



Anas SpA

Direzione Centrale Progettazione

AUTOSTRADA A3 SALERNO – REGGIO CALABRIA AMMODERNAMENTO DEL TRONCO 1° – TRATTO 6° – LOTTO 3°

NUOVO SVINCOLO DI PADULA–BUONABITACOLO AL KM 103+200
(COLLEGAMENTO DELLA S.S. 517 "BUSSENTINA" CON LA A3)

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE CENTRALE PROGETTAZIONE

I PROGETTISTI:

Dott. Ing. PIA IASIELLO
Ordine Ing. di Foggia n. 1895
Dott. Ing. GIANFRANCO FUSANI
Ordine Ing. di Roma n. 18008
Dott. Arch. GIANLUCA BONOLI
Ordine Arch. di Roma n. 16639

IL GEOLOGO:

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

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.

Dott. Arch. FRANCESCA IETTO
Ordine Arch. di Roma n. 15857
Dott. Ing. GINEVRA BERETTA
Ordine Ing. di Roma n. 20458

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. FABIO QUONDAM

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :

Dott. Ing. ANTONIO VALENTE

PROTOCOLLO

DATA

GRUPPO DI PROGETTAZIONE ANAS

Ing. Luca Zampaglione – Responsabile di Progetto
Ing. Francesca Bario – Strutture
Ing. Francesco Bezzi – Impianti
Ing. Pierluigi Fabbro – Interferenze
Ing. Fiorenzo Forcone – Monitoraggio Ambientale
Ing. Gabriele Giovannini – Cartografia
Ing. Attilio Petrillo – Idraulica
Arch. Roberto Roggi – Sicurezza
Geom. Valerio Altomare – Espropri
Geom. Alessandro Cortese – Geotecnica
Geom. Michele Pacelli – Strade
Geom. Marco Spinucci – Computi, Stime e Capitolati

RESPONSABILI UNITA' DI INGEGNERIA :

Ing. Fulvio Maria Soccodato – Ingegneria Territorio
Ing. Alessandro Micheli – Ingegneria Geotecnica e Impianti
Ing. Achille Devitofranceschi – Ingegneria Opere Civili
Geom. Fabio Quondam – Ingegneria Computi, Stime e Capitolati

RAPPORTO INDAGINI GEOFISICHE

CODICE PROGETTO			NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	LO411JD1101_T00GE00GEORE03A.Pdf			
LO411J	D	1101	CODICE ELAB.	T00GE00GEORE03	A	
D	–					
C	–					
B	–					
A	EMISSIONE		FEB 2012	SERANGELI	SERANGELI	MICHELI
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

ANAS SPA

**PROGETTO DEFINITIVO DELL'AUTOSTRADA SALERNO-REGGIO CALABRIA
AMMODERNAMENTO DEL TRONCO 1° TRATTO 6° LOTTO 3 – NUOVO SVINCOLO
PADULA-BUONABITACOLO AL KM.103+200 (COLLEGAMENTO DELLA
S.S.517 "BUSSENTINA" CON LA A3)**

**INDAGINI GEOFISICHE****- FASCICOLO 2 -**

GEOMERID s.r.l.
Il Direttore Tecnico

INDICE

PREMESSA	3
INDAGINI GEOFISICHE	4
0.1 SISMICA IN FORO DOWN-HOLE	4
0.2 PROSPEZIONE SISMICA MASW	5
0.2 SISMICA A RIFRAZIONE CON TECNICA TOMOGRAFICA	5

APPENDICI

- <i>Planimetria</i>	<i>App.1</i>
- <i>Sismica in foro down-hole DH</i>	<i>App. 2</i>
- <i>Prove sismiche MASW</i>	<i>App.3</i>
- <i>Sismica a rifrazione con tecnica tomografica</i>	<i>App.4</i>

PREMESSA

La GEOMERID s.r.l., su incarico di ANAS spa ha eseguito delle Indagini geofisiche relative al progetto definitivo dell'Autostrada Salerno-Reggio Calabria, Ammodernamento del Tronco1°, Tratto 6°, lotto3 – nuovo Svincolo Padula – Buonabitacolo al Km.103+200 (collegamento della S.S. 517 “Bussentina” con la A3).

L'ubicazione dei punti di indagine e le modalità tecnico-esecutive dei lavori sono state disposte dai tecnici a cui è stata affidata la direzione delle indagini.

I lavori sono state articolati in:

- Esecuzione di sismica in foro Down-Hole;
- Esecuzione di prove MASW
- Esecuzione di sismica a rifrazione con tecnica tomografica

Di seguito vengono espone le modalità tecniche delle indagini, e le caratteristiche dei macchinari e delle strumentazioni utilizzate.

INDAGINI GEOFISICHE

0.1. SISMICA IN FORO DOWN-HOLE

La prospezione *sismica Down-Hole* consiste in una serie di misure in foro finalizzate alla individuazione della velocità di propagazione delle *onde elastiche longitudinali (onde di compressione P)* e *trasversali (onde di taglio S)* dei terreni circostanti un foro di sondaggio opportunamente predisposto.

La determinazione delle velocità delle onde P (V_p) e delle onde S (V_s), secondo la tecnica Down-Hole, si basa sulla *misura dei tempi di percorso* che le onde elastiche, generate in un punto in superficie vicino alla bocca-foro, impiegano per raggiungere un geofono posto nel foro a profondità diverse; tra una misura e l'altra il geofono viene spostato di un intervallo predeterminato; note le distanze ed i tempi di percorso sono quindi calcolate le *velocità medie o d'intervallo delle onde elastiche* che sono in genere rappresentate sotto forma di diagrammi di velocità in funzione della profondità.

Dai *sismogrammi di scoppio* ottenuti con l'indagine si ricavano i *tempi di arrivo delle onde*

che sono funzione della variazione nello spazio della proprietà fisica dei terreni denominata "elasticità". Dalla misurazione della velocità delle *onde sismiche P* e delle *onde sismiche S* si ha quindi la possibilità di individuare alcune proprietà elastiche dei terreni attraversati lungo la verticale del sondaggio.

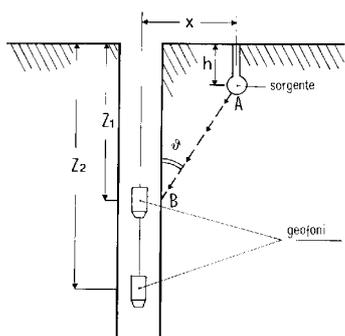


Figura 1 - Schema delle prove in foro con il metodo Down-Hole

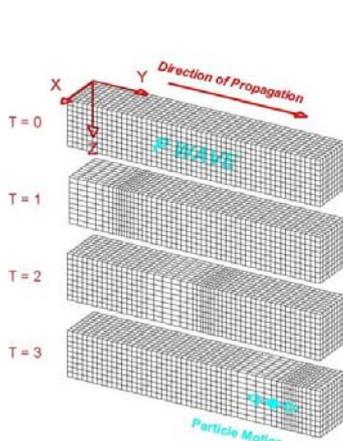


Figura 2 – Down-Hole schema della direzione di propagazione delle onde P

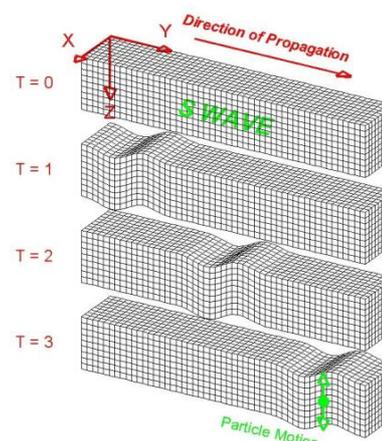


Figura 3 - Down-Hole schema della direzione di propagazione delle onde S

L'esecuzione delle misure è stata effettuata con l'impiego di un geofono verticale AMBROGEO DH 100. Il sistema è costituito da una sonda in acciaio inox del diametro di 47 mm e lunghezza 680 mm, da un'unità di controllo e dal cavo di 100 m con rullo avvolgicavo che è caratterizzato da un sistema di ancoraggio meccanico alle pareti del foro.

All'interno della sonda sono alloggiati tre geofoni con frequenza propria di 10Hz, orientati secondo gli assi x-y-z, che consentono l'individuazione dei primi arrivi di onde P e onde S. L'acquisizione dei dati è avvenuta posizionando il geofono alla profondità di misura ed al termine di ogni acquisizione la sonda è stata risolledata di un metro prima di eseguire la successiva misura. L'energizzazione del terreno è avvenuta mediante una piastra metallica posta ad 1 m di distanza dalla bocca-foro, colpita da una mazza di 10 Kg. Le misure sono state eseguite utilizzando un sismografo *PASI 16SG24* ad incremento di segnale, in grado di consentire la registrazione analogica e la successiva conversione digitale delle *misure di campagna*.

I segnali sismici registrati in formato digitale sono stati analizzati nel dominio del tempo, tramite software dedicato WINSISM, per la stima del primo arrivo delle onde sismiche generate (P ed S). L'elaborazione dati ha permesso la determinazione della velocità di propagazione delle onde

sismiche P e S.

0.2. PROSPEZIONE SISMICA MASW

Nelle prospezioni sismiche il parametro fisico attraverso cui i terreni sono caratterizzati è la *velocità di propagazione delle onde elastiche* generate da sorgenti artificiali o naturali. Tra i diversi tipi di onde utilizzate per le indagini vi sono le *onde di volume* (onde di compressione P ed onde di taglio S) e le *onde di superficie* (onde di Rayleigh R ed onde di Love L).

MASW è l'acronimo di *Multichannel Analysis of Surface Waves* (*Analisi multicanale di onde di superficie*); in tale prospezione sismica si analizza la propagazione delle *onde di superficie* (Rayleigh o Love). Tradizionalmente la prova MASW è effettuata utilizzando le *onde di Rayleigh*, che risultano facilmente rilevabili mediante geofoni a componente verticale. Essa consente una efficace ricostruzione della distribuzione della *velocità delle onde di taglio (Vs)* nel sottosuolo; il profilo verticale delle Vs può essere infatti ricavato per *inversione e modellazione* della velocità di fase delle *onde di superficie*.

Le onde Rayleigh si generano *dall'interazione delle onde di taglio con le onde di compressione*, in corrispondenza della superficie del suolo. Il loro moto è vincolato in uno spazio verticale contenente la direzione di propagazione dell'onda, il senso di oscillazione è *ellittico e retrogrado* rispetto alla direzione di propagazione. Esse si propagano sia in terreni omogenei (con velocità di circa 0,9 Vs) sia in *terreni stratificati*, ove si genera il *fenomeno della dispersione*.

In particolare la prova MASW consiste nella registrazione, mediante un *allineamento multiplo di geofoni*, della *propagazione di un treno di onde* generato artificialmente nel terreno. Segue la successiva analisi del fenomeno della *dispersione delle onde di Rayleigh*, il quale determina che le *lunghezze d'onda* più ampie, con *frequenze* più basse, sono influenzate dagli strati più profondi, mentre lunghezze d'onda più piccole, con frequenze più alte, risentono dalle caratteristiche degli strati più superficiali. Analizzando lo *spettro* dell'onda si possono quindi ricavare informazioni dettagliate *sia sulla stratificazione sia su alcune caratteristiche elastiche* dei terreni in sottosuolo.

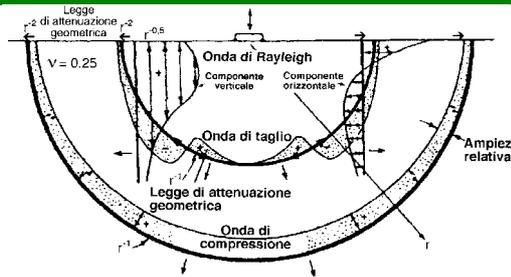


Fig. 4 - Generazione delle onde Rayleigh

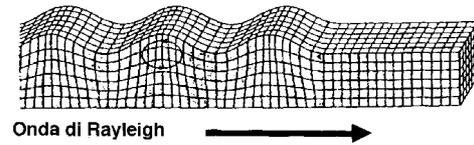


Fig. 5 - Schema di propagazione delle onde Rayleigh

La prospezione MASW è stata effettuata con l'impiego di un sismografo *PASI 16SG24* con 24 canali ad alta precisione, ad incremento di segnale, con registrazione analogica dell'oscillogramma; il terreno è stato energizzato tramite una *massa battente* da 10 Kg, è stata adottata una *stesa geofonica a profilo continuo* con 24 geofoni equidistanziati.

Nella fase interpretativa, eseguita mediante software *WinMASW 4.1 - ELIOSOFT*, il *sismogramma* registrato in campagna nel *dominio del tempo* è stato scomposto mediante *Trasformata di Fourier* nel *dominio delle frequenze* e dal risultante *spettro velocità di fase-frequenza* è stato estratto il *modo fondamentale di vibrazione* delle onde Rayleigh e la *relativa curva di dispersione*. Dal processo di *inversione della curva di dispersione* è stato infine ricavato il *profilo delle Vs* del sottosuolo, i *relativi sismostrati* e il *periodo proprio del sito*.

3.1 SISMICA A RIFRAZIONE CON TECNICA TOMOGRAFICA

Le indagini sismiche con tecnica tomografica consentono di ricostruire *una sezione bidimensionale di velocità sismica (Vp) dei terreni*, mediante l'analisi di una molteplicità di percorsi di onde sismiche fra stazioni emittenti, corrispondenti ai punti di energizzazione e stazioni riceventi, corrispondenti alle posizioni dei singoli geofoni della catena geofonica. E' una tecnica d'indagine che permette l'individuazione di *anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche* con un potere risolutivo superiore ad altri metodi, offrendo la possibilità della ricostruzione di *irregolarità stratigrafiche*, anche particolarmente complesse, non risolvibili con altre tecniche d'indagine a rifrazione.

Le procedure di interpretazione di *profili a rifrazione tomografici* necessitano un buon numero di sorgenti di energizzazione e di punti di ricezione delle onde sismiche, in modo tale da disporre di una distribuzione dei raggi sismici omogenea.

La tecnica operativa in campagna è stata eseguita disponendo i ricevitori (*geofoni*) ed gli shot (*punti di scoppio*) su una linea (stesa a profilo continuo). L'operazione di *energizzazione* è stata ripetuta posizionando gli scoppi in 9 differenti punti posti ogni 3 ricevitori lungo la stesa geofonica.

La fase di elaborazione ha utilizzato la notevole quantità di dati costituiti dai tempi di primo arrivo ai geofoni. Il numero totale di percorsi sismici analizzati corrisponde al numero di stazioni riceventi moltiplicate per gli spari effettuati (nel caso specifico $9 \times 24 = 216$). Per ciascuno dei percorsi sismici è stato misurato il *tempo di primo arrivo delle onde P*. L'elaborazione tomografica dei dati è stata eseguita con *software RAYFRACT 3.03 della Intelligent Resource Inc. e Birdstep Technology ASA-U.S.A.*

I tempi di arrivo sono stati elaborati da un modello matematico associato ad una procedura di inversione. Per il trattamento tomografico dei dati è stata utilizzata una suddivisione dell'area di studio in celle elementari, calcolando per ciascuna di queste un valore di velocità congruente con il tempo di tragitto medio relativo ai percorsi dei raggi sismici. Il software permette l'utilizzo di fattori di correzione e di regolazione delle iterazioni successive. La procedura costruisce inizialmente una griglia bidimensionale di celle ed a partire da una matrice di velocità, il modello matematico, modificando i valori di velocità iniziale di ciascuna cella, riduce la differenza esistente fra i percorsi delle onde sismiche calcolati e quelli realmente misurati sul terreno. Il programma esegue il numero di iterazioni necessario a ridurre l'errore quadratico medio. A ciascuna iterazione vengono ricalcolati i segmenti dei percorsi sismici, vengono variate le velocità di ciascuna cella e viene applicato un opportuno lisciamiento. Al termine delle iterazioni si ottiene un modello di velocità sismiche del terreno sino alle profondità investigate, compatibile con le misurazioni sperimentali.

La presentazione delle elaborazioni eseguite dà come risultato una mappa della *distribuzione delle velocità sismiche* in una sezione piana contenente le sorgenti ed i geofoni. Il risultato finale è quindi la rappresentazione delle velocità (in m/s) per la sezione indagata, secondo una scala cromatica prefissata.

Le *dromocrone* (diagramma tempi-distanze) dello stendimento eseguito e la relativa *sezione tomografica* (schematizzazione grafica delle velocità delle onde sismiche V_p in profondità) è riportata in appendice.

GEOMERID s.r.l.
Il Direttore Tecnico

PLANIMETRIA

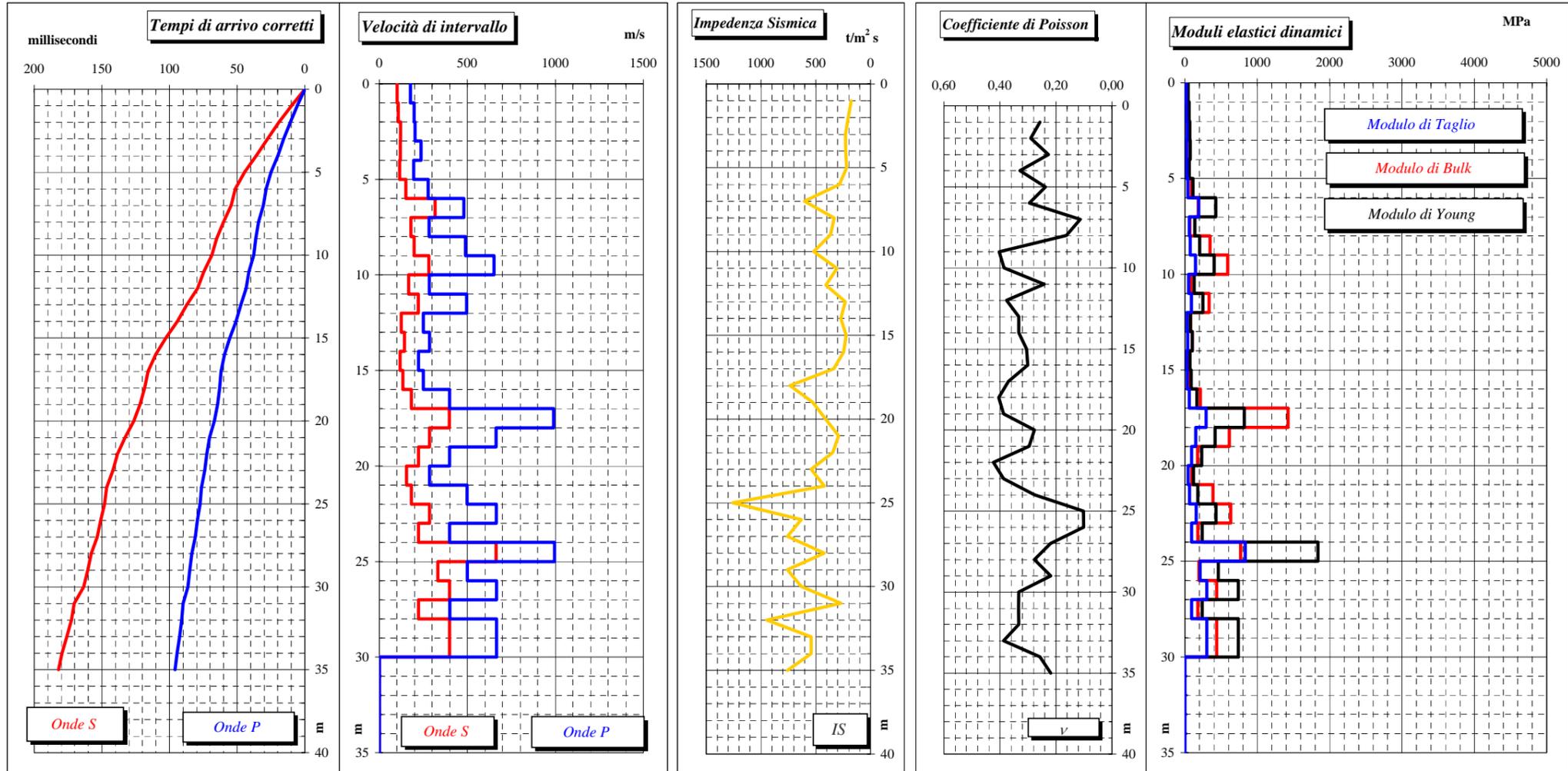
APPENDICE I

GEOMERID s.r.l.
Il Direttore Tecnico

SISMICA IN FORO DH

APPENDICE 2

GEOMERID s.r.l.
Il Direttore Tecnico

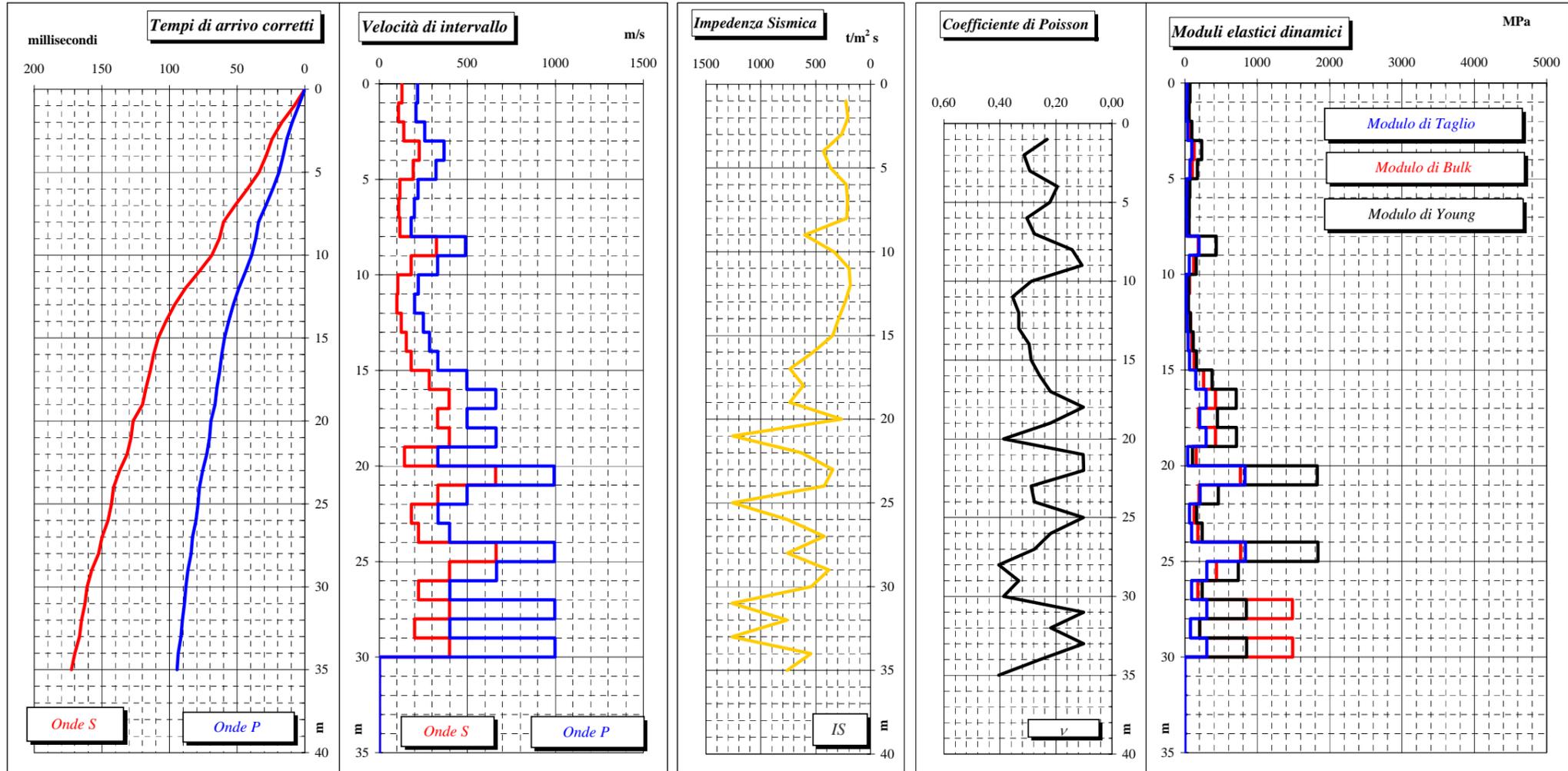


Foro cementato e condizionato con tubazione in PVC 80 mm - Sismografo PASI 16SG24 - Geofono da foro AMBROGEO DH-50 - Massa battente da 10 kg

Z _{pc} m	ΔH intervallo m	P _o m	Stratigrafia Terreno	Peso di volume γ t/m ³	Tempi di arrivo		Tempi corretti		Velocità di intervallo		Rapporto V _p /V _s RPS	Impedenza Sismica IS t/m ² s	Coeff. riflessione r	Coeff. rifrazione t	Coefficiente di Poisson ν	Moduli elastici dinamici			
					Onde P ms	Onde S ms	Onde P ms	Onde S ms	V _p m/s	V _s m/s						G _{din} MPa	K _{din} MPa	E _{din} MPa	
0,00		1,0	SONDAGGIO Down-Hole																
1,00	1,00	1,414	G pos 1	Argille limose	1,75	8,00	14,00	5,66	9,90	176,8	101,0	2,00	176,8	-0,07	1,07	0,26	18	31	45
2,00	1,00	2,236	G pos 2	Limi argillosi	1,90	12,00	21,50	10,73	19,23	197,0	107,2	1,84	203,6	-0,06	1,06	0,29	22	45	56
3,00	1,00	3,162	G pos 3		1,90	16,50	29,00	15,65	27,51	203,2	120,7	1,68	229,4	0,01	0,99	0,23	28	42	68
4,00	1,00	4,123	G pos 4	Ghiaie e sabbie	1,90	20,50	37,00	19,89	35,90	236,1	119,3	1,98	226,6	0,02	0,98	0,33	27	70	72
5,00	1,00	5,099	G pos 5		1,90	25,50	45,50	25,00	44,62	195,4	114,7	1,70	217,9	-0,13	1,13	0,24	25	39	62
6,00	1,00	6,083	G pos 6	Limi sabbiosi	1,90	29,00	52,00	28,61	51,29	277,7	149,8	1,85	284,6	-0,36	1,36	0,29	43	90	110
7,00	1,00	7,071	G pos 7		1,90	31,00	55,00	30,69	54,45	480,1	317,0	1,51	602,3	0,29	0,71	0,11	191	183	425
8,00	1,00	8,062	G pos 8	Ghiaie	1,85	34,50	60,50	34,23	60,03	282,1	179,0	1,58	331,2	-0,05	1,05	0,16	59	68	138
9,00	1,00	9,055	G pos 9		1,85	36,50	65,50	36,28	65,10	489,4	197,4	2,48	365,1	-0,17	1,17	0,40	72	347	202
10,00	1,00	10,050	G pos 10	Limi	1,85	38,00	69,00	37,81	68,66	651,6	281,0	2,32	519,9	0,26	0,74	0,39	146	591	405
11,00	1,00	11,045	G pos 11		1,85	41,50	75,00	41,33	74,69	284,2	165,7	1,72	306,6	-0,14	1,14	0,24	51	82	126
12,00	1,00	12,042	G pos 12	Limi	1,85	43,50	79,50	43,35	79,23	495,0	220,6	2,24	408,1	0,28	0,72	0,38	90	333	248
13,00	1,00	13,038	G pos 13		1,85	47,50	87,50	47,36	87,24	249,4	124,7	2,00	230,8	-0,08	1,08	0,33	29	77	77
14,00	1,00	14,036	G pos 14	Limi	1,90	51,00	94,50	50,87	94,26	284,9	142,5	2,00	270,7	0,10	0,90	0,33	39	103	103
15,00	1,00	15,033	G pos 15		1,90	55,50	103,00	55,38	102,77	221,9	117,5	1,89	223,2	-0,05	1,05	0,31	26	59	68
16,00	1,00	16,031	G pos 16	Ghiaie	1,85	59,50	110,50	59,38	110,28	249,6	133,1	1,87	246,2	-0,15	1,15	0,30	33	72	85
17,00	1,00	17,029	G pos 17		1,85	62,00	116,00	61,89	115,80	398,6	181,3	2,20	335,4	-0,37	1,37	0,37	61	213	167
18,00	1,00	18,028	G pos 18	Limi	1,85	63,00	118,50	62,90	118,32	990,1	397,2	2,49	734,8	0,17	0,83	0,40	292	1424	820
19,00	1,00	19,026	G pos 19		1,85	64,50	122,00	64,41	121,83	663,2	284,6	2,33	526,5	0,12	0,88	0,39	150	614	416
20,00	1,00	20,025	G pos 20	Limi	1,85	67,00	126,50	66,92	126,34	399,1	221,7	1,80	410,1	0,17	0,83	0,28	91	173	232
21,00	1,00	21,024	G pos 21		1,90	70,50	133,00	70,42	132,85	285,4	153,7	1,86	292,0	-0,08	1,08	0,30	45	95	116
22,00	1,00	22,023	G pos 22	Sabbie	1,90	72,50	138,50	72,43	138,36	498,7	181,6	2,75	345,0	-0,22	1,22	0,42	63	389	178
23,00	1,00	23,022	G pos 23		1,90	74,00	142,00	73,93	141,87	664,5	285,0	2,33	541,5	0,12	0,88	0,39	154	633	428
24,00	1,00	24,021	G pos 24	Limi	1,90	76,50	146,50	76,43	146,37	399,4	221,9	1,80	421,6	-0,50	1,50	0,28	94	178	239
25,00	1,00	25,020	G pos 25		1,90	77,50	148,00	77,44	147,88	995,6	662,8	1,50	1259,3	0,33	0,67	0,10	835	771	1840
26,00	1,00	26,019	G pos 26	Sabbie	1,90	79,50	151,00	79,44	150,89	499,2	332,6	1,50	631,9	-0,09	1,09	0,10	210	193	463
27,00	1,00	27,019	G pos 27		1,90	81,00	153,50	80,94	153,39	665,2	399,0	1,67	758,1	0,29	0,71	0,22	302	438	737
28,00	1,00	28,018	G pos 28	Limi	1,90	83,50	158,00	83,45	157,90	399,6	222,0	1,80	421,8	-0,29	1,29	0,28	94	179	239
29,00	1,00	29,017	G pos 29		1,90	85,00	160,50	84,95	160,40	665,5	399,1	1,67	758,4	0,00	1,00	0,22	303	438	738
30,00	1,00	30,017	G pos 30	Sabbie	1,90	86,50	163,50	86,45	163,41	665,6	332,8	2,00	632,4	1,00	0,00	0,33	210	561	561
31,00	1,00	31,016	G pos 31		1,90	90,00	170,50	89,95	170,41	285,6	142,8	2,00	271,3	-0,47	1,47	0,33	39	103	103
32,00	1,00	32,016	G pos 32	Limi	1,90	91,00	172,50	90,96	172,42	997,6	498,9	2,00	947,9	1,00	0,00	0,33	473	1260	1261
33,00	1,00	33,015	G pos 33		1,90	92,50	176,00	92,46	175,92	665,8	285,4	2,33	542,3	1,00	0,00	0,39	155	636	430
34,00	1,00	34,015	G pos 34	Sabbie	1,90	94,50	179,50	94,46	179,42	499,6	285,5	1,75	542,4	1,00	0,00	0,26	155	268	389
35,00	1,00	35,014	G pos 35		1,90	96,00	182,00	95,96	181,93	665,9	399,5	1,67	759,0	1,00	0,00	0,22	303	438	739

V_{s30} = 192,4

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Pino Rizza

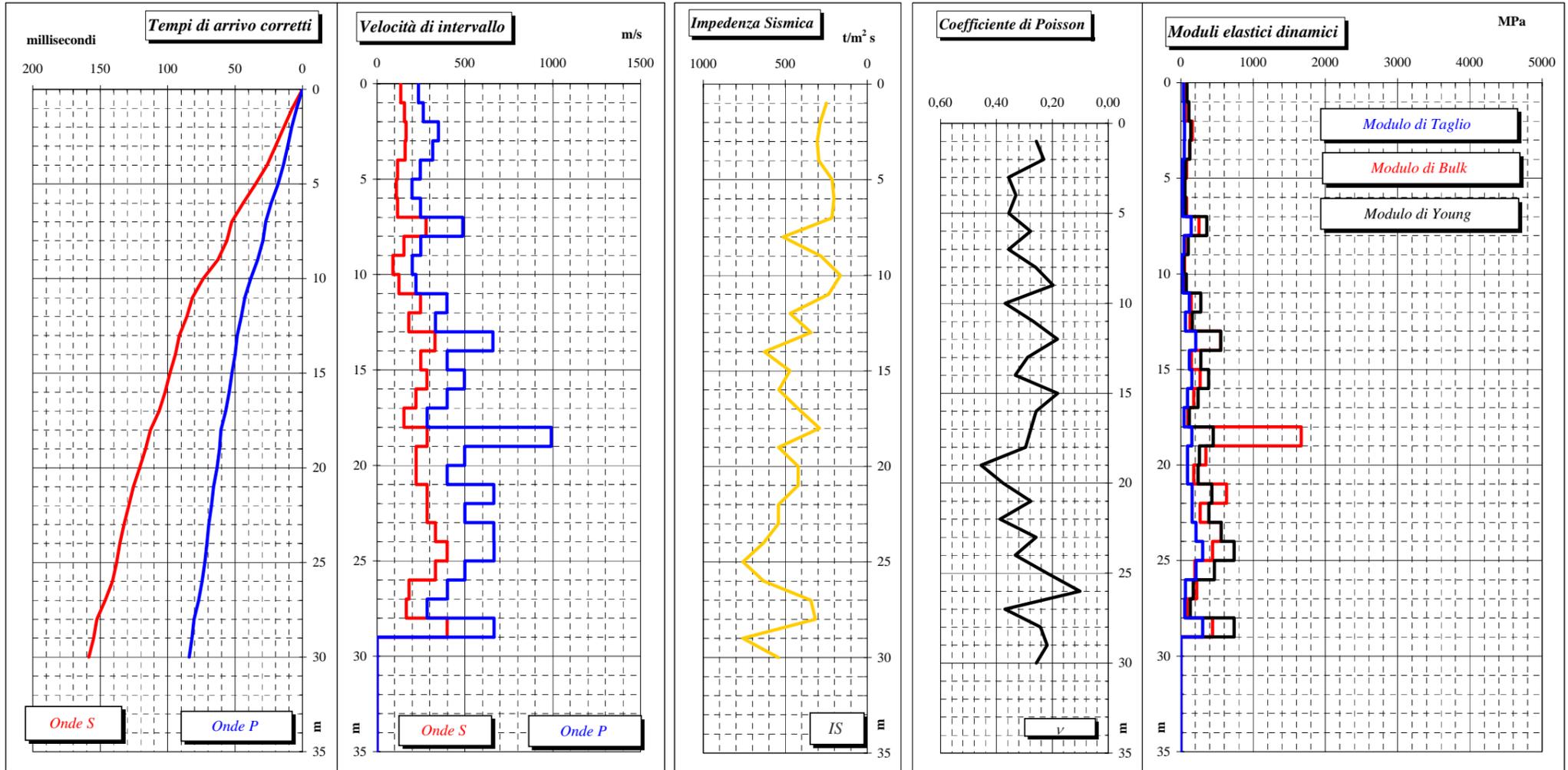


Foro cementato e condizionato con tubazione in PVC 80 mm - Sismografo PASI 16SG24 - Geofono da foro AMBROGEO DH-50 - Massa battente da 10 kg

Profondità del geofono dal p.c.	Distanza dalla sorgente	Stratigrafia Terreno	Peso di volume	Tempi di arrivo		Tempi corretti		Velocità di intervallo		Rapporto Vp/Vs	Impedenza Sismica	Coeff. riflessione	Coeff. rifrazione	Coefficiente di Poisson	Moduli elastici dinamici				
				Onde P	Onde S	Onde P	Onde S	Onde P	Onde S						di Taglio	di Bulk	di Young		
Z _{pc}	ΔH intervallo	P ₀	γ	T _{aP}	T _{aS}	T _p	T _s	V _p	V _s	RPS	IS	r	t	ν	G _{din}	K _{din}	E _{din}		
m	m	m	t/m ³	ms	ms	ms	ms	m/s	m/s		t/m ² s				MPa	MPa	MPa		
0,00		1,0																	
1,00	1,00	1,414																	
2,00	1,00	2,236	G pos 1	Limi	1,75	6,50	11,00	4,60	7,78	217,6	128,6	2,00	225,0	0,04	0,96	0,23	29	44	71
3,00	1,00	3,162	G pos 2	argillosi	1,90	10,50	19,00	9,39	16,99	208,5	108,5	1,92	206,2	-0,12	1,12	0,31	22	53	59
4,00	1,00	4,123	G pos 3		1,90	14,00	25,50	13,28	24,19	257,1	138,9	1,85	264,0	-0,24	1,24	0,29	37	77	95
5,00	1,00	5,099	G pos 4	Ghiaie	1,90	16,50	29,50	16,01	28,62	366,9	225,8	1,62	429,1	0,08	0,92	0,19	97	127	232
6,00	1,00	6,083	G pos 5		1,90	19,50	34,50	19,12	33,83	321,1	191,9	1,67	364,6	0,24	0,76	0,22	70	103	171
7,00	1,00	7,071	G pos 6	Argille	1,90	24,00	43,00	23,67	42,41	219,7	116,5	1,89	221,3	0,03	0,97	0,30	26	57	67
8,00	1,00	8,062	G pos 7	limose	1,90	29,00	52,00	28,71	51,48	198,6	110,3	1,80	209,7	-0,02	1,02	0,28	23	44	59
9,00	1,00	9,055	G pos 8		1,85	34,50	60,50	34,23	60,03	181,0	116,9	1,55	216,2	-0,47	1,47	0,14	25	27	58
10,00	1,00	10,050	G pos 9	Ghiaie e	1,85	36,50	63,50	36,28	63,11	489,4	324,8	1,51	600,9	0,29	0,71	0,11	195	183	432
11,00	1,00	11,045	G pos 10	sabbie	1,85	39,50	69,00	39,30	68,66	330,3	180,3	1,83	333,6	0,26	0,74	0,29	60	122	155
12,00	1,00	12,042	G pos 11		1,85	44,00	78,50	43,82	78,18	221,5	105,0	2,11	194,3	0,03	0,97	0,35	20	64	55
13,00	1,00	13,038	G pos 12	Limi argillosi	1,85	49,00	88,50	48,83	88,19	199,5	99,8	2,00	184,7	-0,11	1,11	0,33	18	49	49
14,00	1,00	14,036	G pos 13		1,85	53,00	96,50	52,84	96,22	249,2	124,7	2,00	230,6	-0,12	1,12	0,33	29	77	77
15,00	1,00	15,033	G pos 14		1,90	56,50	103,00	56,36	102,74	284,7	153,3	1,86	291,3	-0,08	1,08	0,30	45	94	116
16,00	1,00	16,031	G pos 15		1,90	59,50	108,50	59,37	108,26	332,0	181,1	1,83	344,1	-0,21	1,21	0,29	62	126	161
17,00	1,00	17,029	G pos 16		1,85	61,50	112,00	61,38	111,78	497,0	283,9	1,75	525,2	-0,17	1,17	0,26	149	258	375
18,00	1,00	18,028	G pos 17	Ghiaie	1,85	63,00	114,50	62,89	114,30	661,8	396,7	1,67	734,0	0,09	0,91	0,22	291	422	710
19,00	1,00	19,026	G pos 18		1,85	65,00	117,50	64,90	117,32	497,8	331,5	1,50	613,3	-0,09	1,09	0,10	203	187	448
20,00	1,00	20,025	G pos 19		1,85	66,50	120,00	66,41	119,83	663,1	397,6	1,67	735,6	0,47	0,53	0,22	292	423	713
21,00	1,00	21,024	G pos 20		1,85	69,50	127,00	69,41	126,84	332,8	142,7	2,33	264,0	-0,65	1,65	0,39	38	155	105
22,00	1,00	22,023	G pos 21		1,90	70,50	128,50	70,42	128,35	993,1	660,9	1,50	1255,8	0,33	0,67	0,10	830	767	1830
23,00	1,00	23,022	G pos 22		1,90	72,50	131,50	72,43	131,36	498,7	332,2	1,50	631,3	0,29	0,71	0,10	210	193	462
24,00	1,00	24,021	G pos 23		1,90	75,50	137,00	75,43	136,87	332,9	181,6	1,83	345,1	-0,10	1,10	0,29	63	127	161
25,00	1,00	25,020	G pos 24		1,90	78,00	141,50	77,93	141,38	399,4	221,9	1,80	421,6	-0,50	1,50	0,28	94	178	239
26,00	1,00	26,019	G pos 25		1,90	79,00	143,00	78,94	142,89	995,5	663,0	1,50	1259,6	0,25	0,75	0,10	835	770	1840
27,00	1,00	27,019	G pos 26		1,90	80,50	145,50	80,44	145,39	665,0	398,9	1,67	757,9	0,28	0,72	0,22	302	437	737
28,00	1,00	28,018	G pos 27	Sabbie	1,90	83,00	150,00	82,94	149,90	399,6	222,0	1,80	421,8	-0,29	1,29	0,28	94	179	239
29,00	1,00	29,017	G pos 28		1,90	84,00	152,50	83,95	152,40	996,7	399,1	2,50	758,3	0,33	0,67	0,40	303	1484	850
30,00	1,00	30,017	G pos 29		1,90	86,50	157,50	86,45	157,41	399,7	199,9	2,00	379,7	-0,33	1,33	0,33	76	202	202
31,00	1,00	31,016	G pos 30		1,90	88,00	161,00	87,95	160,91	665,5	285,4	2,33	542,2	1,00	0,00	0,39	155	635	429
32,00	1,00	32,016	G pos 31		1,90	89,00	162,50	88,95	162,42	997,4	664,5	1,50	1262,6	0,25	0,75	0,10	839	772	1847
33,00	1,00	33,015	G pos 32		1,90	90,50	165,00	90,46	164,92	665,7	399,4	1,67	758,8	1,00	0,00	0,22	303	438	739
34,00	1,00	34,015	G pos 33		1,90	91,50	166,50	91,46	166,42	997,8	664,8	1,50	1263,2	1,00	0,00	0,10	840	772	1849
35,00	1,00	35,014	G pos 34		1,90	93,50	170,00	93,46	169,93	499,6	285,5	1,75	542,4	1,00	0,00	0,26	155	268	389
			G pos 35		1,90	94,50	172,50	94,46	172,43	998,1	399,5	2,50	759,1	1,00	0,00	0,40	303	1489	852

Vs30= 203

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Pino Rizza



Foro cementato e condizionato con tubazione in PVC 80 mm - Sismografo PASI 16SG24 - Geofono da foro AMBROGEO DH-50 - Massa battente da 10 kg

Profondità del geofono dal p.c.	Distanza dalla sorgente	Stratigrafia Terreno	Peso di volume	Tempi di arrivo		Tempi corretti		Velocità di intervallo		Rapporto Vp/Vs	Impedenza Sismica	Coeff. riflessione	Coeff. rifrazione	Coefficiente di Poisson	Moduli elastici dinamici				
				Onde P	Onde S	Onde P	Onde S	Onde P	Onde S						di Taglio	di Bulk	di Young		
Z _{pc}	ΔH intervallo	P ₀	γ	T _{aP}	T _{aS}	T _p	T _s	V _p	V _s	RPS	IS	r	t	ν	G _{din}	K _{din}	E _{din}		
m	m	m	t/m ³	ms	ms	ms	ms	m/s	m/s		t/m ² s				MPa	MPa	MPa		
0,00		1,0																	
1,00	1,00	1,414																	
2,00	1,00	2,236	G pos 1	Argille	1,85	6,00	10,50	4,24	7,42	235,7	134,7	2,00	249,2	-0,07	1,07	0,26	34	58	84
3,00	1,00	3,162	G pos 2	limo sabbiose	1,85	9,00	15,50	8,05	13,86	262,7	155,3	1,69	287,3	-0,03	1,03	0,23	45	68	110
4,00	1,00	4,123	G pos 3		1,85	11,50	21,00	10,91	19,92	349,6	165,1	2,12	305,3	0,02	0,98	0,36	50	159	137
5,00	1,00	5,099	G pos 4	Sabbie limose	1,85	14,50	27,00	14,07	26,19	316,7	159,5	1,99	295,0	0,16	0,84	0,33	47	123	125
6,00	1,00	6,083	G pos 5		1,85	18,50	35,50	18,14	34,81	245,5	116,1	2,12	214,7	0,03	0,97	0,36	25	78	68
7,00	1,00	7,071	G pos 6	1,85	23,50	44,50	23,18	43,89	198,4	110,1	1,80	203,7	-0,03	1,03	0,28	22	43	57	
8,00	1,00	8,062	G pos 7	Limi	1,85	27,50	53,00	27,22	52,47	247,3	116,6	2,12	215,8	-0,41	1,41	0,36	25	80	68
9,00	1,00	9,055	G pos 8		1,85	29,50	56,50	29,27	56,06	488,1	278,1	1,76	514,4	0,29	0,71	0,26	143	250	360
10,00	1,00	10,050	G pos 9	Argille	1,85	33,50	63,00	33,30	62,61	248,6	152,6	1,63	282,4	0,27	0,73	0,20	43	57	103
11,00	1,00	11,045	G pos 10		1,90	38,50	74,00	38,31	73,63	199,4	90,8	2,20	163,4	-0,18	1,18	0,37	15	52	41
12,00	1,00	12,042	G pos 11	limo sabbiose	1,90	43,00	82,00	42,82	81,66	221,5	124,5	1,78	236,6	-0,33	1,33	0,27	29	54	75
13,00	1,00	13,038	G pos 12		1,90	45,50	86,00	45,34	85,70	396,9	247,5	1,60	470,3	0,16	0,84	0,18	116	144	275
14,00	1,00	14,036	G pos 13	Limi argilloso sabbiosi	1,90	48,50	91,50	48,36	91,23	331,8	180,9	1,83	343,7	-0,29	1,29	0,29	62	126	160
15,00	1,00	15,033	G pos 14		1,90	50,00	94,50	49,87	94,26	659,7	330,1	2,00	627,2	0,14	0,86	0,33	207	551	552
16,00	1,00	16,031	G pos 15	Sabbie limose	1,90	52,50	98,50	52,38	98,28	398,3	248,6	1,60	472,4	-0,07	1,07	0,18	117	145	277
17,00	1,00	17,029	G pos 16		1,90	54,50	102,00	54,39	101,80	497,5	284,1	1,75	539,8	0,12	0,88	0,26	153	266	386
18,00	1,00	18,028	G pos 17	Argille	1,90	57,00	106,50	56,90	106,32	398,8	221,5	1,80	420,8	0,18	0,82	0,28	93	178	238
19,00	1,00	19,026	G pos 18		1,90	60,50	113,00	60,41	112,83	285,3	153,6	1,86	291,9	-0,30	1,30	0,30	45	95	116
20,00	1,00	20,025	G pos 19	Sabbie limose	1,90	61,50	116,50	61,41	116,34	991,9	284,7	3,48	540,9	0,12	0,88	0,46	154	1664	448
21,00	1,00	21,024	G pos 20		1,90	63,50	121,00	63,42	120,85	498,6	221,7	2,25	421,3	0,00	1,00	0,38	93	348	257
22,00	1,00	22,023	G pos 21	Argille	1,90	66,00	125,50	65,93	125,36	399,3	221,8	1,80	421,4	-0,12	1,12	0,28	93	178	239
23,00	1,00	23,022	G pos 22		1,90	67,50	129,00	67,43	128,87	664,4	285,0	2,33	541,5	0,00	1,00	0,39	154	633	428
24,00	1,00	24,021	G pos 23	Sabbie limose	1,90	69,50	132,50	69,43	132,37	499,0	285,1	1,75	541,6	-0,08	1,08	0,26	154	267	388
25,00	1,00	25,020	G pos 24		1,90	71,00	135,50	70,94	135,38	664,9	332,5	2,00	631,7	-0,09	1,09	0,33	210	560	560
26,00	1,00	26,019	G pos 25	Argille	1,90	72,50	138,00	72,44	137,89	665,1	398,9	1,67	757,8	0,09	0,91	0,22	302	437	737
27,00	1,00	27,019	G pos 26		1,90	74,50	141,00	74,44	140,90	499,3	332,7	1,50	632,0	0,29	0,71	0,10	210	193	463
28,00	1,00	28,018	G pos 27	Sabbie limose	1,90	77,00	146,50	76,95	146,40	399,6	181,7	2,20	345,2	0,04	0,96	0,37	63	220	172
29,00	1,00	29,017	G pos 28		1,90	80,50	152,50	80,45	152,40	285,6	166,6	1,71	316,5	-0,41	1,41	0,24	53	85	131
30,00	1,00	30,017	G pos 29	Argille limose	1,90	82,00	155,00	81,95	154,91	665,5	399,2	1,67	758,5	0,17	0,83	0,22	303	438	738
		30,017	G pos 30		1,90	84,00	158,50	83,95	158,41	499,5	285,4	1,75	542,2	1,00	0,00	0,26	155	268	389

Vs30= 189,4

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Pino Rizza

PROVE MASW

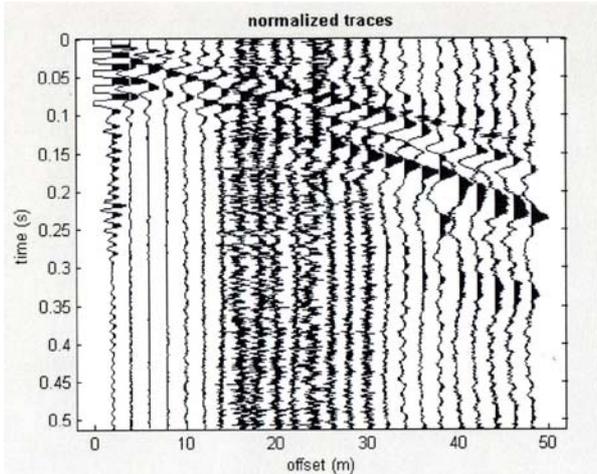
APPENDICE 3

GEOMERID s.r.l.
Il Direttore Tecnico

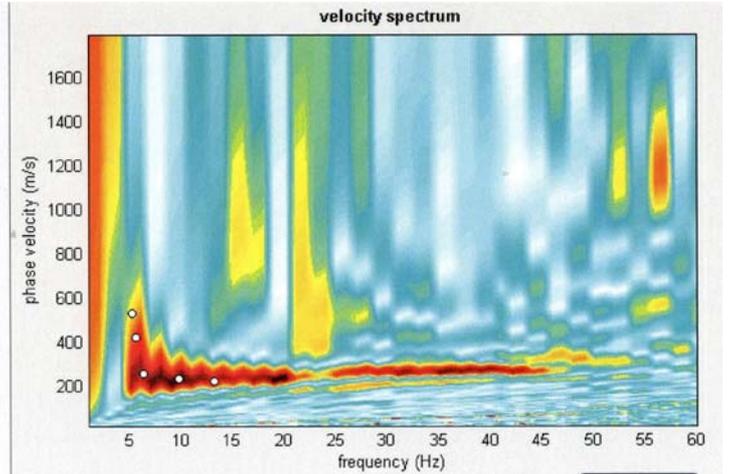
Prospezione Sismica MASW 1

Indagini geognostiche Svincolo Padula-Buonabitacolo

Sismogramma



Spettro Frequenza - Velocità



CURVA DI DISPERSIONE SU SPETTRO

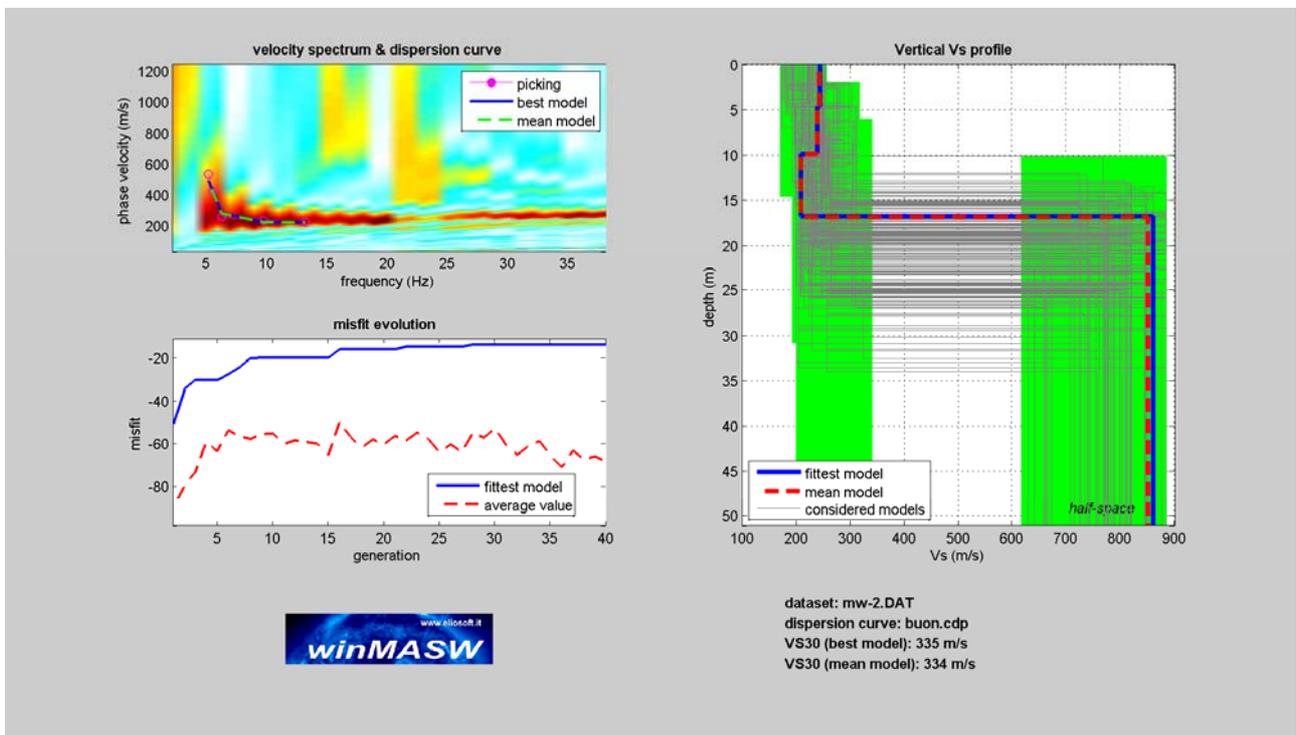


Diagramma Vs

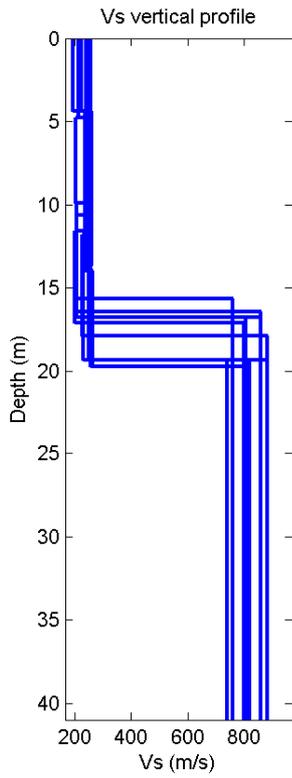
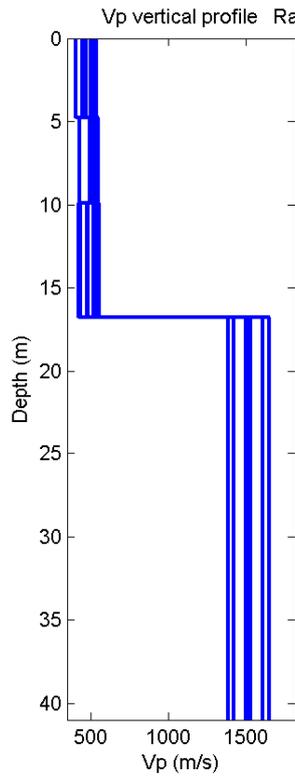
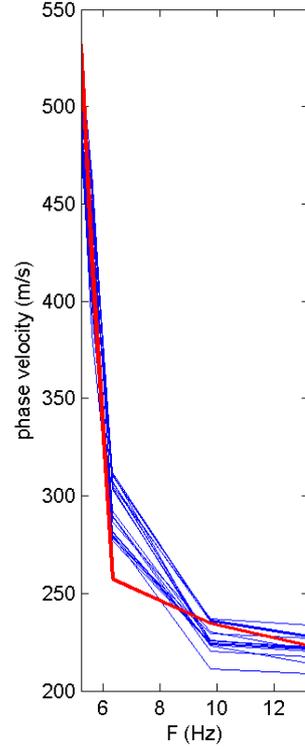


Diagramma Vp



Rayleigh dispersion curves (in red the picked one)



Periodo e frequenza di risonanza del sito

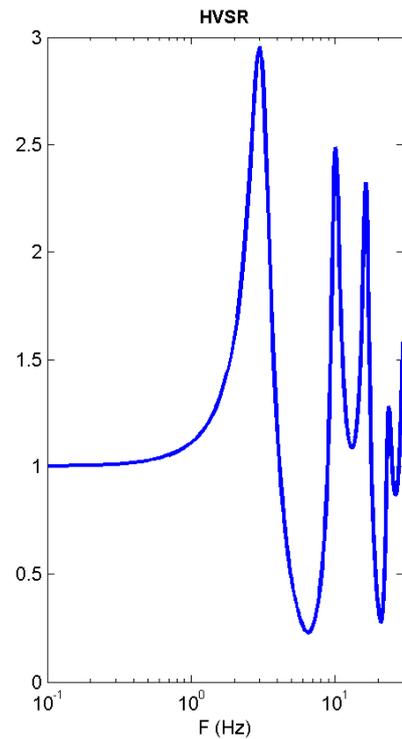
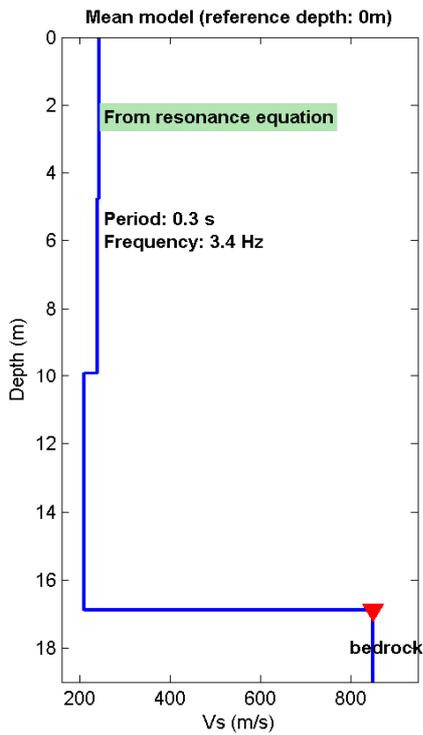
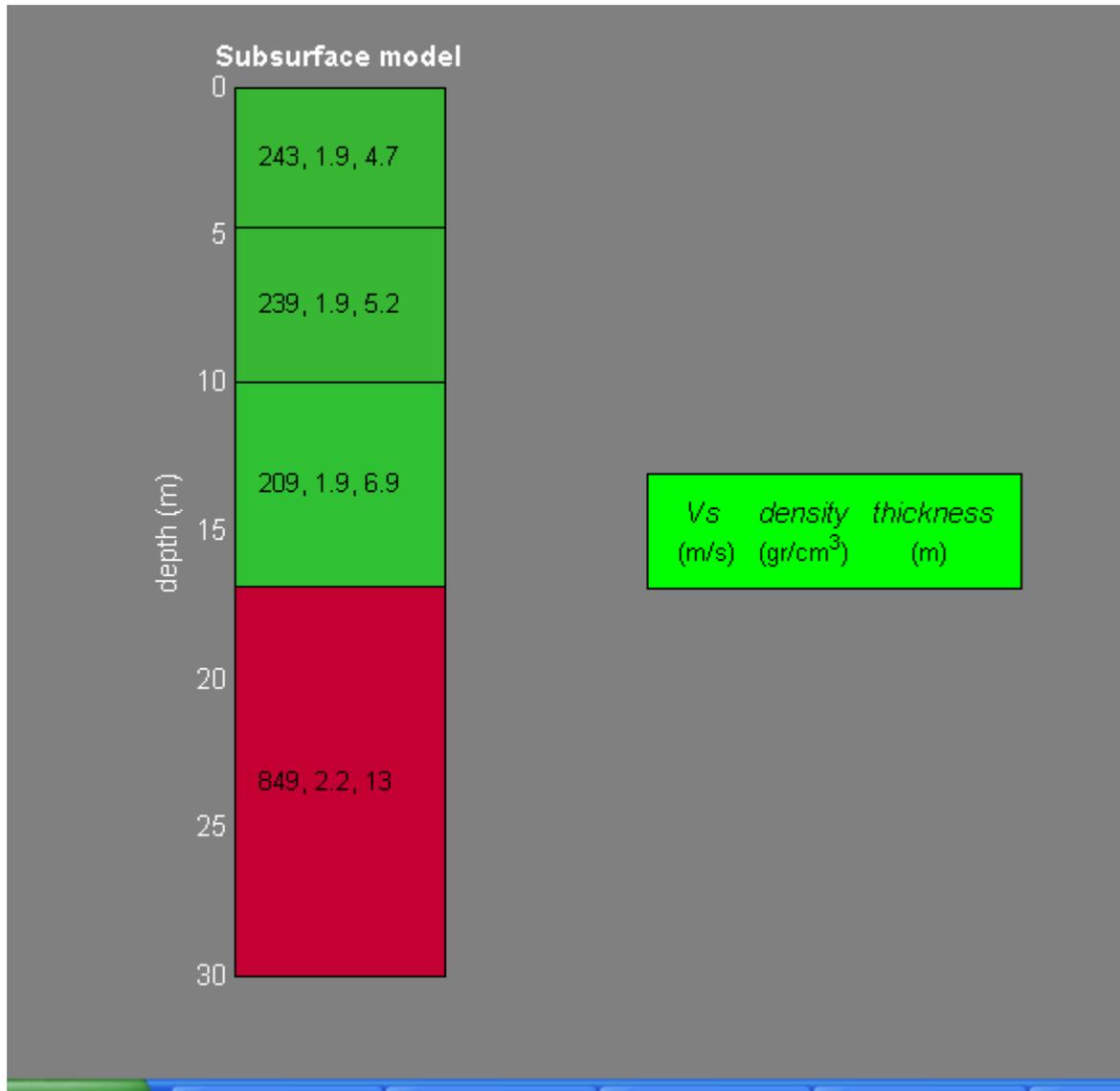


TABELLA RIEPILOGATIVA



Spessore (m)	Vs(m/s)	Vp (m/s)	Densità (gr./cm3)	Poisson	Young (MPa)	Lamè (MPa)
4,7	243	506	1,89	0,35	301	261
5,2	239	498	1,88	0,35	291	252
6,9	209	435	1,85	0,35	218	189
13	849	1588	2,17	0,30	4060	2340

Vs30 (m/s): 334

Probabile Suolo Tipo: C

SISMICA A RIFRAZIONE CON TECNICA TOMOGRAFICA

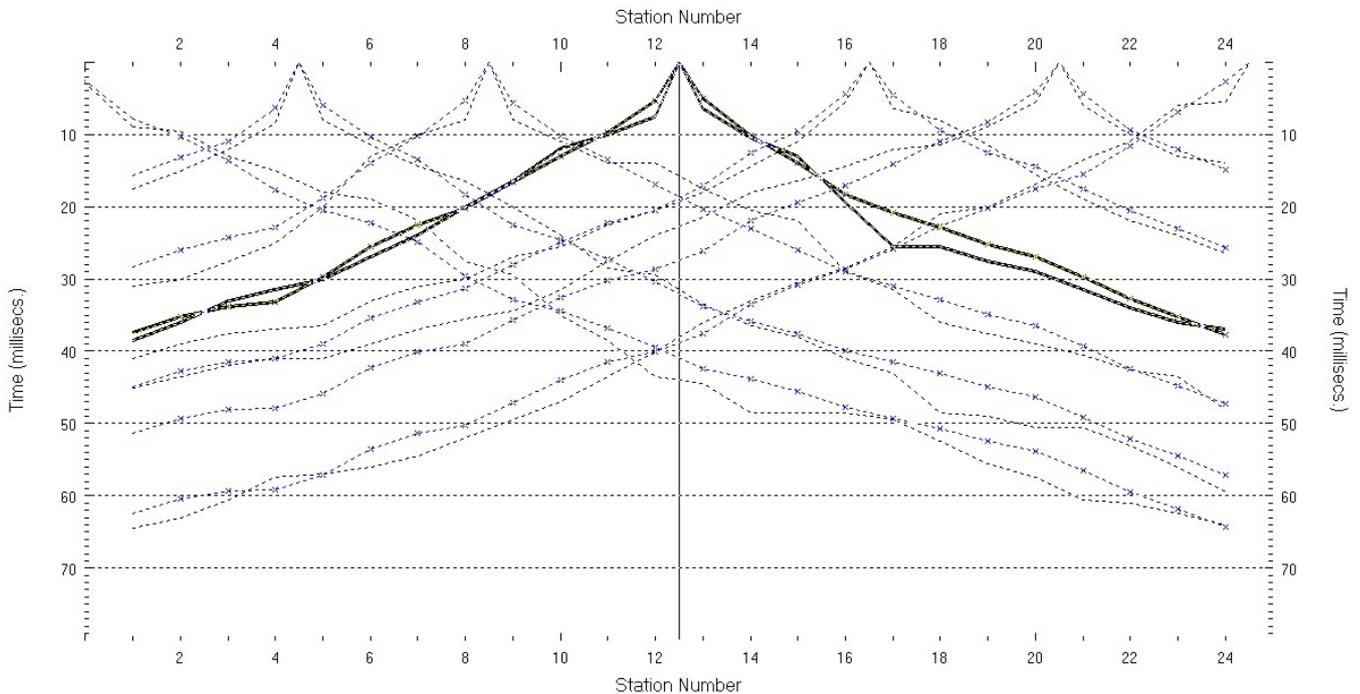
APPENDICE 3

GEOMERID s.r.l.
Il Direttore Tecnico

Indagini geonostiche svincolo Padula-Buonabitacolo

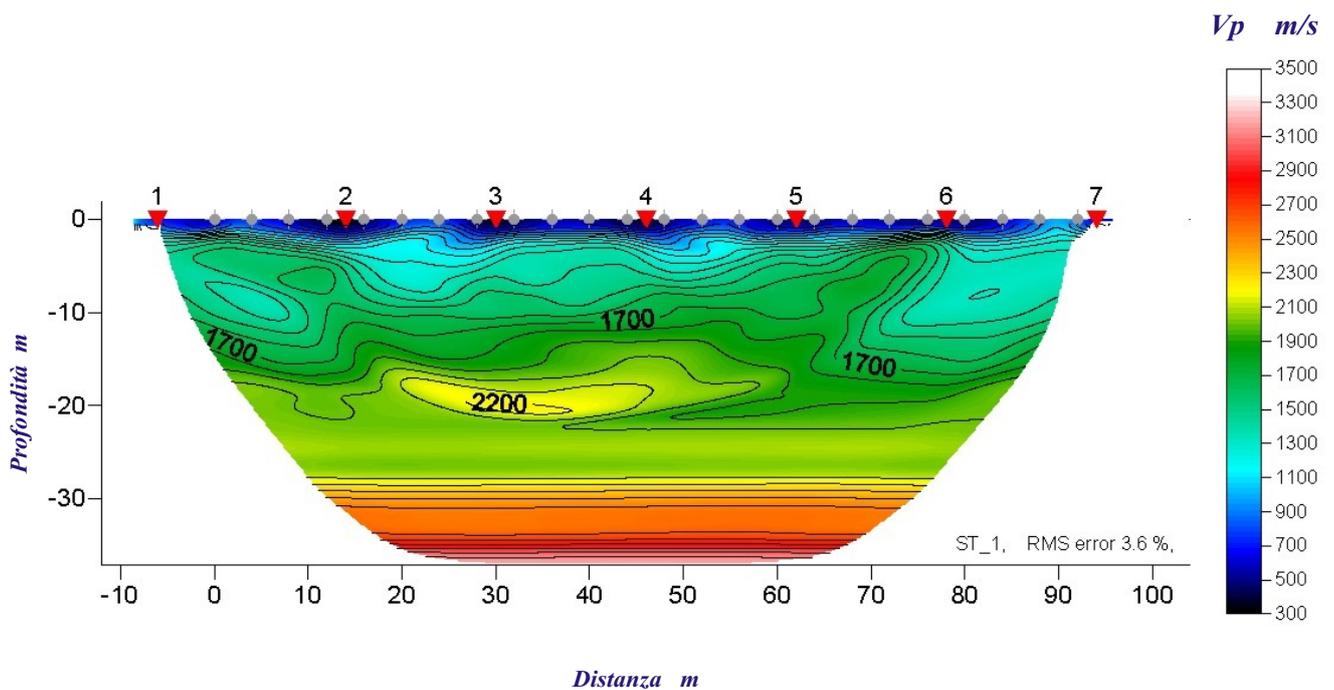
DROMOCRONE

Sismografo PASI 16SG24



Numero di scoppi: 7 Numero geofoni: 24 Interdistanza geofonica: 4.0 m Lunghezza stendimento da 1 a 7: 92.0 m

SEZIONE TOMOGRAFICA



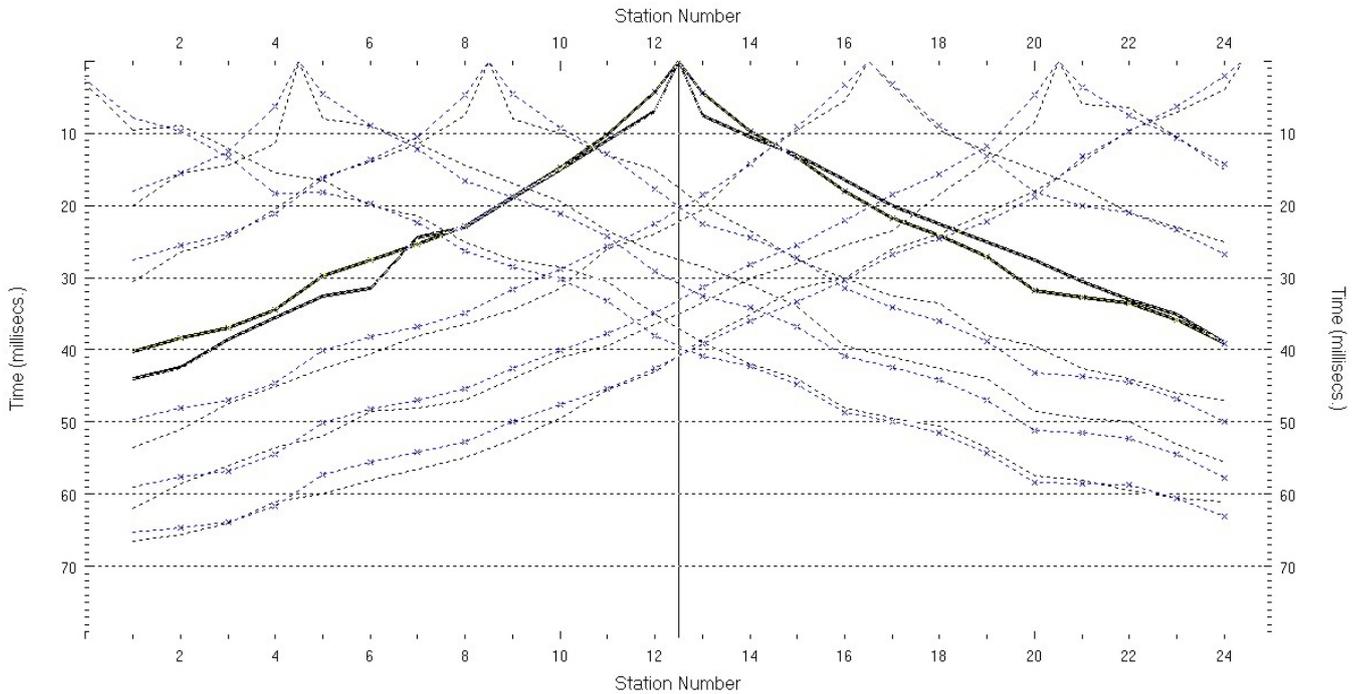
Interpretazione tomografica dei primi arrivi con software RAYFRACT 3.03

V_p Velocità delle onde di compressione

Indagini geonostiche svincolo Padula-Buonabitacolo

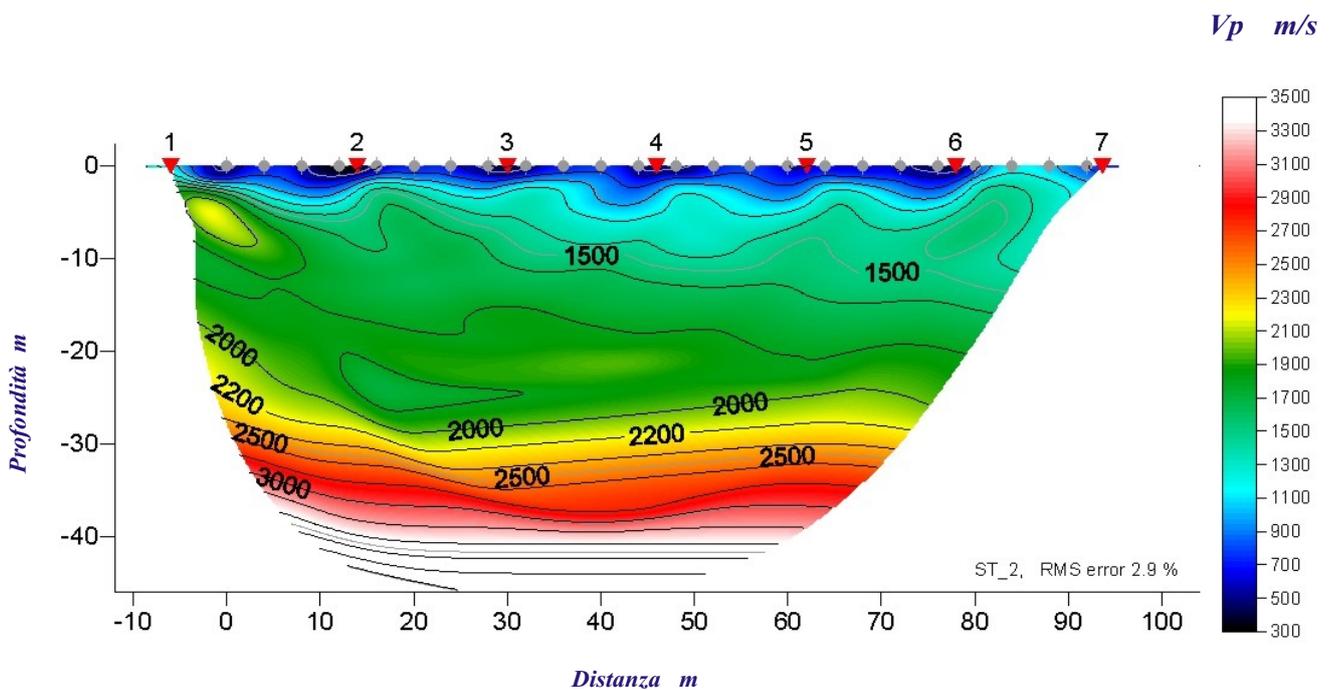
DROMOCRONE

Sismografo PASI 16SG24



Numero di scoppi: 7 Numero geofoni: 24 Interdistanza geofonica: 4.0 m Lunghezza stendimento da 1 a 7: 92.0 m

SEZIONE TOMOGRAFICA



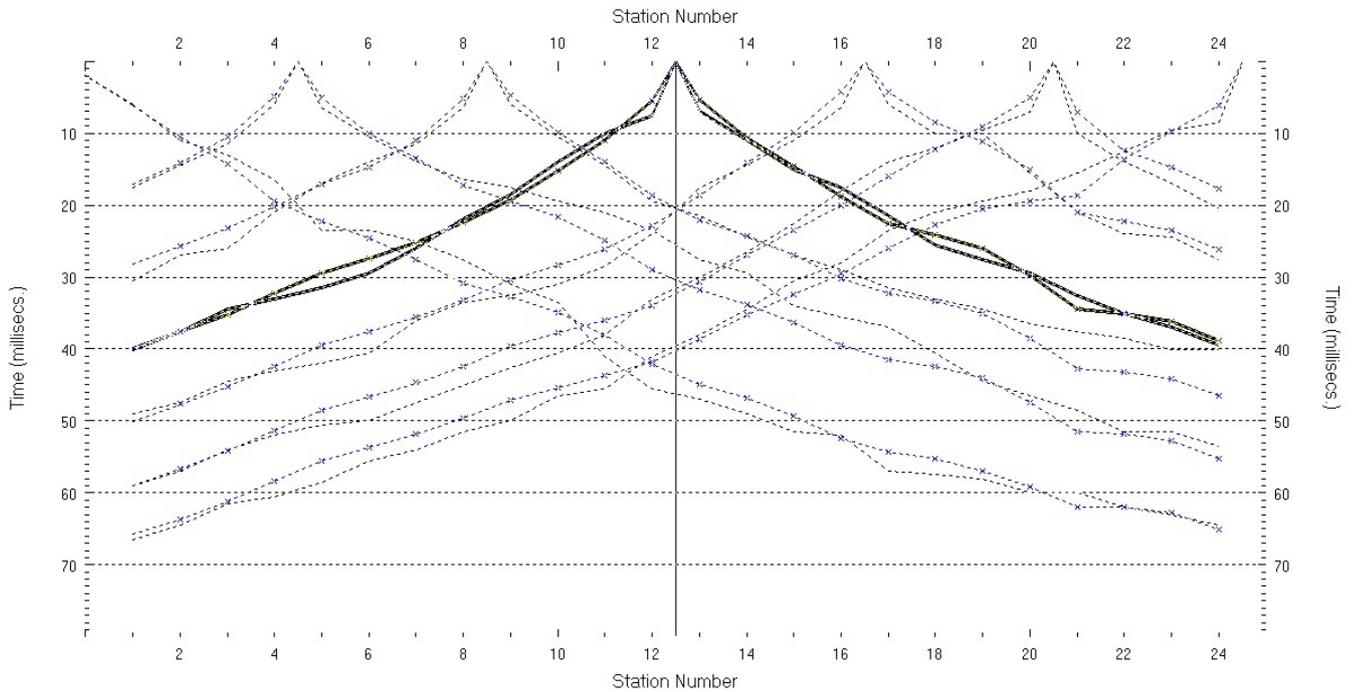
Interpretazione tomografica dei primi arrivi con software RAYFRACT 3.03

Vp Velocità delle onde di compressione

Indagini geonostiche svincolo Padula-Buonabitacolo

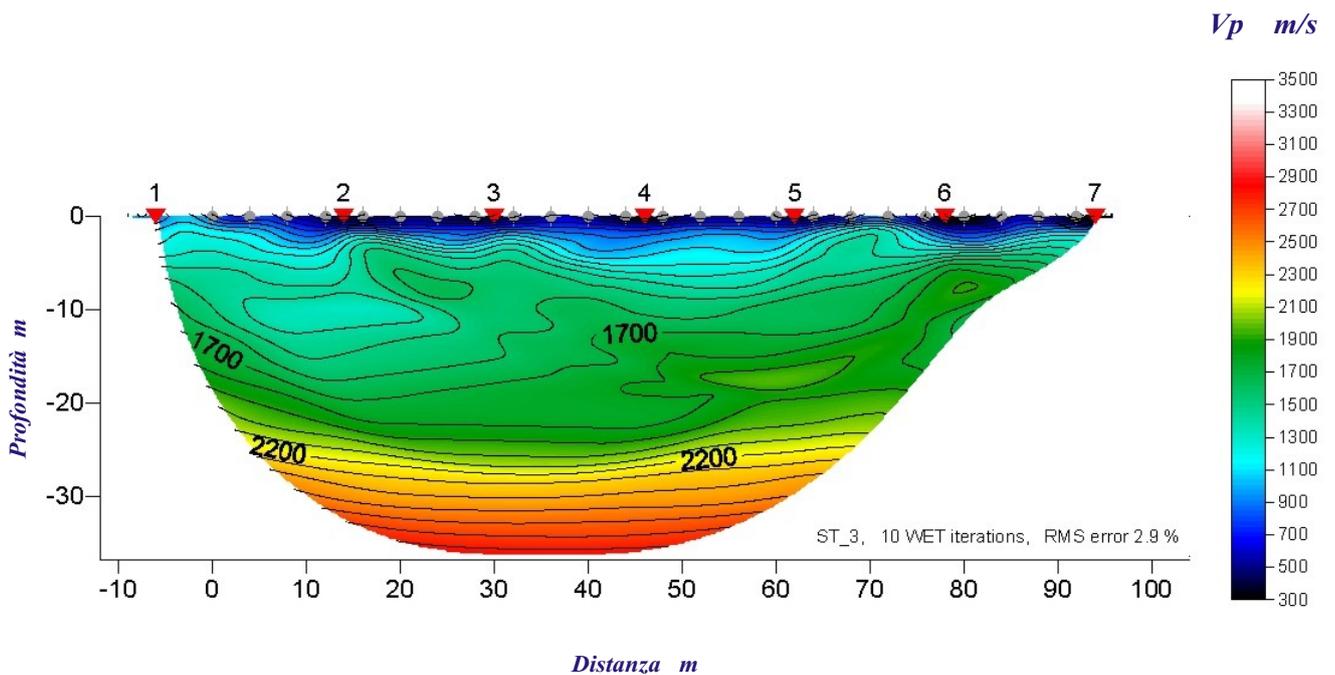
DROMOCRONE

Sismografo PASI 16SG24



Numero di scoppi: 7 Numero geofoni: 24 Interdistanza geofonica: 4.0 m Lunghezza stendimento da 1 a 7: 92.0 m

SEZIONE TOMOGRAFICA



Interpretazione tomografica dei primi arrivi con software RAYFRACT 3.03

Vp Velocità delle onde di compressione