

## S.S. 131 di "Carlo Felice"

Adeguamento e messa in sicurezza della S.S.131  
dal km 108+300 al km 209+500  
Risoluzione dei nodi critici – 1° e 2° stralcio

### PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE CENTRALE PROGETTAZIONE

**PROGETTISTI:**

<i>Dott. Ing. CARLO BOSMAN</i> <i>Ordine Ing. di Roma n. 16449</i>	<i>Dott. Ing. ACHILLE DEVITOFRANCESCHI</i> <i>Ordine Ing. di Roma n. 19116</i>
<i>Dott. Ing. ENRICO MITTIGA</i> <i>Ordine Ing. di Roma n. 20228</i>	<i>Dott. Ing. FULVIO MARIA SOCCODATO</i> <i>Ordine Ing. di Roma n. 18861</i>

**IL GEOLOGO**

*Dott. Geol. STEFANO SERANGELI*  
*Ordine Geol. Lazio n. 659*

**IL RESPONSABILE DEL S.I.A.**

<i>Dott. Ing. GINEVRA BERETTA</i> <i>Ord. Ing. Prov. RM n. 20458</i>	<i>Dott. Ing. ADRIANA CORCELLI</i> <i>Ord. Ing. Prov. RM n. 33764</i>
---	--

**COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE**

*Dott. Arch. ROBERTO ROGGI*  
*Ordine Architetti Prov. RM n° 10554*

**VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO**

*Dott. Ing. ANTONIO SCALAMANDRE'*

**PROTOCOLLO**

**DATA**

**GRUPPO DI PROGETTAZIONE ANAS**

<i>Dott.Ing. Carlo Bosman</i>	– Responsabile di progetto
<i>Dott.Ing. Gabriele Giovannini</i>	– Cartografia
<i>Dott.Ing. Ginevra Beretta</i>	– Ambiente
<i>Dott.Geol. Giuseppe Cardillo</i>	– Ambiente
<i>Dott.Ing. Adriana Corcelli</i>	– Ambiente
<i>Dott.Geol. Stefano Serangeli</i>	– Geologia
<i>Dott.Ing. Enrico Mittiga</i>	– Geotecnica
<i>Dott.Ing. Attilio Petrillo</i>	– Idraulica
<i>Dott.Ing. Gianfranco Fusani</i>	– Strade
<i>Dott.Ing. Francesco Primieri</i>	– Strade
<i>Geom. Claudio D'Arcangelo</i>	– Strade
<i>Dott.Ing. Alessandro Piccarreta</i>	– Opere civili
<i>Geom. Pietro Tomasiello</i>	– Opere civili
<i>Geom. Carmelo Zema</i>	– Espropri
<i>Dott.Ing. Pierluigi Fabbro</i>	– Interferenze
<i>Dott.Ing. Francesco Bezzi</i>	– Impianti
<i>Geom. Stefano De Masi</i>	– Computi e capitolati
<i>Geom. Marco Spinucci</i>	– Sicurezza
<i>Dott.Arch. Roberto Roggi</i>	– Sicurezza

**RESPONSABILI DI SERVIZI INGEGNERIA**

<i>Dott.Ing. Fulvio Maria Soccodato</i>	– Territorio
<i>Dott.Ing. Alessandro Micheli</i>	– Geotecnica e Impianti
<i>Dott.Ing. Achille Devitofranceschi</i>	– Opere Civili
<i>Geom. Fabio Quondam</i>	– Computi e capitolati
<i>Dott.Geol. Serena Majetta</i>	

### GEOLOGIA E GEOTECNICA

Documentazione Indagini Geofisiche – 2 di 2

**CODICE PROGETTO**

PROGETTO      LIV. PROG.      N. PROG.

D	P	C	A	0	9	D	1	4	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

**NOME FILE**

TOOGE00GEORE07\_A

CODICE ELAB.	T	O	O	G	E	0	0	G	E	O	R	E	0	7
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

**REVISIONE**

A

**SCALA:**

--

D

C

B

A

EMISSIONE

Febbraio 2015

Geol. S. SERANGELI

Geol. S. SERANGELI

Ing. A. MICHELI

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

CAMPAGNA DI INDAGINE GEOFISICA

Impresa esecutrice: **SARDADRILL s.r.l.**

ANNO 1998

**A.N.A.S.**  
**ENTE NAZIONALE PER LE STRADE**  
**COMPARTIMENTO DELLA VIABILITA' PER LA SARDEGNA**

**S.S. 131 "CARLO FELICE"**

**PROGETTO N° 9**  
**Dal km 159+000 al km 165+350**

**INDAGINE GEOFISICA**  
**(basi sismiche a rifrazione)**

**SARDADRILL SRL**  
**CAGLIARI**

## **Scopi dell'indagine**

Scopo generale dell'indagine geofisica effettuata è stato quello di quantificare la velocità di propagazione delle onde sismiche longitudinali ( $V_p$ ) dei rifrattori presenti nell'area d'indagine e di individuarne le caratteristiche fisiche e meccaniche.

In particolare lo studio è stato rivolto ad accertare lo stato di alterazione delle rocce costituenti il bed-rock e la loro continuità nell'area interessata dal progetto, nonché lo spessore della coltre dei terreni di copertura.

---

## **Inquadramento geografico**

L'area interessata dalle indagini è localizzata lungo il tracciato della S.S. n° 131 "Carlo Felice" all'altezza del km 164+000, in territorio del Comune di Bonorva, prov. di Sassari, all'altezza dello svincolo per Pozzomaggiore, dove è prevista la realizzazione di una galleria.

Topograficamente l'area è individuata nel F°480 III della Nuova Carta d'Italia alla scala 1:25000 edita dall'I.G.M. ed è ubicata ad una quota che varia da 500 a 560 m s.l.m.



## PROSPEZIONE SISMICA

L'esecuzione della prospezione sismica ha comportato la levata di n° 5 (cinque) profili sismici a rifrazione per complessivi 550 m di stendimenti, disposti ad investigare l'asse stradale lungo l'opera in progetto.

### Basi sismiche a rifrazione

Come già detto, sono state eseguite cinque basi sismiche a rifrazione per un totale di 550 metri d'indagine.

Ciascuna base sismica è stata realizzata predisponendo un allineamento di 12 geofoni, interspaziati di m 10, e n° 5 (cinque) punti di energizzazione per la generazione delle onde elastiche.

Tutto il sistema energizzazione-ricezione è stato collegato ad un'apparecchiatura di registrazione che ha provveduto all'analisi degli impulsi sismici provenienti dai geofoni e alla loro registrazione.

Per la levata sismica è stato impiegato un registratore sismografico EG&G Geometrics ES-1225 che consente la registrazione simultanea degli impulsi sismici su 12 canali nonché l'acquisizione di più segnali (sommatoria di segnale) per una migliore definizione dell'onda sismica ed un più facile riconoscimento dei disturbi occasionali.

La registrazione, della durata di 500 millisecondi, è avvenuta su carta termosensibile e, mediante un software dedicato, anche su un apposito supporto magnetico tramite un computer collegato al registratore.

La fonte di energia sismica è stata ottenuta mediante l'utilizzo di un dispositivo esploditore MINIBANG che, mediante lo scoppio di cartucce cal. 8 ind., genera sul terreno l'onda elastica necessaria alla creazione di onde sismiche i cui tempi di arrivo a ciascun apparecchio di ricezione sono registrati dal sismografo.

Nei disegni allegati, che costituiscono il prodotto finale dell'indagine, sono rappresentati i risultati dell'interpretazione di ciascun profilo sismico, con rappresentazione in scala variabile in funzione della profondità dell'ultimo rifrattore.

Più precisamente, sono illustrati, dall'alto verso il basso:

- il profilo topografico e quello dei rifrattori, con individuazione dello spessore del 1° e, se riconoscibile, anche del 2° strato;
- la tavola con le dromocrone;
- la tavola con le variazioni della distribuzione delle velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali lungo il profilo investigato.

Le velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali ( $V_p$ ), rilevate durante l'investigazione, sono espresse in metri al secondo.

### **Esecuzione della levata sismica**

La levata sismica è stata effettuata, secondo lo stendimento tipo di seguito descritto.

Ciascuna base è costituita da un allineamento di 12 geofoni posti ad una distanza di 10 metri l'uno dall'altro, collegati tramite un cavo sismico ad un apposito ricevitore sismografico; la lunghezza totale di ciascuna base è di 110 metri.

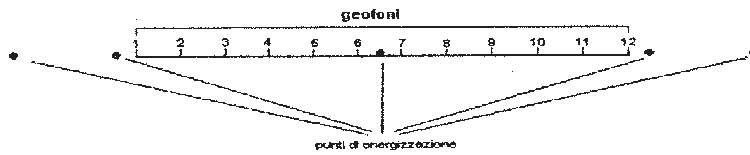
L'energizzazione è ottenuta mediante lo sparo di una serie di cartucce del cal. 8 industriale effettuata in cinque differenti posizioni lungo l'allineamento dei geofoni, secondo il seguente schema:

- 1 scoppio centrale tra i geofoni 6 e 7;
- 2 scoppi alle estremità, simmetrici, esterni, rispettivamente a 5 metri dai geofoni 1 e 12;
- 2 scoppi esterni, simmetrici, posti ad una distanza di 35 m dai geofoni 1 e 12.

Il posizionamento delle basi sismiche è stato fatto partendo dal settore meridionale, in prossimità del sondaggio n° 26, e proseguendo verso Nord sino a raggiungere il sondaggio n° 35.

Le basi sono state nominate con le lettere dell'alfabeto da A a E; sono consecutive, per cui i geofoni n°12 e n°1 delle basi consecutive sono coincidenti.

La disposizione degli scoppi è stata prescelta in maniera tale da investigare gli orizzonti più superficiali con gli scoppi interni e quelli via via più profondi con quelli esterni.



## Interpretazione dei risultati

I dati della levata sismica sono stati utilizzati per la costruzione delle dromocrone.

L'interpretazione è stata effettuata mediante l'impiego di un apposito software che, opportunamente guidato, nella misurazione automatica dei tempi di arrivo dell'onda sismica a ciascun geofono ha provveduto alla costruzione delle dromocrone.

Sulla base delle variazioni di pendenza delle dromocrone individuate dal geofisico, l'elaborazione ha fornito, per ciascuna base sismica, gli atti interpretativi allegati al presente studio, dove sono rappresentati lo spessore e la velocità di propagazione dell'onda sismica per ciascun orizzonte individuato dall'indagine.

Nel dettaglio, sono stati individuati i seguenti orizzonti:

### BASE "A"

Si stende lungo il tracciato in progetto; il geofono n° 1 è posto a 10 m dal sondaggio n° 26, quello n° 12 è situato lungo il tracciato stradale, alla distanza di 110 metri, circa 10 m oltre il sondaggio n° 28.

- coltre superficiale

E' stata individuata la presenza di una coltre di materiale poco addensato, con spessore variabile da circa 2 metri in prossimità degli ultimi geofoni sino a oltre 6 metri nella parte iniziale della base.

E' caratterizzata da una velocità di propagazione dell'onda sismica di circa 500 m/s che tende ad essere più elevata nella zona iniziale della base.

Litologicamente è da individuare nella porzione più alterata del substrato.

- rifratore

E' caratterizzato da una velocità di propagazione dell'onda sismica di 3.000 m/s; è, correlabile alla presenza di un orizzonte tufaceo il cui spessore non è stato valutato in quanto non è stato individuato il rifratore profondo.

### BASE "B"

E' la prosecuzione, con direzione Nord, della base precedente; il geofono n° 1 è posto in corrispondenza del geofono n° 12 della base "A".

Si presenta con le stesse caratteristiche della precedente confermando lo spessore di circa 10 metri per l'orizzonte più superficiale.

### BASE "C"

E' anch'essa la prosecuzione della base precedente; il geofono n° 1 è posto sul geofono n° 12 della base precedente.

- coltre superficiale  
Lungo questa base la coltre di materiale poco addensato tende a diminuire di spessore e manifesta un lieve incremento della velocità di propagazione dell'onda sismica.
- 1° rifrattore  
La velocità del 1° rifrattore è di circa 2.600 m/s; è, probabilmente, correlabile all'orizzonte tufaceo il cui spessore, in questo caso, è variabile da qualche metro sino alla decina di metri.
- 2° rifrattore  
La velocità di questo rifrattore è di circa 4.000 m/s; è, probabilmente, correlabile alla presenza di un espandimento lavico sottostante all'orizzonte tufaceo.

### BASE "D"

E' distribuita tra il sondaggio n°32 e il sondaggio n°34.

- coltre superficiale  
Lo spessore della coltre di materiale poco addensato si mantiene abbastanza regolare confermando gli spessori già registrati negli stendimenti precedenti.  
E' però caratterizzata da un incremento della velocità di propagazione dell'onda sismica sino a 1.200 m/s.
- refrattore  
Si presenta con una velocità di propagazione dell'onda sismica caratterizzata da una variabilità al di fuori dalla norma.  
Infatti, mentre nel settore meridionale (geofoni da 1 a 8) si presenta con caratteristiche simili alle basi precedenti, nella porzione terminale manifesta un incremento di velocità particolarmente elevato (sino a superare i 6.000 m/s) per la verifica del quale sarebbe opportuno uno studio più approfondito.

### BASE "E"

E' la base terminale. Si stende tra il sondaggio n° 34 e il sondaggio n° 35. Il geofono n° 1 è posto a poca distanza dal sondaggio n° 34.

- coltre superficiale

In questa base si ripresenta la coltre superficiale con le caratteristiche più classiche. La velocità di propagazione dell'onda sismica è di circa 800 m/s.

Litologicamente è da correlare alla presenza dello scarso suolo e nella porzione più alterata dei litotipi sottostanti.

- 1° rifratore

Ha una velocità di propagazione dell'onda sismica che varia da 1.200 a 2.000 m/s; litologicamente è individuabile con l'orizzonte tufaceo individuato anche nelle basi precedenti.

- 2° rifratore

Ha una velocità di circa 4.500 m/s e, litologicamente, potrebbe essere rappresentativo del substrato vulcanico.

## CONCLUSIONI

Sulla base dei risultati dell'indagine sismica, si può osservare che lo spessore della coltre superficiale è nell'ordine dei 5 metri e che la sua velocità è sempre compresa tra 600 e 800 m/s. Localmente può anche essere assente (base "C" e, parzialmente, base "D").

Per quanto riguarda i rifrattori si osserva come si presentino con velocità caratteristiche. La più bassa, di circa 3.000 m/s, è attribuibile ai litotipi tufacei; l'altra, superiore a 4.000 m/s, è, con tutta probabilità, da attribuirsi alla presenza di un espandimento lavico (basalto) sottostante all'orizzonte tufaceo.

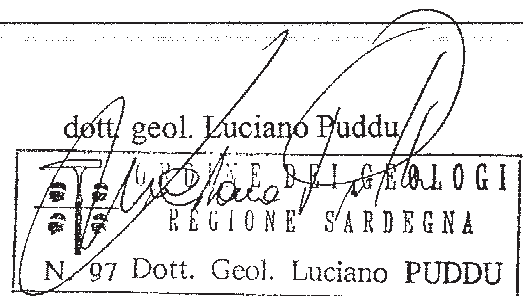
Come detto nell'analisi di ciascuna base sismica, è da tenere in considerazione l'anomalia sismica manifestata dalla base "D" ove è stato riscontrato un anomalo incremento della velocità del rifrattore.

In funzione della lunghezza delle basi sismiche e della posizione degli scoppi esterni, l'investigazione ha interessato i terreni sino alla profondità di circa 30-40 m dal piano di campagna.

L'indagine geofisica, oltre alla determinazione dei vari orizzonti presenti, ha altresì consentito una definizione geotecnica dei litotipi individuati.

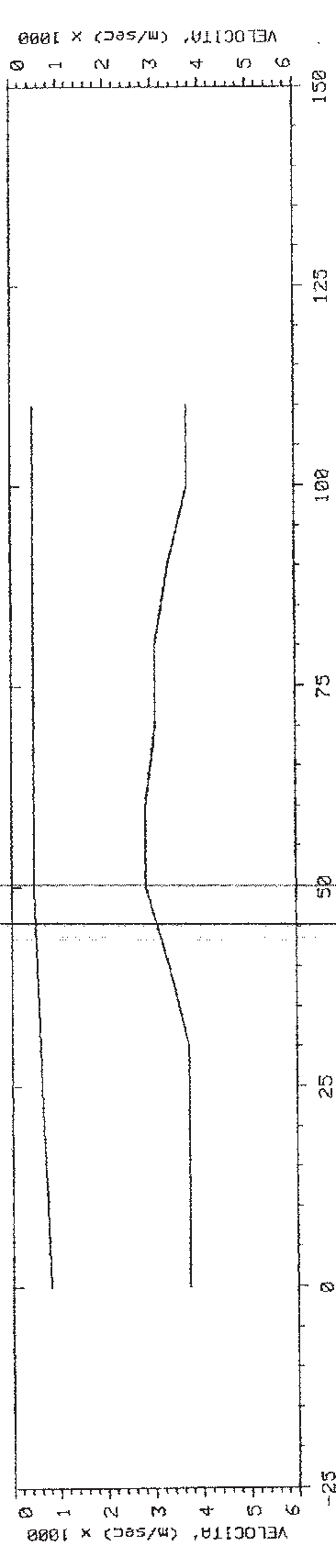
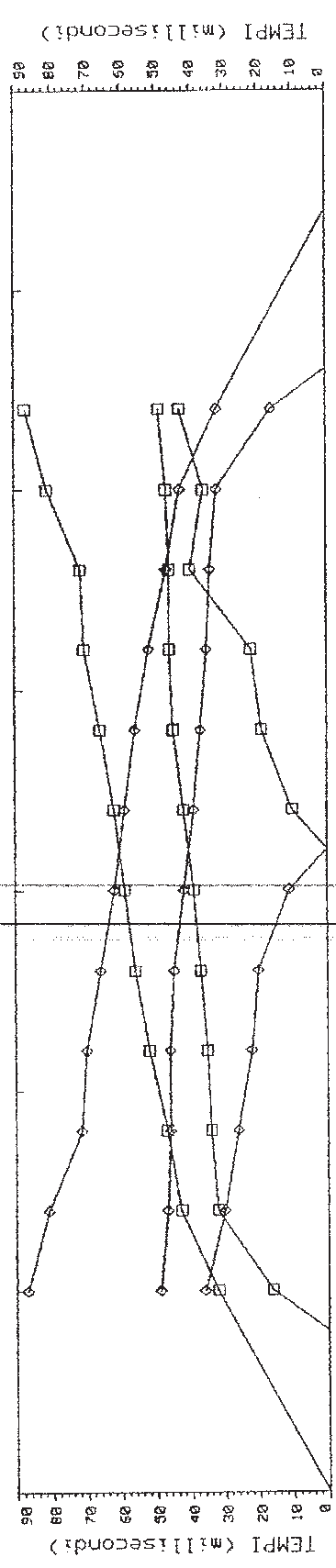
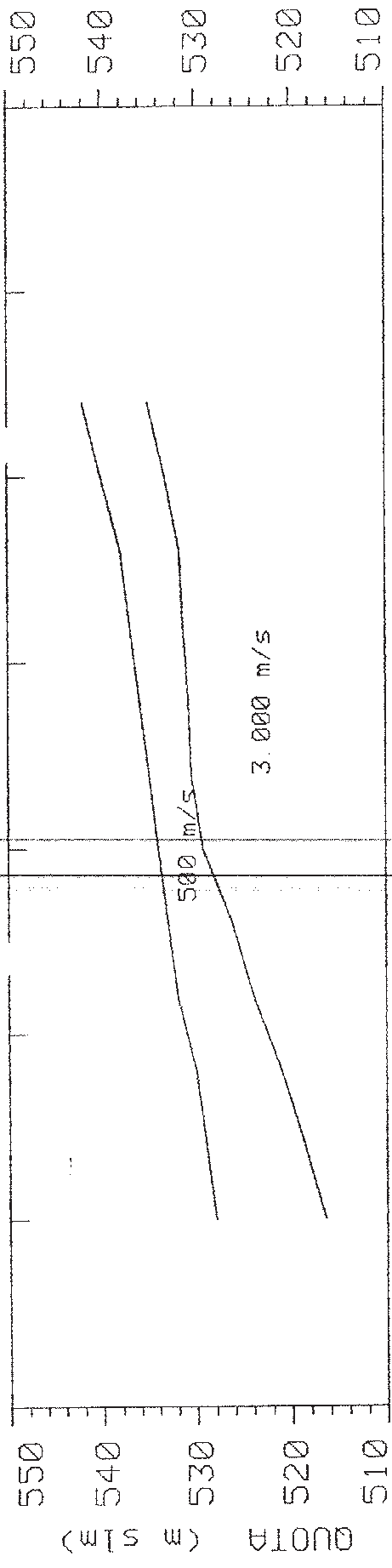
Infatti, sulla base dei valori di Vp (velocità di propagazione dell'onda sismica) si deduce che la "coltre superficiale" ed, in parte, il "refrattore" sono costituiti da materiali lavorabili e asportabili con i normali mezzi di cantiere; per le sezioni ove i valori di Vp sono maggiori di 3.000 m/s il materiale presente è da definirsi "roccia da mina", con tutte le implicazioni che ne conseguono.

Cagliari, luglio 1998



Sono allegati alla presente

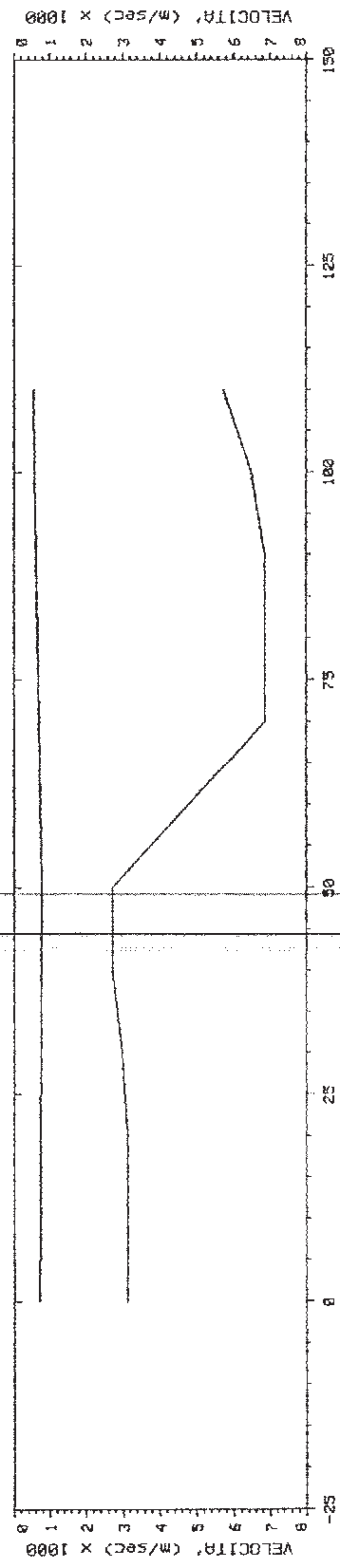
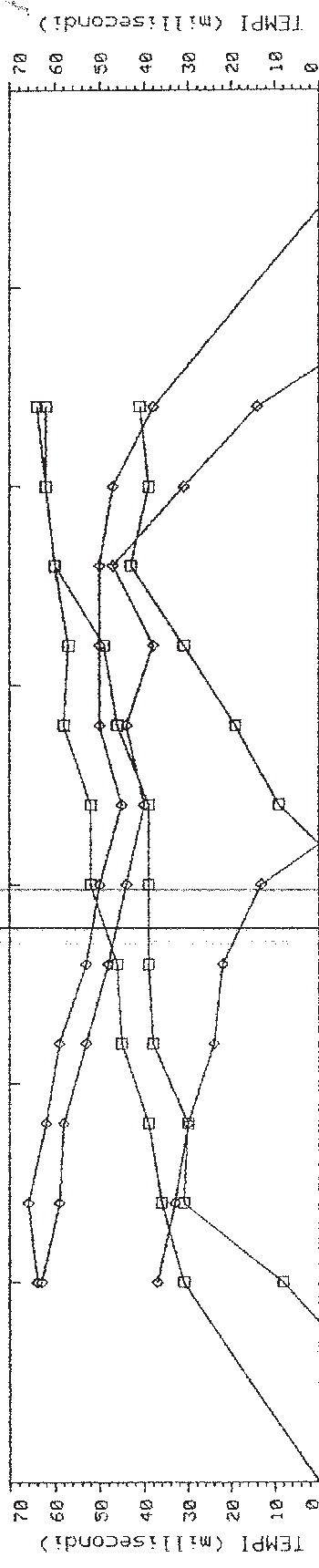
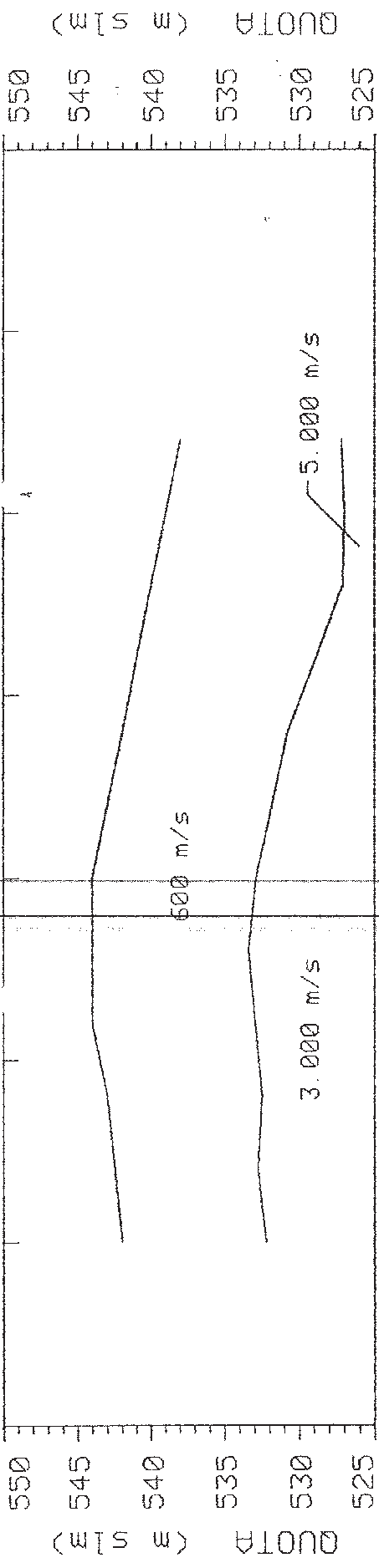
- n° 5 tavole relative all'interpretazione di ciascun profilo sismico
- n° 25 originali dei sismogrammi relativi a ciascun tiro effettuato nel corso dell'indagine



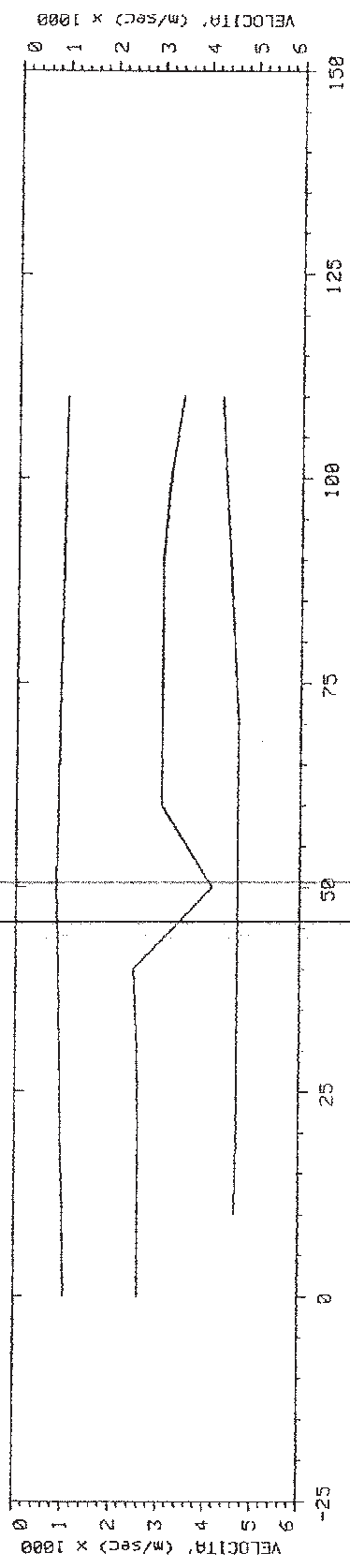
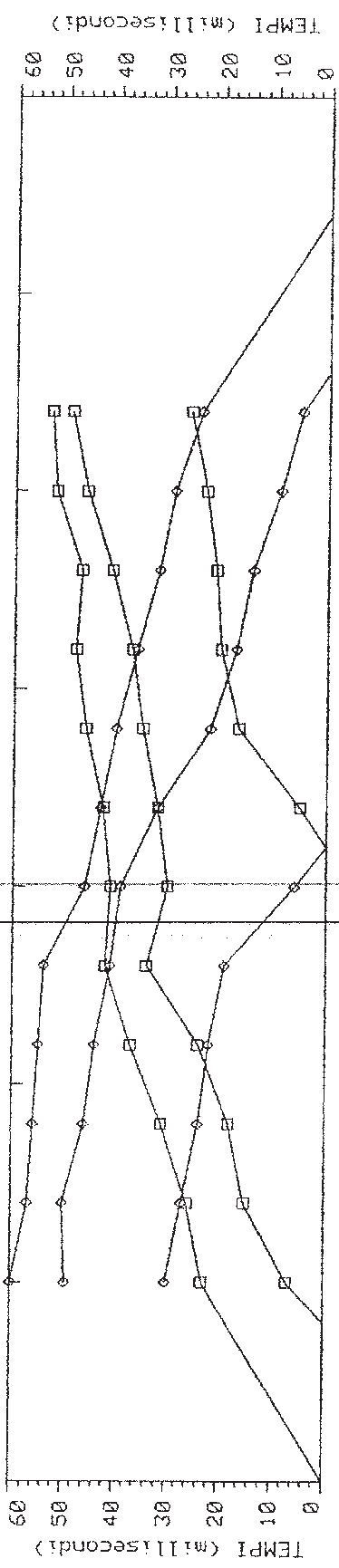
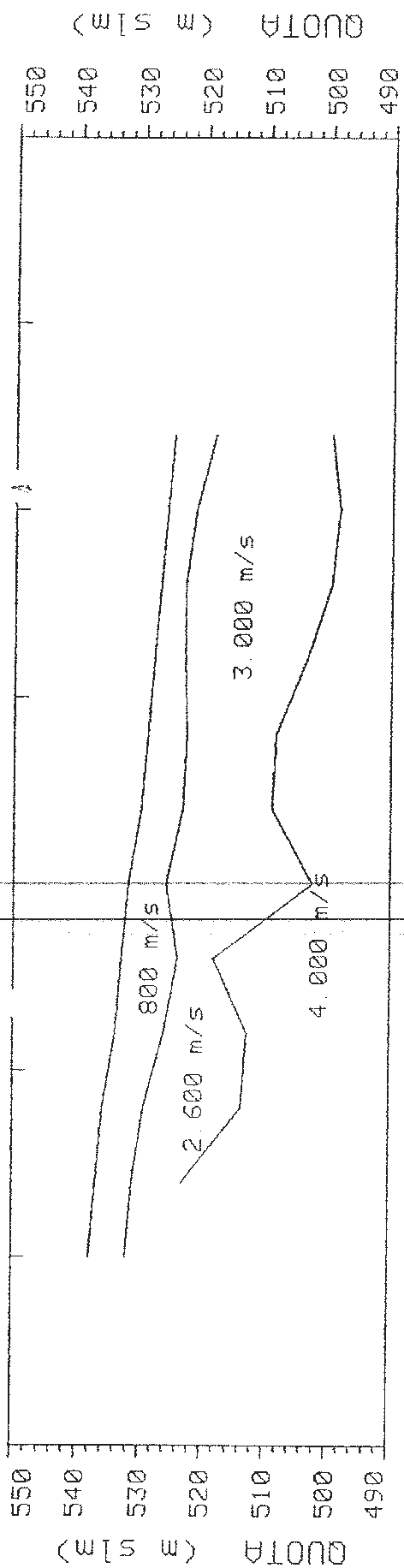
DISTANZA (m)

for: A.N.A.S.		NUOVA SS 131	
Ely: Tecnogeo s.r.l. - CA		S.S. 131 "CARLO FELICE"	
Data SetBONORA		BONORVA	
Date: 27/07/98		9711111111	



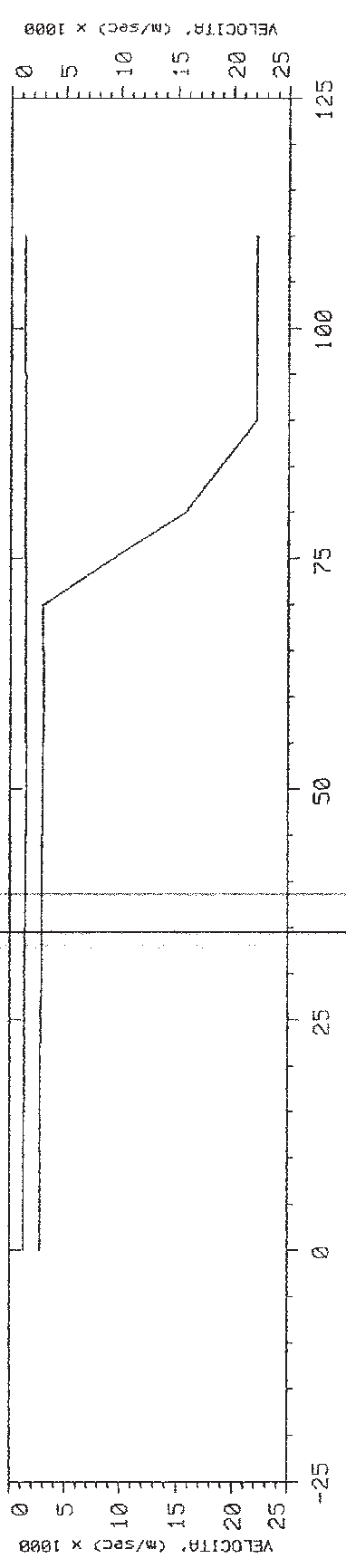
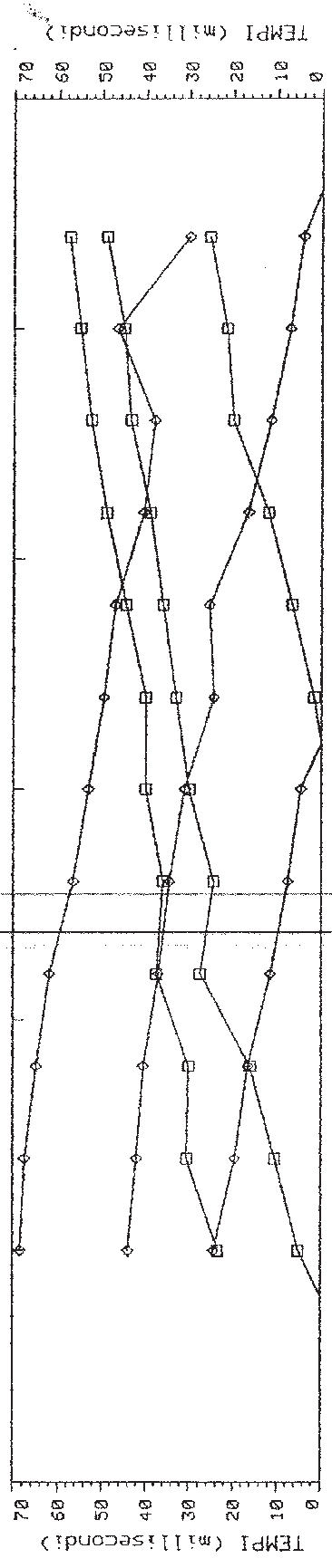
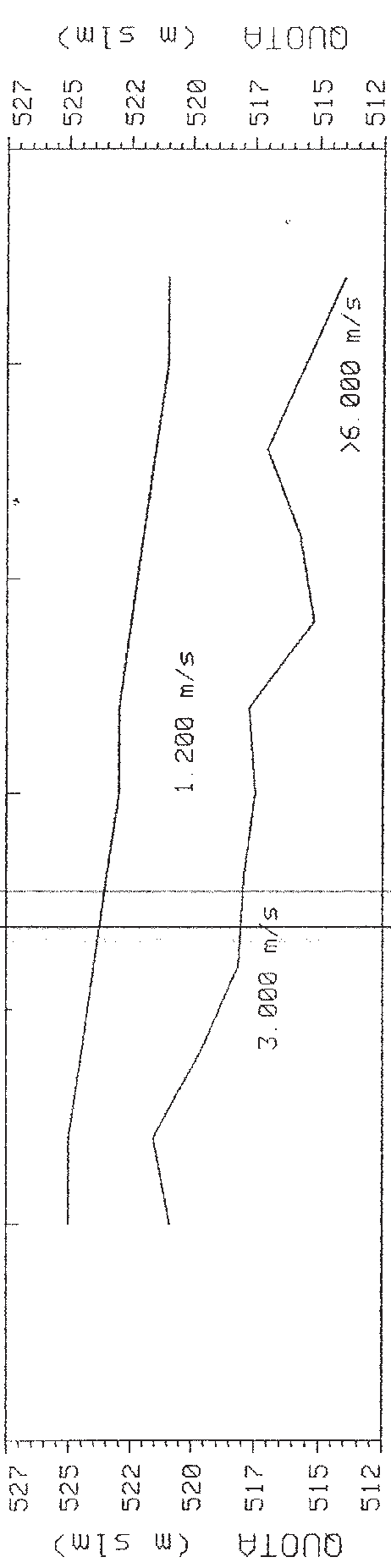


for: A.N.A.S.		NUOVA SS 131	
by: Tecnogeo s.r.l. - CA		S.S. 131 "CARLO FELICE"	
Data Set: BON+B		BONORVA	
Equipment: GEOMETRICS	Speed: B	Azimuth: 0	
Date: 27/07/98			

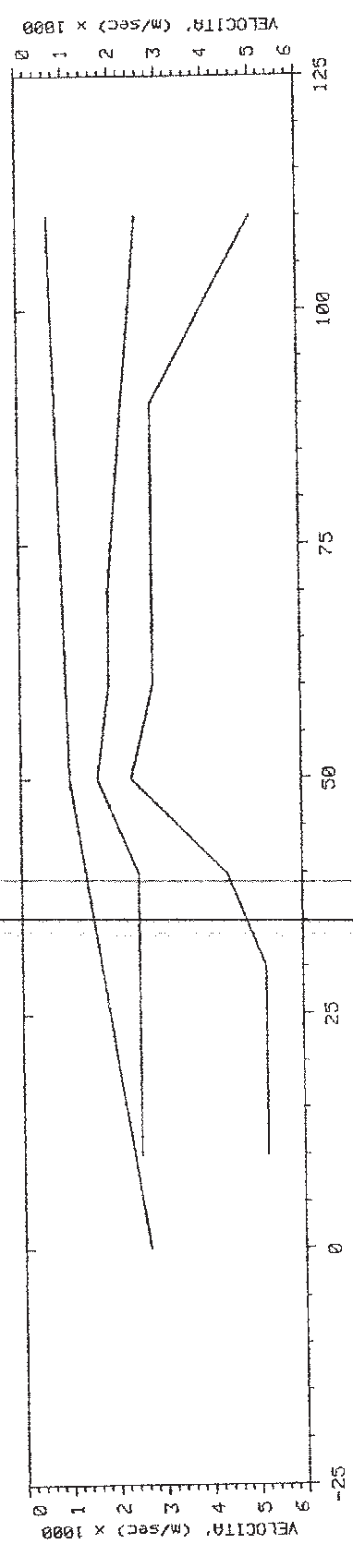
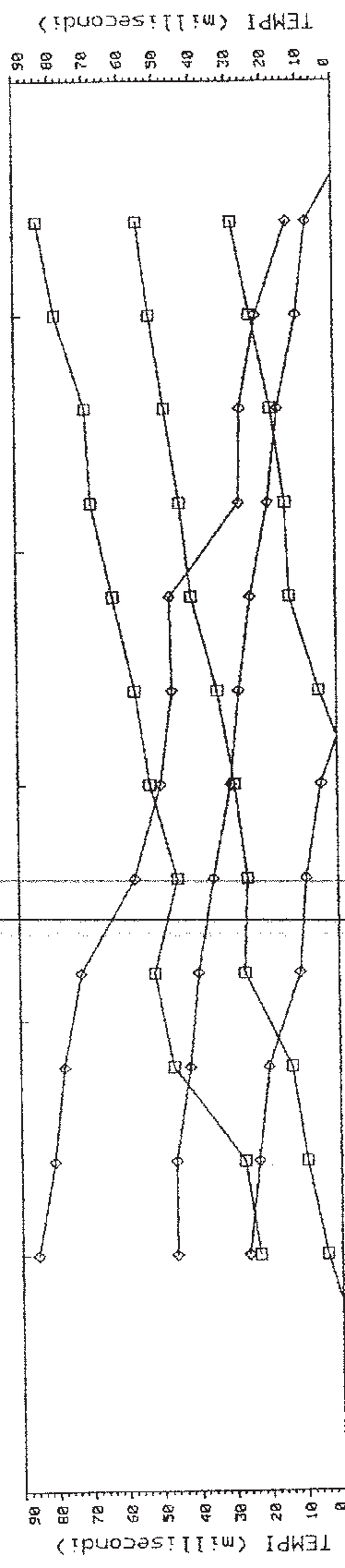
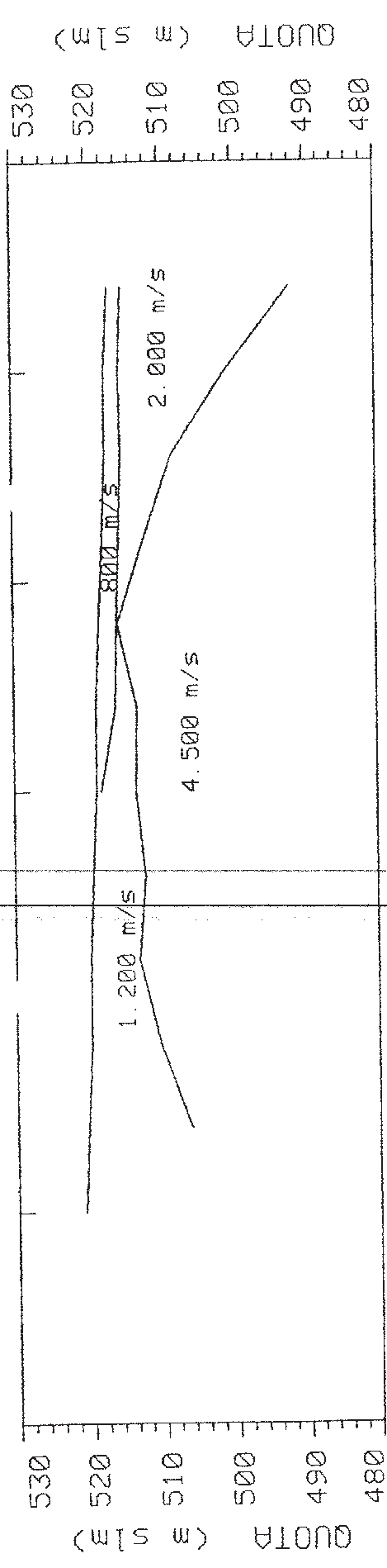


DISTANZA (m)

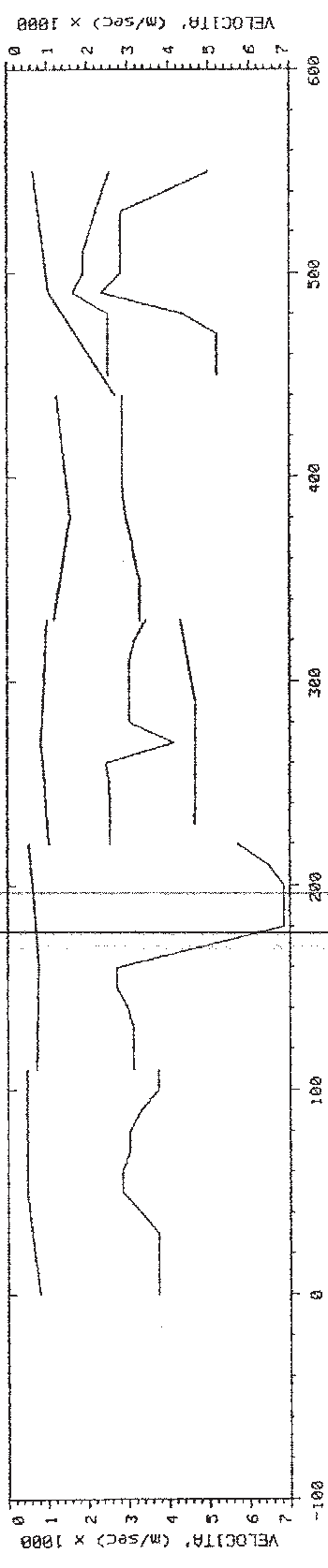
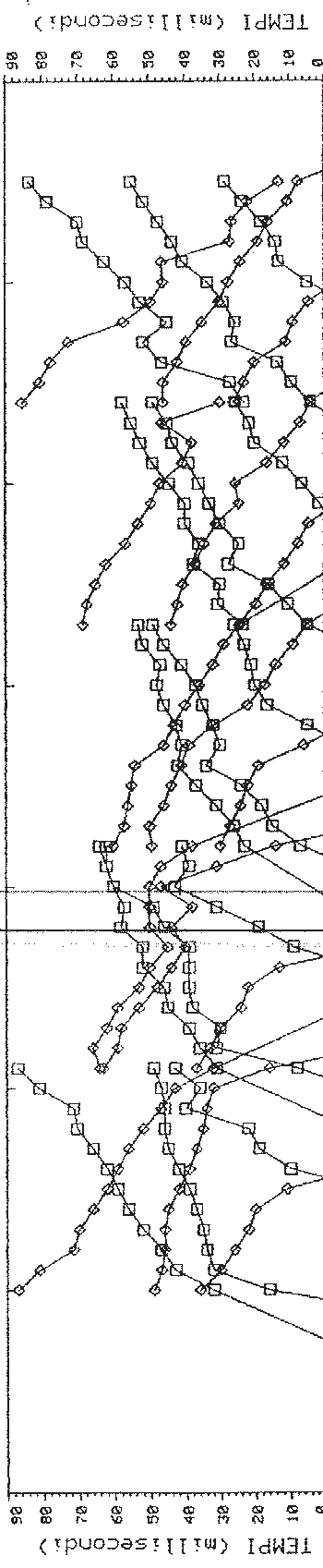
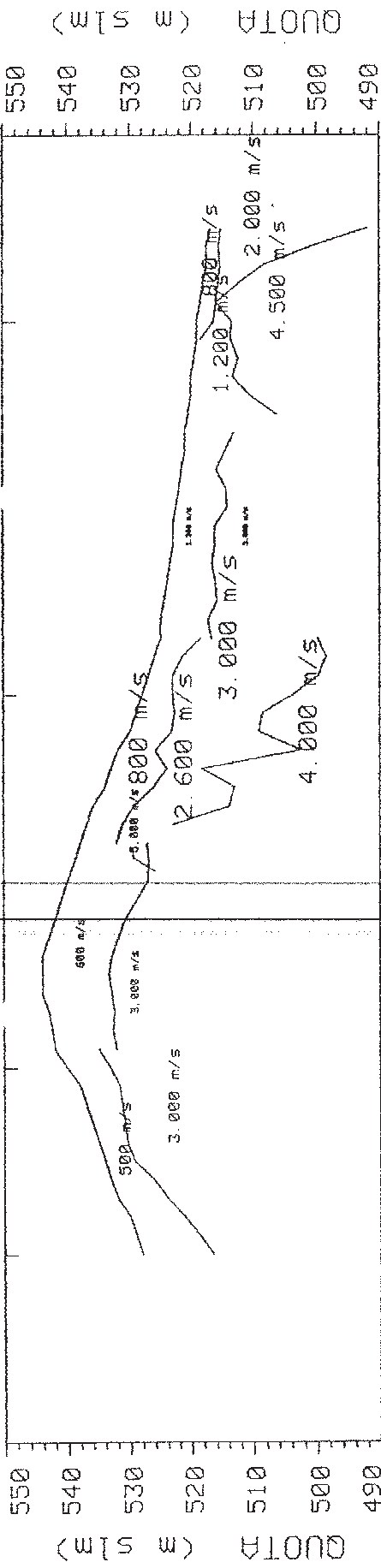
for: A.N.A.S.		NUOVA SS 131	
by: Tecnogeo s.r.l. - CA		S.S. 131 "CARLO FELICE"	
Data SetBON+C	Date: 27/07/98	BONORVA	
Equipment: GEOMETRICA	Spread: C	Azimuth: 0	



for: A.N.A.S.		S.S. 131 "CARLO FELICE"	
by: Tecnogeo s.r.l. - CA		BONORVA	
Data Set	BON<D	Date:	
Equipment:	Ecog 851225	Source:	D
Azimuth:			



for: A.N.A.S.		S.S. 131 "CARLO FELICE"	
by: Tecnogeo s.r.l. - CA		BONORVA	
Data Set	BON+E	Date:	
Equipment: EC65 ES1225	Spread: E	Azimuth:	



DISTANZA (m)

for: A.N.A.S.		S.S. 131 "CARLO FELICE"	
by: Tecnogeo s.r.l. - CA		BONORVA	
Data Set	BON+E	Date:	
Equipment:	ECAC BR1225	Spread:	E
Azimuth:			

SUMMARY OF GRM CURVE ANALYSIS:

SEGMENT	SHOT1	SHOT2	R1	R2	RA	X-Y	No. Pts
1	1	12	0	0	1	10.00	11
2	6	12	1	2	1	10.00	4
3	6	1	1	2	1	10.00	2
4	11	12	1	0	1	10.00	11
5	11	6	2	1	1	10.00	2
6	1212	1	0	0	1	10.00	11
7	1212	6	2	1	1	10.00	4
8	1212	11	0	1	1	10.00	11

Reciprocal time estimates from refractors R1 and R2  
Refractor RA is refractor analyzed

Optimum X-Y value estimates:

LAYER	MINIMUM X-Y	AVERAGE X-Y	MAXIMUM X-Y
1	1.52	2.43	4.99
2	6.61	6.61	6.61

GRM DEPTH SECTION RESULTS:

S-N: STATION NUMBER, V: VELOCITY (m/sec), Z: DEPTH (m)

S-N	V1	V2	V3	V4	Z1	Z2	Z3
	807.45	3736.66			11.536		
1.00	741.42	3736.66			10.407		
2.00	675.38	3736.66			8.931		
3.00	609.34	3736.66			8.058		
4.00	543.31	3322.66			6.821		
5.00	477.27	2847.95	4583.33		4.696	9.226	
6.00	478.75	2846.39			4.529		
7.00	480.22	3043.01			5.250		
8.00	481.69	3043.01			5.708		
9.00	483.16	3320.47			6.341		
10.00	484.64	3736.66			6.803		
11.00	486.11	3736.66			6.945		

\*

Tecnogeo s.r.l. - CA

\*

## SUMMARY OF GRM CURVE ANALYSIS:

SEGMENT	SHOT1	SHOT2	R1	R2	RA	X-Y	No. Pts
1	225	223	1	1	1	10.00	5
2	225	224	2	1	1	10.00	3
3	226	223	2	1	1	10.00	5
4	226	224	0	1	1	10.00	3
5	226	225	1	1	1	10.00	3
6	227	223	2	1	1	10.00	5
7	227	224	0	1	1	10.00	3
8	227	225	1	1	1	10.00	4

Reciprocal time estimates from refractors R1 and R2  
Refractor RA is refractor analyzed

Optimum X-Y value estimates:

LAYER	MINIMUM X-Y	AVERAGE X-Y	MAXIMUM X-Y
1	2.06	3.89	6.34

## GRM DEPTH SECTION RESULTS:

S-N: STATION NUMBER, V: VELOCITY (m/sec), Z: DEPTH (m)

S-N	V1	V2	V3	V4	Z1	Z2	Z3
	726.26	3134.44			9.786		
1.00	736.74	3134.44			9.743		
2.00	747.22	3134.44			10.505		
3.00	757.71	2997.61			11.035		
4.00	768.19	2723.94			10.620		
5.00	778.67	2723.94			11.090		
6.00	739.94	4790.54			11.212		
7.00	701.21	6857.14			11.263		
8.00	662.48	6857.14			12.132		
9.00	623.75	6857.14			12.904		
10.00	585.03	6476.18			11.969		
11.00	546.30	5714.27			10.789		

\*

Tecnogeo s.r.l. - CA

\*

## SUMMARY OF GRM CURVE ANALYSIS:

SEGMENT	SHOT1	SHOT2	R1	R2	RA	X-Y	No. Pts
1	230	228	2	1	1	10.00	4
2	230	229	2	1	1	10.00	3
3	231	228	2	2	2	30.00	5
4	231	229	0	2	2	30.00	6
5	231	230	1	1	1	10.00	5
6	232	228	2	2	2	30.00	5
7	232	229	0	2	2	30.00	6
8	232	230	1	1	1	10.00	5

Reciprocal time estimates from refractors R1 and R2  
Refractor RA is refractor analyzed

Optimum X-Y value estimates:

LAYER	MINIMUM X-Y	AVERAGE X-Y	MAXIMUM X-Y
1	2.41	4.02	6.44
2	9.35	24.82	43.53

## GRM DEPTH SECTION RESULTS:

S-N: STATION NUMBER, V: VELOCITY (m/sec), Z: DEPTH (m)

S-N	V1	V2	V3	V4	Z1	Z2	Z3
	1041.67	2567.88			5.814		
1.00	1002.31	2567.88	4643.51		5.845	13.791	
2.00	962.95	2567.88	4666.24		6.578	22.158	
3.00	923.59	2534.96	4677.60		7.797	20.961	
4.00	884.23	2469.13	4677.60		8.986	14.627	
5.00	844.87	4124.58	4677.60		6.030	29.478	
6.00	870.73	3039.91	4677.60		6.705	20.946	
7.00	896.58	3039.91	4677.60		6.231	20.473	
8.00	922.44	3039.91	4581.82		4.912	24.355	
9.00	948.29	3039.91	4486.04		3.864	27.370	
10.00	974.15	3176.03	4390.26		4.530	27.535	
11.00	1000.00	3448.26	4294.48		6.550	25.273	

\*

Tecnogeo s.r.l. - CA

\*



## SUMMARY OF GRM CURVE ANALYSIS:

SEGMENT	SHOT1	SHOT2	R1	R2	RA	X-Y	No. Pts
1	235	233	0	0	1	10.00	6
2	235	234	1	0	1	10.00	3
3	236	233	1	1	1	10.00	6
4	236	234	0	0	1	10.00	6
5	237	233	0	1	1	10.00	11
6	237	234	0	0	1	10.00	8

Reciprocal time estimates from refractors R1 and R2  
Refractor RA is refractor analyzed

Optimum X-Y value estimates:

LAYER	MINIMUM X-Y	AVERAGE X-Y	MAXIMUM X-Y
1	5.25	6.72	8.45
2	9.84	9.84	9.84

## GRM DEPTH SECTION RESULTS:

S-N: STATION NUMBER, V: VELOCITY (m/sec), Z: DEPTH (m)

S-N	V1	V2	V3	V4	Z1	Z2	Z3
	1166.67	3307.78			8.225		
1.00	1248.14	3307.78			7.707		
2.00	1329.61	3307.78			8.626		
3.00	1411.08	3171.69			7.957		
4.00	1492.55	3103.65			6.897		
5.00	1574.02	2974.32			6.850		
6.00	1520.02	2885.09			6.793		
7.00	1466.01	2880.57			8.301		
8.00	1412.01	2880.57			7.731		
9.00	1358.01	2880.57			5.568		
10.00	1304.00	2880.57			6.487		
11.00	1250.00	2880.57	3846.15		7.859	11.016	

\*

Tecnogeo s.r.l. - CA

\*

## SUMMARY OF GRM CURVE ANALYSIS:

SEGMENT	SHOT1	SHOT2	R1	R2	RA	X-Y	No. Pts
1	240	23	0	0	2	30.00	3
2	241	23	2	2	2	30.00	3
3	241	240	2	1	1	10.00	2
4	242	23	0	2	2	30.00	8
5	242	239	0	0	2	30.00	8
6	242	240	2	2	2	30.00	4

Reciprocal time estimates from refractors R1 and R2  
Refractor RA is refractor analyzed

Optimum X-Y value estimates:

LAYER	MINIMUM X-Y	AVERAGE X-Y	MAXIMUM X-Y
1	0.82	1.67	2.77
2	1.69	10.84	24.20

## GRM DEPTH SECTION RESULTS:

S-N: STATION NUMBER, V: VELOCITY (m/sec), Z: DEPTH (m)

S-N	V1	V2	V3	V4	Z1	Z2	Z3
44.00	2692.31						
45.00	2364.96	2516.04	5207.42			14.164	
46.00	2037.61	2516.04	5207.42			9.551	
47.00	1710.26	2516.04	5207.42			6.721	
48.00	1382.91	2516.04	4382.57			7.093	
49.00	1055.56	1655.93	2372.44		0.640	5.412	
50.00	990.74	1904.75	2836.88		2.663	5.567	
51.00	925.93	1904.75	2836.88		2.488	2.536	
52.00	861.11	2068.10	2836.88		2.334	5.699	
53.00	796.30	2231.45	2836.88		2.176	9.105	
54.00	731.48	2394.79	3918.44		2.015	16.577	
55.00	666.67	2558.14	5000.00		1.852	25.018	

\*

Tecnogeo s.r.l. - CA

\*

## CAMPAGNA DI INDAGINE GEOFISICA

Impresa esecutrice: **A.GE.CO. s.r.l.**

ANNO 2011

#### **4.INDAGINI SISMICHE**

Di seguito si riporta la relazione sulle indagini sismiche eseguite dal Dr Luciano Puddu, consistite in n°4 profili sismici a rifrazione, restituiti con il metodo della tomografia sismica di superficie, e n° 2 indagini downhole.

Si precisa che le sezioni sismiche tomografiche ed i downhole sono stati restituiti in forma grafica nei profili allegati al progetto.

Per completezza di informazione è stata eseguita una restituzione derivata delle stesse sezioni tomografiche in onde s, basandosi sulle formalizzazioni esistenti e sulla taratura locale, ricavata dalle prove DH.

Le sezioni elaborate sono state restituite in forma grafica nei profili allegati al progetto.

**PROGETTO:**

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**

- sismica a rifrazione
- prove down-hole

Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200

Cliente: **A.GE.CO. Sassari**

**PREMESSA**

Questa relazione illustra i risultati conseguiti dalle indagini geofisiche eseguite nel maggio dell'anno 2011 nell'ambito delle indagini relative alla progettazione dello svincolo tra la SS 131 "Carlo Felice" ed il tracciato della nuova "Sassari-Olbia".

L'indagine ha interessato sia un'area posta all'altezza del km 192+700 della SS 131 sia un'area all'altezza del km 7+500 della SS 597, così come individuato nell'allegata planimetria.

Lo scopo dell'indagine è stato quello di acquisire ulteriori elementi per la corretta valutazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali presenti nell'area di sedime dei manufatti in progetto, nonché di verificare l'eventuale presenza di situazioni ostative alla realizzazione degli stessi.

Con particolare riferimento alla metodologia della sismica tomografica di superficie utilizzata in questa indagine, si è optato per questa soluzione in quanto la metodologia consente di superare le limitazioni della classica sismica a rifrazione in caso si densità non crescenti col crescere della profondità.

A completamento dell'indagine geofisica, utilizzando i sondaggi S.2 e S. 5, sono state eseguite due prove down-hole per la determinazione del parametro Vs30.

Le presenti note illustrano la metodologia delle indagini ed i risultati conseguiti.

**PROGETTO:**

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**

Località: **Ploaghe**  
 SS 131 Km 198+200

Cliente: **A.GE.CO. Sassari**

- sismica a rifrazione  
 - prove down-hole

**IL METODO SISMICO A RIFRAZIONE**

E' noto che le onde elastiche provocate da una vibrazione si trasmettono nel suolo con velocità differente in funzione della densità del materiale attraversato.

Nella prospezione sismica a rifrazione, si sfruttano le differenze della velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P o "di compressione e dilata-zione"), che sono le più veloci fra le diverse onde elastiche, per determinare spessori e andamento dei livelli presenti.

La prospezione con la tecnica della sismica a rifrazione consiste nel generare nel terreno un'onda sismica di compressione, o di taglio, attraverso una sorgente di energia (colpo di mazza o di maglio, esplosivo etc.) e nel misurare il tempo impiegato da questa a compiere il percorso nel sottosuolo dal punto di energizzazione fino agli apparecchi di ricezione (*geofoni*) seguendo le leggi di rifrazione dell'ottica (*Legge di Snell*), cioè rifrangendosi sulle superfici di separazione tra due strati sovrapposti di densità (o meglio di modulo elastico) crescente.

L'apparecchiatura necessaria per le prospezioni è costituita da una serie di ricevitori (*geofoni*) che vengono spazati lungo un determinato allineamento (detto stendimento o base sismica) e da un cronografo che registra l'istante di inizio della perturbazione elastica ed i tempi di primo arrivo delle onde a ciascun geofono. Così, dall'analisi dei primi arrivi su punti posti a distanze diverse dalla sorgente energizzante, è possibile costruire una curva tempo-distanza (*dromocrona*) rappresentante la variazione del minimo percorso in funzione del tempo.

Attraverso metodi analitici si ricavano quindi le velocità delle onde elastiche longitudinali ( $V_p$ ) o trasversali ( $V_s$ ) nei mezzi attraversati ed il loro spessore.

Occorre tenere in considerazione che la velocità di propagazione delle onde elastiche nel suolo è compresa tra larghi limiti; per lo stesso tipo di roccia essa diminuisce col grado di alterazione, di fessurazione e/o di fratturazione mentre, per contro, aumenta con la profondità e l'età geologica.

Sensibili differenze si possono avere, in rocce stratificate, tra le velocità rilevate lungo i piani di strato e quelle rilevate perpendicolarmente a questi.

La velocità delle onde di compressione, diversamente da quelle trasversali che non si trasmettono nell'acqua, è fortemente influenzata dalla presenza della falda acquifera e dal grado di saturazione. Questa circostanza comporta che anche litotipi differenti possano avere uguali velocità delle onde sismiche di compressione (ad esempio roccia fortemente fratturata e materiale detritico saturo con velocità  $V_p$  dell'ordine di 1400÷1700 m/sec), per cui non necessariamente l'interpretazione sismostratigrafica corrisponderà con la reale situazione geologico-stratigrafica.

Com'è noto, metodo sismico a rifrazione è soggetto inoltre alle seguenti limitazioni:

- un livello potrà essere evidenziato soltanto se la velocità di trasmissione delle onde longitudinali in esso risulterà superiore a quella dei livelli soprastanti (effetto della inversione di velocità);
- un livello di spessore limitato rispetto al passo dei geofoni e alla sua profondità può non



**PROGETTO:**

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**

Località: **Ploaghe**  
 SS 131 Km 198+200

Cliente: **A.GE.CO. Sassari**

- sismica a rifrazione
- prove down-hole

risultare rilevabile;

- un livello di velocità intermedia compreso tra uno strato sovrastante a velocità minore ed uno sottostante a velocità sensibilmente maggiore può non risultare rilevabile perché mascherato dagli "arrivi" dallo strato sottostante (effetto dello strato nascosto e "zona oscura");
- aumentando la spaziatura tra i geofoni aumenta la profondità di investigazione, ma può ovviamente ridursi la precisione nella determinazione della profondità dei limiti di passaggio tra i diversi livelli individuati. In presenza di successioni di livelli con velocità (crescenti) di poco differenti tra loro, orizzonti a velocità intermedia con potenza sino anche ad 1/3 del passo adottato possono non essere evidenziati. Il limite tra due orizzonti può quindi in realtà passare "attraverso" un terzo intermedio non evidenziabile;
- analogamente, incrementi gradualmente di velocità con la profondità danno origine a dromocroni che consentono più schemi interpretativi. Il possibile errore può essere più contenuto potendo disporre di sondaggi di taratura e "cercando" sulle *dromocroni* delle basi sismiche i livelli che abbiano velocità il più possibile simili a quelle ottenute con le tarature.

Per contro i moderni metodi di elaborazione del dato sismico, come il *Generalized Reciprocal Method (GRM: Palmer - 1980)*, consentono di ricostruire la morfologia sepolta di più rifrattori sovrapposti, variamente "accidentati" e con velocità variabili lungo il profilo, anche in presenza di morfologie di superficie non piane.

La buona precisione raggiungibile, specie se si dispone di sondaggi di taratura, consente talora di elevare la prospezione sismica da semplice valutazione qualitativa a valido supporto quantitativo dell'indagine geognostica.

**PROGETTO:**

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200  
Cliente: **A.GE.CO. Sassari**- sismica a rifrazione  
- prove down-hole**LA METODOLOGIA DELLA TOMOGRAFIA SISMICA**

Il metodo della *tomografia sismica di superficie* è una tecnica di indagine che permette di superare alcune limitazioni di cui soffre sia la classica sismica a rifrazione sia la *tomografia sismica s.s. (cross-hole)*.

Infatti, mediante una differente distribuzione dei punti di *energizzazione* lungo lo *stendimento sismico*, è possibile l'individuazione di anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche con un alto potere risolutivo, offrendo la possibilità di ricostruire anomalie localizzate e discontinuità stratigrafiche anche particolarmente complesse.

Questa tecnica fornisce l'immagine della distribuzione delle onde sismiche al di sotto della superficie, basate sui tempi di primo arrivo (come nella normale sismica a rifrazione) e sulla geometria di acquisizione.

Mediante una differente distribuzione dei punti di energizzazione si ricostruisce un modello di velocità che, mediante un software dedicato, viene migliorato attraverso successive iterazioni. La fase di calcolo si conclude quando si ha la migliore sovrapposizione fra i tempi di primo arrivo calcolati e quelli misurati.

Il processing dei dati, in questo caso è stato eseguito con l'impiego del software RAYFRACT, prosegue con un processo fase di inversione tomografica detta WET (Wavepath Eikonal Traveltime), che permette il calcolo delle traiettorie d'onda (wavepath) attraverso le soluzioni alle differenze finite dell'equazione che esprime le modalità di propagazione di un'onda in un mezzo isotropo.

Successivamente, mediante la successiva fase di imaging, nell'elaborazione della quale si fa ricorso ad un software dedicato (*Surfer 8*), si ricava la sezione sismica tomografica dei materiali presenti al di sotto dell'allineamento investigato.



**PROGETTO:**

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**

- sismica a rifrazione
- prove down-hole

Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200Cliente: **A.GE.CO. Sassari****SISTEMA DI ACQUISIZIONE**

L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando un sistema composto dalle seguenti parti:

- sismografo
- sorgente energizzante
- trigger
- apparecchiatura di ricezione

**Il sismografo**

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un registratore sismico mod. Echo 12/24 2002 avente le seguenti caratteristiche:

- numero canali = 24
- intervallo di campionamento = 0.296 m/sec
- convertitore A/D = 16 bit
- Impedenza di ingresso common mode: 1 Kohm
- Guadagno selezionabile da 10 dB a 100 dB con step di 1 dB
- Tensione di saturazione = +/- 2.3 V
- Livello di saturazione 100 dB
- Distorsione 0.01%
- Durata della registrazione: 25, 50, 100, 200, 400, 1000 o 2.000 m/sec
- sommatoria di segnale (stacking)
- Possibilità di inversione della polarità (Stack polarity)
- Range dinamico 93 dB
- Alimentazione 12 V

**Il sistema di energizzazione**

Come sorgente energizzante è stato utilizzato un cannoncino sismico che, tramite lo scoppio di una cartuccia del cal. 8 industriale, genera le onde di compressione necessarie per l'indagine.

**Il trigger**

Il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un sistema di starter (geofono starter, starter a lamelle, piezoelettrico od altro) nell'istante in cui il sistema energizzante (maglio, mazza etc.) colpisce la piastra di battuta; ciò consente ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso che dà inizio alla registrazione dei dati sismici.

**PROGETTO:**

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**

- sismica a rifrazione
- prove down-hole

Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200

Cliente: **A.GE.CO. Sassari**

**Il sistema di ricezione**

Per la ricezione delle onde P sono stati utilizzati 12 geofoni verticali Sensor con frequenza propria di 14 Hz, collegati a sismografo tramite un cavo sismico provvisto di 12 takeouts ed una prolunga.



Il risultato finale della fase di acquisizione dei dati di campagna è costituito da una serie di files in formato SEG-Y che successivamente saranno elaborati tramite gli appositi software di cui si è detto in precedenza.

**PROGETTO:**

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**

- sismica a rifrazione
- prove down-hole

Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200

Cliente: **A.GE.CO. Sassari**

**ELABORAZIONE DATI**

Per quanto riguarda la sismica a rifrazione, la successiva elaborazione dei dati si sviluppa attraverso le seguenti fasi:

1. determinazione dei primi arrivi attraverso il software *Firstpix* prodotto dalla *INTERPEX Inc.*, operata direttamente dall'operatore, con particolare attenzione alle fasi d'onda ed alla loro evoluzione;
2. inserimento dei dati ed interpretazione con programma *Gremix* prodotto dalla *INTERPEX Inc.* che supporta sia l'interpretazione con il metodo GRM sia quella con il metodo dei "tempi intercetti";
3. output dei tabulati:
  - dati di scoppio (ascissa e quota dei geofoni, ascissa e quota dei punti di energizzazione, tempi di primo arrivo)
  - velocità calcolate per ciascun strato individuato
  - profondità calcolate per ciascun strato individuato
4. output delle dromocrone sismiche e della sezione sismostratigrafica interpretativa in formato Dxf

Per la tomografia sismica, l'elaborazione dei dati si sviluppa attraverso le seguenti fasi:

1. determinazione dei tempi di primo arrivo attraverso il software *Firstpix* prodotto dalla *INTERPEX Inc.*, operata direttamente dall'operatore, con particolare attenzione alle fasi d'onda ed alla loro evoluzione; i
2. formazione di un database contenente la geometria della linea sismica (posizione altimetrica e planimetrica dei geofoni e degli scoppi) ed i tempi di primo arrivo per ciascun scoppio.
3. Conversione dei dati in formato ASCII.
4. Inversione Delta t-V per la ricostruzione dei profili monodimensionali (1D) di tipo profondità/velocità.
5. Ottimizzazione del profilo, per iterazioni successive, mediante inversione tomografica WET (*Wavepath Eikonal Traveltime*), che permette il calcolo delle traiettorie d'onda (*wavepath*) attraverso le soluzioni alle differenze finite dell'equazione che esprime le modalità di propagazione di un'onda in un mezzo isotropo.
6. Controllo del "fitting" tra tempi misurati e tempi calcolati ed eventuale reiterazione del processo di inversione.
7. Output grafico della sezione tomografica in formato *Surfer*.



PROGETTO:

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

Indagine Geofisica:

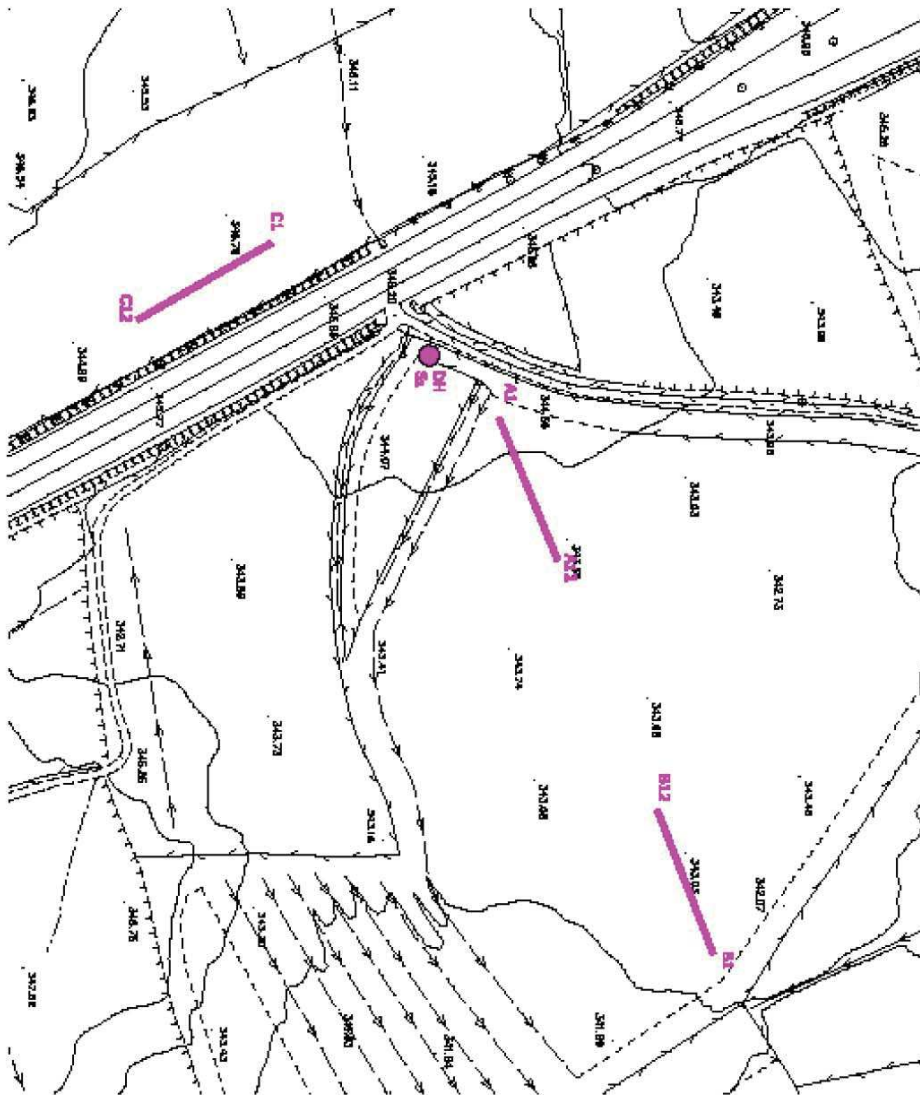
Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200

- sismica a rifrazione  
- prove down-hole

Cliente: **A.GE.CO. Sassari**

### Commento ai risultati delle prospezioni sismiche

Come detto in precedenza, i dati sismici sono stati acquisiti sia in prossimità dello svincolo sulla SS 131 (fig. 1) sia in prossimità dello svincolo sulla SS 597 (fig. 2). Nella prima sono state acquisite n. 3 sezioni sismiche a rifrazione e n. 1 Down-hole, nella seconda n. 1 sezione sismica a rifrazione e n. 1 Down-hole, disposte secondo le planimetrie allegate.



**PROGETTO:**

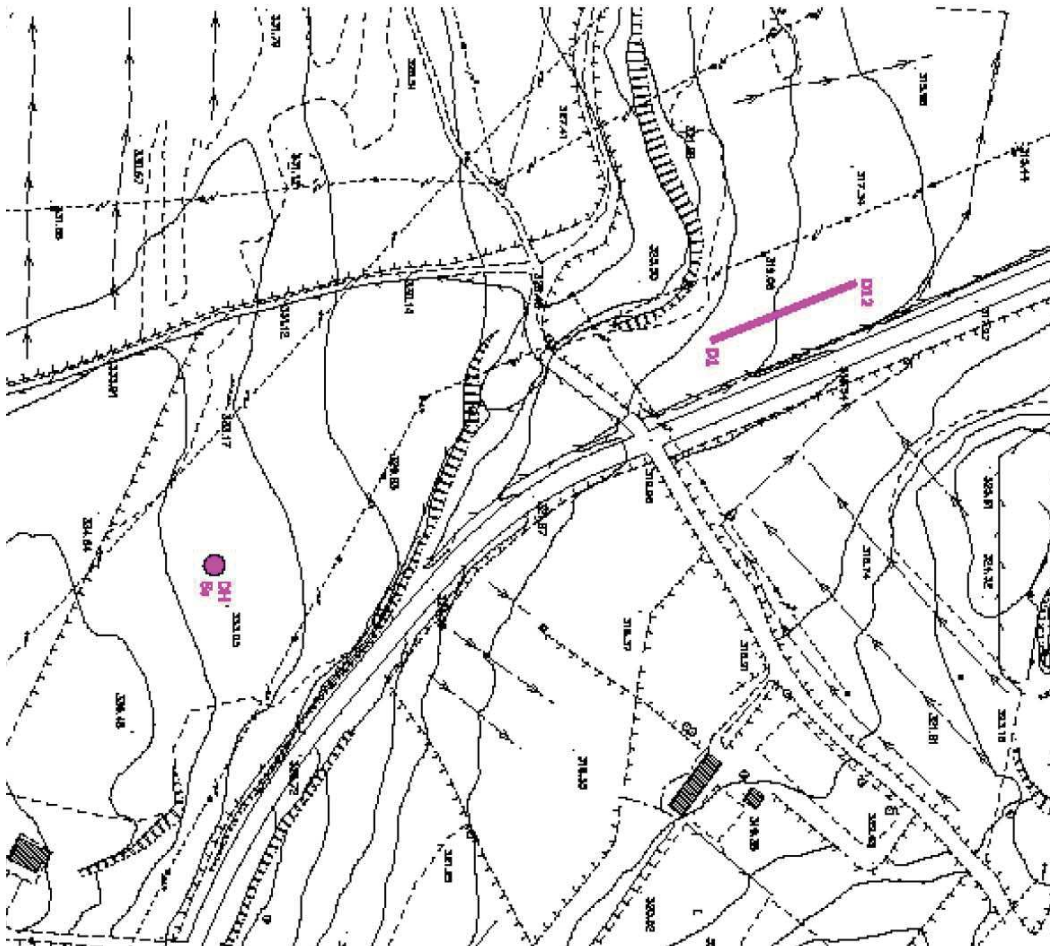
Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**

Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200

- sismica a rifrazione
- prove down-hole

Cliente: **A.GE.CO. Sassari**



Ogni sezione è stata realizzata predisponendo un allineamento di 12 geofoni per onde P, con intervallo geofonico di 5 m e lunghezza complessiva di 60 m.

**PROGETTO:**

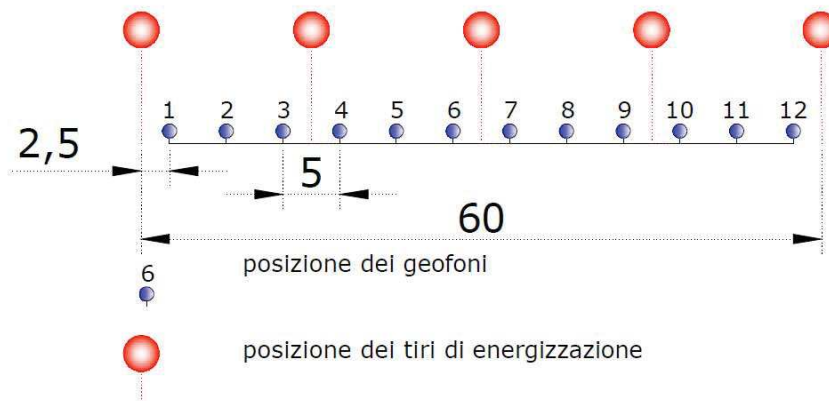
Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**

Località: **Ploaghe**  
 SS 131 Km 198+200  
 Cliente: **A.GE.CO. Sassari**

- sismica a rifrazione  
 - prove down-hole

## stendimento tipo



La qualità delle registrazioni ottenute è stata buona e quindi tale da consentire la sicura individuazione dei primi arrivi sulle tracce dei sismogrammi.

Il risultato finale dell'indagine sismica tomografica è rappresentato dalle sezioni tomografiche elaborate con il programma *RAYFRAC* dove, mediante un'opportuna scala cromatica sono rappresentate le variazioni delle  $V_p$  nell'ambito della sezione interessata.

Si tenga conto che le sezioni tomografiche offrono comunque una maggiore discretizzazione delle velocità rispetto alla sismica a rifrazione tradizionale, ed è inoltre doveroso tenere nel giusto conto che il metodo tomografico, per la caratteristica intrinseca dell'algoritmo di calcolo (basato sui gradienti di velocità), talora individua spessori differenti (di solito maggiori) rispetto a quelli valutati dalla sismica a rifrazione.

L'attribuzione delle litologie ai vari livelli di  $V_p$  individuati dalle prospezioni è stata effettuata utilizzando le informazioni ottenute dai sondaggi geognostici effettuati nell'ambito della medesima indagine.

In dettaglio, con riferimento alle sezioni tomografiche interpretative allegate, che qui sono riprodotte in formato ridotto, si da descrizione di quanto si evince dall'analisi delle variazioni cromatiche che, come detto in precedenza, rappresentano le variazioni della velocità di propagazione delle onde sismiche longitudinali lungo il mezzo attraversato.

Nella rappresentazione dei risultati lungo l'ascissa sono indicate: in basso, le distanze espresse in metri  $e$ , in alto, il numero progressivo del tiro di energizzazione; lungo l'ordinata la profondità dal p.c. espressa come differenza di quota.



**PROGETTO:**

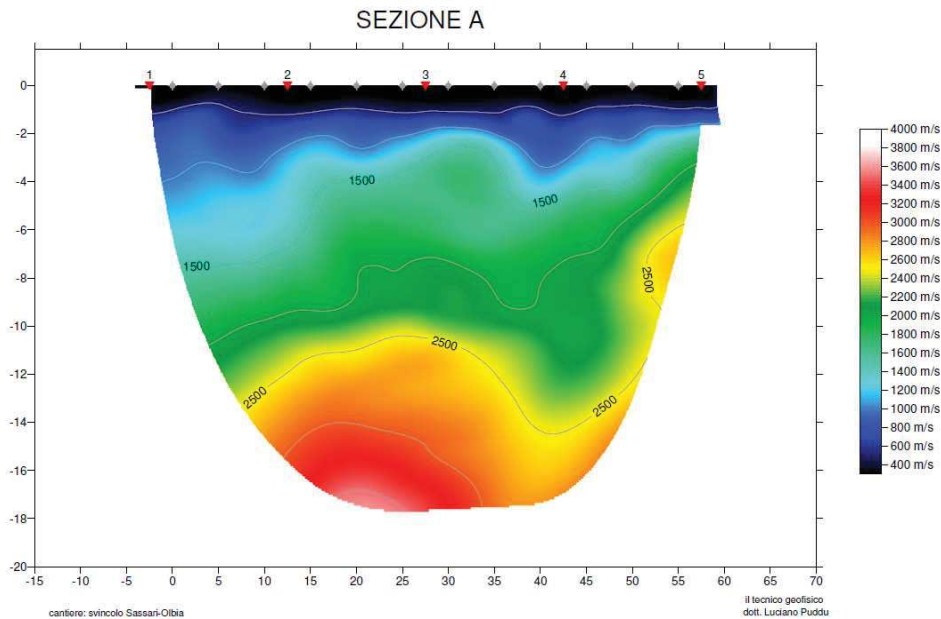
Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**

- sismica a rifrazione
- prove down-hole

Località: **Ploaghe**  
 SS 131 Km 198+200

Cliente: **A.GE.CO. Sassari**

**SEZIONE A:**

E' ubicata in prossimità del Sondaggio S.2, con il geofono n. 1 a occidente.

Dall'osservazione delle variazioni cromatiche, che corrispondono a variazioni della velocità di propagazione dell'onda sismica e quindi della densità del mezzo attraversato, si nota che lo spessore dello strato superficiale è metrico e che già a profondità di circa 3-4 m la  $V_p$  assume valori caratteristici di materiali da sufficientemente addensati a lapidei.

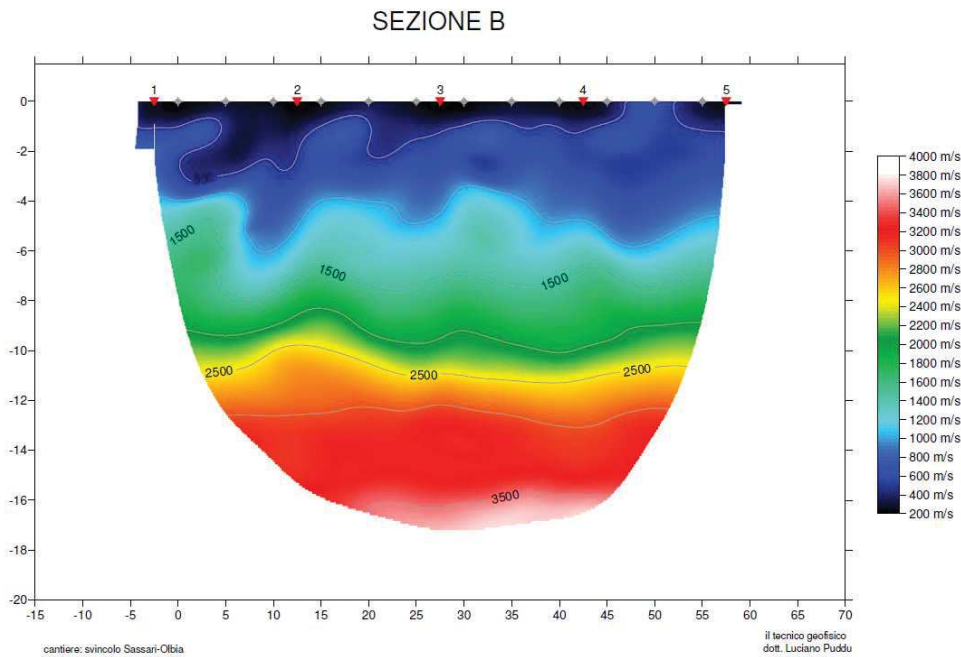
Osservando l'insieme della sezione si nota che l'andamento del substrato, per quanto sub-orizzontale, ha una leggera immersione verso W.

**PROGETTO:**

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**

- sismica a rifrazione
- prove down-hole

Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200Cliente: **A.GE.CO. Sassari****SEZIONE B:**

E' posta sul medesimo allineamento con orientazione invertita: il geofono n° 12 è posto verso W.

In questa sezione l'andamento del substrato è decisamente sub-orizzontale.

Nel dettaglio si osserva:

- dalla superficie fino a profondità metrica si incontra un primo strato a bassa velocità ( $V_p = 300 \div 500 \text{ m/sec}$ ) correlabile alla presenza di materiali alquanto arenati;
- segue un secondo strato caratterizzato da velocità  $V_p = 500 \div 1000 \text{ m/sec}$ , riferibile a materiali più addensati e non rimaneggiati dall'attività antropica;
- a quote inferiori la  $V_p$  diventa maggiore di  $1500 \text{ m/sec}$  ad indicare il conseguimento del substrato roccioso.

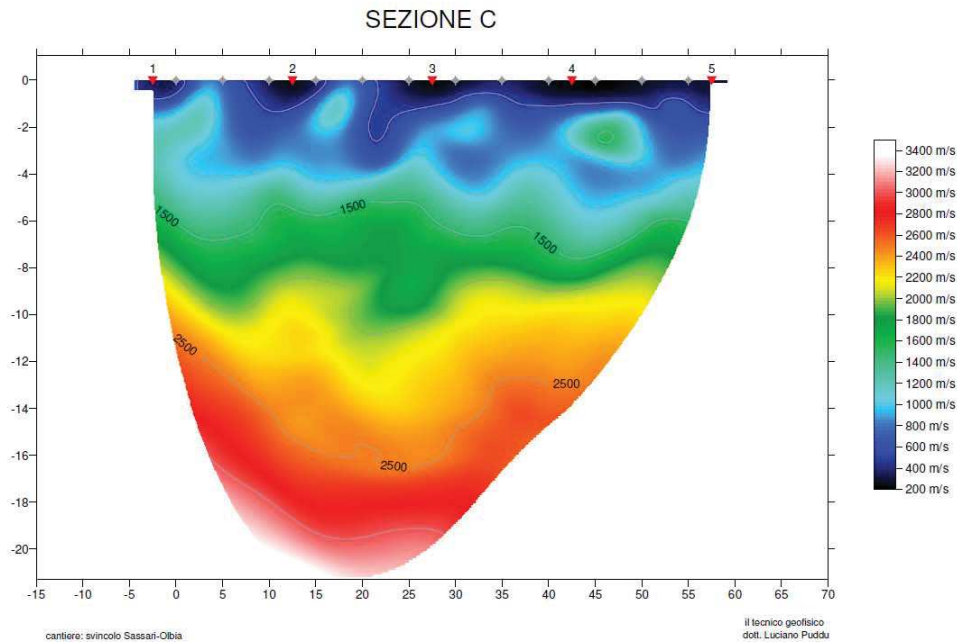


**PROGETTO:**

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200

- sismica a rifrazione
- prove down-hole

Cliente: **A.GE.CO. Sassari****SEZIONE C:**

E' la sezione più occidentale ed è ubicata ad Ovest della SS 131.

Il geofono n° 1 è posto verso Nord; nel dettaglio:

- la porzione più superficiale si presenta sufficientemente omogenea, con densità ( $V_p$ ) compresa tra 500 e 1000 m/s e spessore metrico, ad indicare la presenza di una debole copertura di terreno agrario;
- segue un orizzonte caratterizzato da velocità  $V_p$  fino a 1500 m/sec che è rappresentativo di materiali già addensati probabilmente derivanti dall'alterazione del bed-rock; la base di questo strato si incontra a profondità variabili tra 5 e 6 m dal piano di campagna;
- a profondità superiori si rinvergono materiali via via più densi con  $V_p > 2000$  m/sec che, ovviamente sono da riferire al substrato roccioso.

**PROGETTO:**

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200- sismica a rifrazione  
- prove down-holeCliente: **A.GE.CO. Sassari****PROVA DOWN-HOLE e calcolo del  $Vs30$** 

A completamento dell'indagine geofisica, per una corretta valutazione del parametro  $Vs30$ , all'interno di sondaggi appositamente attrezzati, sono state eseguite n. 2 prove down-hole.

A tale fine sono stati utilizzati il sondaggio S2 ed il sondaggio S5 che, al termine della perforazione sono stati rivestiti con un tubo in pvc del  $\varnothing$  80 mm reso solidale al terreno incassante mediante una iniezione, dal basso verso l'alto, di una boiaccia di cemento.

Per l'acquisizione delle misure, all'interno del tubo, a quote via via crescenti a partire dal fondo-foro, con passo di 1 metro e sino alla quota del piano di campagna, è stato inserito lo strumento di ascolto composto da una terna di geofoni di cui il primo verticale e gli altri due orizzontali e tra loro ortogonali.

Il tutto è stato collegato al sismografo per la registrazione dei dati che, nel dettaglio, sono riassunti nelle sottostanti tabelle ed utilizzati per gli opportuni calcoli.

Per la generazione delle onde  $Vp$ , l'energizzazione è stata prodotta mediante la caduta di un maglio del peso di 10 kg su una piastra di battuta posta a 1.50 metri dalla boccaforo; per le onde  $Vs$  mediante la battuta dello stesso maglio sulla testata di un trave opportunamente zavorrato e, anch'esso, posto alla distanza di 1.50 metri dalla boccaforo.

**PROGETTO:**

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200

- sismica a rifrazione
- prove down-hole

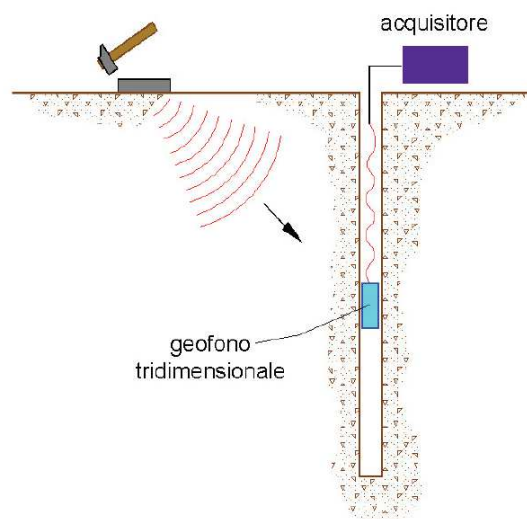
Cliente: **A.GE.CO. Sassari**

## MISURE DOWN-HOLE GENERALITA'

Nel metodo sismico down hole (DH) viene misurato il tempo necessario per le onde P e S di spostarsi tra una sorgente sismica, posta in superficie, e i ricevitori, posti all'interno di un foro di sondaggio (figura 1, 2).

Le componenti indispensabili per una misura DH accurata consistono:

- una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche ricche di energia e direzionali;
- uno o più geofoni tridimensionali, con appropriata risposta in frequenza (4,5-14 Hz), direzionali e dotati di un sistema di ancoraggio alle pareti del tubo-foro;
- un sismografo multi-canale, in grado di registrare le forme d'onda in modo digitale e di registrarle su memoria di massa;
- un trasduttore (*trigger*) alloggiato nella sorgente necessario per l'identificazione dell'istante di partenza della sollecitazione dinamica mediante massa battente.



**Figura 1** – Schema down hole ad un solo ricevitore

**PROGETTO:**

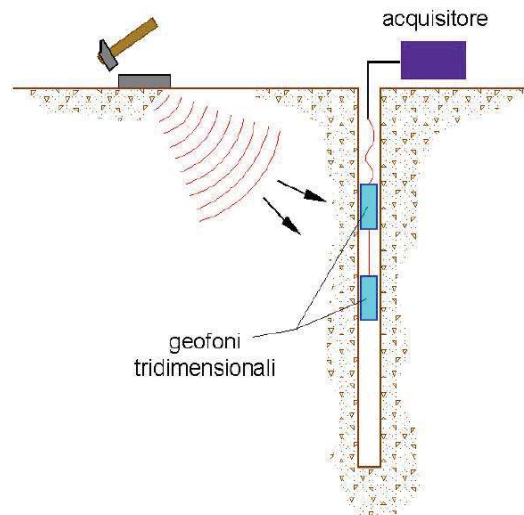
Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**

- sismica a rifrazione
- prove down-hole

Località: **Ploaghe**

SS 131 Km 198+200

Cliente: **A.GE.CO. Sassari****Figura 2** – Schema down hole a due ricevitori**Procedura sperimentale**

La sorgente consiste in una piastra di alluminio che, dopo avere opportunamente predisposto il piano di appoggio, viene adagiata in superficie ad una distanza di 1,5 – 2,5 m dal foro e orientata in direzione ortogonale ad un raggio uscente dall'asse foro. Alla sorgente è agganciato il trasduttore di velocità utilizzato come *trigger*.

Se si dispone di due ricevitori, questi vengono collegati in modo da impedirne la rotazione relativa e da fissarne la distanza. Il primo dei due ricevitori viene raccordato ad una batteria di aste che ne permette l'orientamento dalla superficie e lo spostamento.

Una volta raggiunta la profondità di prova, i geofoni vengono orientati in modo che un trasduttore di ogni sensore sia diretto parallelamente all'asse della sorgente (orientamento assoluto).

A questo punto i ricevitori vengono assicurati alle pareti del tubo di rivestimento, la sorgente viene colpita in senso verticale (per generare onde di compressione P) o lateralmente (per generare onde di taglio SH) e, contemporaneamente, parte la registrazione del segnale di *trigger* e dei ricevitori.

Eseguite le registrazioni, la profondità dei ricevitori viene modificata e la procedura sperimentale ripetuta.



**PROGETTO:**

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200- sismica a rifrazione  
- prove down-holeCliente: **A.GE.CO. Sassari****Interpretazione in down hole con il metodo diretto**

Per poter interpretare il down hole con il metodo diretto, inizialmente, bisogna correggere i tempi di tragitto ( $t$ ) misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore per tenere conto dell'inclinazione del percorso delle onde. Se  $d$  è la distanza della sorgente dall'asse del foro (figura 3),  $r$  la distanza fra la sorgente e la tripletta di sensori,  $z$  la profondità di misura è possibile ottenere i tempi corretti ( $t_{\text{corr}}$ ) mediante la seguente formula di conversione:

$$t_{\text{corr}} = \frac{z}{r} t$$

Calcolati i tempi corretti sia per le onde P che per le onde S si realizza il grafico  $t_{\text{corr}} - z$  in modo che la velocità media delle onde sismiche in strati omogenei di terreno è rappresentata dall'inclinazione dei segmenti di retta lungo i quali si allineano i dati sperimentali (figura 4).

Ottenuti graficamente i sismostrati si ottengono la densità media, funzione della velocità e della profondità, e i seguenti parametri:

coefficiente di Poisson medio:

$$\nu_{\text{medio}} = 0.5 \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1}$$

modulo di deformazione a taglio medio:

$$G_{\text{medio}} = \rho V_s^2$$

modulo di compressibilità edometrica medio:

$$E_{\text{dmedio}} = \rho V_p^2$$

modulo di Young medio:

$$E_{\text{medio}} = 2\rho V_s^2 (1 + \nu)$$

modulo di compressibilità volumetrica medio:

$$E_{\text{vmedio}} = \rho \left( V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$$

**PROGETTO:**

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200- sismica a rifrazione  
- prove down-holeCliente: **A.GE.CO. Sassari****Interpretazione di down hole con il metodo intervallo**

Con il metodo intervallo i tempi di tragitto dell'onda sismica si misurano fra due ricevitori consecutivi (figura 5) posti a differente profondità, consentendo così di migliorare la qualità delle misure (*velocità d'intervallo*).

Quando si dispone di un solo ricevitore, cioè nell'ipotesi in cui le coppie non corrispondano ad un unico impulso, i valori di velocità determinati vengono definiti di *pseudo-intervallo*, consentendo solo un'apparente migliore definizione del profilo di velocità.

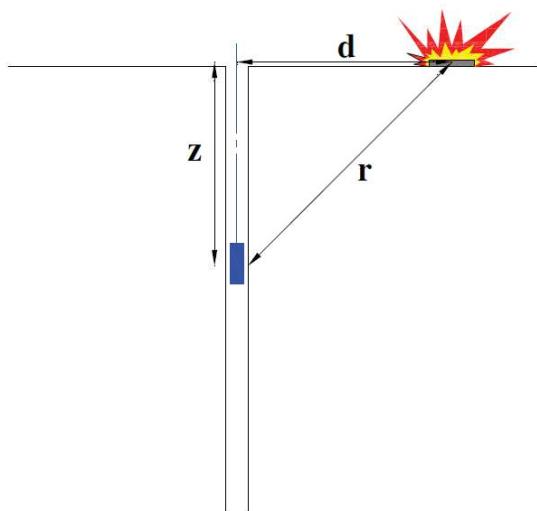
Ottenute le misure è possibile calcolare i tempi corretti con la 1.0) e la velocità intervallo delle onde P e S, con relativo grafico (figura 6), con la formula seguente:

$$V_{P,S} = \frac{Z_2 - Z_1}{t_{2corr} - t_{1corr}}$$

Ottenute le velocità intervallo si calcolano la densità, il coefficiente di Poisson, il modulo di deformazione a taglio, il modulo di compressibilità edometrica, il modulo di Young, il modulo di compressibilità volumetrica per ogni intervallo con le formule riportate sopra.

Il metodo intervallo presenta però dei limiti:

- non tiene conto della velocità degli strati sovrastanti;
- non è applicabile nel caso in cui  $t_{2corr} < t_{1corr}$ .



**Figura 3 – Schema di down hole con metodo diretto**

PROGETTO:

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

Indagine Geofisica:

Località: Ploaghe  
SS 131 Km 198+200

- sismica a rifrazione  
- prove down-hole

Cliente: A.GE.CO. Sassari

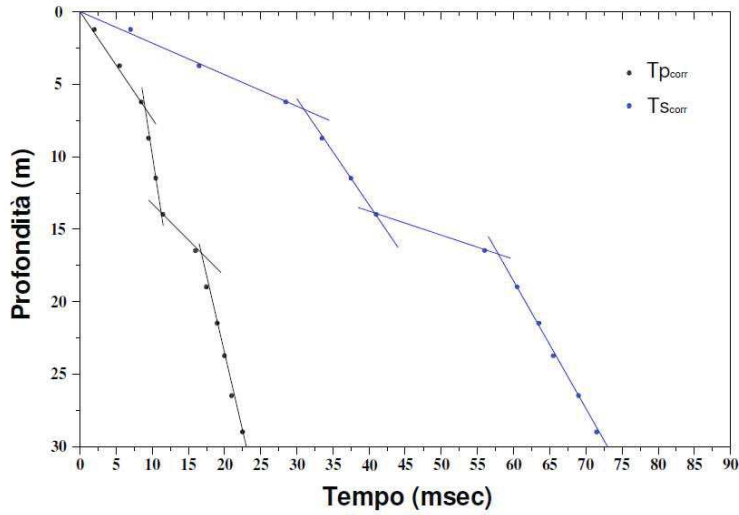


Figura 4 – Dromocrone

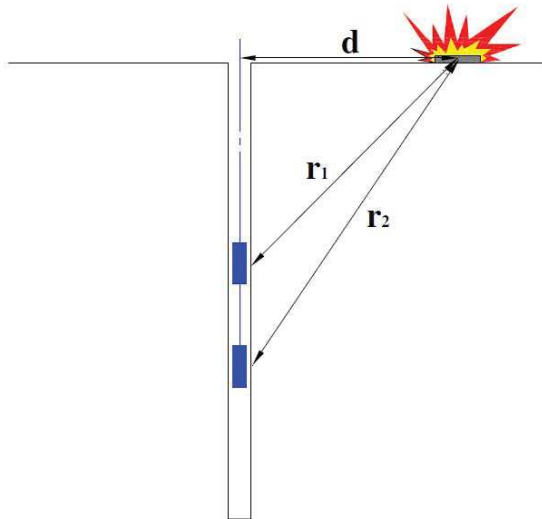


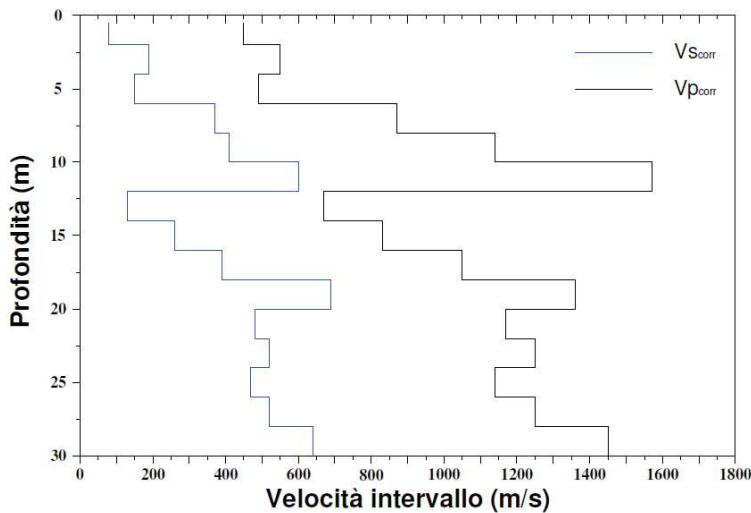
Figura 5 – Schema di down hole con metodo intervallo

**PROGETTO:**

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200

- sismica a rifrazione
- prove down-hole

Cliente: **A.GE.CO. Sassari**

**Figura 6 – Profilo delle velocità sismiche con metodo intervallo**

Ambedue le procedure d'interpretazione sopra descritte sono comunque suscettibili di una critica fondamentale, cioè si basano sull'ipotesi che i percorsi delle onde siano rettilinei e coincidenti con quelli che collegano la sorgente ai ricevitori.

Di solito ciò non è esatto, dato che, prima di giungere ai ricevitori, le onde subiscono fenomeni di rifrazione che ne modificano il percorso.



**PROGETTO:**

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200

- sismica a rifrazione
- prove down-hole

Cliente: **A.GE.CO. Sassari**
**DOWN-HOLE su S2**  
**INTERPRETAZIONE DELLE MISURE**
**Dati iniziali**

Offset scoppio (m)	Numero di ricezioni	Posizione primo geofono (m)	Interdistanza (m)
1.5	30	1	1

**Dati misure down hole**

Registrazione Nr.	Z (m)	Tp (msec)	Ts (msec)
1	1.00	5.40	7.10
2	2.00	6.70	13.30
3	3.00	7.50	13.80
4	4.00	8.30	14.60
5	5.00	8.80	17.10
6	6.00	9.60	17.50
7	7.00	10.00	17.90
8	8.00	10.40	18.00
9	9.00	10.80	19.20
10	10.00	11.30	20.00
11	11.00	11.70	20.40
12	12.00	12.10	20.80
13	13.00	12.20	23.80
14	14.00	12.90	23.90
15	15.00	13.80	24.60
16	16.00	14.60	26.70
17	17.00	15.00	27.50
18	18.00	15.40	27.90
19	19.00	15.80	28.20
20	20.00	14.20	28.80
21	21.00	15.00	30.00
22	22.00	17.50	30.80
23	23.00	17.90	33.30
24	24.00	18.30	34.20
25	25.00	18.80	35.80
26	26.00	19.20	36.30
27	27.00	19.60	36.90
28	28.00	20.10	37.50
29	29.00	20.60	38.20
30	30.00	20.90	39.00

**PROGETTO:**

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200

- sismica a rifrazione
- prove down-hole

Cliente: **A.GE.CO. Sassari****Risultati**

SR (m)	Tp corr (msec)	Ts corr (msec)
1.8028	2.9954	3.9384
2.50	5.36	10.64
3.3541	6.7082	12.3431
4.272	7.7715	13.6704
5.2202	8.4289	16.3788
6.1847	9.3134	16.9775
7.1589	9.778	17.5027
8.1394	10.2219	17.6917
9.1241	10.6531	18.9388
10.1119	11.175	19.7787
11.1018	11.5927	20.2129
12.0934	12.0066	20.6394
13.0863	12.1196	23.6431
14.0801	12.8266	23.764
15.0748	13.7315	24.4779
16.0702	14.5363	26.5834
17.0661	14.942	27.3936
18.0624	15.3468	27.8036
19.0591	15.751	28.1125
20.0562	14.1602	28.7193
21.0535	14.9619	29.9238
22.0511	17.4595	30.7287
23.0489	17.8621	33.2294
24.0468	18.2644	34.1334
25.045	18.7663	35.7357
26.0432	19.1681	36.2397
27.0416	19.5698	36.8432
28.0402	20.0712	37.4463
29.0388	20.5725	38.149
30.0375	20.8739	38.9513

**PROGETTO:**

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200- sismica a rifrazione  
- prove down-holeCliente: **A.GE.CO. Sassari**

Vp (m/s)	Vs (m/s)	g (kN/mc)	ni	G (MPa)	Ed (MPa)	E (MPa)	Ev (MPa)
333.85	253.91	22.10	--	145.29	251.17	290.58	57.46
422.90	149.22	18.61	0.4289	42.26	339.39	120.77	283.05
741.73	587.16	22.66	--	796.62	1271.25	1593.24	209.09
940.47	753.41	23.03	--	1333.02	2077.13	2666.04	299.77
1521.15	369.22	20.80	0.4687	289.14	4907.80	849.32	4522.27
1130.58	1670.28	25.28	0.4687	7191.76	3295.03	21125.07	--
2152.39	1904.04	25.73	--	9511.99	12155.17	19023.98	--
2252.76	5291.03	29.21	--	83385.64	15116.13	166771.30	--
2319.11	801.86	22.78	0.4321	1493.59	12493.26	4277.94	10501.81
1916.08	1190.62	24.13	0.1855	3488.05	9033.66	8270.17	4382.93
2394.06	2303.09	26.38	--	14268.42	15417.86	28536.84	--
2416.04	2344.66	26.44	--	14821.79	15737.98	29643.58	--
8849.56	332.92	19.61	0.4993	221.63	156603.10	664.58	156307.50
1414.43	8271.35	30.73	0.4993	214385.10	6269.10	642855.10	--
1105.10	1400.76	24.68	0.4993	4938.01	3073.46	14807.12	--
1242.55	474.95	20.75	0.4144	477.30	3266.82	1350.19	2630.42
2464.87	1234.26	24.25	0.3327	3767.08	15023.78	10040.78	10001.01
2470.36	2439.03	26.57	--	16117.78	16534.51	32235.56	--
2474.02	3237.31	27.54	--	29431.46	17188.96	58862.92	--
--	1647.99	25.24	--	6990.01	--	13980.02	--
1247.35	830.22	22.90	0.1023	1609.54	3633.22	3548.39	1487.17
400.38	1242.39	24.28	0.1023	3821.59	396.89	8425.08	--
2483.85	399.89	19.88	0.4867	324.17	12506.81	963.89	12074.58
2485.71	1106.20	23.88	0.3765	2979.76	15045.77	8203.28	11072.76
1992.43	624.10	21.38	0.4456	849.17	8654.72	2455.12	7522.50
2488.80	1984.12	25.87	--	10385.12	16340.14	20770.24	2493.31
2489.43	1657.00	25.26	0.1023	7072.25	15962.93	15591.48	6533.26
1994.42	1658.10	25.26	--	7081.65	10245.80	14163.30	803.61
1994.81	1423.09	24.74	--	5109.09	10038.81	10218.18	3226.68
3317.86	1246.41	24.29	0.4178	3847.94	27266.10	10911.22	22135.51

**Stratigrafia**

Strato Nr.	Descrizione	Profondità (m)
1	Terreni organici	2.92
2	Ghiaia sabbiosa	7.03
3	Marne e calcari marnosi	30.04

**PROGETTO:**

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**

Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200

- sismica a rifrazione  
- prove down-hole

Cliente: **A.GE.CO. Sassari**

**METODO DIRETTO**

**Profondità di riferimento:** 30 m  
**VS30:** 771.14 m/s

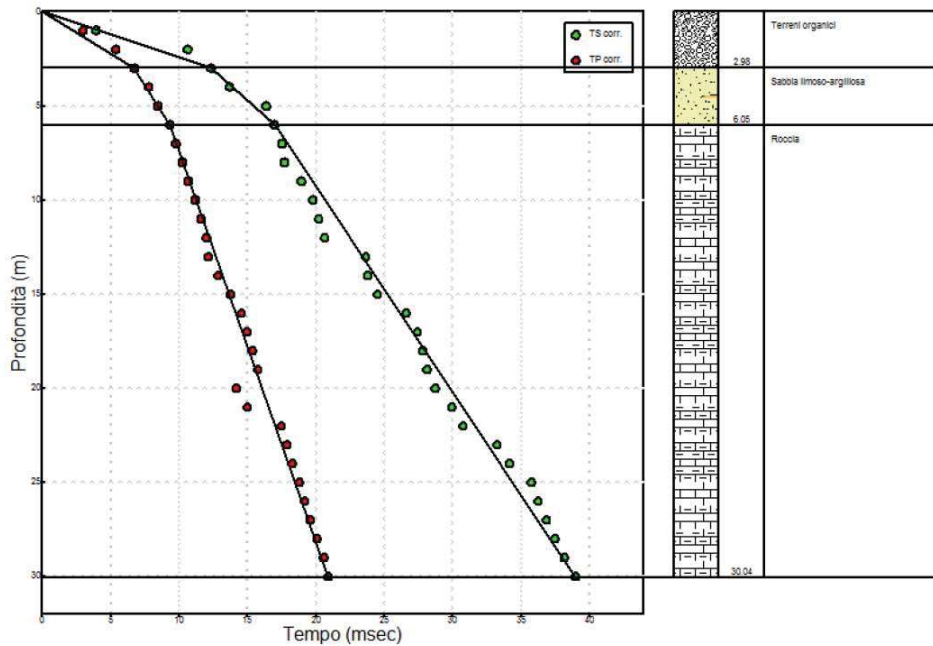
**Sismostrati con metodo diretto**

Descrizione	Profondità (m)
Terreni organici	2.98
Sabbia limoso-argillosa	6.05
Roccia	30.04

**Valori medi**

Vp medio (m/s)	Vs medio (m/s)	g medio (kN/mc)	ni medio	G medio (MPa)	Ed medio (MPa)	E medio (MPa)	Ev medio (MPa)
446.11	242.08	19.67	0.29	117.53	399.12	303.53	242.42
1154.14	654.58	22.78	0.26	995.34	3094.25	2514.02	1767.13
3313.54	1093.44	23.84	0.44	2906.55	26691.6	8364.48	22816.19

**Dromocrone**





**PROGETTO:**

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**

Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200

- sismica a rifrazione
- prove down-hole

Cliente: **A.GE.CO. Sassari**

**METODO INTERVALLO**

**Profondità di riferimento:** 30 m  
**VS30:** 1195.33 m/s

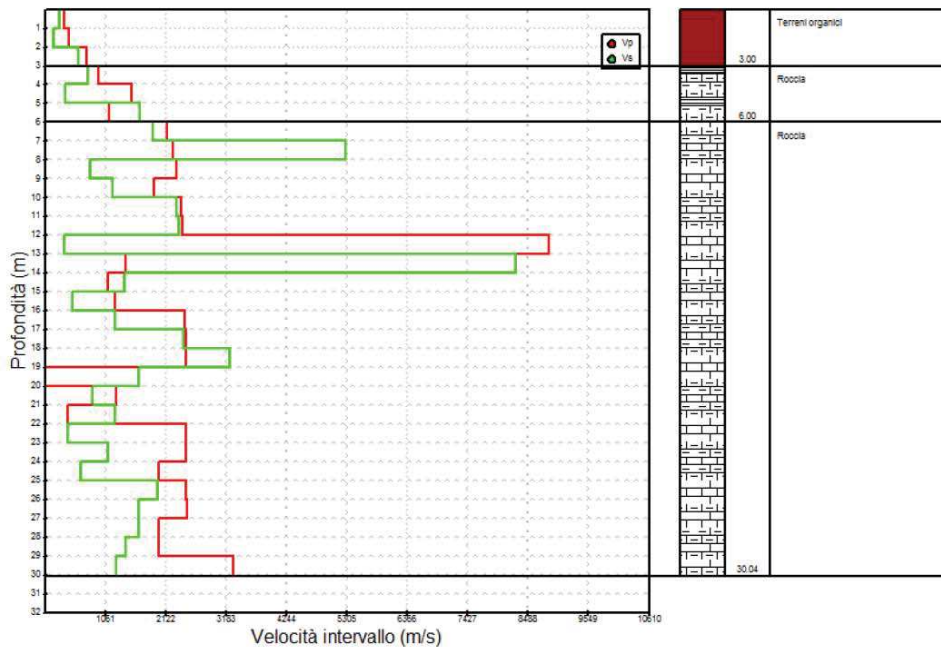
**Sismostrati con metodo Intervallo**

Descrizione	Profondità (m)
Terreni organici	3
Roccia	6
Roccia	30.04

**Valori medi**

Vp medio (m/s)	Vs medio (m/s)	g medio (kN/mc)	ni medio	G medio (MPa)	Ed medio (MPa)	E medio (MPa)	Ev medio (MPa)
499.49	330.1	21.12	0.43	328.06	620.6	668.2	183.2
1197.4	930.97	23.04	0.47	2937.97	3426.65	8213.48	2411.02
2363.76	1876.89	24.66	0.33	18599.09	18174.13	46940.42	17940.93

**Profilo velocità di intervallo**



PROGETTO:

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

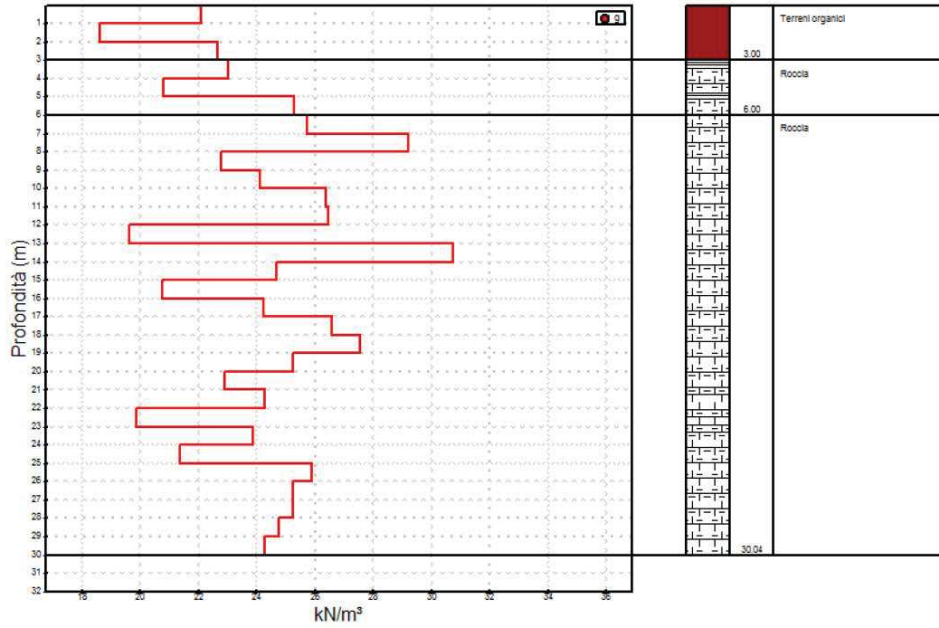
Indagine Geofisica:

Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200

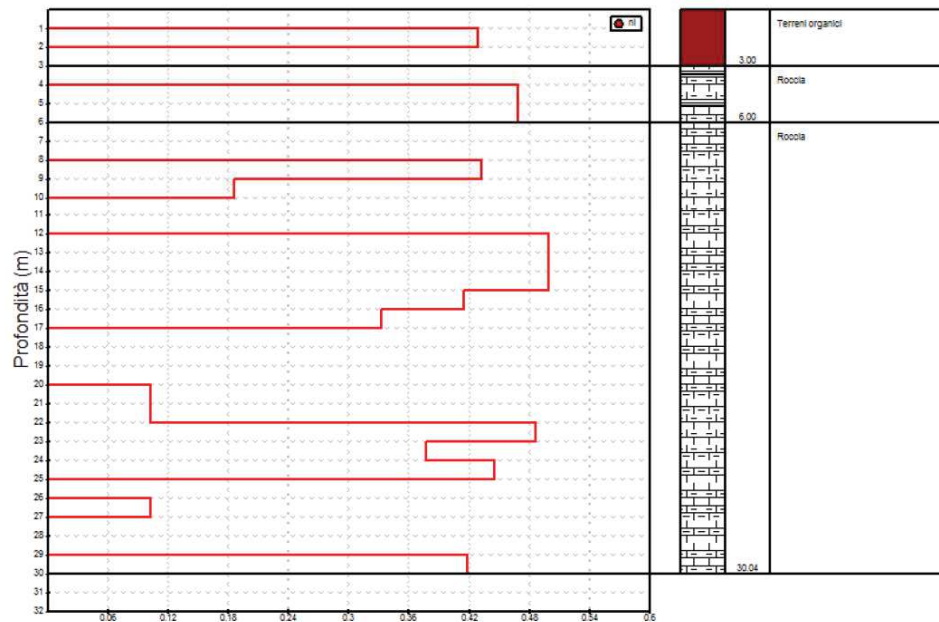
- sismica a rifrazione
- prove down-hole

Cliente: **A.GE.CO. Sassari**

**Profilo peso di volume di intervallo**



**Profilo coefficiente di Poisson di intervallo**



**PROGETTO:**

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

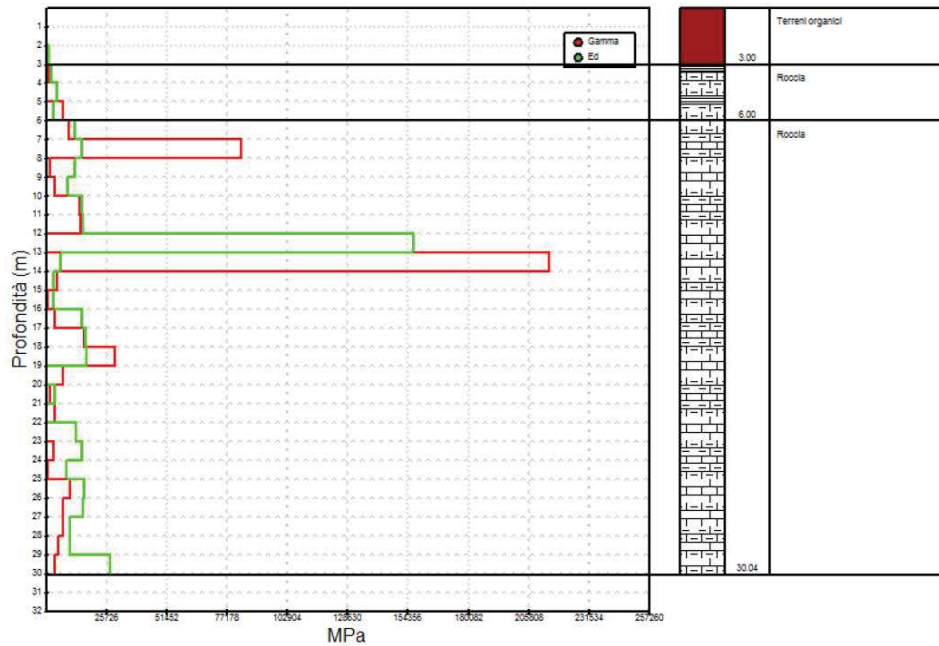
**Indagine Geofisica:**

Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200

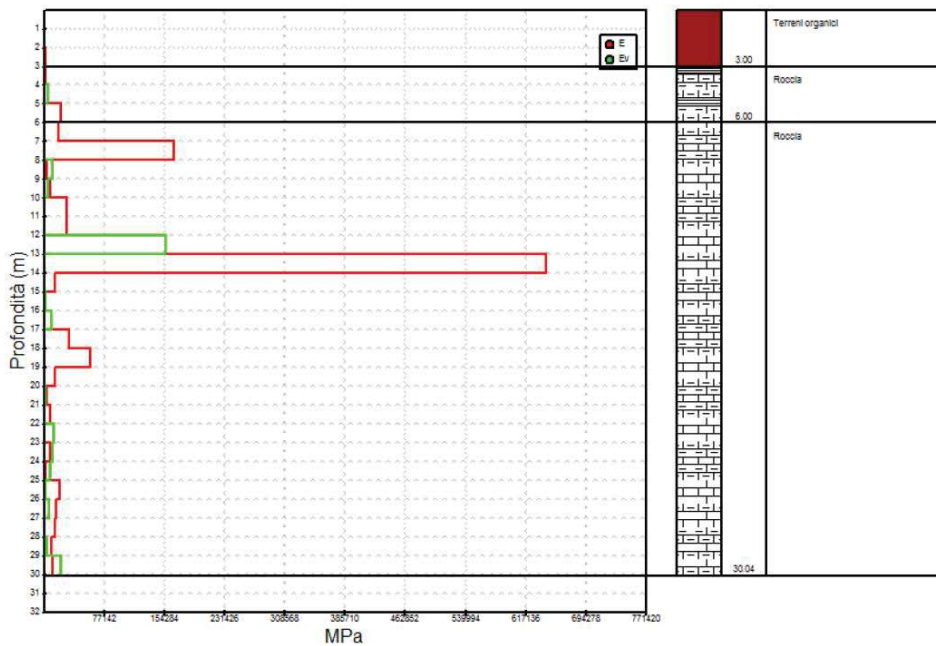
- sismica a rifrazione
- prove down-hole

Cliente: **A.GE.CO. Sassari**

**Profili modulo di deformazione a taglio e modulo di compressibilità edometrica**



**Profili modulo di Young e modulo di compressibilità volumetrica di intervallo**



**PROGETTO:**

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200- sismica a rifrazione  
- prove down-holeCliente: **A.GE.CO. Sassari**

<b>DOWN-HOLE su S5</b> <b>INTERPRETAZIONE DELLE MISURE</b>
---

**Dati iniziali**

Offset scoppio (m)	Numero di ricezioni	Posizione primo geofono (m)	Interdistanza (m)
1.5	30	1	1

**Dati misure down hole**

Registrazione Nr.	Z (m)	Tp (msec)	Ts (msec)
1	1.00	5.00	8.30
2	2.00	5.30	11.70
3	3.00	5.60	13.30
4	4.00	6.00	13.70
5	5.00	6.20	15.00
6	6.00	6.80	15.80
7	7.00	7.20	16.20
8	8.00	7.50	16.70
9	9.00	8.30	17.50
10	10.00	8.50	18.30
11	11.00	8.70	19.20
12	12.00	9.20	20.00
13	13.00	9.80	20.80
14	14.00	10.00	22.50
15	15.00	10.40	24.20
16	16.00	10.80	26.70
17	17.00	11.70	28.30
18	18.00	12.50	30.00
19	19.00	13.30	30.80
20	20.00	14.20	31.70
21	21.00	14.40	32.50
22	22.00	15.00	33.10
23	23.00	15.80	34.20
24	24.00	16.00	35.80
25	25.00	16.70	37.50
26	26.00	17.50	38.30
27	27.00	18.30	40.00
28	28.00	17.50	40.60
29	29.00	17.70	40.80
30	30.00	18.30	41.70



## PROGETTO:

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

## Indagine Geofisica:

Località: Ploaghe  
SS 131 Km 198+200

- sismica a rifrazione
- prove down-hole

Cliente: A.GE.CO. Sassari

## Risultati

SR (m)	Tpcorr (msec)	Tscorr (msec)
1.8028	2.7735	4.604
2.50	4.24	9.36
3.3541	5.0088	11.8959
4.272	5.618	12.8277
5.2202	5.9385	14.3674
6.1847	6.597	15.3283
7.1589	7.0402	15.8404
8.1394	7.3715	16.414
9.1241	8.1871	17.2619
10.1119	8.406	18.0975
11.1018	8.6202	19.0239
12.0934	9.129	19.8456
13.0863	9.7354	20.6629
14.0801	9.9431	22.372
15.0748	10.3484	24.0799
16.0702	10.7529	26.5834
17.0661	11.6547	28.1905
18.0624	12.4568	29.8964
19.0591	13.2588	30.7045
20.0562	14.1602	31.6112
21.0535	14.3634	32.4174
22.0511	14.9653	33.0233
23.0489	15.7665	34.1275
24.0468	15.9688	35.7303
25.045	16.67	37.4327
26.0432	17.471	38.2364
27.0416	18.2718	39.9384
28.0402	17.4749	40.5419
29.0388	17.6764	40.7455
30.0375	18.2772	41.648

## PROGETTO:

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

## Indagine Geofisica:

Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200- sismica a rifrazione  
- prove down-holeCliente: **A.GE.CO. Sassari**

Vp (m/s)	Vs (m/s)	g (kN/mc)	ni	G (MPa)	Ed (MPa)	E (MPa)	Ev (MPa)
360.56	217.20	21.64	0.2152	104.10	286.87	253.00	148.07
681.90	210.26	19.93	0.4475	89.85	944.99	260.12	825.20
1300.73	394.34	21.53	0.4494	341.40	3714.48	989.65	3259.28
1641.50	1073.19	23.78	0.1267	2792.83	6533.91	6293.36	2810.14
3120.13	649.48	22.51	0.4774	968.25	22346.02	2860.99	21055.02
1518.60	1040.69	23.67	0.0573	2614.09	5566.27	5527.76	2080.82
2256.32	1952.75	25.82	--	10039.89	13404.08	20079.78	17.56
3018.41	1743.38	25.43	0.2497	7881.52	23625.56	19699.07	13116.87
1226.09	1179.38	24.10	--	3418.25	3694.38	6836.50	--
4568.30	1196.75	24.15	0.4632	3526.98	51393.20	10321.35	46690.55
4668.53	1079.45	23.80	0.4718	2827.88	52895.23	8324.15	49124.72
1965.41	1216.99	24.21	0.1891	3656.35	9536.31	8695.53	4661.17
1649.08	1223.54	24.22	--	3697.34	6716.41	7394.68	1786.61
4814.64	585.10	21.52	0.4925	751.25	50868.54	2242.48	49866.88
2467.31	585.51	21.48	0.4702	750.90	13334.02	2207.95	12332.82
2472.19	399.44	20.13	0.4866	327.51	12545.46	973.75	12108.78
1108.89	622.24	21.59	0.2702	852.41	2707.13	2165.46	1570.58
1246.73	586.20	21.37	0.3581	748.82	3387.11	2033.95	2388.68
1246.88	1237.47	24.26	--	3788.26	3846.09	7576.52	--
1109.39	1102.90	23.87	--	2960.77	2995.71	5921.54	--
4921.25	1240.39	24.27	0.4661	3807.73	59937.69	11165.03	54860.72
1661.41	1650.44	25.24	--	7010.81	7104.32	14021.62	--
1248.13	905.63	23.20	--	1940.30	3685.42	3880.60	1098.35
4943.18	623.91	21.40	0.4919	849.45	53321.94	2534.59	52189.34
1426.13	587.41	21.18	0.3978	745.23	4392.62	2083.37	3398.98
1248.44	1244.25	24.28	--	3833.04	3858.90	7666.08	--
1248.75	587.54	21.14	0.3578	744.15	3361.52	2020.81	2369.32
--	1657.00	25.26	--	7072.25	--	14144.50	--
4962.78	4911.64	28.96	--	71241.16	72732.39	142482.30	--
1664.44	1108.03	23.89	0.1021	2990.88	6748.88	6592.50	2761.04

**PROGETTO:**

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**

Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200

- sismica a rifrazione
- prove down-hole

Cliente: **A.GE.CO. Sassari**

**METODO DIRETTO**

**Profondità di riferimento:** 30 m  
**VS30:** 622.68 m/s

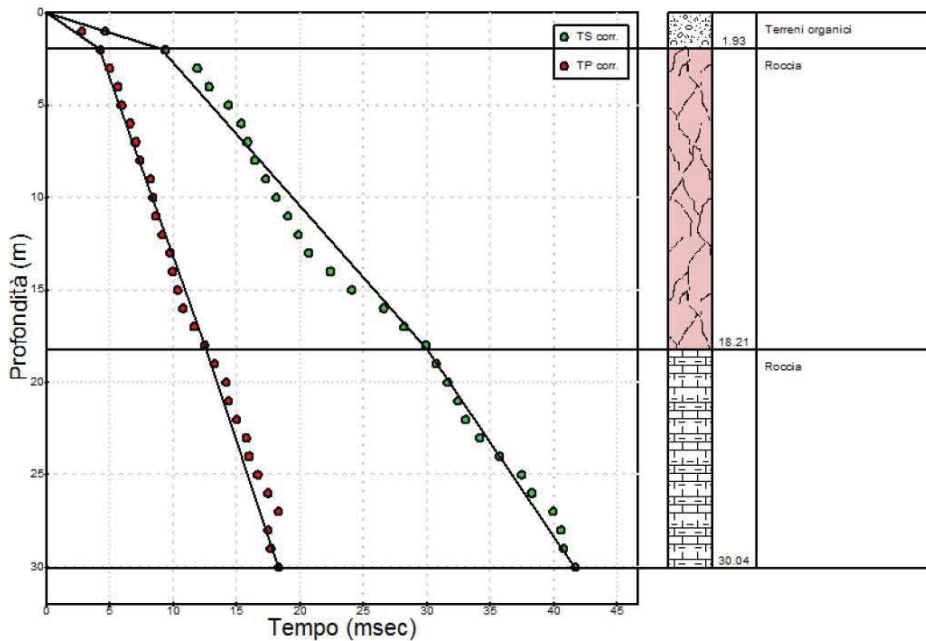
**Sismostrati con metodo diretto**

Descrizione	Profondità (m)
Terreni organici	1.93
Roccia	18.21
Roccia	30.04

**Valori medi**

Vp medio (m/s)	Vs medio (m/s)	g medio (kN/mc)	ni medio	G medio (MPa)	Ed medio (MPa)	E medio (MPa)	Ev medio (MPa)
466.18	213.73	19.68	0.37	91.68	436.15	250.63	313.91
1917.55	773.76	22.24	0.4	1357.54	8337.39	3808.6	6527.33
2093.81	651.07	21.92	0.45	947.57	9799.98	2741.29	8536.55

**Dromocrone**



**PROGETTO:**

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**

Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200

- sismica a rifrazione  
- prove down-hole

Cliente: **A.GE.CO. Sassari**

**METODO INTERVALLO**

**Profondità di riferimento:** 30 m  
**VS30:** 982.99 m/s

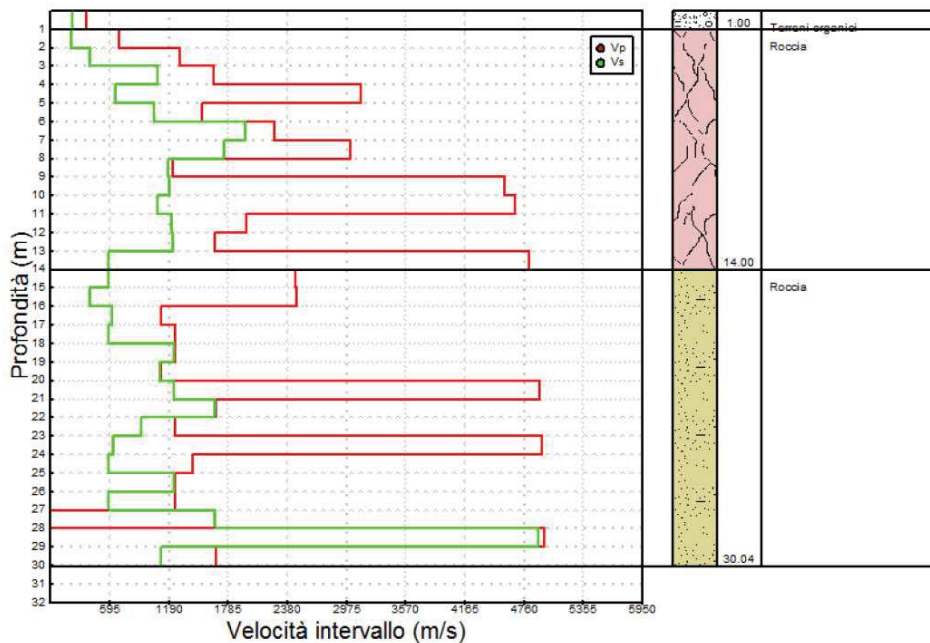
**Sismostrati con metodo Intervallo**

Descrizione	Profondità (m)
Terreni organici	1.00
Roccia	14.00
Roccia	30.04

**Valori medi**

Vp medio (m/s)	Vs medio (m/s)	g medio (kN/mc)	ni medio	G medio (MPa)	Ed medio (MPa)	E medio (MPa)	Ev medio (MPa)
360.56	217.2	21.64	0.22	104.1	286.87	253	148.07
2494.59	1041.95	23.44	0.34	3277.38	19326.11	7655.8	16274.57
2198.39	1190.62	23.22	0.34	6853.98	16930.61	14216.91	14507.86

**Profilo velocità di intervallo**





PROGETTO:

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

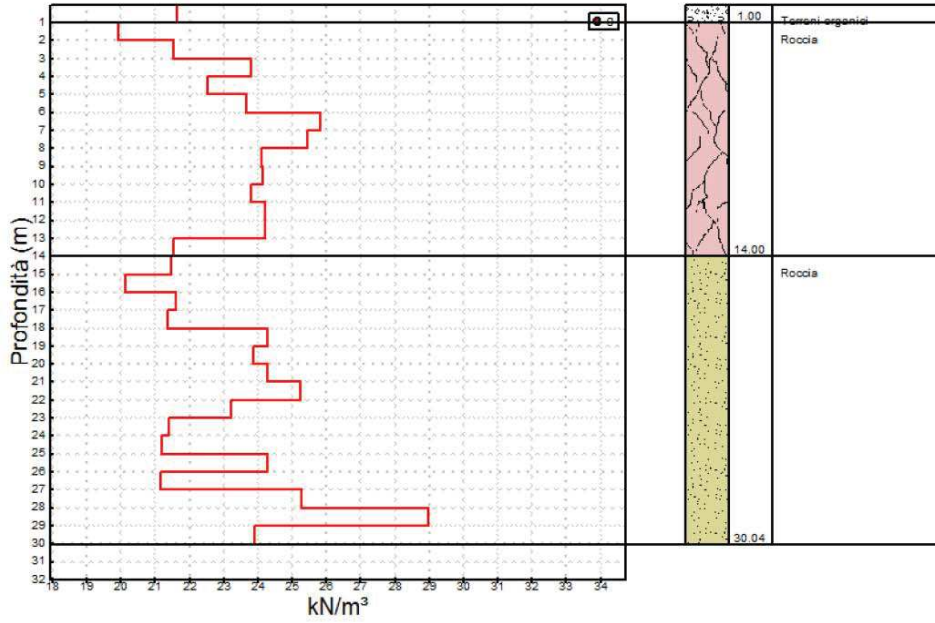
Indagine Geofisica:

Località: Ploaghe  
SS 131 Km 198+200

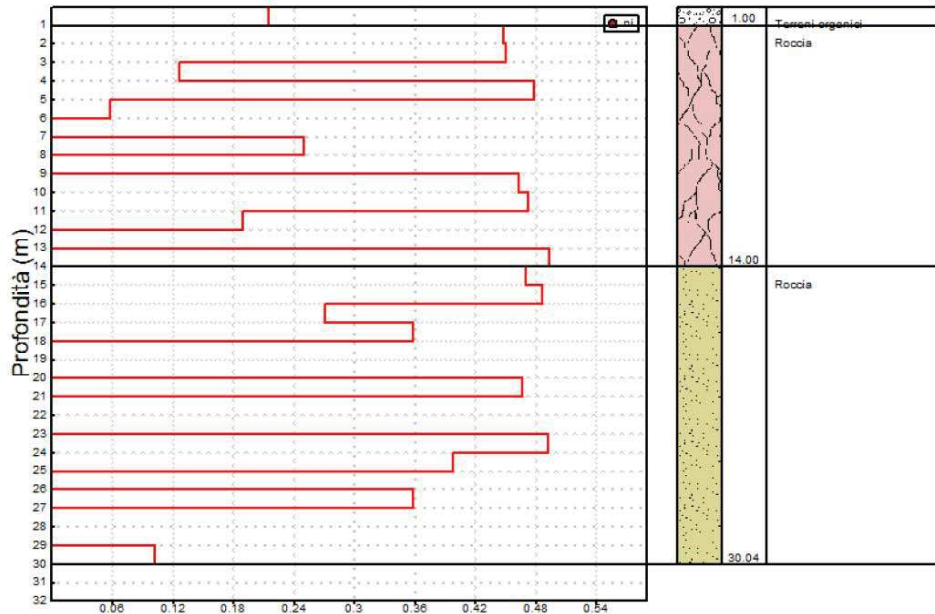
- sismica a rifrazione
- prove down-hole

Cliente: A.GE.CO. Sassari

**Profilo peso di volume di intervallo**



**Profilo coefficiente di Poisson di intervallo**



**PROGETTO:**

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

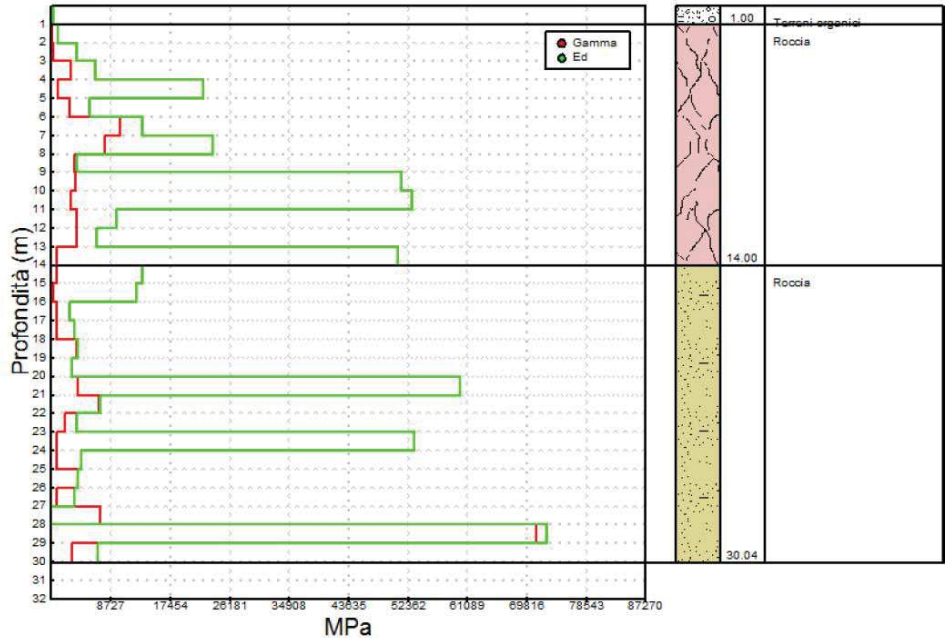
**Indagine Geofisica:**

Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200

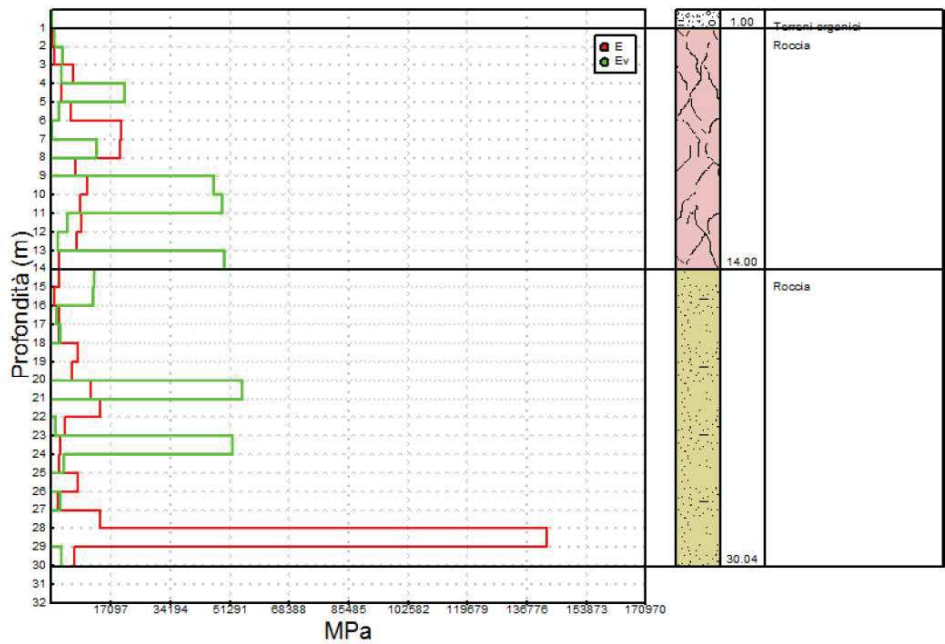
- sismica a rifrazione
- prove down-hole

Cliente: **A.GE.CO. Sassari**

**Profili modulo di deformazione a taglio e modulo di compressibilità edometrica**



**Profili modulo di Young e modulo di compressibilità volumetrica di intervallo**



**PROGETTO:**

Svincolo tra SS 131 e Nuova Sassari-Olbia

**Indagine Geofisica:**

Località: **Ploaghe**  
SS 131 Km 198+200  
Cliente: **A.GE.CO. Sassari**

- sismica a rifrazione
- prove down-hole

## CONCLUSIONI

Sulla base dei risultati delle indagini geofisiche si osserva che:

- lungo le sezioni investigate non sono state evidenziate situazioni tali da fare presupporre la presenza morfologie sepolte che possano dare luogo a fenomeni di collasso,
- le prove down-hole, in entrambi i casi, hanno dato valutazioni della Vs30 che classificano i terreni in classe A, ovvero:

*formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori VS30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 metri;*

maggio 2011

dott. Luciano Puddu

### ALLEGATI :

- planimetria con ubicazione delle indagini geofisiche;
- n° 4 sezioni relative alla tomografia sismica, così come descritte nei paragrafi illustrativi dei risultati dove, per ciascuna di esse, in ascissa sono indicate le progressive metriche e la posizione dei tiri di energizzazione e in ordinata la quota rispetto allo zero del piano di campagna.

In legenda, con le opportune variazioni cromatiche, sono indicate le variazioni delle  $V_p$  espresse in metri al secondo.

## CAMPAGNA DI INDAGINE GEOFISICA

Impresa esecutrice: **P.L.P. s.n.c.**

ANNO 2012



## ELABORAZIONE DOWN HOLE

- **DH1 su S1**

Profondità dal p.c.	ONDE P		ONDE S		Coeff. di Poisson	Moduli elastici			$\gamma$ (t/mc)
	Tempi corretti (ms)	Velocità (m/s)	Tempi corretti (ms)	Velocità (m/s)		Young (kg/cmq)	Taglio (kg/cmq)	Bulk (kg/cmq)	
2,00	6,1	330	14,2	141	0,39	862	310	1289	1,53
4,00	7,7	521	16,9	237	0,37	2631	961	3348	1,67
6,00	9,1	662	20,0	299	0,37	4394	1602	5696	1,75
8,00	10,2	782	22,0	364	0,36	6652	2443	8006	1,81
10,00	9,6	1044	22,0	454	0,38	11103	4013	15877	1,91
12,00	10,9	1099	22,4	537	0,34	15219	5663	16223	1,93
14,00	12,6	1114	23,7	591	0,30	17960	6885	15299	1,93
16,00	14,2	1130	25,5	627	0,28	19879	7780	14893	1,94
18,00	15,1	1190	27,1	664	0,27	22424	8803	16513	1,96
20,00	16,1	1243	29,8	671	0,29	23451	9057	19026	1,97
22,00	17,2	1281	32,4	679	0,30	24370	9340	20781	1,99
24,00	18,4	1305	34,9	688	0,31	25150	9619	21750	1,99
26,00	19,8	1314	36,7	709	0,29	26450	10212	21502	2,00
28,00	21,1	1326	39,3	713	0,30	26859	10357	22011	2,00
30,00	22,3	1343	41,8	718	0,30	27349	10517	22821	2,00
32,00	23,3	1374	43,3	739	0,30	29078	11216	23786	2,01
34,00	24,3	1398	43,9	775	0,28	31592	12358	23735	2,02
36,00	25,3	1423	44,8	803	0,27	33714	13310	24063	2,03

Tabella 1: Parametri fisici profilo DH1 su S1

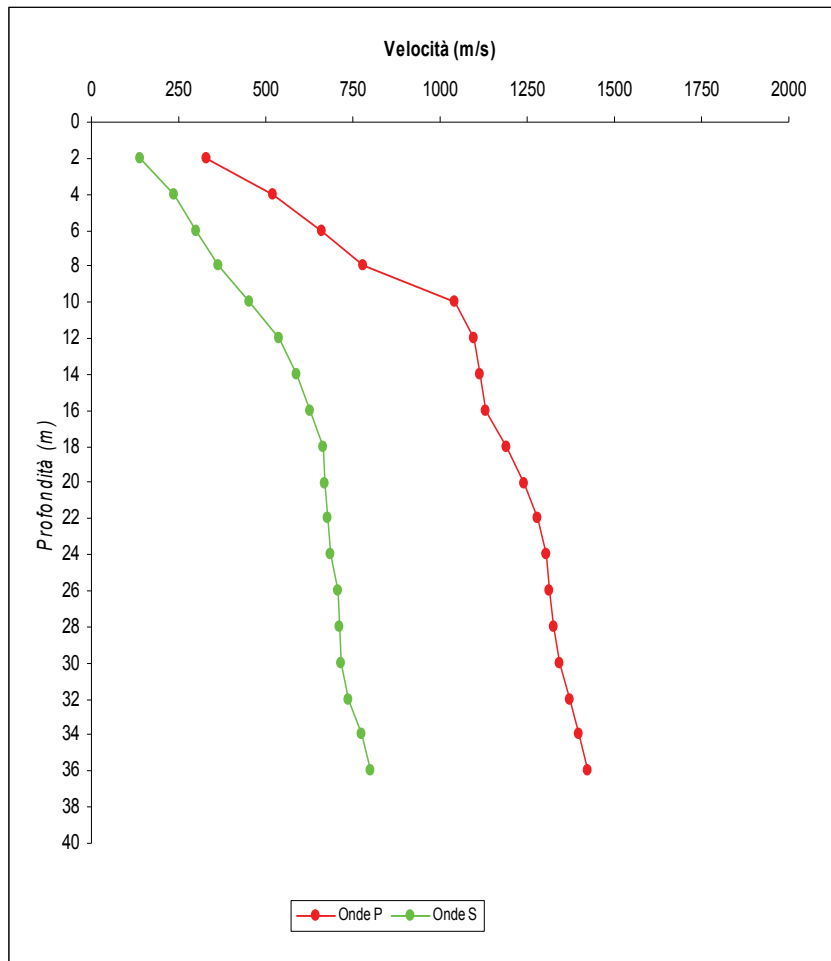


Figura 7: Variazione della velocità delle onde P e S con la profondità DH1 su S1

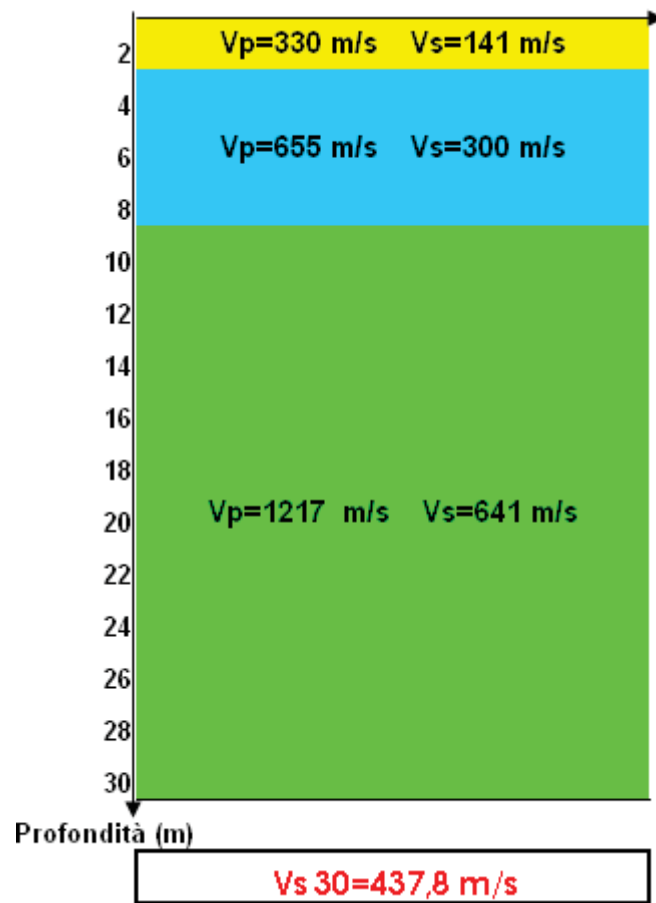


Figura 8: Sismostratigrafia DH1 su S1

**CATEGORIA DI SUOLO (NTC 2008):  $V_s 30 = 437,8 \text{ m/s}$  (Categoria B).**

- **DH2 su S4**

Profondità dal p.c.	ONDE P		ONDE S		Coeff. di Poisson	Moduli elastici			$\gamma$ (t/mc)
	Tempi corretti (ms)	Velocità (m/s)	Tempi corretti (ms)	Velocità (m/s)		Young (kg/cmq)	Taglio (kg/cmq)	Bulk (kg/cmq)	
2,00	4,6	433	10,6	189	0,38	1633	591	2307	1,62
4,00	6,7	599	15,2	262	0,38	3334	1207	4673	1,72
6,00	10,4	578	23,4	256	0,38	3150	1144	4285	1,71
8,00	11,2	712	24,4	328	0,37	5323	1949	6581	1,78
10,00	12,7	789	25,0	400	0,33	7824	2947	7550	1,81
12,00	14,9	803	28,5	421	0,31	8614	3288	7552	1,82

Tabella 2: Parametri fisici profilo DH2 su S4

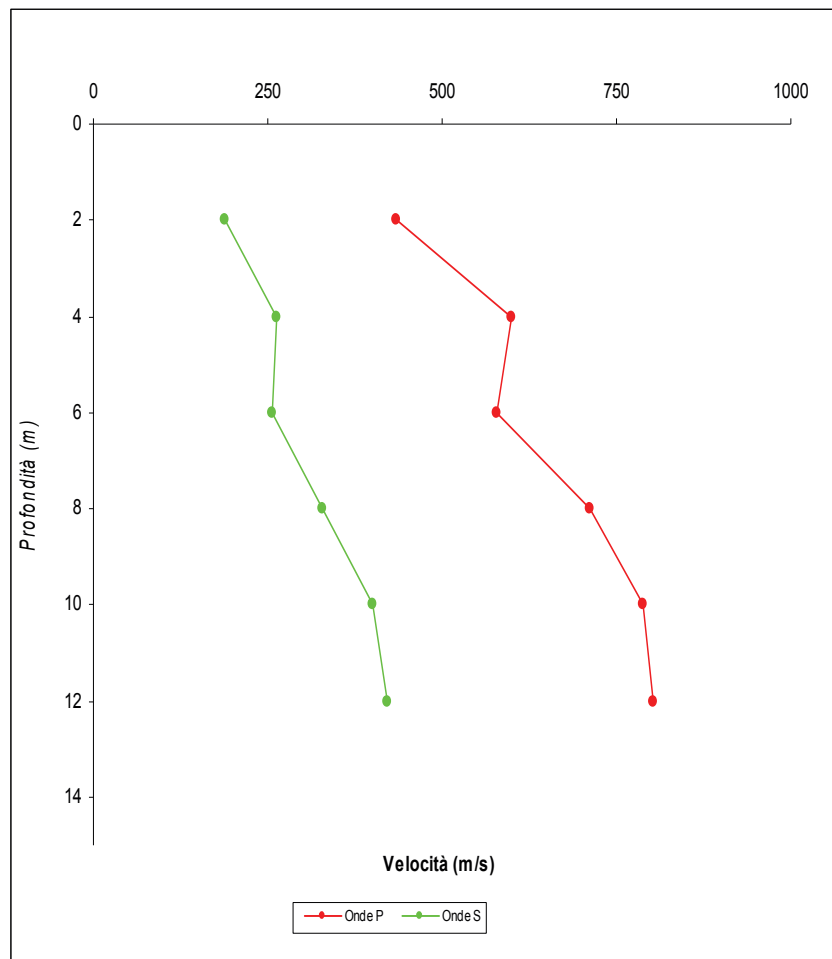
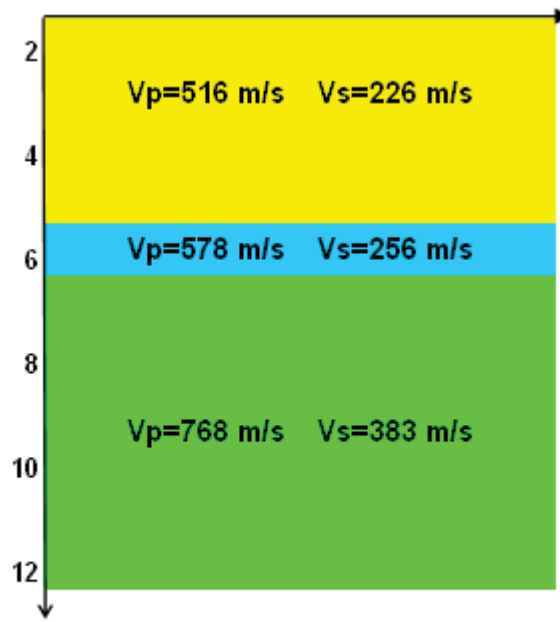


Figura 9: Variazione della velocità delle onde P e S con la profondità DH2 su S4



Profondità (m)

Figura 10: Sismostratigrafia DH2 su S4

- DH3 su S3

Profondità dal p.c.	ONDE P		ONDE S		Coeff. di Poisson	Moduli elastici			$\gamma$ (t/mc)
	Tempi corretti (ms)	Velocità (m/s)	Tempi corretti (ms)	Velocità (m/s)		Young (kg/cm <sup>2</sup> )	Taglio (kg/cm <sup>2</sup> )	Bulk (kg/cm <sup>2</sup> )	
2,00	6,6	303	16,3	123	0,40	651	232	1109	1,51
4,00	9,2	433	21,5	186	0,39	1587	572	2331	1,62
6,00	11,0	545	24,8	242	0,38	2769	1005	3767	1,69
8,00	11,9	672	25,3	317	0,36	4876	1796	5695	1,76
10,00	13,0	770	25,6	390	0,33	7432	2800	7172	1,80
12,00	13,5	887	26,2	458	0,32	10439	3958	9589	1,85

Tabella 3: Parametri fisici profilo DH3 su S3

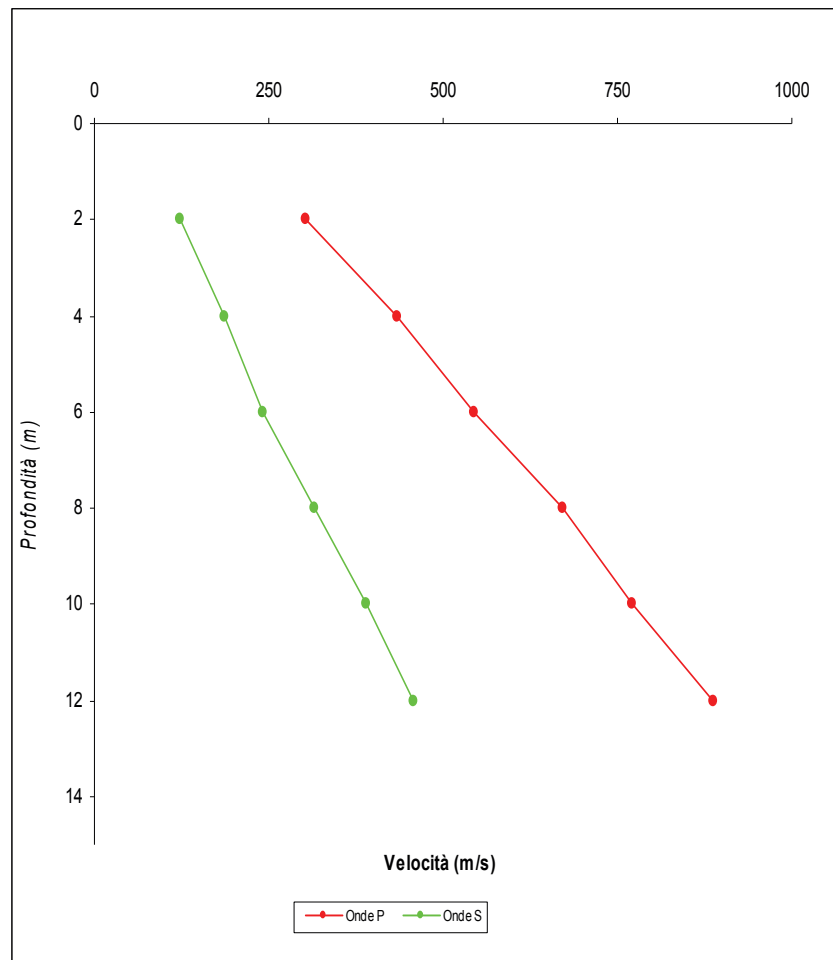


Figura 11: Variazione della velocità delle onde P e S con la profondità DH3 su S3

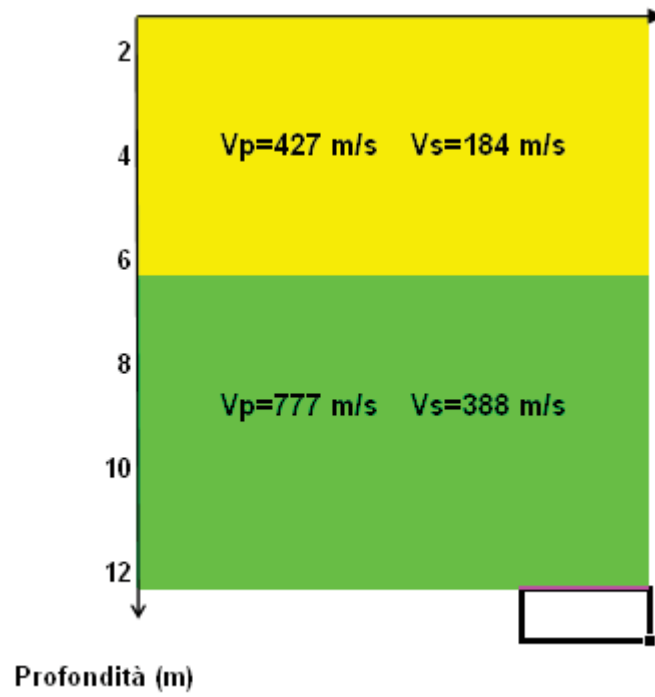


Figura 12: Sismostratigrafia DH3 su S3