

S.S.131 "Carlo Felice"  
Completamento itinerario Sassari – Olbia.  
Potenziamento e messa in sicurezza S.S.131  
dal km 192+500 al km 209+500.  
2° Lotto dal km 202+000 al km 209+500

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. CA357

**PROGETTAZIONE: ATI VIA - SERING - VDP - BRENG**

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma A27296)

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA:

MANDANTI:

PROGETTISTA:

Responsabile Tracciato stradale: Dott. Ing. Massimo Capasso  
(Ord. Ing. Prov. Roma 26031)  
Responsabile Strutture: Dott. Ing. Giovanni Piazza  
(Ord. Ing. Prov. Roma 27296)  
Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti: Dott. Ing. Sergio Di Maio  
(Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)  
Responsabile Ambiente: Dott. Ing. Francesco Ventura  
(Ord. Ing. Prov. Roma 14660)



GEOLOGO:

Dott. Geol. Enrico Curcuruto (Ord. Geo. Regione Sicilia 966)

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Matteo Di Girolamo (Ord. Ing. Prov. Roma 15138)

RESPONSABILE SIA:

Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)



VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Edoardo Quattrone

**CAMPAGNA DI INDAGINI GEOTECNICHE E AMBIENTALI  
DOCUMENTAZIONI INDAGINI GEOFISICHE – ANNO 2020**

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	CA357_T00GE00GETSC02_A			
DPCA0357	D 20	CODICE ELAB.	T00GE00GETSC02	A	-
D		-	-	-	-
C		-	-	-	-
B		-	-	-	-
A	EMISSIONE	APRILE 2021	V. TURANO	V. CANZONERI	G.PIAZZA
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

# INDAGINI GEOFISICHE

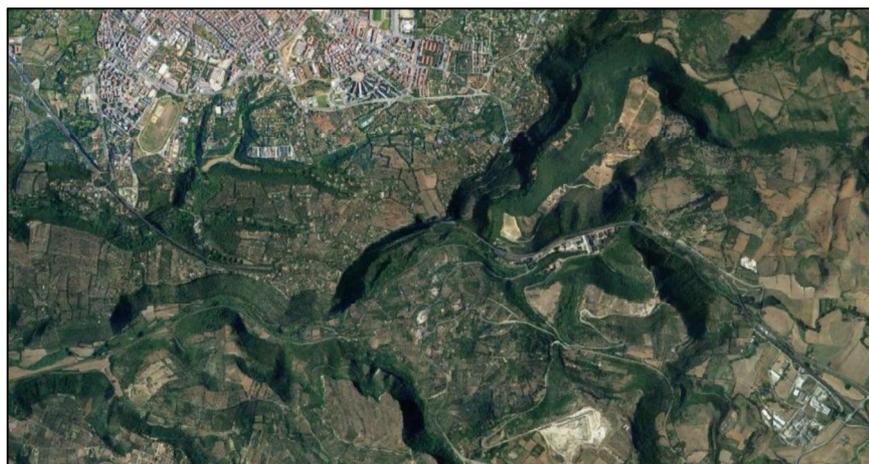


**PROJECT:**  
ITINERARIO SASSARI-OLBIA, POTENZIAMENTO - MESSA  
IN SICUREZZA S.S. 131 DAL KM 192+500 AL KM 209+500  
(2° LOTTO)

**LOCATION:**  
COMUNI DI SASSARI E MUROS (SS)

**CLIENT:**  
ANAS S.p.A.

**OBJECT:**  
DOCUMENTAZIONE INDAGINI GEOFISICHE



**Tecno In Ref.:** R.C. 025/20  
**Revision n.:** 00  
**Date:** dicembre 2020  
**Description:** emissione

**Redacted by:** Dr. Geol. Giovanni Antonucci  
**Reviewed by:** Dr.ssa Geol. Maria Gabriella Vadalà  
**Approved by:** Dr. Geol. Lucio Amato  
**Document code:** 025-20\_Anas\_geofisica.pdf

## INDICE

1	PREMESSA	3
2	INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA	4
2.1	DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA	4
2.2	DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	5
2.3	DESCRIZIONE DELLE MODALITA' ESECUTIVE	7
2.4	DESCRIZIONE DELL'ELABORAZIONE DEI DATI	9
2.5	RISULTANZE DELL'INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA	10
2.5.1	BS01D	11
2.5.2	BS02D	14
2.5.3	BS05D	17
2.5.4	BS06D	20
2.5.5	BS07D	24
2.5.6	BS07BIS	28
2.5.7	BS07TRIS	32
2.5.8	BS08D	36
2.5.9	BS09D	39
2.5.10	BS10D	42
2.5.11	BS11D	45
2.5.12	BS12D	48
2.5.13	BS13D	51
2.5.14	BS14D	54
2.5.15	BS15D	57
2.5.16	BS16D	60
2.5.17	BS17D	63
2.5.18	BS18D	66
3	INDAGINI DOWN-HOLE	69
3.1	DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA ED ELABORAZIONE DATI	69
3.2	DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	72
3.3	DESCRIZIONE DELLE MODALITA' ESECUTIVE	73
3.4	RISULTANZE DELL'INDAGINE DOWN-HOLE	74
3.4.1	S01-DH	75
3.4.2	S03-DH	80
3.4.3	S07-DH	85

3.4.4	S14-DH	90
3.4.5	S16-DH	95
3.4.6	S24-DH	100
3.4.7	S25-DH	105
3.4.8	S26-DH	110
4	INDAGINI GEOELETTRICHE	115
4.1	DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA	115
4.2	PROPRIETA' DI ROCCE E MINERALI	117
4.3	DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	119
4.4	DESCRIZIONE DELLE MODALITA' ESECUTIVE	120
4.5	DESCRIZIONE DELL'ELABORAZIONE DEI DATI	122
4.6	RISULTANZE DELL'INDAGINE GEOELETTRICA	124
4.6.1	BH06	125
4.6.2	BH07BIS	126
4.6.3	BH07TRIS	127

## 1 PREMESSA

Il presente elaborato viene redatto nell'ambito dell'esecuzione di indagini geologiche, tecniche, sismiche e sondaggi relative al completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto).

Le indagini ricadono in provincia di Sassari.

Nell'ambito dei lavori summenzionati, sono state eseguite le seguenti prove:

- n.14 prospezioni sismiche a rifrazione tomografica;
- n.8 indagini sismiche in foro down-hole.

Le indagini in oggetto sono state effettuate nel mese di luglio ed agosto 2020.

Nel mese di novembre 2020, sono state effettuate le seguenti indagini:

- n.2 prospezioni sismiche a rifrazione tomografica.

Infine, nel mese di dicembre 2020, sono state effettuate le seguenti indagini:

- n.2 prospezioni sismiche a rifrazione tomografica;
- n.1 prospezione sismica a riflessione;
- n.3 prospezioni geoelettriche.

## 2 INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA

### 2.1 DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA

Il metodo sismico a rifrazione è un metodo non invasivo che si basa sulla misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche (P o S) generate in superficie da una sorgente sismica e captate da ricevitori, anch'essi in superficie, disposti su un allineamento a diverse distanze dalla sorgente. Le onde elastiche sono, quindi, rilevate da un array di geofoni, infissi al suolo, con spaziatura regolare.

I tempi di primo arrivo, correlati alle diverse distanze sorgente-ricevitore, permettono la stima (calcolo) delle geometrie del sottosuolo (disposizione morfologica delle interfacce) e delle velocità di propagazione delle onde sismiche.

La generazione delle onde elastiche avviene presso una base sismica (Fig. 2.1), operando con energizzazioni ripetute in modo da ottenere un segnale caratterizzato da un rapporto segnale-rumore soddisfacente. Tale geometria è necessaria per l'utilizzo successivo dell'algoritmo tomografico.

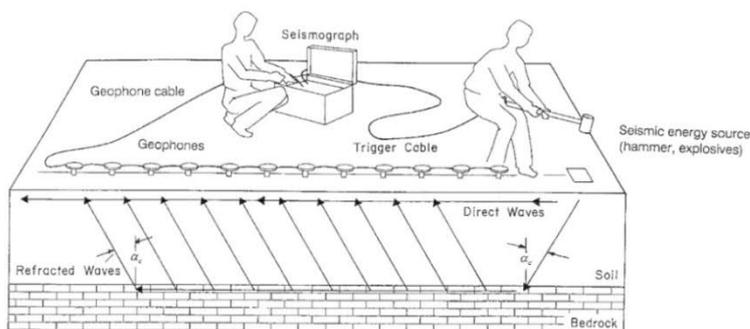


Fig. 2.1 – Schema esecutivo della sismica a rifrazione (fonte norma ASTM D 5777 – 00).

L'indagine eseguita con la metodologia della tomografia sismica a rifrazione necessita di un numero di tiri eseguiti sia internamente sia esternamente a ciascun stendimento. Nel caso in oggetto, sono stati eseguiti un numero di tiri compresi tra cinque e nove a seconda della lunghezza dello stesso stendimento. Di seguito, a titolo di esempio, si riporta lo schema adottato per una base sismica lunga 120 metri (Fig. 2.2).

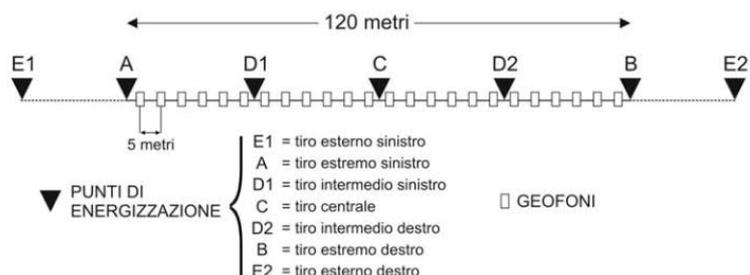


Fig. 2.2 – Tomografia sismica. Disposizione siti di energizzazione.

I sistemi energizzanti (sia per la generazione delle onde P sia delle onde SH) devono essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali.

Per la generazione in onde P, la sorgente è generalmente costituita da un cannoncino industriale (tipo "minibang") ed eventualmente la mazza sismica.

Il sistema sorgente per le onde SH è generalmente costituito da un parallelepipedo di forma tale da poter essere colpito lateralmente ad entrambe le estremità con una massa pesante. In fase d'installazione, il parallelepipedo è gravato di un carico statico addizionale in modo che possa rimanere aderente al terreno sia al momento in cui viene colpita sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venga in parte dispersa. Con questo dispositivo è possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile.

## 2.2 DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Di seguito sono riportate le specifiche della strumentazione utilizzata per l'esecuzione delle indagini sismica a rifrazione:

Geofoni, a componente verticale, con frequenza pari a 14 Hz, ed a componente orizzontale, con frequenza pari a 10 Hz, della **OYO GEOSPACE**.

Trigger, costituito da un dispositivo, collegato al sistema di acquisizione, che permette di avviare la registrazione del segnale sismico acquisito dai geofoni nell'istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica. Il sistema di "innescò" è stato realizzato mediante un geofono di superficie posizionato in prossimità della sorgente e attivato dall'impatto, nell'istante in cui la massa battente colpisce la sorgente.

Sistema di energizzazione, costituito, per la generazione delle onde P da una sorgente impattiva costituita da un martello da 10 kg e un piattello metallico posto al suolo nonché da un energizzatore *minibang* equipaggiato con cartucce industriali calibro 8.

Per le onde SH, è stato adoperato un parallelepipedo in polietilene ad alta densità contrastato mediante appropriata zavorra ed utilizzata la massa battente descritta in precedenza.

I segnali sismici, sono stati acquisiti mediante un sismografo **MAE X610S** a 24 bits, di cui sono riportate le caratteristiche principali:

- Convertitori: risoluzione 24 bit, tecnologia sigma-delta
- Range dinamico: 144 dB (teorico)
- Distorsione massima: +/-0.0010%
- Banda passante: 2Hz-30KHz
- Common mode rejection: 110 dB a 60 Hz
- Diafonia: -120dB a 20 Hz
- Soglia di rumore dell'amplificatore programmabile: 27nV
- Precisione del trigger: 1/30 del tempo di campionatura
- Guadagno di preamplificazione: 24 e 36 dB
- Delay: da 0 a 100 sec ad intervalli di 1 campione a passo
- Tipo di guadagno: Automatico (AGC)
- Range massimo segnale in ingresso: +/-5V
- Impedenza di ingresso a 1000 campioni /secondo 20Mohm
- Livelli di amplificazione: 0 dB, 6 dB, 12 dB, 18 dB, 24 dB, 30 dB, 36 dB impostabili singolarmente per ogni canale o per gruppi di canali liberamente organizzabili
- Filtro anti-alias: -3dB,80% della frequenza di Nyquist,-80dB
- Intervalli di campionamento: 1/30, 1/15, 1/7.5, 1/3.75, 0.5, 1.0, 2.0, 10.0, 20.0 ms
- Numero di campioni per evento: impostabile da 1024 a 21800 con incrementi di 512
- Interfacce disponibili: LAN, USB, VGA
- Canali: configurazioni da 24, 48 o 72. Possibilità di utilizzare da 1 al numero massimo di canali installati per ogni acquisizione
- Auto-calibrazione interna dei convertitori prima di ogni acquisizione
- Filtri digitali: selezionati automaticamente in base alla frequenza di campionatura
- Test geofoni: verifica automatica per individuare interruzioni dei cavi oppure geofoni rotti o in corto.

### 2.3 DESCRIZIONE DELLE MODALITA' ESECUTIVE

Nell'ambito della commessa in oggetto, come accennato in premessa, sono state eseguite **n.18** prospezioni sismiche a rifrazione, in onde di compressione e di taglio, con elaborazione tomografica.

Di seguito, si riportano le specifiche della prospezione:

Codice indagine	Lunghezza base sismica (m)	COORDINATE GAUSS-BOAGA			
		Coordinata inizio profilo - EST	Coordinata inizio profilo - NORD	Coordinata fine profilo - EST	Coordinata fine profilo - NORD
BS01D	175	1467661,002	4505116,762	1467562,792	4505257,807
BS02D	115	1466880,648	4505820,497	1466896,041	4505707,628
BS05D	175	1466762,866	4505866,866	1466649,379	4505742,203
BS06D	360	1465900,088	4505578,542	1465900,144	4505578,528
BS07D	240	1465617,064	4505583,142	1465834,538	4505519,953
BS07bis	240	1465747,556	4505747,925	1466034,287	4505925,313
BS07tris	480	1465771,697	4505724,390	1465908,661	4505590,864
BS08D	115	1465568,312	4505660,312	1465567,295	4505772,950
BS09D	175	1464179,224	4505569,335	1464341,351	4505509,455
BS10D	200	1464271,244	4505525,097	1464218,665	4505332,082
BS11D	410	1464005,380	4505191,388	1464165,201	4505562,393
BS12D	350	1463500,444	4505387,253	1463544,671	4505374,859
BS13D	46	1463543,122	4505385,255	1463561,272	4505426,760
BS14D	46	1463642,882	4505366,736	1463652,402	4505322,268
BS15D	46	1463648,590	4505351,901	1463804,302	4505431,768
BS16D	175	1462831,351	4505472,916	1462989,531	4505401,599
BS17D	175	1467661,002	4505116,762	1467562,792	4505257,807
BS18D	69	1462619,406	4505721,554	1462617,389	4505654,244

Tab. 2.1 – Intervento "Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)". Indagini sismiche a rifrazione.

Le modalità esecutive per effettuare l'elaborazione tomografica differiscono dalla sismica convenzionale per il maggior numero di registrazioni che sono realizzare al fine di coprire in maniera omogenea l'intera sezione sismica in tutti i settori e fino alle profondità adeguate senza lasciare tratti scoperti o disomogenei. Posizionati i geofoni sul terreno, essi sono collegati con appositi morsetti al cavo multipolare che viene connesso al sismografo. Ultimata l'installazione sono effettuati alcuni tiri di prova per tarare i parametri di acquisizione del sismografo stesso.

Effettuate le operazioni di verifica e taratura della strumentazione, si procede all'acquisizione dei segnali su ciascun punto prestabilito ed alla memorizzazione dei dati sia sulla memoria di massa del sismografo sia sul pen drive.

## 2.4 DESCRIZIONE DELL'ELABORAZIONE DEI DATI

I dati acquisiti in campo sono stati sottoposti ad una fase di pre-processing avvalendosi del software **IXSeg2Segy** della **INTERPEX**. Tale fase è consistita nell'applicazione del DC removal, di filtraggio passa-banda e nell'ottimizzazione del guadagno.

Ultimata questa fase, si è proceduto con la determinazione dei primi tempi d'arrivo (*first break peak - F.B.P.*) sia delle onde P sia delle onde SH. Per ciascun file dati acquisito in campo, è stato creato un file txt contenente i tempi d'arrivo espressi in millisecondi (ms). Tutti i file relativi ai tempi d'arrivo sono confluiti in un foglio di calcolo al fine di poter restituire le cosiddette *dromocrone* ovvero la rappresentazione dei diagrammi *tempi-distanze* della sezione sismica.

Al fine di eseguire l'elaborazione, in termini di velocità di propagazione delle onde elastiche, sono stati ricavati tre file ascii relativi, rispettivamente, al numero e disposizione delle sorgenti (file *source*), al numero e disposizione dei geofoni (file *receiver*) ed ai tempi d'arrivo (file *observations*). Tali file costituiscono l'input per il software tomografico utilizzato **SeisOpt@2D** della **Optim<sup>TM</sup> software & data solutions**.

Il metodo tomografico utilizzato, si basa su un metodo di ottimizzazione non-lineare, noto come metodo di ottimizzazione numerica simulata (*simulated annealing*), utilizzato per ricavare un modello di velocità delle onde sismiche, ad elevata risoluzione, dalla misurazione dei tempi di arrivo delle onde P ed SH.

Il metodo citato è un processo basato sul metodo di Monte-Carlo che può combinare i tempi di arrivo delle onde in un modello di velocità. Tale modello può essere considerato superiore ai più sofisticati metodi d'inversione non-lineare. L'algoritmo compie un'elaborazione impostando un modello con una variazione casuale del parametro d'interesse, sino a che il modello sismico sintetico dei tempi di arrivo delle onde sismiche calcolate non collima con i tempi di arrivo osservati.

Processi iterativi fanno in modo di far convergere la soluzione riducendo, ad ogni iterazione, lo scarto eliminando quelle soluzioni i cui errori oltrepassano l'errore totale ammesso dall'algoritmo di calcolo.

In definitiva, il processo di ottimizzazione adottato troverà la soluzione testando diverse migliaia di soluzioni possibili prima di arrivare alla soluzione ottimale proposta che è quella, come detto in precedenza, in cui i tempi di arrivo calcolati coincidono, a meno di uno scarto ridotto, con quelli osservati.

In pratica, i software adottati, che si basano sul principio del *simulated annealing*, pervengono ad un modello ottimizzato delle velocità utilizzando, in input, i soli tempi di primo arrivo delle onde sismiche e la geometria dell'array (distanze e variazioni di quota) non richiedendo informazioni preliminari sulla geometria della struttura sotterranea. L'algoritmo, come già accennato in precedenza, esegue ripetute modellizzazioni dirette laddove un nuovo modello proposto è accettato o rigettato in base ad un criterio di probabilità tenendo in considerazione l'andamento globale dei tempi di arrivo.

## 2.5 RISULTANZE DELL'INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE TOMOGRAFICA

Le prospezioni sismiche in oggetto sono state compiute posizionando al suolo **n.18** basi sismiche, aventi un numero di canali compreso tra 24 e 48, con lunghezza complessiva compresa tra 46 e 480 metri.

I dati sono stati acquisiti energizzando in corrispondenza dei siti esterni ed interni per un numero complessivo compreso tra 5 e 11.

Come accennato in precedenza, i tempi di arrivo delle onde sismiche sono stati adoperati quale input (assieme alla geometria dei tiri di energizzazione e dei geofoni) nel software di elaborazione tomografica, per ottenere le relative pseudosezioni sismiche.

Queste sono riportate esprimendo i dati di velocità delle onde di taglio mediante isolinee e campitura a falsi colori.

Di seguito, per i profili eseguiti, si riportano le seguenti informazioni / elaborazioni:

- dromocrone ottenute dalla lettura dei primi tempi d'arrivo delle onde P ed SH;
- stralcio della planimetria delle indagini, con l'ubicazione del profilo investigato;
- pseudosezioni sismiche in onde P ed S;
- analisi dei dati in velocità di propagazione delle onde elastiche in termini di gradiente geosismico per l'individuazione dei sismostrati.

2.5.1 BS01D

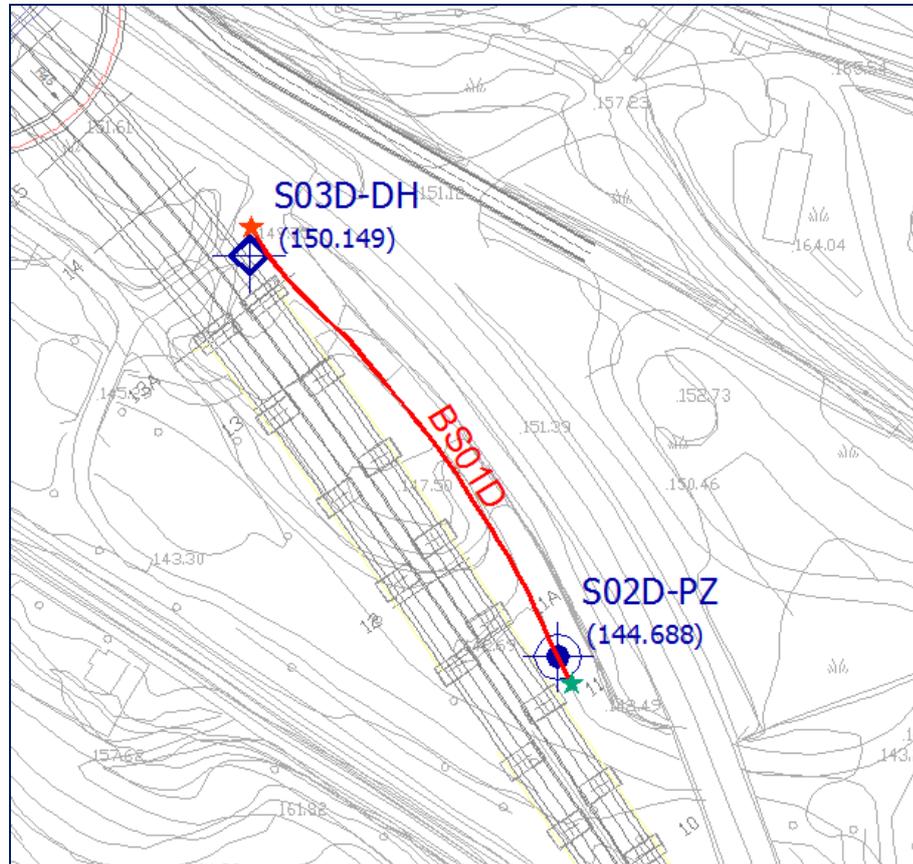


Fig. 2.3 – Intervento S.S. 554 “Cagliaritana” – Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554).

Stralcio dell'ubicazione indagine.



I simboli indicano l'inizio (stella colore ciano) e la fine (stella di colore arancione) del profilo.

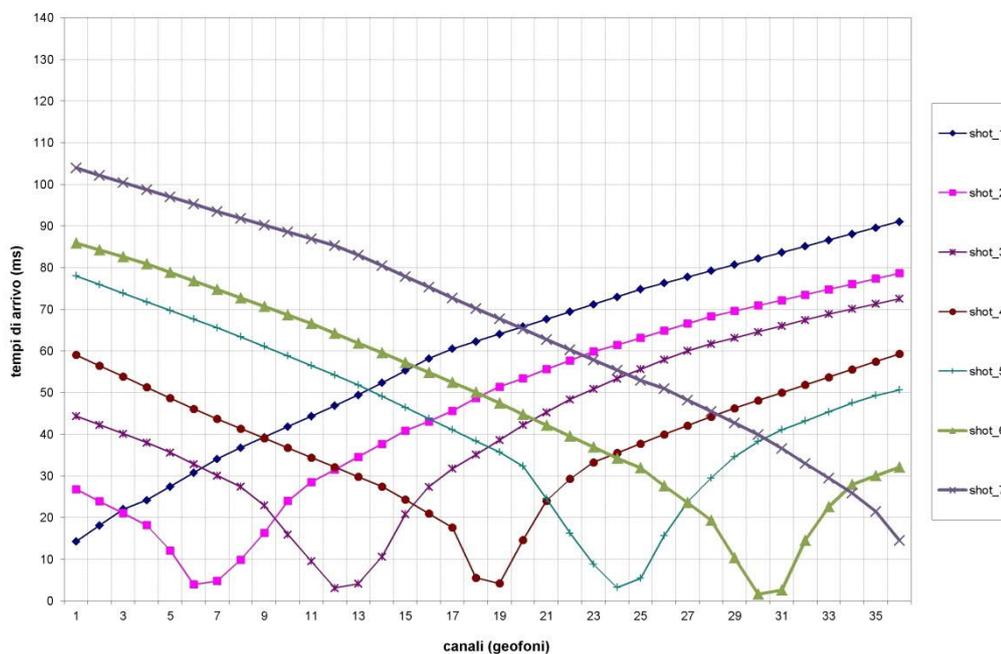


Fig. 2.4 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde P Profilo BS01D. Dromocrone.

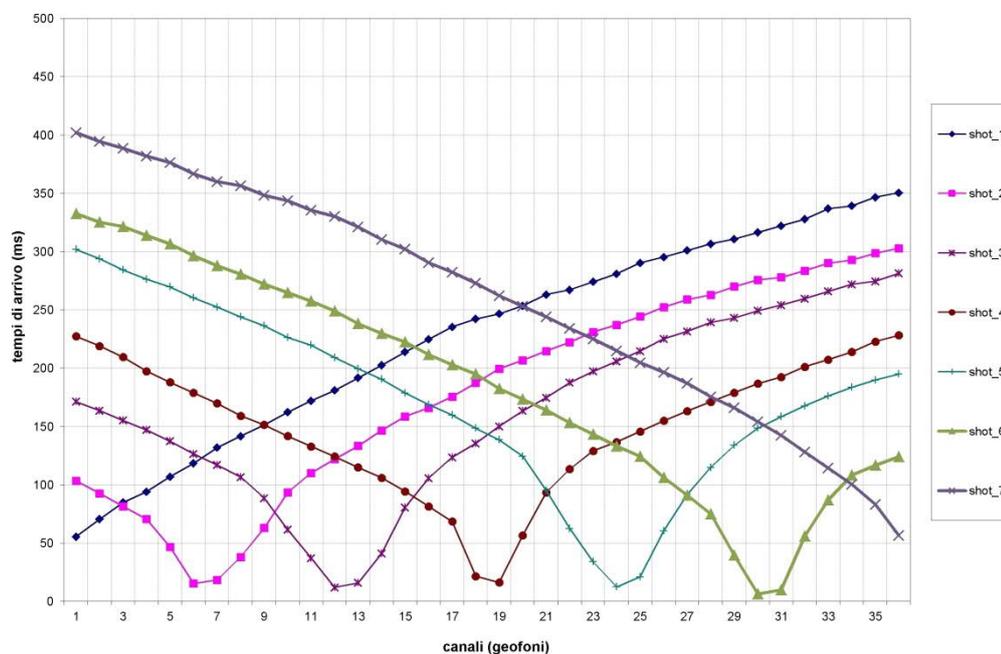


Fig. 2.5 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde S Profilo BS01D. Dromocrone.

La pseudosezione elaborata per il profilo sismico **BS01D** ha permesso di evidenziare tre sismostrati, eccettuato una debole copertura superficiale caratterizzata da materiale di riporto.

Il primo sismostrato, si attesta ad una profondità massima dal piano campagna pari a circa 7 m ed è costituito da limo argilloso. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 180 e 360 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 650 e 1.400 m/s.

Il secondo sismostrato, la cui interfaccia ha una morfologia irregolare, si attesta ad una profondità media dal piano campagna compresa tra 15 e 25 m circa, ed è costituito da limo argilloso sabbioso con intercalazioni marnose. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 360 e 600 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 1.400 e 2.200 m/s.

Il terzo sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da un'alternanza di argilla marnosa e marna argillosa. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 600 e 720 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 2.200 e 2.620 m/s.

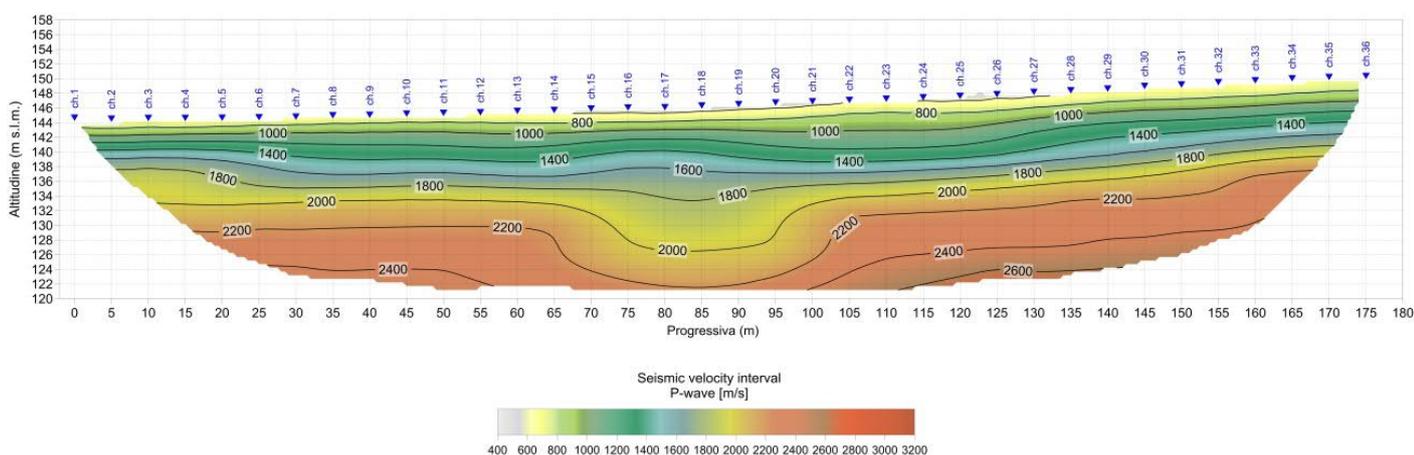


Fig. 2.6 – Intervento "Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)". Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS01D.

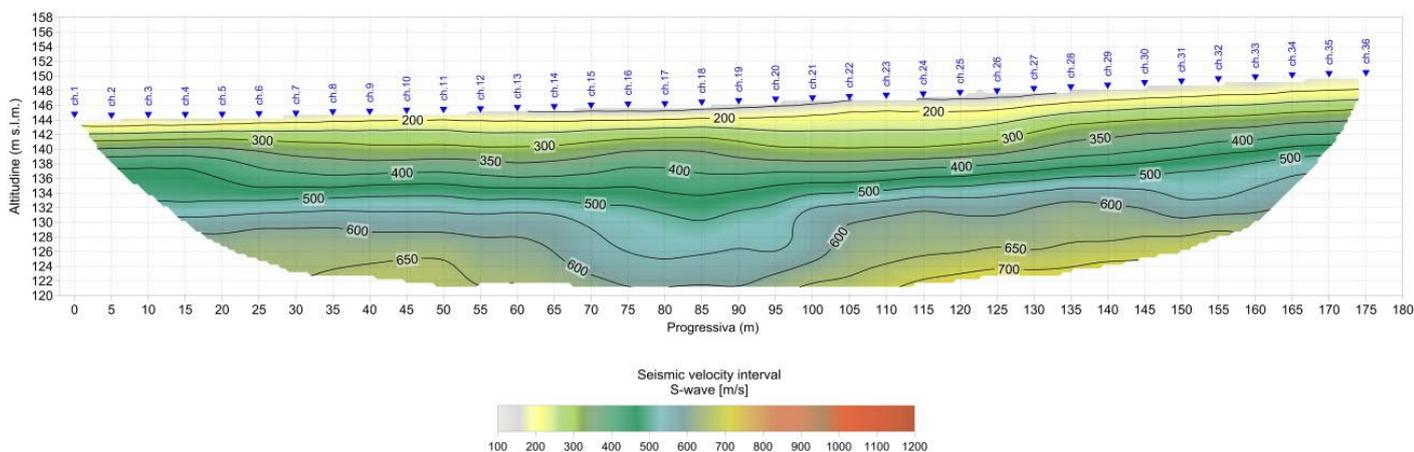


Fig. 2.7 – Intervento "Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)". Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS01D.

2.5.2 BS02D

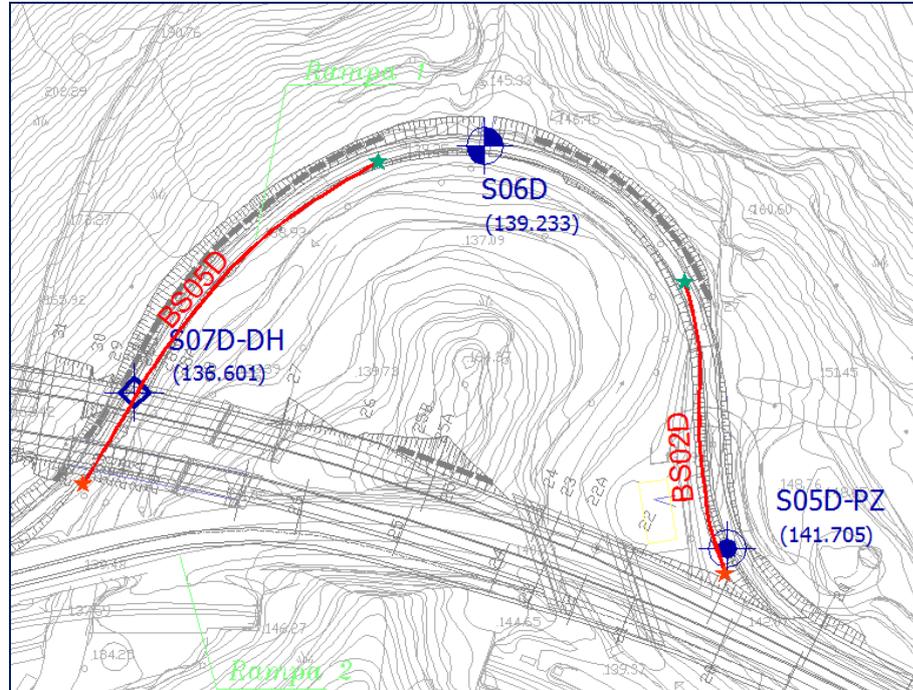


Fig. 2.8 – Intervento S.S. 554 “Cagliaritana” – Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554).

*Stralcio dell'ubicazione indagine.*



*I simboli indicano l'inizio (stella colore ciano) e la fine (stella di colore arancione) del profilo.*

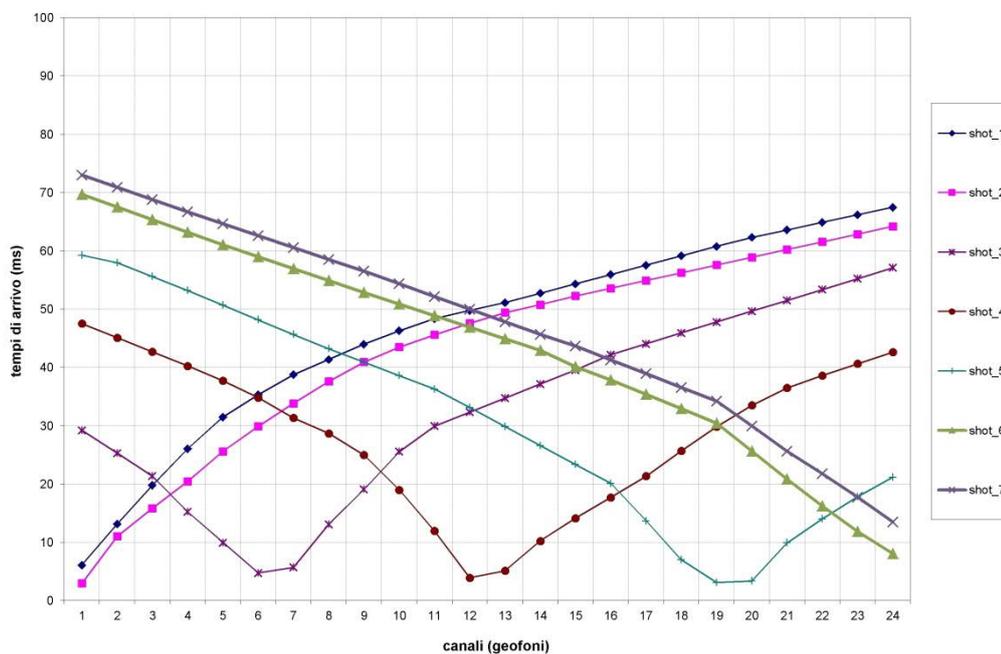


Fig. 2.9 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde P Profilo BS02D. Dromocrone.

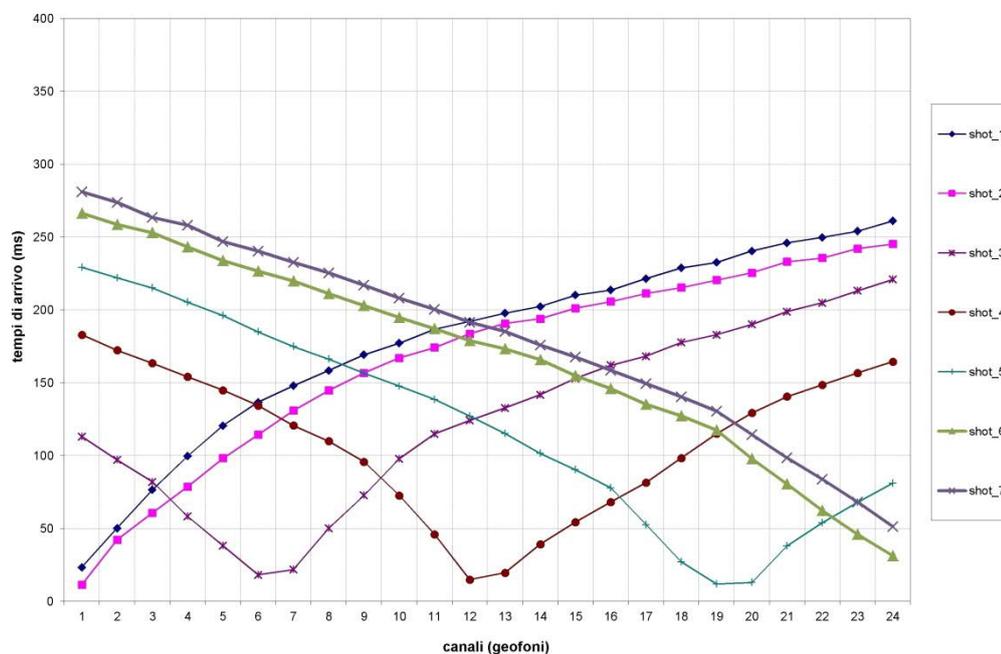


Fig. 2.10 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde S Profilo BS02D. Dromocrone.

La pseudosezione elaborata per il profilo sismico **BS02D** ha permesso di evidenziare tre sismostrati.

Il primo sismostrato, si attesta ad una profondità massima dal piano campagna compresa tra 2 e 6 m circa, ed è costituito da ghiaia limoso sabbiosa. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 180 e 360 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 750 e 1.400 m/s.

Il secondo sismostrato, la cui interfaccia si attesta ad una profondità media dal piano campagna compresa tra 12 e 14 m circa, ed è costituito da sabbia grossolana limosa e limo argilloso sabbioso. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 360 e 600 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 1.400 e 2.200 m/s.

Il terzo sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da limo argilloso sabbioso, molto consistente. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 600 e 725 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 2.200 e 2.540 m/s.

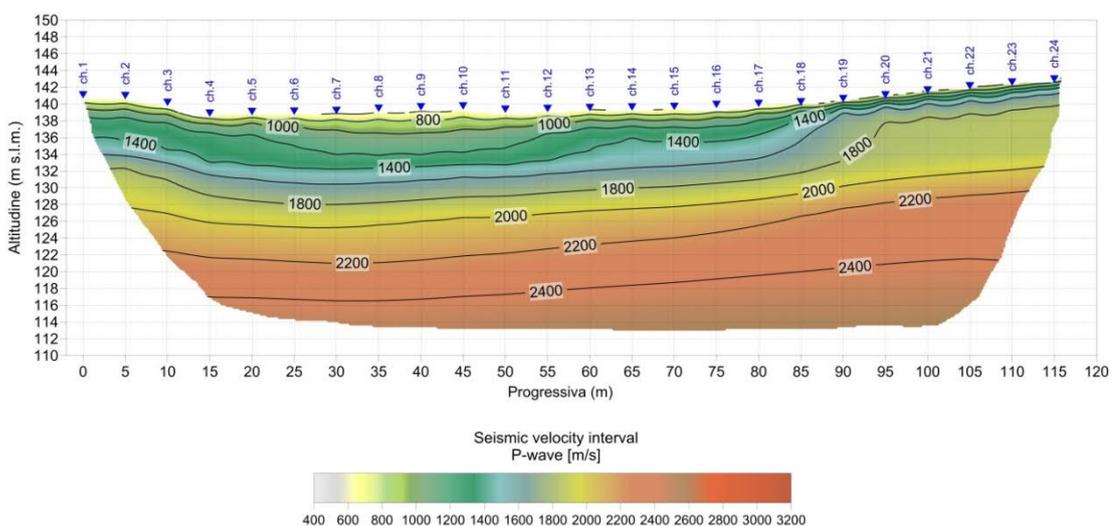


Fig. 2.11 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS02D.

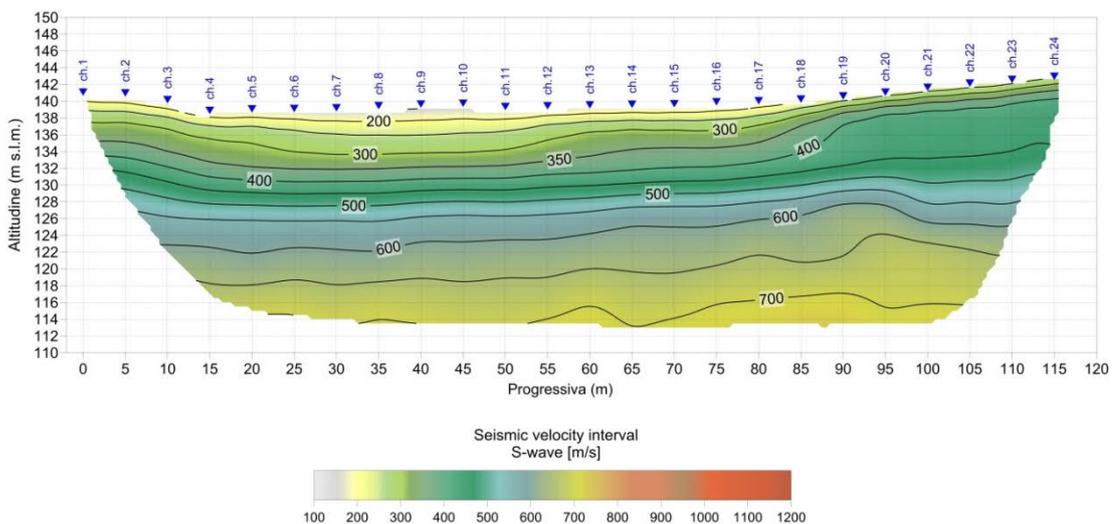


Fig. 2.12 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS02D.

2.5.3 BS05D

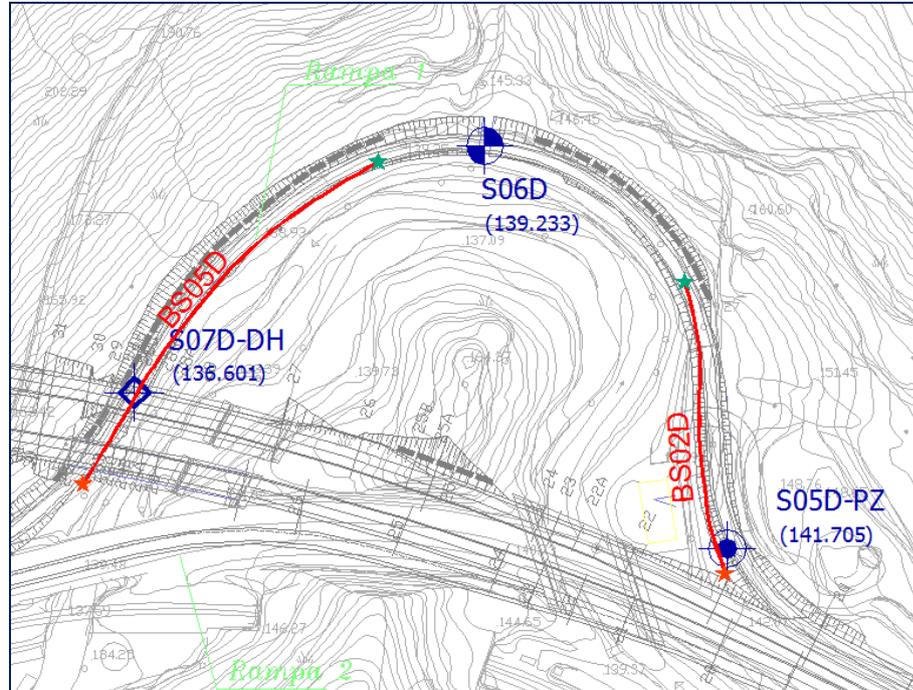


Fig. 2.13 – Intervento S.S. 554 “Cagliaritana” – Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S.125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554).

*Stralcio dell'ubicazione indagine.*



*I simboli indicano l'inizio (stella colore ciano) e la fine (stella di colore arancione) del profilo.*

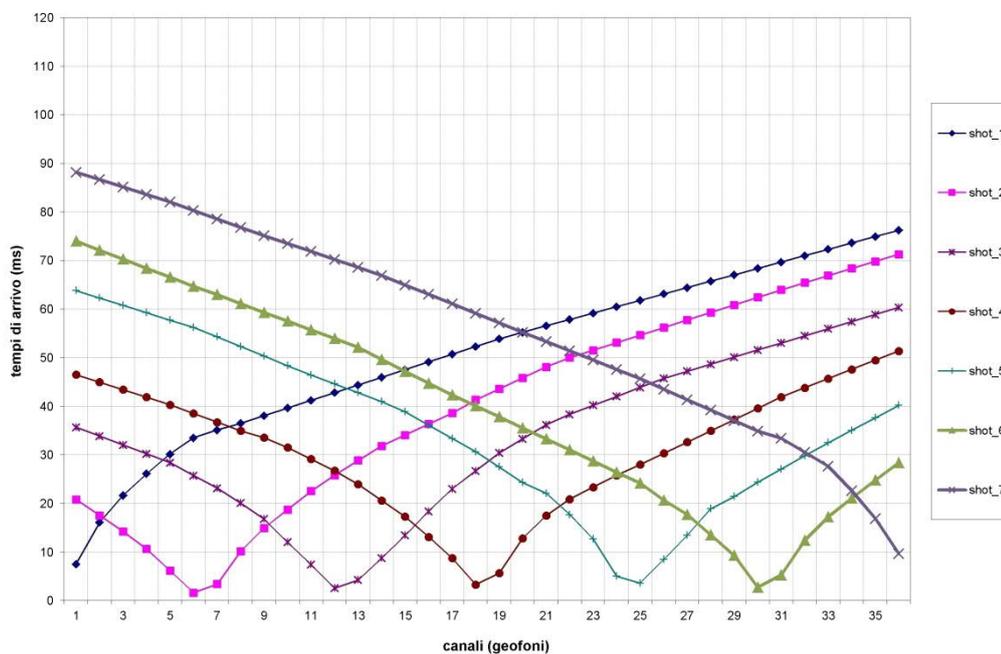


Fig. 2.14 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde P Profilo BS05D. Dromocrone.

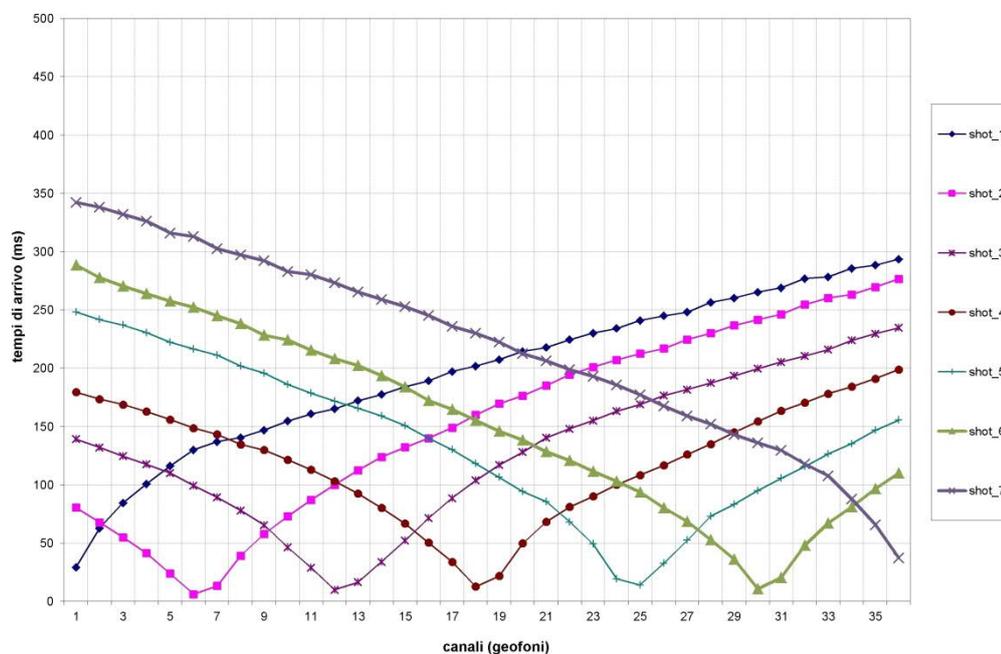


Fig. 2.15 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde S Profilo BS05D. Dromocrone.

La pseudosezione elaborata per il profilo sismico **BS05D** ha permesso di evidenziare tre sismostrati.

Il primo sismostrato si attesta ad una profondità massima dal piano campagna compresa tra 5 e 7 m circa, ed è costituito da sabbia limoso ghiaiosa. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 190 e 360 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 740 e 1.400 m/s.

Il secondo sismostrato, si attesta ad una profondità media dal piano campagna compresa tra 12 e 14 m circa, ed è costituito da sabbia limosa ghiaiosa. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 360 e 500 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 1.400 e 1.800 m/s.

Il terzo sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da sabbia limosa ghiaiosa, maggiormente consistente. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 500 e 680 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 1.800 e 2.420 m/s.

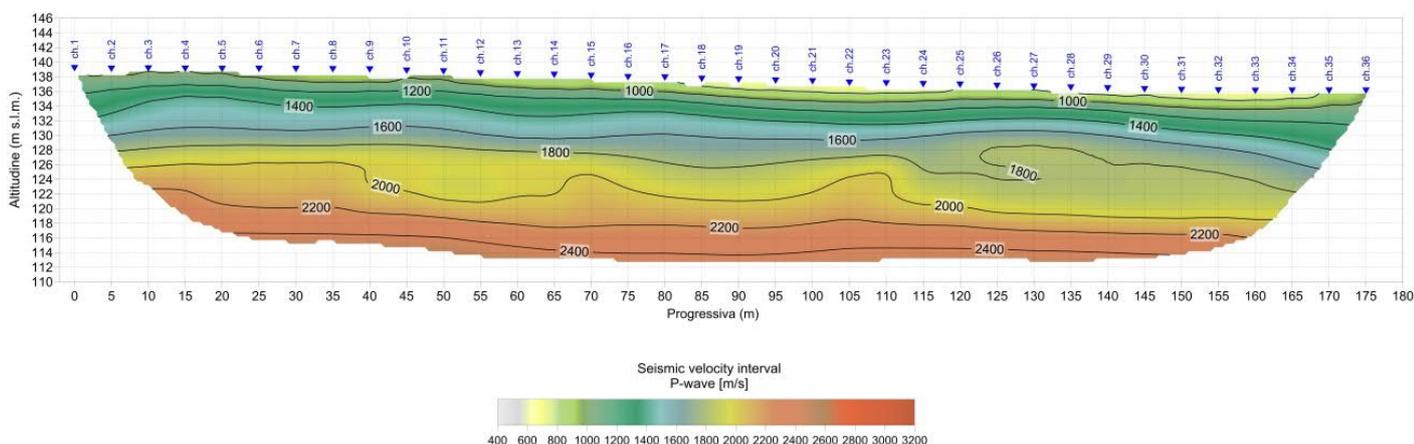


Fig. 2.16 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS05D.

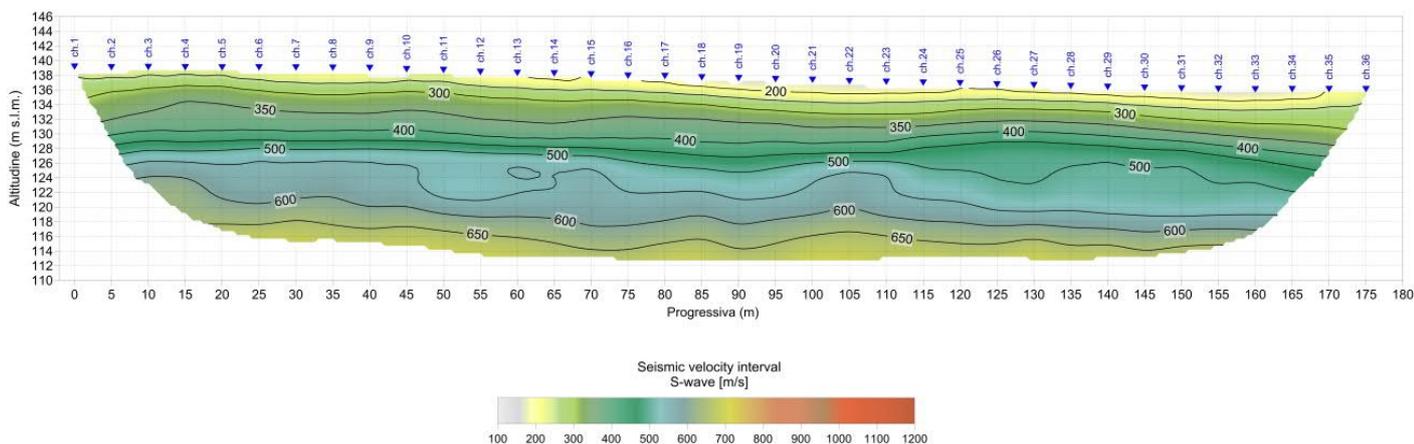


Fig. 2.17 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS05D.

2.5.4 BS06D

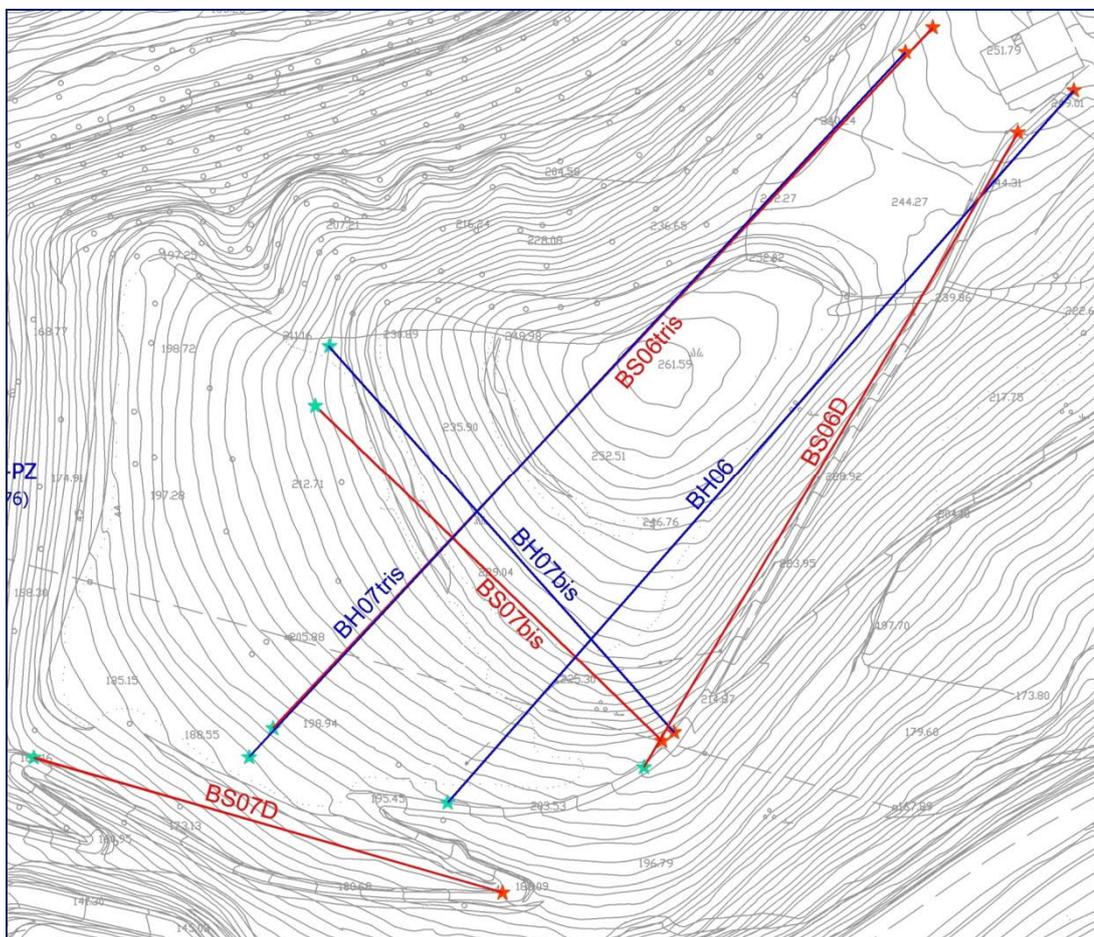


Fig. 2.18 – Intervento S.S. 554 “Cagliaritana” – Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554).

Stralcio dell'ubicazione indagine.



I simboli indicano l'inizio (stella colore ciano) e la fine (stella di colore arancione) del profilo.

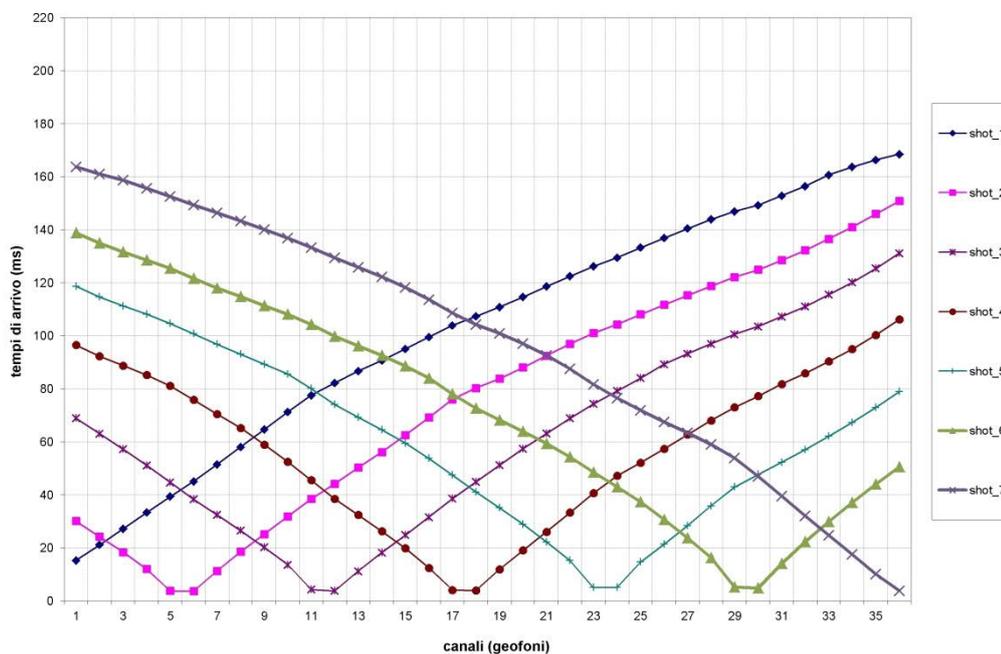


Fig. 2.19 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde P Profilo BS06D. Dromocrone.

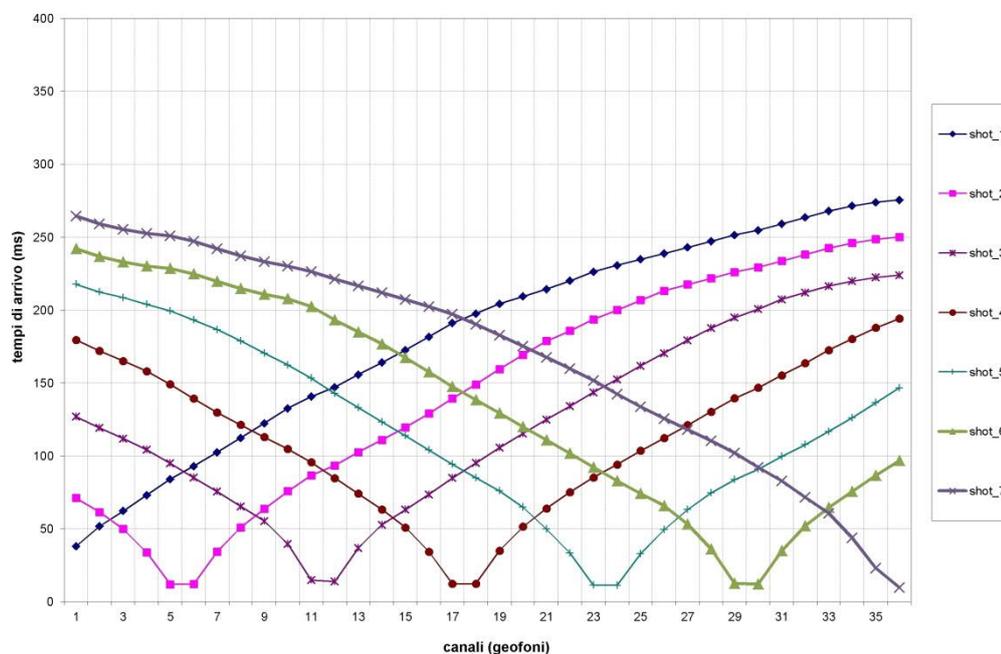


Fig. 2.20 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde S Profilo BS06D. Dromocrone.

La pseudosezione elaborata per il profilo sismico **BS06D** ha permesso di evidenziare tre sismostrati.

Il primo sismostrato si attesta ad una profondità massima dal piano campagna compresa tra 7 e 8 m circa, ed è costituito da depositi di terreni a grana grossa da moderatamente addensati ad addensati (arenarie più o meno cementate). La velocità delle onde di taglio è compresa tra 400 ed 800 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 1.200 e 1.800 m/s.

Il secondo sismostrato, si attesta ad una profondità media dal piano campagna compresa tra 21 e 28 m circa, ed è costituito da alternanza di livelli marnosi ed arenacei. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 800 e 1.000 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 1.800 e 2.000 m/s.

Il terzo sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito prevalentemente da marne. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 1.000 e 1.280 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 2.000 e 2.850 m/s.

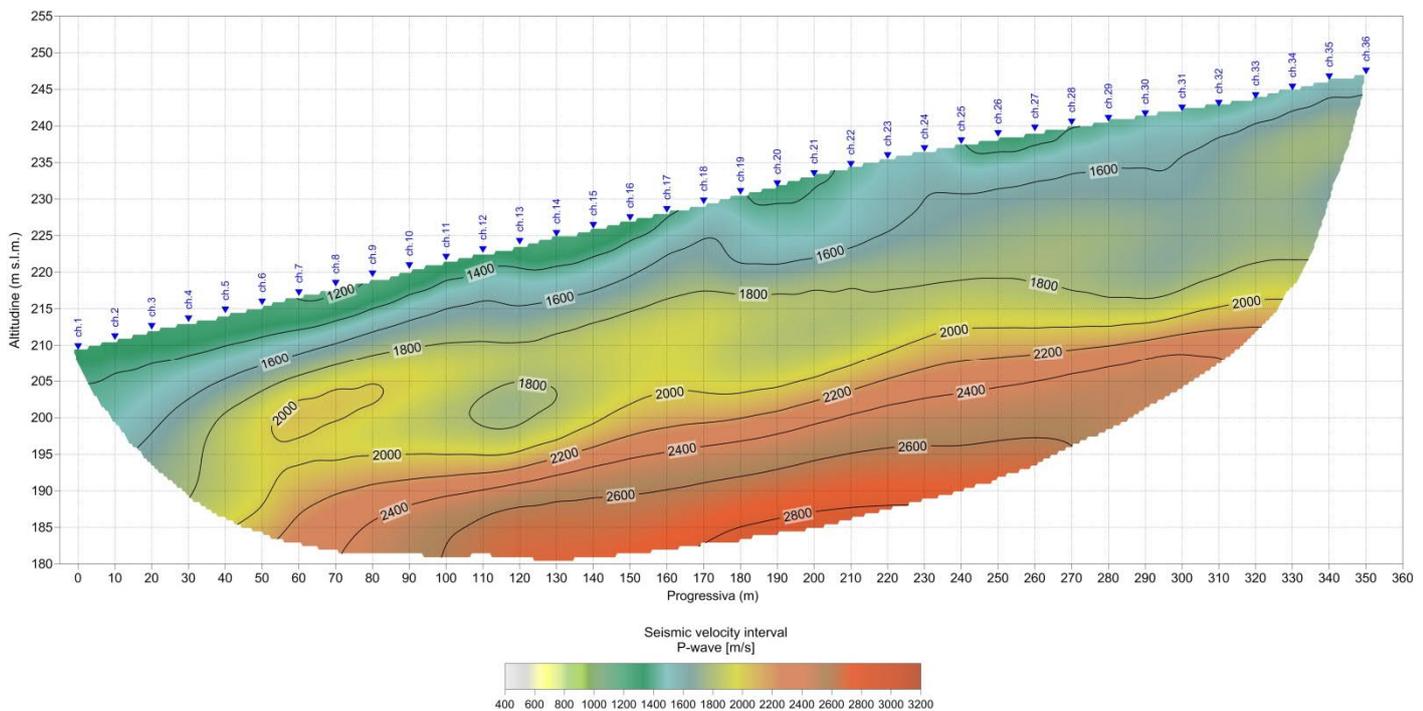


Fig. 2.21 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS06D.

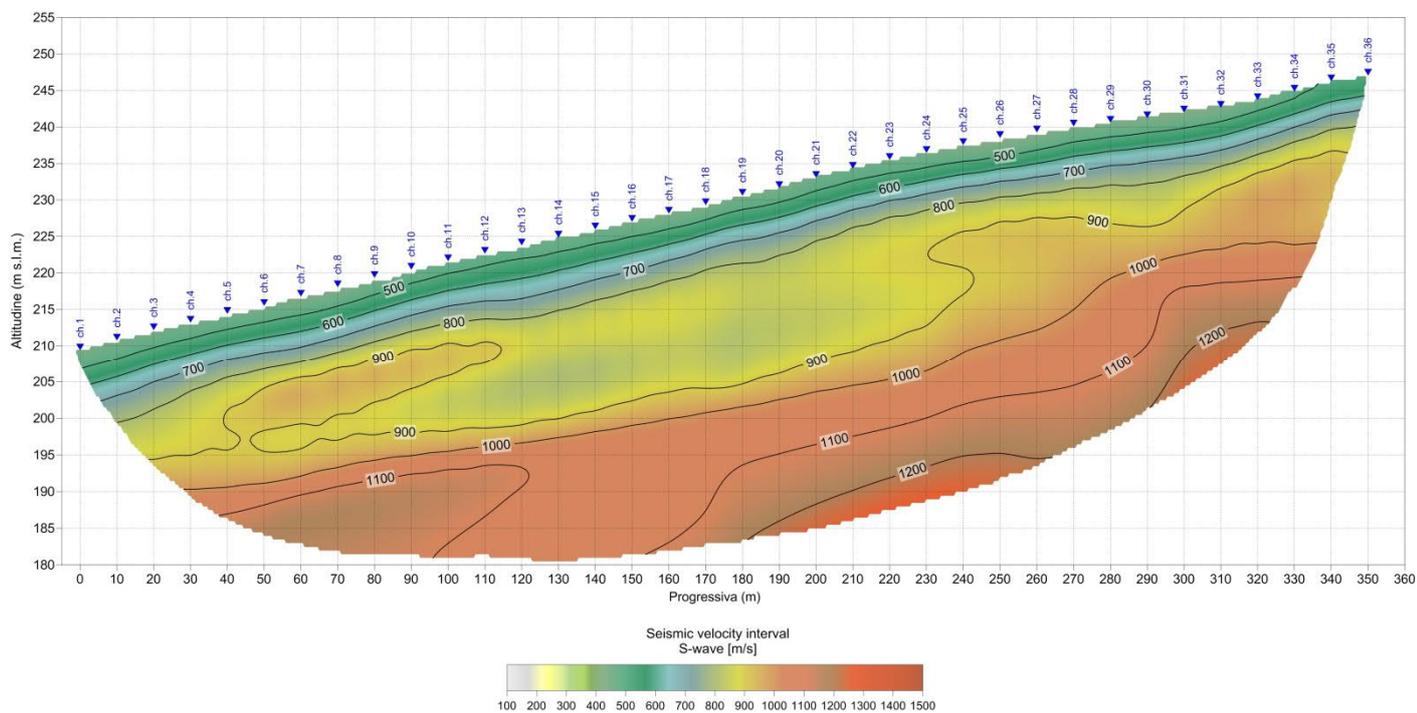


Fig. 2.22 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS06D.

2.5.5 BS07D

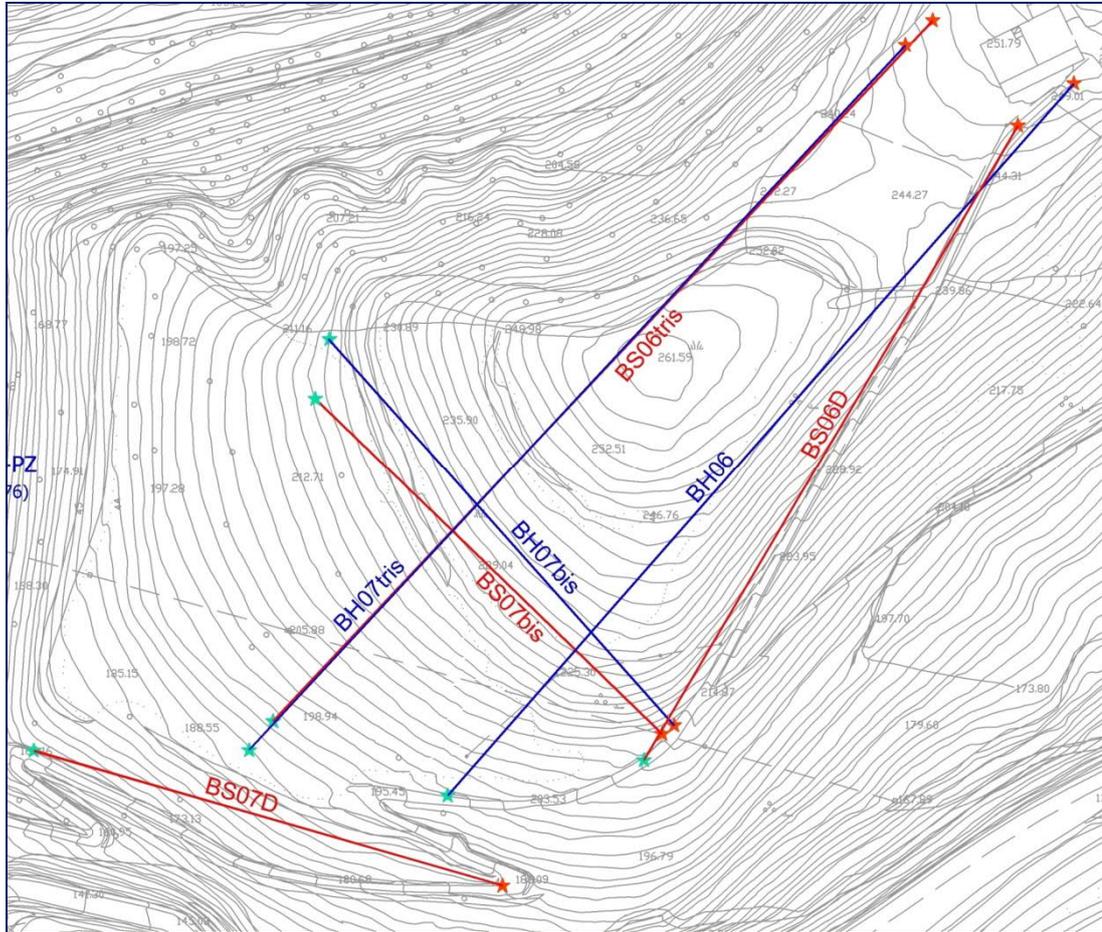


Fig. 2.23 – Intervento S.S. 554 “Cagliaritana” – Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S.125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554).

Stralcio dell'ubicazione indagine.



I simboli indicano l'inizio (stella colore ciano) e la fine (stella di colore arancione) del profilo.

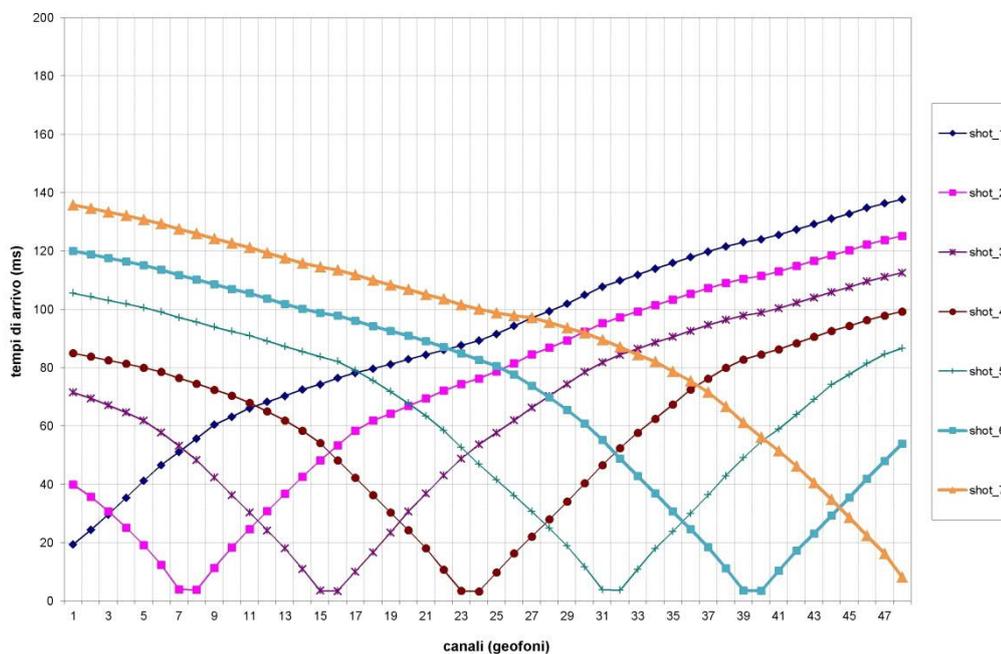


Fig. 2.24 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde P Profilo BS07D. Dromocrone.

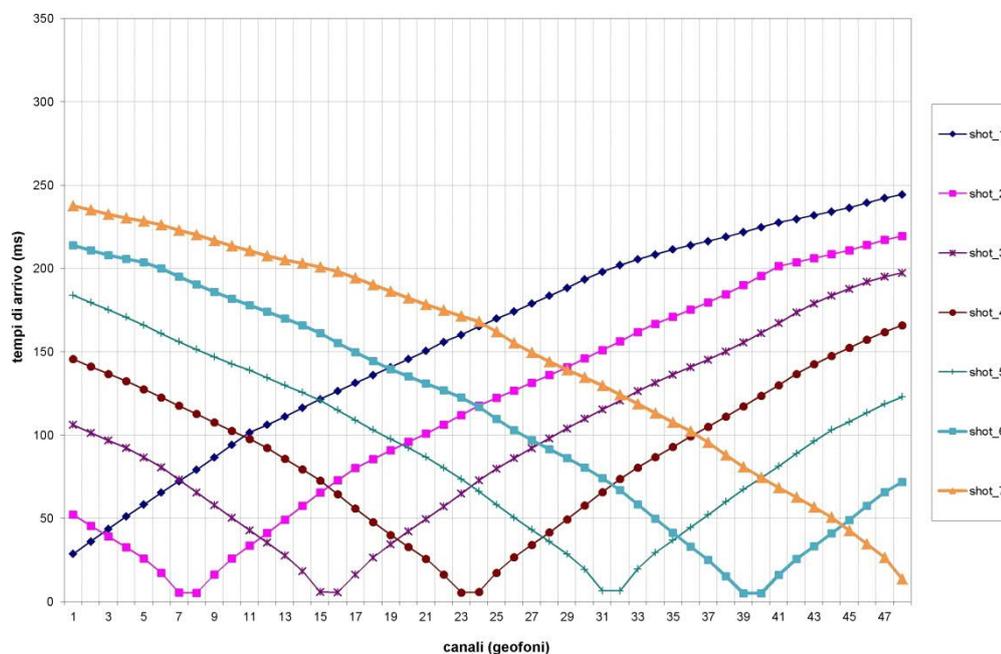


Fig. 2.25 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde S Profilo BS07D. Dromocrone.

La pseudosezione elaborata per il profilo sismico **BS07D** ha permesso di evidenziare due sismostrati.

Il primo sismostrato si attesta ad una profondità massima dal piano campagna compresa tra 12 e 18 m circa, ed è costituito da depositi di terreni a grana grossa da moderatamente addensati ad addensati (arenarie più o meno cementate). La velocità delle onde di taglio è compresa tra 420 ed 800 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 700 e 1.600 m/s.

Il secondo sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da alternanza di livelli marnosi ed arenacei che, all'aumentare della profondità, diventano prevalentemente marnosi. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 800 e 1.100 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 1.600 e 2.580 m/s.

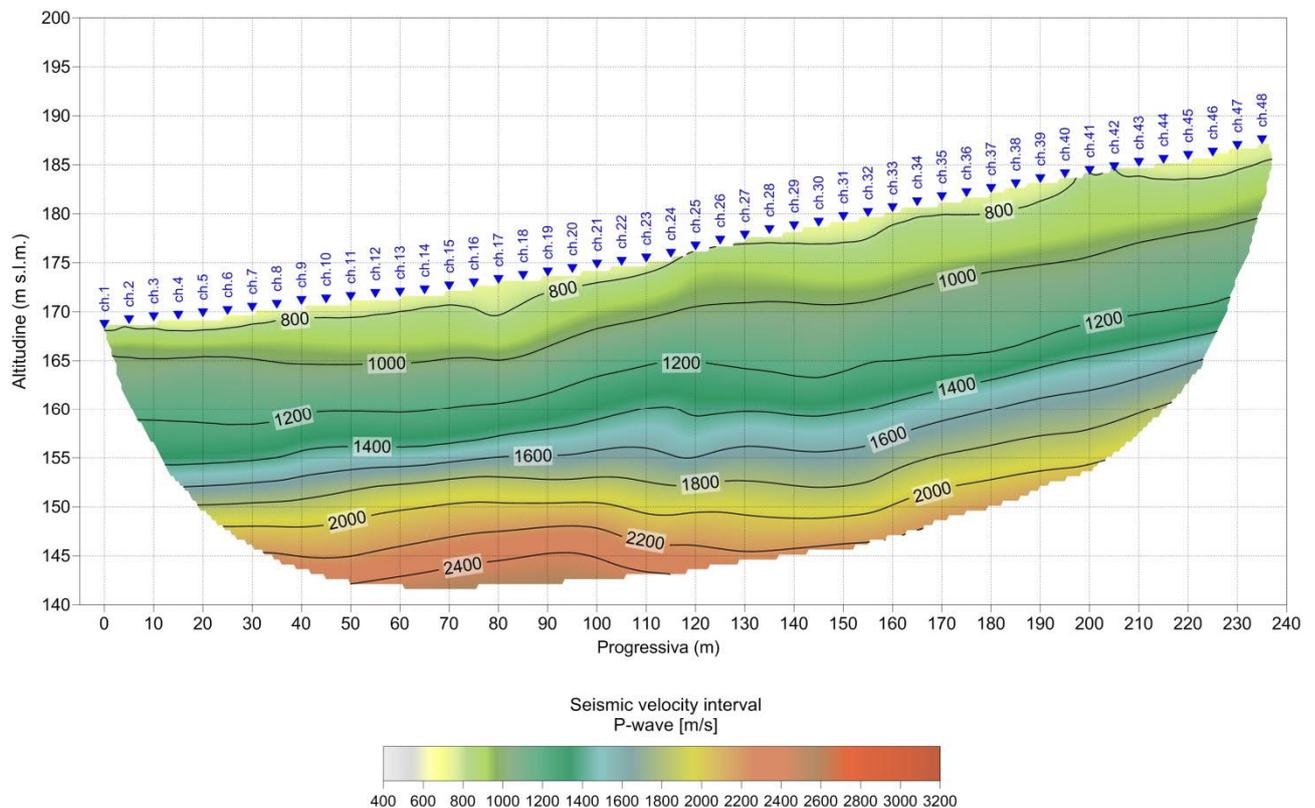


Fig. 2.26 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS07D.

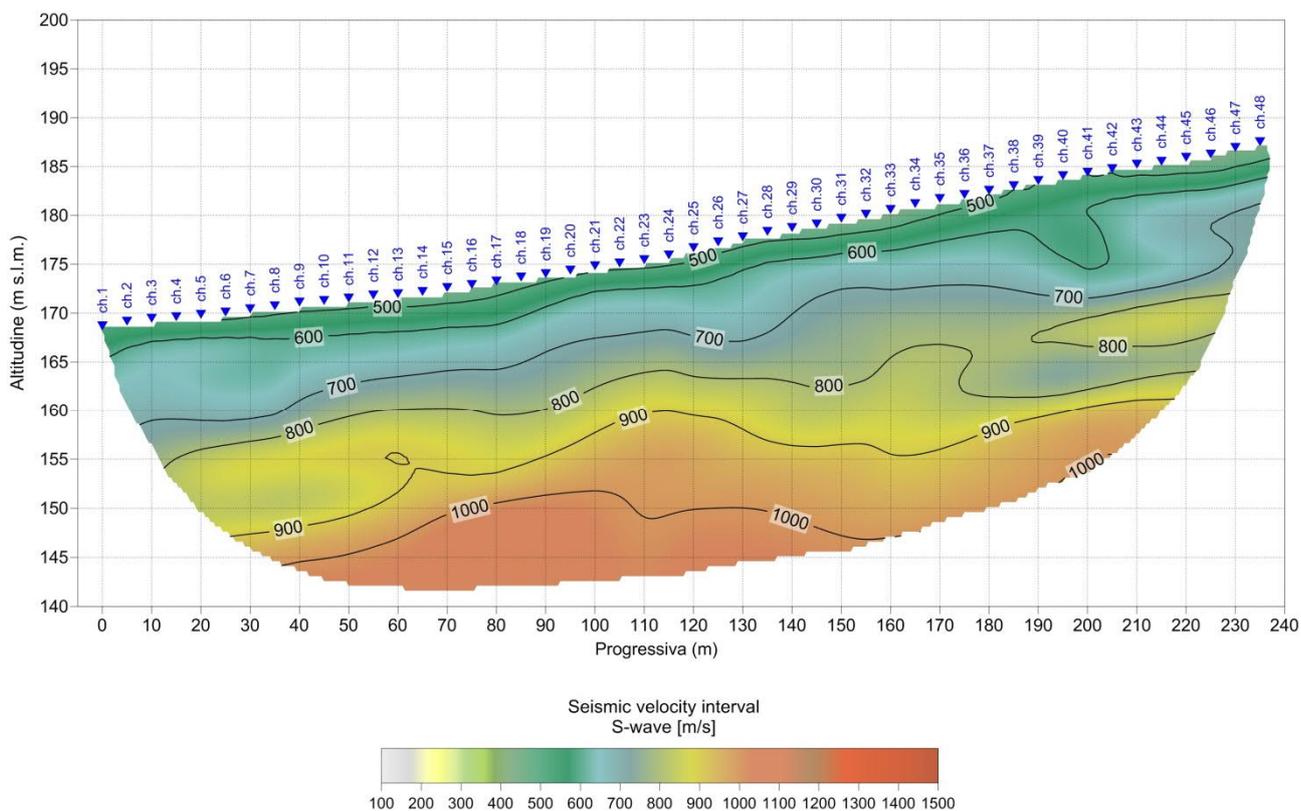


Fig. 2.27 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS07D.

2.5.6 BS07BIS

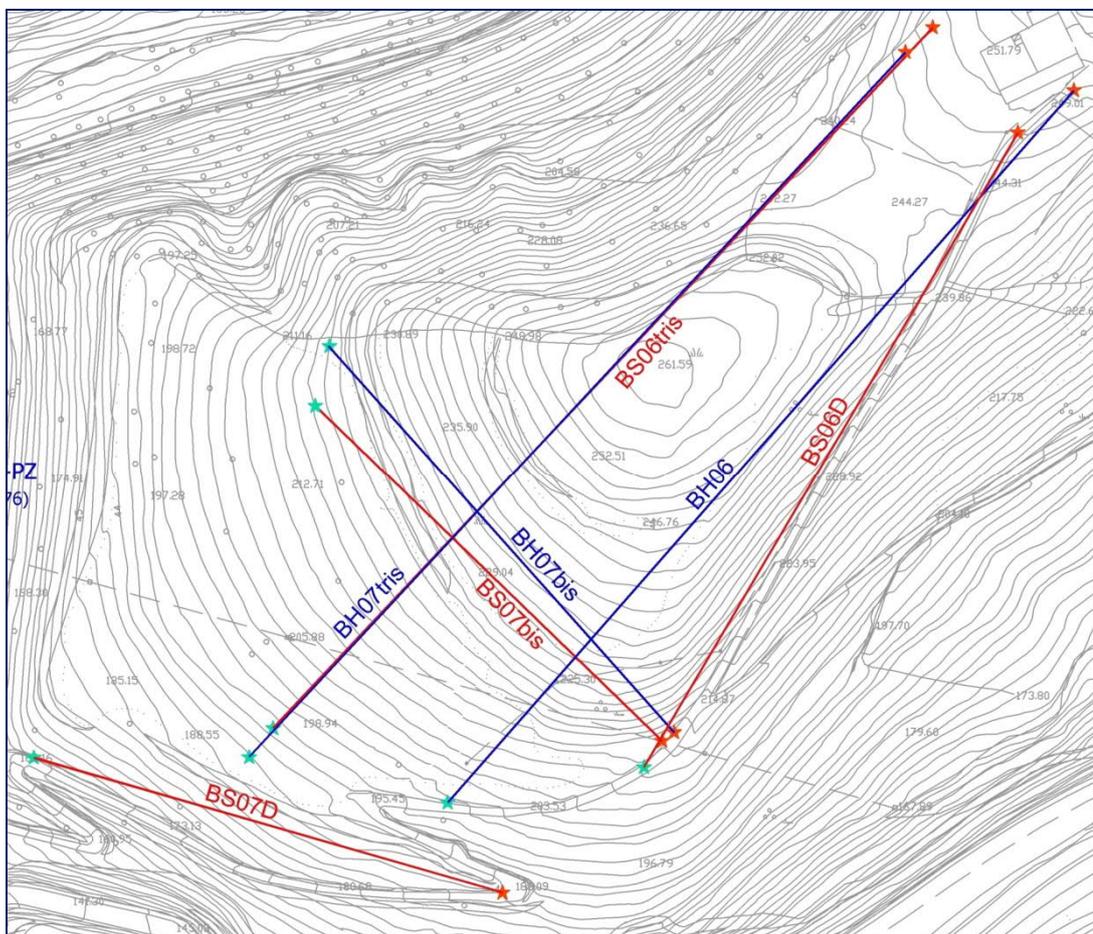


Fig. 2.28 – Intervento S.S. 554 “Cagliaritana” – Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S.125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554).

Stralcio dell'ubicazione indagine.



I simboli indicano l'inizio (stella colore ciano) e la fine (stella di colore arancione) del profilo.

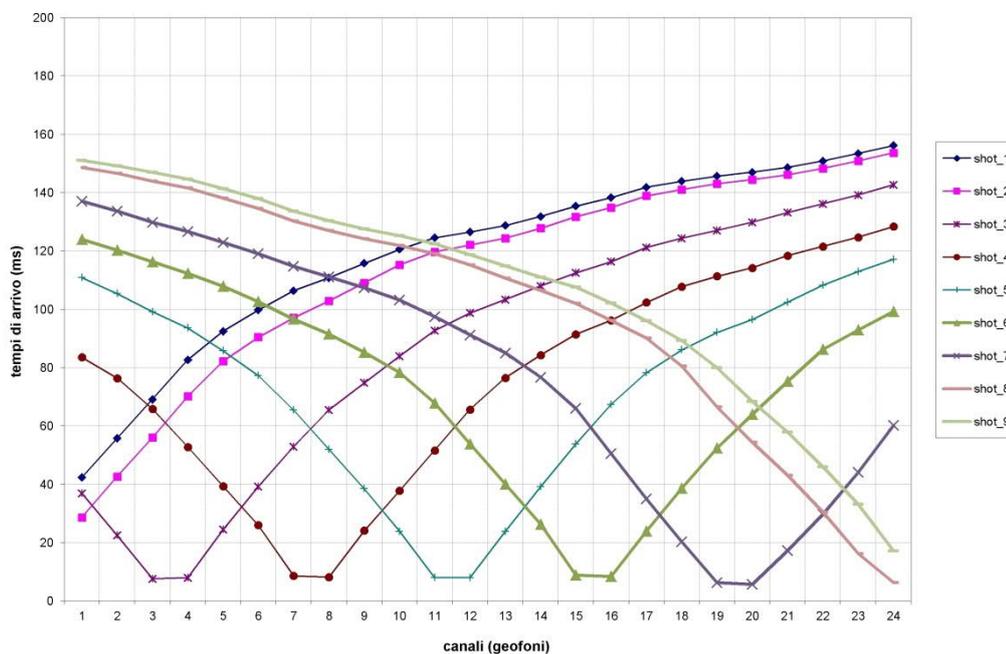


Fig. 2.29 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde P Profilo BS07bis. Dromocrone.

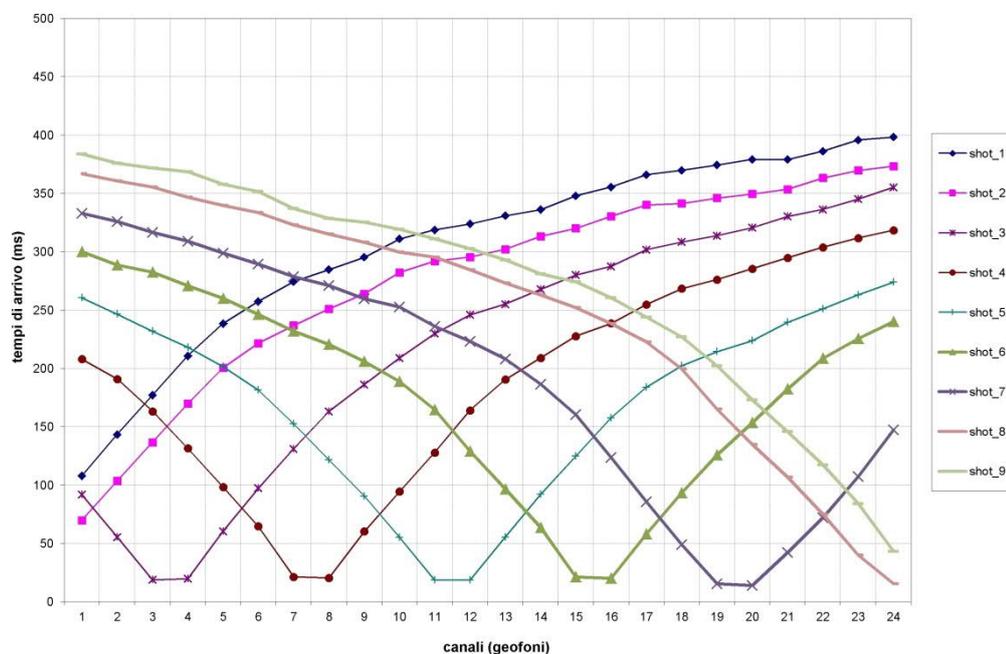


Fig. 2.30 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde S Profilo BS07bis. Dromocrone.

La pseudosezione elaborata per il profilo sismico **BS07bis** ha permesso di evidenziare tre sismostrati.

Il primo sismostrato si attesta ad una profondità massima dal piano campagna compresa tra 4 e 7 m circa, ed è costituito da depositi di terreni a grana grossa da mediamente addensate (arenarie poco cementate). La velocità delle onde di taglio è compresa tra 270 ed 360 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 600 e 800 m/s.

Il secondo sismostrato, si attesta ad una profondità media dal piano campagna compresa tra 25 e 30 m circa, ed è costituito da depositi di terreni a grana grossa da moderatamente addensati ad addensati (arenarie più o meno cementate). La velocità delle onde di taglio è compresa tra 360 e 800 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 800 e 1.600 m/s.

Il terzo sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da alternanza di livelli marnosi ed arenacei. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 800 e 970 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 1.600 e 2.200 m/s.

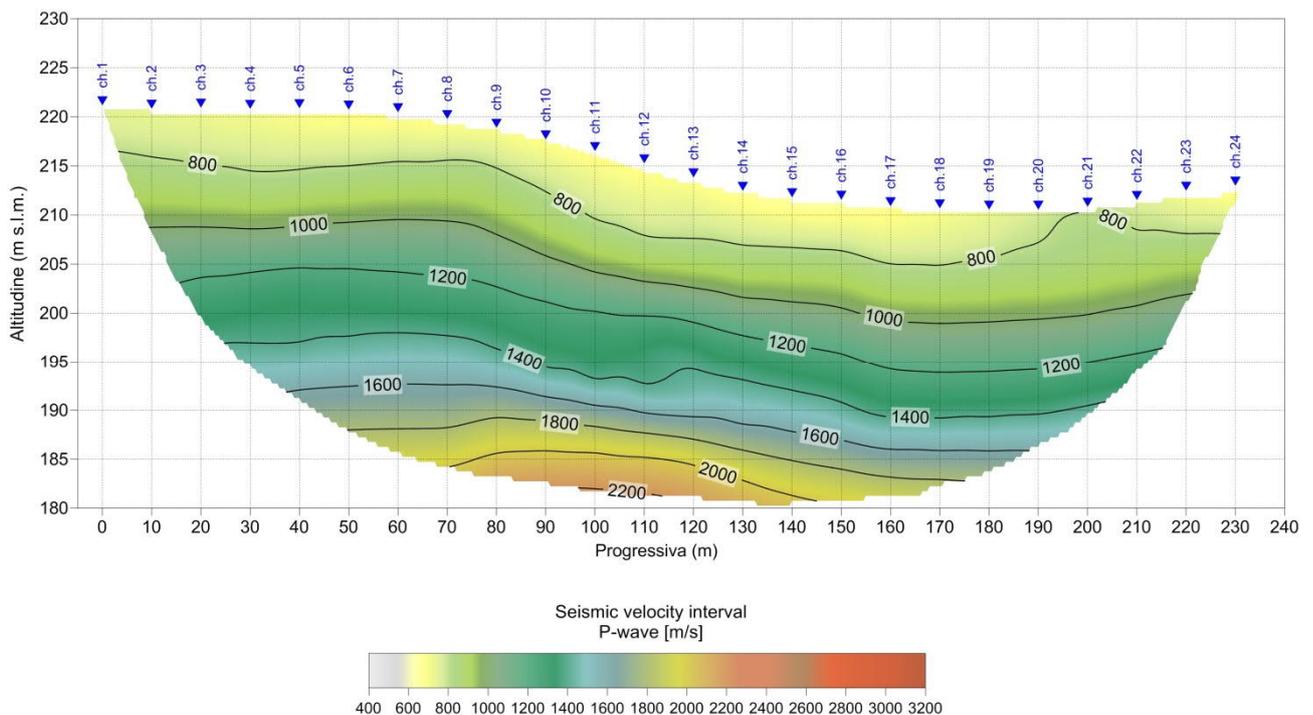


Fig. 2.31 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS07bis.

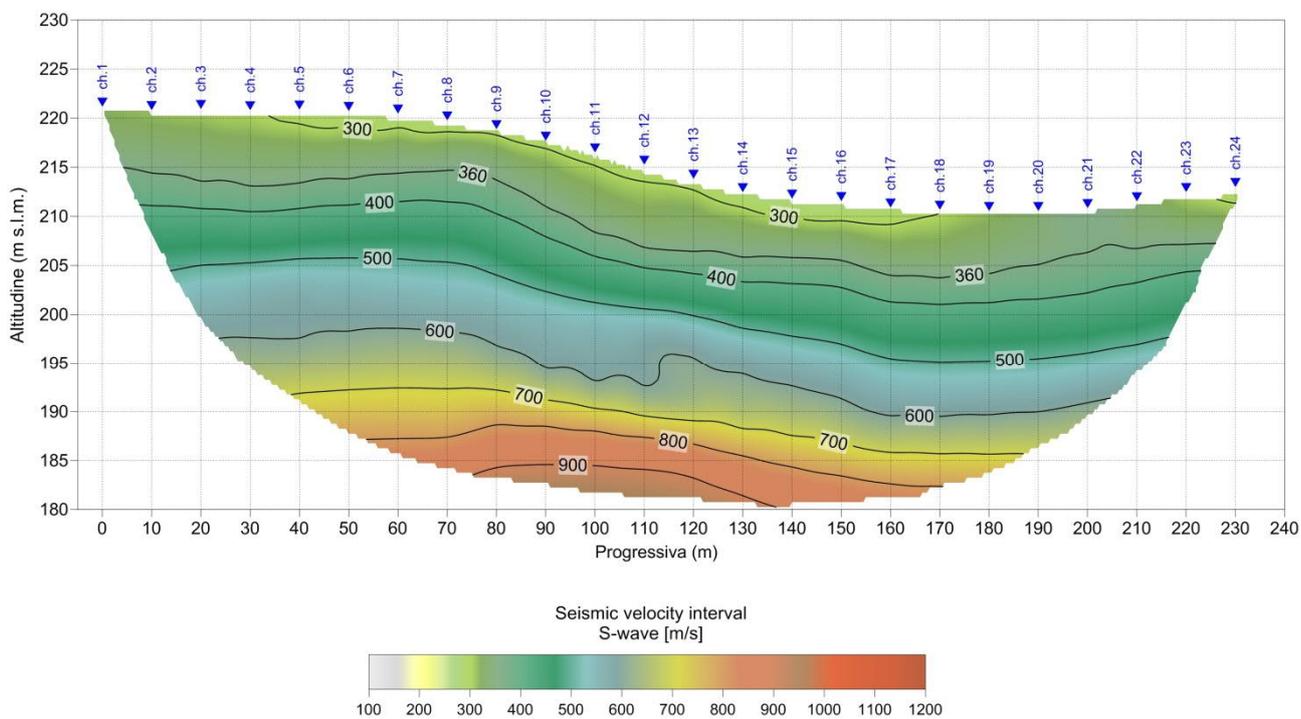


Fig. 2.32 – Intervento "Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)". Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS07bis.

2.5.7 BS07TRIS

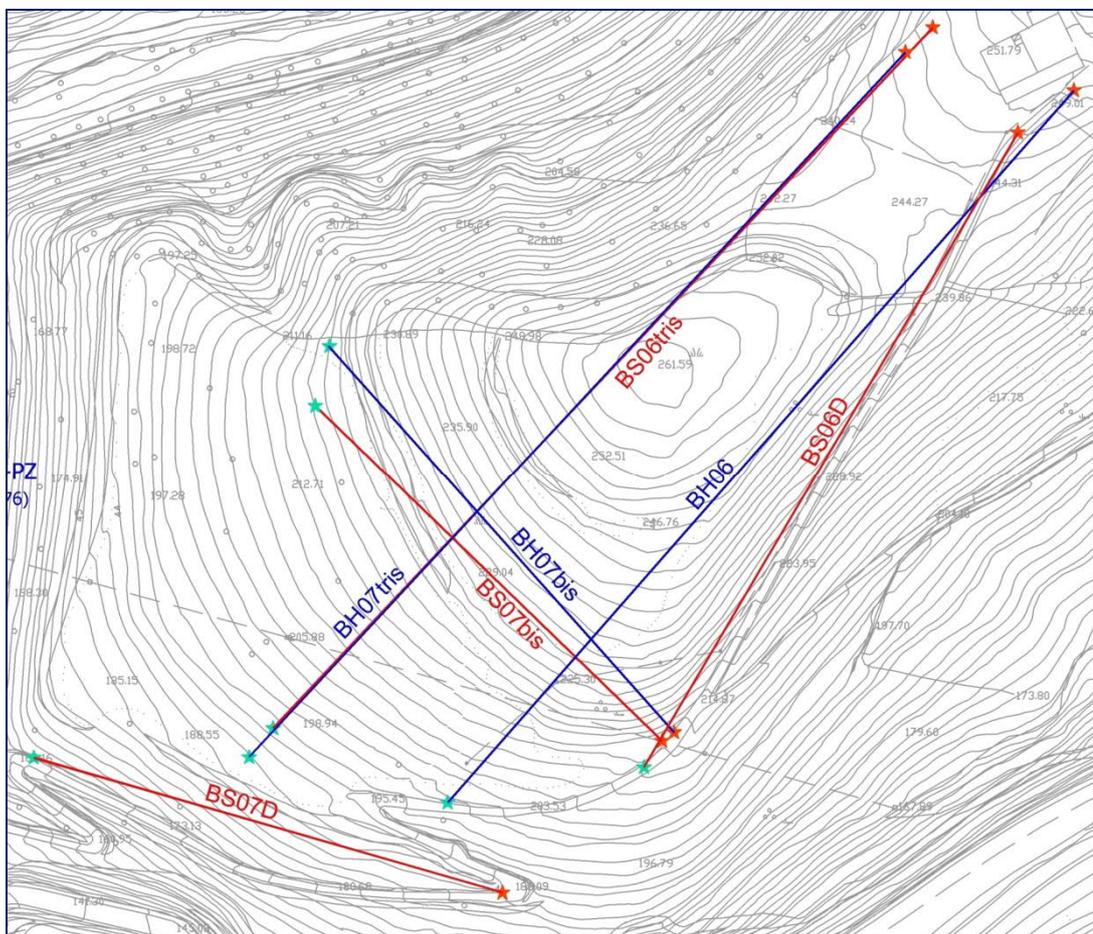


Fig. 2.33 – Intervento S.S. 554 “Cagliaritana” – Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S.125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554).

Stralcio dell'ubicazione indagine.



I simboli indicano l'inizio (stella colore ciano) e la fine (stella di colore arancione) del profilo.

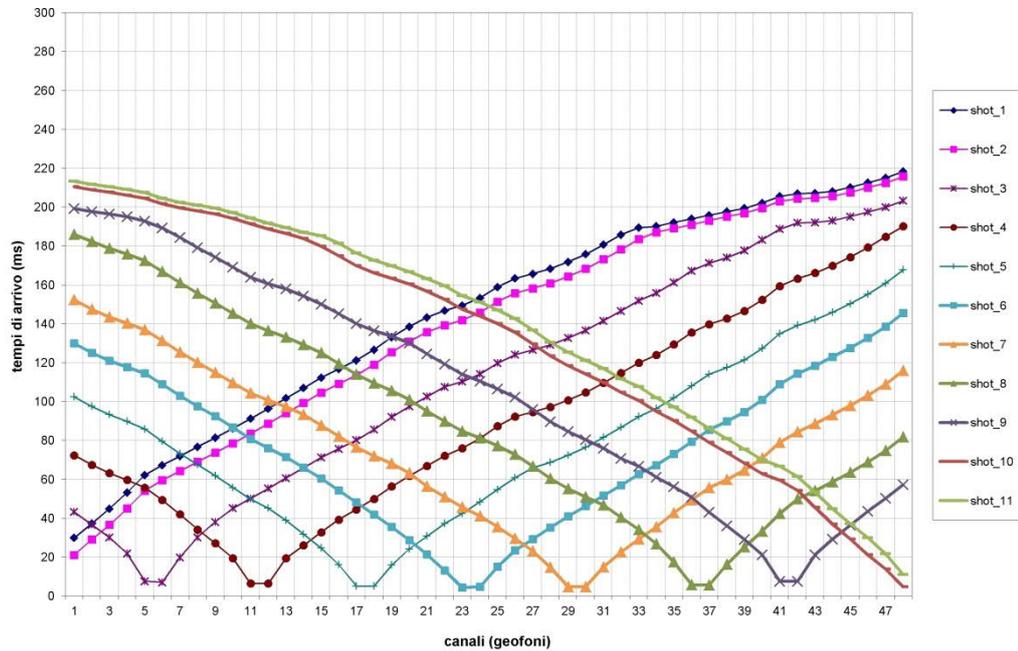


Fig. 2.34 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde P Profilo BS07tris. Dromocrone.

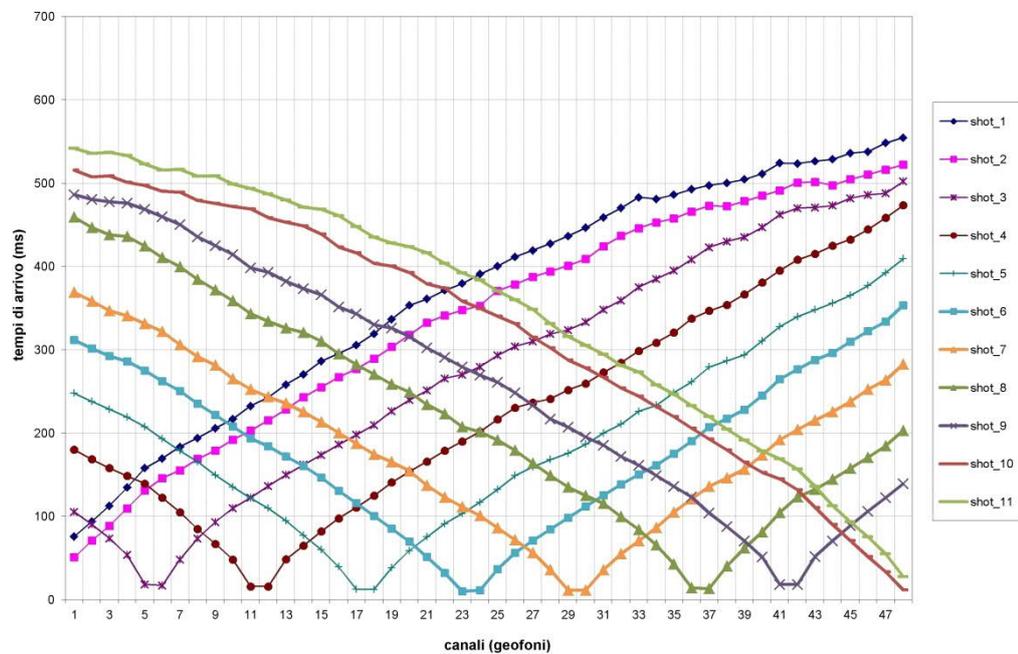


Fig. 2.35 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde S Profilo BS07tris. Dromocrone.

La pseudosezione elaborata per il profilo sismico **BS07tris** ha permesso di evidenziare tre sismostrati sebbene le loro interfacce siano piuttosto articolate.

Il primo sismostrato si attesta ad una profondità massima dal piano campagna compresa tra 10 e 28 m circa, ed è costituito da depositi di terreni a grana grossa da moderatamente addensati ad addensati (arenarie più o meno cementate). La velocità delle onde di taglio è compresa tra 420 ed 800 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 800 e 1.800 m/s.

Il secondo sismostrato, si attesta ad una profondità media dal piano campagna pari a circa 50 m circa, ed è costituito da alternanza di livelli marnosi ed arenacei. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 800 e 1.000 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 1.800 e 2.000 m/s.

Il terzo sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da alternanza di livelli marnosi ed arenacei che, all'aumentare della profondità, diventano prevalentemente marnosi. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 1.000 e 1.100 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 2.000 e 2.450 m/s.

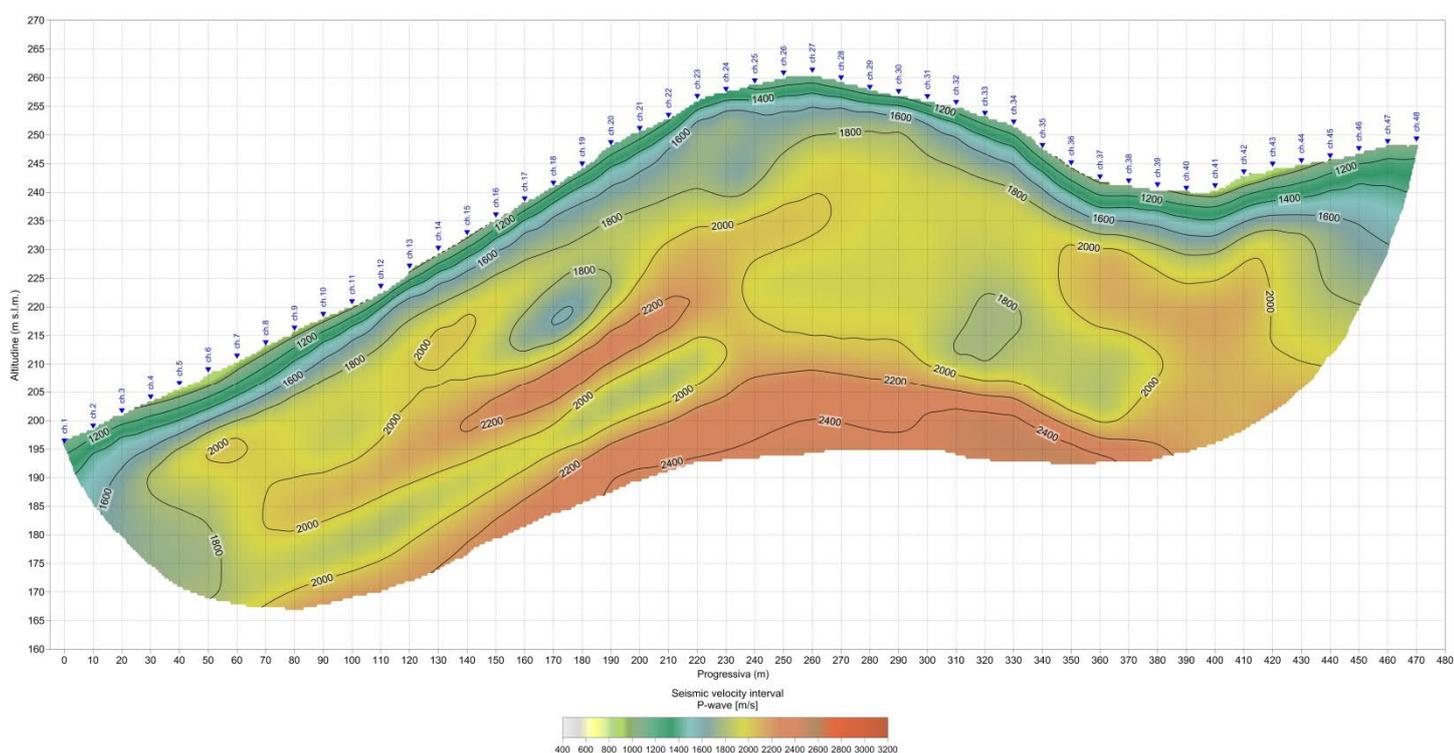


Fig. 2.36 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2° lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS07tris.

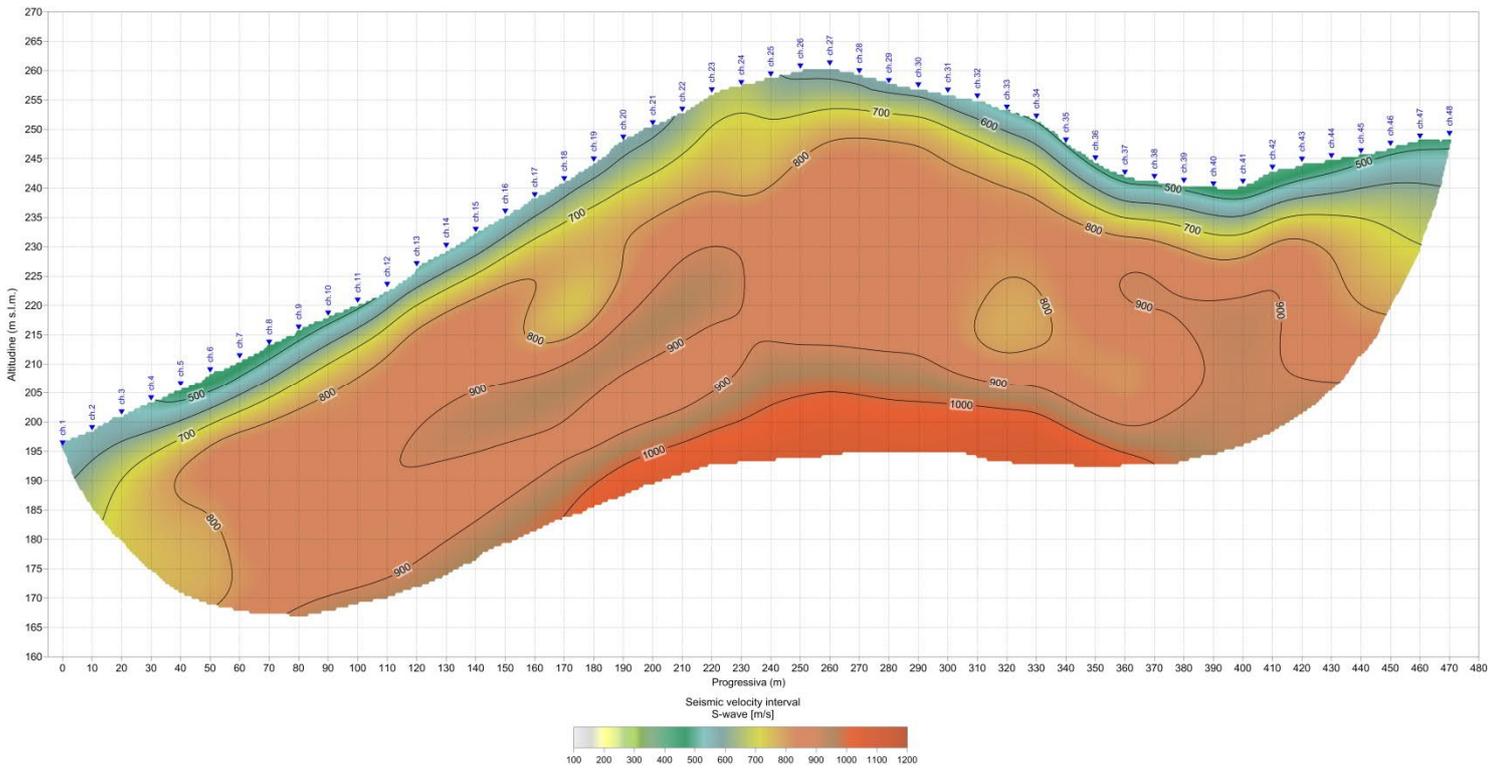


Fig. 2.37 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS07tris.

2.5.8 BS08D

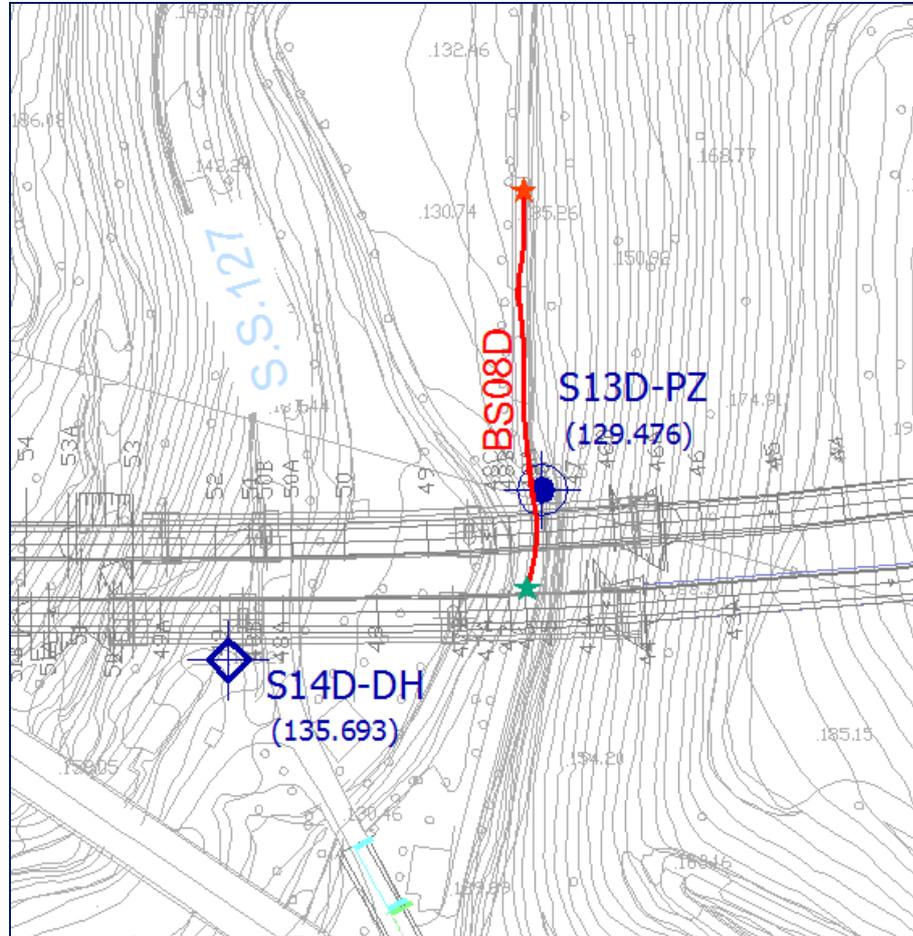


Fig. 2.38 – Intervento S.S. 554 “Cagliaritana” – Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S.125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554).

*Stralcio dell'ubicazione indagine.*



*I simboli indicano l'inizio (stella colore ciano) e la fine (stella di colore arancione) del profilo.*

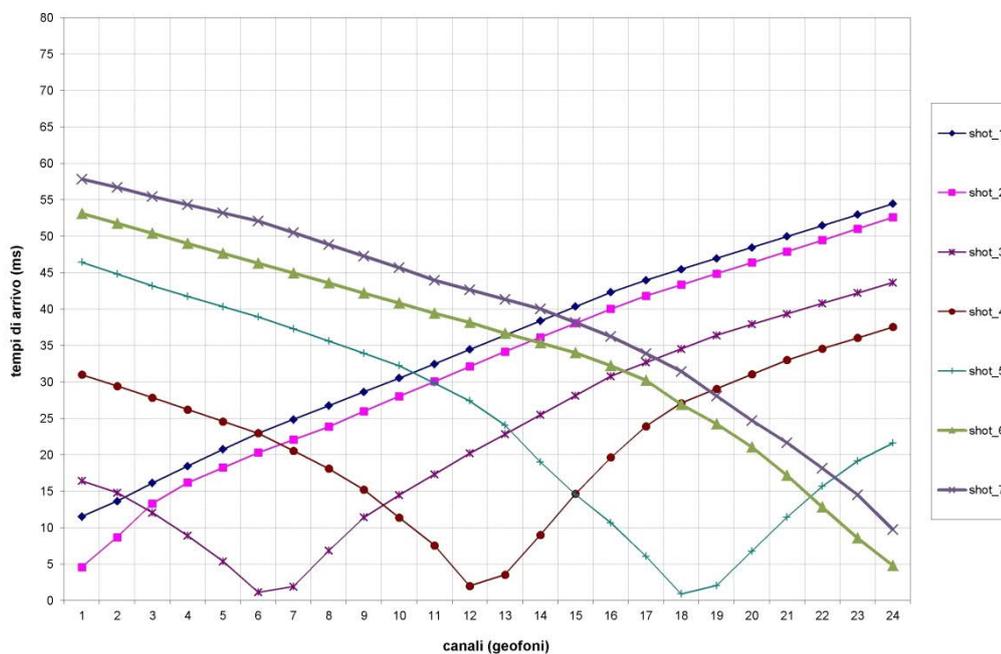


Fig. 2.39 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde P Profilo BS08D. Dromocrone.

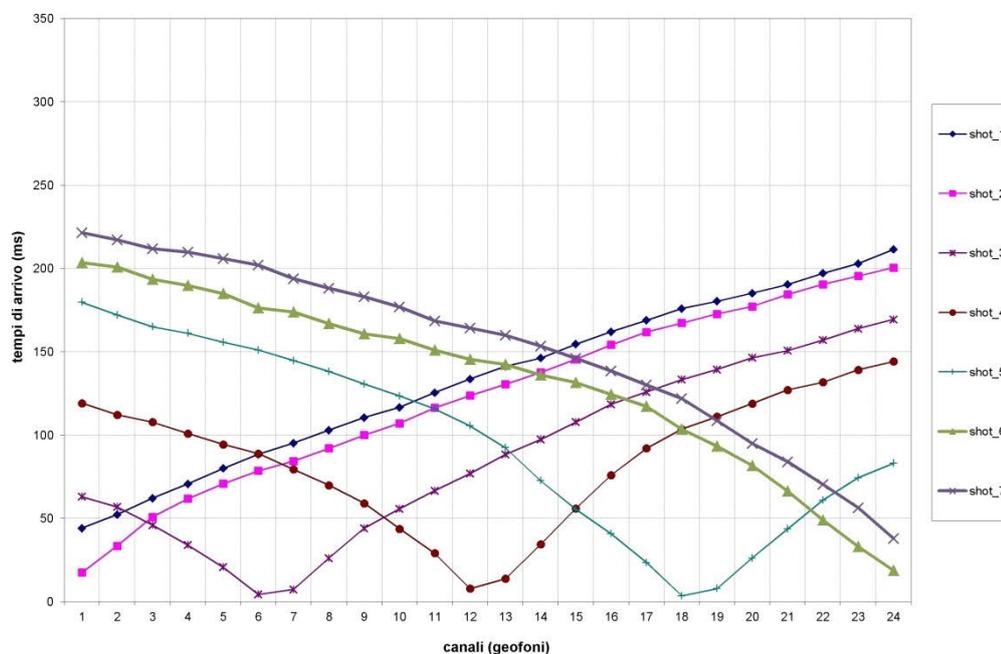


Fig. 2.40 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde S Profilo BS08D. Dromocrone.

La pseudosezione elaborata per il profilo sismico **BS08D** ha permesso di evidenziare tre sismostrati.

Il primo sismostrato, si attesta ad una profondità massima dal piano campagna pari a circa 2 m, ed è costituito da materiale di riporto e limo sabbioso. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 230 e 360 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 830 e 1.300 m/s.

Il secondo sismostrato, si attesta ad una profondità media dal piano campagna compresa tra 5 e 8 m circa, ed è costituito da un'alternanza di limo sabbioso ed argilla limosa. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 360 e 500 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 1.300 e 1.800 m/s.

Il terzo sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da argilla marnosa. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 500 e 780 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 1.800 e 2.950 m/s.

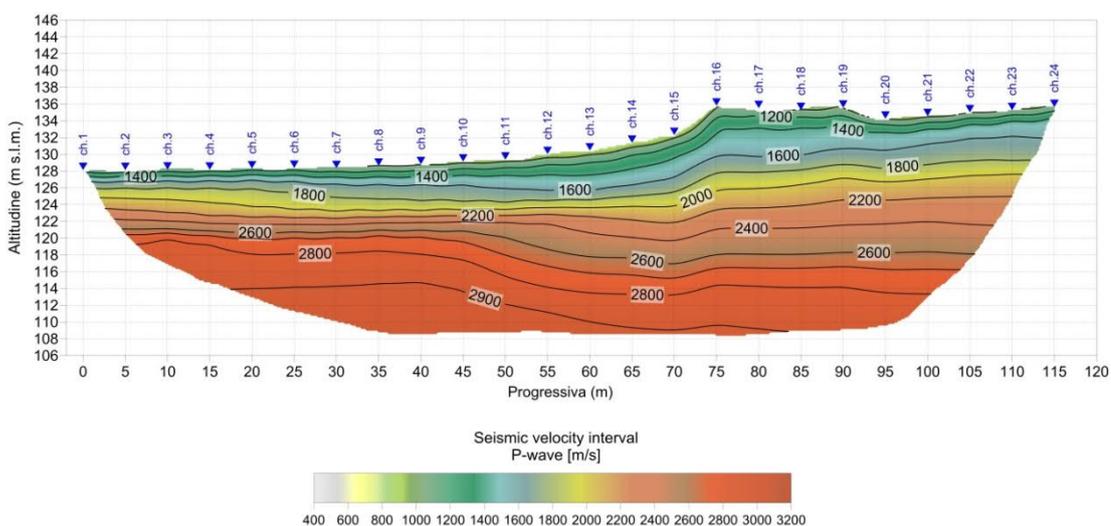


Fig. 2.41 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS08D.

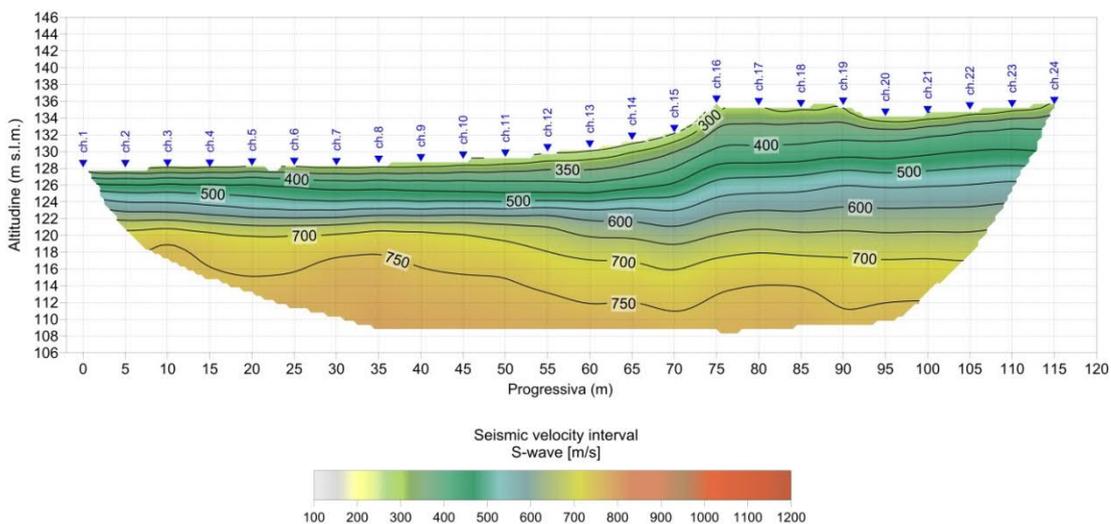


Fig. 2.42 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS08D.

2.5.9 BS09D

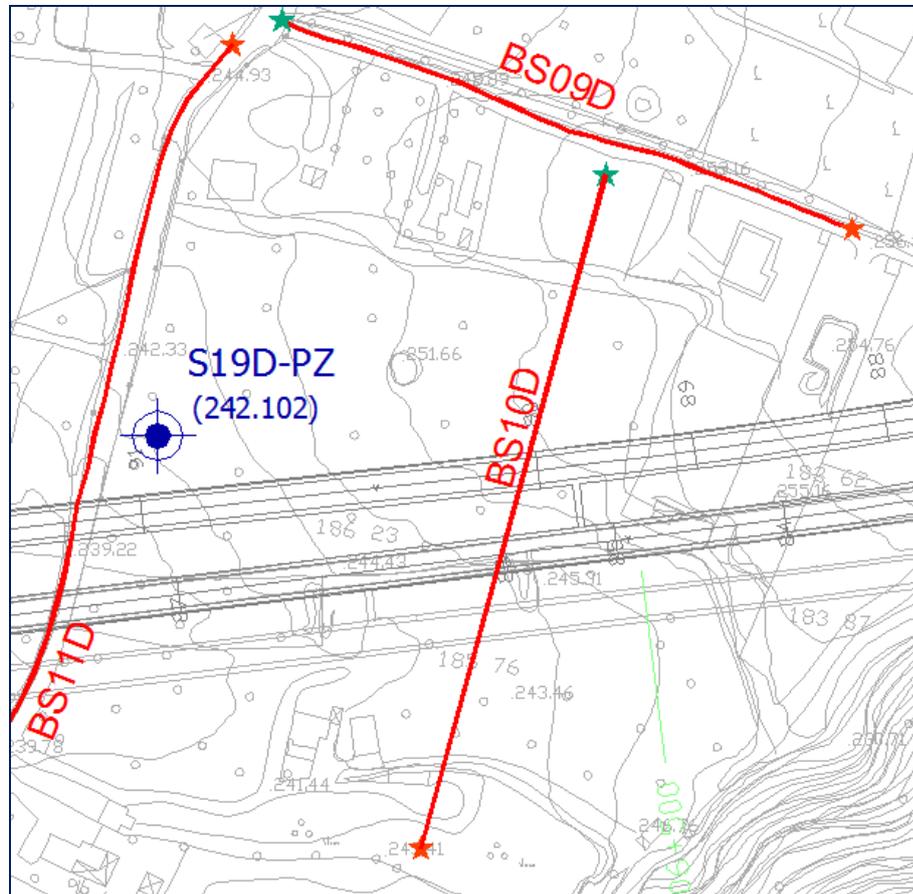


Fig. 2.43 – Intervento S.S. 554 “Cagliaritana” – Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S.125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554).

*Stralcio dell'ubicazione indagine.*



*I simboli indicano l'inizio (stella colore ciano) e la fine (stella di colore arancione) del profilo.*

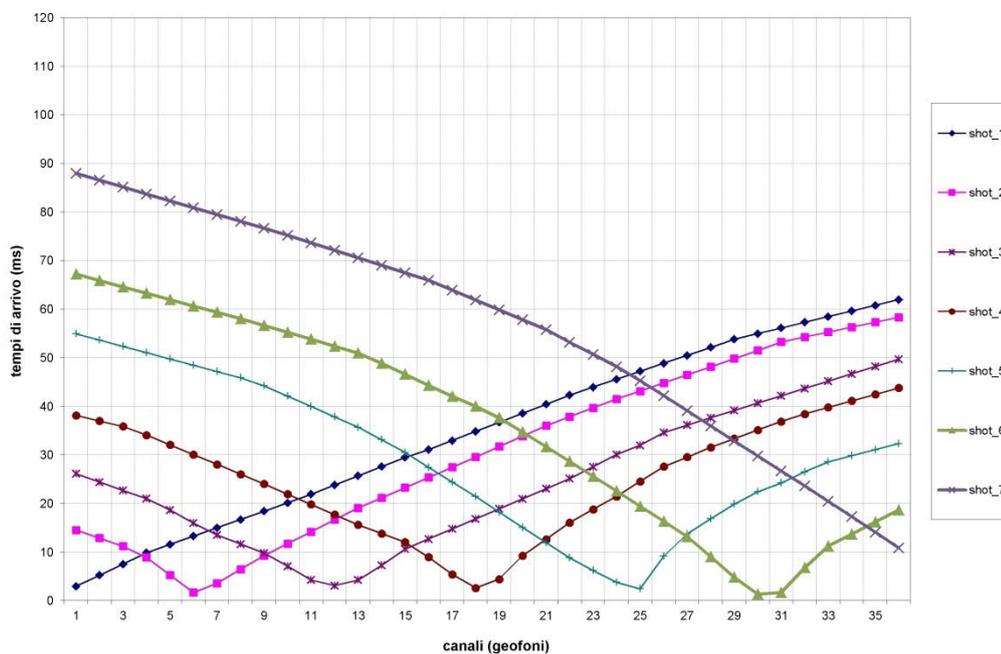


Fig. 2.44 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde P Profilo BS09D. Dromocrone.

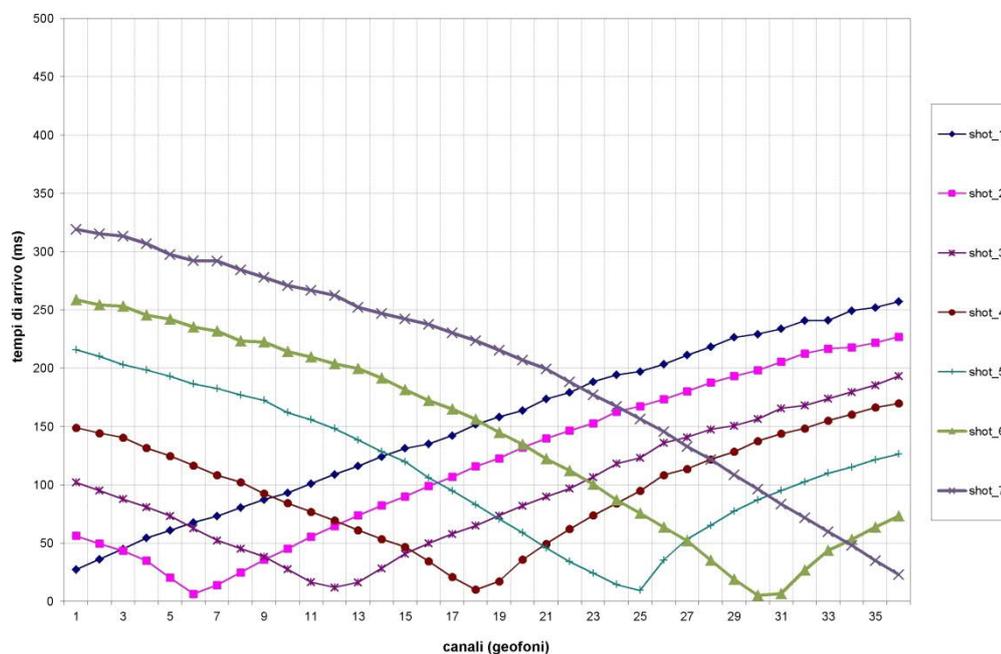


Fig. 2.45 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde S Profilo BS09D. Dromocrone.

La pseudosezione elaborata per il profilo sismico **BS09D** ha permesso di evidenziare tre sismostrati.

Il primo sismostrato, si attesta ad una profondità massima dal piano campagna pari a circa 2 m, ed è costituito da materiale di riporto e limo sabbioso. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 360 e 500 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 1.350 e 1.800 m/s.

Il secondo sismostrato, si attesta ad una profondità media dal piano campagna compresa tra 5 e 8 m circa, ed è costituito da un'alternanza di limo sabbioso ed argilla limosa. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 500 e 750 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 1.800 e 2.700 m/s.

Il terzo sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da argilla marnosa. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 750 e 830 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 2.700 e 3.020 m/s.

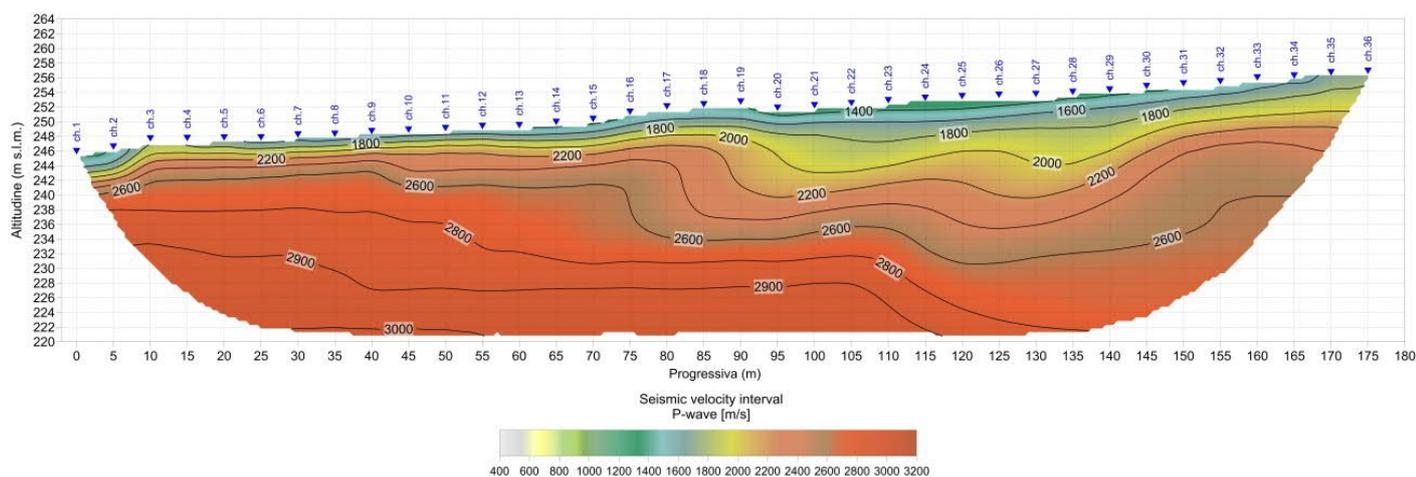


Fig. 2.46 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS09D.

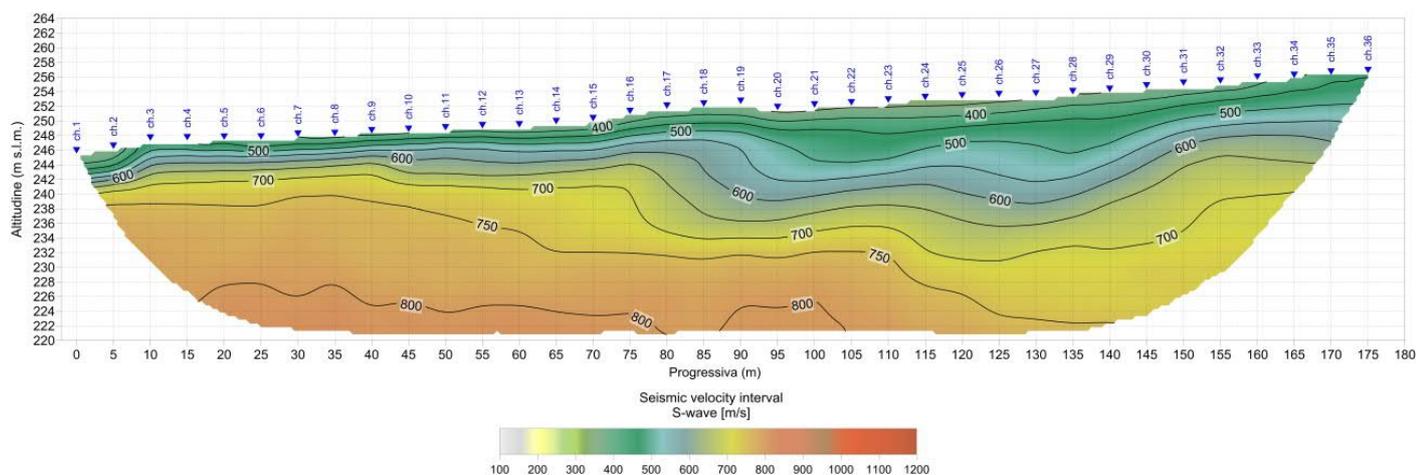


Fig. 2.47 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS09D.

2.5.10 BS10D

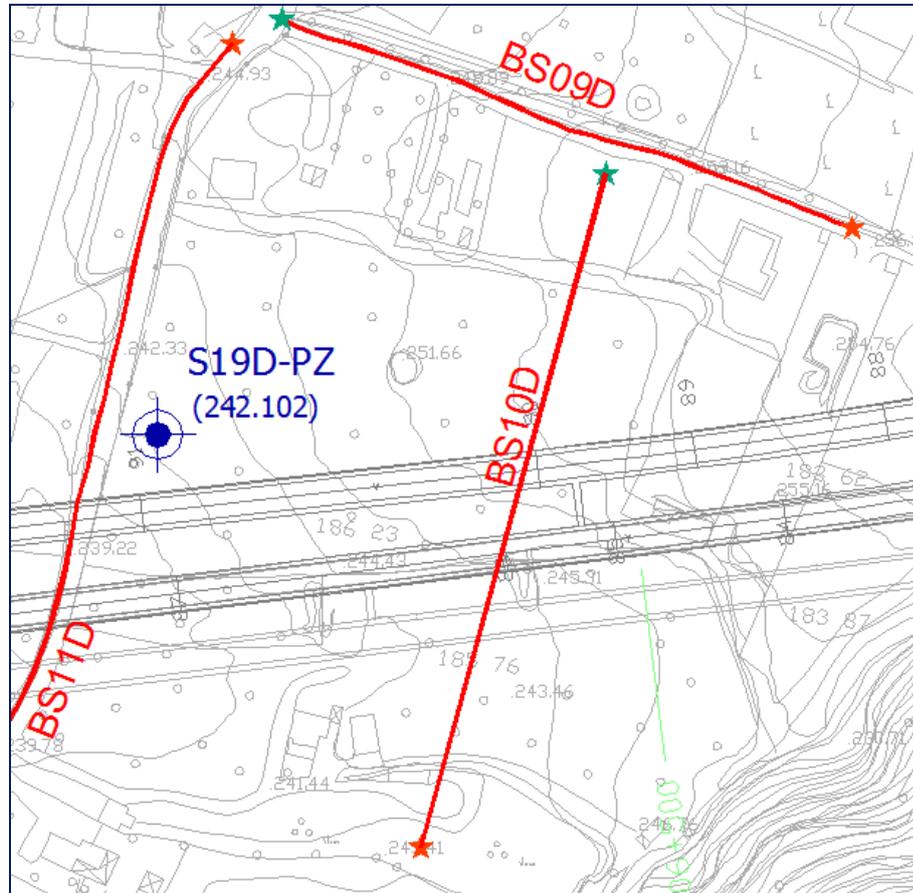


Fig. 2.48 – Intervento S.S. 554 “Cagliari-Tana” – Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S.125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554).

*Stralcio dell'ubicazione indagine.*



*I simboli indicano l'inizio (stella colore ciano) e la fine (stella di colore arancione) del profilo.*

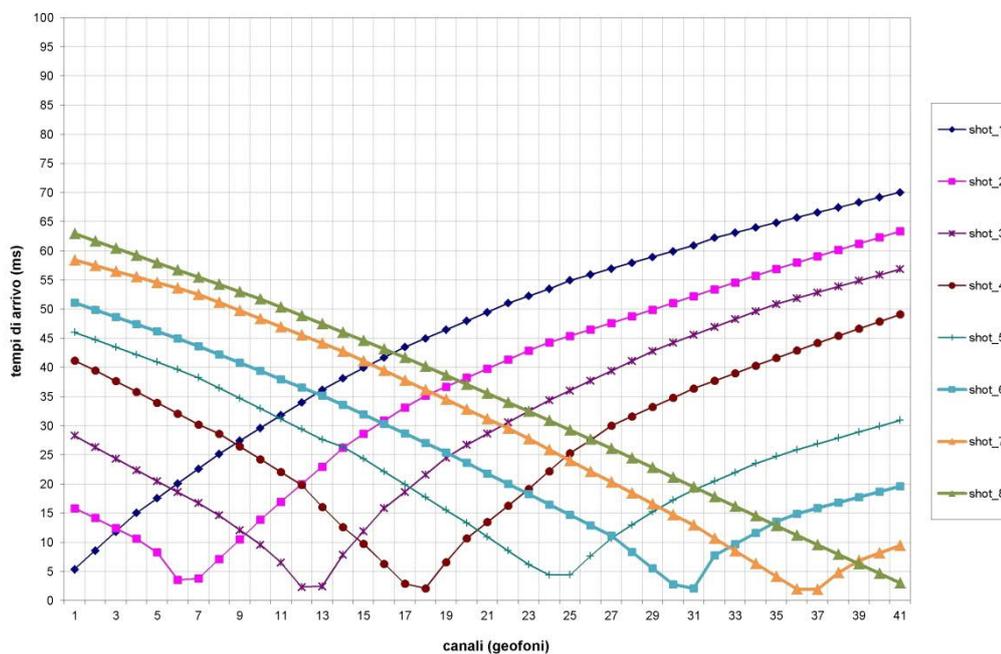


Fig. 2.49 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde P Profilo BS10D. Dromocrone.

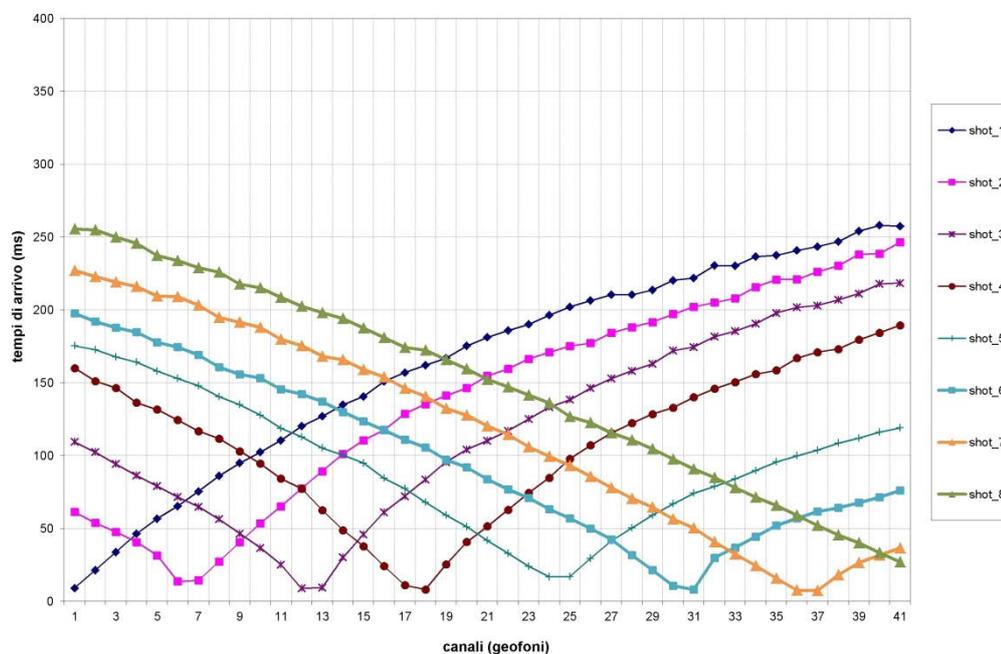


Fig. 2.50 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde S Profilo BS10D. Dromocrone.

La pseudosezione elaborata per il profilo sismico **BS10D** ha permesso di evidenziare tre sismostrati.

Il primo sismostrato, si attesta ad una profondità massima dal piano campagna pari a circa 2 m, ed è costituito da materiale di riporto e limo sabbioso. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 360 e 600 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 1.380 e 2.100 m/s.

Il secondo sismostrato, si attesta ad una profondità media dal piano campagna compresa tra 5 e 8 m circa, ed è costituito da un'alternanza di limo sabbioso ed argilla limosa. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 600 e 750 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 2.100 e 2.600 m/s.

Il terzo sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da argilla marnosa. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 750 e 825 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 2.600 e 3.030 m/s.

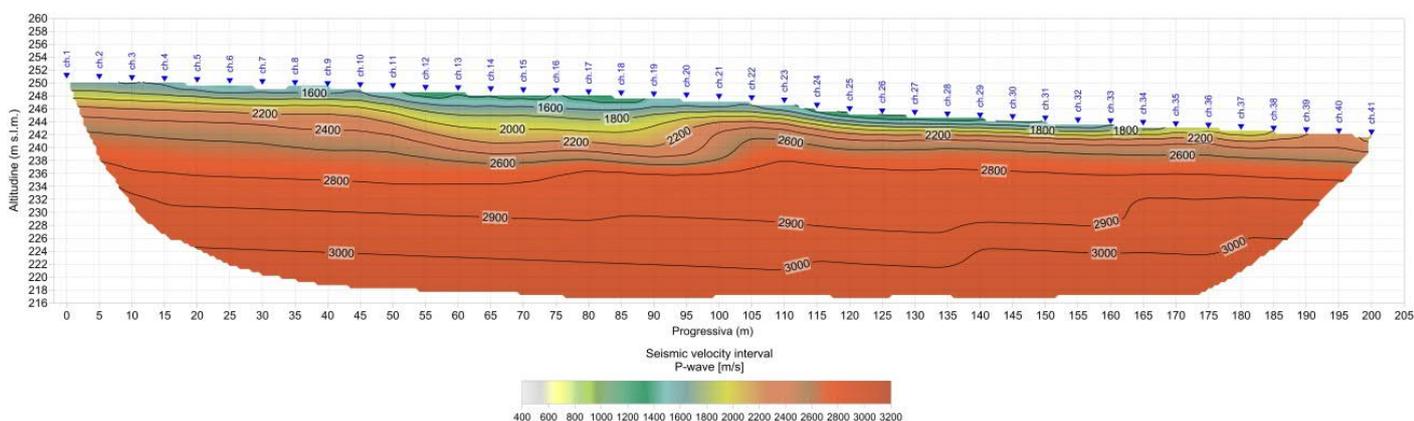


Fig. 2.51 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS10D.

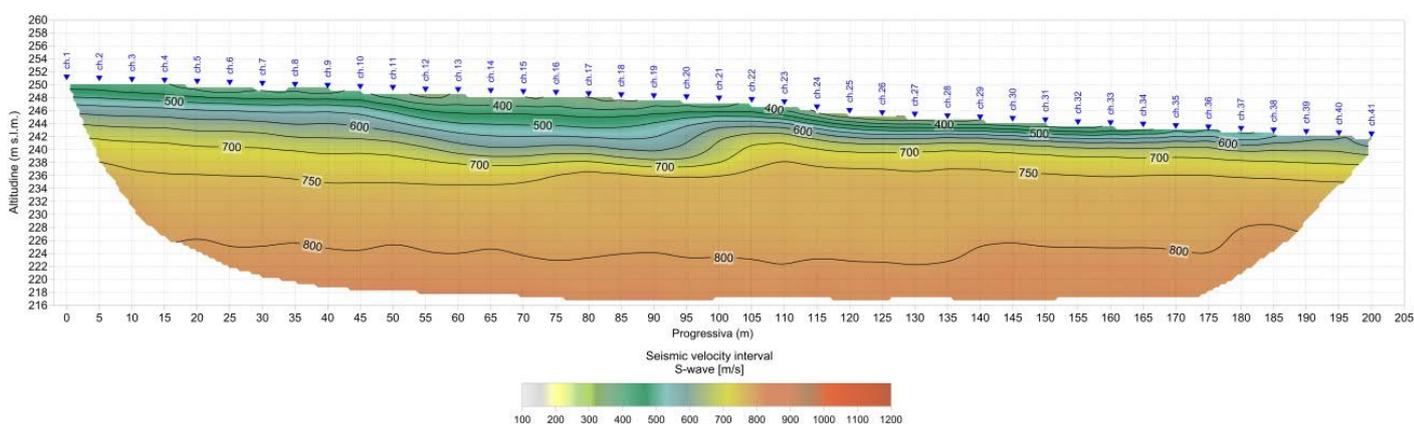


Fig. 2.52 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS10D.

2.5.11 BS11D

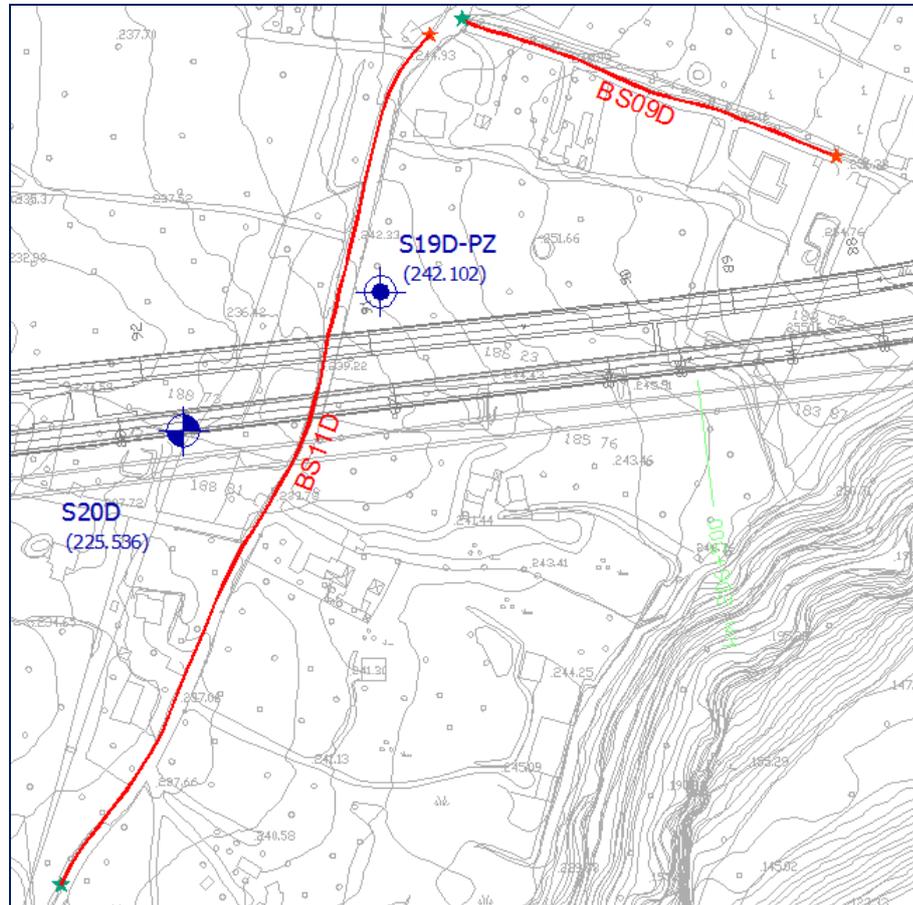


Fig. 2.53 – Intervento S.S. 554 “Cagliaritana” – Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S.125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554).

*Stralcio dell'ubicazione indagine.*



*I simboli indicano l'inizio (stella colore ciano) e la fine (stella di colore arancione) del profilo.*

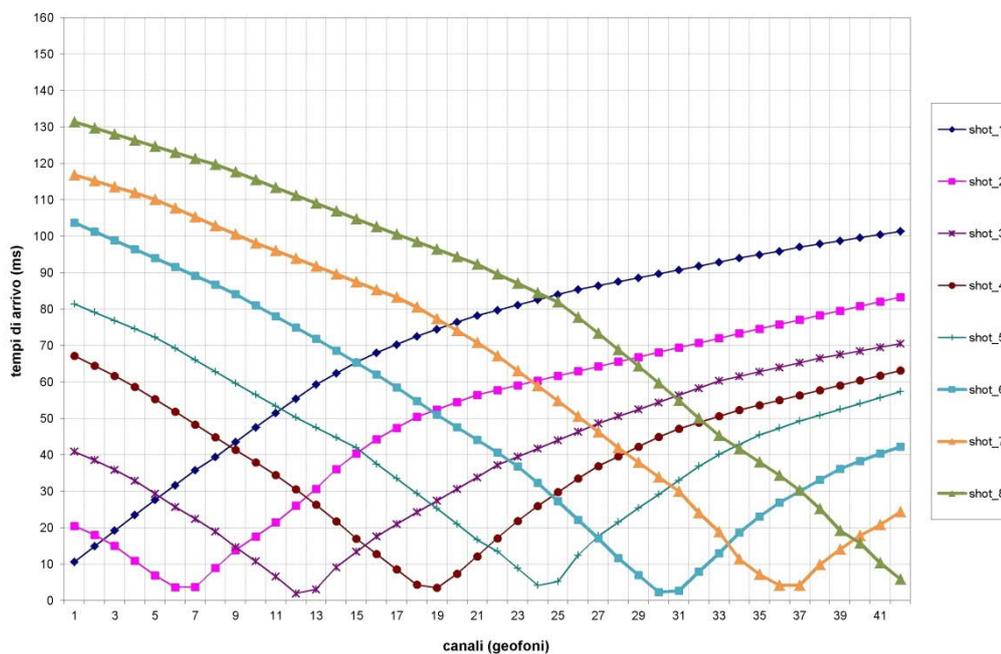


Fig. 2.54 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde P Profilo BS11D. Dromocrone.

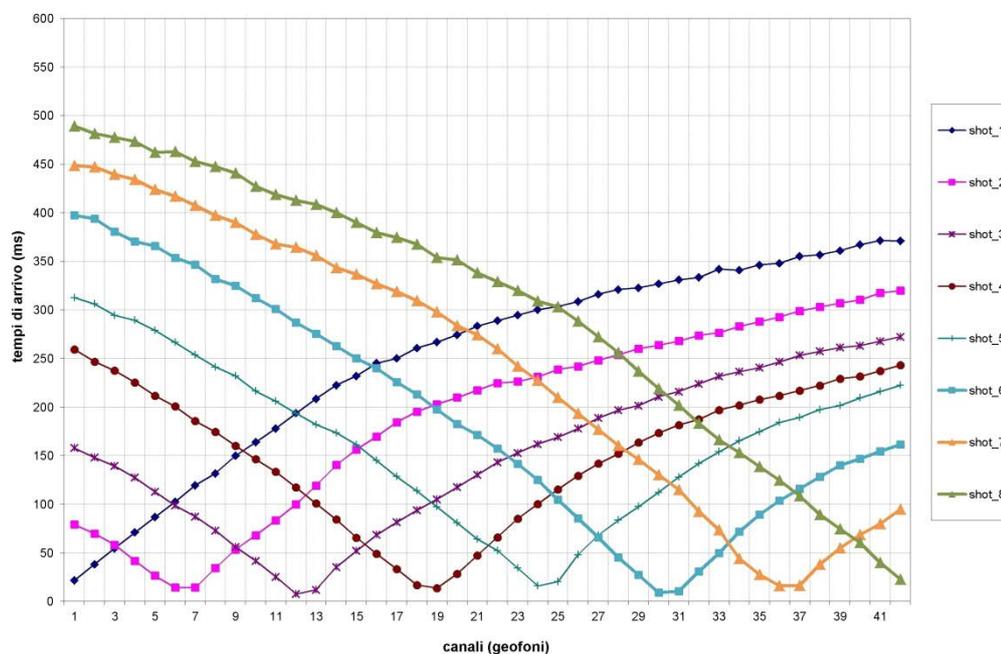


Fig. 2.55 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde S Profilo BS11D. Dromocrone.

La pseudosezione elaborata per il profilo sismico **BS11D** ha permesso di evidenziare due sismostrati.

Il primo sismostrato, si attesta ad una profondità media dal piano campagna compresa tra 6 e 8 m circa, ed è costituito da calcare bioclastico. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 520 e 800 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 1.150 e 2.400 m/s.

Il secondo sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da marna argillosa. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 800 e 1.030 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 2.400 e 3.120 m/s.

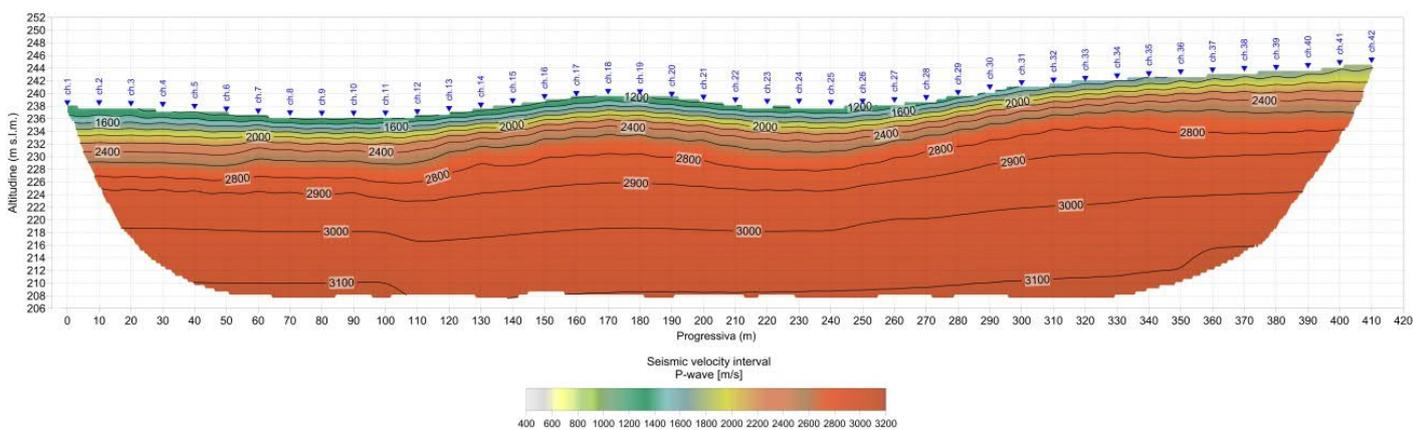


Fig. 2.56 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS11D.

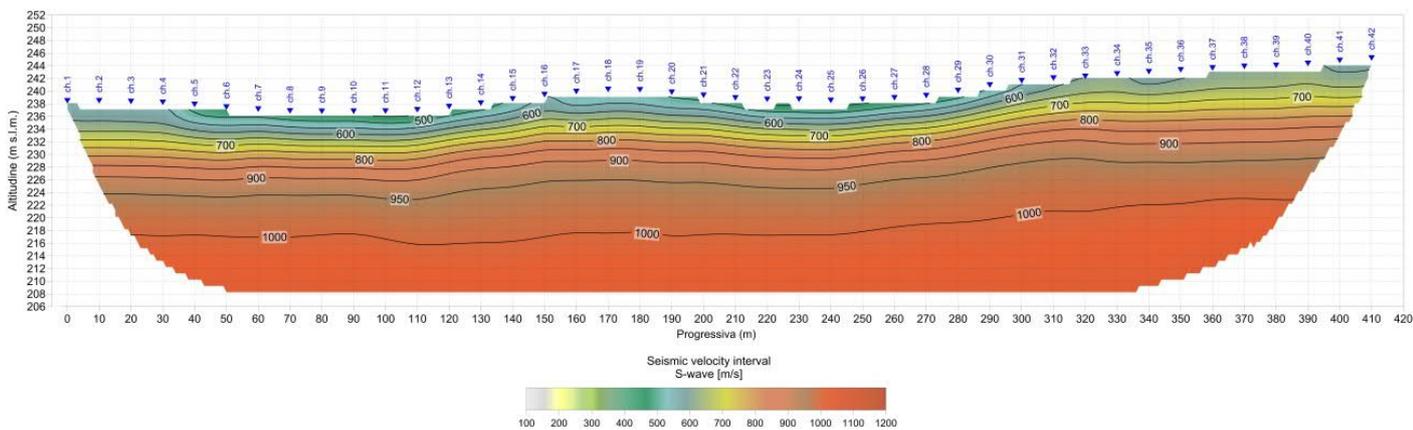


Fig. 2.57 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS11D.

2.5.12 BS12D

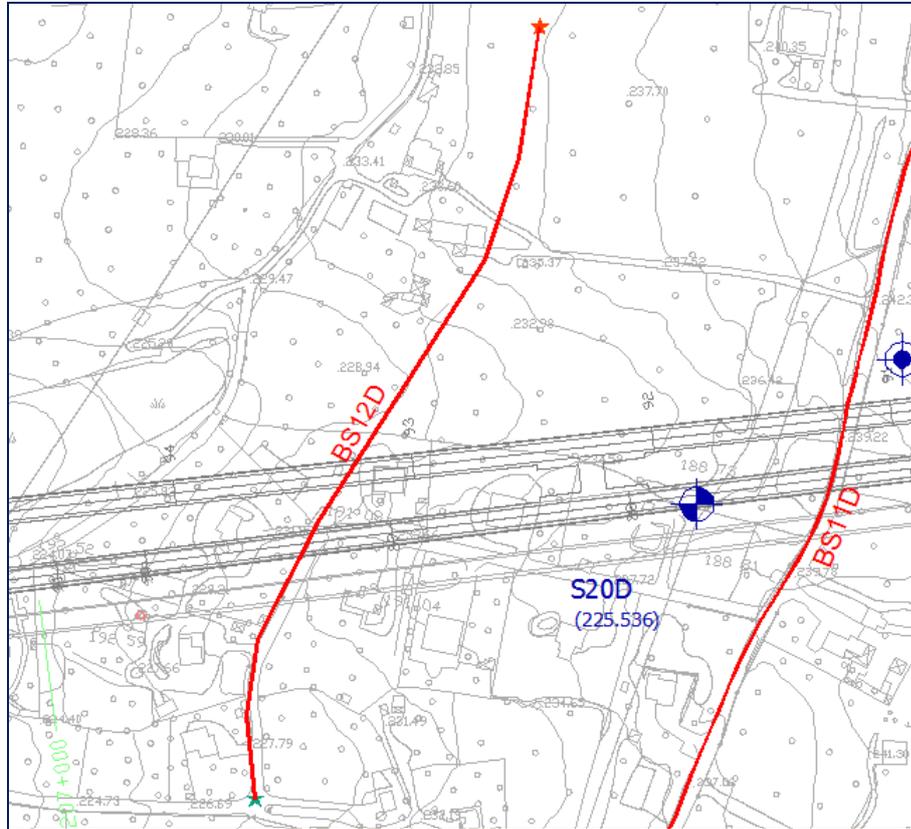


Fig. 2.58 – Intervento S.S. 554 “Cagliaritana” – Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S.125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554).

Stralcio dell'ubicazione indagine.



I simboli indicano l'inizio (stella colore ciano) e la fine (stella di colore arancione) del profilo.

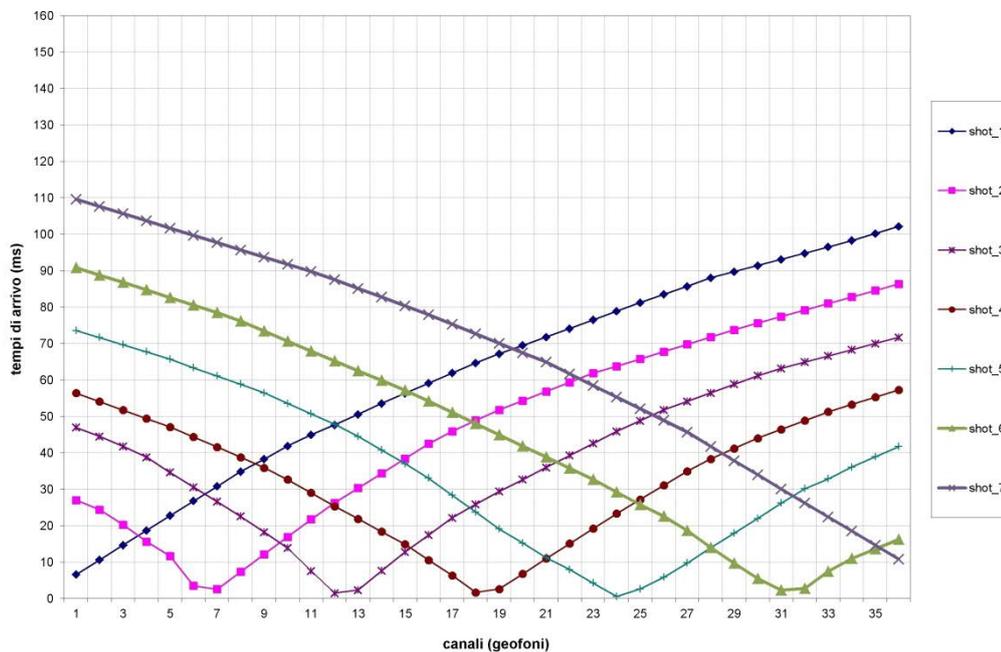


Fig. 2.59 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde P Profilo BS12D. Dromocrone.

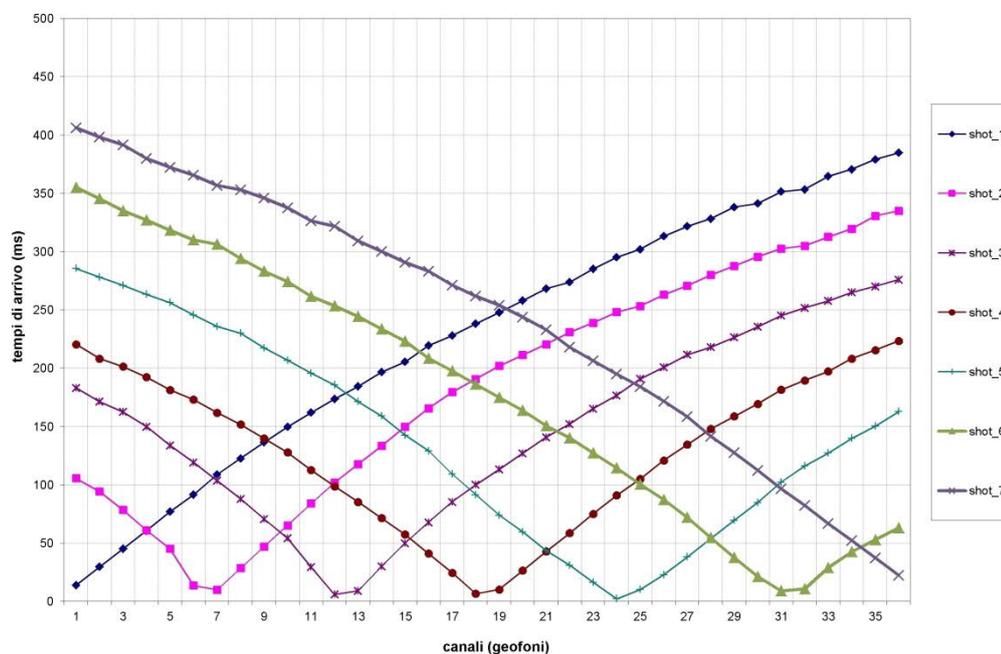


Fig. 2.60 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde S Profilo BS12D. Dromocrone.

La pseudosezione elaborata per il profilo sismico **BS12D** ha permesso di evidenziare due sismostrati.

Il primo sismostrato, si attesta ad una profondità media dal piano campagna compresa tra 7 e 8 m circa, ed è costituito da calcare bioclastico. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 490 e 800 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 1.300 e 2.600 m/s.

Il secondo sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da marna argillosa. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 800 e 1.060 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 2.600 e 3.170 m/s.

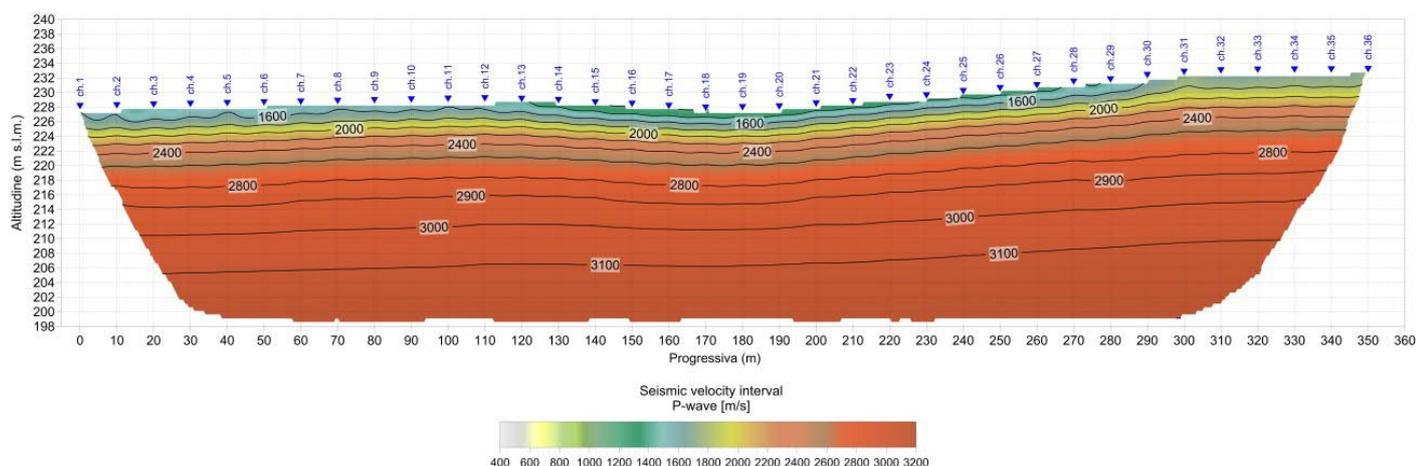


Fig. 2.61 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS12D.

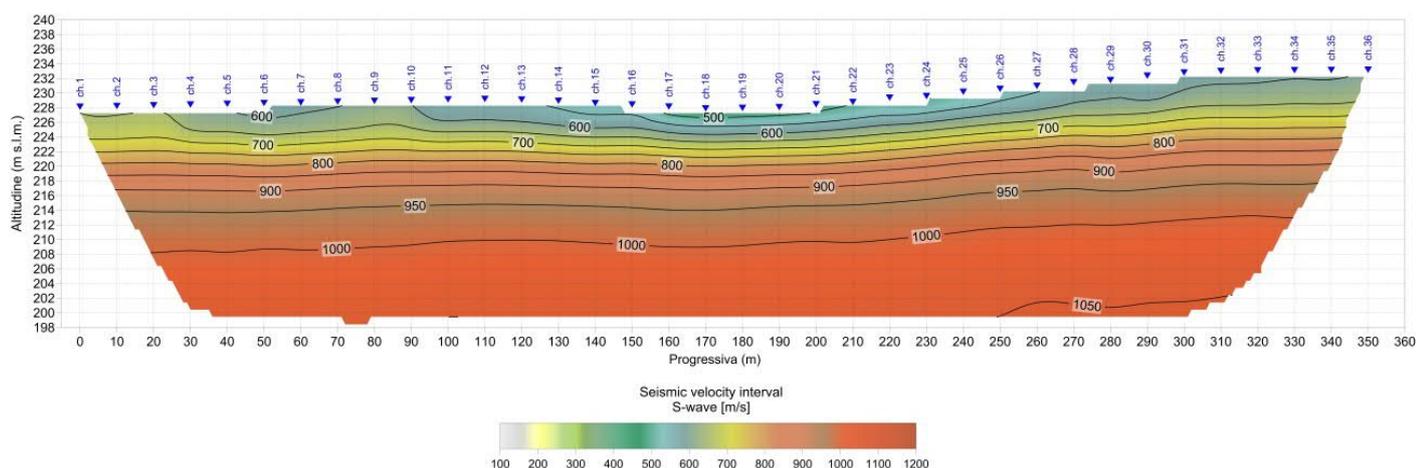


Fig. 2.62 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS12D.

2.5.13 BS13D

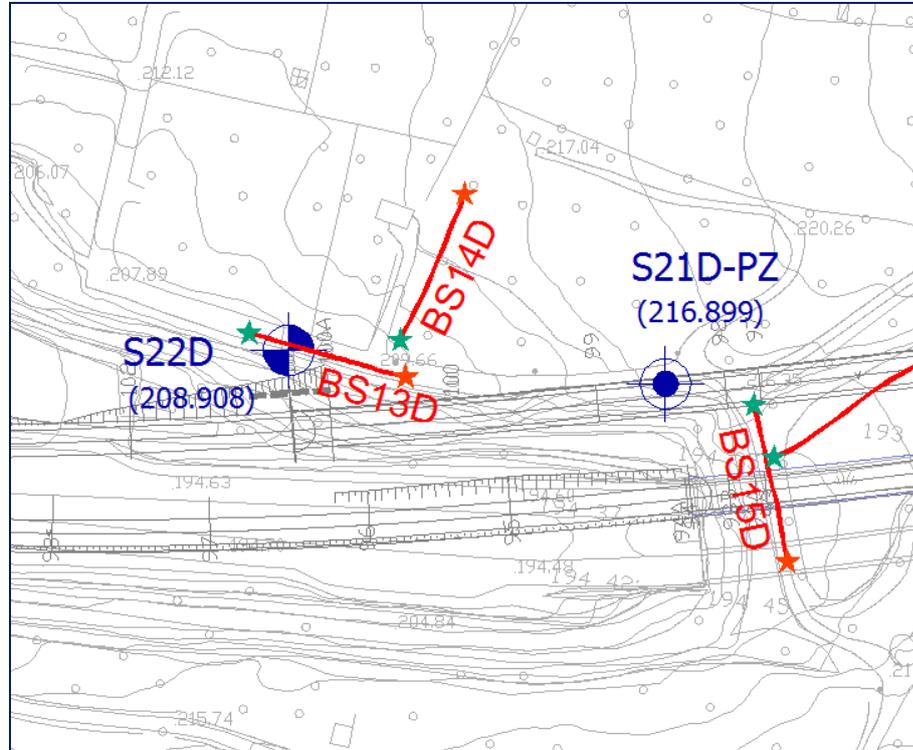


Fig. 2.63 – Intervento S.S. 554 “Cagliaritana” – Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S.125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554).

Stralcio dell'ubicazione indagine.



I simboli indicano l'inizio (stella colore ciano) e la fine (stella di colore arancione) del profilo.

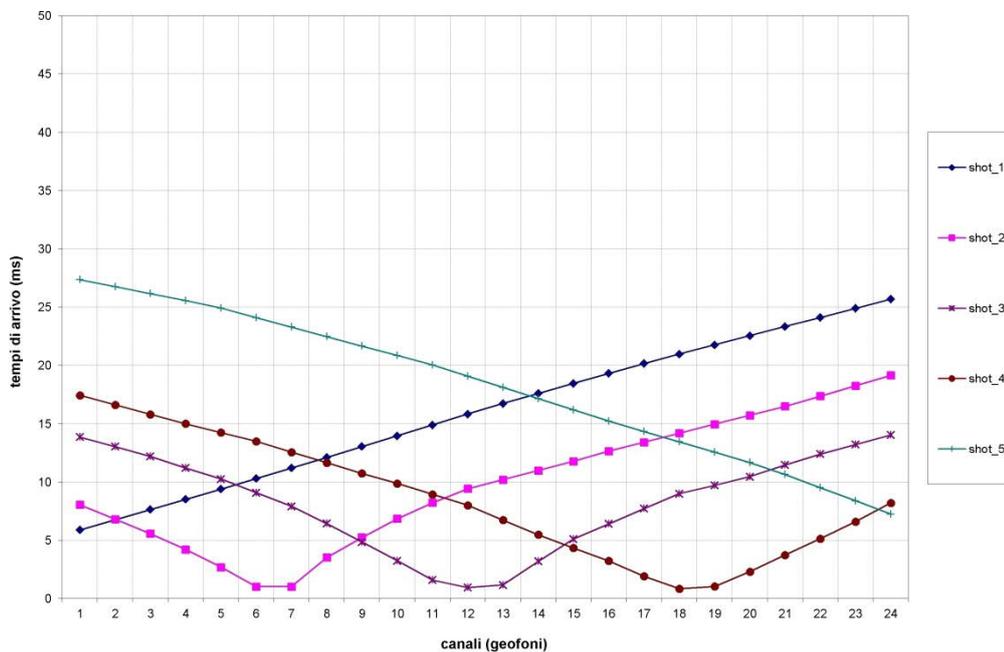


Fig. 2.64 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde P Profilo BS13D. Dromocrone.

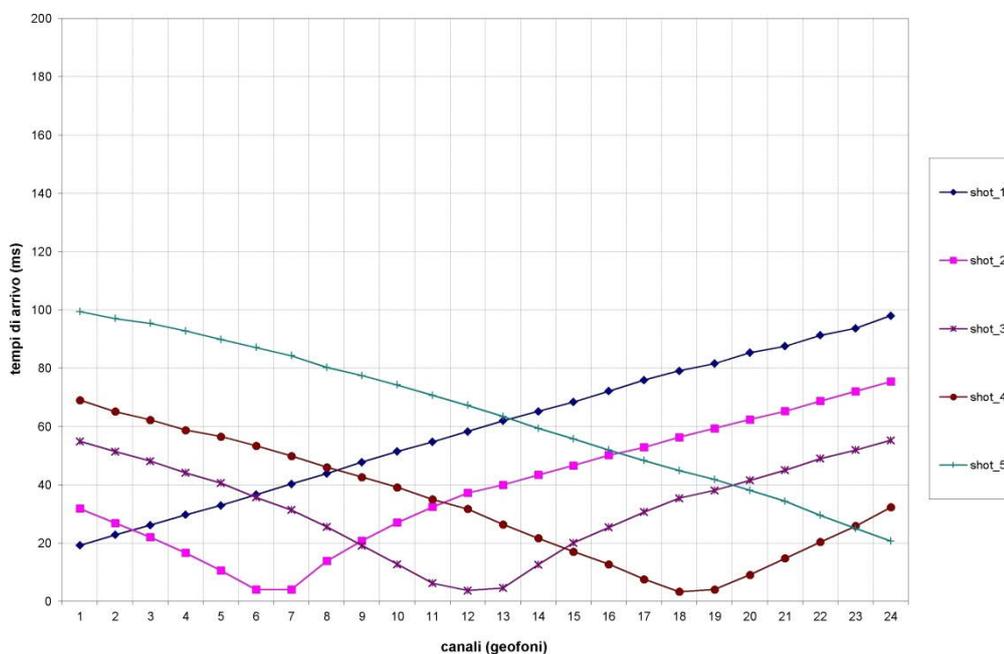


Fig. 2.65 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde S Profilo BS13D. Dromocrone.

La pseudosezione elaborata per il profilo sismico **BS13D** ha permesso di evidenziare due sismostrati.

Il primo sismostrato, si attesta ad una profondità media dal piano campagna compresa tra 2 e 3 m circa, ed è costituito da materiale di riporto e sabbia limosa ghiaiosa. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 260 e 360 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 1.040 e 1.450 m/s.

Il secondo sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da sabbia calcarea. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 360 e 620 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 1.450 e 2.360 m/s.

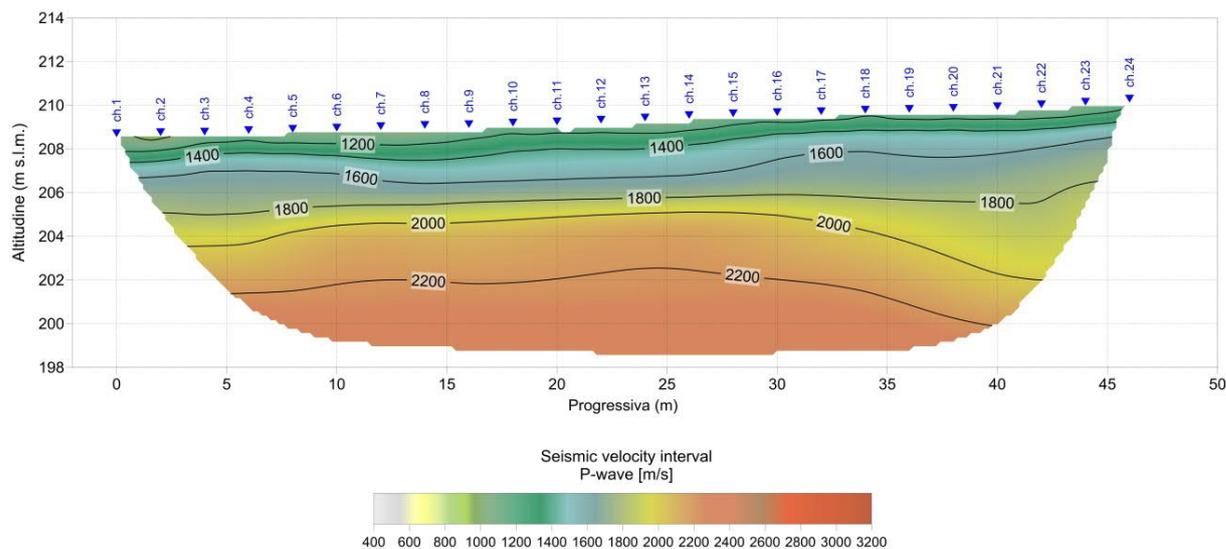


Fig. 2.66 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS13D.

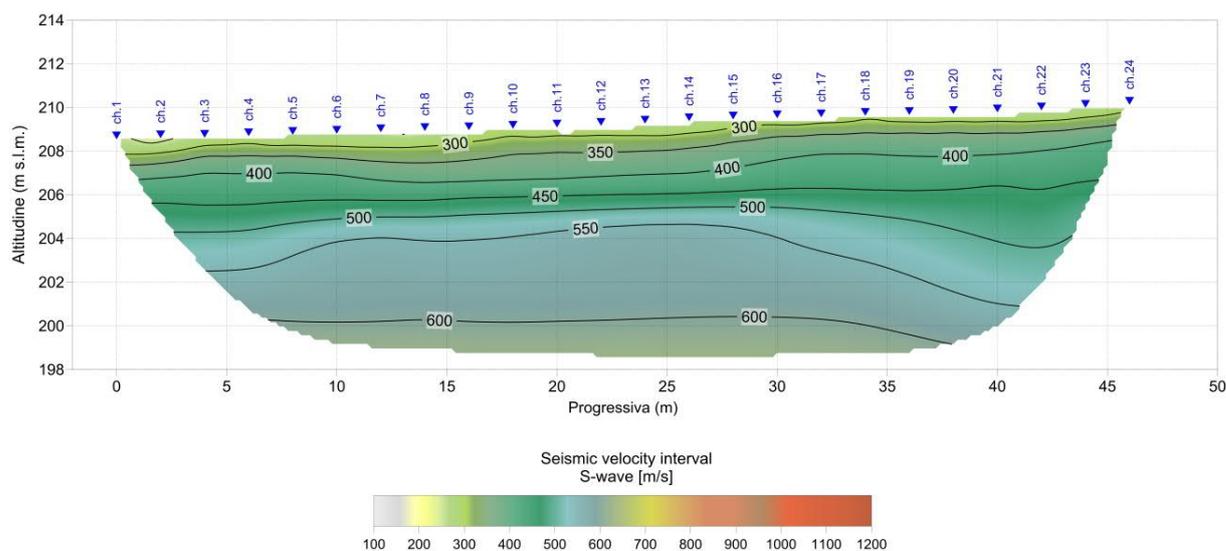


Fig. 2.67 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS13D.

2.5.14 BS14D

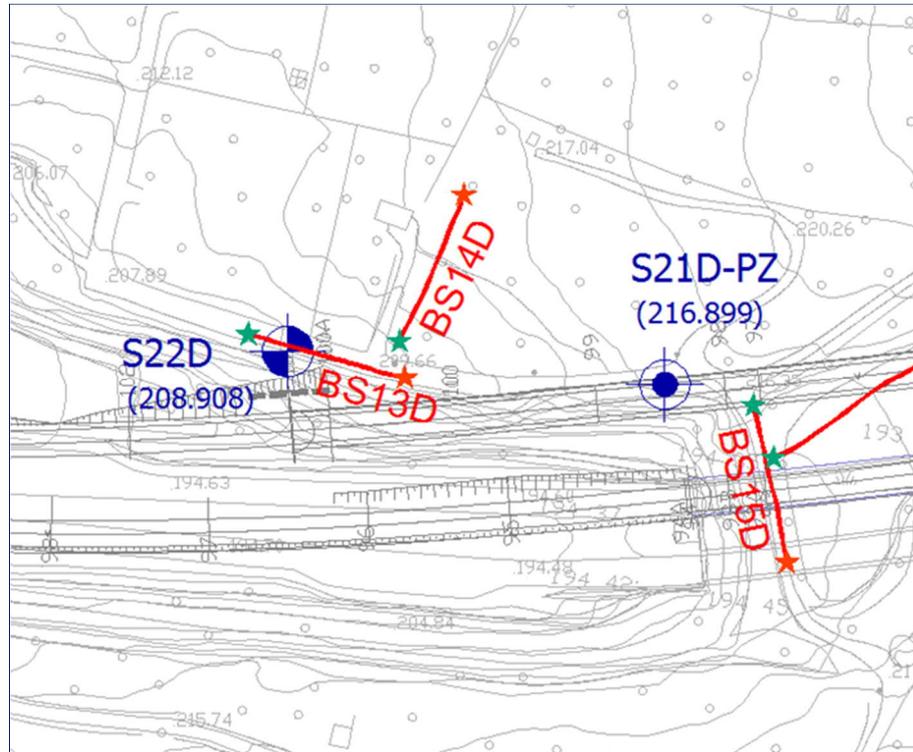


Fig. 2.68 – Intervento S.S. 554 “Cagliaritana” – Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S.125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554).

*Stralcio dell'ubicazione indagine.*

  I simboli indicano l'inizio (stella colore ciano) e la fine (stella di colore arancione) del profilo.

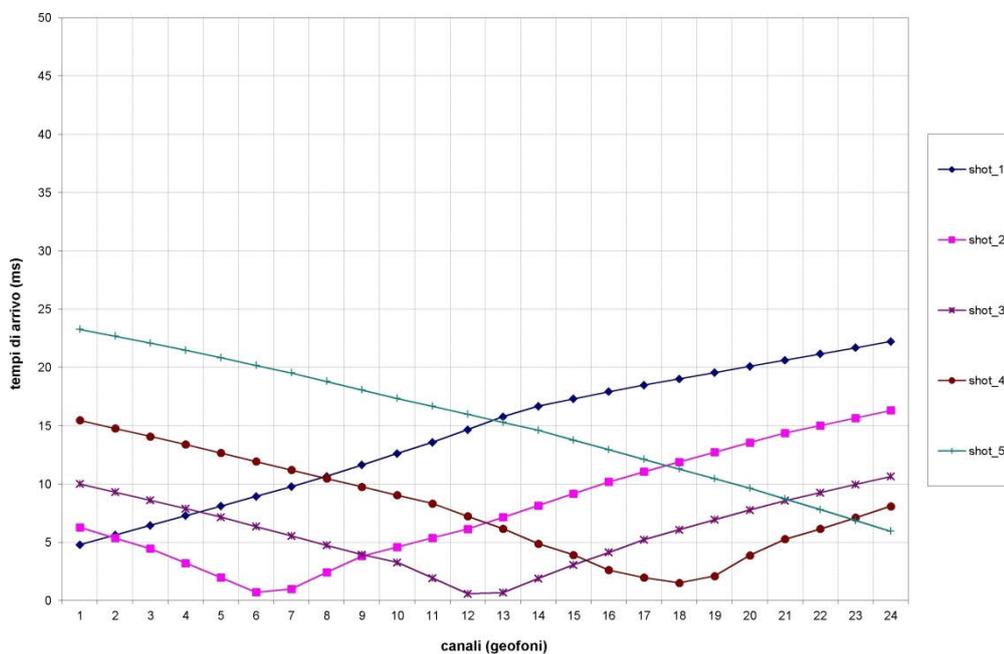


Fig. 2.69 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde P Profilo BS14D. Dromocrone.

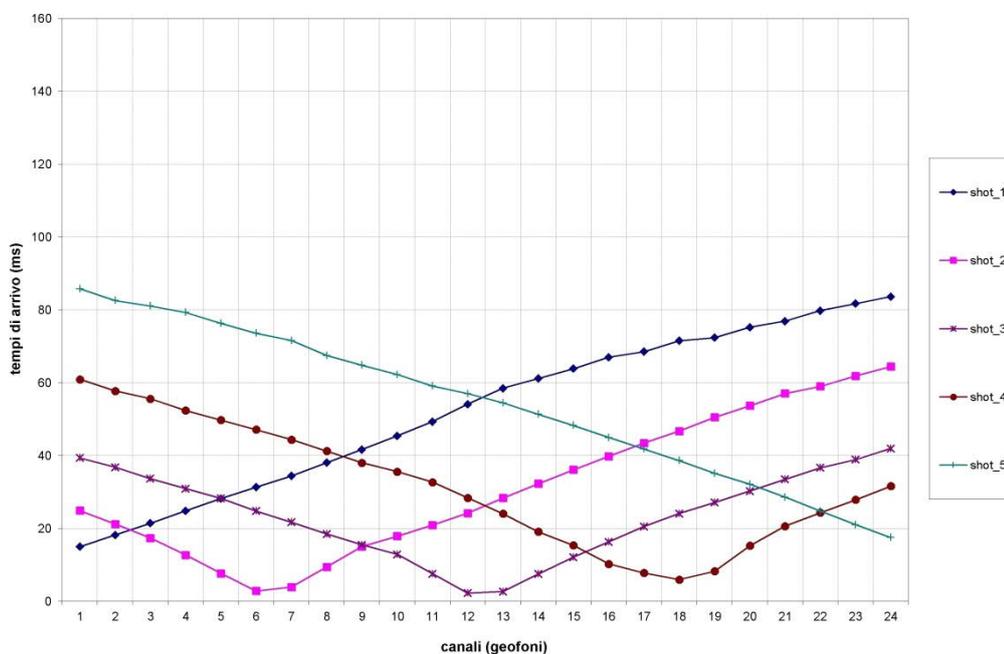


Fig. 2.70 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde S Profilo BS14D. Dromocrone.

La pseudosezione elaborata per il profilo sismico **BS14D** ha permesso di evidenziare due sismostrati.

Il primo sismostrato, si estende da piano campagna sino a circa 1 m di profondità, ed è costituito da materiale di riporto e sabbia limosa ghiaiosa. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 270 e 360 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 1.060 e 1.400 m/s.

Il secondo sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da sabbia calcarea. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 360 e 630 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 1.400 e 2.450 m/s.

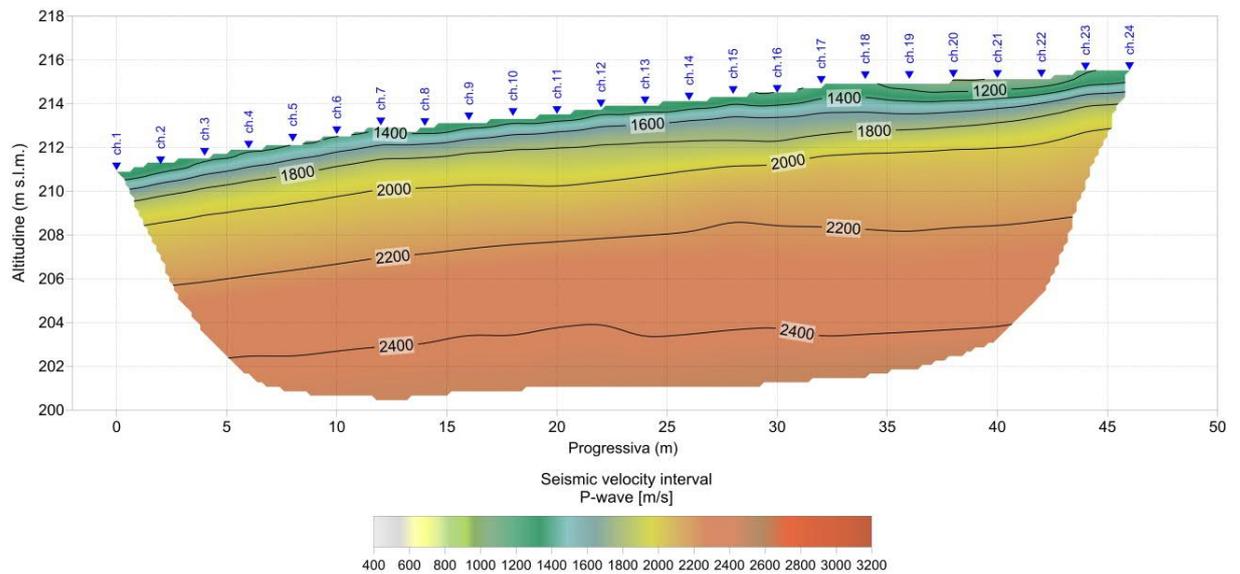


Fig. 2.71 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS14D.

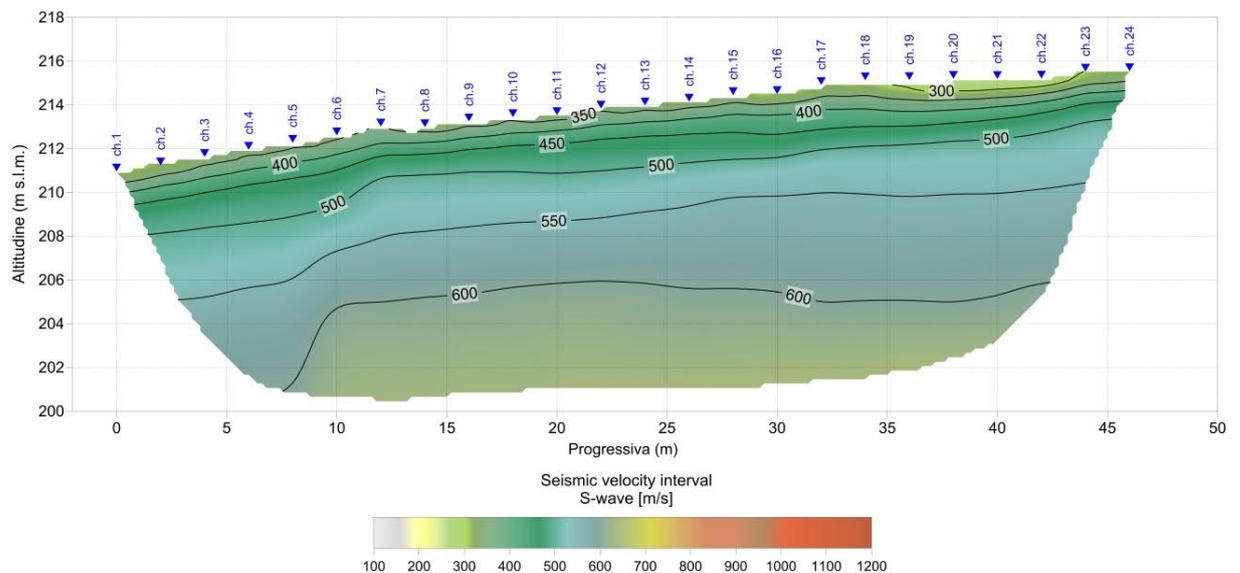


Fig. 2.72 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS14D.

2.5.15 BS15D

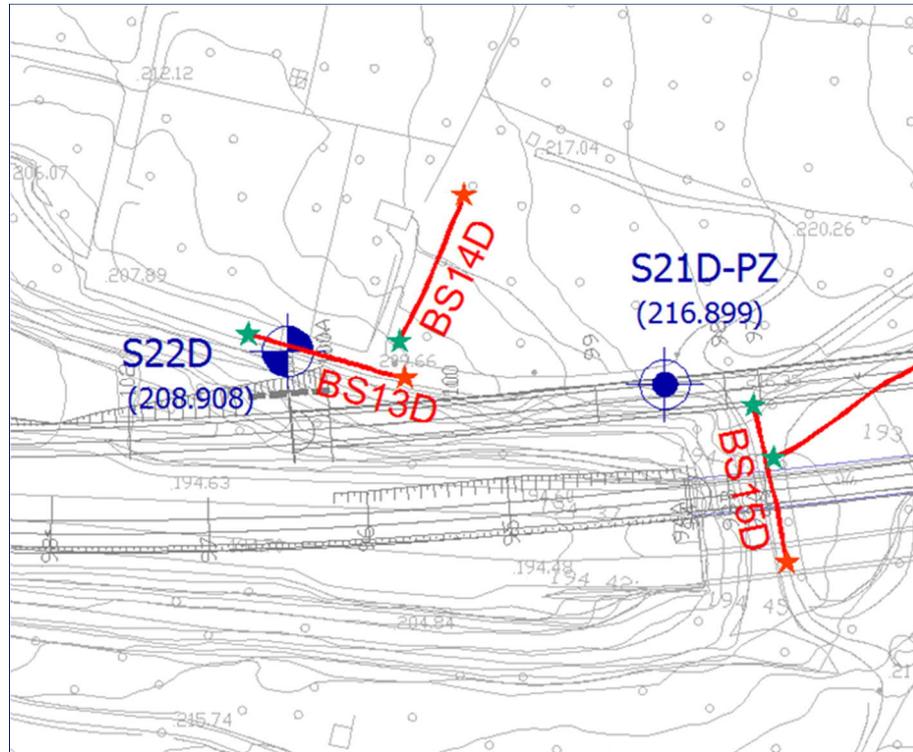


Fig. 2.73 – Intervento S.S. 554 “Cagliaritana” – Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S.125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554).

*Stralcio dell'ubicazione indagine.*

  I simboli indicano l'inizio (stella colore ciano) e la fine (stella di colore arancione) del profilo.

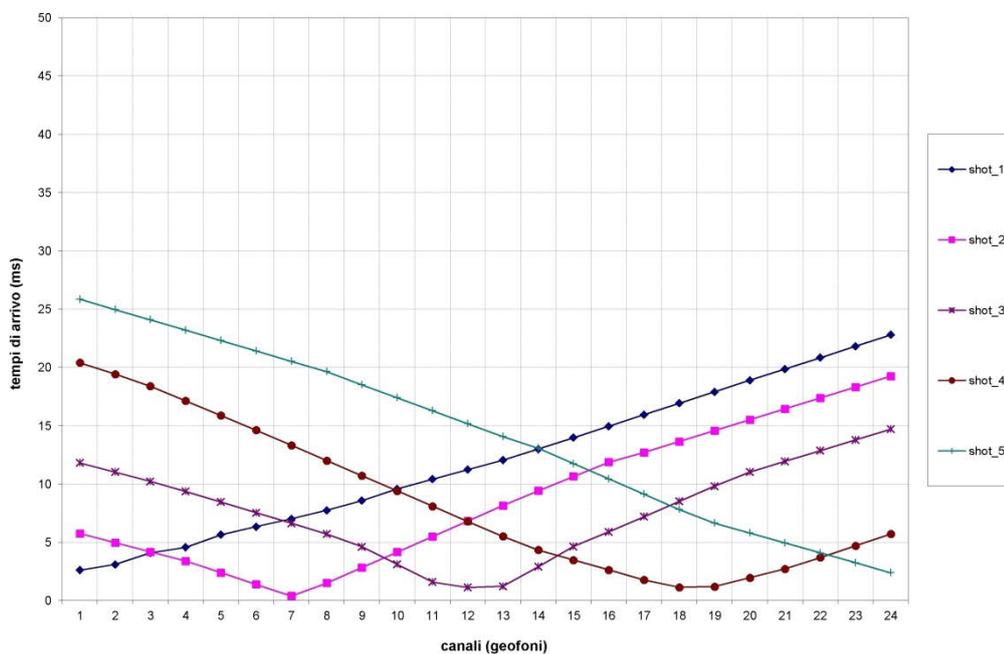


Fig. 2.74 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde P Profilo BS15D. Dromocrone.

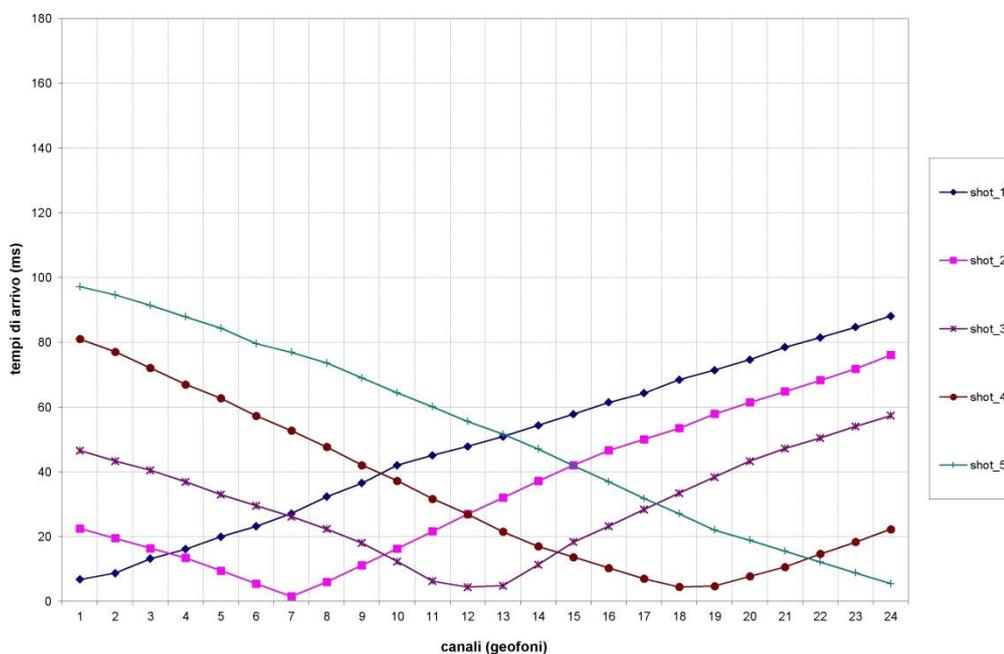


Fig. 2.75 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde S Profilo BS15D. Dromocrone.

La pseudosezione elaborata per il profilo sismico **BS15D** ha permesso di evidenziare due sismostrati.

Il primo sismostrato, si estende da piano campagna sino a circa 2 m di profondità, ed è costituito da sabbia calcarea. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 370 e 500 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 1.470 e 1.900 m/s.

Il secondo sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da sabbia calcarea maggiormente addensata. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 500 e 635 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 1.900 e 2.510 m/s.

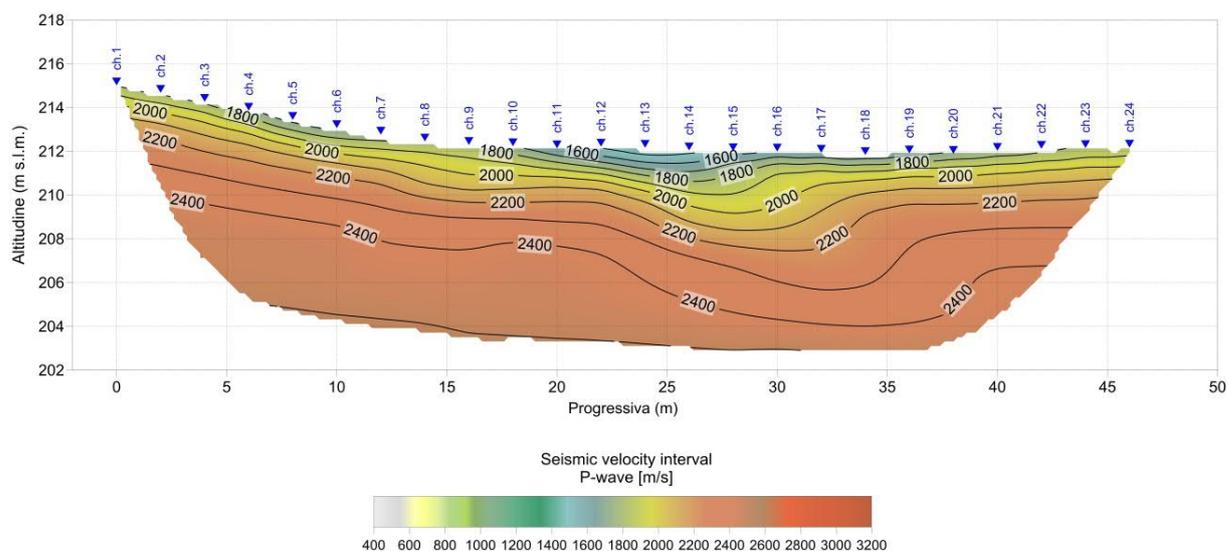


Fig. 2.76 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS15D.

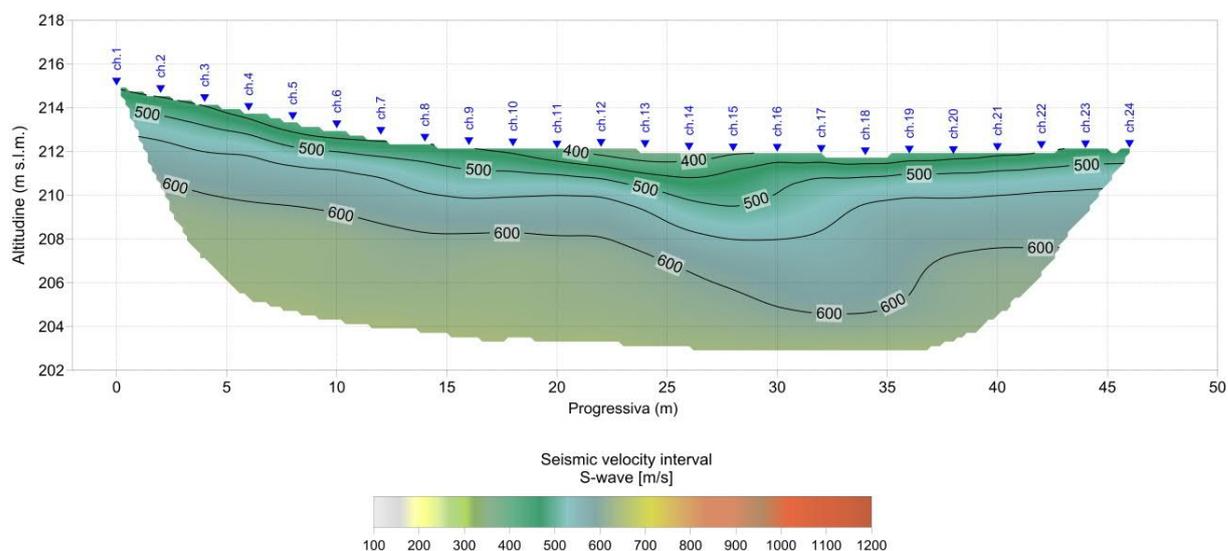


Fig. 2.77 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS15D.

2.5.16 BS16D

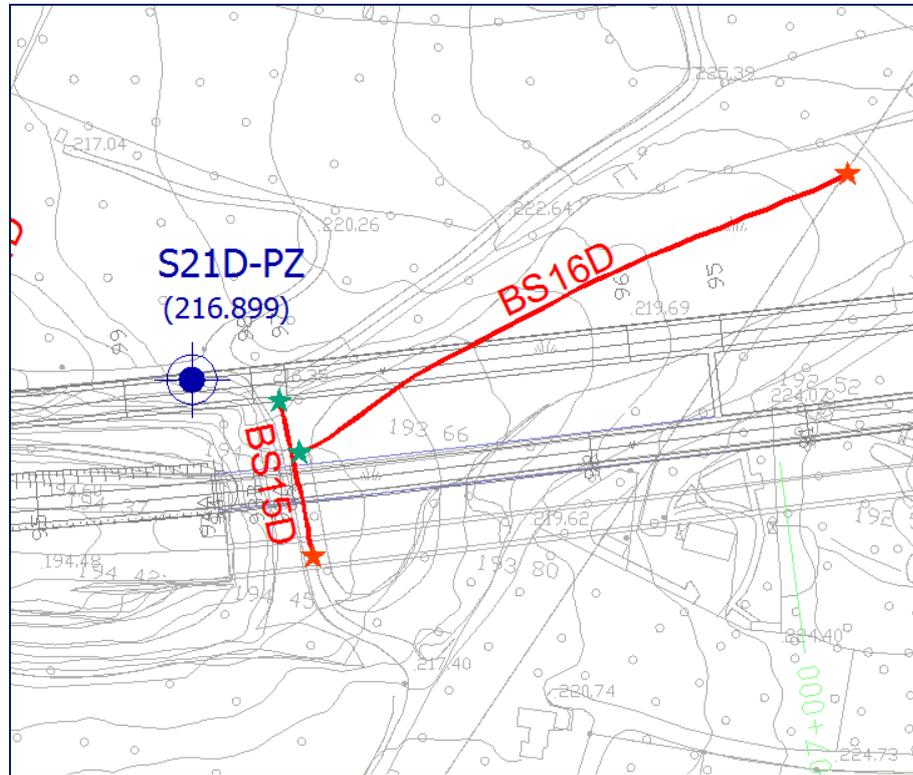


Fig. 2.78 – Intervento S.S. 554 “Cagliaritana” – Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S.125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554).

*Stralcio dell'ubicazione indagine.*

  I simboli indicano l'inizio (stella colore ciano) e la fine (stella di colore arancione) del profilo.

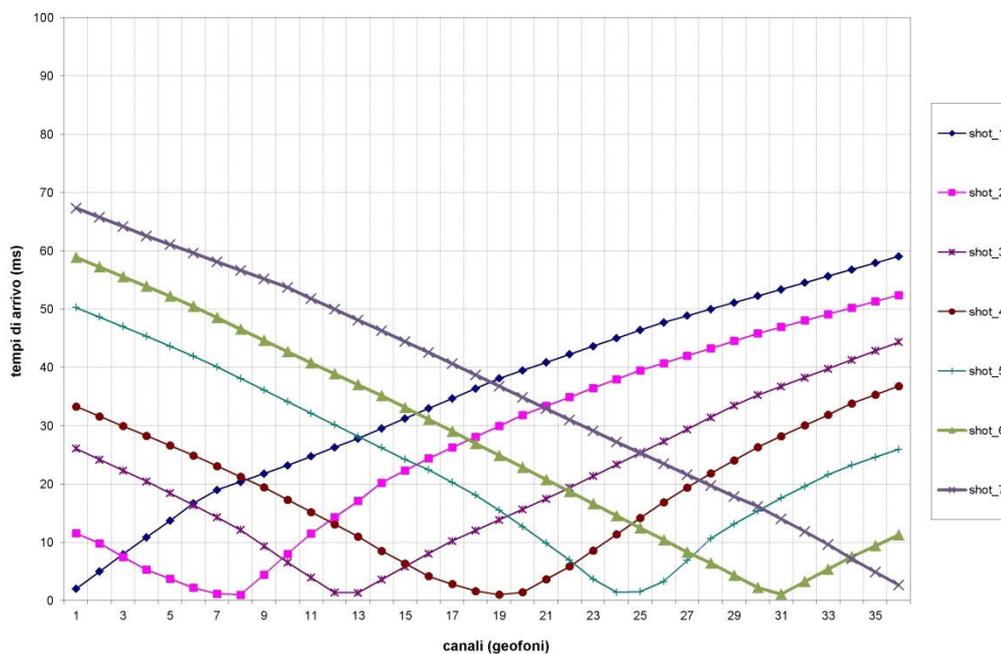


Fig. 2.79 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde P Profilo BS16D. Dromocrone.

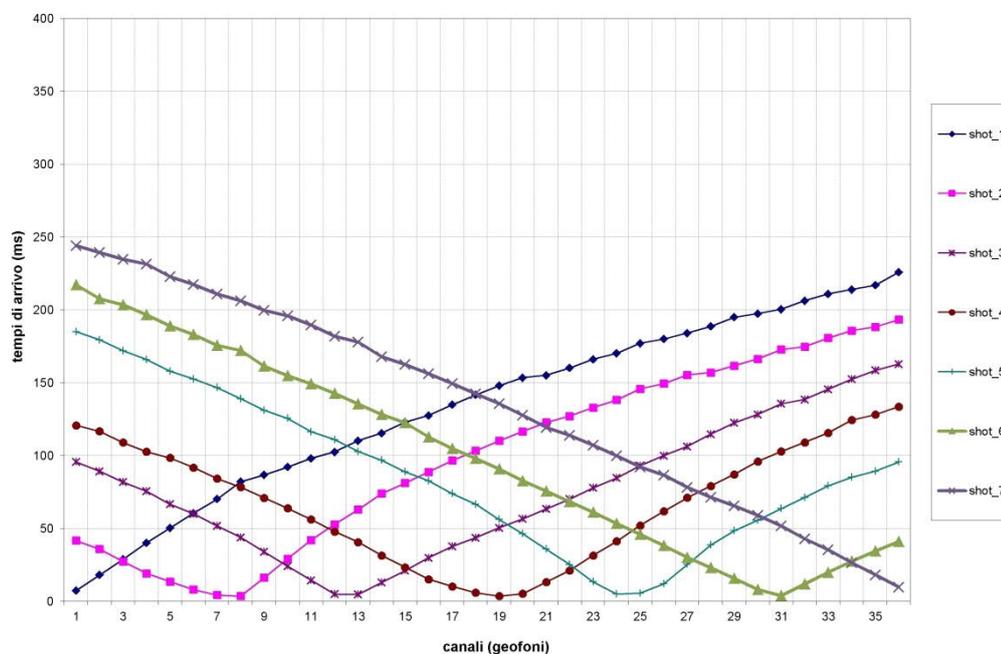


Fig. 2.80 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde S Profilo BS16D. Dromocrone.

La pseudosezione elaborata per il profilo sismico **BS16D** ha permesso di evidenziare tre sismostrati.

Il primo sismostrato, si attesta ad una profondità massima dal piano campagna compresa tra 3 e 9 m, ed è costituito da materiale di riporto e sabbia calcarea. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 410 e 600 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 1.650 e 2.300 m/s.

Il secondo sismostrato, si attesta ad una profondità media dal piano campagna compresa tra 9 e 14 m circa, ed è costituito da sabbia calcarea maggiormente addensata. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 600 e 800 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 2.300 e 2.500 m/s.

Il terzo sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da marna argillosa. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 800 e 920 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 2.500 e 2.750 m/s.

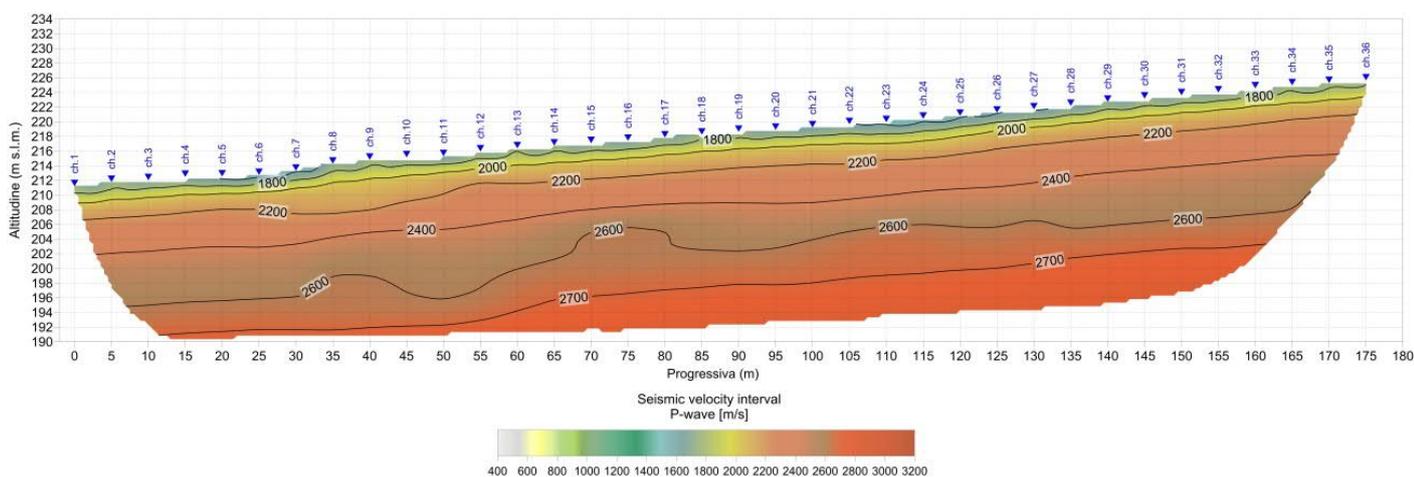


Fig. 2.81 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS16D.

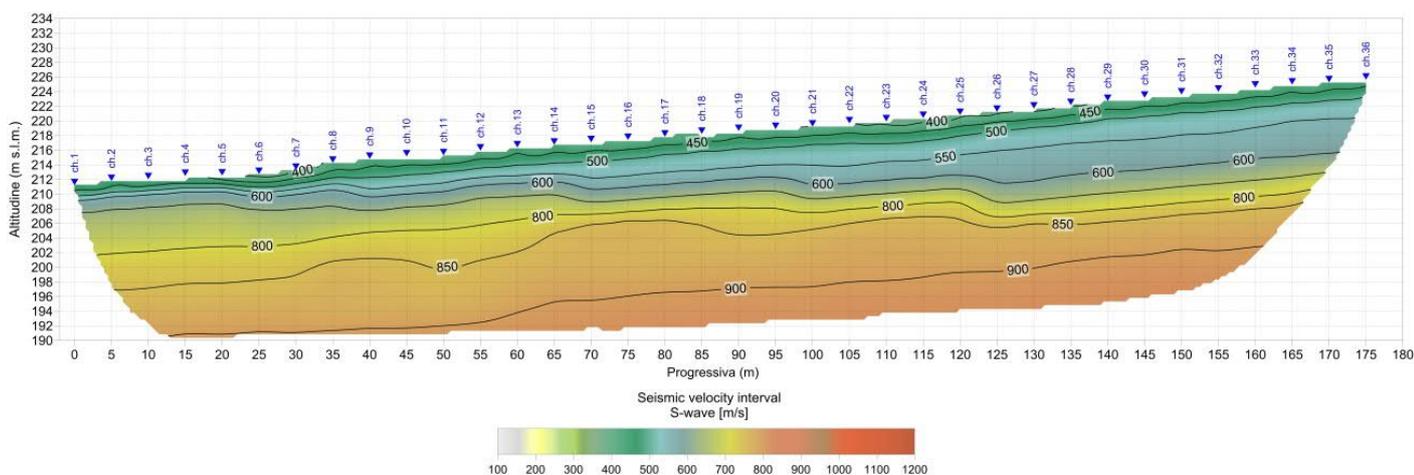


Fig. 2.82 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS16D.

2.5.17 BS17D

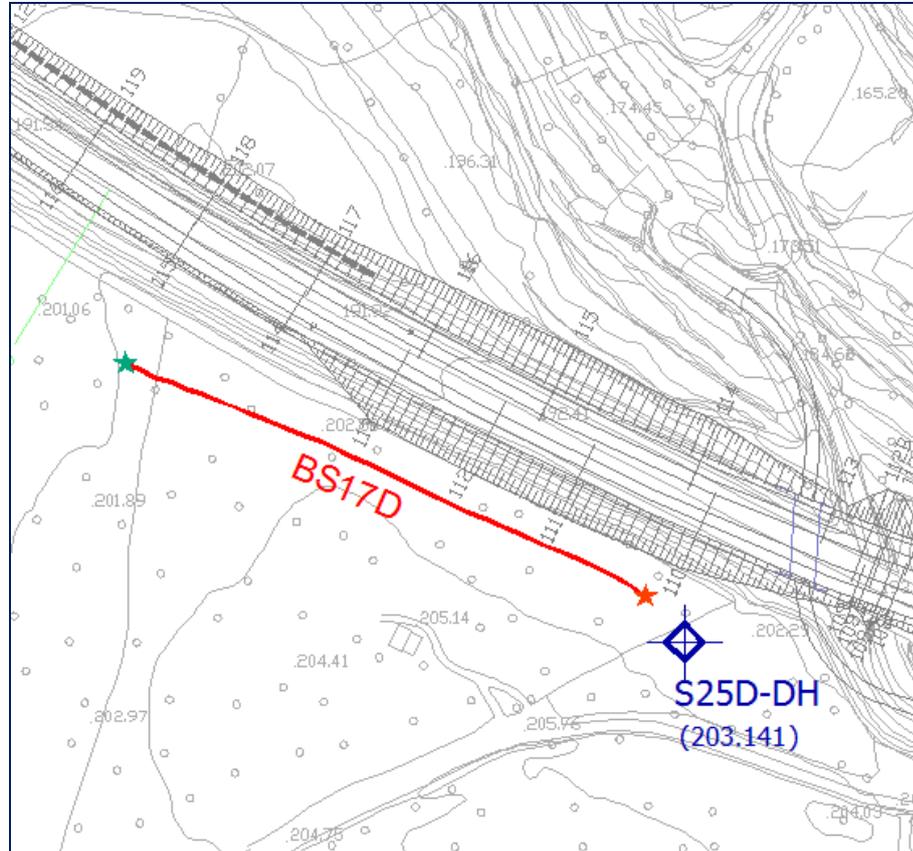


Fig. 2.83 – Intervento S.S. 554 “Cagliaritana” – Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S.125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554).

Stralcio dell'ubicazione indagine.

★ I simboli indicano l'inizio (stella colore ciano) e la fine (stella di colore arancione) del profilo.

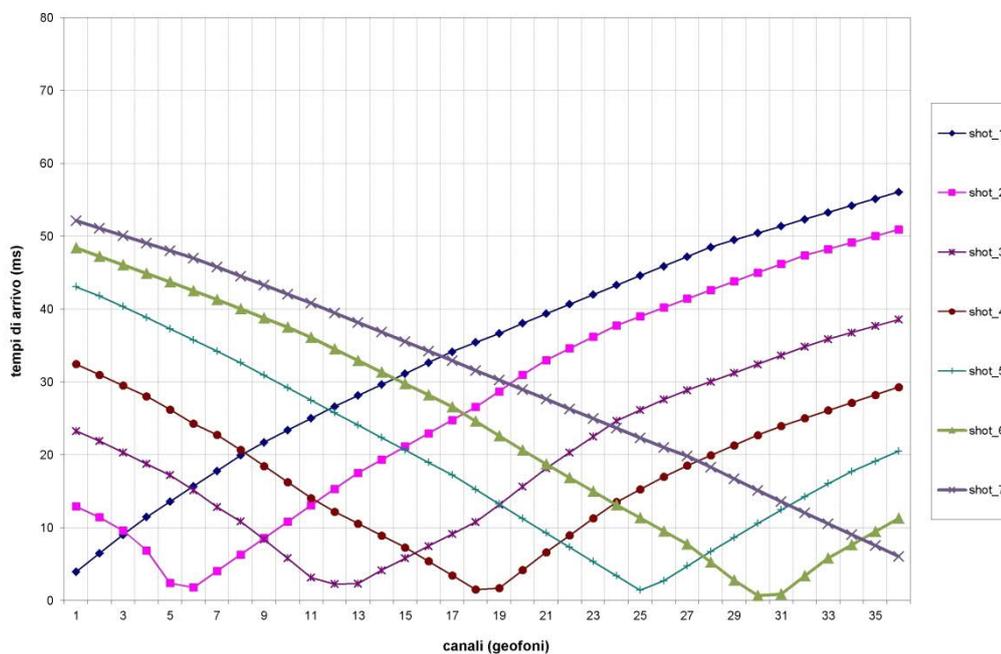


Fig. 2.84 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde P Profilo BS17D. Dromocrone.

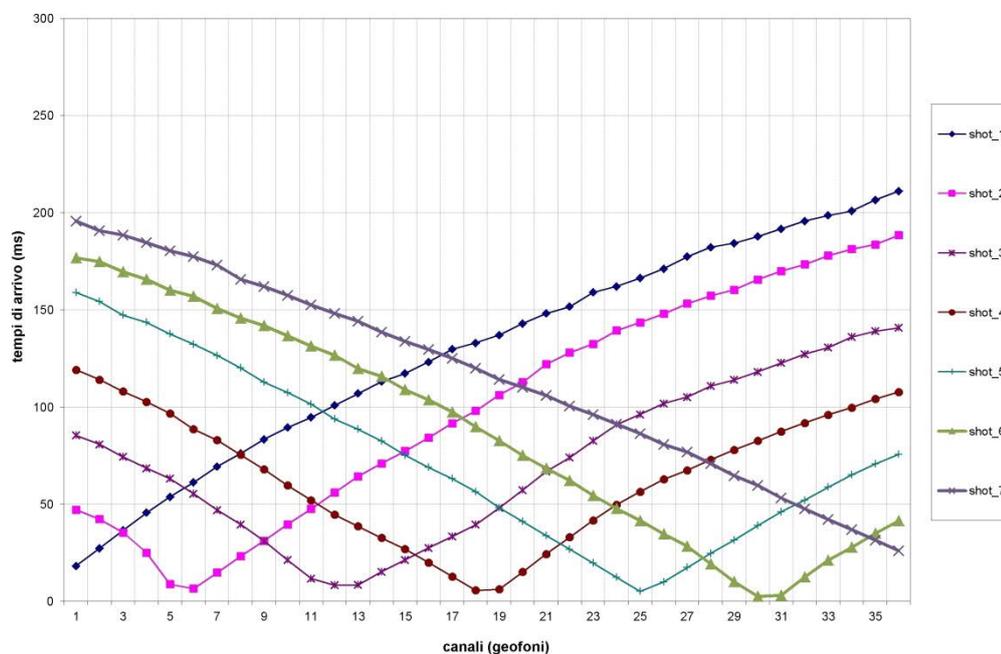


Fig. 2.85 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde S Profilo BS17D. Dromocrone.

La pseudosezione elaborata per il profilo sismico **BS17D** ha permesso di evidenziare tre sismostrati.

Il primo sismostrato, si attesta ad una profondità massima dal piano campagna compresa tra 3 e 9 m, ed è costituito da materiale sabbia con ghiaia. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 370 e 600 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 1.500 e 2.300 m/s.

Il secondo sismostrato, si attesta ad una profondità media dal piano campagna pari a 16 m circa, ed è costituito da sabbia con ghiaia maggiormente addensata. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 600 e 800 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 2.300 e 2.550 m/s.

Il terzo sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da marna argillosa. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 800 e 960 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 2.550 e 2.700 m/s.

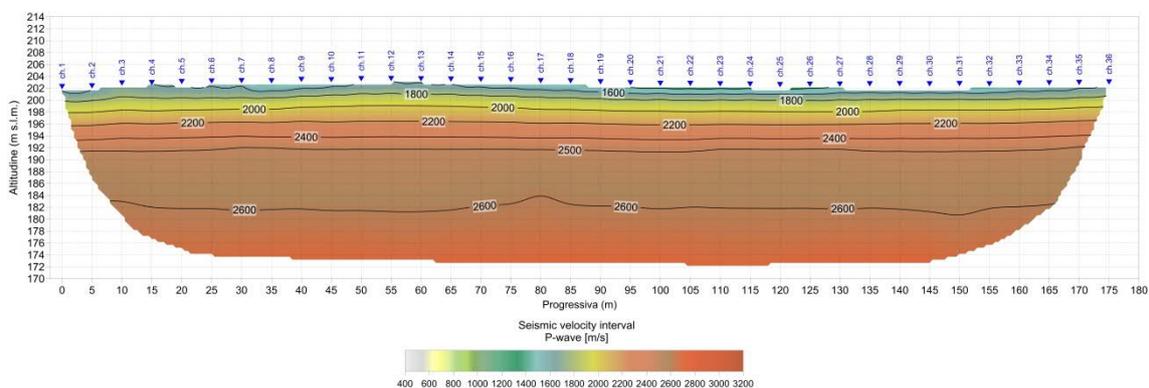


Fig. 2.86 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS17D.

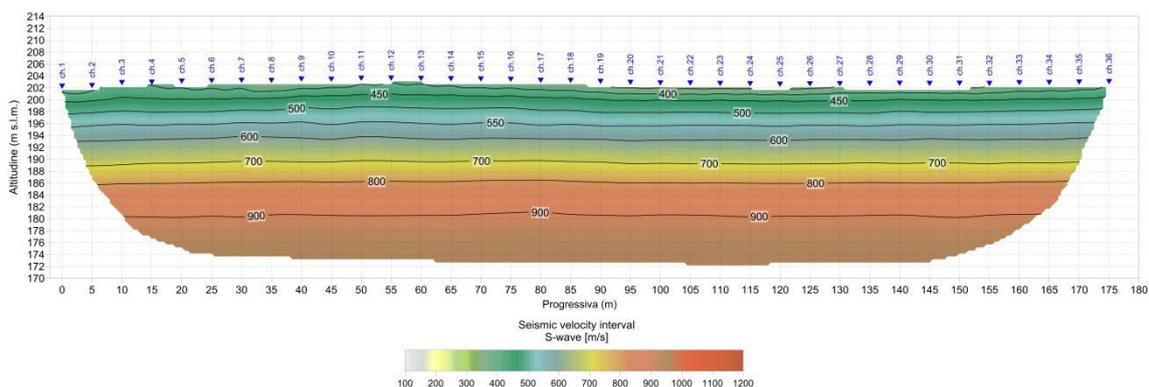


Fig. 2.87 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS17D.

2.5.18 BS18D

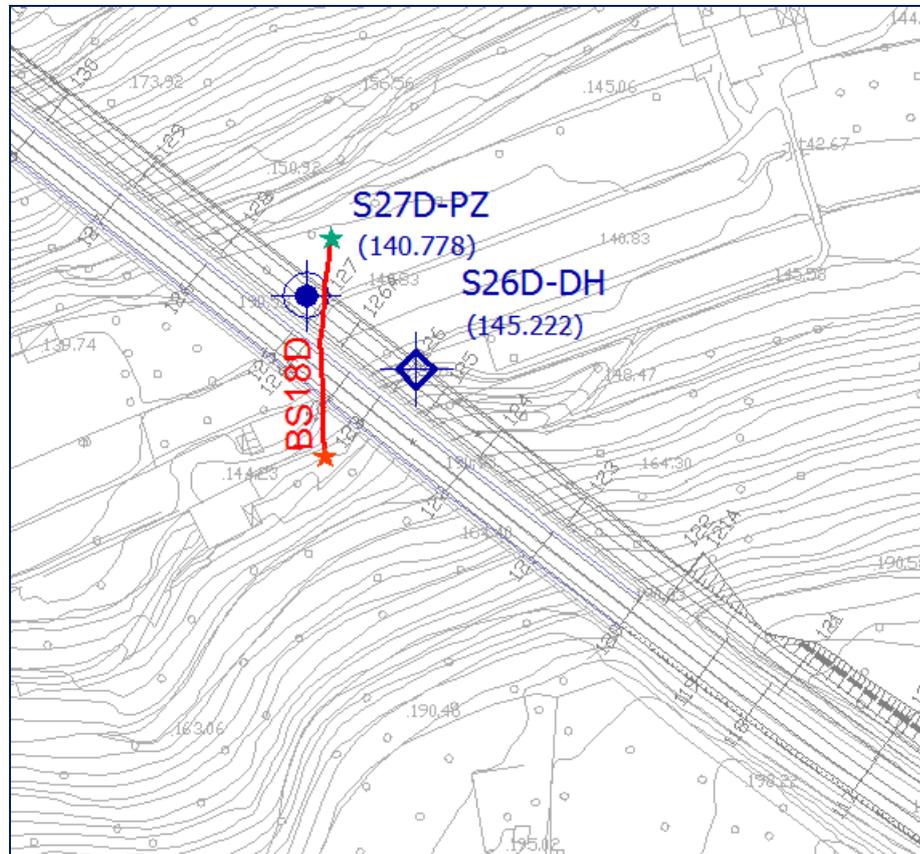


Fig. 2.88 – Intervento S.S. 554 “Cagliaritana” – Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S.125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554).

Stralcio dell'ubicazione indagine.

★ I simboli indicano l'inizio (stella colore ciano) e la fine (stella di colore arancione) del profilo.

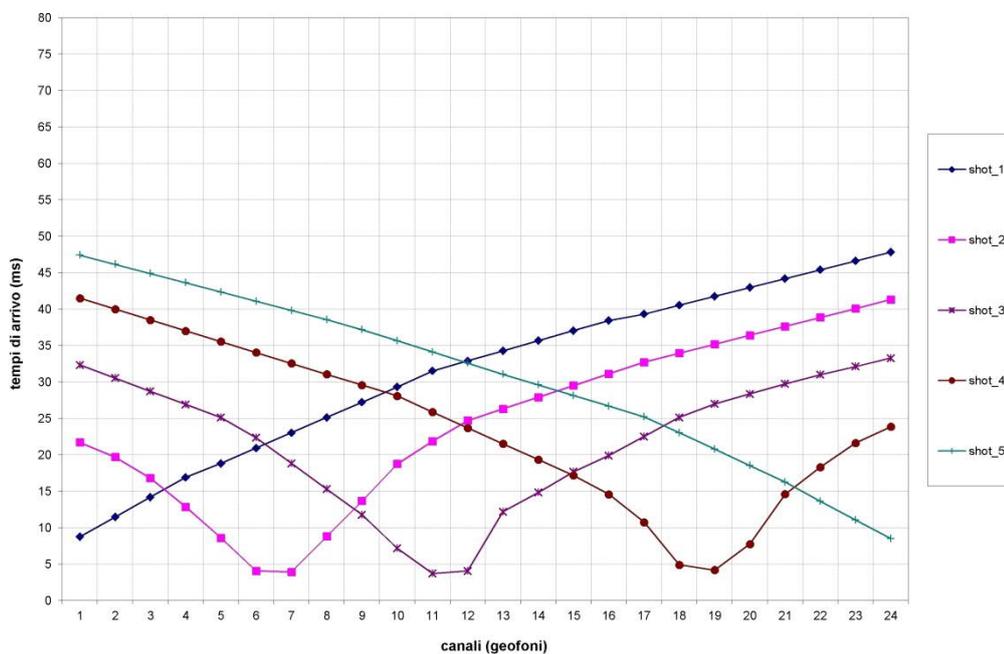


Fig. 2.89 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde P Profilo BS18D. Dromocrone.

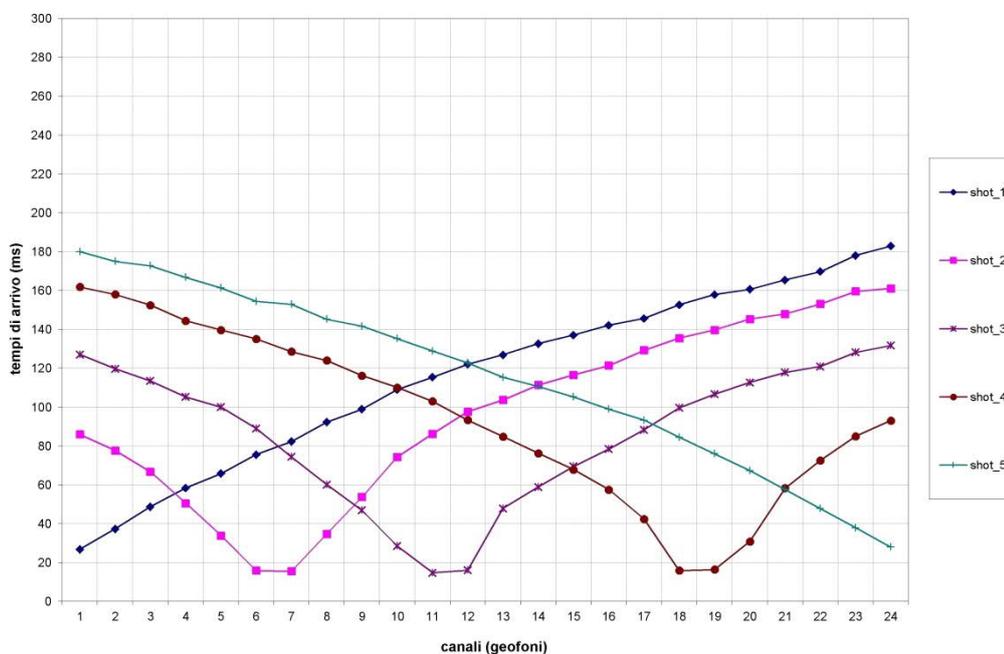


Fig. 2.90 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Tomografia sismica in onde S Profilo BS18D. Dromocrone.

La pseudosezione elaborata per il profilo sismico **BS18D** ha permesso di evidenziare due sismostrati, eccettuato una debole copertura superficiale caratterizzata da terreno di coltivo.

Il primo sismostrato, si attesta ad una profondità massima dal piano campagna pari a circa 4 m, ed è costituito da limo argilloso. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 180 e 360 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 600 e 1.400 m/s.

Il secondo sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da limo argilloso da moderatamente consistente a consistente. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 360 e 720 m/s mentre la velocità delle onde di compressione è compresa tra 1.400 e 2.300 m/s.

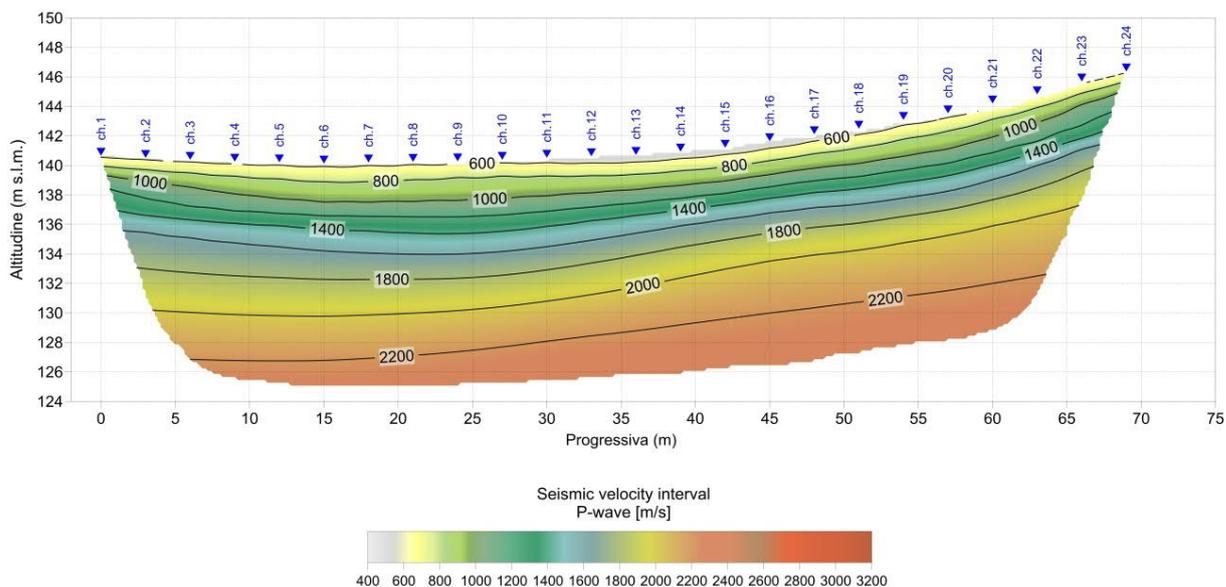


Fig. 2.91 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS18D.

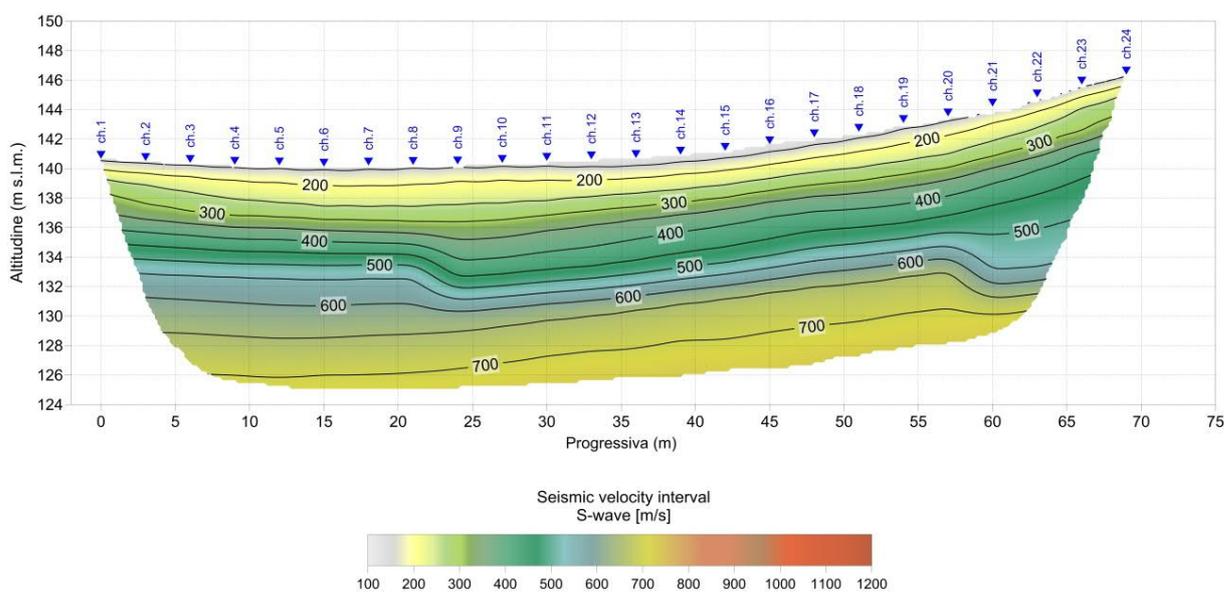


Fig. 2.92 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS18D.

### 3 INDAGINI DOWN-HOLE

#### 3.1 DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA ED ELABORAZIONE DATI

Il metodo sismico in foro down-hole consente di determinare il tempo di propagazione delle onde elastiche di compressione e di taglio,  $P$  ed  $S$ , generate in superficie mediante l'uso di una massa battente, all'interno delle varie unità litologiche che si incontrano lungo una perforazione. In fase esecutiva, per il rilievo delle onde elastiche, si utilizza un sistema di ricezione costituito da geofoni opportunamente assemblati (geofono da pozzo), che viene fissato a profondità man mano crescenti contro le pareti di un perforo, opportunamente condizionato, mediante un sistema pneumatico (Fig. 3.1).

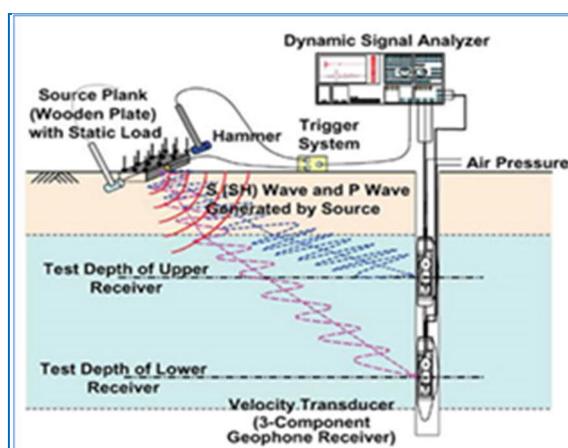


Fig. 3.1 – Schema di sistema di acquisizione per prove sismiche in foro tipo down-hole.

La rilevazione delle onde  $P$  e delle onde  $S$ , nota la profondità dell'apparato di misurazione, permette di determinare le relative velocità di propagazione e di calcolare i moduli elastici dinamici dei litotipi, assunti i valori dei pesi di volume che li caratterizzano.

A differenza della sismica a rifrazione, che misura i tempi di arrivo delle onde sismiche dopo che queste hanno subito fenomeni di rifrazione e/o di riflessione, il metodo down-hole, misurando il tempo di arrivo delle onde elastiche man mano che queste penetrano negli strati più profondi, ha il vantaggio di non avere come condizione necessaria l'aumento della velocità con la profondità; pertanto è sempre possibile valutare eventuali inversioni di velocità nel pacco di litotipi attraversati dall'indagine.

Se la sorgente energizzante è molto prossima all'asse del perforo e le superfici di discontinuità sono perpendicolari a tale asse, il raggio sismico che dalla sorgente si muove verso i geofoni, non subirà alcuna deviazione nell'attraversare le suddette discontinuità.

Se, invece, sia per motivi logistici sia per evitare che l'onda elastica si trasmetta lungo il materiale di condizionamento, la sorgente energizzante viene a trovarsi ad una certa distanza dall'asse del perforo, i tempi di arrivo delle onde devono essere corretti in modo da riportarli ai valori che si sarebbero riscontrati qualora il raggio avesse viaggiato secondo un tragitto verticale.

In fase di elaborazione, per una prima valutazione del grado di disomogeneità delle litologie lungo il profilo verticale, si usa determinare la "velocità intervallo", ovvero la velocità con cui viaggerebbe il fronte d'onda lungo l'asse verticale tra due posizioni consecutive del ricevitore, intervallate da un determinato spessore, rappresentate mediante un diagramma del tipo *step plot*. Successivamente, si determina il profilo di velocità reale lungo la verticale per il pozzo, sia per le onde *P* che per le onde *S*, nell'ipotesi che il sottosuolo sia localmente stratificato. In tal modo, sono costruiti diagrammi "tempi di arrivo corretti - profondità" per procedere all'individuazione di *dromocrone*, laddove ciascuno dei segmenti individua un intervallo di profondità entro cui la velocità dell'onda sismica è costante.

Infine, dalla conoscenza dei valori di velocità di propagazione delle onde *P* ed *S*, in ogni strato, e noti i valori del peso di volume naturale, è possibile determinare i valori dei moduli elastici dinamici tra cui i principali sono il *modulo di Poisson* ( $\nu$ ), *modulo di Taglio* *G* ed il *modulo di Elasticità* o *modulo di Young* (*E*) ed il *modulo di Compressibilità* (*K*).

Modulo di Poisson	$\nu = \frac{0.5 \cdot (V_p/V_s)^2 - 1}{(V_p/V_s)^2 - 1}$	(1)
Modulo di Taglio	$G = \gamma \cdot V_s^2$	(2)
Modulo di Elasticità	$E = V_s^2 \cdot \gamma \cdot \frac{(3V_p^2 - 4V_s^2)}{(V_p^2 - V_s^2)}$	(3)
Modulo di Compressibilità	$K = \gamma \left( V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$	(4)

Al termine della prova si è proceduto all'elaborazione dei dati avvalendosi dei seguenti software specialistici:

- IXSeg2Segy per la visualizzazione dei segnali acquisiti;
- GEOSTRU – Software down-hole per la lettura dei tempi di arrivo ed il calcolo delle velocità intervallo.

L'interpretazione della prospezione down-hole è avvenuta seguendo l'iter descritto:

- analisi dei segnali nel dominio delle frequenze e filtraggio del segnale stesso (se necessario);
- lettura dei tempi di arrivo delle onde *P* ed *S* per le singole registrazioni.

Per quanto concerne le registrazioni ottenute da energizzazione applicata in verticale, è stato determinato il primo arrivo in onde P come mostrato nella figura seguente (Fig. 3.2), in cui, si osserva distintamente il primo arrivo dell'onda di compressione.



Fig. 3.2 - Esempio di onda P e di lettura del primo tempo di arrivo.

Nelle registrazioni ottenute energizzando con percussione orizzontale, per ciascuna profondità d'indagine, sono state sovrapposte le misure conseguenti alla "battuta diretta o destra" (SH-A) e alla "battuta coniugata o inversa o sinistra (SH-B).

Tale metodica ha consentito, tramite l'inversione di fase dell'onda SH, di identificare con maggiore facilità l'onda di taglio e di determinare, con maggior esattezza, il tempo di arrivo (Fig. 3.3).

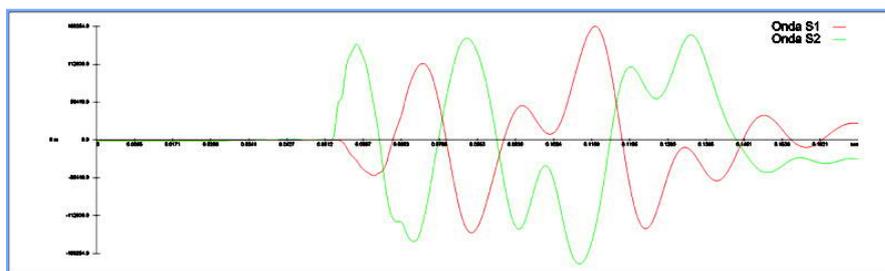


Fig. 3.3 - Esempio di onda S e dell'inversione di fase necessaria per l'individuazione del tempo di arrivo dell'onda di taglio (onda S).

Inoltre, le suddette battute sono state tra loro sottratte in modo da esaltare l'onda di taglio. Con tale metodica le onde di compressione, provocate durante l'energizzazione, con la differenza "battuta diretta-battuta coniugata", si riducono in ampiezza laddove le onde SH (che invertono in polarità a seconda della direzione di battuta) tenderanno, invece, a sommarsi aumentando così d'ampiezza. In definitiva, le metodologie descritte, hanno consentito di individuare più agevolmente il tempo di arrivo delle onde S.

### 3.2 DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Di seguito sono riportate le specifiche della strumentazione utilizzata per la prova down-hole:

- Geofono da pozzo modello “3D Twin Borehole Geophone” della **AMBROGEO**, costituito da una coppia di sensori tridimensionali, distanziati tra loro 1 metro, ciascuno dei quali è composto da una terna di trasduttori di velocità (geofoni) da 10 Hz, orientati secondo una terna cartesiana ortonormale, di cui n.1 sensore verticale (per la rilevazione delle onde P) e n.2 orizzontali (per la rilevazione delle onde SH), questi ultimi due disposti a 90° l'uno con l'altro.
- Trigger, costituito da un dispositivo, collegato al sistema di acquisizione, che permette di avviare la registrazione del segnale sismico acquisito dai geofoni nell'istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica. Il sistema di “innesco” è stato realizzato mediante un geofono di superficie posizionato in prossimità della sorgente e attivato dall'impatto, nell'istante in cui la massa battente colpisce la sorgente.
- Sistema di energizzazione, costituito da una sorgente impattiva. Per la generazione delle onde di compressione è stato utilizzato un martello da 10 kg e un piattello metallico posto al suolo, mentre per la generazione delle onde di taglio è stato utilizzato un parallelepipedo in polietilene ad alta densità, reso solidale con il terreno mediante un carico verticale, sollecitata alle due estremità dalla massa battente (martello). Tale sistema è in grado di produrre onde di taglio polarizzate nel piano orizzontale.

I segnali sismici, sono stati acquisiti mediante un sismografo **MAE X610S** a 24 bits, le cui caratteristiche sono state riportate in precedenza.

### 3.3 DESCRIZIONE DELLE MODALITA' ESECUTIVE

Nell'ambito della commessa in oggetto, come accennato in premessa, sono state eseguite **n.8** prove down-hole la cui ubicazione è riportata nelle tavole allegate.

Di seguito, si riportano le specifiche della prospezione:

Codice Indagine	Profondità dal p.c. (m)	COORDINATE GAUSS-BOAGA con quota dal Piano Campagna		
		Coordinata EST	Coordinata NORD	Quota (m s.l.m. m.)
S01_DH	35	1467701,785	4505005,096	151,911
S03_DH	35	1467562,189	4505249,157	150,149
S07_DH	35	1466669,248	4505777,723	136,601
S14_DH	35	1465484,553	4505640,048	135,693
S16_DH	35	1465030,706	4505652,958	167,414
S24_DH	35	1463172,983	4505322,932	204,916
S25_DH	35	1463001,345	4505387,751	203,141
S26_DH	30	1462645,489	4505681,229	145,222

*Tab. 3.1 – Intervento “Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)”. Indagini sismiche in foro down-hole.*

Le indagini sono state eseguite sino alle profondità riportate in tabella, acquisendo i segnali relativi ad onde elastiche, mediante un sistema di rilevamento composto da 2 triplette di geofoni, distanziate di 1 metro, ognuna equipaggiata con un geofono a componente verticale (per la rilevazione delle onde *P*) e 2 geofoni a componente orizzontale (per la rilevazione delle onde *S*). Questi ultimi risultano disposti, all'interno del dispositivo, in maniera da formare un angolo di 90°. Tale disposizione, consente l'acquisizione e, successivamente, la corretta determinazione delle onde *S*, a prescindere dall'orientamento nel foro del sistema di rilevamento rispetto al punto di battuta.

### 3.4 RISULTANZE DELL'INDAGINE DOWN-HOLE

Per la prova in oggetto, sono stati visualizzati i singoli sismogrammi per la determinazione dei tempi di arrivo delle onde "P" ed "SH" (picking) ed, al termine del processo di lettura, nota la profondità dei sensori, sono state calcolate le velocità di propagazione delle onde elastiche, per ogni intervallo di profondità.

Si è, quindi, proceduto all'elaborazione dei dati secondo il duplice criterio descritto nei paragrafi precedenti, ossia adottando il metodo diretto ed il metodo intervallo, riportando, nel primo caso, i diagrammi "tempi di arrivo verticale (o corretti) – profondità" ovvero le dromocrone, in cui i valori di velocità "media" sono stati determinati in base al coefficiente angolare dei singoli tratti "congruenti" di dromocrona.

Secondo il metodo intervallo, è stata stimata la velocità intervallo delle onde sismiche, riportando in grafico il diagramma "velocità intervallo – profondità".

Di seguito, oltre ai citati diagrammi, si riportano le tabelle numeriche riepilogative contenenti: 1) i valori dei tempi letti e corretti misurati; 2) le velocità calcolate, per ciascun intervallo di profondità, sia delle onde P che delle onde S; 3) la profondità, la distanza e le altre caratteristiche geometriche del sistema di ricezione.

I siti di energizzazione sono stati posizionati nei pressi di ciascun perforo ed i segnali sismici sono stati acquisiti posizionando il geofono da pozzo a passi di un metro e vincolando lo stesso alle pareti del perforo mediante espansione di un sistema di pistoni.

Di seguito, per ciascuna indagine, si riportano le seguenti informazioni / elaborazioni:

- determinazione dei tempi di arrivo delle onde P ed S;
- determinazione della velocità di propagazione delle onde P ed S, per ogni metro di profondità;
- determinazione dei valori dei moduli elastici<sup>1</sup> ovvero del coefficiente di Poisson ( $\nu$ ) e dei parametri elastici G, E, K in forma tabellare e grafica.

---

<sup>1</sup> I valore dei pesi di volume (o gamma naturale), è stato attribuito in base a prove di laboratorio.

3.4.1 S01-DH

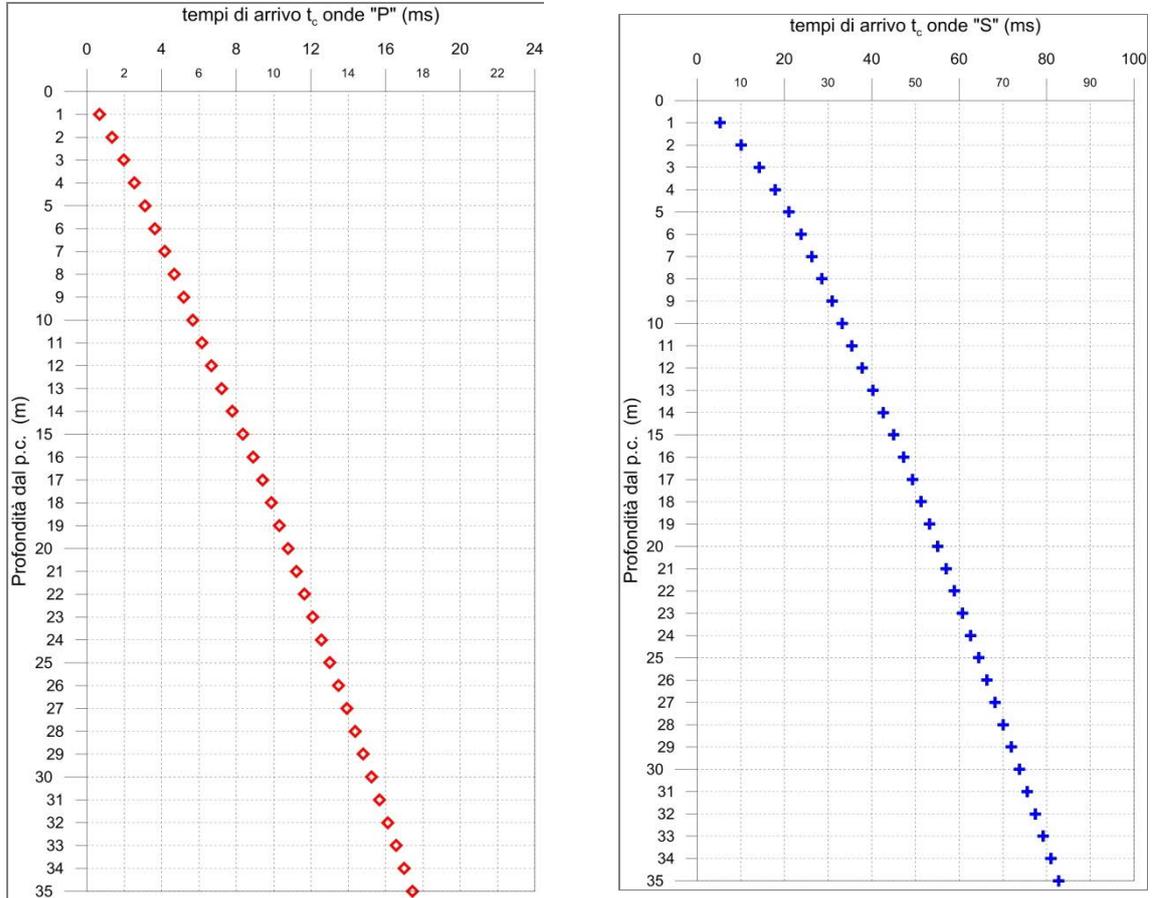


Fig. 3.4 - A sinistra, diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo delle onde "P", in funzione della profondità dal p.c. A destra, diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo delle onde "S", in funzione della profondità dal p.c.

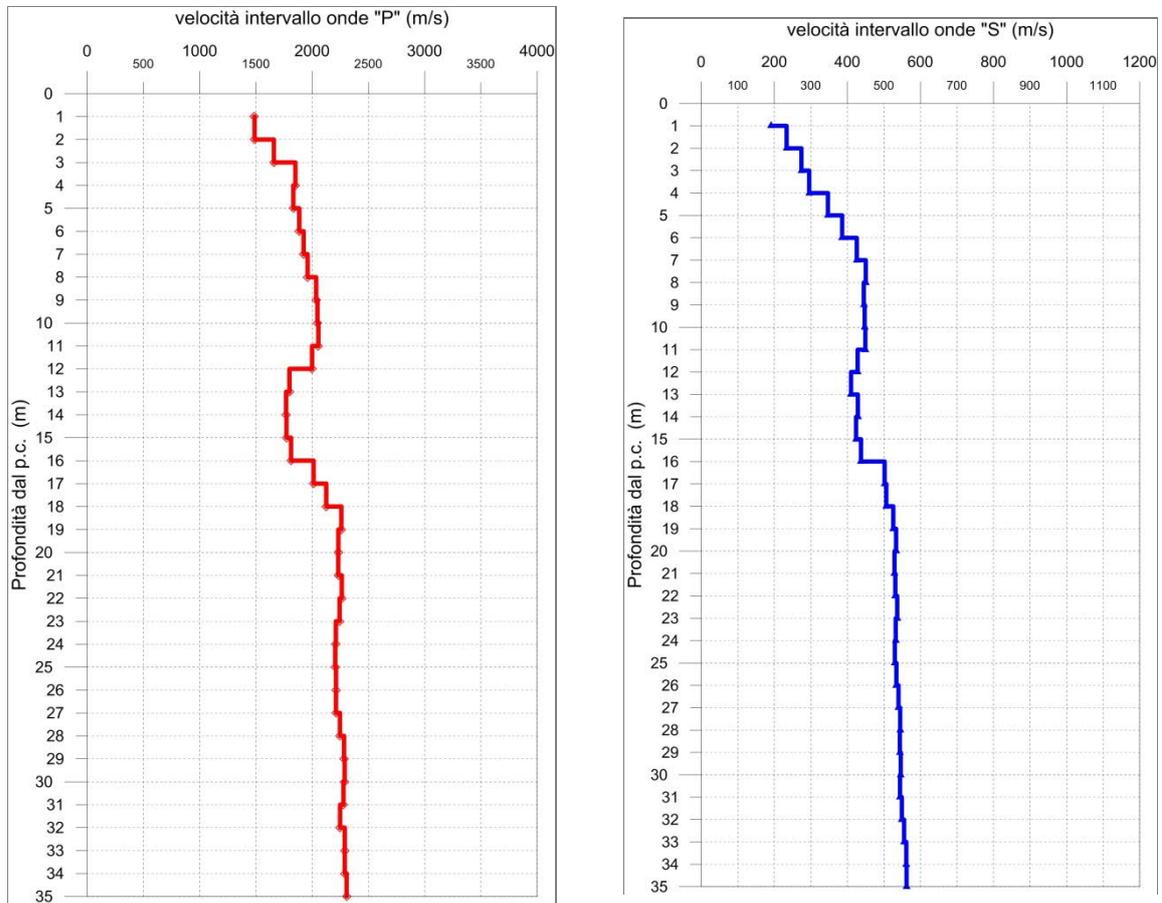


Fig. 3.5 - A sinistra, diagramma relativo all'andamento delle velocità intervallo delle onde "P", in funzione della profondità dal p.c. A destra, diagramma relativo all'andamento delle velocità intervallo delle onde "S", in funzione della profondità dal p.c.

Profondità (m dal p.c.)	tempi osservati $t_o$ "P" (ms)	tempi osservati $t_o$ "S" (ms)	tempi corretti $t_c$ "P" (ms)	tempi corretti $t_c$ "S" (ms)	velocità Intervallo Vp (m/s)	velocità Intervallo Vs (m/s)	Vp/Vs	Poisson (n)	$\gamma_n$ gamma NATURALE	G Mpa	E Mpa	K Mpa
1	1,51	11,68	0,67	5,22	1484	191	7,7	0,49	1,55	57	170	3337
2	1,91	14,21	1,35	10,05	1487	234	6,4	0,49	1,85	101	300	3957
3	2,37	17,05	1,98	14,19	1659	274	6,1	0,49	1,85	139	413	4909
4	2,84	19,99	2,54	17,88	1850	295	6,3	0,49	1,85	161	479	6119
5	3,34	22,62	3,10	21,00	1832	346	5,3	0,48	1,85	222	658	5914
6	3,84	25,06	3,64	23,77	1885	386	4,9	0,48	1,85	275	814	6207
7	4,34	27,30	4,17	26,25	1924	426	4,5	0,47	1,90	344	1014	6573
8	4,83	29,45	4,68	28,57	1959	450	4,4	0,47	1,90	385	1134	6778
9	5,31	31,64	5,18	30,88	2036	445	4,6	0,47	1,90	376	1109	7371
10	5,78	33,83	5,67	33,17	2046	447	4,6	0,47	1,90	380	1120	7449
11	6,26	36,01	6,16	35,43	2055	449	4,6	0,47	1,90	383	1129	7511
12	6,76	38,32	6,66	37,79	1998	428	4,7	0,48	1,90	348	1027	7124
13	7,31	40,72	7,22	40,25	1797	410	4,4	0,47	1,90	319	940	5709
14	7,87	43,03	7,79	42,60	1768	428	4,1	0,47	1,90	349	1024	5472
15	8,42	45,37	8,35	44,97	1771	424	4,2	0,47	1,90	341	1002	5502
16	8,97	47,64	8,90	47,27	1811	437	4,1	0,47	1,90	363	1067	5751
17	9,47	49,62	9,40	49,28	2012	502	4,0	0,47	2,10	528	1550	7793
18	9,93	51,58	9,87	51,27	2125	506	4,2	0,47	2,10	538	1583	8763
19	10,37	53,47	10,32	53,18	2259	525	4,3	0,47	2,10	580	1705	9939
20	10,82	55,34	10,77	55,07	2232	533	4,2	0,47	2,10	597	1755	9670
21	11,27	57,22	11,21	56,96	2232	529	4,2	0,47	2,10	588	1728	9674
22	11,71	59,10	11,66	58,85	2263	531	4,3	0,47	2,10	592	1741	9965
23	12,15	60,96	12,10	60,73	2243	536	4,2	0,47	2,10	604	1775	9764
24	12,60	62,83	12,56	62,61	2209	532	4,2	0,47	2,10	595	1749	9457
25	13,05	64,71	13,01	64,50	2205	530	4,2	0,47	2,10	589	1731	9425
26	13,50	66,58	13,46	66,38	2211	534	4,1	0,47	2,10	599	1760	9463
27	13,95	68,42	13,92	68,24	2211	540	4,1	0,47	2,10	612	1798	9450
28	14,40	70,25	14,36	70,08	2246	544	4,1	0,47	2,10	623	1829	9766
29	14,84	72,09	14,80	71,92	2283	543	4,2	0,47	2,10	620	1823	10116
30	15,27	73,92	15,24	73,75	2288	546	4,2	0,47	2,10	626	1839	10162
31	15,71	75,75	15,68	75,59	2278	544	4,2	0,47	2,10	621	1827	10071
32	16,15	77,57	16,12	77,42	2248	549	4,1	0,47	2,05	618	1814	9534
33	16,59	79,37	16,56	79,22	2289	555	4,1	0,47	2,05	632	1855	9901
34	17,03	81,15	17,00	81,01	2290	561	4,1	0,47	2,05	645	1895	9885
35	17,46	82,92	17,43	82,79	2306	562	4,1	0,47	2,05	647	1900	10035

Tab. 3.2 – Intervento "Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)". Indagine down-hole S01-DH.

Riepilogo dei valori dei tempi di arrivo delle onde P ed S,  
 dei valori delle velocità intervallo delle onde P ed S e dei moduli dinamici.

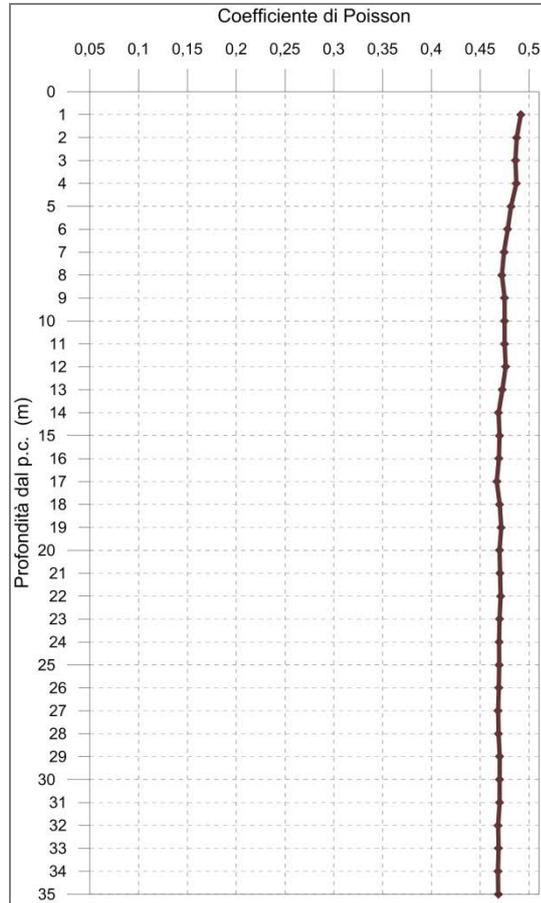
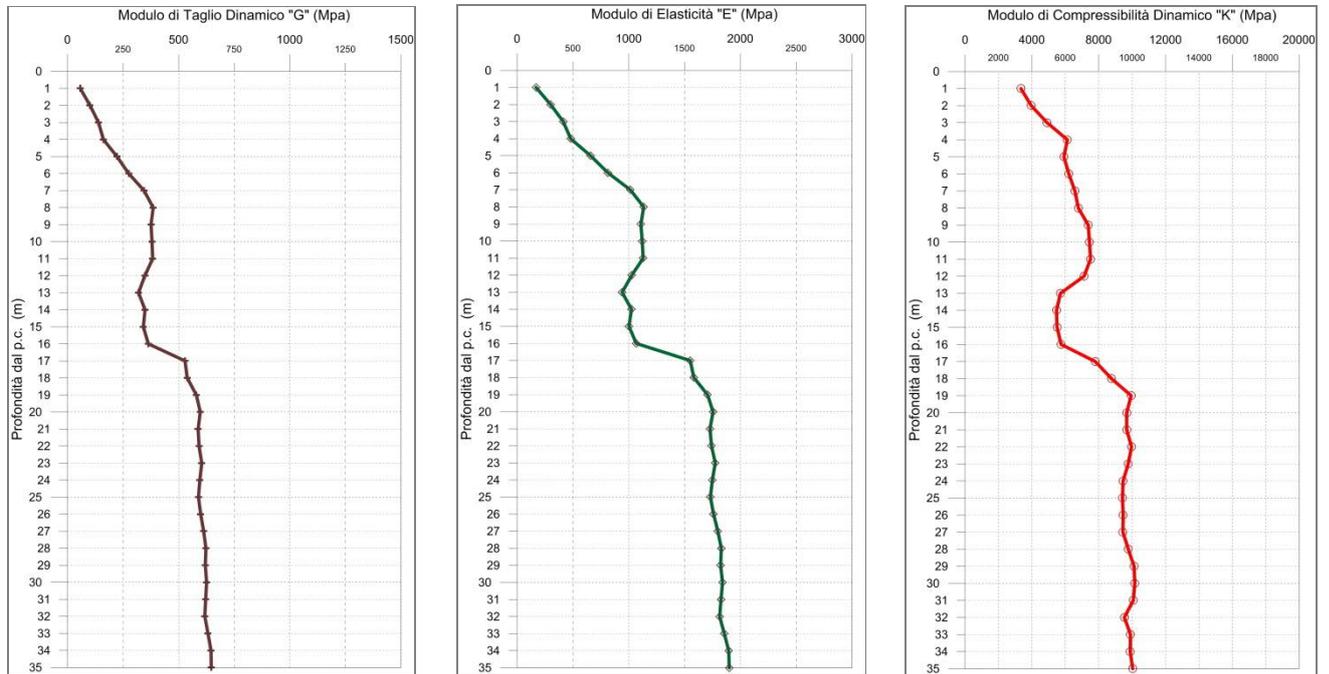


Fig. 3.6 - Diagramma relativo all'andamento del coefficiente di Poisson in funzione della profondità dal p.c..



*Fig. 3.7 - A sinistra, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "G" in funzione della profondità dal p.c. Al centro, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "E" in funzione della profondità dal p.c. A destra, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "K" in funzione della profondità dal p.c.*

3.4.2 S03-DH

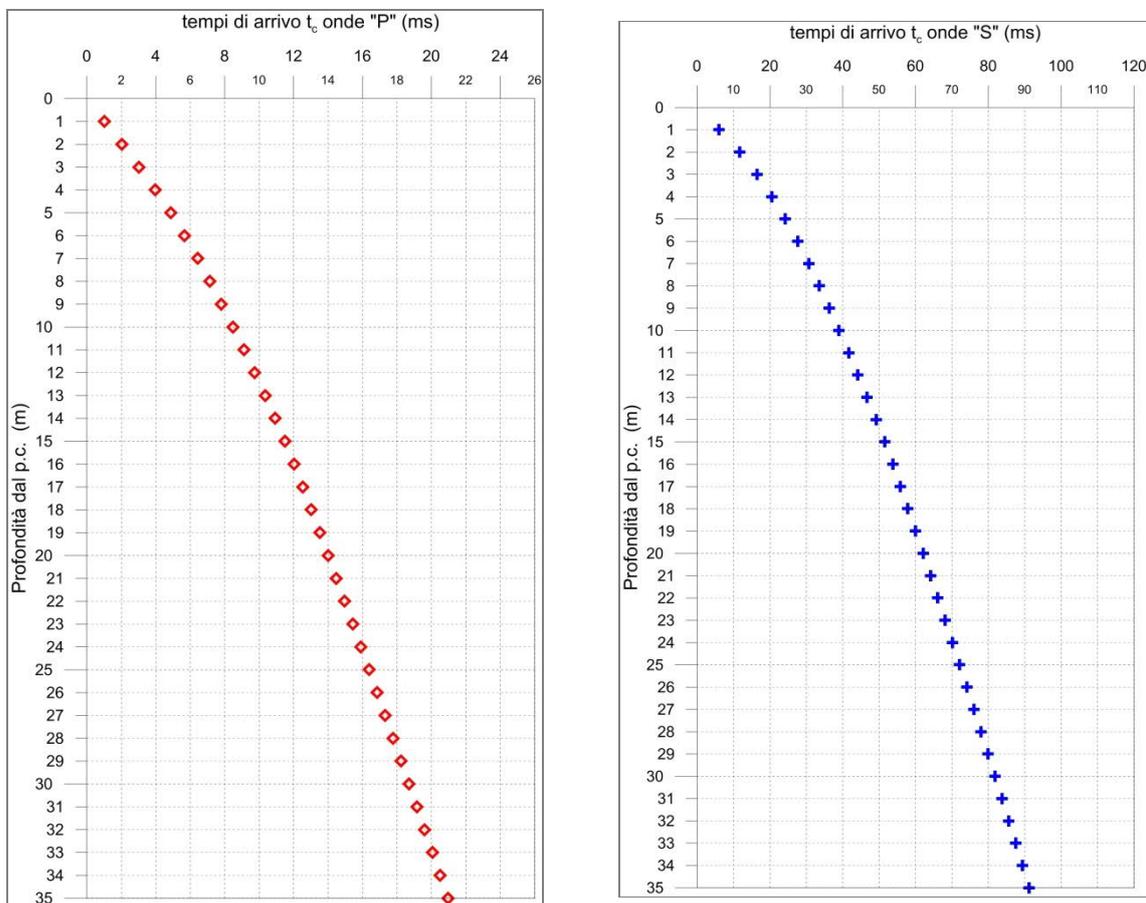


Fig. 3.8 - A sinistra, diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo delle onde "P", in funzione della profondità dal p.c. A destra, diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo delle onde "S", in funzione della profondità dal p.c.

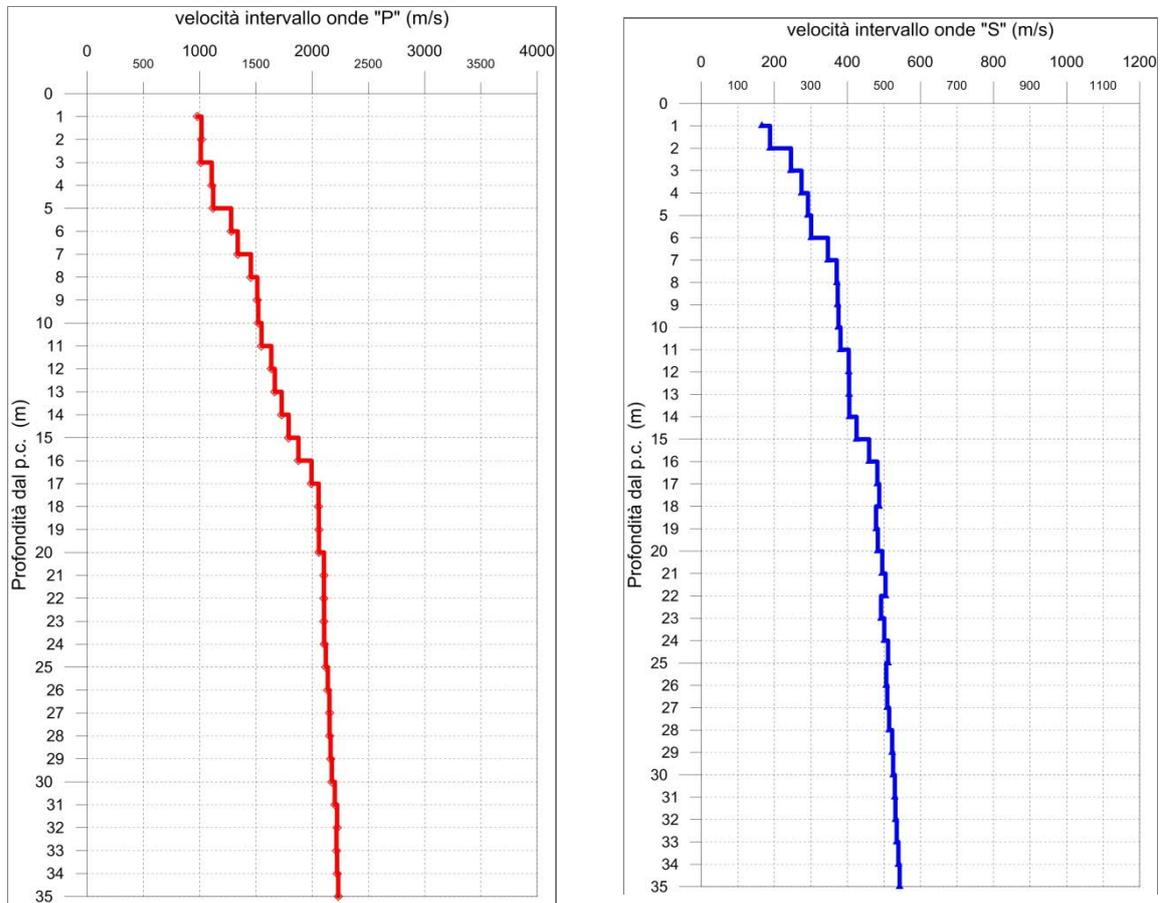


Fig. 3.9 - A sinistra, diagramma relativo all'andamento delle velocità intervallo delle onde "P", in funzione della profondità dal p.c. A destra, diagramma relativo all'andamento delle velocità intervallo delle onde "S", in funzione della profondità dal p.c.

Profondità (m dal p.c.)	tempi osservati $t_o$ "P" (ms)	tempi osservati $t_o$ "S" (ms)	tempi corretti $t_c$ "P" (ms)	tempi corretti $t_c$ "S" (ms)	velocità Intervallo Vp (m/s)	velocità Intervallo Vs (m/s)	Vp/Vs	Poisson (n)	$\gamma_n$ gamma NATURALE	G Mpa	E Mpa	K Mpa
1	2,29	13,45	1,02	6,02	978	166	5,9	0,49	1,55	43	127	1426
2	2,87	16,60	2,03	11,74	1015	188	5,4	0,48	1,85	65	194	1820
3	3,64	19,77	3,03	16,45	1010	245	4,1	0,47	1,85	111	327	1739
4	4,42	22,93	3,96	20,51	1106	274	4,0	0,47	1,85	139	409	2078
5	5,24	26,05	4,86	24,19	1120	292	3,8	0,46	1,85	158	462	2109
6	5,97	29,18	5,67	27,68	1279	300	4,3	0,47	1,85	167	491	2802
7	6,69	31,94	6,43	30,71	1338	347	3,9	0,46	1,80	216	633	2936
8	7,35	34,55	7,13	33,51	1455	371	3,9	0,47	1,80	247	725	3481
9	7,99	37,15	7,80	36,27	1511	373	4,0	0,47	1,80	251	737	3777
10	8,64	39,76	8,47	38,99	1519	375	4,0	0,47	1,80	254	744	3817
11	9,27	42,34	9,12	41,65	1550	381	4,1	0,47	1,80	261	767	3974
12	9,87	44,78	9,74	44,17	1636	403	4,1	0,47	1,85	301	884	4548
13	10,47	47,22	10,35	46,67	1667	404	4,1	0,47	1,85	302	889	4737
14	11,04	49,66	10,93	49,16	1728	405	4,3	0,47	1,85	304	893	5122
15	11,59	51,99	11,49	51,54	1791	425	4,2	0,47	1,85	334	982	5487
16	12,12	54,15	12,03	53,74	1878	459	4,1	0,47	2,00	422	1239	6491
17	12,62	56,21	12,53	55,83	1993	482	4,1	0,47	2,00	465	1365	7328
18	13,10	58,25	13,02	57,90	2057	487	4,2	0,47	2,00	475	1396	7826
19	13,58	60,33	13,51	60,00	2058	478	4,3	0,47	2,00	457	1345	7861
20	14,07	62,39	14,00	62,08	2059	483	4,3	0,47	2,00	467	1373	7858
21	14,54	64,40	14,48	64,11	2104	495	4,2	0,47	2,00	491	1443	8201
22	15,01	66,38	14,95	66,10	2105	504	4,2	0,47	2,00	509	1495	8181
23	15,49	68,40	15,43	68,14	2105	492	4,3	0,47	2,00	484	1424	8220
24	15,96	70,39	15,91	70,15	2107	501	4,2	0,47	2,00	502	1475	8206
25	16,43	72,34	16,38	72,11	2120	511	4,1	0,47	2,00	523	1536	8293
26	16,90	74,31	16,85	74,09	2139	506	4,2	0,47	2,00	512	1507	8466
27	17,36	76,27	17,31	76,06	2153	509	4,2	0,47	2,00	518	1523	8582
28	17,82	78,21	17,78	78,01	2154	514	4,2	0,47	2,00	529	1555	8575
29	18,28	80,12	18,24	79,93	2163	522	4,1	0,47	2,00	546	1604	8633
30	18,74	82,02	18,70	81,83	2174	525	4,1	0,47	2,00	552	1621	8718
31	19,20	83,90	19,16	83,73	2201	530	4,2	0,47	2,05	575	1690	9163
32	19,65	85,78	19,61	85,61	2221	531	4,2	0,47	2,05	579	1701	9338
33	20,10	87,65	20,06	87,48	2216	535	4,1	0,47	2,05	586	1723	9281
34	20,55	89,50	20,51	89,34	2221	539	4,1	0,47	2,05	597	1752	9319
35	20,99	91,34	20,96	91,19	2231	543	4,1	0,47	2,05	604	1774	9397

Tab. 3.3 – Intervento "Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)". Indagine down-hole S03-DH.

Riepilogo dei valori dei tempi di arrivo delle onde P ed S,  
 dei valori delle velocità intervallo delle onde P ed S e dei moduli dinamici.

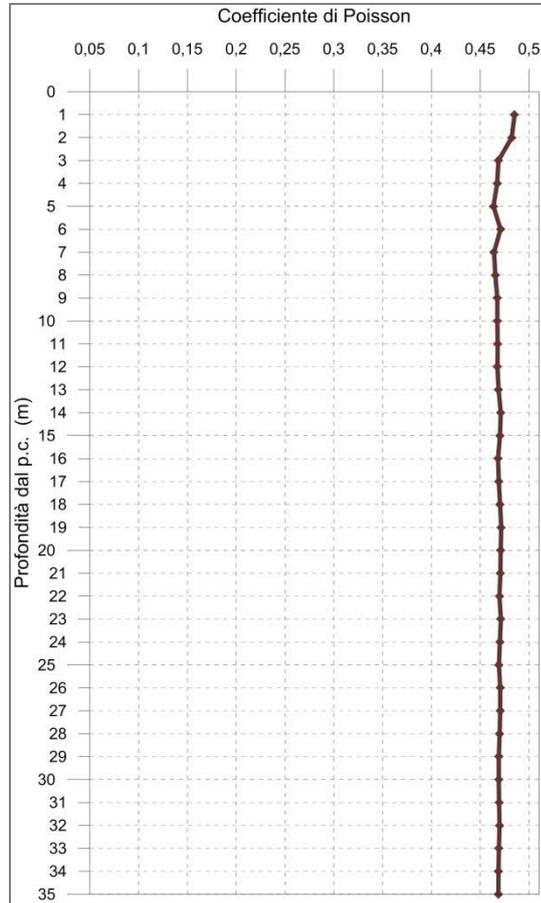
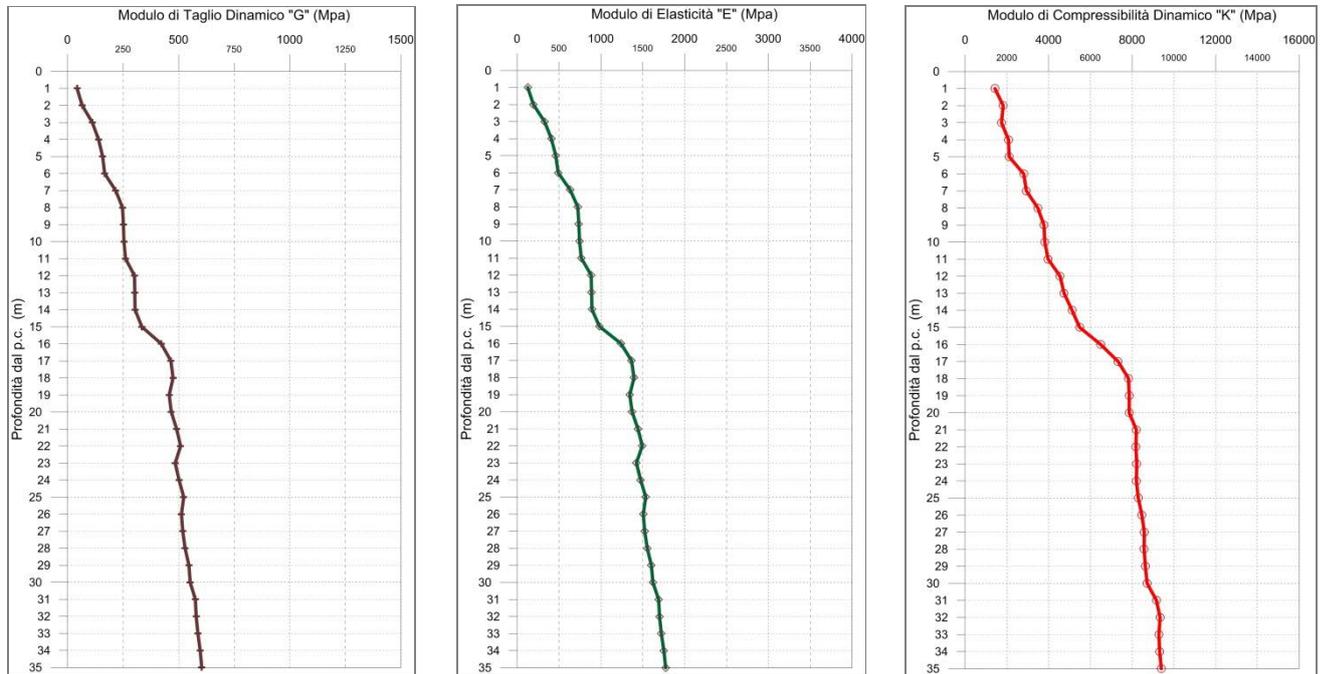


Fig. 3.10 - Diagramma relativo all'andamento del coefficiente di Poisson in funzione della profondità dal p.c..



*Fig. 3.11 - A sinistra, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "G" in funzione della profondità dal p.c. Al centro, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "E" in funzione della profondità dal p.c. A destra, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "K" in funzione della profondità dal p.c.*

3.4.3 S07-DH

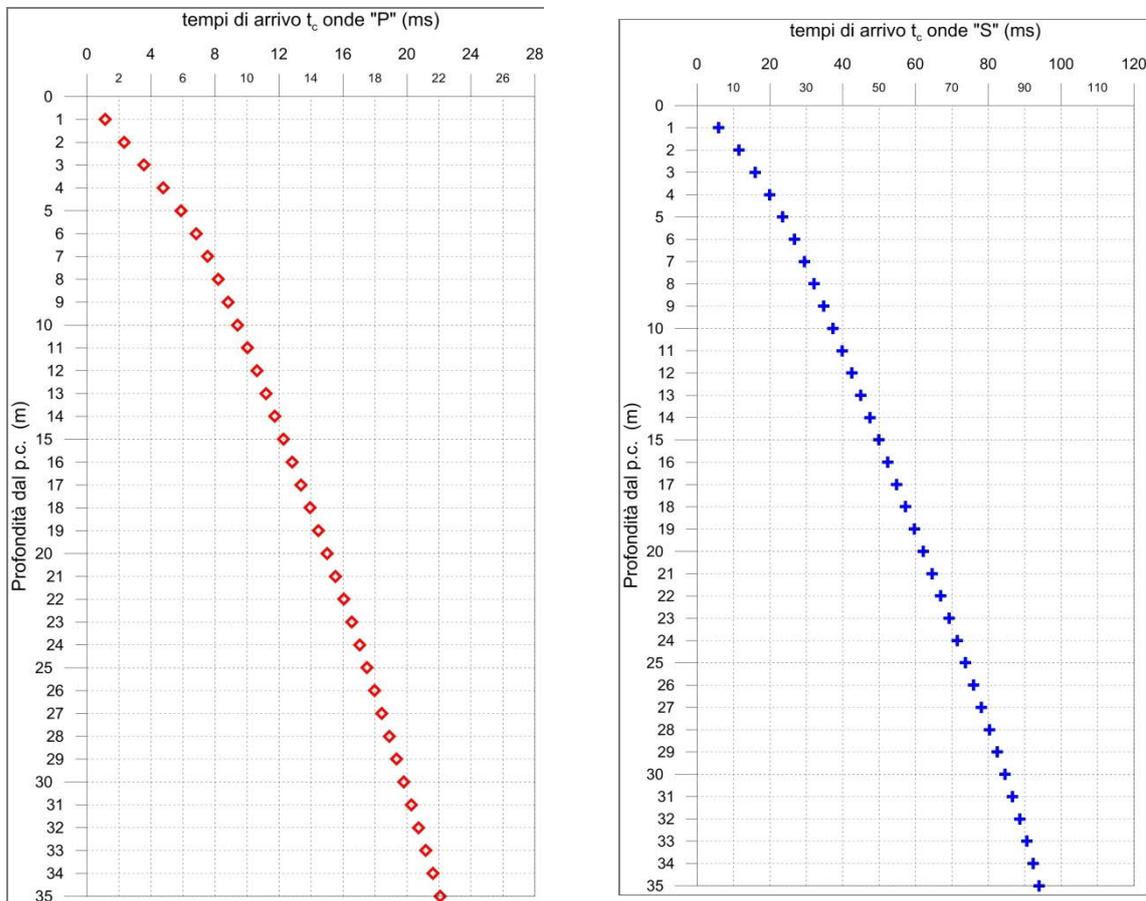


Fig. 3.12 - A sinistra, diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo delle onde "P", in funzione della profondità dal p.c. A destra, diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo delle onde "S", in funzione della profondità dal p.c.

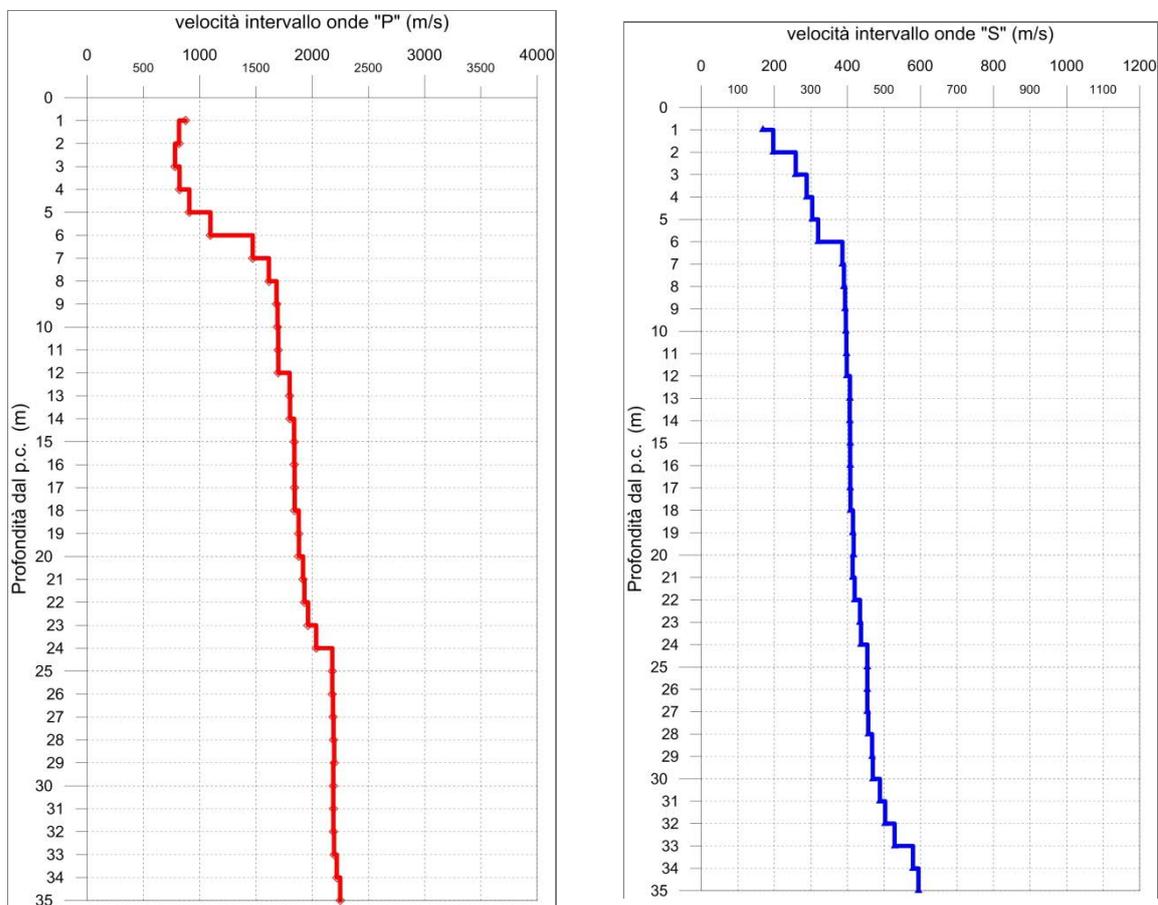


Fig. 3.13 - A sinistra, diagramma relativo all'andamento delle velocità intervallo delle onde "P", in funzione della profondità dal p.c. A destra, diagramma relativo all'andamento delle velocità intervallo delle onde "S", in funzione della profondità dal p.c.

Profondità (m dal p.c.)	tempi osservati $t_o$ "P" (ms)	tempi osservati $t_o$ "S" (ms)	tempi corretti $t_c$ "P" (ms)	tempi corretti $t_c$ "S" (ms)	velocità Intervallo Vp (m/s)	velocità Intervallo Vs (m/s)	Vp/Vs	Poisson (n)	$\gamma_n$ gamma NATURALE	G Mpa	E Mpa	K Mpa
1	2,56	13,23	1,14	5,92	874	169	5,2	0,48	1,80	51	152	1307
2	3,28	16,24	2,32	11,48	815	197	4,1	0,47	1,80	70	205	1104
3	4,28	19,24	3,56	16,01	780	258	3,0	0,44	1,80	120	346	934
4	5,34	22,25	4,77	19,90	820	288	2,8	0,43	1,80	150	428	1012
5	6,34	25,26	5,89	23,45	907	304	3,0	0,44	1,80	166	477	1260
6	7,20	28,19	6,83	26,75	1095	320	3,4	0,45	1,80	184	535	1915
7	7,85	30,67	7,55	29,49	1471	386	3,8	0,46	2,00	298	873	3930
8	8,45	33,14	8,20	32,15	1614	390	4,1	0,47	2,00	305	896	4804
9	9,03	35,62	8,81	34,77	1682	393	4,3	0,47	2,00	309	911	5248
10	9,61	38,09	9,42	37,35	1691	395	4,3	0,47	2,00	313	920	5304
11	10,19	40,56	10,02	39,91	1698	397	4,3	0,47	2,00	315	928	5346
12	10,77	43,04	10,62	42,45	1699	398	4,3	0,47	2,00	317	932	5350
13	11,31	45,47	11,18	44,94	1799	407	4,4	0,47	1,90	315	927	5731
14	11,86	47,90	11,74	47,42	1803	406	4,4	0,47	1,90	314	925	5757
15	12,40	50,33	12,29	49,89	1839	407	4,5	0,47	1,90	315	929	6003
16	12,94	52,77	12,84	52,36	1841	407	4,5	0,47	1,90	315	930	6017
17	13,48	55,20	13,39	54,82	1843	408	4,5	0,47	1,90	316	932	6031
18	14,02	57,63	13,93	57,28	1844	408	4,5	0,47	1,90	317	934	6038
19	14,55	60,03	14,47	59,70	1880	415	4,5	0,47	1,90	328	966	6279
20	15,08	62,41	15,00	62,10	1882	417	4,5	0,47	1,90	331	975	6286
21	15,59	64,81	15,52	64,52	1918	414	4,6	0,48	1,90	326	963	6558
22	16,11	67,19	16,04	66,91	1930	420	4,6	0,48	1,90	335	987	6634
23	16,62	69,48	16,56	69,22	1963	434	4,5	0,47	1,90	358	1056	6844
24	17,11	71,76	17,05	71,51	2035	437	4,7	0,48	1,90	363	1072	7385
25	17,56	73,95	17,51	73,72	2179	454	4,8	0,48	1,90	392	1160	8494
26	18,02	76,15	17,97	75,92	2179	455	4,8	0,48	1,90	393	1160	8495
27	18,48	78,34	18,43	78,13	2184	454	4,8	0,48	1,90	392	1160	8542
28	18,93	80,52	18,89	80,32	2189	457	4,8	0,48	1,90	397	1172	8577
29	19,39	82,66	19,34	82,46	2194	468	4,7	0,48	1,90	416	1227	8595
30	19,85	84,78	19,80	84,59	2187	469	4,7	0,48	1,90	418	1235	8534
31	20,30	86,82	20,26	86,64	2188	489	4,5	0,47	1,90	454	1339	8489
32	20,76	88,81	20,72	88,63	2189	503	4,3	0,47	1,90	481	1417	8459
33	21,21	90,69	21,17	90,53	2194	529	4,1	0,47	1,90	532	1564	8433
34	21,66	92,42	21,62	92,26	2218	579	3,8	0,46	2,00	671	1965	8946
35	22,11	94,10	22,07	93,94	2248	594	3,8	0,46	2,00	706	2066	9170

Tab. 3.4 – Intervento "Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)". Indagine down-hole S07-DH.

Riepilogo dei valori dei tempi di arrivo delle onde P ed S,  
 dei valori delle velocità intervallo delle onde P ed S e dei moduli dinamici.

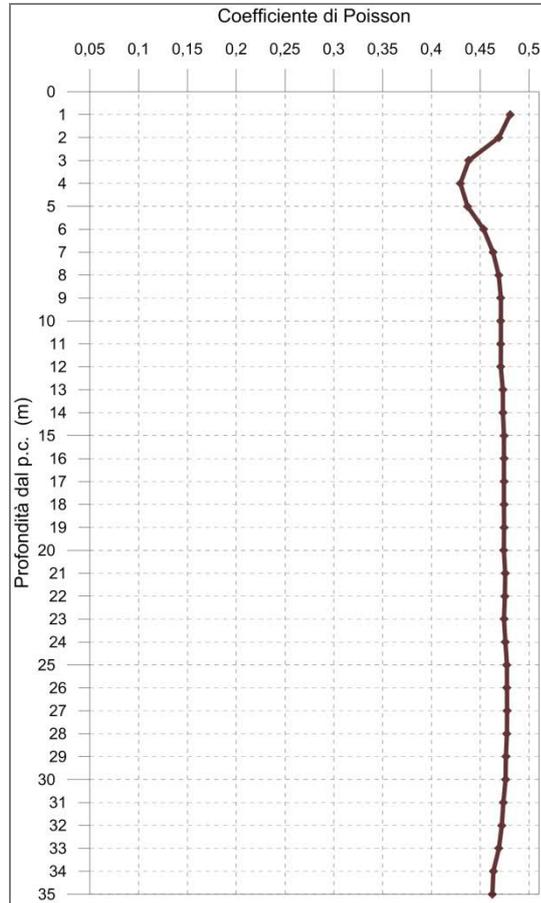
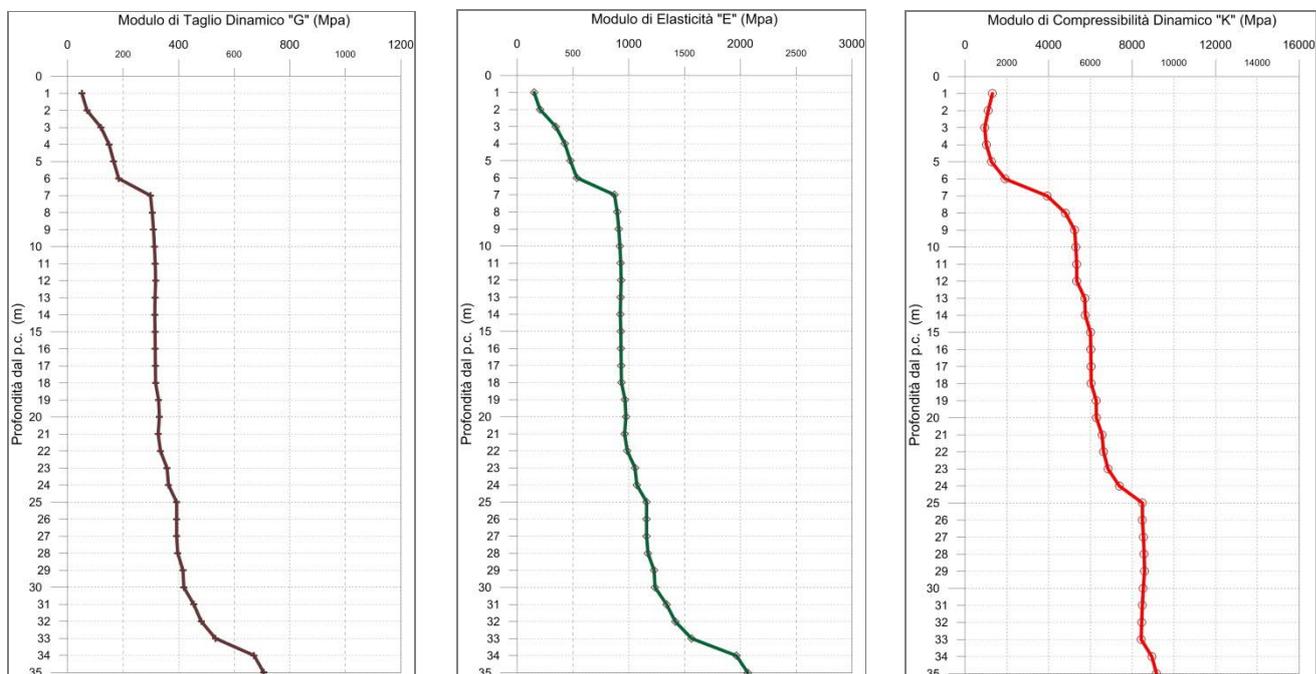


Fig. 3.14 - Diagramma relativo all'andamento del coefficiente di Poisson in funzione della profondità dal p.c..



*Fig. 3.15 - A sinistra, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "G" in funzione della profondità dalla p.c. Al centro, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "E" in funzione della profondità dalla p.c. A destra, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "K" in funzione della profondità dalla p.c.*

3.4.4 S14-DH

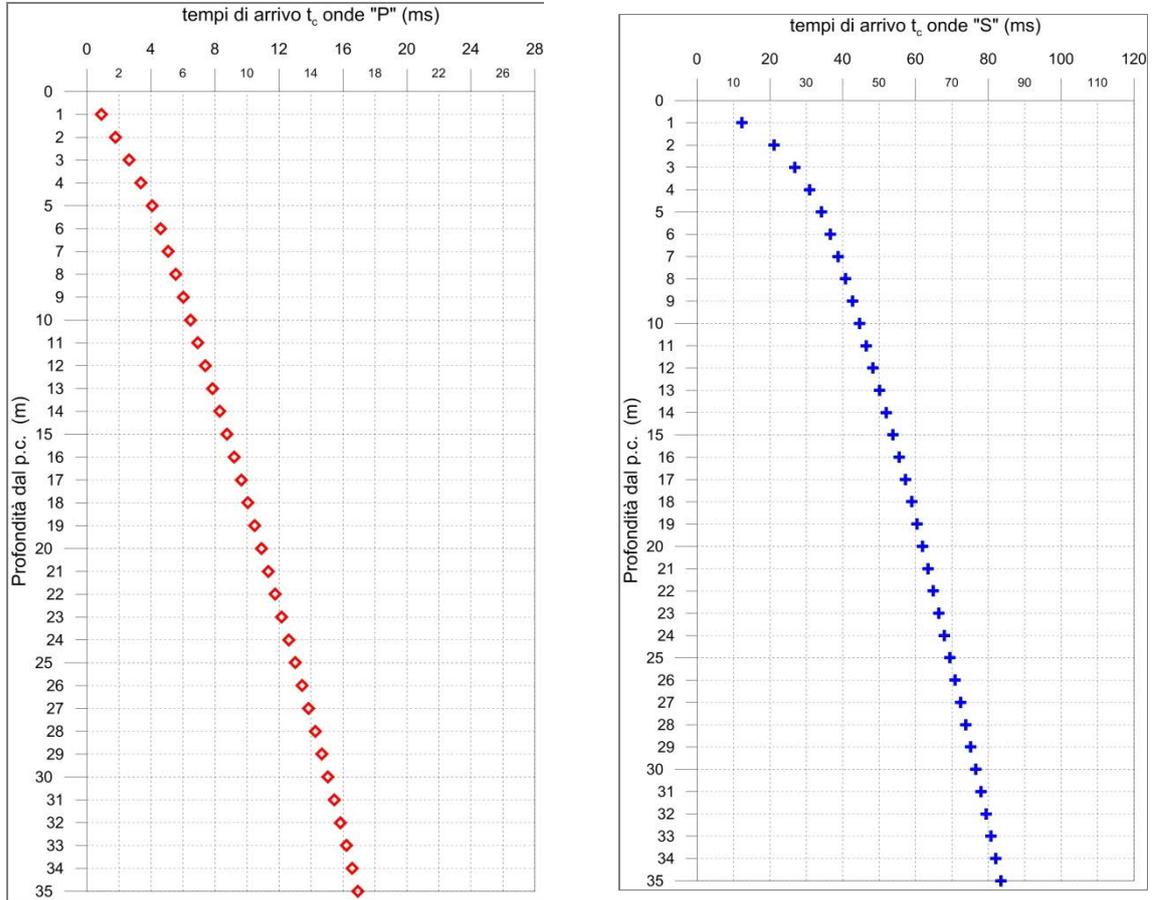


Fig. 3.16 - A sinistra, diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo delle onde "P", in funzione della profondità dal p.c. A destra, diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo delle onde "S", in funzione della profondità dal p.c.

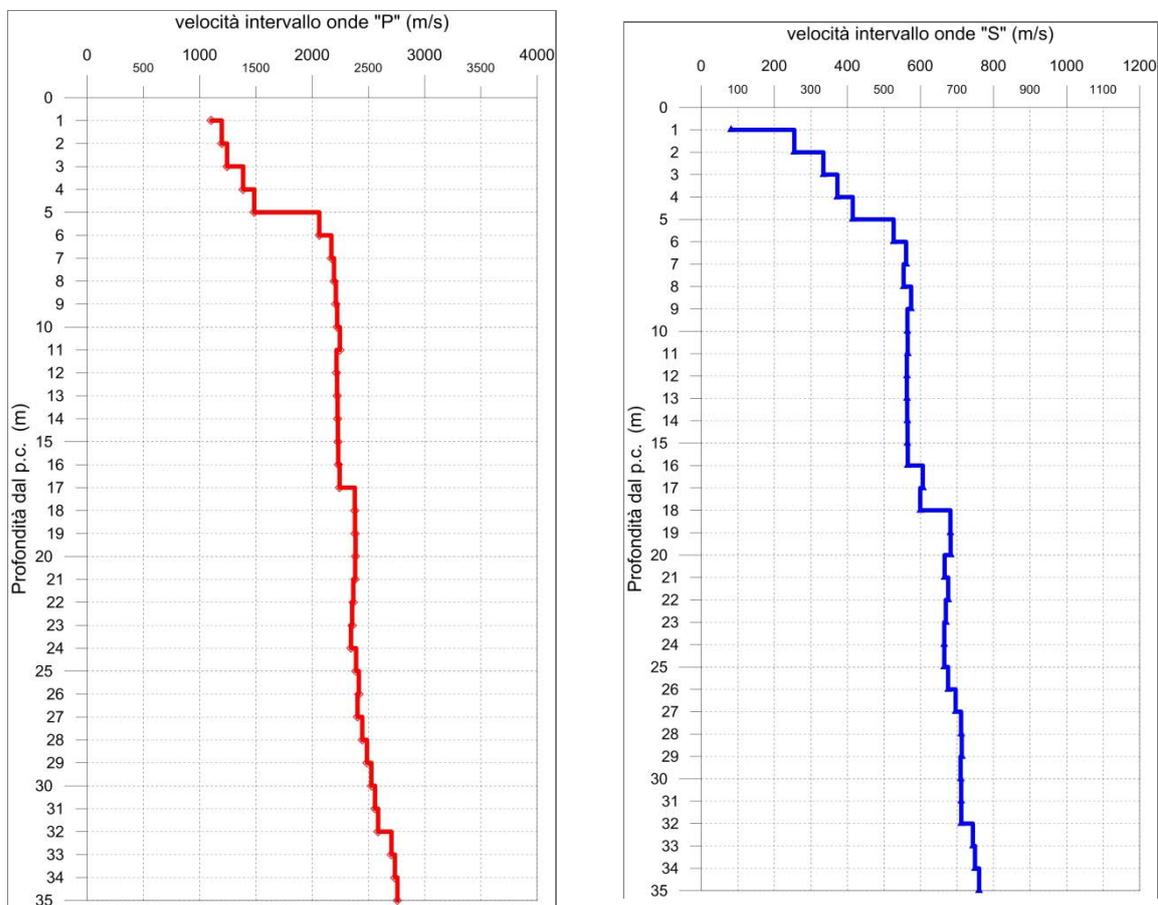


Fig. 3.17 - A sinistra, diagramma relativo all'andamento delle velocità intervallo delle onde "P", in funzione della profondità dal p.c. A destra, diagramma relativo all'andamento delle velocità intervallo delle onde "S", in funzione della profondità dal p.c.

Profondità (m dal p.c.)	tempi osservati $t_o$ "P" (ms)	tempi osservati $t_o$ "S" (ms)	tempi corretti $t_c$ "P" (ms)	tempi corretti $t_c$ "S" (ms)	velocità Intervallo Vp (m/s)	velocità Intervallo Vs (m/s)	Vp/Vs	Poisson (n)	$\gamma_n$ gamma NATURALE	G Mpa	E Mpa	K Mpa
1	2,03	27,62	0,91	12,35	1102	81	13,6	0,50	1,55	10	30	1869
2	2,52	29,94	1,79	21,17	1195	255	4,7	0,48	1,85	120	354	2484
3	3,15	32,27	2,62	26,85	1242	334	3,7	0,46	1,85	206	603	2580
4	3,78	34,60	3,38	30,95	1385	372	3,7	0,46	1,85	257	750	3209
5	4,39	36,80	4,08	34,17	1485	414	3,6	0,46	1,85	318	926	3655
6	4,85	38,59	4,60	36,61	2063	526	3,9	0,47	2,00	554	1624	7771
7	5,29	40,29	5,08	38,74	2170	561	3,9	0,46	2,00	628	1840	8578
8	5,73	42,04	5,56	40,78	2194	554	4,0	0,47	2,00	613	1798	8807
9	6,17	43,73	6,02	42,69	2210	574	3,8	0,46	2,00	660	1931	8889
10	6,61	45,47	6,48	44,58	2222	564	3,9	0,47	2,00	636	1865	9025
11	7,05	47,21	6,93	46,44	2245	565	4,0	0,47	2,00	638	1872	9231
12	7,49	48,96	7,39	48,29	2216	563	3,9	0,47	2,00	633	1856	8980
13	7,93	50,71	7,84	50,12	2221	563	3,9	0,47	2,00	633	1856	9025
14	8,38	52,47	8,29	51,94	2225	564	3,9	0,47	2,00	636	1863	9057
15	8,82	54,22	8,75	53,74	2229	565	3,9	0,47	2,00	637	1868	9083
16	9,27	55,98	9,20	55,54	2231	565	3,9	0,47	2,00	639	1873	9100
17	9,71	57,61	9,64	57,22	2243	606	3,7	0,46	2,00	735	2147	9082
18	10,13	59,27	10,07	58,91	2379	599	4,0	0,47	2,00	718	2105	10358
19	10,55	60,73	10,49	60,40	2380	682	3,5	0,46	2,20	1022	2976	11100
20	10,96	62,19	10,91	61,88	2384	683	3,5	0,46	2,20	1025	2983	11142
21	11,38	63,68	11,33	63,39	2381	666	3,6	0,46	2,00	887	2586	10156
22	11,80	65,15	11,75	64,89	2365	676	3,5	0,46	2,00	913	2659	9969
23	12,23	66,64	12,18	66,39	2355	669	3,5	0,46	2,00	896	2608	9896
24	12,65	68,14	12,61	67,91	2344	665	3,5	0,46	2,00	884	2575	9814
25	13,07	69,64	13,03	69,42	2390	665	3,6	0,46	2,00	885	2580	10246
26	13,48	71,12	13,44	70,91	2414	675	3,6	0,46	2,00	912	2659	10437
27	13,90	72,55	13,86	72,35	2403	696	3,5	0,45	2,00	969	2819	10255
28	14,30	73,95	14,27	73,76	2445	711	3,4	0,45	2,00	1011	2941	10603
29	14,70	75,35	14,67	75,17	2488	713	3,5	0,46	2,00	1016	2958	11022
30	15,10	76,76	15,07	76,59	2526	710	3,6	0,46	2,00	1008	2937	11416
31	15,49	78,16	15,46	78,00	2559	711	3,6	0,46	2,00	1012	2952	11743
32	15,88	79,56	15,84	79,41	2585	712	3,6	0,46	2,00	1013	2955	12019
33	16,24	80,90	16,21	80,76	2705	743	3,6	0,46	1,95	1078	3146	12830
34	16,61	82,24	16,58	82,09	2735	749	3,7	0,46	1,95	1095	3195	13126
35	16,97	83,55	16,94	83,41	2758	761	3,6	0,46	1,95	1128	3292	13326

Tab. 3.5 – Intervento "Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)". Indagine down-hole S14-DH.

Riepilogo dei valori dei tempi di arrivo delle onde P ed S,  
 dei valori delle velocità intervallo delle onde P ed S e dei moduli dinamici.

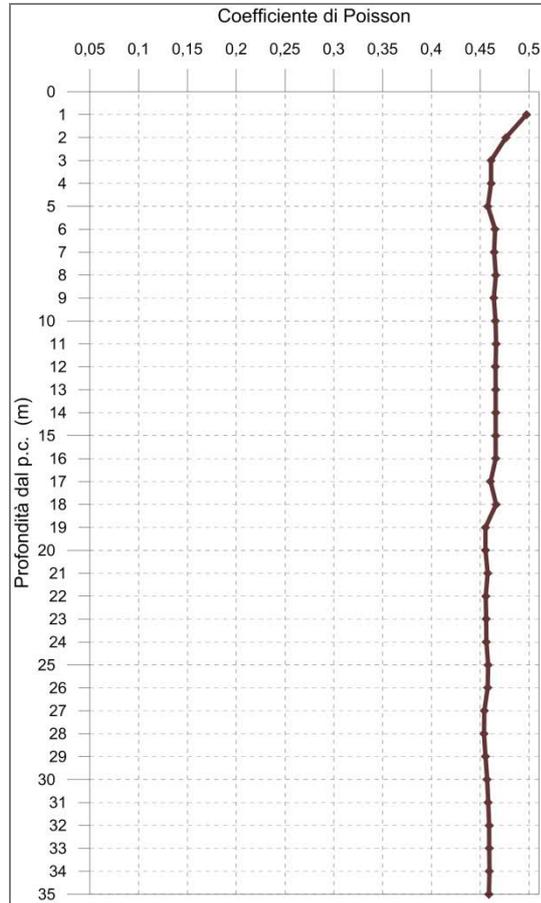
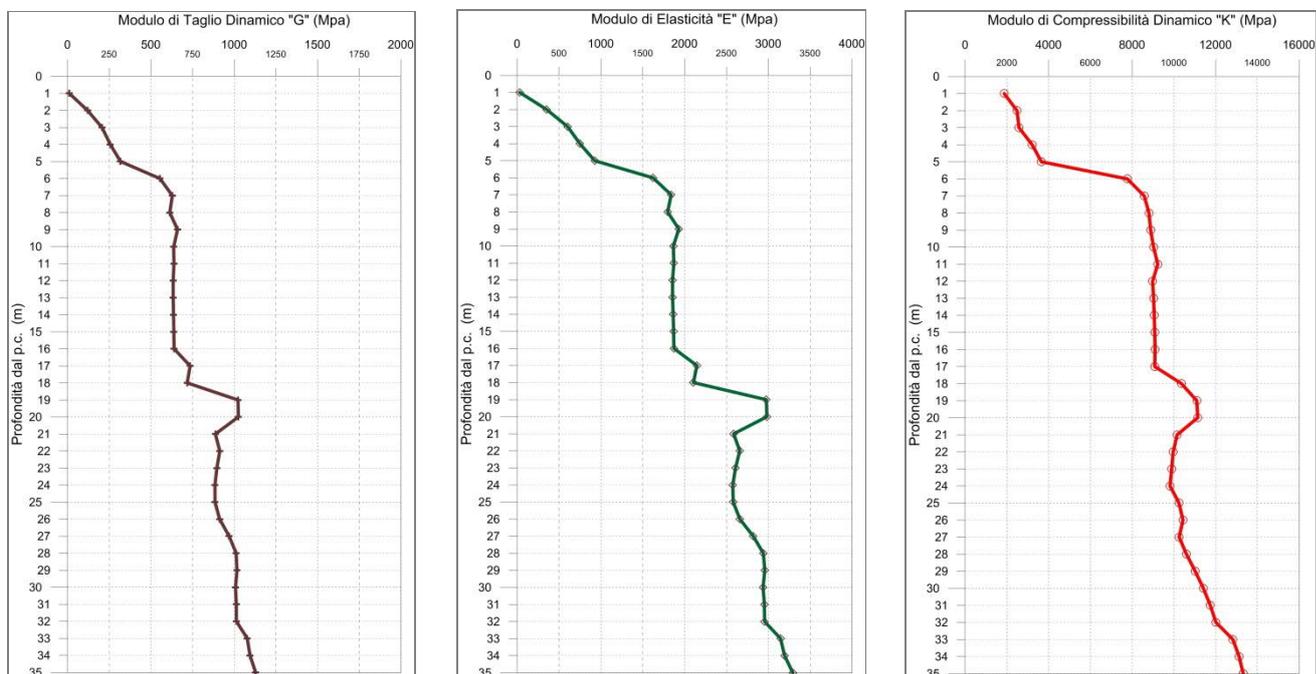


Fig. 3.18 - Diagramma relativo all'andamento del coefficiente di Poisson in funzione della profondità dal p.c..



*Fig. 3.19 - A sinistra, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "G" in funzione della profondità dal p.c. Al centro, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "E" in funzione della profondità dal p.c. A destra, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "K" in funzione della profondità dal p.c.*

3.4.5 S16-DH

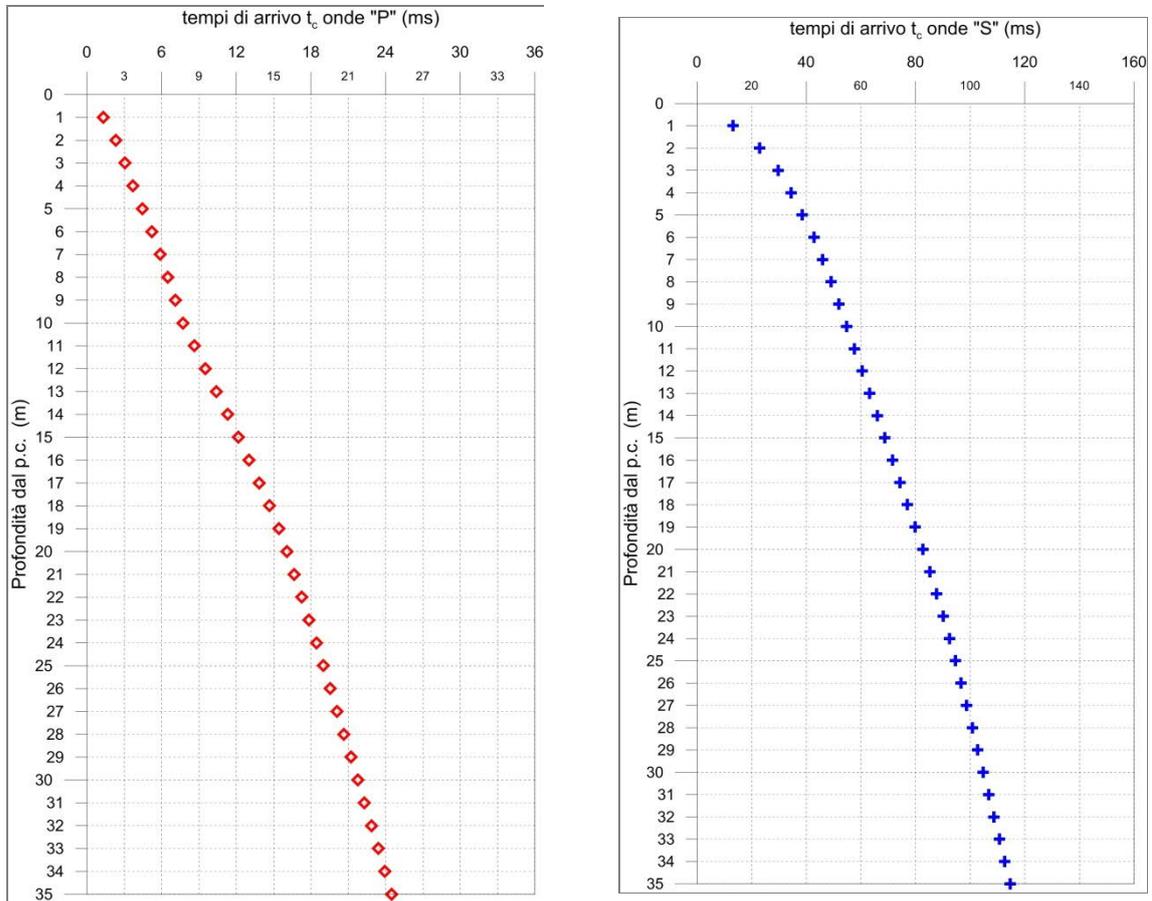


Fig. 3.20 - A sinistra, diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo delle onde "P", in funzione della profondità dal p.c. A destra, diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo delle onde "S", in funzione della profondità dal p.c.

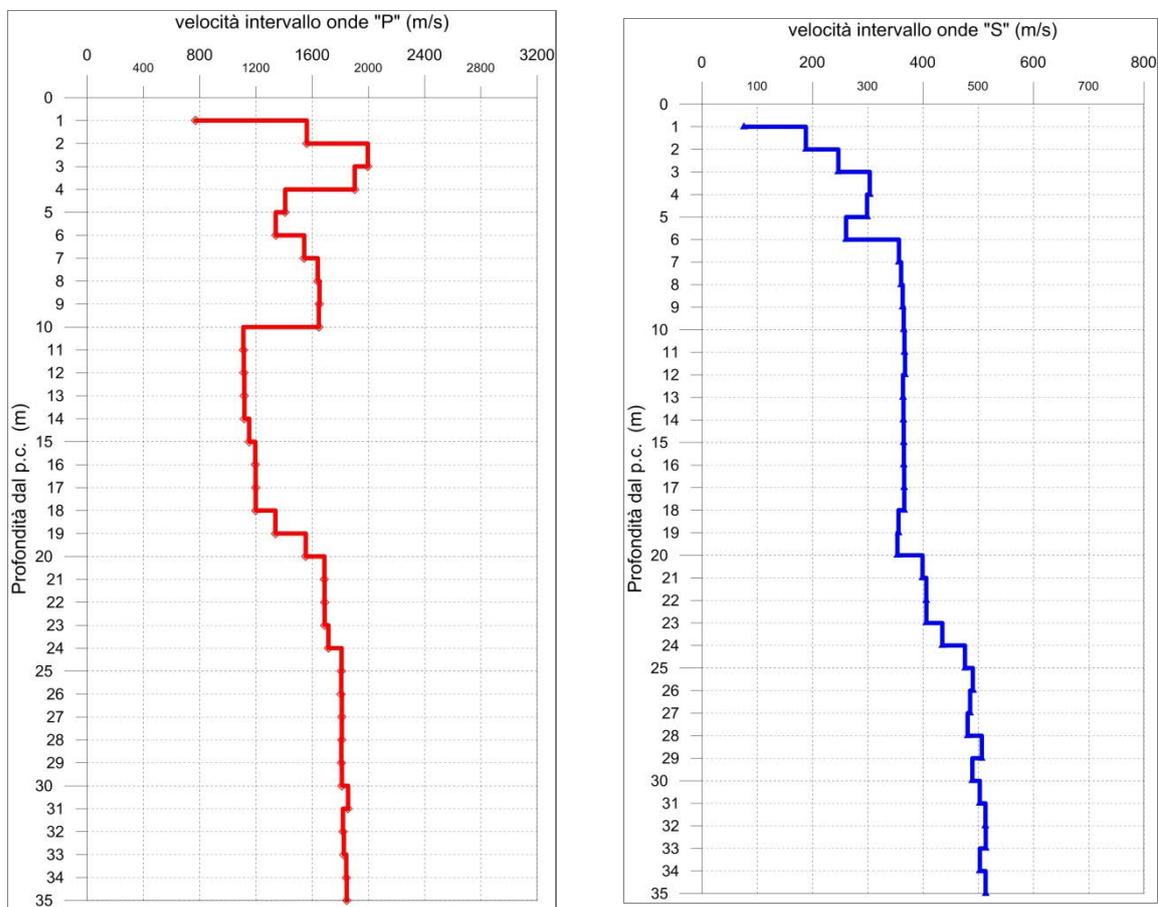


Fig. 3.21 - A sinistra, diagramma relativo all'andamento delle velocità intervallo delle onde "P", in funzione della profondità dal p.c. A destra, diagramma relativo all'andamento delle velocità intervallo delle onde "S", in funzione della profondità dal p.c.

Profondità (m dal p.c.)	tempi osservati $t_o$ "P" (ms)	tempi osservati $t_o$ "S" (ms)	tempi corretti $t_c$ "P" (ms)	tempi corretti $t_c$ "S" (ms)	velocità Intervallo Vp (m/s)	velocità Intervallo Vs (m/s)	Vp/Vs	Poisson (n)	$\gamma_n$ gamma NATURALE	G Mpa	E Mpa	K Mpa
1	2,91	29,34	1,30	13,12	769	76	10,1	0,50	1,55	9	27	903
2	3,29	32,48	2,33	22,97	1561	188	8,3	0,49	1,55	55	164	3705
3	3,68	35,63	3,06	29,65	1996	247	8,1	0,49	1,55	94	282	6047
4	4,13	38,49	3,70	34,42	1902	304	6,3	0,49	1,85	171	508	6463
5	4,78	41,54	4,44	38,57	1408	299	4,7	0,48	1,85	165	488	3445
6	5,48	45,14	5,20	42,83	1340	261	5,1	0,48	1,85	126	373	3154
7	6,10	47,82	5,87	45,98	1543	357	4,3	0,47	1,90	242	711	4201
8	6,69	50,50	6,49	48,99	1639	361	4,5	0,47	1,90	247	728	4776
9	7,28	53,18	7,11	51,91	1652	363	4,5	0,47	1,90	251	739	4848
10	7,88	55,86	7,72	54,78	1647	365	4,5	0,47	1,90	253	747	4817
11	8,76	58,54	8,62	57,60	1110	367	3,0	0,44	1,90	255	735	2001
12	9,65	61,22	9,51	60,39	1113	368	3,0	0,44	1,90	257	739	2013
13	10,53	63,93	10,41	63,19	1117	364	3,1	0,44	1,90	252	725	2033
14	11,42	66,65	11,30	65,98	1118	365	3,1	0,44	1,90	253	728	2037
15	12,28	69,36	12,17	68,75	1152	365	3,2	0,44	1,90	253	732	2183
16	13,11	72,07	13,00	71,51	1195	366	3,3	0,45	1,90	254	736	2374
17	13,93	74,78	13,84	74,27	1197	366	3,3	0,45	1,90	254	737	2385
18	14,76	77,50	14,67	77,02	1198	366	3,3	0,45	1,90	255	738	2389
19	15,51	80,29	15,42	79,85	1338	356	3,8	0,46	1,90	241	703	3081
20	16,15	83,10	16,07	82,69	1554	354	4,4	0,47	1,90	238	700	4273
21	16,74	85,60	16,66	85,21	1687	399	4,2	0,47	1,90	303	891	5003
22	17,33	88,05	17,25	87,69	1688	406	4,2	0,47	1,90	313	920	4994
23	17,92	90,50	17,85	90,16	1688	406	4,2	0,47	1,90	313	921	4998
24	18,50	92,79	18,43	92,47	1715	435	3,9	0,47	1,90	359	1054	5109
25	19,05	94,89	18,99	94,58	1809	476	3,8	0,46	1,90	431	1260	5643
26	19,60	96,92	19,54	96,63	1806	490	3,7	0,46	1,90	457	1334	5589
27	20,15	98,97	20,10	98,70	1810	486	3,7	0,46	1,90	448	1309	5626
28	20,70	101,05	20,65	100,79	1810	481	3,8	0,46	1,90	440	1286	5639
29	21,25	103,02	21,20	102,77	1807	507	3,6	0,46	1,90	488	1421	5555
30	21,81	105,05	21,76	104,82	1811	490	3,7	0,46	1,90	455	1330	5622
31	22,34	107,04	22,30	106,81	1855	503	3,7	0,46	1,90	481	1404	5895
32	22,89	108,98	22,85	108,77	1818	513	3,5	0,46	1,90	501	1459	5611
33	23,44	110,92	23,40	110,72	1825	514	3,6	0,46	1,90	501	1461	5658
34	23,98	112,91	23,94	112,71	1842	503	3,7	0,46	1,90	481	1404	5803
35	24,52	114,85	24,48	114,66	1845	514	3,6	0,46	1,90	501	1461	5802

Tab. 3.6 – Intervento "Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)". Indagine down-hole S16-DH.

Riepilogo dei valori dei tempi di arrivo delle onde P ed S,  
 dei valori delle velocità intervallo delle onde P ed S e dei moduli dinamici.

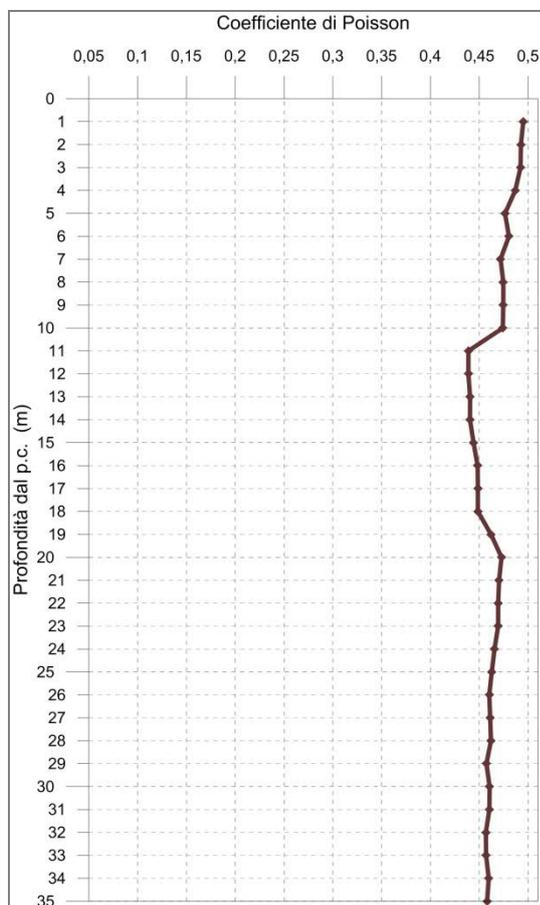


Fig. 3.22 - Diagramma relativo all'andamento del coefficiente di Poisson in funzione della profondità dal p.c..

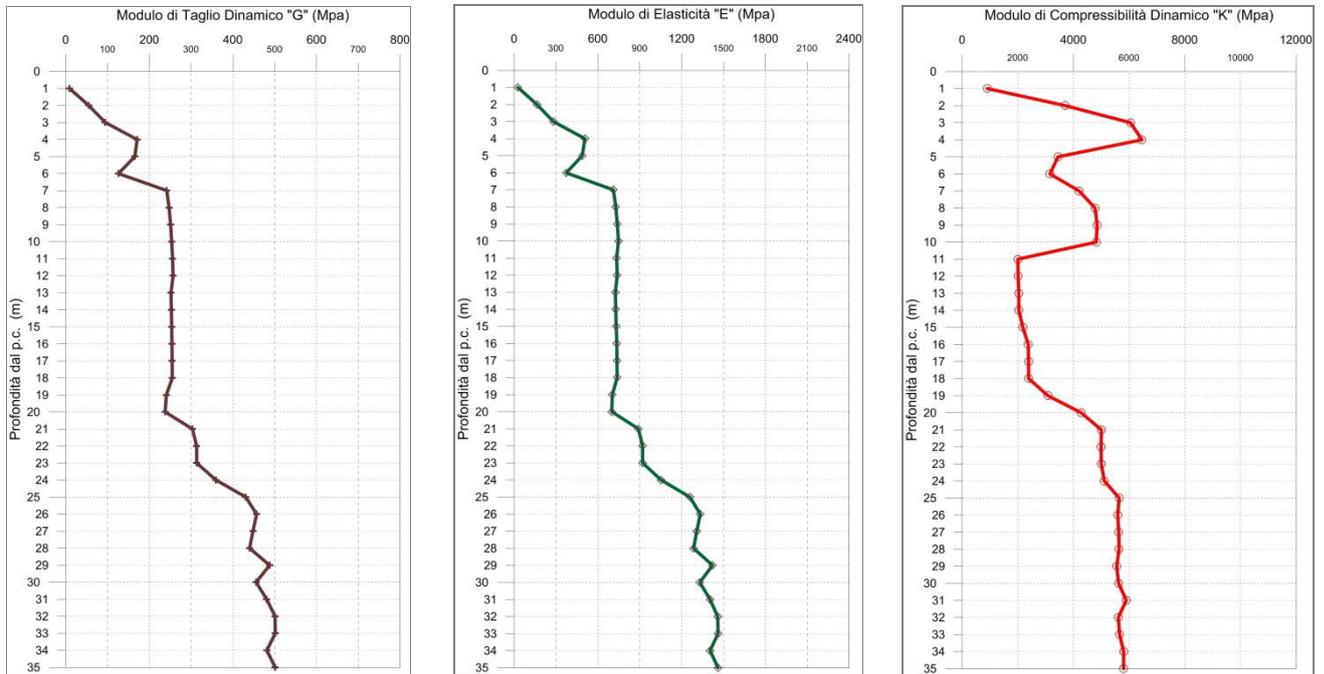


Fig. 3.23 - A sinistra, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "G" in funzione della profondità dal p.c. Al centro, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "E" in funzione della profondità dal p.c. A destra, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "K" in funzione della profondità dal p.c.

3.4.6 S24-DH

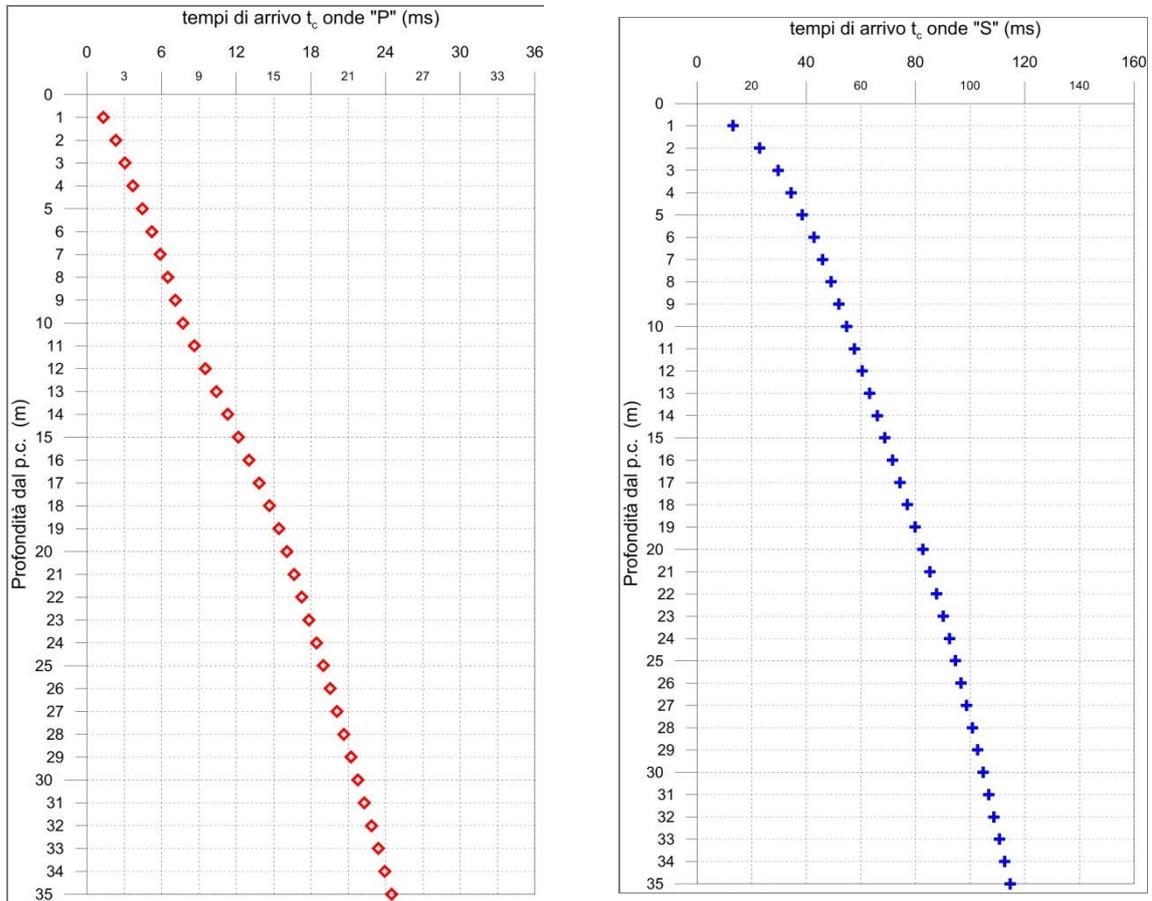


Fig. 3.24 - A sinistra, diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo delle onde "P", in funzione della profondità dal p.c. A destra, diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo delle onde "S", in funzione della profondità dal p.c.

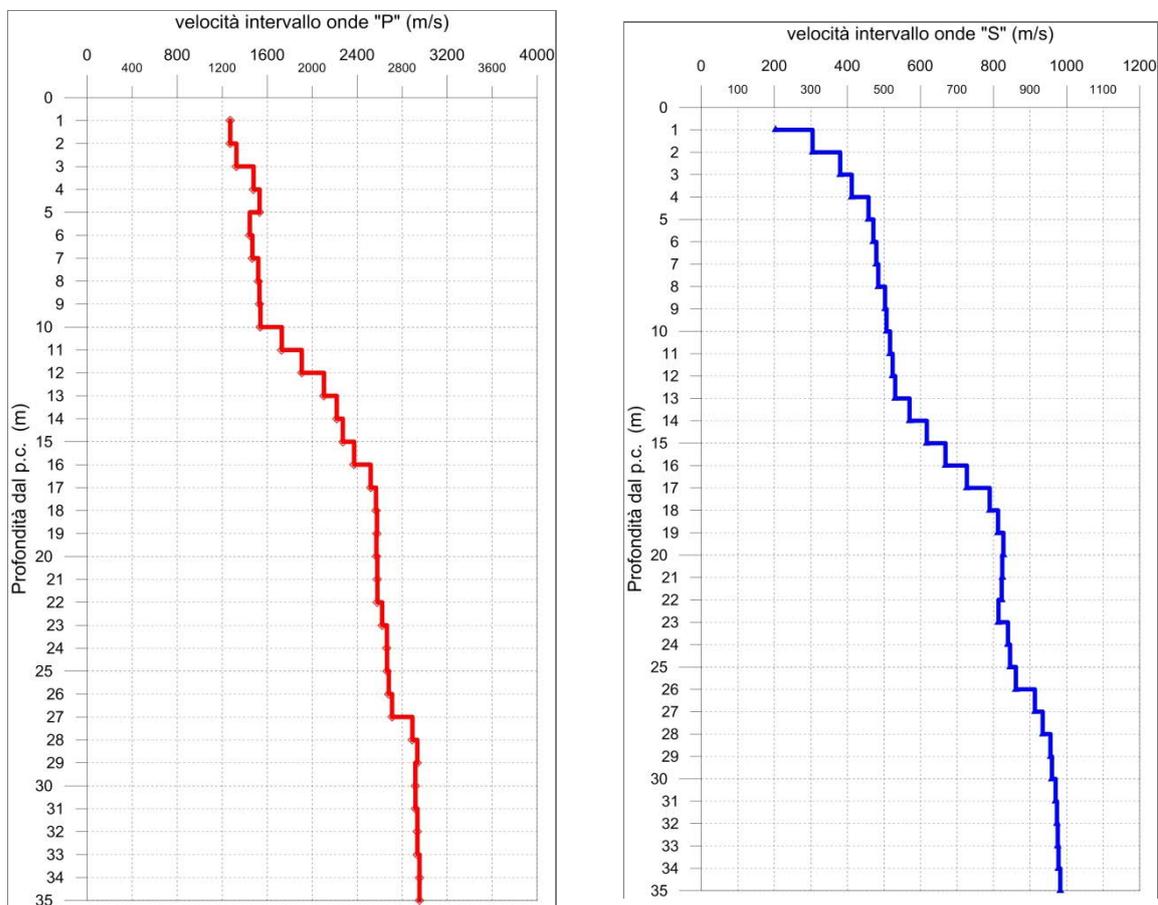


Fig. 3.25 - A sinistra, diagramma relativo all'andamento delle velocità intervallo delle onde "P", in funzione della profondità dal p.c. A destra, diagramma relativo all'andamento delle velocità intervallo delle onde "S", in funzione della profondità dal p.c.

Profondità (m dal p.c.)	tempi osservati $t_o$ "P" (ms)	tempi osservati $t_o$ "S" (ms)	tempi corretti $t_c$ "P" (ms)	tempi corretti $t_c$ "S" (ms)	velocità Intervallo Vp (m/s)	velocità Intervallo Vs (m/s)	Vp/Vs	Poisson (n)	$\gamma_n$ gamma NATURALE	G Mpa	E Mpa	K Mpa
1	1,76	11,01	0,79	4,93	1268	203	6,2	0,49	1,80	74	221	2797
2	2,23	12,96	1,58	9,16	1271	305	4,2	0,47	1,80	167	491	2685
3	2,81	15,00	2,34	12,48	1326	380	3,5	0,46	1,80	260	756	2819
4	3,40	17,11	3,04	15,30	1479	412	3,6	0,46	1,80	305	890	3529
5	4,00	19,10	3,71	17,74	1532	458	3,3	0,45	1,80	377	1094	3724
6	4,65	21,10	4,41	20,02	1445	471	3,1	0,44	1,80	399	1150	3226
7	5,30	23,09	5,09	22,20	1468	479	3,1	0,44	1,80	413	1190	3329
8	5,93	25,09	5,76	24,34	1519	484	3,1	0,44	1,80	422	1219	3593
9	6,57	27,02	6,41	26,38	1531	503	3,0	0,44	1,80	455	1311	3611
10	7,21	28,95	7,07	28,39	1539	507	3,0	0,44	1,80	462	1330	3647
11	7,77	30,86	7,65	30,36	1729	517	3,3	0,45	1,80	481	1395	4742
12	8,29	32,74	8,18	32,29	1907	524	3,6	0,46	1,80	494	1441	5890
13	8,76	34,60	8,66	34,19	2104	531	4,0	0,47	1,80	507	1486	7293
14	9,21	36,33	9,11	35,97	2218	570	3,9	0,46	1,80	585	1713	8075
15	9,64	37,94	9,56	37,60	2272	617	3,7	0,46	1,80	686	2003	8377
16	10,06	39,42	9,98	39,12	2373	668	3,5	0,46	1,80	804	2344	9061
17	10,45	40,79	10,38	40,51	2520	727	3,5	0,45	1,90	1004	2921	10723
18	10,84	42,05	10,77	41,79	2567	790	3,3	0,45	1,90	1185	3430	10943
19	11,23	43,27	11,16	43,03	2576	812	3,2	0,44	2,00	1320	3813	11509
20	11,61	44,47	11,56	44,25	2570	827	3,1	0,44	2,00	1368	3946	11391
21	12,00	45,68	11,94	45,47	2578	824	3,1	0,44	2,00	1357	3917	11487
22	12,39	46,89	12,33	46,70	2580	822	3,1	0,44	2,00	1353	3905	11504
23	12,77	48,12	12,72	47,93	2621	814	3,2	0,45	2,00	1324	3830	11977
24	13,14	49,30	13,09	49,13	2664	839	3,2	0,44	2,00	1409	4072	12316
25	13,51	50,48	13,47	50,32	2665	845	3,2	0,44	2,00	1429	4128	12298
26	13,89	51,64	13,84	51,49	2680	861	3,1	0,44	2,00	1482	4276	12388
27	14,25	52,73	14,21	52,59	2710	913	3,0	0,44	2,00	1668	4789	12461
28	14,60	53,80	14,56	53,66	2891	935	3,1	0,44	2,00	1747	5037	14385
29	14,94	54,84	14,90	54,71	2934	956	3,1	0,44	2,00	1828	5266	14779
30	15,28	55,88	15,25	55,76	2917	960	3,0	0,44	2,00	1843	5305	14564
31	15,62	56,91	15,59	56,79	2918	970	3,0	0,44	2,00	1881	5409	14518
32	15,96	57,94	15,93	57,82	2935	974	3,0	0,44	2,00	1896	5454	14704
33	16,30	58,96	16,27	58,85	2936	976	3,0	0,44	2,00	1904	5475	14697
34	16,64	59,98	16,61	59,88	2953	978	3,0	0,44	2,00	1912	5500	14895
35	16,98	61,00	16,95	60,90	2954	983	3,0	0,44	2,00	1931	5553	14873

Tab. 3.7 – Intervento "Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)". Indagine down-hole S24-DH.

Riepilogo dei valori dei tempi di arrivo delle onde P ed S,  
 dei valori delle velocità intervallo delle onde P ed S e dei moduli dinamici.

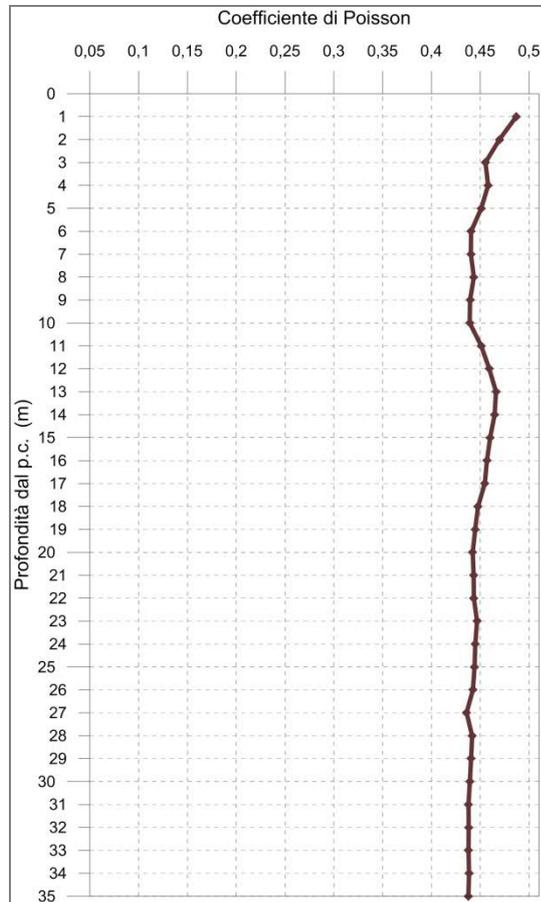


Fig. 3.26 - Diagramma relativo all'andamento del coefficiente di Poisson in funzione della profondità dal p.c..

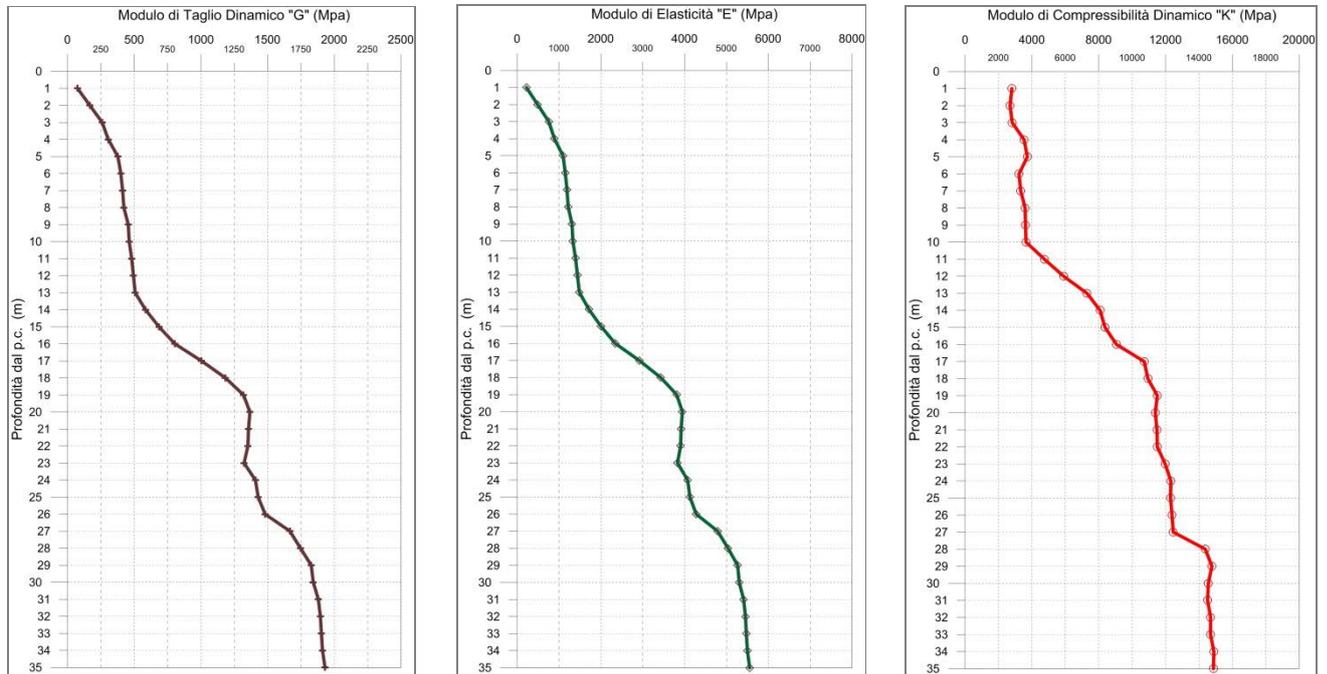


Fig. 3.27 - A sinistra, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "G" in funzione della profondità dal p.c. Al centro, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "E" in funzione della profondità dal p.c. A destra, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "K" in funzione della profondità dal p.c.

3.4.7 S25-DH

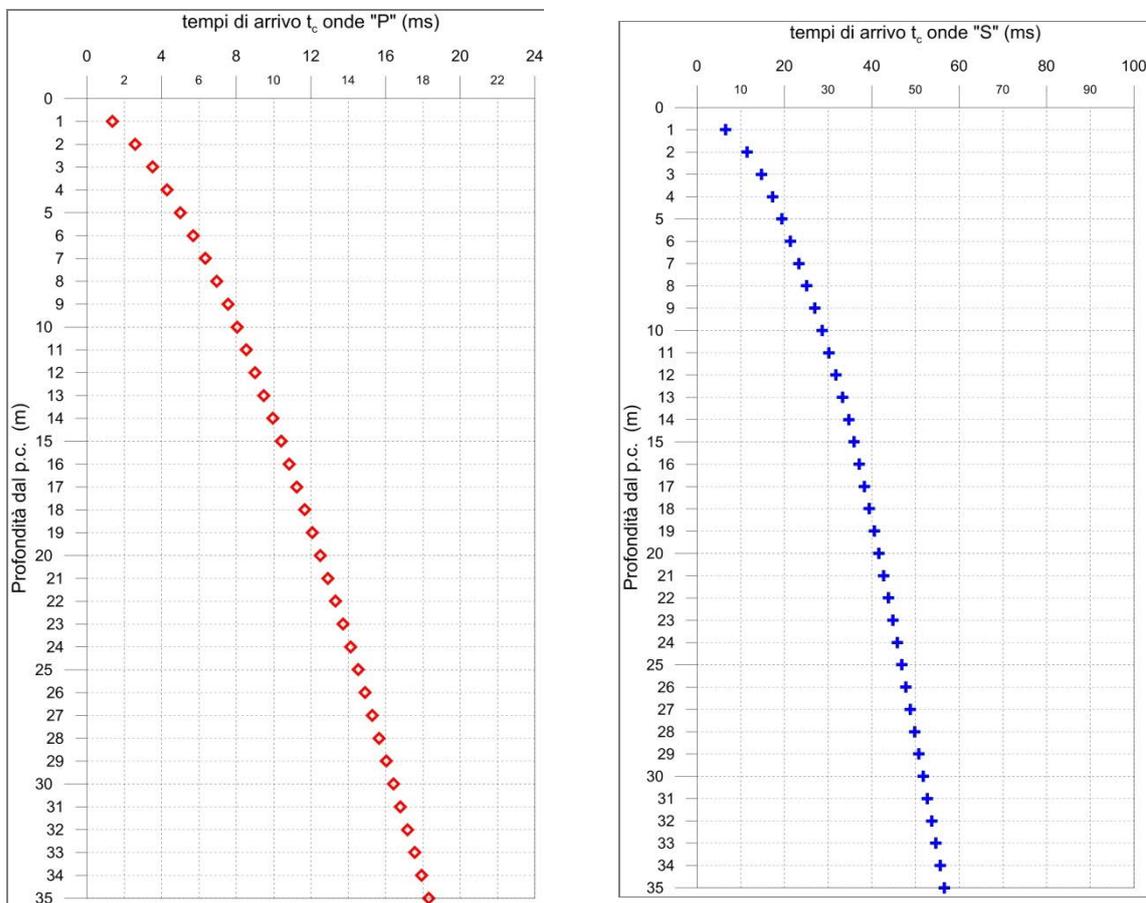


Fig. 3.28 - A sinistra, diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo delle onde "P", in funzione della profondità dal p.c. A destra, diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo delle onde "S", in funzione della profondità dal p.c.

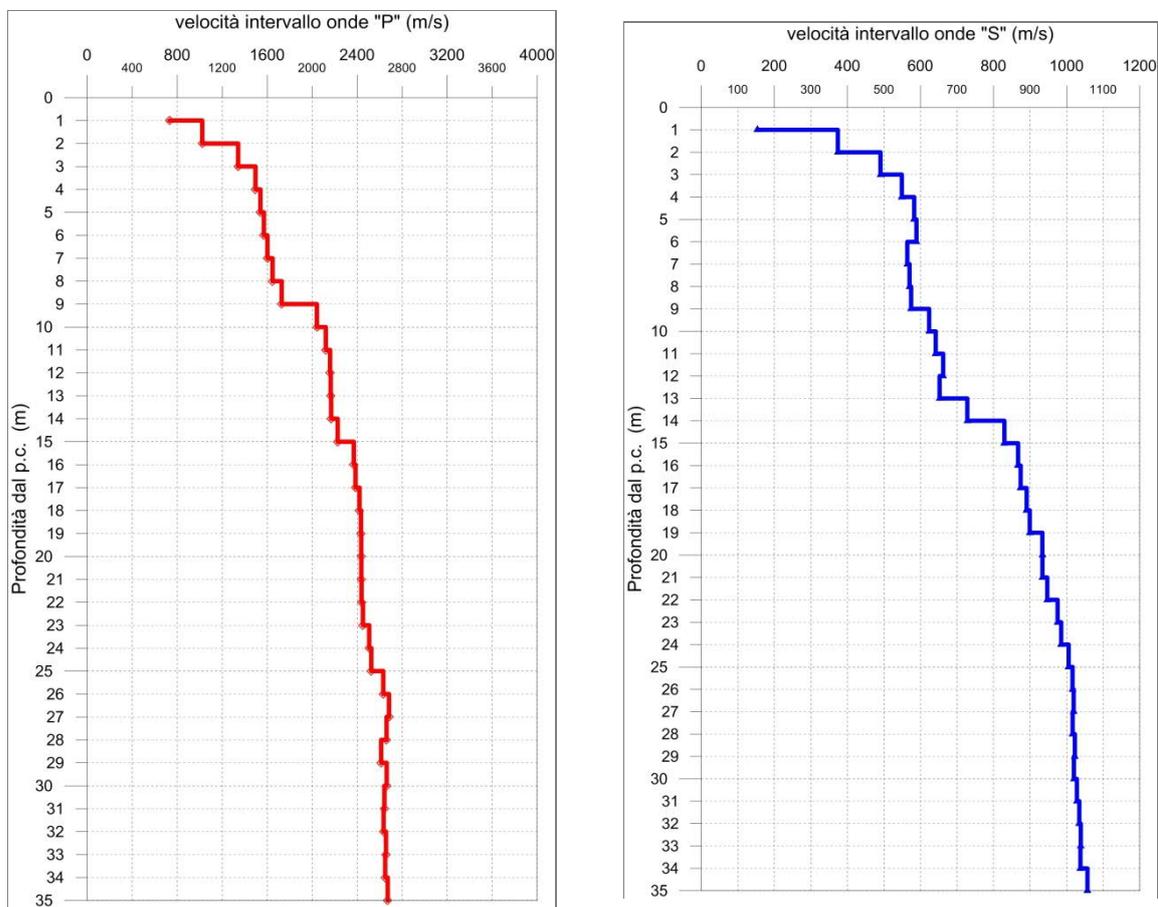


Fig. 3.29 - A sinistra, diagramma relativo all'andamento delle velocità intervallo delle onde "P", in funzione della profondità dal p.c. A destra, diagramma relativo all'andamento delle velocità intervallo delle onde "S", In funzione della profondità dal p.c.

Profondità (m dal p.c.)	tempi osservati $t_o$ "P" (ms)	tempi osservati $t_o$ "S" (ms)	tempi corretti $t_c$ "P" (ms)	tempi corretti $t_c$ "S" (ms)	velocità Intervallo Vp (m/s)	velocità Intervallo Vs (m/s)	Vp/Vs	Poisson (n)	$\gamma_n$ gamma NATURALE	G Mpa	E Mpa	K Mpa
1	3,06	14,60	1,37	6,53	731	153	4,8	0,48	1,55	36	107	780
2	3,64	16,19	2,57	11,45	1022	374	2,7	0,42	1,55	217	616	1330
3	4,22	17,77	3,51	14,79	1341	490	2,7	0,42	1,80	433	1232	2659
4	4,80	19,35	4,29	17,31	1495	549	2,7	0,42	1,80	542	1543	3301
5	5,39	20,92	5,01	19,42	1539	583	2,6	0,42	1,80	611	1731	3451
6	5,99	22,51	5,68	21,36	1569	589	2,7	0,42	1,80	624	1771	3601
7	6,59	24,21	6,33	23,28	1602	564	2,8	0,43	1,80	572	1635	3855
8	7,17	25,90	6,96	25,13	1647	570	2,9	0,43	1,80	585	1675	4103
9	7,74	27,60	7,55	26,94	1728	574	3,0	0,44	1,80	594	1707	4584
10	8,22	29,17	8,06	28,60	2041	624	3,3	0,45	1,80	700	2028	6568
11	8,68	30,70	8,54	30,20	2120	642	3,3	0,45	1,80	741	2148	7103
12	9,13	32,19	9,01	31,75	2159	662	3,3	0,45	1,80	789	2285	7338
13	9,59	33,70	9,48	33,31	2164	652	3,3	0,45	1,80	766	2220	7407
14	10,05	35,06	9,95	34,71	2168	728	3,0	0,44	1,80	954	2741	7187
15	10,49	36,25	10,40	35,93	2226	830	2,7	0,42	2,00	1377	3908	8071
16	10,91	37,40	10,83	37,11	2370	867	2,7	0,42	2,00	1504	4280	9227
17	11,33	38,53	11,25	38,27	2384	874	2,7	0,42	2,00	1528	4348	9330
18	11,74	39,65	11,67	39,40	2420	891	2,7	0,42	2,00	1587	4511	9600
19	12,15	40,75	12,08	40,53	2434	899	2,7	0,42	2,00	1617	4596	9690
20	12,55	41,82	12,49	41,61	2435	934	2,6	0,41	2,00	1743	4930	9536
21	12,96	42,88	12,91	42,69	2436	934	2,6	0,41	2,00	1744	4933	9546
22	13,37	43,93	13,32	43,75	2438	947	2,6	0,41	2,00	1794	5063	9496
23	13,78	44,96	13,73	44,79	2450	975	2,5	0,41	2,00	1903	5350	9471
24	14,18	45,97	14,13	45,81	2507	985	2,5	0,41	2,00	1941	5470	9978
25	14,57	46,96	14,52	46,81	2525	1006	2,5	0,41	2,00	2022	5685	10050
26	14,95	47,94	14,91	47,80	2632	1016	2,6	0,41	2,00	2065	5833	11100
27	15,32	48,92	15,28	48,78	2682	1019	2,6	0,42	2,00	2077	5882	11616
28	15,70	49,90	15,66	49,77	2661	1016	2,6	0,41	2,00	2066	5845	11408
29	16,08	50,87	16,04	50,75	2613	1023	2,6	0,41	2,00	2092	5897	10871
30	16,45	51,85	16,42	51,74	2662	1020	2,6	0,41	2,00	2080	5883	11399
31	16,83	52,82	16,80	52,71	2641	1028	2,6	0,41	2,00	2114	5964	11134
32	17,21	53,79	17,18	53,68	2635	1035	2,5	0,41	2,00	2142	6035	11027
33	17,58	54,75	17,55	54,65	2656	1039	2,6	0,41	2,00	2157	6083	11232
34	17,96	55,71	17,93	55,61	2649	1038	2,6	0,41	2,00	2154	6072	11164
35	18,34	56,66	18,31	56,56	2671	1057	2,5	0,41	2,00	2235	6290	11286

Tab. 3.8 – Intervento "Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)". Indagine down-hole S25-DH.

Riepilogo dei valori dei tempi di arrivo delle onde P ed S,  
 dei valori delle velocità intervallo delle onde P ed S e dei moduli dinamici.

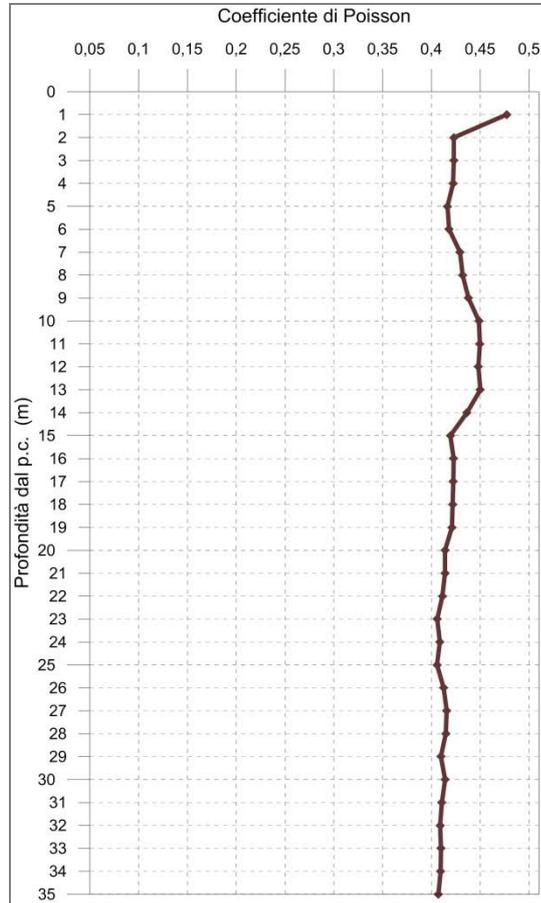
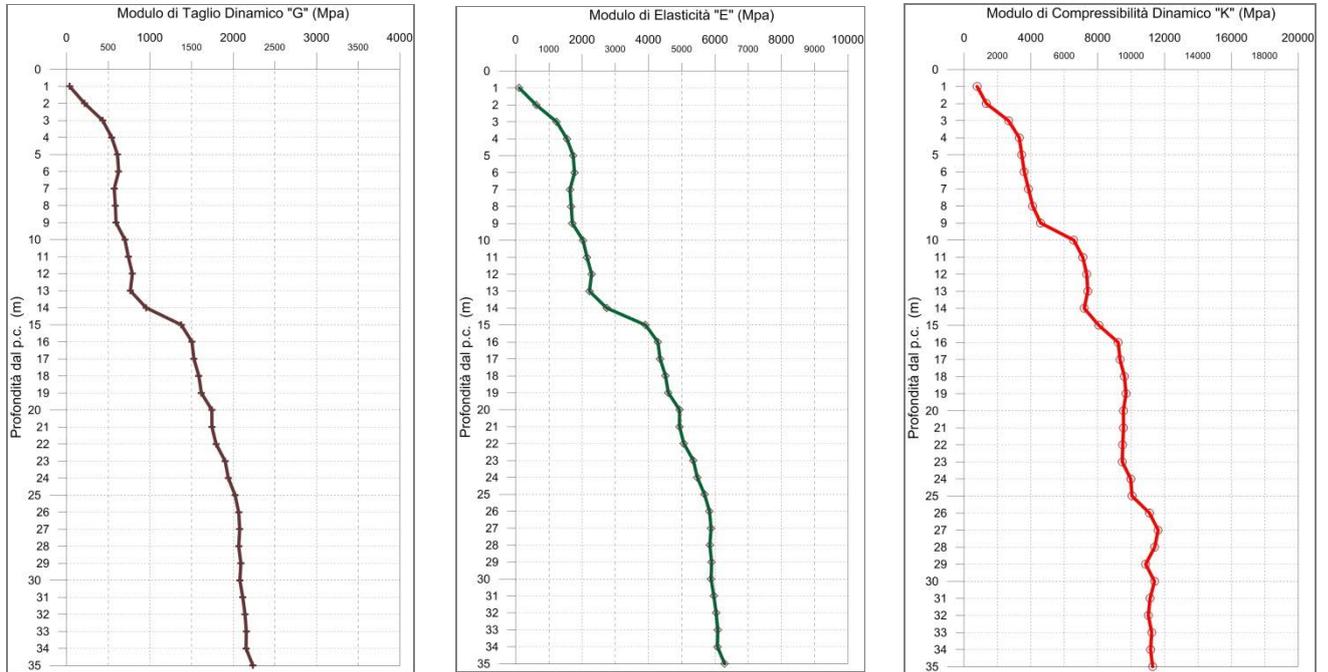


Fig. 3.30 - Diagramma relativo all'andamento del coefficiente di Poisson in funzione della profondità dal p.c..



*Fig. 3.31 - A sinistra, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "G" in funzione della profondità dalla p.c. Al centro, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "E" in funzione della profondità dalla p.c. A destra, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "K" in funzione della profondità dalla p.c.*

3.4.8 S26-DH

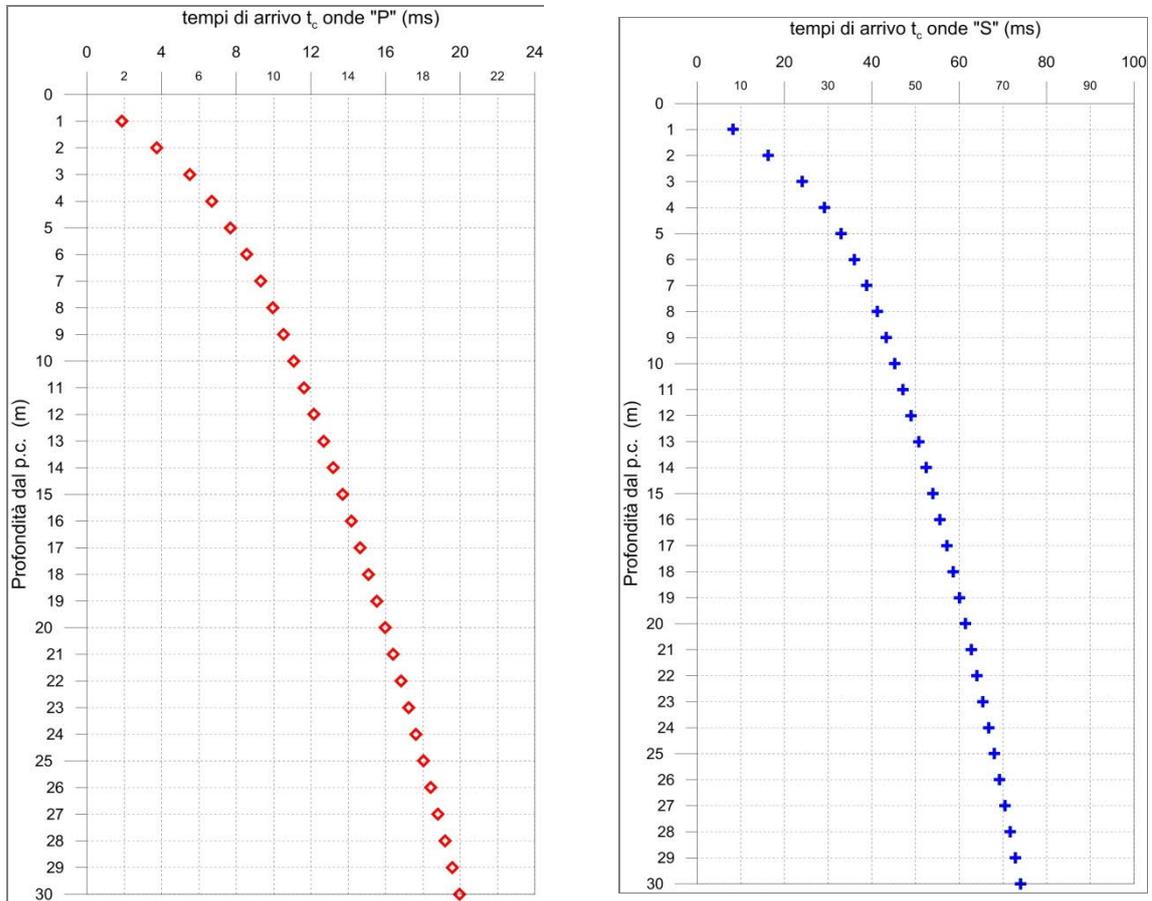


Fig. 3.32 - A sinistra, diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo delle onde "P", in funzione della profondità dal p.c. A destra, diagramma relativo all'andamento dei tempi di arrivo delle onde "S", in funzione della profondità dal p.c.

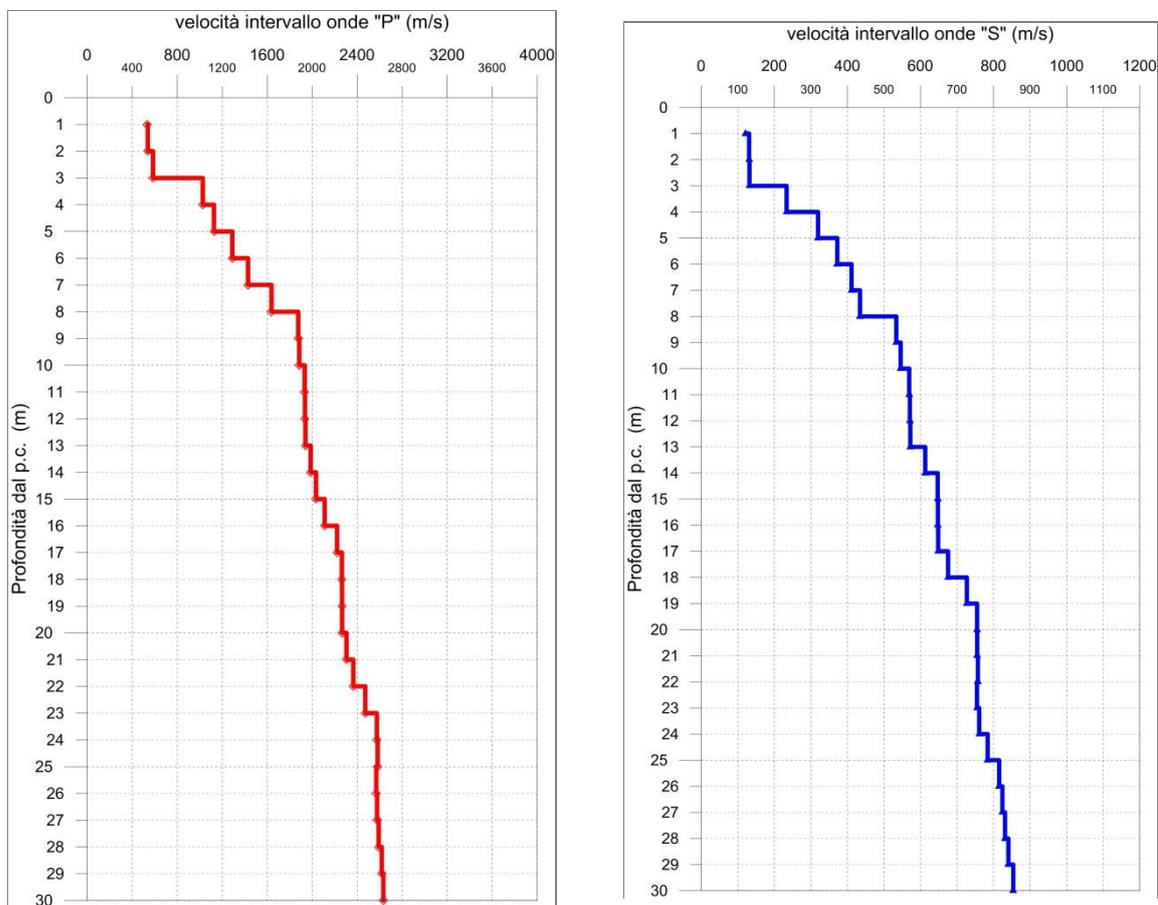


Fig. 3.33 - A sinistra, diagramma relativo all'andamento delle velocità intervallo delle onde "P", in funzione della profondità dal p.c. A destra, diagramma relativo all'andamento delle velocità intervallo delle onde "S", in funzione della profondità dal p.c.

Profondità (m dal p.c.)	tempi osservati $t_o$ "P" (ms)	tempi osservati $t_o$ "S" (ms)	tempi corretti $t_c$ "P" (ms)	tempi corretti $t_c$ "S" (ms)	velocità Intervallo Vp (m/s)	velocità Intervallo Vs (m/s)	Vp/Vs	Poisson (n)	$\gamma_n$ gamma NATURALE	G Mpa	E Mpa	K Mpa
1	4,19	18,46	1,88	8,26	533	121	4,4	0,47	1,90	28	82	503
2	5,29	22,99	3,74	16,26	538	131	4,1	0,47	1,90	32	95	507
3	6,62	28,90	5,51	24,04	584	132	4,4	0,47	1,90	33	97	605
4	7,47	32,61	6,68	29,17	1027	233	4,4	0,47	1,90	104	305	1868
5	8,28	35,47	7,69	32,93	1127	320	3,5	0,46	1,90	194	565	2153
6	9,01	37,99	8,54	36,04	1289	372	3,5	0,45	1,90	263	766	2808
7	9,68	40,32	9,30	38,76	1429	411	3,5	0,45	1,90	321	935	3453
8	10,27	42,54	9,96	41,27	1638	434	3,8	0,46	1,90	359	1048	4617
9	10,78	44,36	10,53	43,31	1875	534	3,5	0,46	1,90	541	1575	5959
10	11,30	46,16	11,08	45,26	1885	546	3,5	0,45	1,90	566	1646	5997
11	11,81	47,88	11,62	47,11	1932	569	3,4	0,45	1,90	615	1788	6273
12	12,32	49,61	12,15	48,93	1936	571	3,4	0,45	1,90	619	1798	6293
13	12,83	51,33	12,68	50,74	1940	572	3,4	0,45	1,90	622	1806	6321
14	13,33	52,95	13,19	52,42	1986	613	3,2	0,45	2,00	751	2175	6889
15	13,82	54,48	13,69	54,00	2034	647	3,1	0,44	2,00	837	2417	7159
16	14,29	56,01	14,17	55,58	2110	648	3,3	0,45	2,00	839	2430	7787
17	14,73	57,54	14,63	57,15	2221	648	3,4	0,45	2,00	841	2443	8744
18	15,17	59,01	15,08	58,65	2263	675	3,4	0,45	2,00	912	2648	9027
19	15,61	60,38	15,52	60,05	2265	727	3,1	0,44	2,00	1057	3049	8848
20	16,05	61,70	15,97	61,39	2266	755	3,0	0,44	2,00	1140	3278	8750
21	16,48	63,02	16,41	62,73	2304	755	3,0	0,44	2,00	1141	3287	9094
22	16,90	64,33	16,83	64,07	2365	757	3,1	0,44	2,00	1146	3309	9659
23	17,31	65,65	17,24	65,40	2472	755	3,3	0,45	2,00	1139	3299	10700
24	17,69	66,96	17,63	66,73	2575	761	3,4	0,45	2,00	1157	3361	11715
25	18,08	68,23	18,02	68,02	2582	784	3,3	0,45	2,00	1229	3562	11696
26	18,47	69,46	18,41	69,25	2569	815	3,2	0,44	2,00	1330	3841	11431
27	18,85	70,67	18,80	70,47	2577	824	3,1	0,44	2,00	1358	3920	11467
28	19,24	71,86	19,19	71,68	2591	832	3,1	0,44	2,00	1383	3991	11578
29	19,62	73,05	19,57	72,88	2618	841	3,1	0,44	2,00	1413	4077	11826
30	20,00	74,22	19,95	74,05	2632	854	3,1	0,44	2,00	1459	4206	11914

Tab. 3.9 – Intervento "Completamento Itinerario Sassari – Olbia, potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 (2°lotto)". Indagine down-hole S26-DH.

*Riepilogo dei valori dei tempi di arrivo delle onde P ed S,  
dei valori delle velocità intervallo delle onde P ed S e dei moduli dinamici.*

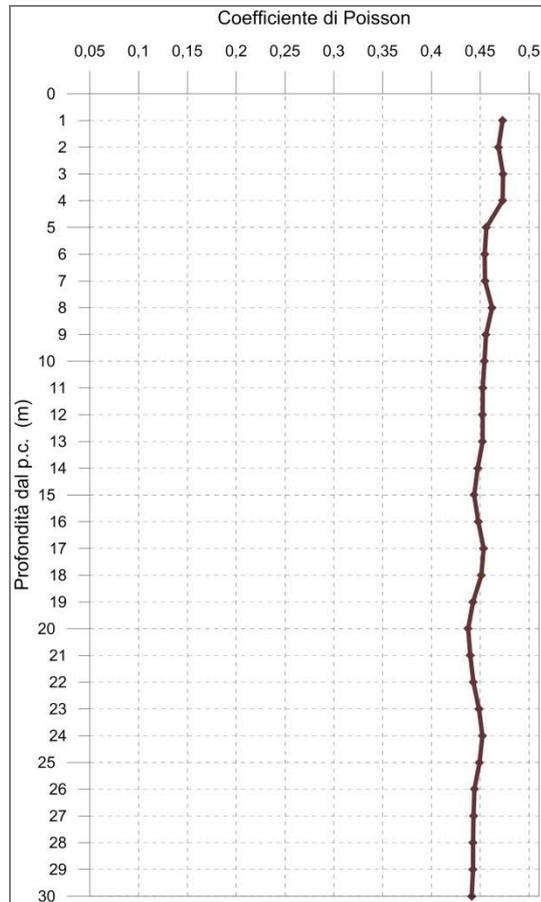
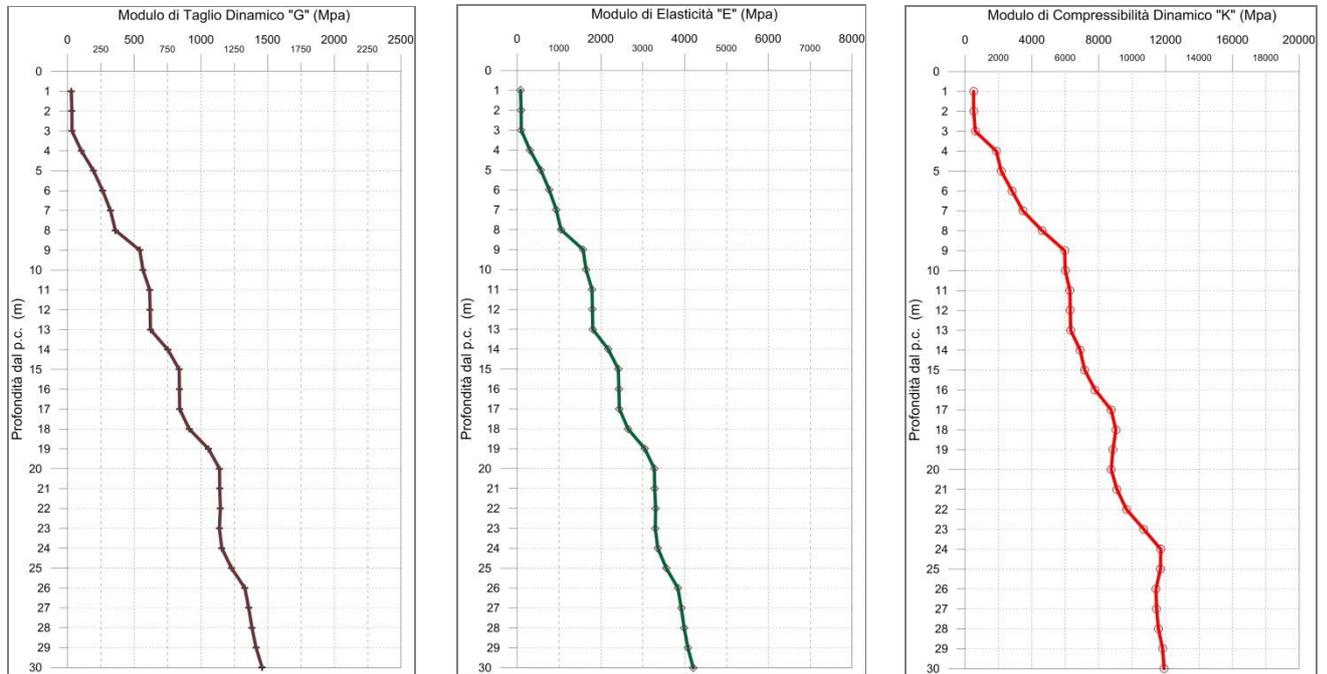


Fig. 3.34 - Diagramma relativo all'andamento del coefficiente di Poisson in funzione della profondità dal p.c..



*Fig. 3.35 - A sinistra, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "G" in funzione della profondità dal p.c. Al centro, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "E" in funzione della profondità dal p.c. A destra, diagramma relativo all'andamento del modulo elastico "K" in funzione della profondità dal p.c.*

## 4 INDAGINI GEOELETTRICHE

### 4.1 DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA

Le prospezioni geoelettriche si basano, in generale, sugli effetti prodotti da una corrente elettrica, di origine naturale o artificiale circolante nel sottosuolo, rilevabili in superficie attraverso misure in termini di differenze di potenziale. Il metodo di investigazione adottato per l'indagine in oggetto è quello della resistività in corrente continua.

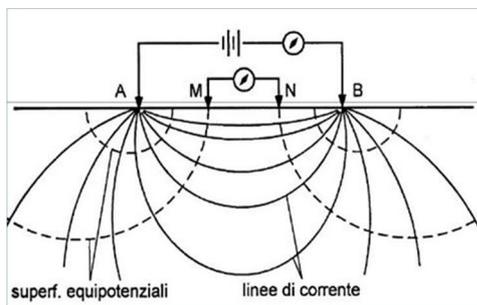
Di seguito, si fornisce una breve descrizione dei principi che sono alla base del citato metodo di esplorazione e del potere risolutivo nell'ambito della problematica in esame.

Il metodo geoelettrico in corrente continua consiste nella determinazione sperimentale di un set di valori di resistività che, in accordo ad una formulazione matematica deducibile direttamente dalle leggi dell'elettromagnetismo per campi stazionari, descrivono una qualsiasi struttura complessa formata da materiali fisicamente diversi in contatto elettrico.

La resistività elettrica (ovvero l'inverso della conducibilità) esprime la maggiore o minore propensione di un materiale a farsi attraversare dalla corrente e dipende da molti fattori, i più importanti dei quali sono la presenza di acque ionizzate e/o di particelle minerali metalliche nella struttura dei pori. Entrambi i fattori, infatti, possono dar luogo a traiettorie interne particolarmente conduttive, in contrasto con situazioni resistive caratterizzate da strutture compatte e/o pori anidri.

La finalità delle prospezioni geoelettriche è stata quella di determinare la distribuzione di resistività nel sottosuolo effettuando misurazioni dal piano campagna. Mediante tali misurazioni, può essere stimata la resistività reale del sottosuolo.

L'indagine consiste nel posizionare sul terreno una serie di picchetti in acciaio, allineati ed equidistanziati. Successivamente, si immette nel terreno una corrente di intensità nota ( $I$ ) attraverso una coppia di picchetti (AB) e si misura la corrispondente differenza di potenziale ( $\Delta V$ ) generata dal passaggio di tale corrente, in corrispondenza di un'altra coppia di picchetti (MN).



*Fig. 4.1.1 – Prospezione geoelettrica.*

In particolare, la tecnica di *tomografia elettrica* eseguita lungo profili, adottata nell'indagine in oggetto, consente di ottenere l'andamento della resistività elettrica del sottosuolo lungo una sezione passante per l'allineamento di elettrodi in termini bidimensionali (2D). In fase esecutiva, gli elettrodi, opportunamente posizionati sul terreno, sono utilizzati sia per immettere corrente sia per misurare differenze di potenziale, secondo una sequenza opportunamente predisposta ed automatizzata dallo strumento di acquisizione.

Come riportato nella figura seguente, attraverso i primi elettrodi indicati con le sigle C1 e C2, si immette nel terreno una corrente continua e si misura la differenza di potenziale  $\Delta V$  che si viene a generare ai capi di altri due elettrodi, indicati con le sigle P1 e P2, posti simmetricamente al centro dell'allineamento tra C1 e C2 o affiancati ad essi.

La disposizione reciproca degli elettrodi di corrente e di potenziale, viene definita configurazione elettrodica o semplicemente array.

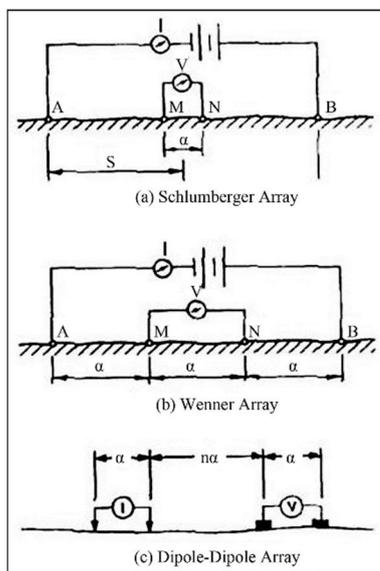


Fig. 4.1.2 – Prospezione geoelettrica. Differenti array.

Dai valori di  $I$  (intensità della corrente) e di  $\Delta V$  (differenza di potenziale) misurati, è possibile ottenere informazioni relative alle variazioni sia laterali che verticali della resistività apparente ( $\rho_a$ ) del sottosuolo, ottenendo in tal modo una pseudosezione.

Poiché il sottosuolo non è elettricamente omogeneo ed isotropo, quando vi si immette corrente, una qualsiasi causa di variazione di conducibilità ne altera il flusso provocando, di conseguenza, un'anomala distribuzione del potenziale rispetto a quella che si avrebbe in un sottosuolo omogeneo. In pratica è come se si misurasse una "anomalia".

Il rilevamento geoelettrico consiste nell'uso dei valori di resistività apparente, derivati da misure di campo in vari punti e con diverse configurazioni, per stimare la vera resistività dei diversi strati e ricostruire spazialmente i loro limiti al di sotto della superficie topografica.

Al variare della configurazione (o array) di uno stendimento geoelettrico, varia la costante definita dal fattore geometrico. Diverse configurazioni di elettrodi, con spaziatura variabile, vengono di norma utilizzate per riconoscere meglio variazioni laterali o verticali di resistività apparente, che possono riflettere variazioni litologiche.

Il volume di terreno indagato dipende essenzialmente da tre fattori: dai contrasti di resistività nel sottosuolo, dalla lunghezza dello stendimento (ovvero dallo spazio libero presente in superficie) e dal tipo di configurazione elettrodica adottata (Wenner, dipolo-dipolo, etc.). Per indagare sui cambiamenti a maggiore profondità, si aumenta la spaziatura degli elettrodi; inoltre, variando la distanza tra i picchetti, è possibile intensificare il numero di misure e, pertanto, aumentare la precisione di indagine richiesta.

#### 4.2 PROPRIETA' DI ROCCE E MINERALI

La maggior parte delle rocce presenta caratteristiche di conducibilità di tipo elettrolitico dato che, con le eccezioni di alcuni minerali metallici, quasi tutti i minerali sono isolanti. La conducibilità è dovuta, quindi, essenzialmente all'acqua interstiziale ed è in larga misura funzione della porosità, del contenuto d'acqua e della quantità di sali disciolti nell'acqua. La presenza di fluidi nel sottosuolo fa sì che rocce e terreni, attraversati dalla corrente, si comportino relativamente come dei buoni conduttori di elettricità; al contrario le strutture con scarso contenuto di fluidi, come rocce asciutte non fratturate e cavità naturali o di natura antropica, si comportano come dei cattivi conduttori di corrente, se non addirittura come degli isolanti.

Pertanto, le geometrie sepolte rispondono al flusso di corrente artificiale, immessa con diverse modalità, in funzione del parametro fisico che regola tale comportamento: la resistività elettrica  $\rho$  (Ohm\*m).

La resistività è una proprietà assai variabile, anche all'interno della stessa formazione litologica; ciò è particolarmente vero per i materiali poco consolidati prossimi alla superficie, come detriti e regolite (suolo).

Di seguito, sono forniti alcuni valori indicativi della resistività di rocce e sedimenti, valori che vanno utilizzati con le limitazioni suddette (Fig. 4.2.1).

In particolare, come si osserva dalla tabella di sinistra i valori degli intervalli di resistività, per molti litotipi, spesso si sovrappongono e ciò ne rende problematica l'univoca identificazione.

Per un dato tipo di materiale esiste un ampio range di variabilità del valore di resistività, a seconda che esso risulti secco (dry) o bagnato (wet).

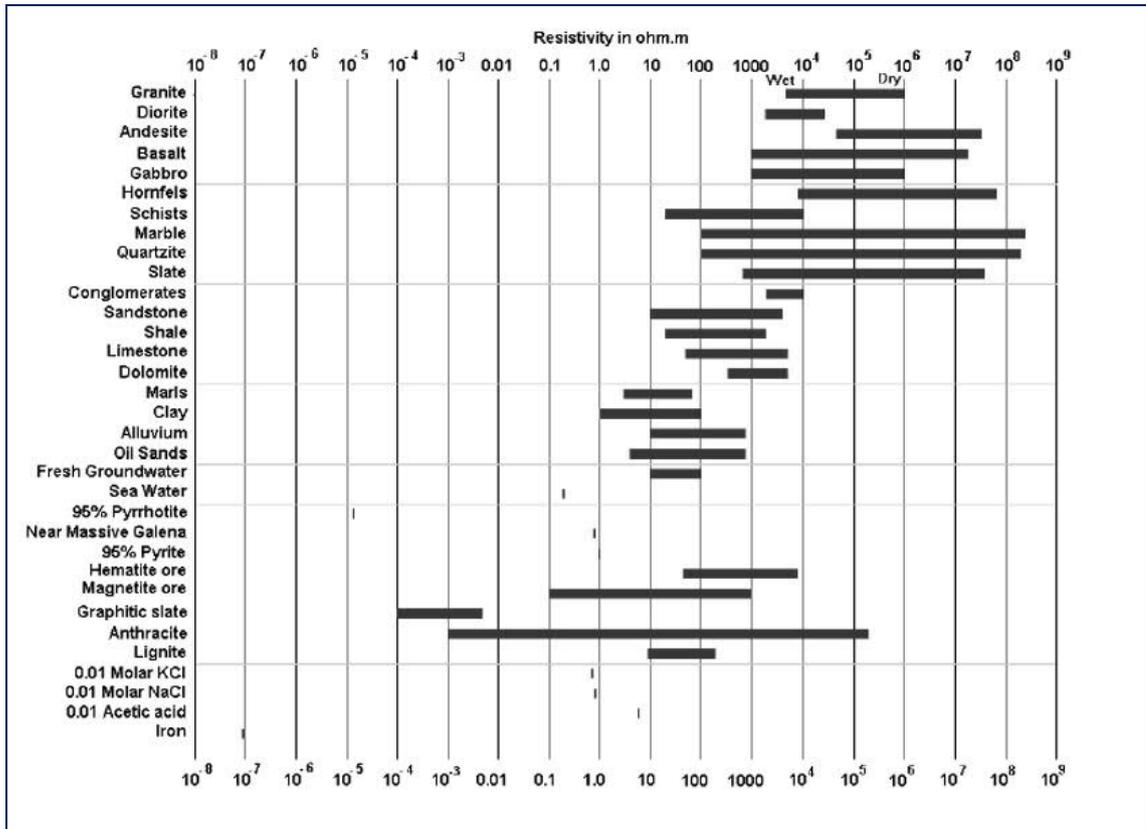


Fig. 4.2.1 – Prospezione geoelettrica. Valori sperimentali della resistività delle più comuni rocce, suoli e minerali.

#### 4.3 DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Di seguito sono riportate le specifiche della strumentazione utilizzata per l'esecuzione delle indagini geoelettriche:

Georesistivimetro, MAE X612-EM+ per tomografia geoelettrica equipaggiato con 96 elettrodi per l'energizzazione e l'acquisizione dati, aventi le seguenti caratteristiche.

- Risoluzione scheda di acquisizione 24 bit
- Potenza del generatore interno 250 Watt
- Uscita voltaggio:  $\pm 50V$ ,  $\pm 100V$ ,  $\pm 250V$ ,  $\pm 500V$ ,  $\pm 800V$  nominali
- Risoluzione della misura  $\pm 1.5\mu V$
- Compensazione automatica del potenziale spontaneo
- Misura della resistenza di contatto per singolo elettrodo
- IP programmabile in time domain
- Energizzazione su onda quadra programmabile dall'utente
- Possibilità di variare a piacimento il sistema di acquisizione e le quantità delle misure in qualsiasi momento
- Possibilità di controllo, in qualsiasi momento, dei dati acquisiti.

#### 4.4 DESCRIZIONE DELLE MODALITA' ESECUTIVE

Nell'ambito della commessa in oggetto, come accennato in premessa, sono state eseguite **n.3** prospezioni geoelettriche.

Di seguito, si riportano i dettagli di ciascuna prospezione geoelettrica:

Codice indagine	Lunghezza base sismica (m)	COORDINATE GAUSS-BOAGA			
		Coordinata inizio profilo - EST	Coordinata inizio profilo - NORD	Coordinata fine profilo - EST	Coordinata fine profilo - NORD
<b>BH06</b>	442	1465808,971	4505562,032	1466099,719	4505895,671
<b>BH07bis</b>	242	1465753,665	4505776,169	1465914,191	4505594,749
<b>BH07tris</b>	450	1465716,396	4505583,574	1466021,516	4505913,604

*Tab. 4.4.1 – Intervento S.S. 554 “Cagliaritana” – Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554). Indagini geoelettriche.*

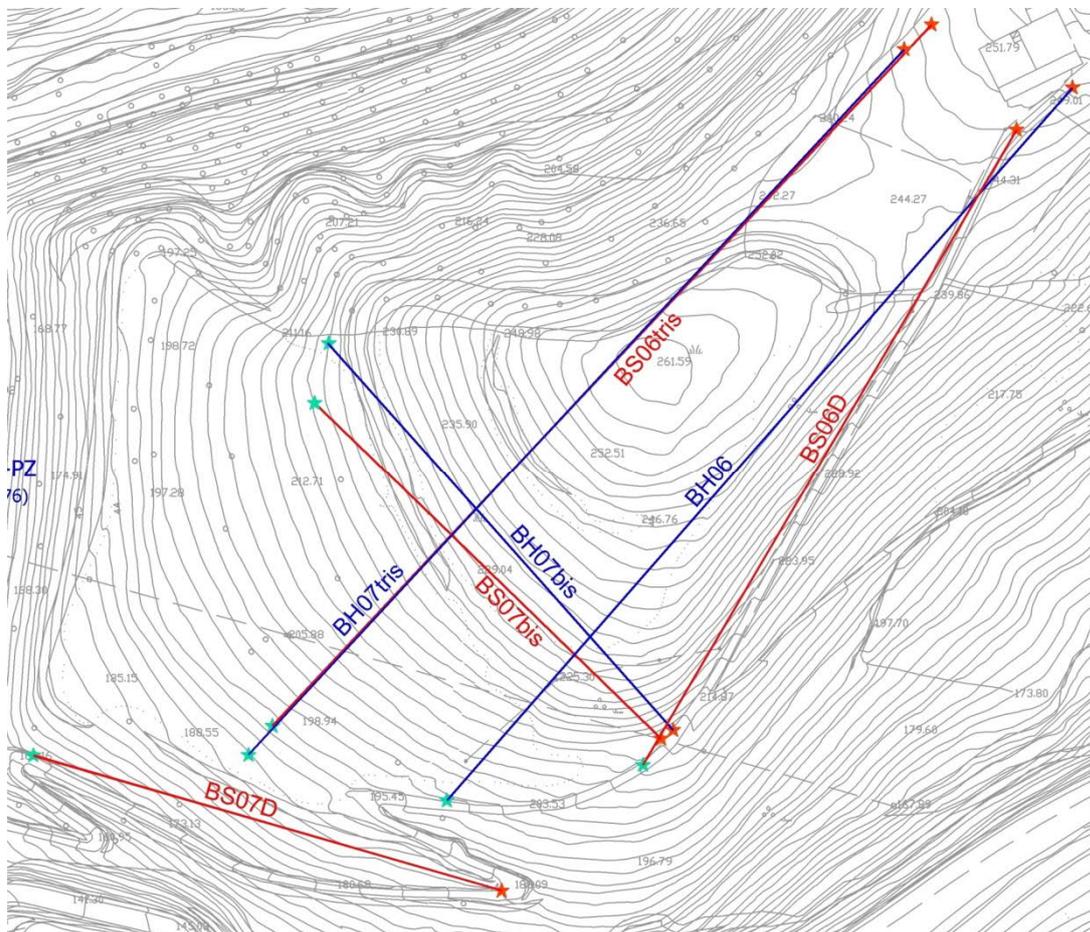


Fig. 4.2 – Intervento S.S. 554 “Cagliaritana” – Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S.125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554).

Stralcio dell'ubicazione indagini.



I simboli indicano l'inizio (stella colore ciano) e la fine (stella di colore arancione) del profilo.

In fase esecutiva, identificato il profilo da investigare, si è proceduto alla realizzazione di perfori mediante l'utilizzo di un trapano e successivamente all'infissione di picchetti in acciaio antimagnetico ed al loro successivo collegamento con i cavi multipolari al georesistivimetro.

Prima dell'acquisizione, onde garantire una bassa resistività di contatto, in corrispondenza di ciascun elettrodo, è stata versata una soluzione salina (notoriamente conducibile).

Al fine di garantire un'adeguata energizzazione, è stata iniettata una corrente la cui viene commutato il verso con un certo periodo di commutazione.

Al termine della verifica dei collegamenti e della resistenza di contatto, il geofisico ha dato il via all'acquisizione dei dati. Per ciascun quadripolo, in modalità automatica, sono state effettuate tre misurazioni, distinte tra loro, mediate dal software. Al termine dell'acquisizione, osservando lo scarto quadratico medio delle misurazioni, il geofisico ha proceduto alla ripetizione di quelle misure risultate al di fuori dal range ritenuto ammissibile.

Ultimate le operazioni di verifica del dato, si è proceduto al loro salvataggio e ad un post-processing speditivo, direttamente in sito, avvalendosi del software **RES2DINV**, della **Geotomo Int.**, al fine di validare le misurazioni compiute.

#### 4.5 DESCRIZIONE DELL'ELABORAZIONE DEI DATI

I dati acquisiti in campo sono stati elaborati avvalendosi del software **RES2DINV**, della **Geotomo Int.**

Dalle misurazioni eseguite, si ottiene la pseudosezione misurata che fornisce un'approssimazione della distribuzione della resistività nel sottosuolo poiché, tale distribuzione, varia a seconda del dispositivo elettrodico utilizzato, dando, comunque, un primo step per un'interpretazione quantitativa (Fig. 4.5.1-a).

Il passo successivo è la risoluzione del cosiddetto modello diretto mediante il quale si ottiene una pseudosezione bidimensionale in cui è rappresentata la distribuzione della resistività apparente calcolata avvalendosi di un ipotetico rilievo compiuto sulla medesima struttura.

L'elaborazione del modello diretto si esegue suddividendo il sottosuolo in un insieme di blocchi regolari per ognuno dei quali è determinata la resistività apparente mediante un procedimento iterativo ai minimi-quadrati; successivamente si verifica se il valore calcolato sia in accordo o meno con i valori di resistività misurati durante la fase di campo. In questa fase possono essere poste in input al modello eventuali strutture sepolte, se ipotizzate, quali aree fratturate, corpi sepolti, etc.

La suddetta procedura consente di ottenere la pseudosezione calcolata (Fig. 4.5.1-b).

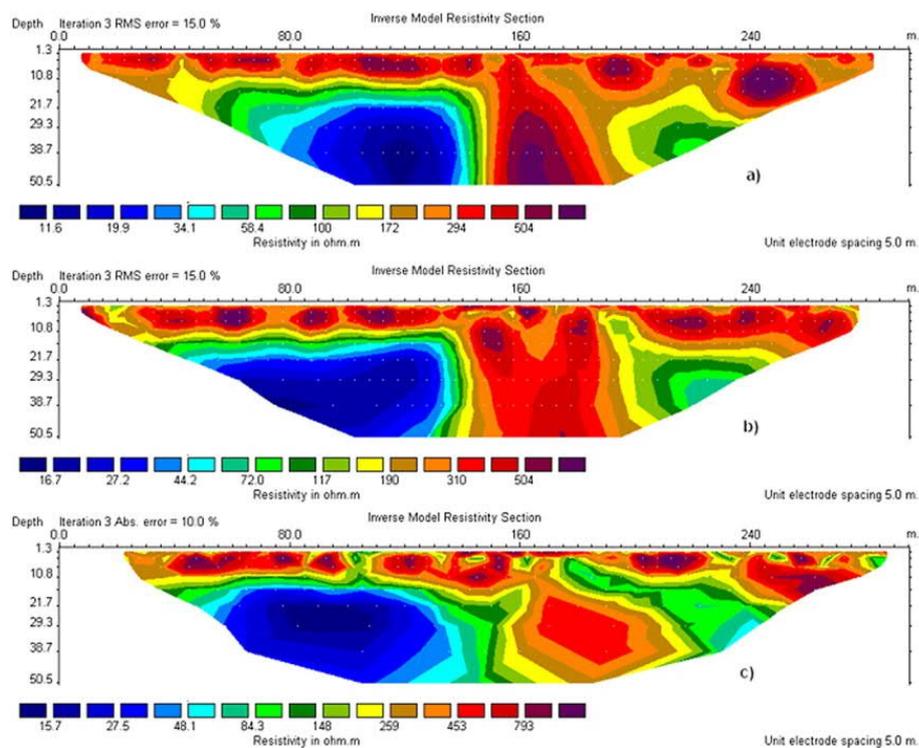
Verificata la congruenza tra la pseudosezione misurata e la pseudosezione calcolata, si deve procedere alla modellizzazione di un sottosuolo le cui caratteristiche elettriche sono proprio definite mediante la misurazione dei valori di resistività in superficie (Fig. 4.5.1-c).

Tuttavia, affinché si possa risalire ad un modello di sottosuolo che sia in accordo con i dati misurati, è essenziale avvalersi dei cosiddetti metodi d'inversione. La procedura d'inversione comporta che i parametri del modello siano costituiti da valori di resistività assegnati ad un insieme di blocchi regolari costituenti il sottosuolo che sono posti successivamente a confronto con i valori misurati di resistività apparente.

Siccome è noto che per lo stesso insieme di dati esiste un'ampia gamma di modelli i cui valori calcolati di resistività apparente collimano con il dataset misurato, il metodo d'inversione cerca di minimizzare la differenza tra i valori di resistività apparente misurata e calcolata (problema di equivalenza). La variazione riscontrata è espressa in termini di scarto quadratico medio.

L'iterazione che consente di ottenere un accordo tra i dati con il minore RMS possibile fornisce, quindi, il modello di sottosuolo che viene analizzato in fase interpretativa.

Si ribadisce, tuttavia, che il dettaglio con il quale si riescono a discriminare le variazioni di resistività del sottosuolo e, di conseguenza, la possibilità di distinguere le diverse strutture o corpi in esso presenti, dipendono dalla distanza minima tra gli elettrodi di misura e dalla lunghezza dello stendimento e non solo dalla discretizzazione del sottosuolo in elementi regolari.



*Fig. 4.5.1 – Prospezione geoelettrica.*

*Esempio di pseudosezione di resistività: modello misurato (a), modello calcolato (b) ed inversione tomografica (c) o modello finale [immagine di repertorio].*

#### 4.6 RISULTANZE DELL'INDAGINE GEOELETRICA

Ultimato il processo di elaborazione descritto in precedenza, di seguito, per ciascuna indagine, si riportano le seguenti elaborazioni:

- pseudosezioni geoelettriche bidimensionali;
- analisi dei dati per fornire una rappresentazione schematica del sottosuolo in termini di resistività.

#### 4.6.1 BH06

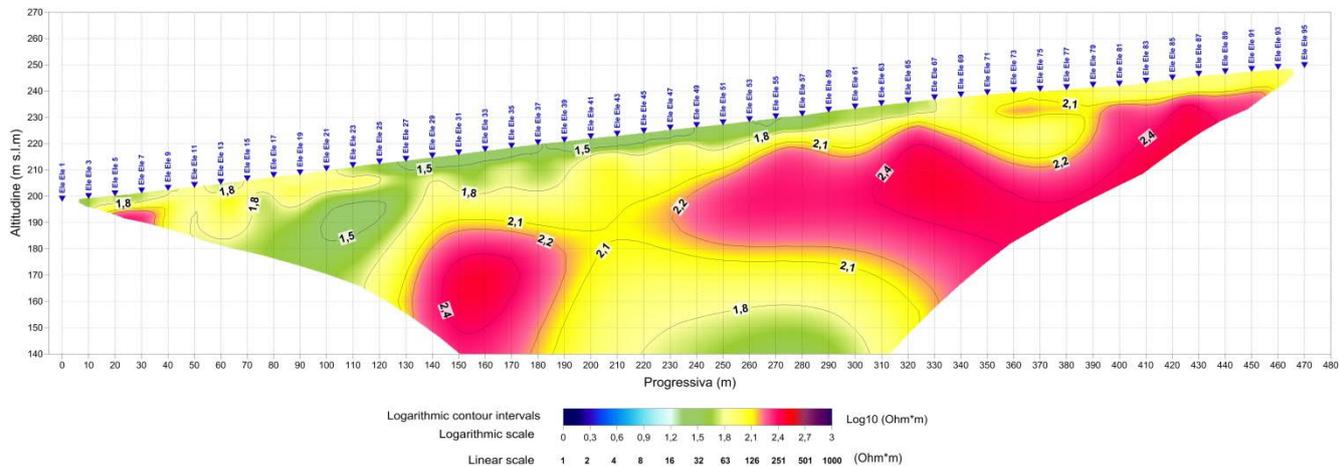


Fig. 4.6.1 – Intervento S.S. 554 “Cagliaritana” – Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S.125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554). Prospezione geoelettrica BH06.

Modello ottenuto da inversione dei dati.

Mediante l'analisi dei dati acquisiti ed elaborati si può riportare quanto segue:

- Resistività comprese tra 20 e 100 ohm\*m: sono attribuibili ad arenarie più o meno cementate.
- Resistività comprese tra 100 e 300 ohm\*m: sono attribuibili ad alternanze di livelli marnosi ed arenacei.

#### 4.6.2 BH07BIS

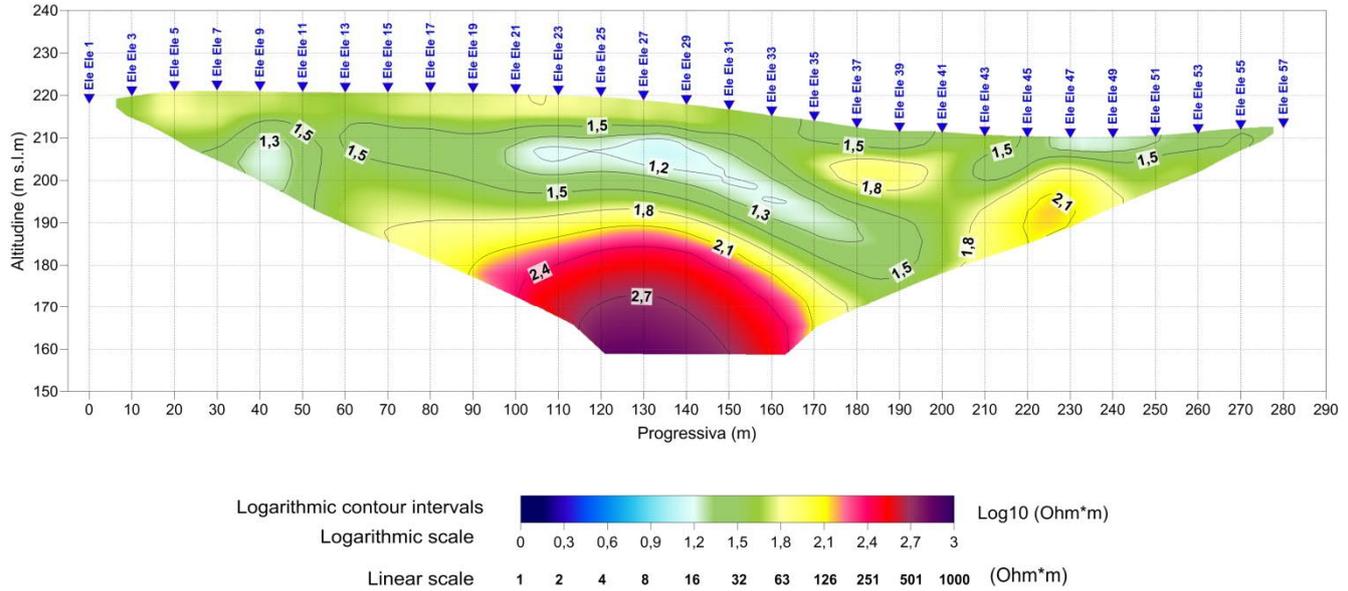


Fig. 4.6.2 – Intervento S.S. 554 “Cagliaritana” – Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S.125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554). Prospezione geoelettrica BH07bis.

Modello ottenuto da inversione dei dati.

Mediante l'analisi dei dati acquisiti ed elaborati si può riportare quanto segue:

- Resistività comprese tra 15 e 100 ohm\*m: sono attribuibili ad arenarie più o meno cementate.
- Resistività comprese tra 100 e 300 ohm\*m: sono attribuibili ad alternanze di livelli marnosi ed arenacei.
- Resistività superiori a 300 ohm\*m: sono attribuibili a litologie prevalentemente marnose.

#### 4.6.3 BH07TRIS

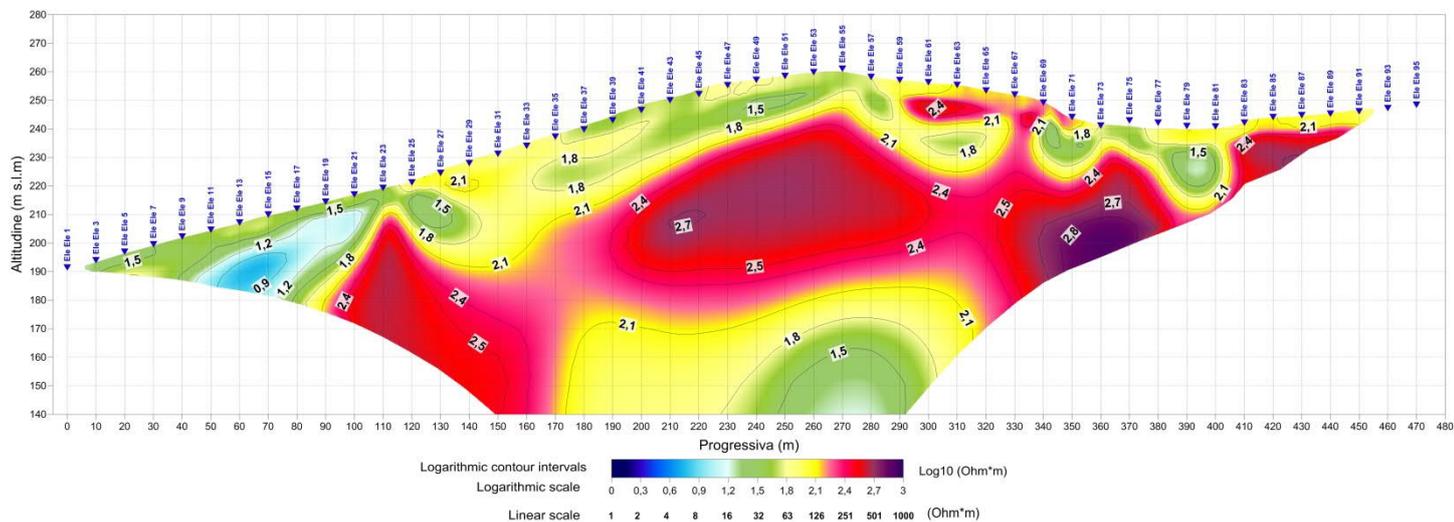


Fig. 4.6.3 – Intervento S.S. 554 “Cagliaritana” – Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S.125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554). Prospezione geoelettrica BH07tris.

Modello ottenuto da inversione dei dati.

L’analisi dei dati acquisiti ha evidenziato un contesto geologico eterogeneo. In linea di principio, si può riportare quanto segue:

- Resistività comprese tra 5 e 100 ohm\*m: sono attribuibili ad arenarie più o meno cementate. I valori inferiori di resistività possono essere attribuiti ad un maggiore contenuto d’acqua.
- Resistività comprese tra 100 e 300 ohm\*m: sono attribuibili ad alternanze di livelli marnosi ed arenacei.
- Resistività superiori a 300 ohm\*m: sono attribuibili a litologie prevalentemente marnose.