

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



**DIREZIONE TECNICA**

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

**PROGETTO DEFINITIVO**

**ITINERARIO NAPOLI - BARI**

**RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO**

**II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO**

**3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO**

**INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE - TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D - M.A.S.W.**

SCALA:

---

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

IF0H 32 D 69 IG GE0005 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
A	EMISSIONE	P. Chiara	Maggio 2017	A. Salvagnini	Maggio 2017	F. Cerrone	Maggio 2017	F. M... Maggio

File: IF0H32D69IGGE005001A.doc

n. Elaborazione

ITALFERR S.p.A.  
Dott. Geologo Francesco MARCHESE  
RISPOSTE  
UO GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE  
Ordine Geologi Lazio n. 17912

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –</b> <b>TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.</b>					
	<b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA IF0H	LOTTO 32 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

## INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	4
1.1	PREMESSA E SCOPI DELL'INDAGINE GEOFISICA .....	4
2.	DATI GEOGNOSTICI DI RIFERIMENTO .....	5
3.	METODOLOGIE IMPIEGATE.....	5
3.1	INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE .....	5
3.1.1	Strumentazione Utilizzata .....	5
3.1.2	Principi base della Sismica a Rifrazione.....	5
3.1.3	Configurazione delle misure ed elaborazione dati.....	6
3.2	INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA.....	8
3.2.1	Strumentazione.....	8
3.2.2	Principi base della tecnica tomografica elettrica (ERT).....	8
3.2.3	Proprietà elettriche del suolo ed interpretazione dei valori di resistività.....	9
3.2.4	Configurazione delle misure ed elaborazione dati.....	10
3.3	INDAGINE SISMICA PER ONDE SUPERFICIALI MASW.....	11
3.3.1	Principi di funzionamento e cenni sul metodo .....	11
3.3.2	Strumentazione utilizzata, configurazione di indagine, codice di configurazione ed inversione dati.....	12
4.	RISULTATI.....	14
4.1	PREMESSA .....	14
4.2	INTERPRETAZIONE DELLE LINEE TOMOGRAFICHE SISMICHE S6, S7 .....	14
4.2.1	Sezioni tomografiche S6, S7 per onde P ed SH.....	14
4.3	INTERPRETAZIONE DELLE LINEE TOMOGRAFICHE SISMICHE S8, S9 E TOMOGRAFICHE ELETTRICHE ERT3 E ERT4 - ALLEGATO 2.....	16
4.3.1	Sezioni tomografiche S8 e ERT3, S9 e ERT4.....	16
4.4	INTERPRETAZIONE DELLE LINEE TOMOGRAFICHE SISMICHE S10 E S11 – ALLEGATO 3.....	20
4.4.1	Sezioni tomografiche S10 e S11 per onde P ed SH.....	20
4.5	INTERPRETAZIONE DELLA LINEA SISMICA S12 – ALLEGATO 4.....	22
4.5.1	Sezione tomografica sismica S12 per onde P ed SH.....	22
4.6	INTERPRETAZIONE DELLE LINEE TOMOGRAFICHE SISMICHE S15 E S16 – ALLEGATO	

**RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IF0H	32 D 69	IG	GE0005 001	A	3 di 80

5 .....	24
4.6.1 Sezioni tomografiche sismiche S15 e S16 per onde P ed SH .....	24
4.7 INTERPRETAZIONE DELLE LINEE TOMOGRAFICHE SISMICHE ED ELETTRICHE S17, S18 MOD B E S18 BIS MOD – ALLEGATO 6.....	26
4.7.1 Sezione tomografica sismica S17 – tomografia elettrica ERT5.....	27
4.7.2 Sezione tomografica sismica S18 mod B .....	28
4.7.3 Sezione Sismica tomografica S18 bis mod – tomografia elettrica ERT6 .....	29
4.8 INTERPRETAZIONE DELLE LINEE TOMOGRAFICHE SISMICHE ED ELETTRICHE S19, S20 – ALLEGATO 7.....	32
4.8.1 Sezioni tomografiche sismiche S19 e S20 per onde P ed SH .....	32
4.9 INTERPRETAZIONE DELLE LINEE TOMOGRAFICHE SISMICHE S21 E S22 – ALLEGATO 8 .....	34
4.10 ANALISI DEI RISULTATI DELLE INDAGINI MASW – ALLEGATO 9.....	36
4.10.1 Area MASW 5 .....	36
4.10.2 Area MASW 6 .....	37
4.10.3 Area MASW 7 .....	39
5. BIBLIOGRAFIA .....	41
6. ALLEGATO GRAFICO N.1 – TAVOLE DALLA 1 ALLA 2 .....	43
7. ALLEGATO GRAFICO N.2 – TAVOLE DALLA 1 ALLA 2 .....	46
8. ALLEGATO GRAFICO N.3 – TAVOLA DALLA 1 ALLA 4 .....	49
9. ALLEGATO GRAFICO N.4 – TAVOLA 1.....	54
10. ALLEGATO GRAFICO N.5 – TAVOLE DALLA 1 ALLA 2 .....	56
11. ALLEGATO GRAFICO N.6 – TAVOLE DALLA 1 ALLA 3 .....	59
12. ALLEGATO GRAFICO N.7 – TAVOLE DALLA 1 ALLA 2 .....	63
13. ALLEGATO GRAFICO N.8 – TAVOLA 1.....	66
14. ALLEGATO GRAFICO N.9 – TAVOLE DALLA 1 ALLA 6 .....	68
15. ALLEGATO GRAFICO N.10 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA .....	75

	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –</b> <b>TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.</b>					
	<b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA IF0H	LOTTO 32 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

## INTRODUZIONE

### 1.1 Premessa e scopi dell'indagine geofisica

La presente relazione illustra i risultati della campagna di prospezioni geofisiche non invasive, condotte secondo le modalità previste nelle specifiche tecniche Italferr, eseguite sul 3° Lotto funzionale San Lorenzo–Vitulano, compresa tra le chilometriche 38+700 e 46+950, per il progetto definitivo del secondo Lotto funzionale Frasso Telesino - Vitulano, riguardante il raddoppio della Tratta Canello-Benevento, della linea ferroviaria ad alta velocità Napoli-Bari.

Le prospezioni geofisiche sono state condotte utilizzando metodologie 2D sismiche tomografiche a rifrazione per onde P ed SH e tomografiche elettriche. Sono state inoltre realizzate sei stese sismiche per onde superficiali con metodologie M.A.S.W. all'interno delle chilometriche in precedenza citate e un ulteriore stesa M.A.S.W. in corrispondenza della progressiva km 47+520, per un nuovo fabbricato tecnologico nella stazione FS Vitulano.

L'indagine sismica a rifrazione con interpretazione tomografica è stata impiegata al fine di definire, nei limiti delle metodologie impiegate, gli spessori dei terreni di copertura e ricostruire l'andamento del substrato. In particolare, per quest'ultimo, attraverso le variazioni complesse di velocità di propagazione delle onde P ed SH, si è cercato di individuare le porzioni fratturate da quelle con buona probabilità integre e compatte.

Le tomografie elettriche (ERT, electrical resistivity tomography) bidimensionali, attraverso la misura della distribuzione del parametro di resistività estesa al volume di terreno soggetto ad indagine, sono perlopiù condotte laddove sia necessario aumentare l'efficacia diagnostica ed il dettaglio nelle porzioni di copertura ed in zone di frana o con presenze di formazioni con materiali con frazioni coesive, argillose o fini, di tipo limo-argilloso o sabbioso limose o, ancora in presenza di massi erratici superficiali e di substrato argillitico.

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 del suolo pertinente a ciascuna area di indagine.

I risultati delle sezioni sismiche a rifrazione tomografica per onde di compressione e di taglio sono indicate rispettivamente con le sigle S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S15, S16, S17, S18 Bis Mod e S18 Mod B, S19, S20, S21 e S22; le linee tomografiche elettriche sono contraddistinte dagli acronimi ERT3 (presso S8), ERT4 (presso S9), ERT5 (presso S17), ERT6 (presso S18bis mod). Le sezioni S6, S7 sono riportate nell'Allegato 1, le sezioni S8 e S9 e le corrispondenti ERT3 e ERT4, nell'Allegato 2 alla presente Relazione; la S10 e S11 sono consultabili nell'Allegato 3 e, nelle Tavv. 3 e 4 del medesimo Allegato, sono riportate per opportuno confronto le Linee sismiche L13 e L14, acquisite nel 2014 rispettivamente in posizioni parallele alla S11 e perpendicolare alle S10 e S11, nelle medesime aree. Nell'Allegato 4 è consultabile la S12, nell'Allegato 5 la S15 e S16. Nell'Allegato 6 sono mostarte le sezioni ERT5 e 6 e le sezioni sismiche S17, S18 bis mod, S18 mod B. Infine, negli

	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –</b> <b>TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.</b>					
	<b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA IF0H	LOTTO 32 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV A

Allegati 7 e 8 sono presentate rispettivamente le Linee sismiche S19 e S20 e le S21 e S22. I risultati delle Linee MASW 5, 6 e MASW 7 sono presentati nell'Allegato 9. Nel decimo e ultimo allegato è riassunta la documentazione fotografica relativa alle indagini tomografiche sismiche ed elettriche sul Lotto di pertinenza.

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.

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

## 2. DATI GEOGNOSTICI DI RIFERIMENTO

L'assetto geologico locale, nella tratta compresa tra le chilometriche 38+700 e 46+950, come anticipato in premessa, è noto principalmente sulla base delle stratigrafie derivate dai sondaggi a carotaggio continuo realizzati in prossimità dell'area di prospezione geofisica.

In particolare, nel prosieguo, per le linee tomografiche sismiche ed elettriche si farà riferimento alle stratigrafie dei sondaggi IF15F42, IF15G43, IF15G46, IF15G41, IF15G40 e IF15V47.

Per la corretta interpretazione dei risultati sono state utilizzate inoltre le informazioni derivate dall'osservazione diretta dei materiali affioranti nei vari siti indagati.

## 3. METODOLOGIE IMPIEGATE

### 3.1 Indagine sismica a rifrazione

#### 3.1.1 Strumentazione Utilizzata

Per il presente lavoro è stato impiegato un sistema a 48 canali, espandibile a 96, che possiede le seguenti caratteristiche tecniche principali:

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

Sono quindi stati impiegate catene di geofoni fino a 96 elementi, con frequenza naturale a 14 Hz collegati fino a 4 cavi multi conduttori ciascuno a 24 prese.

#### 3.1.2 Principi base della Sismica a Rifrazione

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

	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –</b> <b>TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.</b>					
	<b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA IF0H	LOTTO 32 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

dello stendimento e della profondità di indagine richiesta. Nel nostro caso è stata impiegata una massa battente.

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

### 3.1.3 Configurazione delle misure ed elaborazione dati

Per l'esecuzione dei profili sismici sono stati utilizzati cavi sismici multiconduttori a 24 geofoni ciascuno, impiegati con allineamenti fino a 96 stazioni (geofoni), a formare le linee di acquisizione, impiegando dove necessario tecniche roll-along.

Per ogni base a 48 canali sono state considerate 11/12 postazioni di scoppio (punti di energizzazione) di cui 10 interni allo stendimento e 2 esterni di raccordo con la base successiva; per ogni postazione sono state acquisite molteplici registrazioni ("stacking"), al fine di ottimizzare il segnale in risposta.

Per il processing dei dati è stato utilizzato il Software RAYFRACT (ver. 3.24) della Intelligent Resources Inc. (Canada), basato su piattaforma Windows (32-64 bit), creato per l'elaborazione di dati tomografici sismici a rifrazione, realizzabili sia con acquisizioni per onde di compressione P che di taglio SH, per scopi geologici, geotecnico-ingegneristici, ambientali, nonché per l'esplorazione nel campo delle georisorse.

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

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

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

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –</b> <b>TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.</b>					
	<b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA IF0H	LOTTO 32 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV A

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

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

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

Considerando tutte le dromocrone disponibili si ottiene il seguente sistema

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

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

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

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

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

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

Poiché il problema è parzialmente sovradeterminato (per alcune celle si hanno molti percorsi) e parzialmente sottodeterminato (per alcune celle non è disponibile nessun percorso) esso è stato risolto con la tecnica dei minimi quadrati smorzati, cioè è stata minimizzata con la seguente funzione errore

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

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

L'affinamento della soluzione è stato ottenuto attraverso un processo tomografico di inversione basato sul metodo WET (Wavepath Eikonal Traveltime inversion: Theory,

	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –</b> <b>TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.</b>					
	<b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA IF0H	LOTTO 32 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

1993, Geophysics, Volume 58, Issue 9, pp. 1314-1323), spinto fino a 100 iterazioni per ottimizzarne il risultato finale e risolvere al meglio le zone con inversioni di velocità.

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

## 3.2 INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA

### 3.2.1 Strumentazione

La strumentazione adottata (Syscal Pro fino a 96 canali a commutazione concentrata, prodotto da IRIS Instruments, Francia), ha permesso di eseguire misure di alta precisione, con correnti indotte fino ad oltre 2 Ampere. Fondamentale in fase di acquisizione dati è stata la continua ed automatica compensazione del potenziale spontaneo, specie nei casi in cui tale valore è risultato essere dell'ordine di qualche decina di millivolts.

Il Syscal-Pro utilizzato, rispetto ai resistivimetri di più classica concezione, ha la possibilità di ricevere su 10 coppie di elettrodi contemporaneamente, abbattendo di un ordine di grandezza il tempo necessario per l'acquisizione.

### 3.2.2 Principi base della tecnica tomografica elettrica (ERT)

Il metodo della tomografia elettrica (ERT, Electrical Resistivity Tomography), si basa sulla misura eseguita sulla sequenza di migliaia di quadripoli, ciascuno di essi caratterizzato da due elettrodi di potenziale (detti convenzionalmente MN) che misurano la caduta di potenziale "ΔV" a seguito di una corrente elettrica "I" immessa nel sottosuolo da una diversa coppia di elettrodi, detti AB. I diversi valori di resistività elettrica misurati (resistività apparenti ρ<sub>a</sub>), ciascuno aggregato ad un punto diverso nel volume del terreno, in profondità, dipendono pertanto da "ΔV" e "I" secondo la seguente relazione generale:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

che è funzione, oltre che della posizione reciproca dei quattro elettrodi anzidetti (dipendenza contenuta nella costante K, che ne definisce il fattore geometrico), della distribuzione del valore del parametro di resistività elettrica nel sottosuolo interessato dalla propagazione della corrente "I"; il parametro citato della resistività elettrica è quello che permette di caratterizzare il diverso comportamento elettrico dei materiali



	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –</b> <b>TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.</b>					
	<b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA IF0H	LOTTO 32 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV A

indagati. Esso fornisce un supporto in termini di caratterizzazione del sottosuolo, nonché informazioni estensive per integrare le conoscenze derivanti dalle informazioni stratigrafiche provenienti dalle indagini dirette puntuali, quali sondaggi geognostici, allo scopo di estendere sensibilmente la conoscenza della stratigrafia e di altri attributi geologici, geomorfologici e idrogeologica dei terreni all'intera area oggetto di indagine geofisica.

### 3.2.3 Proprietà elettriche del suolo ed interpretazione dei valori di resistività

La resistività dei sedimenti è controllata principalmente dai seguenti fattori:

- grado di saturazione dei pori,
- porosità,
- fluidi,
- salinità del fluido, se presente nei pori,
- temperatura,
- eventuale presenza di sostanze organiche (idrocarburi, solventi, ecc.),
- presenza di argilla,
- presenza di minerali particolari (ad esempio le miche, minerali metalli),
- grado di compattazione.

La relazione empirica proposta da Archie è valida per suoli avente scarsa componente argillosa (sabbie, ghiaie) :

$$\rho_s = \rho_f a \phi^{-n} S^{-m}$$

dove:

- $\rho_s$  : resistività ( $\Omega \cdot m$ ) del suolo parzialmente saturo di fluido,
- $\rho_f$  : resistività ( $\Omega \cdot m$ ) del fluido presente nei pori,
- **S** : frazione del volume di pori occupata dal fluido,
- **m** : coefficiente di saturazione ( solitamente assunto essere pari a 2 ),
- **a** : costante empirica, detta di Winsaur (tipico per sabbia : 0.62)
- **n** : coefficiente empirico, detto di "tortuosità" (tipico per sabbia: 2.15),
- $\phi$  : porosità del suolo .

La resistività del fluido  $\rho_f$  è calcolabile qualora si conoscano le concentrazioni di ioni in soluzione (ad es.  $Cl^-$ ,  $SO_4^{=}$ ,  $NO_3^-$ , ecc.) utilizzando la formula

$$\rho_f = 0.0123 + 10^{(3.562 - 0.955 \log_{10} C)}$$

dove **C** è la somma delle concentrazioni (pesate da opportuni coefficienti ricavati sperimentalmente per ciascun ione) di tutti gli ioni presenti.

	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –</b> <b>TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.</b>					
	<b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA IF0H	LOTTO 32 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

In linea generale, la distribuzione della resistività elettrica consente di discriminare eventuali variazioni dei/nei geomateriali dovute alla presenza di litologie differenti o con caratteristiche di maggior o minor cementazione, fratture o discontinuità tettoniche, presenza di sostanze fluidi a comportamento elettrico resistivo o conduttivo all'interno dei pori o fratture dell'ammasso oggetto d'indagine.

Rispetto al modello elettrostratigrafico medio rappresentativo di un sito d'indagine, le variazioni di resistività verso valori più alti sono rappresentate da viraggi verso il colore rosso (così come sono rappresentate le scale di rappresentazione della resistività nelle tavole degli allegati grafici); oppure nel caso di variazioni di umidità, circolazione d'acqua, maggior contenuto in componenti limo-argillose o fini, le resistività si evidenziano graficamente con viraggi verso valori relativamente più bassi (rappresentati dal colore viola-blu-azzurro nelle medesime tavole degli allegati grafici succitati).

Nel caso di presenza di argilla, i cationi assorbiti sulla superficie delle particelle di tale sostanza offrono cammini addizionali per la corrente elettrica e quindi aumentano la conducibilità dei sedimenti. Esistono relazioni semi-empiriche valide per il calcolo della resistività di sedimenti con componente argillosa non trascurabile, che non riporteremo in questo contesto.

Terreni sabbio-limosi o ghiaioso-sabbiosi, se saturi, risultano sempre più conduttivi rispetto ai medesimi asciutti.

Nell'ambito del presente lavoro, i depositi argillosi, limo-argillosi e limo sabbiosi, specie se umidi, manifestano valori di resistività elettrica estremamente bassi, in certe circostanze inferiori alla decina di Ohm·m e fino a pochi  $\Omega\cdot m$ .

La presenza di materiali consistenti litoidi superficiali ("trovanti") con litotipi riconducibili ad arenarie presentano comportamento maggiormente resistivo rispetto alle marne argillose od argilliti; ghiaie poligeniche asciutte con scarsa o nulla matrice limosa o limo-argillosa rispondono in modo maggiormente resistivo; qualora sia presente abbondante matrice limo-argillosa e naturalmente in presenza di acque di circolazione, anche tali formazioni possono manifestare comportamenti maggiormente e talvolta marcatamente conduttivi.

### 3.2.4 Configurazione delle misure ed elaborazione dati

I profili elettrici sono stati eseguiti in sovrapposizione ad alcune linee sismiche a rifrazione, nei casi in cui è stato necessario acquisire un maggior dettaglio in superficie e comunque informazioni aggiuntive sullo stato dei terreni d'indagine. Per l'esecuzione delle linee sono state utilizzate basi con cavi multiconduttori fino a 96 elettrodi.

Le differenti interspaziature, comprese tra 1m e 2m al massimo, hanno fornito una risoluzione di dettaglio ottimale; per l'esecuzione di ciascuna linea sono state utilizzate basi con cavi multiconduttori fino a 96 elettrodi o superiori.

Nei diversi profili d'indagine sono state impiegate configurazioni miste Wenner-Schlumberger e Dipolo-Dipolo, in modo da sfruttare, di ognuna, le diverse sensibilità

	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –</b> <b>TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.</b>					
	<b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA IF0H	LOTTO 32 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV A

intrinseche laterali e verticali.

L'elaborazione bidimensionale delle misure di campagna, è stata effettuata con software proprietario a discretizzazione FEM (elementi finiti), correzione topografica, procedura di inversione robusta con possibile inserimento di vincoli complessi, capace di ricostruire la distribuzione di resistività reale in due e tre dimensioni attraverso inversione completa dei dati (basata sulla "Occam inversion").

La sezione geoelettrica è rappresentata nelle figure degli allegati grafici seguendo un criterio di presentazione sinottica. La rappresentazione dei dati consiste in un immagini tomografica del parametro di resistività elettrica.

I risultati grafici di resistività presentati nell'allegato sono visualizzati con campiture a colori caratterizzate da una scala cromatica rappresentativa della dinamica dei valori di resistività elettrica incontrati (espressi in Ohm·m,  $\Omega \cdot m$ ); tale rappresentazione consente di identificare aree elettricamente omogenee (medesimo comportamento cromatico). Queste zone di isovalori di resistività elettrica sono anche correlabili ad ammassi di materiale con caratteristiche affini.

### 3.3 INDAGINE SISMICA PER ONDE SUPERFICIALI MASW

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

Nelle diverse aree sono state allestite stese sismiche per onde superficiali con tecnica multicanale identificata con l'acronimo MASW.

La propagazione delle onde superficiali (o di Rayleigh) 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 sismo-stratigrafica 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.

	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –</b> <b>TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.</b>					
	<b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA IF0H	LOTTO 32 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

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

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

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

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

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

Categoria	Descrizione
S1	<i>Depositi di terreni caratterizzati da valori di <math>V_{s,30}</math> inferiori a 100 m/s (ovvero <math>10 &lt; c_{u,30} &lt; 20</math> 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.</i>
S2	<i>Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.</i>

### 3.3.2 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 3m o 2m;
- piastra di battuta in alluminio;

	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –</b> <b>TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.</b>					
	<b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA IF0H	LOTTO 32 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV A

- 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).



Figura 1: Sismografo digitale a 24 bit.

<b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0H	32 D 69	IG	GE0005 001	A	14 di 80

## 4. RISULTATI

### 4.1 Premessa

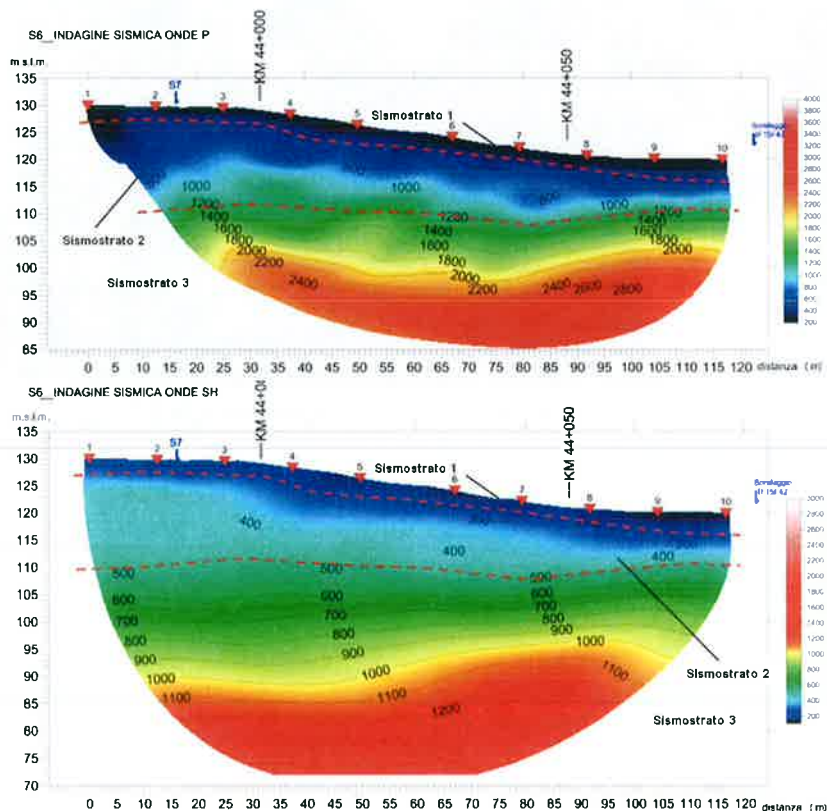
I risultati relativi alle indagini geofisiche eseguite sul 3° Lotto funzionale San Lorenzo-Vitulano, tra le chilometriche 38+700 e 46+950, sono riportati in nove Allegati grafici alla presente Relazione. Infine, nell'Allegato 10, si include una sintetica Documentazione fotografica delle linee tomografiche, sismiche ed elettriche, realizzate. Nei prossimi paragrafi e sulla base degli obiettivi di studio menzionati nel capitolo introduttivo, saranno discussi e presentati gli esiti delle prospezioni geofisiche condotte.

### 4.2 Interpretazione delle linee tomografiche sismiche S6, S7

Le linee sismiche S6 e S7 sono state eseguite intorno alla progressiva chilometrica km 44+000. I risultati sono organizzati secondo n.2 tavole di cui la prima inerente alla linea S6 e la seconda relativa alla S7.

#### 4.2.1 Sezioni tomografiche S6, S7 per onde P ed SH.

La linea S6 è stata eseguita a 48 canali con passo intergeofonico di 2,5 m; tale configurazione ha consentito di investigare i terreni fino ad una profondità massima di circa 40-45 m e di circa 50-55 m, rispettivamente impiegando le onde di compressione (P) e le onde di taglio (SH). Le immagini delle sezioni S6 per onde P ed onde SH, per comodità di trattazione, sono riportate di seguito.



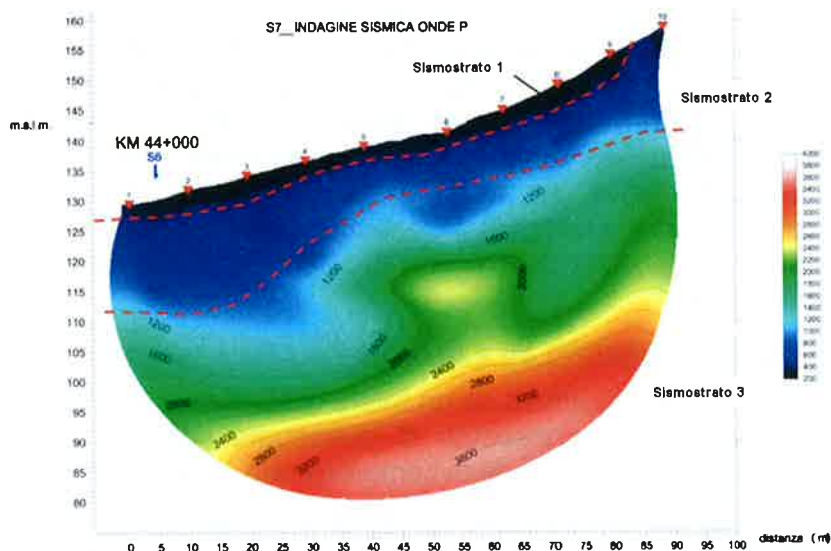
L'interpretazione della sezione S6 deriva dalla stratigrafia ricostruita a mezzo del sondaggio IF15F42 ubicato immediatamente a Sud-Sud Est della linea.

Lungo la sezione S6, sono individuati n. 3 sismostrati. Il primo, superficiale, ha uno spessore di circa 2,5-3,0 m ed è caratterizzato da velocità delle onde di compressione comprese nell'intervallo 200-400 m/s e di taglio tra 100 m/s e 200 m/s.

Al di sotto, un secondo sismostrato sembra dimostrare spessori via via minori, tra inizio e fine sezione e presenta velocità delle onde P e delle onde SH rispettivamente negli intervalli compresi tra 400-1.000 e 1.200 m/s e tra 200-500 m/s; nella zona compresa tra le progressive 0m e 50m, il gradiente di velocità sembra essere maggiormente attenuato. Lo spessore dello strato è di circa 15-16m in corrispondenza delle progressive 0-10m, mentre diminuisce a circa 6-7 m verso la progressiva 115 m, nei pressi del sondaggio di riferimento.

Con il terzo sismostrato si entra nel substrato lapideo, calcareo, con velocità delle onde compressionali superiori a 1.000-1.200 m/s e velocità delle onde di taglio maggiori di 500 m/s.

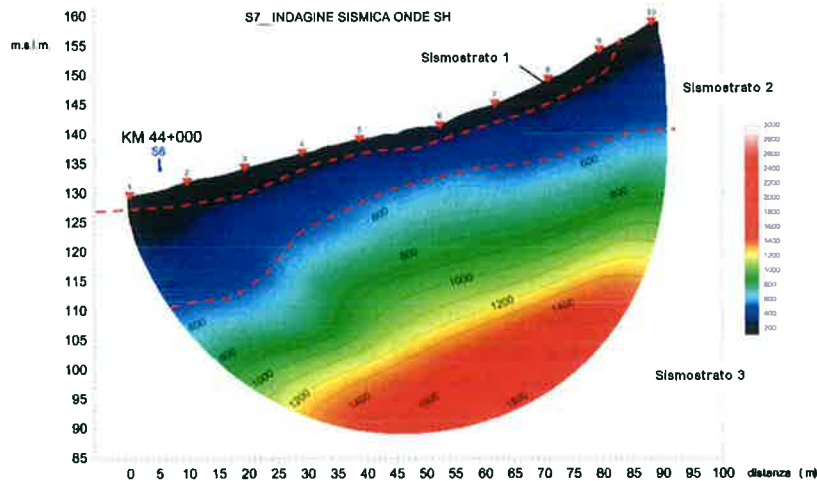
La linea S7 ha investigato i terreni fino ad una profondità massima di circa 50 m con entrambi i tipi di onde (P ed SH).



Essa si sviluppa da valle verso monte ed interseca la S6 nella parte iniziale ed, in accordo alla linea citata, consente di riconoscere n. 3 sismostrati.

Il primo, superficiale, di circa 2,5-3,0 m di spessore, ha velocità delle onde di compressione racchiuse nell'intervallo 200-400 m/s e di taglio tra 100 m/s e 200 m/s. Al di sotto, un secondo sismostrato presenta spessori massimi di circa 15-20m, tra le progressive 0-25 m, mentre nel resto della sezione assume una potenza più o meno costante di circa 12-15 m. Le velocità delle onde P ed SH sono rispettivamente comprese negli intervalli 400-1.000 e 1.200 m/s e 200-500 m/s; nella zona compresa

tra le progressive 0-50 m il gradiente di velocità risulta più attenuato.



In accordo alla precedente sezione sismica S6, con il terzo sismostrato si passa al substrato lapideo e calcareo.

#### 4.3 Interpretazione delle linee tomografiche sismiche S8, S9 e tomografiche elettriche ERT3 e ERT4 - Allegato 2

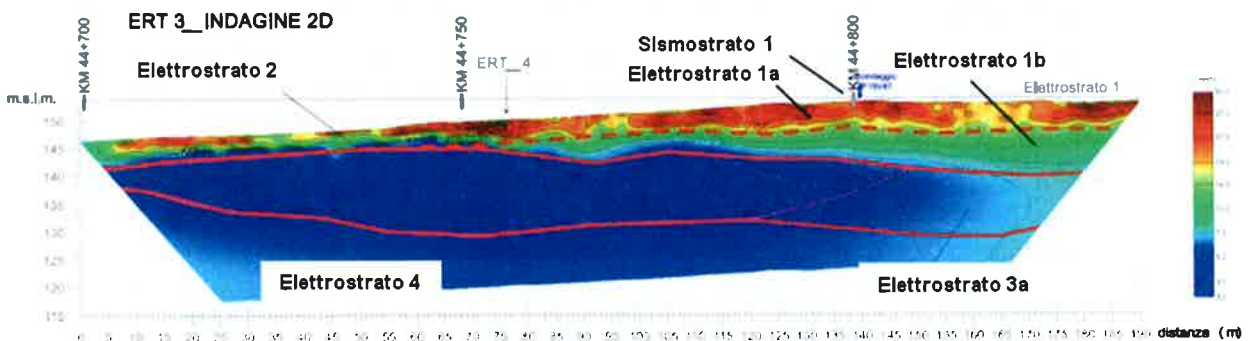
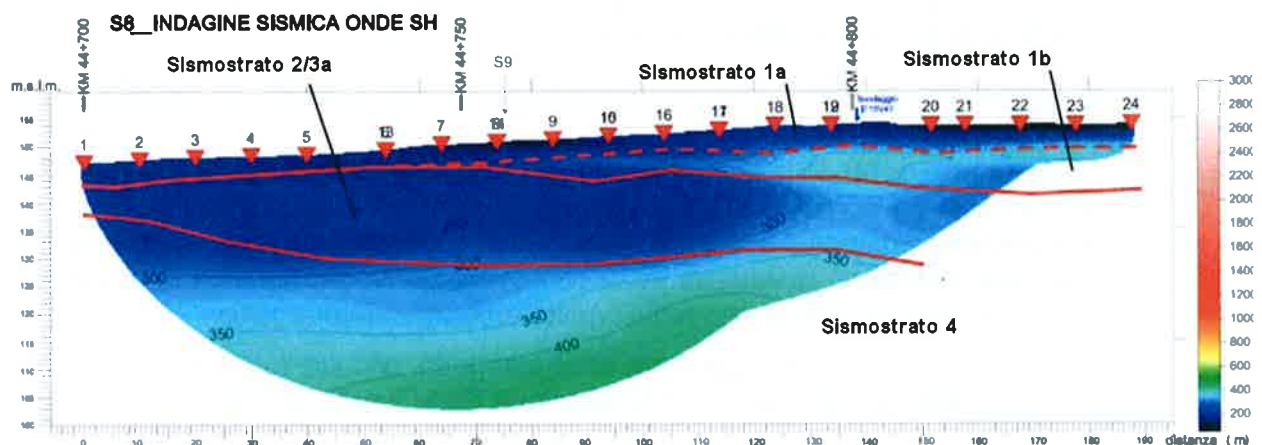
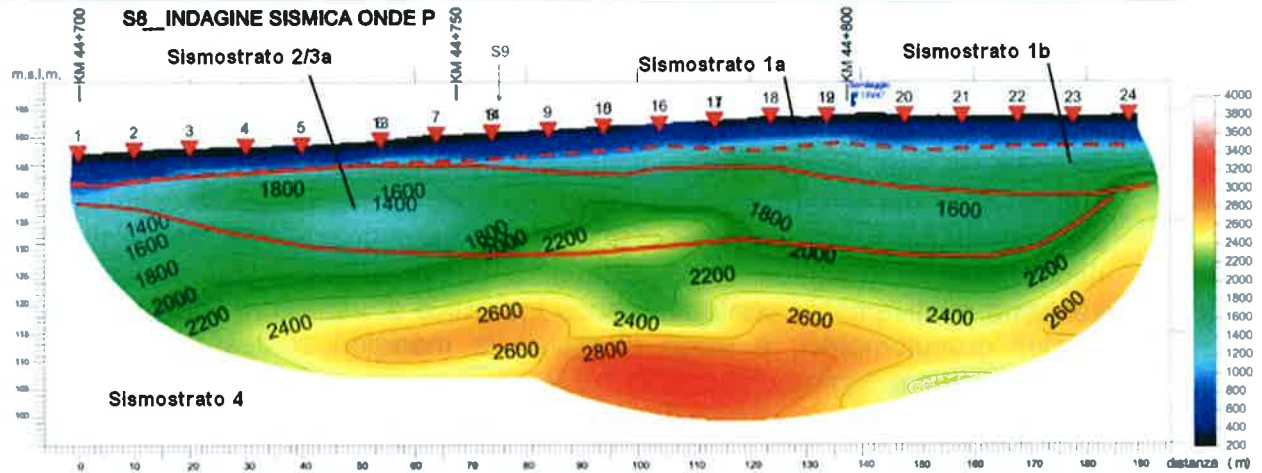
Le linee sismiche S8 ed S9 e quelle tomografiche elettriche ERT3 e ERT4 sono state eseguite tra le progressive chilometriche 44+700 e 44+800. I risultati sono organizzati secondo n.2 tavole di cui, la prima, comprende la linea S8 e la ERT3 e, la seconda, la S9 e la ERT4. Per comodità di lettura e interpretazione dei risultati, le immagini delle sezioni tomografiche, sono state rappresentate di seguito, nel corpo della presente relazione. Sarà possibile riconoscere, tracciate sulle sezioni citate, delle linee interpretative che risulteranno a tratteggio (se desunte da informazioni provenienti dalle linee sismiche) o continue (se desunte da informazioni provenienti dalle tomografie geoelettriche) e che faciliteranno l'esposizione interpretativa delle sezioni geofisiche.

##### 4.3.1 Sezioni tomografiche S8 e ERT3, S9 e ERT4

La linea sismica S8 è costituita da un totale di 96 stazioni con passo geofonico di 2m. Tale configurazione ha consentito di investigare i terreni fino ad una profondità massima di circa 50 m, per onde di compressione (P) e con onde di taglio (SH).

Dall'esame delle sezioni sismiche tomografiche si scopre la presenza di un contesto sismostratigrafico piuttosto complesso. Un primo strato superficiale, che presenta spessore medio iniziale di circa 4-5 m, a partire dalla progressiva relativa pari a 60m, tende ad ispessirsi procedendo verso la fine della sezione, fino a raggiungere dai 12m ai 15m di potenza. Esso può essere suddiviso in due porzioni: un sismostrato 1a ed un sismostrato 1b. Il primo (1a) dimostra uno spessore costante di 4-5 m lungo l'intera sezione con velocità di propagazione delle onde P comprese negli intervalli 300-1.200 m/s e quelle delle onde SH, tra 100-300 m/s.





Il sismostrato 1b compare a partire dalla progressiva 60 m e si sviluppa alla base del precedente con ispessimento progressivo fino a fine sezione. In esso le onde P ed SH si propagano, rispettivamente, con velocità di 1.200-1.600 fino a 1.800 m/s e di 300-400 m/s.

Al di sotto si può riconoscere un nuovo sismostrato, denominato 2/3a (sismico 3a in coincidenza dell'elettrostrato 2), caratterizzato da importanti inversioni di velocità sismiche, con valori compresi tra 1.600-1.800m/s fino a 2.000 m/s per le onde P e tra 200 e 300 m/s per le onde SH. È bene notare tali effetti di inversione, che appaiono

	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –</b> <b>TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.</b>					
	<b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA IF0H	LOTTO 32 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

più accentuate nella prima metà della sezione per onde P, rispetto alla seconda metà. Segue in profondità un sismostrato 4 con velocità delle onde compressionali maggiori di 2.000 m/s e delle onde di taglio maggiori di 300 m/s.

La sezione elettrica ERT3, eseguita in sovrapposizione a quella sismica disponendo 96 elettrodi con passo 2m, ha contribuito ad ottenere un maggior dettaglio nella suddivisione dei terreni. In essa infatti, gli elettrostrati 1a ed 1b, corrispondenti ai sismostrati 1a e 1b rispettivamente, sono caratterizzati da valori di resistività rispettivamente maggiori di 15 Ohm·m e compresi tra 7-15Ω·m. Tali variazioni, sebbene relativamente contenute, sono indicative di variazioni verticali dei terreni in termini granulometrici; a valori di resistività maggiori si associano normalmente granulometrie maggiori.

Al di sotto si entra nell'elettrostrato 2/3a, citato in precedenza. Esso presenta valori generalmente molto bassi e la linea continua di colore viola, separa lateralmente una porzione altamente argillosa, con valori inferiori a 5 Ohm·m, da una leggermente più resistiva, sulla destra della sezione elettrica.

In profondità si entra nell'elettrostrato 4, in cui i valori di resistività tendono nuovamente ad aumentare.

L'esame congiunto delle linee sismiche ed elettriche, sembra indicare chiaramente la presenza di un corpo di frana corrispondente al sismostrato/elettrostrato 2/3a; con una porzione principale a sinistra, nella sezione sismica, dove le onde P registrano la maggiore inversione di velocità ed al contempo quella geoelettrica indica la presenza di terreni particolarmente conduttivi, molto probabilmente argillosi.

La linea sismica S9 è stata anch'essa eseguita con un totale di 96 stazioni, con passo geofonico di 2m, secondo la direzione Sud Ovest – Nord Est.

Per comodità di lettura dei risultati e facilità interpretativa, si riportano alla pagina seguente le sezioni tomografiche S9 (P e SH) e la ERT4.

Dall'esame delle sezioni sismiche, nei terreni superficiali, si distingue esclusivamente il sismostrato 1a, con onde P ed SH che si propagano rispettivamente con velocità comprese negli intervalli 300-1.200 m/s e 100-300 m/s.

Nella parte centrale della sezione sono individuati due sismostrati, di cui uno nella parte monte ed uno in quella di valle, denominati rispettivamente sismostrato 2 e sismostrato 3b. Il primo presenta inversione di velocità sia in termini di onde P che di onde SH, tra le progressive 10m e 75 m, ed è associabile alla presenza di terreni argillosi che si estendono verso valle nella porzione più superficiale.

Il secondo, il sismostrato 3b, specie nella porzione al di sotto del sismostrato 2, dimostra valori di velocità onde P intorno ai 2.000-2.200m/s e, tra le progressive 75-140 m, una nucleo con valori in aumento fino a 2.400m/s. Le onde SH mostrano un interessante comportamento opposto, ovvero alle medesime quote e progressive si assiste ad una inversione di velocità, con il nucleo che diminuisce a valori inferiori o uguali a 300 m/s. Questo comportamento è chiaramente attribuibile alla presenza di terreni granulari in falda, saturi, come testimoniato dalla presenza di pozzi con tipologia a "la romana" presenti sul versante. Da una misura effettuata dalla Scrivente

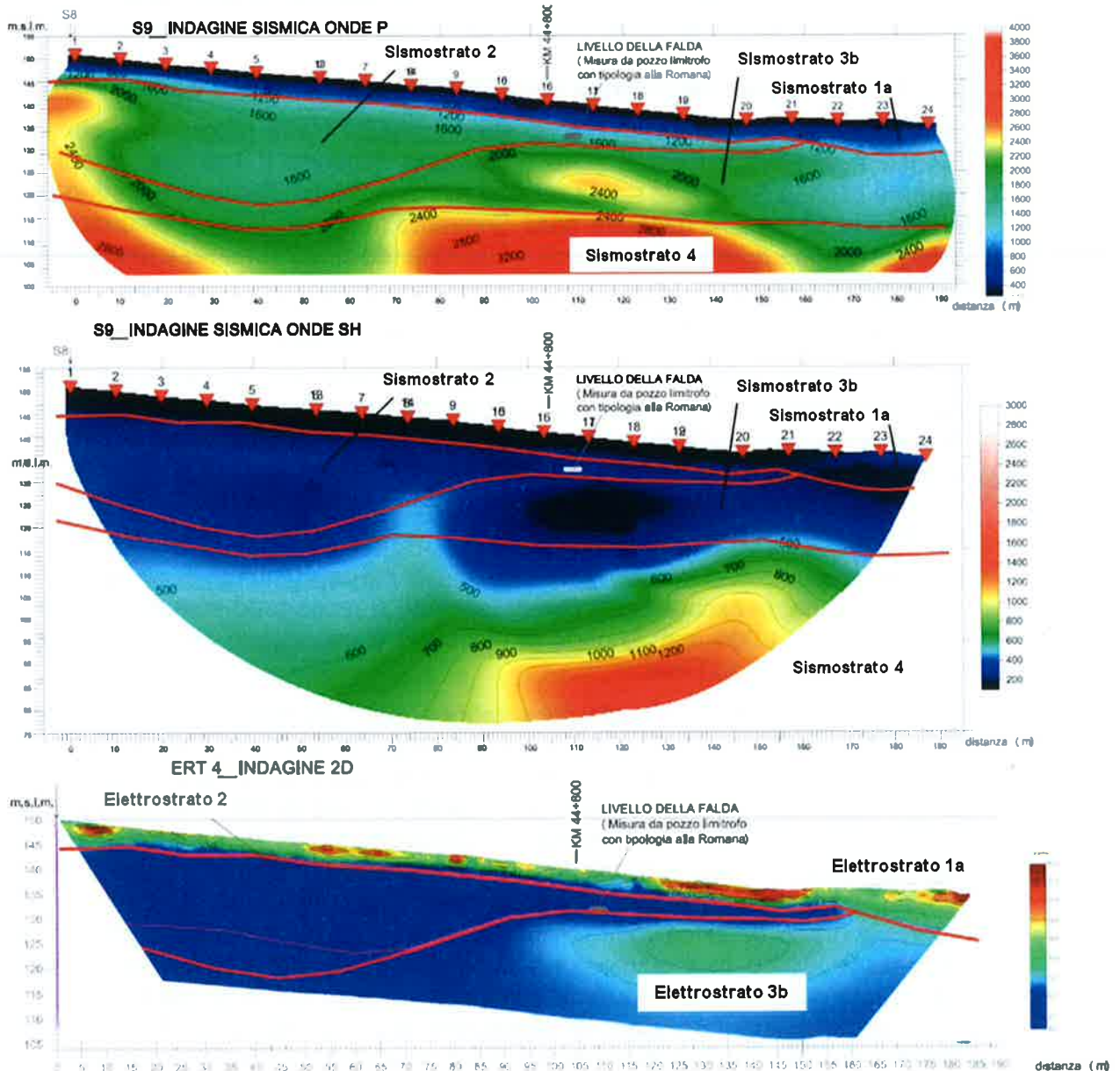


ITINERARIO NAPOLI-BARI.  
 RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.  
 II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.  
 3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.  
 INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –  
 TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.

RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	32 D 89	IG	GE0005 001	A	19 di 80

all'interno del pozzo limitrofo alla linea geofisica S9-ERT4, la soggiacenza piezometrica è risultata alla profondità di 7 m dal piano campagna, proprio in corrispondenza del tetto dell'anomalia a 2.400m/s nelle P e del nucleo di inversione nelle SH e al limite delle formazioni argillose coi terreni granulari sede di acquifero della ERT4 e con nucleo di valori di resistività intorno ai 5 Ohm·m.



In profondità, il sismostrato 4 è caratterizzato da alti valori di velocità di propagazione delle onde P (> di 2.500 m/s) e delle onde SH (> di 600-800 m/s fino a giungere ad oltre 1.000m/s). Anche in questo caso, la sezione elettrica realizzata contestualmente ai profili sismici, contribuisce ad una migliore caratterizzazione e distinzione tra le varie tipologie di terreno. La linea continua viola, tracciata all'interno dell'elettrostrato 2 nella Sezione ERT4 sopra mostrata, ne delimita la porzione maggiormente

	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –</b> <b>TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.</b>					
	<b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>					
COMMESSA IF0H	LOTTO 32 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A	FOGLIO 20 di 80	

conduttiva; pertanto, unendo le informazioni a disposizione, si può ritenere che il declivio presenti un corpo di natura argillosa, delimitato sia verso Sud Est che verso Sud Ovest da terreni granulari, probabilmente destabilizzato (viste le evidenze superficiali rappresentate dall'inclinazione subita dai pali della linea elettrica presenti sul pendio). Tale contesto franoso si protrae, molto probabilmente, anche in profondità ad interessare i terreni dei sismostrati/elettrostrati 2/3a. Non si può escludere che siano interessati inoltre i terreni del sismostrato/elettrostrato 3b.

#### 4.4 Interpretazione delle linee tomografiche sismiche S10 e S11 – Allegato 3

Le linee sismiche S10 ed S11 sono state eseguite tra le progressive chilometriche 45+550 e 45+750. I risultati sono organizzati secondo n.4 tavole, di cui la prima inerente la linea S10, la seconda relativa alla S11. Nelle Tavole 3 e 4 sono riprodotte le sezioni L13 ed L14 eseguite dalla Scrivente nell'anno 2014. Per quanto riguarda l'interpretazione delle linee L13 ed L14 si rimanda al documento Italferr IF0H 02D69 IG GE50005 004A.

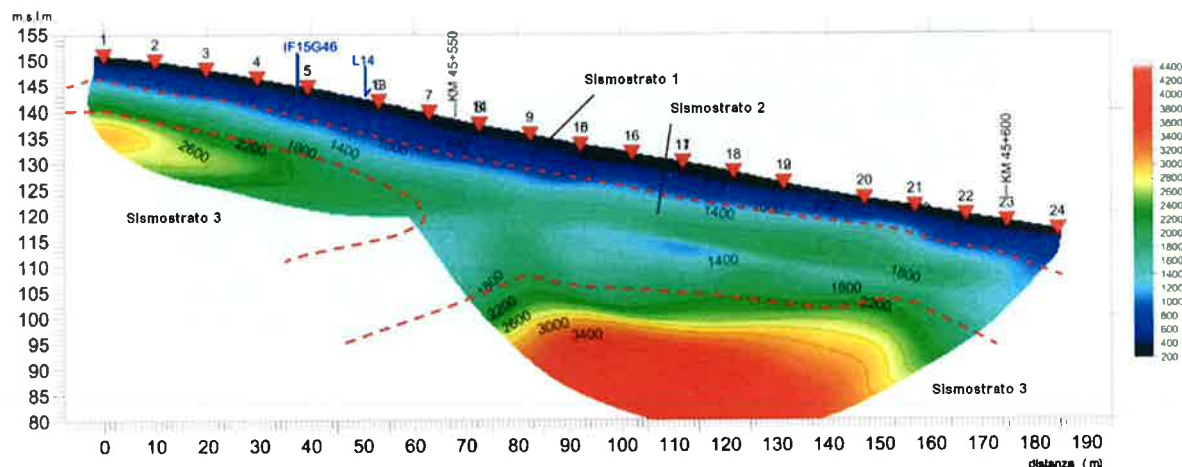
##### 4.4.1 Sezioni tomografiche S10 e S11 per onde P ed SH

La linea sismica S10 è stata eseguita ad intersecare la linea L14 del 2014, impiegando un totale di 96 stazioni con passo geofonico di 2m; tale configurazione ha consentito di investigare i terreni fino ad una profondità massima di circa 50 m sia a mezzo delle onde di compressione (P) che di taglio (SH). Sulle sezioni sismiche sono individuate la posizione del sondaggio di riferimento IF15G46 ed i punti di intersezione tra le linee. Sono individuabili n. 3 sismostrati.

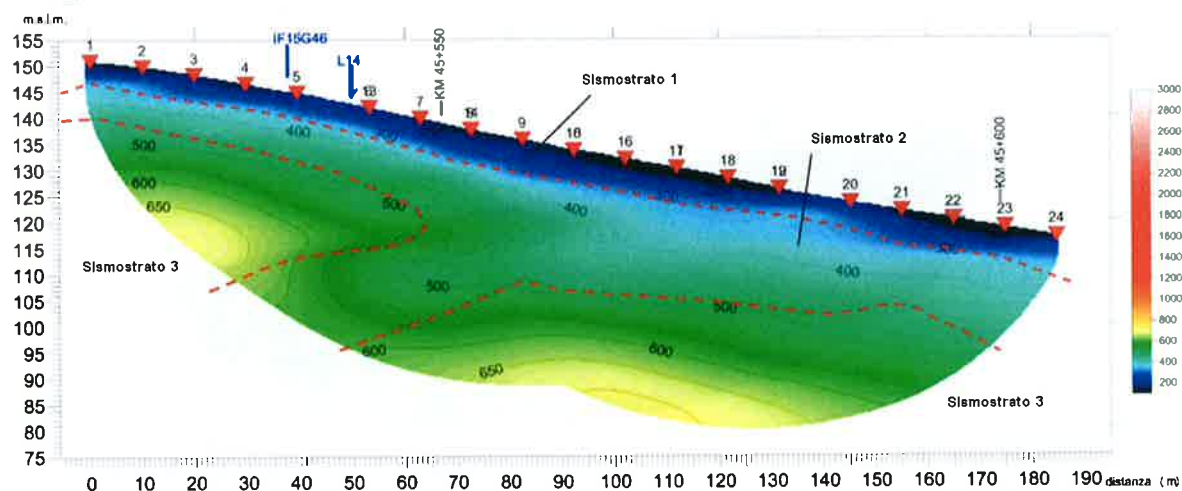
Il primo, superficiale, ha uno spessore più o meno costante di circa 4-5 m lungo l'intera sezione; in esso le onde compressionali si propagano a velocità comprese tra 200 m/s e 800-1.000 m/s; le onde di taglio SH si propagano con velocità comprese su intervalli di 100-300 m/s.

Segue il sismostrato 2, il quale accompagna, nei tratti iniziale e finale, l'andamento del pendio: tra le progressive 0-50 e fino a 60m, ha uno spessore di circa 10-12 m, mentre, tra le progressive 80-170 m, ha una potenza di di 10-15 m. In esso le onde P ed SH assumono intervalli di velocità rispettivamente di 800-1.000m/s fino a 1.800 m/s e di 300-500/550 m/s. All'interno del sismostrato 2, in particolare lungo la sezione onde P, sono presenti lenti di geomateriali nei quali vengono raggiunti e superati i 1.800 m/s di velocità delle onde di compressione, attribuibili a terreni a maggiore grado di litificazione, se non a strati rocciosi. Nella zona compresa tra le progressive 60-80 m il sismostrato 2 crea discontinuità laterali del sismostrato 3 sottostante, ad indicare molto probabilmente la presenza di un sistema di faglie che consentono a lembi rocciosi di sovrastare materiali terrigeni. Il sismostrato 3 è superficiale ad inizio sezione mentre tra le progressive 70-170 m tende ad essere piuttosto profondo. Le velocità di propagazione sono maggiori di 1.800 m/s per le onde P e superiori ai 500-600 m/s per le onde SH.

S10\_ INDAGINE SISMICA ONDE P



S10\_ INDAGINE SISMICA ONDE SH



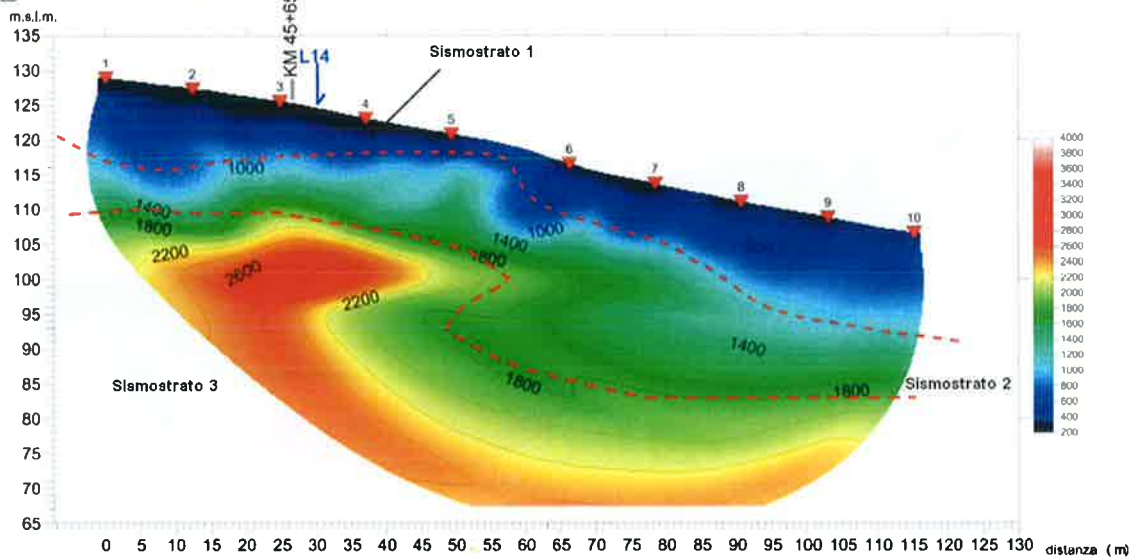
La sezione S11 è stata eseguita a Sud Est, verso valle, rispetto alla S10 ed è costituita da una base unica a 48 canali a passo intergeofonico di 2,5 m. Anche in questo caso si individuano n. 3 sismostrati (si veda per comodità le immagini alla pagina seguente).

Il primo, di spessore variabile con assottigliamento sul centro della sezione, è caratterizzato da velocità delle onde di compressione comprese tra 200-800m/s e 1.000 m/s e da velocità delle onde di taglio comprese tra 100 m/s e 300 m/s.

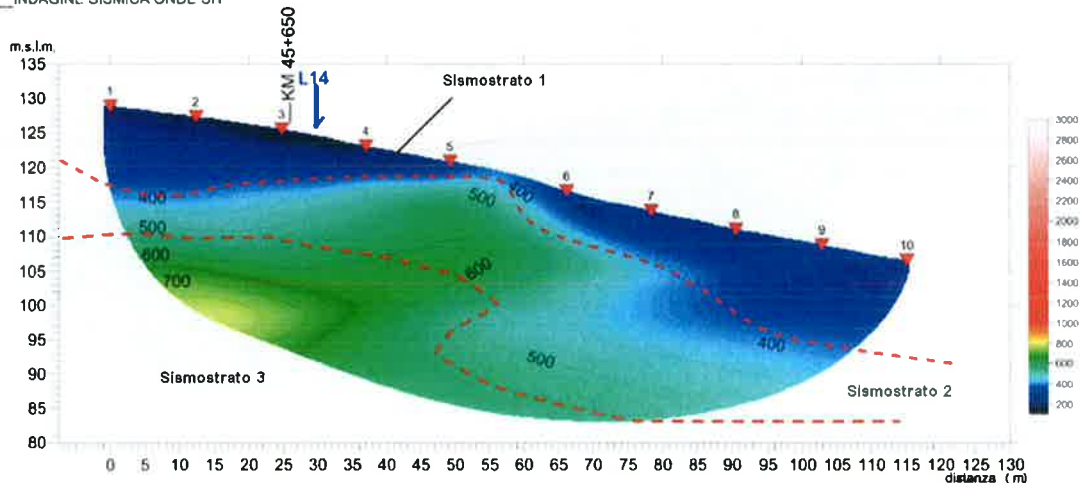
Segue un secondo sismostrato, anche in questo caso caratterizzato da variazioni laterali in termini di spessore, dove le onde si propagano rispettivamente secondo i seguenti intervalli: 800-1.000m/s e 1.800 m/s per le onde P e 300-500m/s fino a 550 m/s, per le SH.

In profondità un terzo sismostrato è caratterizzato da velocità delle onde compressionali maggiori di 1.800 m/s e delle onde di taglio superiori a 500/600 m/s, ad indicare il passaggio a geomateriali con migliori caratteristiche fisico-meccaniche.

S11\_ INDAGINE SISMICA ONDE P



S11\_ INDAGINE SISMICA ONDE SH



#### 4.5 Interpretazione della Linea Sismica S12 – Allegato 4

La linea sismica S12 è stata eseguita tra le progressive chilometriche 45+950 e 46+000. I risultati sono riprodotti in una unica tavola all'Allegato 4. In questo caso non si ha a disposizione alcun sondaggio a carotaggio nei pressi della Linea sismica da poter essere impiegato come taratura dei risultati geofisici.

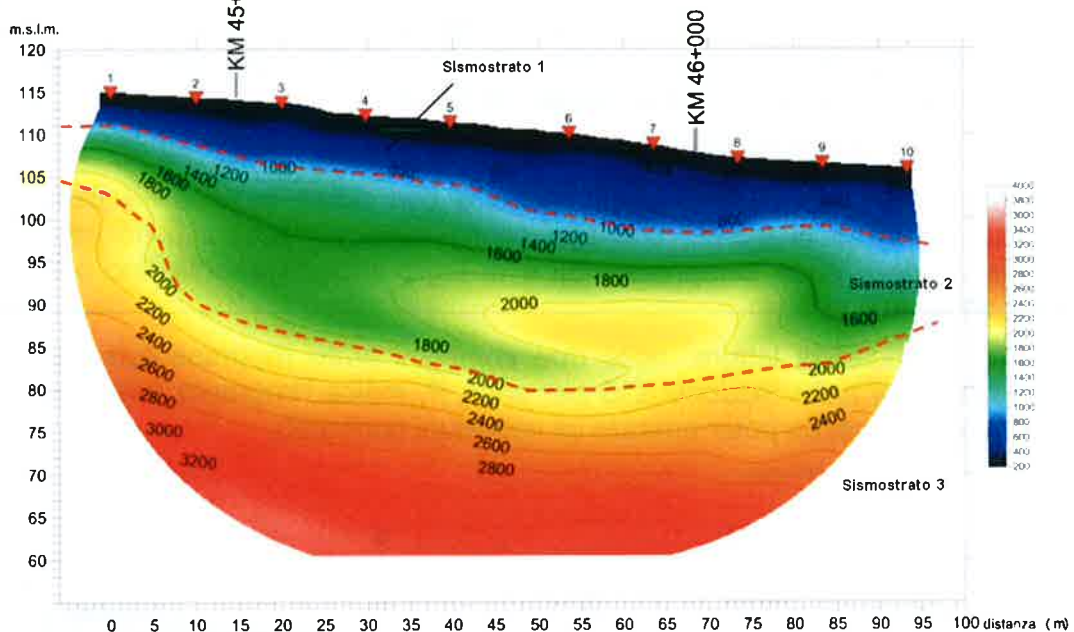
##### 4.5.1 Sezione tomografica sismica S12 per onde P ed SH

La linea sismica S12 è stata eseguita con unica base a 48 canali con passo intergeofonico di 2 m; con tale configurazione è stato possibile investigare i terreni a mezzo delle onde compressionali fino alla profondità di circa 50m e di taglio fino a circa di 35-40 m.

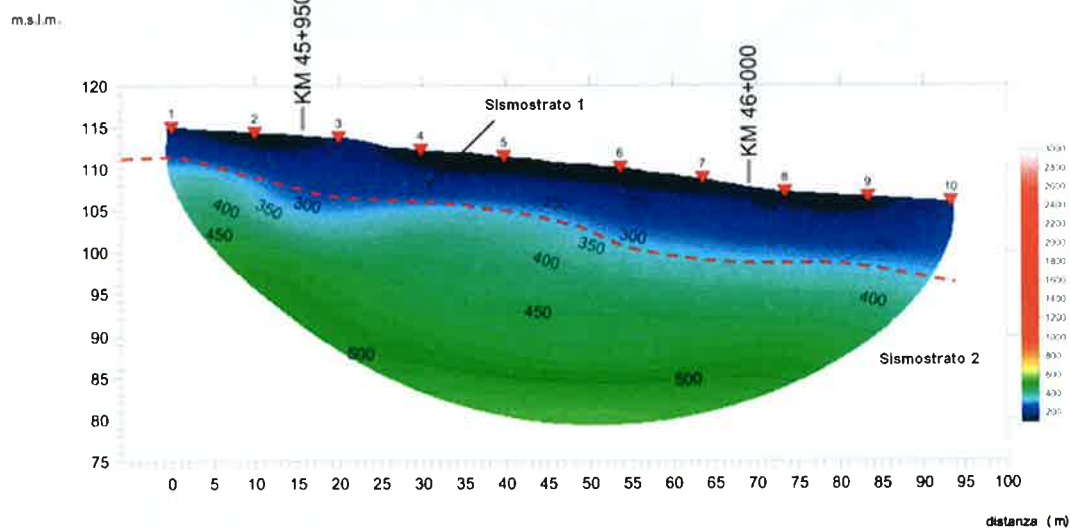
Sono stati interpretati n. 3 sismostrati. Il primo superficiale ha uno spessore variabile dai 4m, ad inizio sezione, fino agli 8-10 m di potenza, a partire dalla progressiva 45-

50 fino a fine sezione. Le velocità delle onde compressionali sono comprese tra 200m/s e 800-1.000m/s, mentre le onde SH si propagano con velocità di 100m/s fino a 300-350 m/s.

S12\_ INDAGINE SISMICA ONDE P



S12\_ INDAGINE SISMICA ONDE SH



Segue il secondo sismostrato, caratterizzato rispettivamente da velocità comprese negli intervalli 800-1.000m/s e 1.800m/s, per le onde P e 300-350m/s e 500-550 m/s per le SH. In particolare, nella sezione ottenuta per le onde di compressione, si individua una porzione del sismostrato, tra le progressive 45-70m, nella quale si raggiungono i 2.000 m/s. Tale regione può essere attribuita a geomateriali con grado di addensamento o di consistenza maggiore rispetto all'intorno, oppure contestualmente, alla presenza di circolazione di acque.

In profondità segue un ultimo sismostrato, delineato esclusivamente a mezzo delle onde compressionali in cui le onde si propagano con velocità maggiori di 2.000m/s e fino a 3.000m/s, decisamente consistente.

#### 4.6 Interpretazione delle linee tomografiche sismiche S15 e S16 – Allegato 5

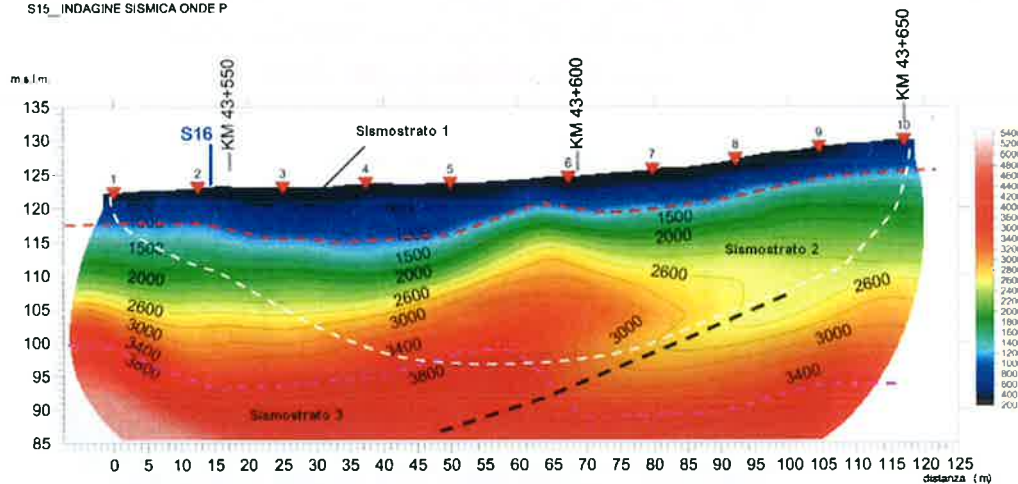
Le linee sismiche S15 e S16, tra loro a formare una croce, sono state eseguite tra le progressive chilometriche 43+550 e 43+650, su di un pianoro, delimitato a Nord da una scarpata orientata verso l'Abitato di Ponte.

##### 4.6.1 Sezioni tomografiche sismiche S15 e S16 per onde P ed SH

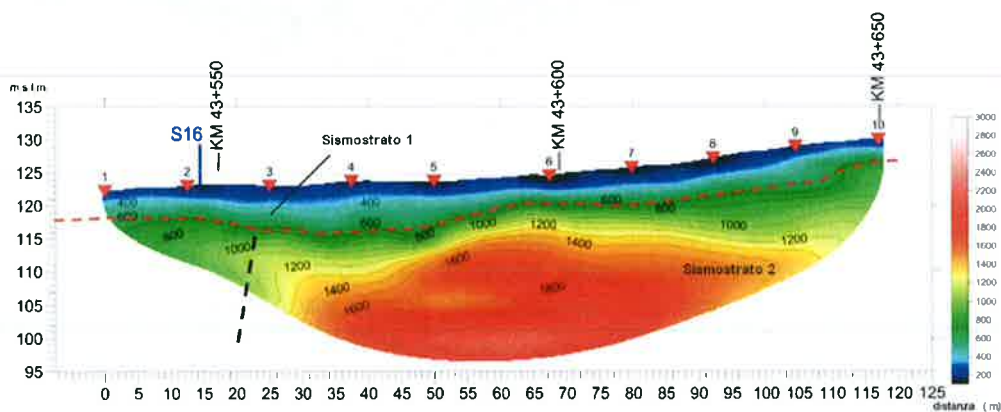
La linea sismica S15 è stata eseguita con unica base a 48 canali con passo intergeofonico di 2,5 m; con tale configurazione i terreni sono stati investigati a mezzo delle onde compressionali e di taglio rispettivamente fino alla profondità di circa 40 m e di 30 m.

Per comodità di lettura, nelle due immagini sotto rappresentate, la linea bianca, tratteggiata nella Sezione S15 per onde P, indica l'impronta della sezione S16 per onde SH (così da poter operare gli opportuni confronti).

S15\_INDAGINE SISMICA ONDE P



S15\_INDAGINE SISMICA ONDE SH





	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –</b> <b>TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.</b>					
	<b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA IF0H	LOTTO 32 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV A

Lungo i profili tomografici ottenuti, sia per le onde compressionali che di taglio, si individua un primo sismostrato con velocità  $V_p$  minori di 1.000m/s e  $V_s$  minori di 600m/s, di spessore modesto e comunque variabile lungo l'intera sezione.

Segue un potente strato, caratterizzato da alte velocità delle onde P ed SH, rispettivamente comprese negli intervalli 1.000-3.600 m/s e 600-1.800 m/s i cui massimi sono focalizzati nella zona centrale delle sezioni. La sezione S15 per onde SH, in particolare, è risultata particolarmente risolutiva nella definizione della continuità in profondità di una importante zona di faglia osservata in situ, di cui si riporta una foto di seguito nella figura seguente.



*Figura 2: immagine del pianoro con sullo sfondo zona di faglia*

La separazione tra il secondo sismostrato ed il terzo, è indicata con linea viola in tratteggio. Essa separa con molta probabilità un litotipo carbonatico brecciato, dal sottostante litotipo lapideo carbonatico in senso stretto. Tale interfaccia è collocata in corrispondenza dell'isolinea 3.600 m/s di onde P, a cui corrispondono velocità delle onde di taglio maggiori di 1.800 m/s.

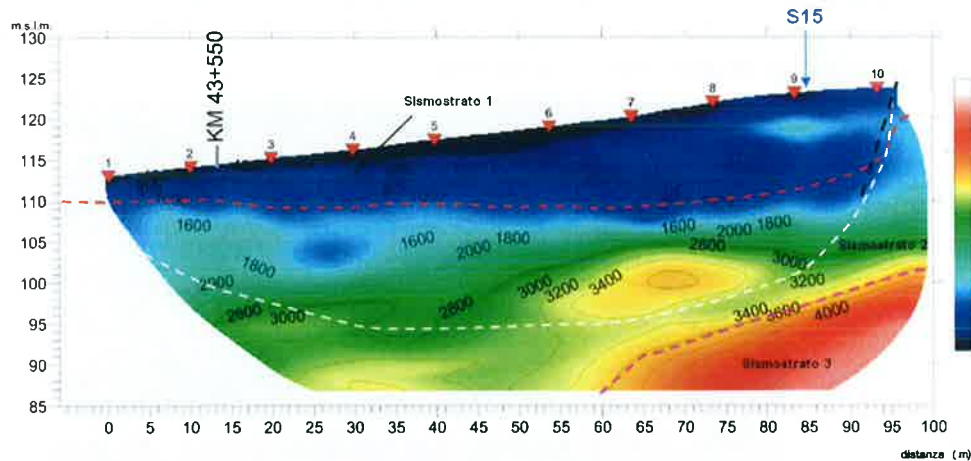
In quest'ultimo sismostrato la onde P rivelano la presenza di una discontinuità tra le progressive 50 m e 100 m (v. linea nera tratteggiata). Tale contesto tettonico, seppur al limite, è stato individuato anche dalle onde SH, nella parte più profonda della sezione.

Come nel caso della linea S15, la S16 per onde P individua n. 3 sismostrati, mentre la sezione ottenuta per le onde SH, risultando lievemente minore la profondità di investigazione raggiunta, ne intercetta solo i primi due (si veda la linea bianca in tratteggio dell'impronta onde SH sulla sezione onde P).

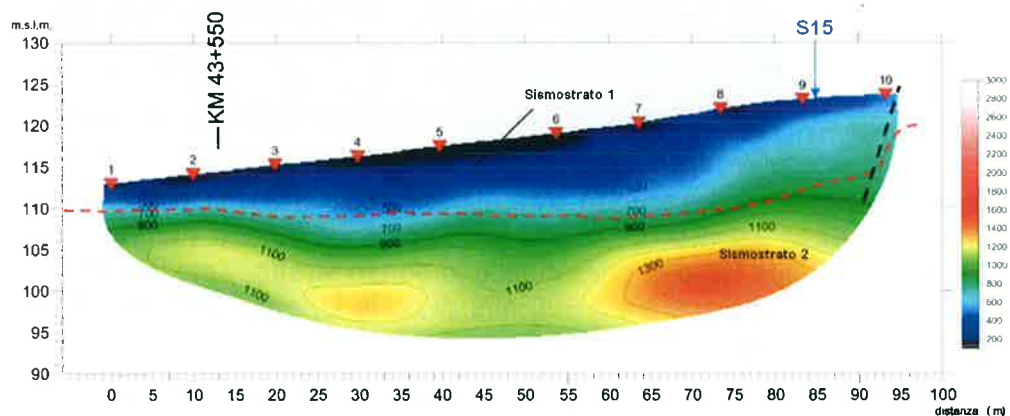
Il primo sismostrato, presenta i medesimi intervalli di velocità, inferiore a 1.800 m/s per le onde P e inferiore a 600 m/s per le onde SH; si ha però una importante variazione in termini di spessore, nella zona terminale delle sezioni, probabilmente legato alla posizione del profilo rispetto alla struttura tettonica nascosta. Nel secondo sismostrato le onde compressionali e le onde di taglio si propagano rispettivamente

con velocità comprese negli intervalli 1.000-3.600 m/s e 600-1.300/1.400 m/s. Sono presenti importanti variazioni laterali e verticali lungo l'intero profilo ed, in particolare, è da notare la presenza tra le progressive 55-80 m, alla base del sismostrato, di geomateriali con alti valori delle velocità di propagazione P ed SH. Segue in profondità un lapideo tenace caratterizzato da velocità delle onde di compressione maggiori di 3.600 m/s.

S18 INDAGINE SISMICA ONDE P



S16 INDAGINE SISMICA ONDE SH



#### 4.7 Interpretazione delle Linee tomografiche sismiche ed elettriche S17, S18 mod B e S18 bis mod – Allegato 6

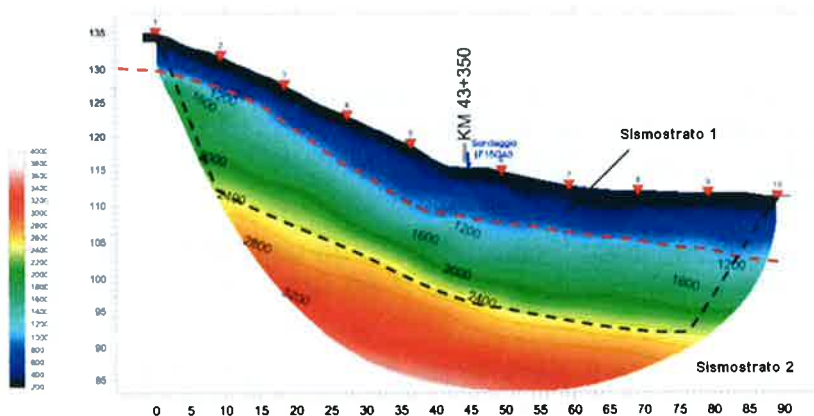
Le linee sismiche S17, S18 mod B ed S18 bis mod, sono state eseguite tra le progressive chilometriche 43+300 e 43+500. I risultati sono organizzati secondo n.3 tavole nell'Allegato 6. Nel caso delle S17 e S18 bis mod, in sovrapposizione alla sismica è stata applicata la metodologia tomografica elettrica (ERT5 e ERT6 rispettivamente), al fine di ottenere un maggiore dettaglio in superficie ed una maggiore e diversa caratterizzazione dei geomateriali.

#### 4.7.1 Sezione tomografica sismica S17 – tomografia elettrica ERT5

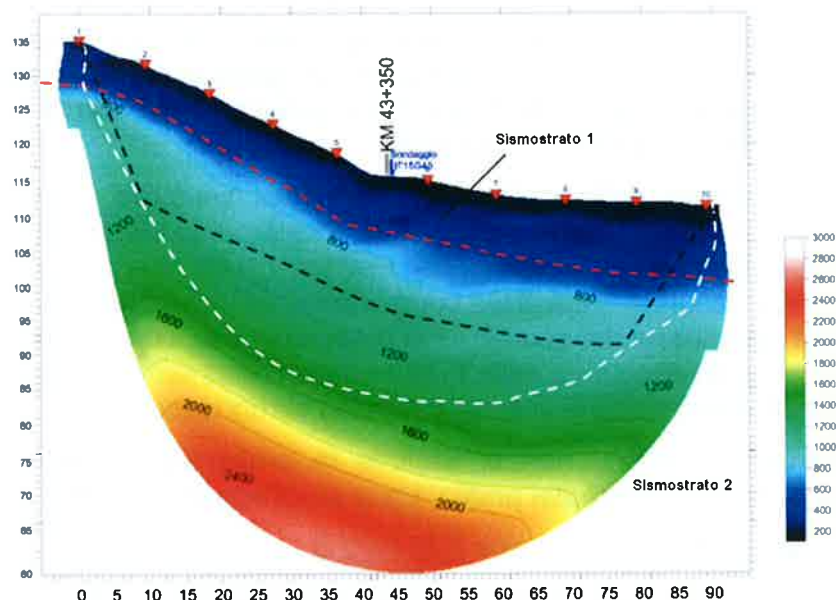
La sezione S17 è stata eseguita parallelamente alla scarpata ad Ovest del sito in cui sono state eseguite le linee S15 ed S16. Essa presenta un taglio di pendenza nella zona centrale del profilo, in corrispondenza della zona di esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo IF15G40.

Dall'elaborazione del profilo S17, le onde compressionali (P) e le onde di taglio (SH) hanno investigato profondità differenti, rispettivamente dell'ordine dei 30m e 55m dal piano campagna. Per tale motivazione, al fine di una più facile comprensione nel seguito sono riportate le immagini delle sezioni geofisiche di interesse; sulla sezione S17 più profonda (quella per onde SH), sono riportate con linea tratteggiata di colore bianco l'impronta della sezione corrispondente in onde P e con linea tratteggiata nera lo sviluppo della sezione tomografica elettrica ERT5 eseguita in sovrapposizione.

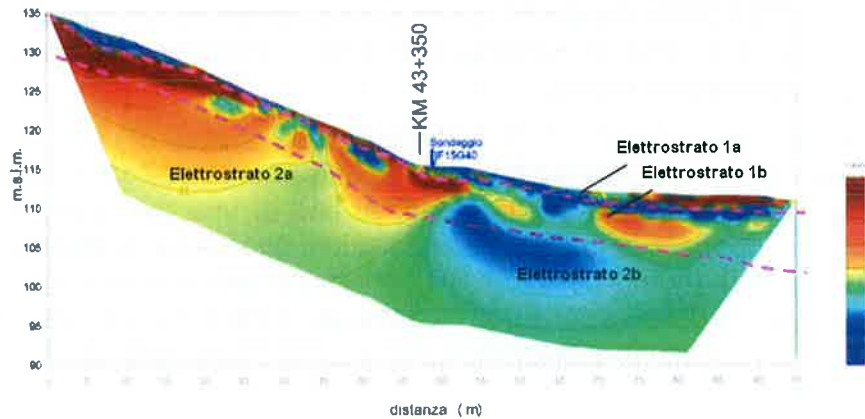
S17\_INDAGINE SISMICA ONDE P



S17\_INDAGINE SISMICA ONDE SH



S17\_ INDAGINE ERT



In termini sismici, la sezione S17 può essere suddivisa in due sismostrati di cui uno superficiale avente velocità delle onde compressionali inferiori a 1.000 m/s e velocità delle onde di taglio inferiori ai 600 m/s; lo spessore del sismostrato 1 aumenta leggermente lungo l'intera sezione da monte verso valle.

Segue in profondità il sismostrato 2 caratterizzato da un gradiente di velocità positivo e progressivo. I valori di velocità delle onde P ed SH sono rispettivamente > 1.000 m/s e > 600 m/s.

Dal punto di vista elettrico sia il sismostrato 1 che il sismostrato 2 nella parte più superficiale mostrano evidenti variazioni sia verticali che orizzontali.

I terreni attribuiti al sismostrato 1 possono essere suddivisi in due elettrostrati: l'elettrostrato 1a ha valori di resistività piuttosto bassi, inferiori ai 40 Ohm·m, uno spessore piuttosto esiguo e può essere attribuito ai terreni di copertura. La parte relativa all'elettrostrato 1b ha uno spessore maggiore e presenta valori di resistività più elevati del precedente, di 70 Ohm·m tra le progressive 0-55m e tra 40-80 Ω·m, tra le progressive 55 m e la fine della sezione.

In profondità, entrati nella parte superficiale del secondo sismostrato, l'elettrica individua una decisa differenziazione nel comportamento elettrico dei materiali. Nella prima metà della sezione la resistività elettrica risulta maggiore rispetto a quanto osservato nella seconda metà. Tale comportamento può essere spiegato in termini di permeabilità secondaria dei geomateriali presenti in sito, con la presenza di una falda acquifera con fluido circolante nelle fratture della roccia e/o nei terreni di riempimento di eventuali sacche detritiche interne al lapideo carbonatico.

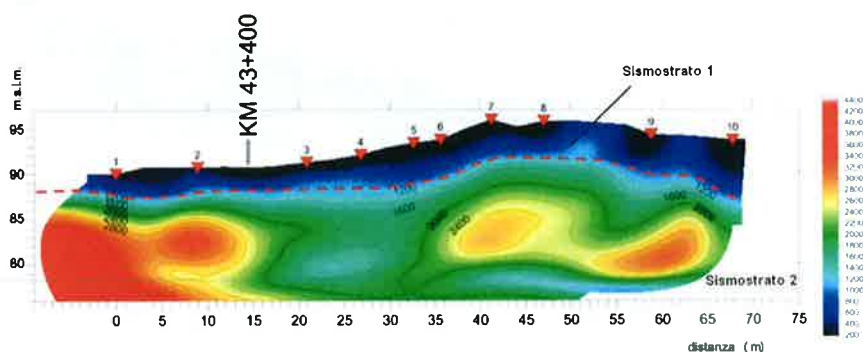
Dalle osservazioni in situ non si esclude la presenza di terreni potenzialmente instabili nella seconda metà del profilo, tra le progressive 55 m fino a fine sezione.

#### 4.7.2 Sezione tomografica sismica S18 mod B

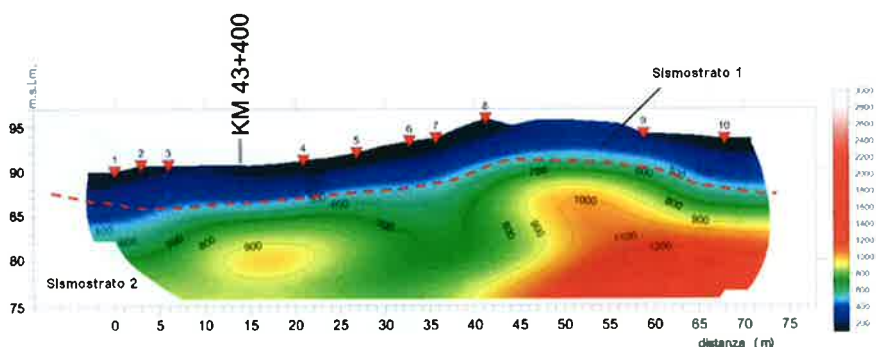
Il profilo S18 mod B è stato eseguito lungo l'argine, in destra idrografica del fiume, in

modo da caratterizzare quanto più possibile i geomateriali in una zona di difficile accesso a macchinari pesanti comunemente utilizzati per differente diagnostica (ad es. sondaggi a carotaggio continuo).

S18 MOD B \_INDAGINE SISMICA ONDE P



S18 MOD B \_INDAGINE SISMICA ONDE SH



Il profilo, viste le distanze lineari disponibili, ha consentito di investigare fino a profondità dell'ordine dei 20m con entrambi i tipi di onde di compressione e di taglio.

Lungo la sezione si individua un sismostrato 1 superficiale, con velocità delle onde compressionali inferiori ai 1.000 m/s e delle onde di taglio inferiori ai 600 m/s. Tale sismostrato è correlabile con il sabbione/ghiaione alluvionale recente.

In profondità si individua il secondo sismostrato; esso presenta discontinuità sia laterali che verticali importanti. In particolare nella zona centrale della sezione si individua una porzione di bassa velocità tra le progressive 15-35 m, nel caso delle onde P, e tra le progressive 20-40 m nelle onde SH. La predetta zona anomala di bassa velocità, corrisponde alla porzione di maggiore incisione lungo il versante destro, che dalla zona del sondaggio si apre in direzione del fiume.

#### 4.7.3 Sezione Sismica tomografica S18 bis mod – tomografia elettrica ERT6

La linea sismica ed elettrica S18 bis mod è stata eseguita sul tratto di sponda in sinistra idrografica del fiume e si sviluppa dalla sponda citata verso monte, in direzione del pianoro sul quale sono state eseguite le sezioni S15 ed S16. La S18 bis mod, rappresenta, idealmente, il prolungamento verso l'alveo del fiume della linea

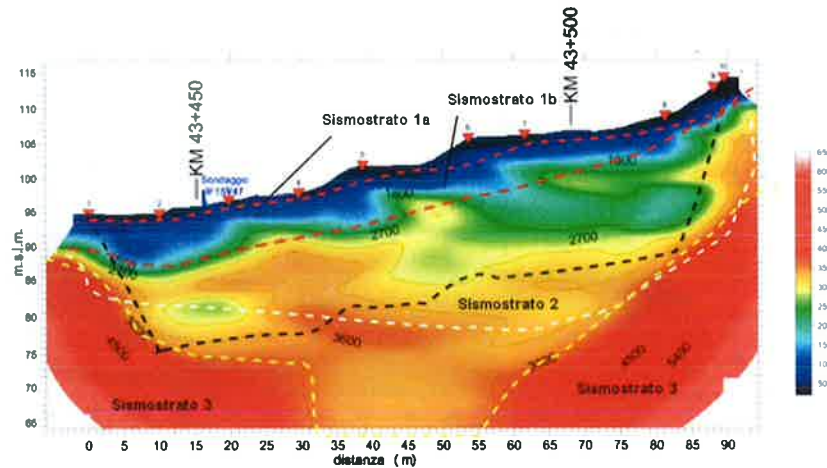


ITINERARIO NAPOLI-BARI.  
 RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO.  
 II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.  
 3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.  
 INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE -  
 TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D - M.A.S.W.

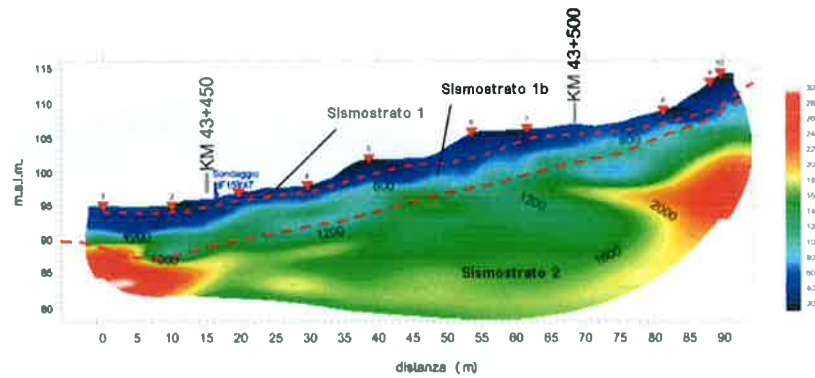
RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0H	32 D 69	IG	GE0005 001	A	30 di 80

S15 (eseguita a monte). Le risultanze delle indagini sono discusse di seguito.

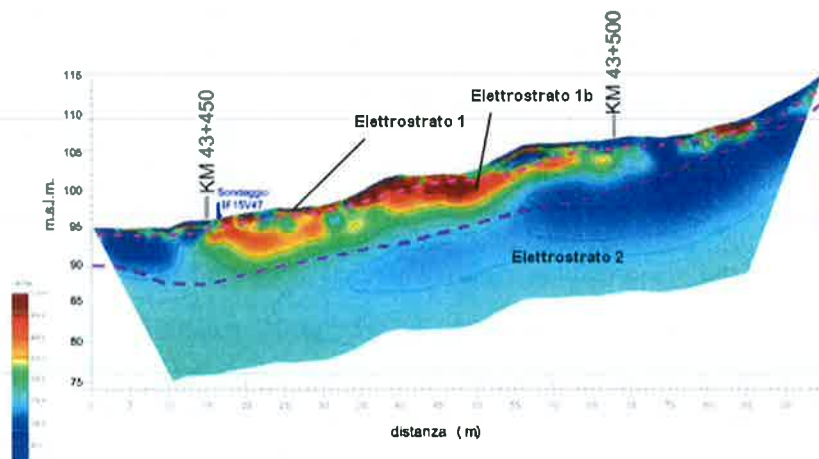
S18bls\_mod\_INDAGINE SISMICA ONDE P



S18bls\_mod\_INDAGINE SISMICA ONDE SH



S18bls\_mod\_INDAGINE ERT





ITINERARIO NAPOLI-BARI.  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.  
3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.  
INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –  
TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.

**RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IF0H	32 D 69	IG	GE0005 001	A	31 di 80

La linea assume una topografia terrazzata con prima pedata di valle nella zona di esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo IF15V47.

Le onde compressionali (P) e le onde di taglio (SH) hanno investigato profondità dal piano campagna differenti, dell'ordine dei 40m le prime e 30m le seconde. Per tale motivazione al fine di una più facile comprensione, sulla sezione più profonda (onde P) sono riportate con linea tratteggiata di colore bianco lo sviluppo della sezione onde SH e, con linea tratteggiata nera, lo sviluppo della sezione geoelettrica eseguita in sovrapposizione.

In termini sismici, la sezione S18 bis mod può essere suddivisa in tre sismostrati, di cui il primo avente velocità delle onde compressionali inferiori a 1.800-2.000 m/s e velocità delle onde di taglio inferiori ai 1.000-1.200 m/s; lo spessore del sismostrato è più o meno costante, intorno agli 8m, ma sono presenti degli ispessimenti in corrispondenza delle alzate dei terrazzamenti creatisi per accumulo di materiali di varia pezzatura. Il sismostrato 1 può essere suddiviso nel sismostrato 1a e nel sismostrato 1b. Il primo, con velocità delle onde P inferiori a 800m/s ed delle onde SH inferiori a 400m/s, è ascrivibile ai terreni alluvionali e di accumulo posti al di sopra del substrato lapideo. Il secondo, il sismostrato 1b, è attribuibile ad un substrato alterato e fratturato.

Segue in profondità il sismostrato 2, molto disturbato tettonicamente e complesso, caratterizzato da valori di velocità delle onde P compresi tra 1.800-2.000m/s e 3.600 m/s e velocità delle onde di taglio nell'intervallo 1.000-1.200m/s e 1.600-1.800 m/s.

Le forti variazioni laterali e verticali nel grado di fratturazione, portano ad avere numerose inversioni di velocità in entrambe le sezioni sismiche (onde P ed SH). In particolare nella sezione ottenuta per le onde P, il sismostrato 2 prosegue in profondità dove crea discontinuità laterale nel sismostrato 3. Quest'ultimo è indicativo della presenza di un lapideo molto poco alterato e fratturato, caratterizzato da velocità delle onde di compressione elevate, superiori 3.600 m/s, e delle onde di taglio maggiori di 1.600-1.800m/s.

Dal punto di vista elettro-stratigrafico, le porzioni individuate sia dal sismostrato 1 che dal sismostrato 2, nella parte più superficiale, mostrano evidenti disomogeneità, sia verticali che orizzontali.

I terreni attribuiti al sismostrato 1 possono essere suddivisi in due elettrostrati; il primo elettrostrato 1a presenta valori di resistività piuttosto elevati, compresi tra 40 e 180 Ohm·m, uno spessore piuttosto esiguo e può essere attribuito ai terreni di accumulo osservati in situ.

La porzione dell'elettrostrato 1b ha uno spessore maggiore della precedente e presenta valori di resistività maggiori a 180  $\Omega$ -m, in particolare a partire dalla progressiva 15m verso fine sezione. Si denotano quindi marcate differenze all'interno dell'elettrostrato. La porzione iniziale, di colore azzurro (valori compresi tra 160-200  $\Omega$ -m) è attribuibile alla roccia carbonatica la quale si dimostra a stratificazione fitta e fortemente fratturata, come visibile in scarpata nei pressi del fiume lato sondaggio; la restante porzione, nettamente alto-resistiva, è attribuibile alla breccia calcarea che rappresenta la formazione geologica dominante.

In profondità la presenza dell'elettrostrato 2, come riportato anche nella sezione onde P, corrisponde al sismostrato 2. Al di là dei valori in modulo delle proprietà fisiche, si denota che all'interno dell'elettrostrato 2, all'aumento dei valori di resistività corrisponde un incremento nei valori di velocità delle onde P ed SH.

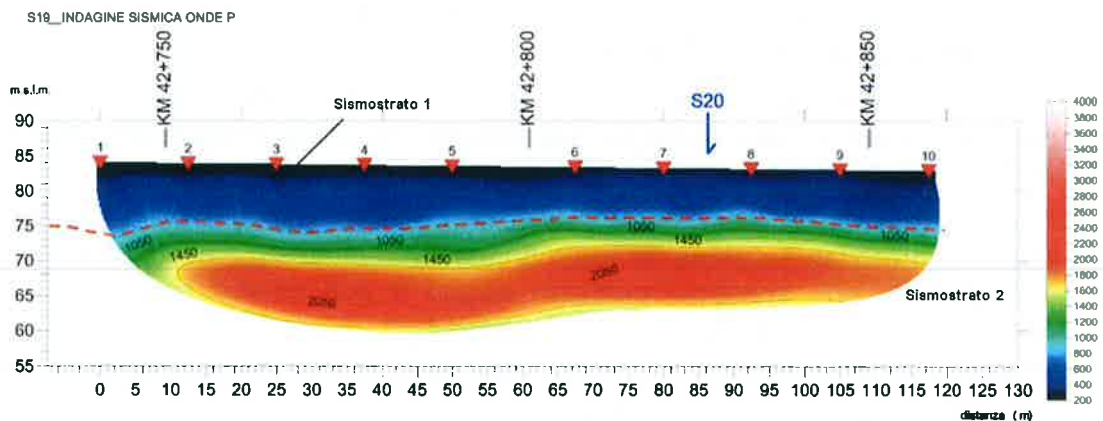
#### 4.8 Interpretazione delle Linee tomografiche sismiche ed elettriche S19, S20 – Allegato 7

Le linee sismiche S19 e S20, disposte tra loro a formare una croce, sono state eseguite tra le progressive chilometriche 42+750 e 42+850, su di un pianoro al limite alveo fiume e delimitate a Nord da una scarpata. Sono consultabili all'Allegato 7 in due Tavole.

##### 4.8.1 Sezioni tomografiche sismiche S19 e S20 per onde P ed SH

La linea sismica S19 è stata eseguita con unica base a 48 canali con passo intergeofonico di 2,5 m; con tale configurazione i terreni sono stati investigati fino alla profondità di circa 25 m a mezzo delle onde compressionali e di 30 m con quelle di taglio.

Lungo profili sismici ottenuti, si individua un primo sismostrato con velocità  $V_p$  minori di 1.000 m/s e  $V_s$  minori di 500 m/s, di spessore medio di circa 8/10 m lungo l'intera sezione; segue uno strato di maggiore potenza, caratterizzato da alte velocità delle onde P ed SH, rispettivamente comprese negli intervalli 1.000-2.000m/s e 2.100 m/s e 500-1.100 m/s, a parità di profondità. Per quanto concerne le onde SH, i massimi di velocità sono focalizzati nella porzione iniziale della sezione mentre sul lato opposto, al di sotto dell'intersezione con la linea S20, si ha una zona di fratturazione del substrato con evidente discontinuità (si veda la linea tratteggiata di colore nero sulla sezione sismica per onde di taglio SH riportata alla pagina seguente).





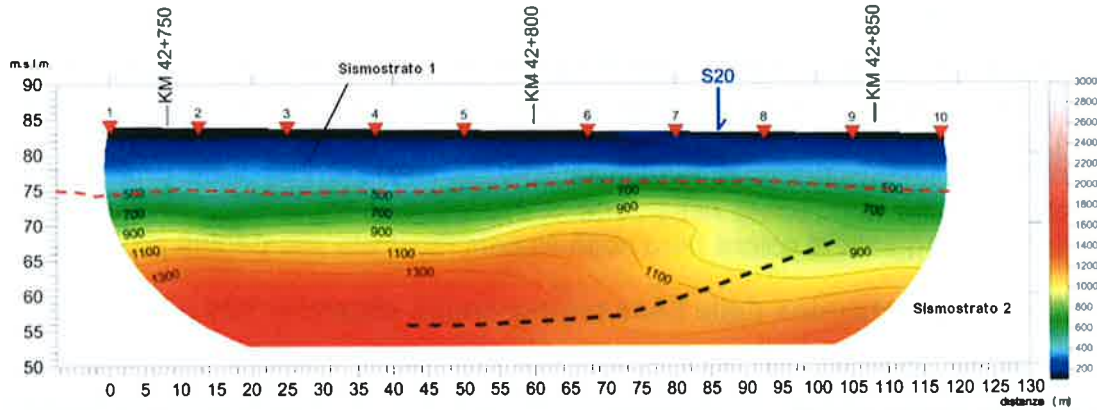


ITINERARIO NAPOLI-BARI.  
 RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO.  
 II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.  
 3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.  
 INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE -  
 TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D - M.A.S.W.

RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

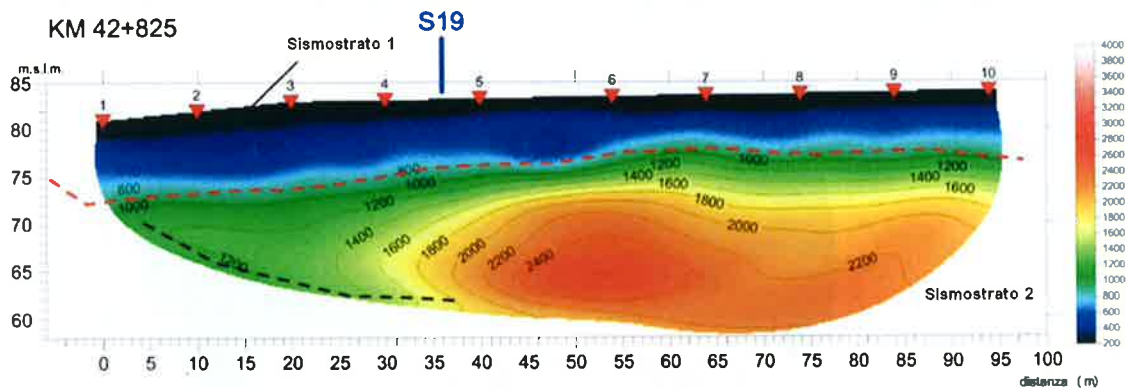
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IF0H	32 D 69	IG	GE0005 001	A	33 di 80

S19\_ INDAGINE SISMICA ONDE SH

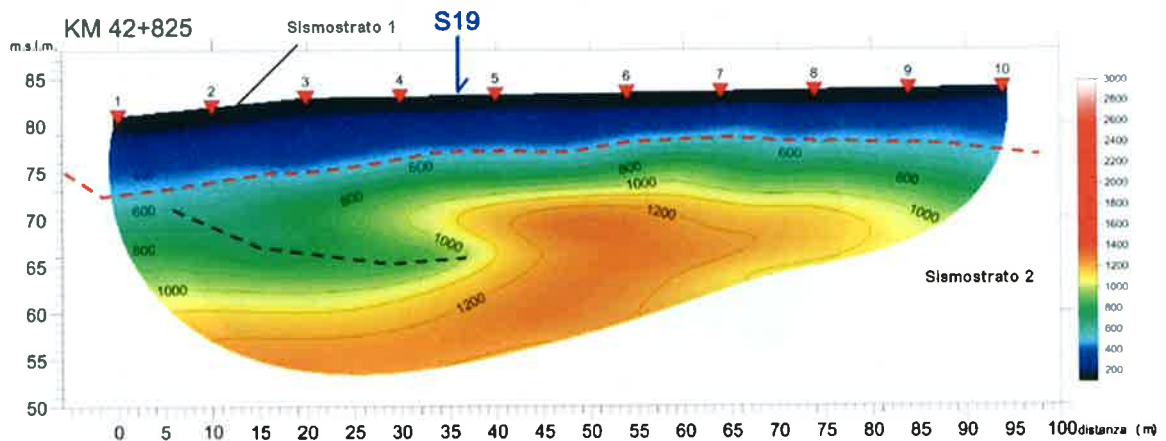


La linea sismica S20 è stata eseguita con unica base a 48 canali con passo intergeofonico di 2 m; con tale configurazione i terreni sono stati investigati con entrambi i tipi di onda fino alla profondità di circa 25-30 m.

S20\_ INDAGINE SISMICA ONDE P



S20\_ INDAGINE SISMICA ONDE SH



Lungo il profilo ottenuto per le onde compressionali e di taglio, il primo sismostrato,

RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0H	32 D 69	IG	GE0005 001	A	34 di 80

come già osservato nel caso della linea S19, ha velocità  $V_p$  inferiori a 900-1.000 m/s e  $V_s$  minori di 500 m/s; lo spessore medio è di circa 8-10 m, con massimi nella zona di inizio della sezione.

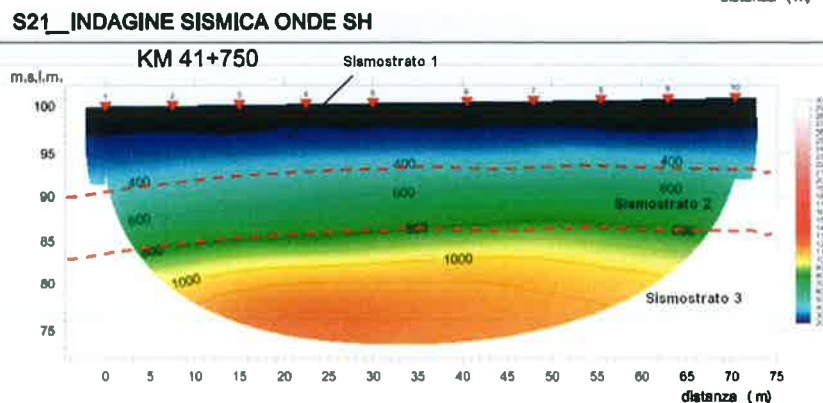
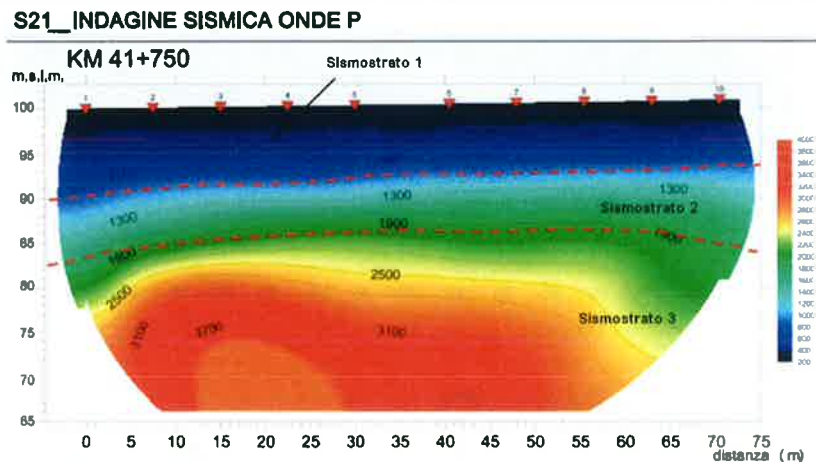
Segue un potente strato caratterizzato da alte velocità delle onde P ed SH, rispettivamente comprese negli intervalli 900-1.000m/s fino a 2.400m/s e 500-1.200m/s, a parità di profondità. Anche nella linea S20, il sismostrato 2 presenta differenziazioni laterali in termini di velocità, causati con tutta probabilità da una discontinuità rintracciata nella zona di intersezione tra le linee (evidenziata con una linea tratteggiata di colore nero nelle sezioni mostrate alla pagina precedente).

#### 4.9 Interpretazione delle linee tomografiche sismiche S21 e S22 – Allegato 8

Le linee sismiche S21 e S22, tra loro disposte a formare una croce, sono state eseguite tra le progressive chilometriche 44+700 e 41+750, sulla piana all'ingresso Sud dell'abitato di Ponte.

Sezioni tomografiche sismiche S21 e S22 per onde P ed SH

La linea sismica S21 è stata eseguita con unica base a 48 canali con passo intergeofonico di 1,5 m; con tale configurazione i terreni sono stati investigati fino alla profondità di circa 35m a mezzo delle onde compressionali e fino a 25m con quelle di taglio.



Lungo i profili ottenuti si individua un primo sismostrato con velocità  $V_p$  inferiori a



ITINERARIO NAPOLI-BARI.

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO.

II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.

3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.

INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE -  
TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D - M.A.S.W.

RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

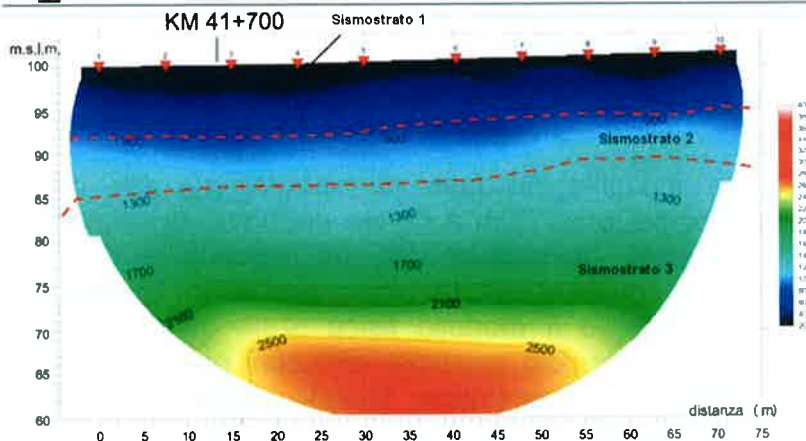
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IF0H	32 D 69	IG	GE0005 001	A	35 di 80

800 m/s e Vs minori di 400 m/s; lo spessore medio di tale sismostrato è pari circa a 8-10 m lungo l'intera sezione. Segue un secondo sismostrato, caratterizzato da velocità delle onde P ed SH, rispettivamente comprese negli intervalli 800-1.900 m/s e 400-800 m/s a parità di profondità; il gradiente di velocità permane positivo per l'intera sezione in entrambi i tipi di onda.

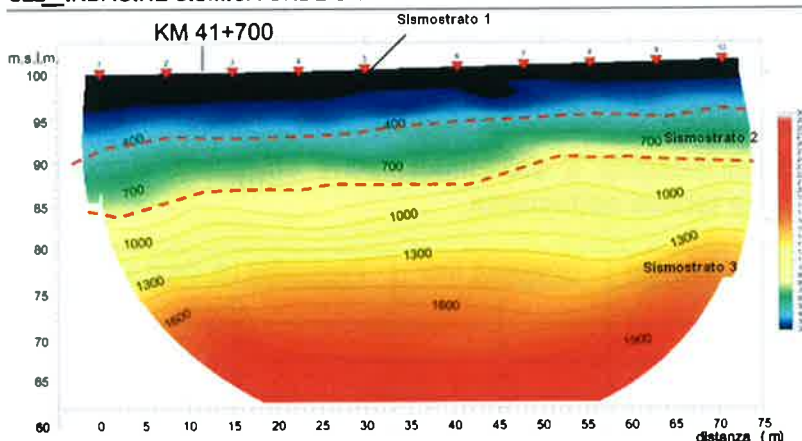
In profondità si entra in un substrato con buone peculiarità fisico-meccaniche caratterizzato da velocità delle onde P maggiori di 1.900 m/s e delle onde SH maggiori di 800 m/s.

La linea sismica S22 è stata eseguita anch'essa con unica base a 48 canali con passo intergeofonico di 1,5 m; con tale configurazione i terreni sono stati investigati a mezzo delle onde compressionali e di taglio fino alla profondità di circa 40 m.

#### S22\_ INDAGINE SISMICA ONDE P



#### S22\_ INDAGINE SISMICA ONDE SH



Anche in questo caso si individuano tre sismostrati. Il primo, con velocità Vp inferiori a 800 m/s e Vs minori di 400 m/s, ha uno spessore medio di circa 8-10 m lungo l'intera sezione.

Segue un secondo sismostrato, caratterizzato da velocità delle onde P ed SH, rispettivamente comprese negli intervalli 800-1.200 m/s e 400-800 m/s, a parità di profondità; il gradiente di velocità permane positivo lungo l'intera sezione in entrambi i tipi di onda. Da notare la corrispondenza tra le velocità delle onde di taglio registrate

	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –</b> <b>TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.</b>					
	<b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA IF0H	LOTTO 32 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

a parità di profondità tra le sezioni S21 ed S22, mentre per quanto concerne le onde di compressione, la linea S22 si addentra nella piana e, a parità di profondità, l'interfaccia di separazione tra i sismostrati 2 e 3 registra velocità inferiori.

Il substrato 3 presenta buone peculiarità fisico-meccaniche, caratterizzato da velocità delle onde P superiori a 1.200 m/s e delle onde SH maggiori di 800 m/s.

#### 4.10 Analisi dei Risultati delle indagini MASW – Allegato 9

Nell'Allegato Grafico No. 9, per ciascun MASW, sono riportati i sismogrammi medi utilizzati 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.

Per ciascun punto di indagine MASW, sono riportati il calcolo della  $V_{s30}$  e l'attribuzione del valore alla classe di suolo idonea.

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

##### 4.10.1 Area MASW 5

A seguito dell'indagine e dell'elaborazione effettuata, i risultati del MASW 5 sono riassunti nella tabella sottostante.

Sismostrato	Spessore (m)	Profondità (m dal p.c.)	$V_s$ (m/s)
1	1	0	153
2	1	1	193
3	1	2	325
4	1	3	432
5	1	4	474
6	1	5	453
7	1	6	411
8	1	7	395
9	1	8	433
10	1	9	516
11	1	10	620

	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –</b> <b>TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.</b>					
	<b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA IF0H	LOTTO 32 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV A

12	1	11	728
13	1	12	830
14	1	13	923
15	1	14	1007
16	1	15	1082
17	1	16	1150
18	1	17	1210
19	1	18	1265
20	1	19	1315
21	1	20	1361
22	1	21	1404
23	1	22	1443
24	1	23	1480
25	1	24	1515
26	1	25	1547
27	1	26	1578
28	1	27	1606
29	1	28	1633
30	INF	29	1659

*Tabella 4.10.1.1 – 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 Vs30 rappresentativa del sito in esame. Secondo la normativa italiana in materia di progettazione antisismica "O.P.C.M. n° 3274/2003" e sue modifiche e le Norme Tecniche di Costruzione (D.M. 14/01/2008) e sue modifiche e, ancora, secondo la normativa europea Eurocodice 8, il valore calcolato di Vs30 è pari a

**Vs30=629 m/s.**

Vista la strat presente, i profili di velocità delle onde di taglio e il valore di Vs30 si può assimilare la categoria di suolo di fondazione di riferimento al suolo "B".

#### 4.10.2 Area MASW 6

A seguito dell'indagine e dell'elaborazione effettuata, i risultati del MASW 4 sono riassunti nella tabella sottostante.

Sismostrato	Spessore (m)	Profondità (m dal p.c.)	Vs (m/s)
1	1	0	603
2	1	1	106

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –</b> <b>TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.</b>					
	<b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA IF0H	LOTTO 32 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

3	1	2	228
4	1	3	505
5	1	4	548
6	1	5	566
7	1	6	579
8	1	7	602
9	1	8	640
10	1	9	691
11	1	10	750
12	1	11	798
13	1	12	855
14	1	13	913
15	1	14	953
16	1	15	994
17	1	16	1043
18	1	17	1084
19	1	18	1132
20	1	19	1173
21	1	20	1206
22	1	21	1255
23	1	22	1304
24	1	23	1352
25	1	24	1401
26	1	25	1437
27	1	26	1456
28	1	27	1471
29	1	28	1483
30	INF	29	1493

*Tabella 4.10.2.1 – 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 Vs30 rappresentativa del sito in esame. Secondo la normativa italiana in materia di progettazione antisismica "O.P.C.M. n° 3274/2003" e sue modifiche e le Norme Tecniche di Costruzione (D.M. 14/01/2008) e sue modifiche e, ancora, secondo la normativa europea Eurocodice 8, il valore calcolato di Vs30 è pari a

**Vs30=673 m/s.**

Vista la strat presente, i profili di velocità delle onde di taglio e il valore di Vs30 si può assimilare la categoria di suolo di fondazione di riferimento al suolo "B".

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –</b> <b>TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.</b>					
	<b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA IF0H	LOTTO 32 D 09	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV A

#### 4.10.3 Area MASW 7

A seguito dell'indagine e dell'elaborazione effettuata, i risultati del MASW 7 sono riassunti nella tabella sottostante.

Sismostrato	Spessore (m)	Profondità (m dal p.c.)	Vs (m/s)
1	1	0	94
2	1	1	170
3	1	2	236
4	1	3	286
5	1	4	311
6	1	5	308
7	1	6	283
8	1	7	254
9	1	8	232
10	1	9	227
11	1	10	236
12	1	11	255
13	1	12	277
14	1	13	298
15	1	14	315
16	1	15	327
17	1	16	335
18	1	17	340
19	1	18	342
20	1	19	343
21	1	20	345
22	1	21	348
23	1	22	354
24	1	23	364
25	1	24	377
26	1	25	394
27	1	26	415
28	1	27	440
29	1	28	467
30	INF	29	498

*Tabella 4.10.3.1 – 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 Vs30 rappresentativa del sito in esame. Secondo la normativa italiana in materia di progettazione antisismica "O.P.C.M. n° 3274/2003" e sue modifiche e le Norme Tecniche di Costruzione (D.M.



ITINERARIO NAPOLI-BARI.  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.  
3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.  
INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –  
TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.

RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0H	32 D 69	IG	GE0005 001	A	40 di 80

14/01/2008) e sue modifiche e, ancora, secondo la normativa europea Eurocodice 8, il valore calcolato di Vs30 è pari a

**Vs30=282 m/s.**

Visti i profili di velocità delle onde di taglio e il valore di Vs30 si può assimilare la categoria di suolo di fondazione di riferimento al suolo "C".



	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –</b> <b>TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.</b>					
	<b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA IF0H	LOTTO 32 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV A

## 5. BIBLIOGRAFIA

- Archie G.E.**, 1942. "The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics". *Transaction of the AIME* 146, 54-62.
- DeGroot-Hedlin C., and Constable, S.C.**, 1990, Occam's inversion to generate smooth, two-dimensional models from magnetotelluric data, *Geophysics*, **55**, 1613-1624.
- Dey A. and Morrison H.F.**, 1979, Resistivity modeling for arbitrarily Shaped two-dimensional structures, *Geophysical Prospecting*, **27**(1), 106-136.
- LaBrecque, D. J., Morelli, G., Daily, W., Ramirez, A. and Lundegard, P.** - Occam's inversion of 3-D electrical resistivity tomography, in Oristaglio, M. and Spies, B., Ed., Three-dimensional electromagnetics: Soc. of Expl. Geophys., 575-590, 1999 .
- Morelli G. and LaBrecque D.J.**, 1996, Advances in ERT modeling, *Eur. J. Environ. Eng. Geophys.*, **1**, 171-186.
- Morelli, G., LaBrecque, D. J., Ramirez, A. L., and Daily, W. D.**, - 3D ERT applied to the monitoring of Joule heating: Proceedings of the Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems (SAGEEP), 417-424., 1997.
- Park S.K. and Van G.P.**, 1991, Inversion of pole-pole data for 3-D resistivity structure beneath arrays of electrodes, *Geophysics*, **56**, 951-960.
- Ramirez A., Daily W., Binley A., and LaBrecque D.J.**, 1999, Electrical impedance tomography of known targets, *J. of Environmental and Engineering Geophysics*, **4**(1), 11-26, 1999.
- Sasaki Y.**, 1994, 3-D resistivity inversion using the finite-element method, *Geophysics*, **59**(11), 1839-1848.
- Burnham, G. F. and Hawke, P. J.**, Smart solution to a sticky problem: in-mine clay mapping using high-resolution geophysics. (In Press).
- Loke, M.H.**, A practical guide to 2D & 3D electrical imaging surveys (10th Aug. 2000).
- John m. Reynolds**, (1997). "An introduction to applied and environmental geophysics", pp. 415-488, Wiley, England.
- Jun-Su Choi , Hee-Hwan Ryu, In-Mo Lee , Gye-Chun Cho**, (2006). "Rock Mass Classification Using Electrical Resistivity – an Analytical Study", Key Engineering Material, Vols. 321-323, pp. 1411-1414, Trans Tech Publications, Switzerland.
- Cavinato, G. P., Di Luzio, E., Moscatelli, M., Vallone, R., Averardi, M., Valente, A., and Papale, S.** [2006] The new Col di Tenda tunnel between Italy and France: Integrated geological investigations and geophysical prospections for preliminary studies on the Italian side. *Engineering Geology* **88**, 90-109.
- Dahlin, T., Bjelm, L., and Svensson, C.** [1999] Use of electrical imaging in site investigations for a railway tunnel through the Hallandsås Horst, Sweden. *Quarterly Journal of Engineering Geology* **32**, 163-172.
- Ganerød, G. V., Rønning, J. S., Dalsegg, E., Elvebakk, H., Holmøy, K., Nilsen, B., and Braathen, A.** [2006] Comparison of geophysical methods for sub-surface mapping of faults and fracture zones in a section of the Viggja road tunnel, Norway. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* **65**, 231-243.
- Morelli, G., Morelli, A., Chiara, P., Pacchini, A., Fischanger, F.**, 2004. "Characterization of Complex Archaeological Sites Using 3D Electrical Resistivity Tomography". Proceedings of the SAGEEP 2004, 185-192.
- Dziewonski, A., Bloch, S. and Landisman, M.**, 1969 "A technique for the analysis of transient seismic signals". *B.S.S.A*, **59**: 427-444.

	<b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b> <b>3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.</b> <b>INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –</b> <b>TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.</b>					
	<b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b>	COMMESSA IF0H	LOTTO 32 D 69	CODIFICA IG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A

- Herrmann R.B. and Ammon C. J.**, 2002. "Computer Programs in Seismology" ver. 3.20
- Lobkis, O. I. and L. Weaver, R. L.**, 2001 "On the emergence of the Green's function in the correlations of a diffuse field". The Journal of the Acoustical Society of America, 110: 3011-3017.
- Hagedoorn J.G.** 1959. The Plus-Minus Method of Interpreting Seismic Refraction Sections. Geophysical Prospecting, volume 7, p. 158-182.
- Alekseev A.S., Belonosova A.V., Burmakov I.A., Krasnopevtseva G.V., Matveeva N.N., Nersessov G.L., Pavlenkova N.I., Romanov V.G. and Ryaboy V.Z.** 1973. Seismic studies of low-velocity layers and horizontal inhomogeneities within the crust and upper mantle on the territory of the U.S.S.R. Tectonophysics, Volume 20, December 1973, Pages 47-56.
- Diebold J.B. and Stoffa P.L.** 1981. The travelttime equation, tau-p mapping, and inversion of common midpoint data. Geophysics, volume 46, p. 238-254.
- Gebrande H and Miller H.**, 1985. Refraktionsseismik (in German). In: F. Bender (Editor), Angewandte Geowissenschaften II. Ferdinand Enke, Stuttgart; pp. 226-260. ISBN 3-432-91021-5.
- Jansen S.** 2010. Parameter investigation for subsurface tomography with refraction seismic data, Master thesis, Niels Bohr Institute, University of Copenhagen.
- Jones G.M. and Jovanovich D.B.** 1985. A ray inversion method for refraction analysis. Geophysics, volume 50, p. 1701-1720.
- Lecomte, I.; Gjoystdal, H.; Dahle, A.; Pedersen, O.C.**, 2000, Improving modeling and inversion in refraction seismics with a first-order Eikonal solver, Geophysical Prospecting, Vol. 48, 437-454.
- MacPhail M.R.** 1967. The midpoint method of interpreting a refraction survey. In: Musgrave A.W. (Editor), Seismic.
- Palmer, D.**, 2010, Non-uniqueness with refraction inversion – a syncline model study, Geophysical Prospecting, Vol. 58, 203-218.
- Schuster G T, Aksel Q B.** 1993. Wave-path Eikonal travel-time inversion: Theory. Geophysics, 58(9): 1314–1323.
- Watanabe, T.; Matsuoka, T.; Ashida, Y.**, 1999, Seismic travelttime tomography using Fresnel volume approach, SEG Houston 1999, Expanded Abstracts. <http://dx.doi.org/10.1190/1.1820777>.



ITINERARIO NAPOLI-BARI.  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.  
3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.  
INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –  
TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.

RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	32 D 69	IG	GE0005 001	A	43 di 80

**6. ALLEGATO GRAFICO N.1 – TAVOLE DALLA 1 ALLA 2**





www.soing.eu

OGGETTO  
Indagine tomografica Sismica a rifrazione per onde P e SH (S6)  
Km.44+000 - 44+100

PROGETTO DEFINITIVO:  
Itinerario Napoli-Bari raddoppio  
tratta Cancello-Benevento  
Il lotto funzionale  
Frasso-Telesino-Vitulano  
3° Lotto funzionale  
San Lorenzo - Vitulano

Per La **SOING** Strutture e Ambiente

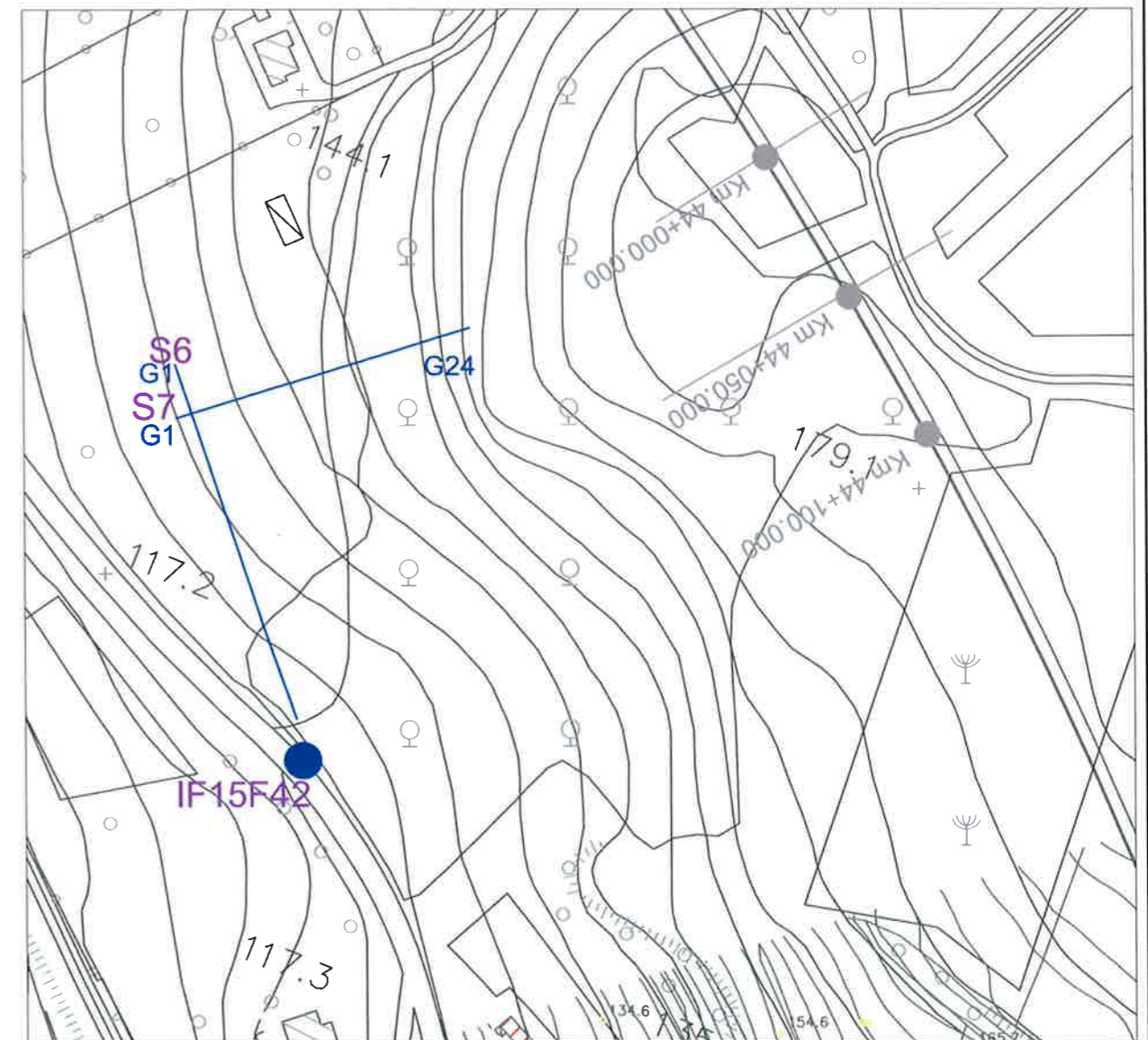
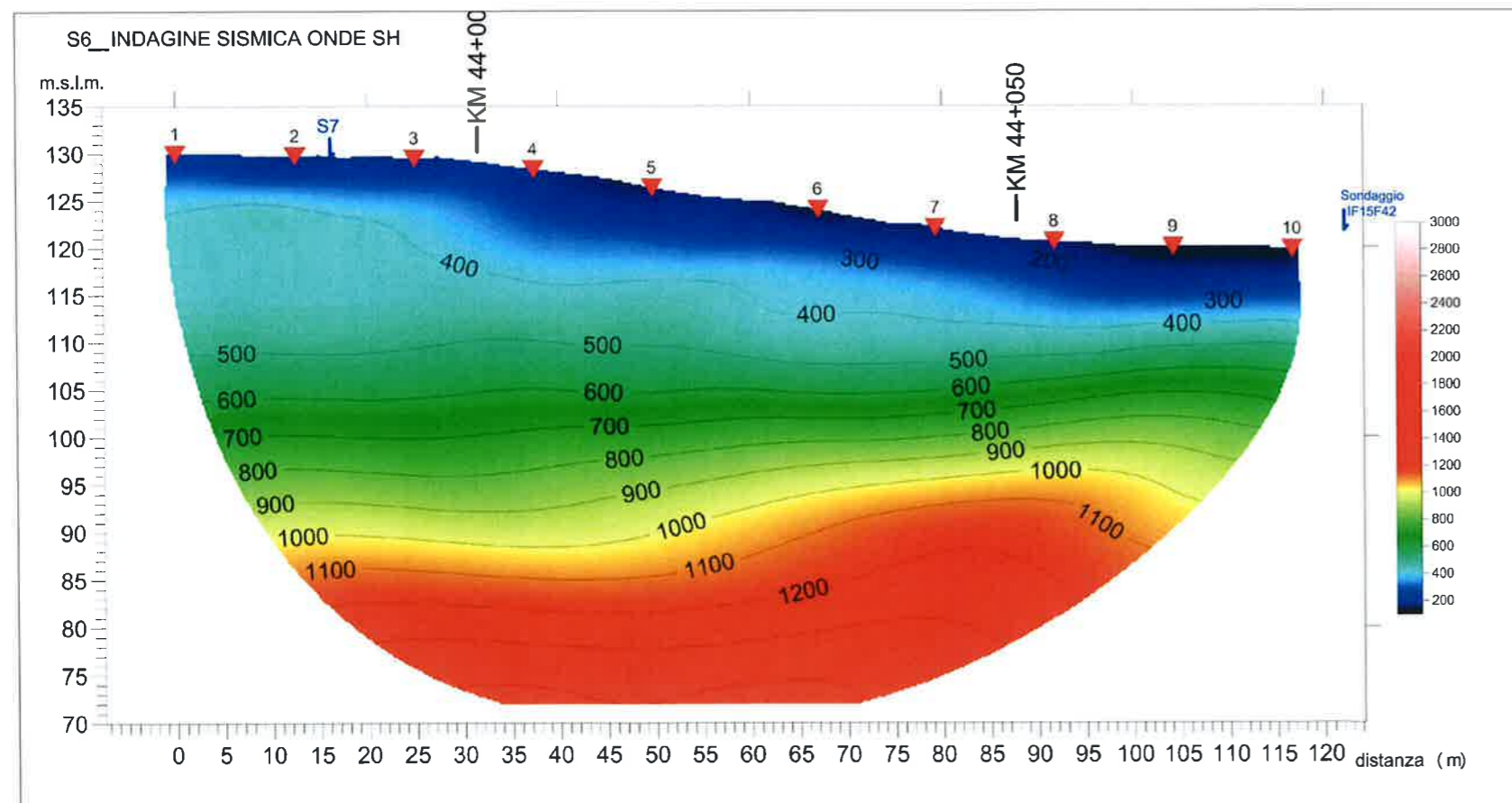
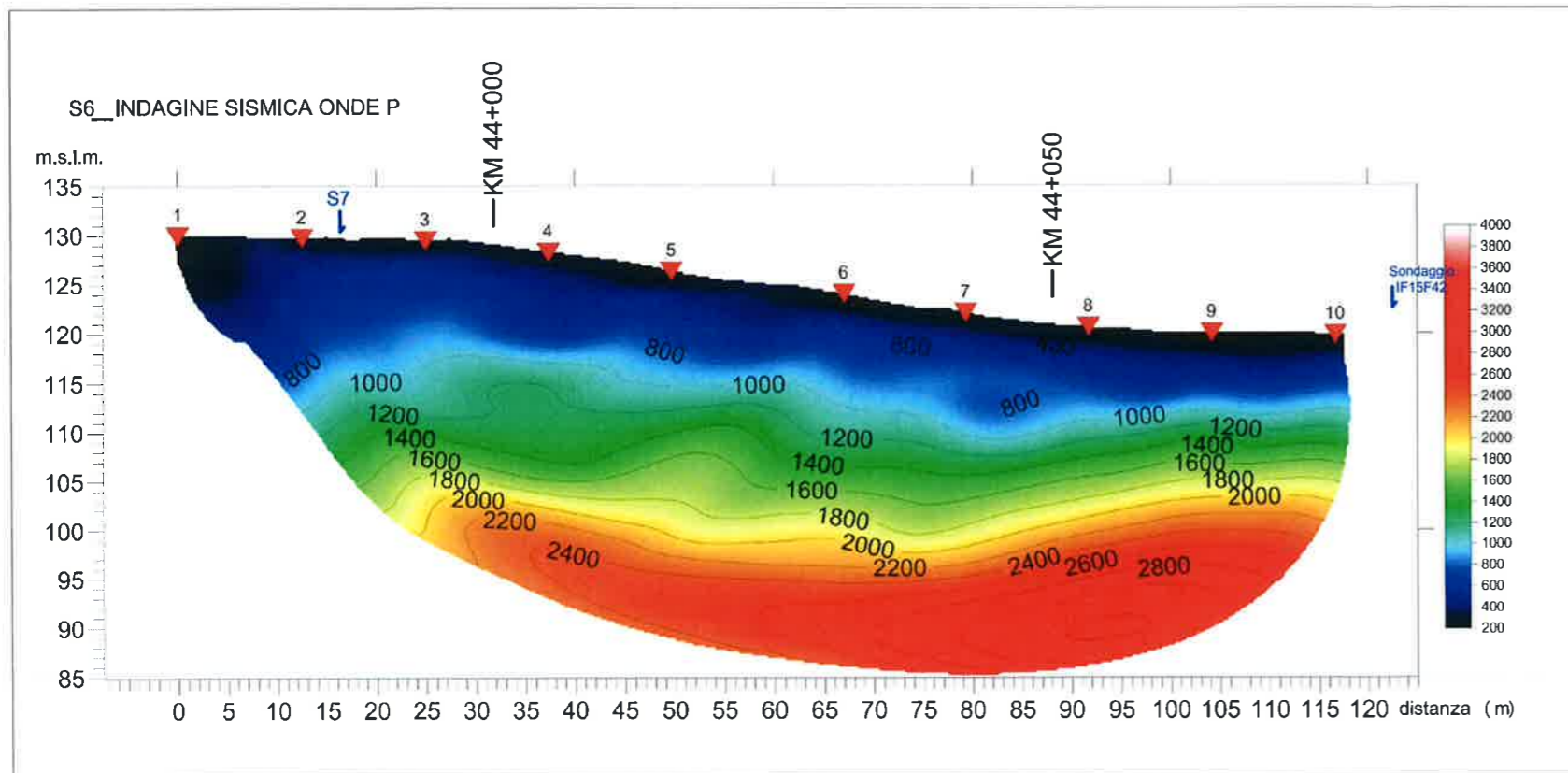
ELABORAZIONE	MG.Idilli
VERIFICA	A.Morelli
APPROVAZIONE	P.Chiara

SCALA 1:700

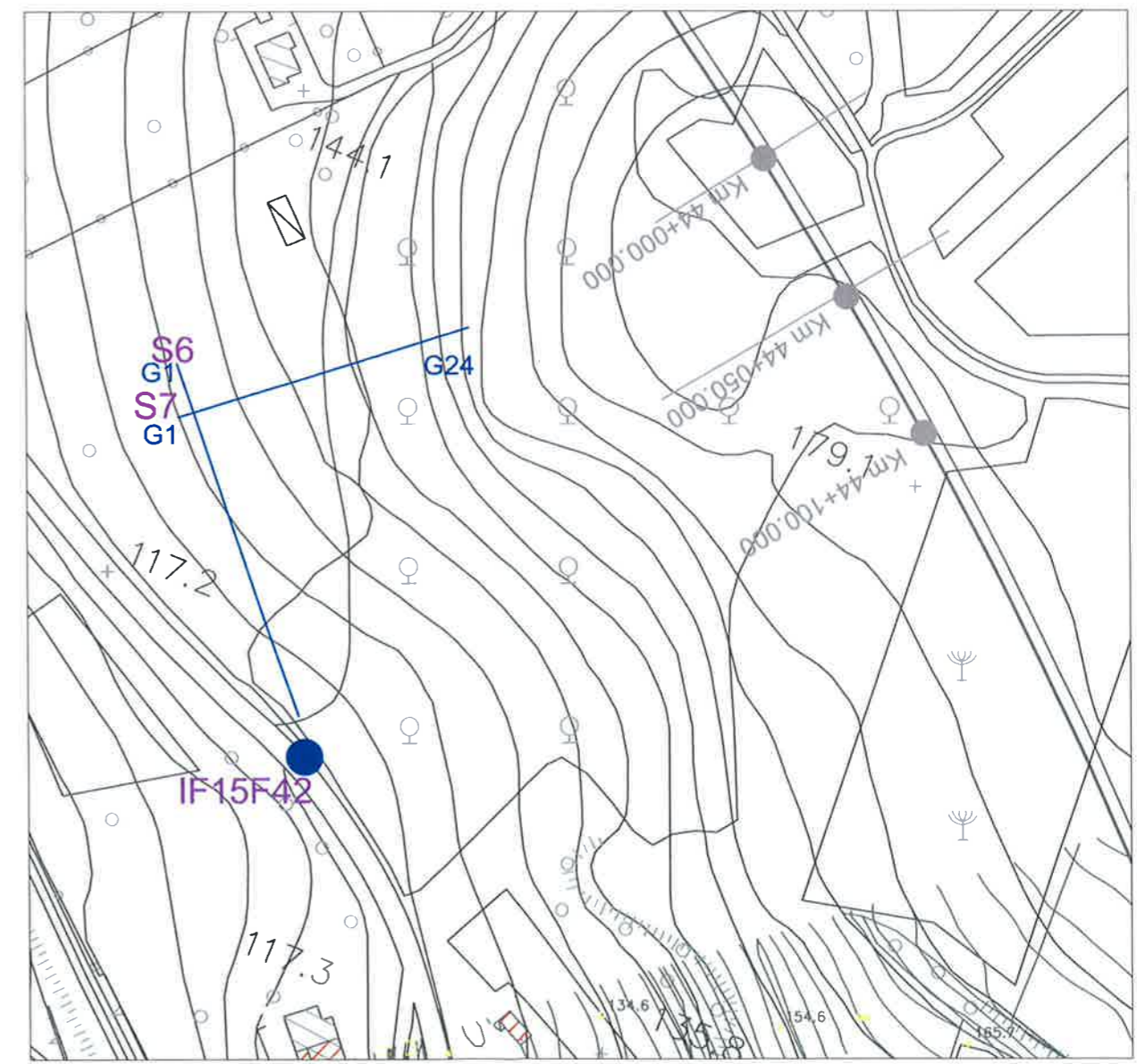
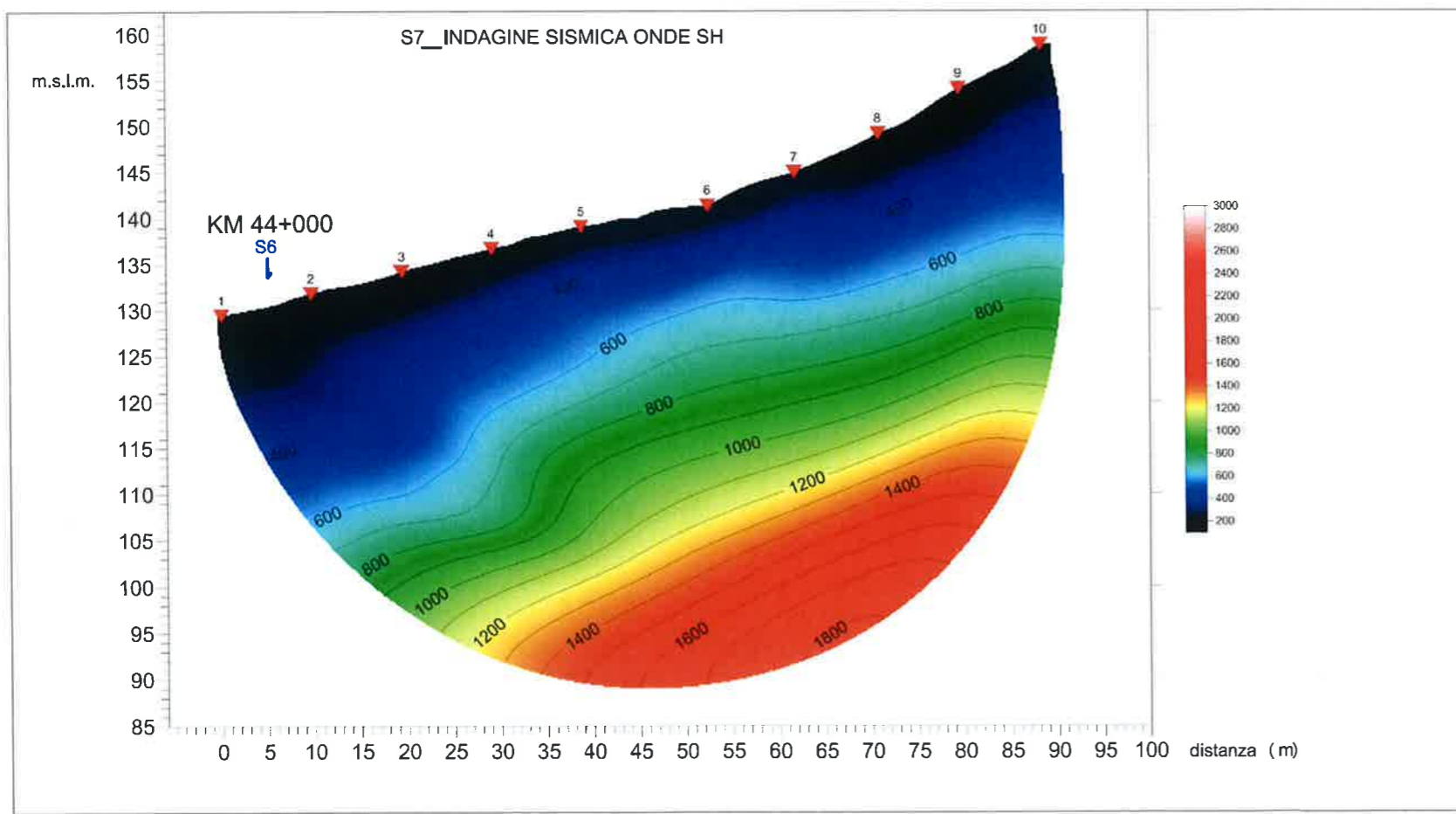
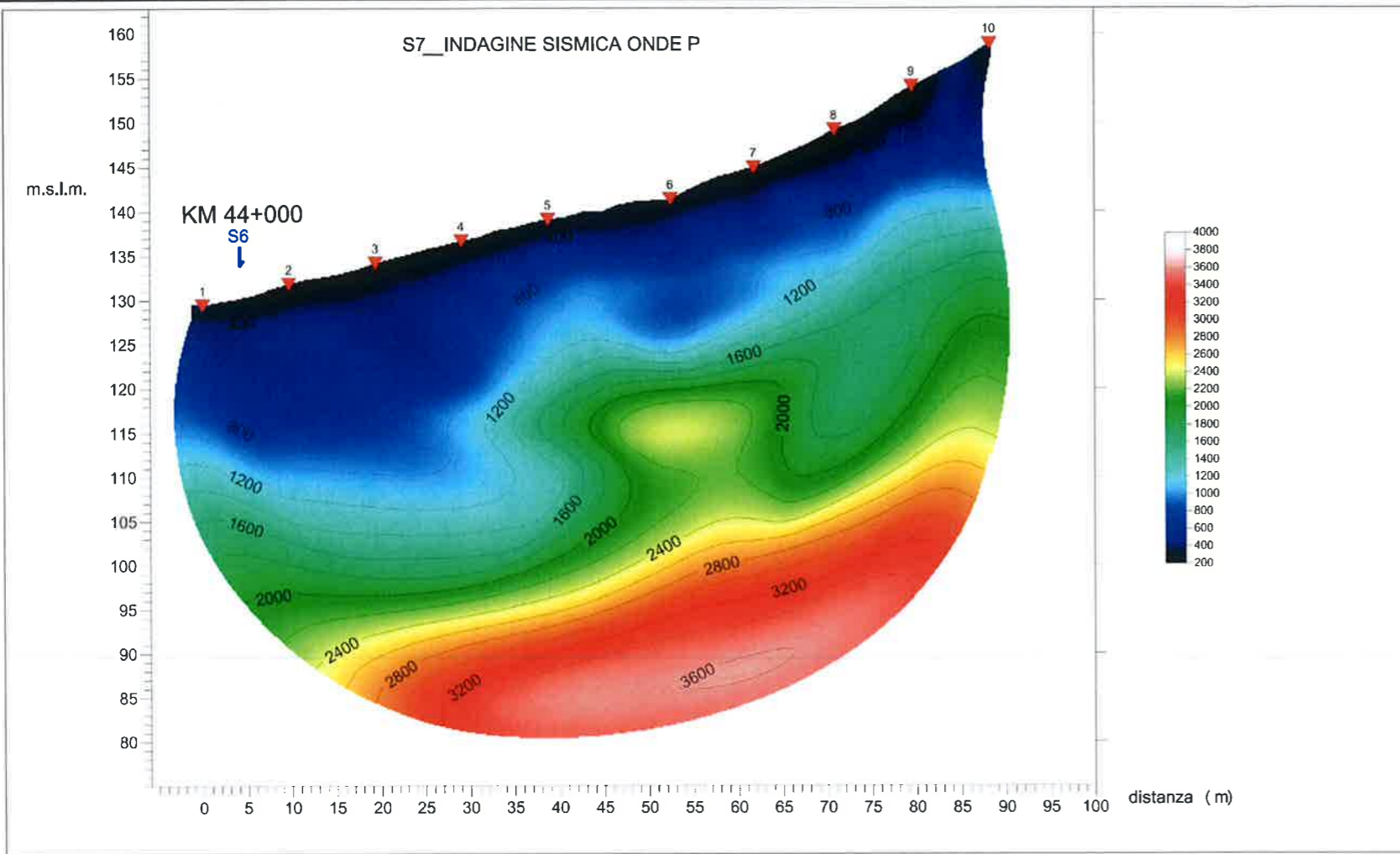
TAVOLA

REV. 00

1







 www.soing.eu	
<b>OGGETTO</b> Indagine tomografica Sismica a rifrazione per onde P e SH (S7) Km.44+000 - 44+100	
<b>PROGETTO DEFINITIVO:</b> Itinerario Napoli-Bari raddoppio tratta Cancellone-Benevento Il lotto funzionale Frasso-Telesino-Vitulano 3° Lotto funzionale San Lorenzo - Vitulano	
Per La <b>SOING</b> Strutture e Ambiente	
ELABORAZIONE	MG.Idilli
VERIFICA	A.Morelli
APPROVAZIONE	P.Chiara
SCALA 1:700	TAVOLA
REV. 00	<b>2</b>

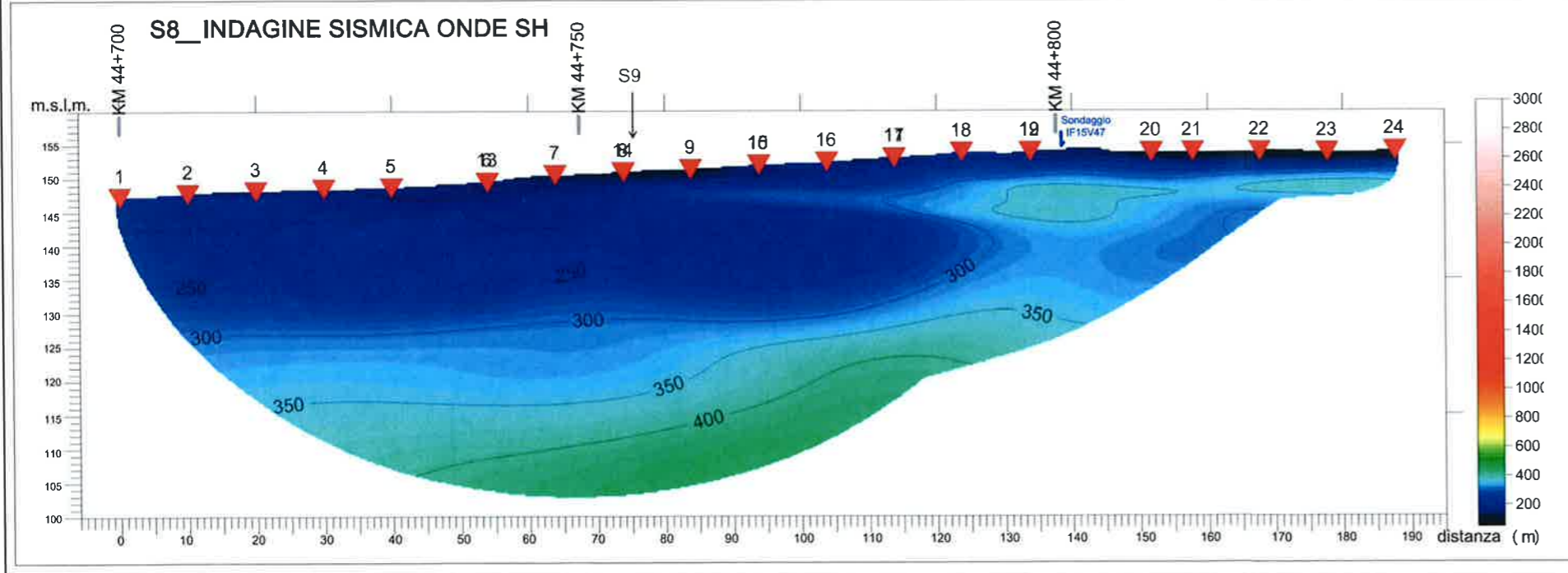
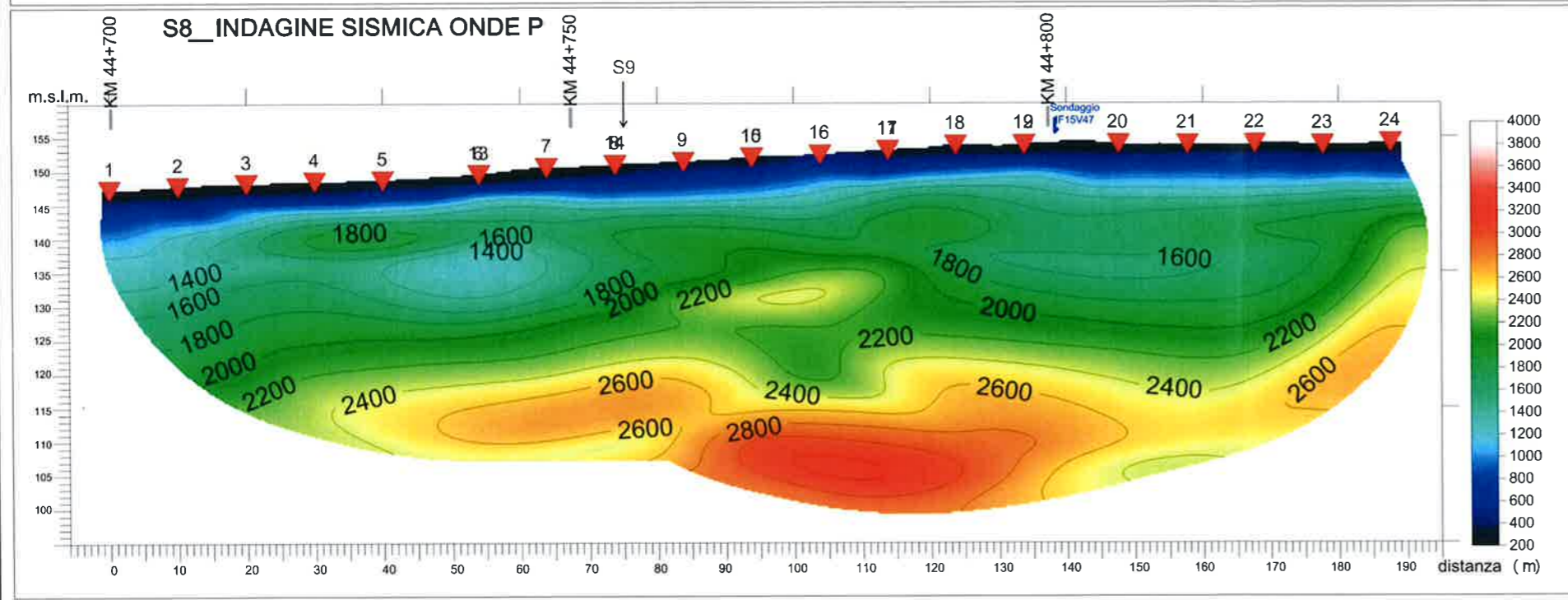
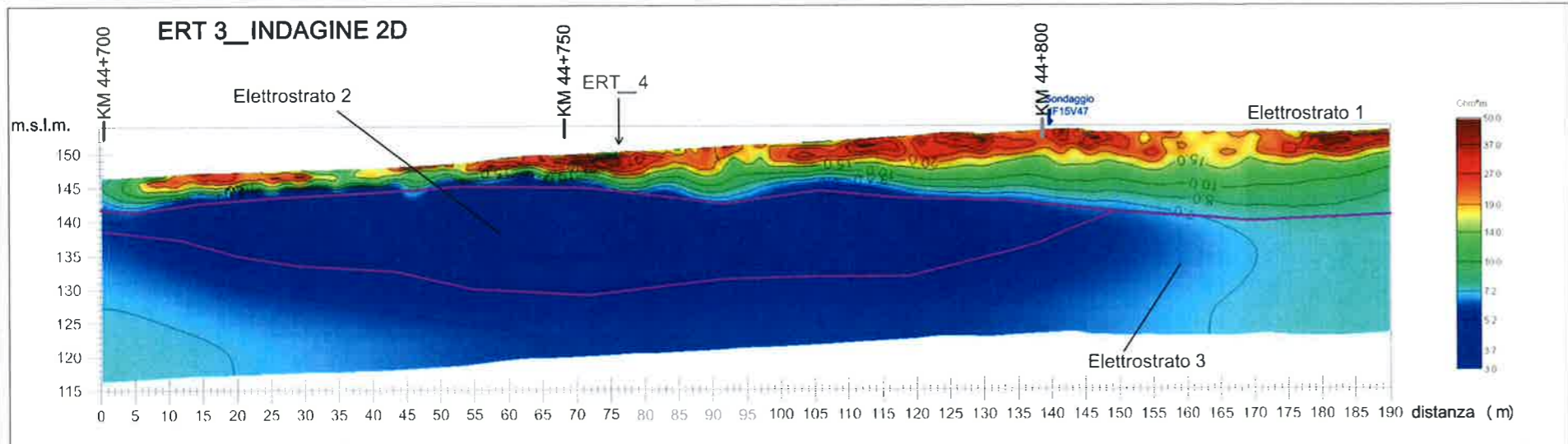




 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.</b>  <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b>  <b>3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.</b>  <b>INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –</b>  <b>TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.</b></p>												
<p><b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF0H</td> <td>32 D 69</td> <td>IG</td> <td>GE0005 001</td> <td>A</td> <td>46 di 80</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0H	32 D 69	IG	GE0005 001	A	46 di 80
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0H	32 D 69	IG	GE0005 001	A	46 di 80								

**7. ALLEGATO GRAFICO N.2 – TAVOLE DALLA 1 ALLA 2**






www.soing.eu

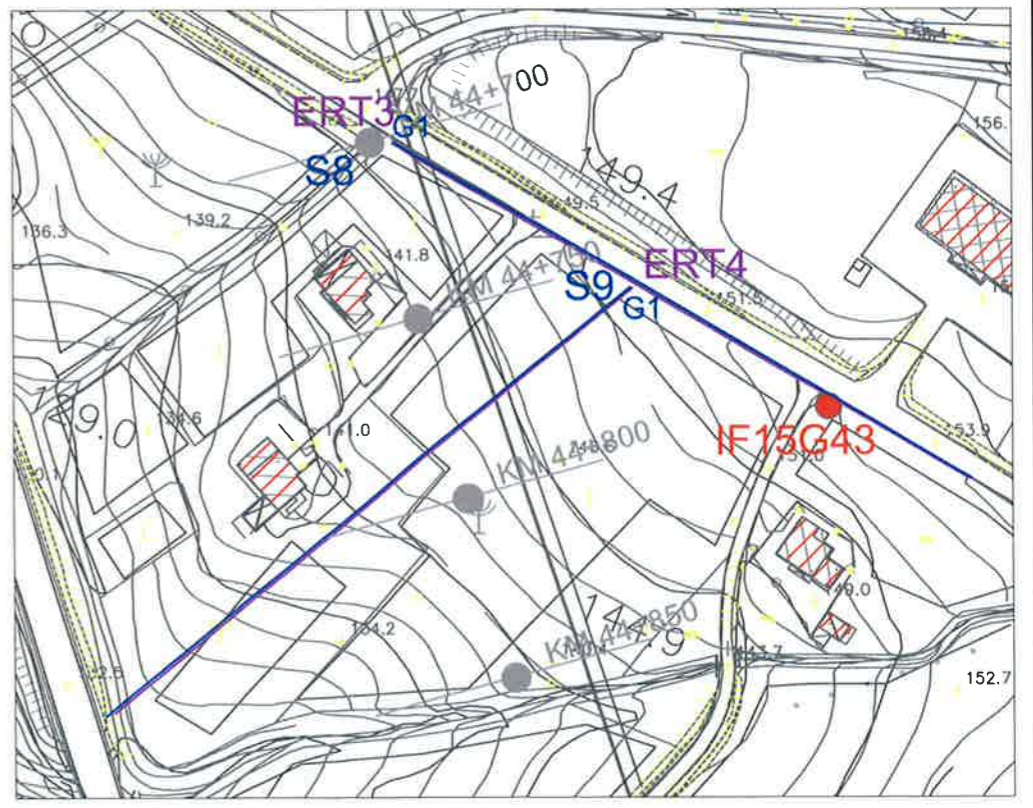
**OGGETTO**  
Indagine tomografica elettrica ERT 2D e Sismica a rifrazione per onde P e SH (S8\_ERT3) Km.44+700 - 44+800

**PROGETTO DEFINITIVO:**  
Itinerario Napoli-Bari raddoppio tratta Cancello-Benevento Il lotto funzionale Frasso-Telesino-Vitulano 3° Lotto funzionale San Lorenzo - Vitulano

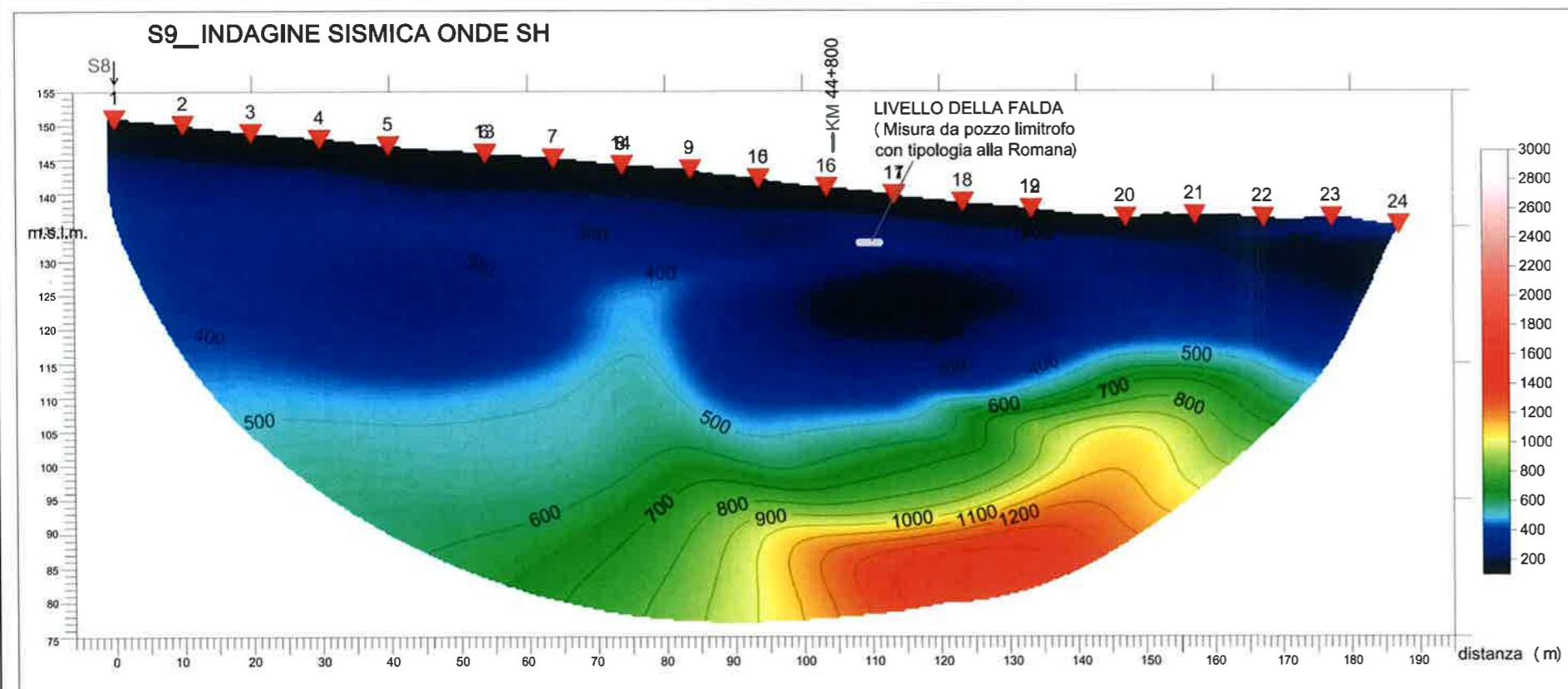
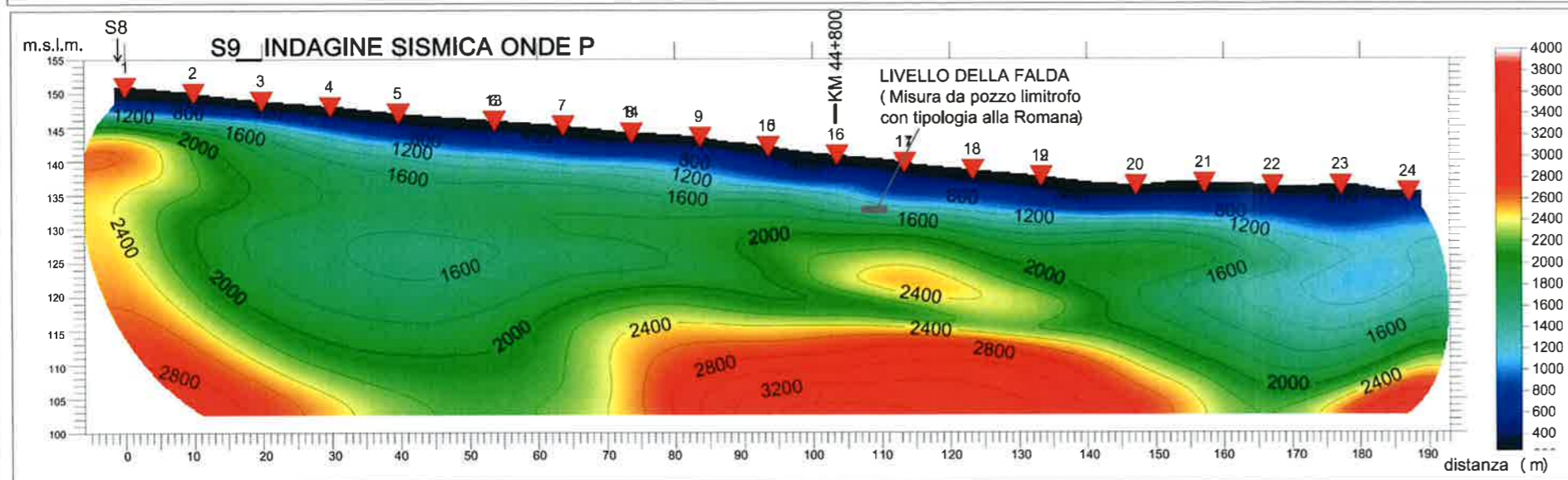
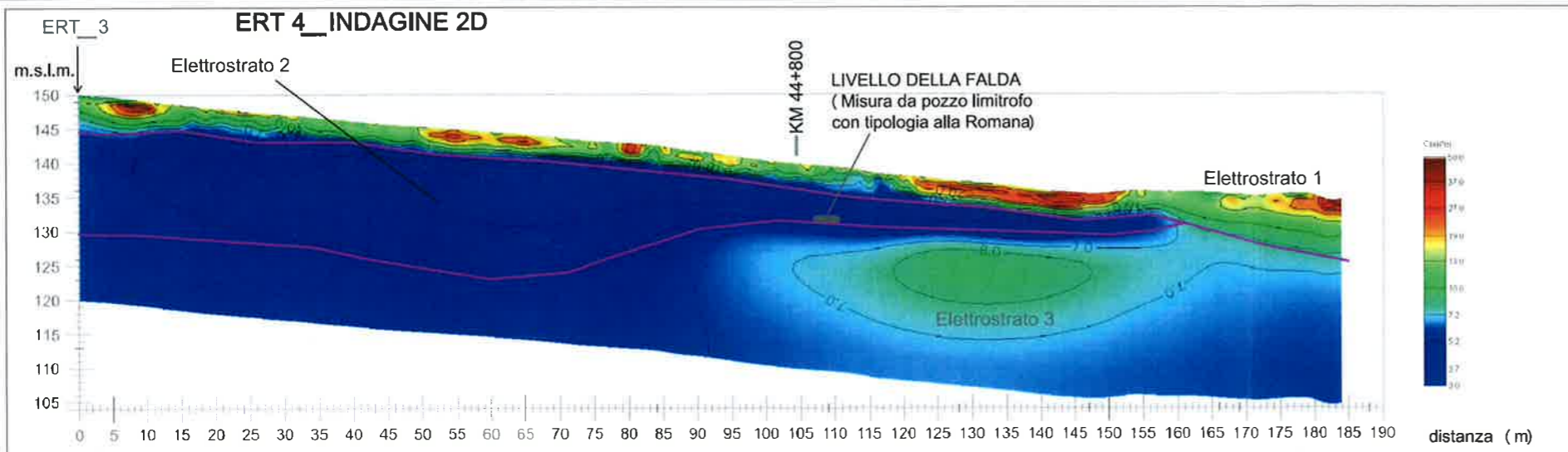
Per La **SOING** Strutture e Ambiente

ELABORAZIONE	MG.Idilli
VERIFICA	A.Morelli
APPROVAZIONE	P.Chiara

SCALA	1:900	TAVOLA	1
REV.	00		








www.soing.eu

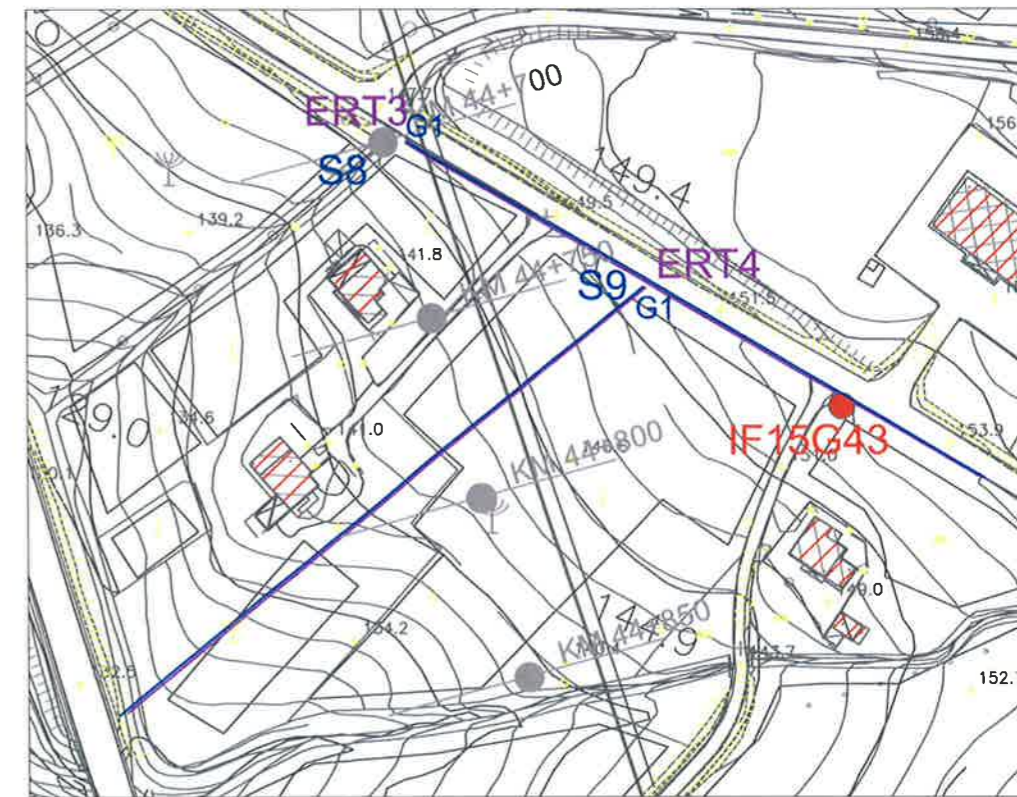
**OGGETTO**  
Indagine tomografica elettrica ERT 2D e Sismica a rifrazione per onde P e SH (S9\_ERT4) Km.44+700 - 44+800

**PROGETTO DEFINITIVO:**  
Itinerario Napoli-Bari raddoppio tratta Cancello-Benevento Il lotto funzionale Frasso-Telesino-Vitulano 3° Lotto funzionale San Lorenzo - Vitulano

Per La **SOING** Strutture e Ambiente

ELABORAZIONE MG.Idilli  
VERIFICA A.Morelli  
APPROVAZIONE P.Chiera

SCALA 1:900	TAVOLA 2
REV. 00	





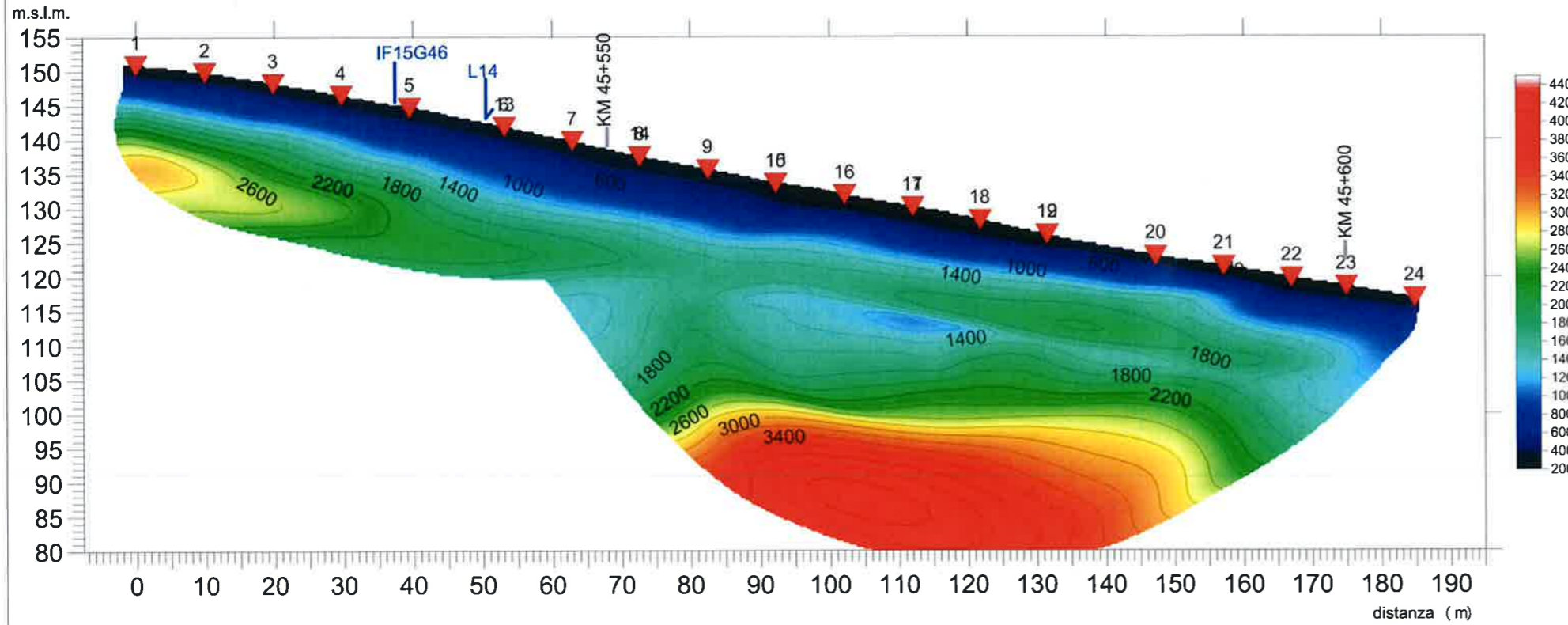
 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>ITINERARIO NAPOLI-BARI.</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.</b>  <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.</b>  <b>3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.</b>  <b>INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –</b>  <b>TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.</b></p>												
<p><b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF0H</td> <td>32 D 09</td> <td>IG</td> <td>GE0005 001</td> <td>A</td> <td>49 di 80</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IF0H	32 D 09	IG	GE0005 001	A	49 di 80
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IF0H	32 D 09	IG	GE0005 001	A	49 di 80								

**8. ALLEGATO GRAFICO N.3 – TAVOLA DALLA 1 ALLA 4**

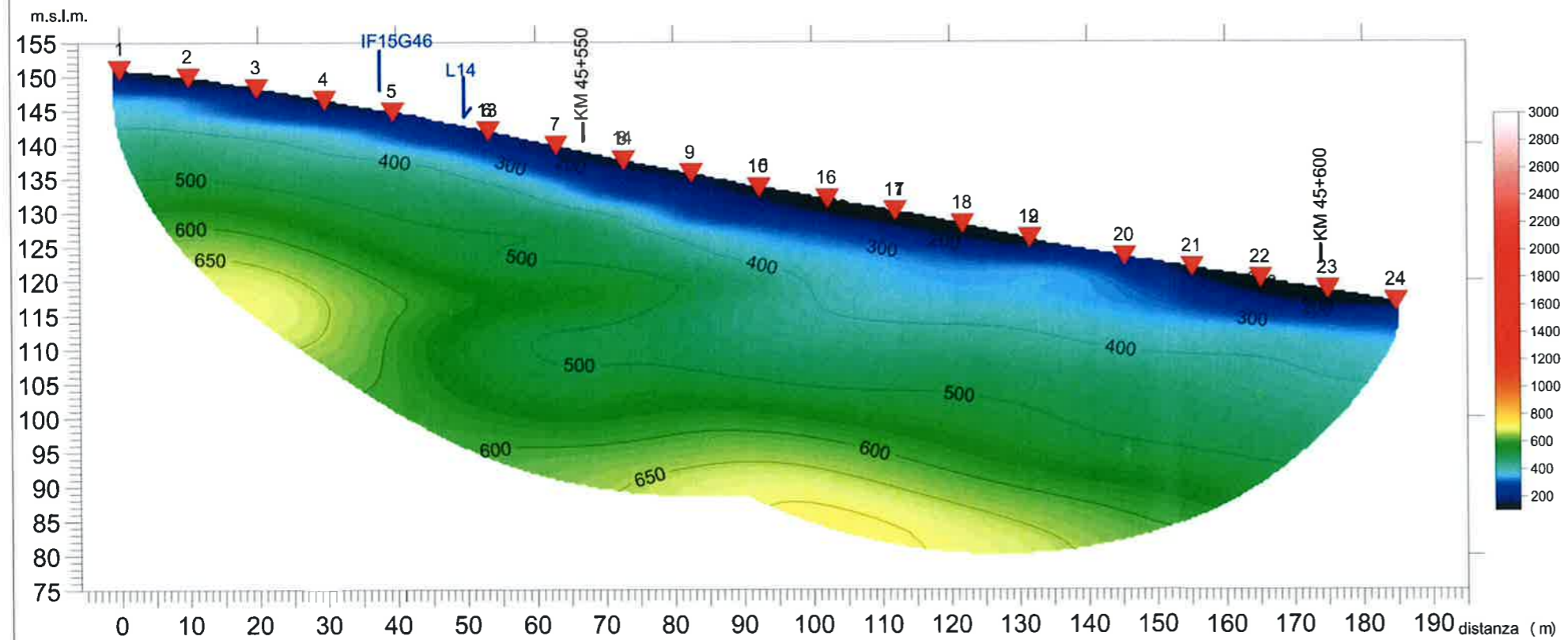




S10\_INDAGINE SISMICA ONDE P



S10\_INDAGINE SISMICA ONDE SH



www.soing.eu

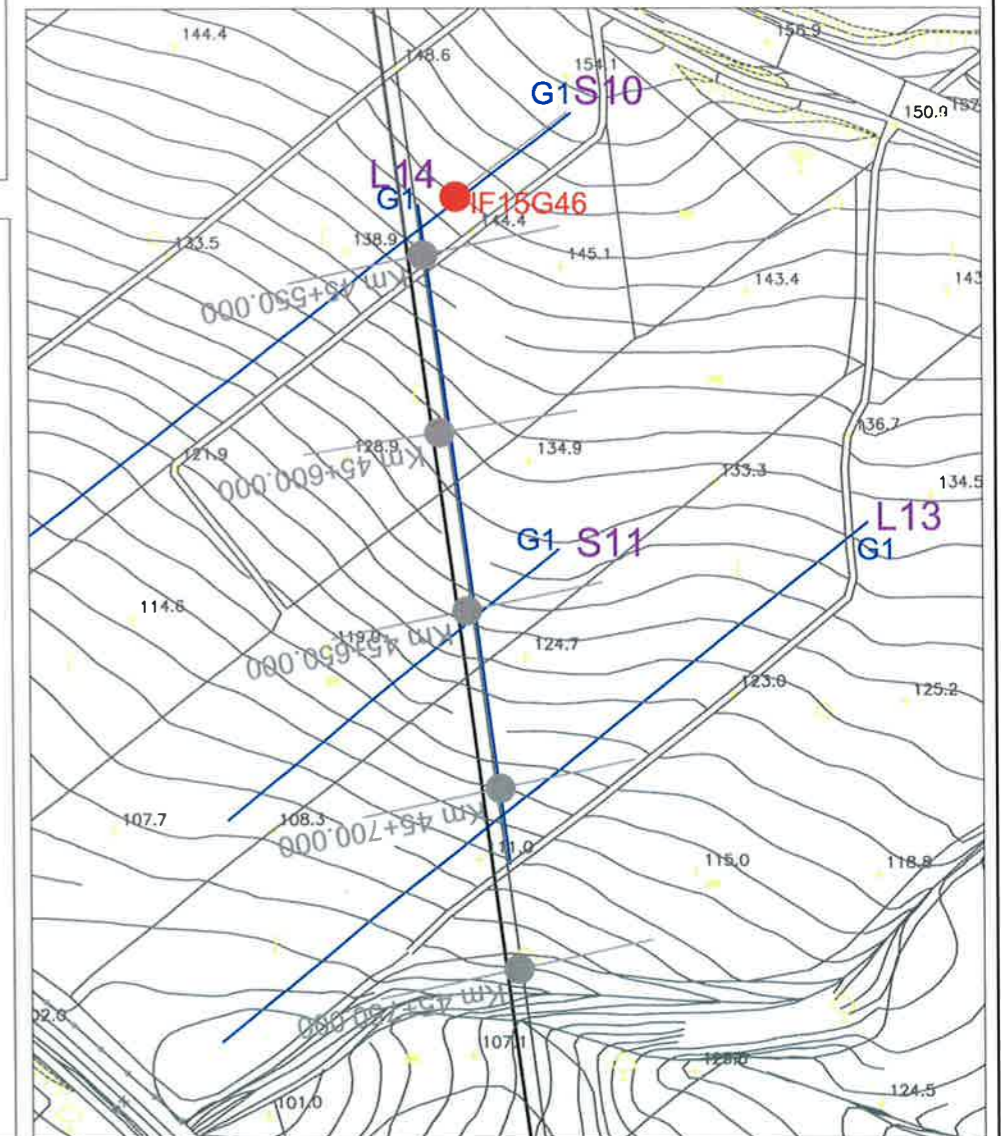
**OGGETTO**  
Indagine tomografica Sismica a rifrazione per onde P e SH (S10) Km.45+550 - 45+750

**PROGETTO DEFINITIVO:**  
Itinerario Napoli-Bari raddoppio tratta Cancellò-Benevento Il lotto funzionale Frasso-Telesino-Vitulano 3° Lotto funzionale San Lorenzo - Vitulano

Per La **SOING** Strutture e Ambiente

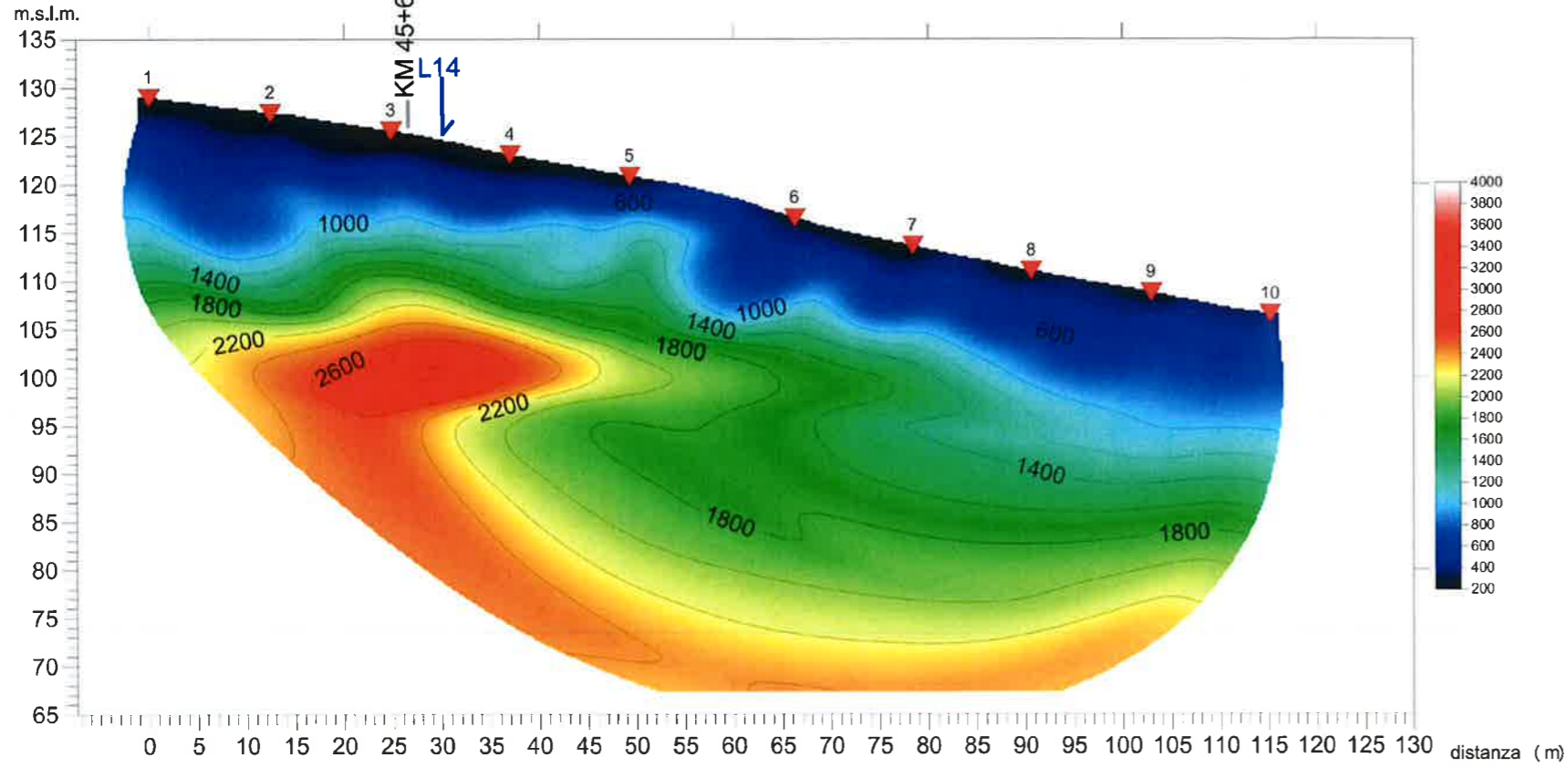
ELABORAZIONE MG.Idili  
VERIFICA A.Morelli  
APPROVAZIONE P.Chiera

SCALA 1:850 TAVOLA  
REV. 00 **1**

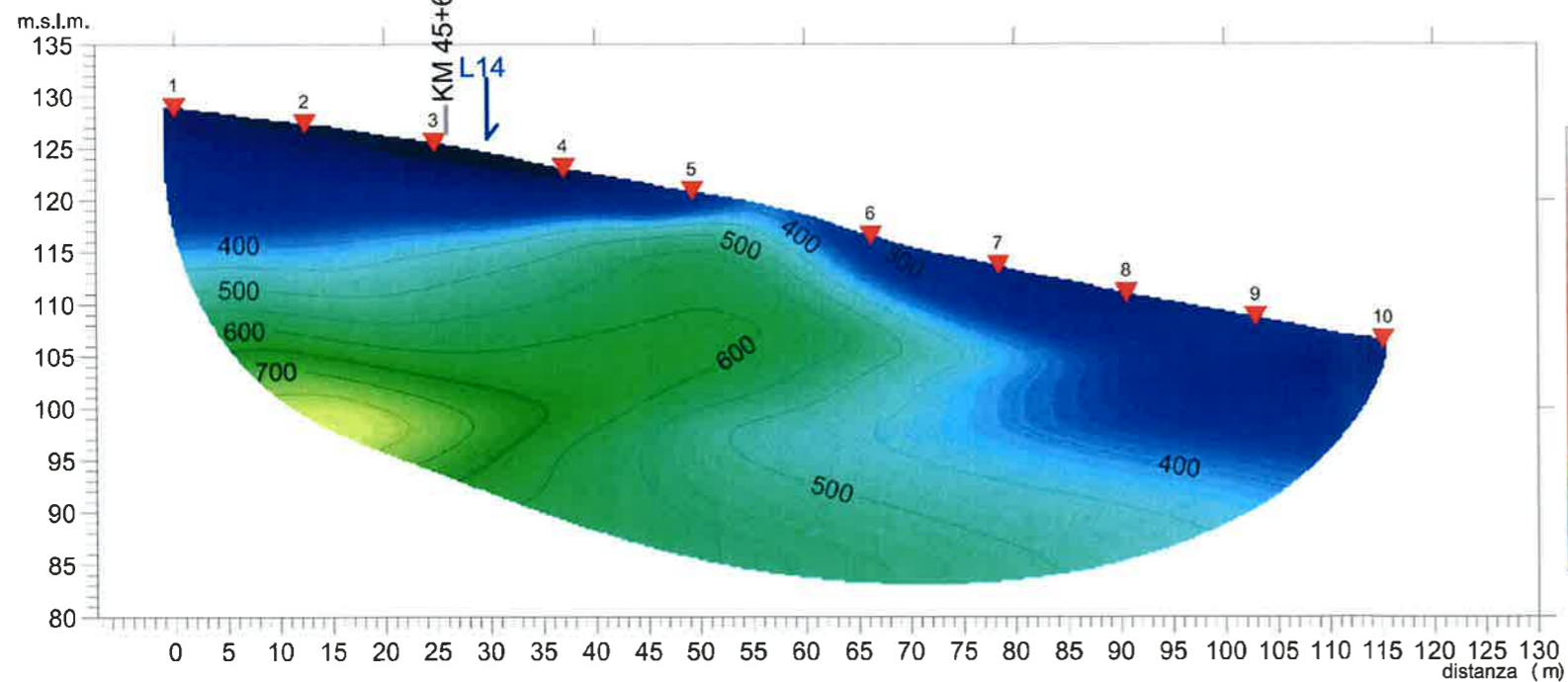




S11\_INDAGINE SISMICA ONDE P



S11\_INDAGINE SISMICA ONDE SH



www.soing.eu

**OGGETTO**  
Indagine tomografica Sismica a rifrazione per onde P e SH (S11) Km.45+550 - 45+750

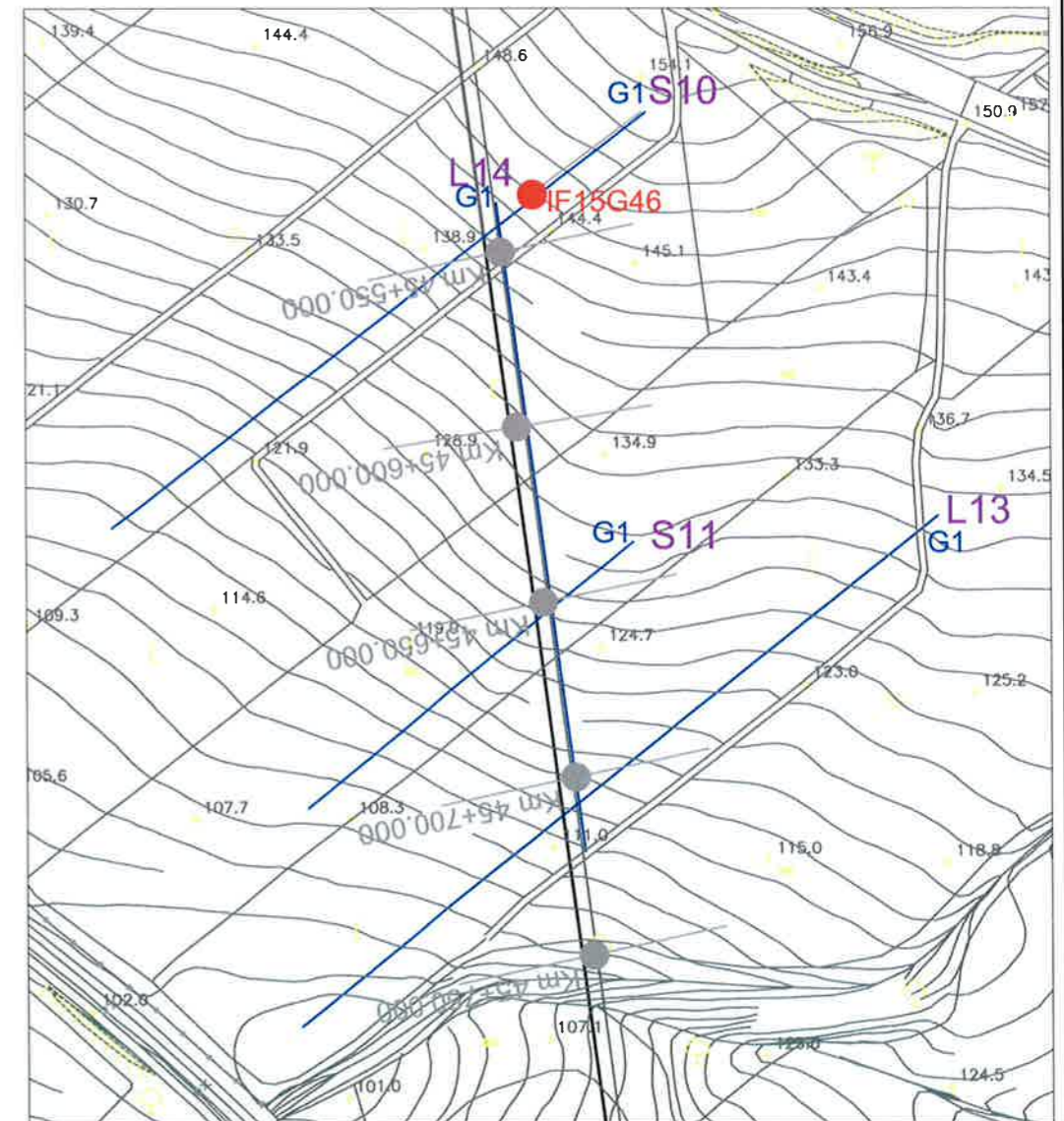
**PROGETTO DEFINITIVO:**  
Itinerario Napoli-Bari raddoppio tratta Cancellò-Benevento Il lotto funzionale Frasso-Telesino-Vitulano 3° Lotto funzionale San Lorenzo - Vitulano

Per La **SOING** Strutture e Ambiente

ELABORAZIONE MG.Idili  
VERIFICA A.Morelli  
APPROVAZIONE P.Chiara

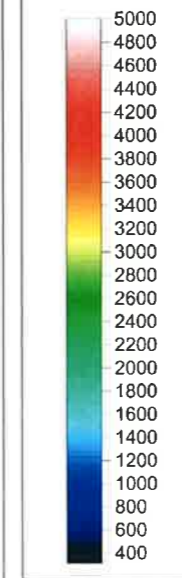
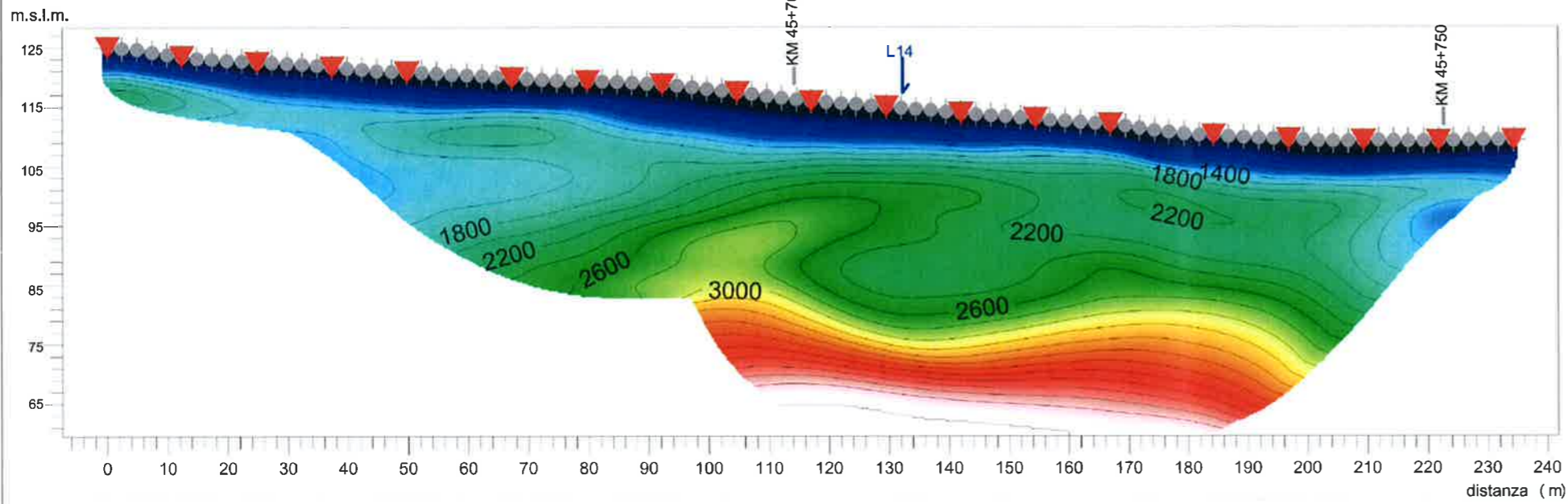
SCALA 1:700  
REV. 00

TAVOLA  
**2**





L13\_INDAGINE SISMICA ONDE P



www.soing.eu

**OGGETTO**  
Indagine tomografica Sismica a rifrazione per onde P e SH (L13)  
Km.45+550 - 45+750

**PROGETTO DEFINITIVO:**  
Itinerario Napoli-Bari raddoppio  
tratta Canello-Benevento  
Il lotto funzionale  
Frasso-Telesino-Vitulano  
3° Lotto funzionale  
San Lorenzo - Vitulano

Per La **SOING** Strutture e Ambiente

ELABORAZIONE MG.Idilli  
VERIFICA A.Morelli  
APPROVAZIONE P.Chiara

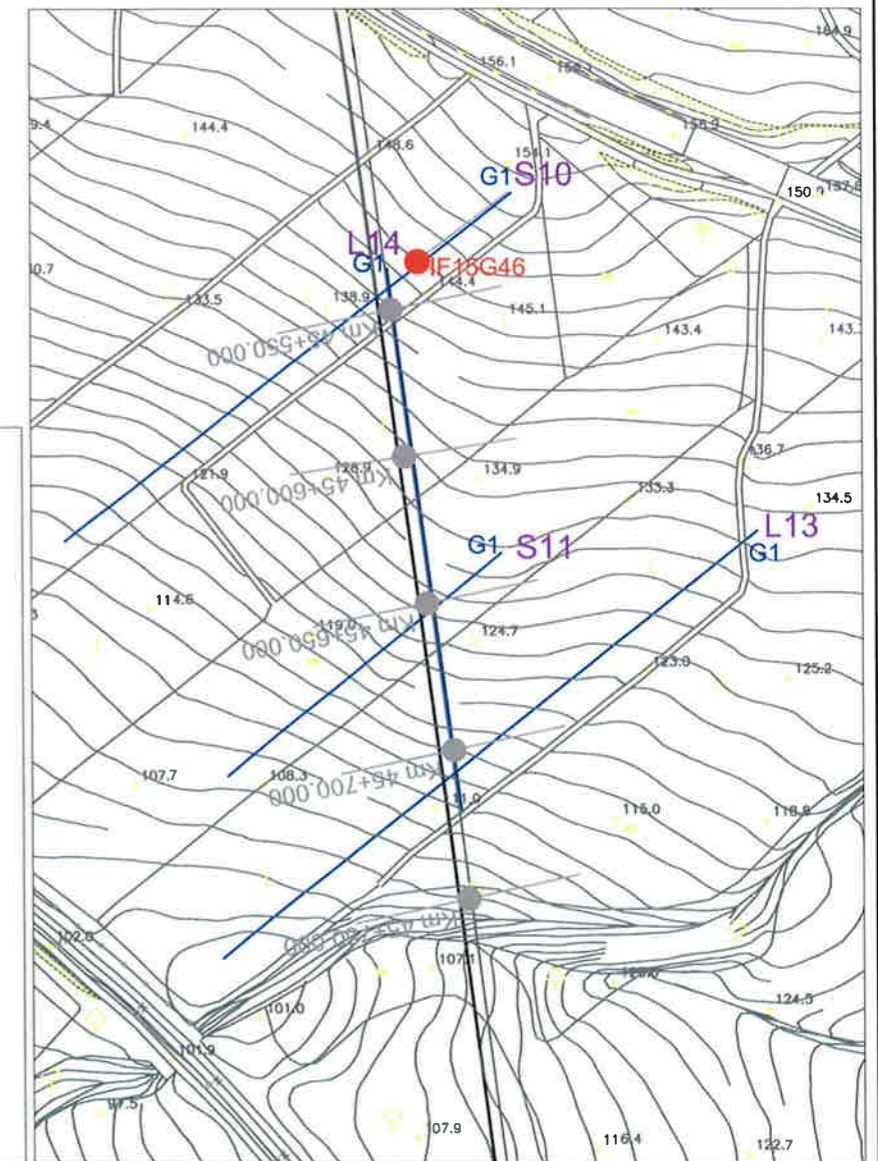
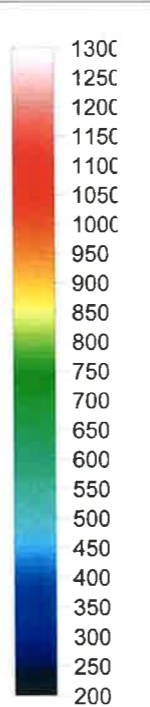
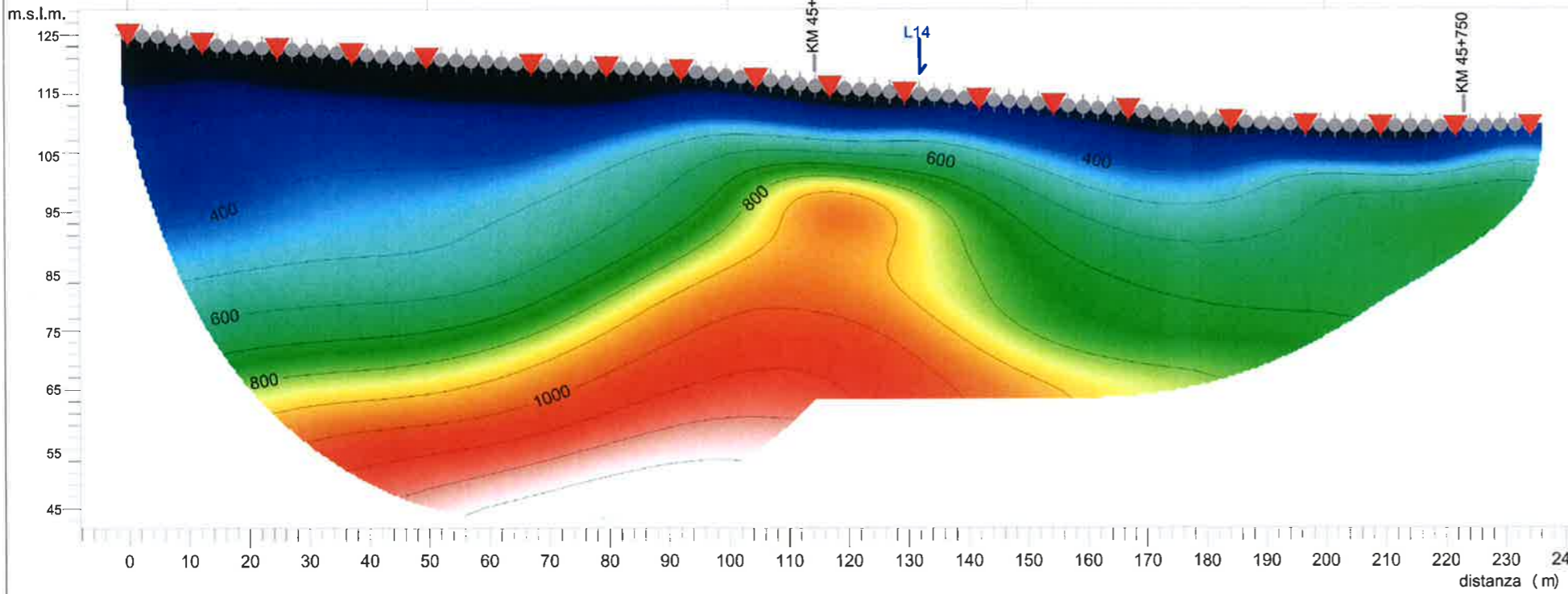
SCALA 1:1000

TAVOLA

REV. 00

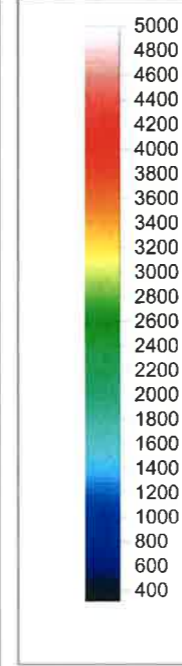
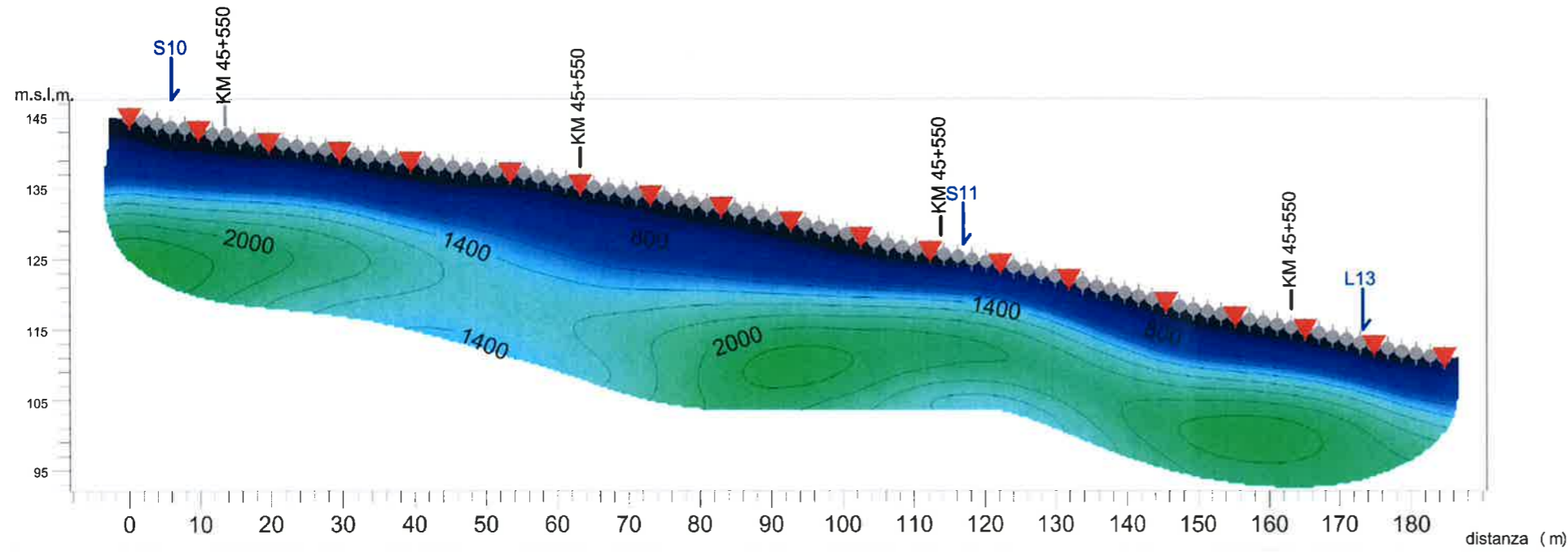
**3**

L13\_INDAGINE SISMICA ONDE SH





L14\_INDAGINE SISMICA ONDE P



OGGETTO  
Indagine tomografica Sismica a rifrazione per onde P e SH (L14)  
Km.45+550 - 45+750

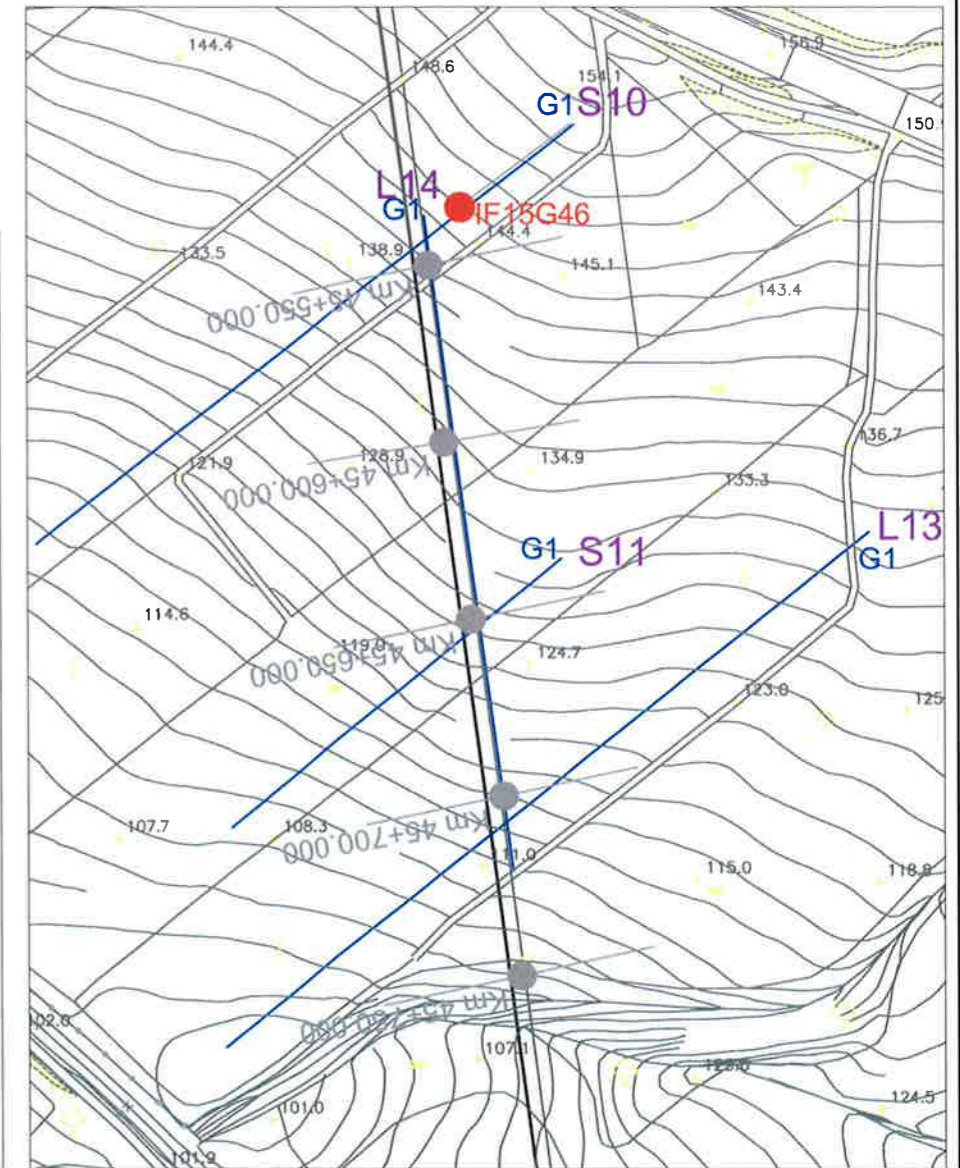
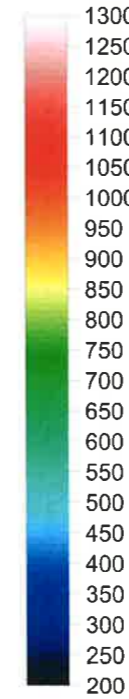
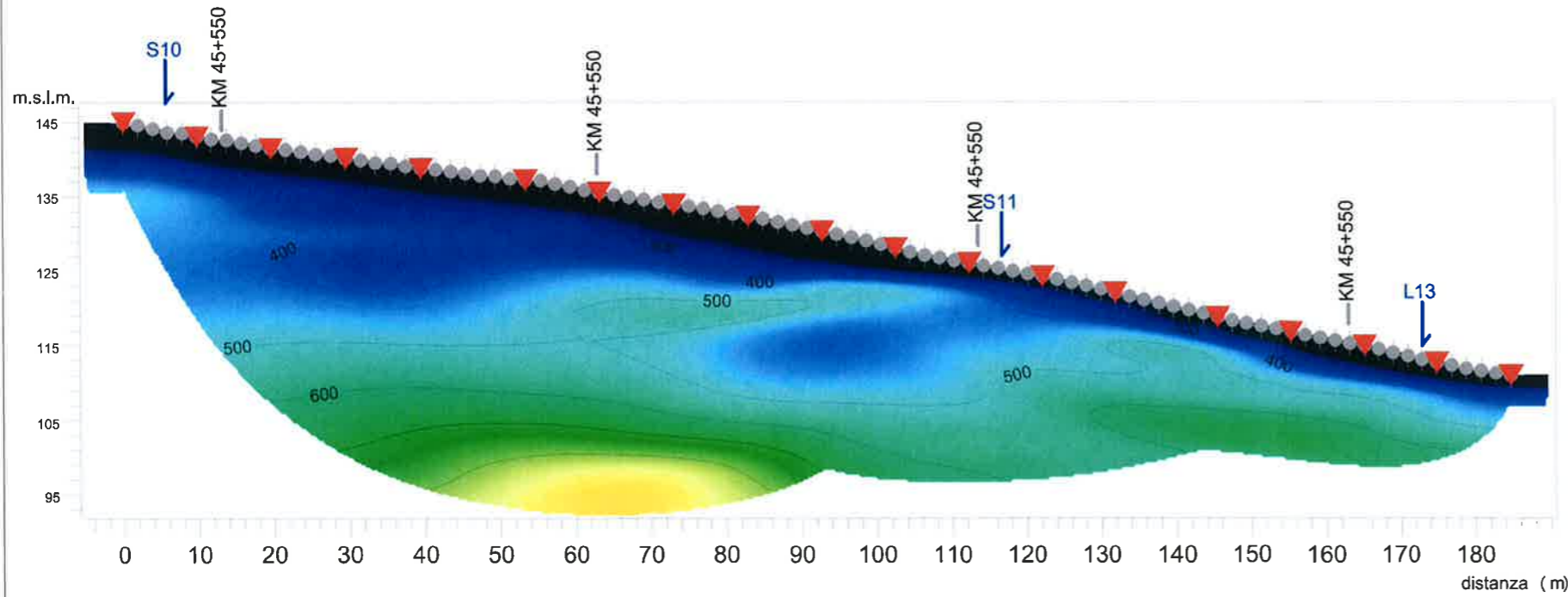
PROGETTO DEFINITIVO:  
Itinerario Napoli-Bari raddoppio  
tratta Cancello-Benevento  
Il lotto funzionale  
Frasso-Telesino-Vitulano  
3° Lotto funzionale  
San Lorenzo - Vitulano

Per La SOING Strutture e Ambiente

ELABORAZIONE MG.Idilli  
VERIFICA A.Morelli  
APPROVAZIONE P.Chiara

SCALA 1:850  
REV. 00  
TAVOLA 4

L14\_INDAGINE SISMICA ONDE SH









ITINERARIO NAPOLI-BARI.  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO.  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO.  
3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.  
INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE –  
TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D – M.A.S.W.

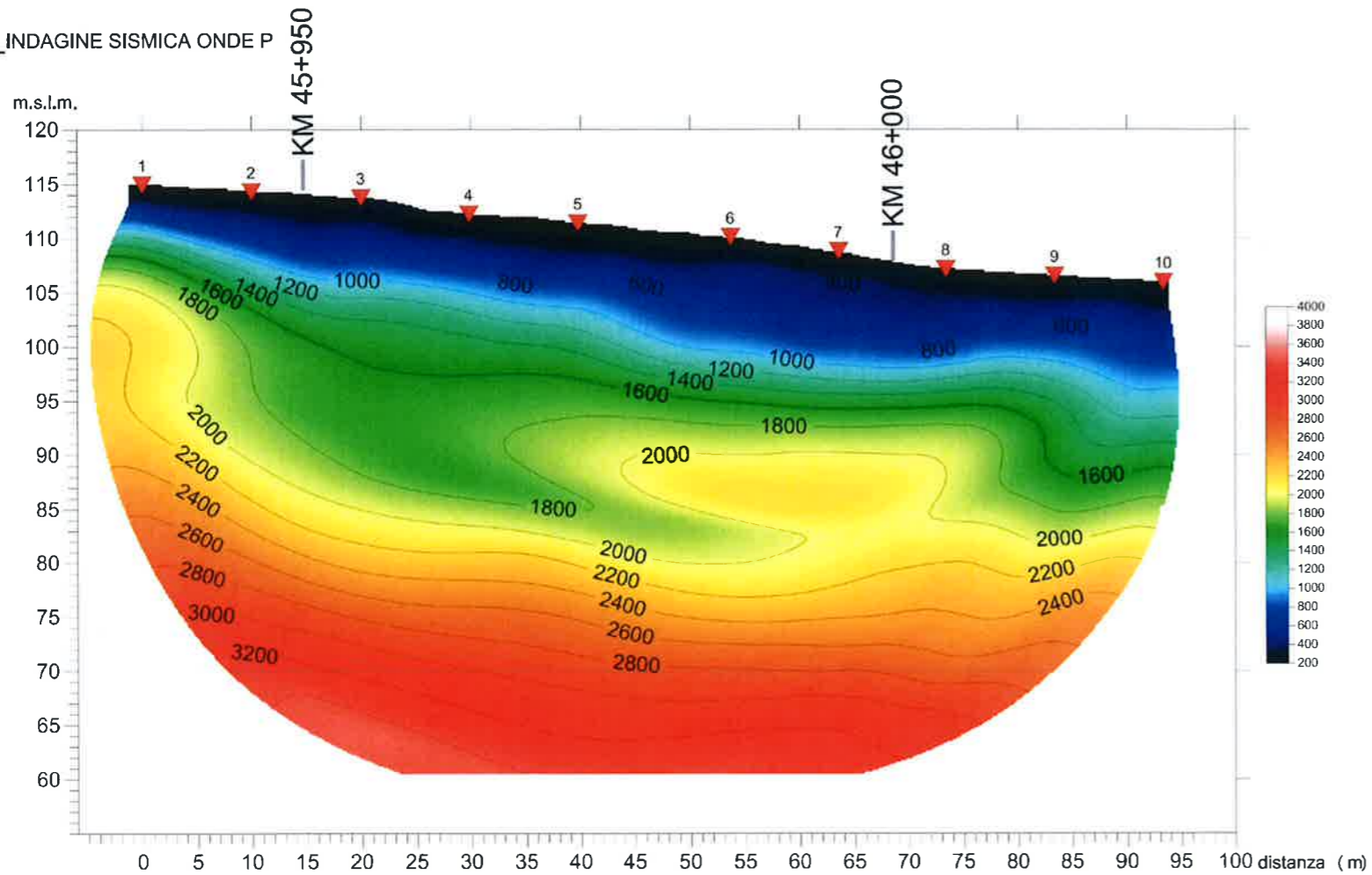
**RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IF0H	32 D 69	IG	GE0005 001	A	54 di 80

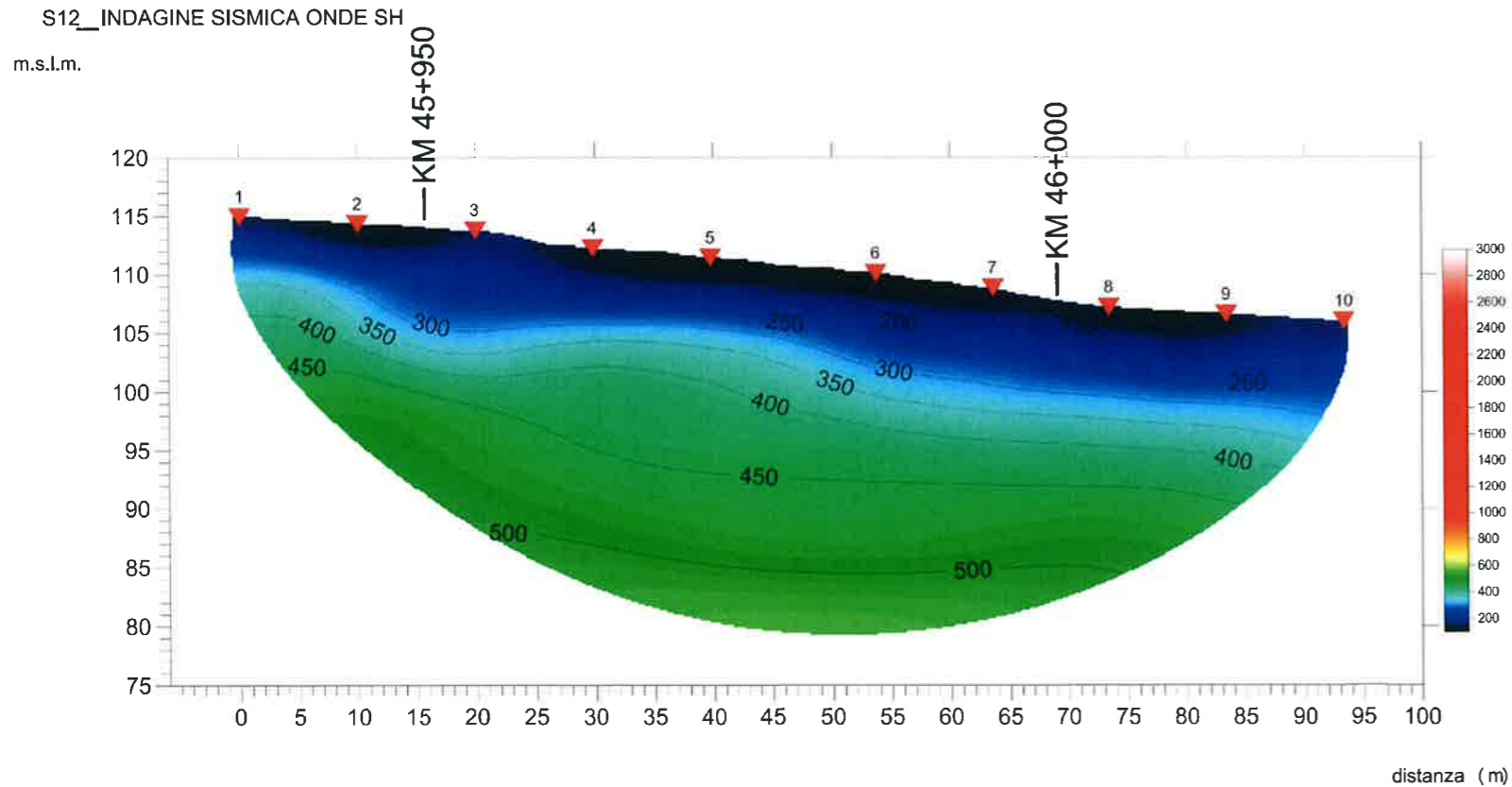
## 9. ALLEGATO GRAFICO N.4 – TAVOLA 1



S12\_INDAGINE SISMICA ONDE P



S12\_INDAGINE SISMICA ONDE SH



OGGETTO  
Indagine tomografica Sismica a rifrazione per onde P e SH (S12) Km.45+950 - 46+000

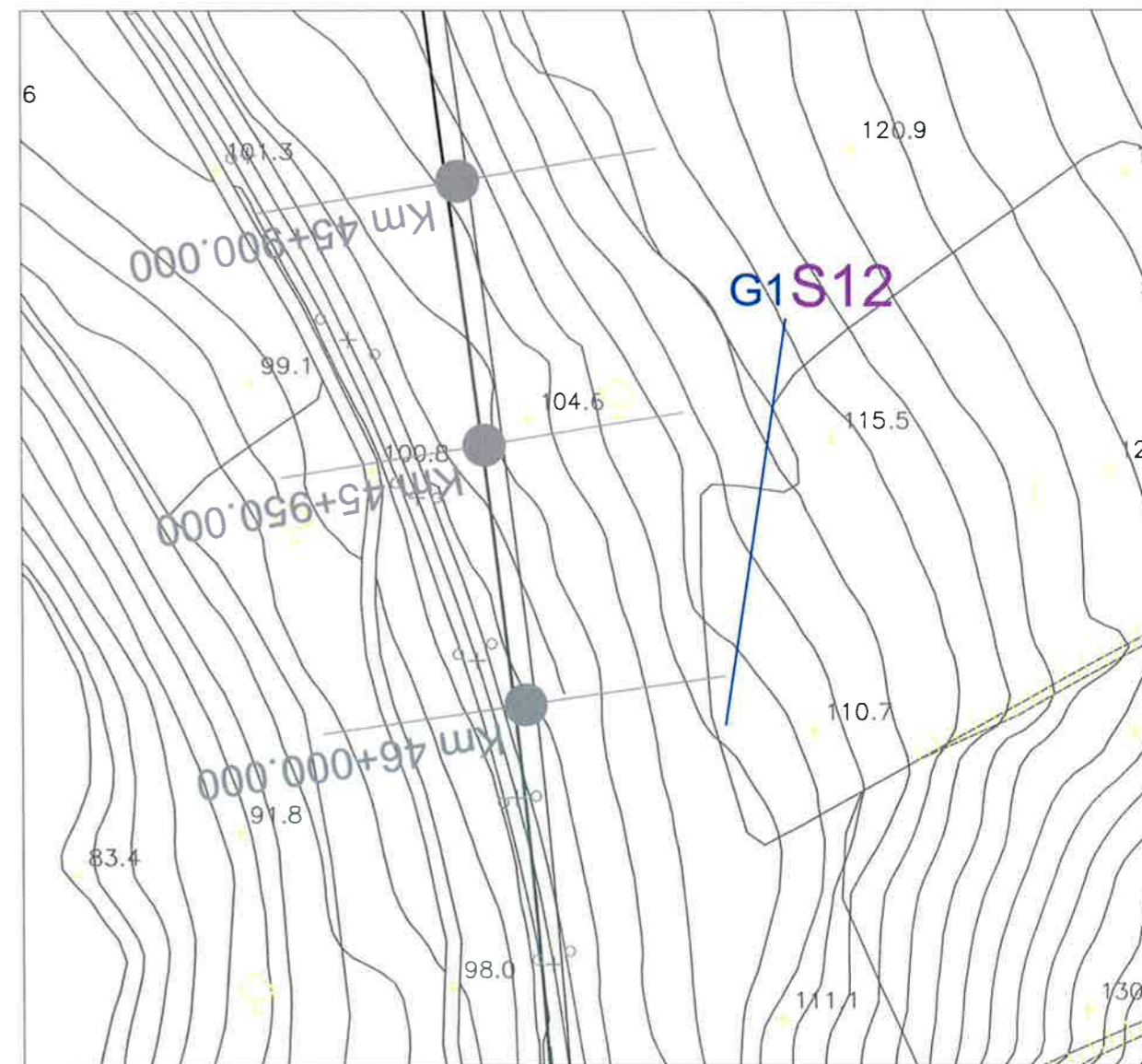
PROGETTO DEFINITIVO:  
Itinerario Napoli-Bari raddoppio tratta Canello-Benevento Il lotto funzionale Frasso-Telesino-Vitulano 3° Lotto funzionale San Lorenzo - Vitulano

Per La **SOING** Strutture e Ambiente

ELABORAZIONE MG.Idilli  
VERIFICA A.Morelli  
APPROVAZIONE P.Chiara

SCALA 1:700  
REV. 00

TAVOLA  
**1**



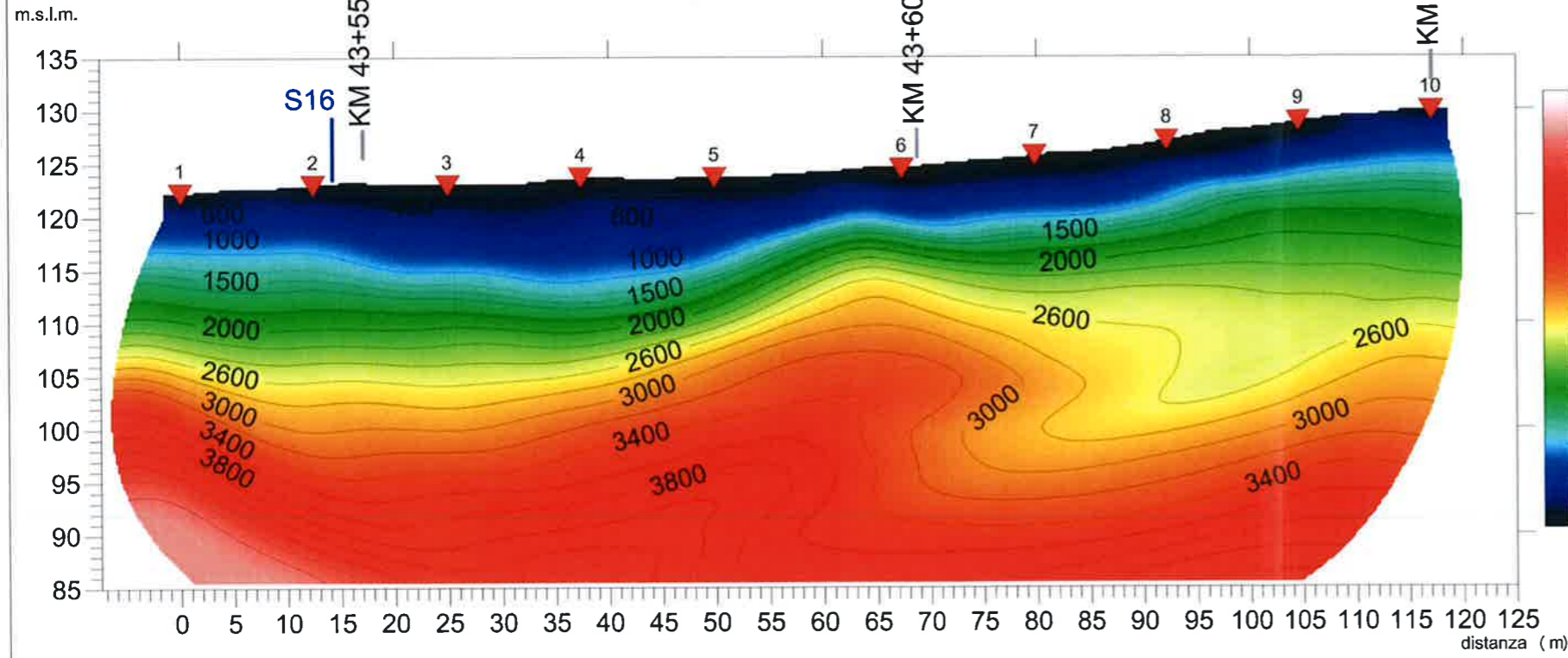


	<p>ITINERARIO NAPOLI-BARI.  RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO.  II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.  3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.  INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE --  TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D - M.A.S.W.</p>												
<p><b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF0H</td> <td>32 D 89</td> <td>IG</td> <td>GE0005 001</td> <td>A</td> <td>56 di 80</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0H	32 D 89	IG	GE0005 001	A	56 di 80
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0H	32 D 89	IG	GE0005 001	A	56 di 80								

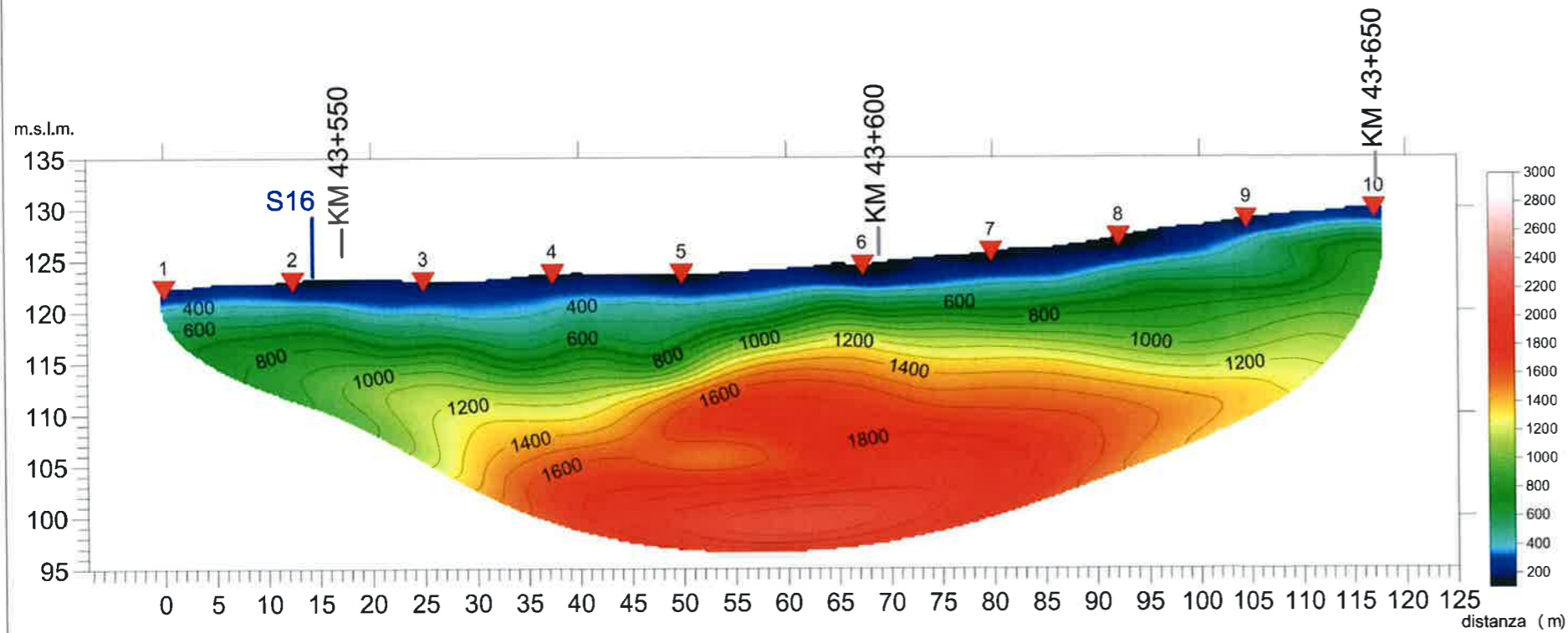
**10. ALLEGATO GRAFICO N.5 – TAVOLE DALLA 1 ALLA 2**



S15\_INDAGINE SISMICA ONDE P



S15\_INDAGINE SISMICA ONDE SH



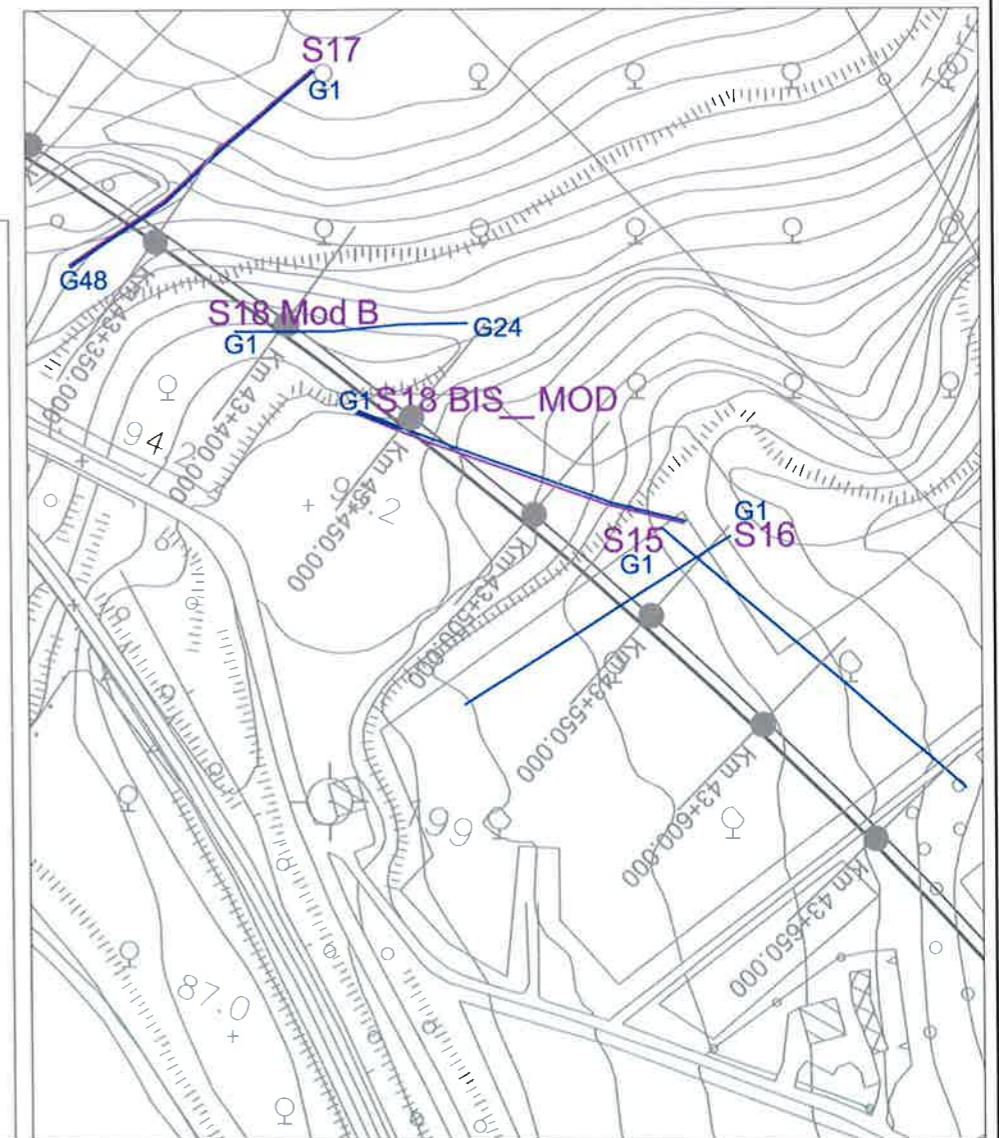
OGGETTO  
Indagine tomografica Sismica a rifrazione per onde P e SH (S15)  
Km.43+550 - 43+650

PROGETTO DEFINITIVO:  
Itinerario Napoli-Bari raddoppio  
tratta Cancello-Benevento  
Il lotto funzionale  
Frasso-Telesino-Vitulano  
3° Lotto funzionale  
San Lorenzo - Vitulano

Per La SOING Strutture e Ambiente

ELABORAZIONE	MG.Idili
VERIFICA	A.Morelli
APPROVAZIONE	P.Chiara

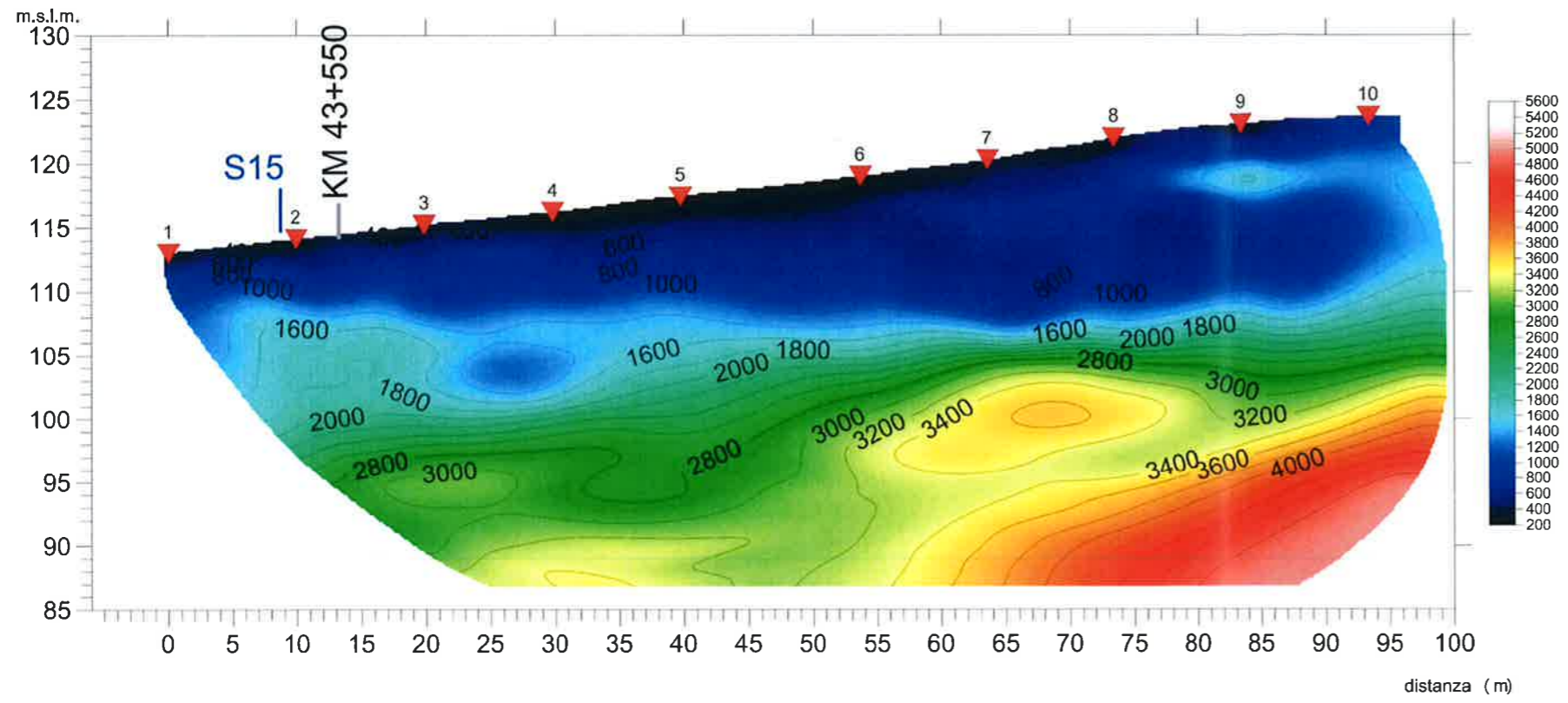
SCALA	1:600	TAVOLA	1
REV.	00		







S16\_INDAGINE SISMICA ONDE P



OGGETTO  
Indagine tomografica Sismica a rifrazione per onde P e SH (S16)  
Km.43+550 - 43+650

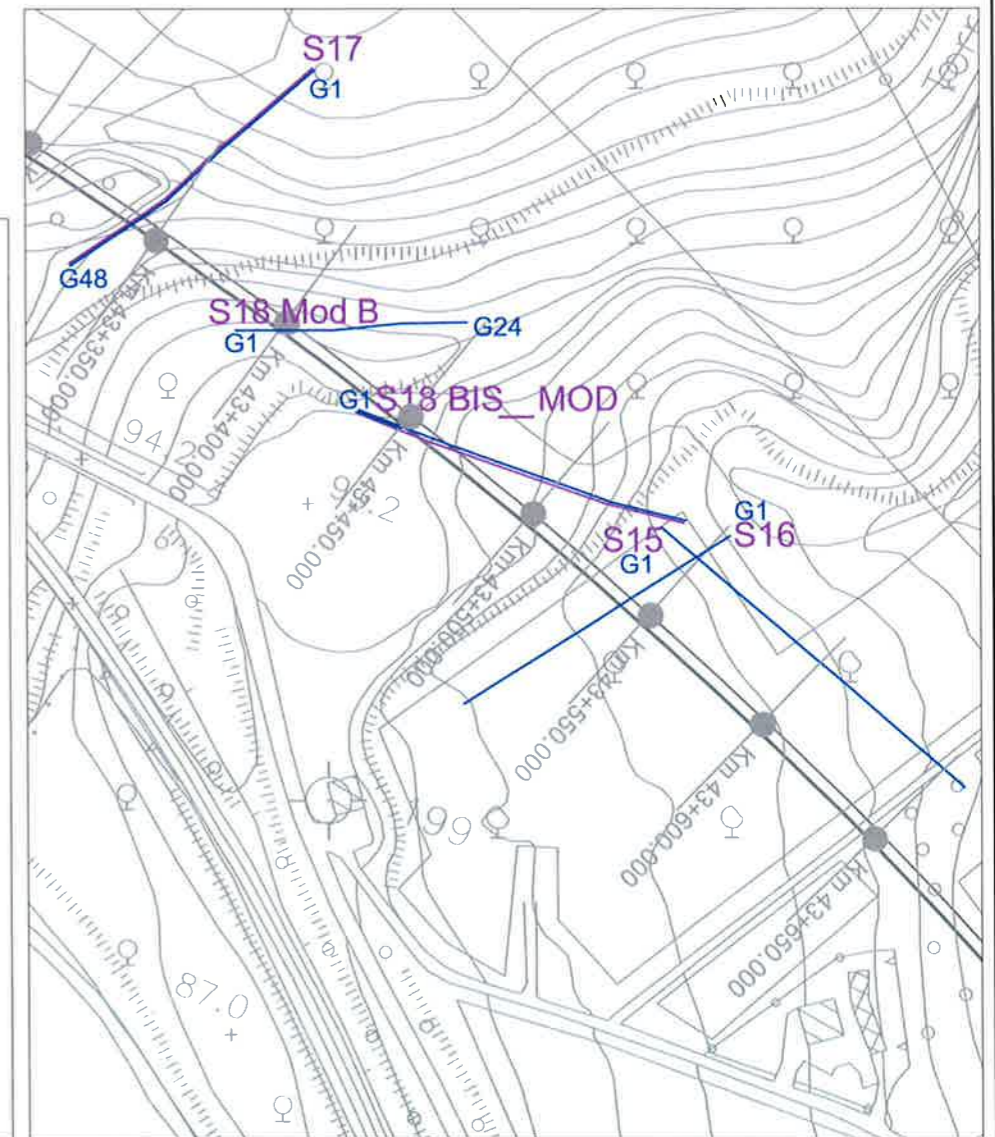
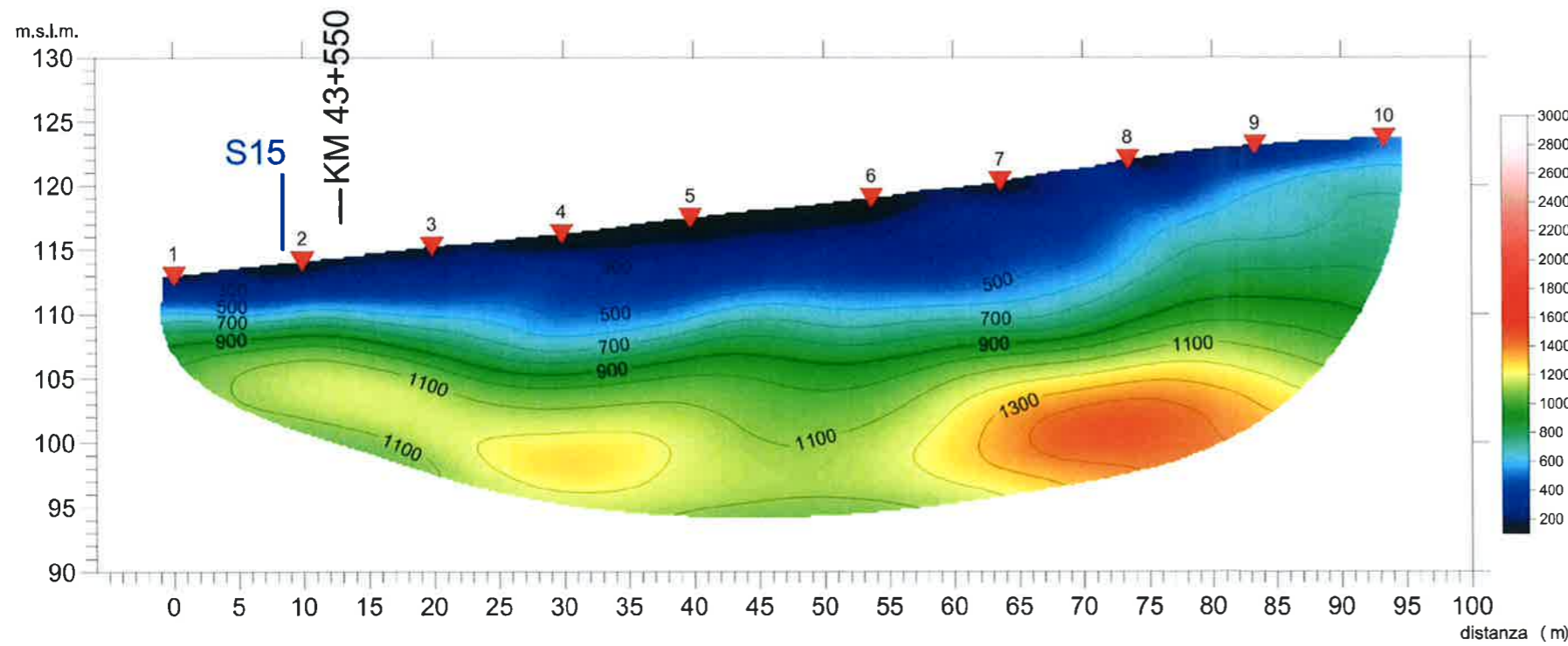
PROGETTO DEFINITIVO:  
Itinerario Napoli-Bari raddoppio  
tratta Cancello-Benevento  
Il lotto funzionale  
Frasso-Telesino-Vitulano  
3° Lotto funzionale  
San Lorenzo - Vitulano

Per La **SOING** Strutture e Ambiente

ELABORAZIONE MG.Idilli  
VERIFICA A.Morelli  
APPROVAZIONE P.Chiara

SCALA 1:500 TAVOLA  
REV. 00 2

S16\_INDAGINE SISMICA ONDE SH

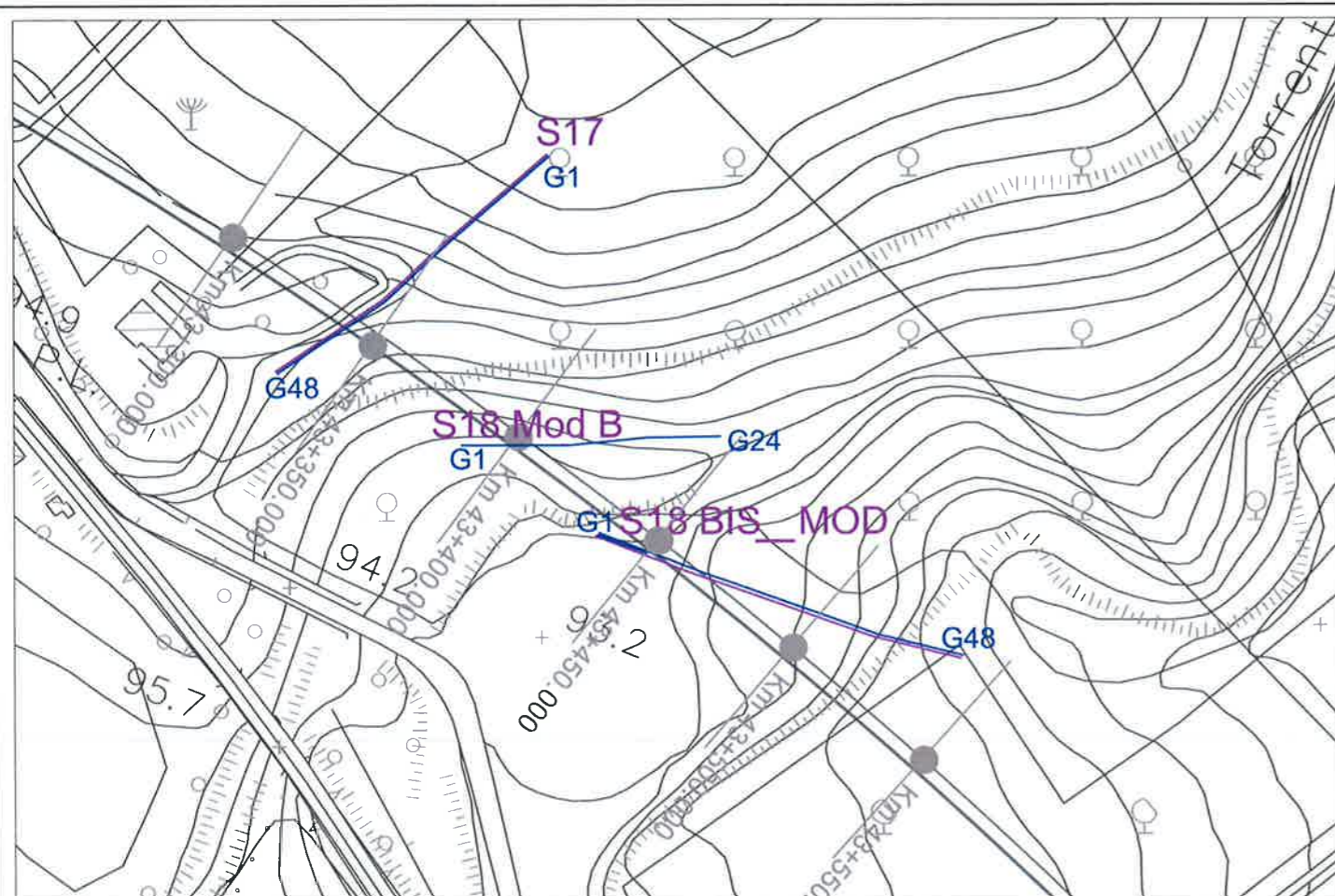




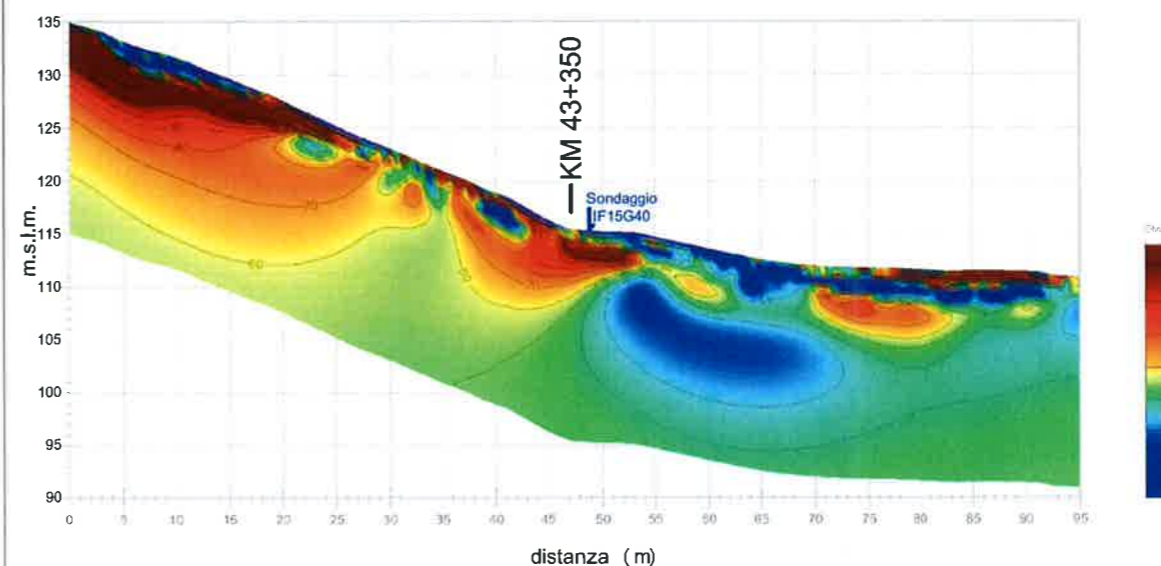
	<p>ITINERARIO NAPOLI-BARI.  RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO.  II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.  3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.  INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE -  TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D - M.A.S.W.</p>												
<p><b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF0H</td> <td>32 D 69</td> <td>IG</td> <td>GE0005 001</td> <td>A</td> <td>59 di 80</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0H	32 D 69	IG	GE0005 001	A	59 di 80
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0H	32 D 69	IG	GE0005 001	A	59 di 80								

**11. ALLEGATO GRAFICO N.6 – TAVOLE DALLA 1 ALLA 3**





S17\_INDAGINE ERT



**SOING**  
www.soing.eu

**OGGETTO**  
Indagine tomografica elettrica ERT 2D e Sismica a rifrazione per onde P e SH (S17)  
Km.43+300 - 43+500

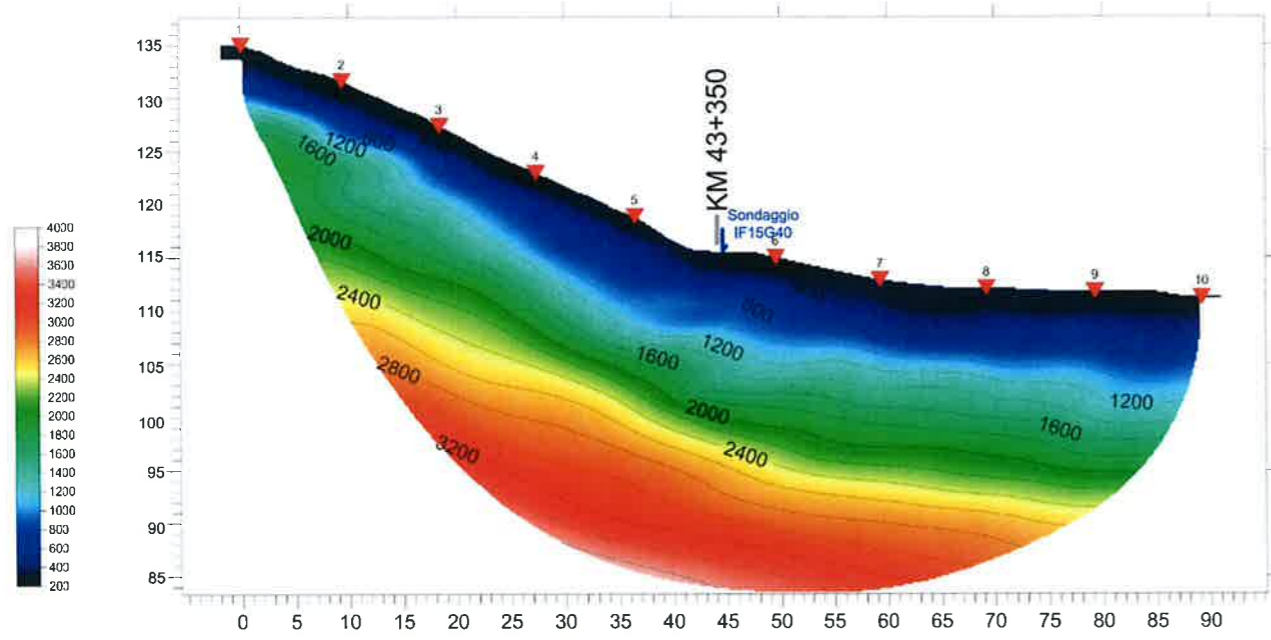
**PROGETTO DEFINITIVO:**  
Itinerario Napoli-Bari raddoppio tratta Cancello-Benevento  
Il lotto funzionale Frasso-Telesino-Vitulano  
3° Lotto funzionale San Lorenzo - Vitulano

Per La **SOING** Strutture e Ambiente

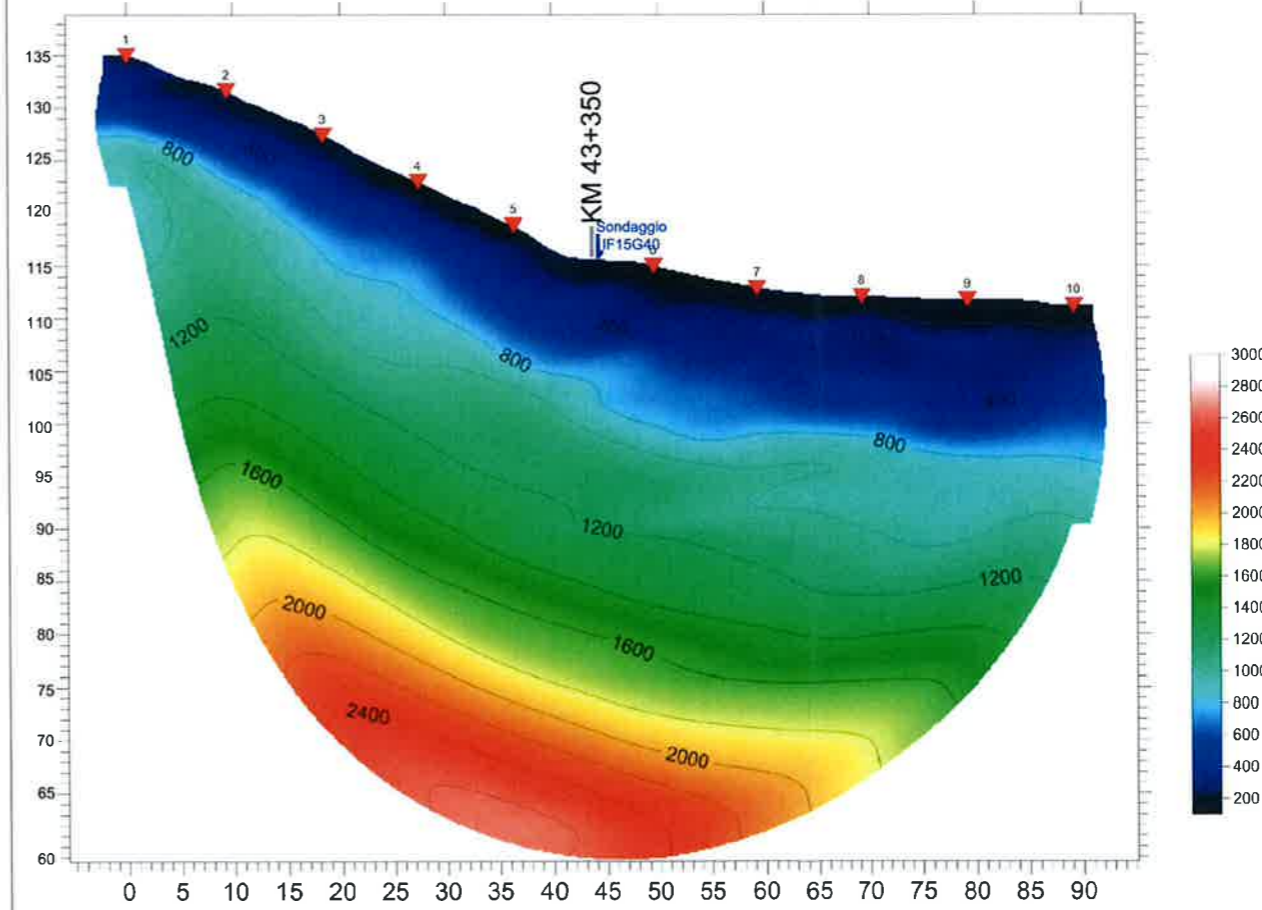
ELABORAZIONE	MG.Idili
VERIFICA	A.Morelli
APPROVAZIONE	P.Chiara

SCALA 1:700	TAVOLA 1
REV. 00	1

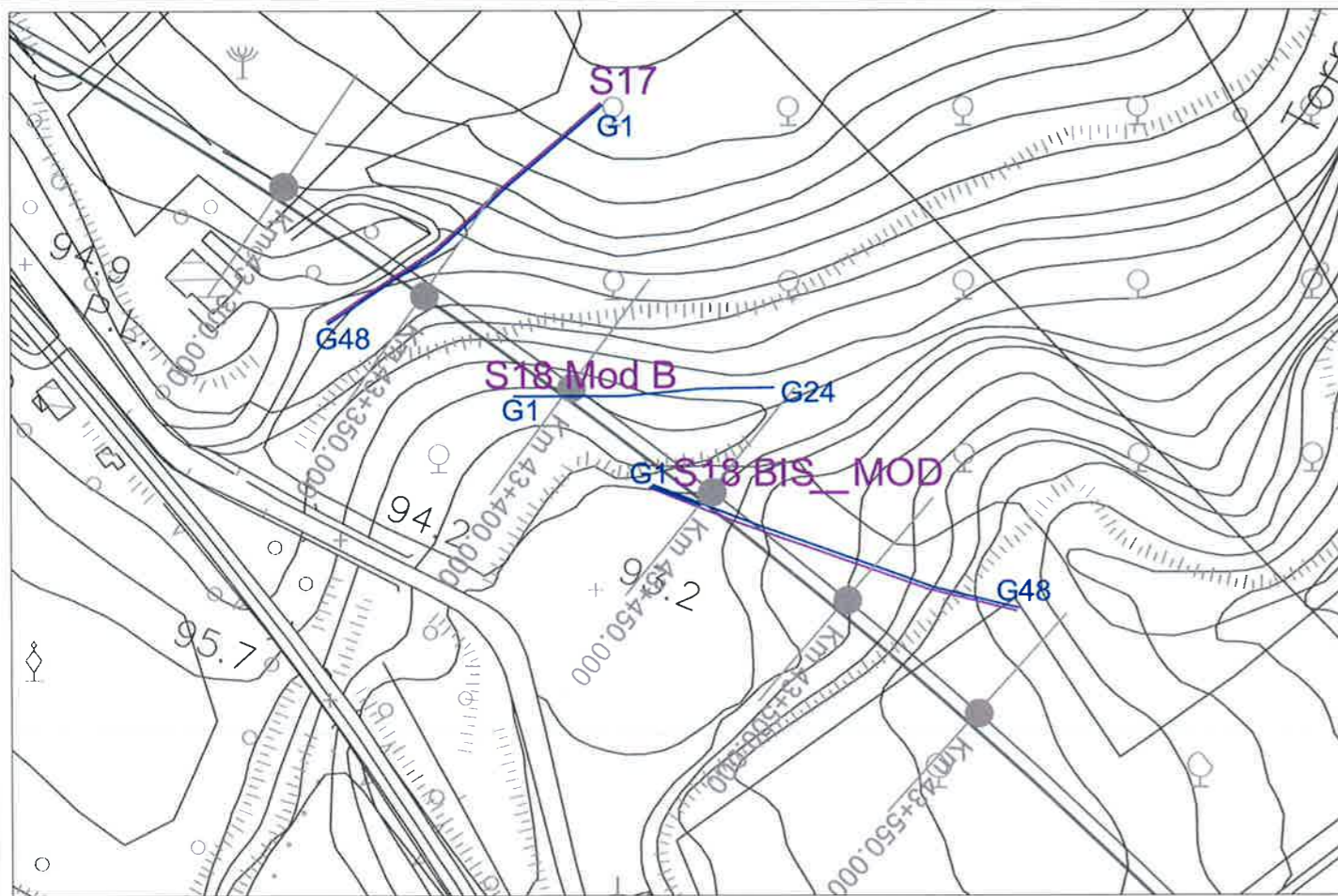
S17\_INDAGINE SISMICA ONDE P



S17\_INDAGINE SISMICA ONDE SH

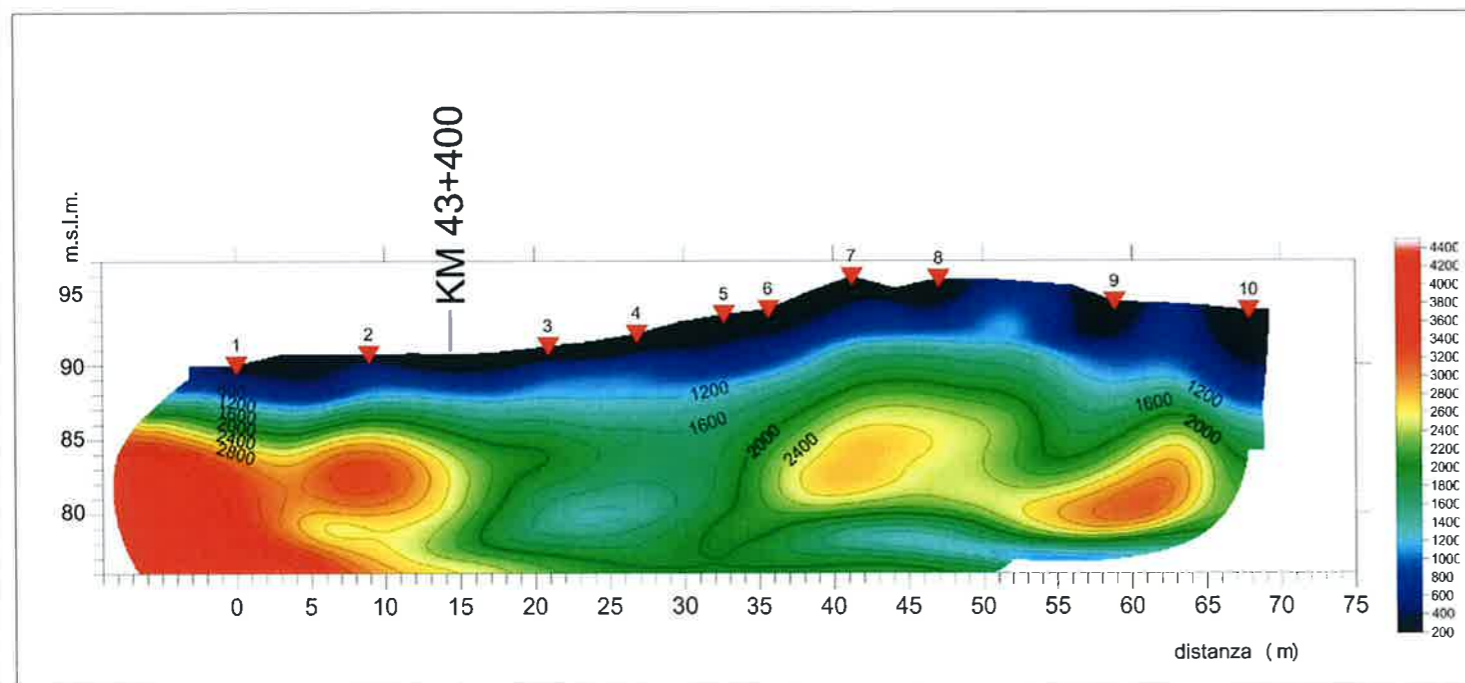




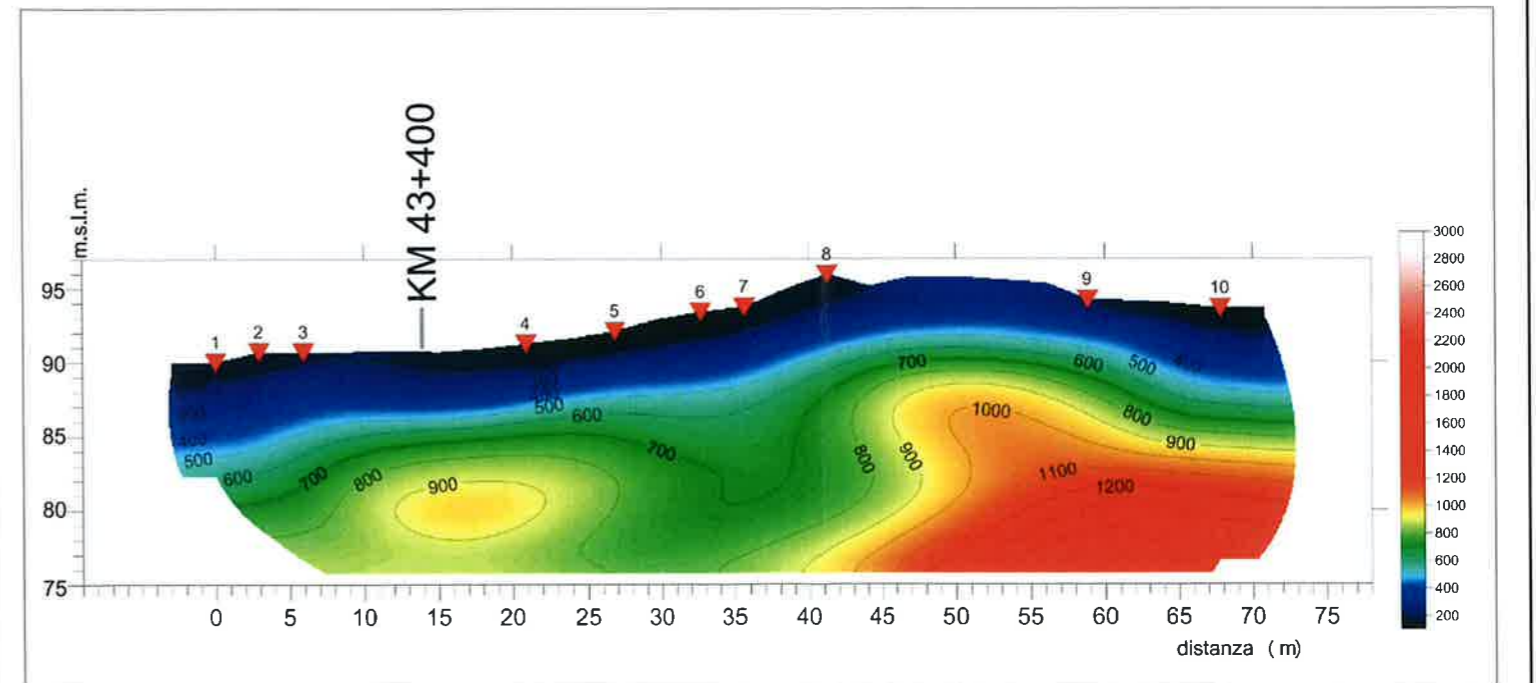


 www.soing.eu	
<b>OGGETTO</b> Indagine tomografica Sismica a rifrazione per onde P e SH (S18 mod_B) Km 43+300 - 43+500	
<b>PROGETTO DEFINITIVO:</b> Itinerario Napoli-Bari raddoppio tratta Canello-Benevento Il lotto funzionale Frasso-Telesino-Vitulano 3° Lotto funzionale San Lorenzo - Vitulano	
Per La <b>SOING</b> Strutture e Ambiente	
ELABORAZIONE MG.Idili VERIFICA A.Morelli APPROVAZIONE P.Chiera	
SCALA 1:500 REV. 00	TAVOLA <b>2</b>

S18 MOD B\_ INDAGINE SISMICA ONDE P

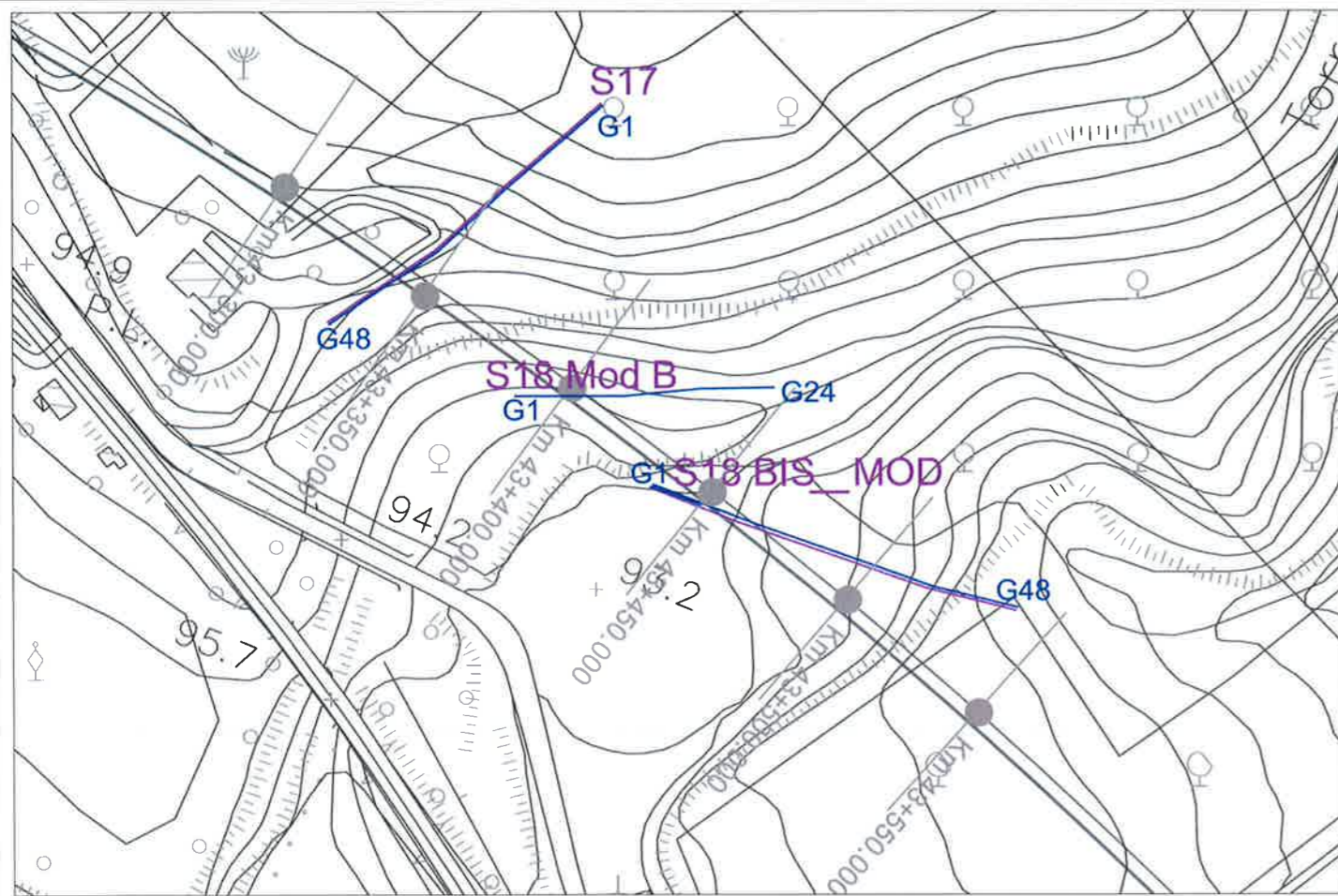


S18 MOD B\_ INDAGINE SISMICA ONDE SH

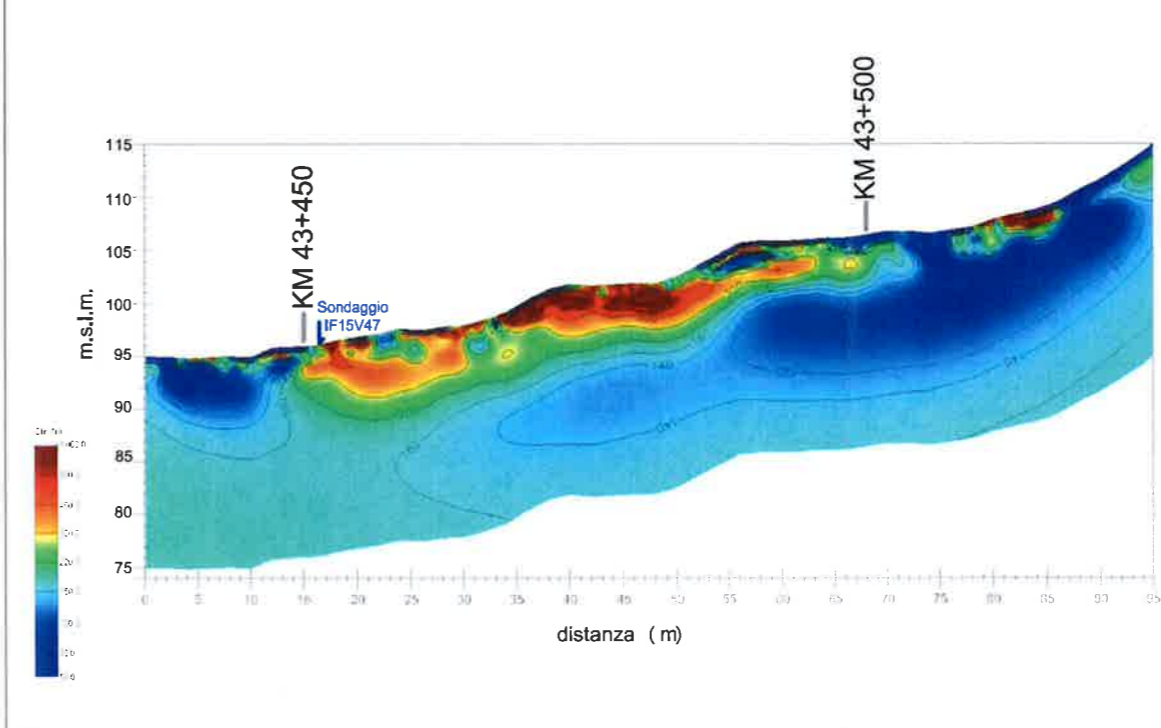








S18bis\_mod\_INDAGINE ERT



OGGETTO  
Indagine tomografica elettrica ERT  
2D e Sismica a rifrazione per onde  
P e SH (S18 bis\_mod)  
Km.43+300 - 43+500

PROGETTO DEFINITIVO:  
Itinerario Napoli-Bari raddoppio  
tratta Canello-Benevento  
Il lotto funzionale  
Frasso-Telesino-Vitulano  
3° Lotto funzionale  
San Lorenzo - Vitulano

Per La **SOING** Strutture e  
Ambiente

ELABORAZIONE MG.Idilli  
VERIFICA A.Morelli  
APPROVAZIONE P.Chiara

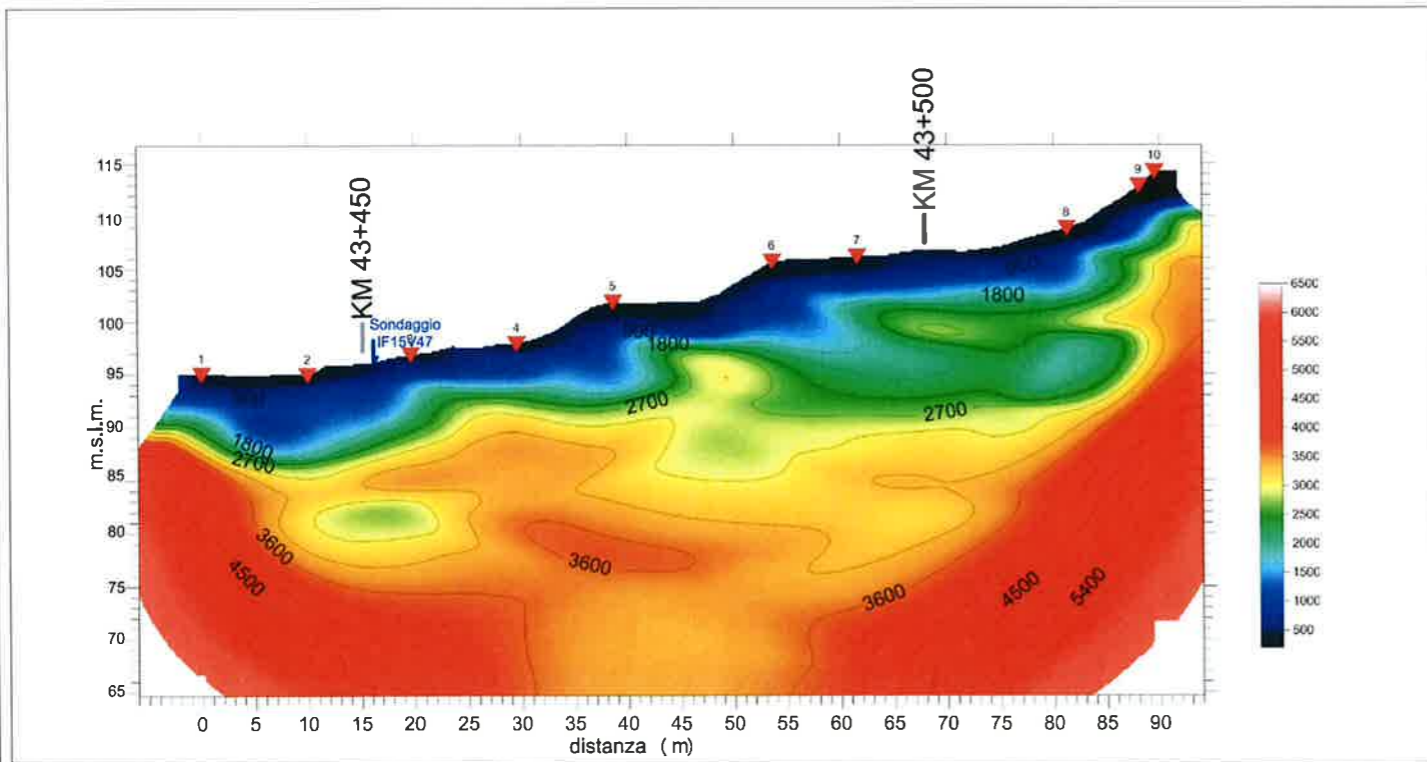
SCALA 1:700

TAVOLA

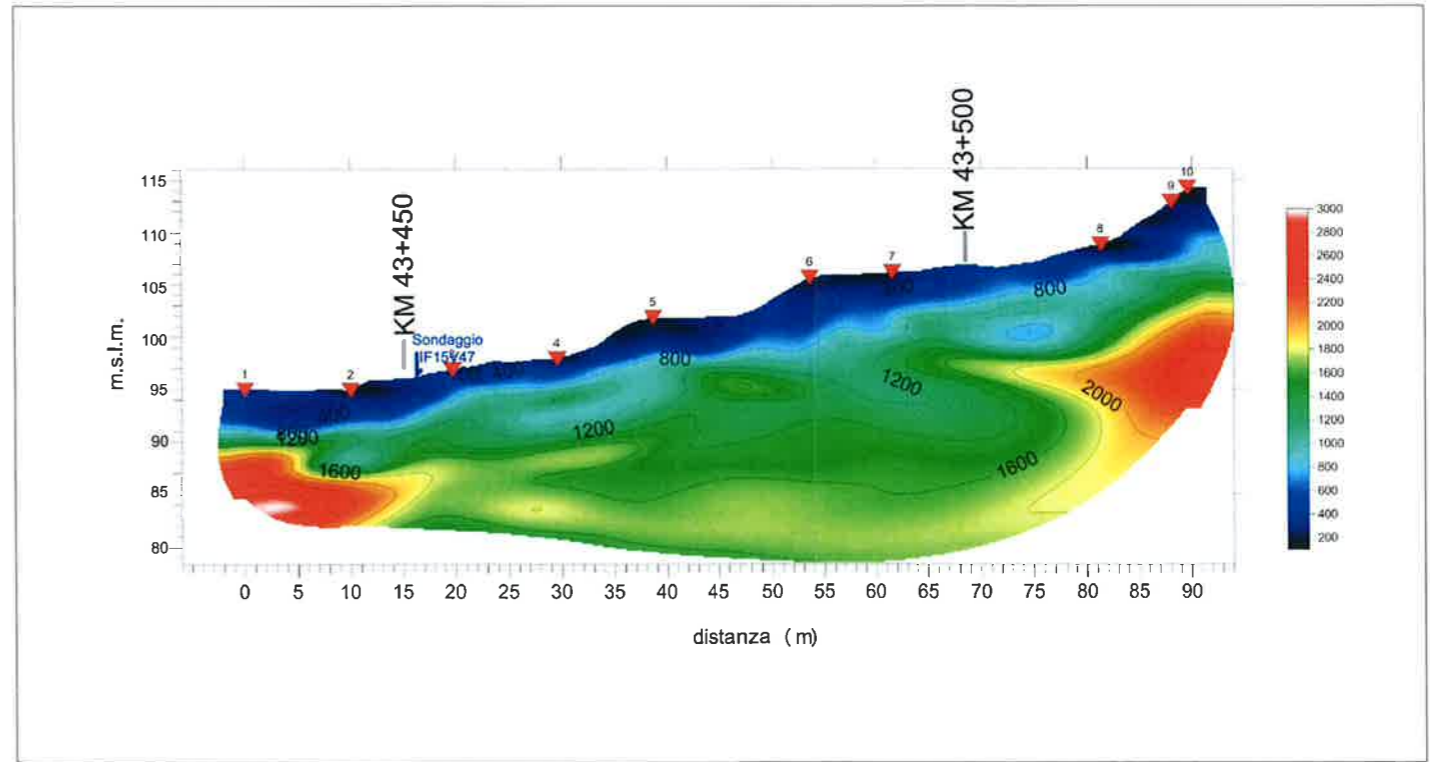
REV. 00

3

S18bis\_mod\_INDAGINE SISMICA ONDE P



S18bis\_mod\_INDAGINE SISMICA ONDE SH







ITINERARIO NAPOLI-BARI.  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO.  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.  
3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.  
INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE -  
TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D - M.A.S.W.

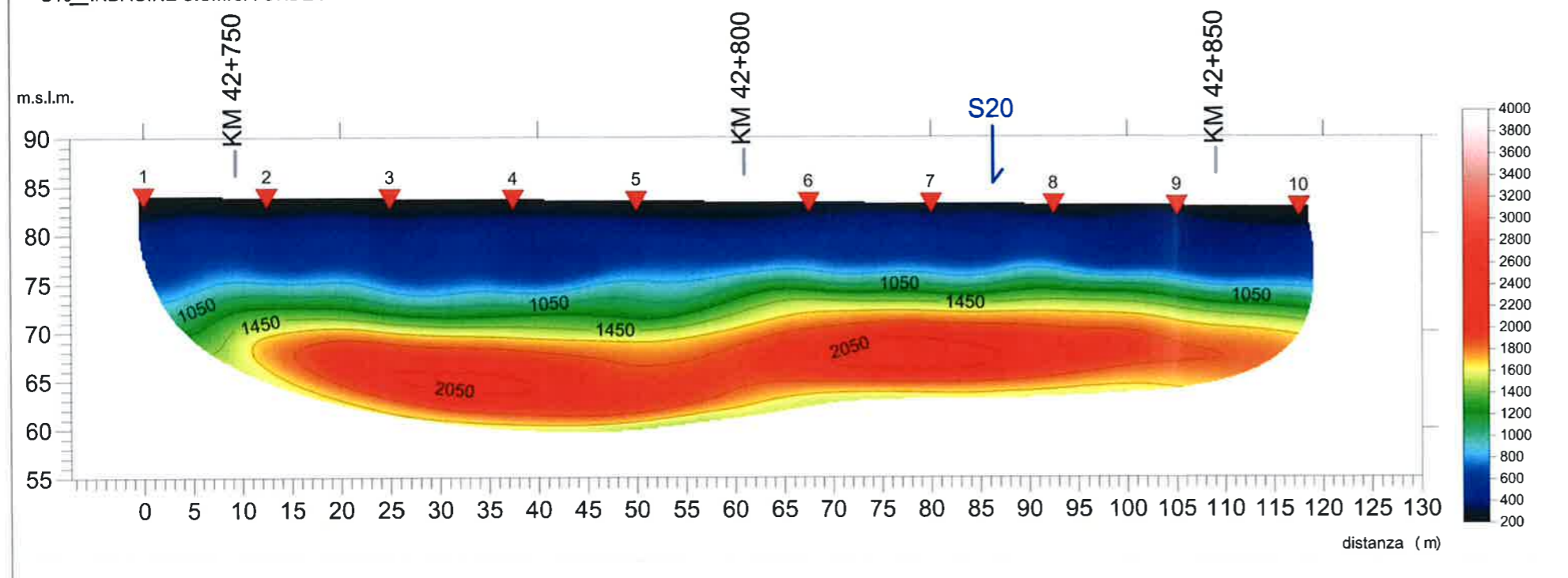
RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0H	32 D 69	IG	GE0005 001	A	63 di 80

## 12. ALLEGATO GRAFICO N.7 - TAVOLE DALLA 1 ALLA 2



S19\_INDAGINE SISMICA ONDE P



OGGETTO  
Indagine tomografica Sismica a rifrazione per onde P e SH (S19) Km.42+750 - 42+850

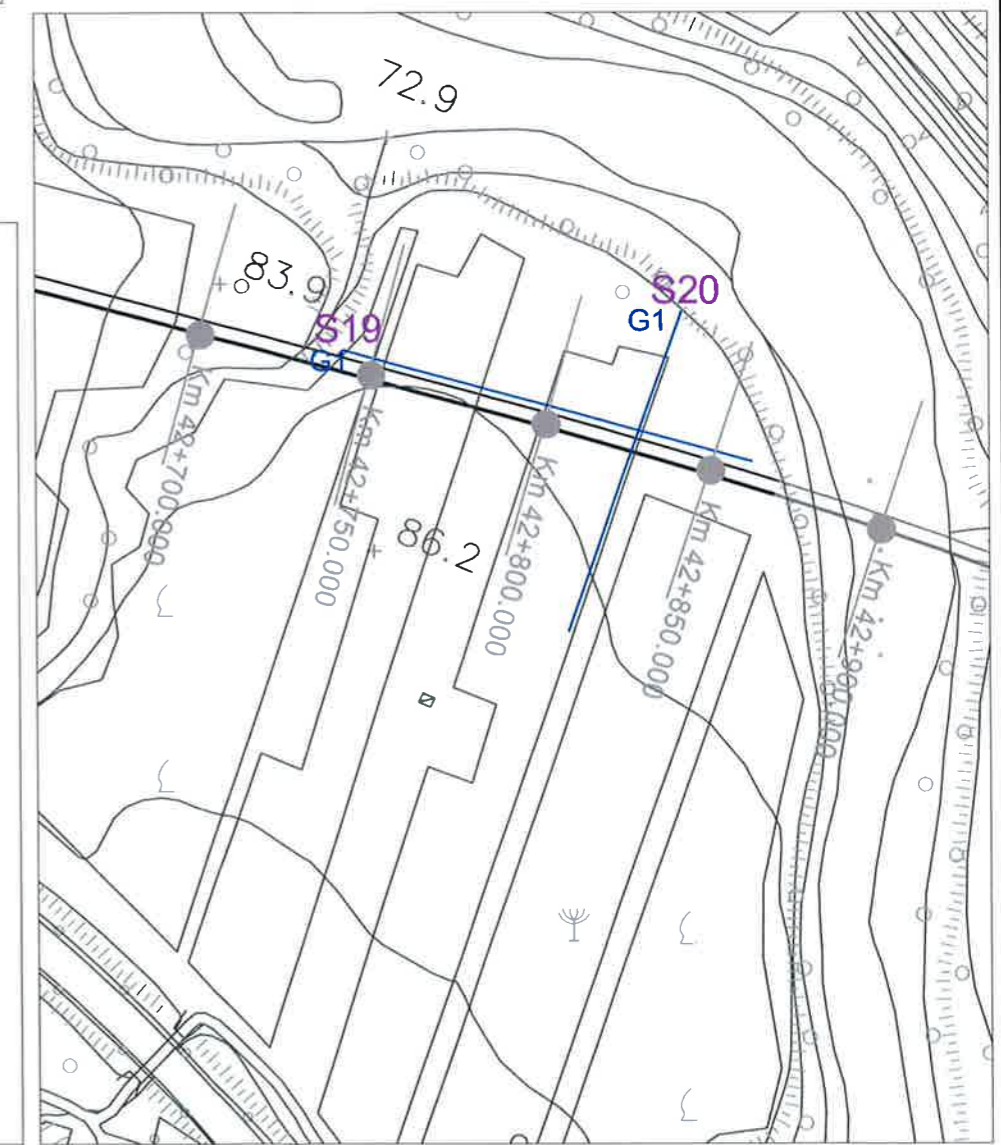
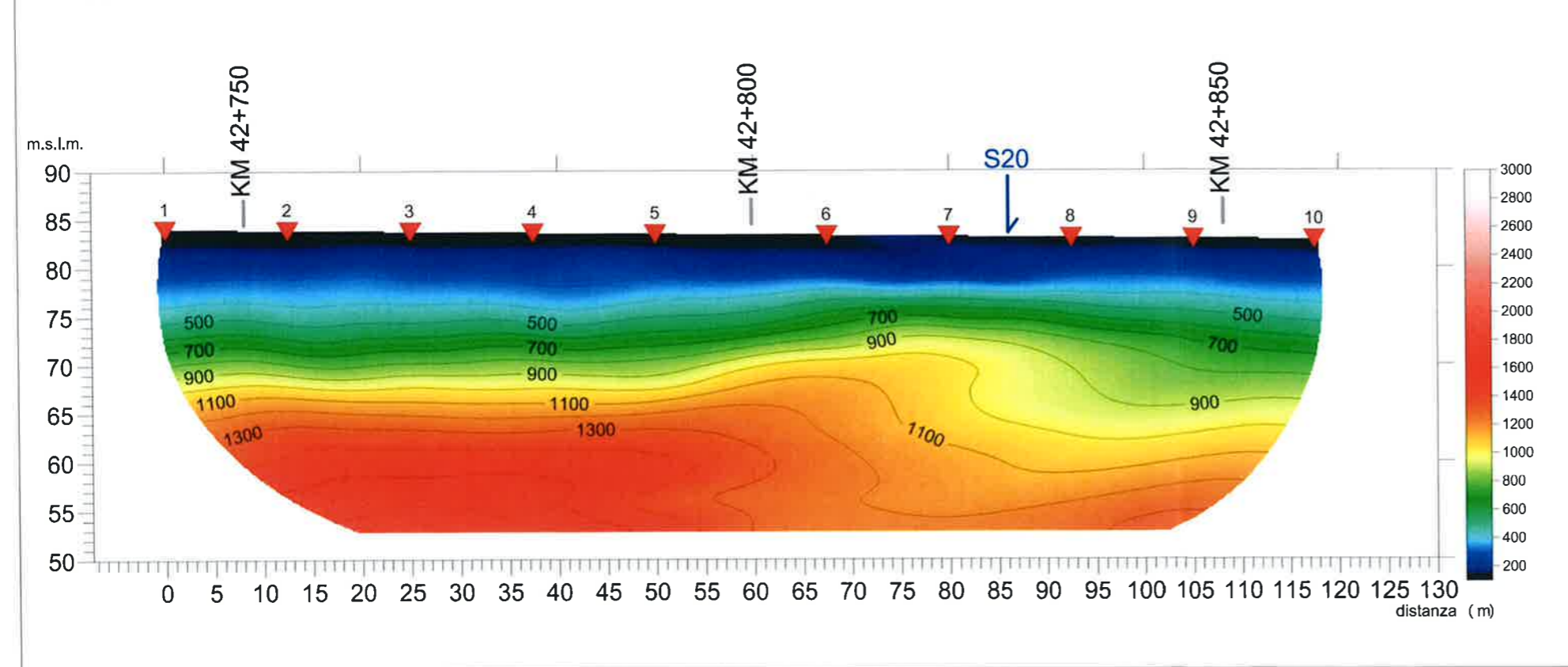
PROGETTO DEFINITIVO:  
Itinerario Napoli-Bari raddoppio tratta Cancello-Benevento II lotto funzionale Frasso-Telesino-Vitulano 3° Lotto funzionale San Lorenzo - Vitulano

Per La **SOING** Strutture e Ambiente

ELABORAZIONE MG.Idili  
VERIFICA A.Morelli  
APPROVAZIONE P.Chiara

SCALA 1:600  
REV. 00  
TAVOLA 1

S19\_INDAGINE SISMICA ONDE SH

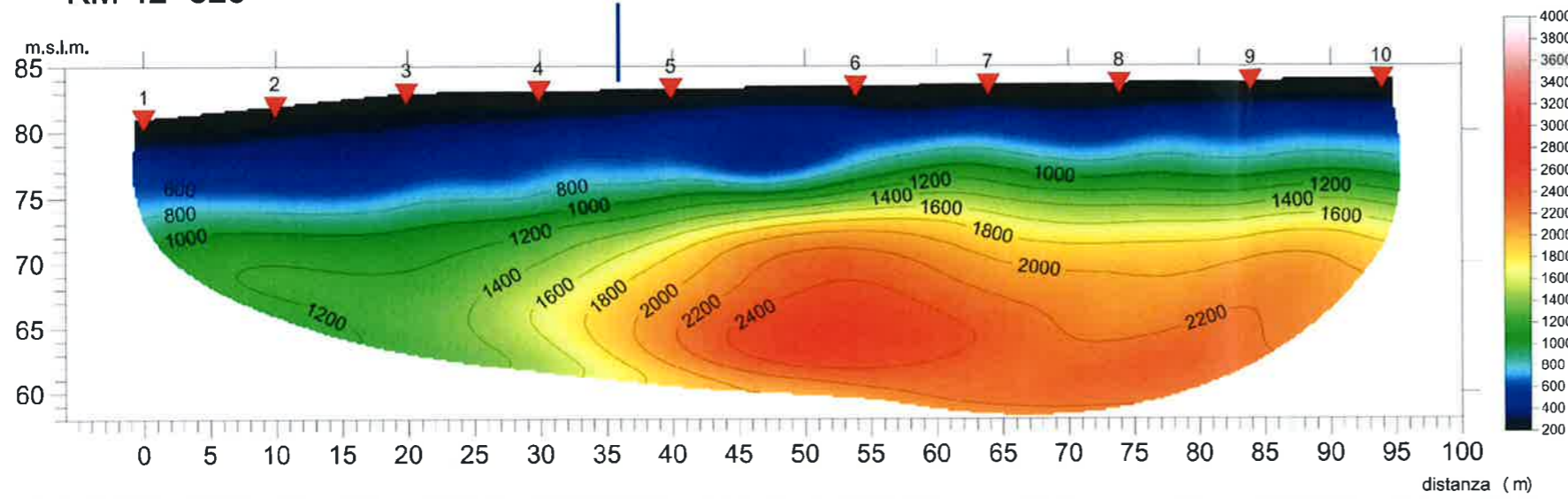




S20\_INDAGINE SISMICA ONDE P

KM 42+825

S19



OGGETTO  
Indagine tomografica Sismica a rifrazione per onde P e SH (S20)  
Km.42+750 - 42+850

PROGETTO DEFINITIVO:  
Itinerario Napoli-Bari raddoppio  
tratta Cancellò-Benevento  
Il lotto funzionale  
Frasso-Telesino-Vitulano  
3° Lotto funzionale  
San Lorenzo - Vitulano

Per La SOING Strutture e Ambiente

ELABORAZIONE MG.Idili  
VERIFICA A.Morelli  
APPROVAZIONE P.Chiara

SCALA 1:500

TAVOLA

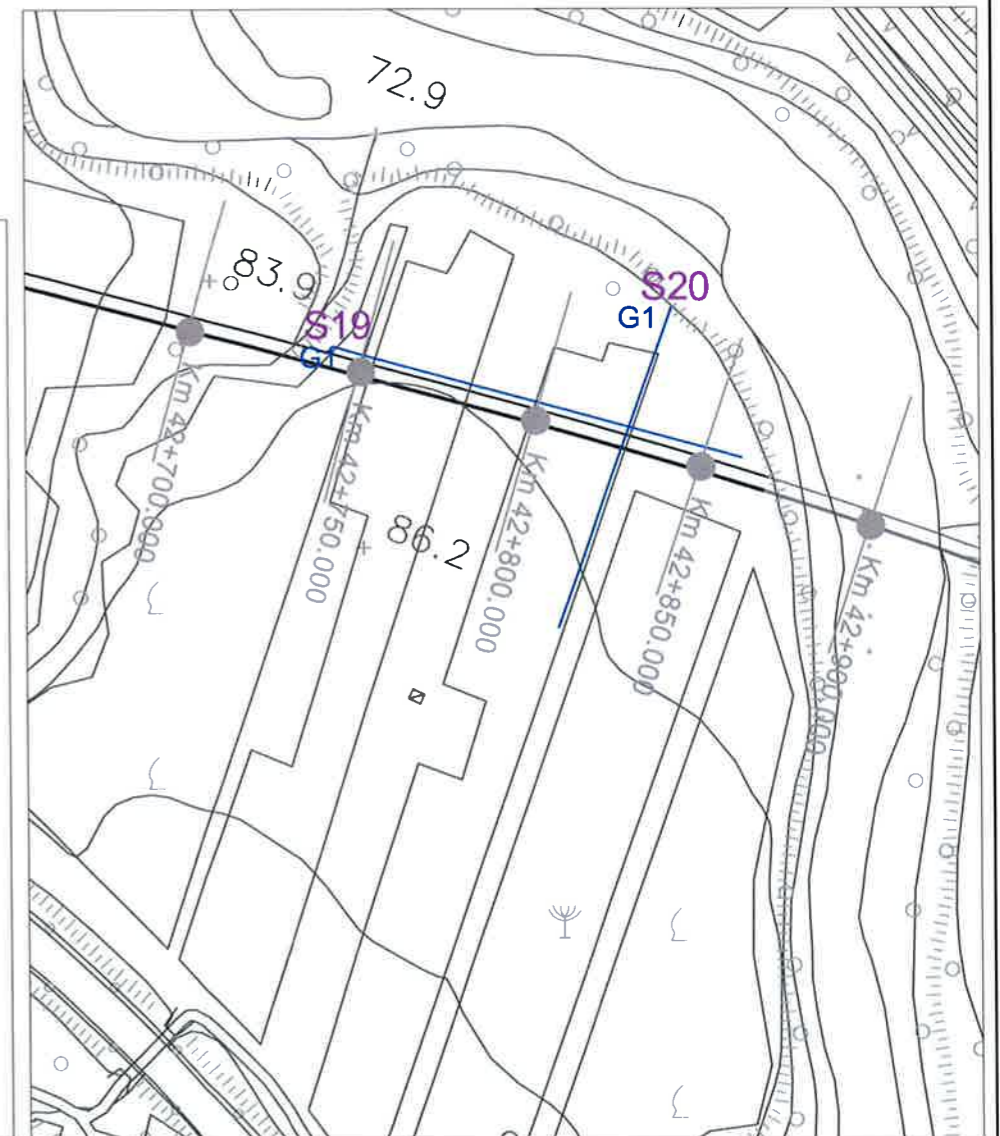
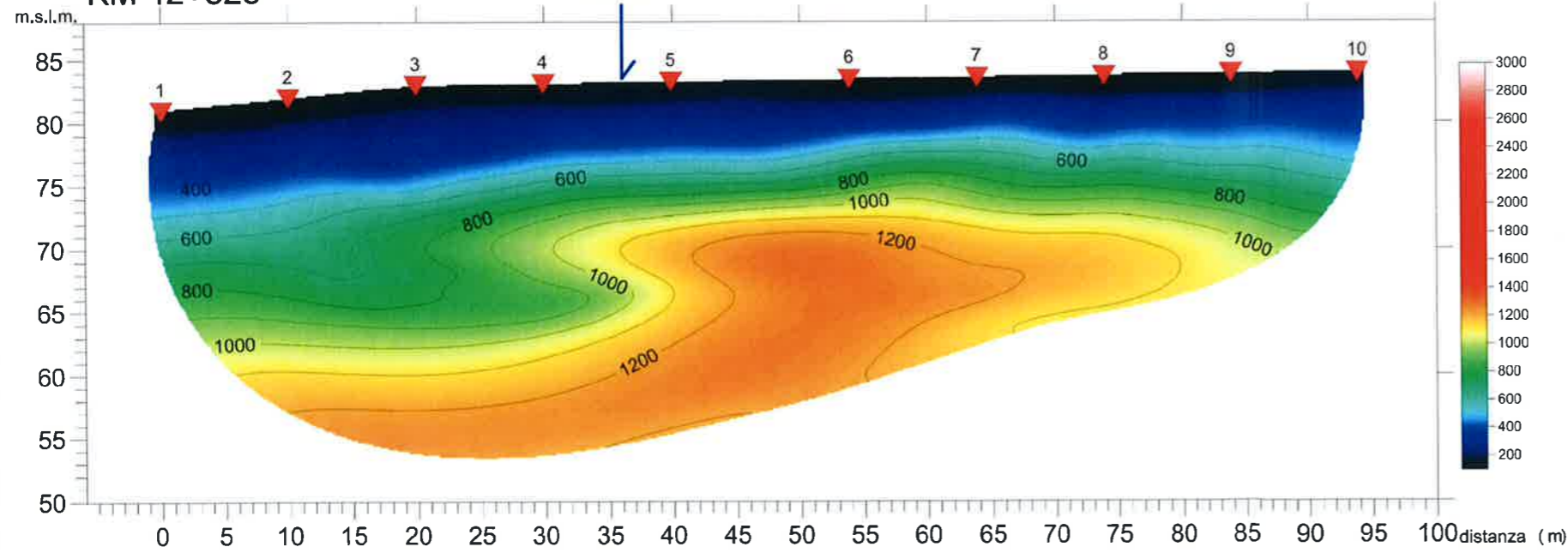
REV. 00

2

S20\_INDAGINE SISMICA ONDE SH

KM 42+825

S19





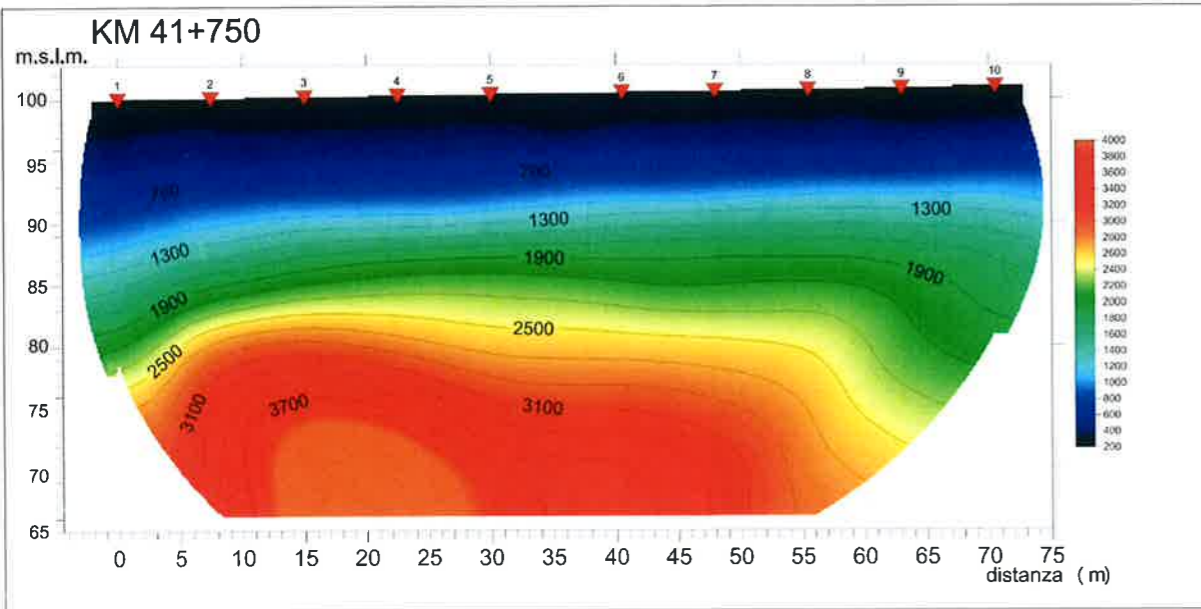


	<p>ITINERARIO NAPOLI-BARI.  RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO.  II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.  3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.  INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE -  TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D - M.A.S.W.</p>												
<p><b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF0H</td> <td>32 D 69</td> <td>IG</td> <td>GE0005 001</td> <td>A</td> <td>66 di 80</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0H	32 D 69	IG	GE0005 001	A	66 di 80
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0H	32 D 69	IG	GE0005 001	A	66 di 80								

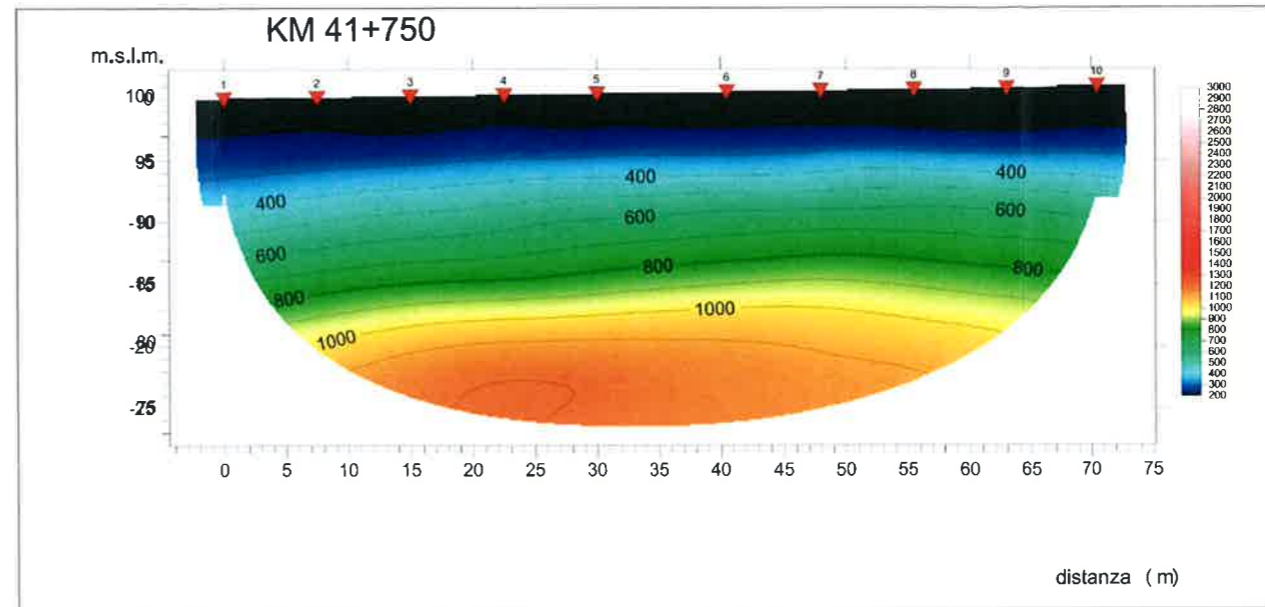
**13. ALLEGATO GRAFICO N.8 - TAVOLA 1**



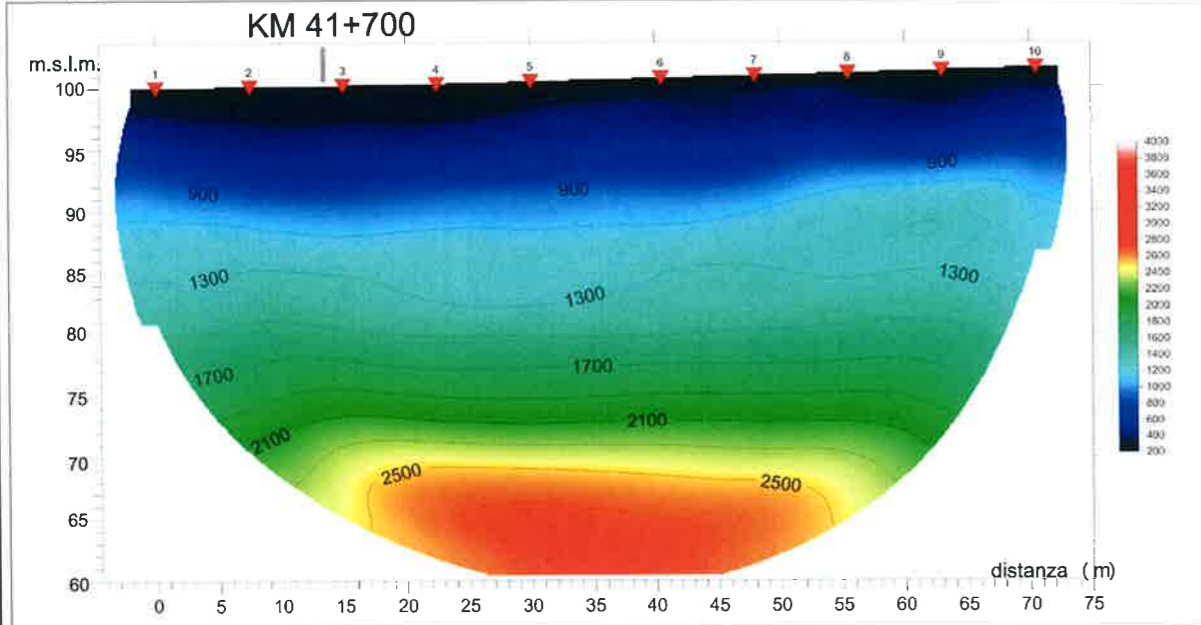
S21\_INDAGINE SISMICA ONDE P



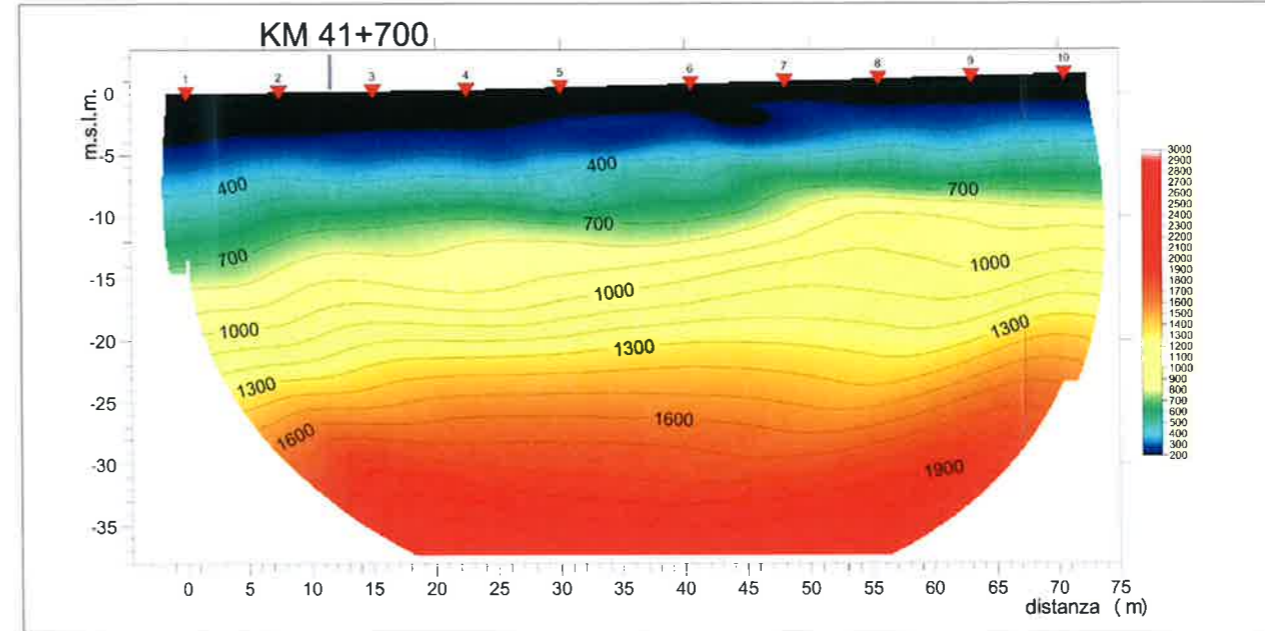
S21\_INDAGINE SISMICA ONDE SH



S22\_INDAGINE SISMICA ONDE P



S22\_INDAGINE SISMICA ONDE SH



www.soing.eu

OGGETTO  
Indagine Tomografica Sismica a rifrazione per onde P e SH (S21 E S22)  
Km.44+700 - 41+750

PROGETTO DEFINITIVO:  
Itinerario Napoli-Bari raddoppio tratta Cancello-Benevento  
Il lotto funzionale Frasso-Telesino-Vitulano  
3° Lotto funzionale San Lorenzo - Vitulano

Per La SOING Strutture e Ambiente

ELABORAZIONE MG.Idili  
VERIFICA A.Morelli  
APPROVAZIONE P.Chiera

SCALA 1:600

TAVOLA

REV. 00

1





 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ITINERARIO NAPOLI-BARI.  RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO.  II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.  3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.  INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE -  TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D - M.A.S.W.</p>												
<p><b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF0H</td> <td>32 D 69</td> <td>IG</td> <td>GE0005 001</td> <td>A</td> <td>69 di 80</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0H	32 D 69	IG	GE0005 001	A	69 di 80
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0H	32 D 69	IG	GE0005 001	A	69 di 80								

**14. ALLEGATO GRAFICO N.9 - TAVOLE DALLA 1 ALLA 6**

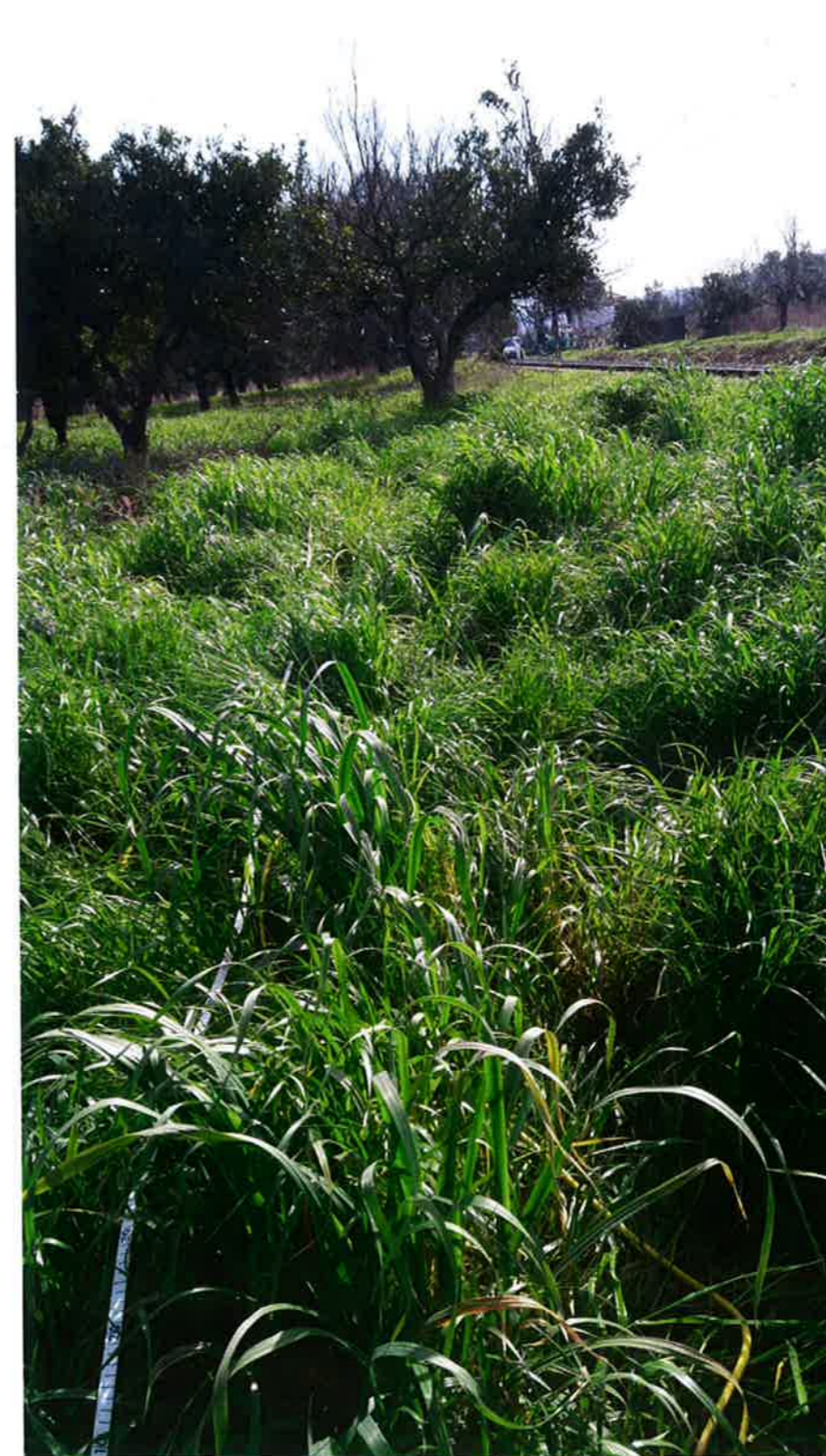


## INDAGINI SISMICHE MASW 5

### Ubicazione Indagine



### Immagine Area Indagine



TAVOLA

1

#### OGGETTO

Area Indagine sismica  
MASW 5

Progetto Definitivo  
Itinerario Napoli – Bari  
Raddoppio Tratta  
Cancello – Benevento  
II Lotto funzionale  
Frasso Telesino-  
Vitulano  
3° Lotto Funzionale  
SAN LORENZO-  
VITULANO



Per la  
**SOING Strutture e  
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara

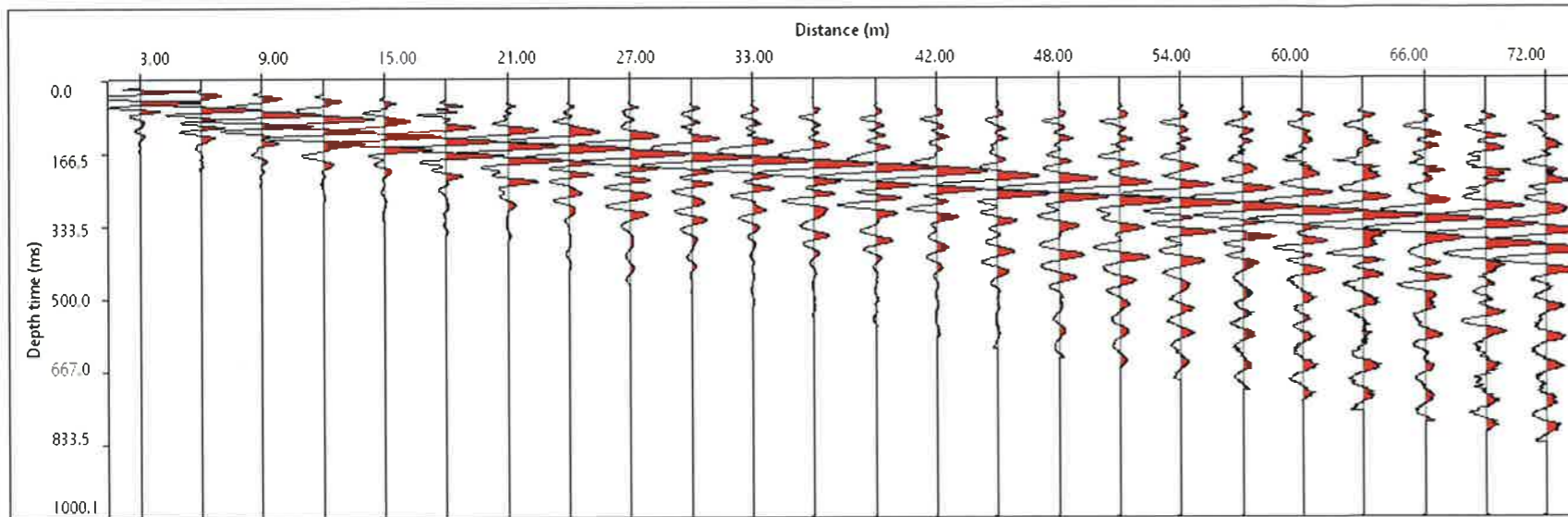




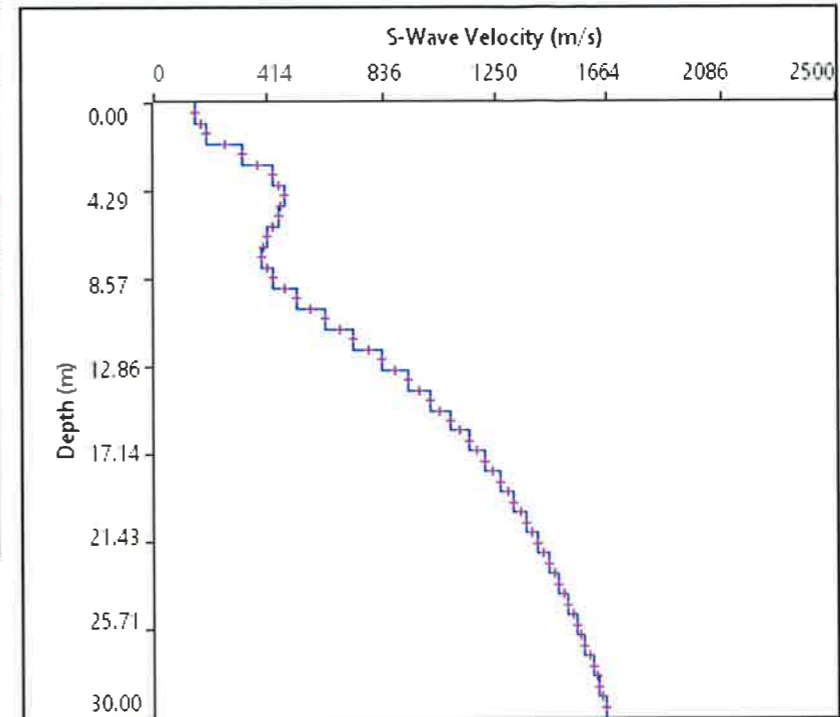
# INDAGINI SISMICHE MASW 5

TAVOLA

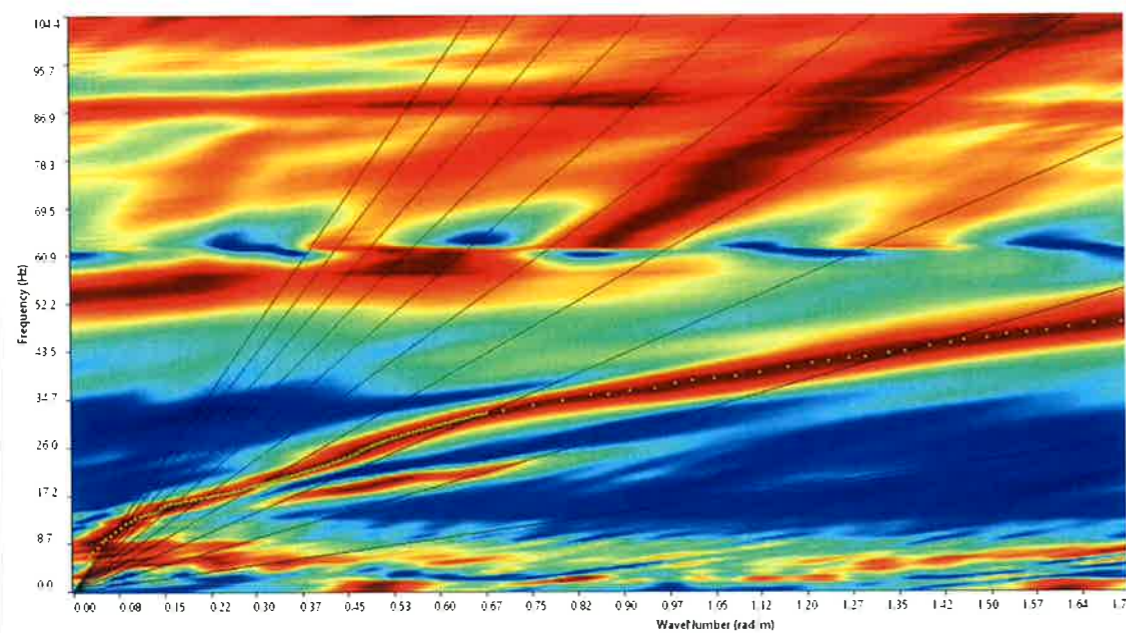
2



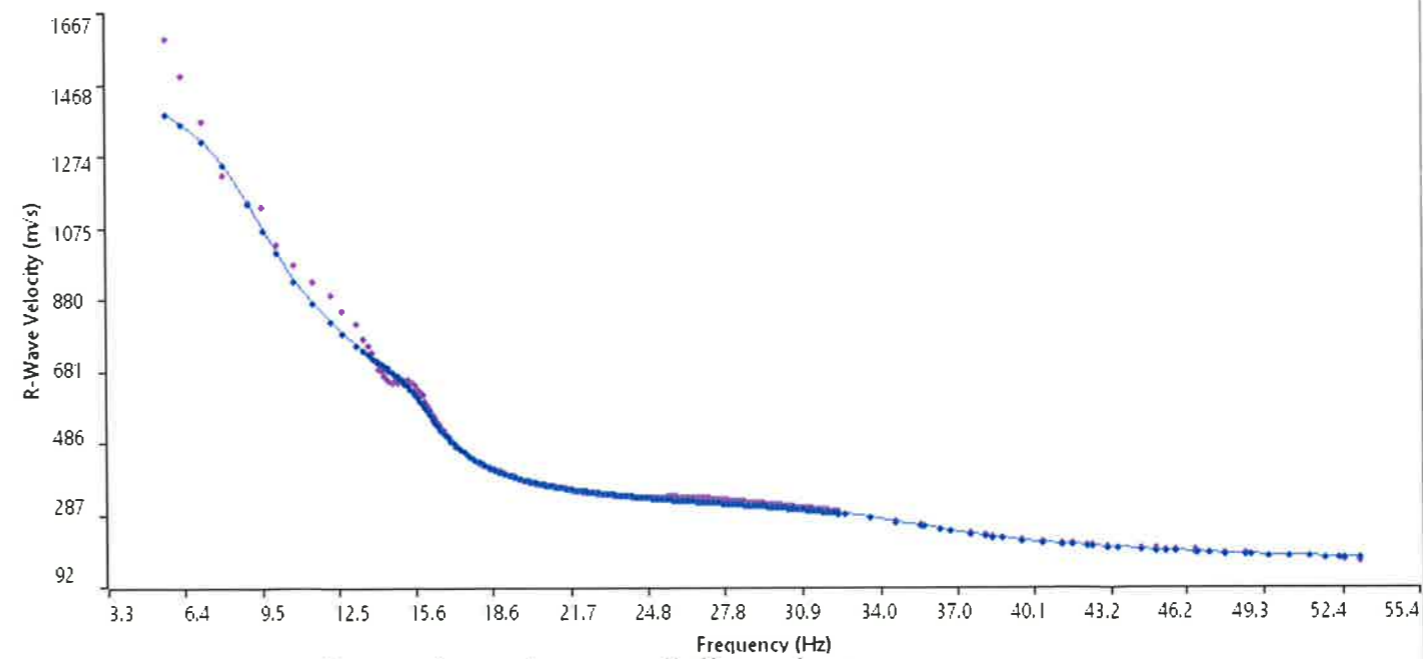
Sismogramma medio utilizzato



Profilo velocità onde S



Spettro F-K



Accoppiamento curve di dispersione

**OGGETTO**  
Area Indagine sismica  
MASW 5

Progetto Definitivo  
Itinerario Napoli – Bari  
Raddoppio Tratta  
Cancello – Benevento  
Il Lotto funzionale  
Frasso Telesino-  
Vitulano  
3° Lotto Funzionale  
SAN LORENZO-  
VITULANO



Per la  
**SOING Strutture e  
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

APPROV. P. Chiara



# INDAGINI SISMICHE MASW 6

## Ubicazione Indagine



## Immagine Area Indagine



TAVOLA

3

### OGGETTO

Area Indagine sismica  
MASW 6

Progetto Definitivo  
Itinerario Napoli – Bari  
Raddoppio Tratta  
Cancello – Benevento  
Il Lotto funzionale  
Frasso Telesino-  
Vitulano  
3° Lotto Funzionale  
SAN LORENZO-  
VITULANO



Per la  
**SOING Strutture e  
Ambiente srl**

ELAB G. Luciani

VERIFICA A. Morelli

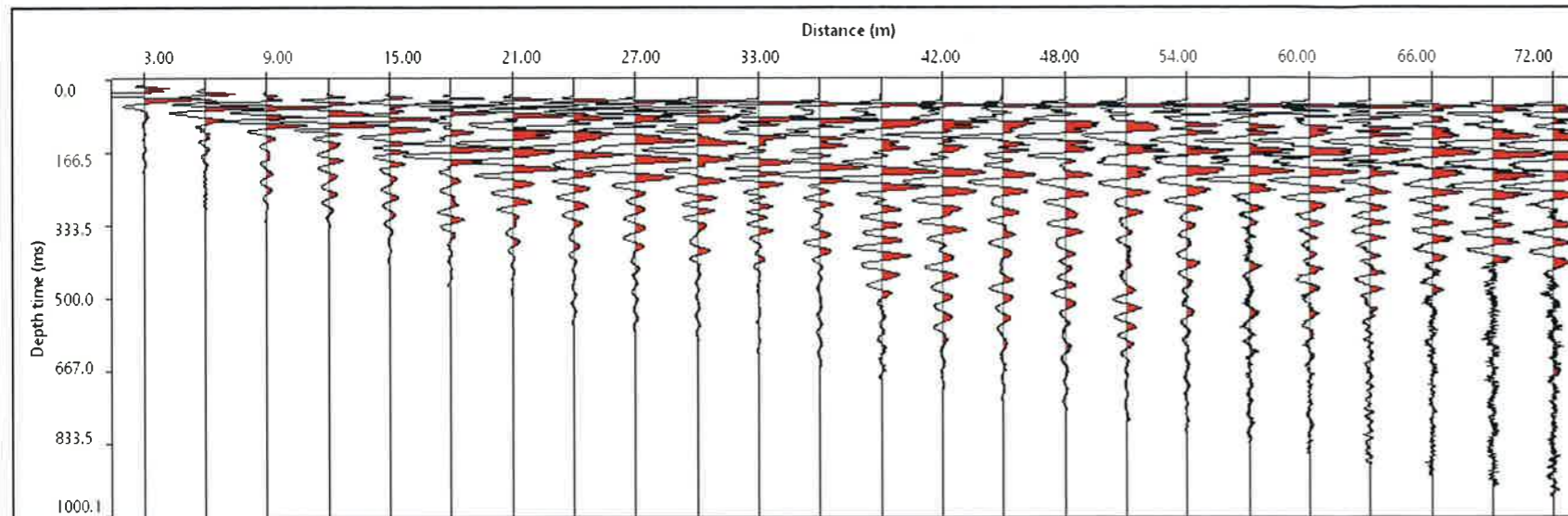
APPROV. P. Chiara



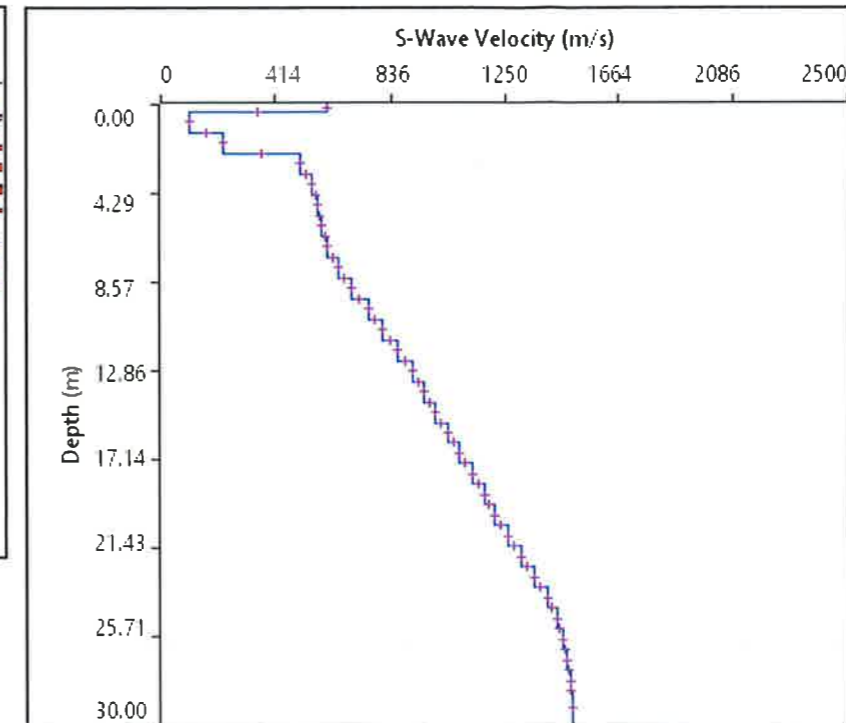
# INDAGINI SISMICHE MASW 6

TAVOLA

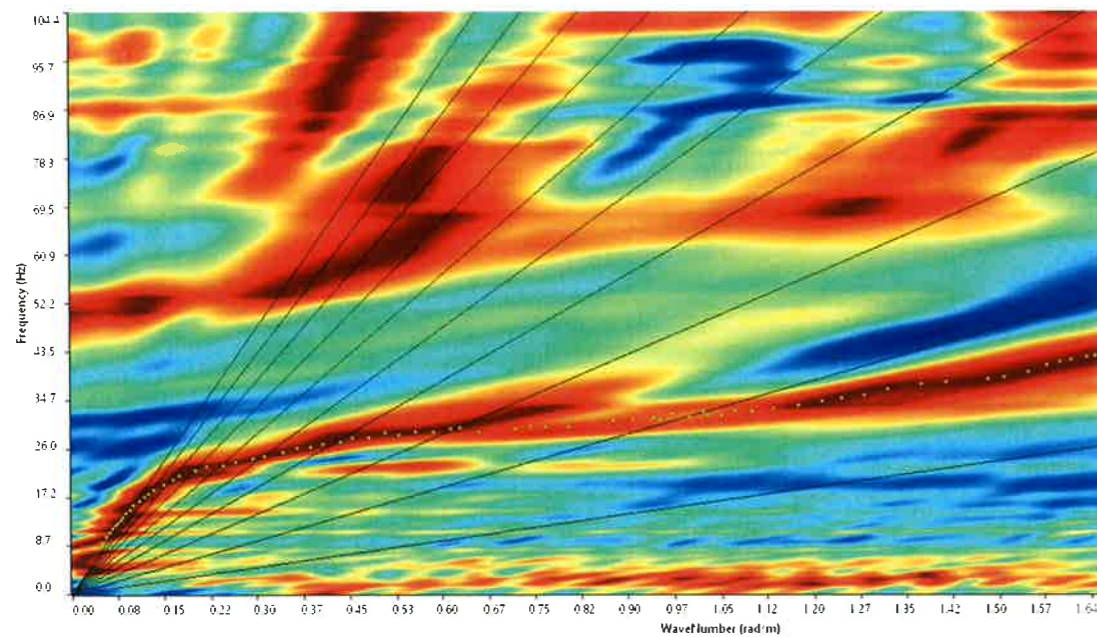
4



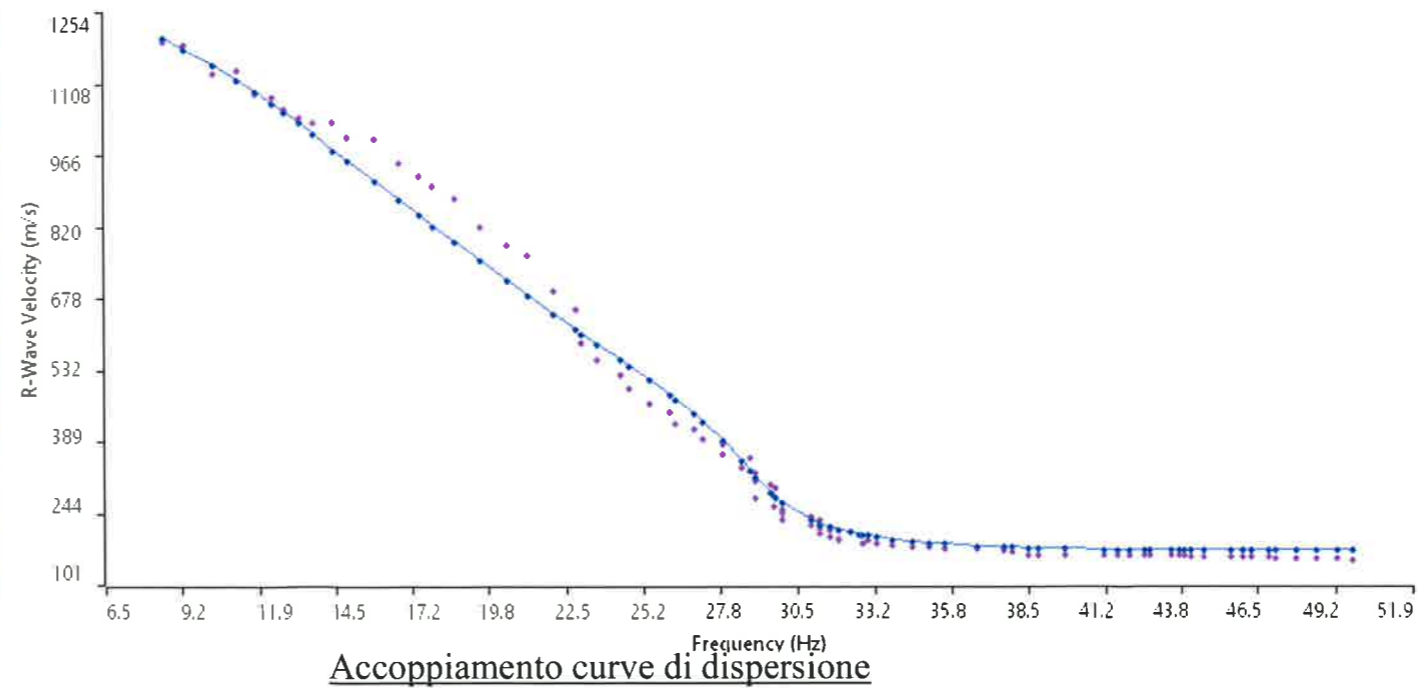
Sismogramma medio utilizzato



Profilo velocità onde S



Spettro F-K



Accoppiamento curve di dispersione

**OGGETTO**  
Area Indagine sismica  
MASW 6

Progetto Definitivo  
Itinerario Napoli – Bari  
Raddoppio Tratta  
Cancello – Benevento  
Il Lotto funzionale  
Frasso Telesino-  
Vitulano  
3° Lotto Funzionale  
SAN LORENZO-  
VITULANO



Per la  
**SOING Strutture e  
Ambiente srl**

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



**Ubicazione Indagine progressiva km 47+520**



**Immagine Area Indagine**



**OGGETTO**

Area Indagine sismica  
MASW 7

Progetto Definitivo  
Itinerario Napoli – Bari  
Raddoppio Tratta  
Cancello – Benevento  
Il Lotto funzionale  
Frasso Telesino-  
Vitulano  
3° Lotto Funzionale  
SAN LORENZO-  
VITULANO



**Per la  
SOING Strutture e  
Ambiente srl**

**ELAB** G. Luciani

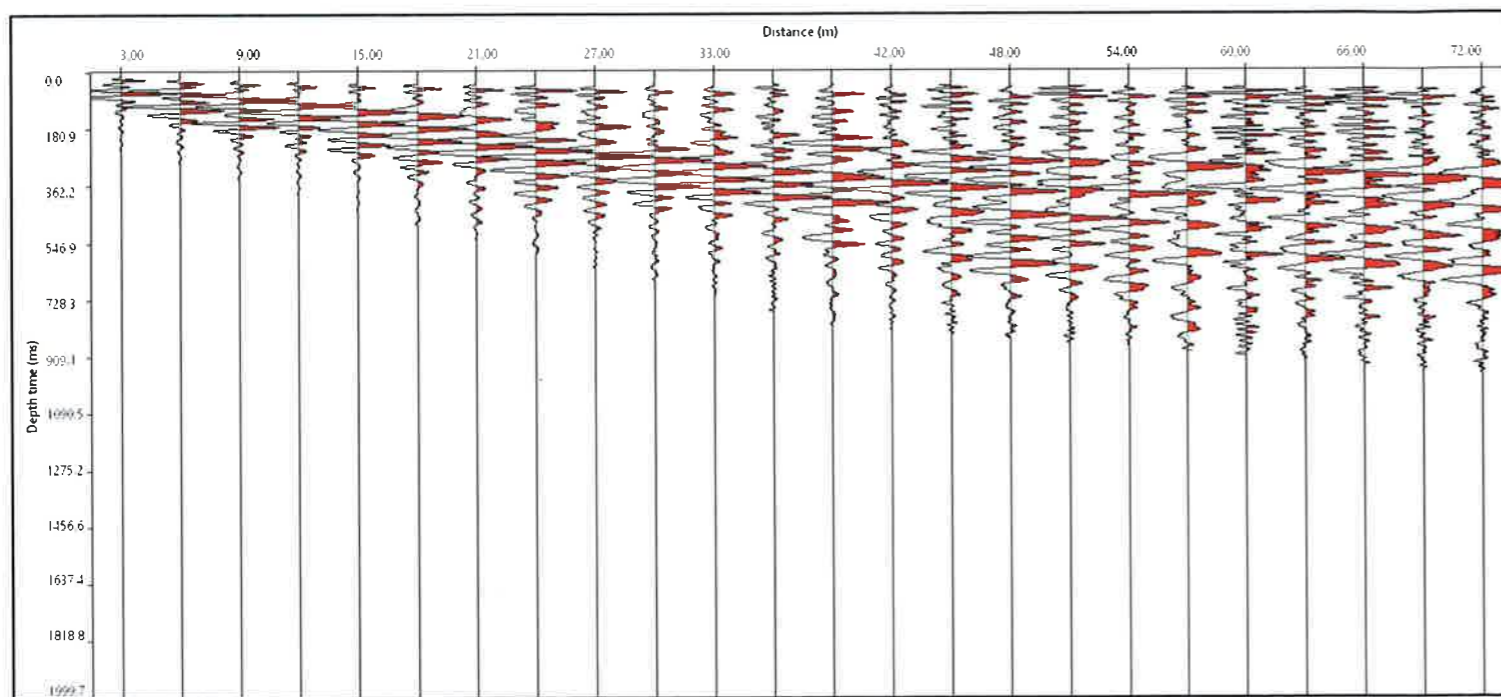
**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara

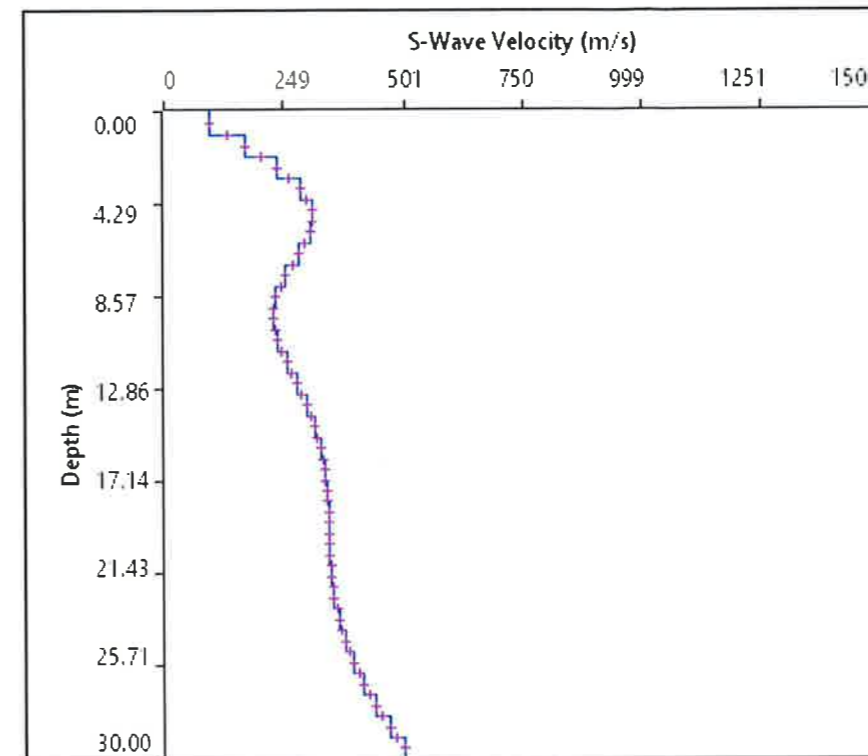




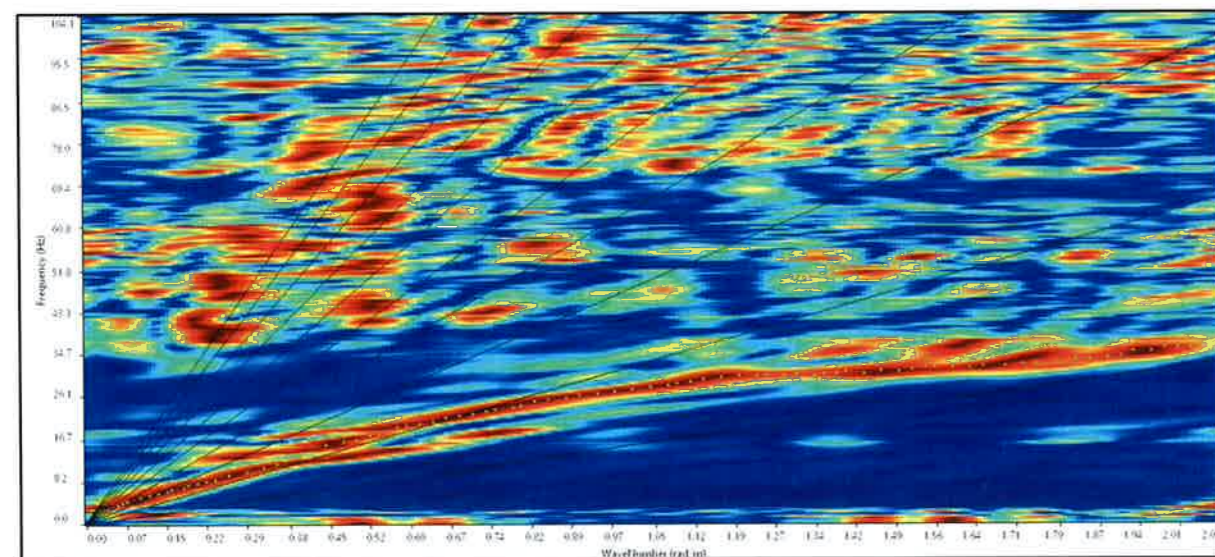
# INDAGINI SISMICHE MASW 7



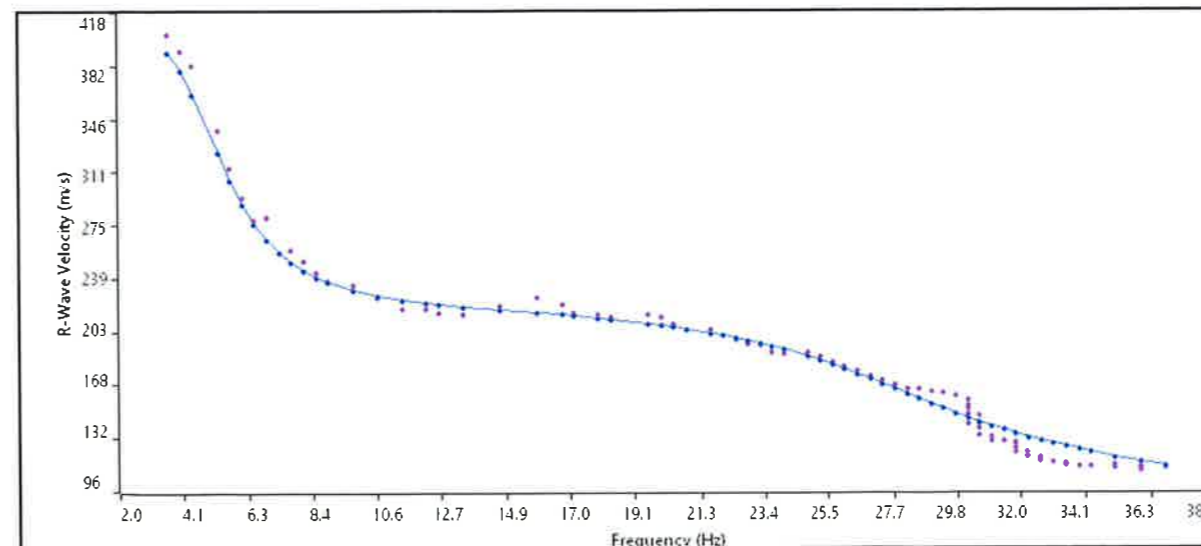
Sismogramma medio utilizzato



Profilo velocità onde S



Spettro F-K



Accoppiamento curve di dispersione

TAVOLA

6

**OGGETTO**  
Area Indagine sismica  
MASW 7

Progetto Definitivo  
Itinerario Napoli – Bari  
Raddoppio Tratta  
Cancello – Benevento  
Il Lotto funzionale  
Frasso Telesino-  
Vitulano  
3° Lotto Funzionale  
SAN LORENZO-  
VITULANO



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

**ELAB** G. Luciani

**VERIFICA** A. Morelli

**APPROV.** P. Chiara



	<p>ITINERARIO NAPOLI-BARI.  RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO.  II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO - VITULANO.  3° LOTTO FUNZIONALE SAN LORENZO - VITULANO.  INDAGINI GEOFISICHE: TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE -  TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D - M.A.S.W.</p>												
<p><b>RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF0H</td> <td>32 D 69</td> <td>IG</td> <td>GE0005 001</td> <td>A</td> <td>75 di 80</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF0H	32 D 69	IG	GE0005 001	A	75 di 80
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF0H	32 D 69	IG	GE0005 001	A	75 di 80								

**15. ALLEGATO GRAFICO N.10 - DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**





Foto 1



Foto 2

Foto 1-2: Una fase di acquisizione del profilo sismico S6; primo cavo 24 geofoni (Foto 1) e secondo cavo 24 geofoni (Foto 2).



Foto 3



Foto 4

Foto 3-4: Una fase di acquisizione del profilo sismico S7: strumentazione sismica utilizzata (Foto 3); sviluppo della linea verso il rilievo (v. Foto 4) .



Foto 5



Foto 6

Foto 5-6: Fasi di acquisizione del profilo sismico S8.

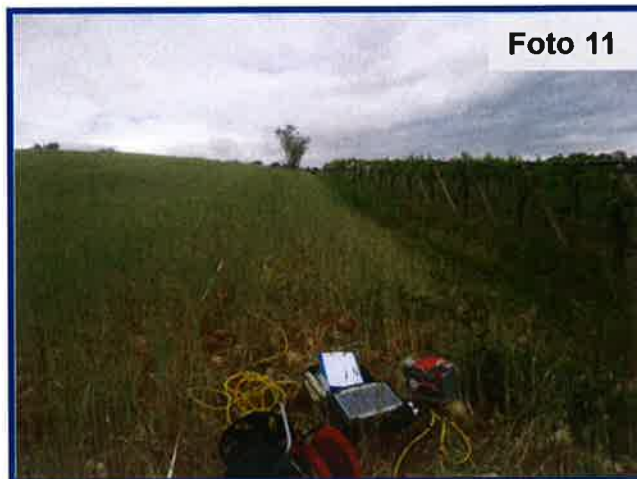




**Foto 7-8:** Una fase di acquisizione del profilo sismico S9 ed ubicazione del pozzo (tra i geofoni G55 e G56). Il pozzo è rilevato di +1,0 m rispetto al geofono G55 e la falda è a -8,6 m dal piano campagna.



**Foto 9-10:** Una fase di acquisizione del profilo sismico S10: strumentazione sismica utilizzata; lato monte (Foto 9) e lato valle (Foto 10) .



**Foto 11-12:** Profilo sismico S11; lato monte (Foto 11) e lato valle (Foto 12).







**Foto 13**



**Foto 14**

**Foto 13-14:** Profilo sismico S12; primo cavo 24 geofoni (Foto 13) e secondo cavo 24 geofoni (Foto 14).



**Foto 15**



**Foto 16**

**Foto 15-16:** Profilo sismico S15: lato monte (Foto 15) e lato valle, verso la scarpata (Foto 16).



**Foto 17**



**Foto 18**

**Foto 3:** Profilo sismico S16; lato monte (Foto 17) e lato valle (Foto 18).





Foto 19



Foto 20

Foto 19-20: Una fase di acquisizione del profilo sismico S17 con metodologia sismica ed elettrica tomografica. Centro strumentale con tombino di sondaggio.



Foto 21



Foto 22

Foto 21-22: Una fase di acquisizione del profilo sismico S18 mod b; inizio stendimento (Foto 21) e fine stendimento (Foto 22).



Foto 23



Foto 24

Foto 23-24: Una fase di acquisizione del profilo sismico S18 mod bis con applicazione delle metodologie sismica ed elettrica tomografica: lato valle (Foto 23) e lato monte, verso la scarpata (Foto 24).





Foto 25-26: Profilo sismico S19: lato monte (Foto 25) e lato fiume (Foto 26).



Foto 27-28: Una fase di acquisizione del profilo sismico S20; lato fiume (Foto 27) e lato monte (Foto 28).



Foto 29-30: Profili sismici S21 (Foto 29) ed S22 (Foto 30).

