



## INDICE

<b>1 - INTRODUZIONE</b> .....	<b>2</b>
<b>2 - INDAGINI SVOLTE</b> .....	<b>3</b>
<b>3 – STRUMENTAZIONI</b> .....	<b>4</b>
<b>4 - FINALITÀ DELLA PROSPEZIONE</b> .....	<b>6</b>
<b>5 – ESECUZIONE DEI RILIEVI</b> .....	<b>7</b>
<b>6 – METODOLOGIA INTERPRETATIVA</b> .....	<b>20</b>
<b>7 – ANALISI DEI RISULTATI</b> .....	<b>37</b>

## ALLEGATI

Elaborato	Titolo	scala
<b>02</b>	- Tavola elettromagnetismo	1:200
<b>03</b>	- Profili sismici AA'-BB' e CC'-DD'	1:1.000
<b>04</b>	- Profili sismici EE'-FF' e GG'-HH'	1:1.000
<b>05</b>	- Profili sismici II'-JJ' e KK'-LL'	1:1.000
<b>06</b>	- Profili sismici MM'-NN'	1:1.000
<b>07</b>	- Profili sismici OO'-PP' e QQ'-RR'	1:1.000
<b>08</b>	- Profili sismici SS'-TT' e UU'-VV'	1:1.000
<b>09</b>	- Profili sismici WW'-XX' e YY'-ZZ'	1:1.000

## 1 - INTRODUZIONE

Lo scrivente Vicenzetto S.r.l., su incarico della Società ITALFERR S.p.A., ha eseguito una campagna di indagini geofisiche per il progetto definitivo del “Raddoppio Apice-Orsara”.

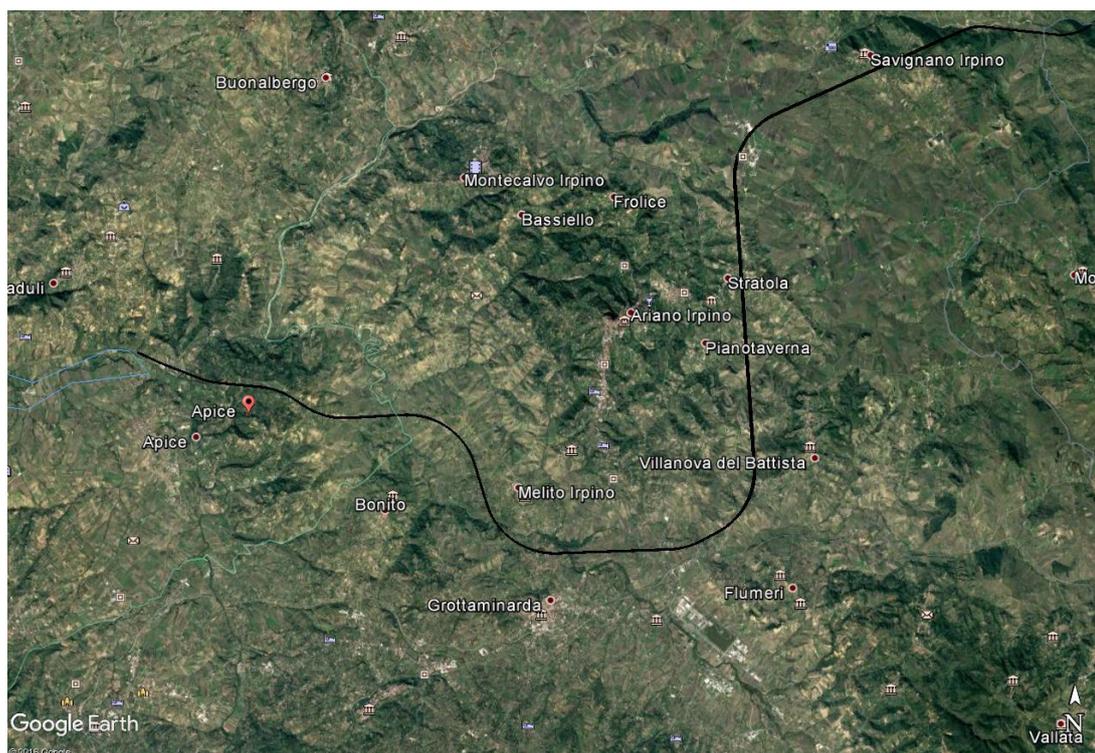


Figura 1.1 – Sito di indagine

Lo scopo della prospezione è stato quello di identificare e ricostruire, sulla base delle loro caratteristiche fisiche e meccaniche, i rapporti geometrici degli strati di terreno ed il valore di  $v_{s30}$  delle aree interessate. A tal scopo sono stati realizzati **una serie di profili sismici a rifrazione** per determinare la velocità delle onde di compressione P, una **analisi della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh** per la definizione del modello monodimensionale di  $V_s$  e del valore di  $V_{s30}$  utile per la classificazione dei suoli di fondazione nelle categorie previste dalla vigente normativa antisismica e dei **carotaggi sismici down-hole** per una caratterizzazione dinamica dei terreni attraverso il parametro della velocità sismica delle onde P e delle onde  $S_H$ .

Nella presente relazione sono descritti i modi d'esecuzione della fase di acquisizione dei dati sperimentali e le metodologie esecutive ed interpretative dei dati secondo un criterio essenzialmente geofisico.

## 2 - INDAGINI SVOLTE

La prospezione geofisica è stata eseguita nel periodo 31 gennaio-3 febbraio 2017, 14-17 febbraio 2017 e 20-21 aprile 2017. L'ubicazione delle indagini geofisiche è riportata in dettaglio negli elaborati ed in relazione.

### **Sismica a rifrazione**

L'indagine geofisica si è svolta attraverso l'esecuzione di n°26 profili sismici a rifrazione in onde di volume P ed elaborati con metodo tomografico. Gli stendimenti sismici sono stati approntati con sismografo a 48 canali su basi da 48 geofoni con 2 tiri sorgente esterni alla base e con tiri sorgente ripetuti ogni tre ricevitori internamente alla stessa.

### **Prova MASW**

La prospezione sismica per l'analisi della dispersione delle onde superficiali (MASW - *Multi-channel Analysis of Surface Waves*) si è svolta attraverso l'esecuzione di °22 prove MASW. L'analisi delle onde superficiali è una prospezione sismica di tipo attivo realizzata con un sismografo da 24 canali ed un allineamento di 24 ricevitori verticali con frequenza nominale da 4.5 Hz, inter spaziate 2.5 ÷ 5 metri; le energizzazioni, 3 per ogni lato dello stendimento, sono eseguite ad almeno 3, 4 e 5 volte la spaziatura geofonica, ottenendo pertanto 6 registrazioni di onde superficiali.

### **Carotaggio sismico down hole**

Al momento dell'esecuzione del carotaggio sismico, ogni sondaggio meccanico risultava completamente rivestito con tubazione in pvc cementata alle pareti del foro stesso ed al momento della prova vi era acqua all'interno del foro. Le registrazioni sismiche sono state eseguite con un'interdistanza fra le misure pari ad 1,0 metri, a partire dal fondo foro fino al piano campagna.

I carotaggi sismici Down-Hole per la caratterizzazione dinamica dei terreni sono stati eseguiti tramite geofono tridimensionale (frequenza propria di 15 Hz).

### **Piazzola elettromagnetismo**

All'interno delle piazzole è stata eseguita la prospezione elettromagnetica finalizzata alla ricerca di masse metalliche.

### 3 – STRUMENTAZIONI

Per l'esecuzione della prospezione sono state utilizzate le seguenti strumentazioni ed attrezzature:

N°	Strumentazione per indagini sismiche
2	sismografo GEOMETRICS "GEODE" 24 ch- 24 bit
1	notebook HP per registrazione dei dati di campagna con MultipleGeodeOptimSoftware (MGOS)
48	geofoni verticali con frequenza pari a 4,5 Hz
2	cavo geofonico GEOSPACE con 24 take-out spaziate di 5 metri
1	hammer switch per dispositivo time-break
1	massa battente da 5 kg
	cavi e prolunghes per il dispositivo di time-break e per il collegamento GEODE-notebook
1	GPS ricevitore STONEX S9N plus

N°	Strumentazione per prove sismiche attive di superficie (MASW)
1	sismografo digitale geode 24 ch - 24 bit (Geometrics)
1	notebook HP per registrazione dei dati
24	geofoni verticali con frequenza 4,5Hz (OYO-Geospace)
1	cavo di collegamento per geofoni 24 take-out/5,0 metri (OYO-Geospace)
1	massa battente del peso di 5kg
1	linea trigger con dispositivo hammer-switch

<b>N°</b>	<b>Strumentazione prove down-hole</b>
1	Sismografo GEOMETRICS "GEODE" 24 ch - 24 bit
1	Computer portatile per registrazione dei dati di campagna
1	Cavo di collegamento per geofoni
1	Geofono tridimensionale da foro Geostuff, a frequenza propria di 15 Hz, munito di bussola elettronica per orientamento del geofono stesso e di ancoraggio meccanico motorizzato alla parete del foro
1	Sistema specifico per la generazione di onde polarizzate SH
1	Trigger dispositivo "arm switch" + cavo geofonico
2	Masse battenti del peso di 5 e 10 kg

<b>N°</b>	<b>Strumentazione profili elettromagnetici</b>
1	elettromagnetometro EM34-3 (Geonics)
1	cavi di collegamento Tx-Rx, intercoil 10 metri (Geonics)
1	sistema GPS STONEX S4C

## 4 - FINALITÀ DELLA PROSPEZIONE

Le finalità della prospezione geofisica possono così essere sinteticamente riassunte:

- *definire il modello del sottosuolo in riferimento alla velocità delle onde di volume P;*
- *definire la velocità di propagazione delle onde sismiche P ed  $S_H$  nel sottosuolo;*
- *parametrizzazione dinamica dei terreni attraverso le misure geofisiche;*
- *definizione del valore  $V_{s30}$  per la classificazione dei suoli di fondazione nelle categorie previste dalla normativa antisismica;*
- *misure della conducibilità elettrica, in corrispondenza delle zone di esecuzione dei sondaggi geognostici, per la ricerca di eventuali masse metalliche sepolte nei primi 5 metri di suolo, con metodologia elettromagnetica FDEM;*

Per quanto riguarda le principali proprietà dinamiche dei terreni, è opportuno ricordare che, per sottosuoli naturali, il fenomeno sismico produce deformazioni volumetriche trascurabili, rispetto a quelle distorsionali.

Per questo motivo appare giustificato ricondurre la modellazione meccanica di un fenomeno sismico all'analisi degli effetti prodotti da un treno d'onde S, che si propagano dal substrato alla superficie, con un campo di spostamenti del terreno in pratica orizzontale. Tale assunzione è oltretutto giustificata dal fatto che il moto più verosimile, ai fini della verifica sismica dei manufatti, è quello orizzontale. In tal senso, a livelli di deformazione bassi, è assunta l'ipotesi che il terreno in esame presenti un comportamento tensione-deformazione di tipo elastico lineare (deformazioni inferiori a 10-3%).

Le velocità delle onde S e delle onde di superficie, sono caratteristiche delle vibrazioni trasmesse prevalentemente dal solo scheletro solido e perciò rappresentative delle proprietà meccaniche del terreno. Ne consegue che per alcuni terreni sotto falda, le uniche onde in grado di fornire informazioni precise sulla rigidità del terreno sono quelle di taglio e, subordinatamente, le onde di superficie.

## 5 – ESECUZIONE DEI RILIEVI

### Sismica a rifrazione con onde di volume P

Il fine delle indagini sismiche a rifrazione è di risalire a modelli di terreni caratterizzati da una differente velocità delle onde elastiche, nell'individuare i loro spessori e la loro distribuzione spaziale.

Il metodo sismico a rifrazione si occupa dell'esplorazione del sottosuolo, attraverso lo studio della propagazione delle onde elastiche generate da masse battenti o esplosioni controllate. Si basa sull'analisi dei tempi di arrivo delle onde rifratte alle varie discontinuità litologiche.

In riferimento all'indagine geofisica di sismica a rifrazione con onde di volume P sono state adottate le seguenti caratteristiche:

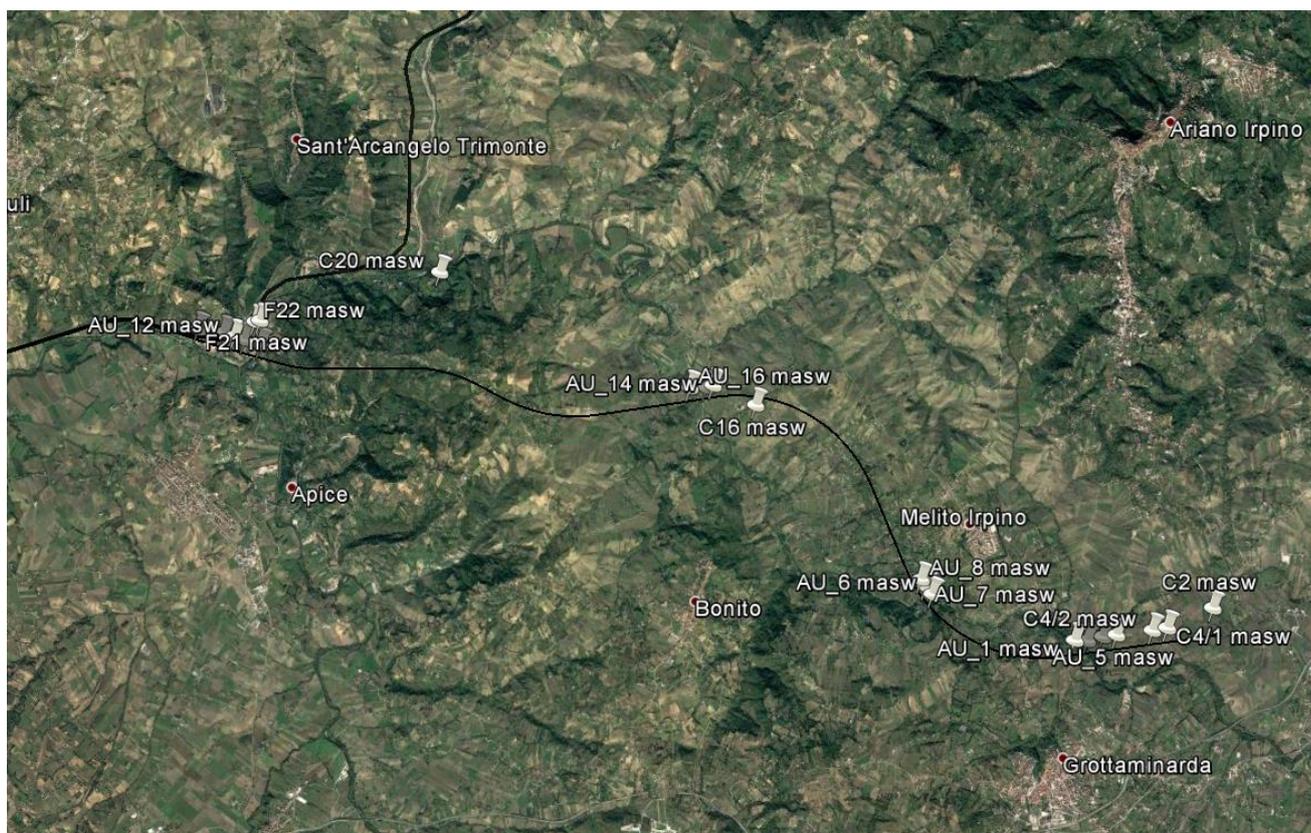
- *24/48 geofoni verticali con frequenza di 4,5 Hz;*
- *spaziatura dei geofoni: 2,5 metri;*
- *spaziatura dei punti di scoppio: 7,5 metri;*
- *numero minimo punti di scoppio: 11;*
- *sorgente: massa battente da 5 kg;*
- *lunghezza registrazione del singolo evento: 2,0 secondi;*
- *campionamento: 0,125 millisecondi.*



**Figura 5.1** – fasi di acquisizione dati geofisici - stese sismiche

### Prove MASW

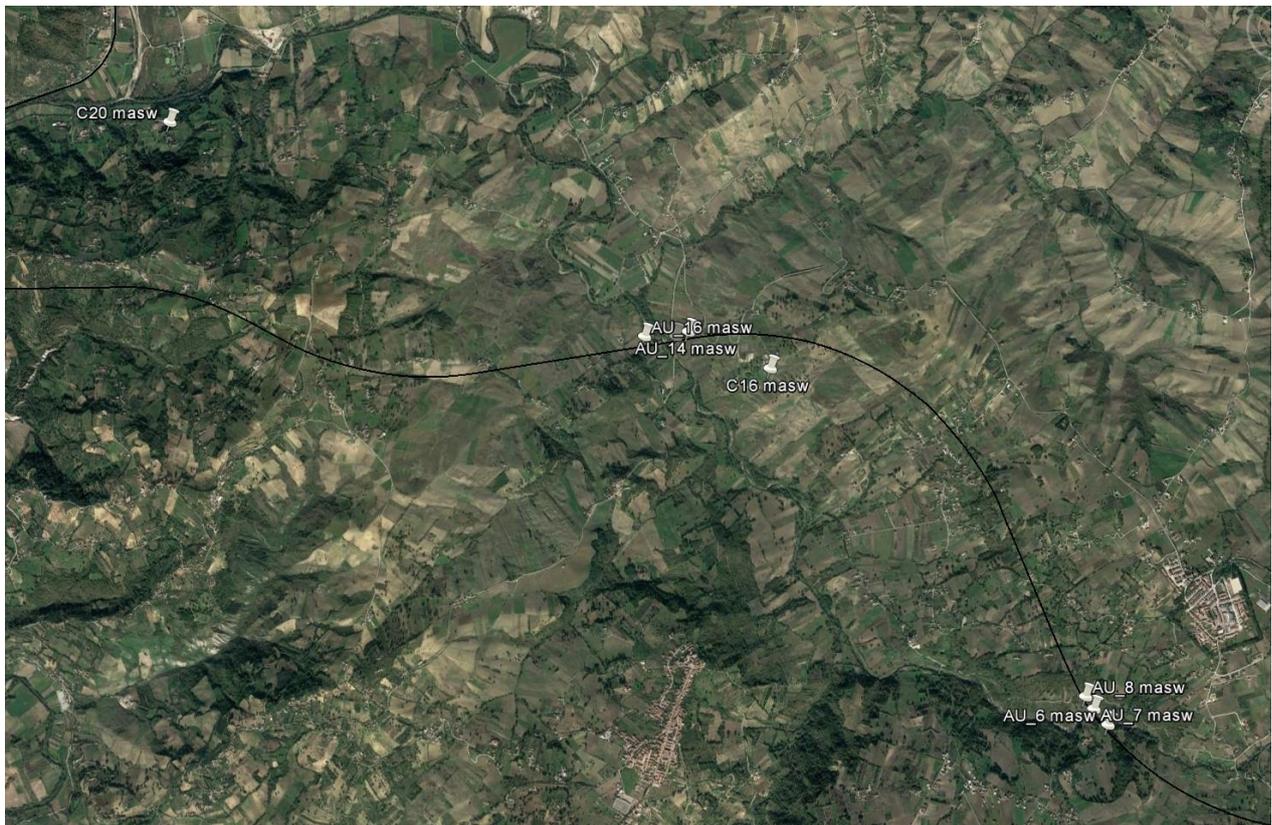
La prospezione geofisica è stata svolta con l'esecuzione di n°22 prove MASW, per la definizione del valore di Vs30 utile per la classificazione dei suoli di fondazione nelle categorie previste dalla vigente normativa antisismica.

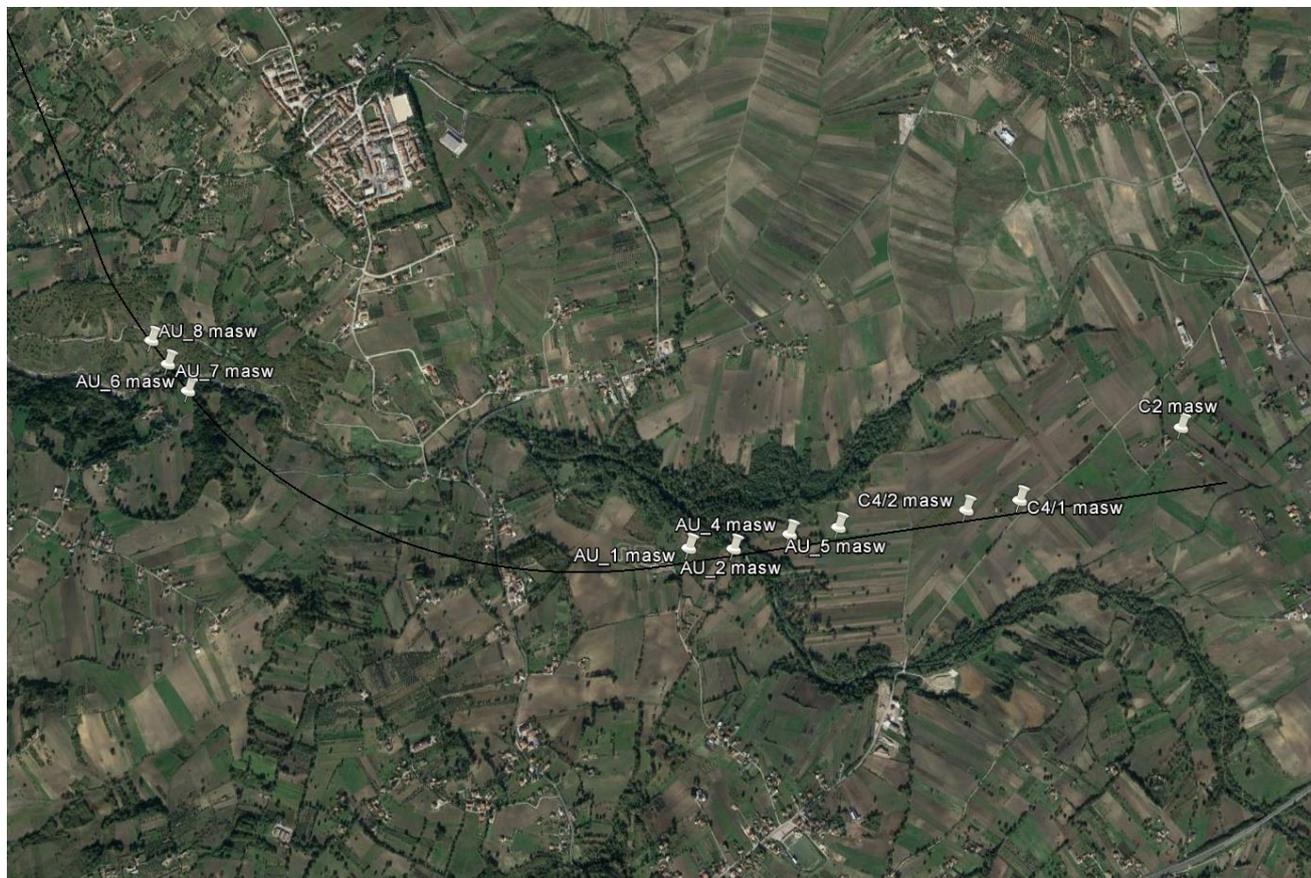


**Fig.5.2** – Area interessata da tutte le indagini geofisiche foto-planimetria di Google Earth.



**Fig.5.2a** – Planimetria delle indagini MASW; primo tratto Nord-Ovest.



**Fig.5.2b** – Planimetria delle indagini MASW; secondo tratto centrale.

**Fig.5.2c** – Planimetria delle indagini MASW; terzo tratto a Sud-Est.

Lo scopo della prova MASW è quello di ricostruire il profilo di rigidità del sito tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di superficie di Rayleigh con un successivo processo d'inversione, attraverso il quale è fornita una stima indiretta della distribuzione delle Vs (velocità di propagazione delle onde di taglio). La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in corrispondenza del sito da investigare, una sollecitazione dinamica verticale in un determinato campo di frequenze e nel registrare tramite uno stendimento lineare di sensori le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate.

In riferimento all'acquisizione di onde S con tecnica di sismica attiva (prova MASW), sono state adottate le seguenti caratteristiche:

- 24 geofoni verticali con frequenza di 4,5Hz;
- spaziatura dei geofoni: 2.5 metri;

- sorgente: massa battente da 5kg;
- distanza delle energizzazioni: 2,5 - 5,0 - 10,0 metri;
- lunghezza registrazione del singolo evento: 2000 millisecondi;
- campionamento del segnale: 0,250 millisecondi.

Alcune foto relative ai MASW svolti;



AU\_1



AU\_4



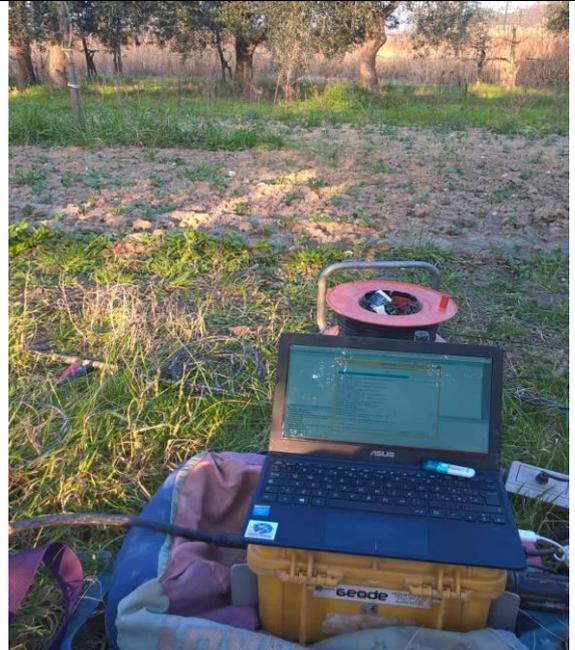
AU\_5



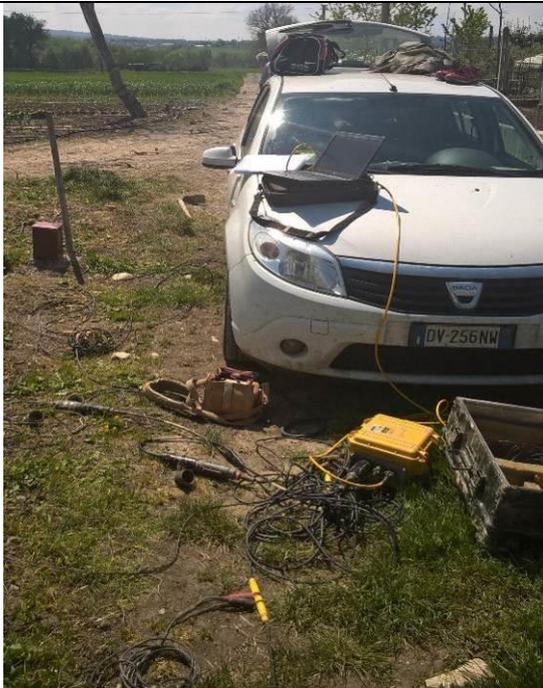
AU\_8



AU\_13



AU\_11



C2

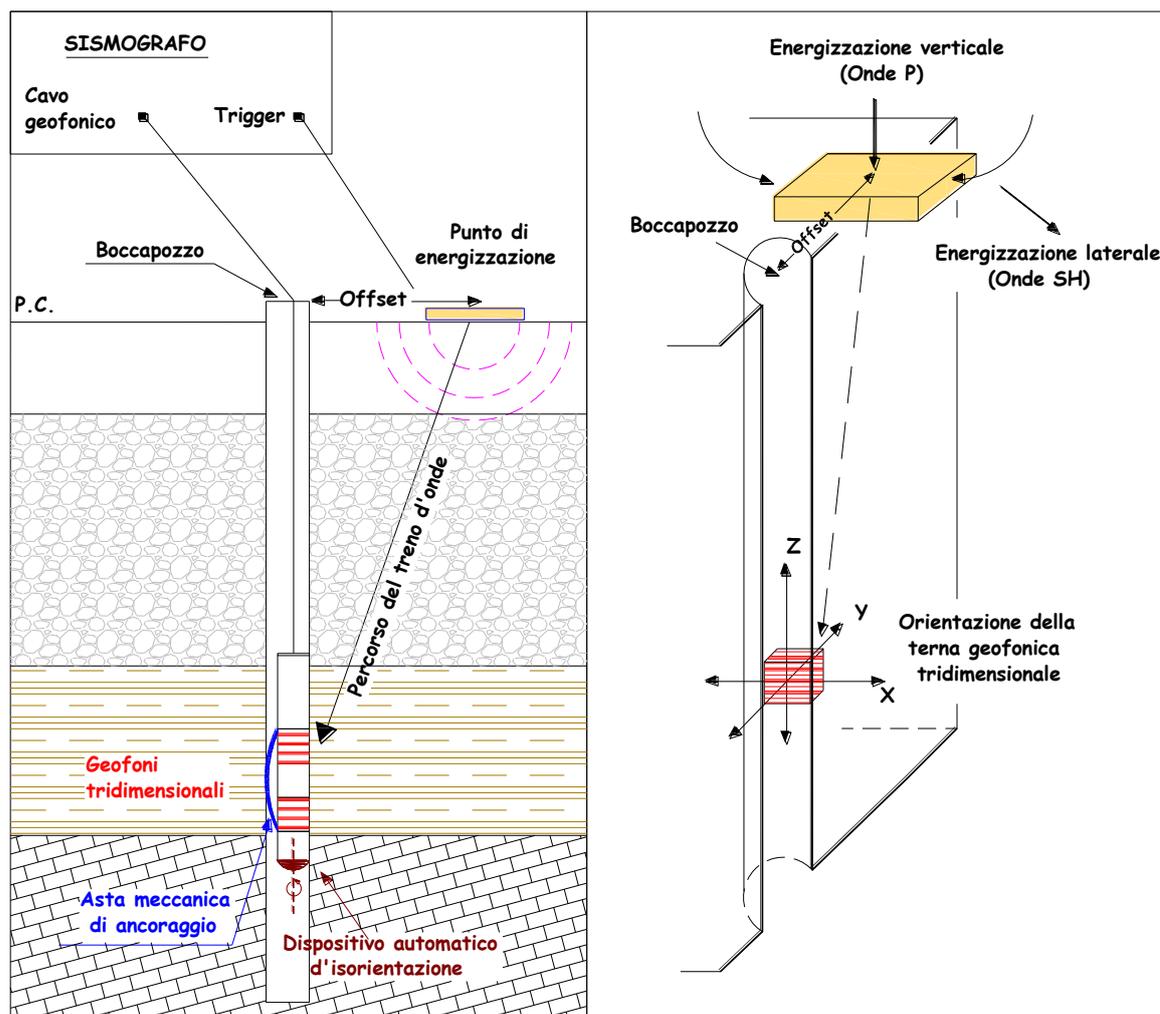


C4

### Carotaggi sismici down-hole

Lo scopo della prova down-hole consiste nel determinare la velocità di propagazione delle onde di compressione (onde P) e di taglio (onde  $S_H$ ), calcolando il tempo ad esse necessario per raggiungere il geofono ricevitore (all'interno del foro di sondaggio) dalla zona sorgente (su piano campagna a distanza nota dal foro). Si suppone che il volume di terreno, interessato dalle indagini sia stratificato orizzontalmente e che all'interno d'ogni strato il comportamento del terreno si possa considerare elastico, omogeneo ed isotropo.

La prova consiste nel produrre in superficie sollecitazioni verticali per la generazione di onde di compressione P, ed orizzontali per la generazione di onde di taglio polarizzate orizzontalmente  $S_H$  e nel registrare l'istante di primo arrivo del treno d'onde ad un sistema composto da una terna di geofoni, ancorati a profondità nota nel foro di sondaggio (fig. 5.3).



**Figura 5.3** - Rappresentazione schematica di un carotaggio sismico down-hole.

Conosciuta la distanza tra la sorgente ed i ricevitori e determinato il tempo di propagazione, è possibile stimare in maniera accurata la distribuzione delle velocità sismiche ( $P$  e  $S_H$ ) in corrispondenza della verticale di misura.

Per generare le onde di compressione  $P$  è stata utilizzata una massa battente da 5 kg. Per le onde  $S_H$  è stato invece utilizzato, come sorgente, un apposito dispositivo, la cui forma permette colpi laterali su entrambi i lati. Tale dispositivo viene gravato con sacchi di sabbia, al fine di assicurare una perfetta aderenza con il terreno, così da evitare ogni tipo di dispersione dell'energia prodotta. Il sistema energizzante adottato è in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza, con forme d'onda ripetibili e direzionali, vale a dire con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione e/o di taglio polarizzate su piani orizzontali, ed eventualmente anche verticali. Come sistema di ricezione è stata utilizzata una sonda meccanizzata al cui interno sono alloggiati tre ricevitori, ciascuno dei quali è costituito da un trasduttore di velocità. Il trasduttore verticale è orientato secondo la lunghezza della sonda, mentre i trasduttori orizzontali, orientabili automaticamente secondo il Nord geografico, sono disposti in direzioni ad essa perpendicolare (N-S ed E-W). I trasduttori hanno una frequenza propria di 15 Hz ed una sensibilità tale da poter ricevere in maniera adeguata il treno d'onde prodotto dalla sorgente. La sonda possiede un'asta meccanica motorizzata che garantisce l'aderenza tra i ricevitori e le pareti del rivestimento. Il sistema d'acquisizione dati è di tipo multicanale ed è in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 24 bit.

Le due prove si sono sviluppate secondo le seguenti fasi:

1. Dopo ad aver predisposto un opportuno piano d'appoggio, il dispositivo sorgente è stato collocato sulla superficie in prossimità del foro ad una distanza di 3,0 m ed orientato con direzione Est-Ovest perpendicolarmente al raggio condotto dal foro.
2. Il sistema, costituito dai tre ricevitori è stato calato a fondo foro collegandolo alla superficie mediante un sistema che ne consente l'orientamento assoluto dalla superficie.
3. Dopo aver ancorato la sonda geofonica alle pareti del rivestimento, si è proceduto con le fasi di orientamento dei trasduttori.

4. Campionamento del rumore ambientale.
5. È stato quindi attivato il dispositivo sorgente, producendo una sollecitazione che, attivando il trigger (dispositivo “arm-switch”), si propaga dalla sorgente verso i ricevitori con vibrazioni di tipo compressionale; di seguito (con energizzazione separata e distinta) sono state generate vibrazioni di tipo  $S_H$ , dirette perpendicolarmente alla direzione di percussione e polarizzate sul piano orizzontale. Per l’ottenimento di una buona qualità dei dati, è necessario produrre alla sorgente due onde di polarità opposta e sommare le registrazioni d’ogni singolo arrivo, così da individuare in modo migliore l’istante di primo arrivo (metodo cross-over).
6. La prova è stata quindi ripetuta con interdistanza fra le misure pari a 1,0 m per tutto il tratto di sondaggio.

Ubicazioni e foto relative ai Down-Hole svolti;



C1 DH



C9 DH



C11 DH



C15 DH



C18 DH

La prospezione geofisica è stata svolta con l'esecuzione di n° 5 carotaggi sismici down-hole.

Di seguito si riporta il dettaglio delle indagini:

Sondaggio	Profondità m	Offset m	Livello dell'acqua nel tubo m p.c.	Data
C1 DH	30	3	da -15	20-04-2017
C9 DH	50	5	da -3	21-04-2017
C11 DH	30	3	da -29	20-04-2017
C15 DH	30	3	da -12	21-04-2017
C18 DH	30	3	da -15	21-04-2017

In totale sono stati quindi eseguiti 170 metri di carotaggio sismico down hole.

### **Ricerca masse metalliche**

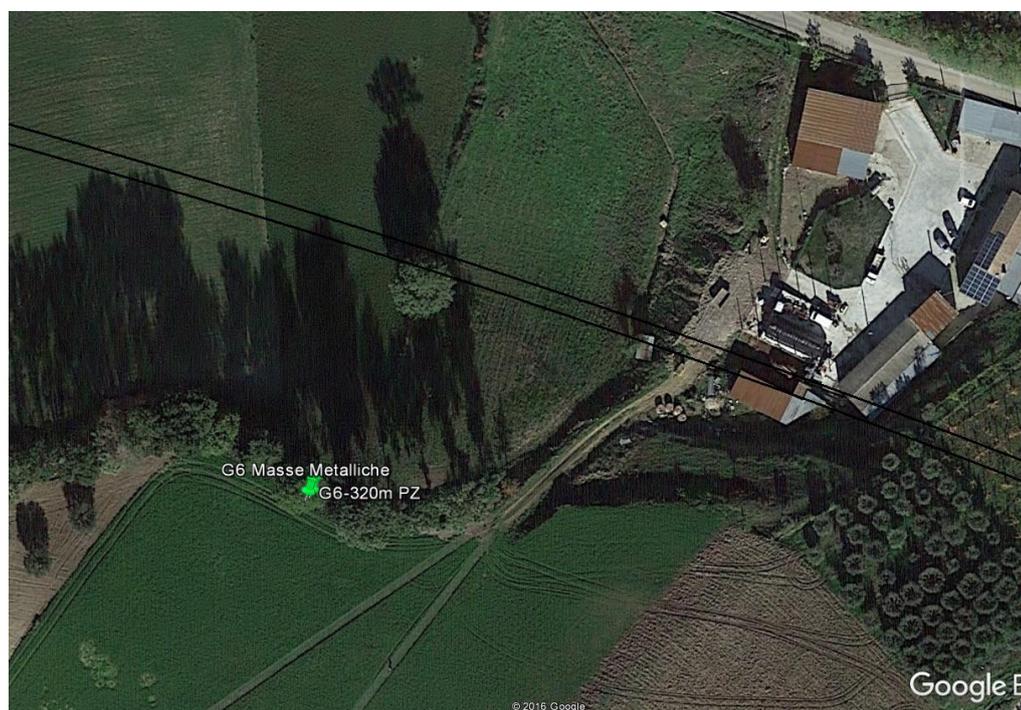
Al fine di garantire un'ottima copertura fino a 5 metri di profondità da piano campagna, l'indagine elettromagnetica è stata eseguita con elettromagnetometro EM34-3 Geonics, con accoppiamento orizzontale dei dipoli, Tx ed Rx, ed operando con intercoil fisso pari a 10 metri.

L'utilizzo di detta spaziatura, congiuntamente all'utilizzo delle bobine riceventi e trasmettenti in assetto verticale (dipoli orizzontali), garantisce, infatti, un'ottima risoluzione delle misure di conducibilità elettrica nei primi 5-6 metri di profondità.

L'elettromagnetometro EM34 Geonics è uno strumento multifrequenza; l'uso di un intercoil di 10 metri applica una frequenza di indagine pari a 6,4kHz (Fig 5.1). Nelle piazzole oggetto di indagine è stata adottata una griglia di lettura pari a 2,5x2,5m. Ciascuna lettura della conducibilità elettrica, espressa in mmhos/m, è stata tabellata e conseguentemente interpretata con l'uso di software di surface-map contouring.

<b>Measured Quantities</b>	Apparent conductivity in millisiemens per metre (mS/m)
<b>Primary Field Source</b>	Self-contained dipole transmitter
<b>Sensor</b>	Self-contained dipole receiver
<b>Reference Cable</b>	Lightweight, 2 wire shielded cable
<b>Inter-coil Spacing Operating Frequency</b>	10m at 6.4 kHz 20m at 1.6 kHz 40m at 0.4 kHz
<b>Power Supply</b>	Transmitter: 8 disposable or rechargeable 'D' cells Receiver: 8 disposable or rechargeable 'C' cells
<b>Conductivity Ranges</b>	10, 100, 1000 mS/m
<b>Measurement Resolution</b>	+/- 0.1% of full scale
<b>Measurement Accuracy</b>	+/- 5% at 20 mS/m
<b>Noise Levels</b>	0.2 mS/m (can be greater in regions of high power line interference)
<b>Dimensions</b>	Receiver Console: 19 x 13.5 x 26 cm Transmitter Console: 15.5 x 8 x 26 cm Receiver & Transmitter Coil: 63 cm dia. Shipping Case: 27.5 x 75 x 75 cm
<b>Weight</b>	Instrument: 20.5 kg Shipping: 43 kg

**Fig. 5.4** – Specifiche tecniche dell'elettromagnetometro EM34-3 Geonics.



**Fig. 5.5** – Ubicazione prova ricerche masse metalliche.

	<b>ITINERARIO NAPOLI - BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA</b>					
INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IFOG	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE 0005 001	REV. A	FOGLIO 20 di 113

## 6 – METODOLOGIA INTERPRETATIVA

### Sismica a rifrazione con onde di volume P

La fase d'interpretazione dei dati acquisiti in campagna è preceduta dalla lettura dei tempi sismici registrati.

I tempi d'arrivo delle onde "P" sono letti attraverso uno specifico programma di *picking* ed in seguito tabellati. Tale programma permette di apprezzare variazioni di tempo dell'ordine di 0,1 millisecondi. Quindi, per mezzo dello specifico programma SEISOPTPRO v5.0, è eseguita un'interpretazione con metodologia tomografica del profilo sismico.

La metodologia tomografica prevede la suddivisione dello spazio bidimensionale in celle secondo una maglia prefissata, con l'attribuzione ad ognuna di un determinato valore di velocità sismica. Il programma calcola quindi il tempo di transito dell'onda sismica attraverso le maglie del modello e confronta tale valore con quello sperimentale, impiegando iterativamente algoritmi di calcolo adeguati, previo controllo dei tragitti dei raggi sismici. Per successive iterazioni si perviene a dei valori di velocità sismica per le diverse celle che soddisfino contemporaneamente più raggi sismici.

L'elaborazione dei dati è sviluppata tramite un'analisi con modellazione del sottosuolo su base anisotropa, la quale fornisce, in seguito ad un'elaborazione con metodologie iterative R.T.C. e ad algoritmi di ricostruzione tomografica, il campo delle velocità sismiche del sottosuolo attraverso la suddivisione dello spazio in celle regolari.

Nel caso specifico è stata utilizzata una maglia rettangolare di dimensioni 1,85x0,97 metri; nella restituzione grafica i valori di velocità sismica attribuiti alla singola cella sono rappresentati con scala colorimetrica 0-3.500 m/s. Inoltre, per facilitare la lettura delle velocità sulle sezioni, sono state riportate le curve di isovelocità sismica con equidistanza pari a 250 m/s.

Per la determinazione del modello d'interpretazione, il software utilizza il metodo d'inversione controllato MONTE CARLO, basato su una modellizzazione avanzata, dove i modelli derivati dagli algoritmi propri del programma sono accettati o rifiutati basandosi su un criterio statistico.

I risultati, in termini di affidabilità statistica dell'interpretazione operata, risultano essere i seguenti:

profilo sismico	precisione (s <sup>2</sup> )	iterazioni n°
<b>profilo AA' – onde P</b>	6.45 x10 <sup>-6</sup>	109471
<b>profilo BB' – onde P</b>	5,76x10 <sup>-6</sup>	143987
<b>profilo CC' – onde P</b>	6,12x10 <sup>-6</sup>	123653
<b>profilo DD' – onde P</b>	4,34x10 <sup>-6</sup>	213098
<b>profilo EE' – onde P</b>	6,21x10 <sup>-6</sup>	145932
<b>profilo FF' – onde P</b>	3,99x10 <sup>-6</sup>	157111
<b>profilo GG' – onde P</b>	2,87x10 <sup>-6</sup>	154922
<b>profilo HH' – onde P</b>	4,66x10 <sup>-6</sup>	126754
<b>profilo II' – onde P</b>	5,54x10 <sup>-6</sup>	187876
<b>profilo JJ' – onde P</b>	2,29x10 <sup>-6</sup>	224665
<b>profilo KK' – onde P</b>	6.18 x10 <sup>-6</sup>	125325
<b>profilo LL' – onde P</b>	4,72x10 <sup>-6</sup>	143987
<b>profilo MM' – onde P</b>	7,02x10 <sup>-6</sup>	523653
<b>profilo NN' – onde P</b>	3,35x10 <sup>-6</sup>	213098
<b>profilo OO' – onde P</b>	2,66x10 <sup>-6</sup>	145932
<b>profilo PP' – onde P</b>	5,98x10 <sup>-6</sup>	157111
<b>profilo QQ' – onde P</b>	4,71x10 <sup>-6</sup>	154922
<b>profilo RR' – onde P</b>	3,22x10 <sup>-6</sup>	126754
<b>profilo SS' – onde P</b>	5,56x10 <sup>-6</sup>	167876
<b>profilo TT' – onde P</b>	2,23x10 <sup>-6</sup>	194665
<b>profilo UU' – onde P</b>	5.44 x10 <sup>-6</sup>	245932
<b>profilo VV' – onde P</b>	3,26x10 <sup>-5</sup>	157111
<b>profilo WW' – onde P</b>	2,17x10 <sup>-5</sup>	154922
<b>profilo XX' – onde P</b>	6.45 x10 <sup>-6</sup>	126754
<b>profilo YY' – onde P</b>	4,76x10 <sup>-6</sup>	167876
<b>profilo ZZ' – onde P</b>	3,88x10 <sup>-6</sup>	194665

Dove per *precisione* si intende la sommatoria degli scarti al quadrato tra i valori sperimentali e quelli calcolati nelle dromocrone diviso per il numero dei punti; per *iterazioni* il numero di volte che il programma ha eseguito la verifica del modello totale.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI - BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA</b>					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0G	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE 0005 001	REV. A

### Prove MASW

L'analisi delle onde di superficie risulta finalizzata al computo del Vs30. Il parametro Vs30, corrisponde alla velocità equivalente di propagazione entro i primi 30 metri di profondità delle onde superficiali ed è calcolato secondo l'espressione seguente:

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

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano rispettivamente lo spessore (in metri) e la velocità delle onde S (per deformazioni di taglio  $< 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei primi 30 metri di profondità. Il valore del parametro Vs30, è riportato, per convenzione, al centro del relativo stendimento geofonico.

Per l'interpretazione dei dati sperimentali è stato utilizzato uno specifico programma (winMASW ver 4.3pro). Il profilo verticale di Vs è ottenuto tramite l'inversione (considerando tanto il modo fondamentale che quelli superiori) delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh. La procedura si sviluppa in due fasi:

- determinazione dello spettro della velocità sulla quale si identifica la curva di dispersione;
- inversione della curva di dispersione attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici.

L'elaborazione del segnale consiste innanzitutto nella normalizzazione delle tracce di ogni singolo geofono.

Sullo spettro di velocità è eseguito il picking della curva di dispersione (soprassegno con cerchietti) individuando un insieme di punti che appartengono ad un certo modo (modo fondamentale e primo modo superiore) di propagazione dell'onda superficiale di Rayleigh.

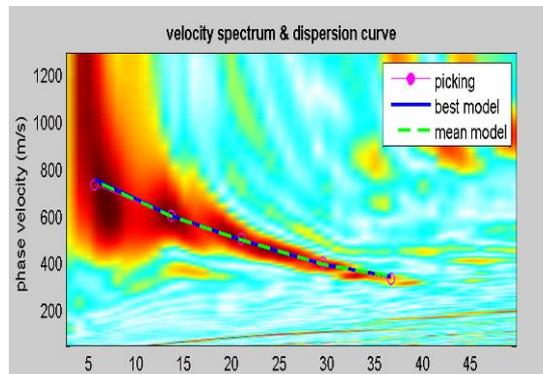
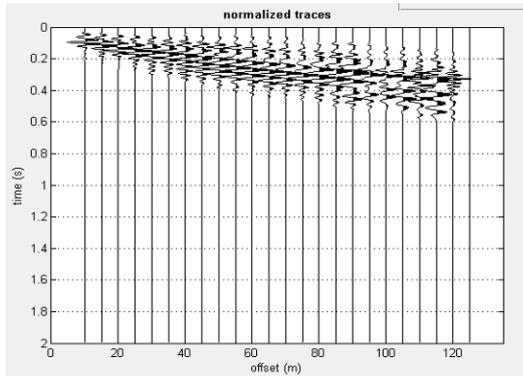


Fig 6.1 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU\_1

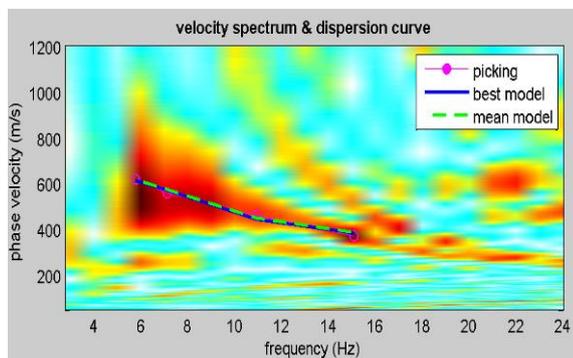
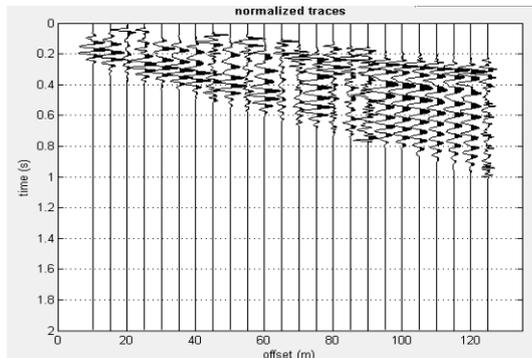


Fig 6.2 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU\_2

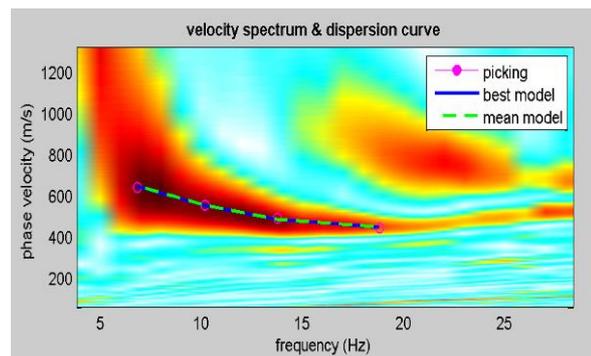
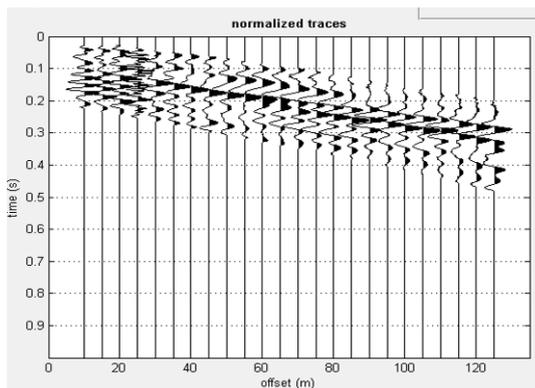


Fig 6.3 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU\_4

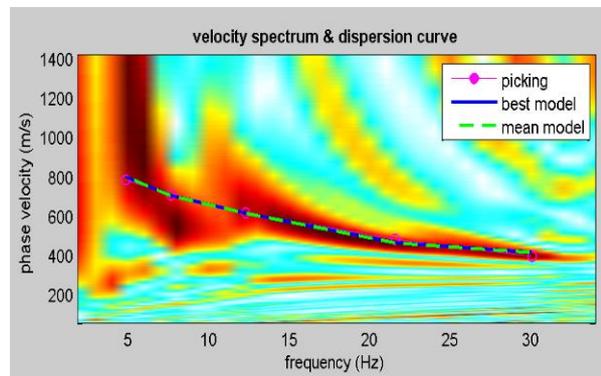
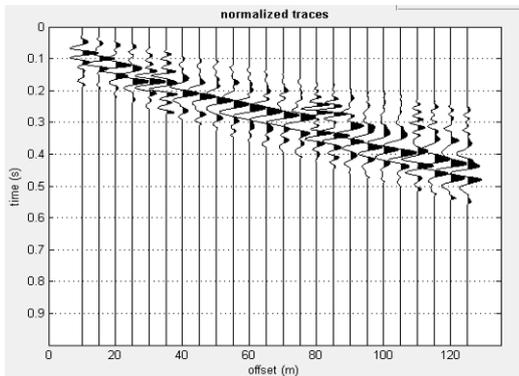


Fig 6.4 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU\_5.

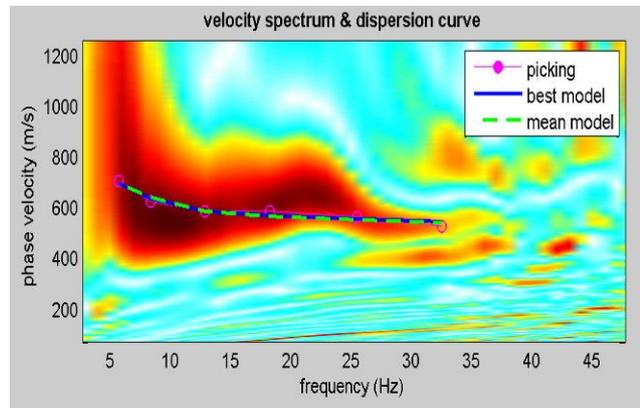
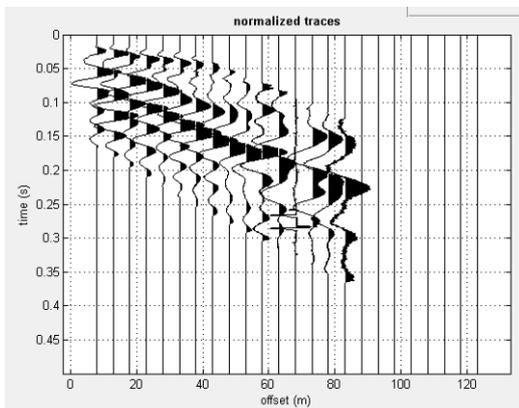


Fig 6.5 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU\_6.

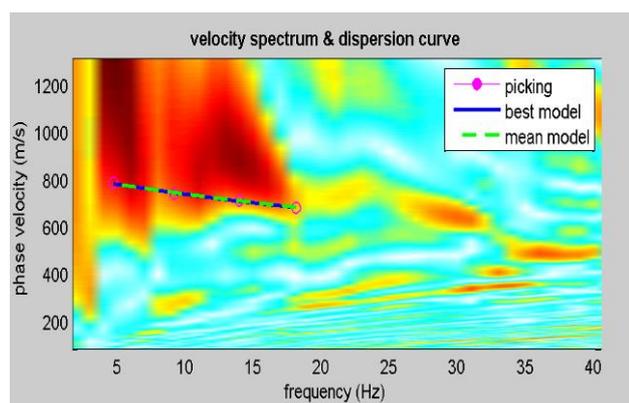
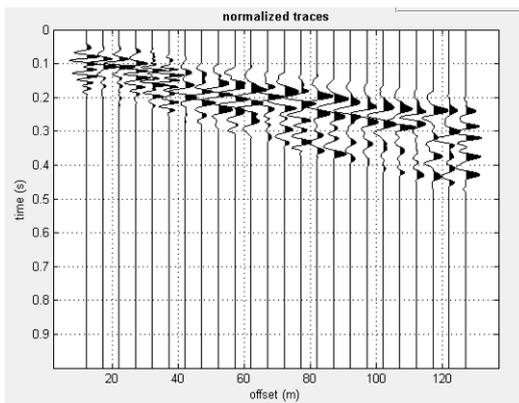
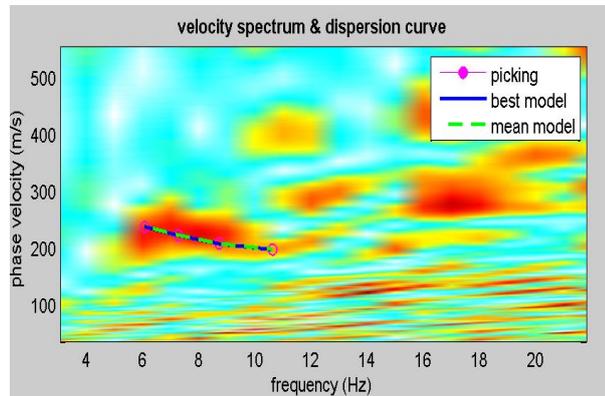
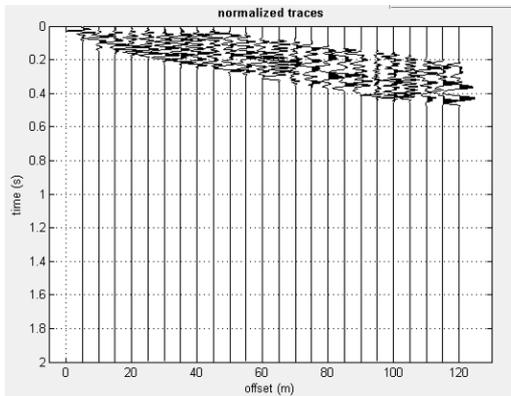
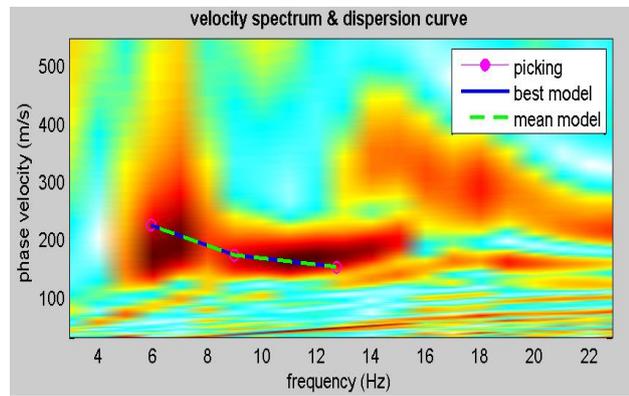
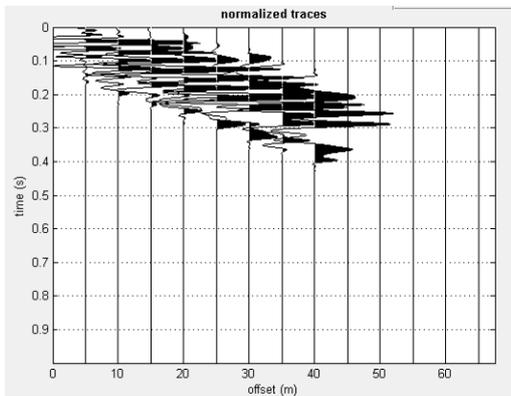


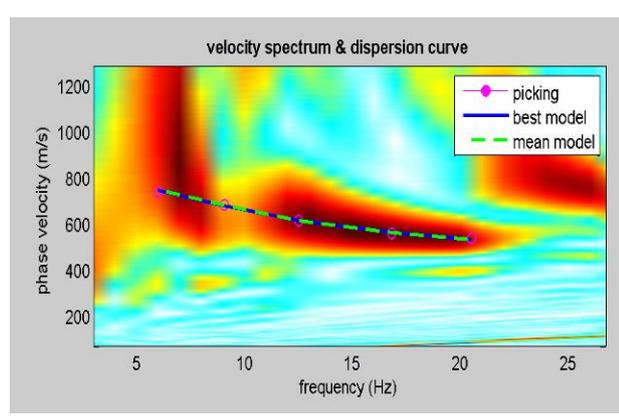
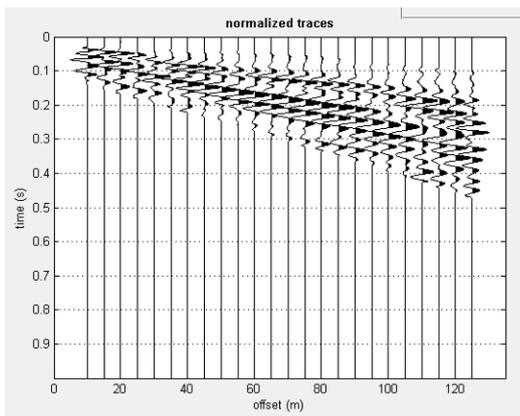
Fig 6.6 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU\_7.



**Fig 6.7** – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU\_8.



**Fig 6.8** – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU\_9.



**Fig 6.9** – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU\_11.

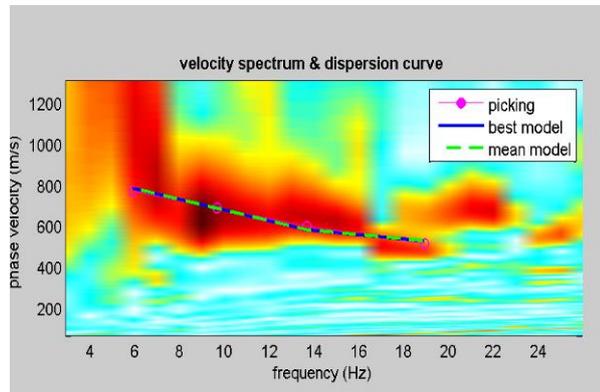
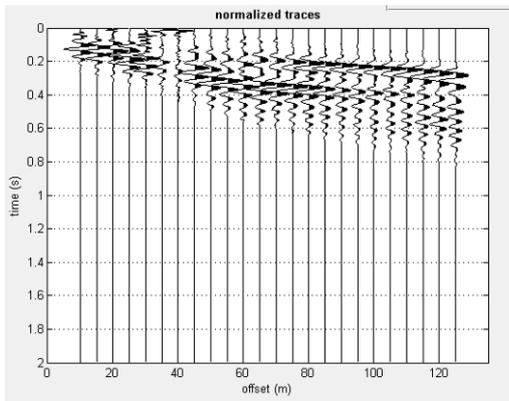


Fig 6.10 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU\_12.

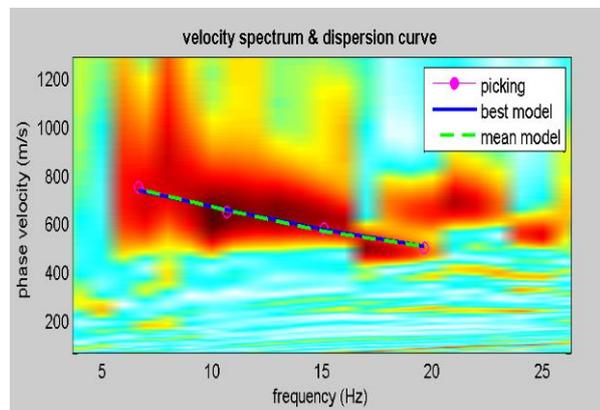
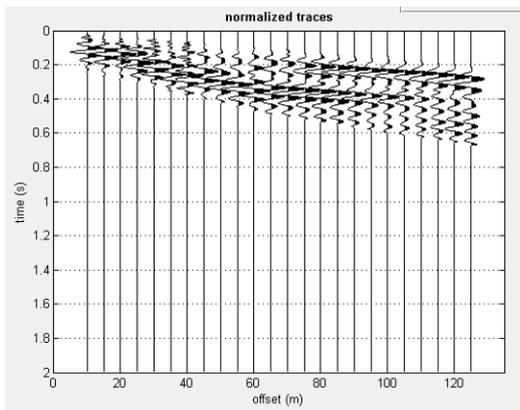


Fig 6.11 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU\_13.

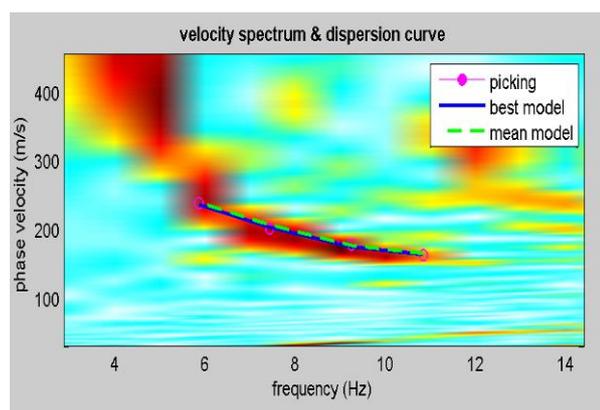
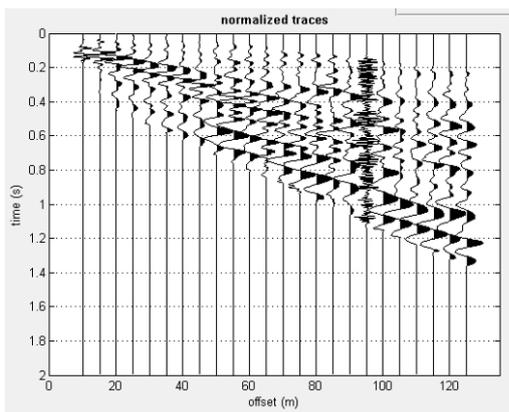
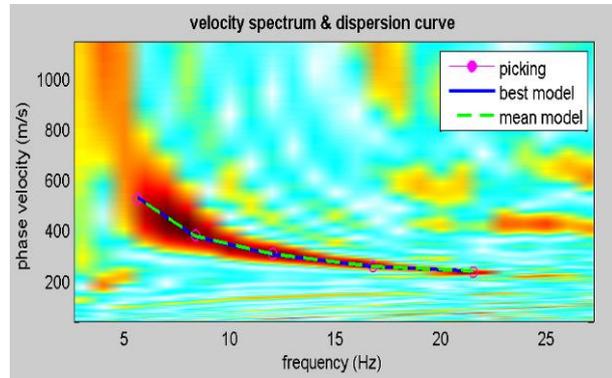
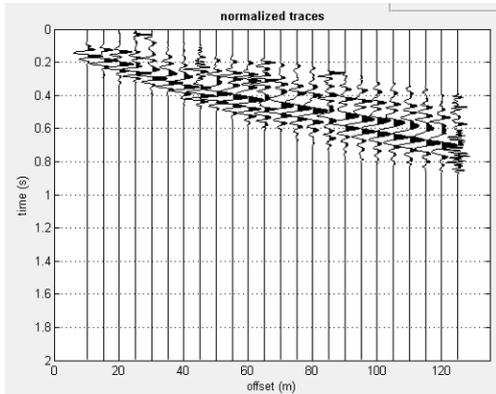
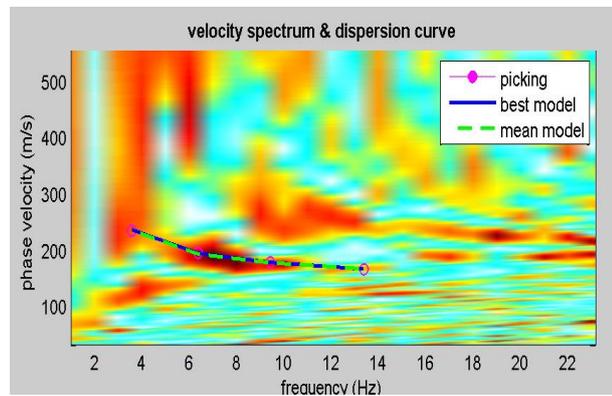
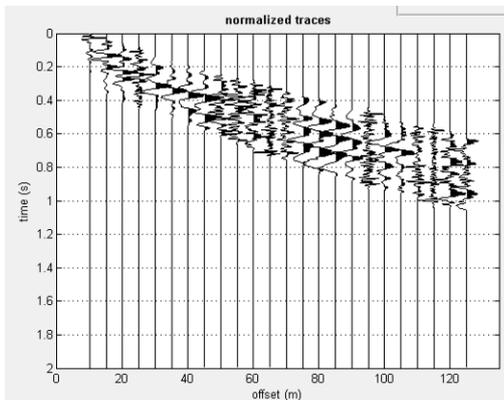


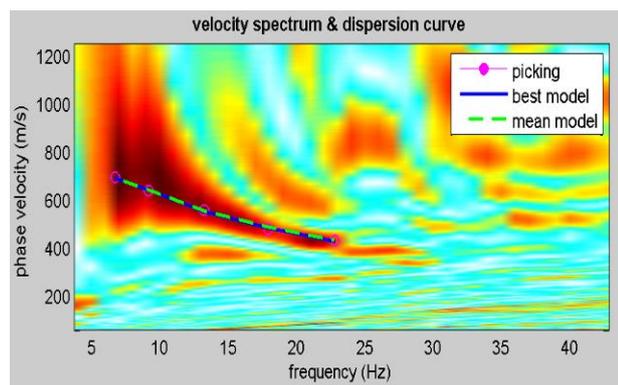
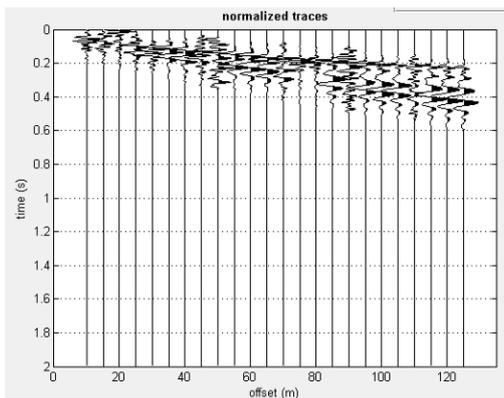
Fig 6.12 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova C16.



**Fig 6.13** – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova C4/2.



**Fig 6.14** – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU\_14.



**Fig 6.15** – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU\_15.

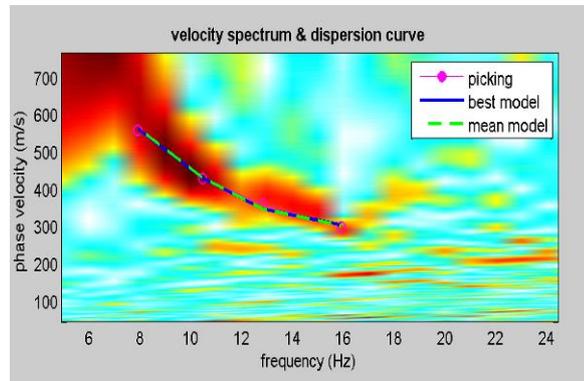
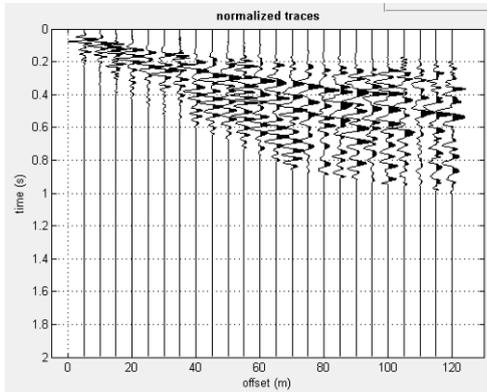


Fig 6.16 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova AU\_16.

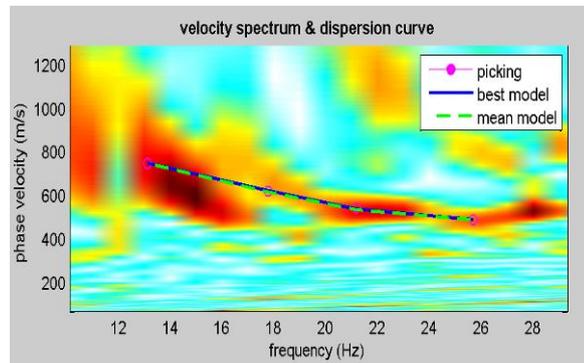
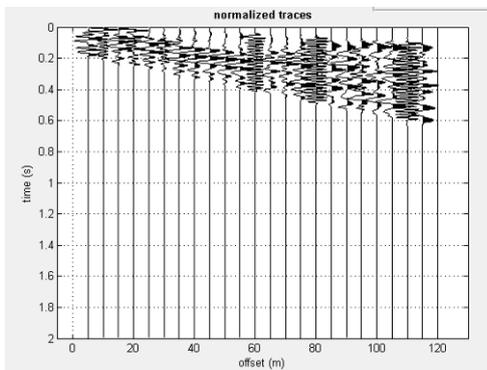


Fig 6.17 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova F21.

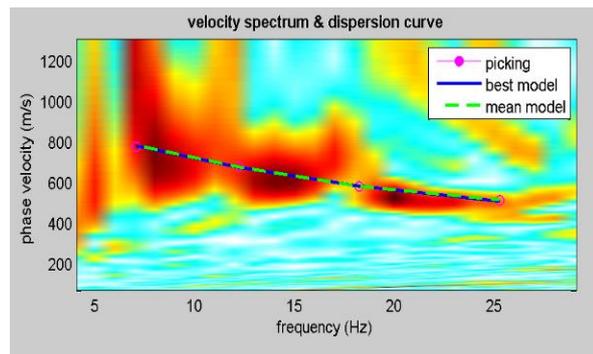
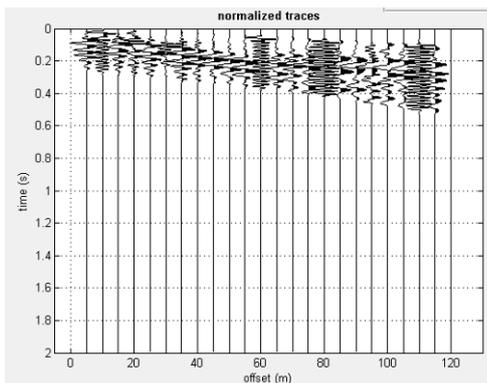


Fig 6.18 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova F22

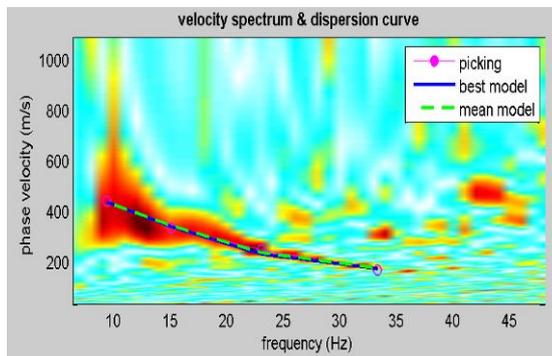
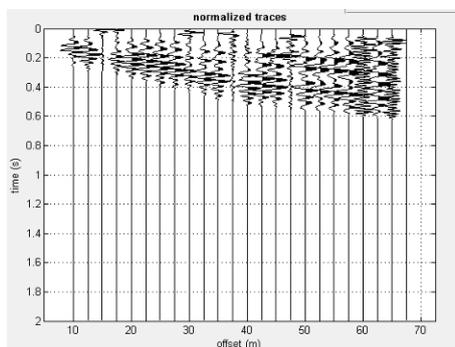


Fig 6.19 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova C23

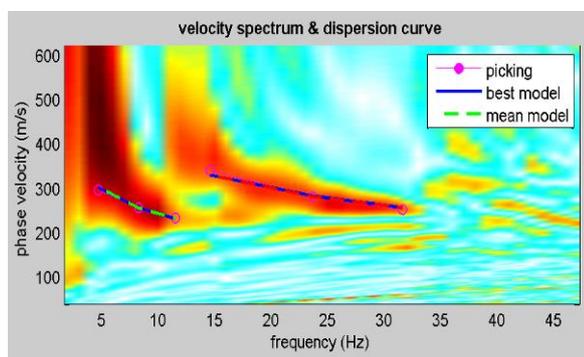
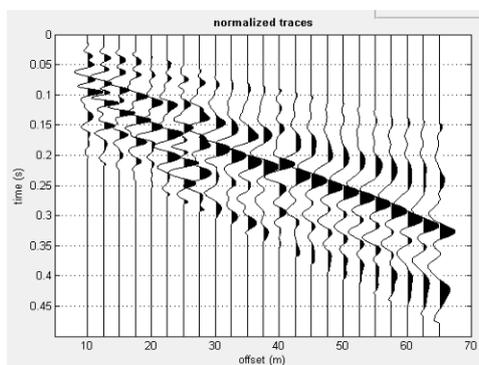


Fig 6.20 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova C2

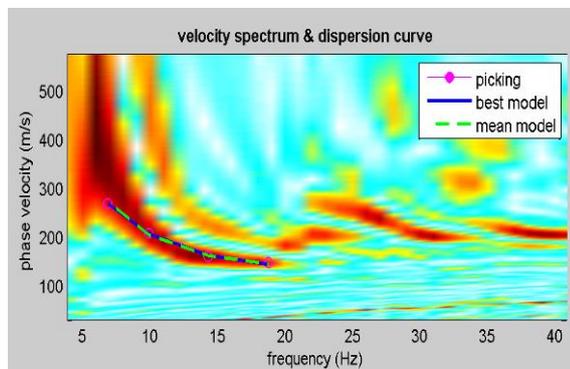
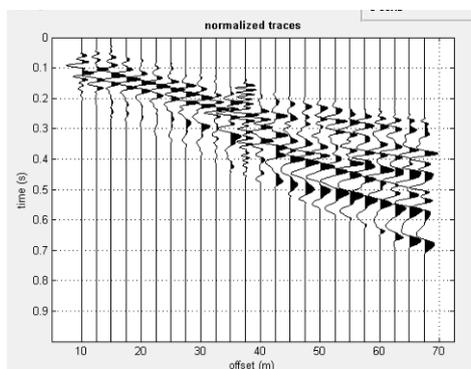


Fig 6.21 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova C4/1

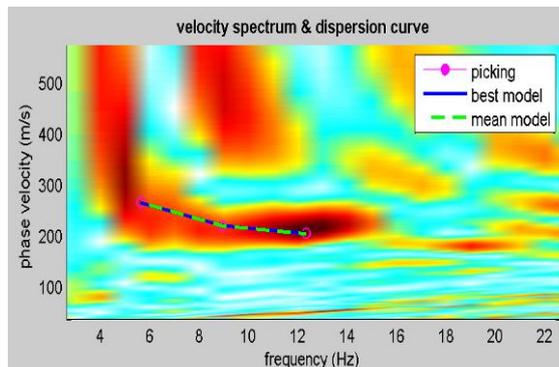
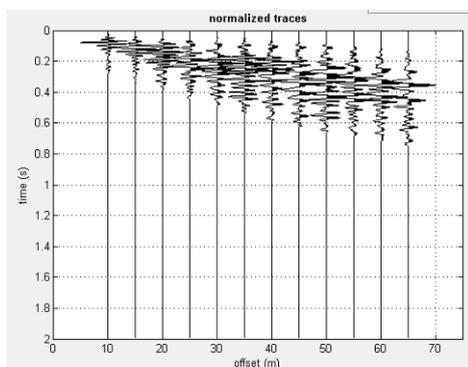


Fig 6.22 – Sismogramma e spettro di velocità relativo alla prova C20

	<b>ITINERARIO NAPOLI - BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA</b>					
INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IFOG	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE 0005 001	REV. A	FOGLIO 30 di 113

Allo scopo di ottenere una prima valutazione del possibile modello del terreno è altresì effettuata una modellazione diretta del terreno tramite il calcolo di una curva di dispersione appartenente ad un modello a strati. Successivamente, per ottenere il profilo verticale di Vs è eseguita l'inversione della curva di dispersione. Tale inversione è operata tramite l'utilizzo di algoritmi genetici che consentono di ottenere soluzioni affidabili ed una stima dell'attendibilità del modello ricavato in termini di deviazione standard.

L'operazione di inversione è ottimizzata definendo uno spazio di ricerca i cui confini sono definiti da valori di Vs e spessori all'interno dei quali si cerca la soluzione.

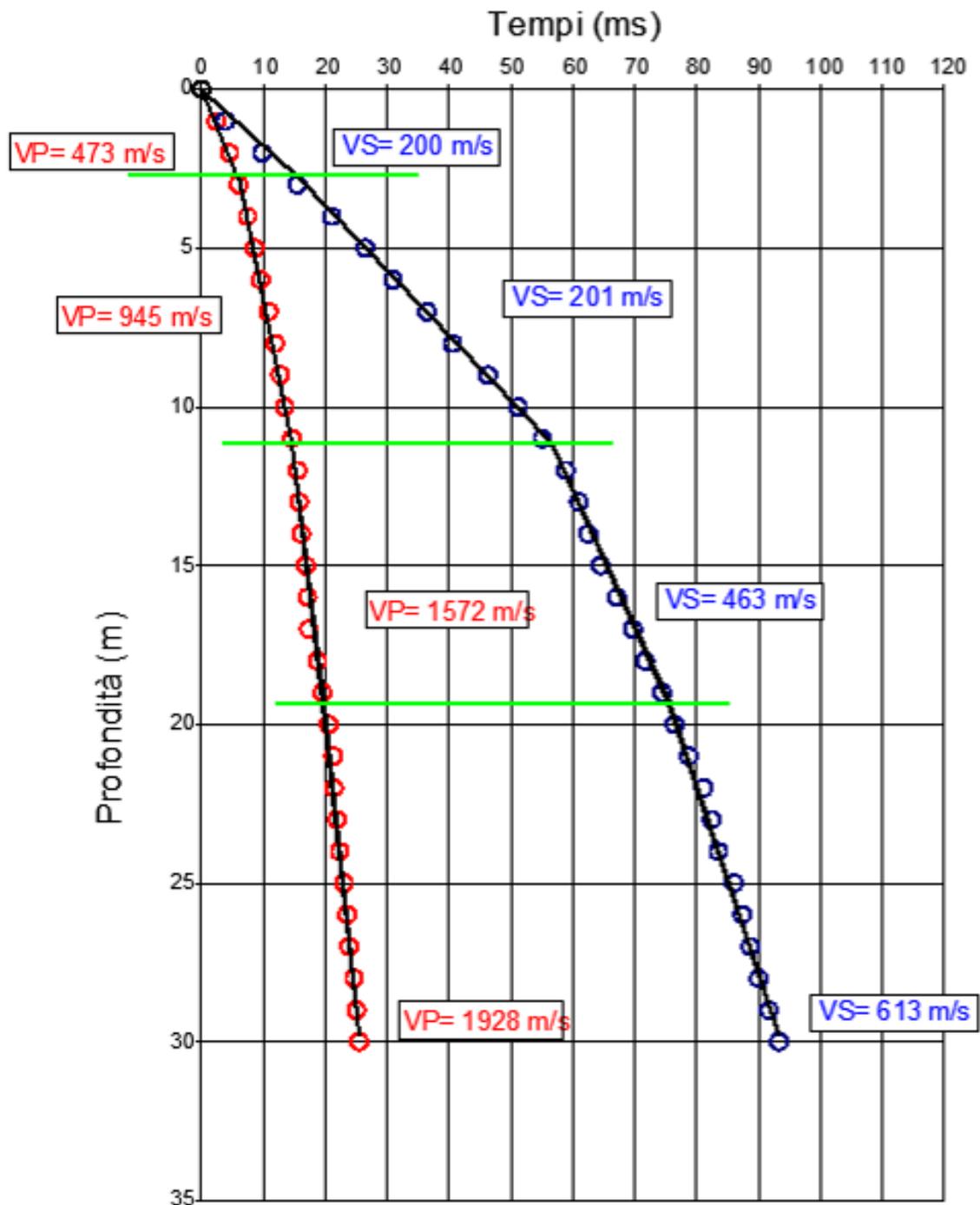
Una volta fissati i limiti minimi e massimi dello spazio di ricerca, sono quindi impostati i parametri genetici che definiscono sia il numero di individui (ossia il numero di modelli che costituiscono la popolazione che si evolverà verso soluzioni sempre migliori) sia il numero di generazioni al passare delle quali sono esplorati modelli sempre migliori.

### **Carotaggi sismici down-hole**

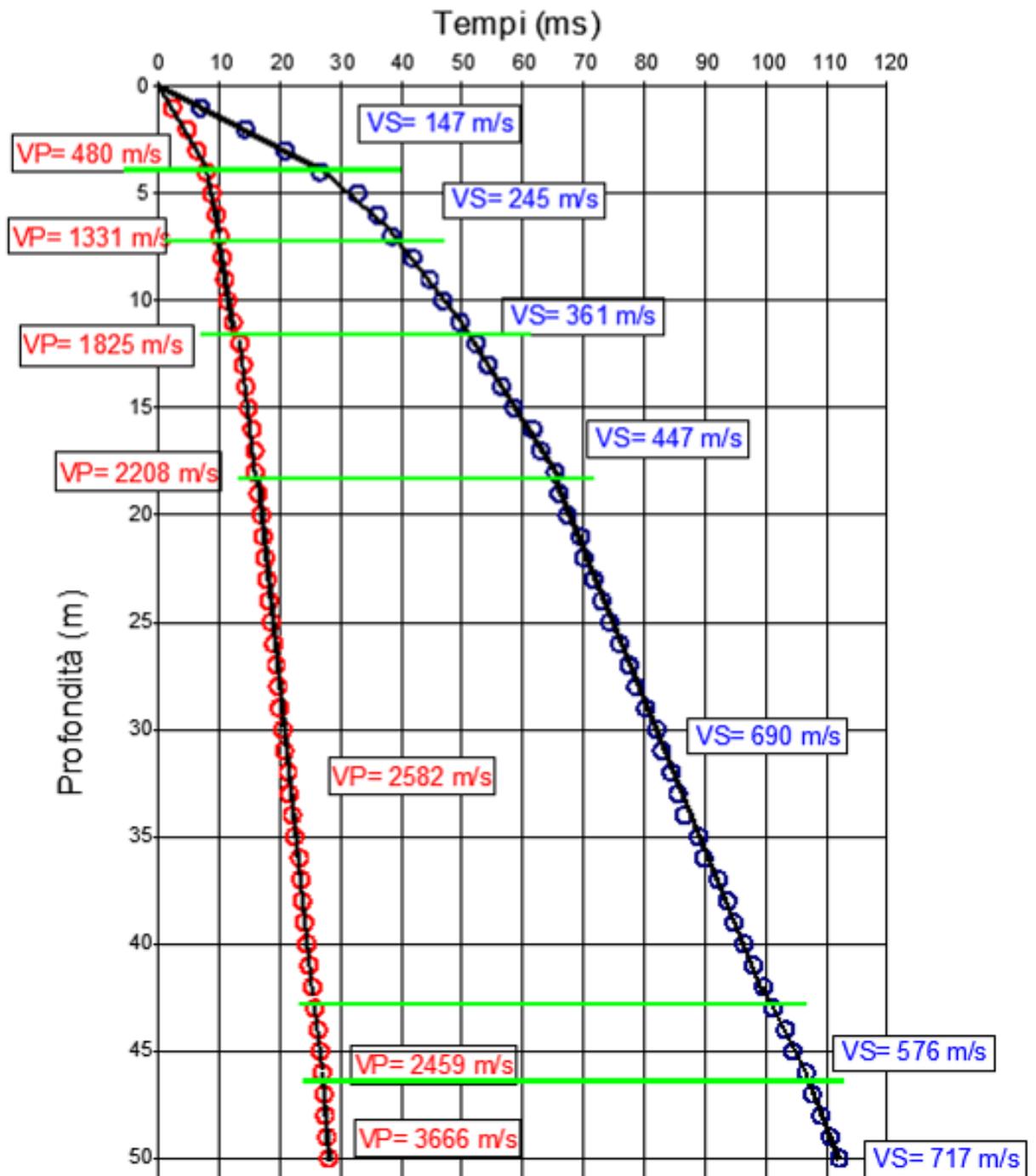
Nel presente rilievo sono stati impiegati rispettivamente fondo scala di 1,0 secondo e passo di campionamento di 0,125 millisecondi. I tempi relativi alle onde P ed SH sono stati letti attraverso uno specifico programma di picking (SeisOptPicker; precisione dell'ordine di 0,1 millisecondi).

Per avere un buon controllo sulla procedura di lettura dei tempi e valutare al contempo la qualità dei dati sismici acquisiti per tutto il tragitto di ogni sondaggio, i valori numerici dei primi arrivi delle onde sismiche P ed SH sono stati riportati su sezioni tempo/tracce ove le varie tracce sono scelte in funzione dell'orientamento del sistema ricevitore/sorgente.

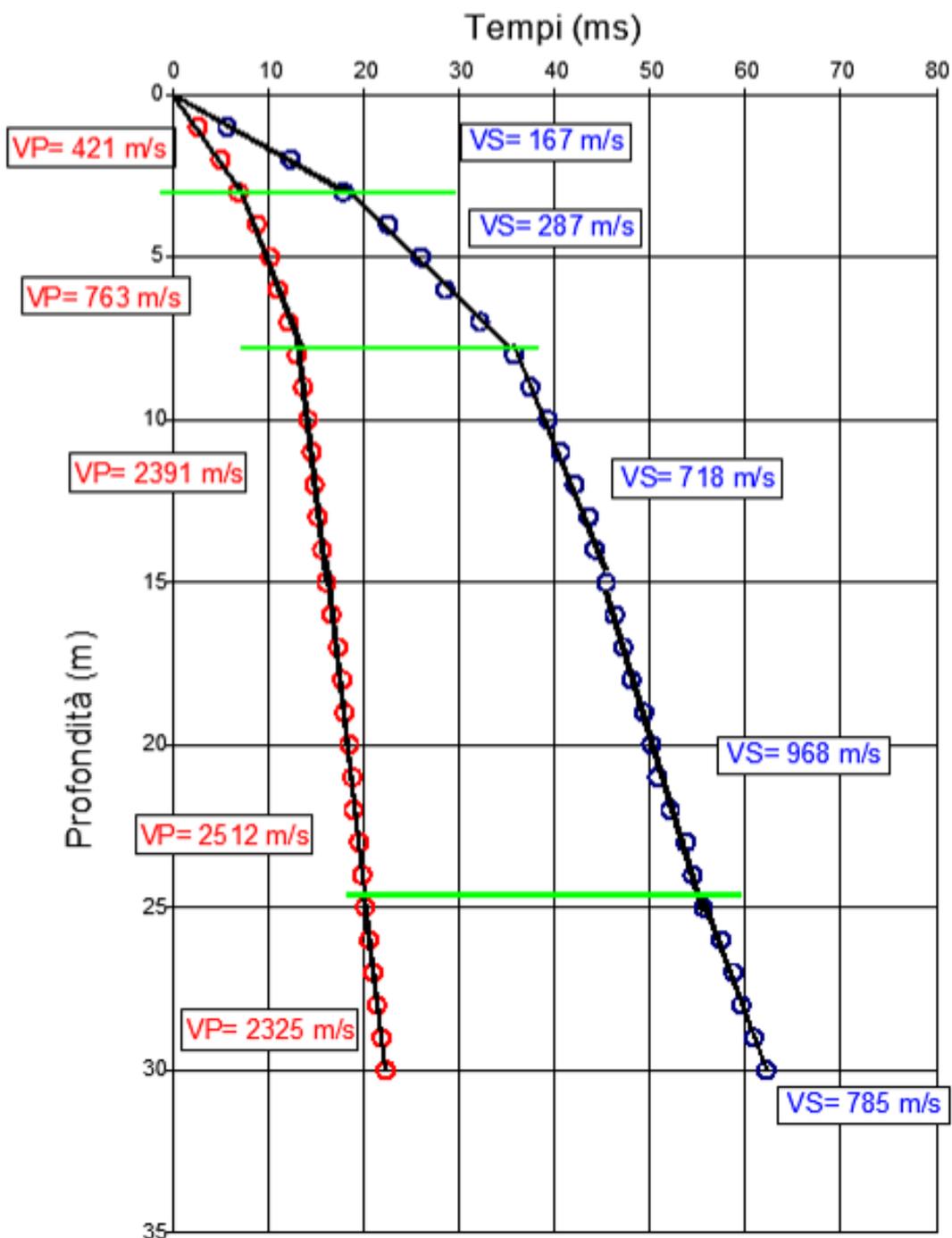
Tale procedura consente di ottenere così delle forme d'onda più definite nelle ampiezze. In particolare con riferimento alle onde di taglio sono state scelte le tracce riferite alla differenza tra la battuta destra e quella sinistra. I tempi d'arrivo delle onde di compressione e di taglio sono stati corretti, rispetto alla verticale, e riportati su un diagramma profondità – tempi sui quali sono stati individuati i tratti a pendenza circa costante. Dalla pendenza dei tratti sono state determinate successivamente le velocità intervallari delle onde P ed SH nel terreno (Figura 7.23). Le velocità nel grafico derivano dalla pendenza della retta (regressione lineare) dei punti appartenenti a strati omogenei.



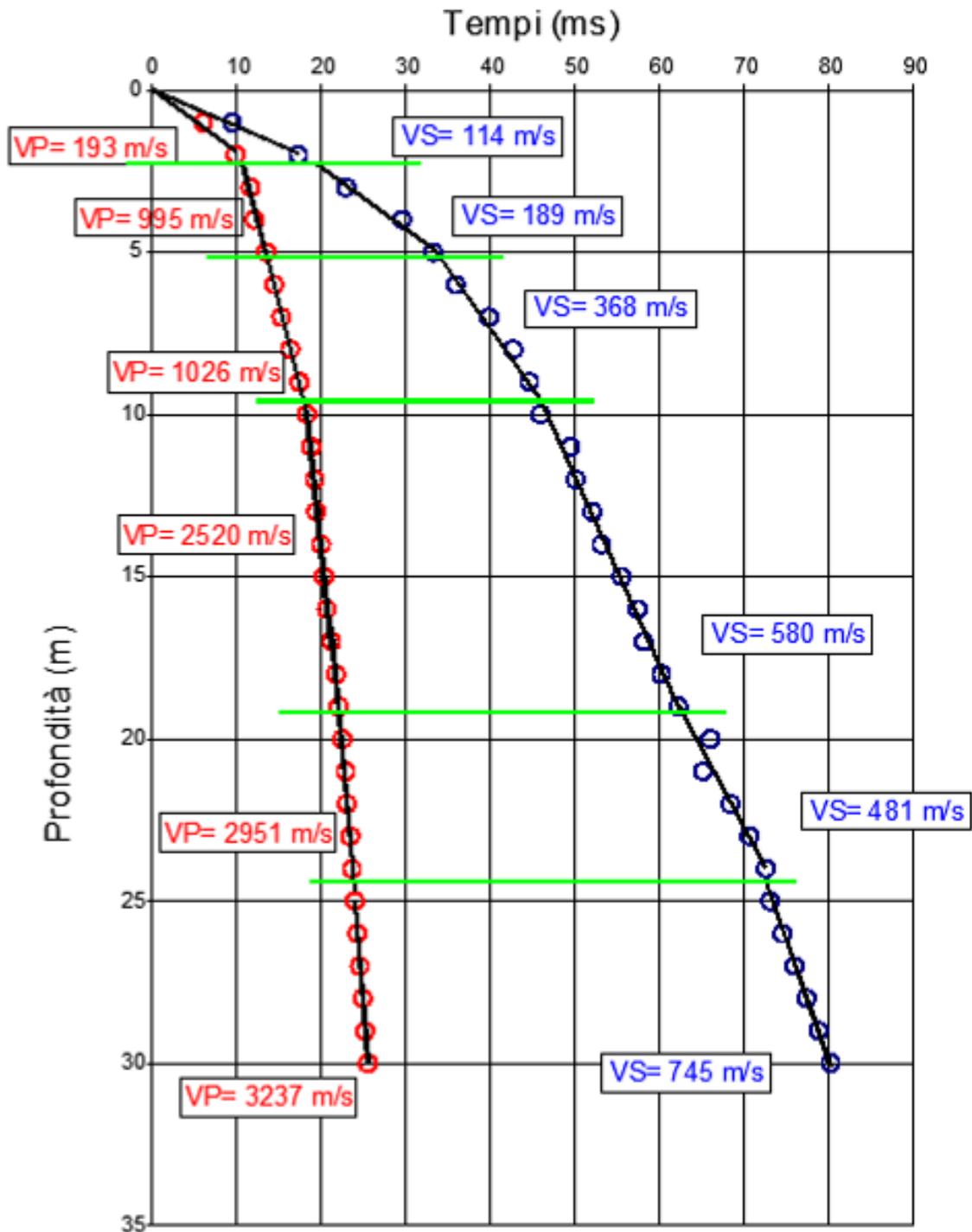
**Figura 6.23** – andamento delle dromocrone per la prova down-hole C1 DH.  $V_p$  e  $V_s$  rappresentano, rispettivamente, le velocità delle onde P e delle onde SH, in metri al secondo, nei tratti con andamento omogeneo delle dromocrone. Le velocità nel grafico derivano dalla pendenza della retta (regressione lineare) dei punti appartenenti a strati omogenei.



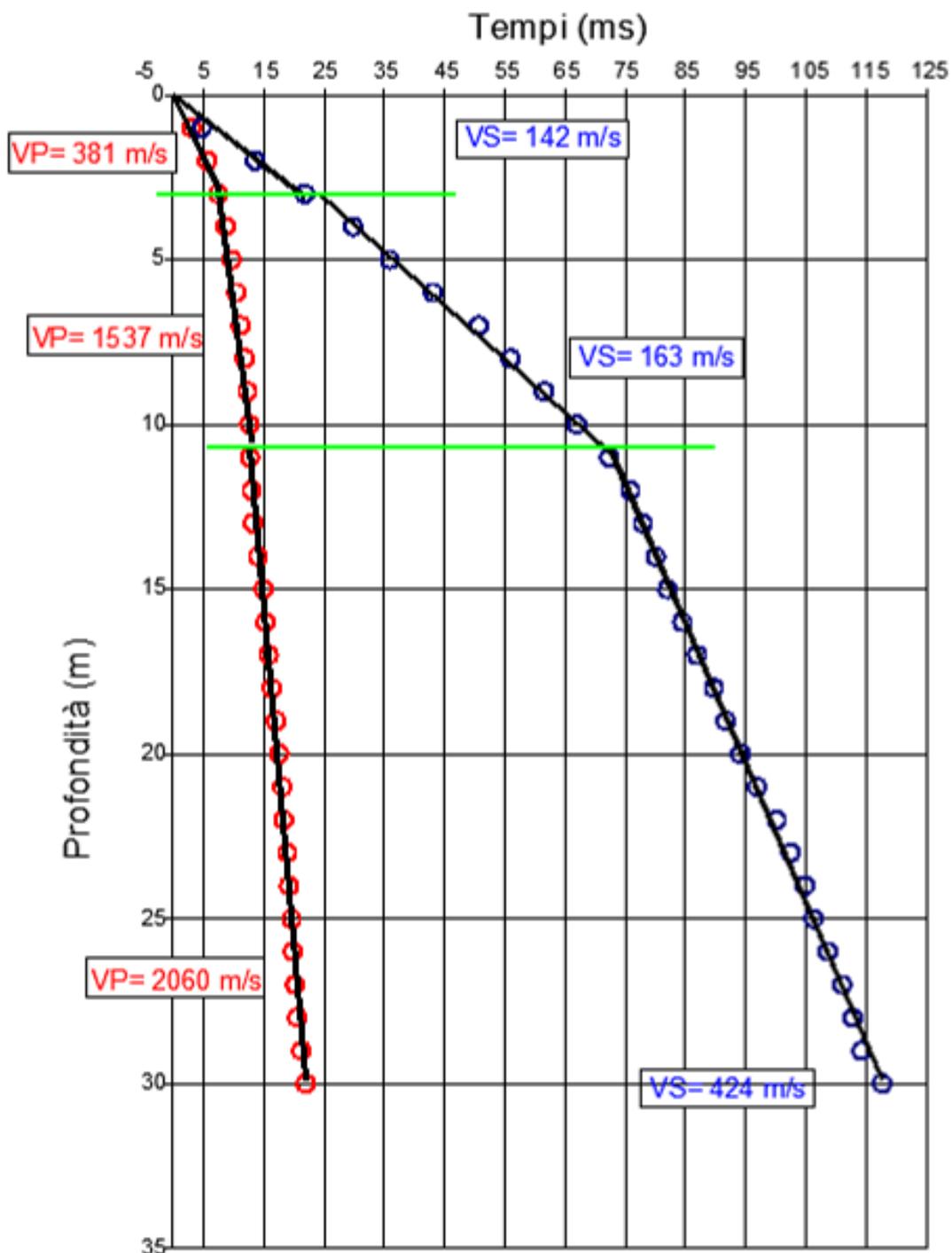
**Figura 6.24** – andamento delle dromocrone per la prova down-hole C9 DH. Vp e Vs rappresentano, rispettivamente, le velocità delle onde P e delle onde SH, in metri al secondo, nei tratti con andamento omogeneo delle dromocrone. Le velocità nel grafico derivano dalla pendenza della retta (regressione lineare) dei punti appartenenti a strati omogenei.



**Figura 6.25** – andamento delle dromocrone per la prova down-hole C11 DH.  $V_p$  e  $V_s$  rappresentano, rispettivamente, le velocità delle onde P e delle onde  $S_H$ , in metri al secondo, nei tratti con andamento omogeneo delle dromocrone. Le velocità nel grafico derivano dalla pendenza della retta (regressione lineare) dei punti appartenenti a strati omogenei.



**Figura 6.26** – andamento delle dromocrone per la prova down-hole C15 DH.  $V_p$  e  $V_s$  rappresentano, rispettivamente, le velocità delle onde P e delle onde  $S_H$ , in metri al secondo, nei tratti con andamento omogeneo delle dromocrone. Le velocità nel grafico derivano dalla pendenza della retta (regressione lineare) dei punti appartenenti a strati omogenei.



**Figura 6.27** – andamento delle dromocrone per la prova down-hole C18 DH.  $V_p$  e  $V_s$  rappresentano, rispettivamente, le velocità delle onde P e delle onde  $S_H$ , in metri al secondo, nei tratti con andamento omogeneo delle dromocrone. Le velocità nel grafico derivano dalla pendenza della retta (regressione lineare) dei punti appartenenti a strati omogenei.

### **Ricerca masse metalliche**

Le indagini elettromagnetiche nel dominio della frequenza (FDEM) rappresentano uno strumento di indagine speditivo per l'identificazione di anomalie riconducibili alla presenza di corpi sepolti con caratteristiche di elevata conducibilità elettrica. In questo specifico caso, l'indagine elettromagnetica è stata rivolta alla ricerca di eventuali masse metalliche sepolte.

I valori di conducibilità elettrica acquisiti (in mmhos/m), unitamente alla loro posizione spaziale, sono stati tabellati su foglio elettronico ed elaborati con software di *surface map contouring* – SURFER. E' stata quindi realizzata una carta della conducibilità elettrica, così da rendere visivamente efficaci i risultati dell'indagine FDEM e permettere l'ubicazione del sondaggio geognostico in zone prive della presenza di masse metalliche sepolte.

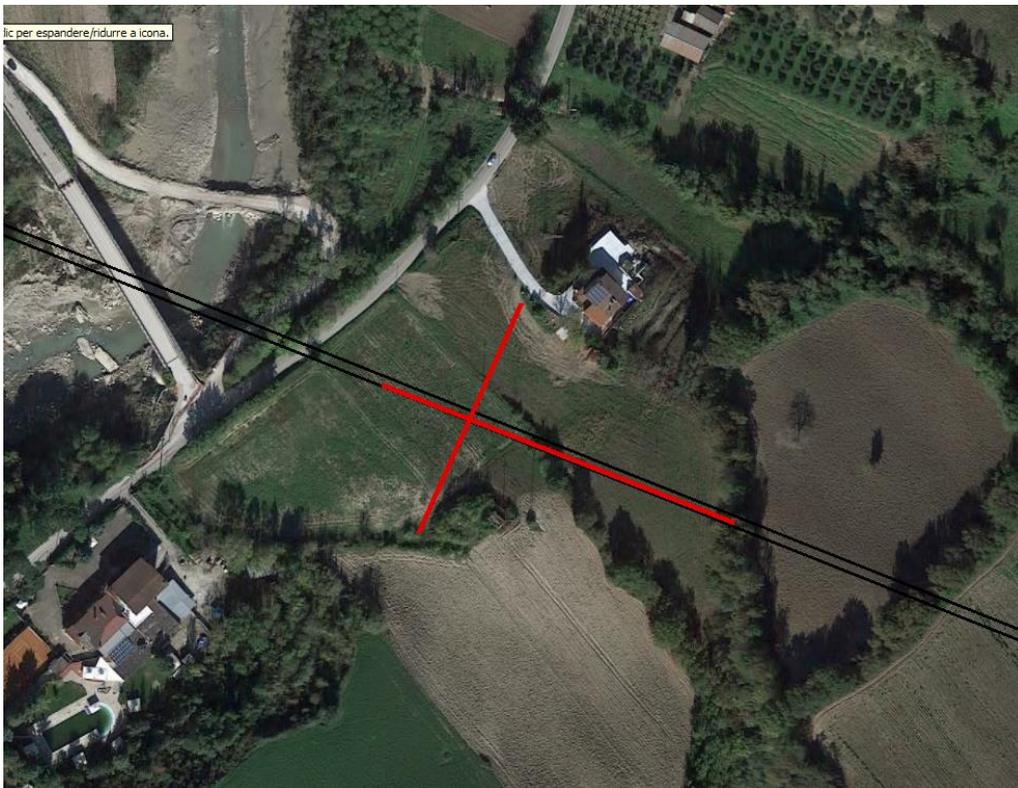
Per l'area è stato rilasciato un certificato con i risultati della prospezione elettromagnetica, riportato in appendice del presente rapporto.

## 7 – ANALISI DEI RISULTATI

### ANALISI RISULTATI PROFILI SISMICI

L'indagine, relativamente al comportamento del terreno in merito alle onde di volume (onde P), ha permesso di evidenziare una distribuzione delle velocità delle onde sismiche piuttosto regolare su tutte le aree investigate (tavole in allegato).

#### **Incrocio AA'-BB' – Galleria Rocchetta imbocco lato Napoli:**

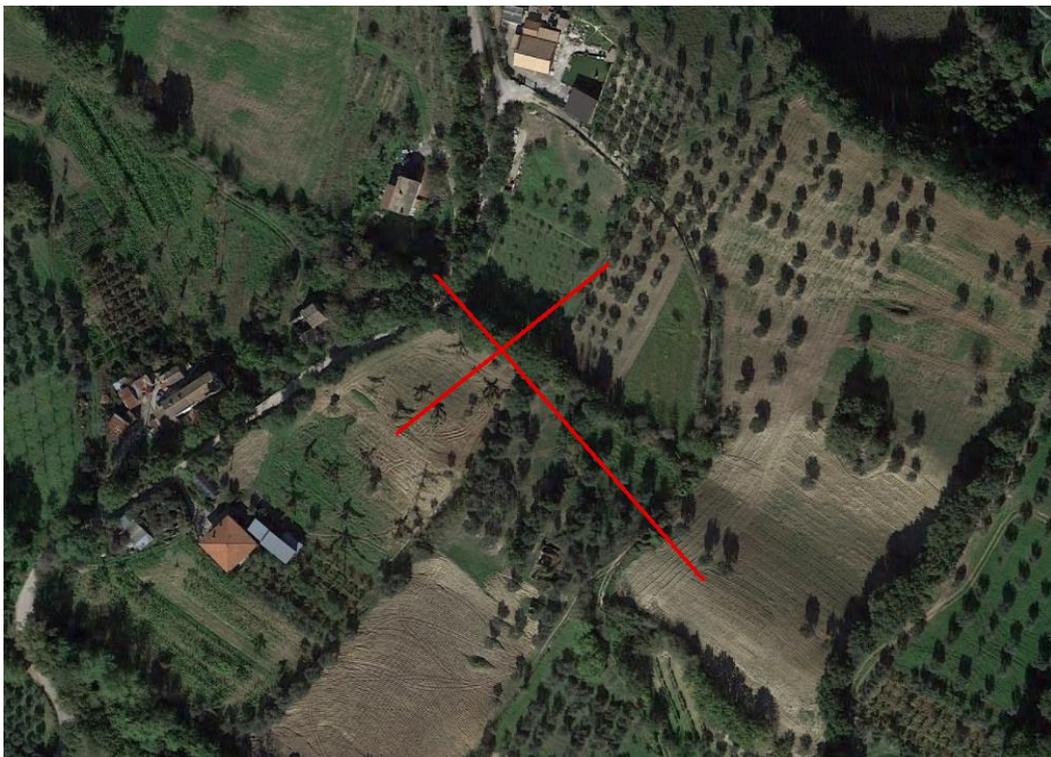


**Incrocio AA'-BB' (Galleria Rocchetta imbocco lato Napoli) – Ubicazione profili**

Superficialmente il profilo sismico AA' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per uno spessore massimo di circa 10 m nella parte centrale. I valori delle velocità sismiche evidenziano variazioni quasi improvvise nell'andamento del gradiente sismico, intorno ai 20 m circa, tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica intorno ai 142 m slm.

Superficialmente il profilo sismico BB' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per uno spessore massimo di circa 10/15 m.. I valori delle velocità sismiche evidenziano variazioni quasi improvvise nell'andamento del gradiente sismico, intorno ai 20 m circa, tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica intorno ai 140/145 m slm.

Incrocio CC'-DD':



Incrocio CC'-DD' – Ubicazione profili

Superficialmente il profilo sismico CC' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che al massimo raggiungono 20/25 metri. Spostandosi verso Sud-Est i valori di velocità sismiche aumentano presentando delle variazioni laterali nella loro distribuzione, probabilmente bedrock sismico posto più in superficie rispetto il restante profilo. I valori delle velocità sismiche non evidenziano variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi

litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica tranne soltanto nella zona a Sud-Est dove il bedrock sismico, identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s, è posto ad una quota altimetrica intorno ai 258 m slm.

Superficialmente il profilo sismico DD' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che al massimo raggiungono 20 metri. I valori delle velocità sismiche non evidenziano variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico non è identificato, in quanto i valori presunti di isovelocità del bedrock (2500 m/s) non sono raggiunti, in quanto il profilo non presentava una lunghezza sufficiente per raggiungerlo.

Incrocio EE'-FF'



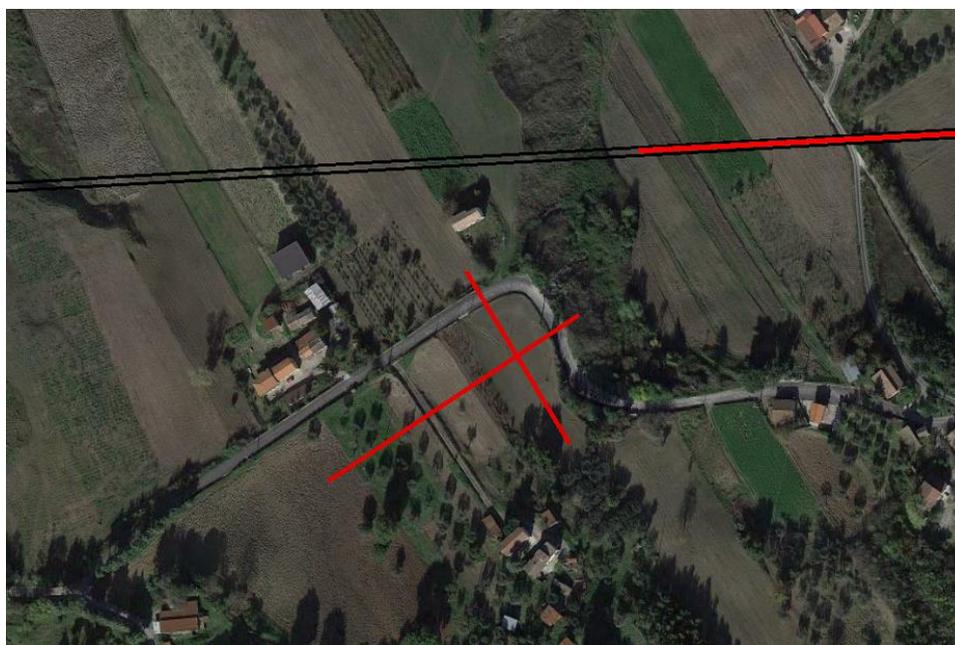
Incrocio EE'-FF' – Ubicazione profili

Superficialmente il profilo sismico EE' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che al massimo raggiungono 15/20 metri. I valori delle

velocità sismiche non evidenziano variazioni grossolane nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica intorno ai 250 m slm da nord-Nord-Ovest al centro del profilo e a circa 278 m slm.

Superficialmente il profilo sismico FF' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che al massimo raggiungono 15 metri. Il profilo non presenta delle variazioni nella distribuzione delle velocità sismiche. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s non è identificabile per le ragioni già spiegata in precedenza.

Incrocio GG'-HH':



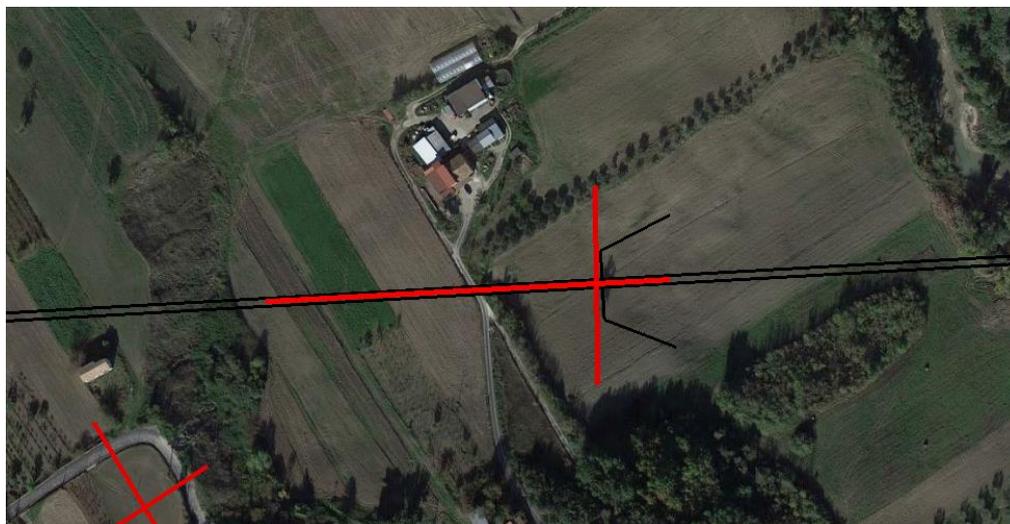
Incrocio GG'-HH' – Ubicazione profili

Superficialmente il profilo sismico GG' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che non superano i 7/10 metri. I valori delle velocità sismiche nel complesso aumentano progressivamente con la profondità non evidenziando

variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica di 265 m slm solo nella zona a Nord-Est.

Superficialmente il profilo sismico HH' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori 7 metri tranne nella parte Nord-Ovest dove si raggiungono i 15 metri. Spostandosi lateralmente lungo la sezione sismica si possono osservare delle variazioni nella distribuzione delle velocità. I valori delle velocità sismiche nel complesso aumentano progressivamente con la profondità non evidenziando variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica compresa tra i 267 m slm al centro ed i 255 m slm ai lati.

### **Incrocio II'-JJ' (Galleria Rocchetta imbocco lato Bari):**



**Incrocio II'-JJ' (Galleria Rocchetta imbocco lato Bari) – Ubicazione profili**

Superficialmente il profilo sismico II' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che variano tra i 4-15 metri, dove i massimi sono raggiunti nella parte centrale e i minimi ai lati. Spostandosi verso lateralmente i valori di velocità sismiche oscillano presentando delle variazioni laterali nella loro distribuzione. I valori delle velocità sismiche nel complesso aumentano progressivamente con la profondità non evidenziando variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica, tranne nella parte centrale dove al contrario abbiamo un cambio abbastanza netto proprio al passaggio litologico con il bedrock. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica di 240 m slm nella zona ad Ovest per poi scendere a quota 225 m slm nella zona orientale.

Superficialmente il profilo sismico JJ' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che non superano i 10 metri. I valori delle velocità sismiche nel complesso aumentano progressivamente con la profondità non evidenziando variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica di 225 m slm nella zona centrale della sezione tomografica.

### **Incrocio KK'-LL' (Galleria Melito imbocco lato Napoli):**



**Incrocio KK'-LL' (Galleria Melito imbocco lato Napoli) – Ubicazione profili**

Superficialmente il profilo sismico KK' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per uno spessore massimo di circa 13 m. I valori delle velocità sismiche non evidenziano variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato, dal valore di isovelocità dei 2500 m/s, è posto ad una quota altimetrica intorno ai 240/245 m slm nella parte centrale del profilo e a 222 m slm nella parte ad Est.

Superficialmente il profilo sismico LL' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per uno spessore massimo di circa 13 m. I valori delle velocità sismiche non evidenziano variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica intorno ai 222 m slm.

Incrocio MM'-NN':



**Incrocio MM'-NN'** – Ubicazione profili

Superficialmente il profilo sismico MM' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che al massimo raggiungono 15/20 metri. I valori delle velocità sismiche non evidenziano variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico, identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s, è posto ad una quota altimetrica intorno ai 280 m slm.

Superficialmente il profilo sismico NN' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che al massimo raggiungono 15/20 metri. I valori delle velocità sismiche presentano variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici dovuti da forti contrasti di impedenza sismica nella zona centrale. Il bedrock sismico dal valore di isovelocità dei 2500 m/s, è posto ad una quota altimetrica intorno di 288 m slm a Nord-Ovest e 280 m msl nel resto del profilo.

	<b>ITINERARIO NAPOLI - BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA</b>					
	<b>INDAGINI GEOFISICHE</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF0G</b>	<b>LOTTO</b> <b>00</b>	<b>CODIFICA</b> <b>D 69 IG</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>GE 0005 001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>

Incrocio OO'-PP':



**Incrocio OO'-PP' – Ubicazione profili**

Superficialmente il profilo sismico OO' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che al massimo raggiungono 13 metri. I valori delle velocità sismiche non evidenziano variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico, identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s, è posto ad una quota altimetrica intorno ai 300 m slm.

Superficialmente il profilo sismico PP' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che al massimo raggiungono 12/15 metri. I valori delle velocità sismiche non evidenziano variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico, identificato nella zona centrale, dal valore di isovelocità dei 2500 m/s, è posto ad una quota altimetrica intorno di 310 m slm a Est-Sud-Est e 300 m msl a Ovest-Nord-Ovest.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI - BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA</b>					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0G	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE 0005 001	REV. A

### Incrocio QQ'-RR'



**Incrocio QQ'-RR' – Ubicazione profili**

Superficialmente il profilo sismico QQ' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che al massimo raggiungono 7 metri. I valori delle velocità sismiche non evidenziano variazioni grossolane nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica intorno ai 295 m slm nella parte più estrema a Nord-Nord-Est e a circa 315 m slm dal centro compreso a Sud-Sud-Ovest.

Superficialmente il profilo sismico RR' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che al massimo raggiungono 7 metri. Il profilo non presenta grandi variazioni nella distribuzione delle velocità sismiche. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica intorno ai 315 m slm.

### **Incrocio SS'-TT' (Galleria Melito imbocco lato Bari):**



**Incrocio SS'-TT' (Galleria Melito imbocco lato Bari) – Ubicazione profili**

Superficialmente il profilo sismico SS' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che non superano i 10 metri. I valori delle velocità sismiche nel complesso aumentano progressivamente con la profondità non evidenziando variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica dai 295 m slm a Nord-Ovest ai 255 m slm Sud-Est-

Superficialmente il profilo sismico TT' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori 7. I valori delle velocità sismiche nel complesso aumentano progressivamente con la profondità non evidenziando variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica compresa tra i 275 m slm ed i 270 m slm.

### **Incrocio UU'-VV' (Galleria Grottaminarda imbocco lato Napoli):**



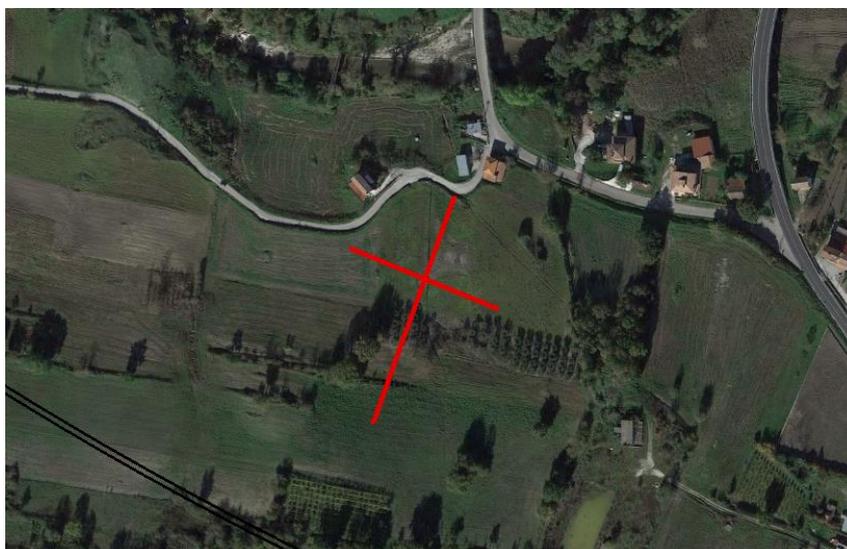
**Incrocio UU'-VV' (Galleria Grottaminarda imbocco lato Napoli) – Ubicazione profili**

Superficialmente il profilo sismico UU' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che variano tra i 10/13 metri. Spostandosi verso lateralmente i valori di velocità sismiche oscillano presentando delle lievi variazioni laterali nella loro distribuzione. I valori delle velocità sismiche nel complesso aumentano progressivamente con la profondità non evidenziando variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica di 280 m slm nella zona centrale per poi salire a quota 300 m slm Nord-occidentale.

Superficialmente il profilo sismico VV' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che non superano i 10/12 metri. I valori delle velocità sismiche nel complesso aumentano progressivamente con la profondità non evidenziando particolari variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica.

Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica di 295 m slm nella zona centrale della sezione tomografica abbassandosi a 280 m slm spostandosi verso Sud-Ovest.

### Incrocio WW'-XX'



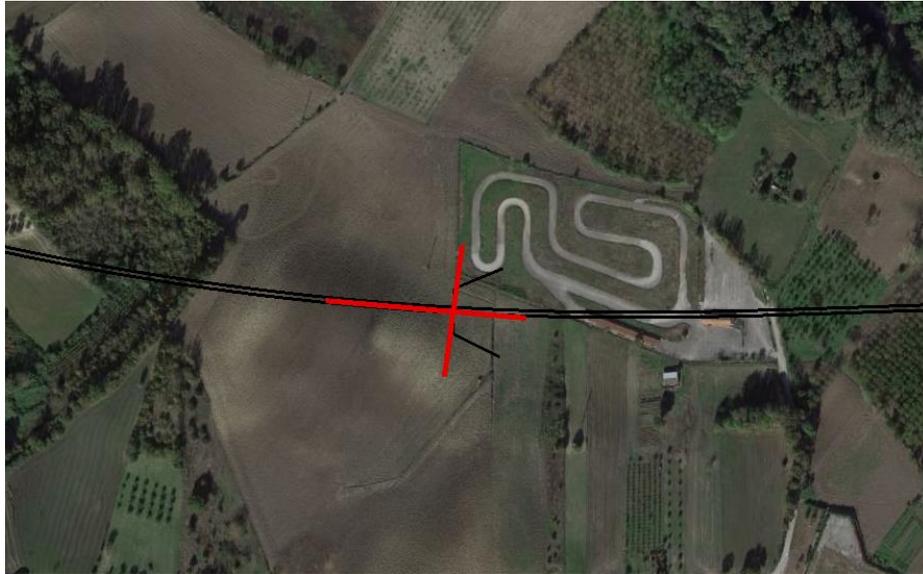
**Incrocio WW'-XX'** – Ubicazione profili

Superficialmente il profilo sismico WW' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che al massimo raggiungono 7 metri. I valori delle velocità sismiche non evidenziano variazioni grossolane nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica intorno ai 310 m slm nella parte a Nord-Nord-Est e a circa 325 m slm a Sud-Sud-Ovest.

Superficialmente il profilo sismico RR' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che al massimo raggiungono 7 metri. Il profilo non presenta grandi variazioni nella distribuzione delle velocità sismiche. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica intorno ai 320 m slm a Est-Sud-Est e 310 m slm ad Ovest-Nord-Ovest.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI - BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA</b>					
	INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA IF0G	LOTTO 00	CODIFICA D 69 IG	DOCUMENTO GE 0005 001	REV. A

### **Incrocio YY'-ZZ' (Galleria Grottaminarda imbocco lato Bari):**



**Incrocio YY'-ZZ' (Galleria Grottaminarda imbocco lato Bari) – Ubicazione profili**

Superficialmente il profilo sismico YY' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori che non superano i 12 metri. I valori delle velocità sismiche nel complesso aumentano progressivamente con la profondità non evidenziando variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica dai 300 m slm a Nord-Ovest ai 320 m slm Sud-Est-

Superficialmente il profilo sismico ZZ' è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 1500 m/s per spessori tra i 7 e i 13 metri. I valori delle velocità sismiche nel complesso aumentano progressivamente con la profondità non evidenziando variazioni improvvise nell'andamento del gradiente sismico tali da far presumere la presenza di passaggi litostratigrafici caratterizzati da forti contrasti di impedenza sismica. Il bedrock sismico identificato dal valore di isovelocità dei 2500 m/s è posto ad una quota altimetrica intorno ai 315 m slm nella parte centrale della superficie topografica.

## ANALISI RISULTATI MASW

Le prove MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) sono state eseguite nelle aree indicate dalla Committenza, con array sismico costituito da 24 geofoni verticali, con frequenza propria di 4,5Hz, spaziate sul terreno di 2.5 metri.

Di seguito i risultati delle prove MASW.

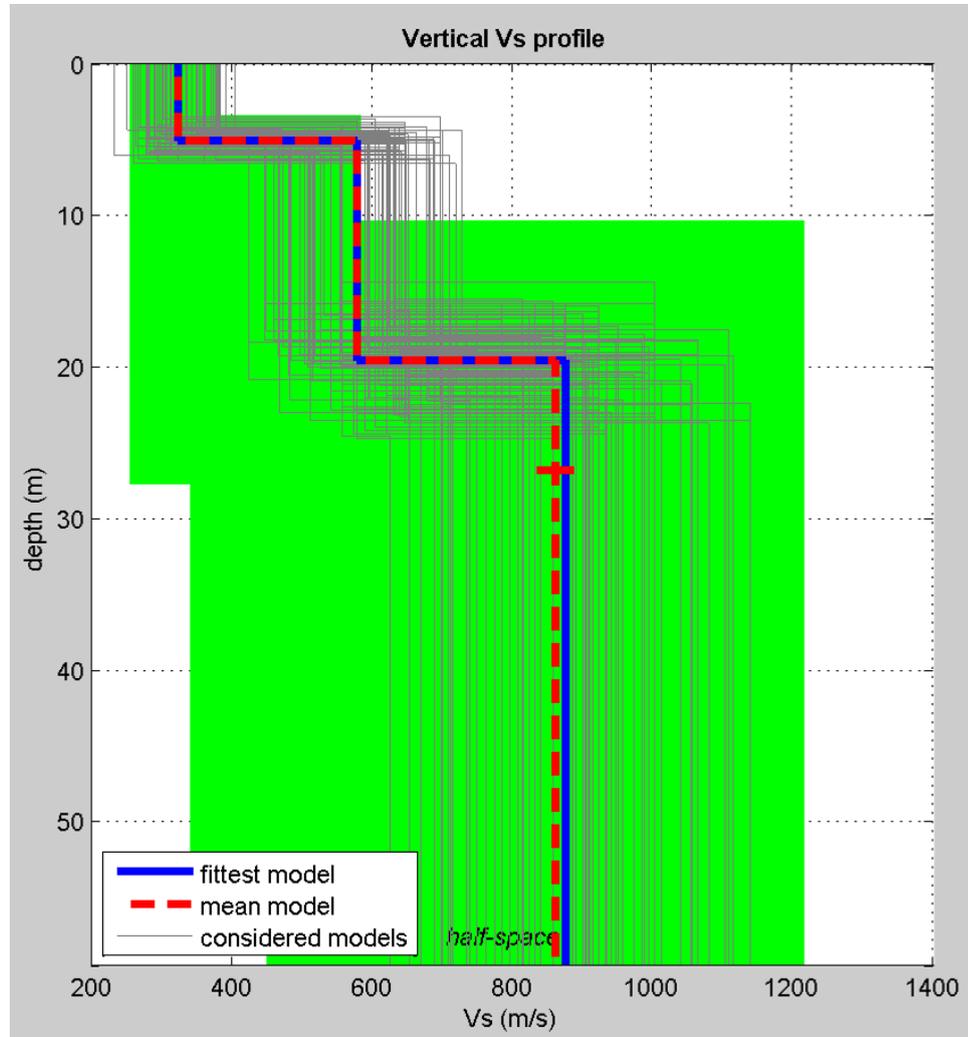
### AU\_1

Ubicazione della prova.



Profondità m da p.c.		velocità onde S (m/s)
0.0	5.1	324
5.1	14.5	579
14.5	≈30,0	875

La prova AU\_1 ha fornito un valore di  $V_{s30}$  pari a 569 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.



**Fig 7.1** – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU\_1 con distanza del punto di scoppio a 5 metri.

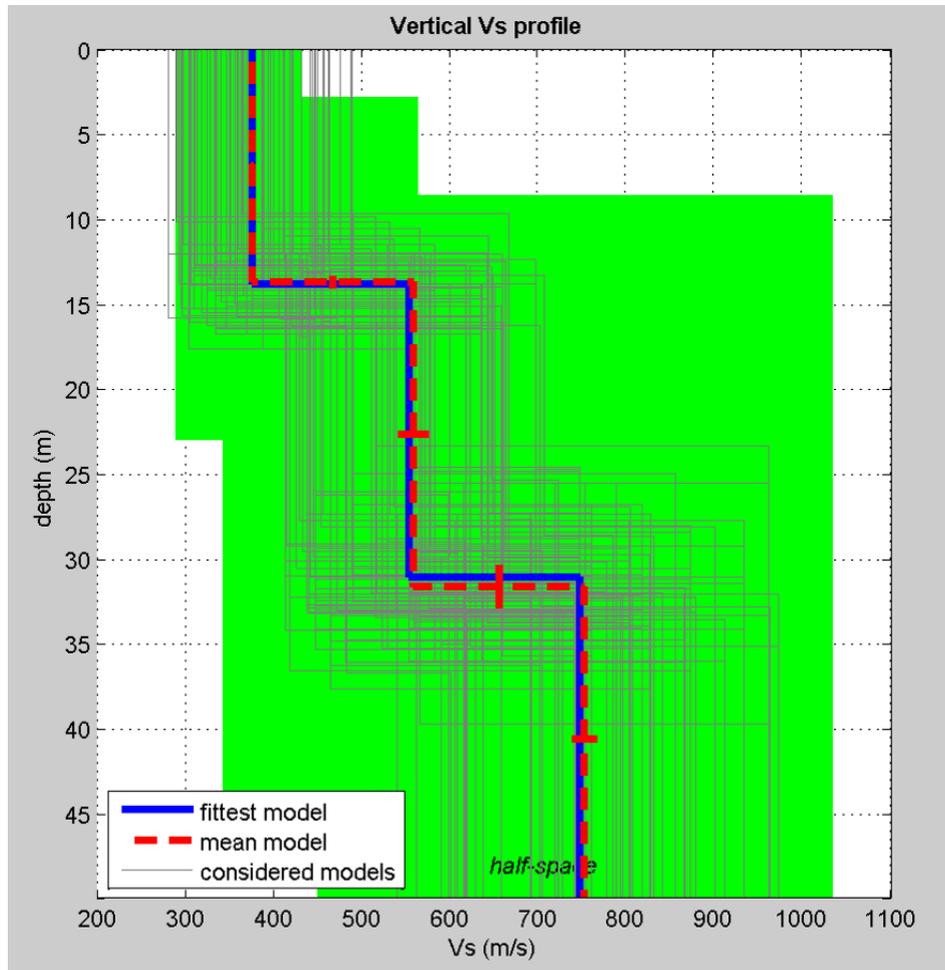
AU\_2

Ubicazione della prova.



Profondità m da p.c.		velocità onde S (m/s)
0.0	13.8	375
13.8	17.2	553
17.2	≈30,0	747

La prova AU\_2 ha fornito un valore di  $V_{s30}$  pari a 454 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.



**Fig 7.2** – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU\_2 con distanza del punto di scoppio a 5 metri.

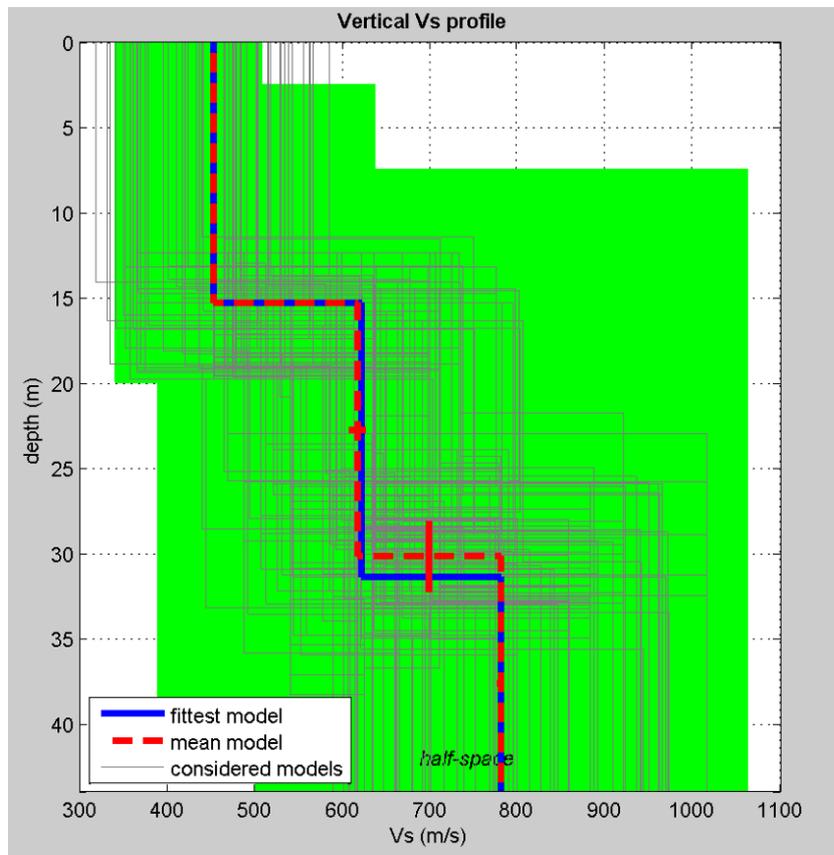
AU\_4

Ubicazione della prova.



Profondità m da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	15.3	453
15.3	16.0	622
16.0	≈30,0	781

La prova AU\_4 ha fornito un valore di  $V_{s30}$  pari a 522 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.



**Fig 7.3** – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU\_4 con distanza del punto di scoppio a 10 metri.

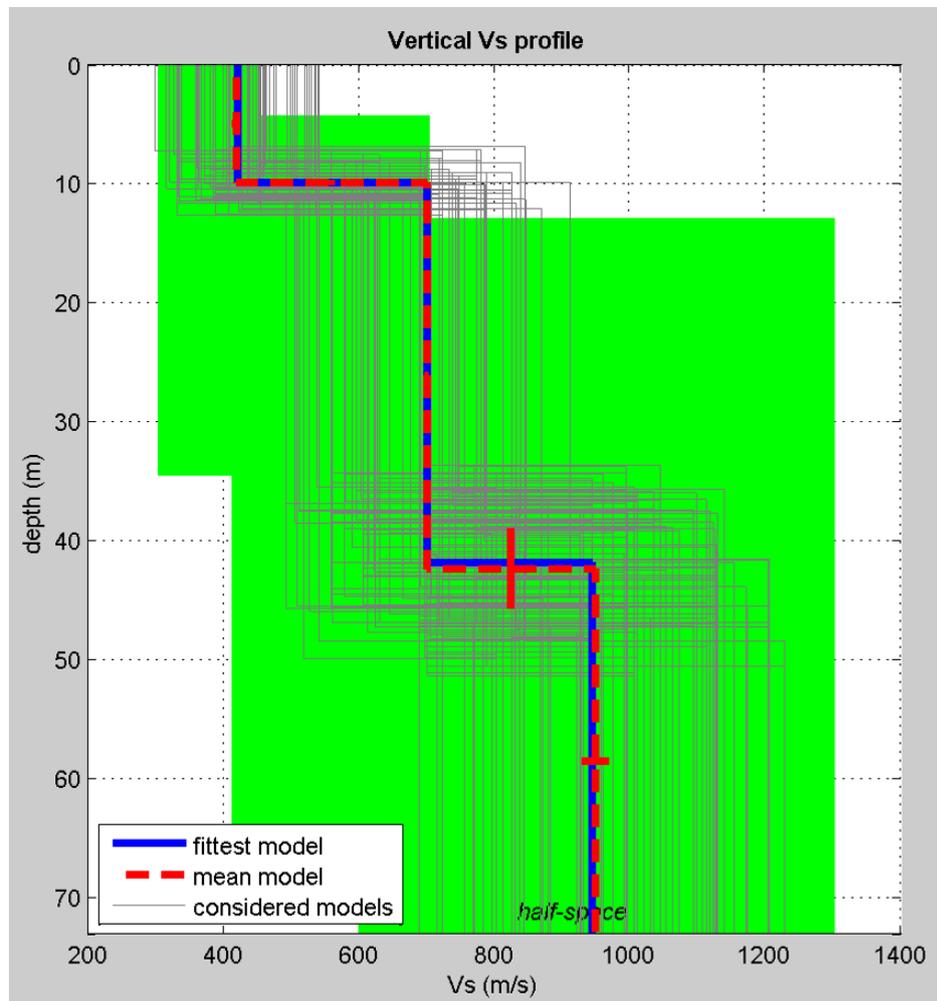
AU\_5

Ubicazione della prova.



Profondità m da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	9,9	422
9,9	≈30,0	701

La prova AU\_5 ha fornito un valore di  $V_{s30}$  pari a 573 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.



**Fig 7.4** – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU\_5 con distanza del punto di scoppio a 10 metri.

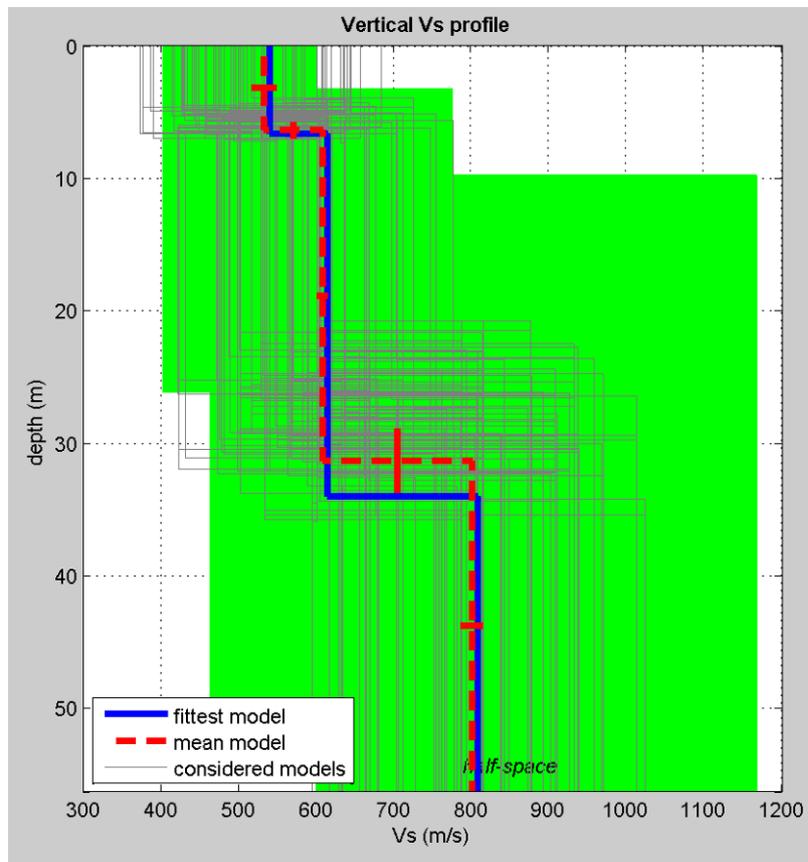
AU\_6

Ubicazione della prova.



Profondità m da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	6,7	540
6,7	27,3	618
27,3	≈30,0	808

La prova AU\_6 ha fornito un valore di  $V_{s30}$  pari a 590 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.



**Fig 7.5** – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU\_6 con distanza del punto di scoppio 8 metri.

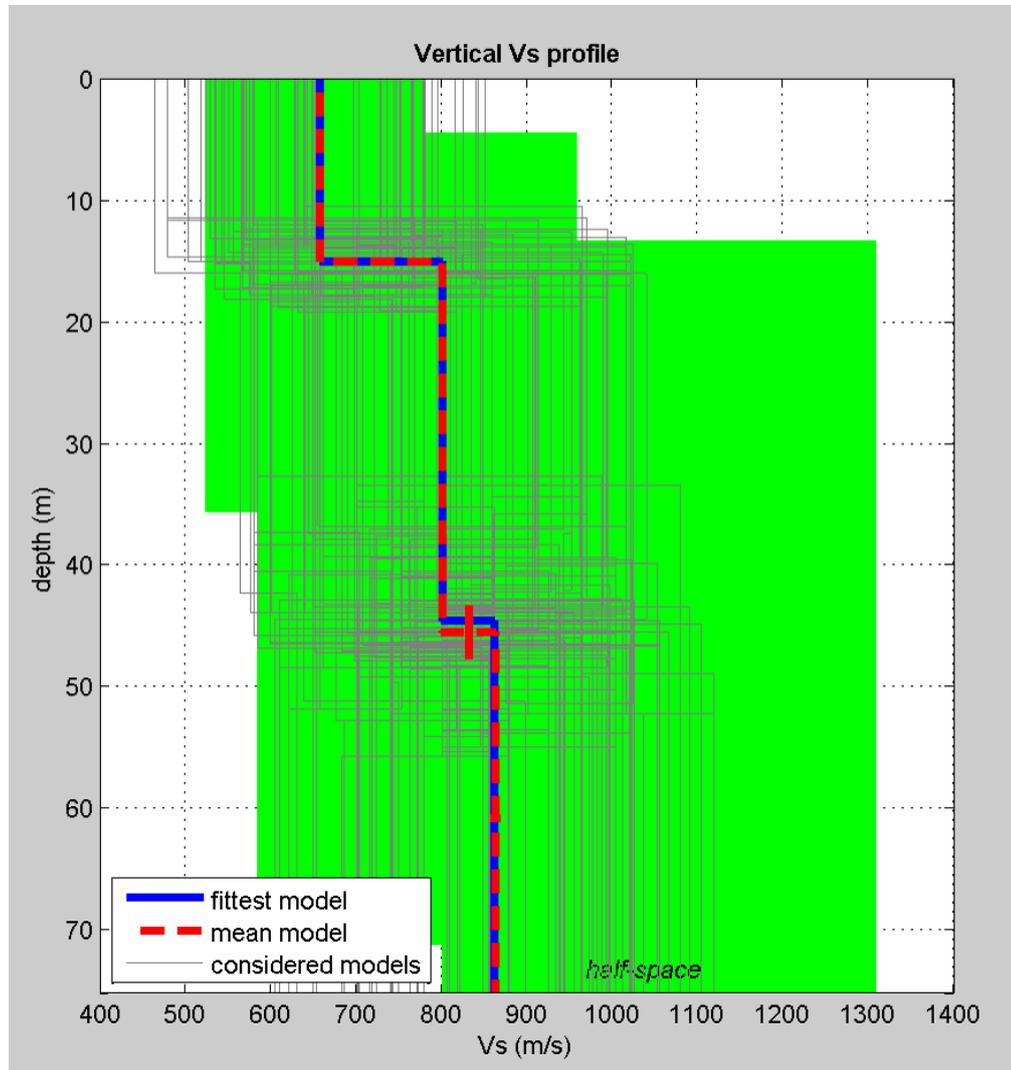
AU\_7

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	15,0	658
15,0	29,5	800
29,5	≈30,0	861

La prova AU\_7 ha fornito un valore di Vs30 pari a 722 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe B.



**Fig 7.6** – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU\_7 con distanza del punto di scoppio a 12 metri.

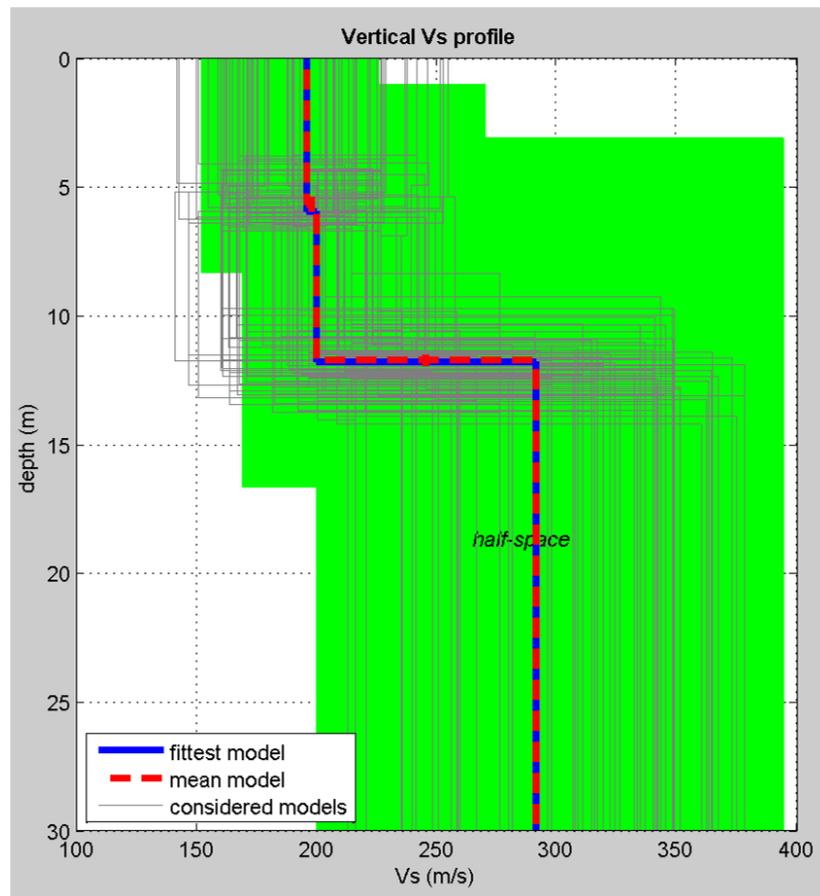
AU\_8

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	5,9	196
5,9	11,8	200
11,8	≈30,0	291

La prova AU\_8 ha fornito un valore di Vs30 pari a 246 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **C**.



**Fig 7.7** – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU\_8 con distanza del punto di scoppio a 5 metri.

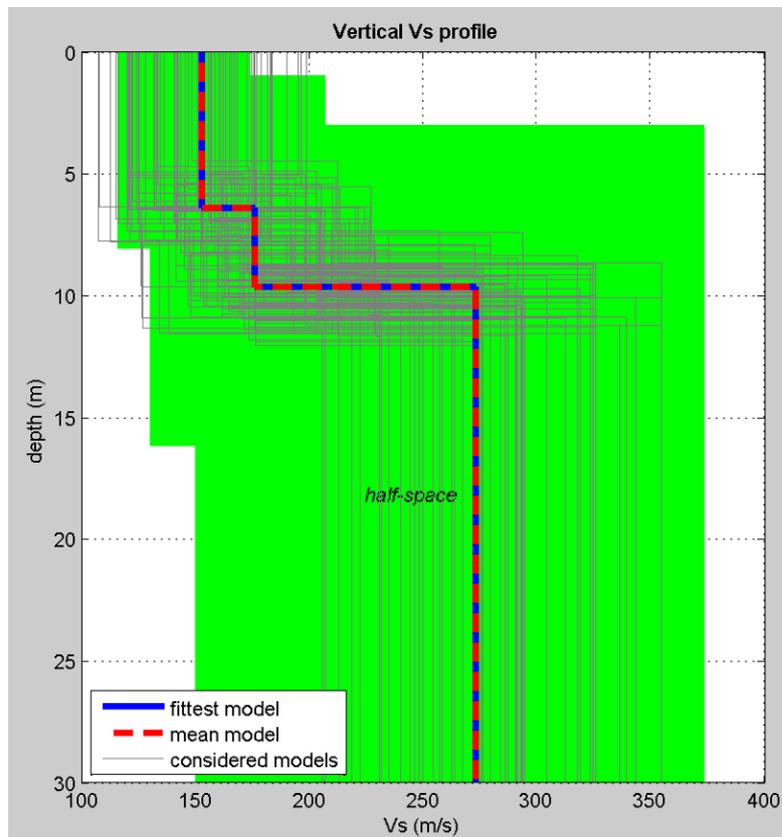
AU\_9

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	6,4	153
6,4	9,6	176
9,6	≈30,0	273

La prova AU\_9 ha fornito un valore di Vs30 pari a 222 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **C**.



**Fig 7.8** – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU\_9 con distanza del punto di scoppio a 5 metri.

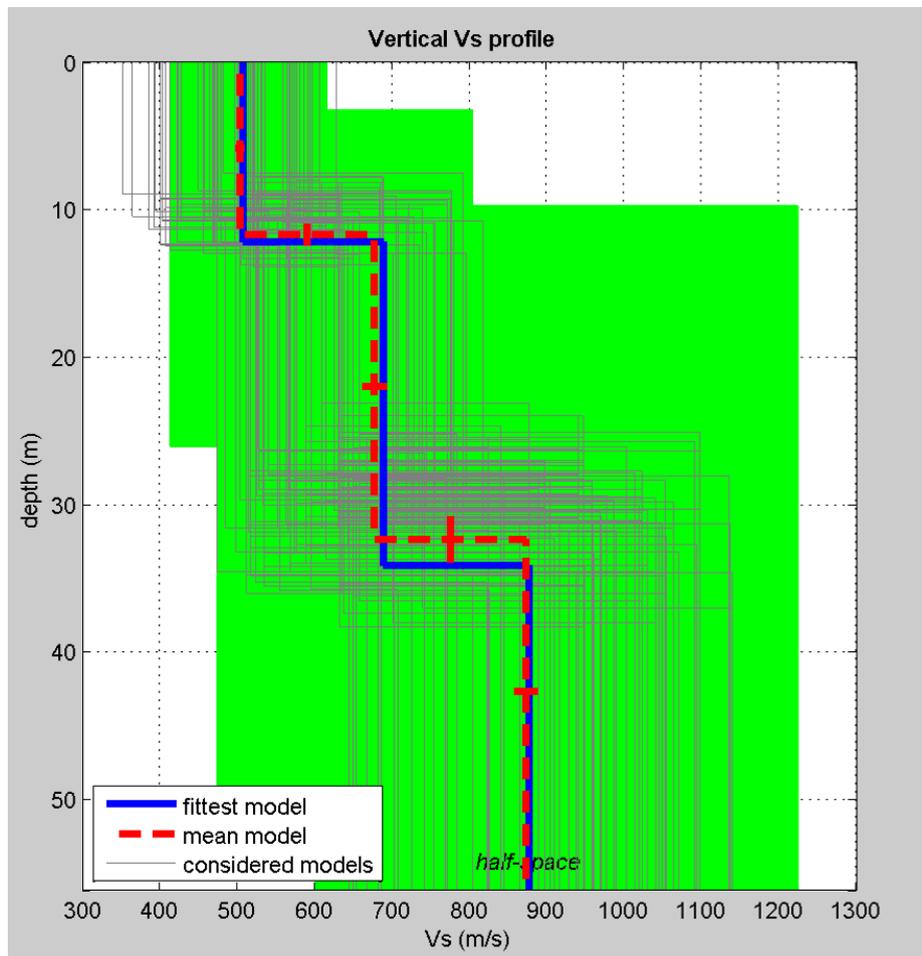
AU\_11

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	12,3	507
12,3	≈30,0	689

La prova AU\_11 ha fornito un valore di Vs30 pari a 601 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.



**Fig 7.9** – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU\_11 con distanza del punto di scoppio a 10 metri.

AU\_12

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	17,5	530
17,5	≈30,0	741

La prova AU\_12 ha fornito un valore di Vs30 pari a 602 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.

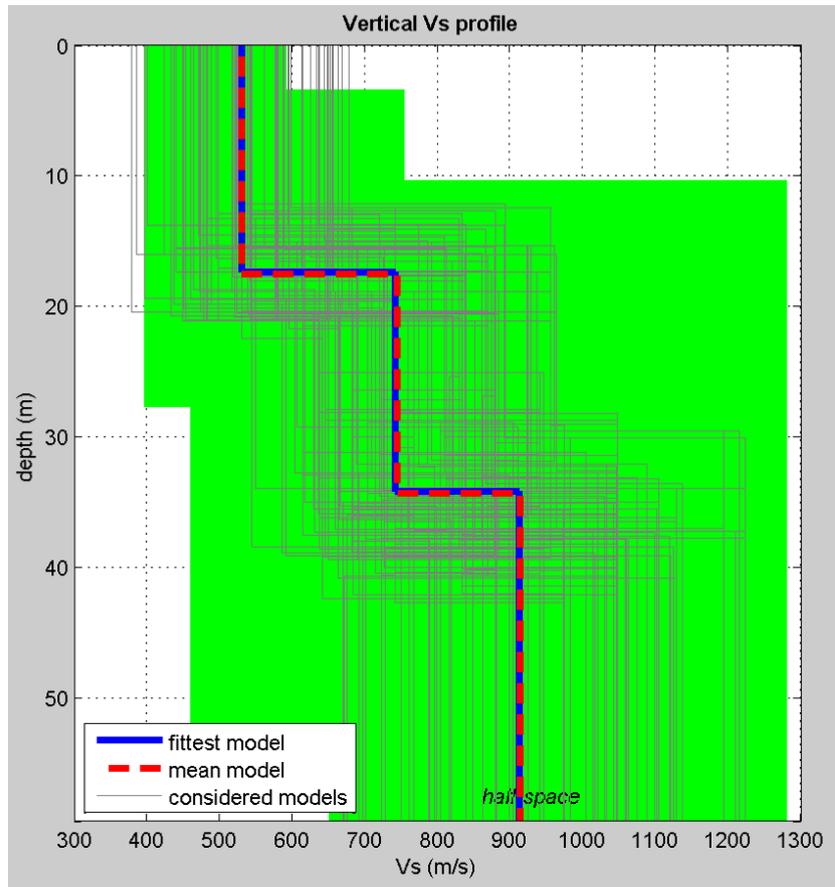


Fig 7.10 – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU\_12 con distanza del punto di scoppio a 10 metri.

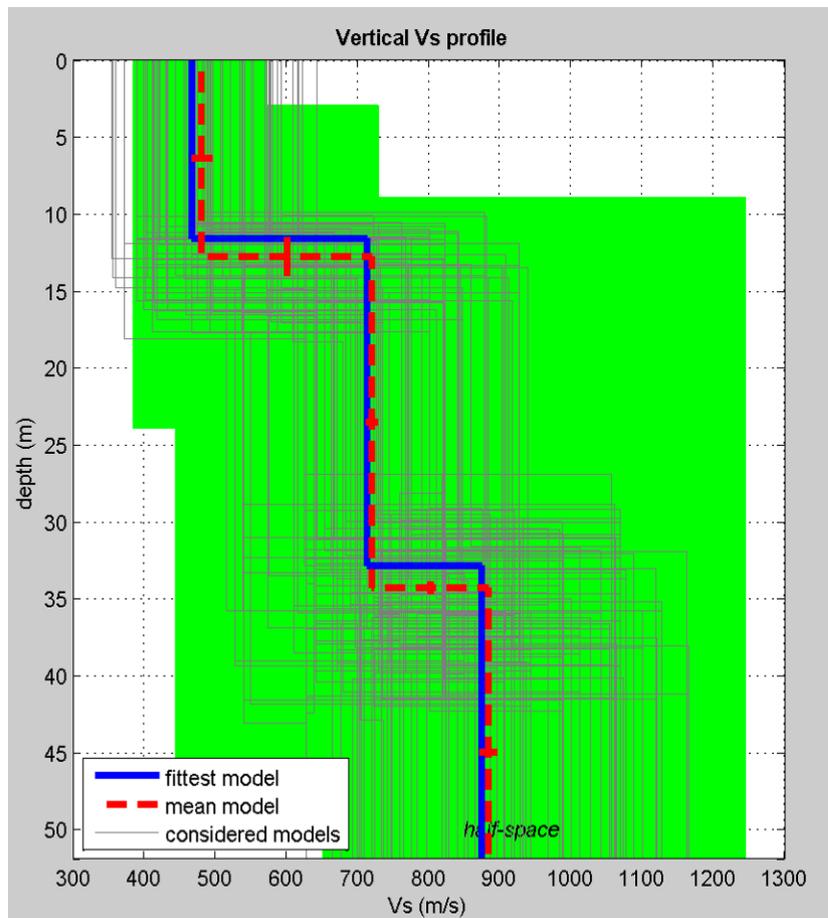
AU\_13

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	11,6	467
11,6	≈30,0	713

La prova AU\_13 ha fornito un valore di Vs30 pari a 592 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.



**Fig 7.11** – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU\_13 con distanza del punto di scoppio a 10 metri.

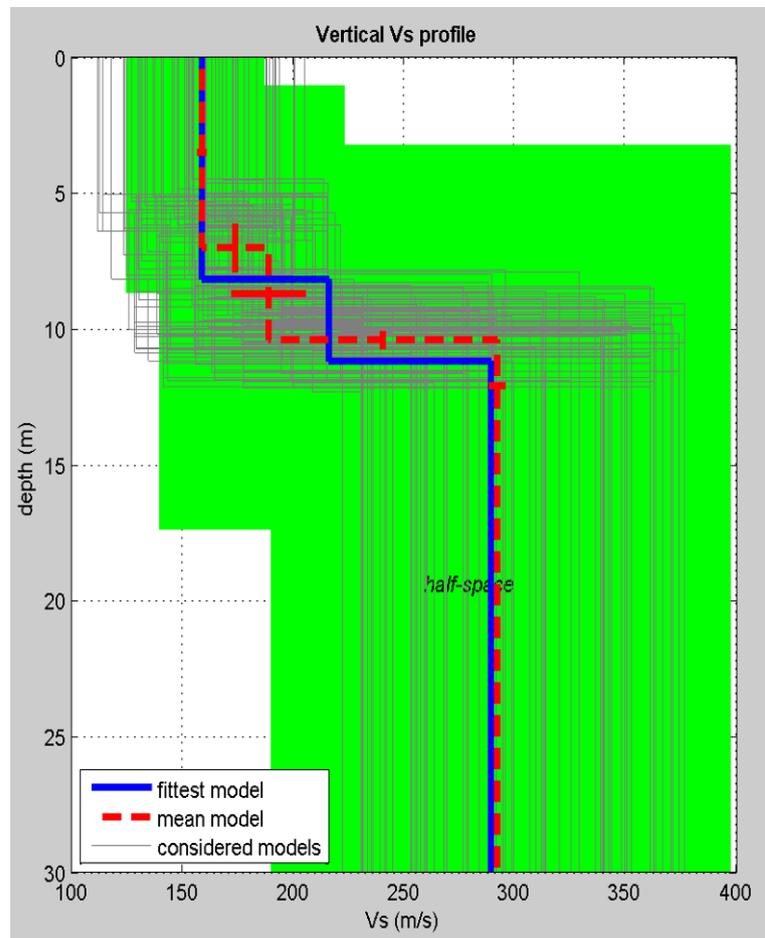
C16

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	8,2	159
8,2	11,2	216
11,2	≈30,0	289

La prova C16 ha fornito un valore di Vs30 pari a 230 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **C**.



**Fig 7.12** – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova C16 con distanza del punto di scoppio a 10 metri.

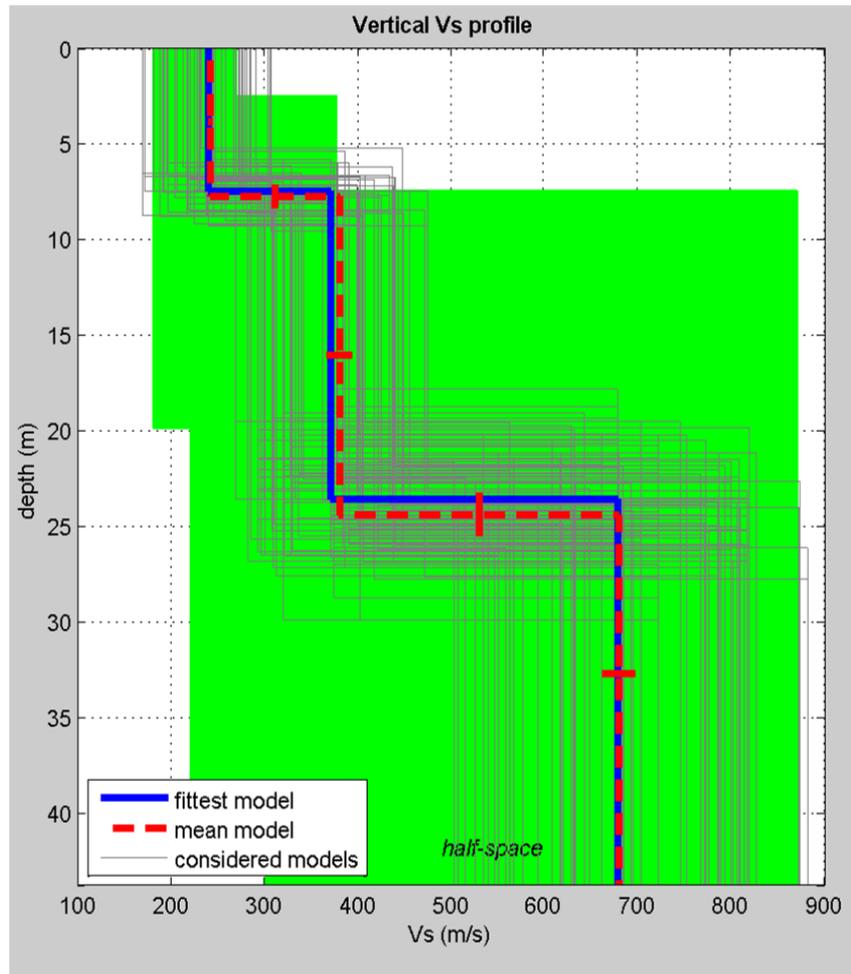
C4/2

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	7,5	240
7,5	23,5	371
23,5	≈30,0	678

La prova C4/2 ha fornito un valore di Vs30 pari a 357 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **C**.



**Fig 7.13** – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova C4/2 con distanza del punto di scoppio a 10 metri.

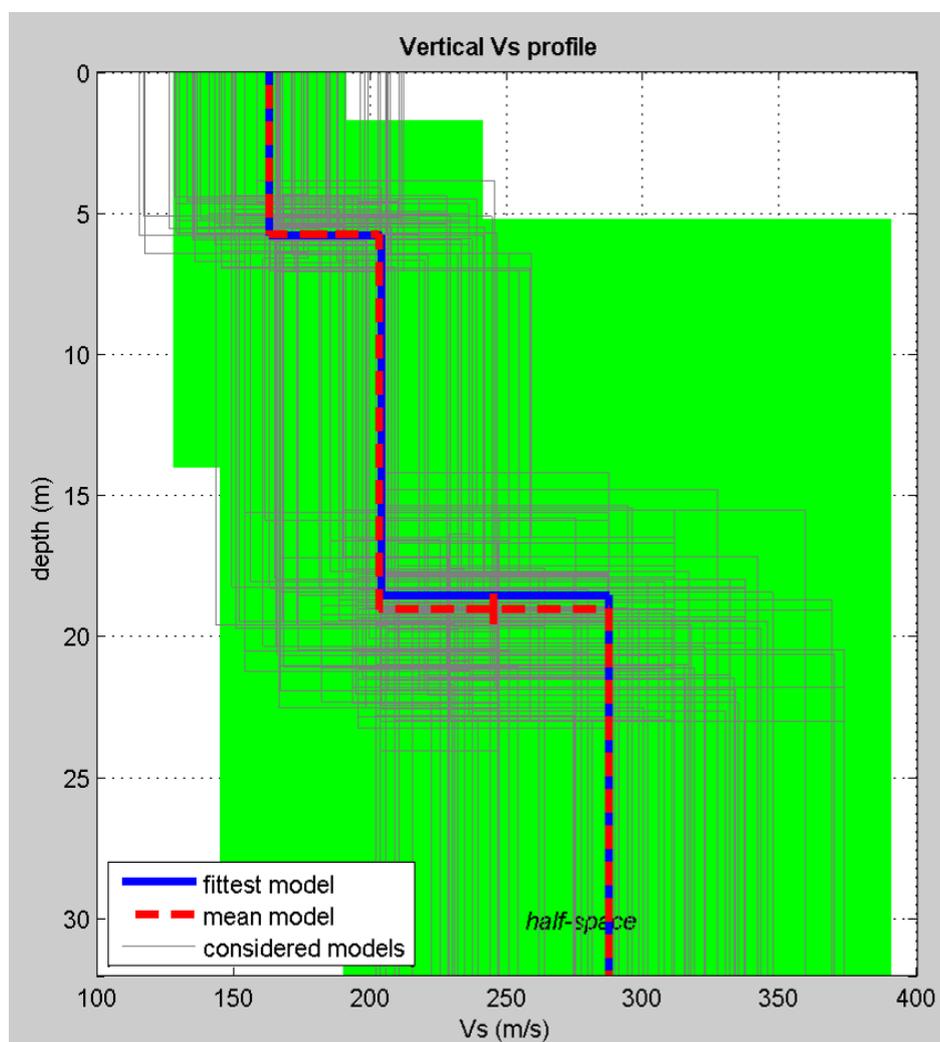
AU\_14

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	5,8	163
5,8	18,5	204
18,5	≈30,0	287

La prova AU\_14 ha fornito un valore di Vs30 pari a 217 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **C**.



**Fig 7.14** – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU\_14 con distanza del punto di scoppio a 5 metri.

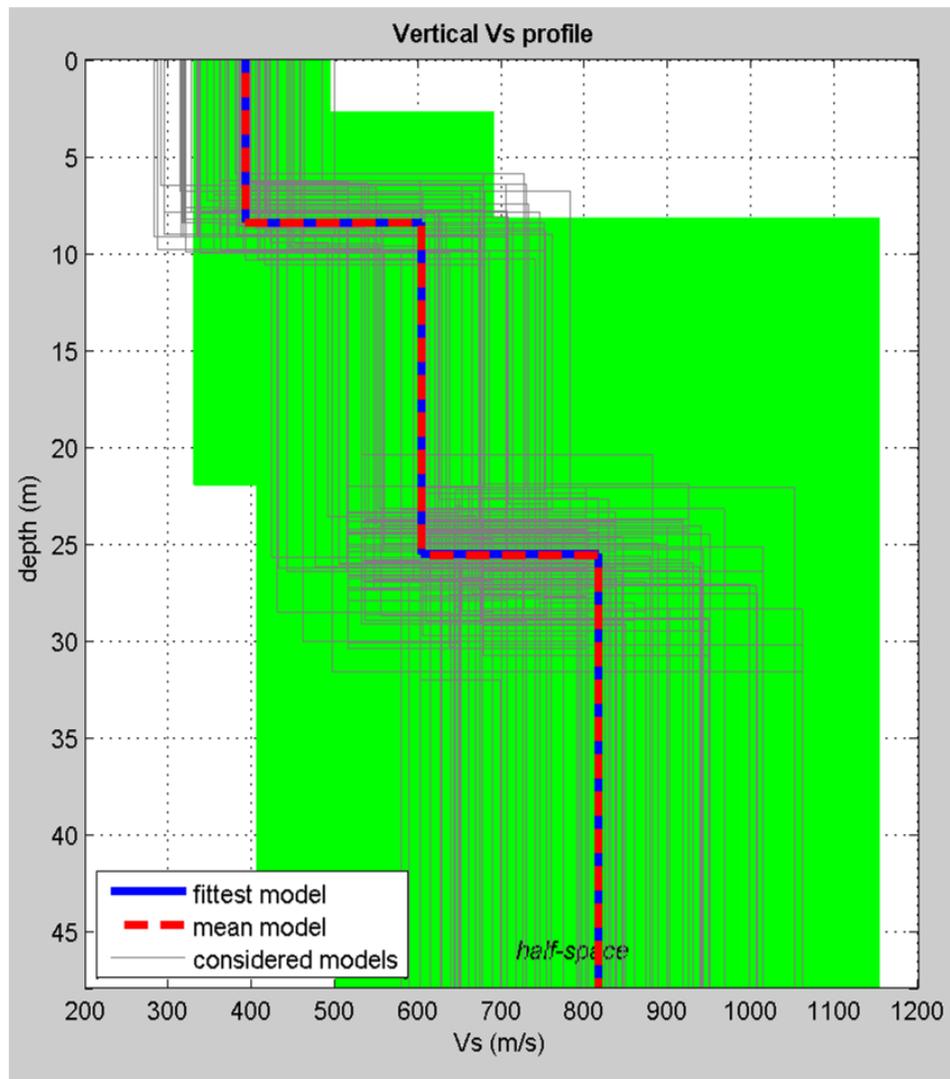
AU\_15

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	8,5	393
8,5	25,5	603
25,5	≈30,0	815

La prova AU\_15 ha fornito un valore di Vs30 pari a 543 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.



**Fig 7.15** – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU\_15 con distanza del punto di scoppio a 10 metri.

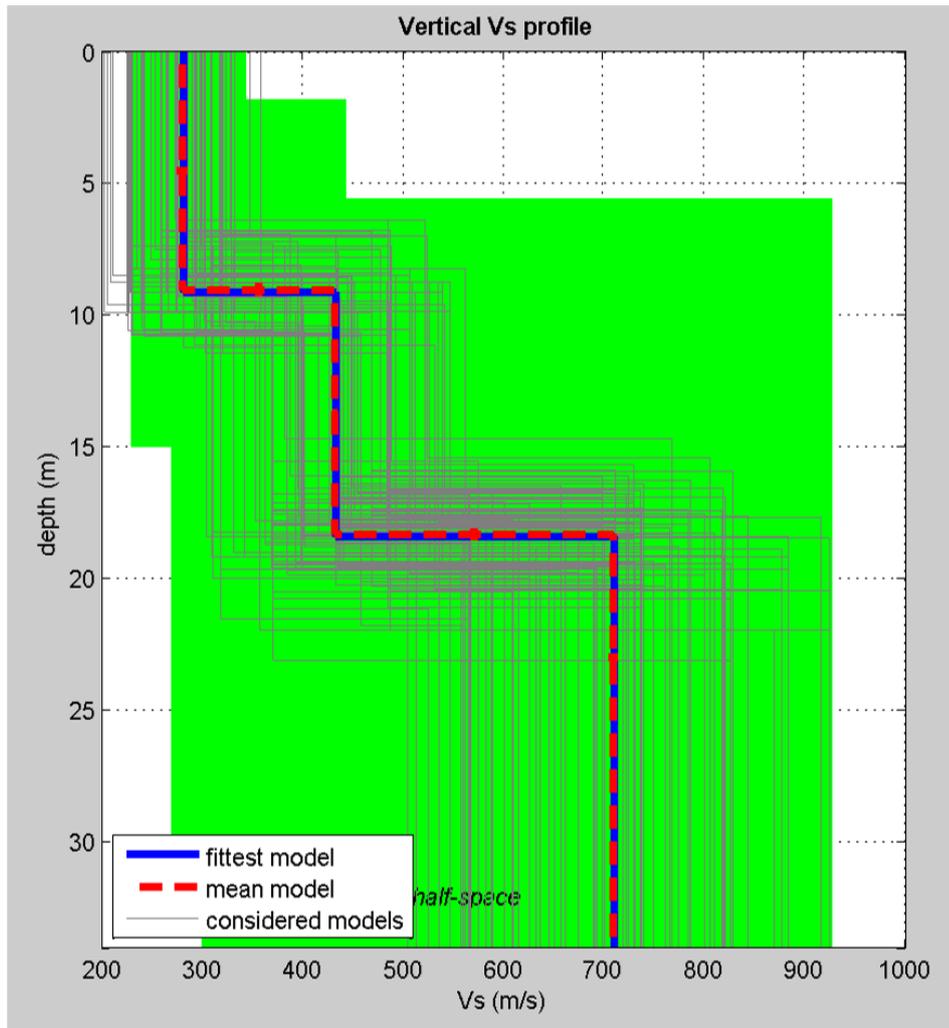
AU\_16

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	9,1	282
9,1	18,4	433
18,4	≈30,0	710

La prova AU\_16 ha fornito un valore di Vs30 pari a 427 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.



**Fig 7.16** – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova AU\_16 con distanza del punto di scoppio a 5 metri.

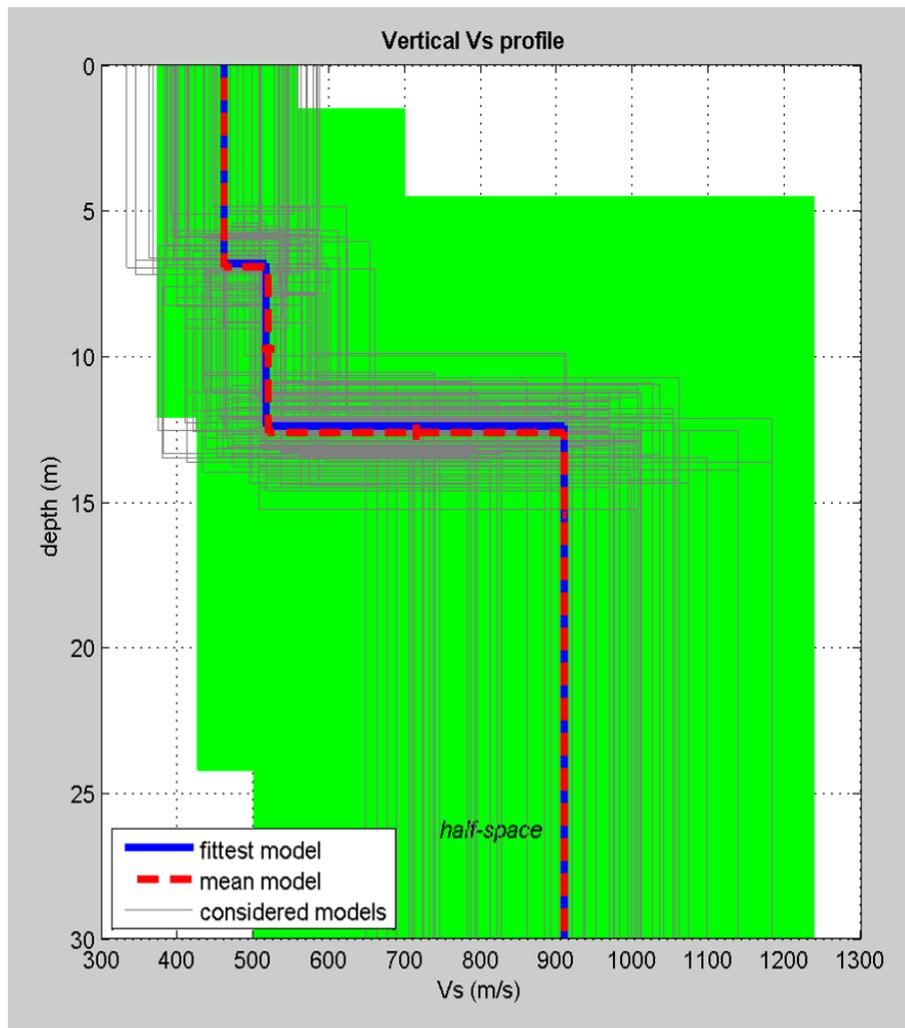
F21

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	6,8	461
6,8	12,4	517
12,4	≈30,0	909

La prova F21 ha fornito un valore di Vs30 pari a 667 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.



**Fig 7.17** – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova F21 con distanza del punto di scoppio a 5 metri.

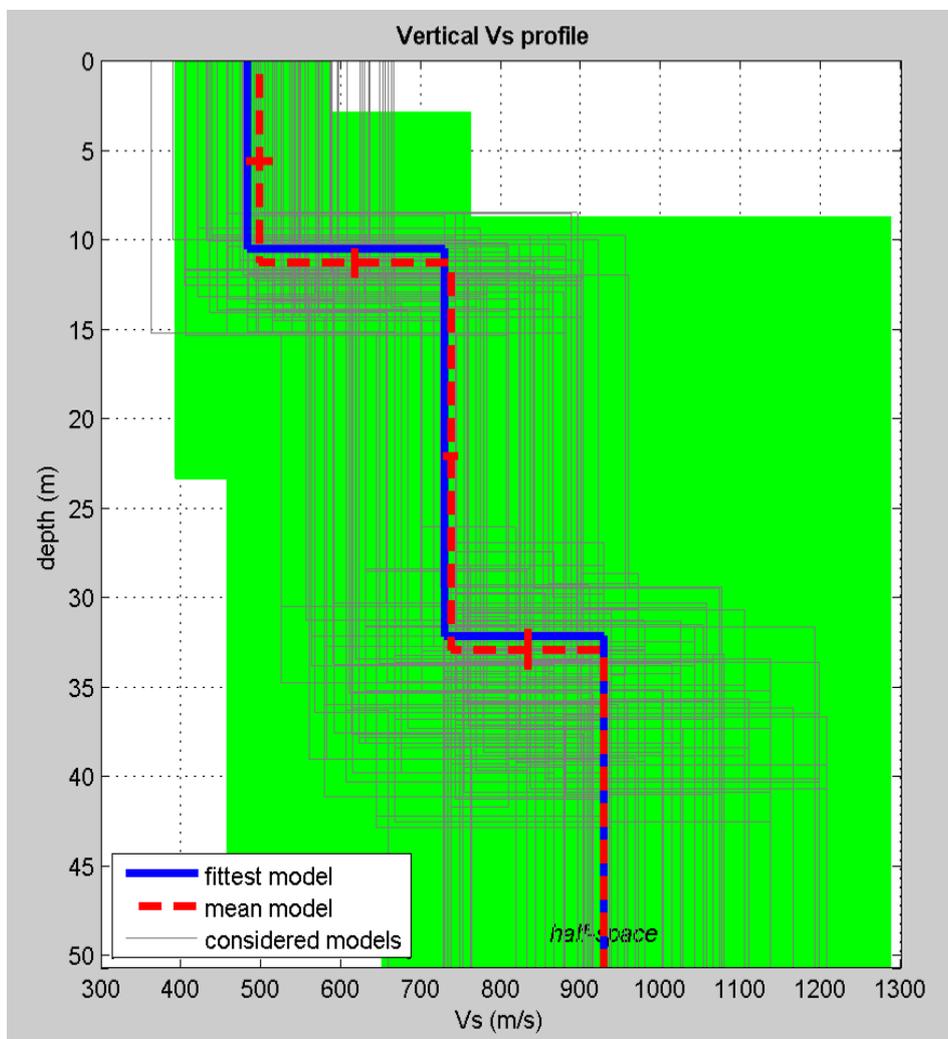
F22

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	10,5	483
10,5	≈30,0	729

La prova F22 ha fornito un valore di Vs30 pari a 619 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.



**Fig 7.18** – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova F22 con distanza del punto di scoppio a 5 metri.

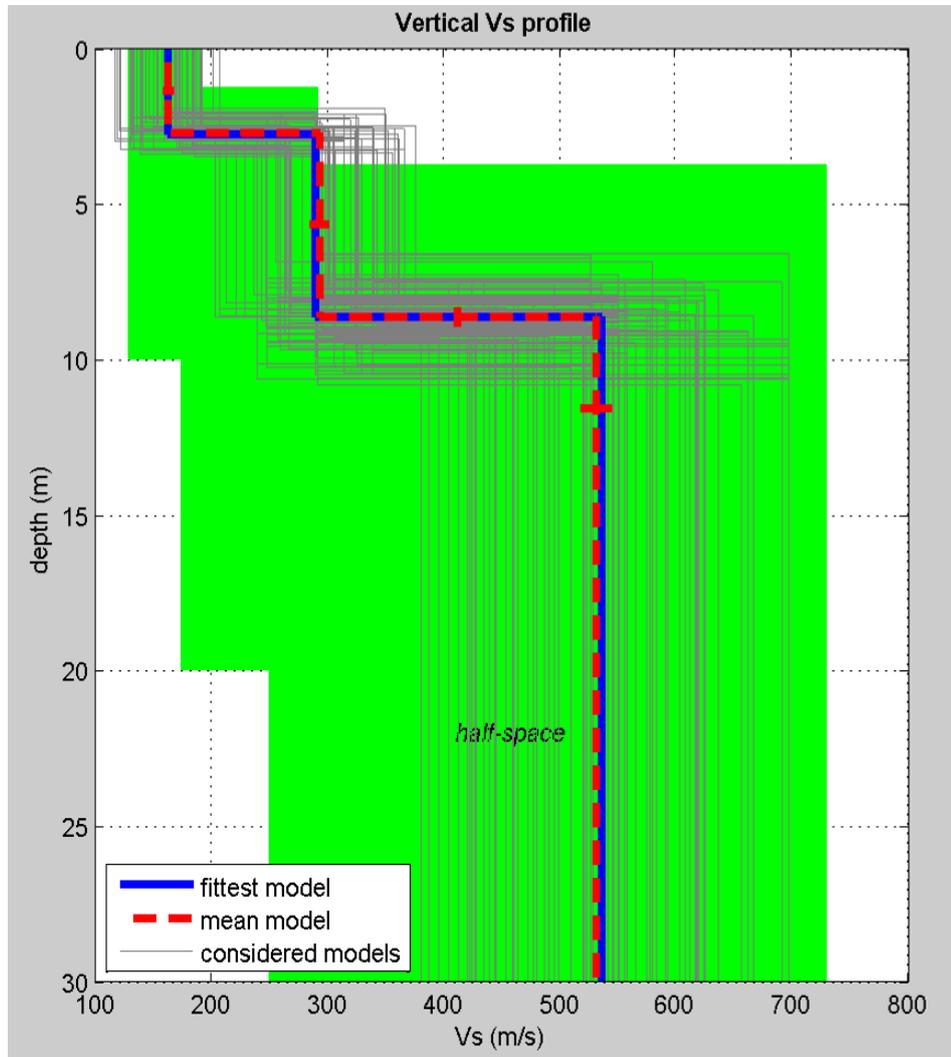
C23

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	2,8	163
2,8	8,9	290
8,9	≈30,0	536

La prova C23 ha fornito un valore di Vs30 pari a 389 m/s. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **B**.



**Fig 7.19** – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova C23 con distanza del punto di scoppio a 10 metri.

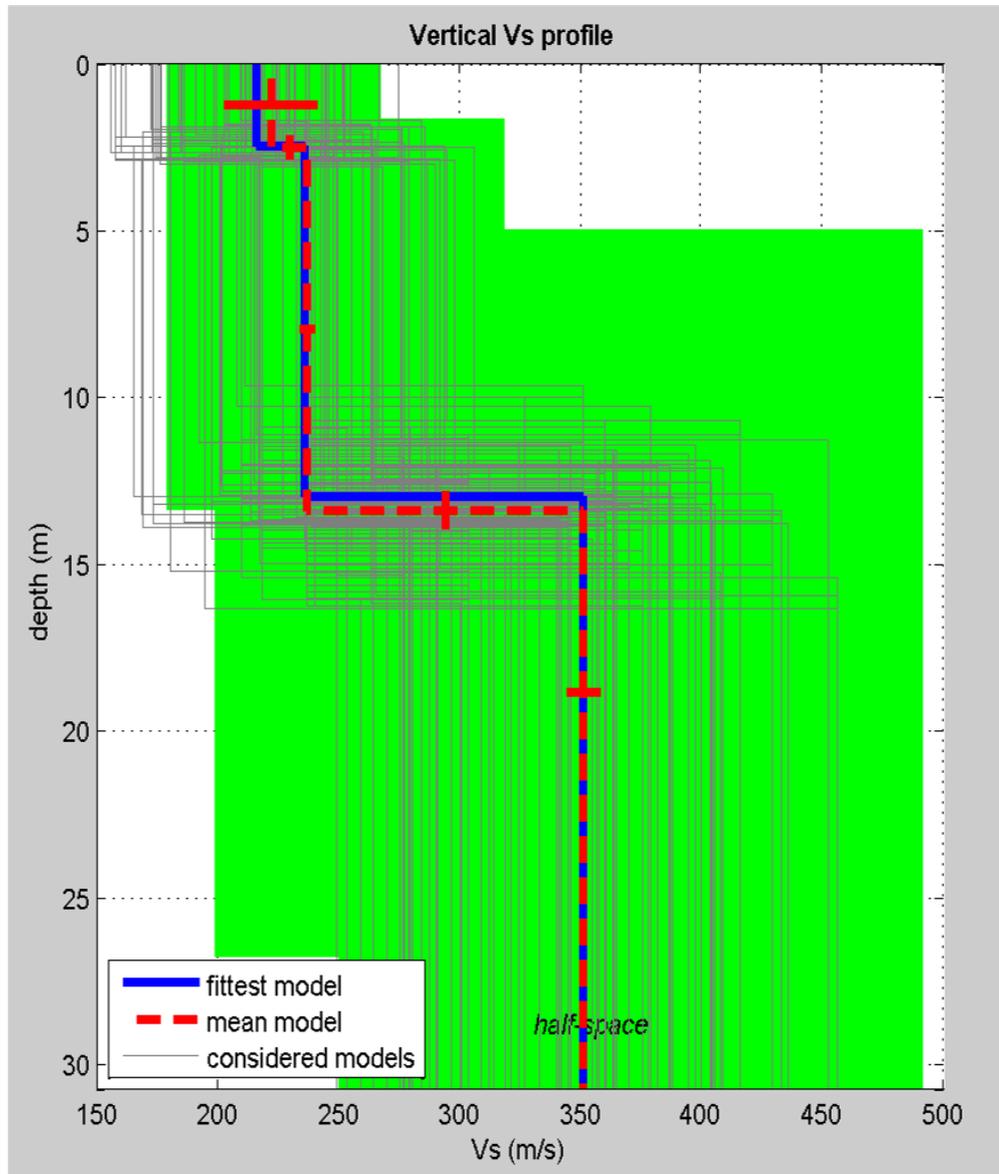
C2

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	2,5	216
2,5	13,0	236
13,0	≈30,0	351

La prova C2 ha fornito un valore di Vs30 pari a **287 m/s**. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **C**.



**Fig 7.20** – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova C2 con distanza del punto di scoppio a 10 metri.

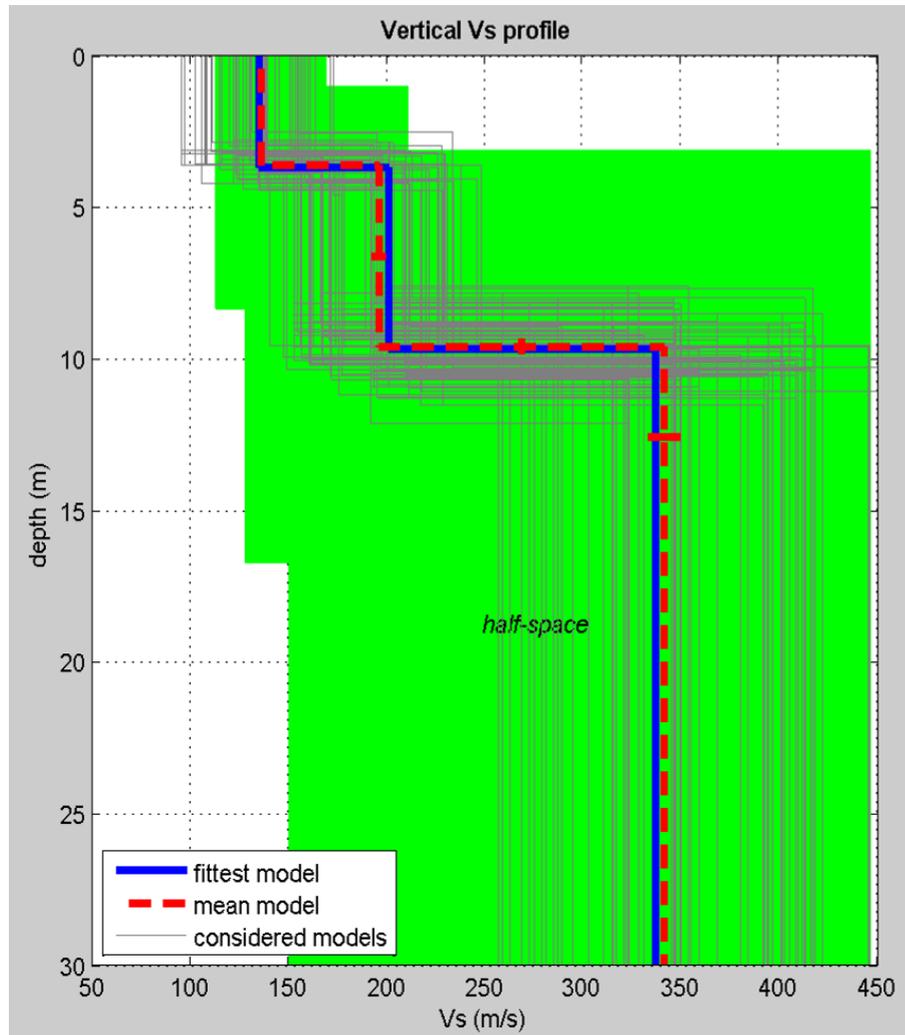
C4/1

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	3,7	135
3,7	9,6	201
9,6	≈30,0	337

La prova C4/1 ha fornito un valore di Vs30 pari a **256 m/s**. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **C**.



**Fig 7.21** – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova C4/1 con distanza del punto di scoppio a 10 metri.

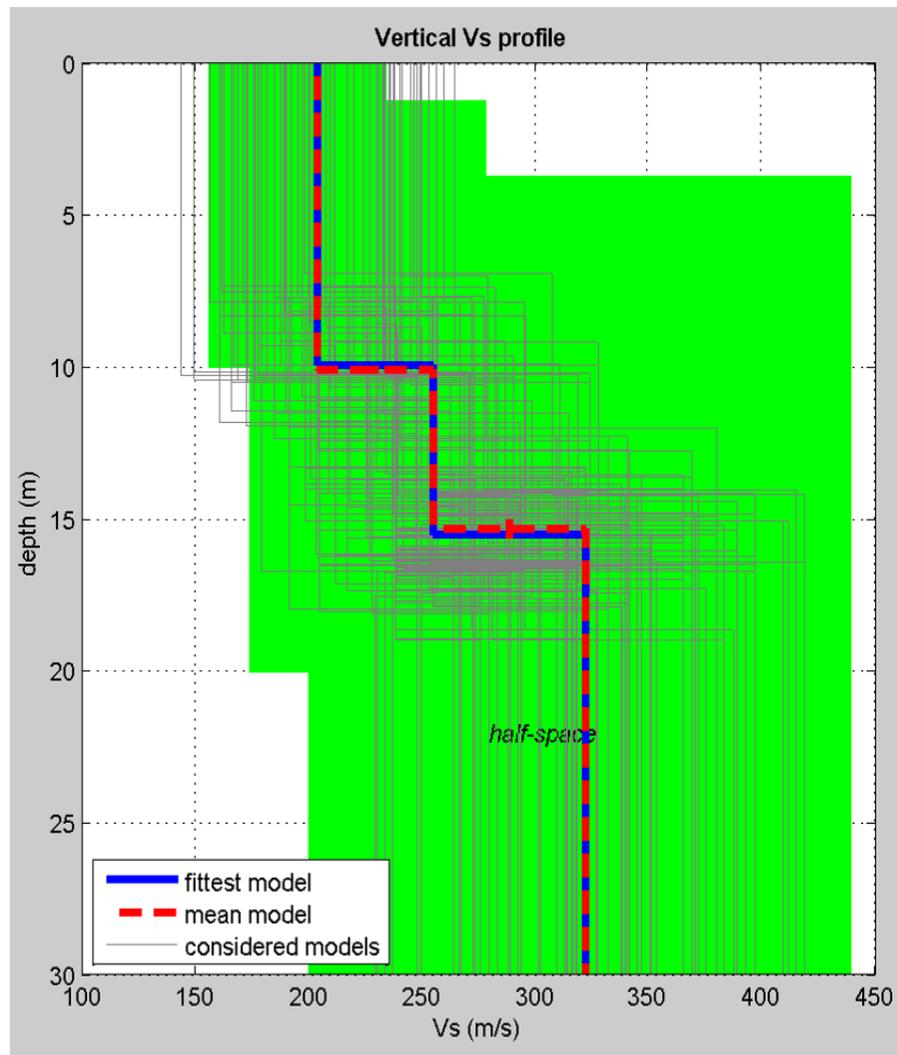
C20

Ubicazione della prova.



Profondità da p.c.		velocità onde S (m/s)
0,0	5,6	263
5,6	14,5	218
14,5	≈30,0	203

La prova C20 ha fornito un valore di Vs30 pari a **260 m/s**. L'area in esame può quindi essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **C**.



**Fig 7.22** – Profilo di Vs (velocità delle onde S) nei primi 30 metri di suolo, derivato dall'elaborazione della prova C20 con distanza del punto di scoppio a 10 metri.

Tabella riassuntiva dei valori di  $V_{s30}$  e della classe di suolo di riferimento

prova sismica	valore di $V_{s30}$	classe di riferimento secondo la normativa italiana vigente
AU_1	569 m/s	classe B
AU_2	454 m/s	classe B
AU_4	522 m/s	classe B
AU_5	573 m/s	classe B
AU_6	590 m/s	classe B
AU_7	722 m/s	classe B
AU_8	246 m/s	classe C
AU_9	222 m/s	classe C
AU_11	601 m/s	classe B
AU_12	602 m/s	classe B
AU_13	592 m/s	classe B
AU_14	217 m/s	classe C

AU_15	543 m/s	classe B
AU_16	427 m/s	classe B
C2	287 m/s	classe C
C4/1	256 m/s	classe C
C16	230 m/s	classe C
C20	260 m/s	classe C
C23	389 m/s	classe B
C4/2	357 m/s	classe C
F21	667 m/s	classe B
F22	619 m/s	classe B

### ANALISI DEI RISULTATI CAROTAGGIO SISMICO DOWN-HOLE

L'elaborazione delle misure geofisiche ha permesso di ricostruire la porzione di terreno immediatamente adiacente ai sondaggi per una profondità, da piano campagna, pari alla lunghezza di questi. Durante la fase di elaborazione dei dati sismici sperimentali, è stato necessario ricorrere all'utilizzo dei filtri per migliorare la qualità dei sismogrammi in quanto i siti di indagine presentavano un forte rumore ambientale; in seguito i dati acquisiti sono risultati di buona qualità, essendo sostanzialmente ben allineati su delle rette, con scarsa o assente dispersione dei punti.

DH C1



**Figura 7.23** – Ubicazione indagine

Di seguito si riporta la tabella con il valore dei tempi d'arrivo (in millisecondi) sperimentali e corretti sulla verticale, in funzione della profondità di indagine (in metri da piano campagna).

depth	correct P-time	correct S <sub>H</sub> -time	sperimental P-time	sperimental S <sub>H</sub> -time
m	ms	ms	ms	ms
0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	2.4	3.8	7.7	12.1
2	4.5	9.8	8.1	17.6
3	6.0	15.5	8.5	21.9
4	7.4	21.0	9.3	26.3
5	8.6	26.5	10.0	30.9
6	9.6	30.9	10.7	34.6
7	10.8	36.4	11.8	39.6
8	11.9	40.5	12.7	43.3
9	12.7	46.3	13.4	48.8
10	13.4	51.1	14.0	53.4
11	14.7	55.1	15.2	57.1
12	15.5	58.9	16.0	60.7
13	15.8	61.0	16.2	62.6
14	16.1	62.5	16.5	63.9
15	16.9	64.5	17.2	65.8
16	17.1	67.1	17.4	68.3
17	17.3	69.7	17.6	70.8
18	18.7	71.7	19.0	72.7
19	19.6	73.6	19.8	74.5
20	20.6	76.4	20.8	77.3
21	21.3	78.8	21.5	79.6
22	21.4	81.1	21.6	81.9
23	21.9	82.5	22.1	83.2
24	22.3	84.8	22.5	85.5
25	23.0	86.1	23.2	86.7
26	23.5	87.4	23.7	88.0
27	23.9	88.8	24.0	89.3
28	24.7	90.1	24.8	90.6
29	25.1	91.7	25.2	92.2
30	25.5	93.3	25.6	93.8

La successione evidenziata dall'andamento delle dromocrone, riportate in appendice, è la seguente:

Profondità da P.C (m)		Velocità Onde P (m/s)	Velocità Onde S <sub>H</sub> (m/s)
0.0	3.0	473	200
3.0	11.0	945	201
11.0	20.0	1572	463
20.0	30.0	1928	612

Il carotaggio sismico down-hole ha permesso di definire i parametri meccanici dei litotipi in merito al comportamento registrato per le onde di volume P e per le onde polarizzate S<sub>H</sub>. La tabella seguente mostra i valori dei moduli elasto-dinamici calcolati per i tratti omogenei.

Profondità m (da - a)		Densità (kN/m <sup>3</sup> )	V <sub>P</sub> m/s	V <sub>SH</sub> m/s	poisson	taglio dinamico (kN/m <sup>2</sup> )	young (kN/m <sup>2</sup> )	bulk (kN/m <sup>2</sup> )
0.0	3.0	17.5	473	200	0.39	7.14E+04	1.99E+05	3.04E+05
3.0	11.0	18.0	945	201	0.48	7.41E+04	2.19E+05	1.54E+06
11.0	20.0	19.0	1572	463	0.45	4.15E+05	1.21E+06	4.23E+06
20.0	30.0	19.5	1928	612	0.44	7.45E+05	2.15E+06	6.40E+06

Calcolo del V<sub>SH</sub> riferito agli spessori dei singoli strati individuati dall'interpretazione della prova Down-Hole e valore di VS riferito alla profondità cumulata (depth).

Spessore m	V <sub>SH</sub> m/s	H m	VsH
3.0	200	3	200
8.0	201	11	201
9.0	463	20	269
10.0	612	30	331

Calcolo del V<sub>S30</sub> nei primi 30 metri di suolo (**tratto 0-30m**)

*valore V<sub>S30</sub> = 331 m/s*

il carotaggio sismico down-hole evidenzia che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa vigente, in **classe C**.

## C9 DH



Figura 7.24 – Ubicazione indagine

Di seguito si riporta la tabella con il valore dei tempi d'arrivo (in millisecondi) sperimentali e corretti sulla verticale, in funzione della profondità di indagine (in metri da piano campagna).

depth	correct P-time	correct S <sub>H</sub> -time	sperimental P-time	sperimental S <sub>H</sub> -time
m	ms	ms	ms	ms
0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	2.3	6.9	7.2	21.9
2	4.7	14.3	8.5	25.8
3	6.4	20.9	9.0	29.5
4	7.8	26.6	9.8	33.2
5	8.7	32.8	10.2	38.2
6	9.6	36.0	10.7	40.3
7	10.0	38.4	10.9	41.8
8	10.5	41.9	11.2	44.7
9	10.9	44.7	11.5	47.1

depth	correct P-time	correct S <sub>H</sub> -time	sperimental P-time	sperimental S <sub>H</sub> -time
10	11.3	46.8	11.8	48.9
11	12.3	49.7	12.7	51.5
12	13.4	52.3	13.8	53.9
13	13.9	54.3	14.3	55.7
14	14.4	56.5	14.7	57.8
15	14.8	58.5	15.1	59.7
16	15.4	61.6	15.7	62.7
17	15.9	62.9	16.1	63.9
18	15.9	65.4	16.1	66.3
19	16.4	66.0	16.6	66.8
20	16.9	67.3	17.1	68.1
21	17.2	69.5	17.4	70.2
22	17.5	70.1	17.7	70.7
23	17.8	71.7	18	72.3
24	18.2	73.0	18.3	73.6
25	18.6	74.4	18.7	74.9
26	19.0	76.0	19.1	76.5
27	19.4	77.5	19.5	78.0
28	19.7	78.6	19.8	79.1
29	19.9	80.3	20	80.7
30	20.5	82.1	20.6	82.5
31	20.7	82.9	20.8	83.3
32	21.3	84.4	21.4	84.8
33	21.5	85.5	21.6	85.9
34	22.0	86.6	22.1	86.9
35	22.4	89.0	22.5	89.3
36	23.2	89.8	23.3	90.1
37	23.4	92.2	23.5	92.5
38	23.6	93.7	23.7	94
39	24.0	94.8	24.1	95.1
40	24.4	96.4	24.5	96.7
41	24.8	98.0	24.9	98.3
42	25.3	99.6	25.4	99.9
43	25.7	101.3	25.8	101.5
44	26.2	103.3	26.3	103.5
45	26.6	104.5	26.7	104.7
46	26.9	106.7	27	106.9
47	27.2	107.7	27.3	107.9
48	27.4	109.1	27.5	109.3
49	27.7	110.7	27.8	110.9
50	28.0	112.1	28.1	112.3

La successione evidenziata dall'andamento delle dromocrone, riportate in appendice, è la seguente:

Profondità da P.C (m)		Velocità Onde P (m/s)	Velocità Onde S <sub>H</sub> (m/s)
0.0	4.0	480	147
4.0	7.0	1331	245
7.0	11.0	1825	361
11.0	18.0	2208	447
18.0	42.0	2581	690
42.0	46.0	2458	576
46.0	50.0	3665	717

Il carotaggio sismico down-hole ha permesso di definire i parametri meccanici dei litotipi in merito al comportamento registrato per le onde di volume P e per le onde polarizzate S<sub>H</sub>. La tabella seguente mostra i valori dei moduli elasto-dinamici calcolati per i tratti omogenei.

Profondità m (da - a)		Densità (kN/m <sup>3</sup> )	V <sub>P</sub> m/s	V <sub>SH</sub> m/s	poisson	taglio dinamico (kN/m <sup>2</sup> )	young (kN/m <sup>2</sup> )	bulk (kN/m <sup>2</sup> )
0.0	4.0	17.5	480	147	0.45	3.85E+04	1.12E+05	3.60E+05
4.0	7.0	18.0	1331	245	0.48	1.10E+05	3.27E+05	3.10E+06
7.0	11.0	19.0	1825	361	0.48	2.52E+05	7.47E+05	6.11E+06
11.0	18.0	19.5	2208	447	0.48	3.97E+05	1.17E+06	9.16E+06
18.0	42.0	20.0	2581	690	0.46	9.71E+05	2.84E+06	1.23E+07
42.0	46.0	20.5	2458	576	0.47	6.93E+05	2.04E+06	1.17E+07
46.0	50.0	21.0	3665	717	0.48	1.10E+06	3.26E+06	2.73E+07

Calcolo del V<sub>SH</sub> riferito agli spessori dei singoli strati individuati dall'interpretazione della prova Down-Hole e valore di VS riferito alla profondità cumulata (depth).

Spessore m	V <sub>SH</sub> m/s	H m	VsH
4.0	147	4	147
3.0	245	7	177
4.0	361	11	218
7.0	447	18	272

12.0	690	30	359
------	-----	----	-----

Calcolo del  $V_{s30}$  nei primi 30 metri di suolo (**tratto 0-30m**)

*valore  $V_{s30}$  = **359 m/s***

il carotaggio sismico down-hole evidenzia che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa vigente, in **classe C**.

## C11 DH

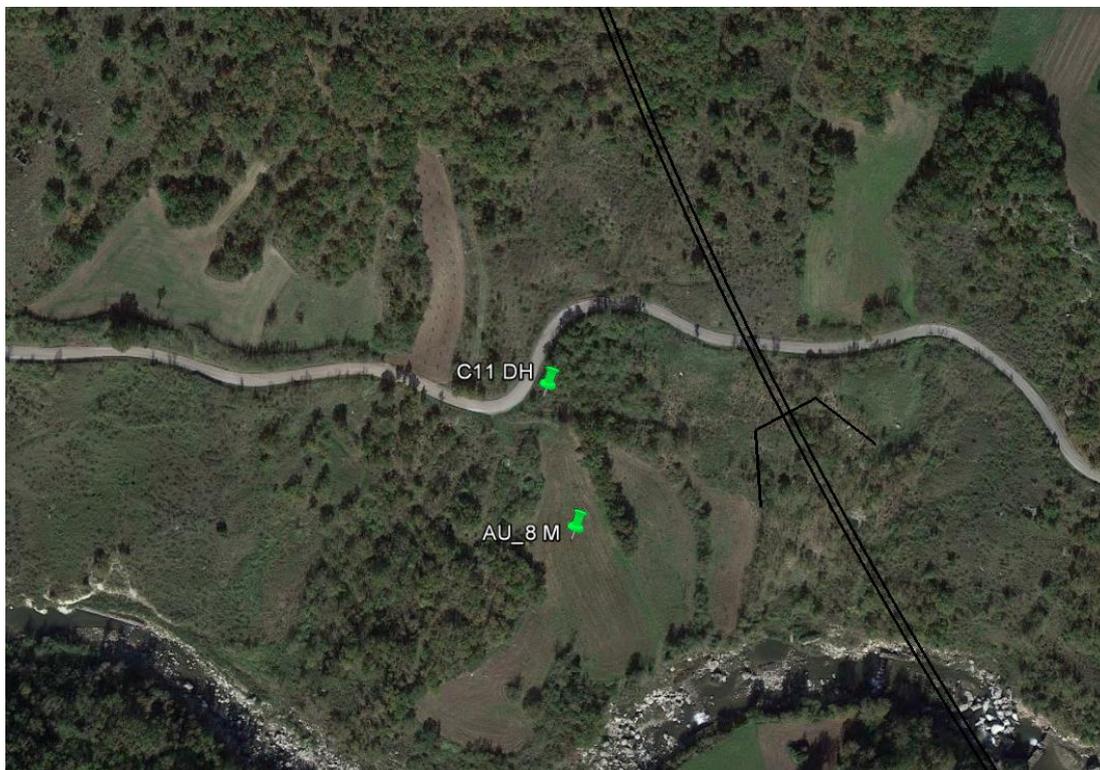


Figura 7.25 – Ubicazione indagine

Di seguito si riporta la tabella con il valore dei tempi d'arrivo (in millisecondi) sperimentali e corretti sulla verticale, in funzione della profondità di indagine (in metri da piano campagna).

depth	correct P-time	correct S <sub>H</sub> -time	sperimental P-time	sperimental S <sub>H</sub> -time
m	ms	ms	ms	ms
0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	2.6	5.7	8.3	18.0
2	5.0	12.3	9.0	22.2
3	6.9	17.9	9.7	25.3
4	8.8	22.6	11.0	28.2
5	10.2	26.0	11.9	30.3
6	11.0	28.5	12.3	31.9
7	12.1	32.2	13.2	35.0
8	13.0	35.8	13.9	38.2
9	13.7	37.5	14.4	39.5
10	14.2	39.3	14.8	41.0

depth	correct P-time	correct S <sub>H</sub> -time	sperimental P-time	sperimental S <sub>H</sub> -time
11	14.6	40.6	15.1	42.1
12	14.8	42.1	15.3	43.4
13	15.2	43.6	15.6	44.7
14	15.6	44.2	16.0	45.2
15	16.1	45.4	16.4	46.3
16	16.6	46.3	16.9	47.1
17	17.3	47.2	17.6	47.9
18	17.8	48.0	18.0	48.7
19	18.0	49.4	18.2	50.0
20	18.5	50.1	18.7	50.7
21	18.8	50.8	19.0	51.3
22	18.9	52.1	19.1	52.6
23	19.5	53.7	19.7	54.2
24	19.8	54.5	20.0	54.9
25	20.2	55.6	20.3	56.0
26	20.6	57.4	20.7	57.8
27	21.0	58.7	21.1	59.1
28	21.4	59.6	21.5	59.9
29	21.9	60.9	22.0	61.2
30	22.3	62.2	22.4	62.5

La successione evidenziata dall'andamento delle dromocrone, riportate in appendice, è la seguente:

Profondità da P.C (m)		Velocità Onde P (m/s)	Velocità Onde S <sub>H</sub> (m/s)
0.0	3.0	420	166
3.0	7.0	763	287
7.0	15.0	2391	719
15.0	25.0	2512	968
25.0	30.0	2325	785

Il carotaggio sismico down-hole ha permesso di definire i parametri meccanici dei litotipi in merito al comportamento registrato per le onde di volume P e per le onde polarizzate  $S_H$ . La tabella seguente mostra i valori dei moduli elasto-dinamici calcolati per i tratti omogenei.

Profondità m (da - a)		Densità ( $\text{kN/m}^3$ )	$V_P$ m/s	$V_{SH}$ m/s	poisson	taglio dinamico ( $\text{kN/m}^2$ )	young ( $\text{kN/m}^2$ )	bulk ( $\text{kN/m}^2$ )
0.0	3.0	17.5	420	166	0.41	4.92E+04	1.38E+05	2.49E+05
3.0	7.0	18.0	763	287	0.42	1.51E+05	4.28E+05	8.67E+05
7.0	15.0	19.0	2391	719	0.45	1.00E+06	2.90E+06	9.74E+06
15.0	25.0	19.5	2512	968	0.41	1.86E+06	5.26E+06	1.01E+07
25.0	30.0	20.0	2325	785	0.44	1.26E+06	3.61E+06	9.35E+06

Calcolo del  $V_{SH}$  riferito agli spessori dei singoli strati individuati dall'interpretazione della prova Down-Hole e valore di VS riferito alla profondità cumulata (depth).

Spessore m	$V_{SH}$ m/s	H m	<b>VsH</b>
3.0	166	3	166
4.0	287	7	219
8.0	719	15	348
10.0	968	25	468
5.0	785	30	501

Calcolo del  $V_{S30}$  nei primi 30 metri di suolo (**tratto 0-30m**)

valore  **$V_{S30} = 501 \text{ m/s}$**

il carotaggio sismico down-hole evidenzia che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa vigente, in **classe B**.

**C15 DH**

**Figura 7.26 – Ubicazione indagine**

Di seguito si riporta la tabella con il valore dei tempi d'arrivo (in millisecondi) sperimentali e corretti sulla verticale, in funzione della profondità di indagine (in metri da piano campagna).

depth	correct P-time	correct S <sub>H</sub> -time	sperimental P-time	sperimental S <sub>H</sub> -time
m	ms	ms	ms	ms
0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	6.0	9.4	19.0	29.8
2	9.8	17.3	17.7	31.1
3	11.6	22.9	16.4	32.4
4	12.1	29.5	15.1	36.9
5	13.5	33.2	15.7	38.7
6	14.4	35.9	16.1	40.1
7	15.3	39.8	16.6	43.3
8	16.3	42.7	17.4	45.6
9	17.4	44.6	18.3	47.0

depth	correct P-time	correct S <sub>H</sub> -time	sperimental P-time	sperimental S <sub>H</sub> -time
10	18.3	45.9	19.1	47.9
11	18.8	49.4	19.5	51.2
12	19.2	50.1	19.8	51.6
13	19.4	52.0	19.9	53.4
14	19.9	53.1	20.4	54.3
15	20.3	55.5	20.7	56.6
16	20.6	57.4	21.0	58.4
17	21.2	58.1	21.5	59.0
18	21.7	60.2	22.0	61.0
19	22.0	62.2	22.3	63.0
20	22.4	66.0	22.7	66.7
21	22.9	65.1	23.1	65.8
22	23.0	68.4	23.2	69.0
23	23.4	70.6	23.6	71.2
24	23.6	72.5	23.8	73.1
25	23.9	73.1	24.1	73.6
26	24.2	74.5	24.4	75.0
27	24.5	75.9	24.7	76.4
28	24.9	77.4	25.0	77.8
29	25.2	78.8	25.3	79.2
30	25.5	80.2	25.6	80.6

La successione evidenziata dall'andamento delle dromocrone, riportate in appendice, è la seguente:

Profondità da P.C (m)		Velocità Onde P (m/s)	Velocità Onde S <sub>H</sub> (m/s)
0.0	2.0	193	114
2.0	5.0	994	189
5.0	10.0	1026	368
10.0	19.0	2520	580
19.0	24.0	2951	544
24.0	30.0	3237	680

Il carotaggio sismico down-hole ha permesso di definire i parametri meccanici dei litotipi in merito al comportamento registrato per le onde di volume P e per le onde polarizzate S<sub>H</sub>. La tabella seguente mostra i valori dei moduli elasto-dinamici calcolati per i tratti omogenei.

Profondità m (da - a)		Densità (kN/m <sup>3</sup> )	V <sub>P</sub> m/s	V <sub>SH</sub> m/s	poisson	taglio dinamico (kN/m <sup>2</sup> )	young (kN/m <sup>2</sup> )	bulk (kN/m <sup>2</sup> )
0.0	2.0	17.5	193	114	0.23	2.32E+04	5.71E+04	3.55E+04
2.0	5.0	18.0	994	189	0.48	6.55E+04	1.94E+05	1.73E+06
5.0	10.0	19.0	1026	368	0.43	2.62E+05	7.48E+05	1.69E+06
10.0	19.0	19.5	2520	580	0.47	6.69E+05	1.97E+06	1.17E+07
19.0	24.0	20.0	2951	544	0.48	6.03E+05	1.79E+06	1.69E+07
24.0	30.0	20.5	3237	680	0.48	9.66E+05	2.85E+06	2.06E+07

Calcolo del V<sub>SH</sub> riferito agli spessori dei singoli strati individuati dall'interpretazione della prova Down-Hole e valore di VS riferito alla profondità cumulata (depth).

Spessore m	V <sub>SH</sub> m/s	H m	VsH
2.0	114	2	114
3.0	189	5	150
5.0	368	10	213
9.0	580	19	304
5.0	544	24	335
6.0	680	30	373

Calcolo del Vs<sub>30</sub> nei primi 30 metri di suolo (**tratto 0-30m**)

**valore Vs<sub>30</sub> = 373 m/s**

il carotaggio sismico down-hole evidenzia che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa vigente, in **classe B**.

## C18 DH



Figura 7.27 – Ubicazione indagine

Di seguito si riporta la tabella con il valore dei tempi d'arrivo (in millisecondi) sperimentali e corretti sulla verticale, in funzione della profondità di indagine (in metri da piano campagna).

depth	correct P-time	correct S <sub>H</sub> -time	sperimental P-time	sperimental S <sub>H</sub> -time
m	ms	ms	ms	ms
0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	3.1	4.7	9.7	15.0
2	5.6	13.6	10.1	24.5
3	7.4	21.8	10.5	30.9
4	8.7	29.8	10.9	37.3
5	9.7	35.9	11.3	41.9
6	10.6	43.2	11.8	48.3
7	11.2	50.7	12.2	55.2
8	11.9	56.0	12.7	59.8
9	12.3	61.6	13.0	64.9

depth	correct P-time	correct S <sub>H</sub> -time	sperimental P-time	sperimental S <sub>H</sub> -time
10	12.6	67.0	13.2	69.9
11	12.7	72.4	13.2	75.0
12	13.0	75.9	13.4	78.2
13	13.3	78.0	13.6	80.0
14	14.1	80.1	14.4	81.9
15	15.0	82.1	15.3	83.7
16	15.3	84.5	15.6	86.0
17	15.9	87.0	16.1	88.3
18	16.4	89.8	16.6	91.0
19	17.1	91.8	17.3	92.9
20	17.6	94.1	17.8	95.2
21	18.1	96.9	18.3	97.9
22	18.3	100.2	18.5	101.1
23	18.9	102.5	19.1	103.4
24	19.3	104.9	19.4	105.7
25	19.7	106.3	19.8	107.1
26	19.9	108.7	20.0	109.4
27	20.3	111.0	20.4	111.7
28	20.6	112.9	20.7	113.5
29	21.3	114.3	21.4	114.9
30	22.0	117.7	22.1	118.3

La successione evidenziata dall'andamento delle dromocrone, riportate in appendice, è la seguente:

Profondità da P.C (m)		Velocità Onde P (m/s)	Velocità Onde S <sub>H</sub> (m/s)
0.0	3.0	381	142
3.0	12.0	1537	163
12.0	30.0	2060	424

Il carotaggio sismico down-hole ha permesso di definire i parametri meccanici dei litotipi in merito al comportamento registrato per le onde di volume P e per le onde polarizzate S<sub>H</sub>. La tabella seguente mostra i valori dei moduli elasto-dinamici calcolati per i tratti omogenei.

Profondità m (da - a)		Densità (kN/m <sup>3</sup> )	V <sub>P</sub> m/s	V <sub>SH</sub> m/s	poisson	taglio dinamico (kN/m <sup>2</sup> )	young (kN/m <sup>2</sup> )	bulk (kN/m <sup>2</sup> )
0.0	3.0	17.5	381	142	0.42	3.60E+04	1.02E+05	2.11E+05
3.0	12.0	18.0	1537	163	0.49	4.88E+04	1.46E+05	4.27E+06
12.0	30.0	19.0	2060	424	0.48	3.48E+05	1.03E+06	7.75E+06

Calcolo del V<sub>SH</sub> riferito agli spessori dei singoli strati individuati dall'interpretazione della prova Down-Hole e valore di VS riferito alla profondità cumulata (depth).

Spessore m	V <sub>SH</sub> m/s	H m	VsH
3.0	142	3	142
9.0	163	12	157
18.0	424	30	253

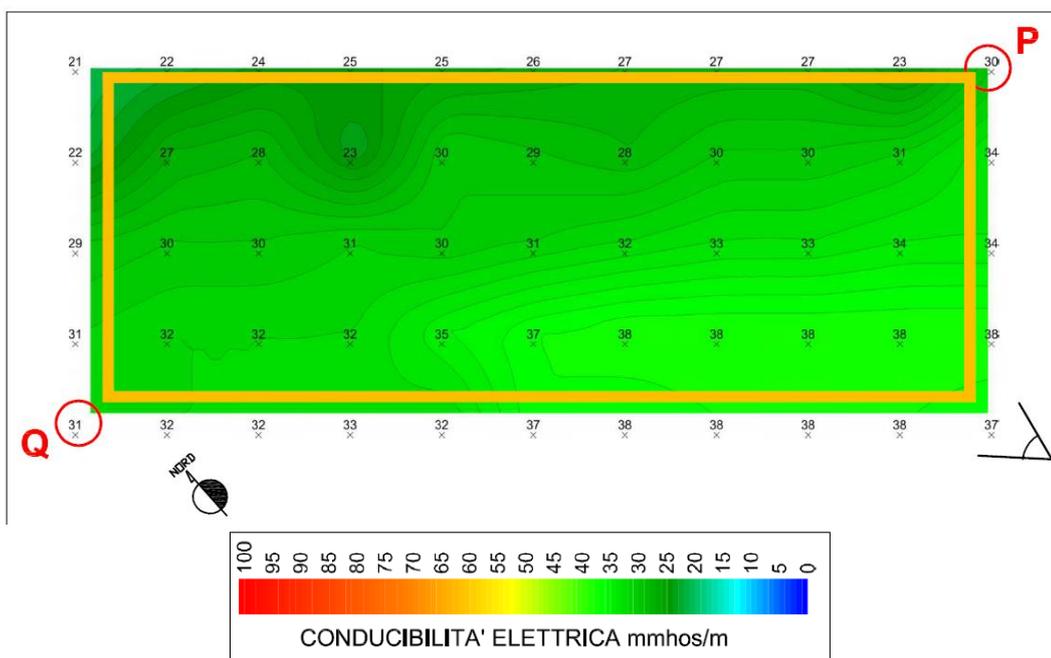
Calcolo del Vs<sub>30</sub> nei primi 30 metri di suolo (**tratto 0-30m**)

*valore Vs<sub>30</sub> =253 m/s*

il carotaggio sismico down-hole evidenzia che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa vigente, in **classe C**.

### Ricerca masse metalliche

L'indagine elettromagnetica FDEM è stata condotta per caratterizzare le piazzole dei sondaggi nei primi 5 metri di suolo, al fine di evidenziare anomalie di conducibilità elettrica potenzialmente riconducibili a masse metalliche sepolte. L'indagine geofisica è stata condotta con maglia di misure 2,5x2,5m. Le carte della conducibilità elettrica derivata, con apposita scala colorimetrica, sono riportate di seguito. La mappa, elaborata con metodologia elettromagnetica, ha messo in risalto le caratteristiche di conducibilità elettrica del terreno nei primi 5 metri di suolo. Per la piazzola oggetto di studio sono state evidenziate, circoscrivendole con poligoni, le zone sgombre da eventuali masse metalliche sepolte, secondo un criterio interpretativo basato sui valori assoluti di conducibilità elettrica e delle linee di gradiente. Le risultanze dell'indagine sono evidenziate nella scheda allegata ed hanno permesso di individuare un'area, priva di masse metalliche sepolte nei primi 5 metri di suolo, idonea per l'ubicazione del sondaggio. Il perimetro di tale area è evidenziato con soprassegno giallo nella carta allegata della conducibilità elettrica.



**Fig.7.23** – Carta della conducibilità elettrica derivata sulla piazzola.

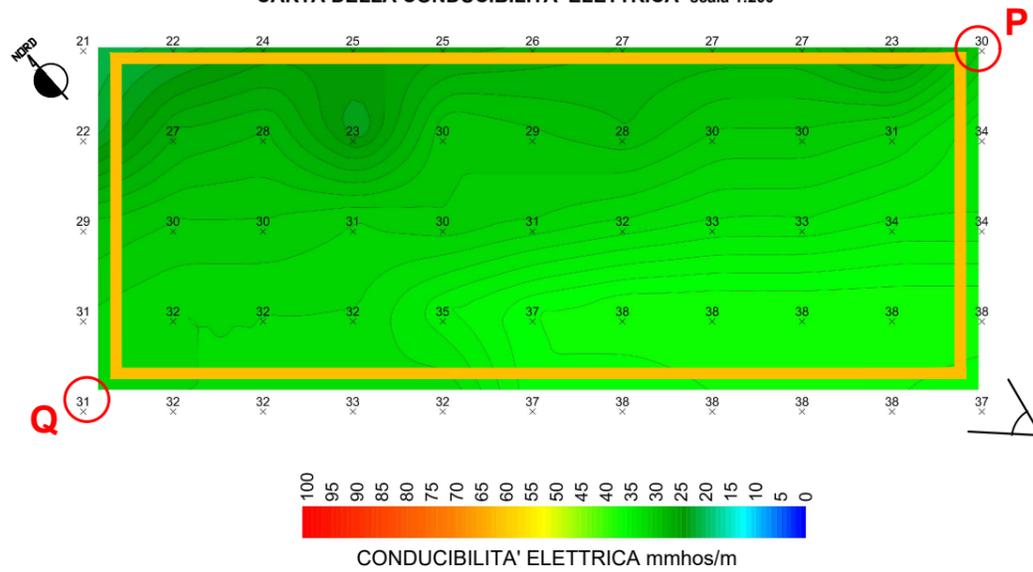
PLANIMETRIA GENERALE UBICATIVA



Vertice P- Latitudine Nord 14,960839  
Longitudine Est 41,132255

Vertice Q- Latitudine Nord 14,960521  
Longitudine Est 41,132304

CARTA DELLA CONDUCIBILITA' ELETTRICA scala 1:200



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



- 12 X Punti di misura (maglia 2,5x2,5 metri) e valore della conducibilita' elettrica (mmhos/m)
- Vertici del rettangolo investigato e lettera identificativa
- Area priva di masse metalliche sepolte e ritenuta idonea per il sondaggio.
- △ Punto di vista fotografico

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA  
U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE

PROGETTO DEFINITIVO

ITINERARIO NAPOLI - BARI  
RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA  
I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA

PROSPEZIONE ELETTROMAGNETICA  
AREA SONDAGGIO G6 (San Martino in Apice)

SCALA :

1:200

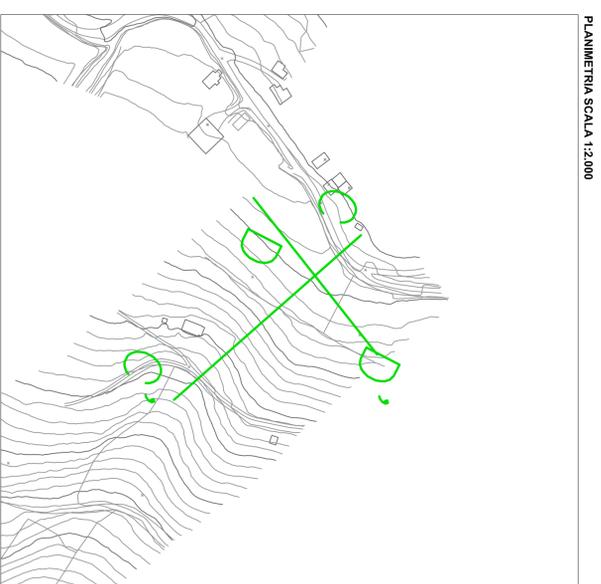
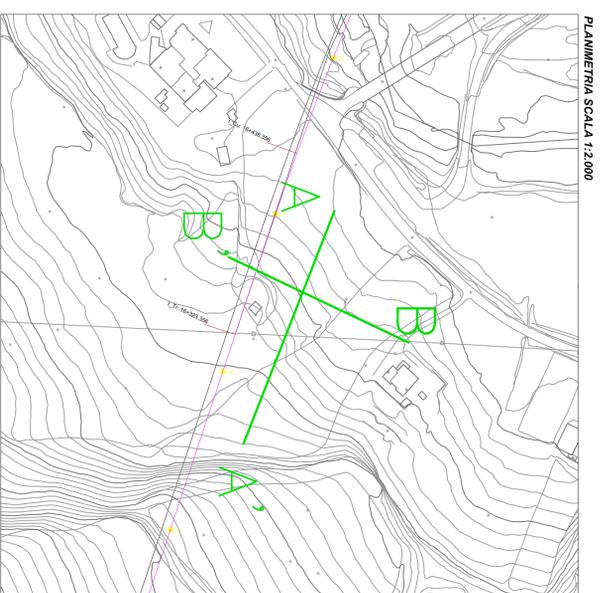
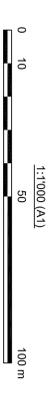
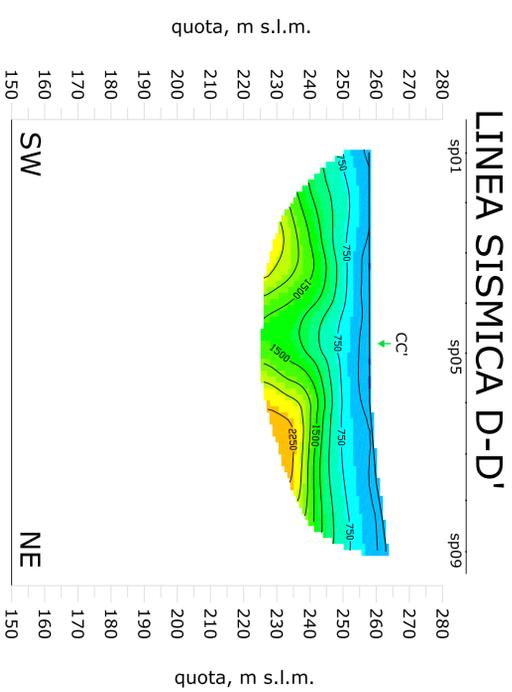
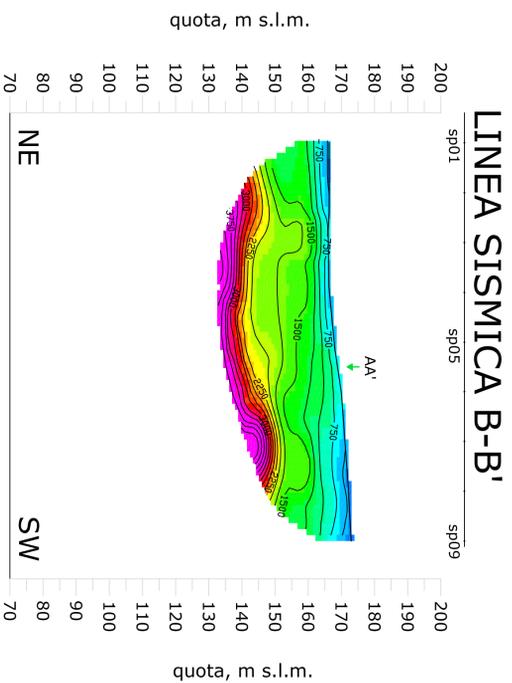
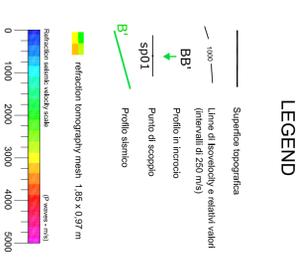
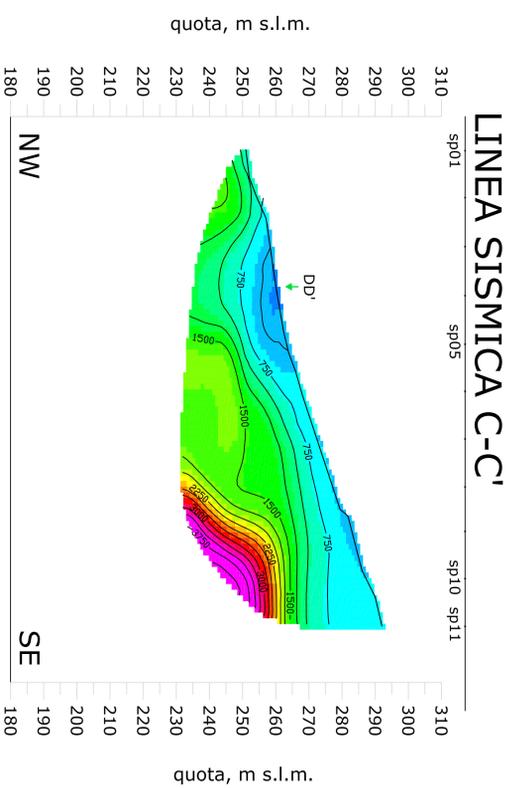
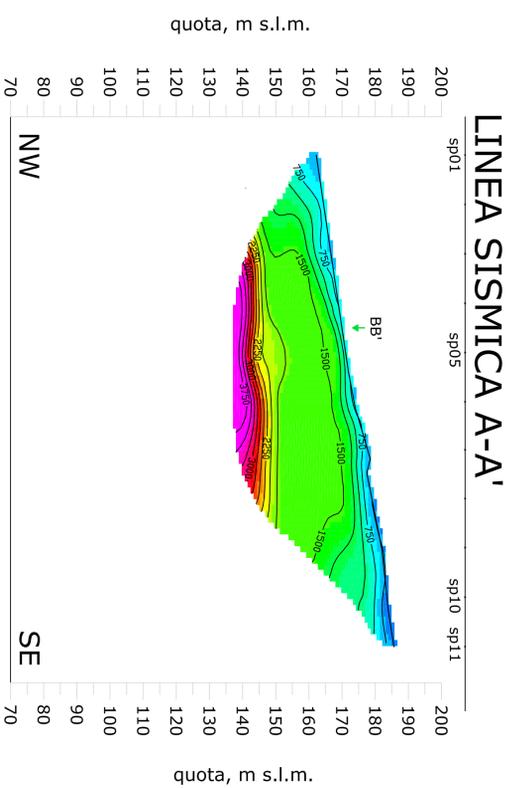
COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

IF0G 00 D 69 IG GE0005 002 A

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	VICENZETTO	APRILE 2017	S.GIUGLIANO	APRILE 2017	D.APREA	APRILE 2017	F. MARCHESE	APRILE 2017

File: IF0G00D69IGGE0005002A.pdf

n. Elab.:515



COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE

PROGETTO DEFINITIVO

ITINERARIO NAPOLI - BARI  
RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA  
I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA

PROFILI SISMICI A RIFRAZIONE  
AA-BB' E CC-DD'

SCALA :  
**1:1.000**

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERADISCIPLINA PROGR. REV.

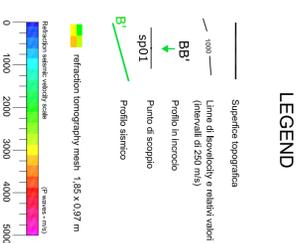
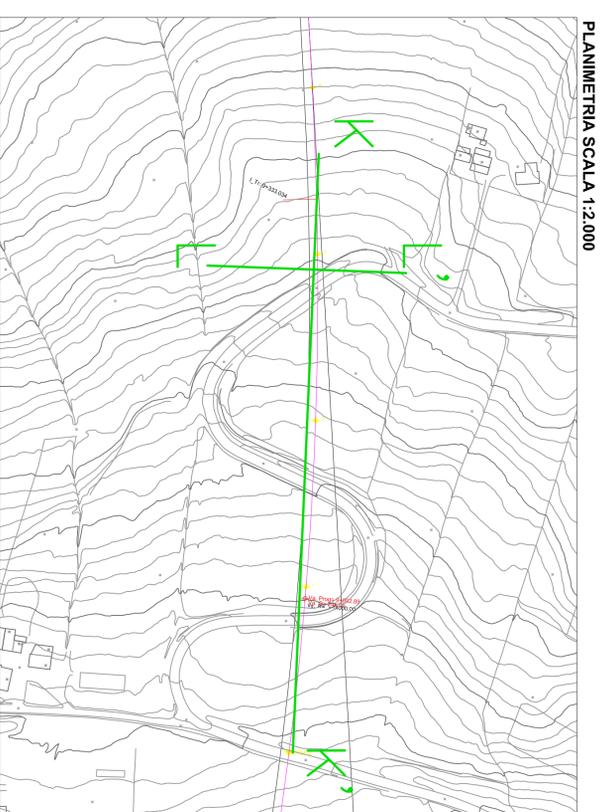
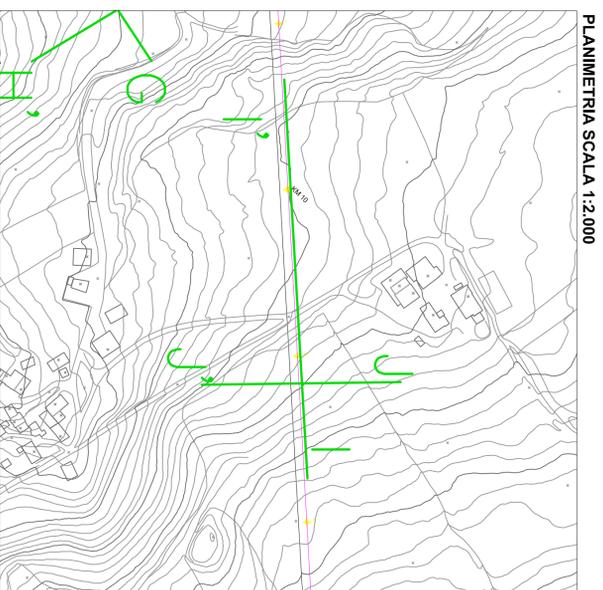
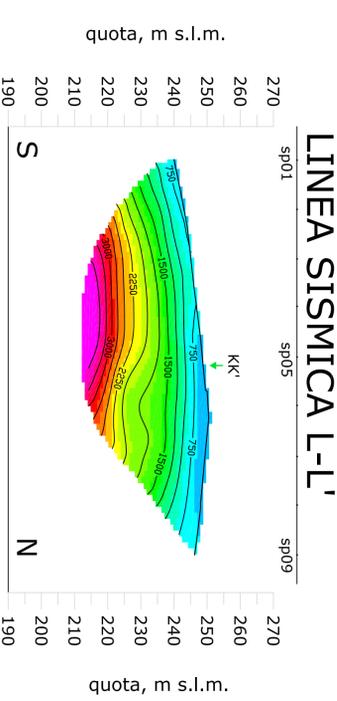
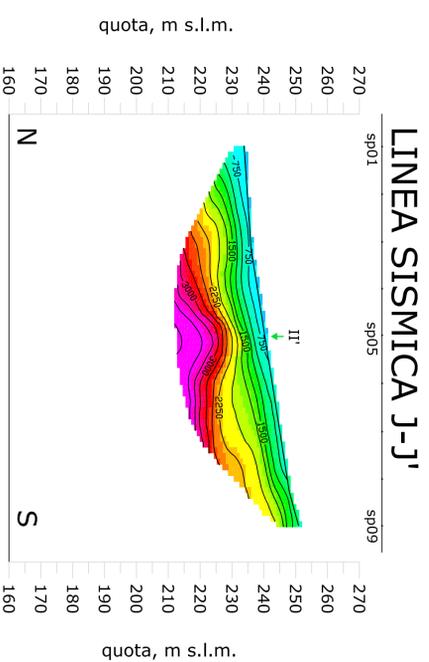
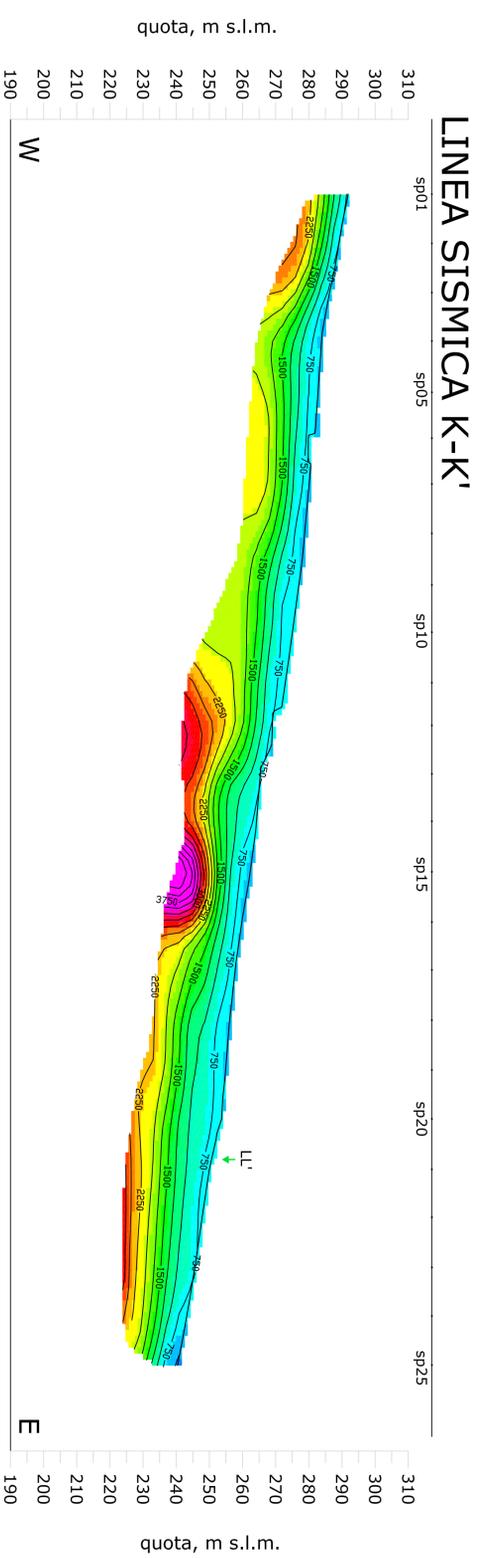
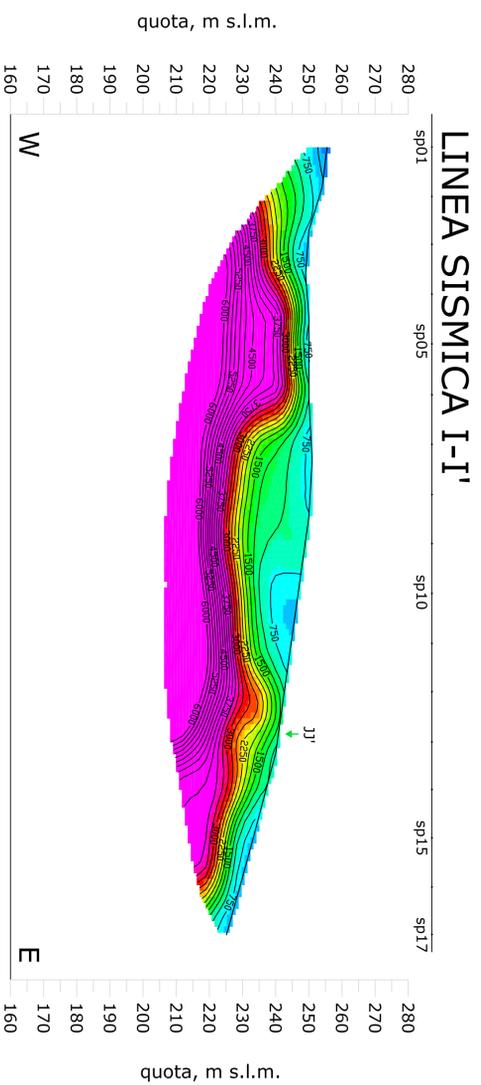
IF06 00 D 69 19 GE0005 003 A

Revista	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	WONZETTO	APRILE 2017	S. GIULIANO	APRILE 2017	D. ARENA	APRILE 2017	F. MARCHESE	APRILE 2017

File: IF0600051919GE0005003A.pdf

n. Etdp.: 516





COMITENTE:  
**IRFI**  
 RETE FERROVIARIA ITALIANA  
 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE



PROGETTAZIONE:

DIREZIONE TECNICA  
 U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE  
 PROGETTO DEFINITIVO

ITINERARIO NAPOLI - BARI  
 RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA  
 LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA

PROFILI SISMICI A RIFRAZIONE  
 II-'JJ' E KK-'LL'

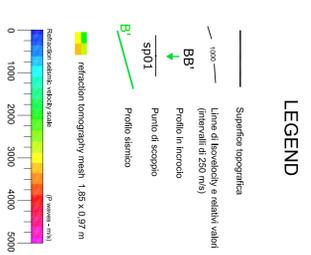
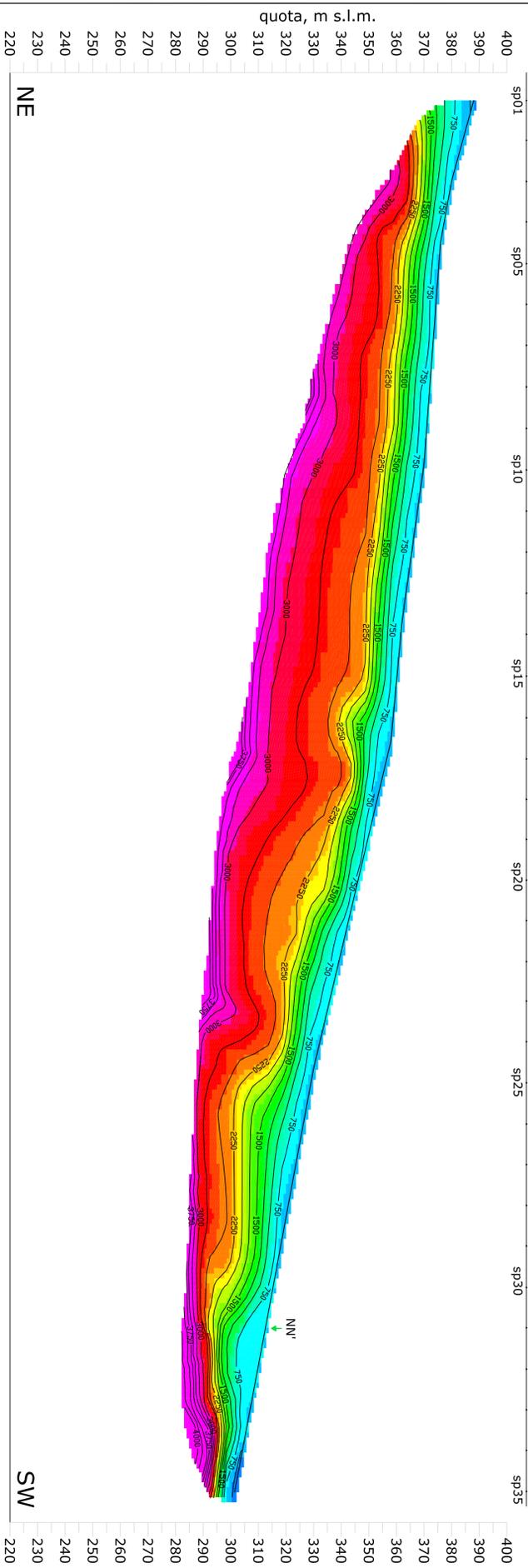
SCALA :  
**1:1.000**

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERADISCIPLINA PROG. REV.

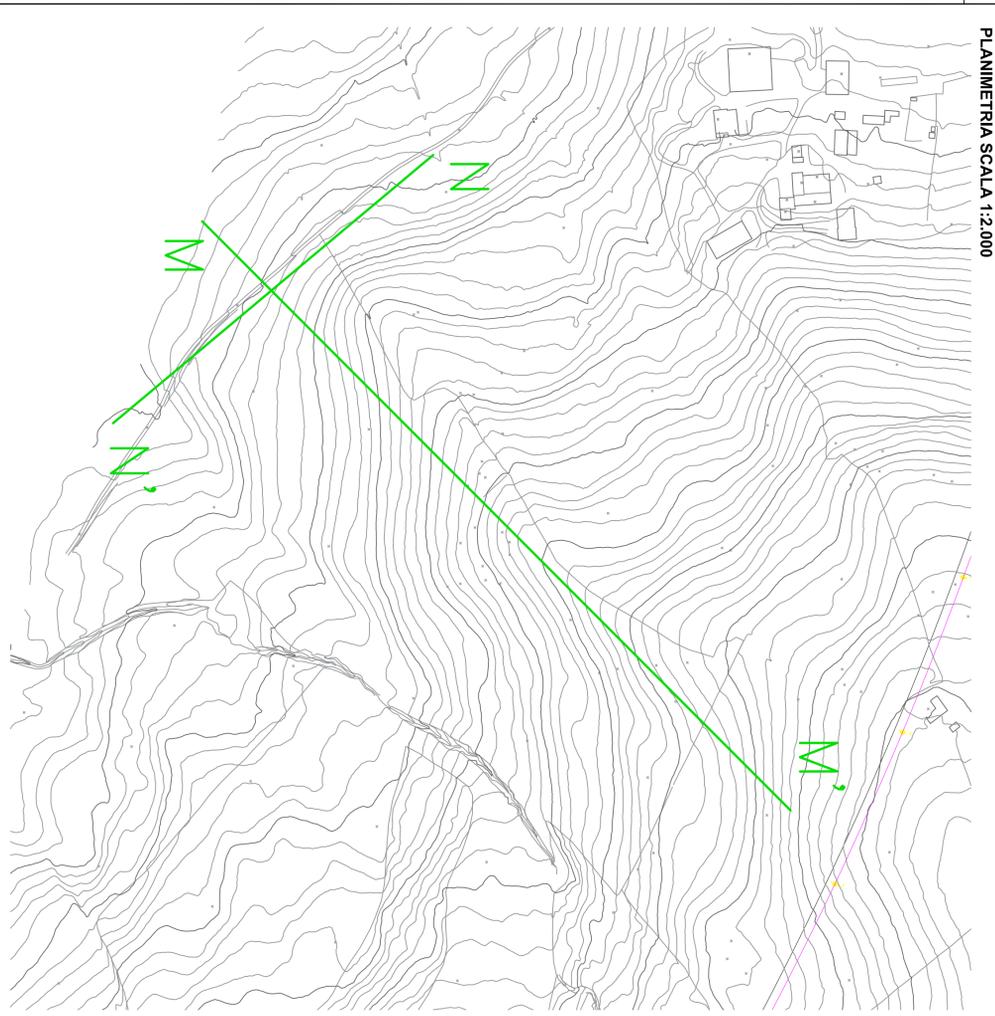
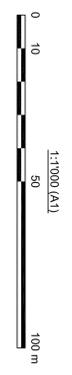
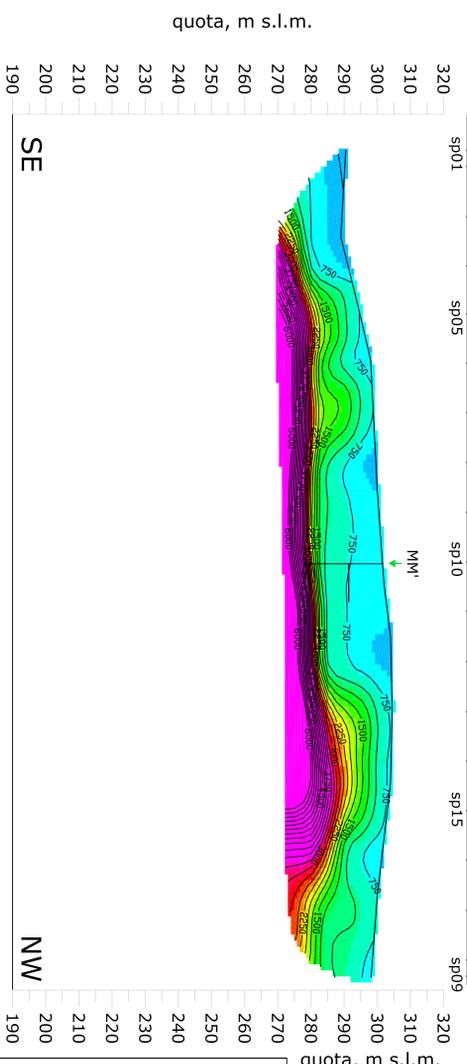
Revista	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	WENZETTO	APRILE 2017	S. GIULIANO	APRILE 2017	D. ARRETA	APRILE 2017	F. MARCHESE	APRILE 2017

File: IRFC000091GCE0005005A.pdf n. Etdp.: 518

# LINEA SISMICA M-M'



# LINEA SISMICA N-N'



quota, m s.l.m.

COMMITTENTE:  
**IRFI**  
 RETE FERROVIARIA ITALIANA  
 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

PROGETTAZIONE:  
**ITALFERR**  
 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

DIREZIONE TECNICA  
 U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE

PROGETTO DEFINITIVO

ITINERARIO NAPOLI - BARI  
 RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA  
 I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA

PROFILI SISMICI A RIFRAZIONE  
 MM'-NN'

SCALA : **1:1.000**

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERADISCIPLINA PROGR. REV.  
**IF06 00 D 69 IG GE0005 006 A**

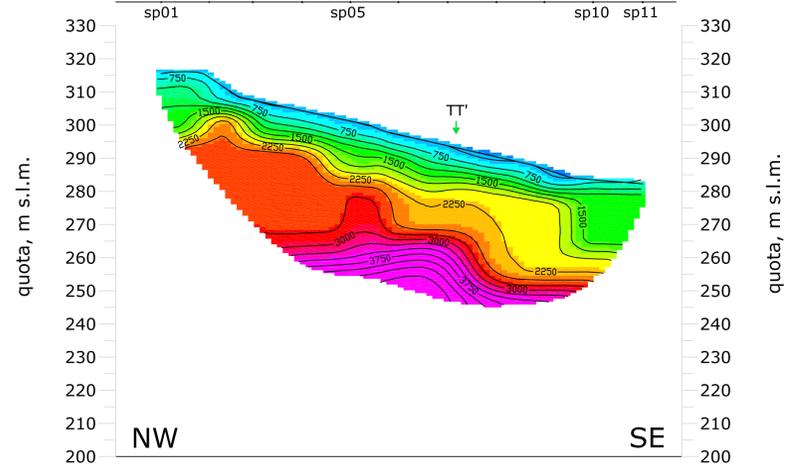
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	WENZETTO	APRILE 2017	S.GIULIANO	APRILE 2017	D. ARRETA	APRILE 2017	F. MARCHESE	APRILE 2017

File: IF0600050005006A.pdf

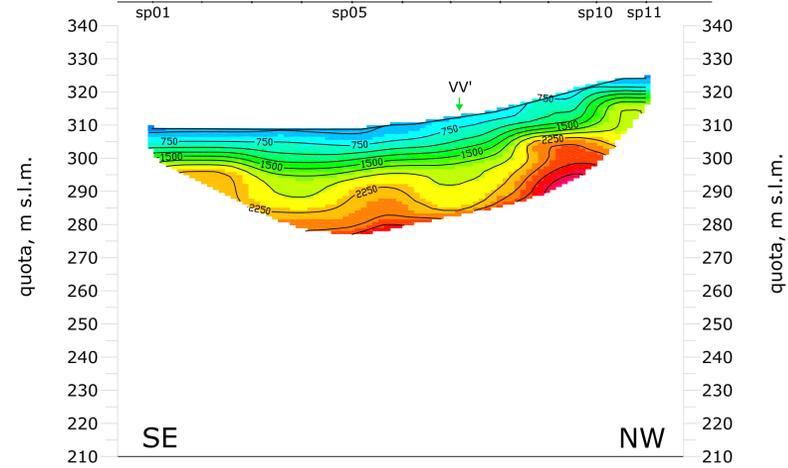
n. Edip.: 519



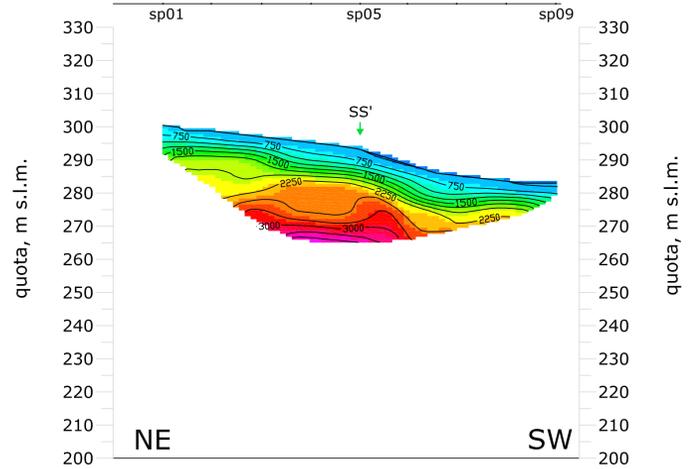
### LINEA SISMICA S-S'



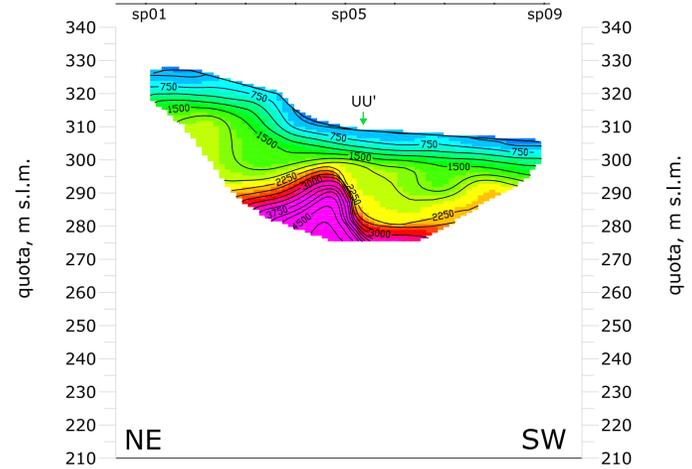
### LINEA SISMICA U-U'



### LINEA SISMICA T-T'

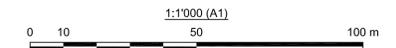


### LINEA SISMICA V-V'

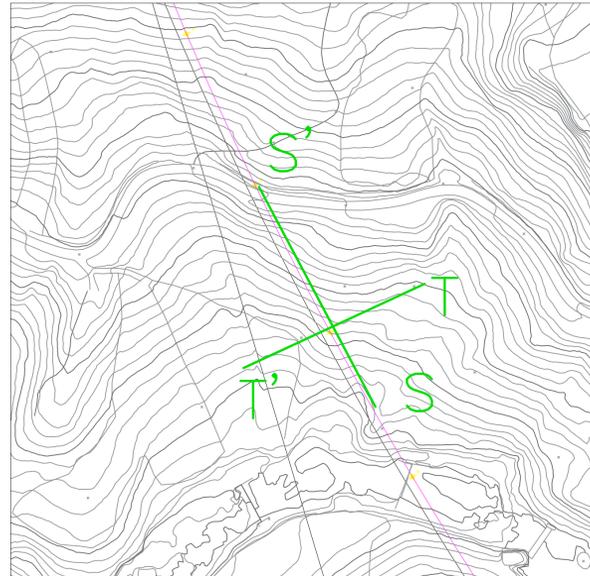


#### LEGENDA

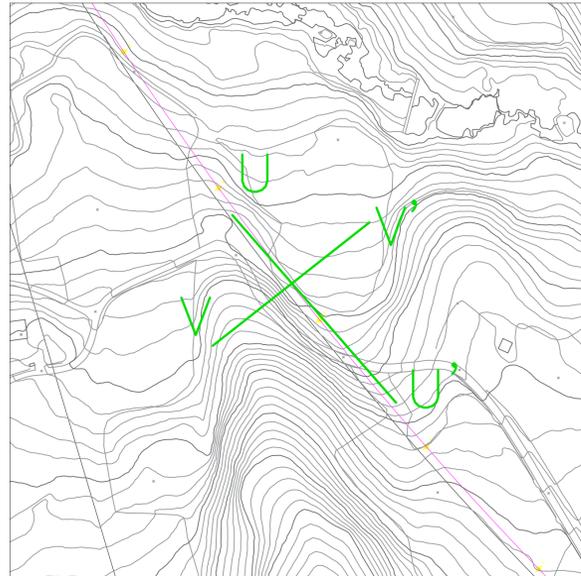
- Superficie topografica
  - Linee di isovelocità e relativi valori (intervalli di 250 m/s)
  - Profilo in incrocio
  - Punto di scoppio
  - Profilo sismico
  - refraction tomography mesh 1.85 x 0.97 m
- Refraction tomography velocity scale (P waves - m/s)
- 0 1000 2000 3000 4000 5000



#### PLANIMETRIA SCALA 1:2.000



#### PLANIMETRIA SCALA 1:2.000



COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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

**PROGETTO DEFINITIVO**

**ITINERARIO NAPOLI - BARI**  
**RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA**  
**I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA**

**PROFILI SISMICI A RIFRAZIONE**  
**SS'-TT' E UU'-VV'**

SCALA :  
**1:1.000**

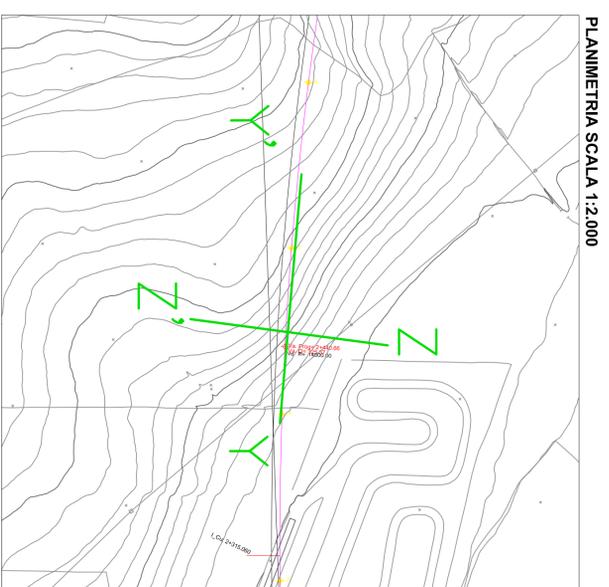
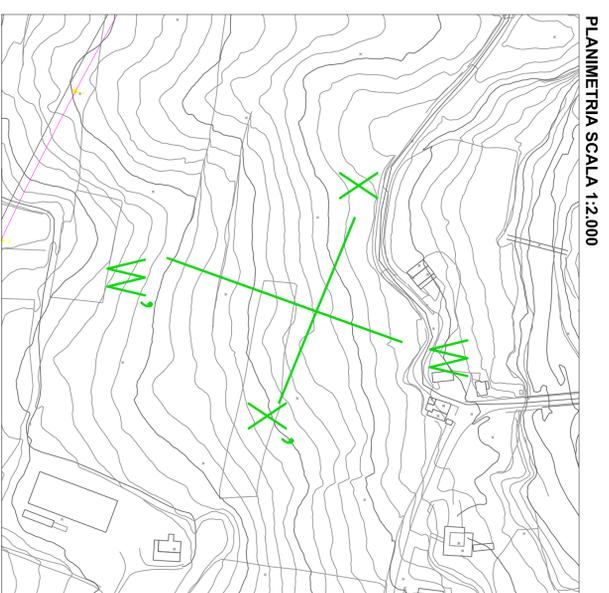
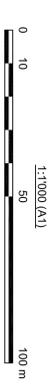
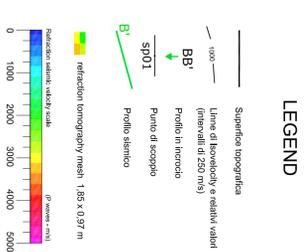
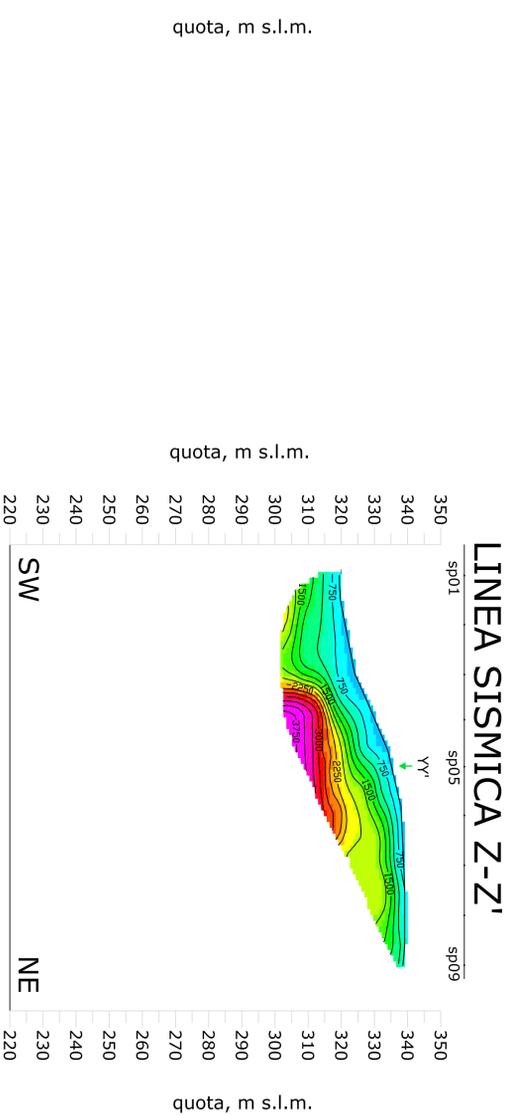
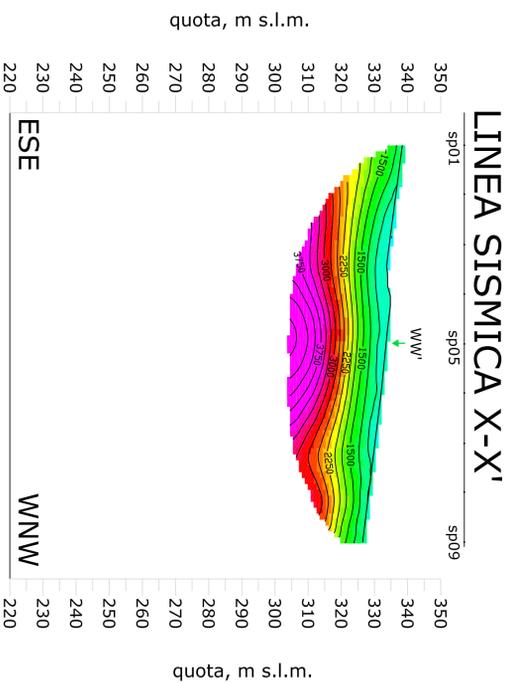
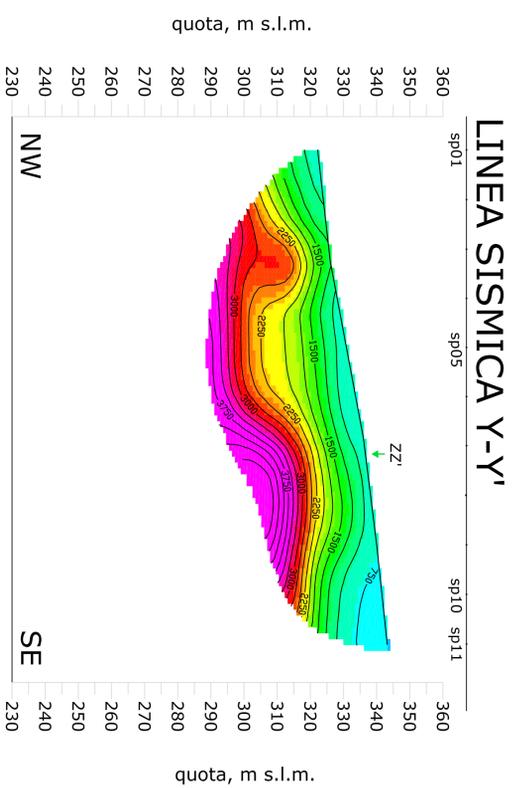
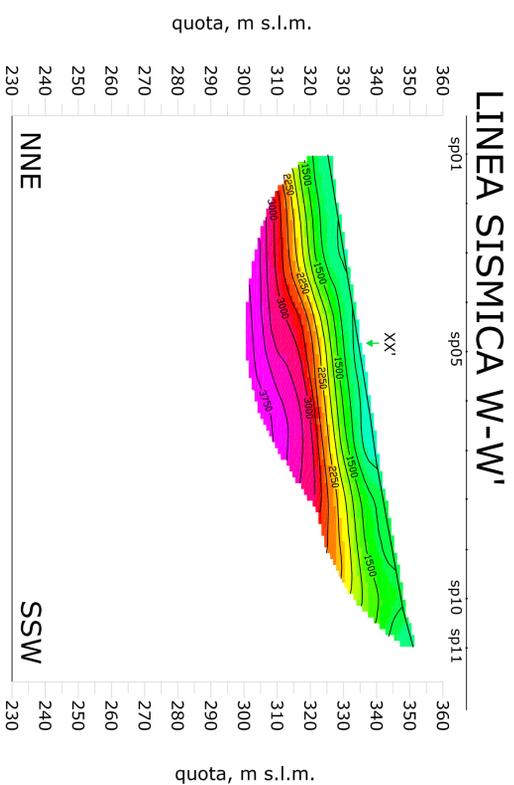
COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

IFOG 00 D 69 IG GE0005 008 A

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	VICENZETTO	APRILE 2017	S.GIULIANO	APRILE 2017	D.APREA	APRILE 2017	F. MARCHESE APRILE 2017

FILE: IF000069IGGE0005008A.pdf

n. Elab.: 521



COMMITTENTE:			
PROGETTAZIONE:			
<b>DIREZIONE TECNICA</b>			
<b>U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE</b>			
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>			
<b>ITINERARIO NAPOLI - BARI</b>			
<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b>			
<b>I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA</b>			
<b>PROFILI SISMICI A RIFRAZIONE</b>		SCALA : <b>1:1.000</b>	
<b>WW'-XX' E YY'-ZZ'</b>			
COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERADISCIPLINA PROGR. REV.			
<b>IF09 00 D 69 IG GE0005 009 A</b>			
Revisi	Descrizione	Redatto	Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	WENZETTO	APRILE 2017
		VERIFICATO	Data
		S. GIULIANO	APRILE 2017
		APPROVATO	Data
		D. ARRETA	APRILE 2017
		AUTORIZZATO	Data
		F. MARCHESE	APRILE 2017
File: IF0900059IGGE0005009A.pdf		n. Elob.: 522	

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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

**PROGETTO DEFINITIVO**

**ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA**

**INDAGINI GEOFISICHE**

SCALA:

-

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

I F 0 G 0 0 D 6 9 I G G E 0 0 0 5 0 1 0 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	P. Chiara	Giugno 2017	S. GIUGLIANO	Giugno 2017	D. APREA	Giugno 2017	F. MARCHESE GIUGNO 2017
								 ITU/FERR S.p.A. Dott. Geologo Francesco MARCHESE C/O Direzione Regionale Geologia, Terreni e Bonifiche Viale Garibaldi, 179 ES

File: IF0G00D69IGGE0005010A.pdf

n. Elab.: 523

## INDICE

1.	INTRODUZIONE .....	3
1.1	PREMESSA E SCOPI DELL'INDAGINE GEOFISICA.....	3
2.	DATI GEOGNOSTICI DI RIFERIMENTO .....	4
3.	METODOLOGIE IMPIEGATE.....	4
3.1	INDAGINE SISMICA PER ONDE SUPERFICIALI MASW .....	4
3.1.1	Principi di funzionamento e cenni sul metodo .....	4
3.1.2	Strumentazione utilizzata, configurazione di indagine, codice di configurazione ed inversione dati .....	5
4.	RISULTATI .....	7
4.1	ORGANIZZAZIONE DELLE TAVOLE NELL'ALLEGATO GRAFICO 1 ..	7
4.2	ANALISI DEI RISULTATI .....	7
4.2.1	Area MASW FA09 .....	7
5.	BIBLIOGRAFIA.....	9
6.	ALLEGATO GRAFICO N.1 – TAVOLE 1 E 2 .....	10

## 1. INTRODUZIONE

### 1.1 Premessa e scopi dell'indagine geofisica

La presente relazione illustra i risultati della prospezione geofisica non invasiva, condotte secondo le modalità previste nelle specifiche tecniche Italferr, eseguita presso la Stazione di Paduli (BN), per il progetto definitivo del II Lotto funzionale Apice – Irpinia, riguardante il raddoppio della Tratta Apice – Orsara, della linea ferroviaria ad alta velocità Napoli-Bari.

Le prospezioni geofisiche sono state condotte utilizzando la metodologia sismica M.A.S.W..

Le indagini MASW consentono invece di ottenere la distribuzione monodimensionale della velocità di propagazione delle Onde di Taglio Vs, lungo un profilo verticale, utile alla attribuzione della categoria dei suoli pertinenti all'area di indagine ed ai fini della valutazione degli effetti sismici locali, propedeutici alla corretta progettazione delle opere ferroviarie e/o di viabilità connesse.

Le informazioni inerenti la stratigrafia e le litologie locali mediamente presenti nel sottosuolo, necessarie per i confronti di "taratura" delle indagini geofisiche, derivano dalle stratigrafie ricostruite dai sondaggi a carotaggio continuo realizzate nelle vicinanze delle varie aree di indagine relative alla presente tratta.

Nell'area ubicata in Figura 1 e alla Tavola 1 dell'Allegato grafico alla presente, è indicata l'area di allestimento della stesa sismica per onde superficiali con tecnica multicanale identificata con l'acronimo inglese M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves).



Figura 1: Ubicazione di dettaglio indagine MASW FA09



ITINERARIO NAPOLI - BARI  
RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA  
I LOTTO FUNZIONALE APICE – IRPINIA

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	00 D 69	IG	GE0005 010	A	4 di 12

## 2. DATI GEOGNOSTICI DI RIFERIMENTO

L'assetto geologico locale, nella stazione di Paduli (BN), come anticipato in premessa, è noto sulla base della stratigrafia derivata dal sondaggio a carotaggio continuo FA09, realizzato in prossimità dell'area di prospezione geofisica.

## 3. METODOLOGIE IMPIEGATE

### 3.1 INDAGINE SISMICA PER ONDE SUPERFICIALI MASW

#### 3.1.1 Principi di funzionamento e cenni sul metodo

La tecnica MASW sfrutta la propagazione delle onde superficiali (o di Rayleigh), la quale 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 invariabile.

Il metodo MASW, impiegato solo qualitativamente ai fini della ricostruzione sismostratigrafica di massima, è invece efficace per il calcolo speditivo 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.

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

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

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

Categoria	Descrizione
S1	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

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

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

- Impiego di Sismografo a 48 canali e dinamica del convertitore analogico digitale a 24 Bit, impiegato in configurazione a 24-48 canali;
- 24-48 geofoni con frequenza naturale a 4.5Hz, distanza intergeofonica pari a 2m;
- piastra di battuta in alluminio;



Figura 2: Sismografo digitale a 24 bit.

- massa battente da 12Kg 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).

	<b>ITINERARIO NAPOLI - BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – IRPINIA</b>					
	<b>INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA IF0G	LOTTO 00 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 010	REV. A

## 4. RISULTATI

### 4.1 Organizzazione delle Tavole nell'Allegato Grafico 1

Nell'Allegato Grafico No. 1, è riportato il sismogramma medio utilizzato per l'elaborazione, relativa ad ogni area di indagine, il profilo monodimensionale di velocità onde S inerente, unitamente allo spettro F-K e alle curve di dispersione sperimentale oggetto del "picking" dei massimi sulla curva F-K e, sovrapposta, quella ottimizzata secondo il modello interpretativo che meglio si accoppia a quello sperimentale.

Nei paragrafi seguenti, è invece trattato il calcolo della  $V_{s30}$  e l'attribuzione del valore alla classe di suolo idonea.

L'allegato grafico No.1 è composto da 2 Tavole:

- Le tavole 1 e 2 sono relative all'indagine di sismica MASW FA\_09 presso la Stazione di Paduli (BN).

### 4.2 Analisi dei risultati

Nella presente indagine, in fase di elaborazione dei dati, il comportamento sismostratigrafico nei primi 30m 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 1m. 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 di accrescere 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.

Nel presentazione dei risultati, è raffigurato dapprima il sismogramma medio utilizzato per l'elaborazione, quindi il profilo monodimensionale di velocità onde S, unitamente allo spettro F-K e alla curve di dispersione sperimentale oggetto del "picking" dei massimi sulla curva F-K; sovrapposta a quest'ultima, è tratteggiata la curva ottimizzata secondo il modello interpretativo che meglio si accoppia a quello sperimentale. Sono riportati infine il calcolo della  $V_{s30}$  e l'attribuzione del valore alla classe di suolo idonea.

#### 4.2.1 Area MASW FA09

A seguito dell'indagine e dell'elaborazione effettuata, i risultati del MASW FA09 sono riassunti nella tabella sottostante.

<u>Sismostrato</u>	<u>Spessore (m)</u>	<u>Profondità (m dal p.c.)</u>	<u>Vs (m/s)</u>
1	1	0	265
2	1	1	126
3	1	2	162
4	1	3	209
5	1	4	274
6	1	5	314
7	1	6	359
8	1	7	406
9	1	8	451
10	1	9	493
11	1	10	531
12	1	11	567
13	1	12	600
14	1	13	631
15	1	14	660
16	1	15	687
17	1	16	712
18	1	17	734
19	1	18	755
20	1	19	773
21	1	20	790
22	1	21	805
23	1	22	818
24	1	23	830
25	1	24	840
26	1	25	849
27	1	26	856
28	1	27	862
29	1	28	867
30	INF	29	871

Tabella 4.2.1.1 – Modello a 30 sismostrati, con identificazione, per ogni intervallo di 1m, della distribuzione di velocità dei terreni indagati con metodologia M.A.S.W..

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

$$V_{s30}=467 \text{ m/s.}$$

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”.



ITINERARIO NAPOLI - BARI  
RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA  
I LOTTO FUNZIONALE APICE – IRPINIA

INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	00 D 69	IG	GE0005 010	A	9 di 12

## 5. 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-MENACHEM A. E SINGH S.J., 1981. *Seismic Waves and Sources*, Springer-Verlag, New York.
- 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.;
- MCMECHAN G.A., YEDLIN M.J., 1981, Analysis of dispersive wave by wave field transformation, *Geophysics*, 46, 869-874;
- NAZARIAN S., STOKOE K.H., 1986, Use of surface waves in pavement evaluation, *Transp. Res. Rec*, 1070, 132-144;
- PARK C.B., MILLER R.D., XIA J., 2001, Offset and resolution of dispersion curve in multichannel analysis of surface waves (MASW), *proc. SAGEEP 2001*;
- 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**  
**I LOTTO FUNZIONALE APICE – IRPINIA**

**INDAGINI GEOFISICHE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	00 D 69	IG	GE0005 010	A	10 di 12

**6. ALLEGATO GRAFICO N.1 – TAVOLE 1 e 2**

**Ubicazione Indagine**



**Immagine Esecuzione Indagine**



**Immagine Area Indagine**



**OGGETTO**

Area Indagine sismica  
MASW FA09

STAZIONE DI  
PADULI (BN)

Progetto Definitivo  
Itinerario Napoli – Bari

Raddoppio Tratta  
APICE – ORSARA  
I Lotto funzionale  
APICE – IRPINIA



**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

**ELAB** G. Luciani

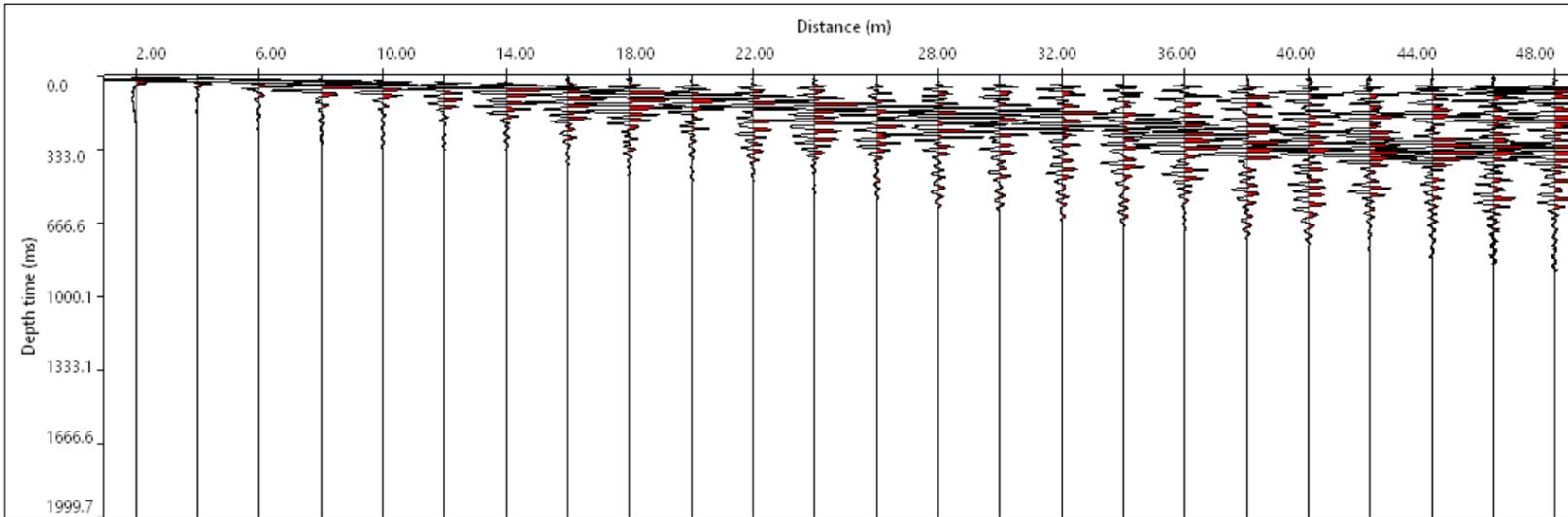
**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara

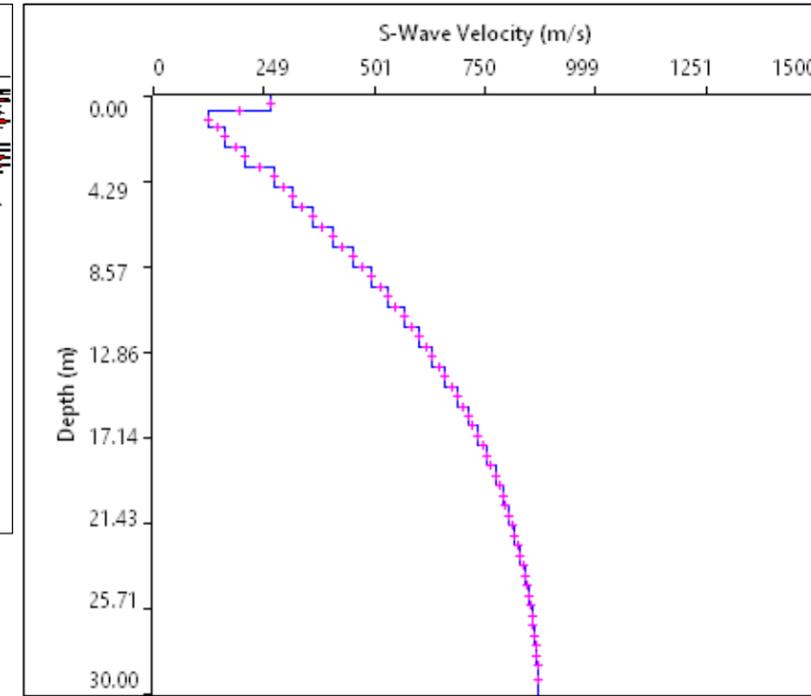
# INDAGINI SISMICHE MASW FA09

TAVOLA

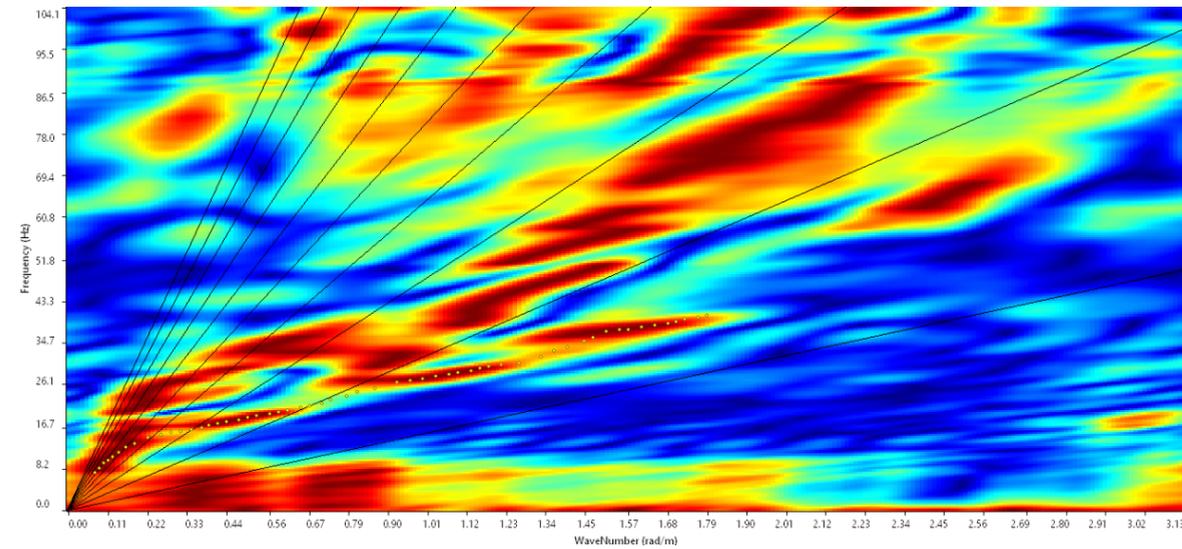
2



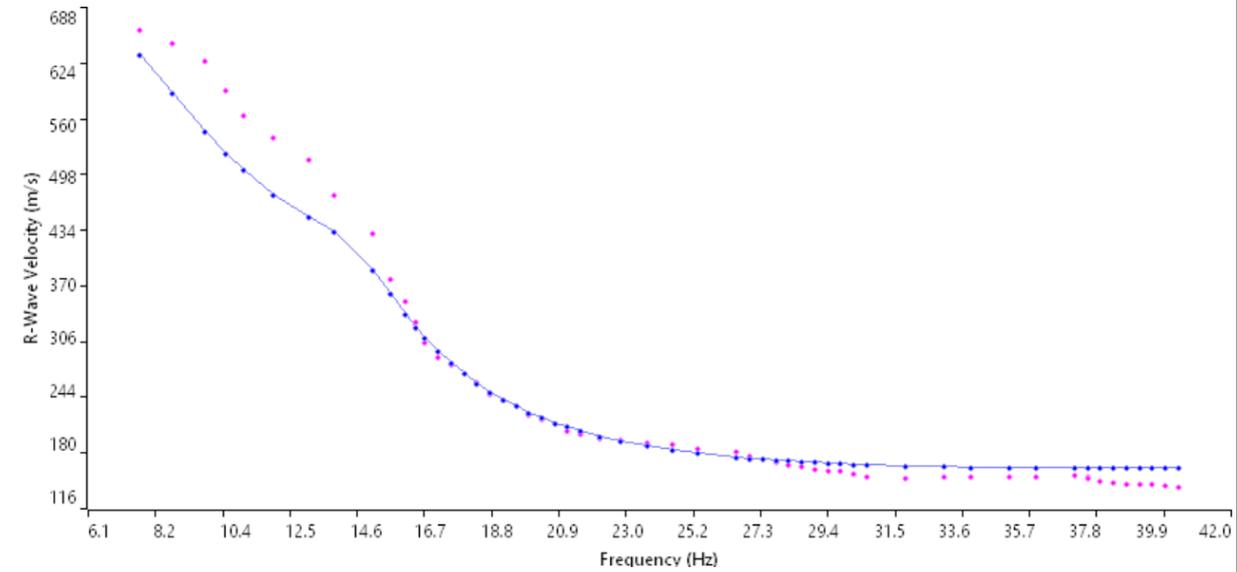
Sismogramma medio utilizzato



Profilo velocità onde S



Spettro F-K



Accoppiamento curve di dispersione

**OGGETTO**

Area Indagine sismica  
MASW FA09

STAZIONE DI  
PADULI (BN)

Progetto Definitivo  
Itinerario Napoli – Bari

Raddoppio Tratta  
APICE – ORSARA  
I Lotto funzionale  
APICE – IRPINIA



Per la  
**SOING Strutture e  
Ambiente srl**

**ELAB** G. Luciani

**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara