prova DH è stata condotta, come precedentemente accennato, all'interno del foro geotecnico IF16 G18.

I risultati completi della prova, la sua ubicazione e la sua interpretazione, sono reperibili di seguito e nell'Allegato 3 (v. Tavole 9-12).

Nelle pagine seguenti, sono altresì riportati, i valori delle velocità delle onde P ed S, i valori dinamici del Coefficiente di Poisson (qui indicato col simbolo  $\sigma$ ), del Modulo di Young dinamico (E), del Modulo di Rigidità o di Taglio ( $\mu$ ), nonché del Bulk Modulus (inverso della compressibilità), calcolati così come descritto precedentemente.

#### FORO IF16 G18 – VELOCITA' ONDE P ED SH

Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	Velocità Vs media (m/s)	Vs30 = Vseq (da 0 a -30 m)
da -1 a -5 m	4	214	374
da -5 a -9 m	4	223	
da -9 a -23 m	14	515	
da -23 a -25 m	2	383	
da -25 a -30 m	5	535	
da -30 a -38 m	8	560	
da -38 a -42 m	4	579	
da -42 a -58 m	16	581	
Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	Velocità Vp media (m/s)	
da -1 a -5 m	4	646	
da -5 a -9 m	4	1333	
da -9 a -23 m	14	1630	
da -23 a -25 m	2	1598	
da -25 a -30 m	5	1699	
da -30 a -38 m	8	1799	
da -38 a -42 m	4	1863	
da -42 a -58 m	16	1953	

#### FORO IF16 G18 – PARAMETRI DINAMICI

Strato	Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Poisson	Young (MPa)	Share (MPa)	Bulk (MPa)
1	da -1 a -5 m	4	17.29	0.44	223.41	77.66	604.13
2	da -5 a -9 m	4	18.67	0.49	270.47	91.03	3131.29
3	da -9 a -23 m	14	19.26	0.44	1447.31	500.95	4350.39
4	da -23 a -25 m	2	19.20	0.47	811.60	276.14	4439.00
5	da -25 a -30 m	5	19.40	0.44	1573.55	544.49	4765.26
6	da -30 a -38 m	8	19.60	0.45	1743.49	602.72	5416.54
7	da -38 a -42 m	4	19.73	0.45	1876.22	648.52	5849.48
8	da -42 a -58 m	16	19.91	0.45	1912.92	658.97	6567.26

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m di profondità, è possibile determinare una velocità equivalente Vs30 rappresentativa del sito in esame. Secondo la normativa italiana in materia di progettazione antisismica "O.P.C.M. n° 3274/2003" e sue modifiche e le Norme Tecniche di Costruzione (D.M. 14/01/2008) e sue modifiche e, ancora, secondo la normativa europea Eurocodice 8,



ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA  
PROGETTO DEFINITIVO

**INDAGINI GEOFISICHE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1V	02 D 69	IG	GE0005 001	A	25 di 60

il valore calcolato di  $V_{s30}$  è pari a

$$V_{s30} = 374 \text{ m/s.}$$

Vista la stratigrafia presente, i profili di velocità delle onde di taglio e il valore di  $V_{s30}$  si può assimilare la categoria di suolo di fondazione di riferimento al suolo “**B**”.



ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA  
PROGETTO DEFINITIVO

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1V	02 D 69	IG	GE0005 001	A	26 di 60

#### 4. BIBLIOGRAFIA

- Aki K., 1964. A note on the use of microseisms in determining the Shallow structures of the earth's crust, *Geophysics*, 29, 665–666.
- Ben-Menahem A. E SINGH S.J., 1981. *Seismic Waves and Sources*, Springer-Verlag, New York.
- Burnham, G. F. and Hawke, P. J., Smart solution to a sticky problem: in-mine clay mapping using high-resolution geophysics. (In Press).
- Castellaro Silvia, 2016. *Geophysics*, vol. 81, no. 6 (november-december 2016); p. 1–16, 17 figs., 2 tables.
- Cavinato, G. P., Di Luzio, E., Moscatelli, M., Vallone, R., Averardi, M., Valente, A., and Papale, S., 2006. The new Col di Tenda tunnel between Italy and France: Integrated geological investigations and geophysical prospections for preliminary studies on the Italian side. *Engineering Geology* 88, 90-109.
- Coffeen, J.A., 1978. "Seismic exploration fundamentals". Pubb. Co.;
- Dobrin, M.B., 1976. "Introduction to Geophysical prospecting". McGraw-Hill Book Co.;
- Foti S., 2000, *Multi-Station Methods for Geotechnical Characterisation Using Surface Waves*, PhD Diss., Politecnico di Torino, 229 pp.;
- James W. Daniel, *Convergence of the Conjugate Gradient Method with Computationally Convenient Modifications*, *Numerische Mathematik* 10 (1967),125–131.
- H. Gebrande and H. Miller 1985. *Refraktionsseismik* (in German). In: F. Bender (Editor), *Angewandte Geowissenschaften II*. Ferdinand Enke, Stuttgart; pp.226-260. ISBN 3-432-91021-5
- Kim, D.S., Bang, E.S., Kim, W.C., "Evaluation of Various Downhole Data Reduction Methods for Obtaining Reliable Vs Profiles," *Geo-technical Testing Journal*, ASTM, Vol. 27, No. 6, November 2004, pp. 1-13.
- Mcmechan G.A., Yedlin M.J., 1981, *Analysis of dispersive wave by wave field transformation*, *Geophysics*, 46, 869-874;
- Milton B. Dobrin, Carl H. Savit, 1988, *Introduction to Geophysical Prospecting*, fourth Edition, McGraw-Hill International Editions e R.E. Goodman, 1989, *Introduction to Rock Mechanics*, second Edition, John Wiley & Sons.
- Ganerød, G. V., Rønning, J. S., Dalsegg, E., Elvebakk, H., Holmøy, K., Nilsen, B., and Braathen, A. [2006] *Comparison of geophysical methods for sub-surface mapping of faults and fracture zones in a section of the Viggja road tunnel, Norway*. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 65, 231-243.
- John m. Reynolds, (1997). "An introduction to applied and environmental geophysics", pp. 415-488, Wiley, England.



ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA  
PROGETTO DEFINITIVO

**INDAGINI GEOFISICHE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1V	02 D 69	IG	GE0005 001	A	27 di 60

Gerard T. Schuster\* and Aksel Quintus-Bosz, Wavepath Eikonal Traveltime inversion: Theory, 1993, Geophysics, Volume 58, Issue 9, pp. 1314-1323.

Nazarian S., Stokoe K.H., 1986, Use of surface waves in pavement evaluation, Transp. Res. Rec, 1070, 132-144;

SESAME Project, 2004, Guidelines for the implementation of the H/V spectra ratio technique on ambient vibrations: Measurements, processing and interpretation, SESAME European Research Project WP12, deliverable no. D23.12, [http://sesame.geopsy.org/Delivrables/D08-02\\_Texte.pdf](http://sesame.geopsy.org/Delivrables/D08-02_Texte.pdf), accessed.

23 April 2016.

Socco, L. V., and C. Strobbia, 2004, Surface-wave method for near surface characterization: A tutorial: Near Surface Geophysics, 2, 165–185.

Stokoe K.H., Wright S.G., Bay J., Roesset J.M., 1994, characterization of geotechnical sites by SASW method, in Geophysical characterization of sites, (ISSMFE TC#10) by R.D. Woods (ed), Oxford & IBH Publ., pp. 15-25;

Xia J., Miller R.D., Park C.B., 1999, Estimation of near-surface shear-wave velocity by inversion of Rayleigh waves, Geophysics, 64, 691-700.



ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA  
PROGETTO DEFINITIVO

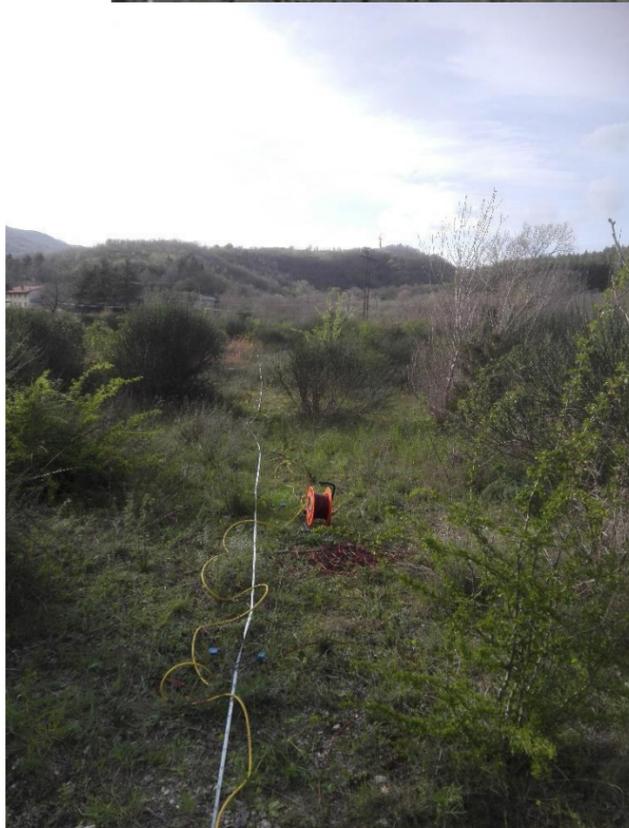
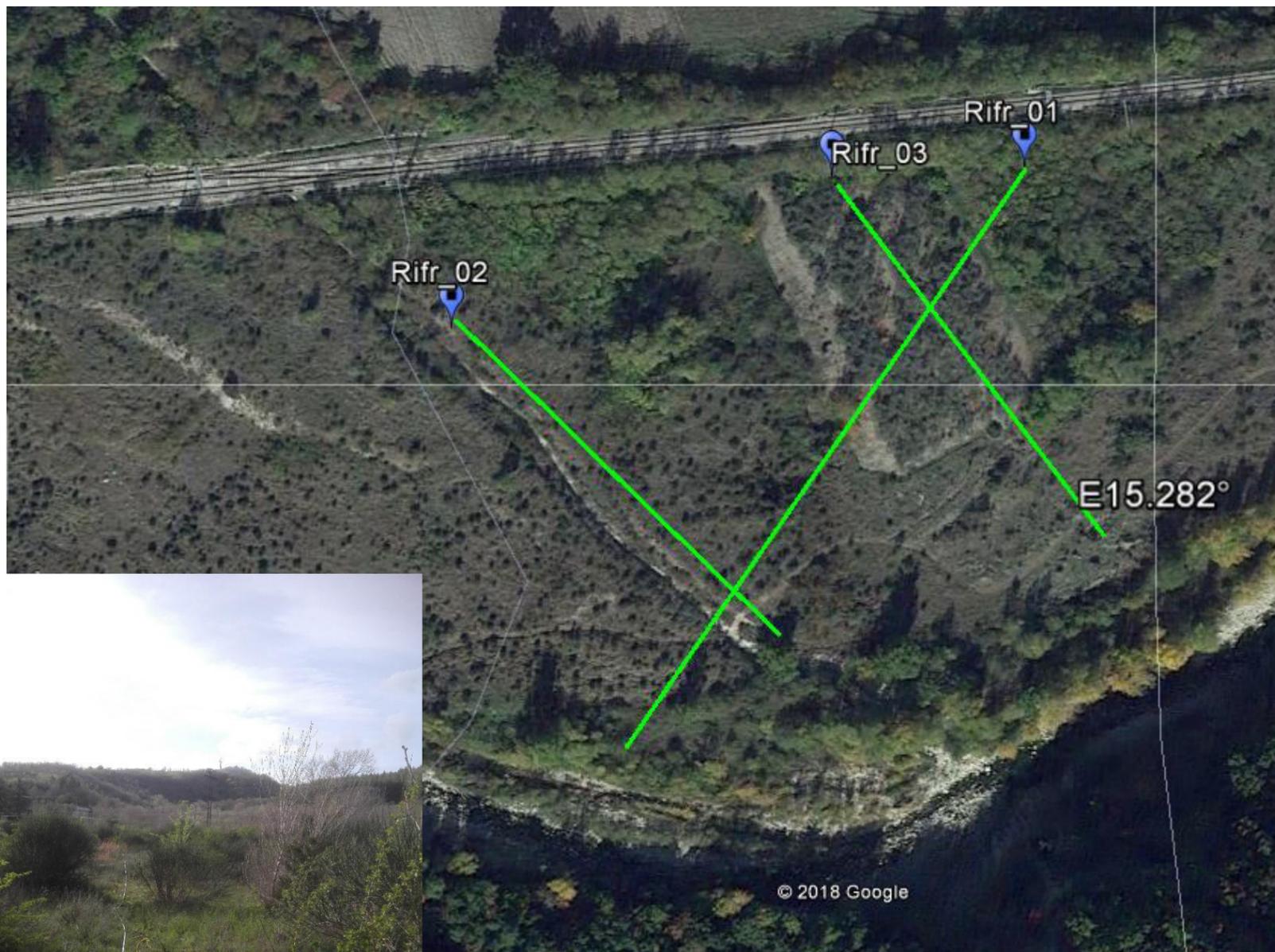
**INDAGINI GEOFISICHE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1V	02 D 69	IG	GE0005 001	A	28 di 60

## 5. ALLEGATO GRAFICO N.1 – INDAGINE SISMICA TOMOGRAFICA

# INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA RIFR\_01, RIFR\_02 E RIFR\_03

## Ubicazione Indagine



**Ubicazione del profilo sismico Rifr\_02**



**Ubicazione del profilo sismico Rifr\_01**



**Ubicazione del profilo sismico Rifr\_03**

TAVOLA

1

### OGGETTO

Indagine sismica a rifrazione tomografica RIFR\_01, RIFR\_02 e RIFR\_03

Progetto Definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA



**SOING**  
STRUTTURE & AMBIENTE



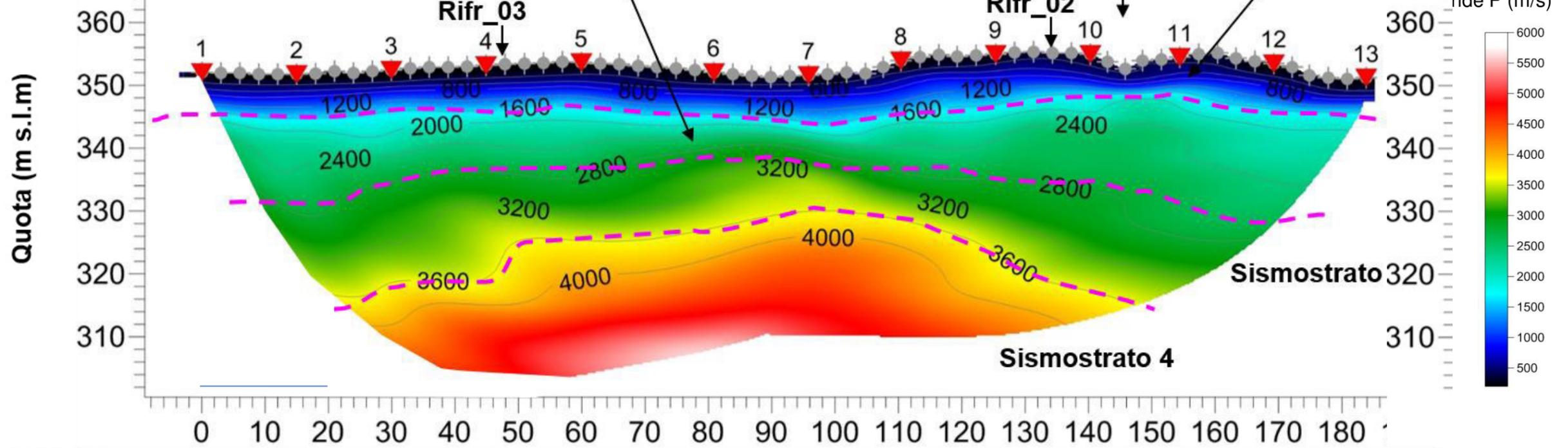
**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

RIFR\_01  
Sezione  
Onde P



RIFR\_01  
Sezione  
Onde S

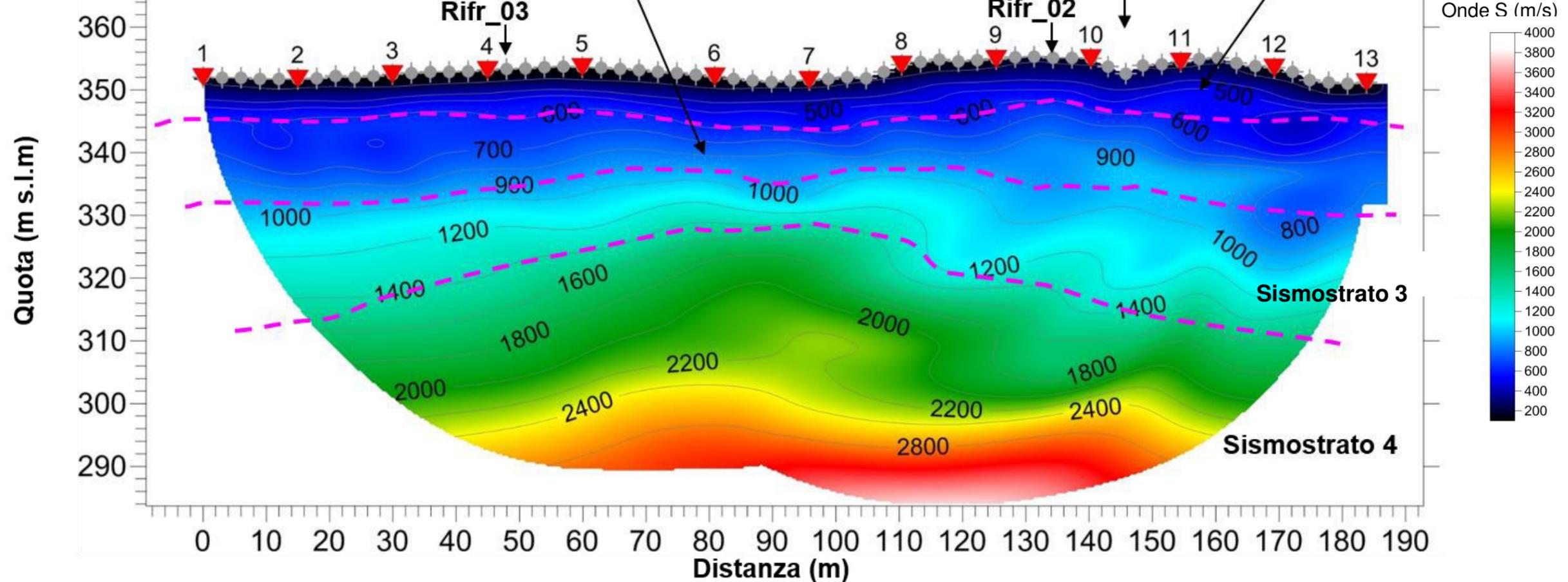


TAVOLA  
2

**OGGETTO**  
Indagine sismica a rifrazione tomografica RIFR\_01

---

Progetto Definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA

Interfaccia tra sismostrati

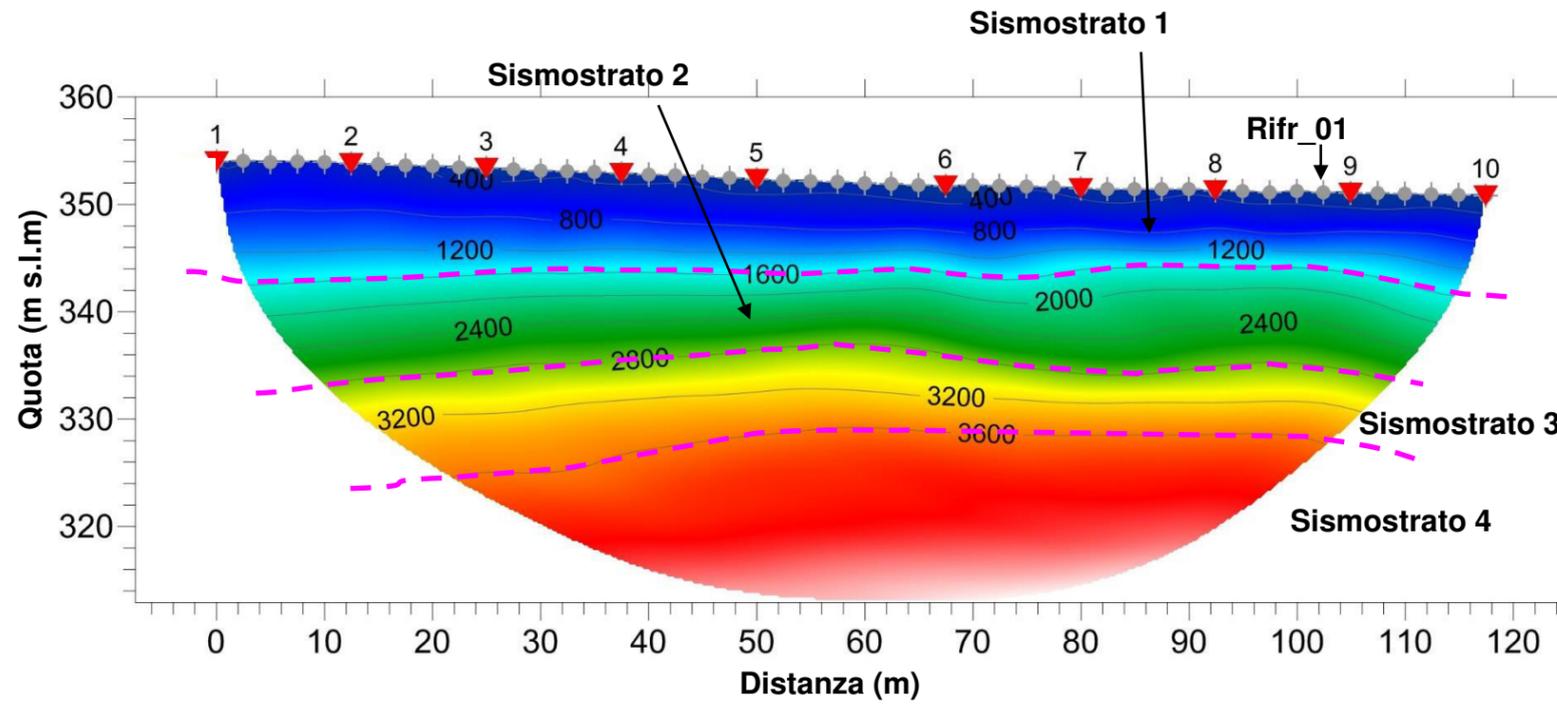
Scala della sezione  
2,75 cm = 20 m



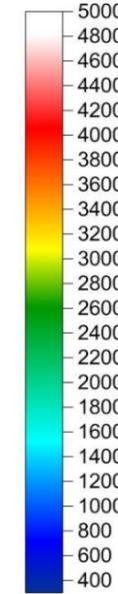
**Per la**  
**SOING Strutture e Ambiente srl**

**ELAB** G. Luciani  
**VERIFICA** A. Morelli  
**APPROV.** P. Chiara

**RIFR\_02  
Sezione  
Onde P**



Scala di velocità  
Onde P (m/s)



TAVOLA

3

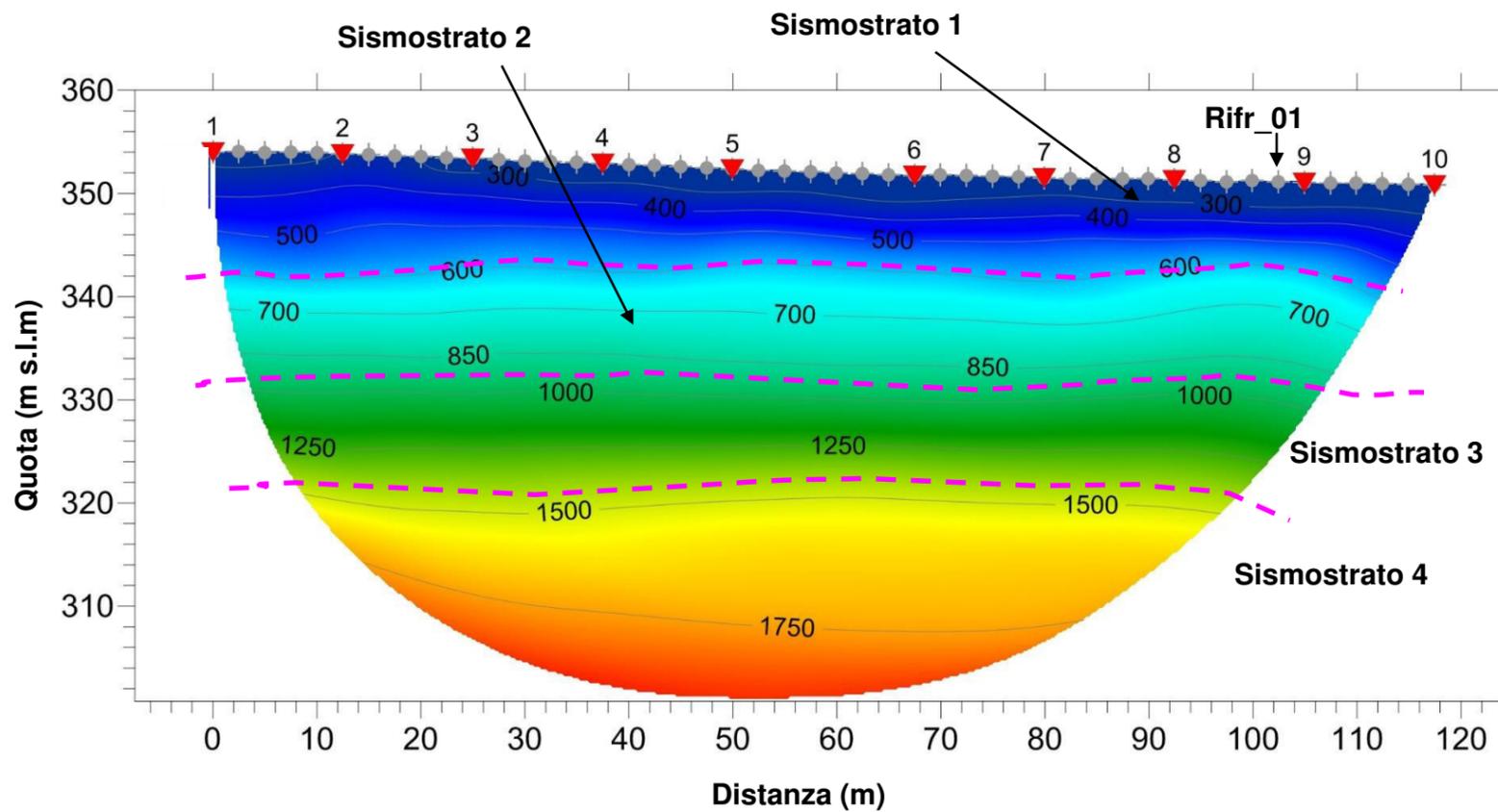
**OGGETTO**

Indagine sismica a  
rifrazione tomografica  
RIFR\_02

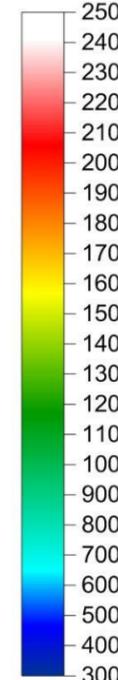
Progetto Definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA

**RIFR\_02  
Sezione  
Onde S**



Scala di velocità  
Onde S (m/s)



Interfaccia tra  
sismostrati

Scala della sezione  
1,5 cm = 10 m



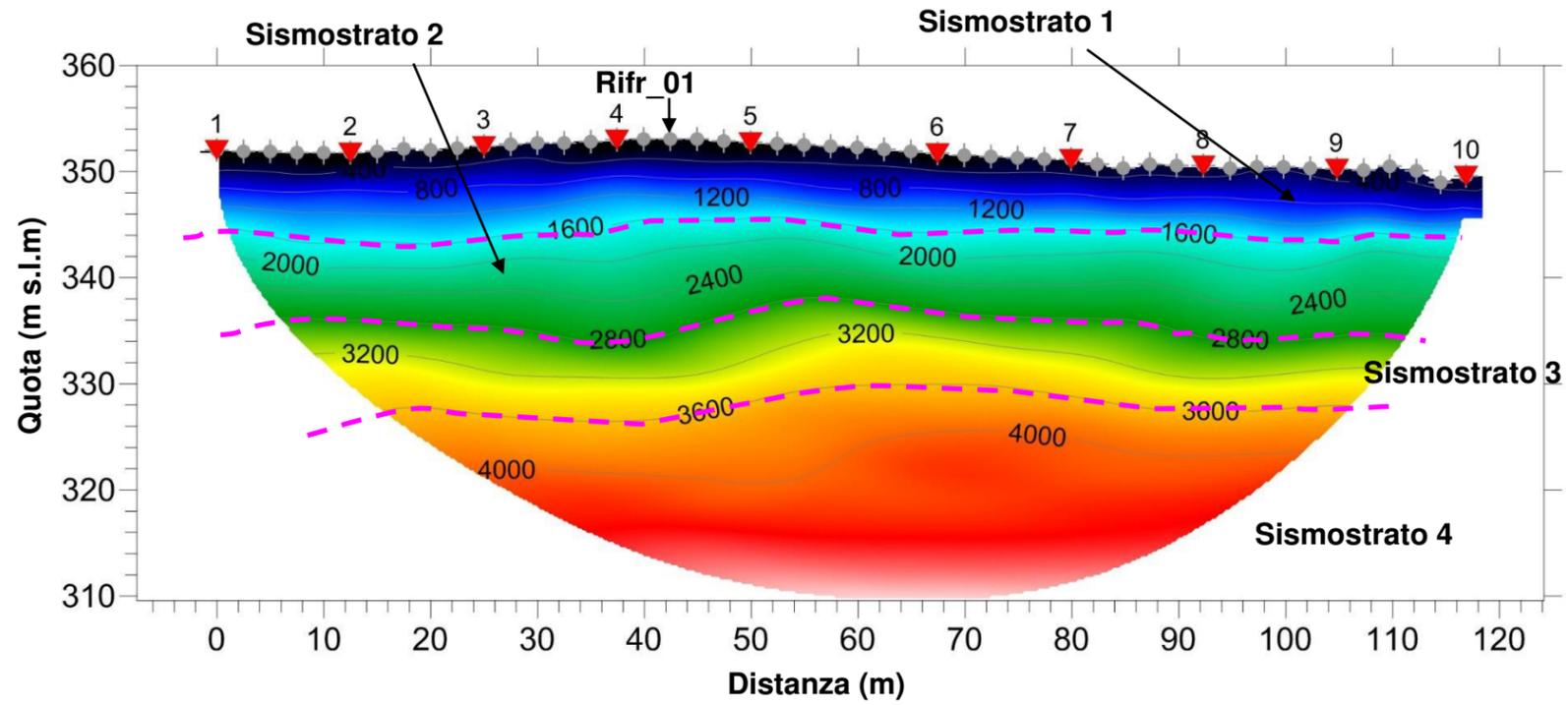
**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

**ELAB** G. Luciani

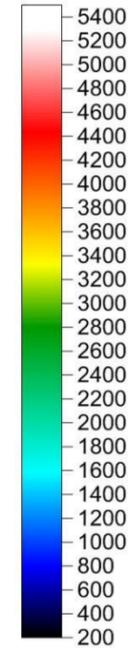
**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara

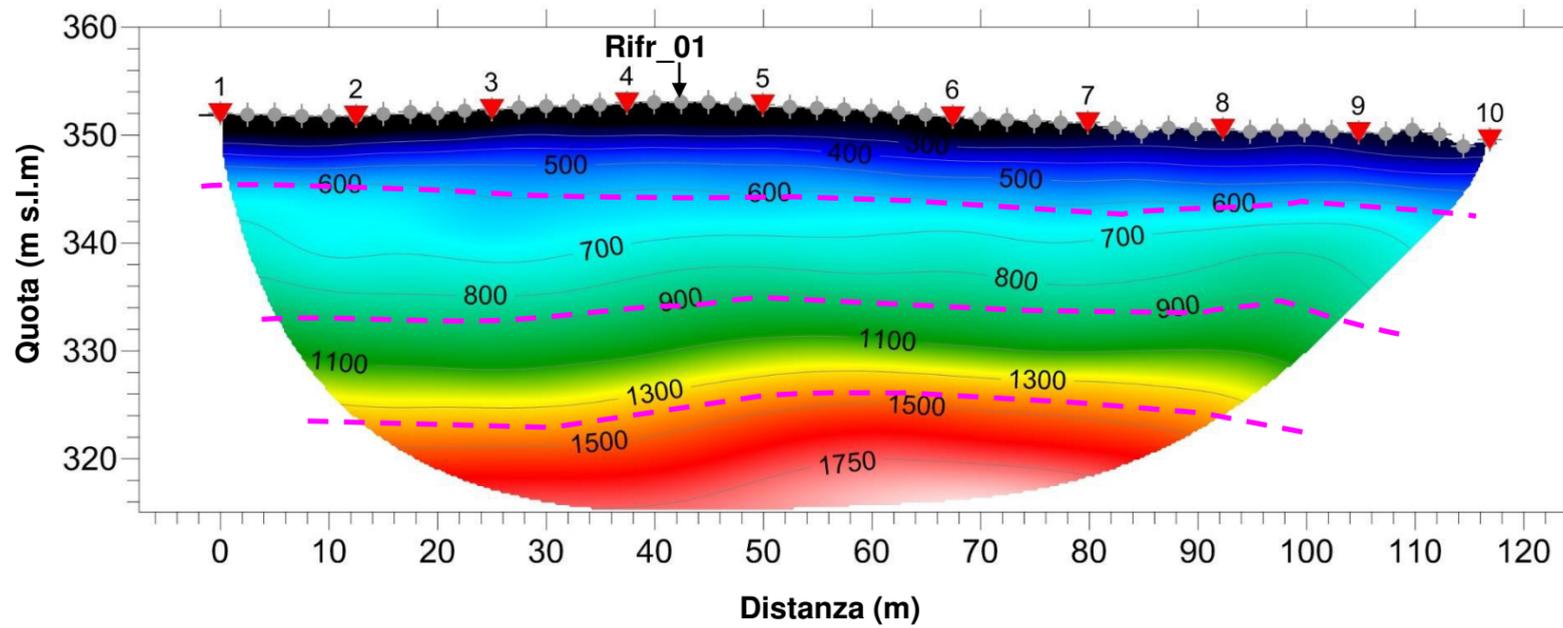
**RIFR\_03  
Sezione  
Onde P**



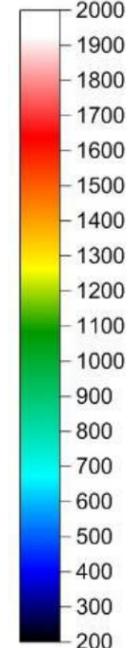
Scala di velocità  
Onde P (m/s)



**RIFR\_03  
Sezione  
Onde S**



Scala di velocità  
Onde S (m/s)



TAVOLA

4

**OGGETTO**

Indagine sismica a  
rifrazione tomografica  
RIFR\_03

Progetto Definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA

Interfaccia tra  
sismostrati

Scala della sezione  
1,5 cm = 10 m



**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

**ELAB** G. Luciani

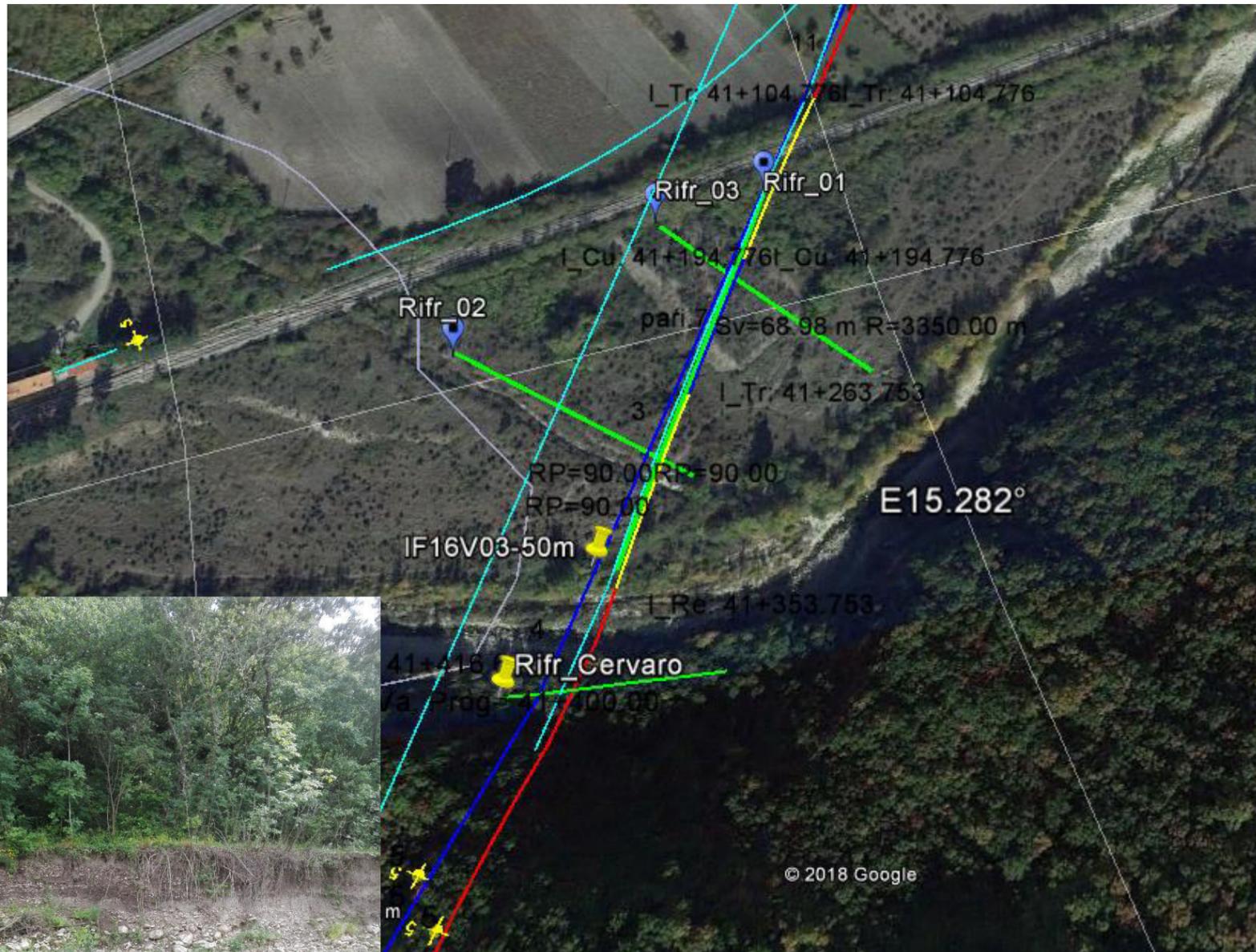
**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara

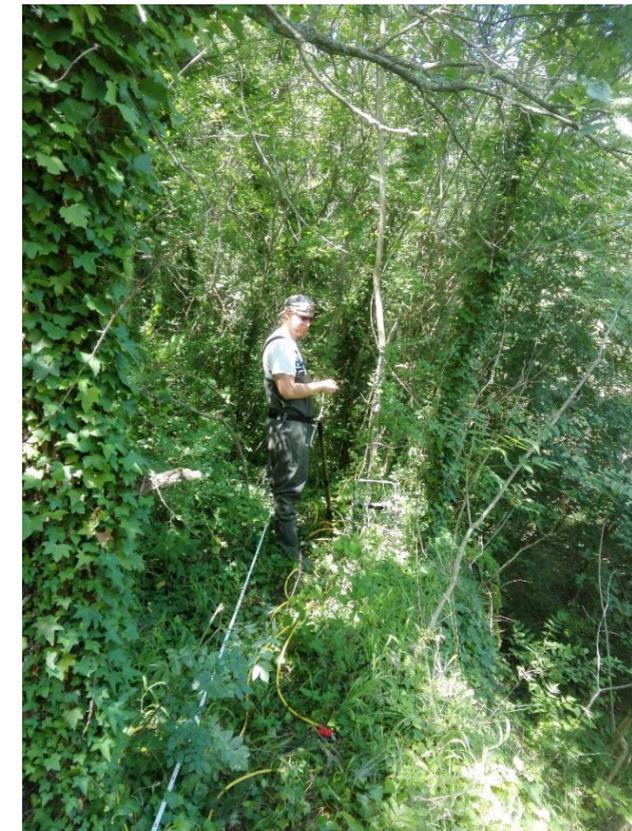
# INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA RIFR\_CERVARO



## Ubicazione Indagine



Pianoro sul quale è stato acquisito il profilo



Tratto iniziale del profilo sismica



Tratto del profilo su accumulo di materiale grossolano

TAVOLA

5

OGGETTO

Indagine sismica a  
rifrazione tomografica  
RIFR\_CERVARO

Progetto Definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA



**SOING**  
STRUTTURE & AMBIENTE



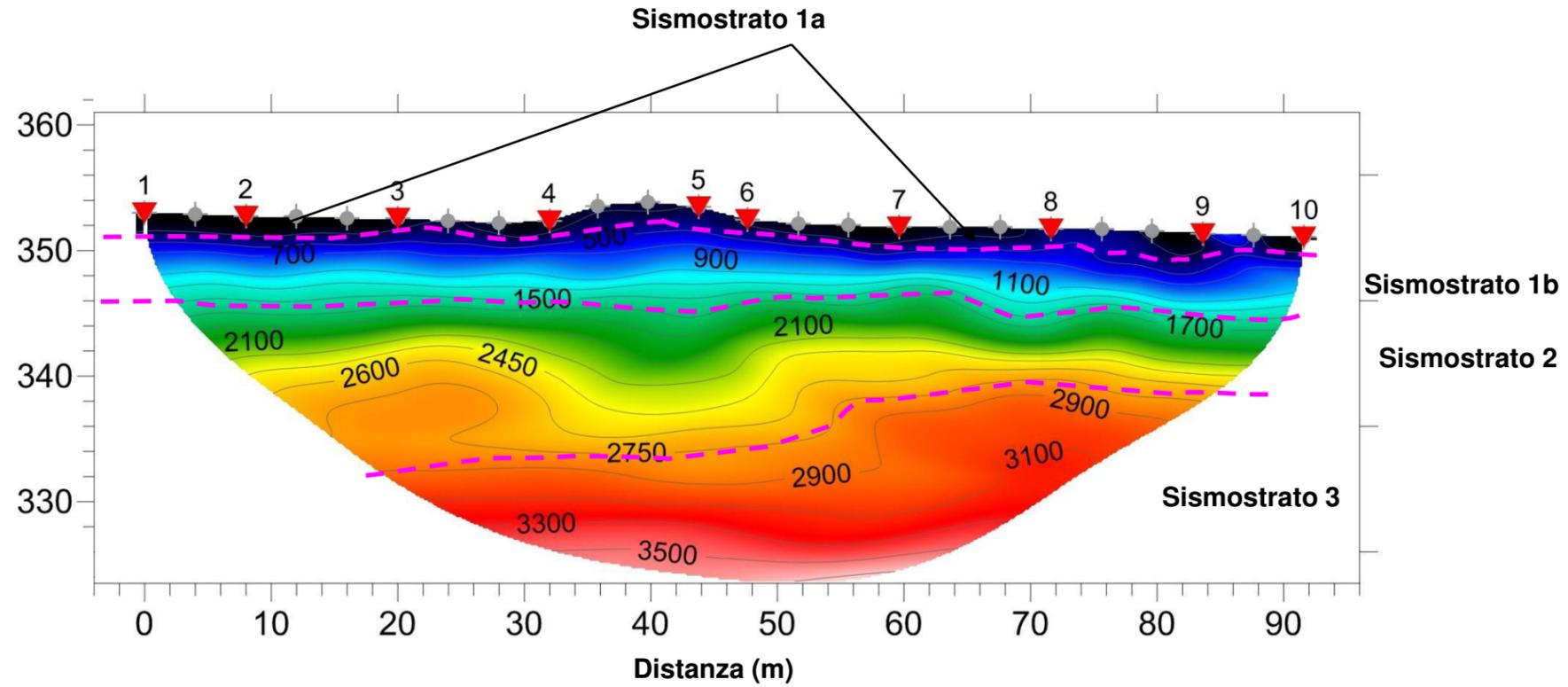
Per la  
**SOING Strutture e  
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

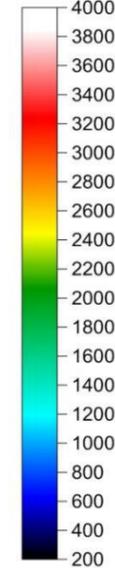
VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

**RIFR\_CERVARO**  
Sezione  
Onde P



Scala di velocità  
Onde P (m/s)



TAVOLA

6

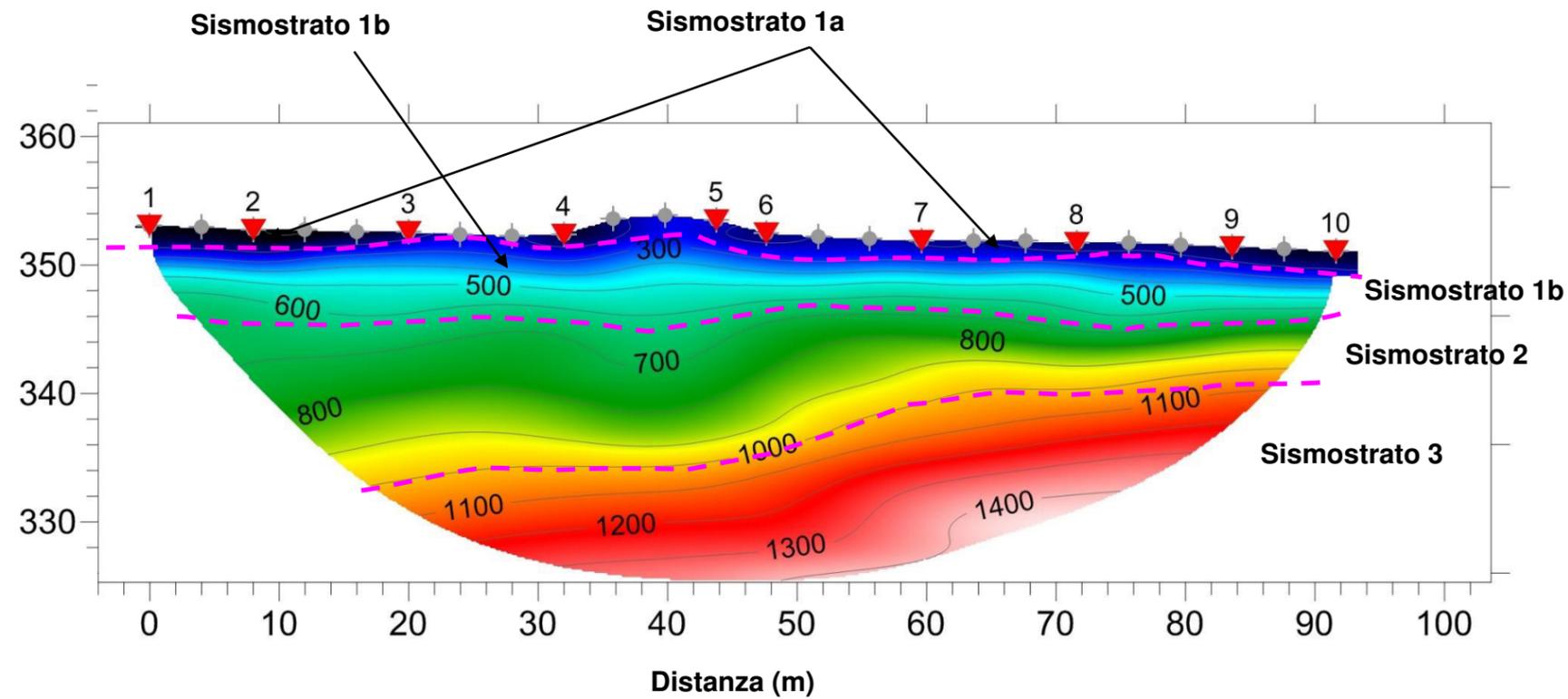
OGGETTO

Indagine sismica a  
rifrazione tomografica  
RIFR\_CERVARO

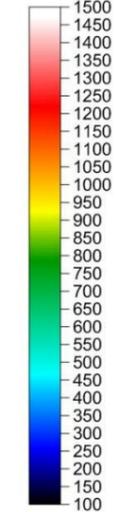
Progetto Definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA

**RIFR\_CERVARO**  
Sezione  
Onde SH



Scala di velocità  
Onde S (m/s)



Interfaccia tra  
sismostrati

Scala della sezione  
1,5 cm = 10 m



Per la  
**SOING Strutture e  
Ambiente srl**

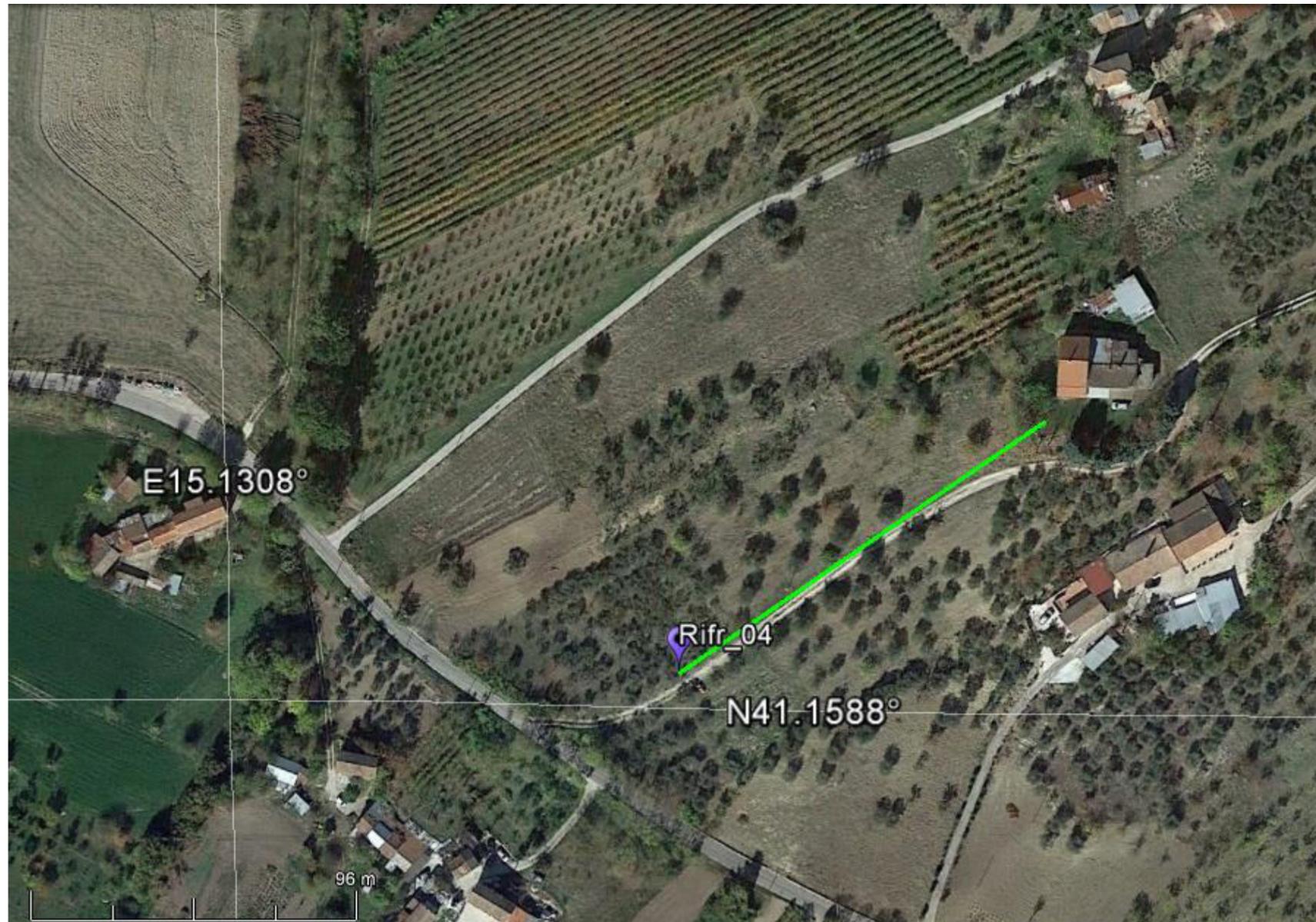
ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

**INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA  
RIFR\_04**

**Ubicazione Indagine**



**Ubicazione del profilo sismico Rifr\_04**

TAVOLA

7

**OGGETTO**

Indagine sismica a  
rifrazione tomografica  
RIFR\_04

Progetto Definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA



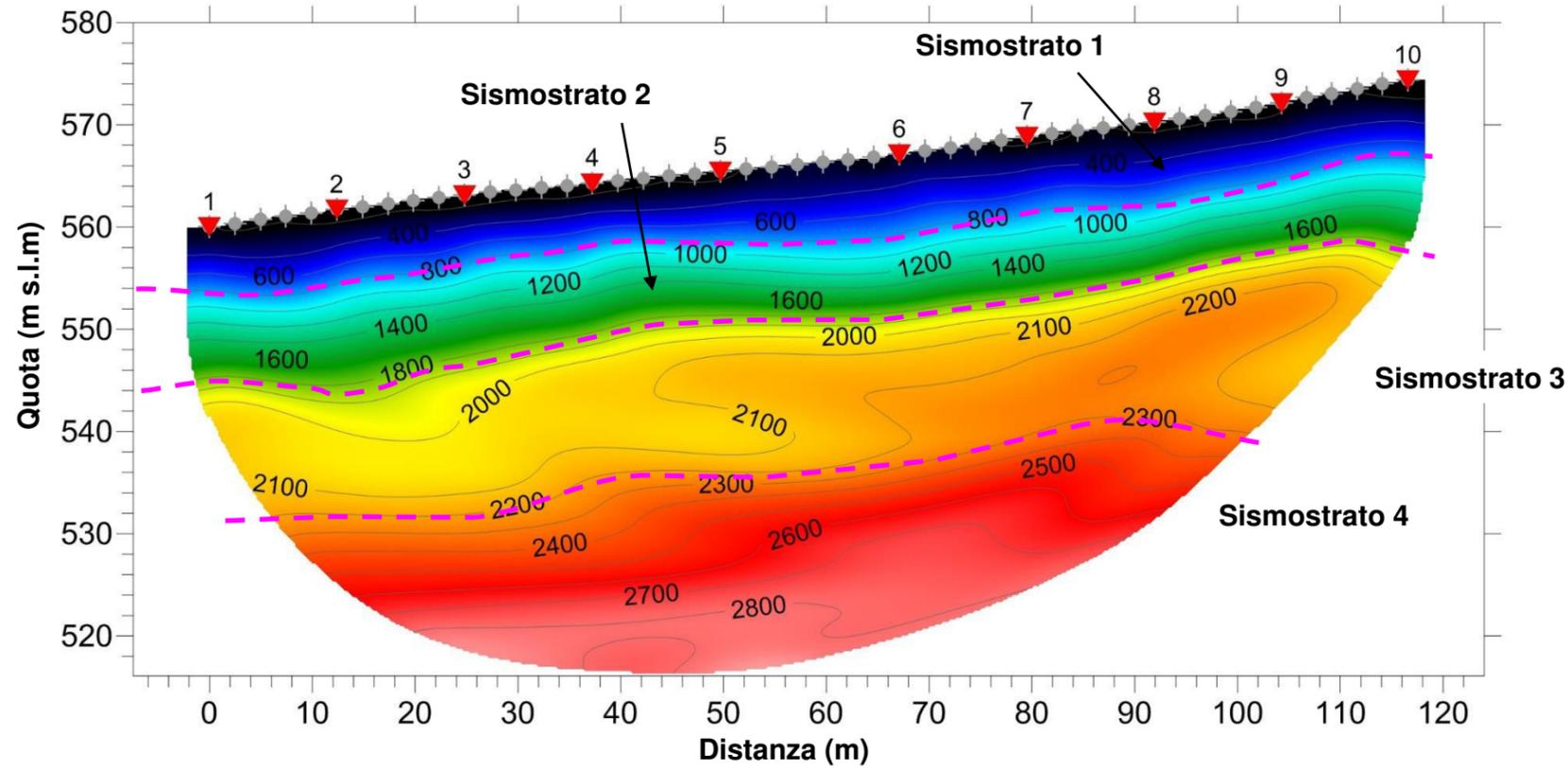
**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

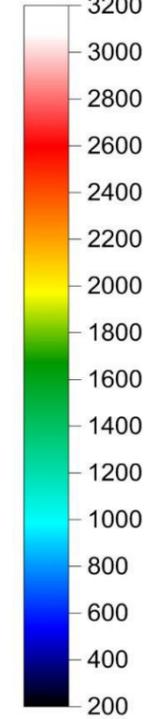
VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

**RIFR\_04  
Sezione  
Onde P**



Scala di velocità  
Onde P (m/s)



TAVOLA

8

**OGGETTO**

Indagine sismica a  
rifrazione tomografica  
RIFR\_04

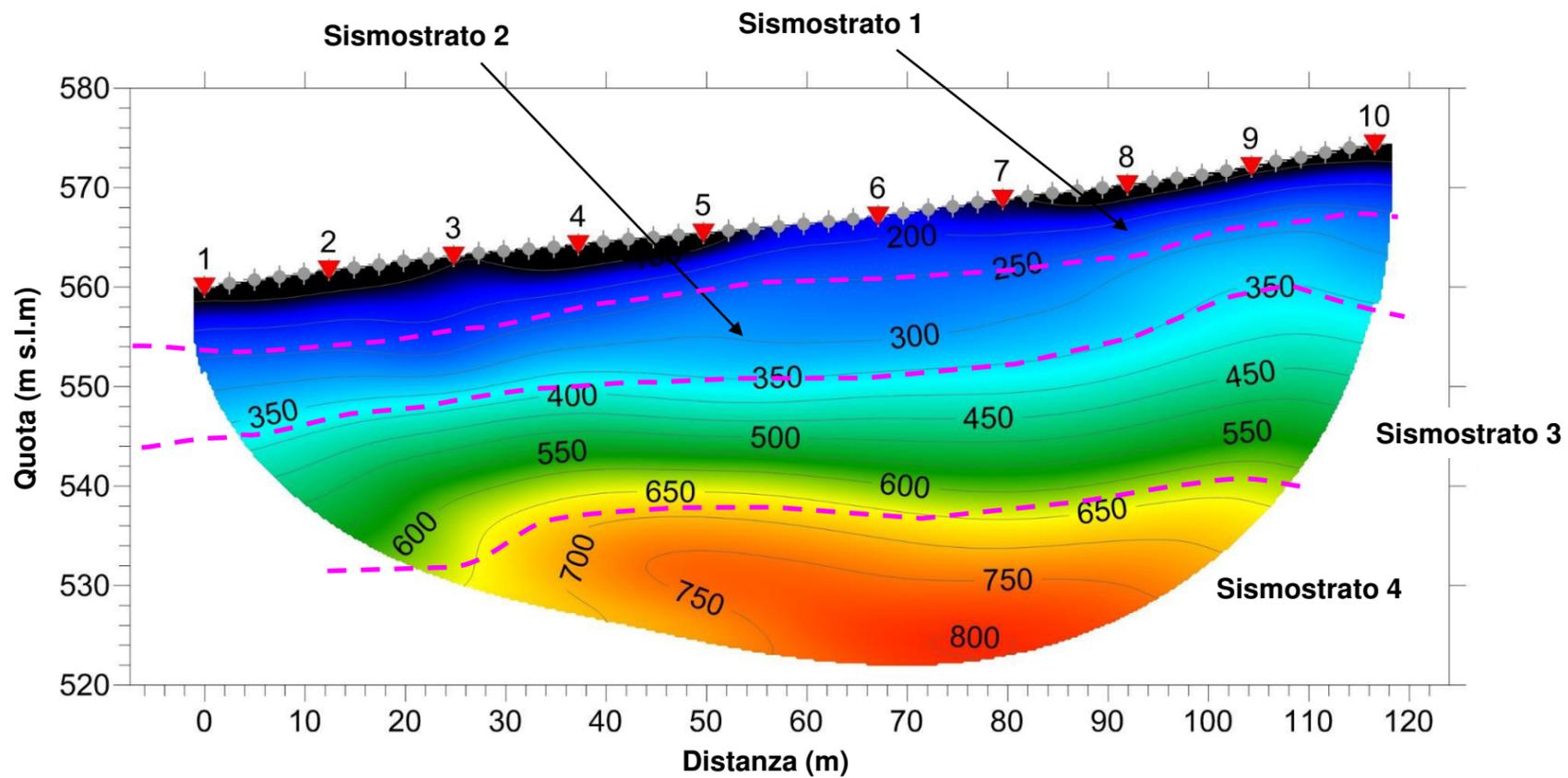
Progetto Definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA

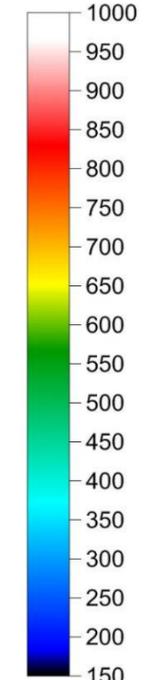
Interfaccia tra  
sismostrati

Scala della sezione  
1,5 cm = 10 m

**RIFR\_04  
Sezione  
Onde S**



Scala di velocità  
Onde S (m/s)



**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

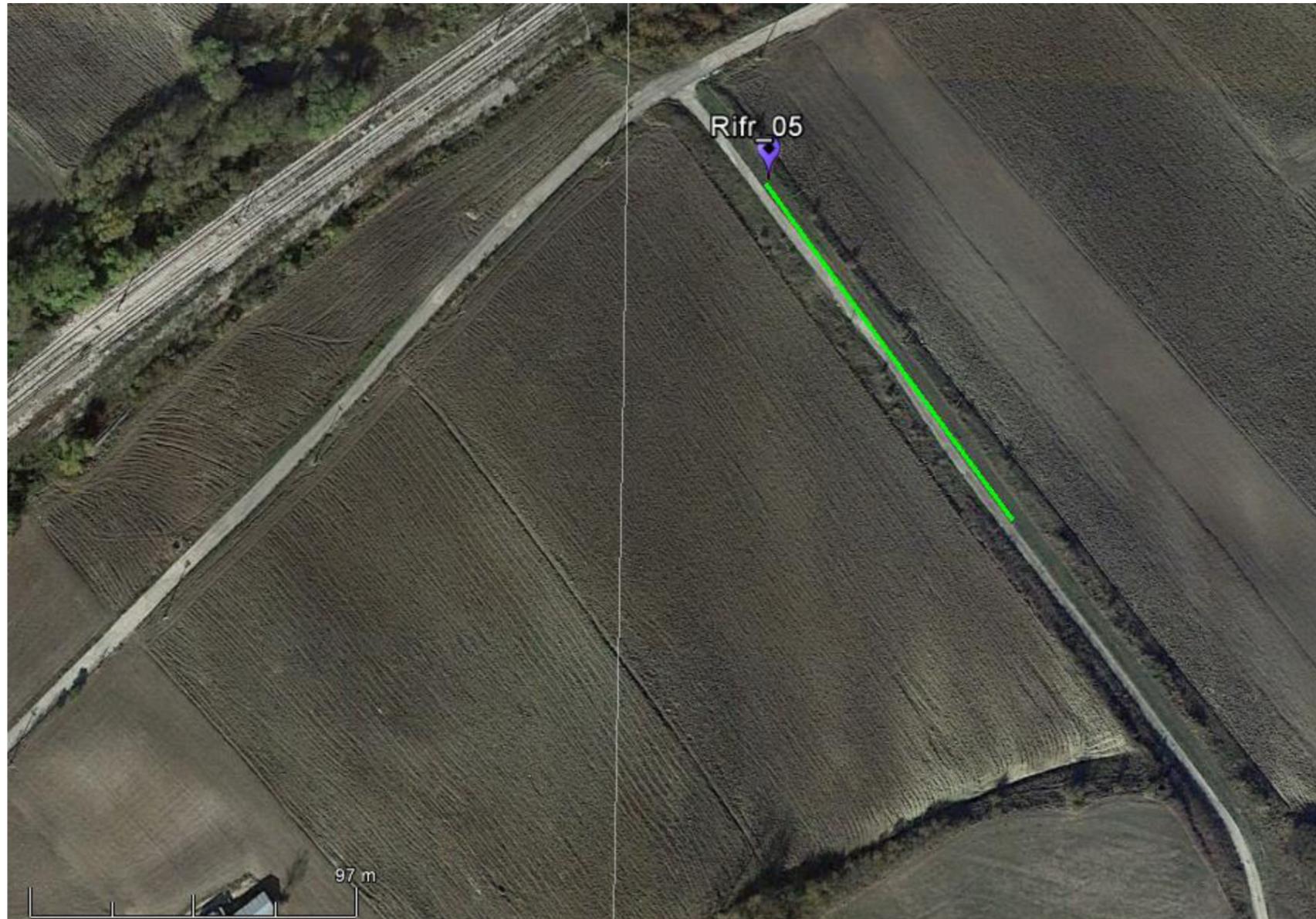
**ELAB** G. Luciani

**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara

**INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA  
RIFR\_05**

**Ubicazione Indagine**



**Ubicazione del profilo sismico Rifr\_05**

TAVOLA

9

**OGGETTO**

Indagine sismica a  
rifrazione tomografica  
RIFR\_05

Progetto Definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA



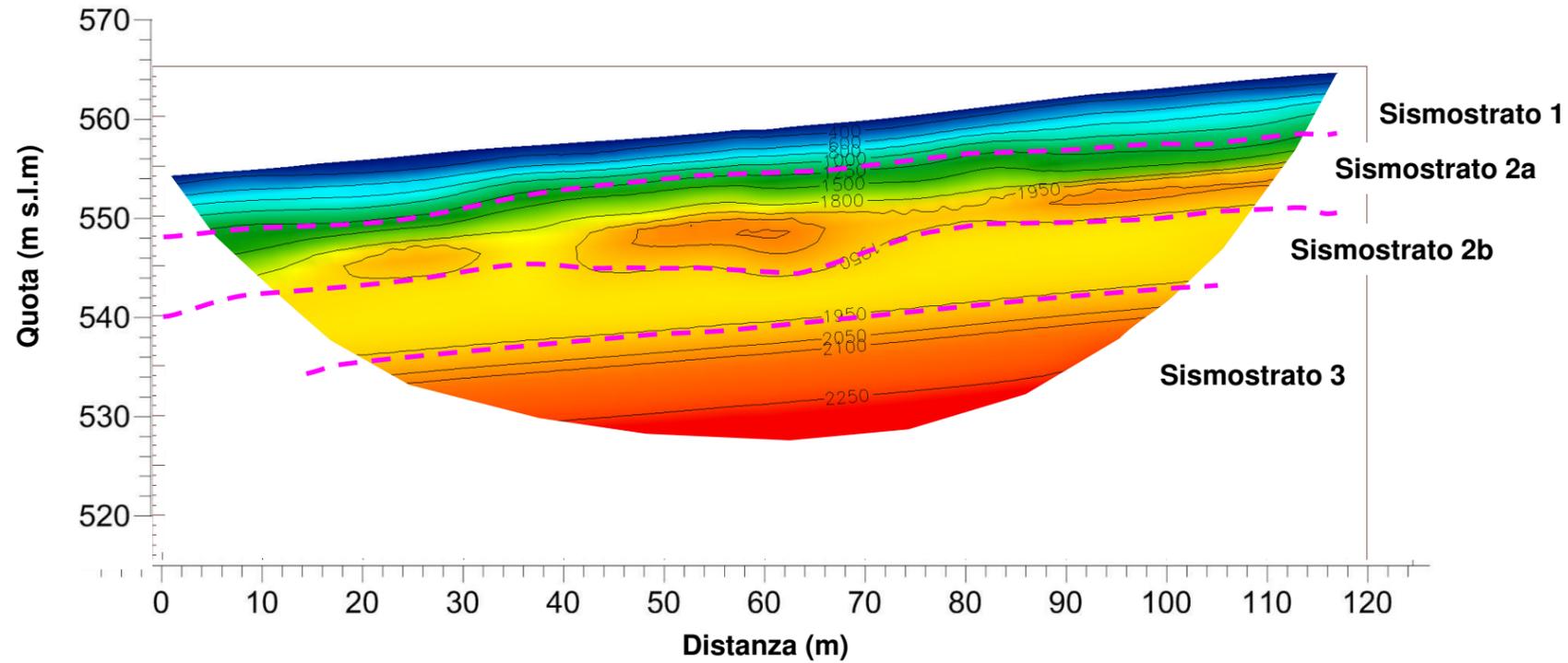
**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

**ELAB** G. Luciani

**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara

**RIFR\_05  
Sezione  
Onde P**



Scala di velocità  
Onde P (m/s)

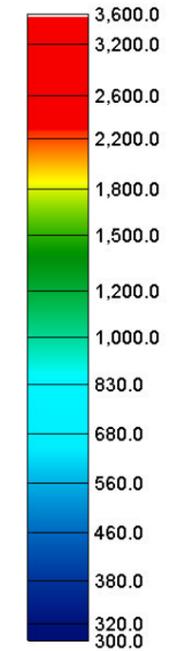


TAVOLA  
**10**

**OGGETTO**

Indagine sismica a  
rifrazione tomografica  
RIFR\_05

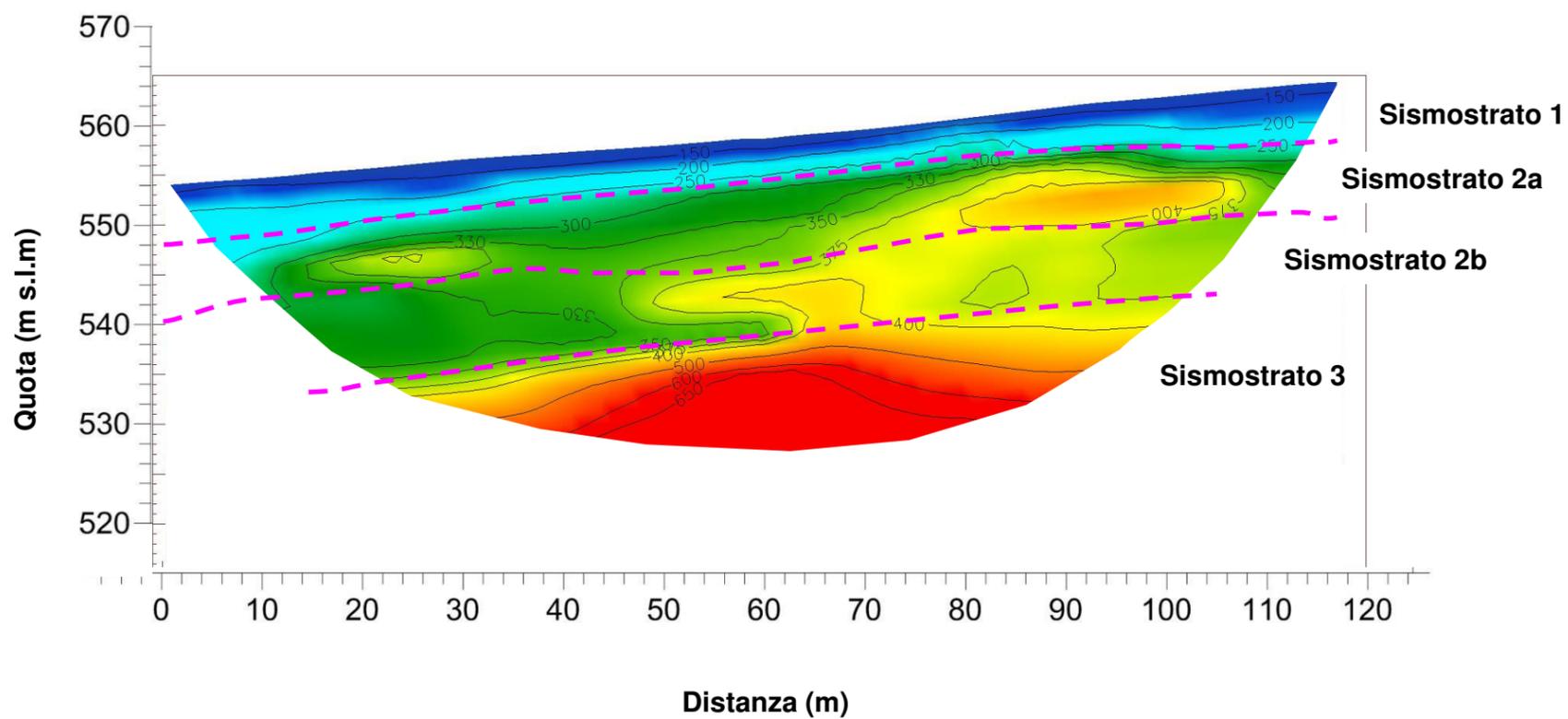
Progetto Definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA

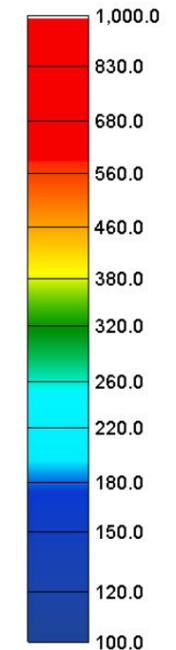
Interfaccia tra  
sismostrati

Scala della sezione  
1,5 cm = 10 m

**RIFR\_05  
Sezione  
Onde S**



Scala di velocità  
Onde S (m/s)



**SOING**  
STRUTTURE & AMBIENTE



**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

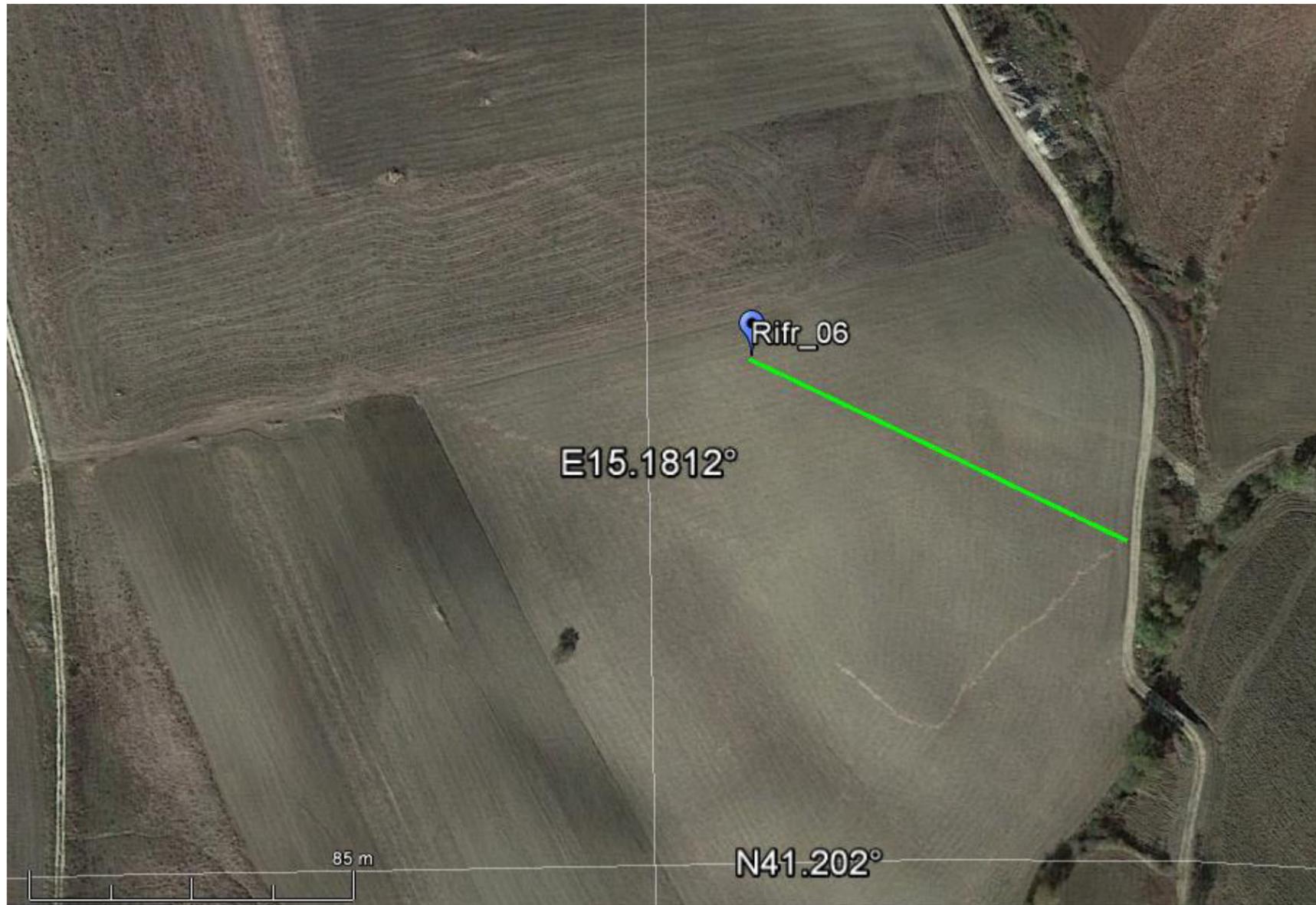
**ELAB** G. Luciani

**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara

**INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA  
RIFR\_06**

**Ubicazione Indagine**



**Ubicazione del profilo sismico Rifr\_06**

TAVOLA

**11**

**OGGETTO**

Indagine sismica a  
rifrazione tomografica  
RIFR\_06

Progetto Definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA



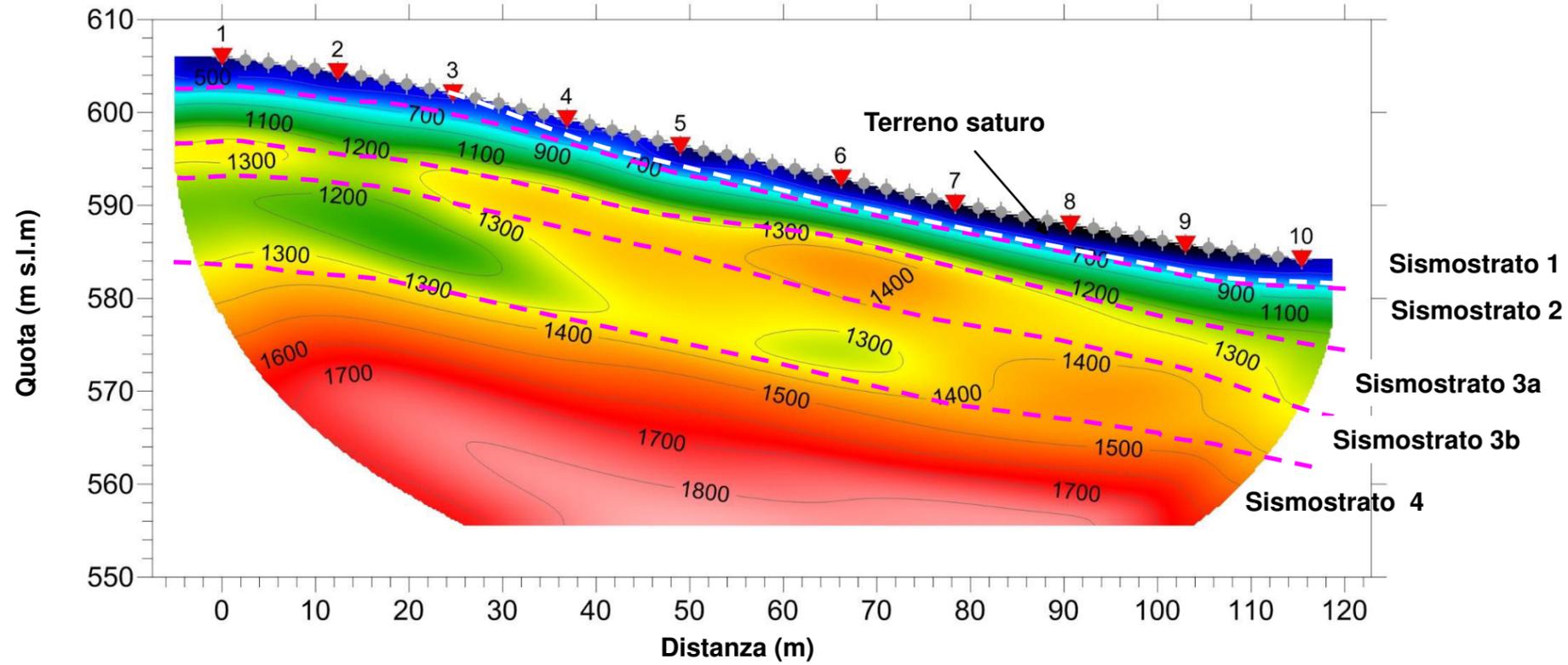
**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

**ELAB** G. Luciani

**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara

**RIFR\_06  
Sezione  
Onde P**



Scala di velocità  
Onde P (m/s)

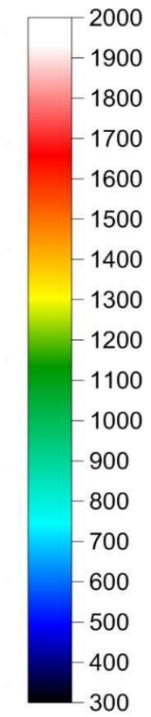


TAVOLA  
**12**

**OGGETTO**

Indagine sismica a  
rifrazione tomografica  
RIFR\_06

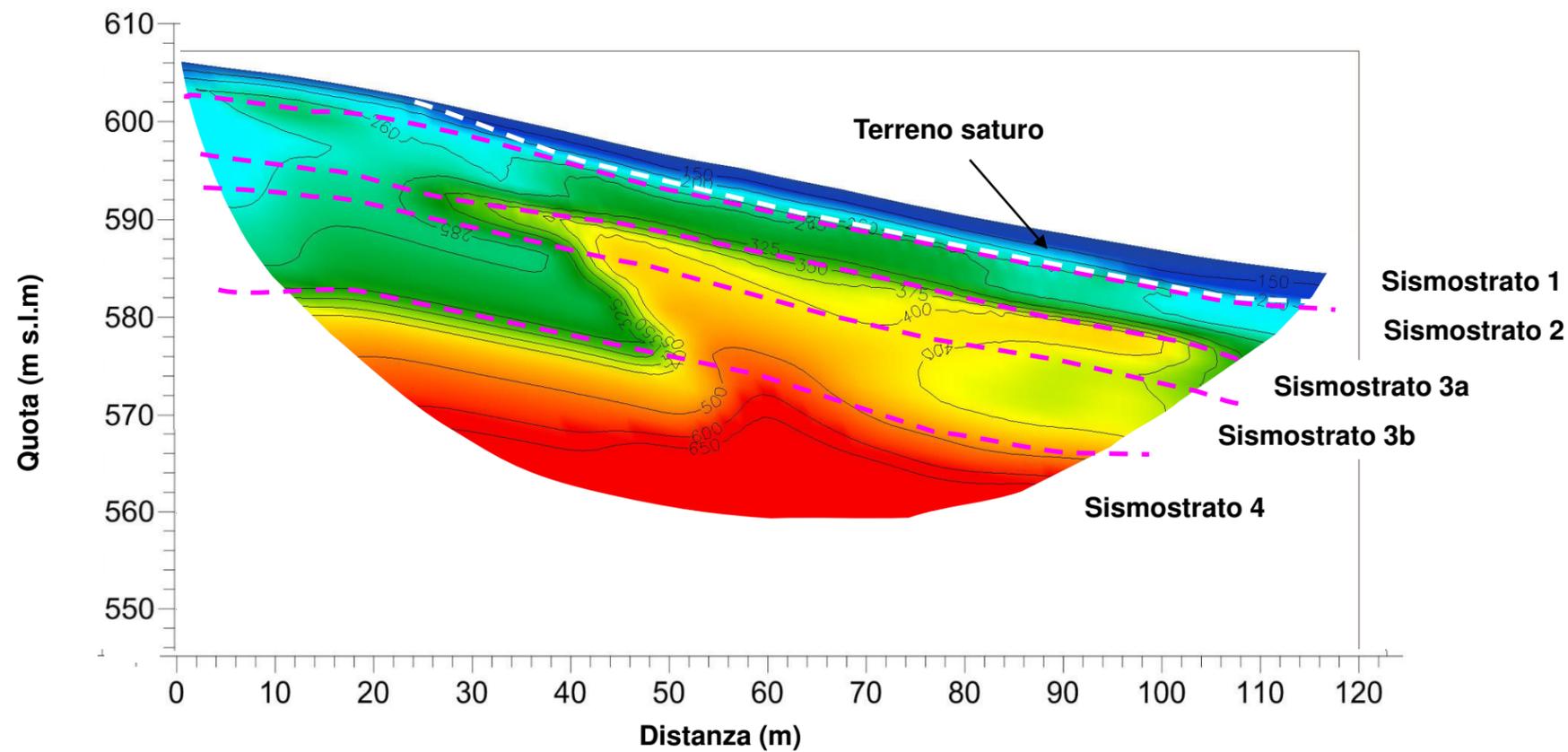
Progetto Definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA

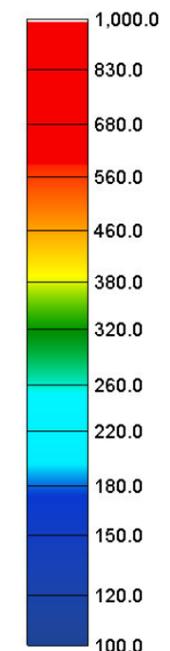
Interfaccia tra  
sismostrati

Scala della sezione  
1,5 cm = 10 m

**RIFR\_06  
Sezione  
Onde S**



Scala di velocità  
Onde S (m/s)



**SOING**  
STRUTTURE & AMBIENTE



**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

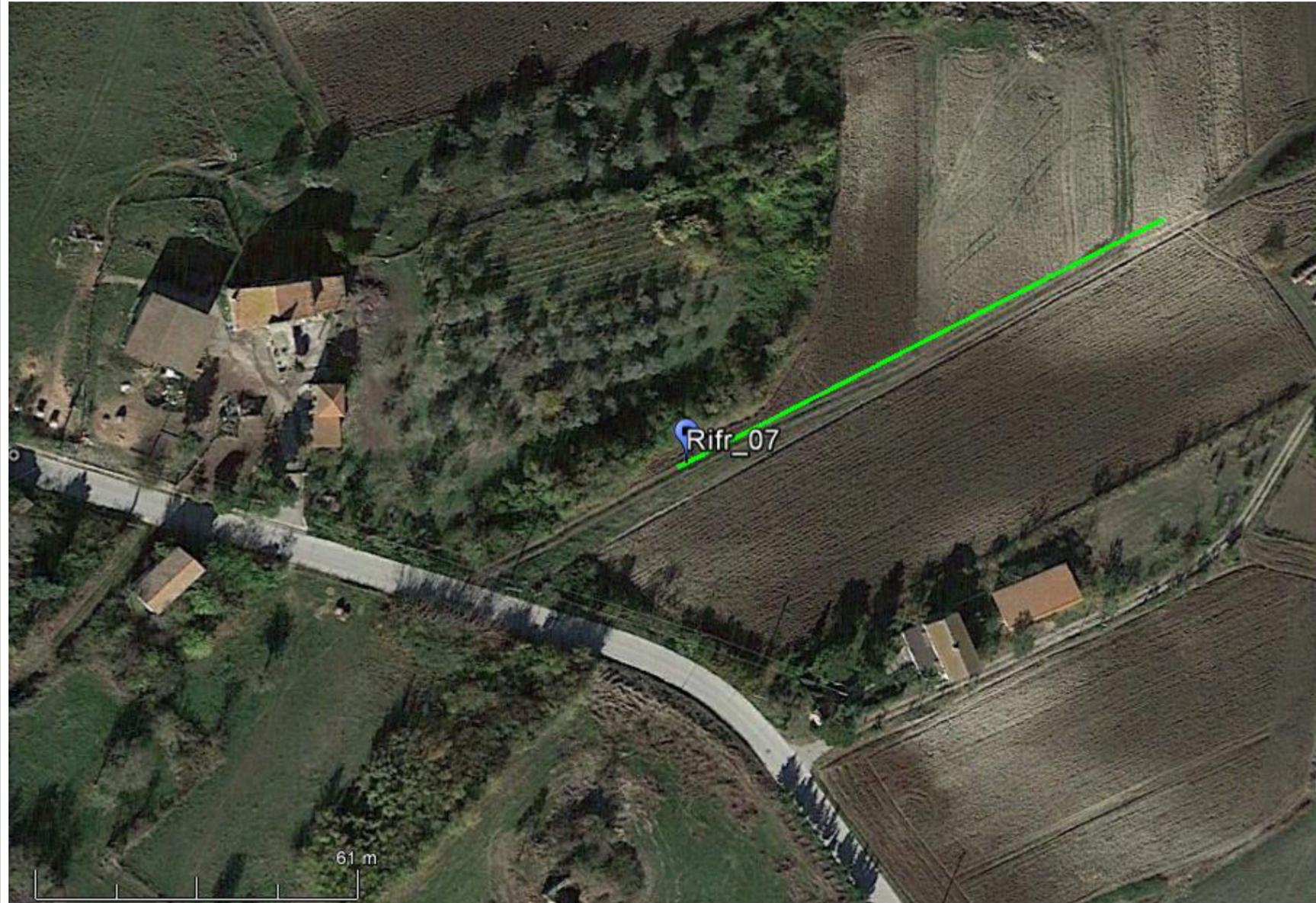
**ELAB** G. Luciani

**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara

**INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA  
RIFR\_07**

**Ubicazione Indagine**



**Ubicazione del profilo sismico Rifr\_07**

TAVOLA

13

**OGGETTO**

Indagine sismica a  
rifrazione tomografica  
RIFR\_07

Progetto Definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA



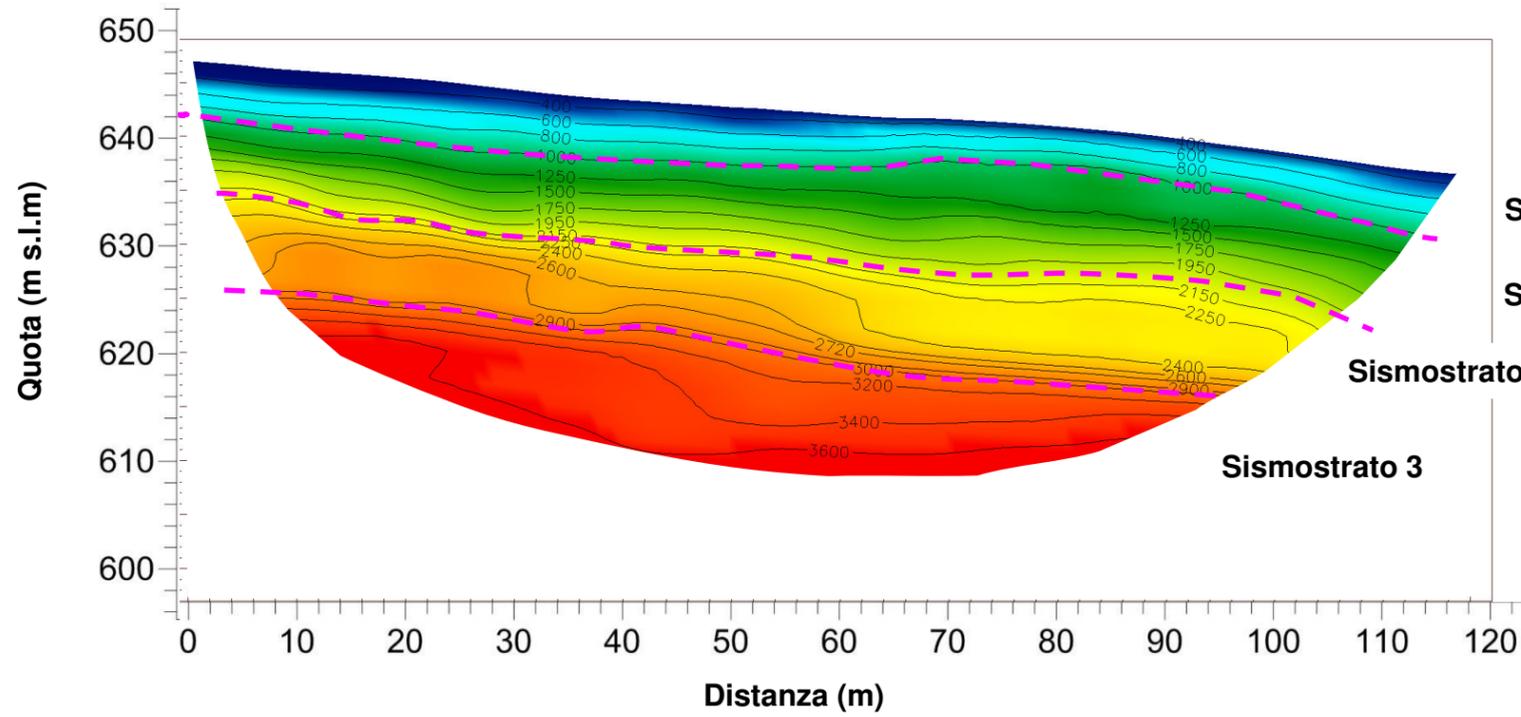
**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

**ELAB** G. Luciani

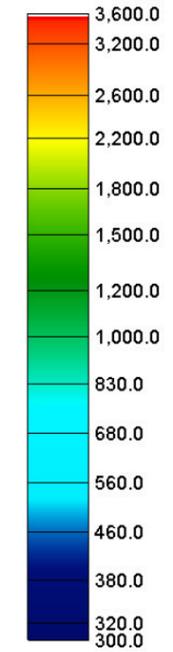
**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara

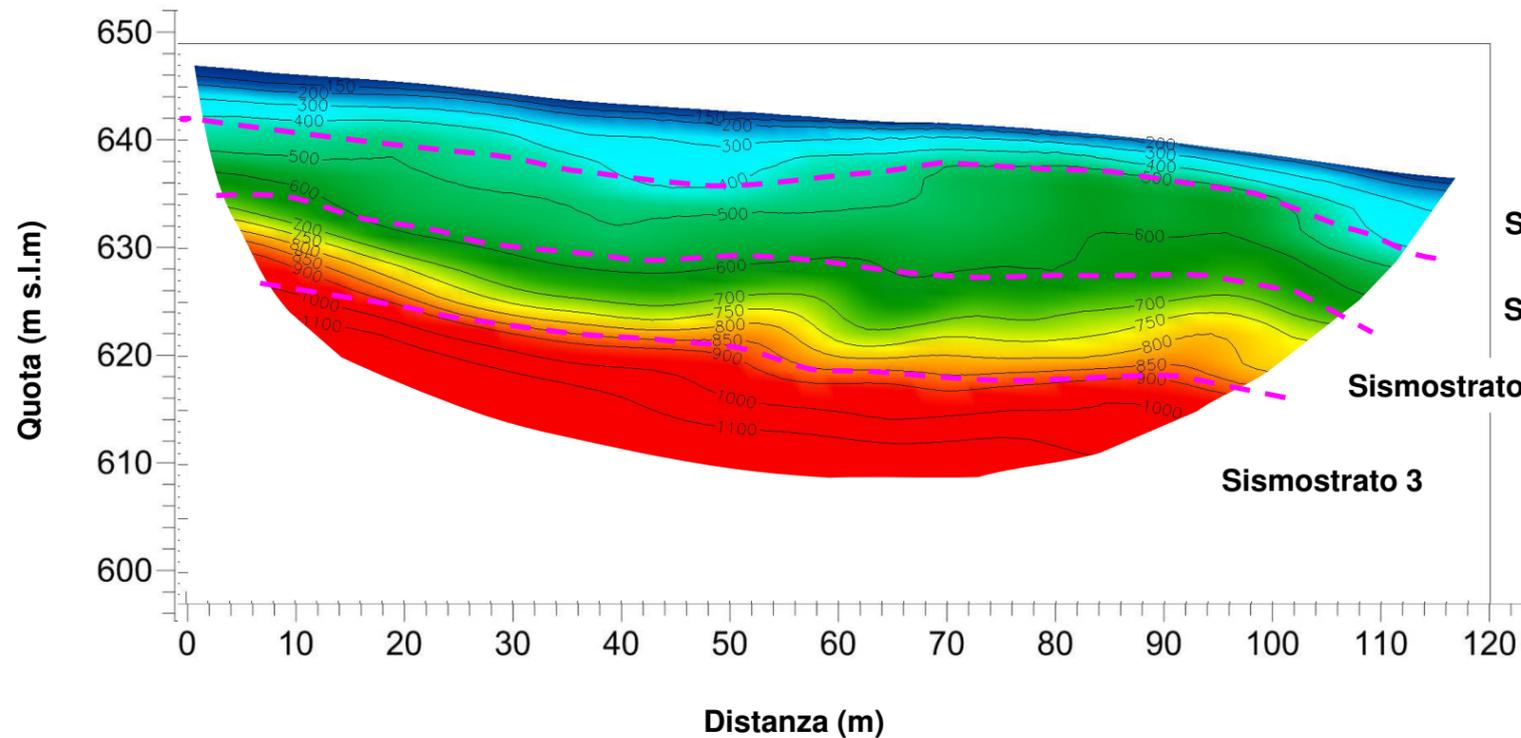
**RIFR\_07  
Sezione  
Onde P**



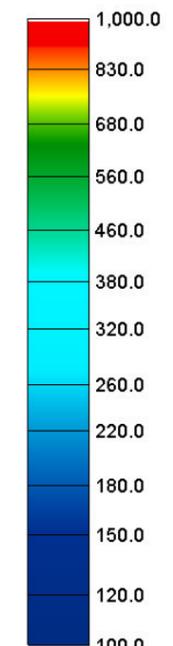
Scala di velocità  
Onde P (m/s)



**RIFR\_07  
Sezione  
Onde S**



Scala di velocità  
Onde S (m/s)



TAVOLA

14

**OGGETTO**

Indagine sismica a  
rifrazione tomografica  
RIFR\_07

Progetto Definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA

Interfaccia tra  
sismostrati

Scala della sezione  
1,5 cm = 10 m



**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

**ELAB** G. Luciani

**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara



ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA  
PROGETTO DEFINITIVO

**INDAGINI GEOFISICHE**

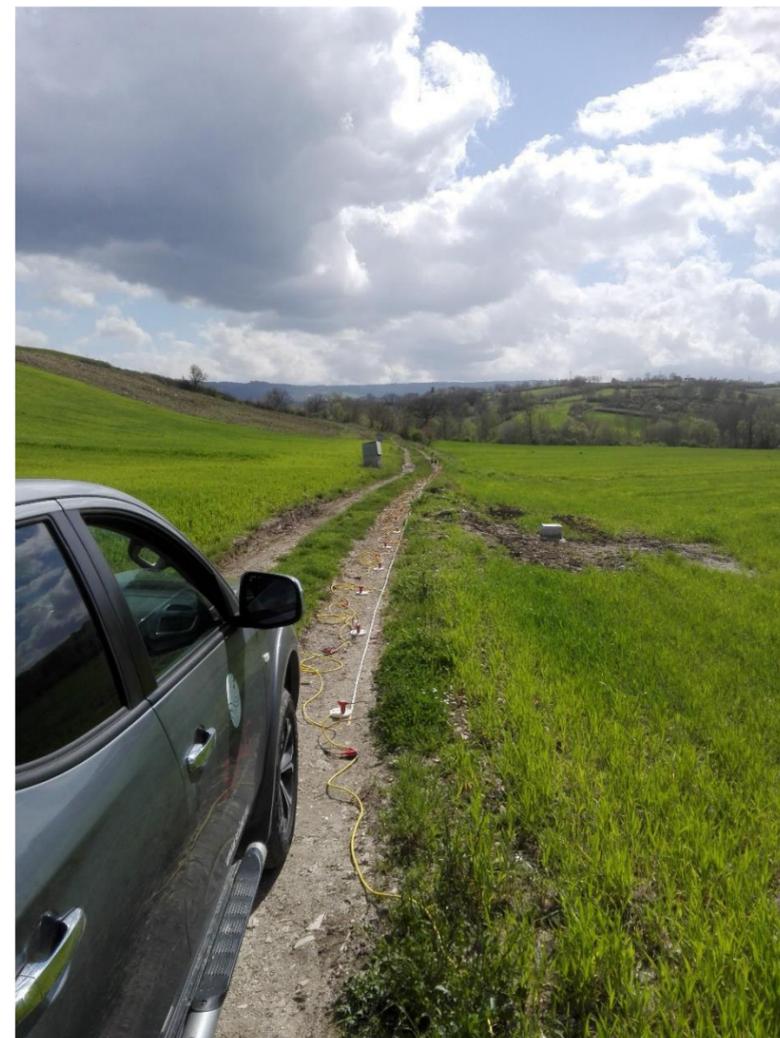
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1V	02 D 69	IG	GE0005 001	A	43 di 60

## 6. ALLEGATO GRAFICO N.2 – INDAGINI MASW

**Ubicazione dell'indagine**



**Fase di acquisizione dati**



**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
MASW\_01

Progetto Definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA



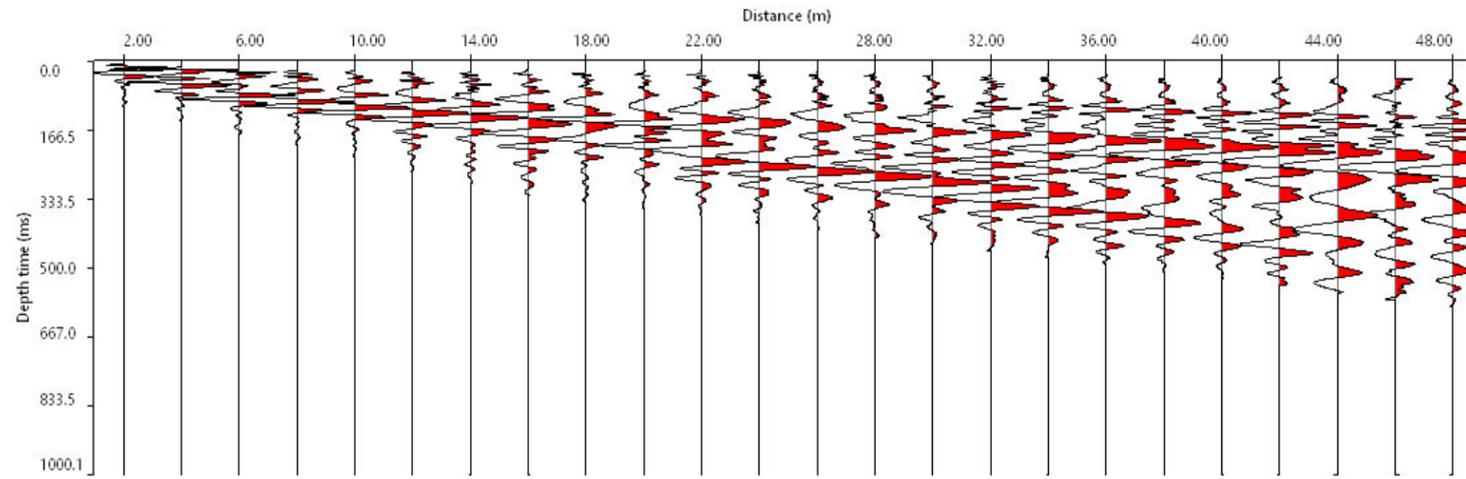
**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

**ELAB** G. Luciani

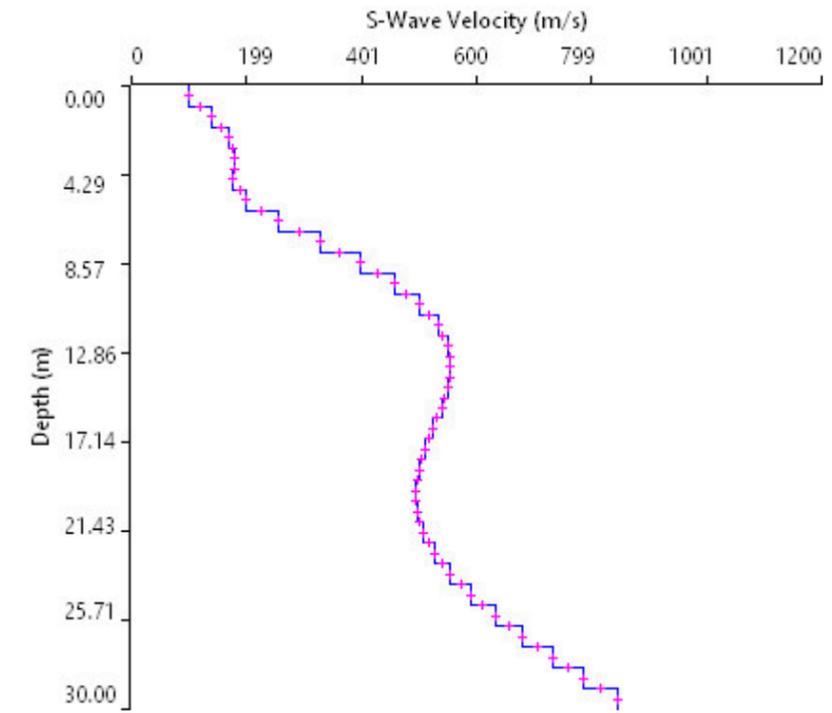
**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara

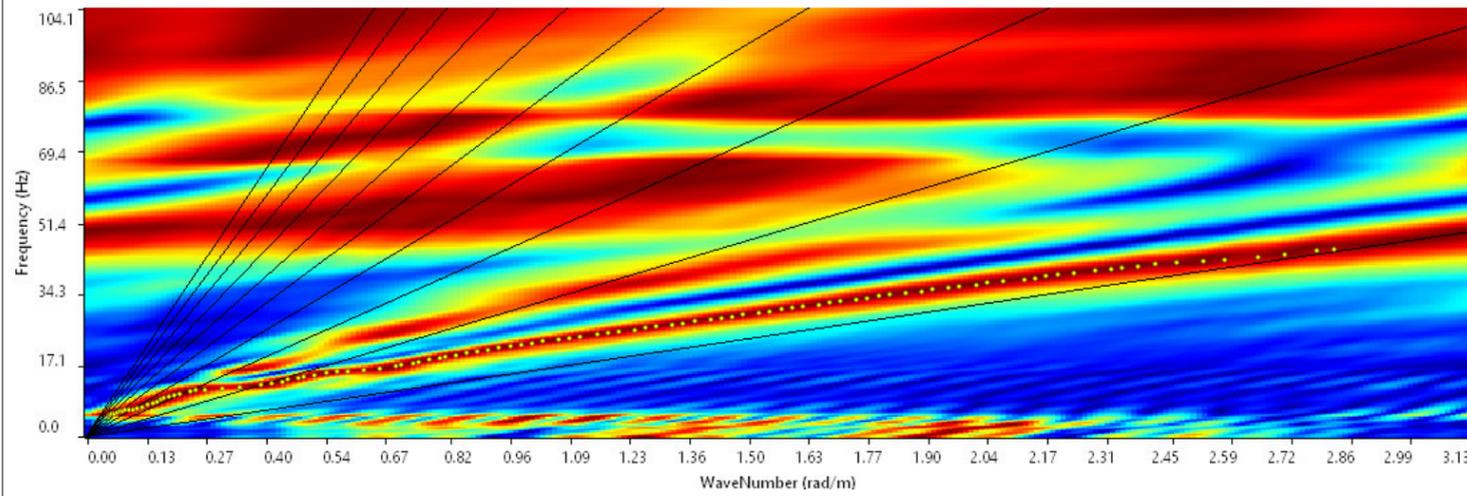
# INDAGINE SISMICA MASW\_01



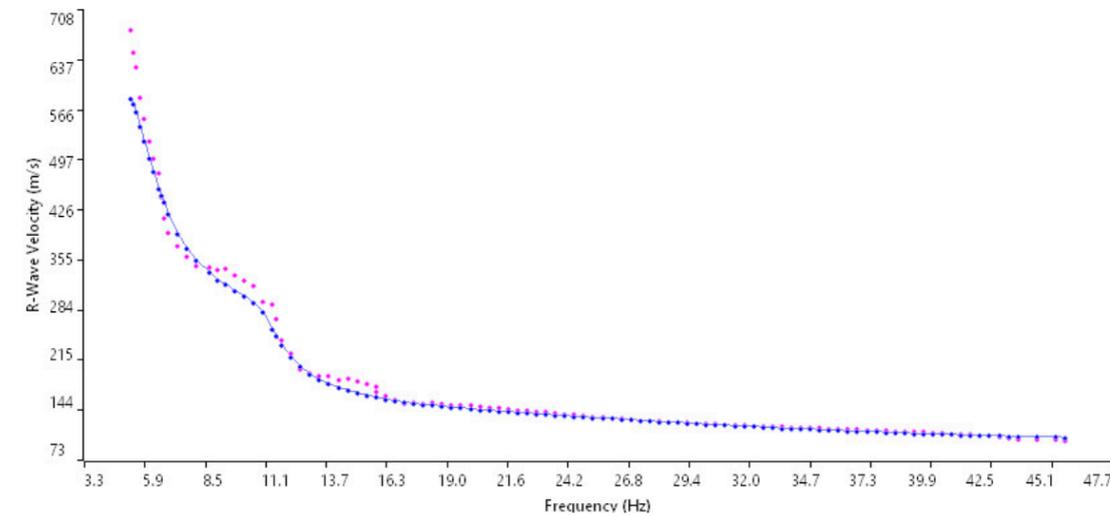
Sismogramma medio utilizzato



Profilo di velocità delle onde S



Spettro F-K



Accoppiamento curve di dispersione

TAVOLA

2

**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
MASW\_01

Progetto Definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA



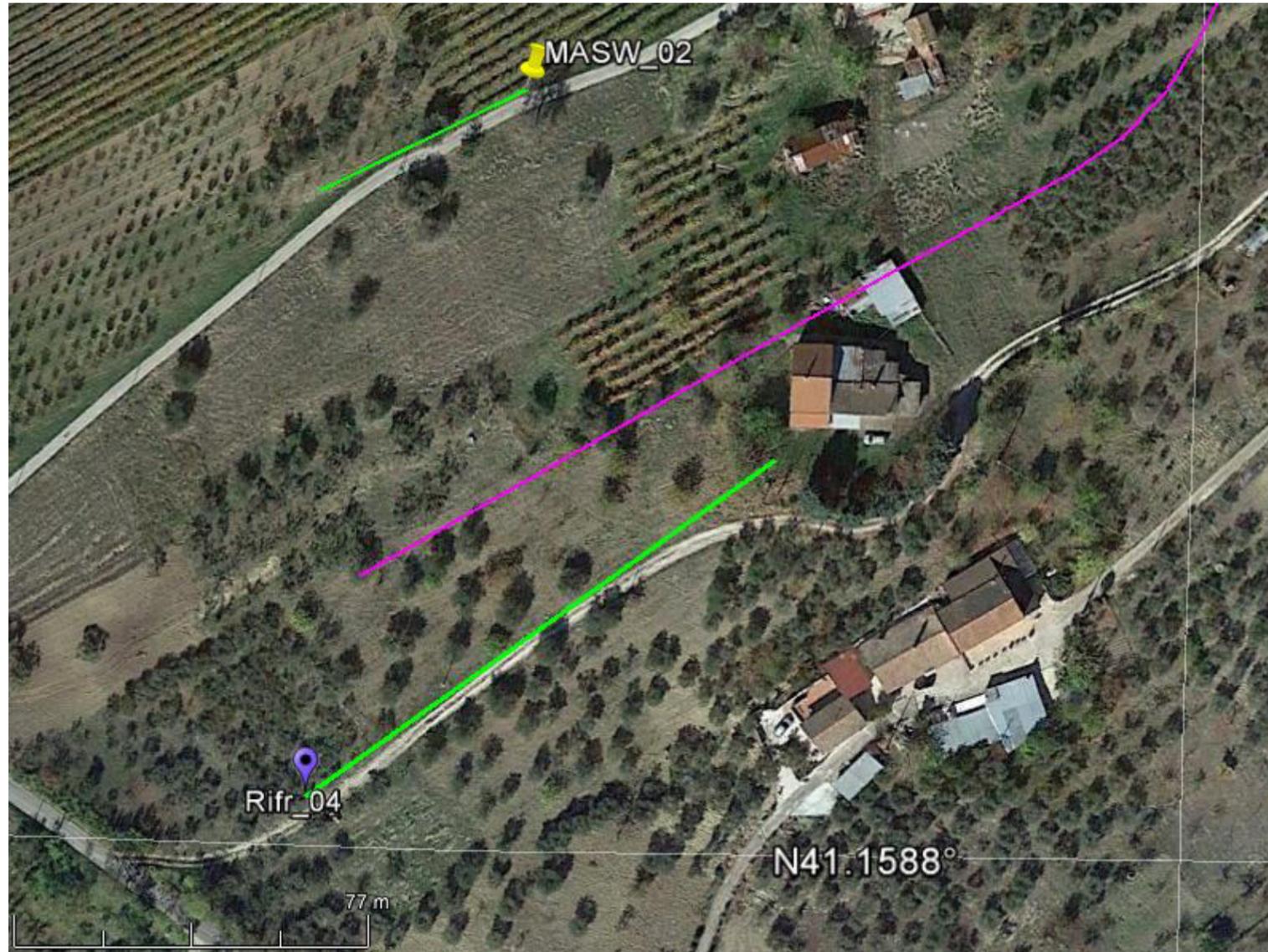
**Per la**  
**SOING Strutture e**  
**Ambiente srl**

**ELAB** G. Luciani

**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara

**Ubicazione dell'indagine**



**Fase di acquisizione dati**



**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
MASW\_02

Progetto Definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA



**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

**ELAB** G. Luciani

**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara

# INDAGINE SISMICA MASW\_02

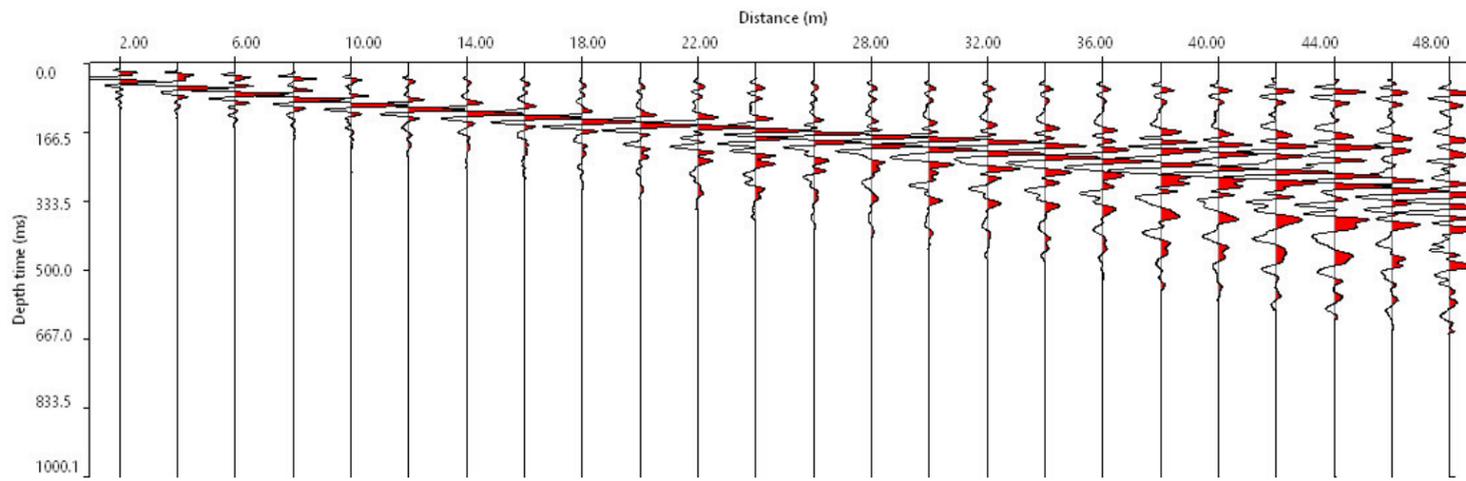
TAVOLA

4

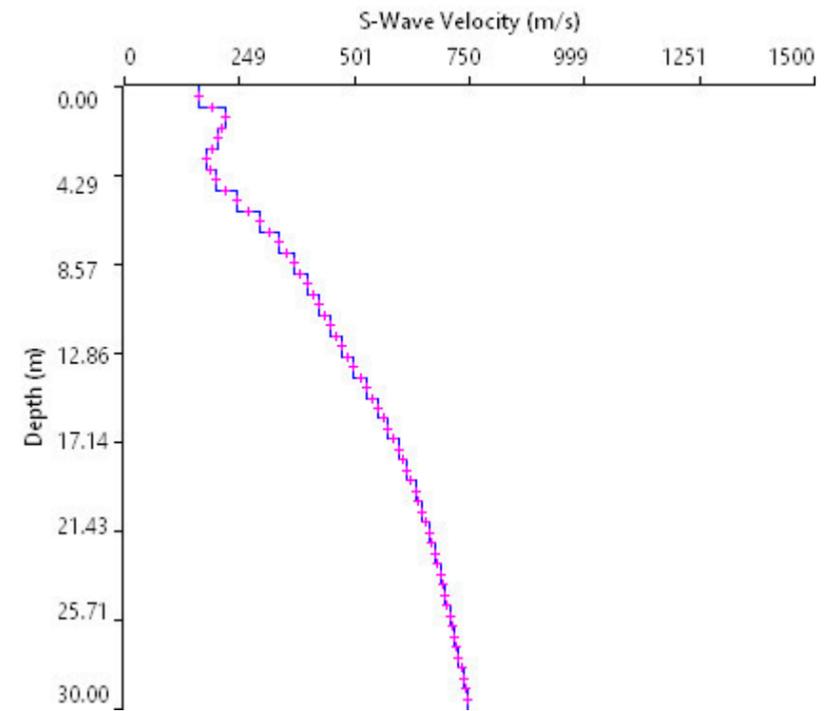
**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
MASW\_02

Progetto Definitivo

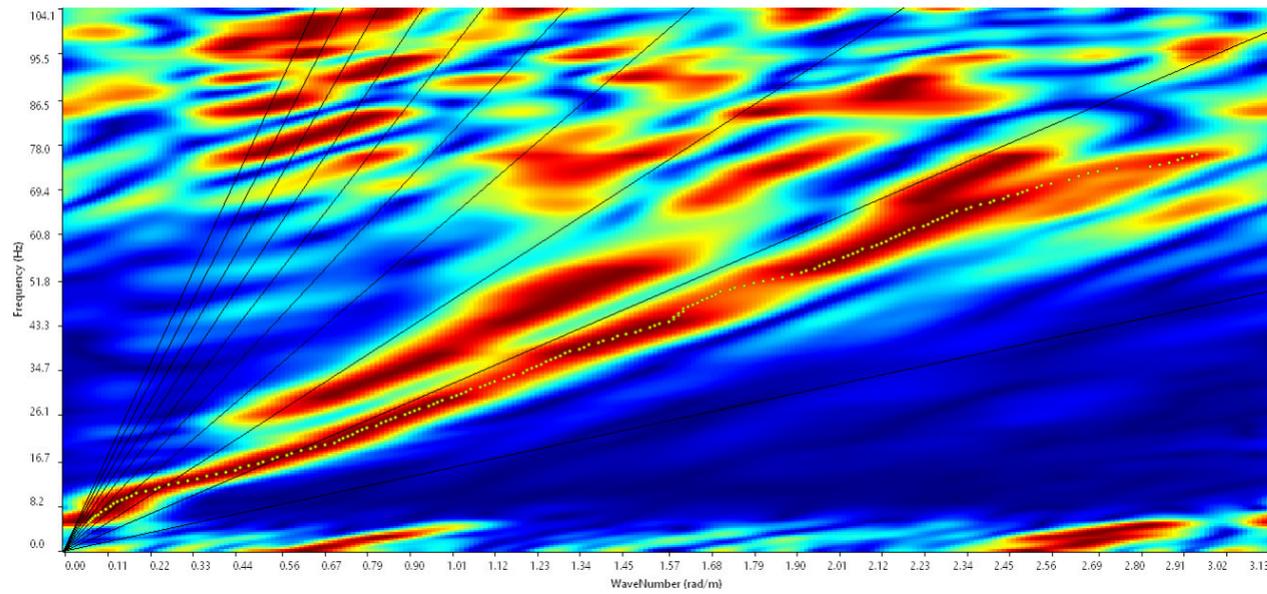
II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA



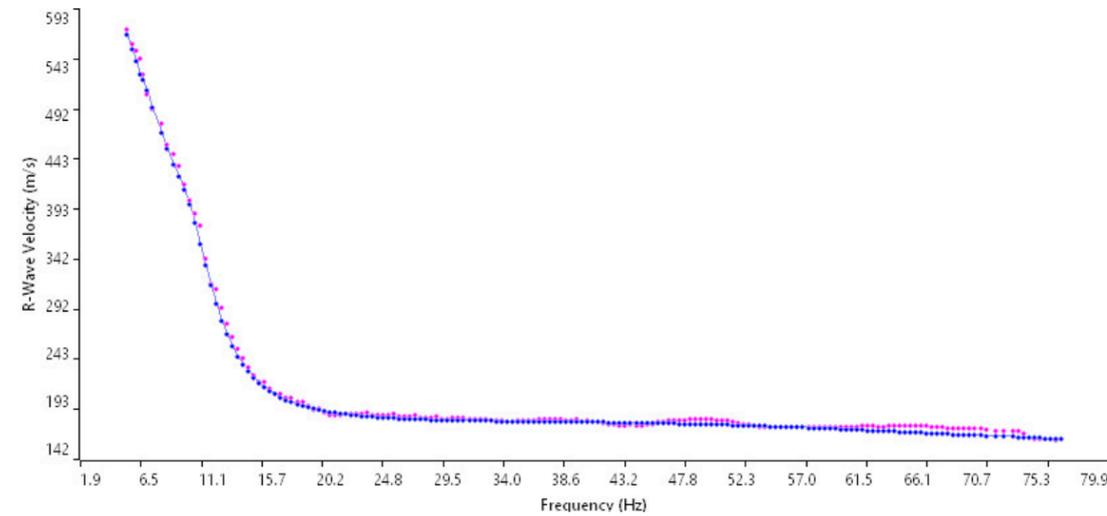
Sismogramma medio utilizzato



Profilo di velocità delle onde S



Spettro F-K



Accoppiamento curve di dispersione



**SOING**  
STRUTTURE & AMBIENTE



**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

**ELAB** G. Luciani

**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara



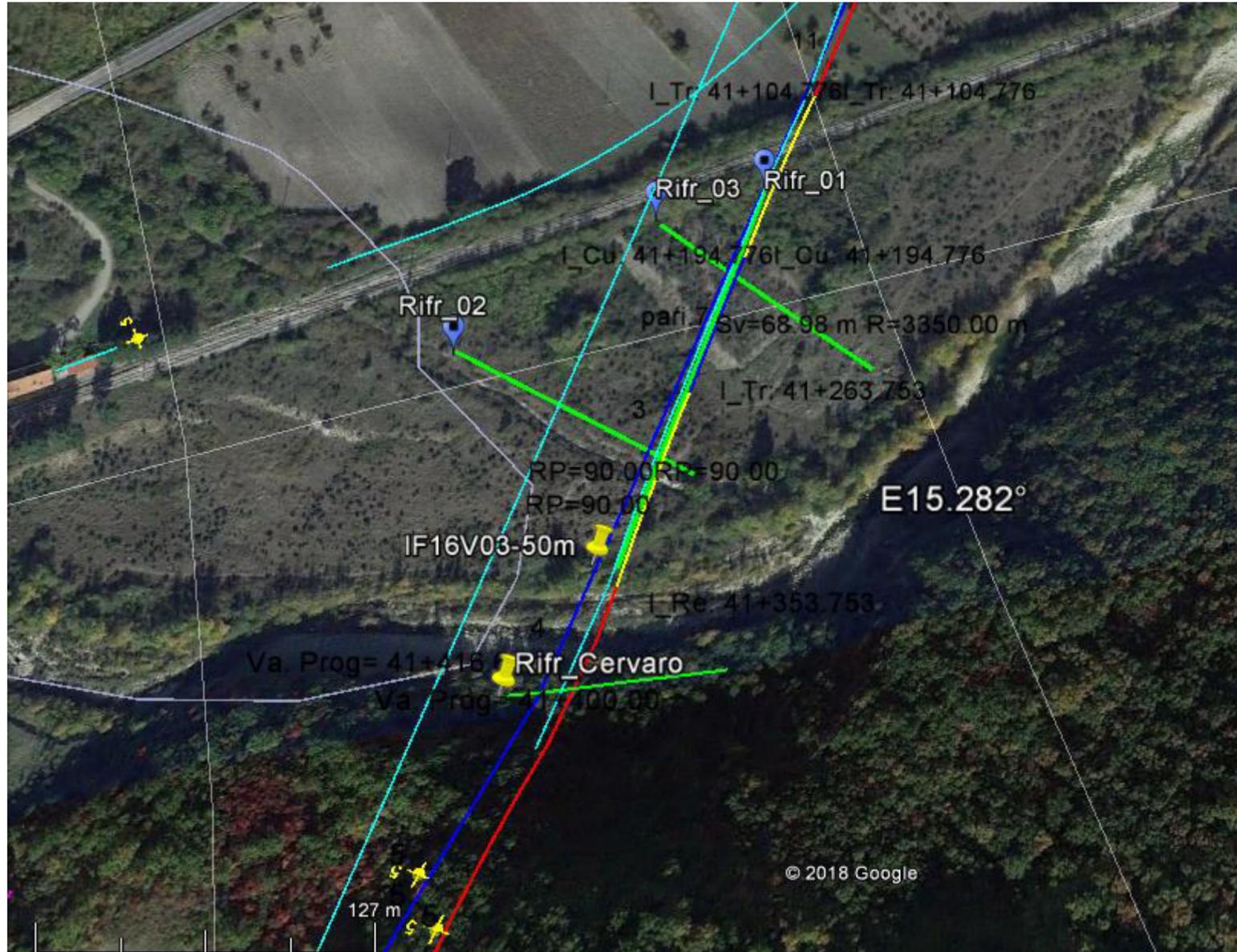
ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA  
PROGETTO DEFINITIVO

**INDAGINI GEOFISICHE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1V	02 D 69	IG	GE0005 001	A	48 di 60

## 7. ALLEGATO GRAFICO N.3 – INDAGINI DOWN HOLE

**Ubicazione dell'indagine**



**Fase di acquisizione dati**



**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
Down Hole  
DH IF16 V03

Progetto definitivo  
HIRPINIA -ORSARA  
-



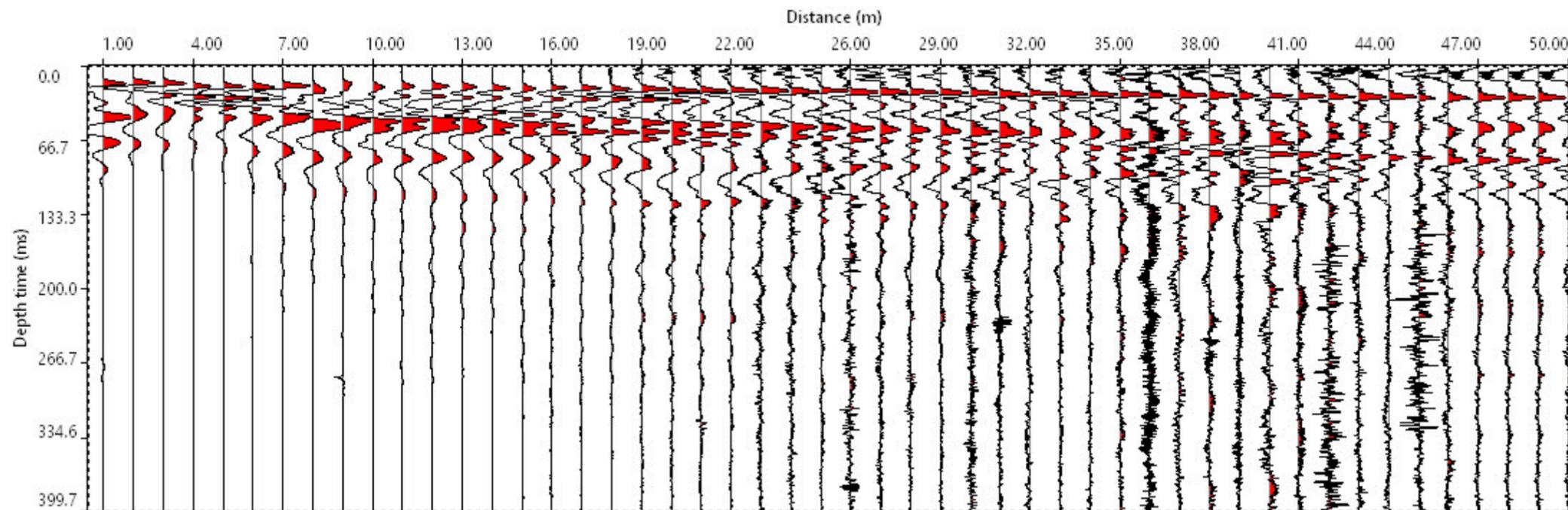
**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

**ELAB** G. Luciani

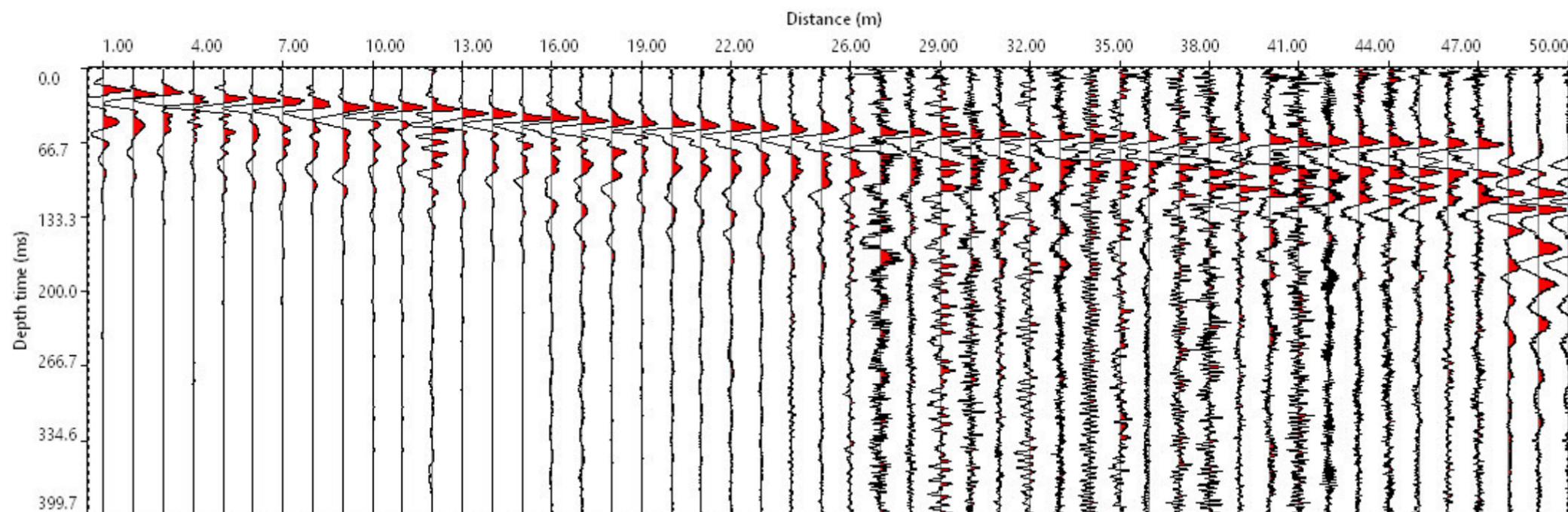
**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara

Sismogramma Onde P



Sismogramma Onde S



**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
Down Hole  
DH IF16 V03

Progetto definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA



Per la  
**SOING Strutture e  
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

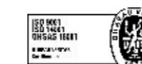
Tabella dei tempi osservati e corretti

Profondità (m)	Tempi oss (ms)		Tempi corr (ms)	
	P	S	P	S
0	0			
1	11.13			
2	11.78	3.52		18.99
3	12.44	6.54		20.30
4	13.75	8.80		21.61
5	14.50	11.00		24.88
6	14.60	12.43		26.84
7	15.00	12.43		27.50
8	15.00	13.06		29.46
9	15.30	13.79		29.46
10	15.30	14.33		31.43
11	15.71	14.91		32.50
12	16.00	15.33		34.50
13	16.00	15.33		35.80
14	16.20	15.63		37.50
15	16.40	15.91		39.28
16	16.40	16.17		40.59
17	16.60	16.17		42.56
18	17.20	16.82		43.21
19	17.20	16.82		44.52
20	17.25	16.92		45.83
21	17.40	16.92		47.14
22	17.40	17.10		48.20
23	18.00	17.10		49.76
24	18.00	17.73		51.07
25	18.20	17.73		51.72
26	18.20	17.95		53.03
27	18.80	17.95		53.68
28	18.80	18.57		54.99
29	19.00	18.57		55.65
30	19.00	18.79		56.30
31	19.50	18.79		56.96
32	19.50	19.30		57.61
33	19.90	19.30		58.92
34	19.90	19.72		59.58
35	20.00	19.72		59.58
36	20.00	19.83		60.23
37	20.10	19.83		60.89
38	20.10	19.94		61.54
39	20.99	19.94		62.20
40	20.99	20.84		62.85
41	21.64	20.84		63.51
42	21.64	21.50		64.16
43	21.64	21.51		64.81
44	21.64	21.52		65.47
45	22.30	21.52		66.12
46	22.30	22.18		66.78
47	22.95	22.18		67.43
48	22.95	22.84		68.09
49	22.95	22.84		68.74
50	23.61	22.84		69.00
51	23.61	23.50		69.50
52	23.61	23.51		69.50
53	24.26	23.51		70.00
54	24.26	24.17		70.00
55	24.26	24.17		70.87
56	24.26	24.18		
57	24.26	24.18		
58	24.91	24.18		
59	24.91	24.84		
60	25.57	24.84		
61	25.57	25.49		
62	25.60	25.49		
63	25.60	25.53		
64	25.70	25.53		
65	25.70	25.63		
66	26.00	25.63		
67	26.00	25.93		
68	26.22	25.93		
69	26.22	26.16		
70	26.22	26.16		
71	26.80	26.16		
72	26.80	26.74		
73	26.80	26.74		
74	26.90	26.74		
75	26.90	26.84		
76	27.00	26.84		
77	27.00	26.95		
78	27.30	26.95		
79	27.30	27.25		
80	27.60	27.25		
81	27.60	27.55		
82	27.85	27.55		
83	27.85	27.80		
84		27.80		
85				
86				
87				
88				
89				
90				
91				
92				
93				
94				
95				
96				
97				
98				
99				
100				

**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
Down Hole  
DH IF16 V03

Progetto definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA



Per la  
**SOING Strutture e  
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

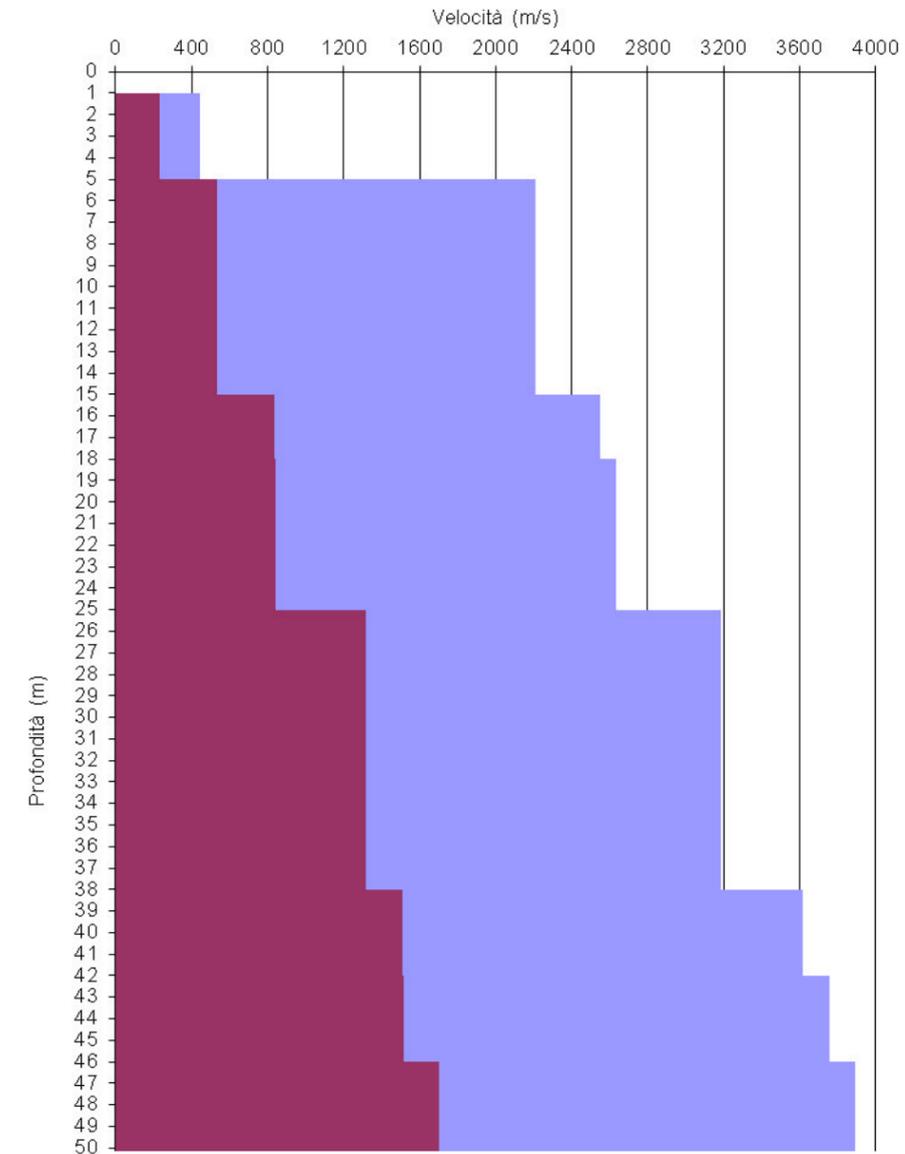
VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

Sintesi dei risultati (spessori-velocità)

Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	Velocità Vs media (m/s)	Vseq (da 0 a -15 m)
da -1 a -5 m	4	233	373
da -5 a -15 m	10	535	<b>Vs30</b>
da -15 a -18 m	3	833	<b>(da 0 a -30 m)</b>
da -18 a -25 m	7	840	537
da -25 a -38 m	13	1315	
da -38 a -42 m	4	1511	
da -42 a -46 m	4	1515	
da -46 a -50 m	4	1704	
Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	Velocità Vp media (m/s)	
da -1 a -5 m	4	442	
da -5 a -15 m	10	2208	
da -15 a -18 m	3	2548	
da -18 a -25 m	7	2635	
da -25 a -38 m	13	3184	
da -38 a -42 m	4	3615	
da -42 a -46 m	4	3756	
da -46 a -50 m	4	3893	

Profili di velocità onde P ed S



Sintesi dei risultati (moduli dinamici)

Strato	Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Poisson	Young (MPa)	Share (MPa)	Bulk (MPa)
1	da -1 a -5 m	4	16.88	0.31	234.75	89.75	203.50
2	da -5 a -15 m	10	20.42	0.47	1681.56	572.41	8997.62
3	da -15 a -18 m	3	21.10	0.44	4138.34	1436.83	11513.99
4	da -18 a -25 m	7	21.27	0.44	4249.22	1471.88	12526.51
5	da -25 a -38 m	13	22.37	0.40	10605.74	3795.70	17173.87
6	da -38 a -42 m	4	23.23	0.39	14493.29	5197.66	22834.27
7	da -42 a -46 m	4	23.51	0.40	14844.84	5290.72	25483.64
8	da -46 a -50 m	4	23.79	0.38	18712.45	6772.36	26325.35

**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
Down Hole  
DH IF16 V03

Progetto definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA



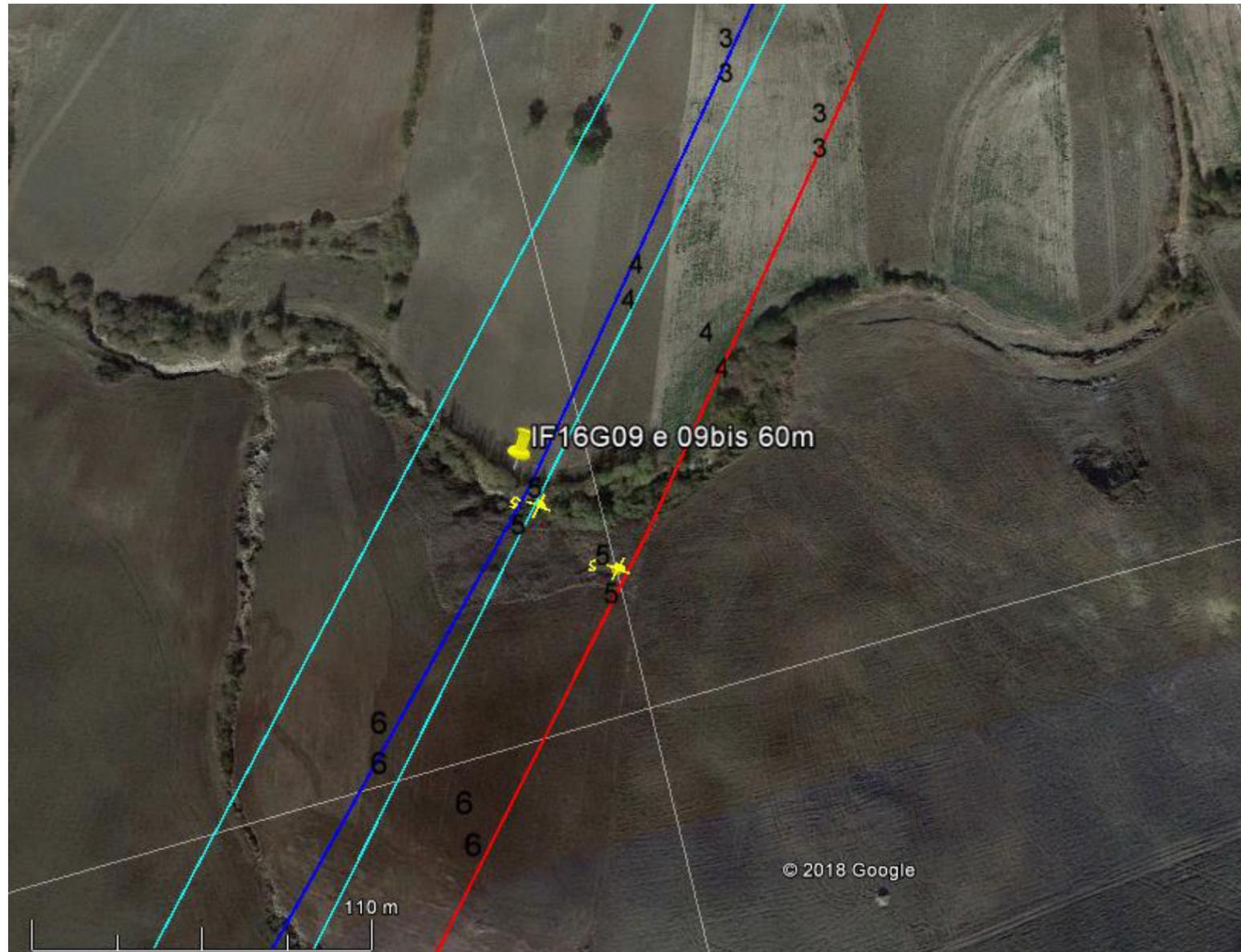
**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

**ELAB** G. Luciani

**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara

**Ubicazione dell'indagine**



**Fase di acquisizione dati**



**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
Down Hole  
DH IF16 G09

Progetto definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA



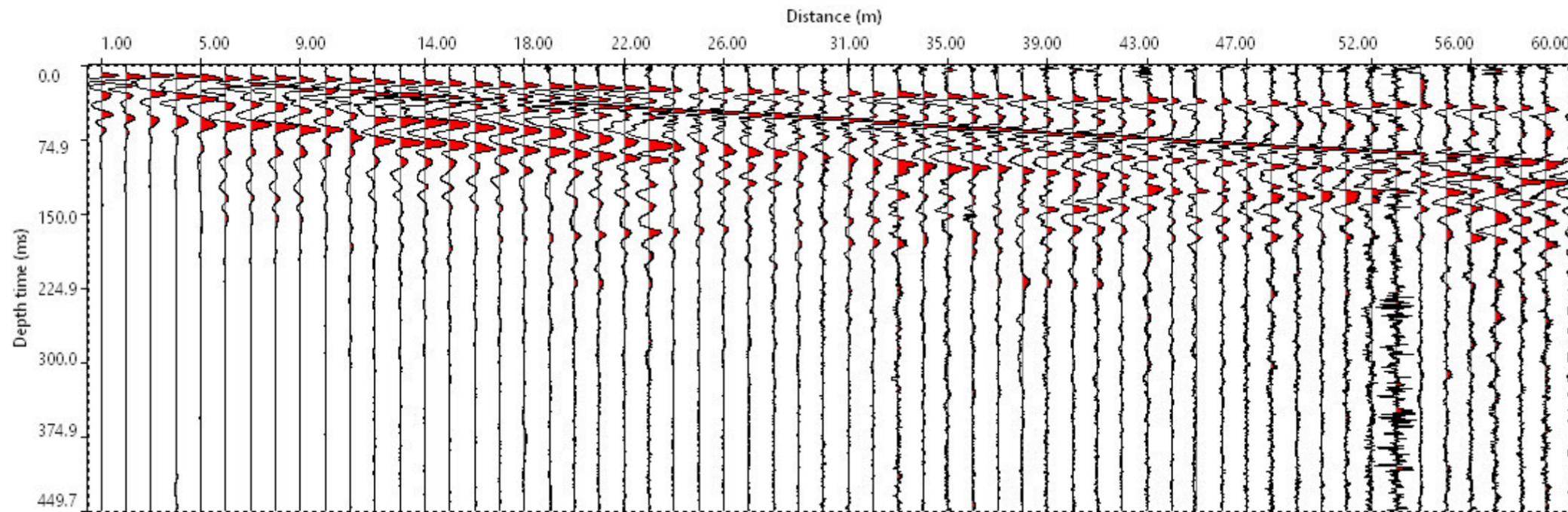
**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

**ELAB** G. Luciani

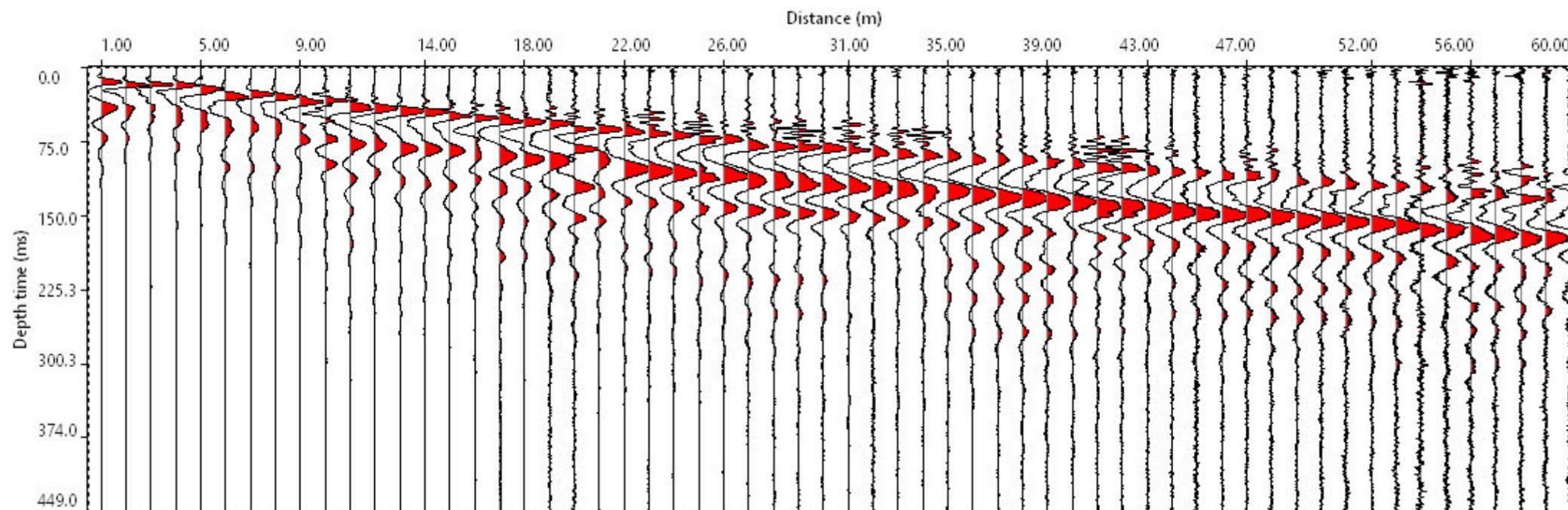
**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara

Sismogramma Onde P



Sismogramma Onde S



**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
Down Hole  
DH IF16 G09

Progetto definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA



Per la  
**SOING Strutture e  
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

Tabella dei tempi osservati e corretti

Profondità (m)	Tempi oss (ms)	Tempi corr (ms)	Tempi oss (ms)	Tempi corr (ms)
	P	P	S	S
0	0		0	
1	8.85	3.96	13.26	5.93
2	9.34	6.60	15.47	10.94
3	9.83	8.18	17.68	14.71
4	10.32	9.23	19.89	17.79
5	11.79	10.95	23.57	21.88
6	12.29	11.66	26.52	25.15
7	12.78	12.29	28.72	27.62
8	13.27	12.87	30.20	29.30
9	13.76	13.43	32.41	31.64
10	14.25	13.98	34.62	33.94
11	14.74	14.51	38.30	37.68
12	16.22	16.00	40.51	39.96
13	16.71	16.51	43.46	42.95
14	17.20	17.03	45.67	45.21
15	17.69	17.54	48.61	48.18
16	18.18	18.04	50.82	50.43
17	19.17	19.03	53.03	52.67
18	19.66	19.54	55.24	54.90
19	20.64	20.53	57.45	57.13
20	21.13	21.03	61.13	60.83
21	22.12	22.02	62.61	62.32
22	22.61	22.51	64.81	64.55
23	23.59	23.50	66.29	66.04
24	24.08	24.00	68.50	68.26
25	24.57	24.49	72.00	71.77
26	25.06	24.99	73.50	73.28
27	25.56	25.49	76.50	76.29
28	26.05	25.98	79.00	78.80
29	26.54	26.48	81.02	80.83
30	27.52	27.46	82.49	82.31
31	28.01	27.95	83.96	83.79
32	28.50	28.45	86.17	86.01
33	29.00	28.94	87.65	87.49
34	29.49	29.44	89.12	88.97
35	29.98	29.93	90.59	90.45
36	30.47	30.42	92.80	92.66
37	30.96	30.91	94.28	94.14
38	31.94	31.90	95.01	94.88
39	32.44	32.39	97.22	97.09
40	33.42	33.38	97.96	97.84
41	33.91	33.87	100.17	100.05
42	34.40	34.36	101.64	101.52
43	34.89	34.85	103.11	103.00
44	35.38	35.35	105.32	105.21
45	35.88	35.84	107.53	107.43
46	36.37	36.33	109.01	108.90
47	36.86	36.82	109.74	109.64
48	37.84	37.81	111.22	111.12
49	38.33	38.30	113.43	113.33
50	38.82	38.79	114.90	114.81
51	39.32	39.28	117.11	117.02
52	39.81	39.78	119.32	119.23
53	40.30	40.27	120.79	120.70
54	40.79	40.76	122.26	122.18
55	41.28	41.25	125.21	125.13
56	41.77	41.75	125.95	125.87
57	42.26	42.24	128.16	128.08
58	43.25	43.22	129.63	129.55
59	43.50	43.48	132.00	131.92
60	43.80	43.78	132.80	132.73

**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
Down Hole  
DH IF16 G09

Progetto definitivo

**II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA**



**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

**ELAB** G. Luciani

**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara

# INDAGINE SISMICA DH IF16 G09

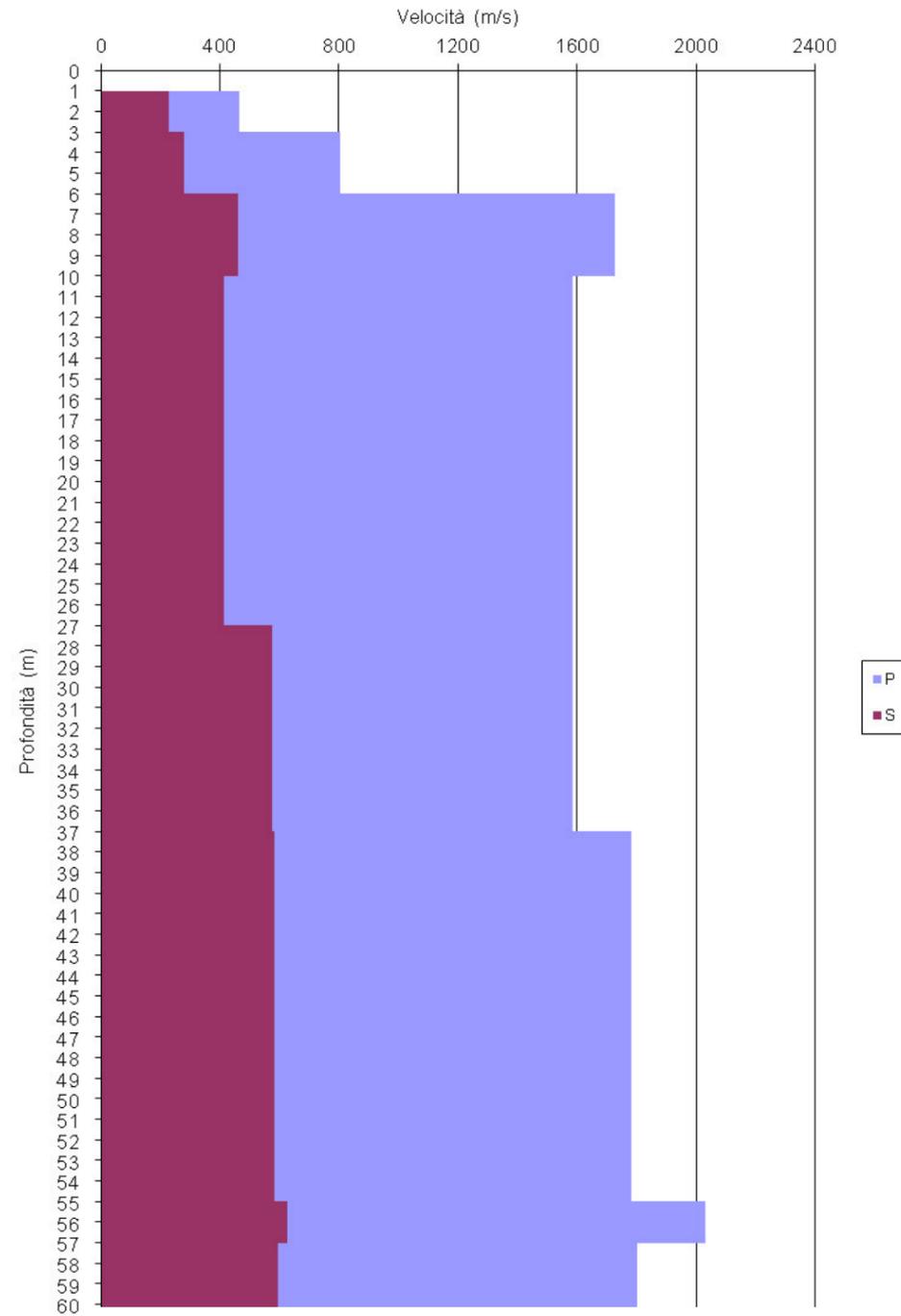
## Sintesi dei risultati (spessori-velocità)

Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	Velocità Vs media (m/s)	Vs30 = Vseq (da 0 a -30 m)
da -1 a -3 m	2	226	380
da -3 a -6 m	3	281	
da -6 a -10 m	4	462	
da -10 a -27 m	17	414	
da -27 a -37 m	10	576	
da -37 a -55 m	18	583	
da -55 a -57 m	2	626	
da -57 a -60 m	3	594	
Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	Velocità Vp media (m/s)	
da -1 a -3 m	2	464	
da -3 a -6 m	3	804	
da -6 a -10 m	4	1727	
da -10 a -27 m	17	1584	
da -27 a -37 m	10	1584	
da -37 a -55 m	18	1783	
da -55 a -57 m	2	2032	
da -57 a -60 m	3	1804	

## Sintesi dei risultati (moduli dinamici)

Strato	Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Poisson	Young (MPa)	Share (MPa)	Bulk (MPa)
1	da -1 a -3 m	2	16.93	0.34	228.00	84.79	244.36
2	da -3 a -6 m	3	17.61	0.43	390.07	136.35	934.42
3	da -6 a -10 m	4	19.45	0.46	1190.25	407.21	5147.17
4	da -10 a -27 m	17	19.17	0.46	942.93	322.18	4286.86
5	da -27 a -37 m	10	19.17	0.42	1775.95	623.66	3884.90
6	da -37 a -55 m	18	19.57	0.44	1878.46	652.18	5230.46
7	da -55 a -57 m	2	20.06	0.45	2232.36	771.07	7096.33
8	da -57 a -60 m	3	19.61	0.44	1952.92	678.47	5353.34

## Profili di velocità onde P ed S



TAVOLA

8

**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
Down Hole  
DH IF16 G09

Progetto definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA



Per la  
**SOING Strutture e  
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

**Ubicazione dell'indagine**



**Fase di acquisizione dati**



**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
Down Hole  
DH IF16 G18

Progetto definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA



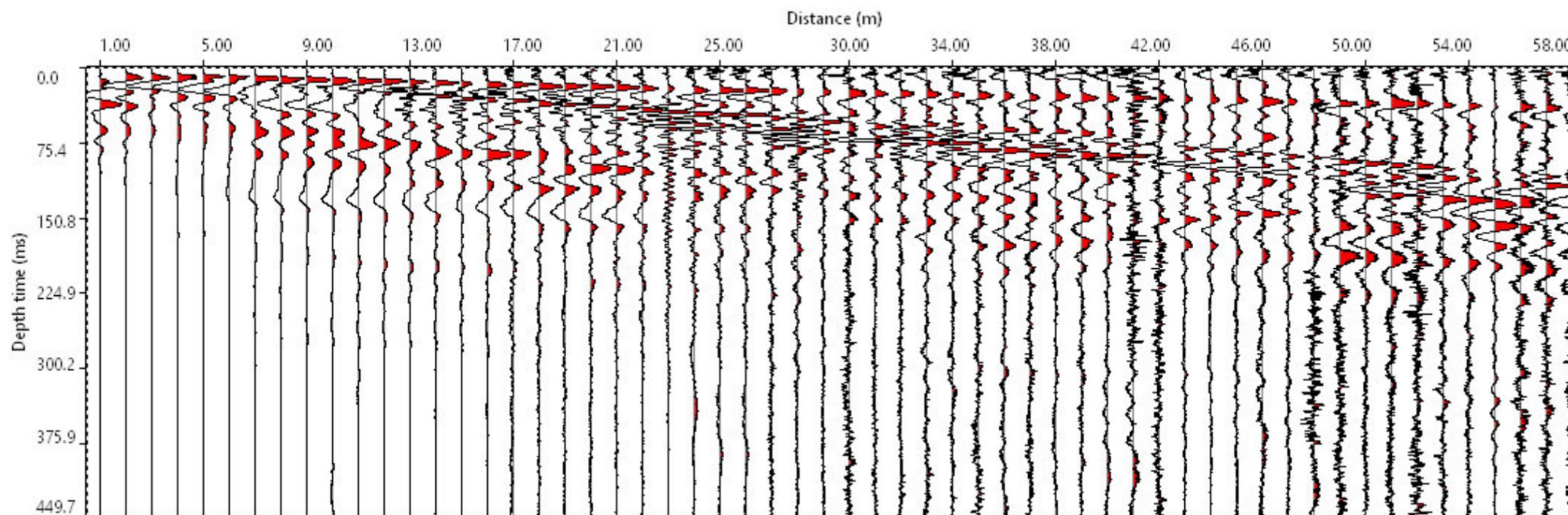
**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

**ELAB** G. Luciani

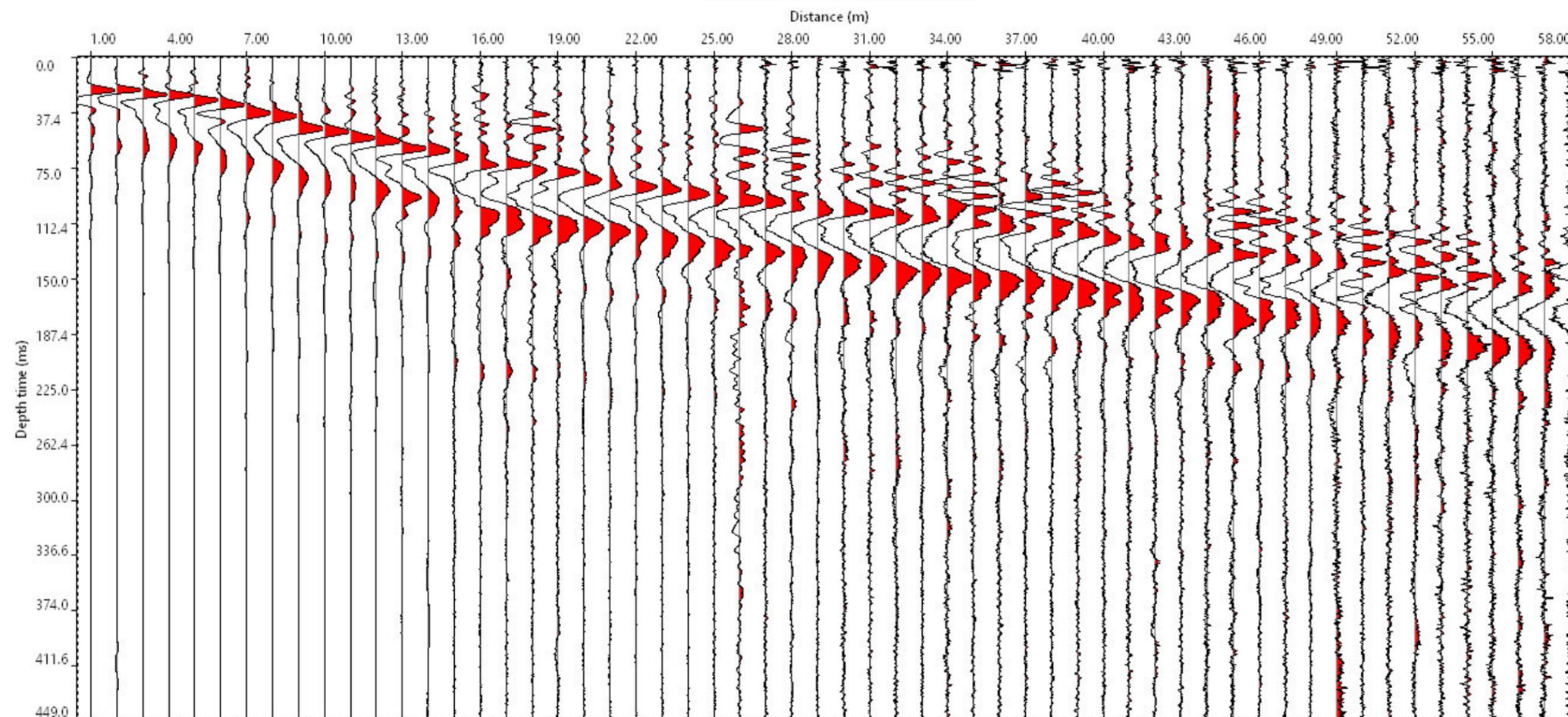
**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara

Sismogramma Onde P



Sismogramma Onde S



**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
Down Hole  
DH IF16 G18

Progetto definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA



**SOING**  
STRUTTURE & AMBIENTE



Per la  
**SOING Strutture e  
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

Tabella dei tempi osservati e corretti

Profondità (m)	Tempi oss (ms)	Tempi corr (ms)	Tempi oss (ms)	Tempi corr (ms)
	P	P	S	S
0	0		0	
1	6.88	3.08	18.41	8.23
2	7.86	5.56	21.36	15.10
3	8.35	6.95	22.83	19.00
4	9.34	8.35	25.78	23.06
5	9.83	9.13	29.46	27.35
6	10.32	9.79	30.93	29.35
7	11.30	10.87	35.35	33.99
8	11.79	11.44	39.77	38.58
9	12.29	11.99	45.67	44.58
10	13.27	13.01	49.35	48.39
11	13.76	13.54	53.03	52.17
12	14.25	14.06	55.24	54.49
13	14.74	14.57	59.66	58.96
14	15.24	15.08	62.61	61.98
15	15.73	15.59	66.29	65.71
16	16.71	16.58	69.97	69.43
17	17.20	17.08	72.18	71.68
18	17.69	17.58	76.60	76.13
19	18.18	18.08	78.07	77.64
20	18.50	18.41	81.75	81.35
21	19.50	19.41	83.96	83.59
22	20.50	20.42	86.17	85.82
23	21.00	20.92	88.38	88.05
24	21.13	21.06	91.33	91.01
25	22.05	21.98	93.54	93.24
26	23.10	23.03	95.75	95.47
27	23.59	23.52	97.22	96.96
28	24.08	24.02	99.43	99.18
29	24.57	24.51	101.64	101.40
30	25.06	25.01	102.38	102.15
31	25.56	25.50	103.85	103.63
32	26.05	26.00	105.32	105.12
33	26.54	26.49	106.80	106.60
34	27.03	26.98	107.53	107.35
35	27.52	27.48	109.74	109.56
36	28.01	27.97	111.22	111.04
37	29.00	28.95	114.90	114.73
38	29.49	29.45	116.37	116.21
39	30.47	30.43	118.58	118.42
40	30.70	30.66	120.79	120.64
41	31.40	31.36	122.00	121.86
42	31.50	31.46	123.00	122.86
43	32.44	32.40	126.00	125.86
44	32.93	32.89	128.00	127.87
45	33.42	33.39	129.00	128.87
46	33.91	33.88	131.00	130.88
47	34.40	34.37	132.00	131.88
48	34.89	34.86	135.00	134.88
49	35.38	35.35	136.00	135.89
50	35.88	35.85	138.00	137.89
51	36.37	36.34	140.00	139.89
52	36.86	36.83	143.00	142.89
53	37.35	37.32	145.00	144.90
54	37.84	37.82	146.00	145.90
55	38.33	38.31	147.00	146.90
56	38.82	38.80	148.00	147.91
57	39.32	39.29	148.10	148.01
58	40.30	40.27	148.40	148.31
59	0.00	0.00	0.00	0.00
60	0.00	0.00	0.00	0.00

**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
Down Hole  
DH IF16 G18

Progetto definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA



**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

**ELAB** G. Luciani

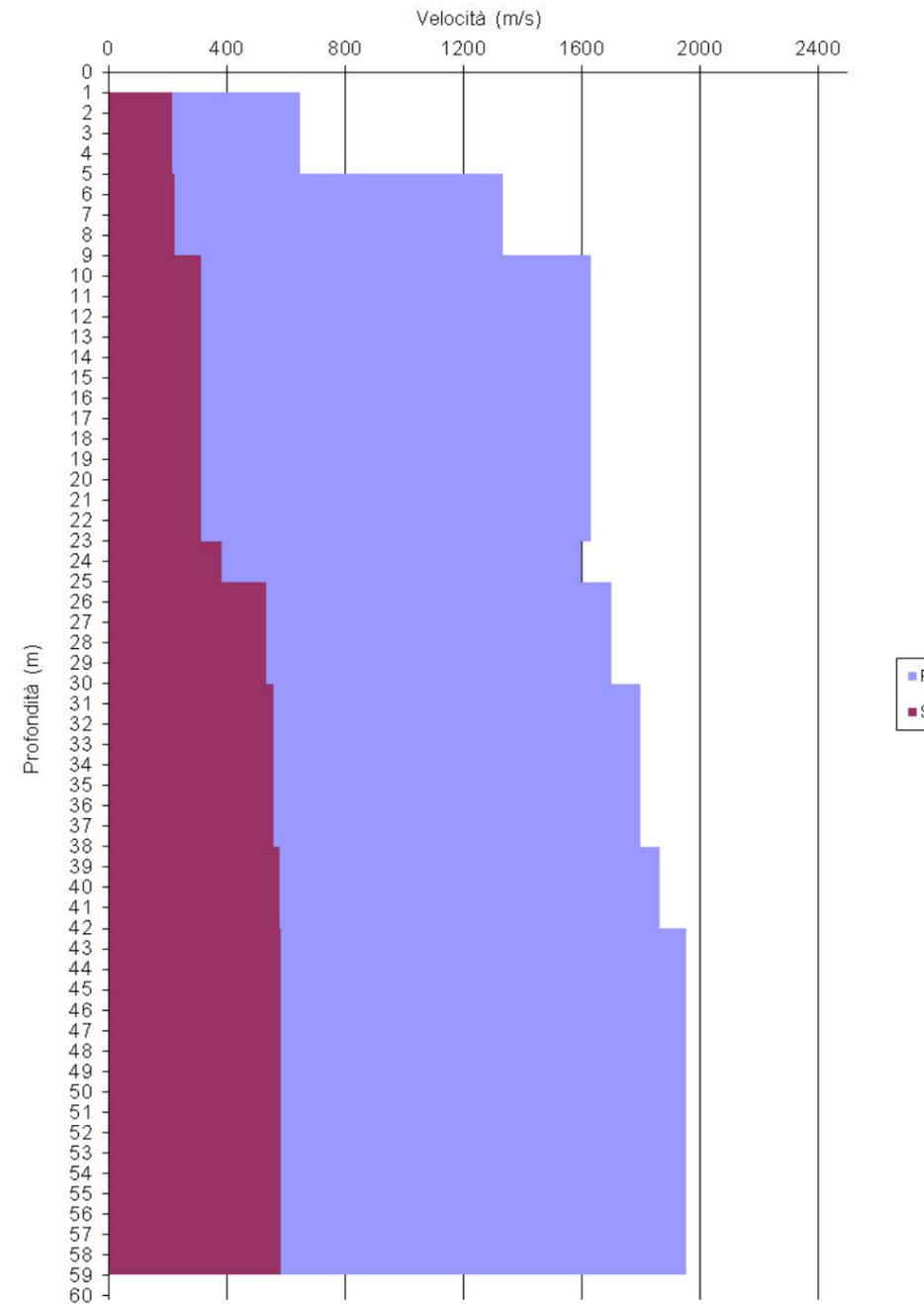
**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara

Sintesi dei risultati (spessori-velocità)

Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	Velocità Vs media (m/s)	Vs30 = Vseq (da 0 a -30 m)
da -1 a -5 m	4	214	374
da -5 a -9 m	4	223	
da -9 a -23 m	14	515	
da -23 a -25 m	2	383	
da -25 a -30 m	5	535	
da -30 a -38 m	8	560	
da -38 a -42 m	4	579	
da -42 a -58 m	16	581	
Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	Velocità Vp media (m/s)	
da -1 a -5 m	4	646	
da -5 a -9 m	4	1333	
da -9 a -23 m	14	1630	
da -23 a -25 m	2	1598	
da -25 a -30 m	5	1699	
da -30 a -38 m	8	1799	
da -38 a -42 m	4	1863	
da -42 a -58 m	16	1953	

Profili di velocità onde P ed S



Sintesi dei risultati (moduli dinamici)

Strato	Profondità (m dal p.c.)	Spessore (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Poisson	Young (MPa)	Share (MPa)	Bulk (MPa)
1	da -1 a -5 m	4	17.29	0.44	223.41	77.66	604.13
2	da -5 a -9 m	4	18.67	0.49	270.47	91.03	3131.29
3	da -9 a -23 m	14	19.26	0.44	1447.31	500.95	4350.39
4	da -23 a -25 m	2	19.20	0.47	811.60	276.14	4439.00
5	da -25 a -30 m	5	19.40	0.44	1573.55	544.49	4765.26
6	da -30 a -38 m	8	19.60	0.45	1743.49	602.72	5416.54
7	da -38 a -42 m	4	19.73	0.45	1876.22	648.52	5849.48
8	da -42 a -58 m	16	19.91	0.45	1912.92	658.97	6567.26

**OGGETTO:**  
Area Indagine sismica  
Down Hole  
DH IF16 G18

Progetto definitivo

II LOTTO  
FUNZIONALE  
HIRPINIA – ORSARA



**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

**ELAB** G. Luciani

**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara