

S.S.121 "Catane"

Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – rotatoria Bolognetta

PROGETTO DEFINITIVO

COD. UP62

PROGETTAZIONE: ATI VIA - SERING - VDP - BRENG

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

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

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA:

MANDANTI:

PROGETTISTA:

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



GEOLOGO:

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

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

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

RESPONSABILE SIA:

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



VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Luigi Mupo

CAMPAGNA DI INDAGINI GEOTECNICHE E AMBIENTALI
DOCUMENTAZIONI INDAGINI PRIMA FASE ANNO 2021- PARTE 3

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	T00GE00GETSC03_A			
DPUP0062	D 23	CODICE ELAB. T00GE00GETSC03		A	
D					
C					
B					
A	EMISSIONE	FEB. 2023	G. NARSETE	M. CAPASSO	G. PIAZZA
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO



Località:

BOLOGNETTA (PA)

PAACQ104-20 - ITINERARIO PALERMO – AGRIGENTO – SERVIZI DI INDAGINI GEOFISICHE NECESSARI ALLO SVILUPPO DEL PROGETTO DEFINITIVO S.S. 121 TRATTO PALERMO (A/19) – ROTATORIA BOLOGNETTA (SEZIONE C1). CIG:

Titolo elaborato:

INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE

Stazione appaltante

ANAS Spa Struttura Territoriale Sicilia

Responsabile Procedimento:

Dott. Ing. Luigi Mupo

Direttore dei Servizi:

Dott. Geol. Giovanni Montana

Timbro:

Impresa esecutrice



IGR Srl

VIA A. MANZONI, 82 - 06135 PERUGIA (PG)

Tel.: +39 075 3722276 - info@igrsrl.com

CIG:

837781252B

Responsabile commessa:

Dott. Geol. Gabrio Romani

Coordinatore indagini:

Dott. Geol. Gabriele Lena

Codice documento:

XX_XX_XX_PA

DATA:

MAGGIO 2021

Elaborato:

01

2					
1					
0	03/09/21	PRIMA EMISSIONE	IGR		
rev.	data	note	redatto	Resp.commissa	Coordinatore Indagini

Percorso file:

\\NASEBACD7\igr\ARCHIVIO\2021\43_ANAS\01_BOLOGNETTA\Lavoro\RelazioneTecnicaGeofisica_Bolognetta.docx

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	2/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

INDICE

1	PREMESSA	5
2	METODOLOGIA DELL'INDAGINE	7
2.1	La tomografia sismica a rifrazione	7
2.2	Down-hole	11
2.3	HVSR	17
2.4	ORGANIZZAZIONE LOGISTICA e PRELIMINARE	19
2.5	ACQUISIZIONE DATI DI CAMPAGNA	20
2.5.1	SISMICA A RIFRAZIONE	21
2.5.2	DOWN HOLE	26
2.5.3	HVSR	26
3	ELABORAZIONE INTERPRETAZIONE E DESCRIZIONE DEI RISULTATI	27
3.1	Sismica a rifrazione	28
3.1.1	LS1	28
3.1.2	LS2	30
3.1.3	LS3a	32
3.1.4	LS3b	34
3.1.5	LS3c	36
3.1.6	LS4a	38
3.1.7	LS4b	40
3.1.8	LS4c	42
3.1.9	LS4d	44
3.1.10	LS4e	46
3.1.11	LS4f	48
3.1.12	LS5	50
3.1.13	LS6	52
3.1.14	LS7	54
3.1.15	LS8	56
3.1.16	LS9	58
3.1.17	LS10b	60
3.1.18	LS11	62
3.1.19	LS12	64
3.1.20	LS13	66
3.1.21	LS14	68

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	3/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

3.1.22	LS15	70
3.1.23	LS16a	72
3.1.24	LS16b	74
3.1.25	LS17	76
3.1.26	LS18	78
3.1.27	LS19	80
3.2	Down Hole	82
3.2.1	DH_S2	83
3.2.2	DH_S4	88
3.2.3	DH_S7	93
3.2.4	DH_S14	98
3.2.5	DH_S16	103
3.2.6	DH_S18	108
3.2.7	DH_S20	113
3.2.8	DH_S21	118
3.2.9	DH_S23	123
3.2.10	DH_S26	128
3.2.11	DH_S29	133
3.2.12	DH_S32	138
3.2.13	DH_S36	143
3.3	HVSR	148
3.3.1	HVSR.33	148
3.3.2	HVSR 34	154
3.3.3	HVSR 35	160
3.3.4	HVSR 36	166
3.3.5	HVSR 37	172
3.3.6	HAVSR 38	178

ALLEGATI CARTACEI

Allegato n.1 – Cartografia di inquadramento

Allegato n.2 – Documentazione fotografica

Allegato n.3 - Riferimenti topografici delle indagini

Allegato n.4 – Posizionamento indagini

Allegato n.5 – Indagini sismiche a rifrazione – Tempi di arrivo in Onde P e S

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
<i>ANAS SPA</i>	<i>21_43_01</i>	<i>01</i>	<i>Novembre 2021</i>	<i>4/183</i>
<i>INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE</i>				

ALLEGATI DIGITALI

File .shp contenente il posizionamento (x,y,z) delle stese sismiche.

File .shp contenente il posizionamento (x,y,z) dei punti di inizio e fine delle stese sismiche.

File .shp contenente il posizionamento (x,y,z) dei down hole.

File .shp contenente il posizionamento delle HVSR

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	5/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

1 PREMESSA

A seguito di gara pubblica CIG 837781252B conclusa con Aggiudicazione Efficace CDG 131743 del 03/03/2021 e successivo contratto n°86 del 06/08/2021, ANAS Spa ha affidato alla scrivente società, con verbale di consegna del 15/09/2021, i “lavori di indagini geofisiche necessarie allo sviluppo del progetto definitivo “S.S. 121 - Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta (sezione C1)” – Itinerario Palermo-Agrigento”. I lavori affidati consistevano nell’esecuzione di n. 30 indagini sismiche a rifrazione e n. 11 indagini sismiche in foro tipo downhole. A seguito dei sopralluoghi svolti e sulla base dell’accessibilità ai siti di indagine è stata richiesta una variazione del piano di indagine che ha portato alla modifica/stralcio di alcuni stendimenti e all’inserimento di nuovi. In totale le indagini svolte hanno previsto l’esecuzione di n. 27 stendimenti di indagine sismica a rifrazione, n. 13 downhole e n. 6 HVSR. Le indagini hanno interessato il territorio comunale di Bolognetta in provincia di Palermo. Si riportano a seguire le tabelle riepilogative delle indagini svolte.

Linee sismiche a rifrazione

Data	Linee sismiche	Lungh. di Progetto	Lungh. Eseguita	Punti battuti	Geofoni	Cavi	Scoppi
06/08/2021	LS1	92,7	125	33	24	2	5 (ogni 6 geof.)
09/08/2021	LS2	138	185	41	36	3	7 (ogni 6 geof.)
20/08/2021	LS4a	239	245	56	48	4	7 (ogni 8 geof.)
20/08/2021	LS4b	230	245	53	48	4	7 (ogni 8 geof.)
24/08/2021	LS4c	204	245	58	48	4	7 (ogni 8 geof.)
26/08/2021	LS3a	75,5	125	27	24	2	(ogni 4 geof.)
28/08/2021	LS5	288	305	57	48 + 12 roll along	4	
01/09/2021	LS13	249	185	44	36	3	7 (ogni 6 geof.)
01/09/2021	LS14	170	245	61	48	4	7 (ogni 8 geof.)
03/09/2021	LS15	221	245	64	48	4	7 (ogni 8 geof.)
03/09/2021	LS16a	223	245	56	48	4	7 (ogni 8 geof.)
08/09/2021	LS17	166	245	58	48	4	7 (ogni 8 geof.)
08/09/2021	LS18	92,3	185	45	36	3	7 (ogni 6 geof.)
10/09/2021	LS9	129	185	43	36	3	7 (ogni 6 geof.)
10/09/2021	LS10b	104	165	39	32	3	8 (ogni 4 geof.)

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	6/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

12/09/2021	LS19	106	175	41	34	3	7 (ogni 6 geof.)
15/09/2021	LS11	304	245	52	48	4	7 (ogni 8 geof.)
19/09/2021	LS7	189	185	42	36	3	7 (ogni 6 geof.)
24/09/2021	LS3b	102	185	43	36	3	7 (ogni 6 geof.)
26/09/2021	LS3c		125	30	24	2	7 (ogni 4 geof.)
30/09/2021	LS8	196	245	53	48	4	7 (ogni 8 geof.)
04/10/2021	LS4d	173	245	53	48	4	7 (ogni 8 geof.)
04/10/2021	LS4e	84,6	245	55	48	4	7 (ogni 8 geof.)
04/10/2021	LS4f	0	185	43	36	3	7 (ogni 6 geof.)
21/10/2021	LS6	179	245	50	48	4	7 (ogni 8 geof.)
STRALCIATA	LS10a	195					
21/10/2021	LS12	116	185	36	36	3	7 (ogni 6geof.)
21/10/2021	LS16b	256	245	50	48	4	7 (ogni 8geof.)

Downhole

Data	DownHole	Profondità	Distanza boccaforo	Info
06/10/2021	S.02	29	0,5	Niente acqua
06/10/2021	S.04	27	0,5	Niente acqua
19/10/2021	S.07	28	0,3	Niente acqua
06/10/2021	S.16	27	0,5	
13/10/2021	S.18	29	0,5	Acqua ≈ 8 m
13/10/2021	S.20	29	0,5	Acqua ≈ 16 m
13/10/2021	S.26	29	0,5	Acqua ≈ 3-4 m
19/10/2021	S.14	28	0,5	Acqua ≈ 4 m
19/10/2021	S.21	28	0,5	Acqua ≈ 5 m
19/10/2021	S.36	30	0,5	Acqua ≈ 3 m
04/11/2021	S.23	29	0.5	Acqua ≈ 5 m
04/11/2021	S.29	29	0.5	Acqua ≈ 4 m
04/11/2021	S.32	29	0.5	Acqua ≈ 5 m

6

HVSR

Data	HVSR	X	Y	Z
03/11/2021	33	2383646.374	4206214.538	152.265 m
03/11/2021	34	2383795.411	4206101.229	167.891 m
03/11/2021	35	2383771.507	4205805.388	199.851 m
03/11/2021	36	2383857.514	4205868.091	178.306 m
03/11/2021	37	2383849.29	4205934.629	158.782 m
03/11/2021	38	2383712.047	4205909.336	175.361 m

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	7/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

2 METODOLOGIA DELL'INDAGINE

2.1 La tomografia sismica a rifrazione

Tutte le metodologie sismiche si basano sulla generazione di onde sismiche in un punto del terreno e della rilevazione del loro arrivo in altri punti: ciò consente di ricostruire, attraverso lo studio dei percorsi e delle velocità, la disposizione geometrica delle discontinuità sismiche nel sottosuolo, e quindi dei litotipi presenti al di sotto della zona indagata. Le onde utilizzate sono di solito le longitudinali (onde di compressione o p) perché quelle trasversali (onde di taglio o s), avendo una velocità minore, arrivano ai ricevitori successivamente, quando questi ultimi sono già stati sollecitati dalle onde di compressione ed il segnale registrato sarà così la risultante della sovrapposizione di onde differenti. L'indagine viene condotta in campagna con l'ausilio dei seguenti dispositivi:

- un dispositivo in grado di generare onde sismiche in un punto del terreno chiamato punto sorgente. Esso è costituito generalmente da masse battenti di diverse dimensioni e peso, ovvero (per profondità di indagine maggiore) da cariche esplosive, da sorgenti meccaniche ripetitive (dinoseis, vibratori, martello vibrante, ecc.);
- un dispositivo in grado di rilevare il segnale sismico, costituito da un gruppo di geofoni disposto secondo una configurazione opportuna, di solito lineare, detta "stendimento";
- un dispositivo (sismografo) in grado di registrare i segnali provenienti dai geofoni; questi infatti rilevano il segnale sismico e lo trasformano in impulsi elettrici, che vengono inviati al sismografo. Quest'ultimo, ricevendo l'impulso elettrico, ne diagramma il valore in funzione del tempo ottenendo così un sismogramma.

Tutti i sismografi più moderni sono corredati di dispositivi di "signal enhancement", che consentono la sommatoria delle vibrazioni provenienti, in modo guidato ed in tempi successivi, da un singolo punto di energizzazione. Ciò permette di eseguire il processo di *stacking*, cioè una somma di più segnali più o meno coincidenti, ciascuno affetto da un rumore fuori fase, che quindi tende ad annullarsi con la sommatoria.

Nella sismica a rifrazione la lunghezza dello stendimento è scelta in funzione della profondità di indagine desiderata, mentre la distanza fra i geofoni è in funzione della risoluzione interpretativa che si vuole ottenere. La distanza tra sorgente e stendimento prende il nome di offset.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	8/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

I dati sperimentali che si utilizzano sono i tempi di primo arrivo dei treni d'onda ai vari punti di registrazione. Leggere i valori di primo arrivo (*picking*) di un'onda P significa determinare sul sismogramma la posizione della prima escursione (positiva o negativa) superiore al livello di rumore della registrazione.

La tomografia sismica a rifrazione permette la quantificazione di parametri fisici distribuiti su sezioni (indagini 2D) o su volumi (indagini 3D), altrimenti non accessibili, operando una discretizzazione del mezzo in elementi al cui interno il valore è considerato costante. Questa tecnica di prospezione consiste nella misura dei tempi di arrivo delle onde sismiche generate in più punti di energizzazione in corrispondenza di una molteplicità di punti detti di registrazione. Dallo studio della propagazione delle onde sismiche è possibile valutare alcune proprietà fisiche (più precisamente la lentezza delle onde elastiche, cioè l'inverso della loro velocità) e quindi risalire alle caratteristiche elastiche dei mezzi da queste attraversati. Così dallo studio dei risultati prodotti dall'indagine e sulla base di conoscenze aprioristiche, fondamentali per una buona interpretazione, si può risalire alla probabile composizione litologica dei mezzi, al loro grado di fratturazione, alla geometria dei corpi con valori del parametro fisico anomali.

Il trattamento dei dati per la ricostruzione tomografica dell'immagine si basa su 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 che le attraversano; 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, in cui vengono evidenziate le eterogeneità incontrate nel mezzo.

Quanto più il mezzo attraversato dalle onde elastiche è rigido e incompressibile, tanto maggiore sarà la sua velocità caratteristica.

Strumentazione utilizzata

Le misure sono state eseguite utilizzando il sismografo digitale X610-S della M.A.E. ad alta risoluzione (figura 1, a sinistra), in grado di registrare i segnali provenienti da geofoni a componente verticale e orizzontali e di permettere, grazie ad un software di elaborazione interno, un rapido controllo della qualità della registrazione, consentendo un processing preliminare dei dati in situ. Il sismografo in questione costituisce il componente fondamentale dell'apparato di acquisizione dei dati. Si tratta di uno strumento digitale a 48 canali, dotato di un

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	9/183
<i>INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE</i>				

processore interno ad alta risoluzione, un intervallo minimo di campionamento di 0.0667 ms e un convertitore Analogico/Digitale sigma/delta a 24 bit dedicato al singolo canale.

Le impostazioni dei parametri di acquisizione dello strumento sono scelte in funzione del tipo di indagine eseguita, della lunghezza dello stendimento, del grado di risoluzione ricercato, delle condizioni rispetto alle fonti di rumore e tenendo conto della relativa uniformità delle successioni sedimentarie presenti nelle zone indagate. In queste indagini per ogni segnale sismico sono stati acquisiti 2048 campioni, con un intervallo di campionamento pari a 66 μ s e una durata di registrazione pari a 136.5 ms.,

Al fine di incrementare il rapporto segnale/rumore è stato effettuato, su tutte le registrazioni, un processo di stacking con numero di stack minimo pari a tre.

Per l'acquisizione sono stati utilizzati geofoni a componente verticale (figura 1, a destra) collegati allo strumento mediante cavi multicanale a 24 prese (al centro)

Una massa del peso di 8 kg, battente su una piastra metallica, è stata utilizzata come dispositivo in grado di generare onde sismiche; la piastra, oltre a consentire l'accoppiamento al suolo, ha permesso l'attivazione delle registrazioni.



Figura 1. Sismografo digitale X610-S (a sinistra), rullo con cavo a 24 prese (al centro) e geofono verticale a 14 Hz (a destra) della M.A.E..

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	10/183
<i>INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE</i>				

Elaborazione dei dati

La fase di processing dei dati tomografici è stata condotta utilizzando software dedicati, per l'analisi, l'elaborazione dei segnali sismici (RayFract) e per la rappresentazione grafica delle immagini tomografiche ottenute (Surfer). In particolare, successivamente alla fase di import dei dati, registrati in formato SEG2, è stato applicato un filtro per eliminare il rumore incoerente, basato sulla coerenza laterale delle tracce e un filtro in frequenza per eliminare rumore di tipo coerente. Si sottolinea inoltre che in fase di acquisizione è stato utilizzato un filtro di tipo passabanda per cercare di attenuare il rumore dovuto al passaggio di autovetture e mezzi di altro genere nelle vicinanze delle zone di acquisizione. Dopo questa fase di elaborazione è stata eseguita la lettura manuale, traccia per traccia, dei tempi di primo arrivo delle onde P (picking) corrispondenti ai tempi di percorso delle onde dal punto sorgente ad ogni singolo geofono.

Successivamente si è proceduto alla costruzione e all'interpretazione delle dromocrone relative a tutti gli scoppi eseguiti, al fine di valutare lo spessore, l'eventuale inclinazione degli strati rifrattori e di costruire, tramite il metodo di inversione wavefront (fronte d'onda), che consente di migrare in profondità la combinazione dei “tempi di volo” diretti e reciproci usando l'approssimazione delle differenze finite nell'equazione eiconale, un modello iniziale del gradiente di velocità. Con metodo del fronte d'onda è possibile scostarsi dai modelli basati esclusivamente sull'interpretazione di stratificazione pian-parallela; si ha, infatti, la possibilità di individuare orizzonti rifrangenti ondulati e inclinati. Dopo aver calcolato tutti gli angoli di superficie relativi agli scoppi, diretto ed inverso, si procede alla localizzazione della reale posizione della superficie di rifrazione, stimando i punti di rifrazione dei raggi che arrivano ai geofoni. Questo si ottiene da una serie di iterazioni effettuate per ogni geofono. Il metodo prevede, inoltre, il calcolo di una funzione di velocità, il cui valore è riferito alla posizione orizzontale dello stesso punto di rifrazione P. Questi calcoli sono ripetuti per tutte le posizioni dei geofoni dello stendimento e la forma del rifrattore è ricostruita dalla linea che unisce tutti punti reali di rifrazione ottenuti, mentre la pendenza della retta della funzione di velocità, calcolata per ogni punto di rifrazione, permette di calcolare la velocità del rifrattore.

Generalmente il metodo dei fronti d'onda è il metodo di interpretazione di sismica a rifrazione più efficace per risolvere i problemi causati dalle irregolarità del rifrattore.

L'affidabilità dei risultati dipende dall'esattezza dei primi arrivi selezionati, dalla precisione della stima della velocità del primo strato e dalla quantità di geofoni utilizzati.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	11/183
<i>INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE</i>				

Inoltre, i calcoli che si effettuano per determinare la profondità del rifrattore sono indipendenti dalla stima della sua velocità, in modo da non essere influenzati da eventuali errori.

La terza fase di elaborazione dei dati ha consentito di ottimizzare automaticamente il modello iniziale del gradiente di velocità mediante l'inversione tomografica 2D WET (Wet Tomography Eikonal Traveltime). I modelli tomografici ottenuti sono basati sulla modellizzazione del percorso di un fascio di raggi per ogni primo arrivo, contrariamente a quanto previsto con la tomografia convenzionale basata sulla modellizzazione del percorso di un raggio sismico per ogni primo arrivo.

2.2 Down-hole

La tecnica down-hole è finalizzata alla determinazione dei profili verticali di velocità delle onde sismiche di compressione (P) e di taglio (S). Essa consiste nel generare sulla superficie del terreno una perturbazione mediante una sorgente meccanica e nel misurare il tempo d'arrivo delle onde dirette, P ed S, a differenti profondità all'interno di un foro opportunamente predisposto. I tempi di arrivo vengono determinati ad intervalli regolari di profondità (generalmente di un metro) e da essi vengono ricavate le velocità medie e le velocità di intervallo delle onde P ed S.

La tecnica down-hole, come le altre tecniche di sismica in foro ha il vantaggio, rispetto alla sismica a rifrazione, di non aver come condizione necessaria l'aumento della velocità sismica con la profondità, in quanto vengono misurati i tempi di arrivo delle onde che, partendo dalla sorgente in superficie, arrivano direttamente ai sensori in foro, senza subire rifrazioni critiche da interfacce sismiche; di conseguenza possono essere riconosciute eventuali inversioni di velocità entro la massima profondità d'indagine raggiunta.

Strumentazione utilizzata

Tutti i sondaggi sono stati eseguiti utilizzando il sismografo digitale X610-S della M.A.E. ad alta risoluzione, in grado di registrare i segnali provenienti da geofoni a componente verticale e orizzontali e di permettere, grazie ad un software di elaborazione interno, un rapido controllo della qualità della registrazione, consentendo un processing preliminare dei dati in situ (figura 2, a sinistra). Il sismografo in questione costituisce il componente fondamentale dell'apparato di acquisizione dei dati. Si tratta di uno strumento digitale a 48 canali, dotato di un processore interno ad alta risoluzione, un intervallo minimo di campionamento di 0.0667 ms e un convertitore Analogico/Digitale sigma/delta a 24 bit dedicato al singolo canale.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	12/183
<i>INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE</i>				

Per la registrazione dei dati in foro sono stati utilizzati due geofoni triassiali da foro S3 della M.A.E. (figura 2, a destra), posti a una distanza verticale fissa di 1 m l'uno dall'altro, e calati solidalmente dentro il foro. All'interno di ciascuna sonda sono alloggiati tre geofoni da 4.5 Hz, orientati secondo una triade ortogonale, con uno sfasamento delle componenti orizzontali di 90 gradi. Il sistema di bloccaggio è ad aria compressa (1,5 bar).



Figura 2. Sismografo digitale X610-S (a sinistra) e geofono triassiale da foro S3 (a destra) della M.A.E..

Metodo d'indagine ed elaborazione dati

La tecnica Down-Hole consiste nella lettura dei tempi arrivo delle onde longitudinali t_p e delle onde trasversali t_s tra un punto d'energizzazione prossimo al boccaforo ed il geofono tridimensionale ancorato all'interno del foro mediante un dispositivo automatizzato (figura 3, a sinistra).

Al fine di generare onde di compressione (P) con direzione di propagazione subverticale, l'energizzazione viene eseguita mediante l'impatto verticale di una massa battente da 8 Kg su una piastra di acciaio o alluminio posizionata sul terreno a breve distanza (1-3 m) dall'asse del foro.

Le onde di taglio (S) con direzione di propagazione subverticale vengono invece generate facendo uso di una traversina pesante in legno posta anch'essa ad una distanza di 1-3 metri dall'asse del foro e resa solidale al terreno fissandola opportunamente (figura 2, a destra).

Nei fori di sondaggio, del diametro interno di 80 mm, internamente rivestiti da tubi in P.V.C, ed opportunamente cementati in modo da essere solidali con le pareti del foro, viene calata la sonda composta da due geofoni tridimensionali distanti un metro l'uno dall'altro, ciascuno costituito da un

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	13/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

geofono verticale e due orizzontali perpendicolari fra loro. La sonda viene ancorata alle pareti del foro, per mezzo di un sistema idraulico, alle varie profondità di lettura.

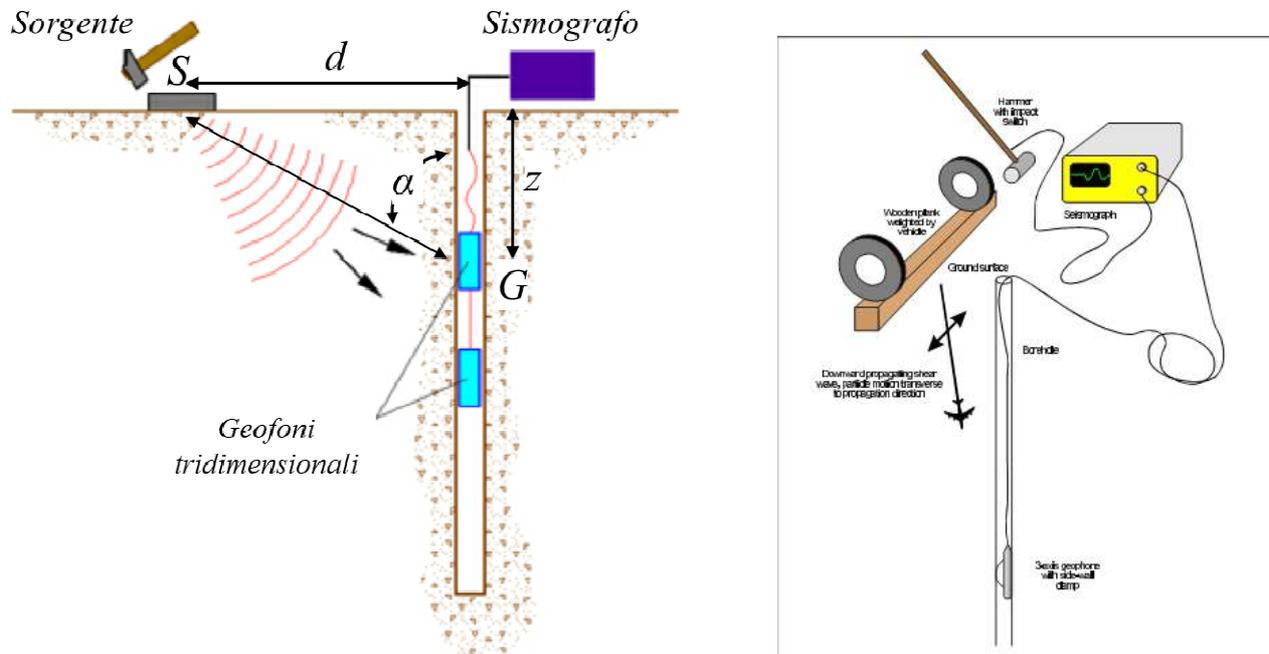


Figura 3. (a sinistra) Schema di acquisizione di un sondaggio down-hole; (a destra) schema di energizzazione per la registrazione delle fasi S.

Stima dei tempi di primo arrivo e determinazione delle velocità sismiche

Le tracce sismiche registrate per ogni componente vengono estratte e riordinate in funzione della profondità z in modo da utilizzare il metodo delle dromocrone per facilitare l'individuazione dei tempi di primo arrivo delle onde P ed S per ogni traccia sismica.

I tempi di primo arrivo delle onde P vengono determinati eseguendo il picking sulle tracce registrate dai geofoni a componente verticale, quando l'energizzazione è data dall'impatto verticale della mazza (figura 4).

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	14/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

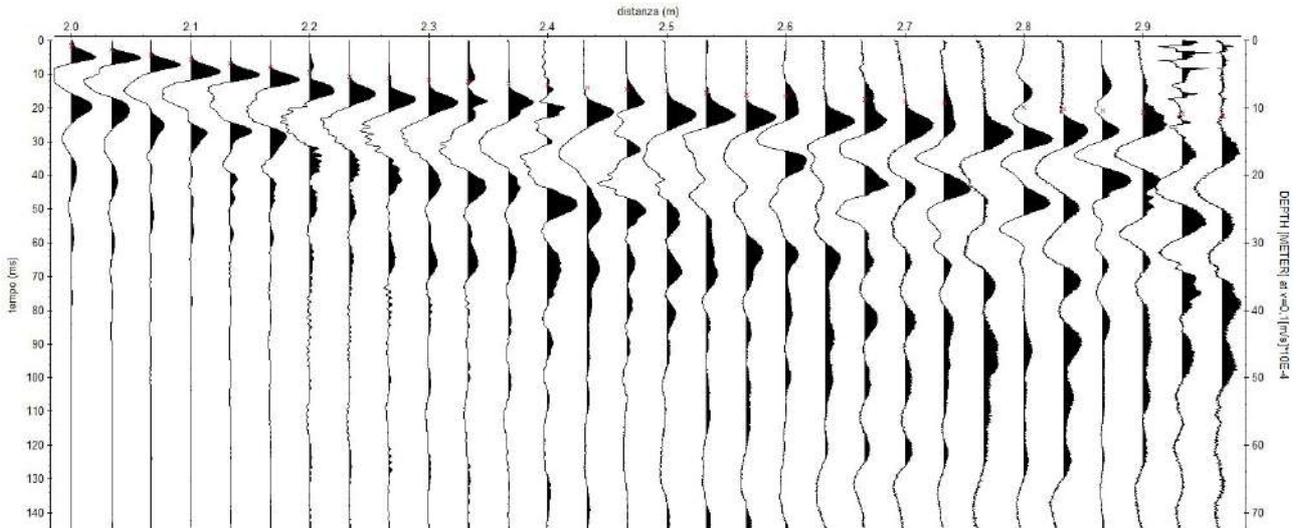


Figura 4. Ordinamento delle tracce sismiche della componente verticale per il picking dei tempi di arrivo delle onde P.

I tempi di primo arrivo delle onde S vengono invece determinati colpendo le due facce opposte della traversina e sovrapponendo fra loro le tracce ottenute dai sensori orizzontali, in modo che le fasi S risultino in opposizione di fase (figura 5). In questo modo il picking della fase S risulta più agevole.

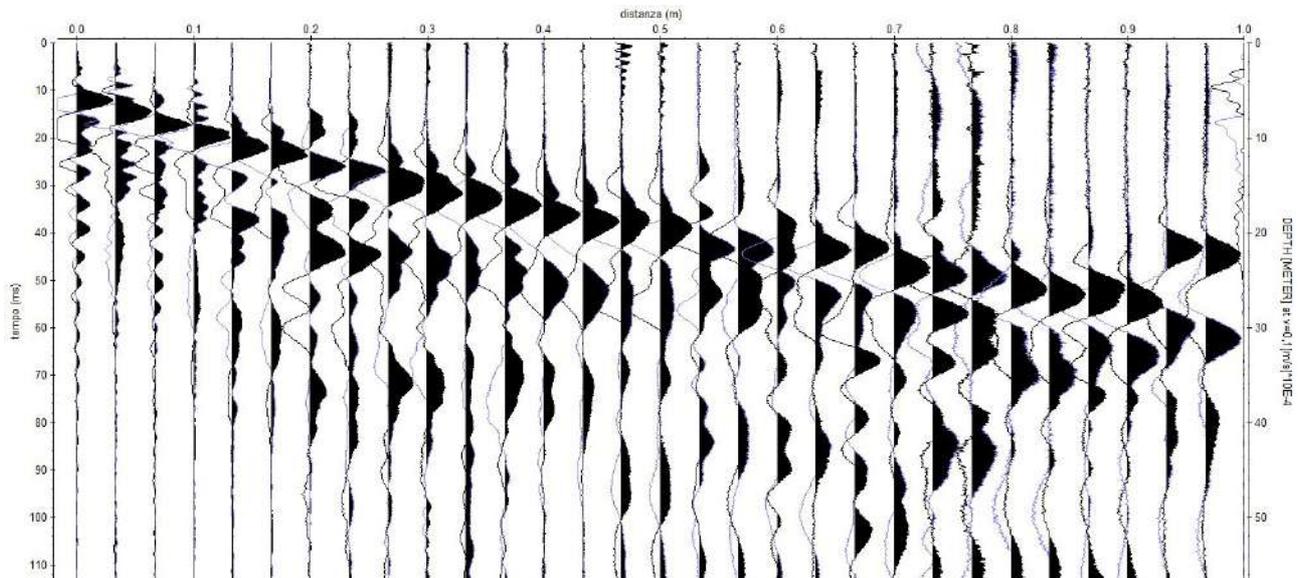


Figura 5. Sovrapposizione delle tracce sismiche della componente orizzontale per due battute in direzione opposta, utilizzata per il picking dei tempi delle onde S sfruttando la loro opposizione di fase.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	15/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

L'elaborazione dei dati consiste nella determinazione della velocità di propagazione delle onde sismiche P e S. Tale velocità si ottiene conoscendo il tempo d'arrivo dei treni d'onda analizzati nonché la distanza tra il punto d'energizzazione ed il sensore posto in foro.

Se la sorgente fosse posta in asse al foro le superfici di discontinuità sarebbero grossomodo perpendicolari all'asse verticale e i raggi sismici non subirebbero sostanziali deviazioni a causa delle rifrazioni. Tuttavia la sorgente viene posta ad una certa distanza (entro i 2 m) dall'asse del foro, sia per motivi logistici sia per evitare che l'onda elastica sia trasmessa lungo il materiale di condizionamento, per cui è necessario correggere i tempi di arrivo in modo da ottenere i valori che si riscontrerebbero se il percorso dei raggi sismici fosse verticale.

Considerando la figura 2 a sinistra, dove d è la distanza della sorgente energizzante S dall'asse del foro, z è la profondità cui è fissato il geofono G ed α è l'angolo tra la congiungente SG e la verticale (corrispondente all'asse del foro), il tempo verticale o corretto t_v , cioè il tempo di propagazione dell'onda elastica secondo l'asse verticale del foro, è uguale a:

$$t_v = t \cos \alpha$$

dove t è il tempo di primo arrivo rilevato (del raggio sismico propagatosi con direzione SG) e α è dato da:

$$\alpha = \arctan d/z .$$

La figura 6, a sinistra, mostra ad esempio un grafico dell'andamento dei tempi corretti delle onde P ed S in funzione della profondità della sonda.

La correzione che si effettua è comunque approssimativa perché considera una propagazione delle onde rettilinea lungo il percorso SG , trascurando le deviazioni dei percorsi dei raggi generati dalla rifrazione lungo eventuali superfici di discontinuità. Tale approssimazione è tanto più accettabile quanto più deboli sono i contrasti di velocità e quanto più la sorgente è prossima all'asse del foro.

Allo scopo di avere una valutazione del grado di disomogeneità dei sismostrati riscontrati nella perforazione, si determina la velocità di intervallo v_i , cioè la velocità alla quale viaggerebbe il fronte d'onda, lungo l'asse verticale, tra due posizioni consecutive dell'apparato geofonico (figura 6, al centro).

Calcolando le distanze parziali $s_z = z_n - z_{n-1}$, e le differenze di tempi di arrivo $s_{tv} = t_{v,n} - t_{v,n-1}$, le velocità intervallo sono date da:

$$v_i = s_z / s_{tv}$$

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	16/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

Le velocità d'intervallo vengono calcolate sia per le onde P che per le onde S. La conoscenza di entrambi i valori permette di ricavare il rapporto di Poisson σ (figura 6, a destra) dalla seguente formula:

$$\sigma = \frac{1}{2} \frac{\left(\frac{v_p}{v_s}\right)^2 - 2}{\left(\frac{v_p}{v_s}\right)^2 - 1}$$

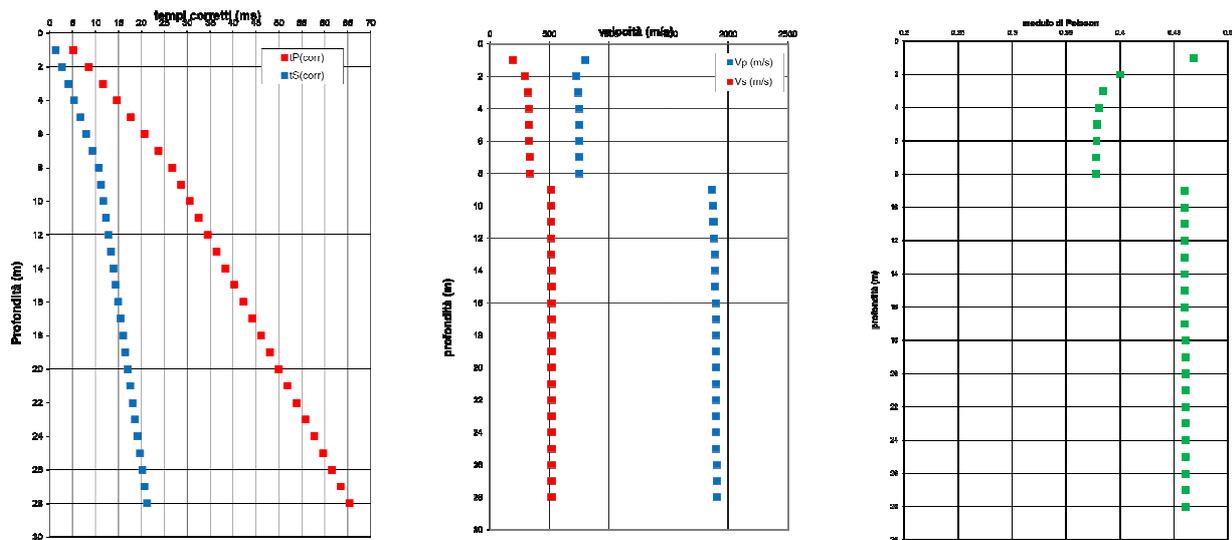


Figura 6. (a sinistra) grafico dell'andamento dei tempi corretti delle onde P (in rosso) ed S (in blu) in funzione della profondità della sonda; (al centro) modello monodimensionale dell'andamento delle velocità d'intervallo con la profondità; (a destra) modello monodimensionale dell'andamento del rapporto di Poisson con la profondità.

Il rapporto di Poisson σ è definito come il rapporto tra la deformazione trasversale e quella longitudinale quando la roccia è sottoposta ad uno sforzo longitudinale. Tale coefficiente, essendo correlato alle deformazioni che può subire una roccia, è ovviamente legato al grado di litificazione, alla porosità ed al grado di saturazione della roccia stessa.

In linea di massima si può affermare che il coefficiente di Poisson varia da 0.2 a 0.3 per le rocce; da 0.3 a 0.35 per le sabbie; e da 0.4 a 0.5 per le argille.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	17/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

2.3 HVSR

La Sismica Passiva si basa sulla misura dei microtrempi che sono sempre presenti sulla superficie terrestre e sono generati da fenomeni naturali (vento, onde marine etc.) e artificiali (attività antropiche). Lo strumento utilizzato per tali misurazioni è il TROMOGRAFO “Tromino” (Fig. 7); si tratta di un sismografo di dimensioni molto contenute che contiene n. 3 sensori elettrodinamici ortogonali (Velocimetri) e permette l’acquisizione in un ampio range frequenziale (0.1 – 512 Hz). Il metodo di indagine utilizzato è quello a stazione singola dei Rapporti Spettrali (HVSR).



Figura 7 – Strumento utilizzato

Il metodo HVSR consiste nello studio del rapporto spettrale tra la componente orizzontale del rumore e quella verticale (H/V spectrum). Il valore di tale rapporto è direttamente correlato con la frequenza di risonanza determinata dal passaggio tra due strati con una differenza significativa del contrasto di impedenza acustica. Questa variazione è generalmente associata alla variazione sia della velocità delle onde elastiche che della densità del litotipo attraversato.

Considerando due strati con differente impedenza acustica, la frequenza di risonanza (f_r) è legata allo spessore (H) ed alla velocità delle onde di taglio V_s del primo strato dalla seguente relazione:

$$f_r = V_s/4h$$

L’HVSR è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli. Riconosciuta questa capacità è verificato che le frequenze di risonanza possono essere correlate a

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
<i>ANAS SPA</i>	<i>21_43_01</i>	<i>01</i>	<i>Novembre 2021</i>	<i>18/183</i>
<i>INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE</i>				

differenti caratteristiche litotecniche delle rocce, ne risulta che il metodo HVSR può essere in linea di principio usato come strumento stratigrafico (Castellaro & Mulargia, 2009).

S. Castellaro & F. Mulargia 2009. Vs30 Estimated using constrained H/V measurements. Bulletin of the seismological Society of America, Vol. 99, pp. 761-773.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	19/183
<i>INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE</i>				

2.4 ORGANIZZAZIONE LOGISTICA e PRELIMINARE

L'attività in oggetto si è articolata nelle seguenti fasi:

La prima fase di lavoro ha riguardato la verifica sui luoghi della fattibilità delle acquisizioni in relazione all'accesso dei luoghi lungo le tracce delle stese simiche previste. In questa fase sono stati presi tutti i contatti con i proprietari dei lotti interessati dalle indagini necessari per la definizione del cronoprogramma delle acquisizioni.

La seconda fase di lavoro ha riguardato l'acquisizione della sismica a rifrazione lungo le traiettorie programmate e la raccolta dei dati di georeferenziazione piano altimetrica assoluta dei punti di indagine di inizio e fine, lungo le principali rotture di pendenza riscontrate lungo il tracciato e dei punti di posizionamento dei geofoni.

La terza fase ha riguardato la restituzione dei punti di misura e la creazione dei profili per la correzione topografica necessaria durante le successive fasi di elaborazione ed interpretazione dei dati sismici.

La quarta fase ha riguardato l'elaborazione delle linee sismiche integrando i dati acquisiti con le stratigrafie derivanti dai sondaggi eseguiti nelle stesse aree e la conseguente interpretazione delle stesse.

La quinta fase ha riguardato l'esecuzione dei DownHole e della sismica passiva (HVSR) con relativo posizionamento piano altimetrico dei punti di misura.

La sesta fase ha riguardato l'elaborazione e l'interpretazione dei DownHole e della sismica passiva utilizzando come vincolo, il dato stratigrafico derivante dalle stratigrafie associate ai fori eseguiti.

La settima ed ultima fase ha riguardato la stesura della seguente relazione.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	20/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

2.5 ACQUISIZIONE DATI DI CAMPAGNA

Lungo ogni stesa sismica sono stati geo-riferiti plano-altimetricamente sia i punti di inizio e fine degli stendimenti sia la posizione dei geofoni.

La stessa operazione è stata effettuata sui punti di misura Down Hole

Di seguito le coordinate X, Y, Z di ogni punto acquisito utilizzando il seguente sistema di riferimento

Attribute	Value
CENTRAL MERIDIAN SCALE FACT...	0.999600000
CENTRAL MERIDIAN	2.54766667
ORIGIN LATITUDE	0.00000000
FALSE EASTING (m)	2520000
FALSE NORTHING (m)	0

Per l'acquisizione delle informazioni plano altimetriche è stato utilizzato il GPS Navcom Land-Pak SF-3040 GNSS Survey System. Questo sistema fornisce una precisione di livello RTK fino a 40 km di distanza dalla stazione base o una precisione di posizione a livello di 5 cm. Alimentato dal motore Sapphire™, l'SF-3040 fornisce 66 canali di tracciamento, incluso il supporto multi-costellazione per GPS, GLONASS e SBAS incluso StarFire. Inoltre SF-3040 supporta Ultra RTK™, che consente la precisione RTK (1,0 cm + 0,05 ppm) fino a 40 km dalla stazione base. In combinazione con l'esclusivo RTK Extend™ di NavCom, riesce a mantenere la precisione del livello RTK anche durante le interruzioni radio per un massimo di 15 minuti.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	21/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

2.5.1 SISMICA A RIFRAZIONE

Si riporta a seguire una sintesi dei dati topografici delle indagini condotte, rimandando all'allegato n. 3 per la consultazione completa dei dati.

	X	Y	Z	
NAME=Ls1				
LENGTH=122,95 m				
BEARING=95°30'12"				
LENGTH_3D=122,98m				
	2386660,576	4216564,025	30,626	Inizio
	2386782,727	4216550,234	30,663	Fine
NAME=Ls2				
LENGTH=171,31 m				
BEARING=86°51'36"				
LENGTH_3D=171,37m				
	2386548,987	4215796,454	63,54	Inizio
	2386720,145	4215803,034	67,21	Fine
NAME=Ls3a				
LENGTH=109,89 m				
BEARING=203°20'58"				
LENGTH_3D=109,96m				
	2386433,104	4215490,511	19,739	Inizio
	2386387,91	4215390,365	21,772	Fine
NAME=Ls3b				
LENGTH=181,57 m				
BEARING=153°32'33"				
LENGTH_3D=184,38m				
	2386322,741	4215348,229	31,563	Inizio
	2386395,231	4215196,482	40,781	Fine
NAME=Ls3c				
LENGTH=129,98m				
BEARING=156°02'56"				
LENGTH_3D=132,1m				
	2386294,104	4215298,123	57,541	Inizio
	2386341,1	4215187,465	69,513	Fine

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	22/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

NAME=Ls4a				
LENGTH=240,44 m				
BEARING=103°42'49"				
LENGTH_3D=240,7 m				
	2385981,973	4215011,468	100,406	Inizio
	2386206,767	4214952,68	100,018	Fine
NAME=Ls4b				
LENGTH=235,16m				
BEARING=93°39'40"				
LENGTH_3D=235,67m				
	2385882,514	4214781,671	114,103	Inizio
	2386105,818	4214763,688	102,19	Fine
NAME=Ls4c				
LENGTH=250,84m				
BEARING=145°33'21"				
LENGTH_3D=257,07m				
	2385706,193	4214468,263	109,663	Inizio
	2385843,584	4214260,691	58,878	Fine
NAME=Ls4d				
LENGTH=233,15m				
BEARING=189°07'20"				
LENGTH_3D=236,78m				
	2386152,98	4214695,256	78,553	Fine
	2386112,739	4214468,502	42,06	inizio
NAME=Ls4e				
LENGTH=242,41m				
BEARING=108°55'47"				
LENGTH_3D=242,62m				
	2384626,594	4209919,902	95,749	Inizio
	2384841,429	4209842,218	88,436	Fine
NAME=Ls4f				
LENGTH=180,8m				
BEARING=91°59'19"				
LENGTH_3D=180,98m				
	2384440,497	4209338,676	98,58	Inizio

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	23/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

	2384617,865	4209329,566	93,313	Fine
NAME=Ls5				
LENGTH=247,59m				
BEARING=218°54'44,8"				
LENGTH_3D=248,53m				
	2385813,152	4214305,931	69,851	Inizio
	2385654,513	4214115,903	61,936	Fine
NAME=Ls6				
LENGTH=244,95 m				
LENGTH_3D=247,3 m				
	2385457,376	4213372,722	58,707	inizio
	2385400,516	4213607,157	73,055	fine
NAME=Ls7				
LENGTH=174,78m				
BEARING=219°40'09"				
LENGTH_3D=175,96m				
	2385299,795	4213007,369	119,322	Inizio
	2385192,904	4212882,725	114,006	Fine
NAME=Ls8				
LENGTH=243,12m				
BEARING=93°53'5"				
LENGTH_3D=246,68m				
	2385066,028	4212754,155	118,407	Inizio
	2385308,224	4212733,677	79,293	Fine
NAME=Ls9				
LENGTH=172,72m				
BEARING=191°46'11"				
LENGTH_3D=172,79m				
	2385237,919	4211285,62	66,844	inizio
	2385200,877	4211121,471	69,197	Fine
NAME=Ls10b				
LENGTH=150,95m				
BEARING=10°53'43"				
LENGTH_3D=151,14m				

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	24/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

	2384499,381	4208404,298	102,748	Inizio
	2384530,186	4208551,161	99,343	Fine
NAME=Ls11				
LENGTH=244,87m				
BEARING=19°11'45"				
LENGTH_3D=245,73m				
	2384288,004	4207286,313	126,828	Inizio
	2384372,33	4207516,151	115,809	Fine
NAME=Ls12				
LENGTH=173,82 m				
LENGTH_3D=174,99 m				
	2384068,501	4206997,059	141,387	Inizio
	2384162,33	4207142,233	124,232	Fine
NAME=Ls13				
LENGTH=182,88m				
BEARING=185°39'36"				
LENGTH_3D=187,59m				
	2383700,967	4206025,504	149,627	Inizio
	2383681,017	4205853,486	188,829	Fine
NAME=Ls14				
LENGTH=242,03m				
BEARING=159°16'27"				
LENGTH_3D=242,74m				
	2383676,19	4205856,65	187,66	Inizio
	2383757,773	4205629,673	187,124	Fine
NAME=Ls15				
LENGTH=236,77m				
BEARING=149°09'00"				
LENGTH_3D=237,28m				
	2383751,557	4205640,631	185,903	Inizio
	2383869,547	4205435,4	188,339	Fine
NAME=Ls16a				
LENGTH=226,69m				
BEARING=116°10'50"				

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	25/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

LENGTH_3D=230,97m				
	2384452,307	4204050,823	292,464	Inizio
	2384644,928	4203952,125	326,083	Fine
NAME=Ls16b				
LENGTH=242,23 m				
LENGTH_3D=245,04 m				
	2384874,087	4203604,122	259,915	Inizio
	2384833,641	4203842,614	282,392	Fine
NAME=Ls17				
LENGTH=244,07m				
BEARING=198°18'35"				
LENGTH_3D=244,86m				
	2385024,155	4203660,626	275,985	Inizio
	2384944,469	4203432,508	267,549	Fine
NAME=Ls18				
LENGTH=175,78m				
BEARING=13°30'38"				
LENGTH_3D=176,05m				
	2385019,432	4203152,254	271,812	Inizio
	2385061,555	4203315,646	272,22	Fine
NAME=Ls19				
LENGTH=174,19m				
BEARING=293°48'8"				
LENGTH_3D=174,66m				
	2385251,048	4202809,032	275,649	inizio
	2385098,427	4202879,377	283,752	Fine

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	26/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

2.5.2 DOWN HOLE

NAME=S2 X=2386730,571 Y=4216494,888 Z=35,448 m	NAME=S16 X=2385192,097 Y=4212915,078 Z=118,548 m	NAME=S26 X=2384492,871 Y=4207599,871 Z=116,679 m	NAME=S32 X=2383748,346 Y=4206285,653 Z=162,767 m
NAME=S4 X=2386687,437 Y=4215804,681 Z=66,497 m	NAME=S18 X=2385124,511 Y=4212665,861 Z=109,758 m	NAME=S36 X=2383787,662 Y=4205592,254 Z=186,541 m	
NAME=S7 X=2386266,194 Y=4215234,441 Z=86,061 m	NAME=S20 X=2385080,19 Y=4212255,212 Z=98,416 m	NAME=S23 X=2384486,947 Y=4208820,449 Z=98,793 m	
NAME=S14 X=2385318,09 Y=4213431,476 Z=91,753 m	NAME=S21 X=2385169,467 Y=4211313,342 Z=77,575 m	NAME=S29 X=2384149,984 Y=4207093,577 Z=128,879 m	

26

2.5.3 HVSR

HVSR_33 ELEVATION=152.265 m X=2383646.374 Y=4206214.538	HVSR_36 ELEVATION=178.306 m X=2383857.514 Y=4205868.091
HVSR_34 ELEVATION=167.891 m X=2383795.411 Y=4206101.229	HVSR_37 ELEVATION=158.782 m X=2383849.29 Y=4205934.629
HVSR_35 ELEVATION=199.851 m X=2383771.507 Y=4205805.388	HVSR_38 ELEVATION=175.361 m X=2383712.047 Y=4205909.336

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	27/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

3 ELABORAZIONE INTERPRETAZIONE E DESCRIZIONE DEI RISULTATI

Per una corretta elaborazione ed interpretazione del dato sismico acquisito sono stati utilizzati i dati provenienti dalle stratigrafie relative ai sondaggi effettuati nell'area di studio. Di seguito una tabella riassuntiva delle correlazioni utilizzate:

Linee

sismiche Sondaggi utilizzabili

LS1	S1 a 50 m dalla fine
LS2	S4 a 32 m dalla fine
LS3a	S6 a fine stendimento
LS3b	S7 proiettato a 50m dall'inizio e ad una quota di 86 m s.l.m
LS3c	S7 proiettato a 35m dall'inizio e ad una quota di 86 m s.l.m
LS4a	nessun sondaggio proiettabile
LS4b	S9 (ancora da eseguire)
LS4c	S11 inizio stendimento
LS4d	nessun sondaggio proiettabile
LS4e	nessun sondaggio proiettabile (alluvioni su Flysch)
LS4f	nessun sondaggio proiettabile (alluvioni su Flysch)
LS5	nessun sondaggio proiettabile
LS6	S.12
LS7	S.16 a 25m dalla fine
LS8	S.18 e S17 utilizzabili qualitativamente (5 m di strato alterato su argille del flysch)
LS9	nessun sondaggio proiettabile (alluvioni su Flysch)
LS10a	STRALCIATA
LS10b	S.24 a 98m dall'inizio (5.30m di alluvioni su Flysch)
LS11	S.28 inizio profilo (9 metri di alluvioni su Flysch)
LS12	S.29
LS13	nessun sondaggio proiettabile
LS14	S.35 utilizzabile solo qualitativamente per lo spessore delle coperture
LS15	S.36 a 70 metri dall'inizio
LS16a	S.40 alla fine del profilo
LS16b	nessun dato proiettabile
LS17	S.42 a 90 m dalla fine
LS18	S.43 a 90 metri dall'inizio
LS19	S.45 utilizzabile solo qualitativamente per lo spessore delle coperture nella parte finale

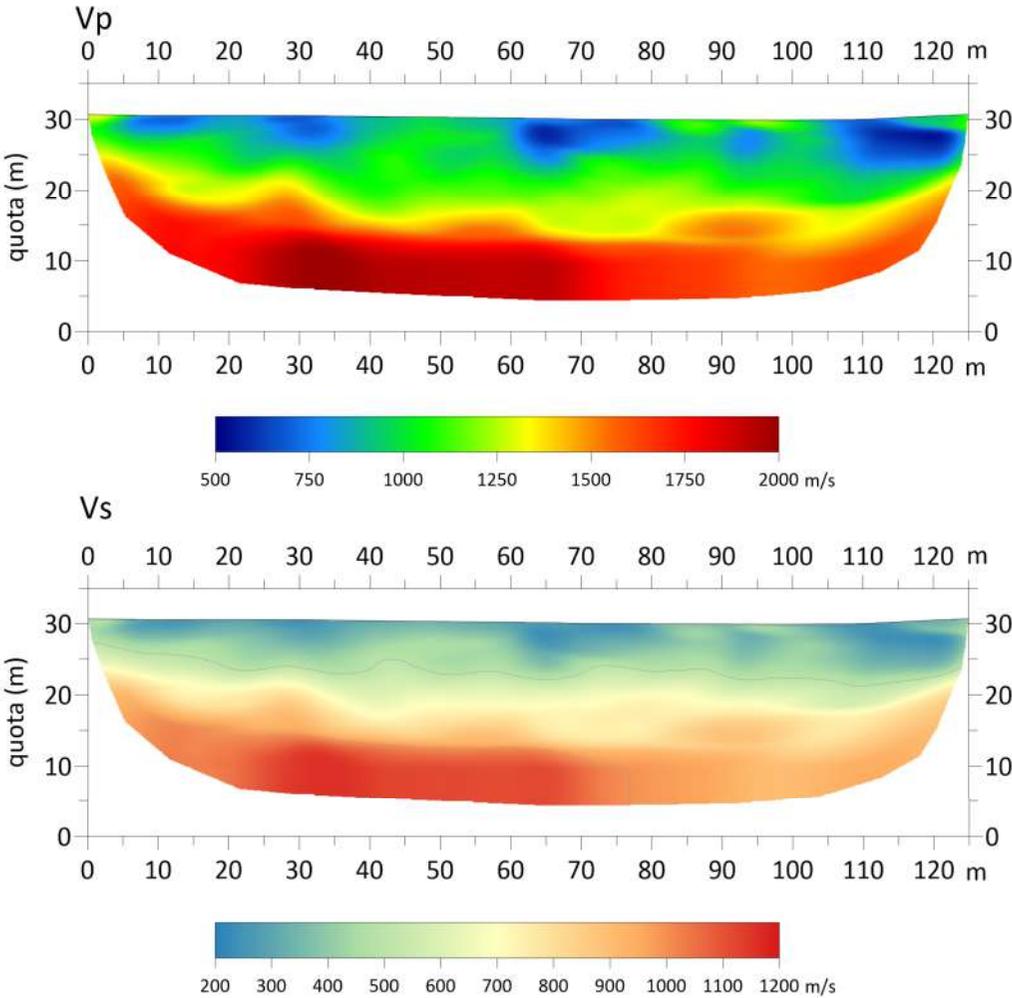
3.1 Sismica a rifrazione

3.1.1 LS1

La tomografia sismica LS1, di lunghezza pari a 125 m, è stata eseguita in corrispondenza del sondaggio S1 che è ubicato a $x = 87$ m circa. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con spessore che si approfondisce da 3 m a 6 m dall'inizio alla fine della sezione. Questo livello si presenta lateralmente eterogeneo con V_p variabile tra 500 m/s e 1000 m/s, ed è compatibile con la presenza delle terre rosse. Al di sotto le sabbie e sabbie limose, fino a 14-15 m di profondità, sono caratterizzate da $V_p = 1100$ m/s circa. Infine si osserva un sismostrato più rigido (V_p tra 1700 m/s e 2000 m/s) con pendenza verso il basso lungo la direzione di avanzamento, interpretabile con la presenza delle calcareniti.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	29/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

LS1



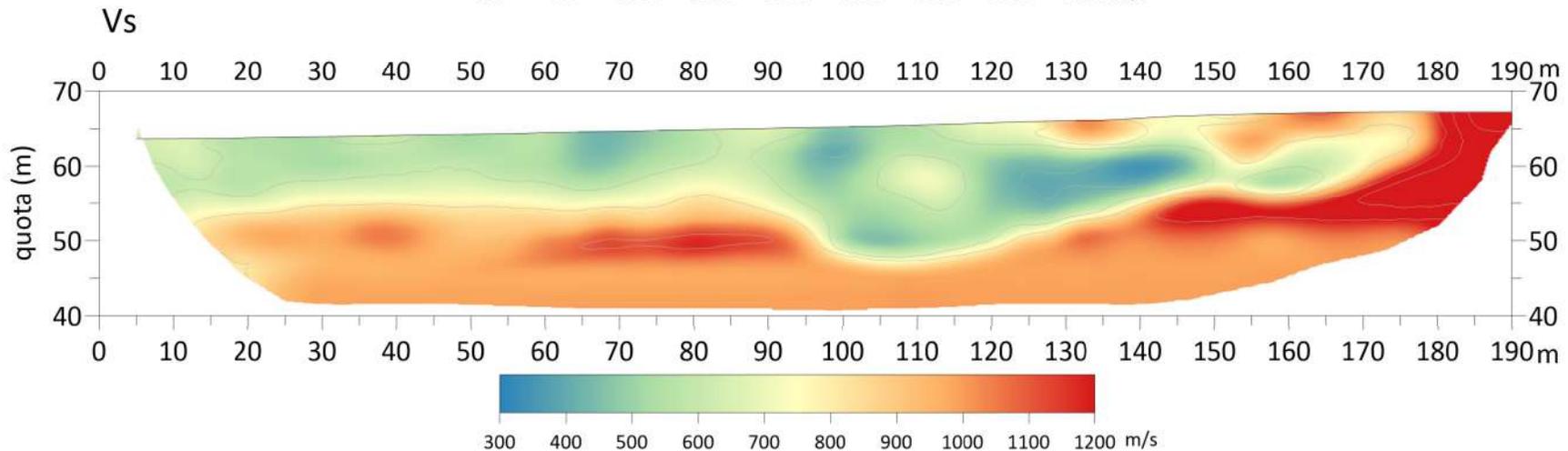
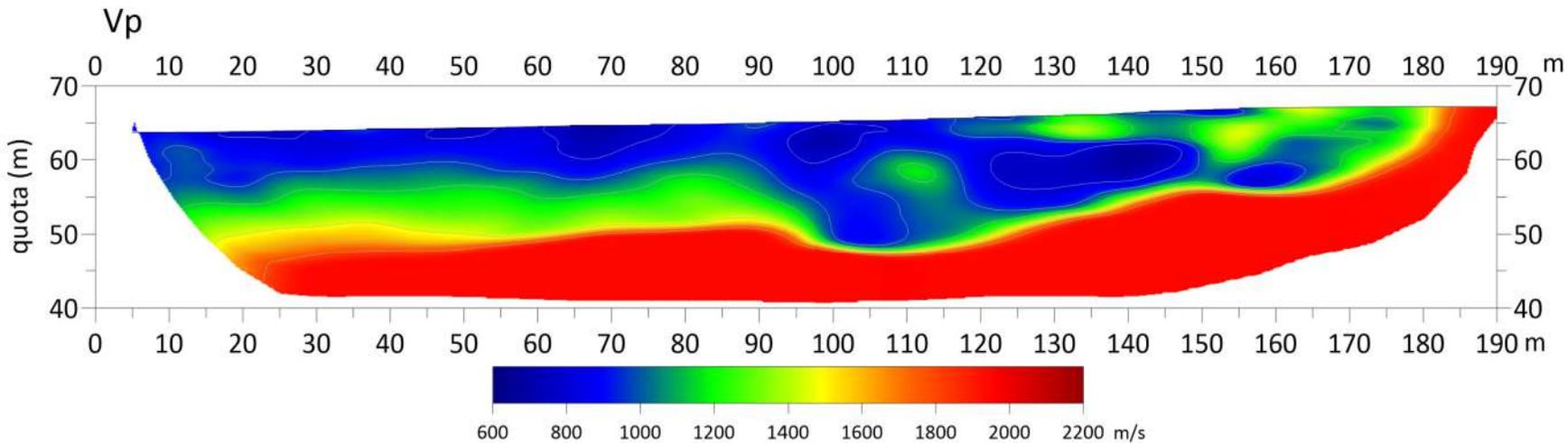
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	30/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

3.1.2 LS2

La tomografia sismica LS2, di lunghezza pari a 190 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S4 che si trova in corrispondenza di $x = 158$ m circa. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con spessore che partendo da circa 5 m, si assottiglia lungo l'avanzamento. Questo livello mostra una V_p variabile tra 600 m/s e 850 m/s, ed è compatibile con la presenza delle terre rosse. Al di sotto le sabbie e le sabbie limose, con intercalazioni di calcareniti, sono caratterizzate da V_p tra 900 e 1250 m/s circa. Infine si osserva un sismostrato rigido (V_p tra 1800 m/s e 2200 m/s) con pendenza verso l'alto lungo la direzione di avanzamento e quota del tetto che da $z = 45$ m sale fino a $z = 60$ m. Questo livello è interpretabile con la presenza della breccia calcarea.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	31/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

LS2



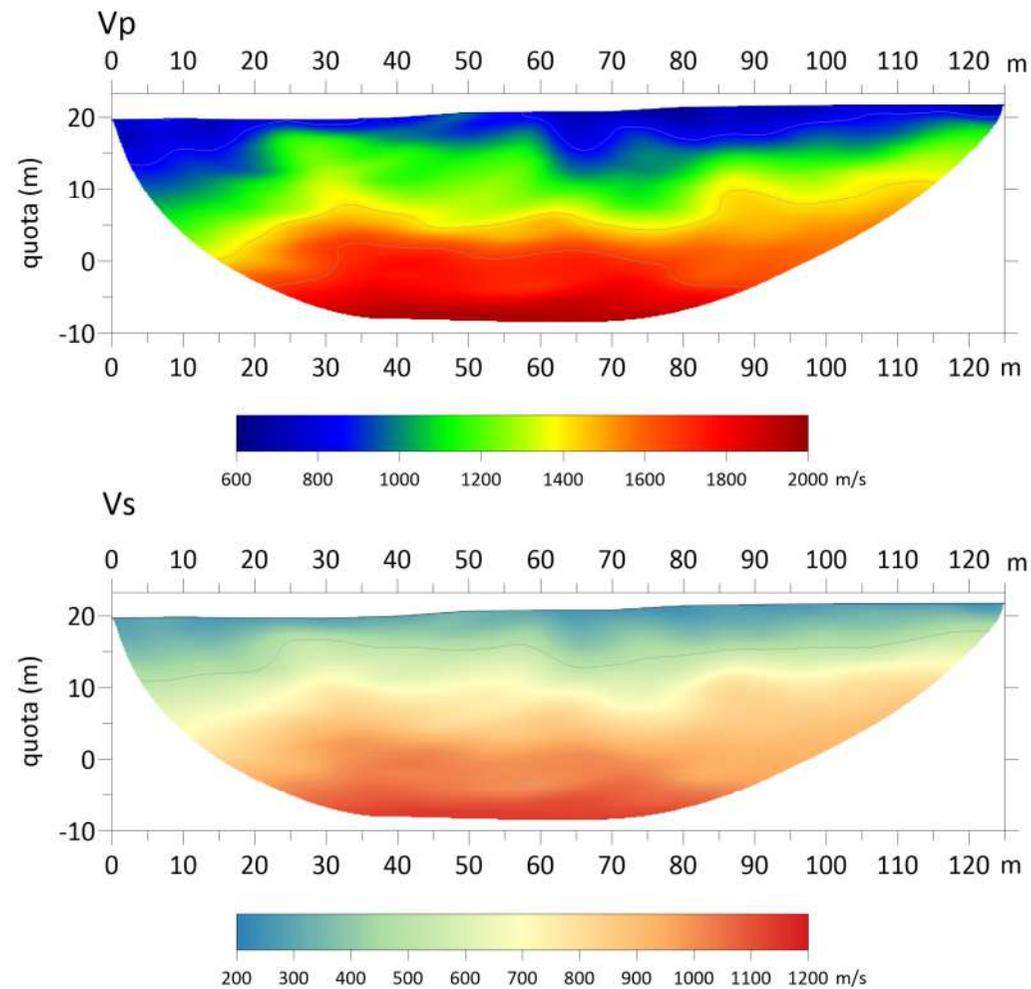
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	32/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

3.1.3 LS3a

La tomografia sismica LS3a, di lunghezza pari a 125 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S6 che si trova vicino la fine dello stendimento. È presente un sismostrato superficiale con spessore variabile da 1 m a 5 m e valori di Vp variabile tra 600 m/s e 900 m/s, compatibile con la presenza di limi sabbiosi. Al di sotto sono presenti alternanze di materiali alluvionali immersi in matrice limo-sabbiosa e limi argillosi. Questi terreni non mostrano netti contrasti di velocità sismica, come evidenziato dall'aumentare graduale di quest'ultima fino alla massima profondità indagata.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	33/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

LS3a



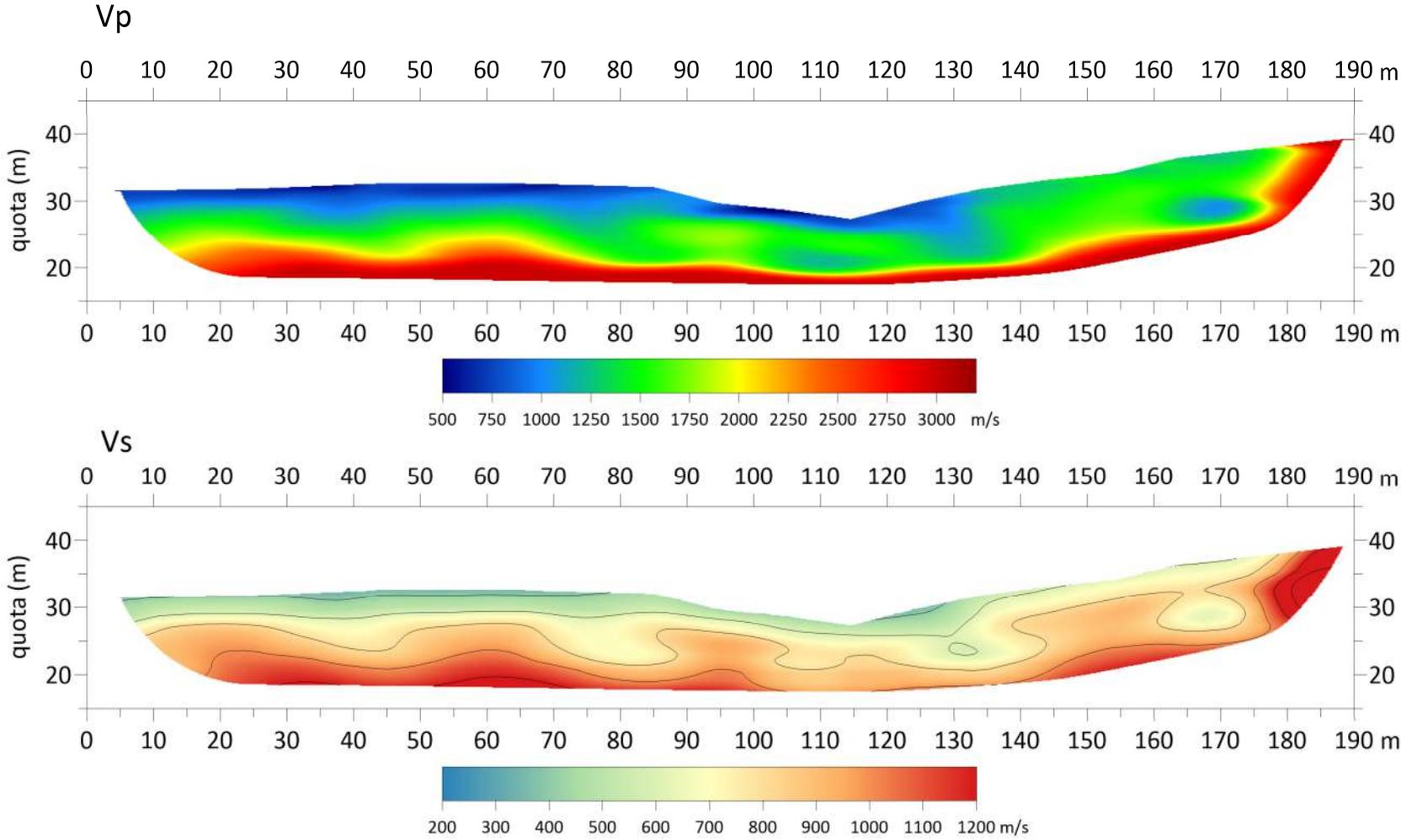
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	34/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

3.1.4 **LS3b**

La tomografia sismica LS3b, di lunghezza pari a 190 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S7, proiettato a 50 m dall'inizio e ad una quota di 86 m s.l.m. La tomografia presenta un sismostrato superficiale a basse velocità sismiche e spessore limitato a 1 m circa, che si assottiglia lungo l'avanzamento. Al sotto sono presenti marne argillose con spessori variabili tra 7 e 10 m circa, caratterizzate da distribuzione eterogenea di Vp, tra 1000 m/s e 1700 m/s circa. Al di sotto si osserva un sismostrato rigido (Vp maggiore di 3000 m/s) suborizzontale, interpretabile con la presenza dei calcari marnosi.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	35/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

LS3b



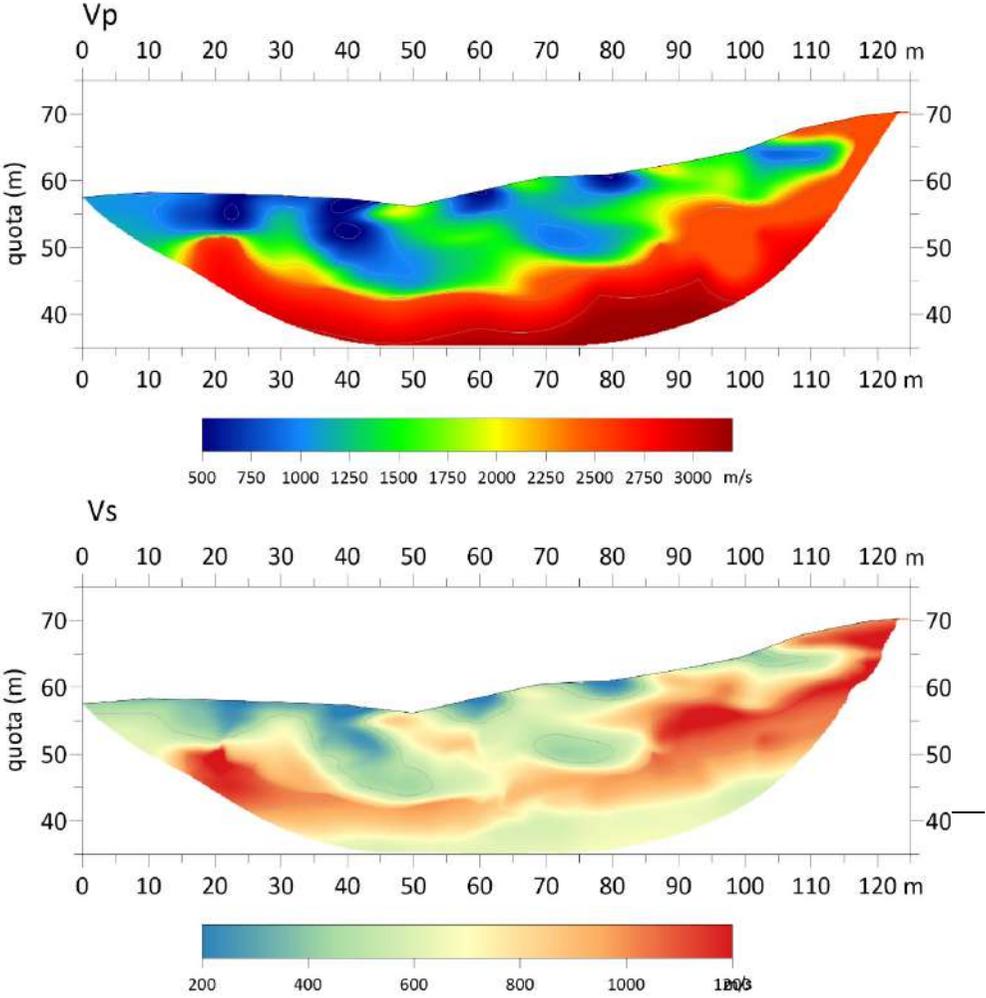
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	36/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

3.1.5 LS3c

La tomografia sismica LS3c, di lunghezza pari a 120 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S7, proiettato a 35 m dall'inizio e ad una quota di 86 m s.l.m. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con spessore irregolare, da 10 a 20 m, caratterizzato da distribuzione eterogenea di V_p , tra 500 m/s e 1750 m/s circa, interpretabile con la presenza di marne argillose. Al di sotto si osserva un sismostrato rigido (V_p da 2500 m/s a 3200 m/s) pendente verso l'alto lungo l'avanzamento, interpretabile con la presenza dei calcari marnosi che passano verso il basso a calcari grigio-biancastri.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	37/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

LS3c



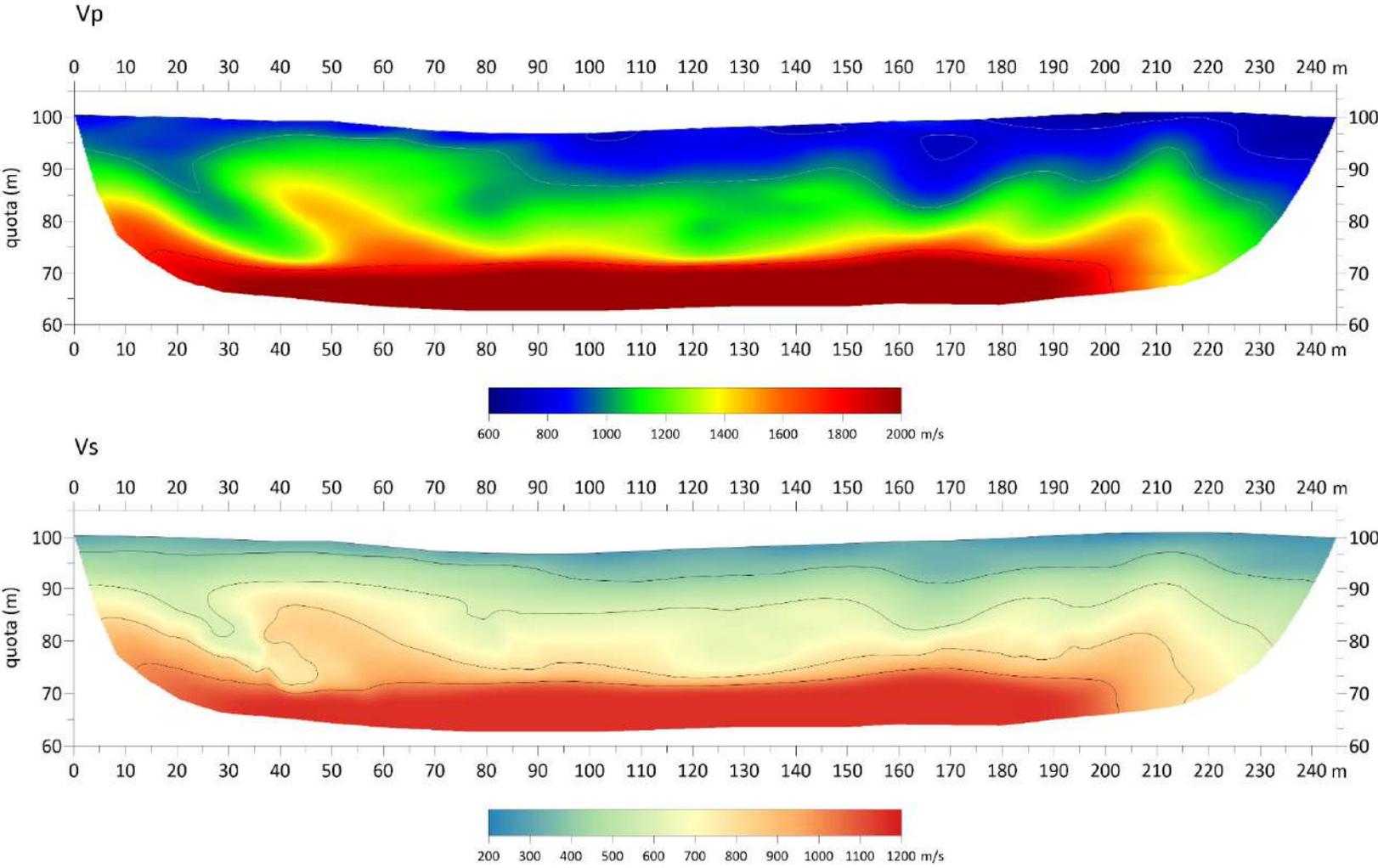
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	38/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

3.1.6 LS4a

La tomografia sismica LS4a ha una lunghezza pari a 245 m. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con spessore irregolare, da 5 a 20 m, caratterizzato da valori di Vp tra 600 m/s e 900 m/s circa. Al di sotto un sismostrato ad andamento ondulato e velocità comprese 1000 m/s e 1400 m/s. Una netta discontinuità laterale è presente tra $x = 40$ m e $x = 60$ m, con un'intercalazione di terreni a minore consistenza. A circa $z = 70$ m si individua il tetto di un basamento più rigido, con velocità Vp maggiori di 1800 m/s.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	39/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

LS4a



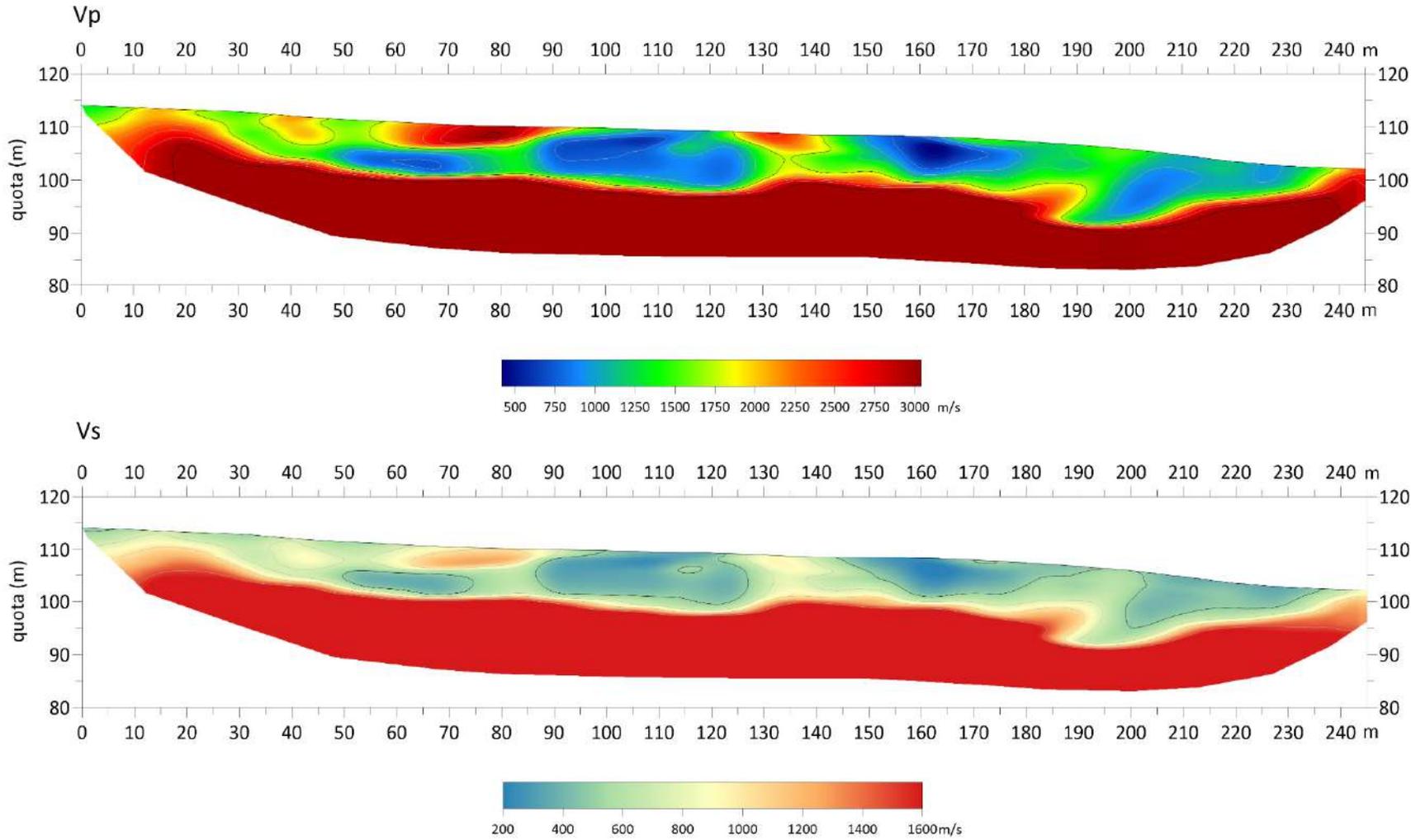
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	40/183
<i>INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE</i>				

3.1.7 **LS4b**

La tomografia sismica LS4b è stata eseguita in prossimità del sondaggio S9, con una lunghezza pari a 245 m. La tomografia presenta un sismostrato molto eterogeneo con spessore di circa 10 m, caratterizzato da valori di Vp tra 500 m/s e 2500 m/s circa. Al di sotto è presente un sismostrato a velocità maggiori di 3000 m/s, e quota del tetto che da z =115 m circa scende fino a z = 90 m, per poi risalire nell'ultimo tratto della sezione.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	41/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

LS4b



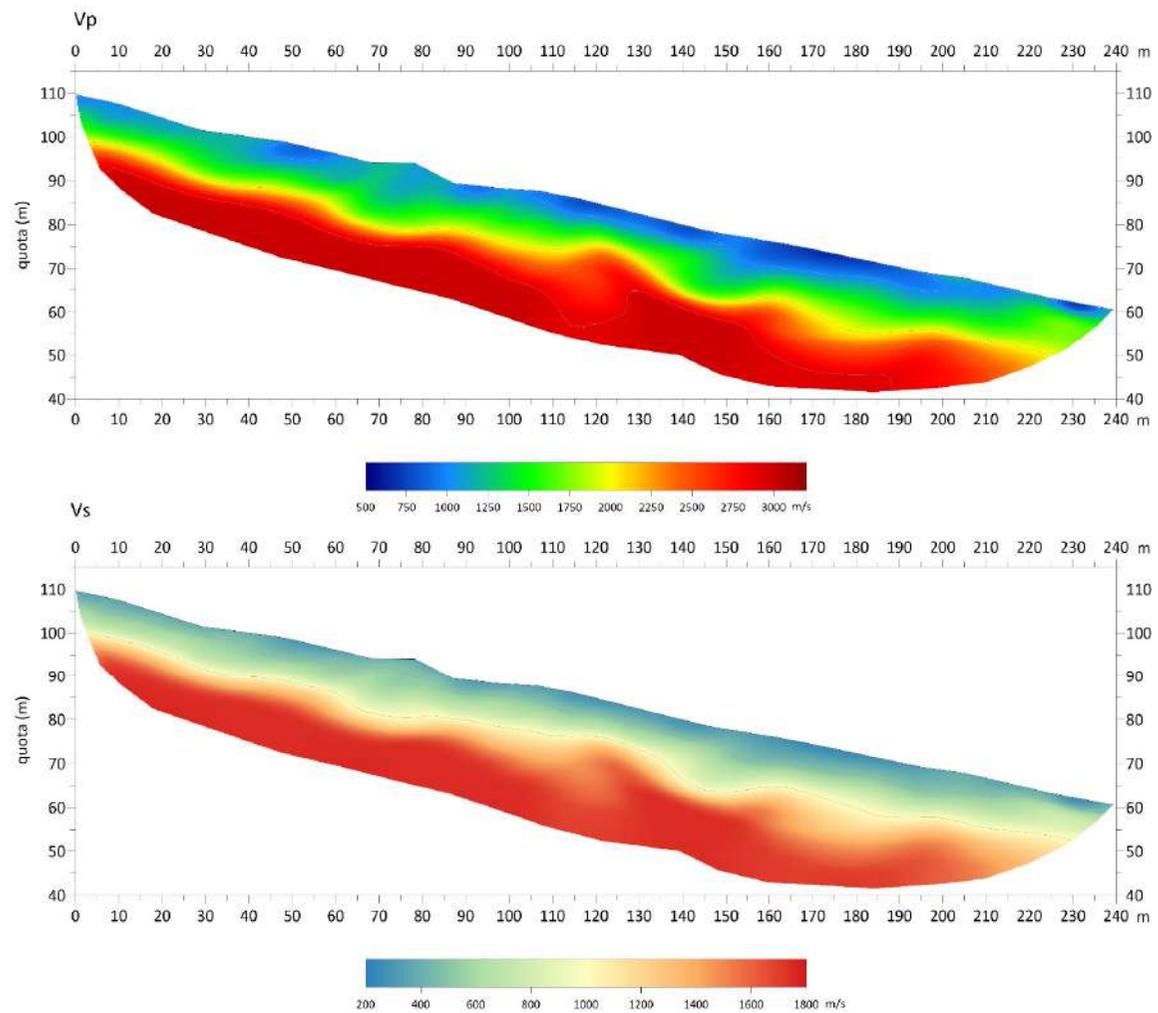
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	42/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

3.1.8 LS4c

La tomografia sismica LS4c, di lunghezza pari a 240 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S11, ubicato all'inizio dello stendimento. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con spessore di circa 6-8m, caratterizzato da valori di Vp, tra 700 m/s e 1200 m/s circa, interpretabile con la presenza di marne. Al di sotto si osserva un sismostrato rigido (Vp da 2500 m/s a 3200 m/s) interpretabile con la presenza dei calcari grigio-biancastri.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	43/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

LS4c



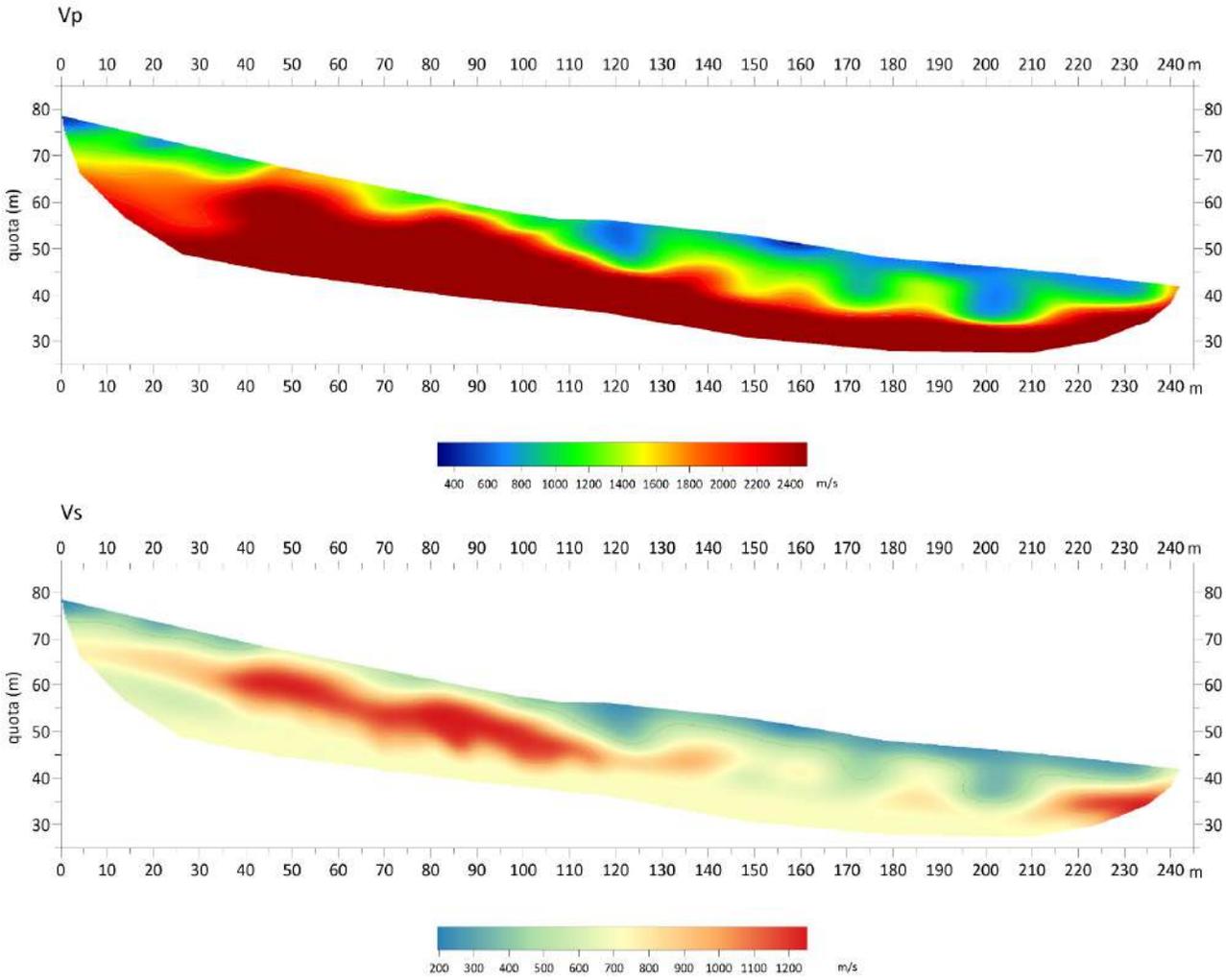
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	44/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

3.1.9 LS4d

La tomografia sismica LS4d ha una lunghezza pari a 240 m. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento eterogeneo e spessore variabile da 2 m a 10 m circa, caratterizzato da valori di Vp tra 400 m/s e 1300 m/s circa. Al di sotto è presente un basamento rigido con velocità maggiori di 2400 m/s.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	45/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

LS4d



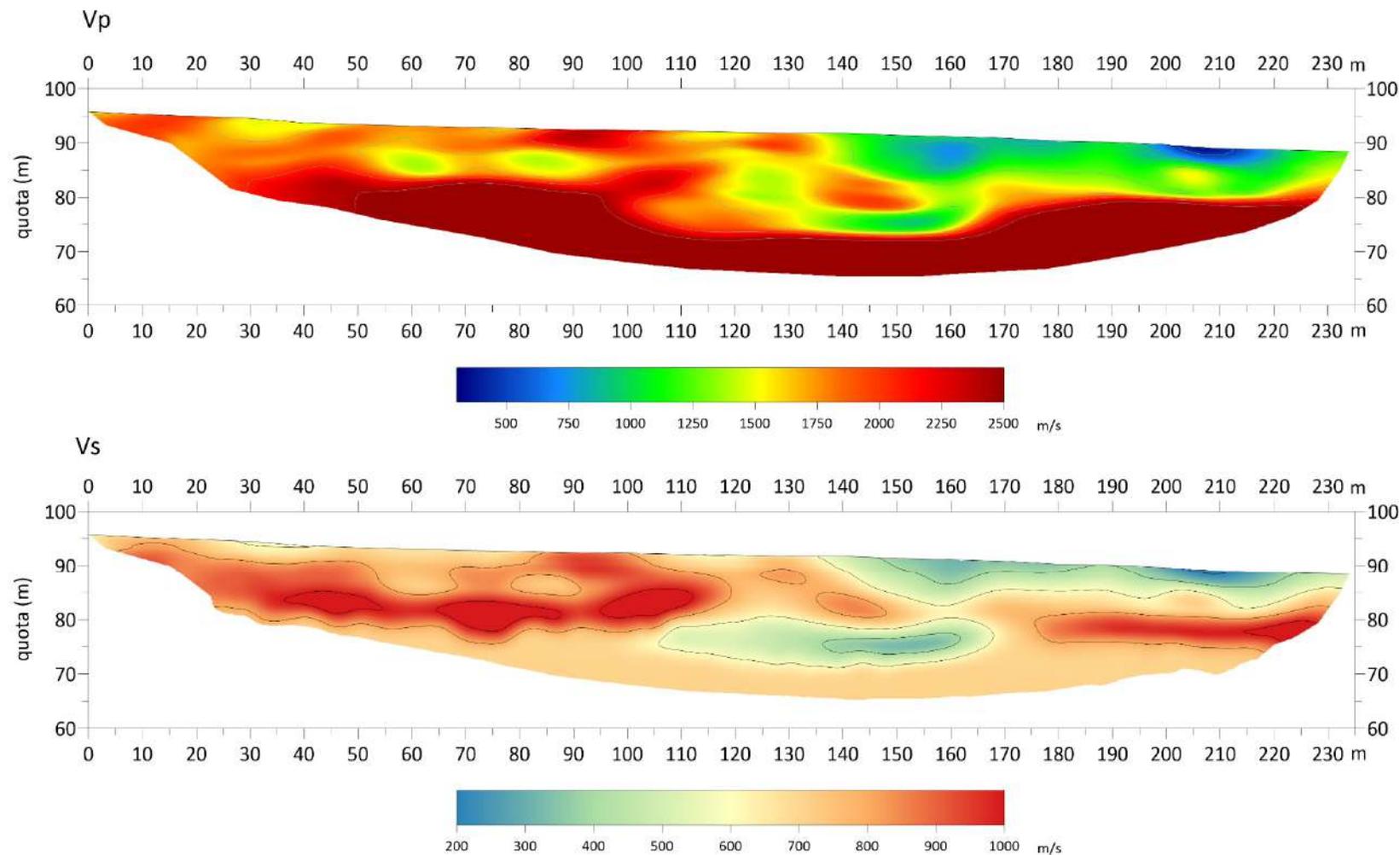
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	46/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

3.1.10 LS4e

La tomografia sismica LS4e ha una lunghezza pari a 235 m. La tomografia presenta un sismostrato superficiale caratterizzato da forti eterogeneità laterali con spessore irregolare, da circa 10 m fino a 20 m nella parte centrale, per poi risalire nell'ultima parte della sezione, caratterizzato da valori di Vp tra 500 m/s e 2000 m/s circa. Questi valori sono compatibili con la presenza di terreni alluvionali di varia natura. Al di sotto si individua il tetto di un basamento più rigido, con velocità Vp maggiori di 2400 m/s, interpretabile con la presenza di terreni flyschoidi.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	47/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

LS4e



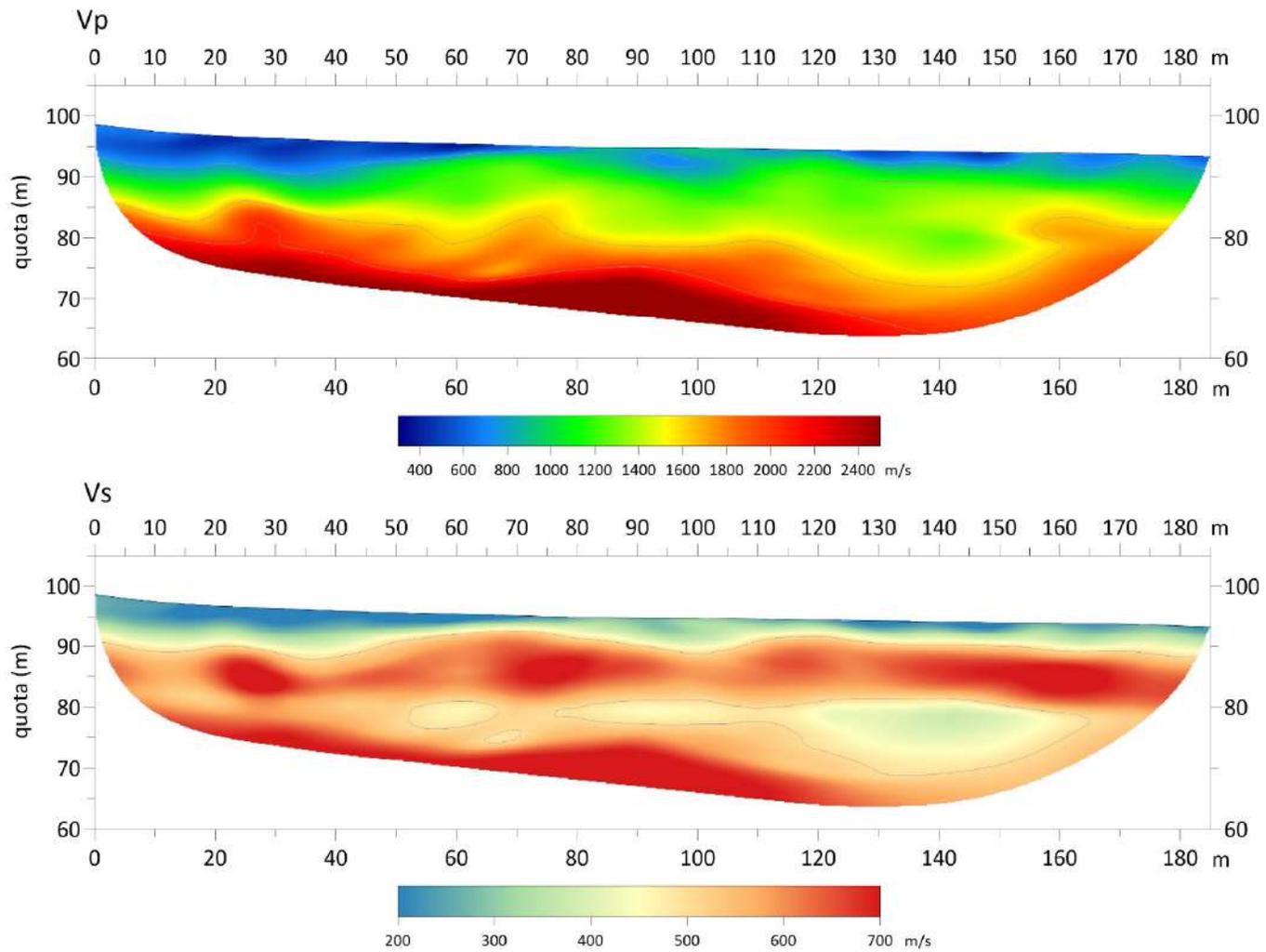
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	48/183
<i>INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE</i>				

3.1.11 LS4f

La tomografia sismica LS4f ha una lunghezza pari a 185 m. La tomografia mostra un sismostrato superficiale con spessore di circa 6-8m, minore al centro della sezione, caratterizzato da valori di Vp tra 300 m/s e 900 m/s circa, interpretabile con la presenza di sedimenti alluvionali. Al di sotto la velocità aumenta in modo graduale con la profondità. Tuttavia si notano anche accentuate variazioni laterali, probabilmente causate da intercalazioni di terreni flyschoidi di differente coerenza.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	49/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

LS4f



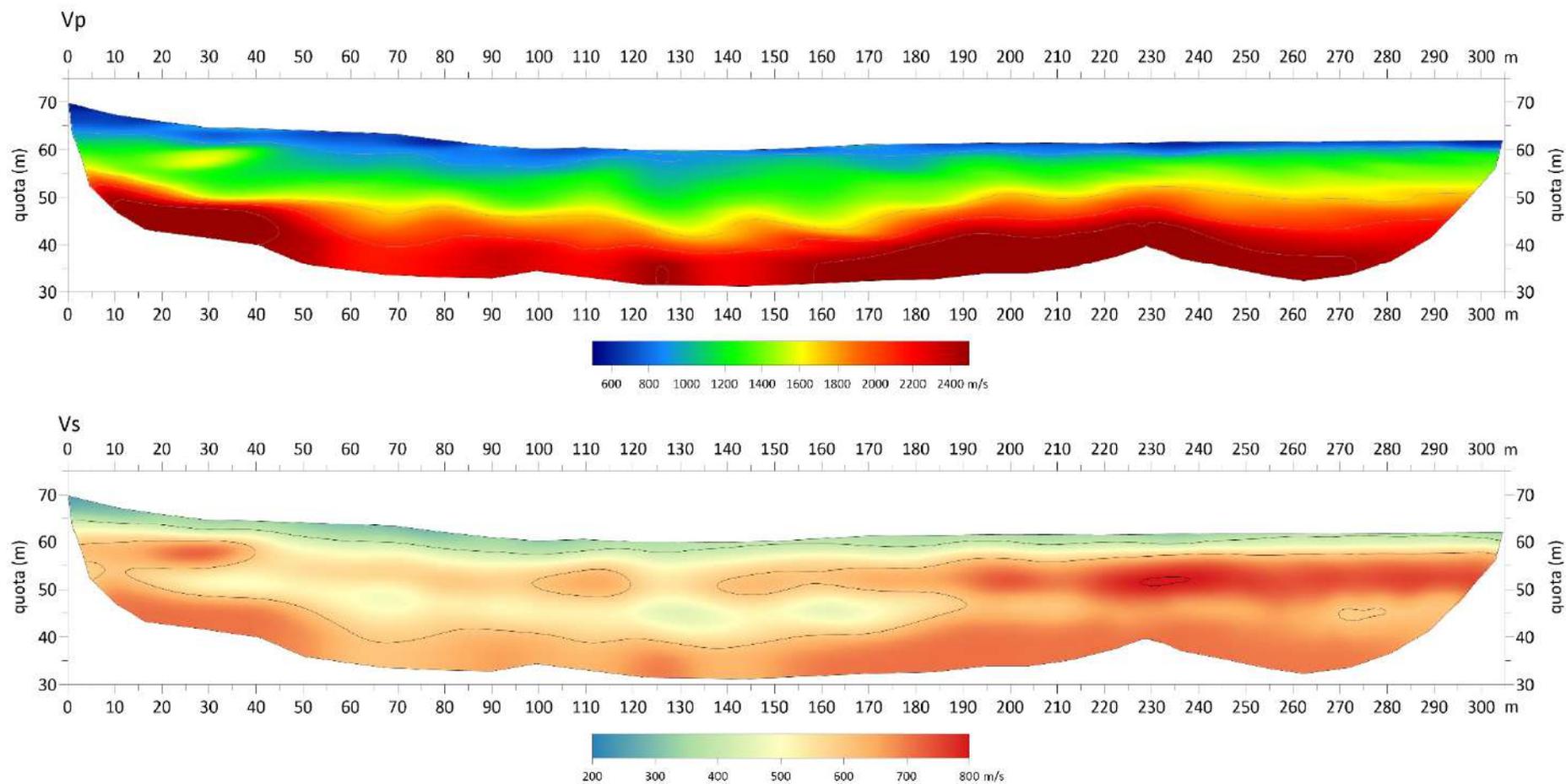
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	50/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

3.1.12 LS5

La tomografia sismica LS5 ha una lunghezza pari a 305 m. La tomografia mostra un sismostrato superficiale con spessore di circa 5-8m, caratterizzato da valori di V_p tra 500 m/s e 900 m/s circa. Al di sotto è presente un livello caratterizzato da distribuzione omogenea della V_p , con valori di circa 1300-1500 m/s. Infine si evidenzia un substrato più rigido, con tetto a partire da $z = 50$ m, ma che si approfondisce fino a $z = 40$ m nel centro della sezione, e $V_p = 2000-2500$ m/s.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	51/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

LS5



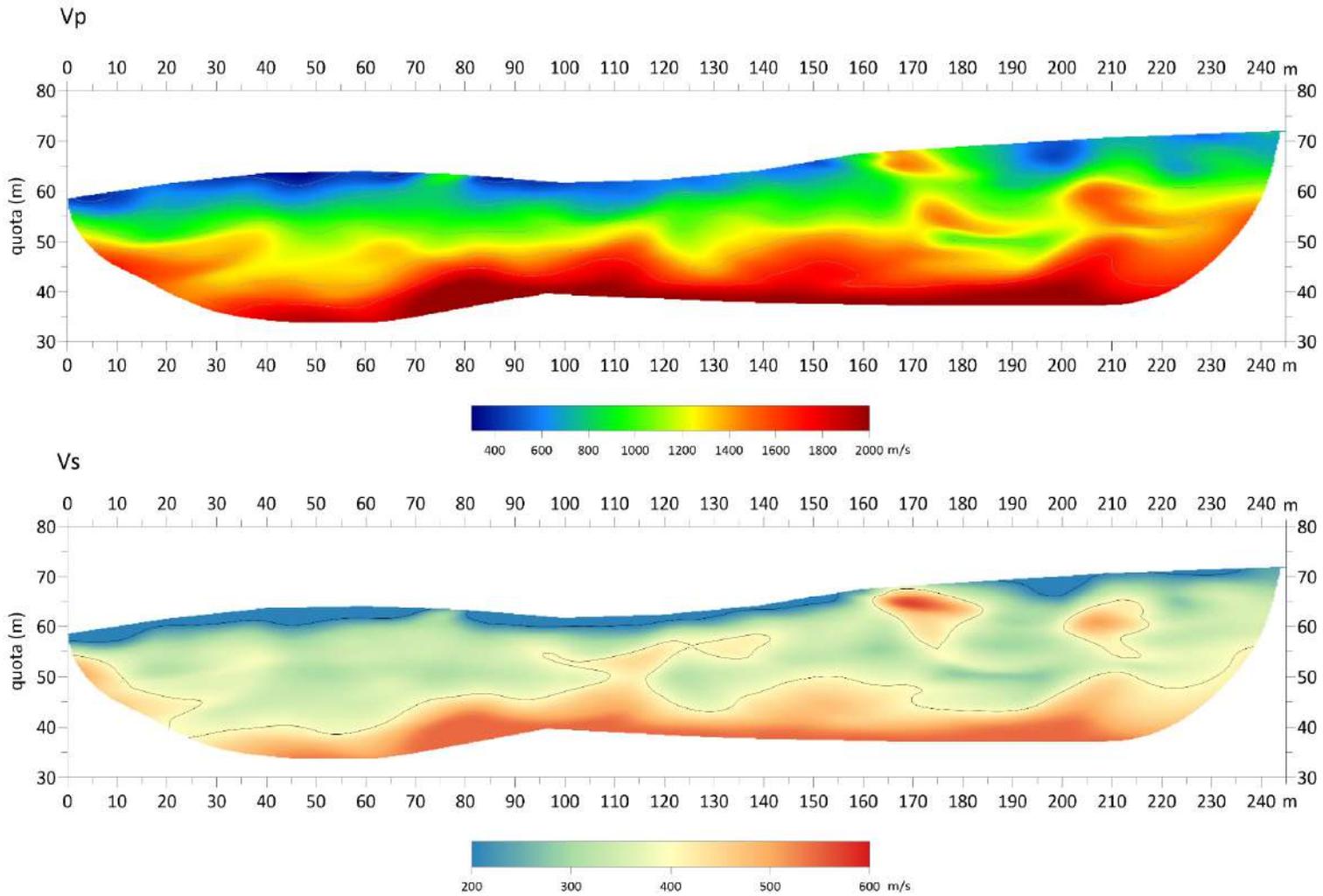
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	52/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

3.1.13 LS6

La tomografia sismica LS6, di lunghezza pari a 245 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S12. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento irregolare e spessore da 4 m a 10 m circa, caratterizzato da valori di V_p tra 400 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza di suolo agrario e argille alterate. Al suo interno si evidenzia una zona anomala più rigida, localizzata a $x = 170$ m circa. Al di sotto di questo livello l'aumento abbastanza graduale della velocità (da $V_p = 1000$ m/s fino a $V_p = 2000$ m/s) è compatibile con la presenza di argille grigie non alterate la cui compattezza aumenta con la profondità.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	53/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

LS6



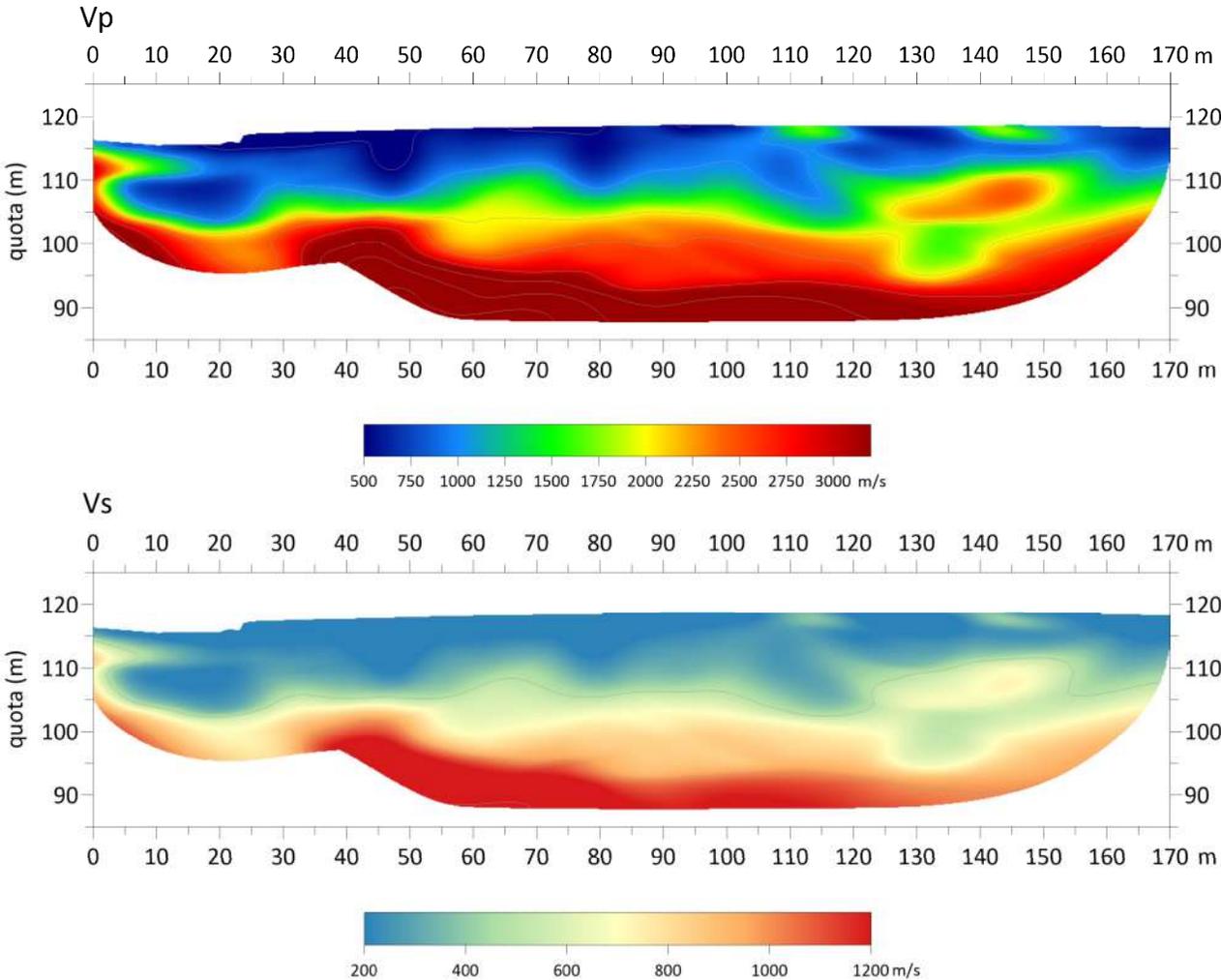
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	54/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

3.1.14 LS7

La tomografia sismica LS7, di lunghezza pari a 170 m, è stata eseguita in corrispondenza del sondaggio S16, ubicato a $x = 145$ m. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento eterogeneo e spessore di circa 15 m, caratterizzato da valori di V_p tra 500 m/s e 1200 m/s circa, interpretabile con la presenza di argille alterate e rimaneggiate. Al di sotto è presente un basamento più rigido con velocità che vanno da 2400 m/s a oltre i 3000 m/s, interpretabile con la presenza di calcari brecciati e noduli di selce. Un'anomalia ad alta velocità è presente all'interno del livello argilloso ($130 \text{ m} < x < 150 \text{ m}$) probabilmente spiegabile con la presenza di blocchi calcarei inglobati.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	55/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

LS7



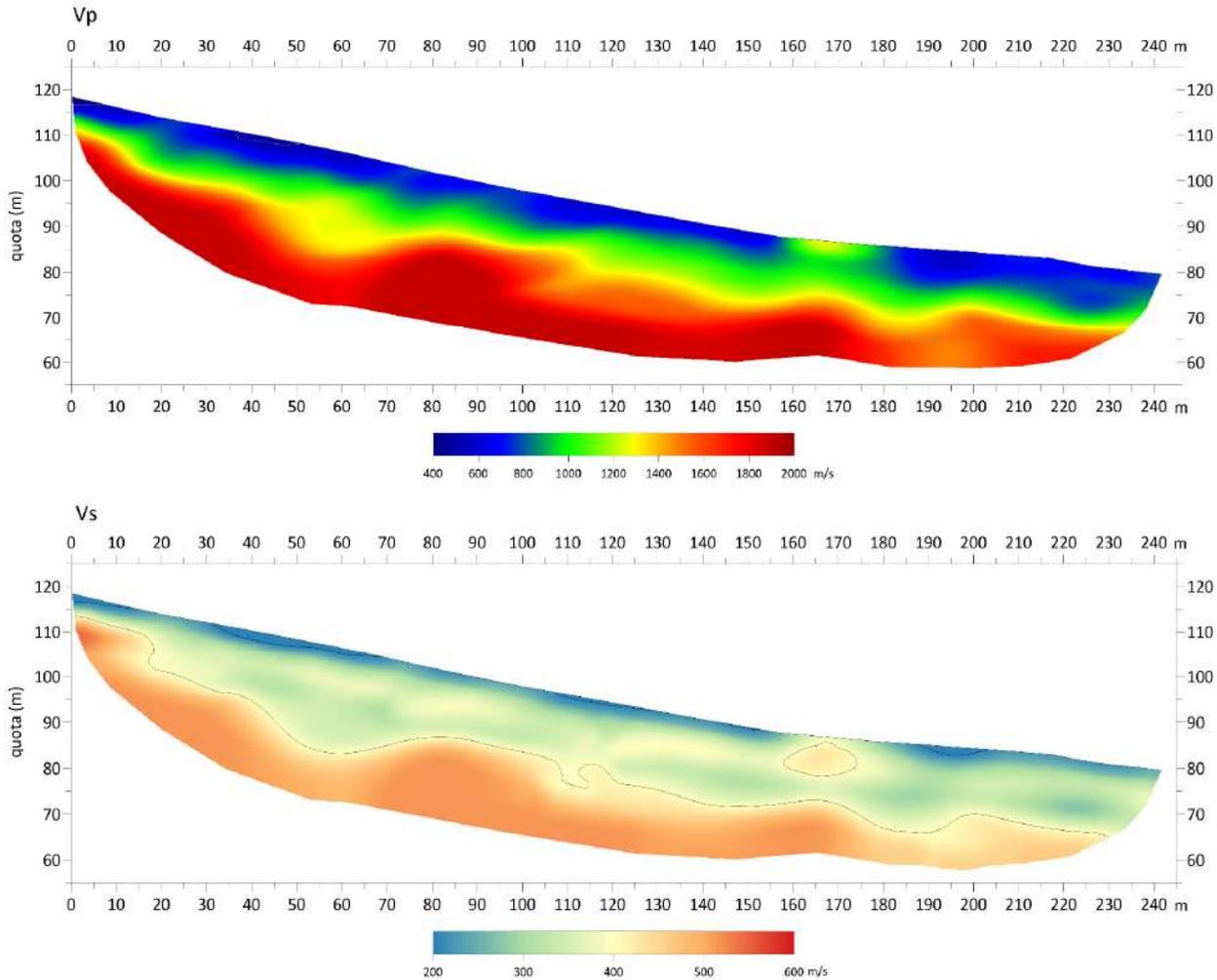
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	56/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

3.1.15 LS8

La tomografia sismica LS8, di lunghezza pari a 240 m, è stata eseguita in prossimità dei sondaggi S17 e S18. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con spessore di circa 5 m, caratterizzato da valori di Vp tra 500 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza di uno strato di alterazione superficiale. Al di sotto la velocità aumenta in modo graduale con la profondità, a causa della presenza delle argille del Flysch, con consistenza che aumenta in profondità.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	57/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

LS8



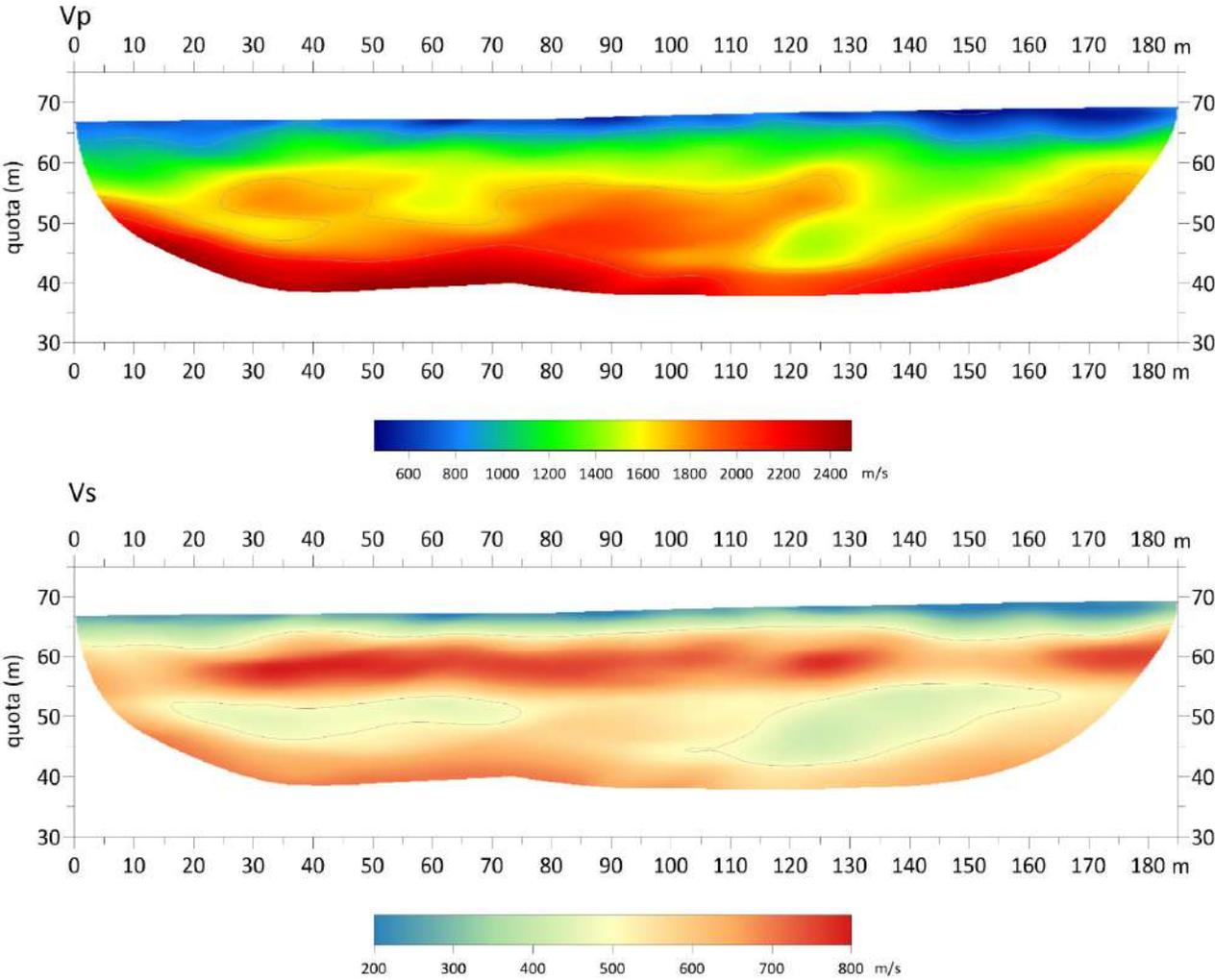
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	58/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

3.1.16 LS9

La tomografia sismica LS9 ha una lunghezza pari a 185 m. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con spessore che varia da 3 m a 7 m, caratterizzato da valori di Vp tra 500 m/s e 900 m/s circa, interpretabile con la presenza di terreni alluvionali. Al di sotto, sono presenti terreni argillosi caratterizzati da spessori irregolari, forti eterogeneità laterali e Vp tra 1300 m/s 2000 m/s. Infine, a z compreso tra 55 m e 45 m si nota il tetto di un substrato più rigido (Vp maggiore di 2000 m/s), interpretabile con la presenza di livelli flyschoidi più compatti.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	59/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

LS9



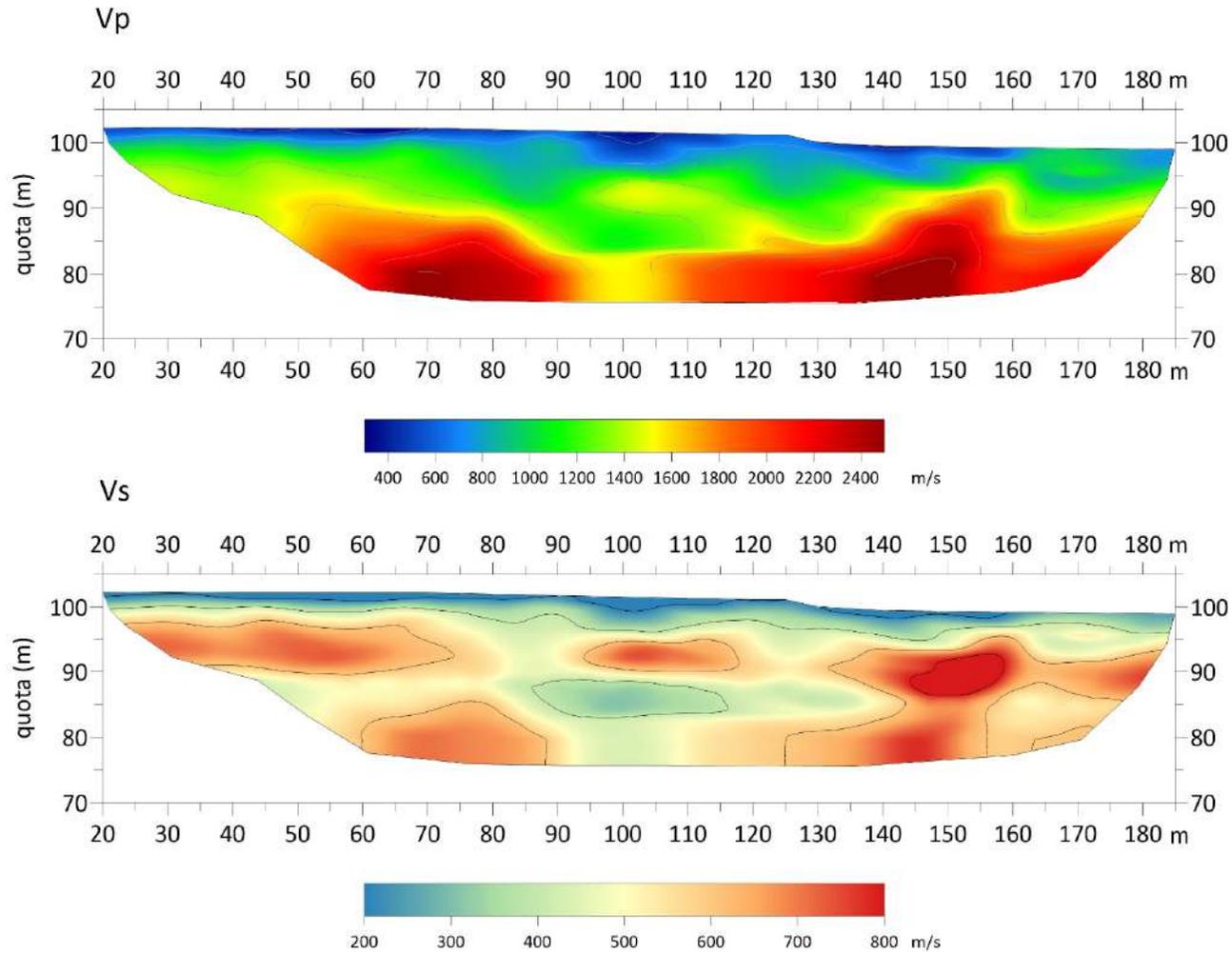
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	60/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

3.1.17 LS10b

La tomografia sismica LS10b, di lunghezza pari a 190 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S24, ubicato a $x = 98$ m. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con spessore che varia da 2 m a 5 m, caratterizzato da valori di V_p tra 400 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza di limi argillosi e clasti di varia natura. Al di sotto sono presenti argille grigie a struttura scagliosa, caratterizzate da spessori irregolari, forti eterogeneità laterali e V_p compreso tra 1000 m/s 1500 m/s. Infine, a z compreso tra 80 m e 90 m si nota il tetto di un substrato più rigido (V_p compreso tra 1800 m/s e 2500 m/s).

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	61/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

LS10b



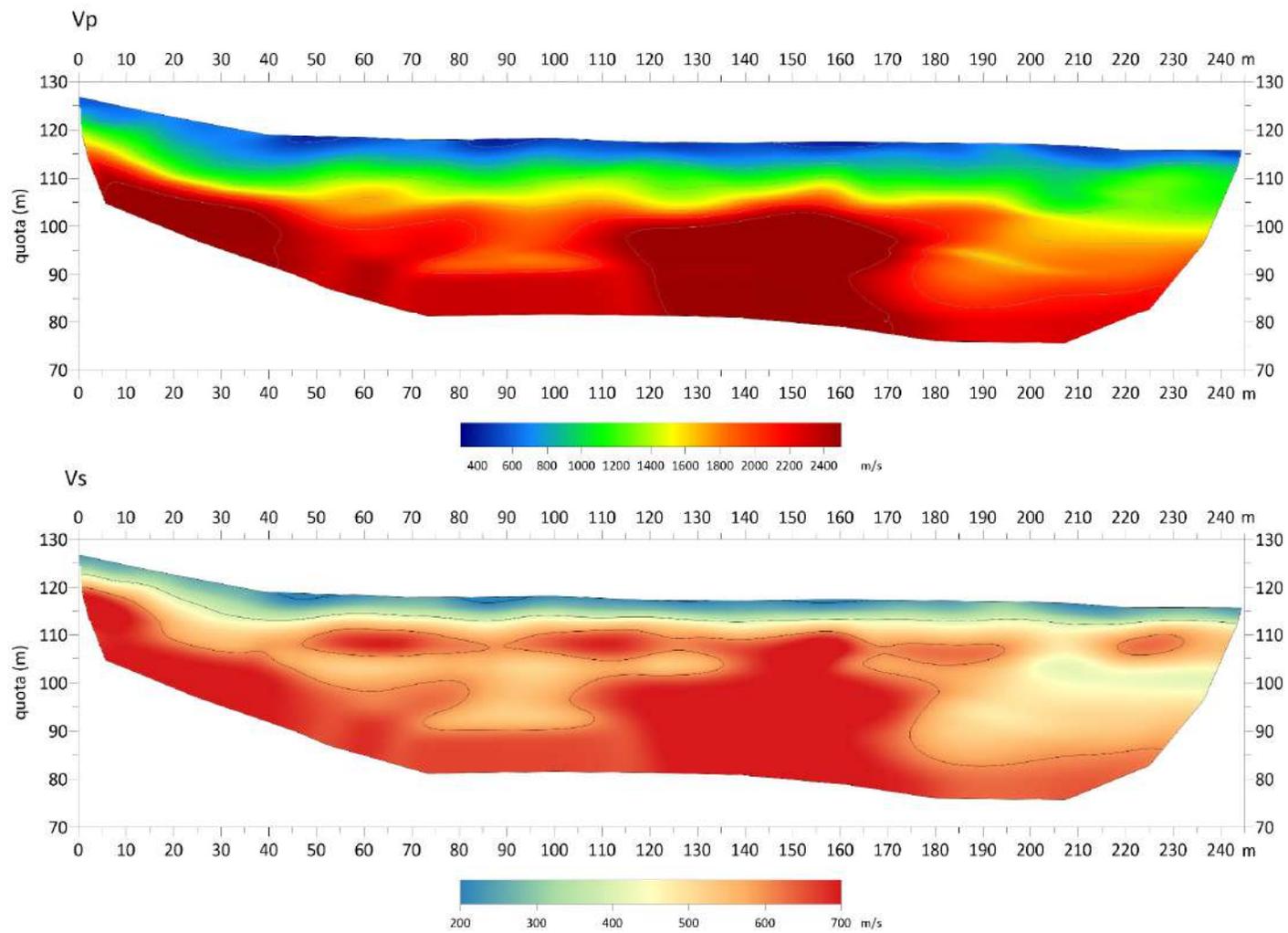
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	62/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

3.1.18 LS11

La tomografia sismica LS11, di lunghezza pari a 245 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S28, ubicato ad inizio profilo. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento regolare e spessore di circa 5 m, caratterizzato da valori di V_p tra 400 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza di limi argillosi e clasti di varia natura. Al di sotto l'aumento di velocità ($V_p = 1200$ m/s) è compatibile con la variazione composizionale dei limi che presentano inclusioni di blocchi lapidei. Infine, a z compreso tra 110 m e 95 m, si nota il tetto di un substrato più rigido ma al suo interno eterogeneo (V_p compreso tra 1800 m/s e 2500 m/s), compatibile con la presenza delle argille grigie con clasti ed intercalazioni di quarzosiltiti.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	63/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

LS11



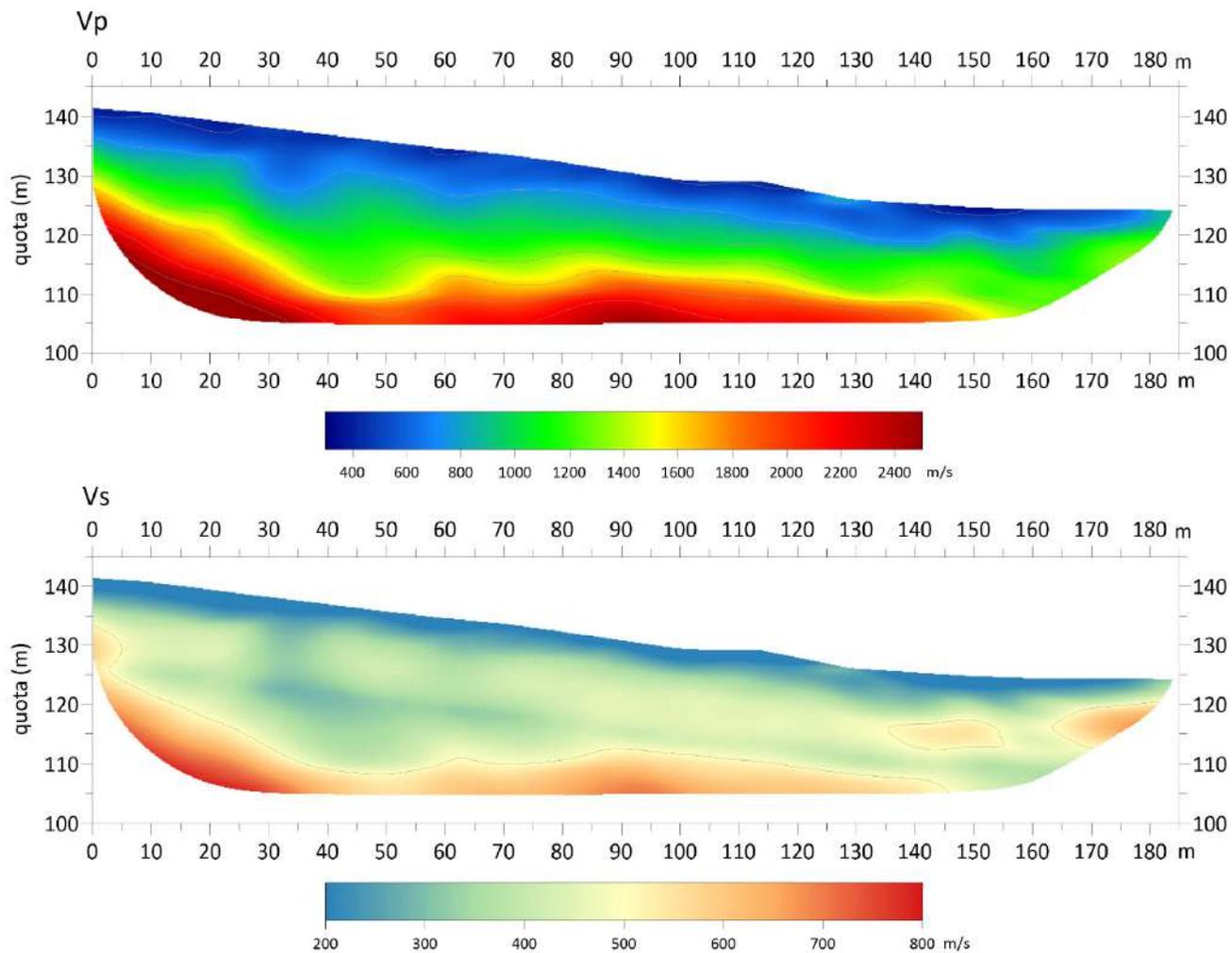
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	64/183
<i>INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE</i>				

3.1.19 LS12

La tomografia sismica LS12, di lunghezza pari a 175 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S29. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento omogeneo e spessore di circa 6 m, caratterizzato da valori di V_p tra 400 m/s e 800 m/s circa. Al di sotto la velocità sismica aumenta gradualmente con la profondità da $V_p = 1000$ m/s a $V_p = 2500$ m/s.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	65/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

LS12



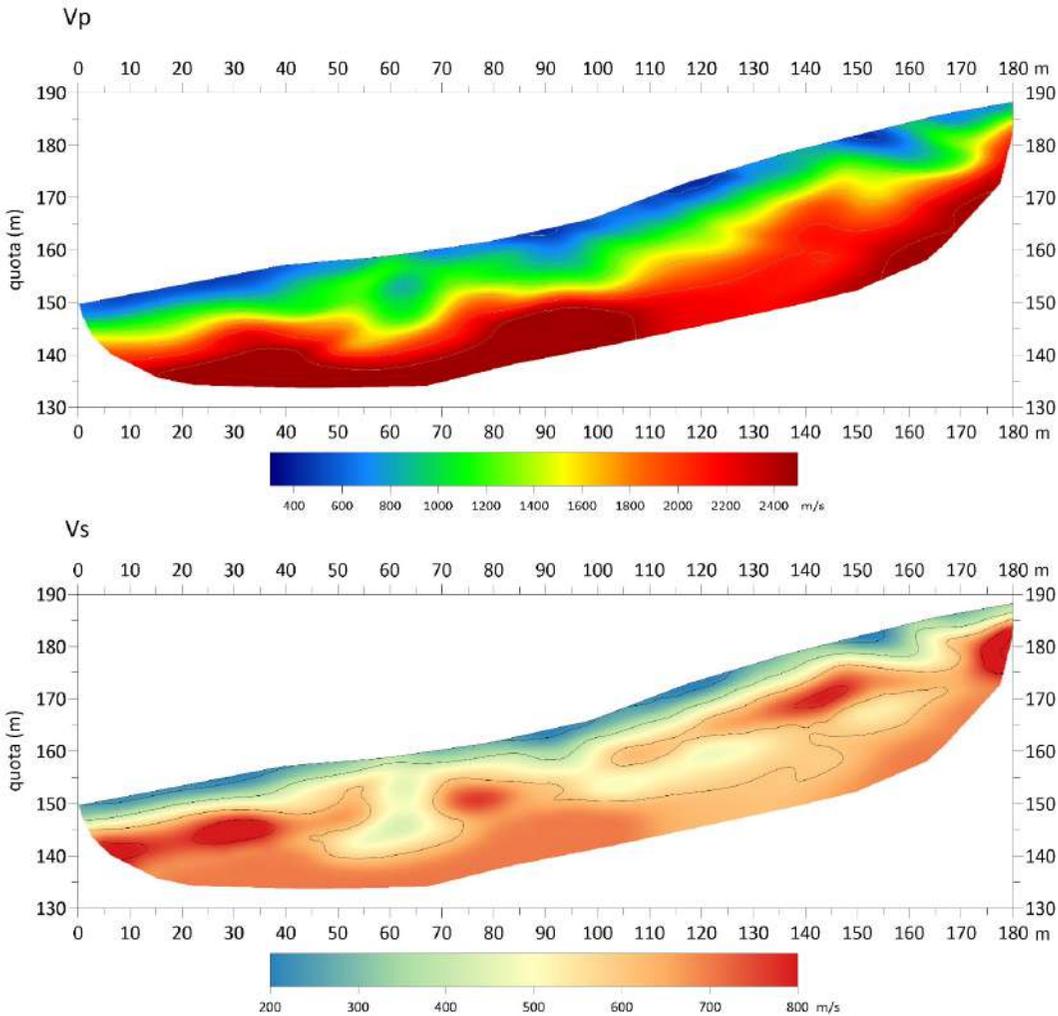
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	66/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

3.1.20 LS13

La tomografia sismica LS13 ha una lunghezza pari a 180 m. La tomografia mostra un sismostrato superficiale con spessore di circa 3-4m, caratterizzato da valori di Vp tra 500 m/s e 800 m/s circa. Al di sotto è presente un livello caratterizzato da distribuzione eterogenea della velocità, con valori di circa 900-1400 m/s. Infine si evidenzia un substrato più rigido, a una profondità fra 12 e 15 m circa, con Vp = 2000-2500 m/s.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	67/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

LS13



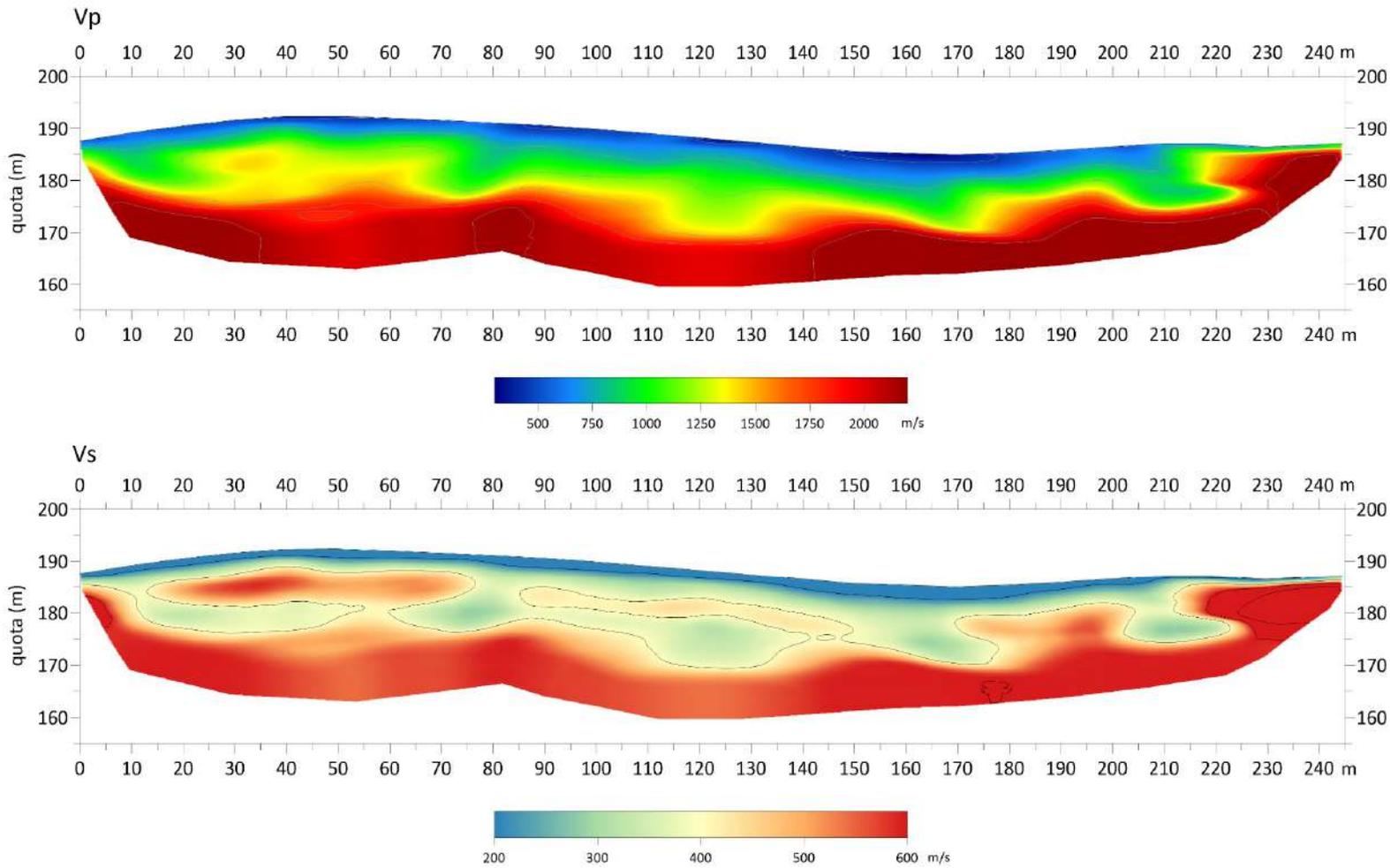
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	68/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

3.1.21 LS14

La tomografia sismica LS14, di lunghezza pari a 245 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S35. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento regolare e spessore che di circa 4m, caratterizzato da valori di V_p tra 400 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza di suolo agrario e argille alterate. Al di sotto l'aumento abbastanza graduale della velocità (da $V_p = 1000$ m/s fino a $V_p = 2200$ m/s) è compatibile con la presenza di argille grigie non alterate la cui compattezza aumenta con la profondità.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	69/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

LS14



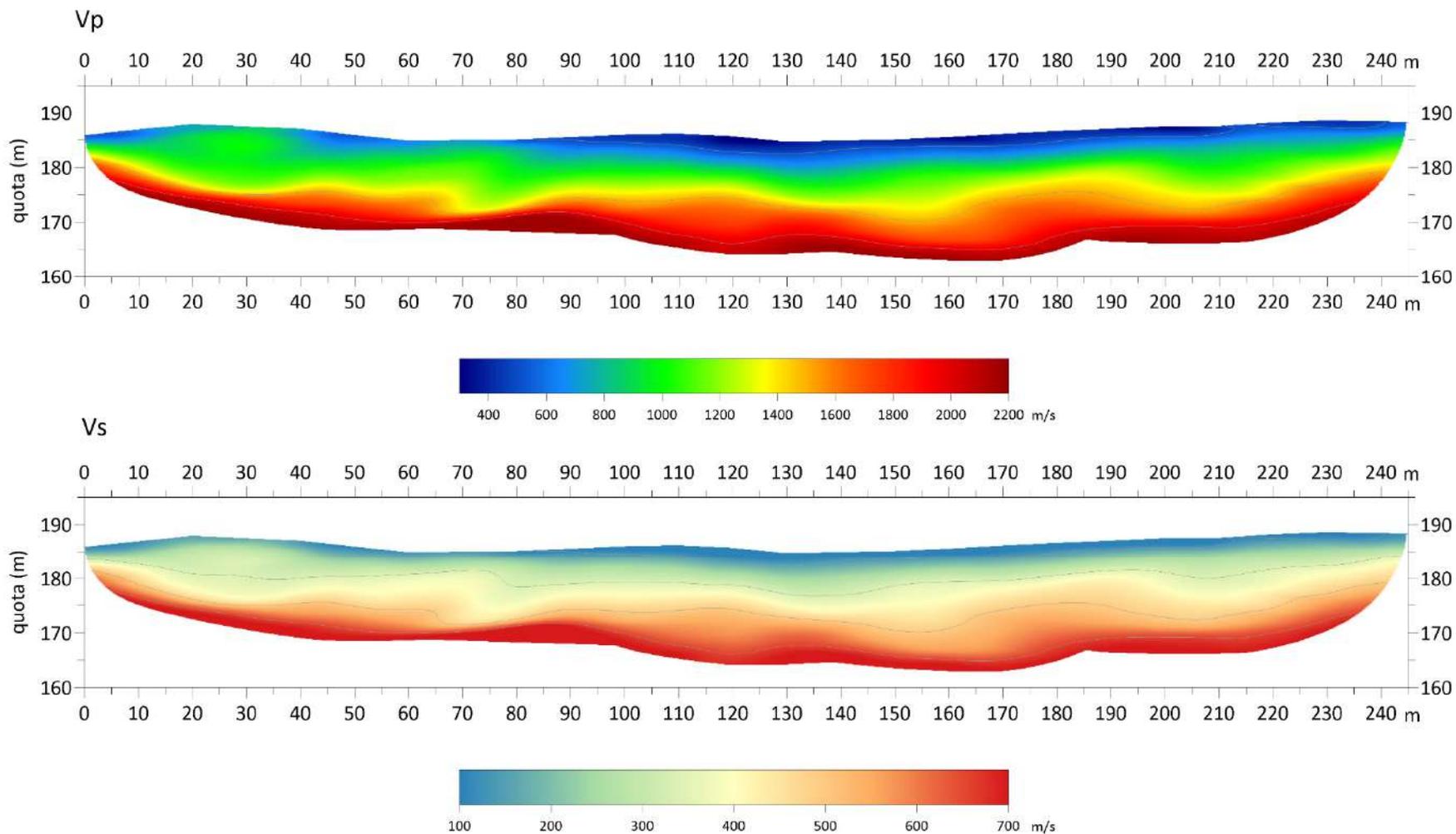
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	70/183
<i>INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE</i>				

3.1.22 LS15

La tomografia sismica LS15, di lunghezza pari a 245 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S36, ubicato a $x = 70$ m. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento regolare e spessore da 2 m a 4 m, caratterizzato da valori di V_p tra 400 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza di suolo agrario e argille alterate. Al di sotto l'aumento di abbastanza graduale della velocità con la profondità (da $V_p = 1000$ m/s fino a $V_p > 2000$ m/s) è compatibile con la presenza di argille grigie non alterate la cui compattezza aumenta con la profondità.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	71/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

LS15



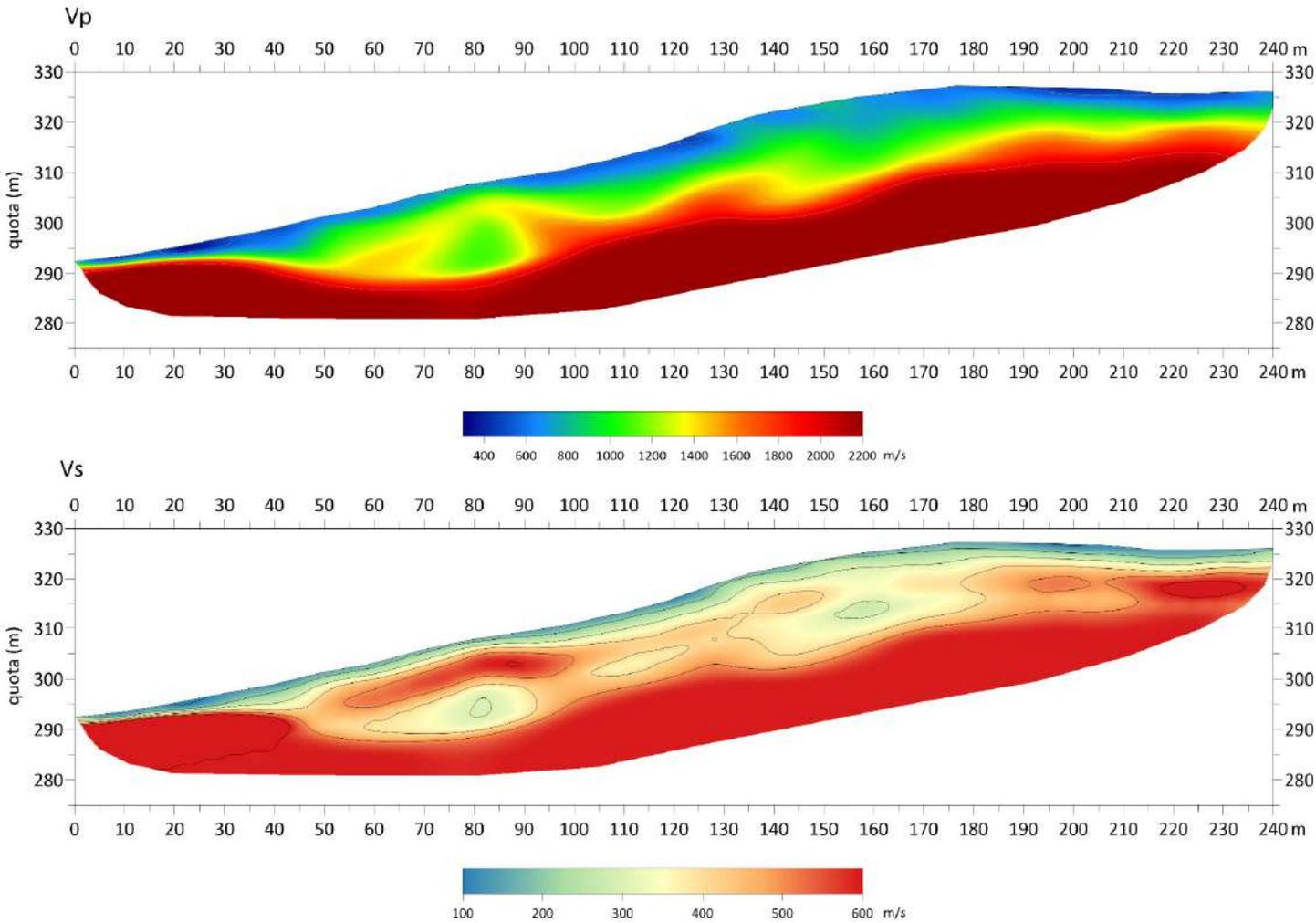
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	72/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

3.1.23 LS16a

La tomografia sismica LS16a, di lunghezza pari a 240 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S40, ubicato alla fine del profilo. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento regolare e spessore abbastanza regolare che va da 2 m a 4 m, caratterizzato da valori di V_p tra 400 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza di suolo agrario. Al di sotto sono presenti argille alterate di colore marrone caratterizzate da $V_p = 1000-1300$ m/s. Infine l'aumento della velocità con la profondità (da $V_p = 1800$ m/s fino a $V_p > 2200$ m/s) è compatibile con la presenza di argille grigie non alterate la cui compattezza aumenta con la profondità.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	73/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

LS16a



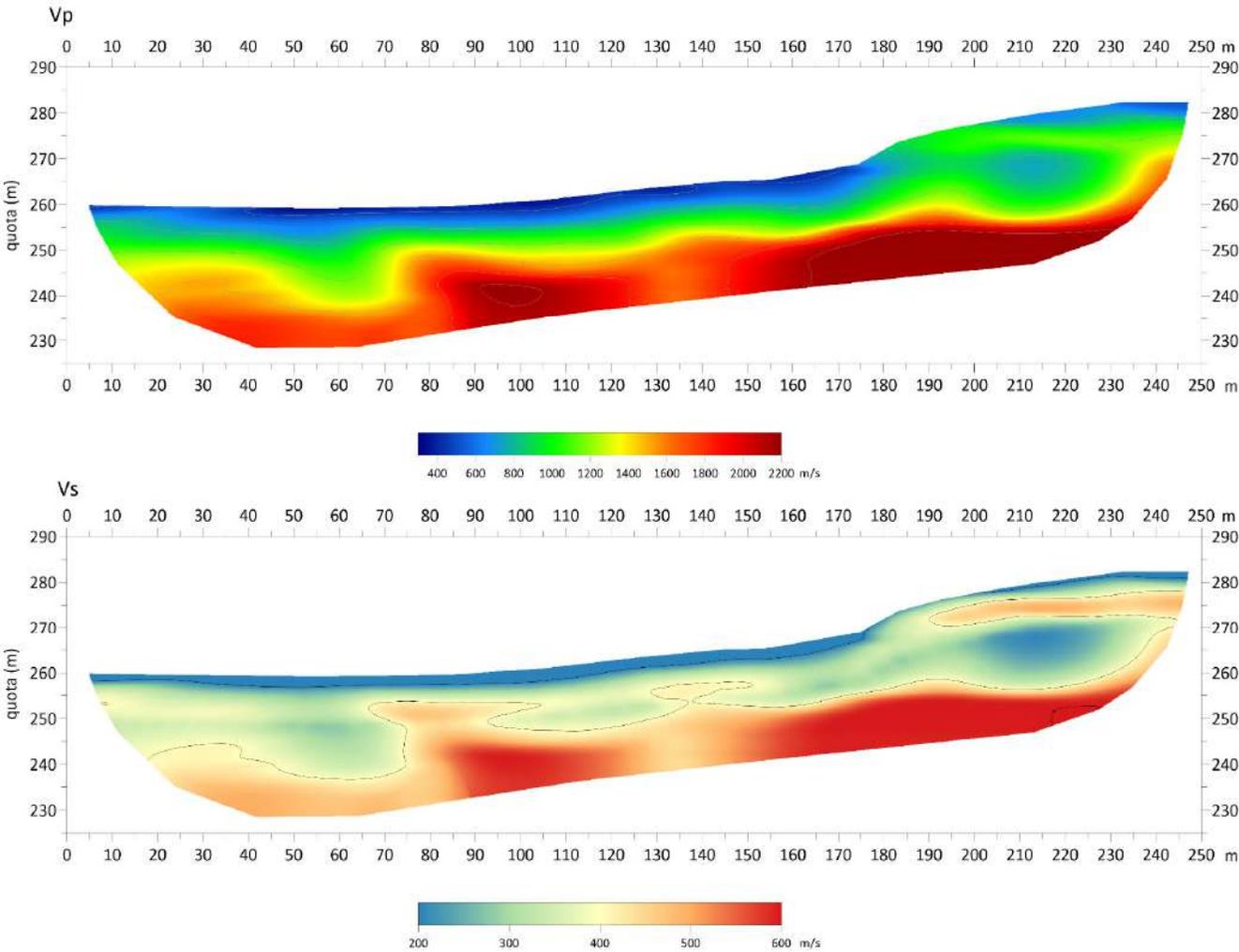
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	74/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

3.1.24 LS16b

La tomografia sismica LS16b ha una lunghezza pari a 250 m. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento abbastanza omogeneo e spessore variabile da 10 m a 15 m circa, caratterizzato da valori di V_p crescenti con la profondità, da 400 m/s a 1200 m/s. Al di sotto si nota un substrato rigido ($V_p = 1700-2200$ m/s) il cui tetto è attestato a quota $z = 235$ m fino a $x = 80$ m, per poi mostrare un gradino che porta il tetto a $z = 255$ m circa.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	75/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

LS16b



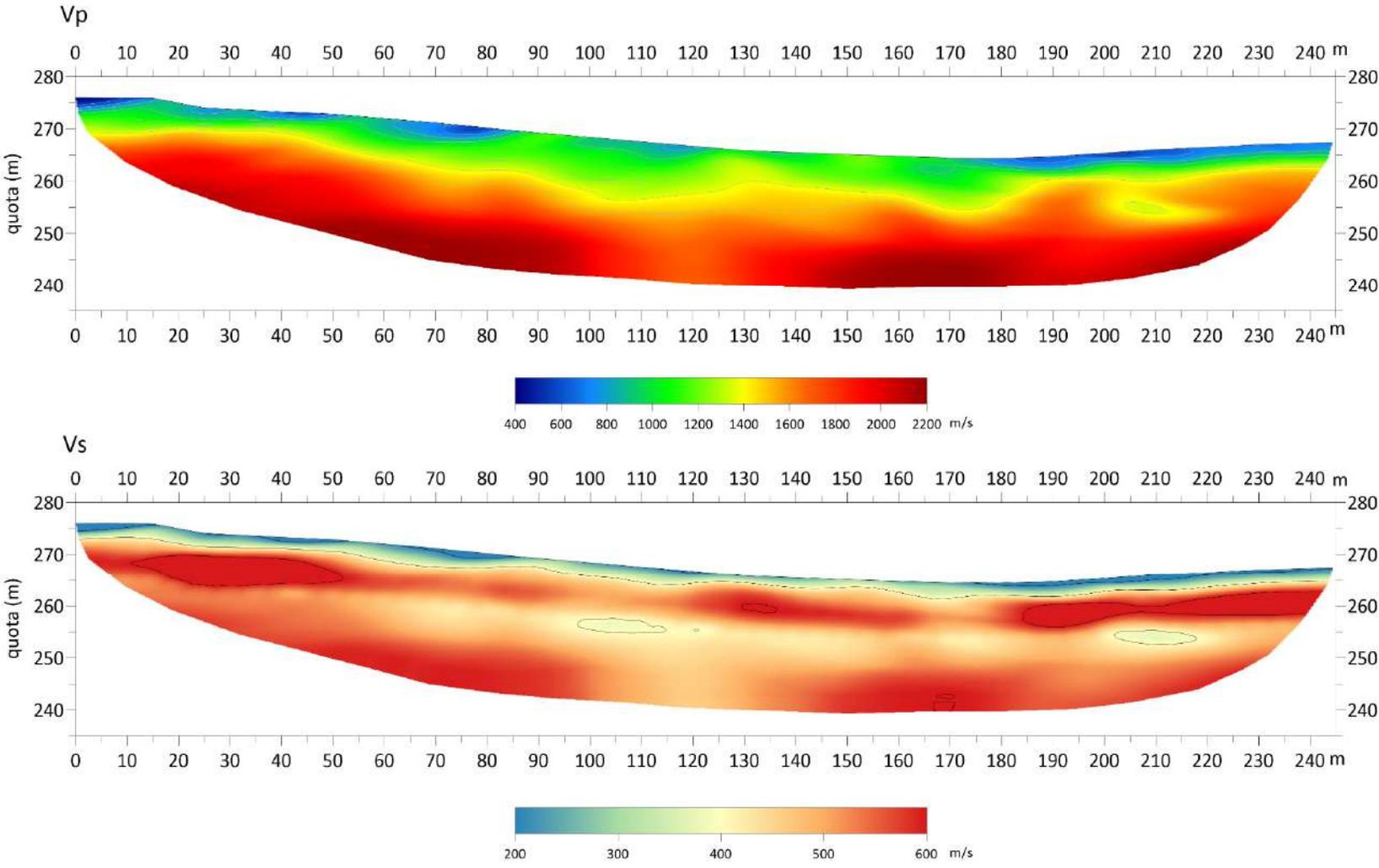
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	76/183
<i>INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE</i>				

3.1.25 LS17

La tomografia sismica LS17, di lunghezza pari a 245 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S42, ubicato a $x = 155$ m. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento irregolare e spessore di 1-2 m, caratterizzato da valori di V_p tra 400 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza di suolo agrario. Al di sotto sono presenti argille alterate e rimaneggiate caratterizzate da $V_p = 1000-1300$ m/s e spessori variabili da 5 m a 10 m. Infine l'aumento della velocità con la profondità (da $V_p = 1500$ m/s fino a $V_p > 2000$ m/s) è compatibile con la presenza di argille grigie non alterate la cui compattezza aumenta con la profondità.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	77/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

LS17



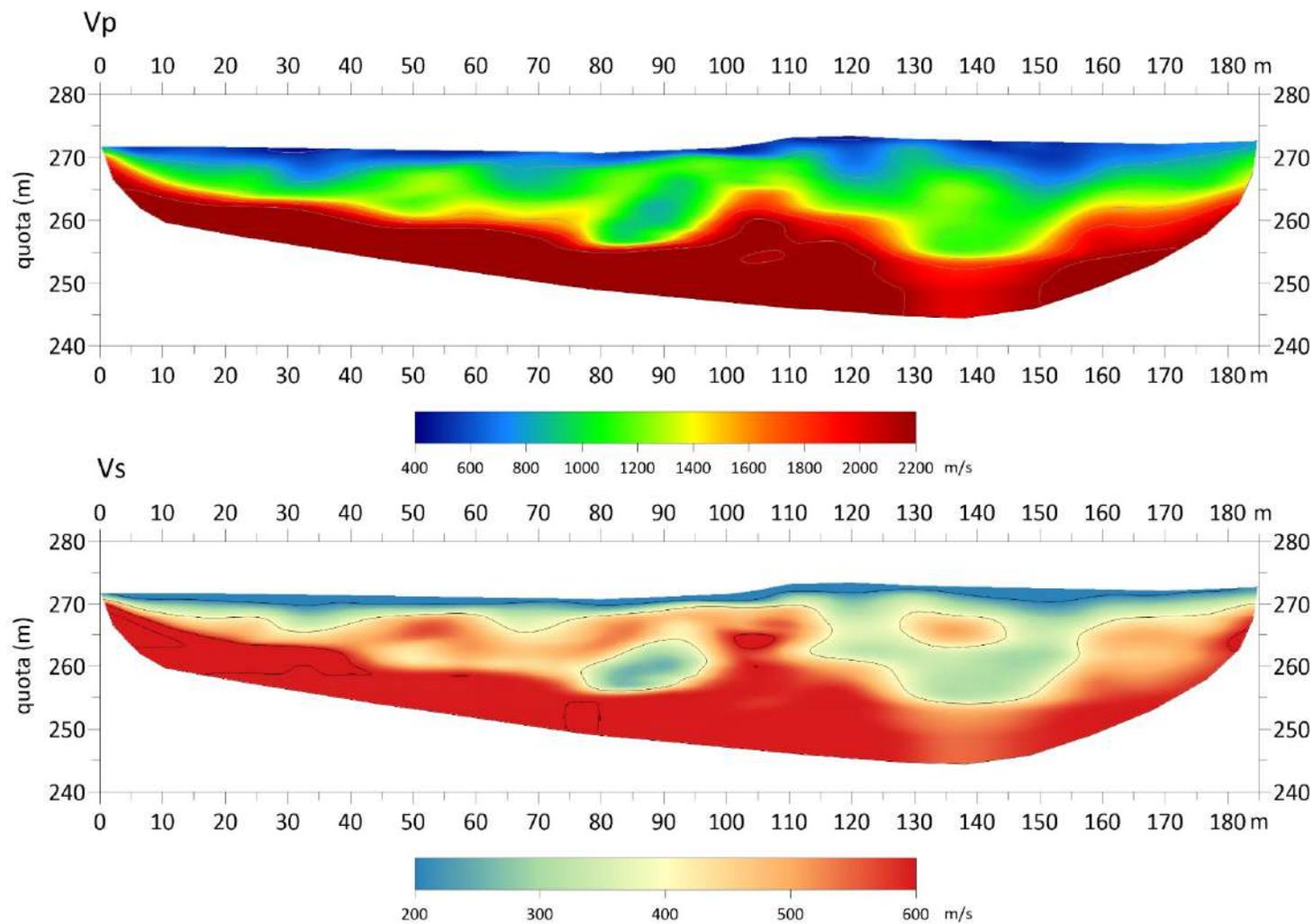
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	78/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

3.1.26 LS18

La tomografia sismica LS18, di lunghezza pari a 185 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S43, ubicato a $x = 90$ m. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento irregolare e spessore variabile da 1 m a 5 m, caratterizzato da valori di V_p tra 400 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza di suolo agrario. Al di sotto sono presenti argille alterate e rimaneggiate caratterizzate da $V_p = 800-1300$ m/s e spessori variabili da 5 m a 15 m. Infine l'aumento della velocità (da $V_p = 1800$ m/s fino a $V_p > 2000$ m/s) è compatibile con la presenza di argille grigie non alterate. Il tetto di queste ultime si presenta molto irregolare con approfondimento verso la direzione di avanzamento del profilo (da $z = 265$ m a $z = 255$ m).

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	79/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

LS18



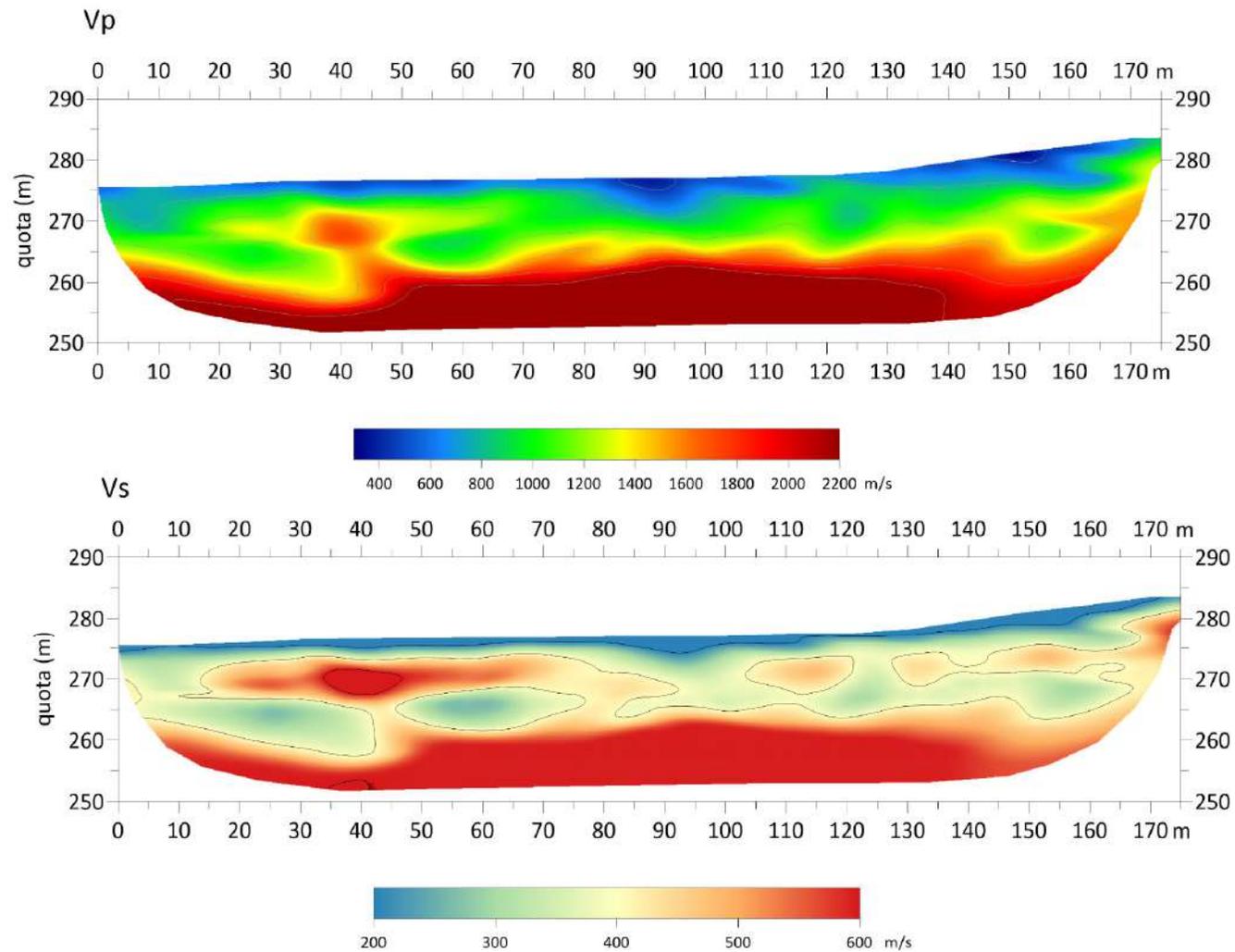
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	80/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

3.1.27 LS19

La tomografia sismica LS19, di lunghezza pari a 175 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S45. La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento eterogeneo e spessore variabile da 1 m a 6 m, caratterizzato da valori di V_p tra 400 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza di terreni di copertura. Al di sotto la velocità sismica assume un andamento alquanto irregolare, probabilmente a causa di blocchi quarzarenitici e quarzosiltitici e clasti di varia natura inglobati all'interno di limi argillosi e argille alterate. Infine, a $z = 260$ m circa si nota un passaggio brusco a valori di velocità più elevati ($V_p > 2000$ m/s) interpretabili con la presenza di argille grigie compatte.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	81/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

LS19



3.2 Down Hole

Di seguito vengono riportati i risultati e le interpretazioni delle 13 prove sismiche down-hole eseguite. Per ogni sondaggio vengono riportati:

- Due fotografie dell'acquisizione;
- Il grafico dei tempi corretti t_v in funzione della profondità z ;
- Il grafico delle velocità d'intervallo v_i in funzione della profondità z ;
- Il grafico del rapporto di Poisson σ in funzione della profondità z ;
- La stratigrafia semplificata del relativo sondaggio.

Dall'esame dei risultati ottenuti, si ritiene di poter interpolare aree con caratteristiche sismiche simili, in modo da avere una certa omogeneità corrispondente alla successione stratigrafica; tale corrispondenza non è sempre possibile poiché nell'ambito di uno stesso litotipo si possono avere valori di velocità delle onde sismiche e di conseguenza dei parametri elastici diversi, in funzione di svariati fattori.

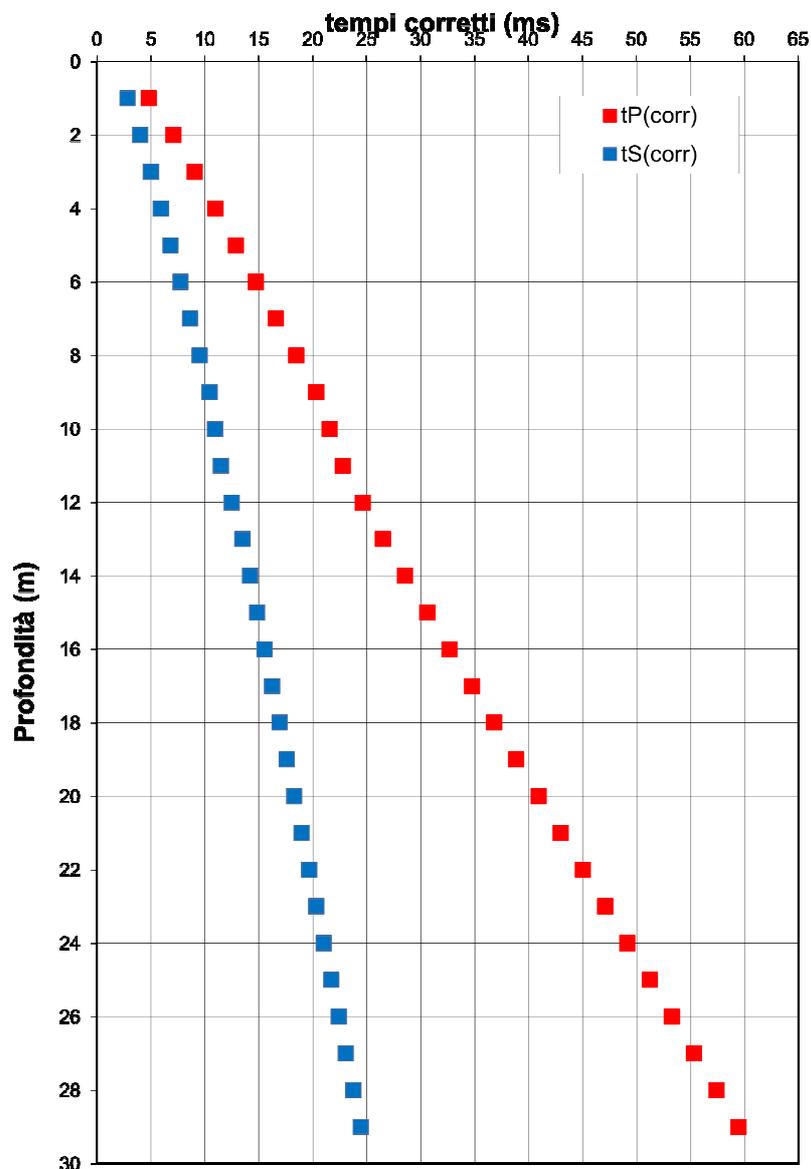
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	83/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

3.2.1 DH S2

Parametri di acquisizione e presentazione dei dati

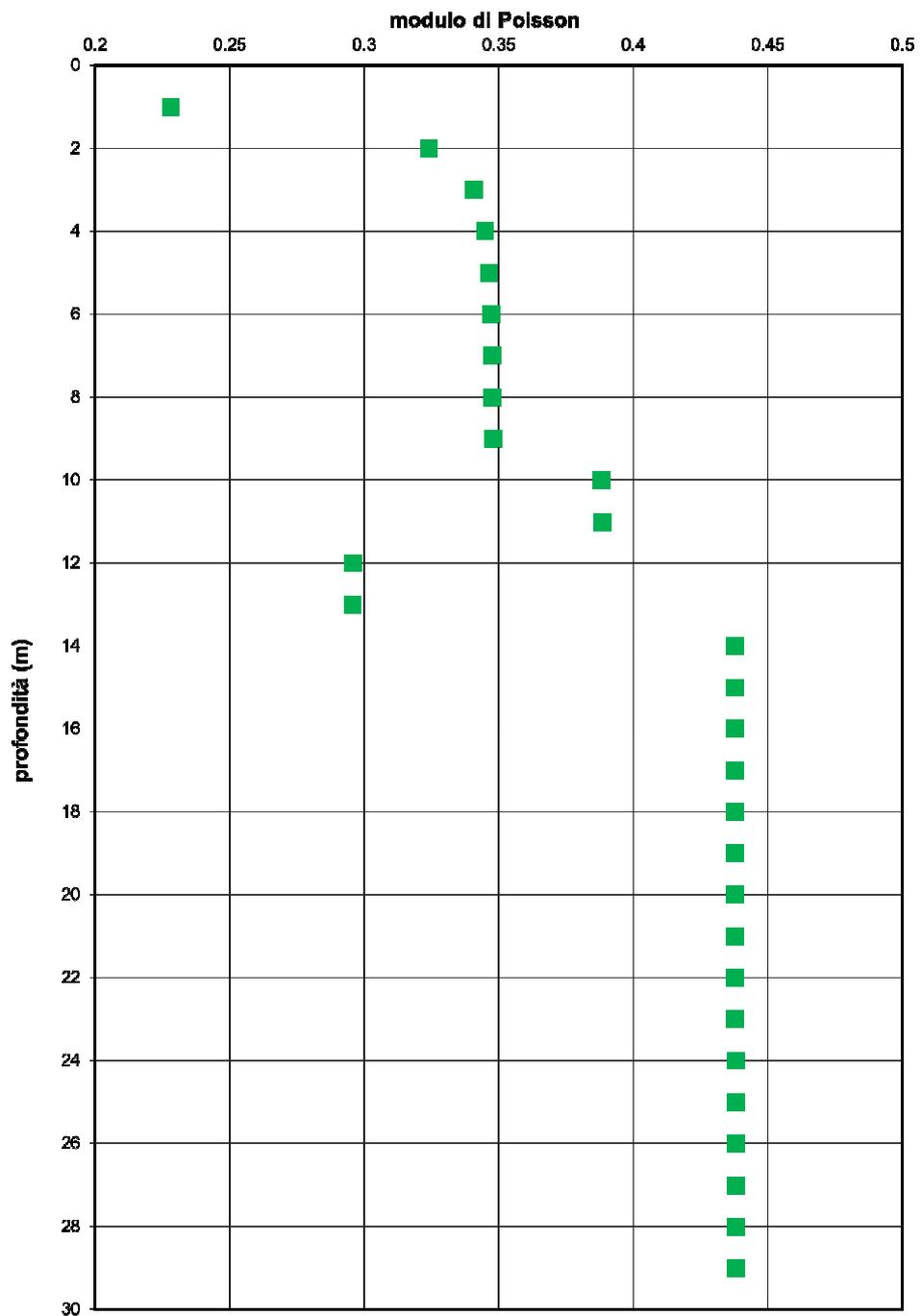
Il down-hole DH_S2 è stato eseguito in corrispondenza della trivellazione S2, con distanza d tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 29 m dal piano campagna. Il perforo si presentava asciutto fino a fondo foro.

Di seguito si riportano i grafici tempi corretti/profondità, velocità d'intervallo/profondità, rapporto di Poisson/profondità e la colonna stratigrafica.



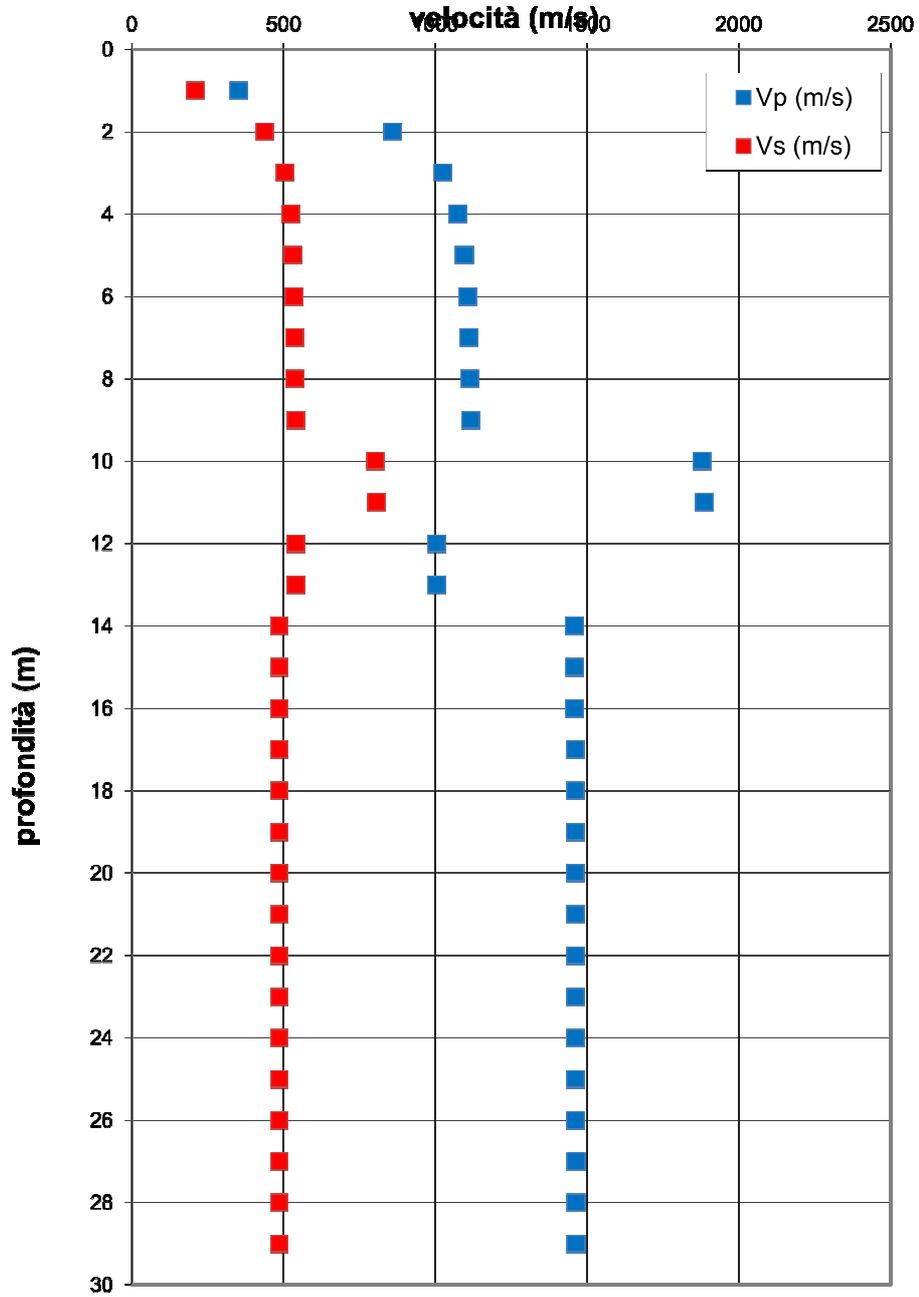
a)

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	84/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				



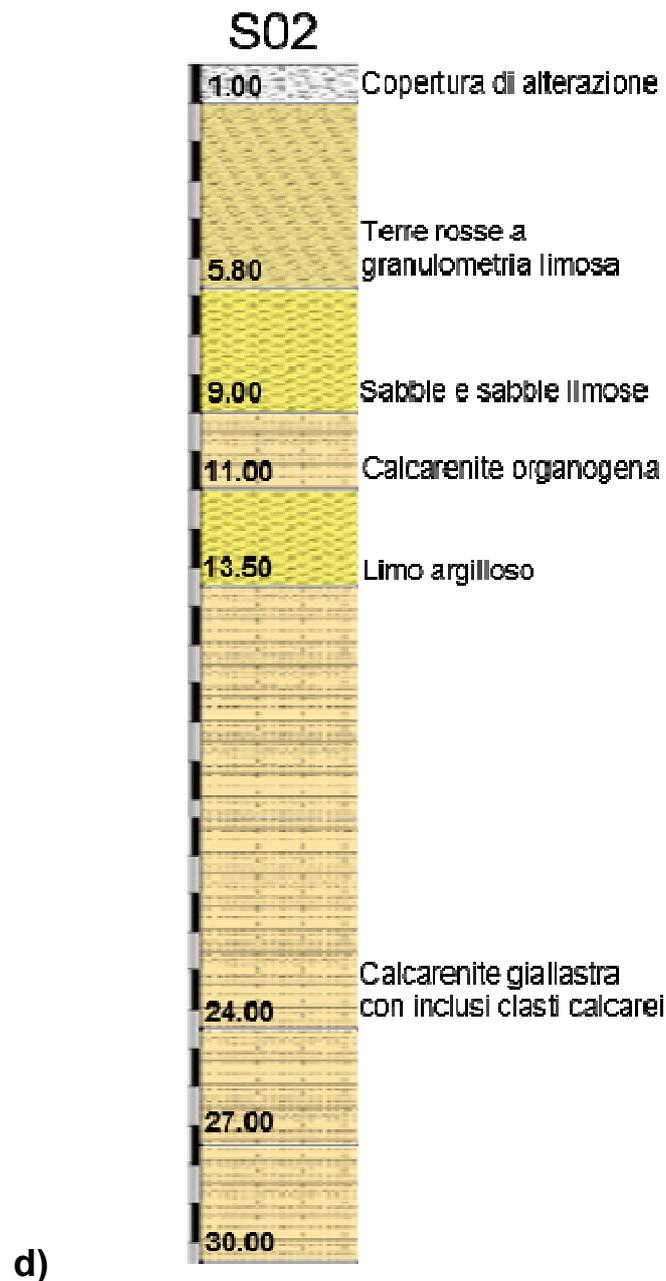
c)

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	85/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				



b)

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	86/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				



DH_S2. a) tempi corretti delle onde P (in rosso) ed S (in blu) in funzione della profondità; b) velocità d'intervallo in funzione della profondità; c) rapporto di Poisson in funzione della profondità; d) colonna stratigrafica.

Analisi ed interpretazione dei risultati

Il modello di velocità sismica mostra una copertura di alterazione di spessore pari a 1 m caratterizzata da basse velocità sismiche. Seguono le terre rosse e le sottostanti sabbie e sabbie limose, ($v_p \sim 1100$ m/s, $v_s \sim 500$ m/s, $\sigma \sim 0.35$) fino a $z = 9$ m. A questa profondità si rilevano 2 m di calcareniti ($v_p \sim 1900$ m/s, $v_s \sim 800$ m/s, $\sigma \sim 0.39$) che sovrastano limi argillosi ($v_p \sim 1000$ m/s, $v_s \sim 540$ m/s, $\sigma \sim 0.30$). Da 14 m in poi, fino alla massima profondità indagata si riscontrano calcareniti meno compatte ($v_p \sim 1460$ m/s, $v_s \sim 480$ m/s, $\sigma \sim 0.44$).

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	87/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

Fotografie dell'acquisizione dei dati



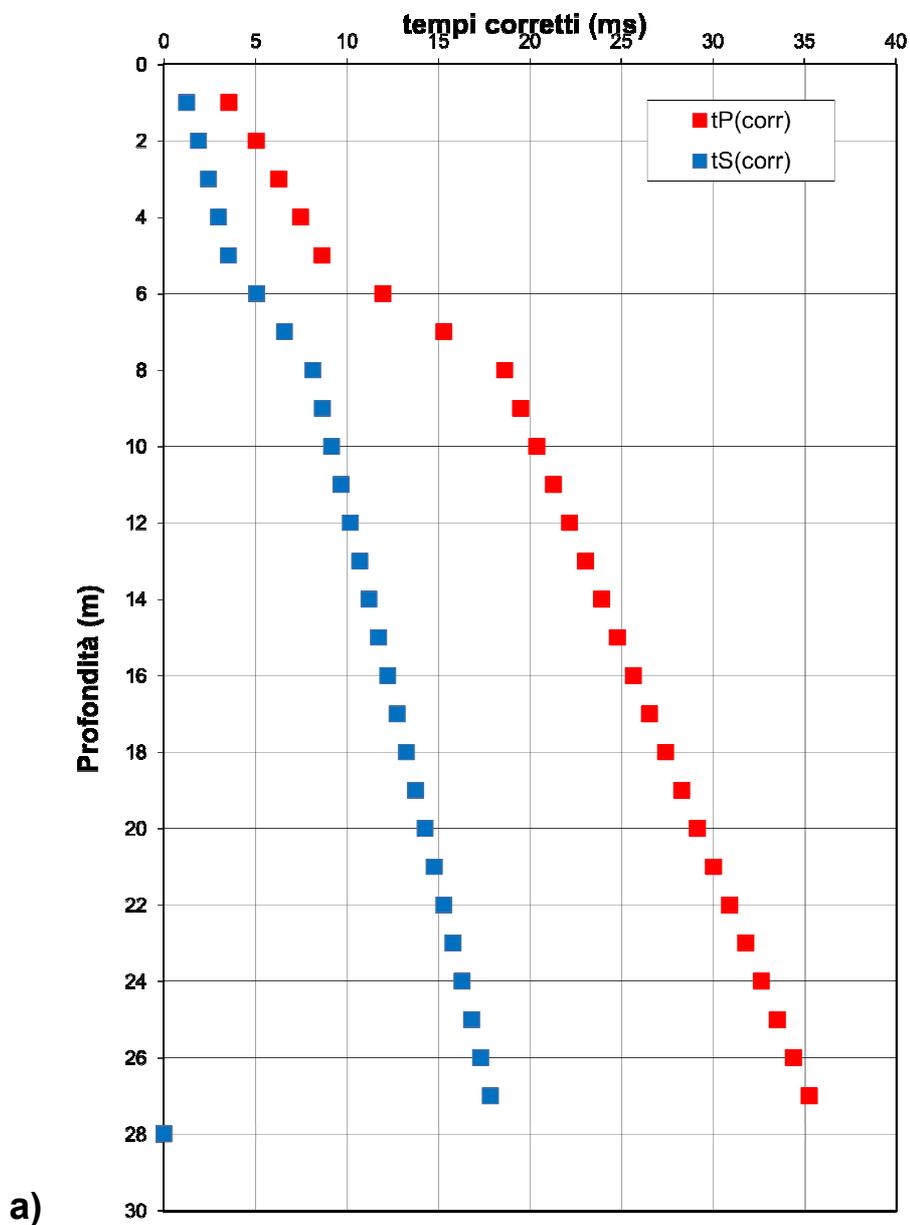
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	88/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

3.2.2 DH S4

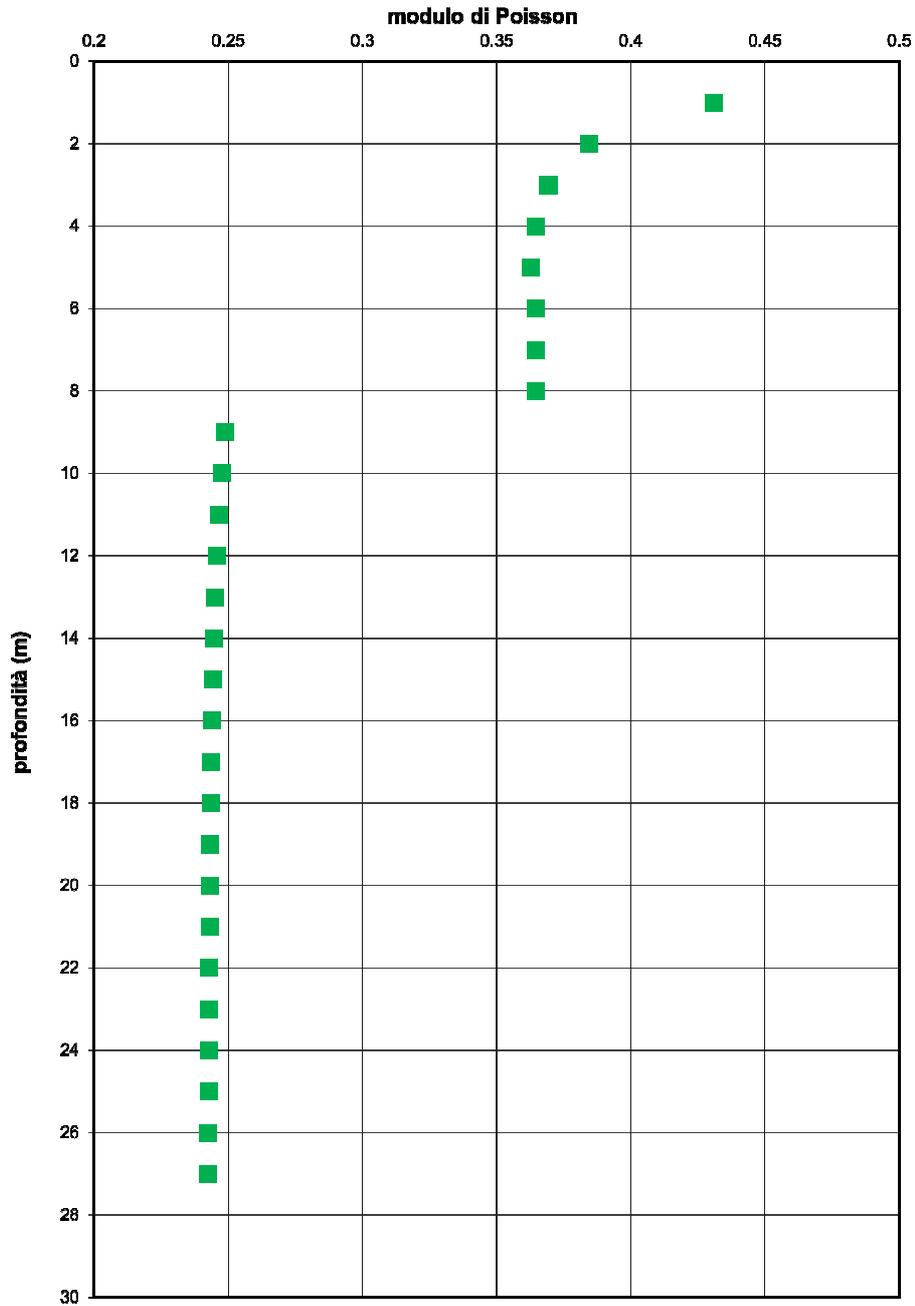
Parametri di acquisizione e presentazione dei dati

Il down-hole DH_S4 è stato eseguito in corrispondenza della trivellazione S4, con distanza d tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 27 m dal piano campagna. Il perforo si presentava asciutto fino a fondo foro.

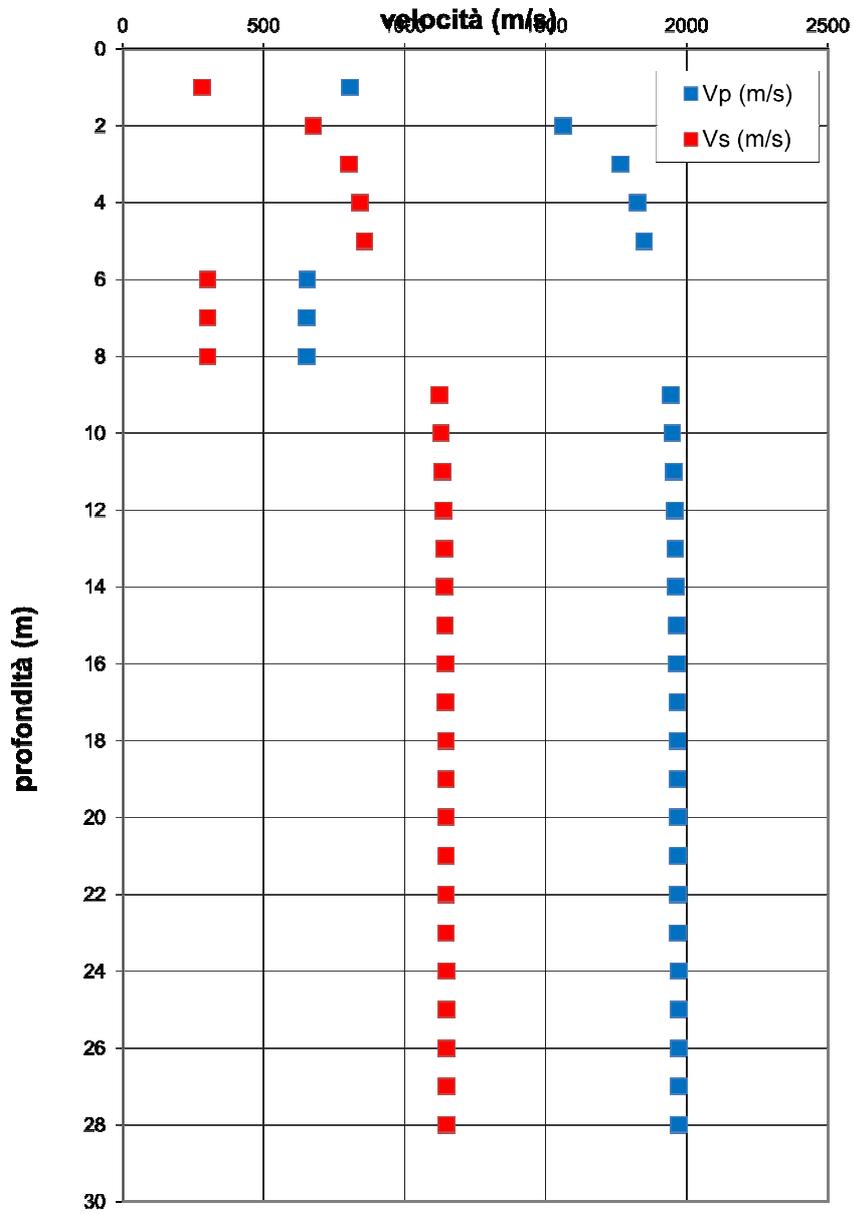
Di seguito si riportano i grafici tempi corretti/profondità, velocità d'intervallo/profondità, rapporto di Poisson/profondità e la colonna stratigrafica.



Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	89/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

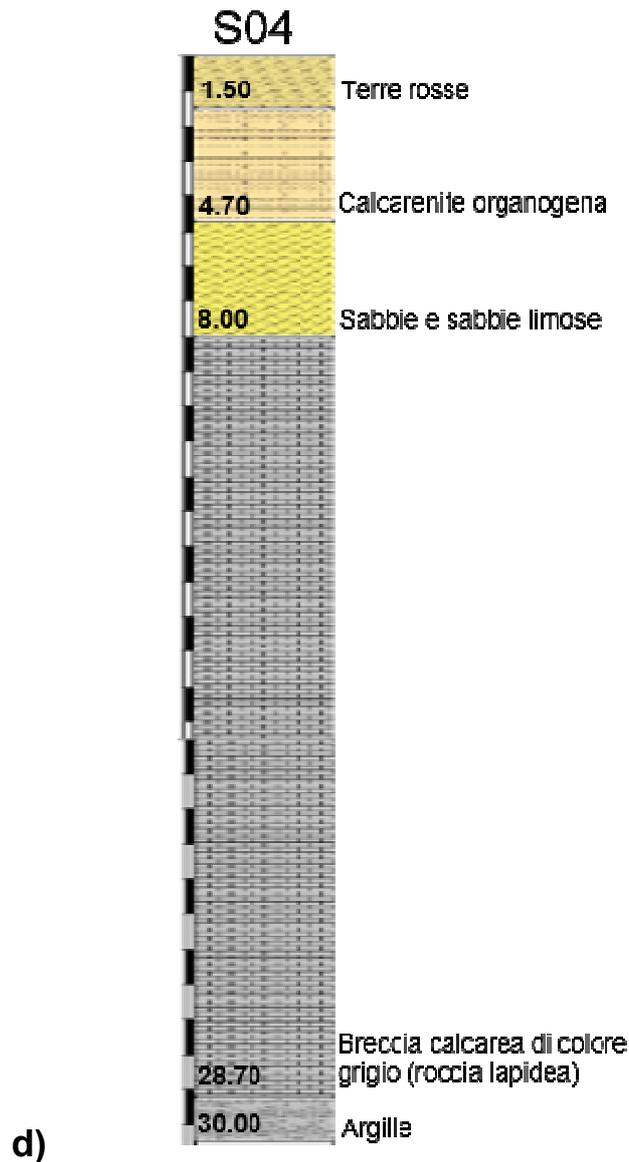


Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	90/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				



b)

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	91/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				



DH_S4. a) tempi corretti delle onde P (in rosso) ed S (in blu) in funzione della profondità; b) velocità d'intervallo in funzione della profondità; c) rapporto di Poisson in funzione della profondità; d) colonna stratigrafica.

Analisi ed interpretazione dei risultati

Il modello di velocità sismica mostra una copertura di alterazione di spessore pari a 1 m caratterizzata da basse velocità sismiche. Seguono le calcareniti fino 6 m di profondità, caratterizzate da valori crescenti di velocità ($v_p \approx 1800$ m/s, $v_s \approx 850$ m/s, $\sigma \approx 0.39$). Da 6 m a 8 m i valori tornano a scendere in corrispondenza di sabbie e sabbie limose ($v_p \approx 650$ m/s, $v_s \approx 300$ m/s). Da 14 m in poi, fino alla massima profondità indagata si riscontra breccia calcarea ($v_p \approx 1970$ m/s, $v_s \approx 1150$ m/s, $\sigma \approx 0.24$).

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	92/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			

Fotografie dell'acquisizione dei dati



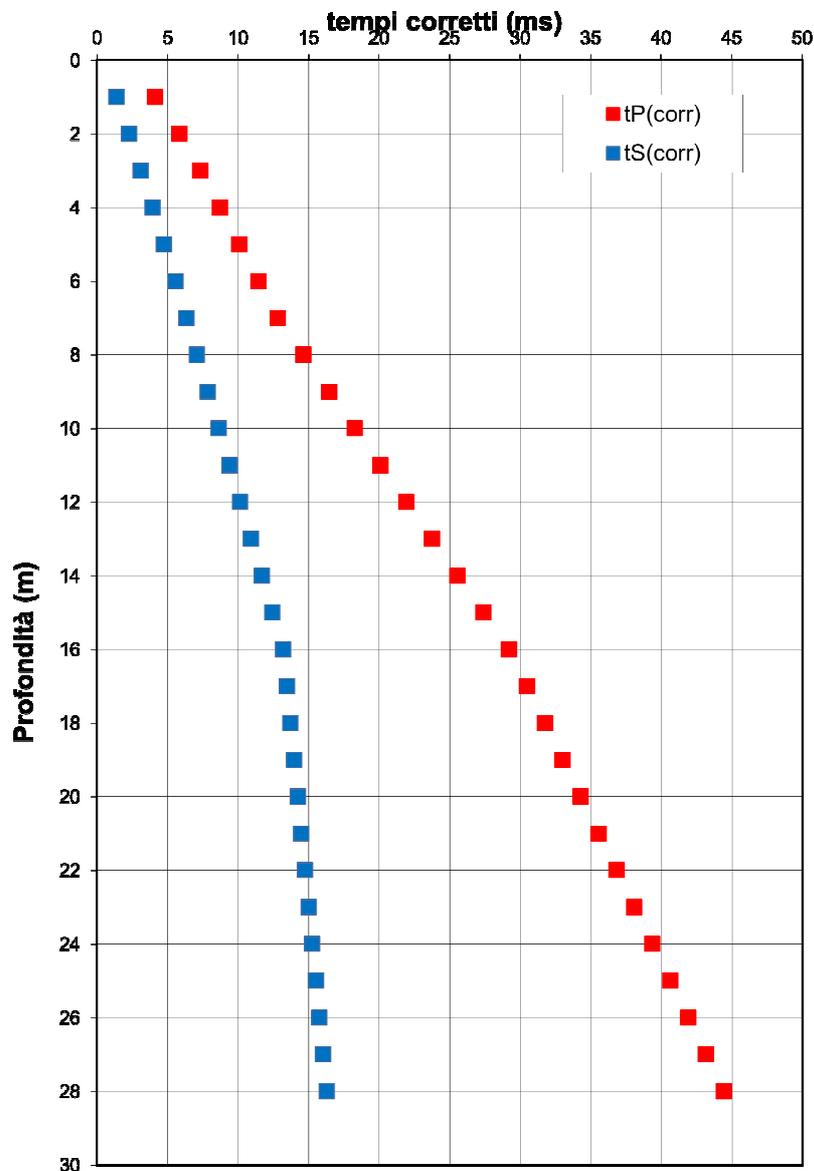
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	93/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

3.2.3 DH S7

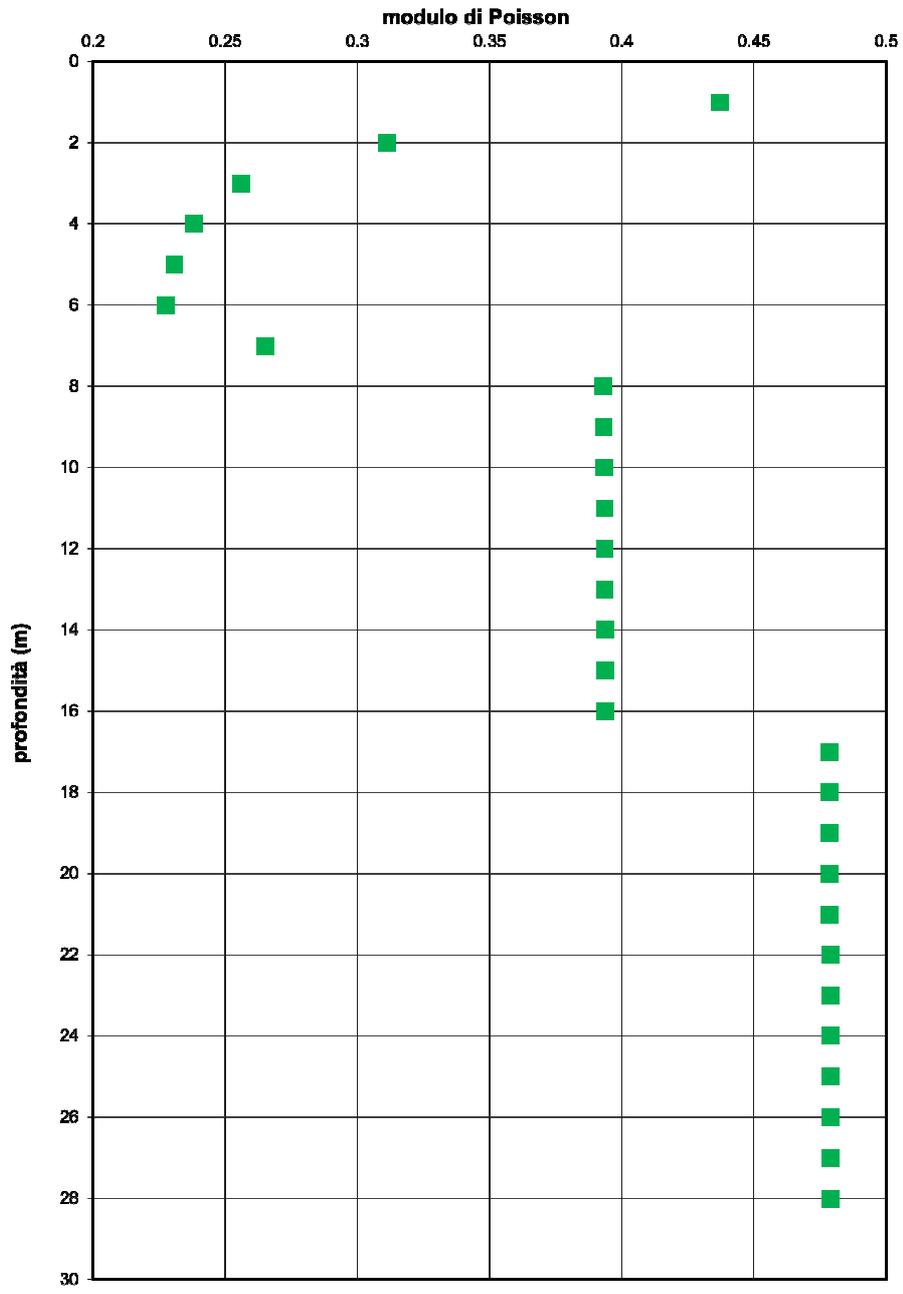
Parametri di acquisizione e presentazione dei dati

Il down-hole DH_S7 è stato eseguito in corrispondenza della trivellazione S7, con distanza d tra sorgente e asse del foro pari a 30 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 28 m dal piano campagna. Il perforo si presentava asciutto fino a fondo foro.

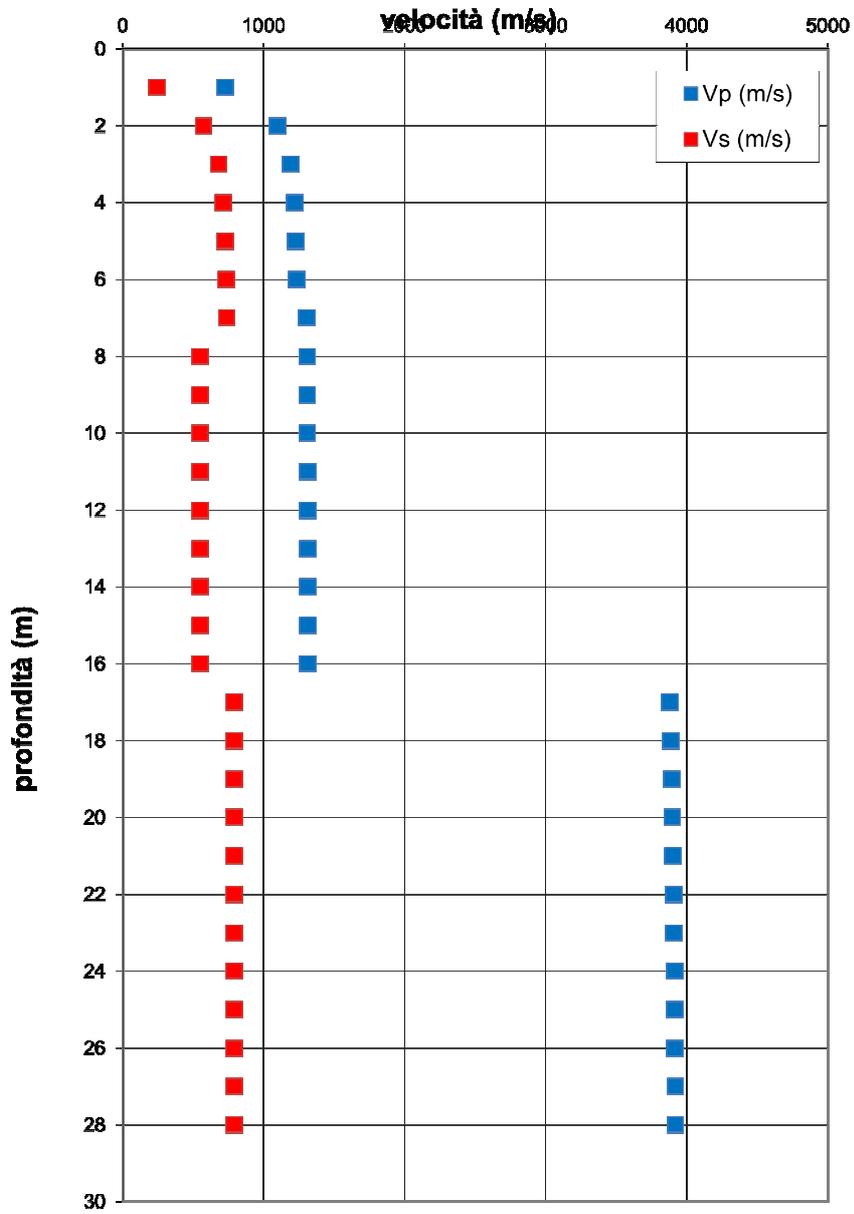
Di seguito si riportano i grafici tempi corretti/profondità, velocità d'intervallo/profondità, rapporto di Poisson/profondità e la colonna stratigrafica.



Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	94/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

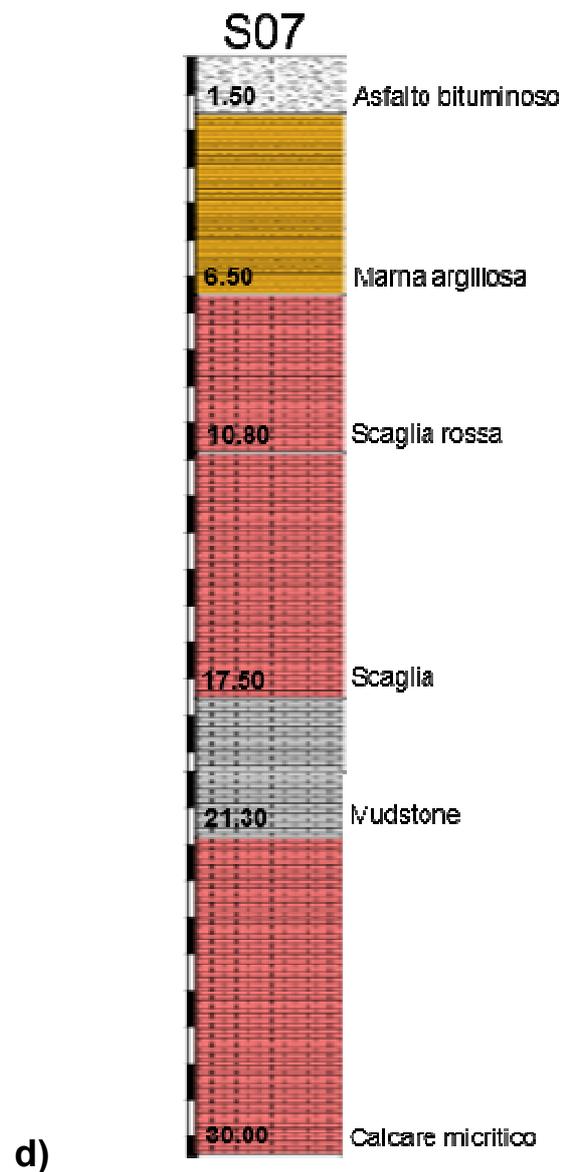


Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	95/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				



b)

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	96/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				



DH_S7. a) tempi corretti delle onde P (in rosso) ed S (in blu) in funzione della profondità; b) velocità d'intervallo in funzione della profondità; c) rapporto di Poisson in funzione della profondità; d) colonna stratigrafica.

Analisi ed interpretazione dei risultati

Il modello di velocità sismica mostra una copertura di alterazione di spessore pari a 1 m caratterizzata da basse velocità sismiche. Seguono marne argillose caratterizzate da valori di velocità crescenti con la profondità fino a $z = 7$ m ($v_p \approx 1300$ m/s, $v_s \approx 700$ m/s, $\sigma \approx 0.24$). Da 8 m fino a 16 m si rilevano calcari marnosi ($v_p \approx 1310$ m/s, $v_s \approx 550$ m/s, $\sigma \approx 0.39$). Successivamente le velocità sismiche aumentano sensibilmente ($v_p \approx 3800$ m/s, $v_s \approx 800$ m/s), in corrispondenza di calcari grigio biancastri e di calcari micritici.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	97/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

Fotografie dell'acquisizione dei dati



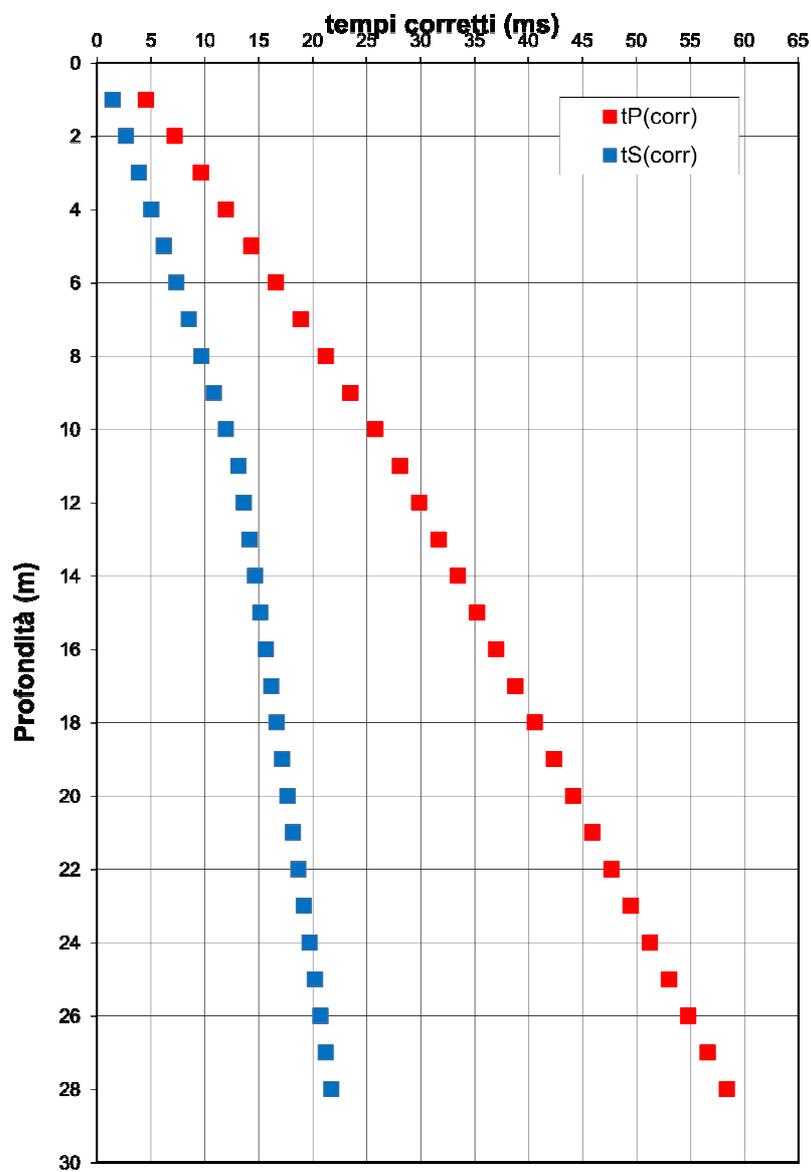
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	98/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

3.2.4 DH S14

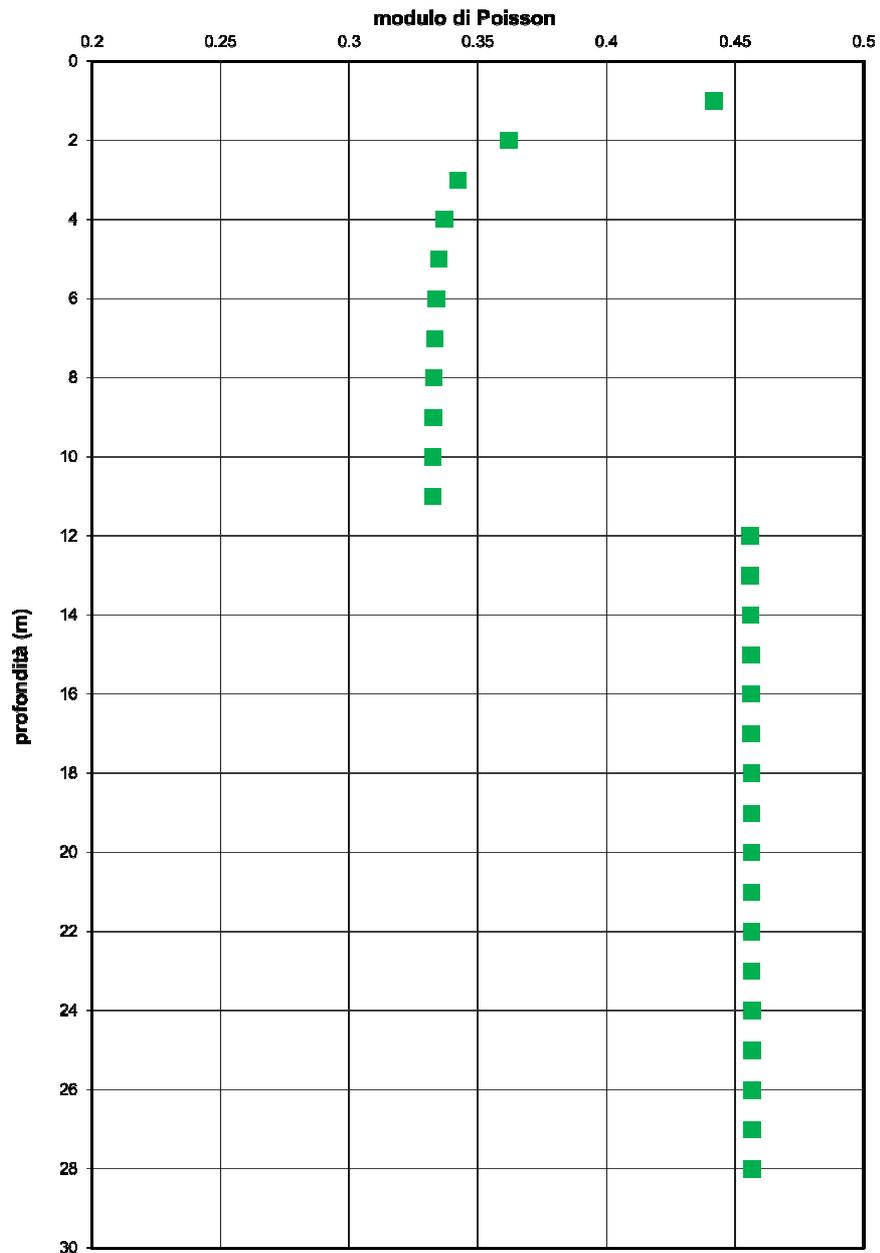
Parametri di acquisizione e presentazione dei dati

Il down-hole DH_S14 è stato eseguito in corrispondenza della trivellazione S14, con distanza d tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 28 m dal piano campagna. Da $z \approx 4$ m in poi si è riscontrata la presenza di acqua.

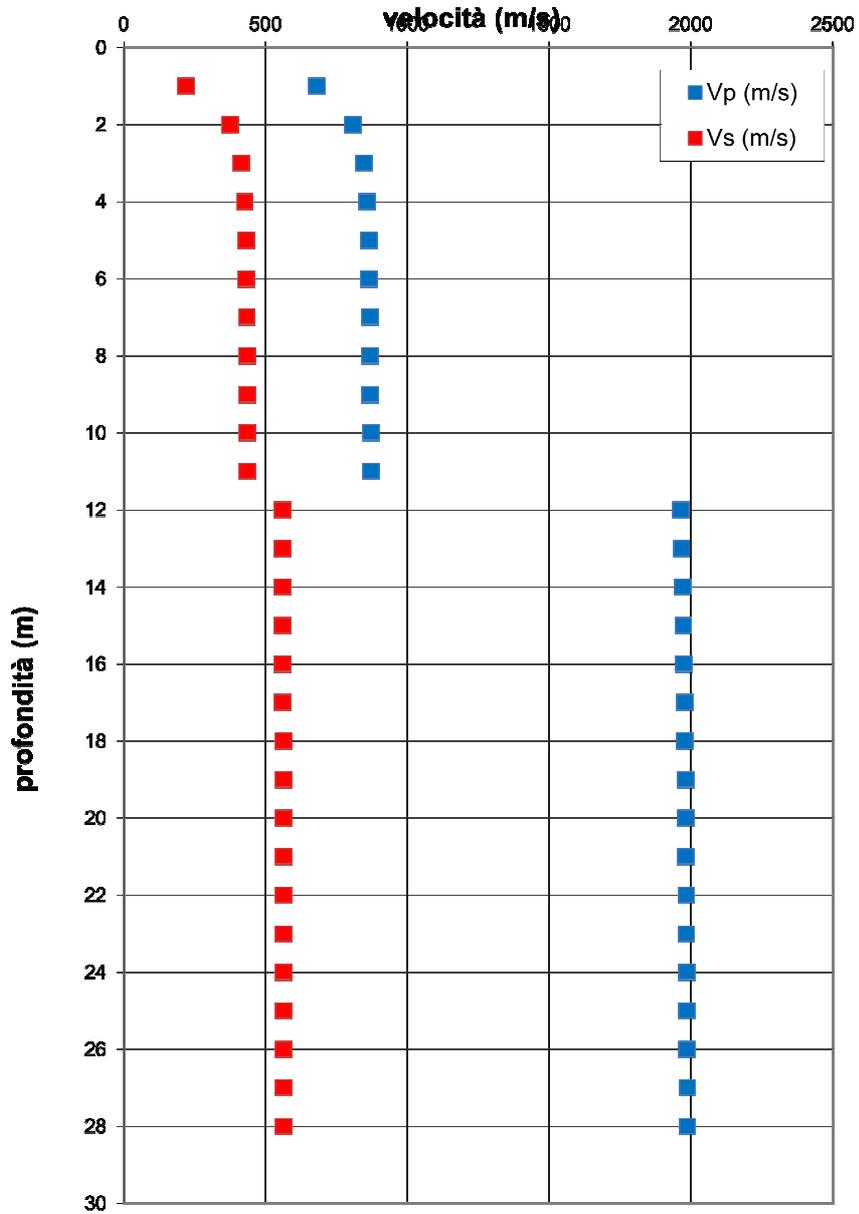
Di seguito si riportano i grafici tempi corretti/profondità, velocità d'intervallo/profondità, rapporto di Poisson/profondità e la colonna stratigrafica.



Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	99/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

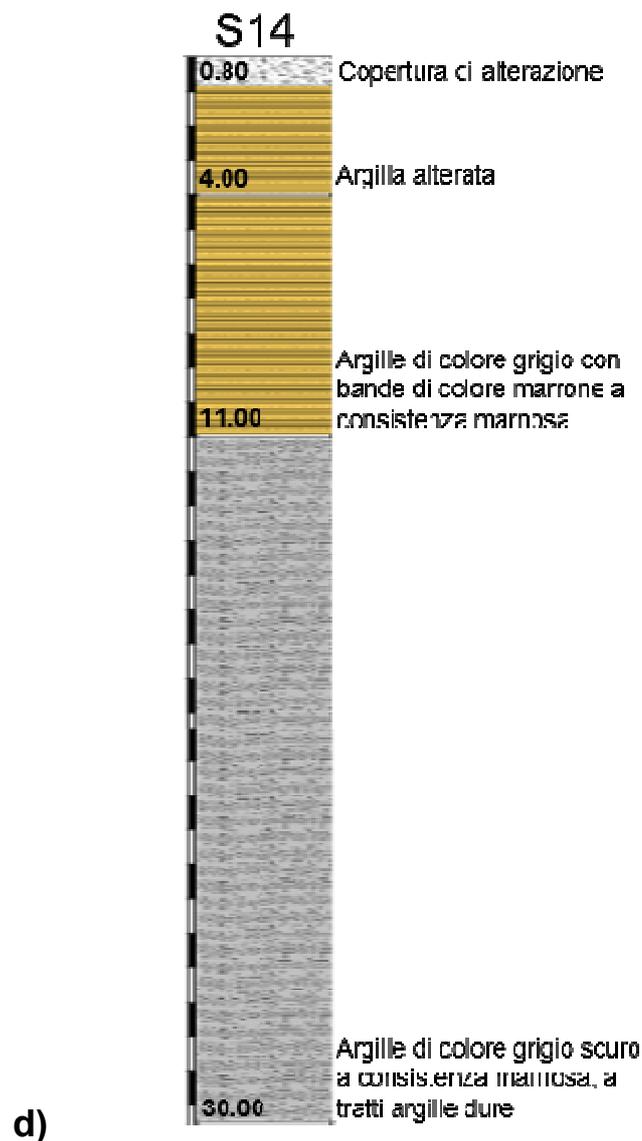


Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	100/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				



b)

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	101/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			



DH_S14. a) tempi corretti delle onde P (in rosso) ed S (in blu) in funzione della profondità; b) velocità d'intervallo in funzione della profondità; c) rapporto di Poisson in funzione della profondità; d) colonna stratigrafica.

Analisi ed interpretazione dei risultati

Il modello di velocità sismica mostra una copertura di alterazione di spessore pari a circa 1 m caratterizzata da basse velocità sismiche. Seguono argille a consistenza marnosa, alterate nei primi metri ($v_p \approx 870$ m/s, $v_s \approx 430$ m/s, $\sigma \approx 0.33$), fino a 11 m di profondità. A questa profondità si passa ad argille grigio scuro più compatte ($v_p \approx 1980$ m/s, $v_s \approx 560$ m/s, $\sigma \approx 0.46$) fino alla massima profondità indagata.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	102/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

Fotografie dell'acquisizione dei dati



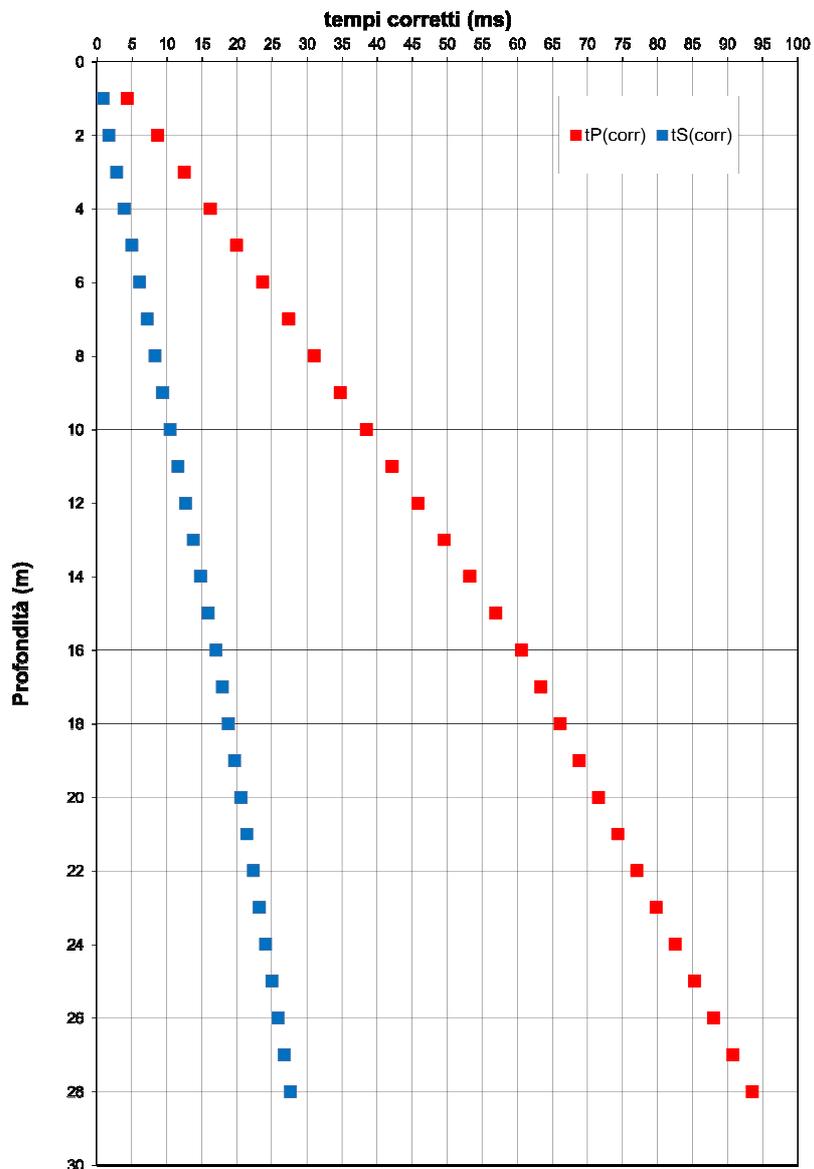
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	103/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

3.2.5 DH S16

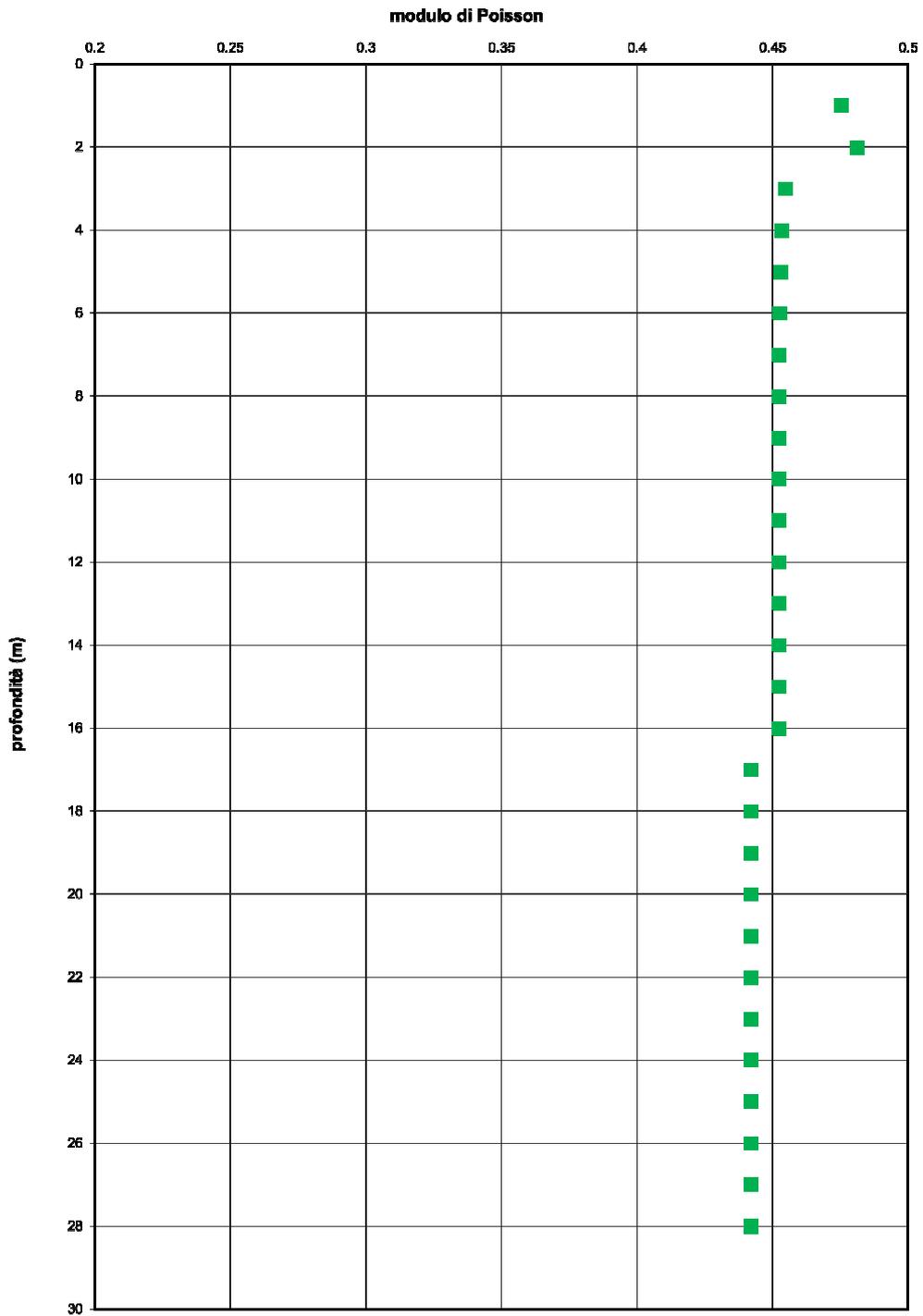
Parametri di acquisizione e presentazione dei dati

Il down-hole DH_S16 è stato eseguito in corrispondenza della trivellazione S16, con distanza d tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 27 m dal p.c.

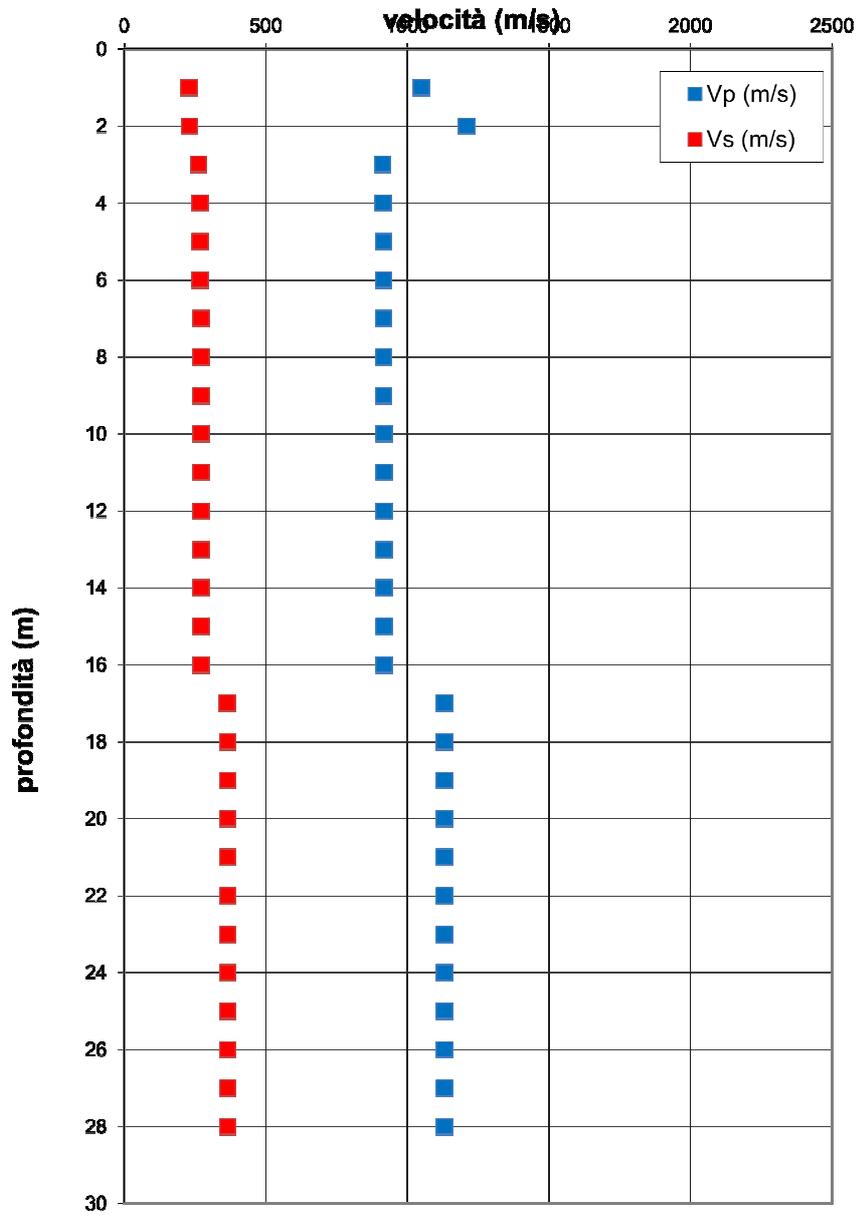
Di seguito si riportano i grafici tempi corretti/profondità, velocità d'intervallo/profondità, rapporto di Poisson/profondità e la colonna stratigrafica.



Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	104/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

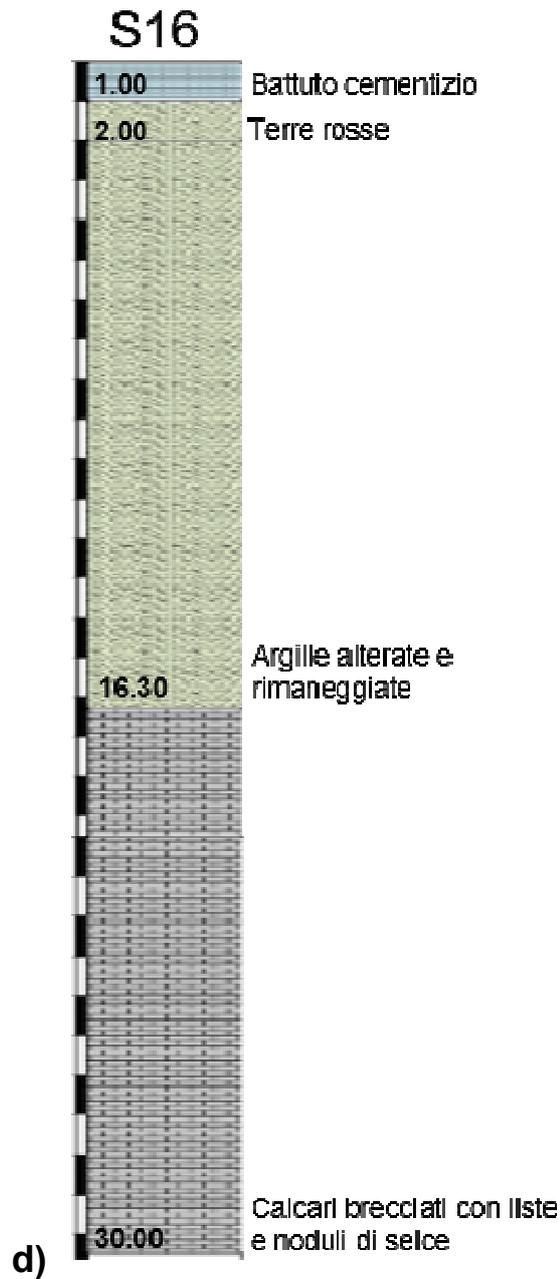


Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	105/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				



b)

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	106/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				



106

DH_S16. a) tempi corretti delle onde P (in rosso) ed S (in blu) in funzione della profondità; b) velocità d'intervallo in funzione della profondità; c) rapporto di Poisson in funzione della profondità; d) colonna stratigrafica.

Analisi ed interpretazione dei risultati

Il modello di velocità sismica mostra una copertura di alterazione di spessore pari a circa 2 m. Seguono argille alterate e rimaneggiate caratterizzate da basse velocità sismiche ($v_p \approx 920$ m/s, $v_s \approx 270$ m/s, $\sigma \approx 0.45$) fino a $z = 16$ m. A seguire si riscontrano calcari brecciati fino alla massima profondità indagata ($v_p \approx 1130$ m/s, $v_s \approx 365$ m/s, $\sigma \approx 0.44$).

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	107/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

Fotografie dell'acquisizione dei dati



107



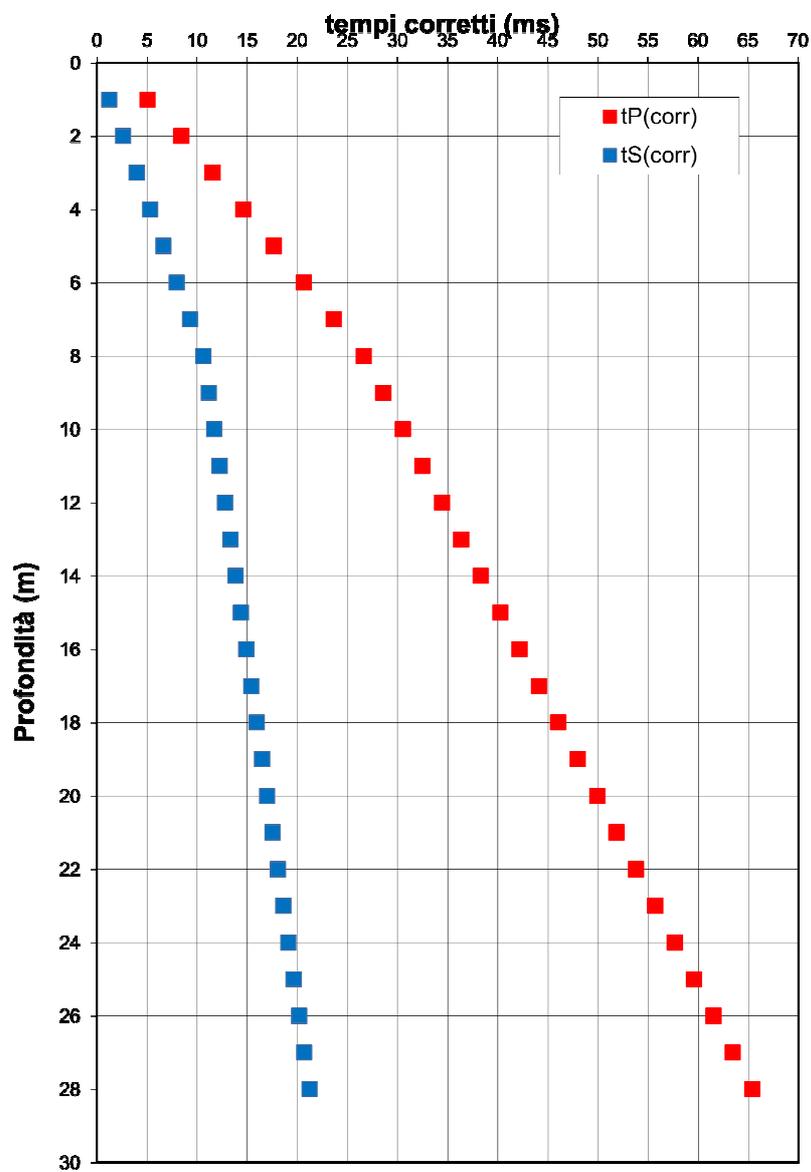
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	108/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

3.2.6 DH S18

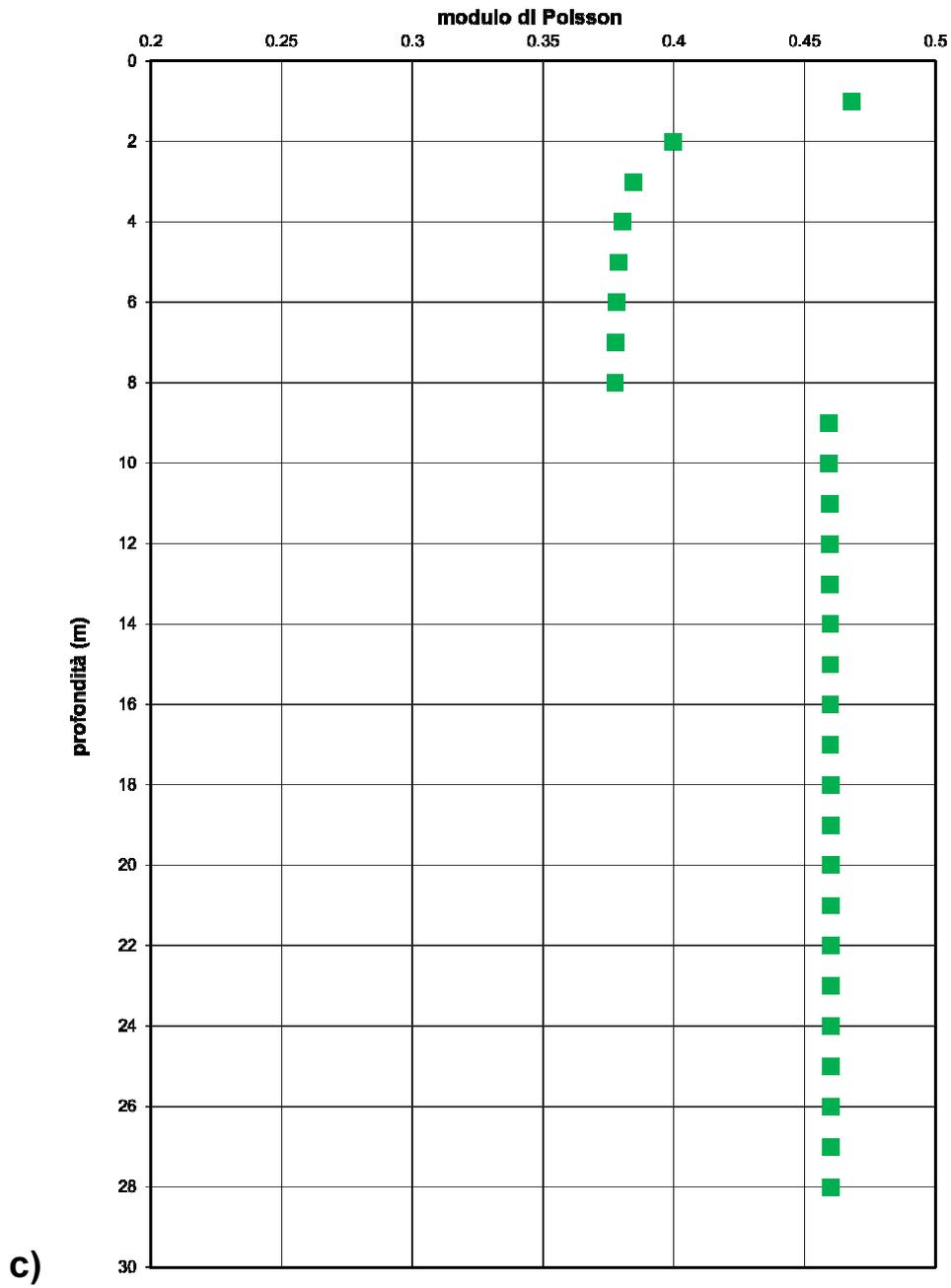
Parametri di acquisizione e presentazione dei dati

Il down-hole DH_S18 è stato eseguito in corrispondenza della trivellazione S18, con distanza d tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 29 m dal piano campagna. Da $z \approx 8$ m in poi si è riscontrata la presenza di acqua.

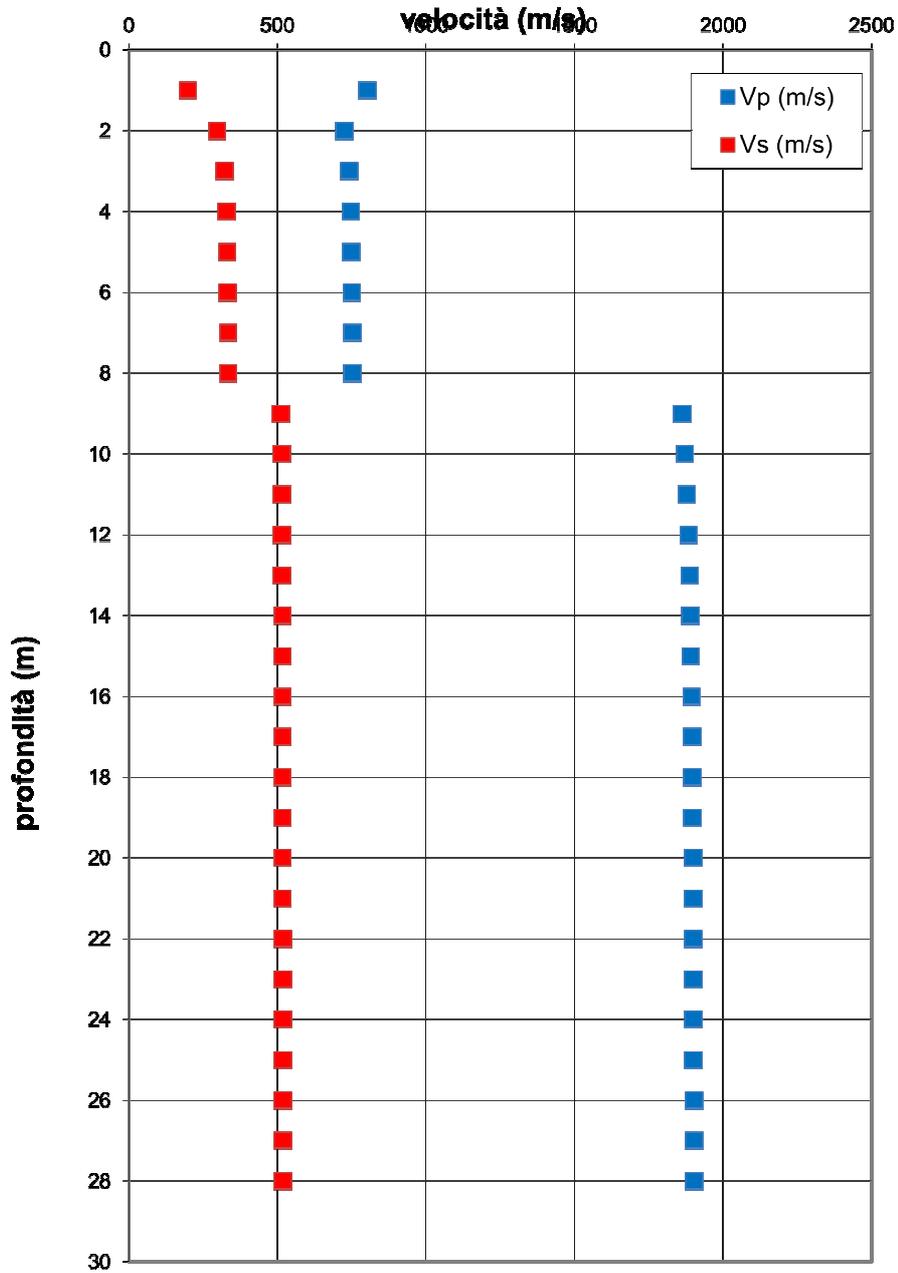
Di seguito si riportano i grafici tempi corretti/profondità, velocità d'intervallo/profondità, rapporto di Poisson/profondità e la colonna stratigrafica.



Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	109/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				



Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	110/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				



b)

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	111/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			



DH_S18. a) tempi corretti delle onde P (in rosso) ed S (in blu) in funzione della profondità; b) velocità d'intervallo in funzione della profondità; c) rapporto di Poisson in funzione della profondità; d) colonna stratigrafica.

Analisi ed interpretazione dei risultati

Il modello di velocità sismica mostra una copertura di alterazione di spessore pari a 1 m caratterizzata da basse velocità sismiche. Seguono argille alterate e rimaneggiate fino a $z=5$ m e a media consistenza ($v_p \approx 750$ m/s, $v_s \approx 330$ m/s, $\sigma \approx 0.38$) fino a $z=8$ m. Da qui e fino alla massima profondità indagata si riscontrano argille di colore grigio scuro a consistenza marnosa ($v_p \approx 1900$ m/s, $v_s \approx 520$ m/s, $\sigma \approx 0.46$).

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	112/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

Fotografie dell'acquisizione dei dati



112

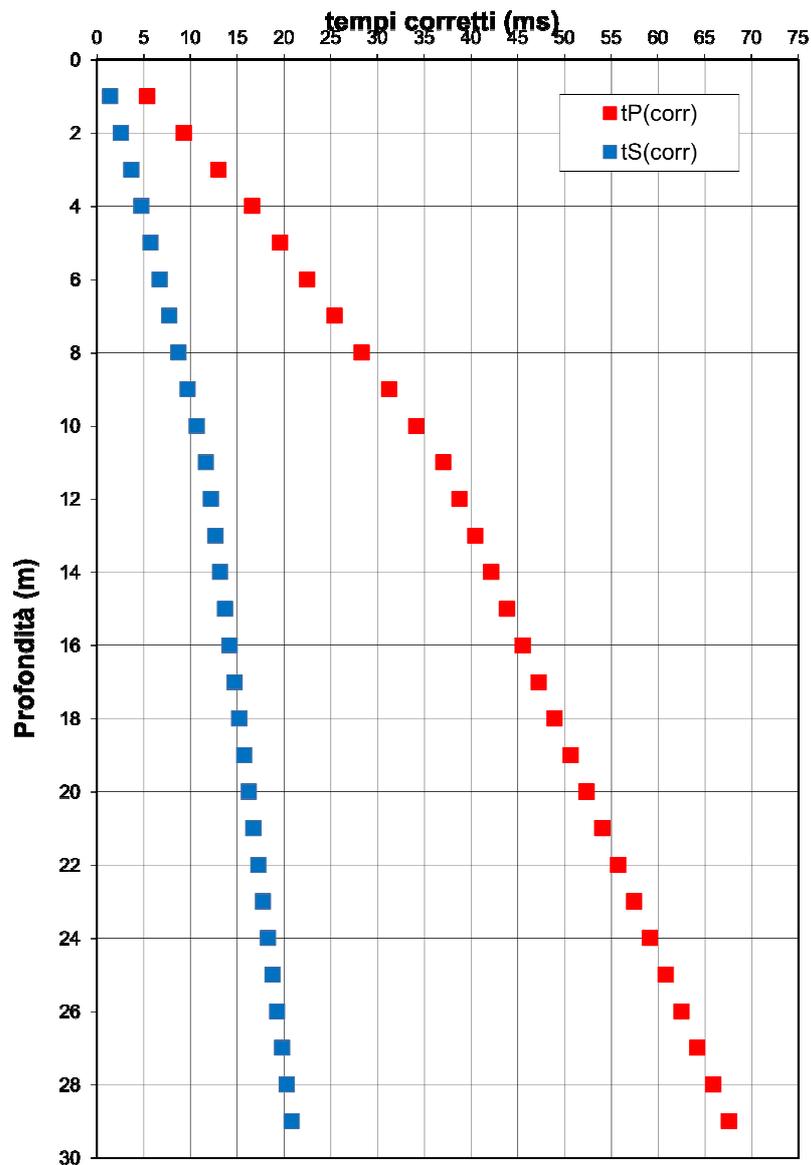


Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	113/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

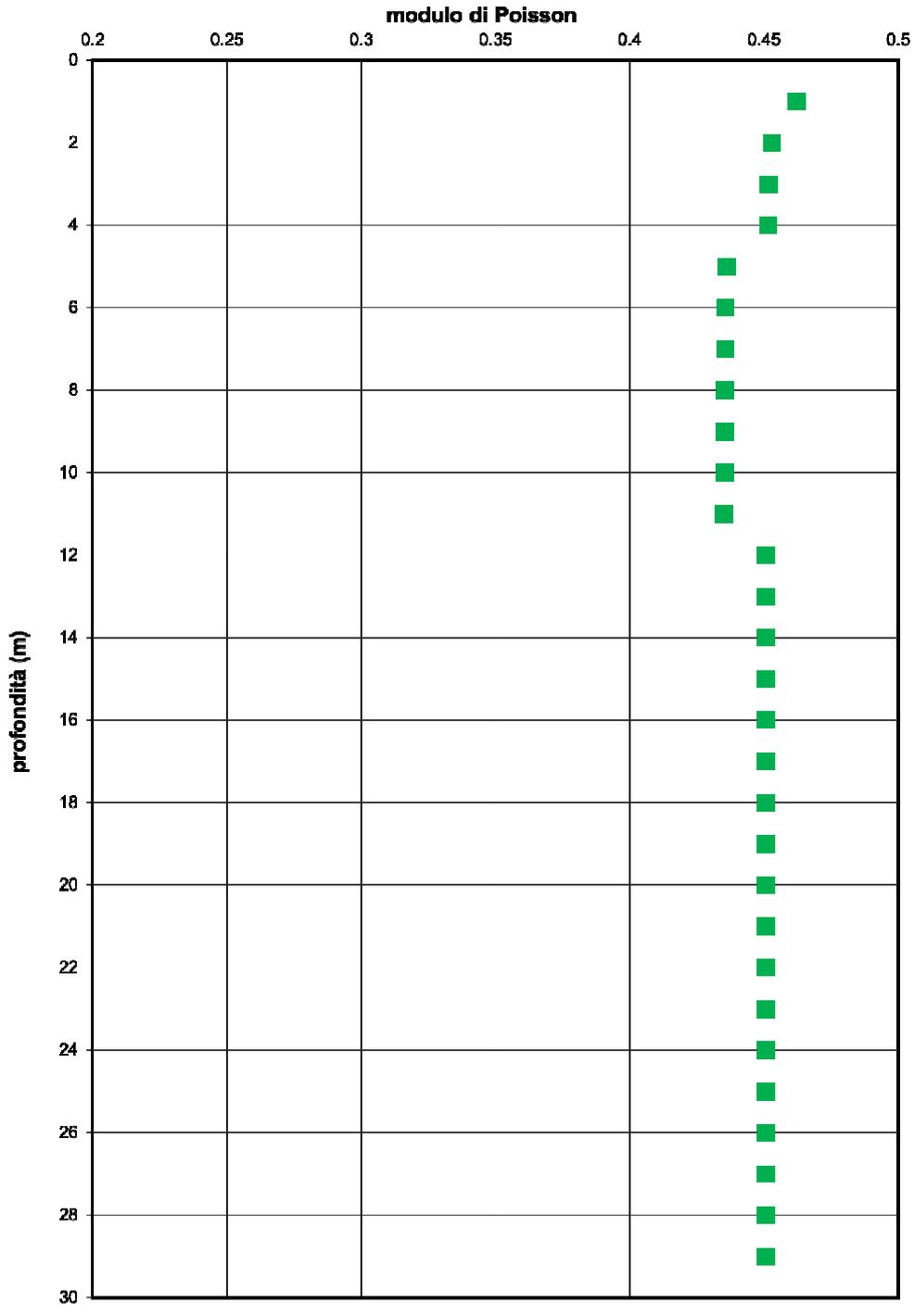
3.2.7 DH S20

Parametri di acquisizione e presentazione dei dati

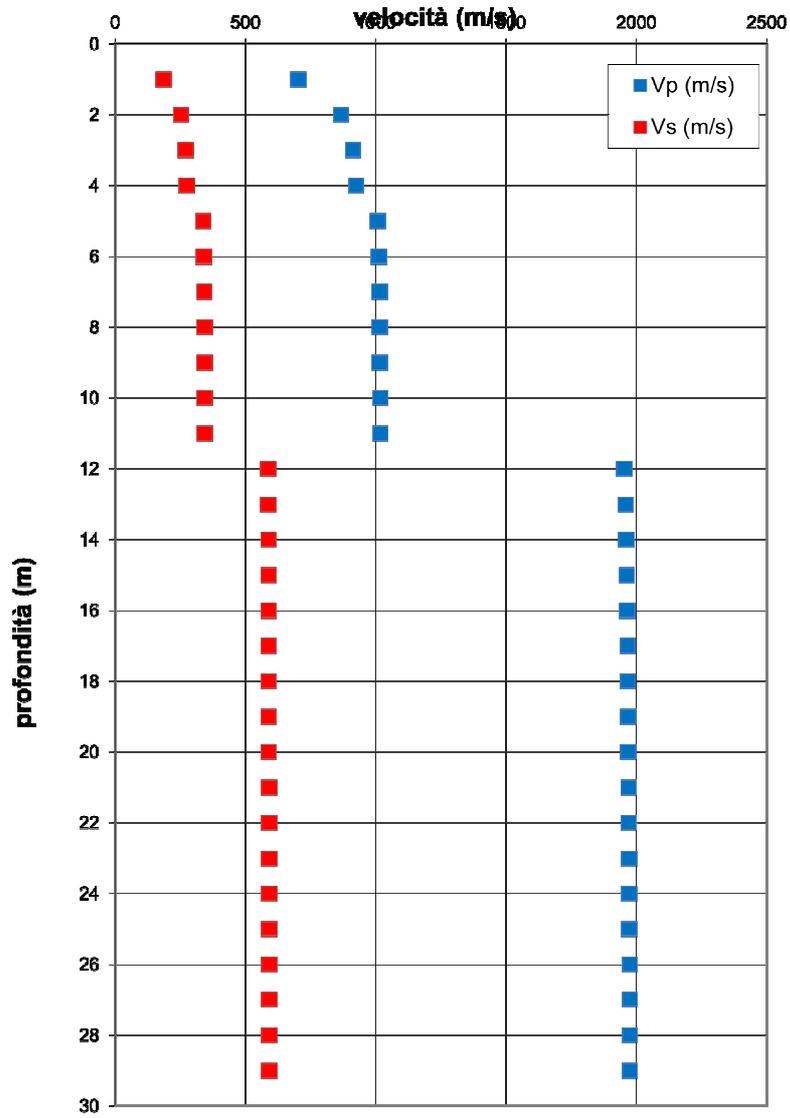
Il down-hole DH_S20 è stato eseguito in corrispondenza della trivellazione S20, con distanza d tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 29 m dal piano campagna. Da $z \approx 16$ m in poi si è riscontrata la presenza di acqua. Di seguito si riportano i grafici tempi corretti/profondità, velocità d'intervallo/profondità, rapporto di Poisson/profondità e la colonna stratigrafica.



Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	114/183
<i>INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE</i>				

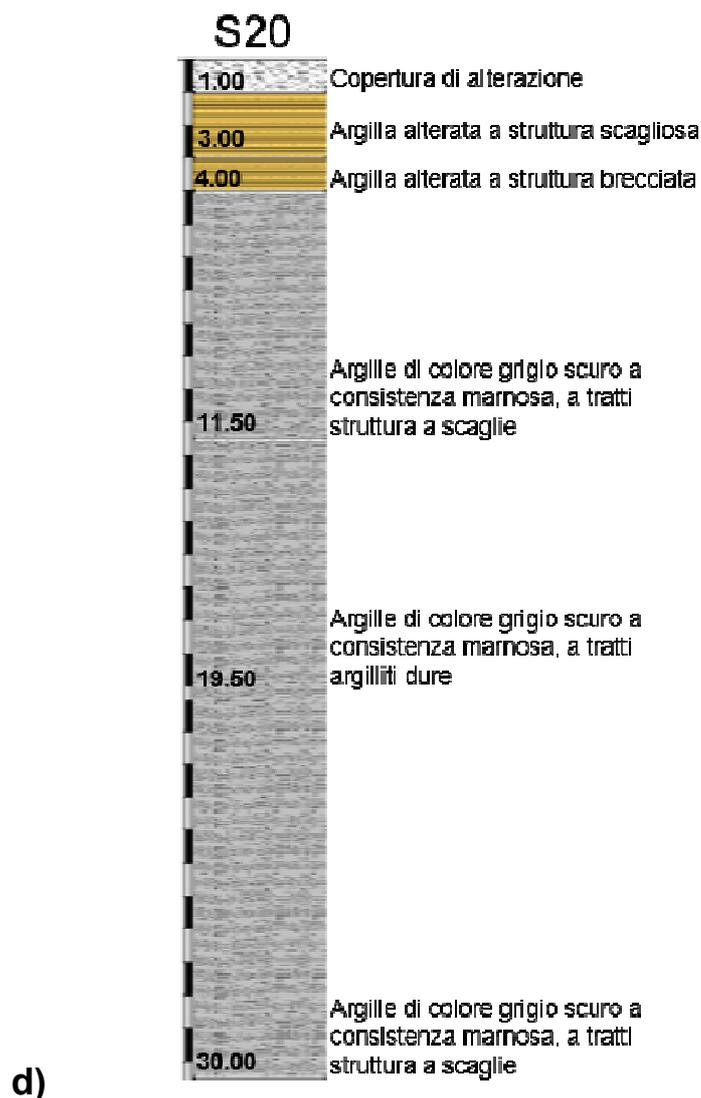


Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	115/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				



b)

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	116/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			



DH_S20. a) tempi corretti delle onde P (in rosso) ed S (in blu) in funzione della profondità; b) velocità d'intervallo in funzione della profondità; c) rapporto di Poisson in funzione della profondità; d) colonna stratigrafica.

Analisi ed interpretazione dei risultati

Il modello di velocità sismica mostra una copertura di alterazione di spessore pari a 1 m caratterizzata da basse velocità sismiche. Seguono argille alterate fino ($v_p \approx 900$ m/s, $v_s \approx 270$ m/s, $\sigma \approx 0.45$) fino a $z = 4$ m. A questa profondità si rilevano argille di colore scuro a consistenza marnosa ($v_p \approx 1000$ m/s, $v_s \approx 340$ m/s, $\sigma \approx 0.44$). Ad 11 m di profondità cambiano la consistenza e le proprietà elastiche ($v_p \approx 1970$ m/s, $v_s \approx 590$ m/s, $\sigma \approx 0.45$). Queste caratteristiche si rilevano fino alla massima profondità indagata.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	117/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

Fotografie dell'acquisizione dei dati

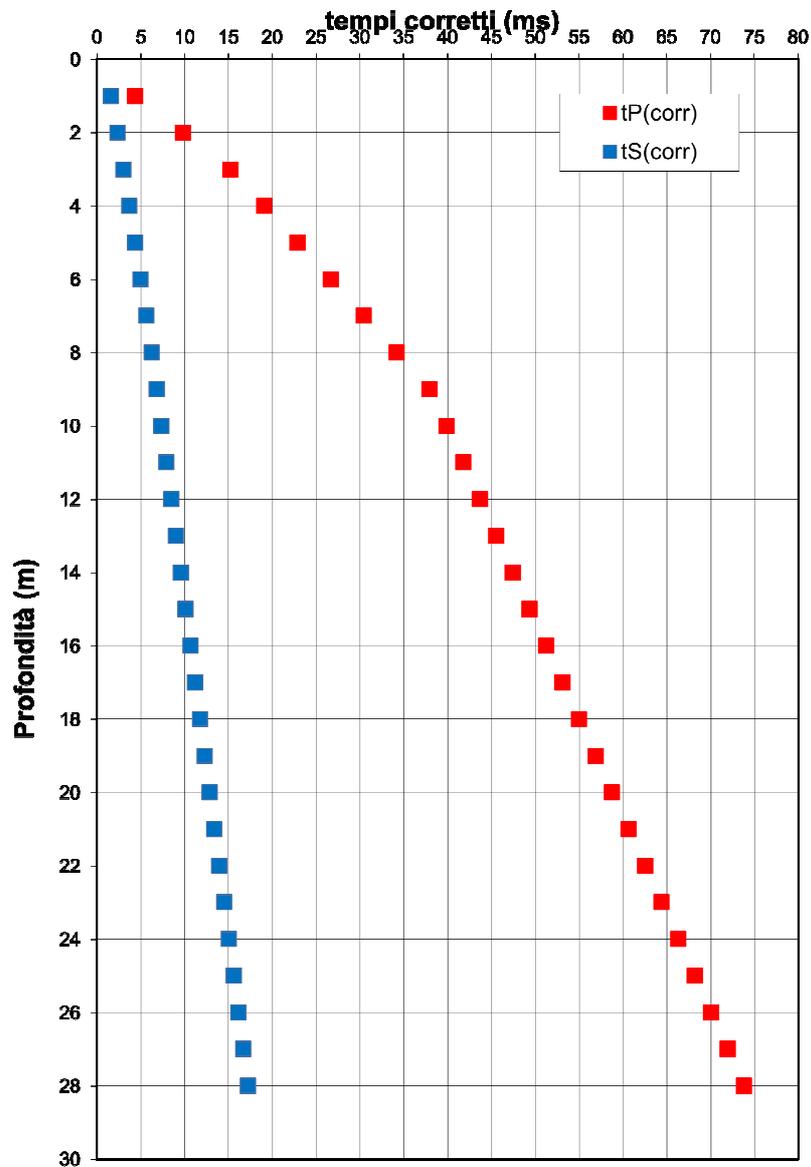


Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	118/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

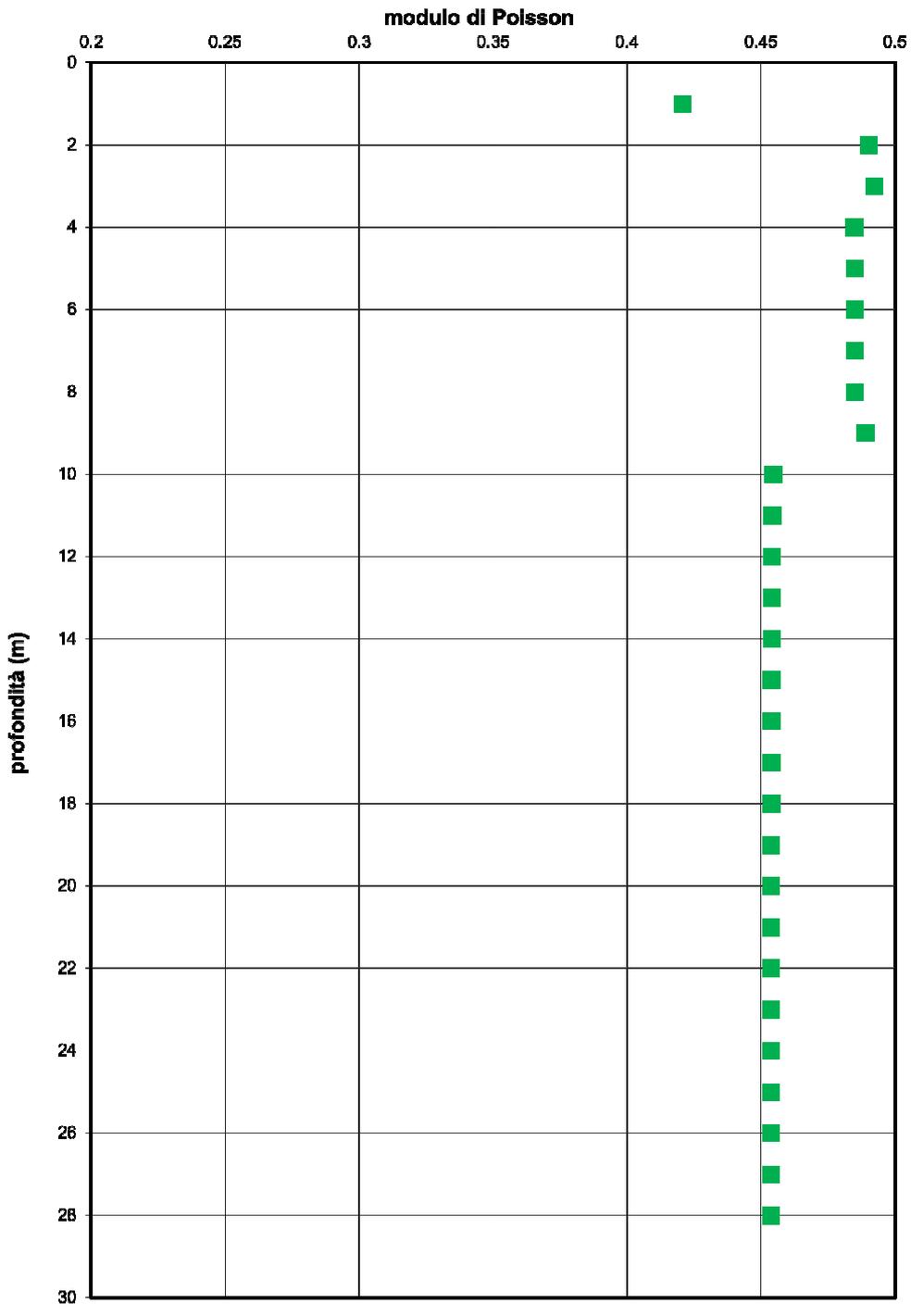
3.2.8 DH S21

Parametri di acquisizione e presentazione dei dati

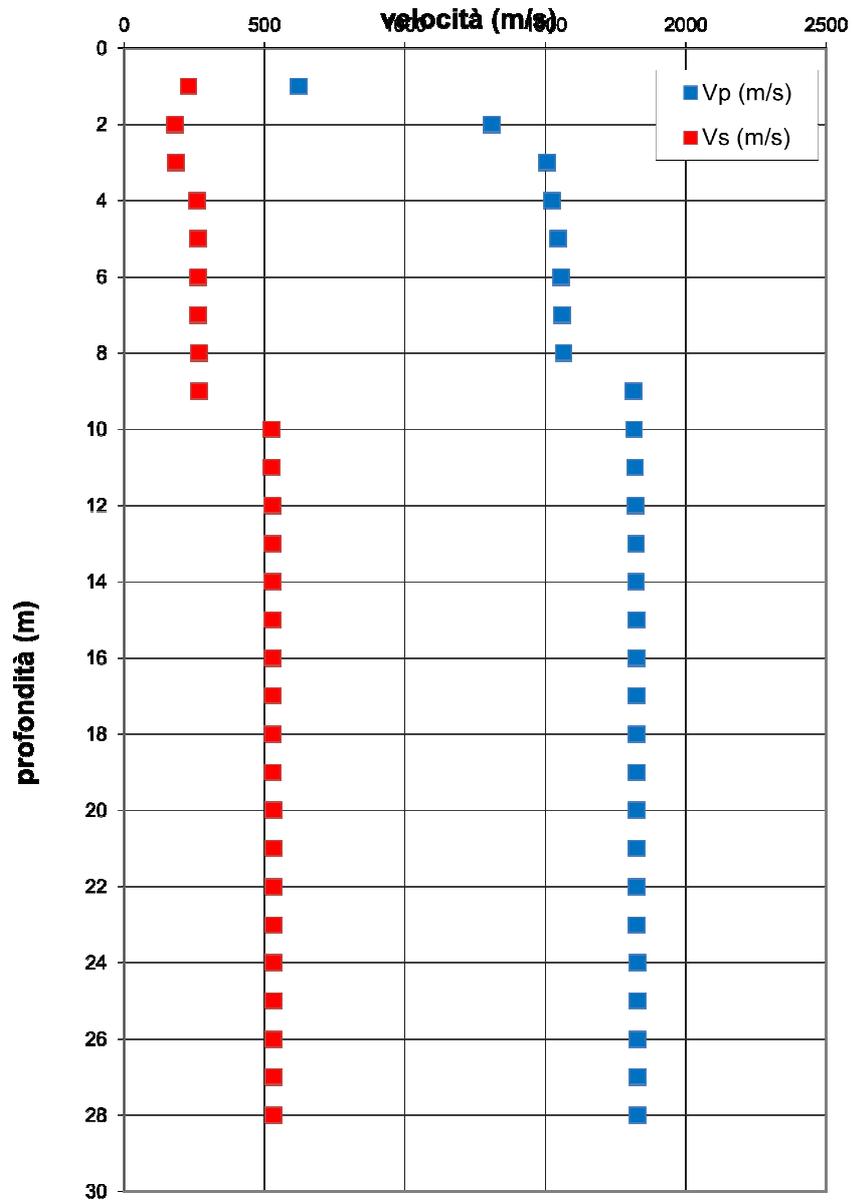
Il down-hole DH_S21 è stato eseguito in corrispondenza della trivellazione S21, con distanza d tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 28 m dal piano campagna. Da $z \approx 5$ m in poi si è riscontrata la presenza di acqua. Di seguito si riportano i grafici tempi corretti/profondità, velocità d'intervallo/profondità, rapporto di Poisson/profondità e la colonna stratigrafica.



Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	119/183
<i>INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE</i>				

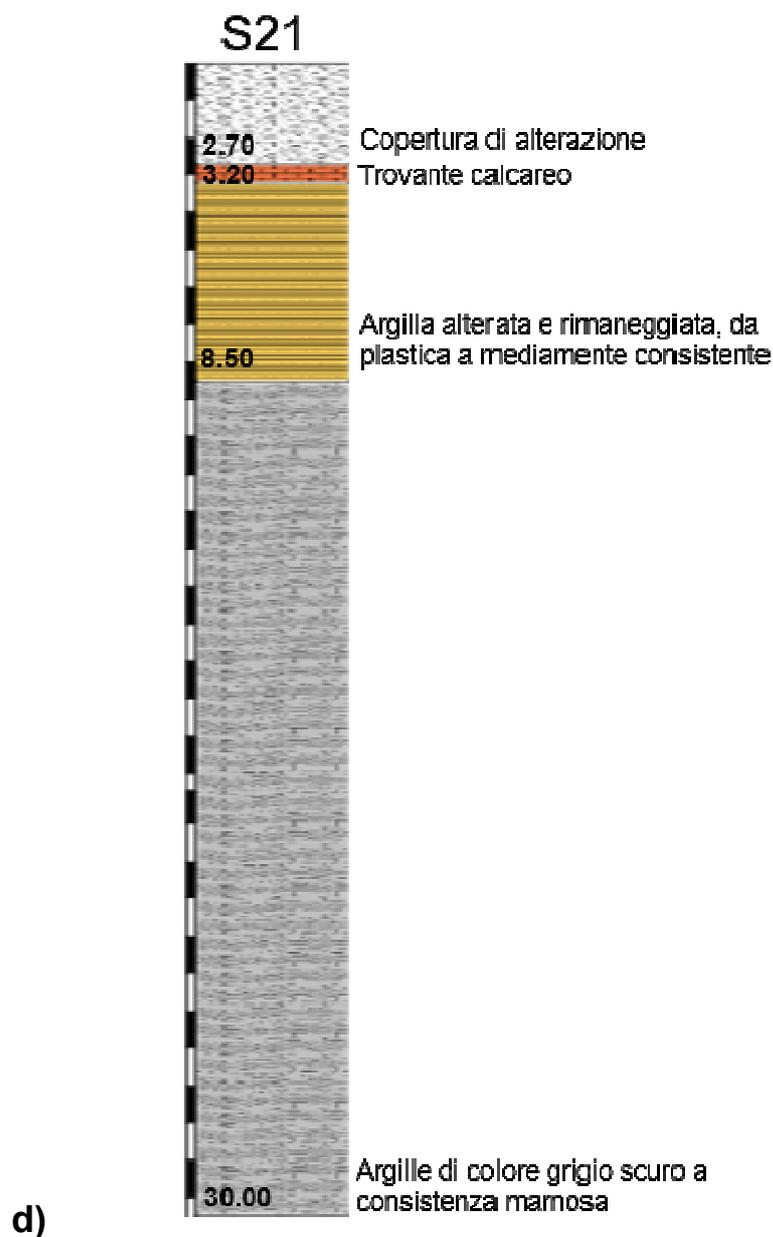


Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	120/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				



b)

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	121/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			



DH_S21. a) tempi corretti delle onde P (in rosso) ed S (in blu) in funzione della profondità; b) velocità d'intervallo in funzione della profondità; c) rapporto di Poisson in funzione della profondità; d) colonna stratigrafica.

Analisi ed interpretazione dei risultati

Il modello di velocità sismica mostra una copertura agraria e detritica di spessore circa 3 m caratterizzata da basse velocità sismiche. Seguono argille alterate di colore marrone, ($v_p \approx 1550$ m/s, $v_s \approx 260$ m/s, $\sigma \approx 0.49$) fino a $z = 9$ m. A questa profondità si rilevano argille di colore scuro a consistenza marnosa ($v_p \approx 1825$ m/s, $v_s \approx 530$ m/s, $\sigma \approx 0.45$). Queste caratteristiche si rilevano fino alla massima profondità indagata.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	122/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

Fotografie dell'acquisizione dei dati



122

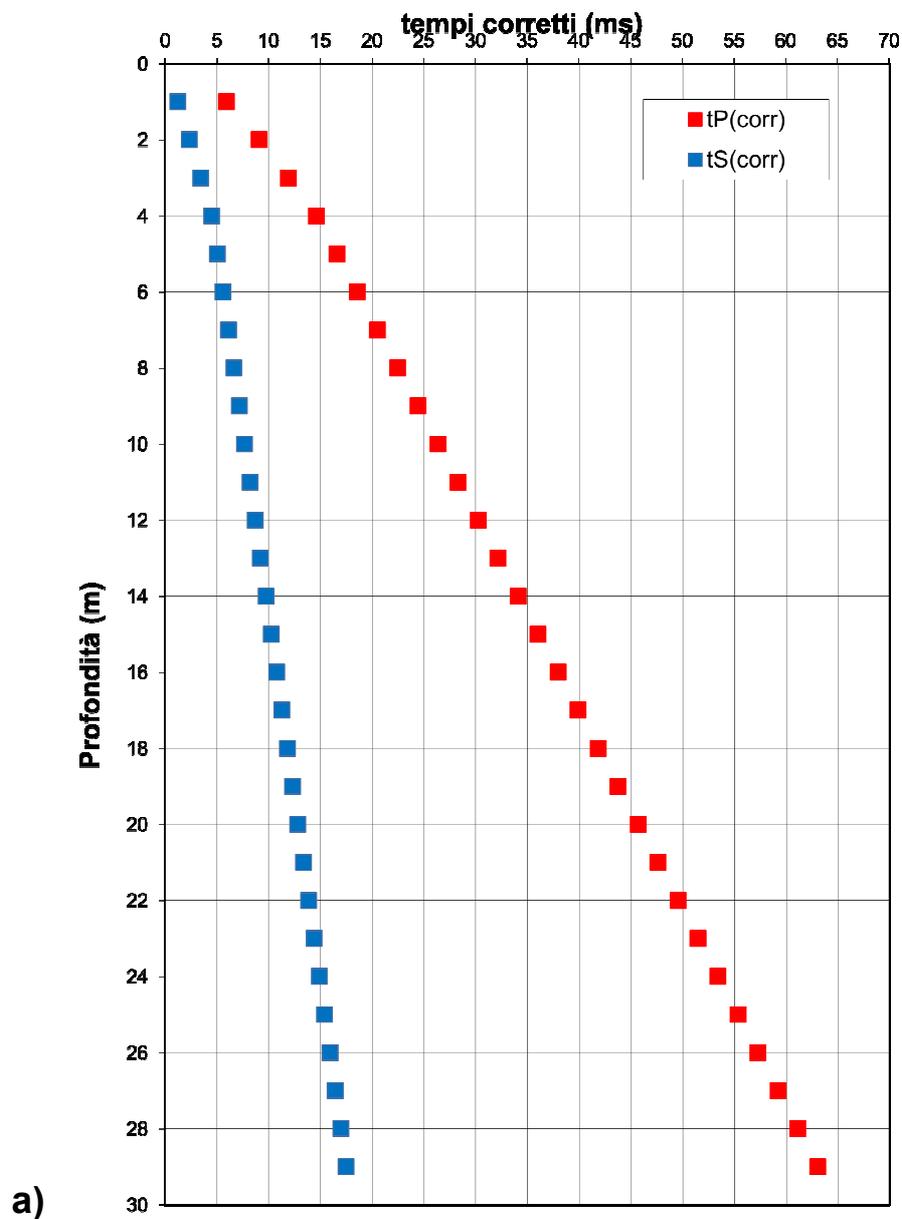


Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	123/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

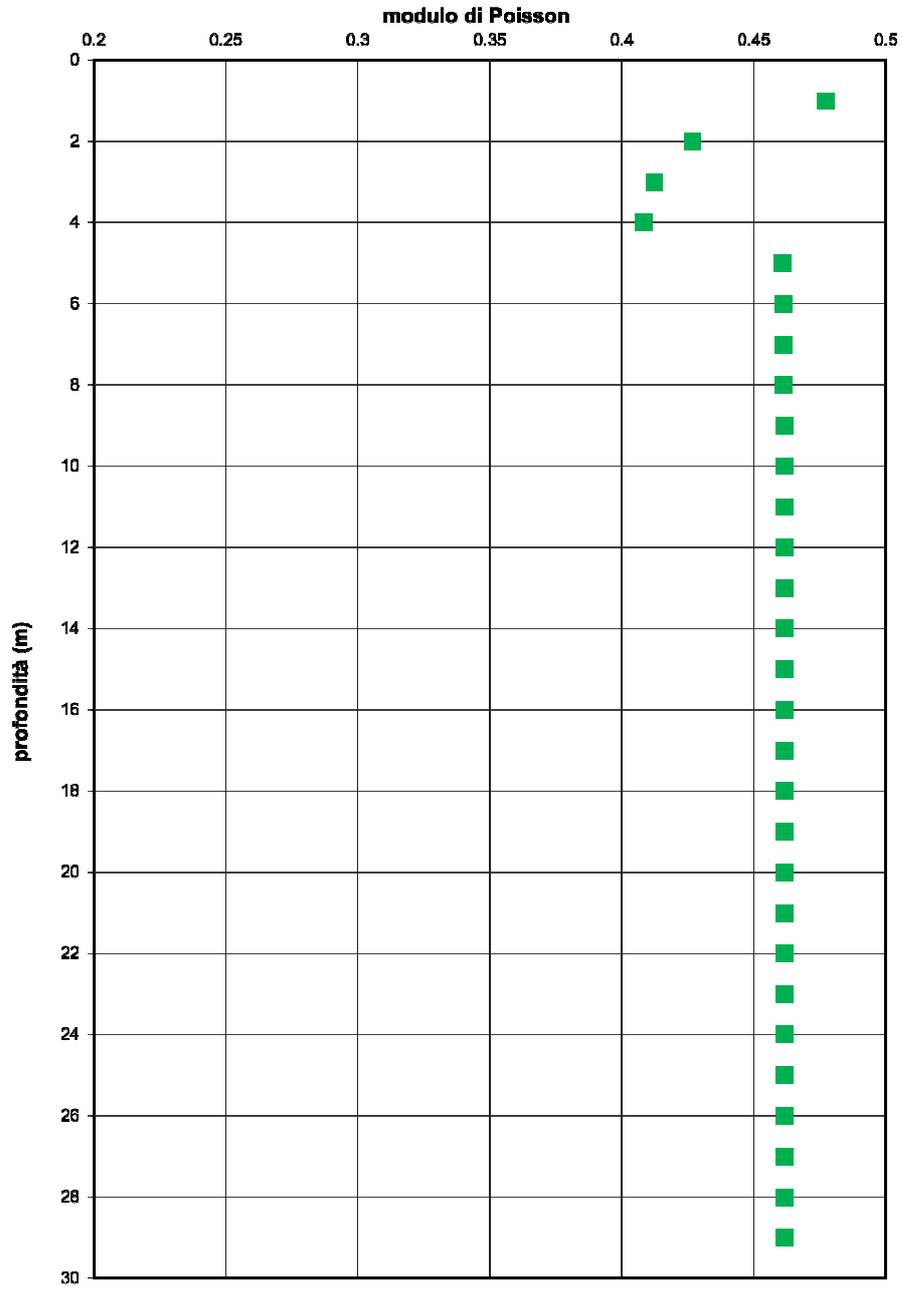
3.2.9 DH S23

Parametri di acquisizione e presentazione dei dati

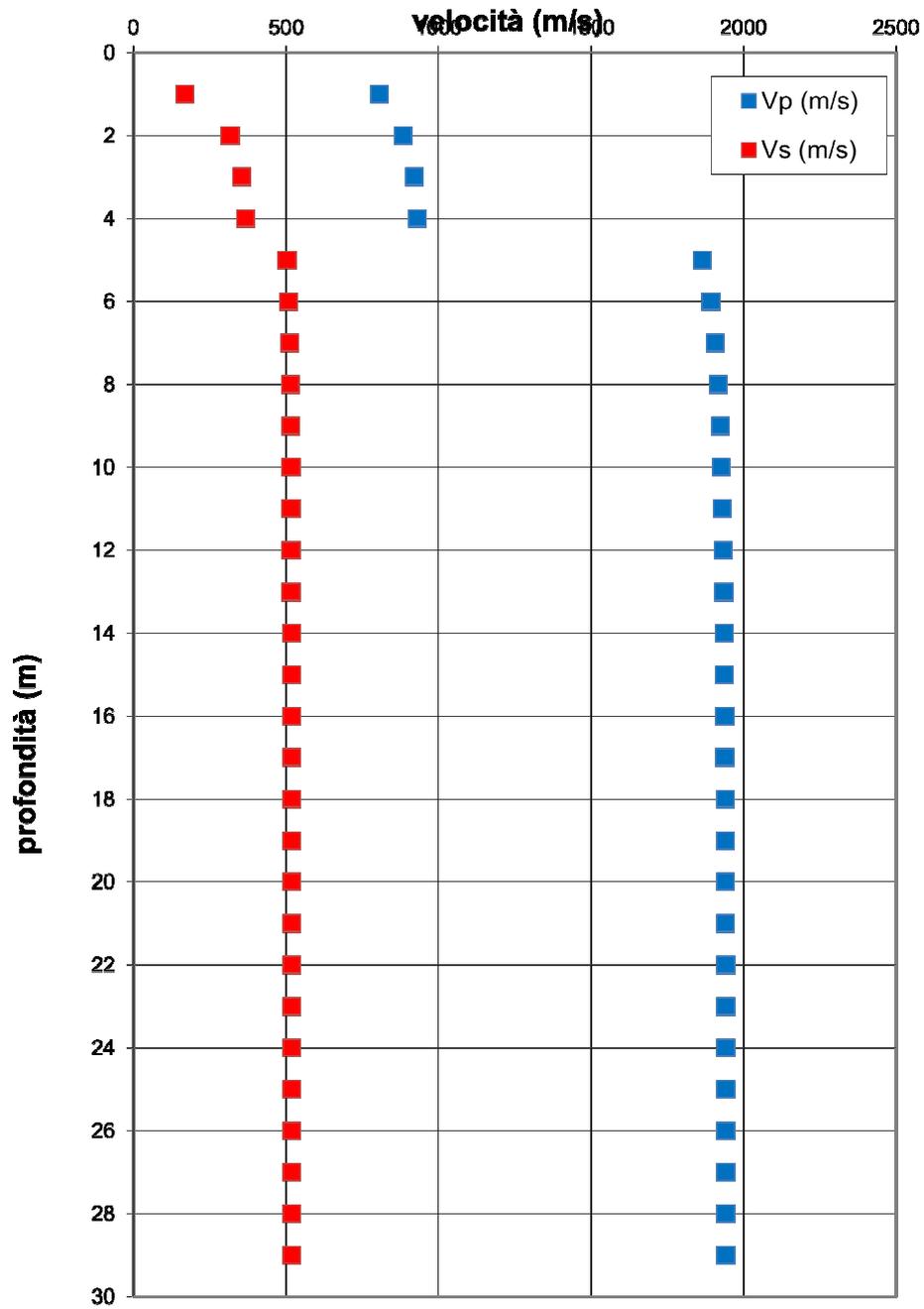
Il down-hole DH_S23 è stato eseguito in corrispondenza della trivellazione S23, con distanza d tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 28 m dal piano campagna. Da $z \approx 5$ m in poi si è riscontrata la presenza di acqua. Di seguito si riportano i grafici tempi corretti/profondità, velocità d'intervallo/profondità, rapporto di Poisson/profondità e la colonna stratigrafica.



Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	124/183
<i>INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE</i>				

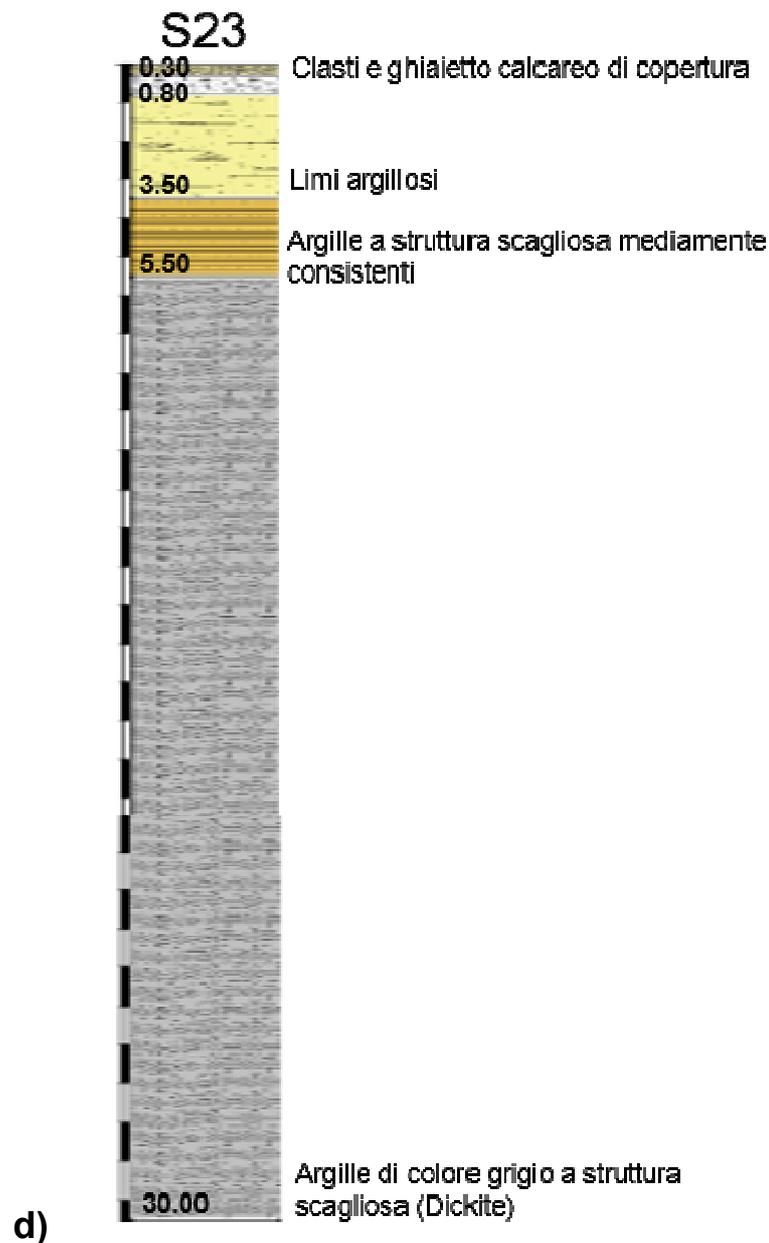


Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	125/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				



b)

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	126/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			



DH_S23. a) tempi corretti delle onde P (in rosso) ed S (in blu) in funzione della profondità; b) velocità d'intervallo in funzione della profondità; c) rapporto di Poisson in funzione della profondità; d) colonna stratigrafica.

Analisi ed interpretazione dei risultati

Il modello di velocità sismica mostra una copertura detritica di spessore inferiore a 1 m caratterizzata da basse velocità sismiche. Seguono limi argillosi, ($v_p \approx 900$ m/s, $v_s \approx 400$ m/s, $\sigma \approx 0.42$) fino a $z = 4$ m. A seguire si rilevano argille a struttura scagliosa ($v_p \approx 1900$ m/s, $v_s \approx 500$ m/s, $\sigma \approx 0.46$). Queste caratteristiche si rilevano fino alla massima profondità indagata.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	127/183
<i>INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE</i>				

Fotografie dell'acquisizione dei dati



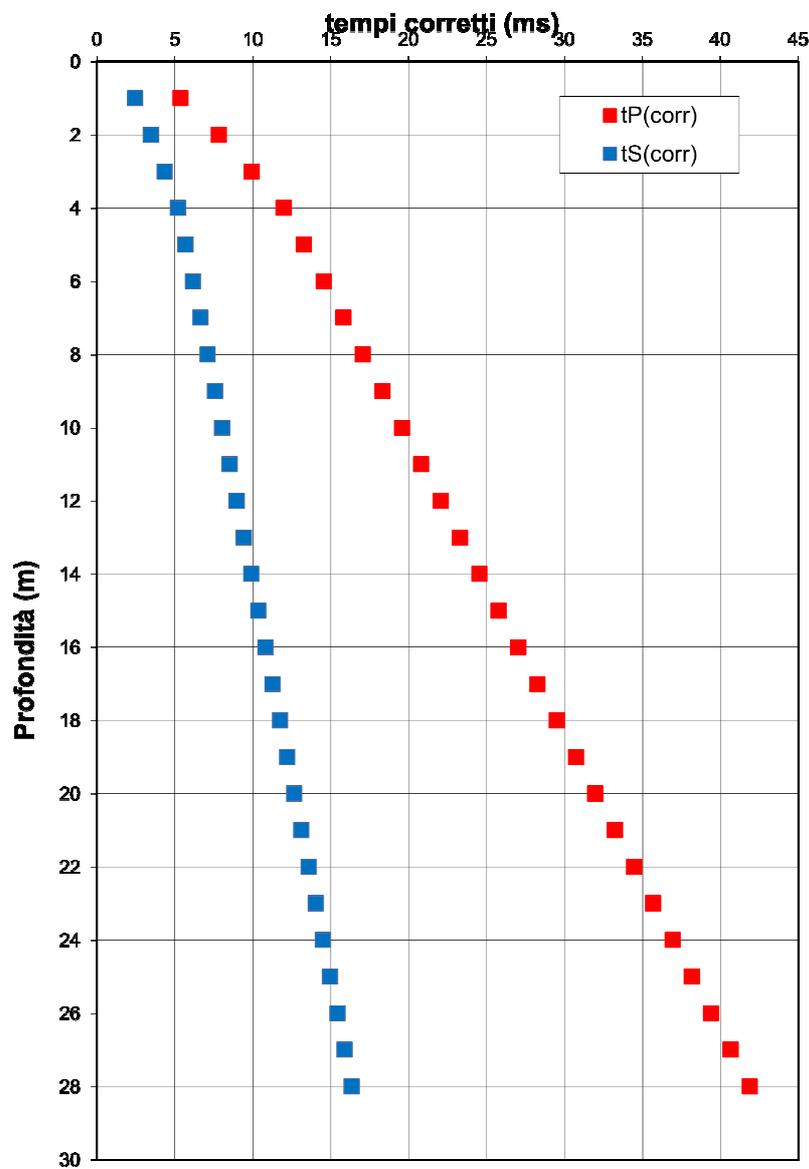
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	128/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

3.2.10 DH_S26

Parametri di acquisizione e presentazione dei dati

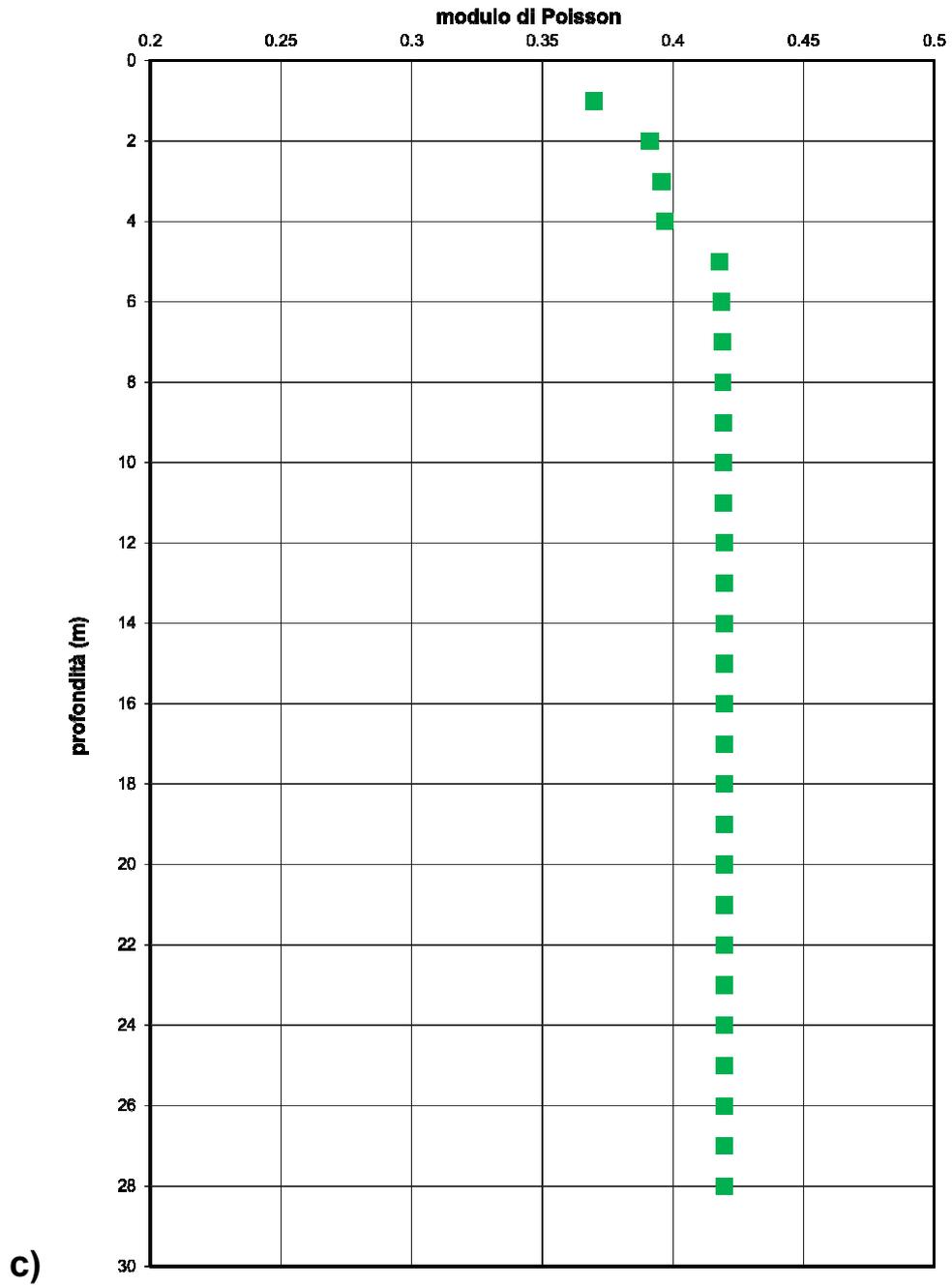
Il down-hole DH_S26 è stato eseguito in corrispondenza della trivellazione S26, con distanza d tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 29 m dal piano campagna. Da $z \approx 4$ m in poi si è riscontrata la presenza di acqua.

Di seguito si riportano i grafici tempi corretti/profondità, velocità d'intervallo/profondità, rapporto di Poisson/profondità e la colonna stratigrafica.

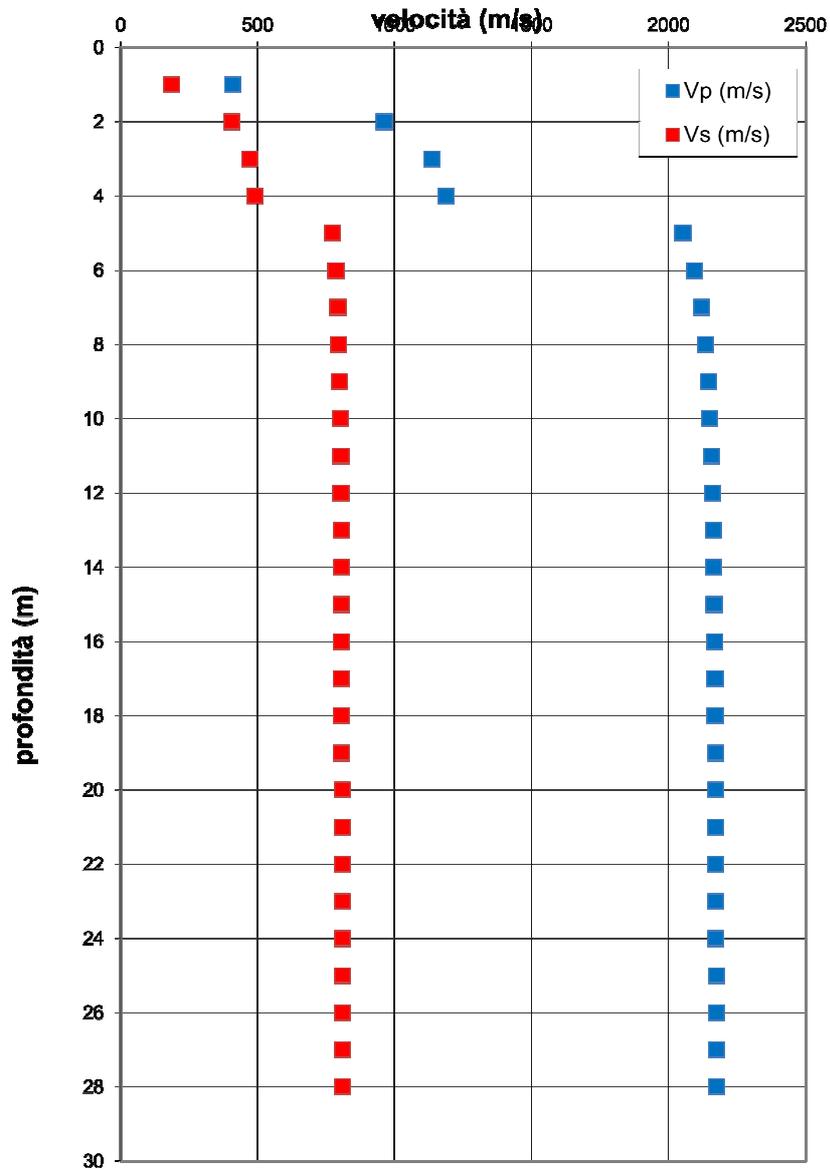


a)

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	129/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

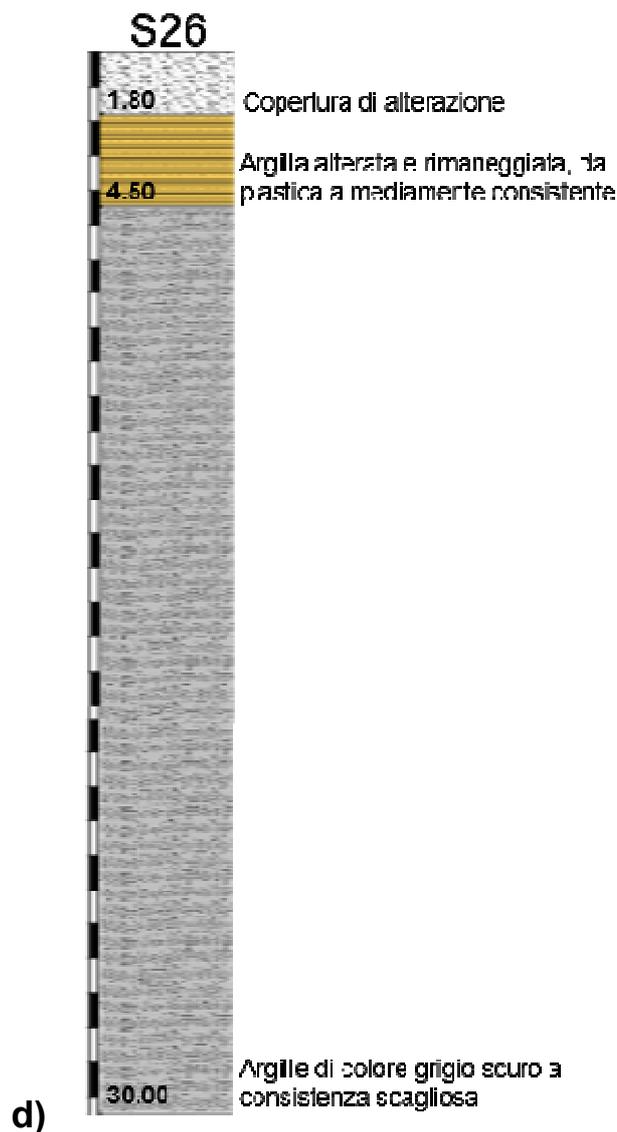


Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	130/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				



b)

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	131/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				



131

DH_S26. a) tempi corretti delle onde P (in rosso) ed S (in blu) in funzione della profondità; b) velocità d'intervallo in funzione della profondità; c) rapporto di Poisson in funzione della profondità; d) colonna stratigrafica.

Analisi ed interpretazione dei risultati

Il modello di velocità sismica mostra una copertura di alterazione di quasi 2 m di spessore, caratterizzata da basse velocità sismiche. Seguono argille marroni alterate e rimaneggiate ($v_p \approx 1150$ m/s, $v_s \approx 480$ m/s, $\sigma \approx 0.40$) fino a $z = 4$ m. A questa profondità si rilevano argille di colore scuro a struttura scagliosa, le cui velocità aumentano leggermente con la profondità ($v_p \approx 2170$ m/s, $v_s \approx 808$ m/s, $\sigma \approx 0.42$). Queste ultime caratteristiche si rilevano fino alla massima profondità indagata.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	132/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

Fotografie dell'acquisizione dei dati



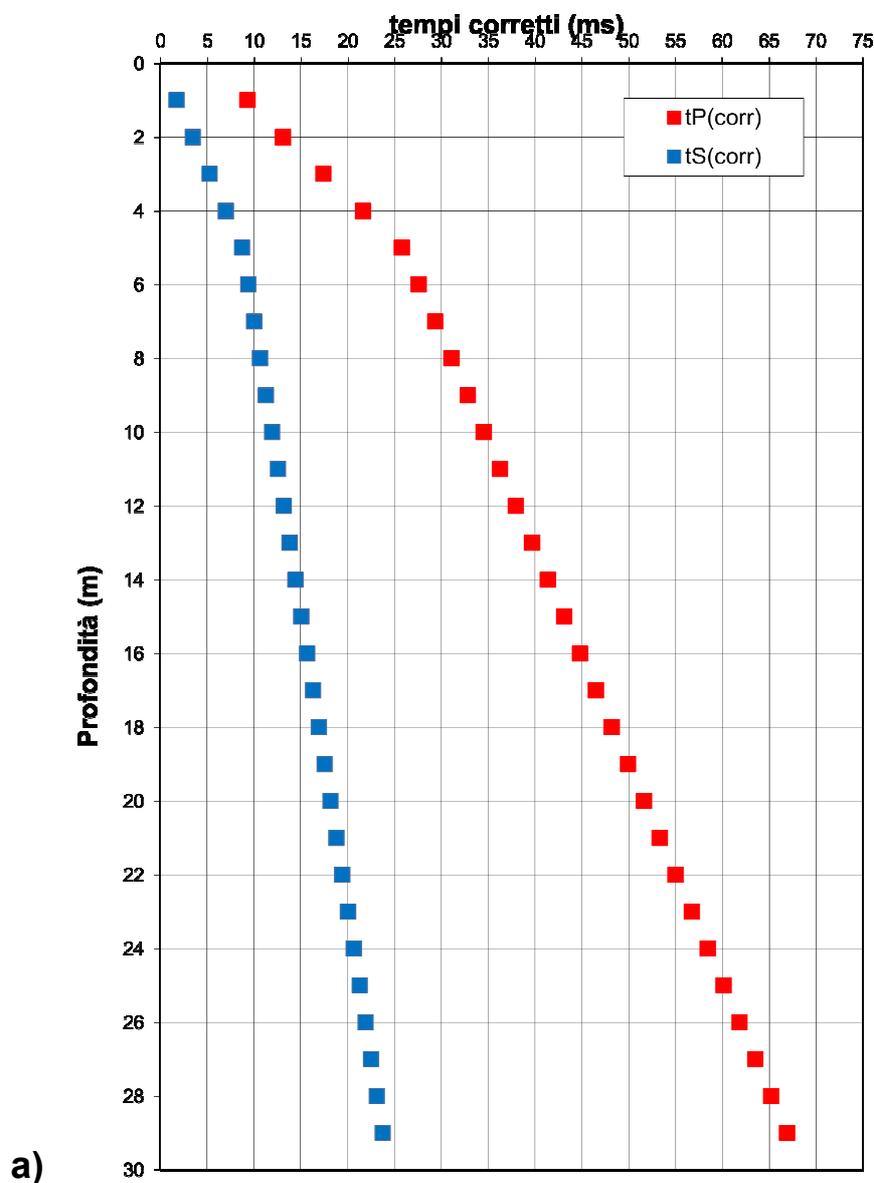
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	133/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

3.2.11 DH_S29

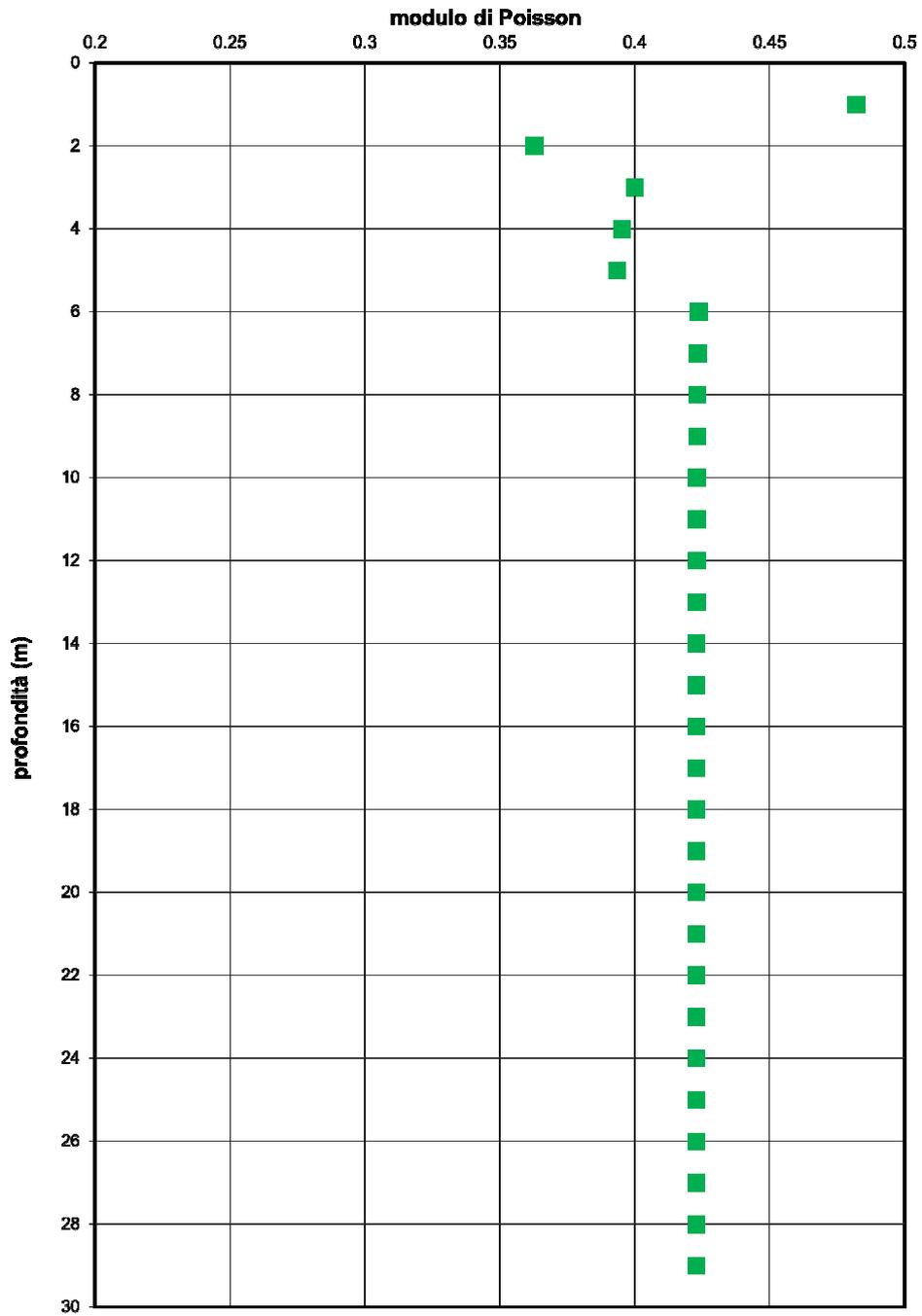
Parametri di acquisizione e presentazione dei dati

Il down-hole DH_S29 è stato eseguito in corrispondenza della trivellazione S29, con distanza d tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 29 m dal piano campagna. Da $z \approx 4$ m in poi si è riscontrata la presenza di acqua.

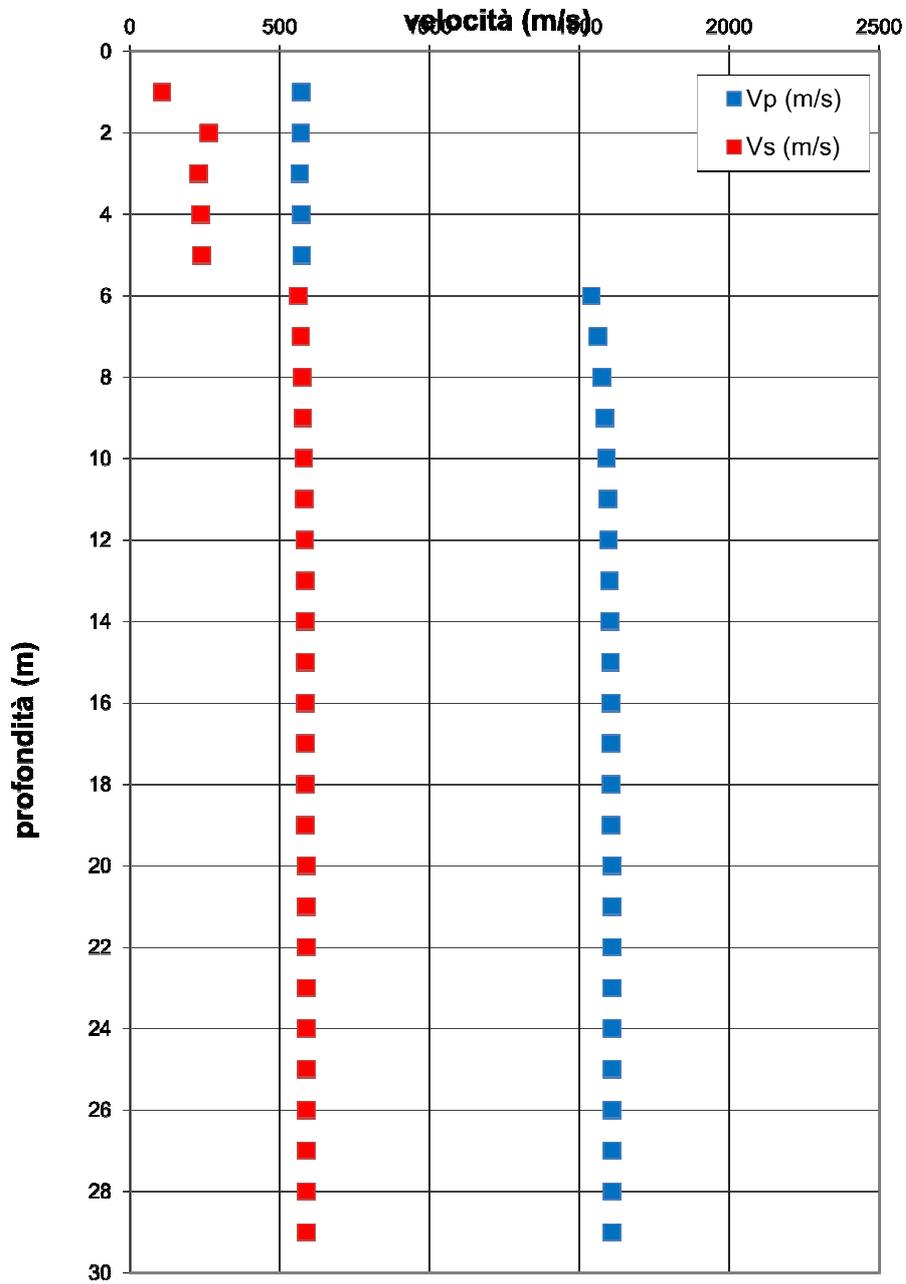
Di seguito si riportano i grafici tempi corretti/profondità, velocità d'intervallo/profondità, rapporto di Poisson/profondità e la colonna stratigrafica.



Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	134/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

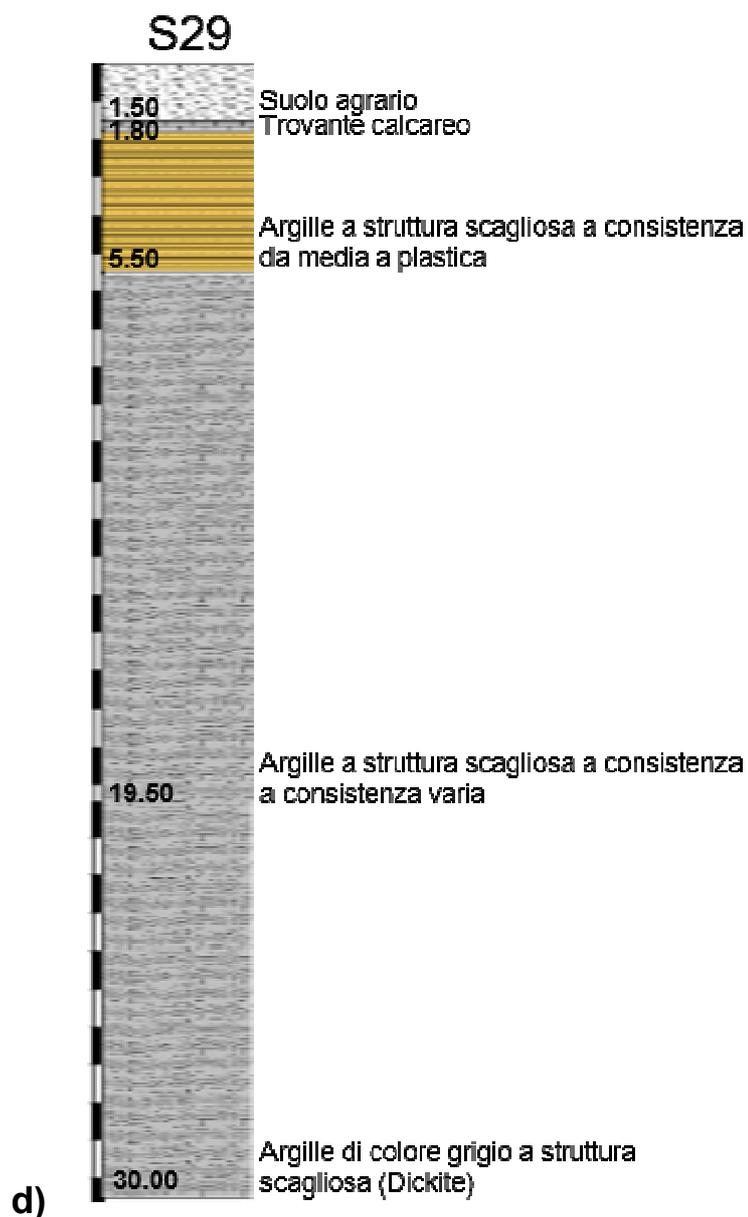


Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	135/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				



b)

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	136/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			



136

DH_S29. a) tempi corretti delle onde P (in rosso) ed S (in blu) in funzione della profondità; b) velocità d'intervallo in funzione della profondità; c) rapporto di Poisson in funzione della profondità; d) colonna stratigrafica.

Analisi ed interpretazione dei risultati

Il modello di velocità sismica mostra una copertura di alterazione di quasi 2 m di spessore, caratterizzata da basse velocità sismiche. Seguono argille a struttura scagliosa a consistenza plastica ($v_p \approx 600$ m/s, $v_s \approx 280$ m/s, $\sigma \approx 0.40$) fino a $z = 6$ m. A seguire si rilevano argille grigiescuro a struttura scagliosa ($v_p \approx 1600$ m/s, $v_s \approx 600$ m/s, $\sigma \approx 0.42$). Queste ultime caratteristiche si rilevano fino alla massima profondità indagata.

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	137/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

Fotografie dell'acquisizione dei dati



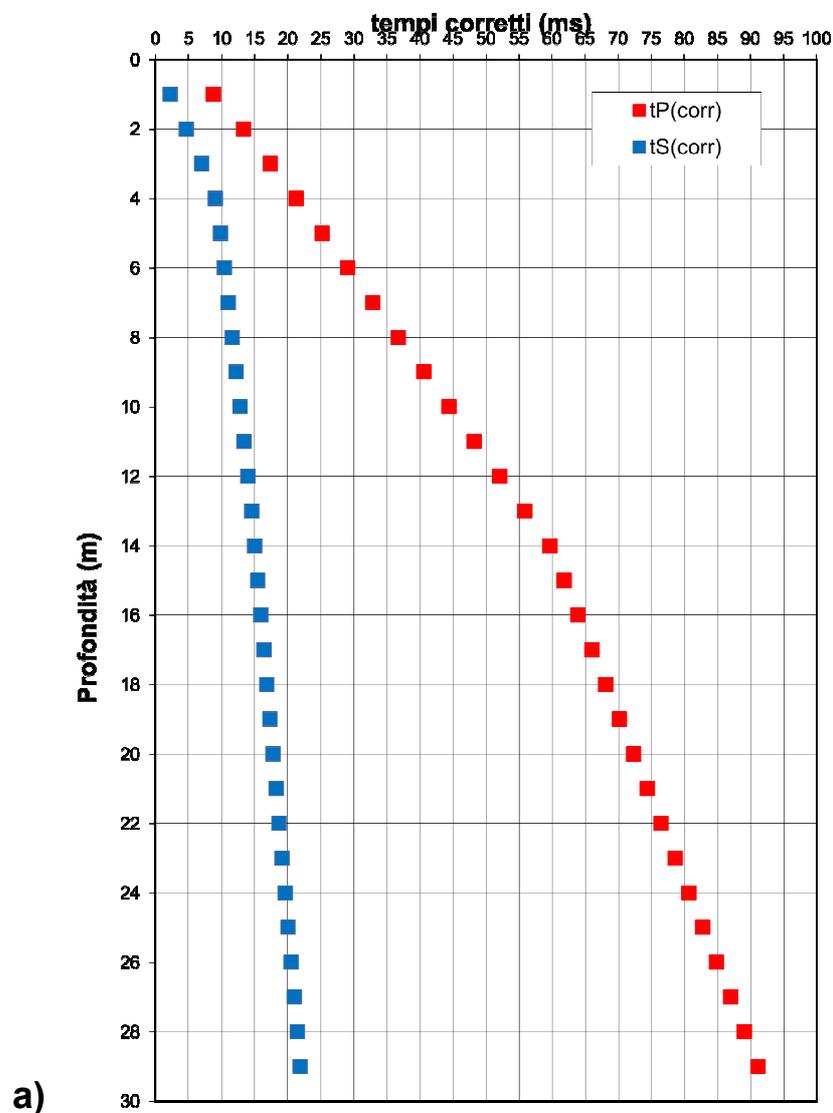
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	138/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

3.2.12 DH_S32

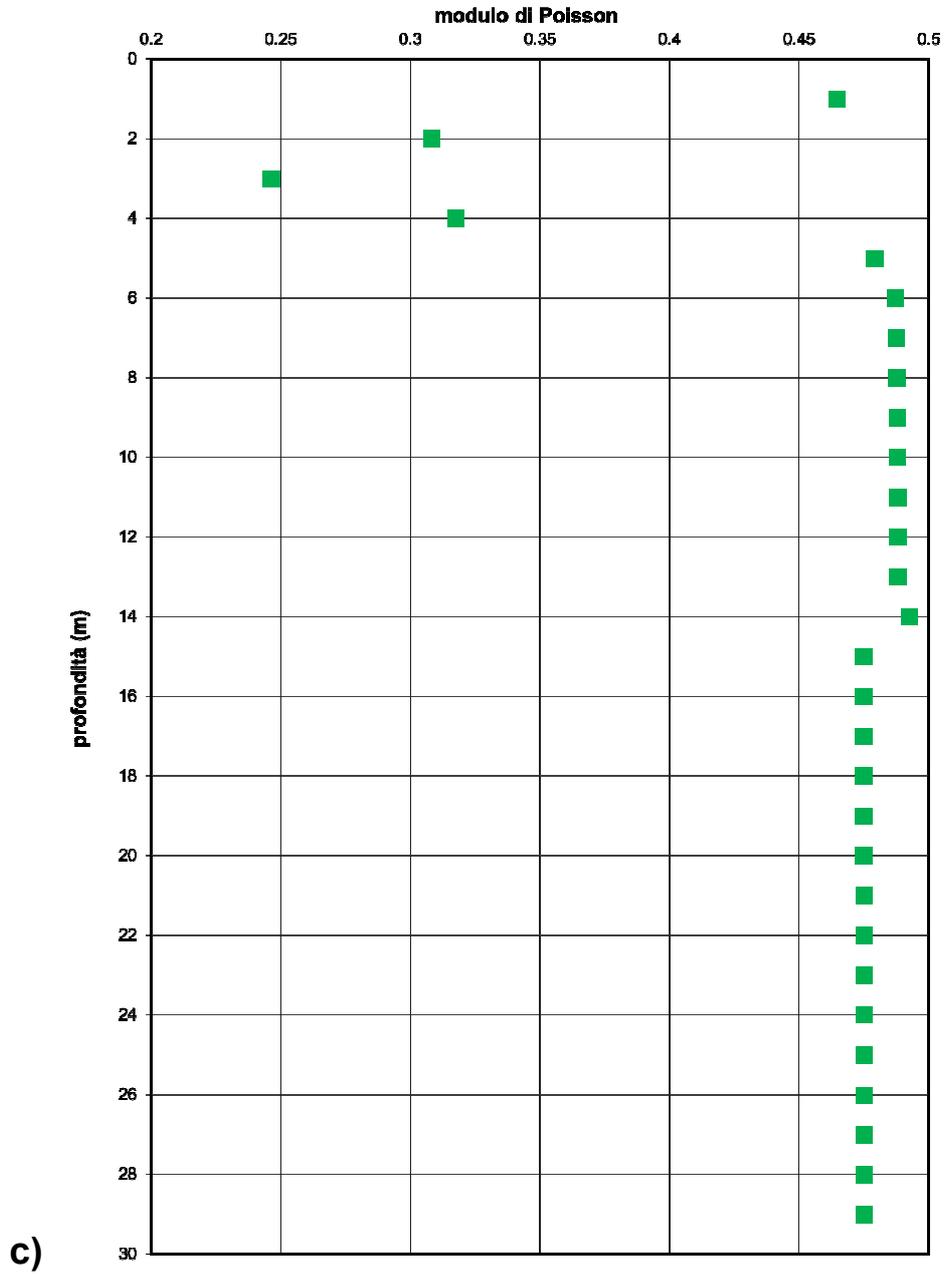
Parametri di acquisizione e presentazione dei dati

Il down-hole DH_S32 è stato eseguito in corrispondenza della trivellazione S32, con distanza d tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 29 m dal piano campagna. Da $z \approx 5$ m in poi si è riscontrata la presenza di acqua.

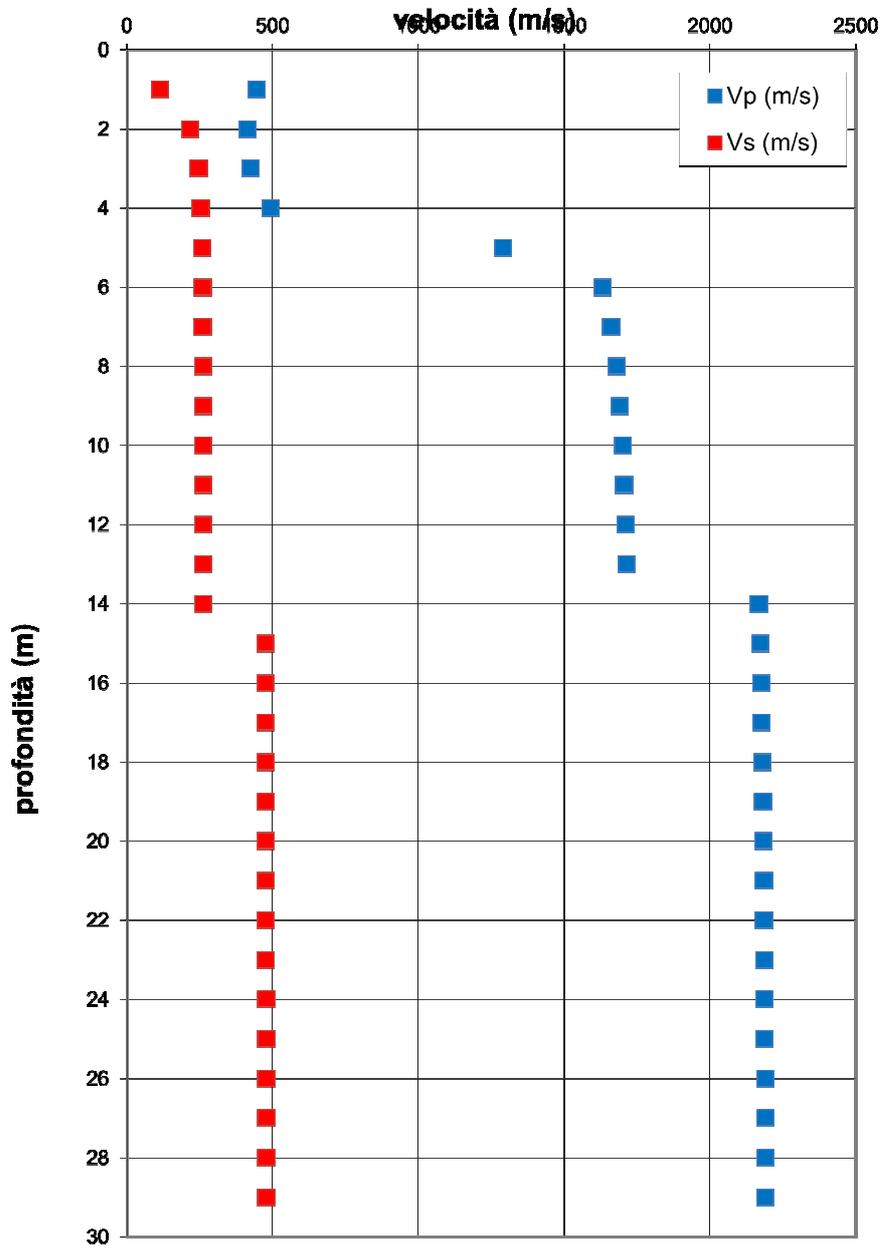
Di seguito si riportano i grafici tempi corretti/profondità, velocità d'intervallo/profondità, rapporto di Poisson/profondità e la colonna stratigrafica.



Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	139/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

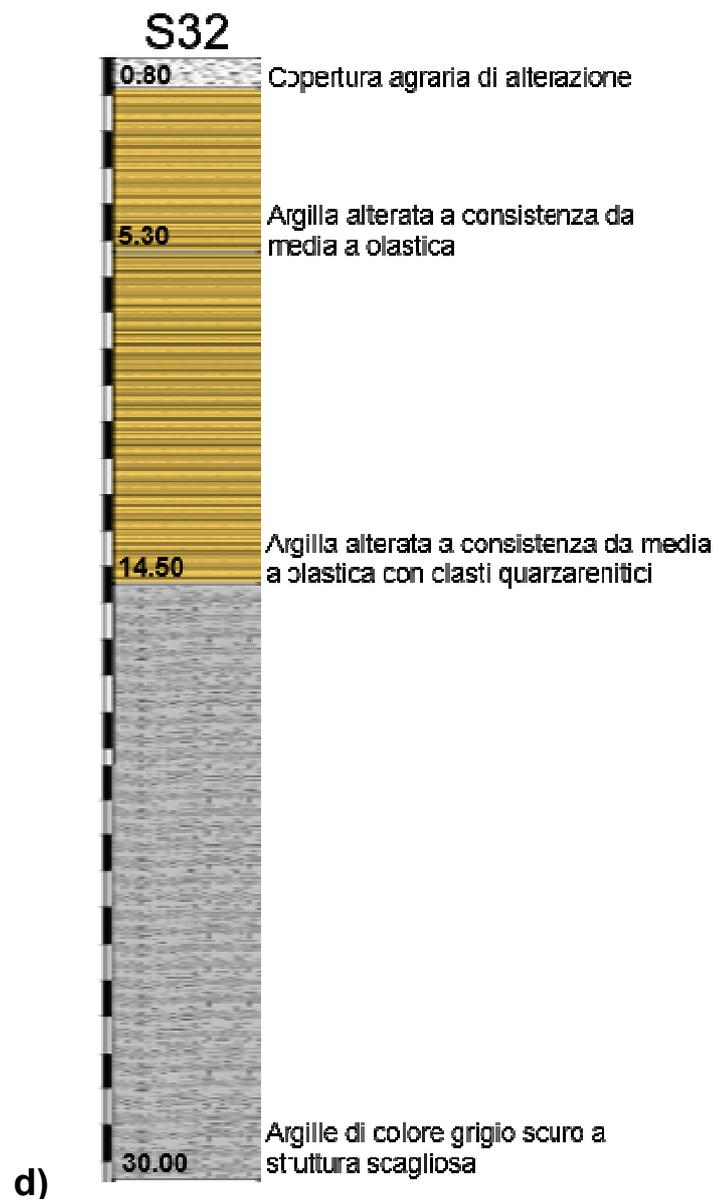


Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	140/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				



b)

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	141/183
	INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE			



141

DH_S32 a) tempi corretti delle onde P (in rosso) ed S (in blu) in funzione della profondità; b) velocità d'intervallo in funzione della profondità; c) rapporto di Poisson in funzione della profondità; d) colonna stratigrafica.

Analisi ed interpretazione dei risultati

Il modello di velocità sismica mostra una copertura agraria di alterazione di spessore di circa 1 m, caratterizzata da basse velocità sismiche. Seguono argille marroni alterate a consistenza plastica per i primi 3 m ($v_p \approx 500$ m/s, $v_s \approx 280$ m/s, $\sigma \approx 0.32$) e a media consistenza per i metri successivi ($v_p \approx 1700$ m/s, $v_s \approx 300$ m/s, $\sigma \approx 0.43$) fino a $z = 14$ m. Seguono, fino alla massima profondità indagata, argille di colore grigio scuro a struttura scagliosa ($v_p \approx 2230$ m/s, $v_s \approx 500$ m/s, $\sigma \approx 0.42$).

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	142/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

Fotografie dell'acquisizione dei dati



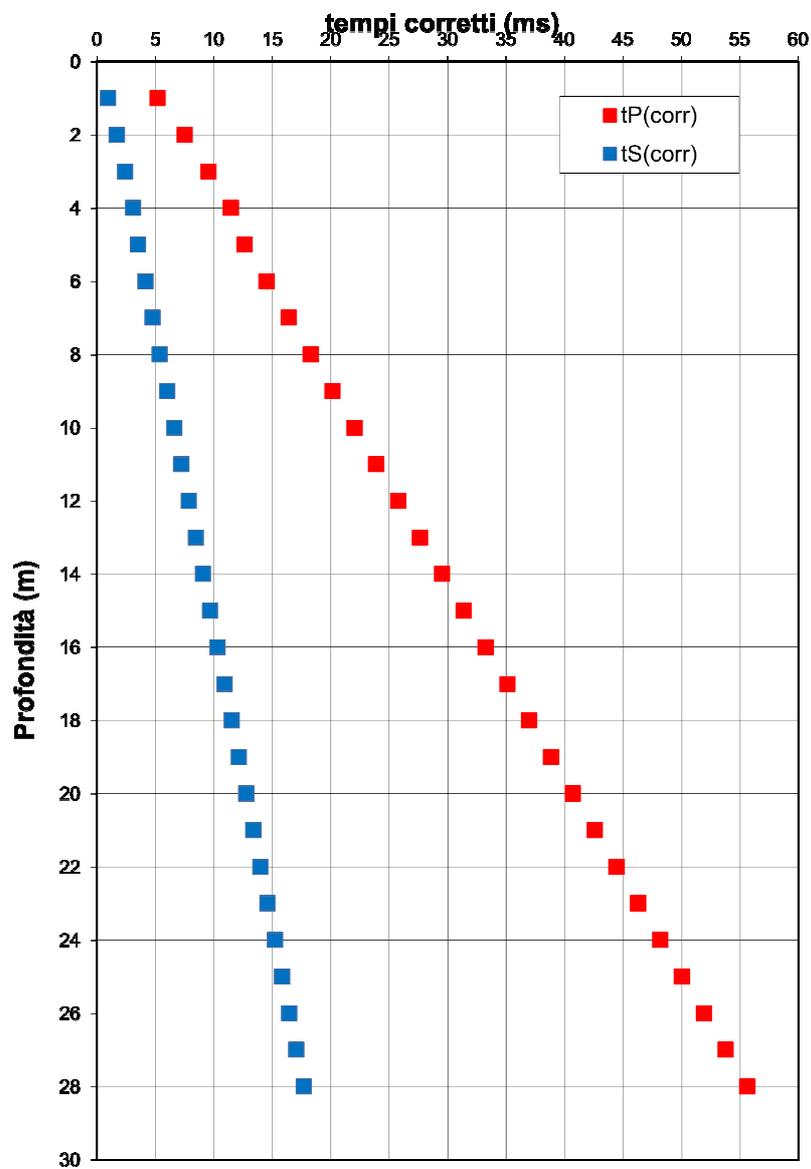
Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	143/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

3.2.13 DH S36

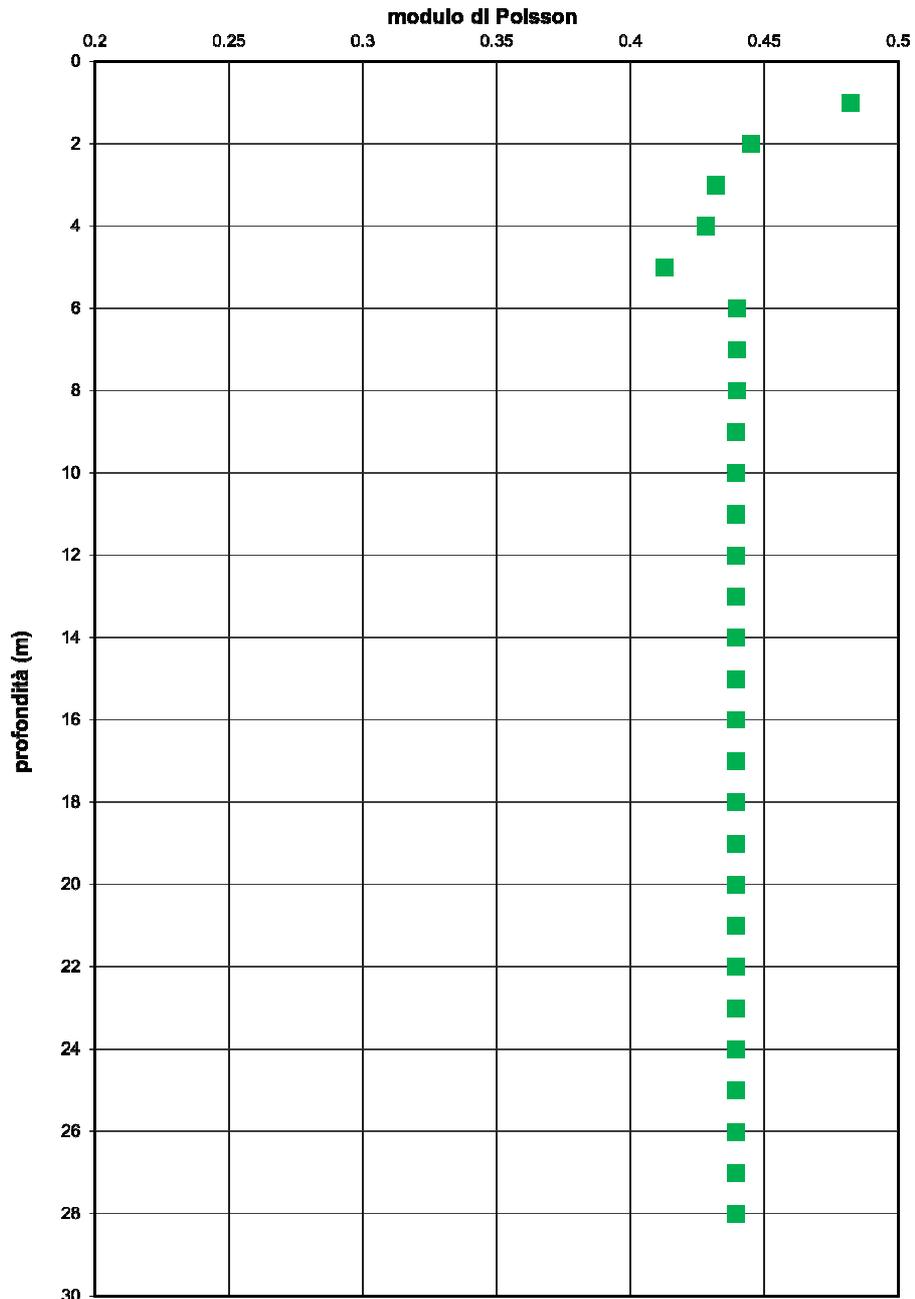
Parametri di acquisizione e presentazione dei dati

Il down-hole DH_S36 è stato eseguito in corrispondenza della trivellazione S36, con distanza d tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 30 m dal piano campagna. Da $z \approx 3$ m in poi si è riscontrata la presenza di acqua.

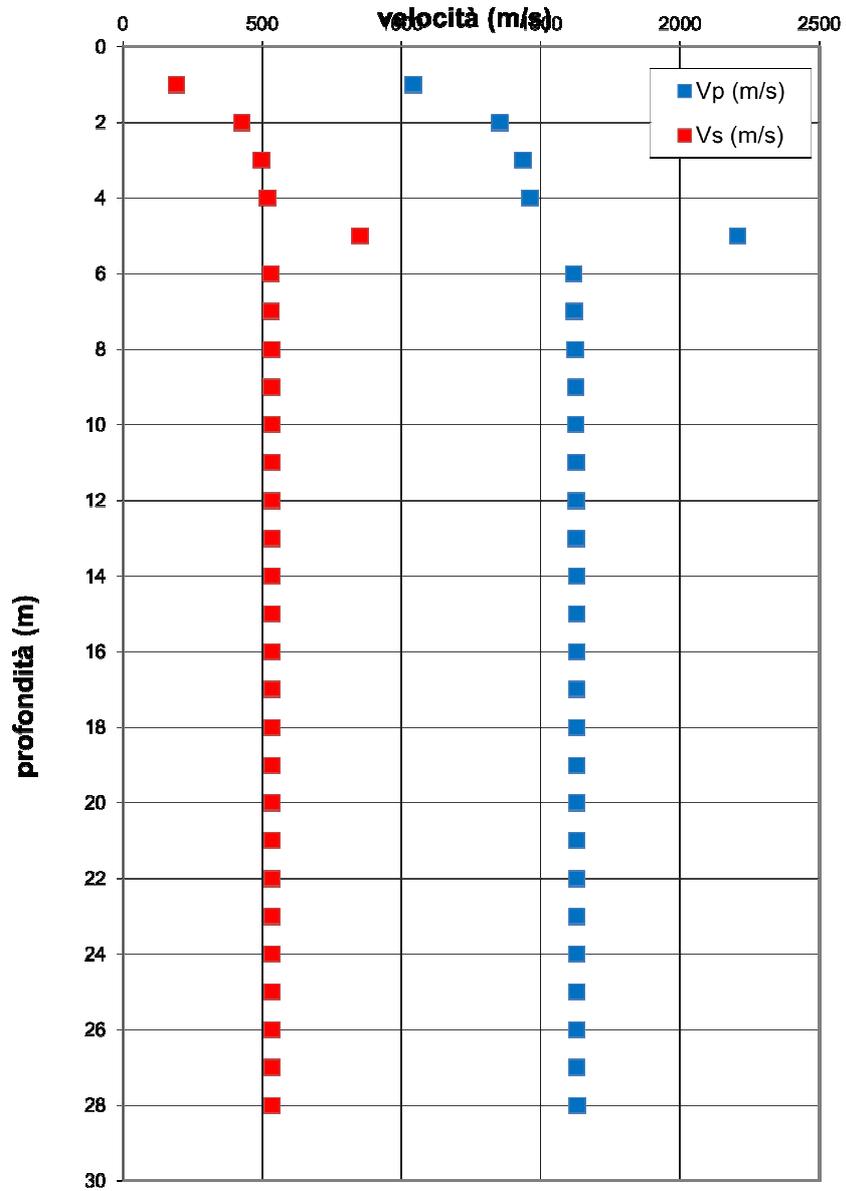
Di seguito si riportano i grafici tempi corretti/profondità, velocità d'intervallo/profondità, rapporto di Poisson/profondità e la colonna stratigrafica.



Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	144/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

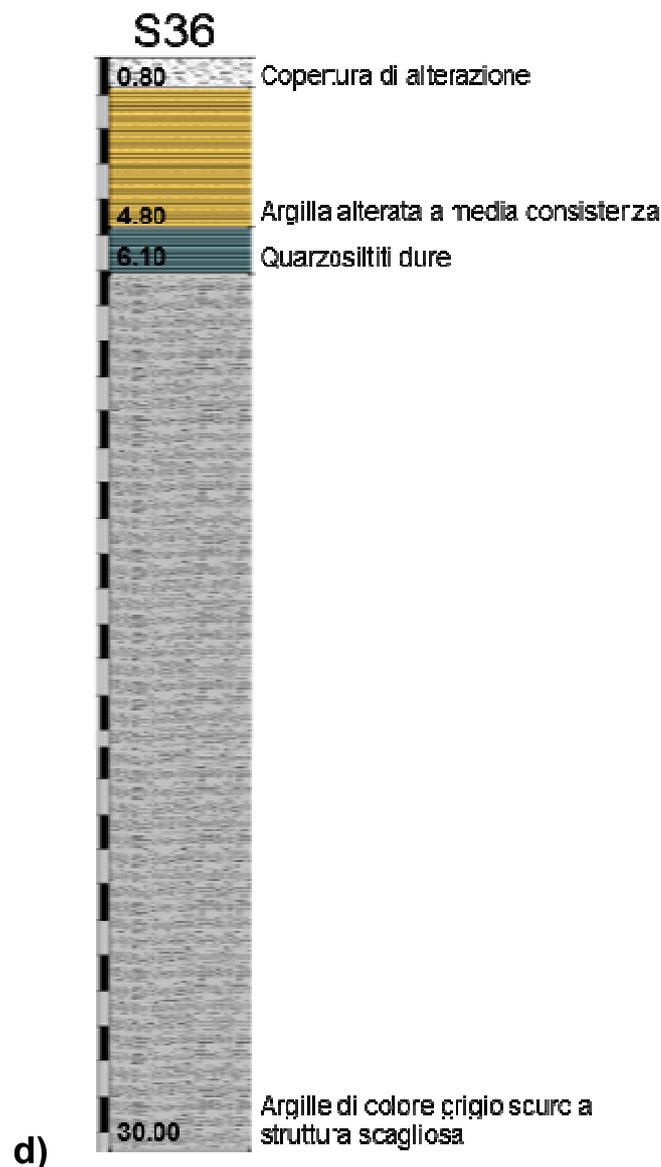


Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	145/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				



b)

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	146/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				



DH_S36. a) tempi corretti delle onde P (in rosso) ed S (in blu) in funzione della profondità; b) velocità d'intervallo in funzione della profondità; c) rapporto di Poisson in funzione della profondità; d) colonna stratigrafica.

Analisi ed interpretazione dei risultati

Il modello di velocità sismica mostra una copertura agraria di alterazione di spessore di circa 1 m, caratterizzata da basse velocità sismiche. Seguono argille marroni alterate a media consistenza e velocità crescenti con la profondità ($v_p \approx 1400$ m/s, $v_s \approx 500$ m/s, $\sigma \approx 0.43$) fino a $z = 4$ m. A questa profondità, per meno di 2 m di spessore, si rilevano quarzosiltiti dure ($v_p \approx 2200$ m/s, $v_s \approx 850$ m/s, $\sigma \approx 0.41$) fino a $z = 6$ m. Seguono, fino alla massima profondità indagata, argille di colore scuro a struttura scagliosa ($v_p \approx 1630$ m/s, $v_s \approx 536$ m/s, $\sigma \approx 0.44$).

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	147/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

Fotografie dell'acquisizione dei dati



Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	148/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

3.3 HVSR

3.3.1 HVSR.33

Instrument: TRZ-0138/01-11

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 01/01/00 00:03:06 End recording: 01/01/00 00:15:06

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

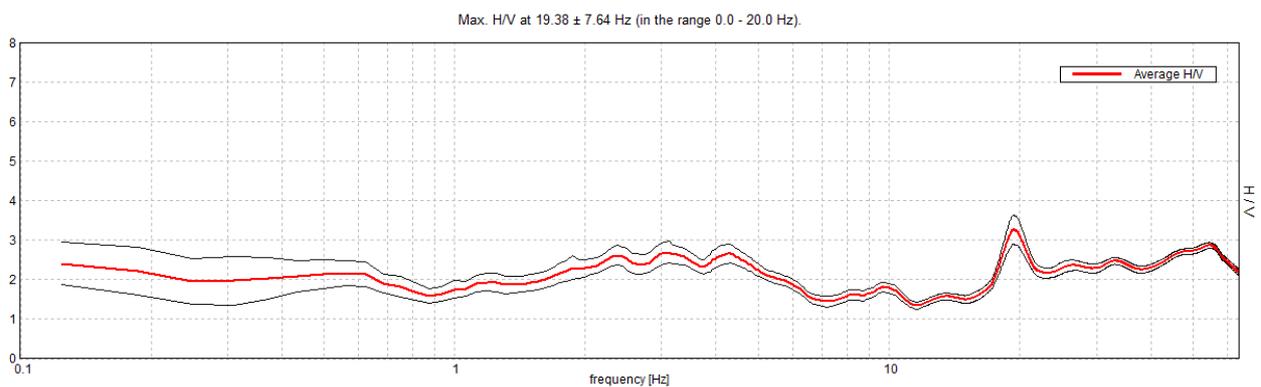
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 10 s

Smoothing type: Triangular window

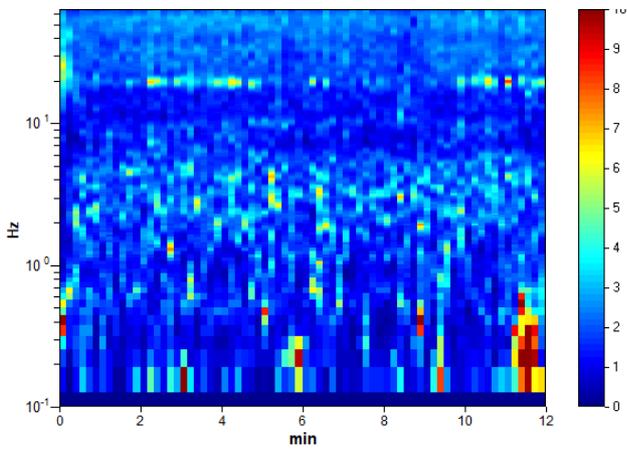
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

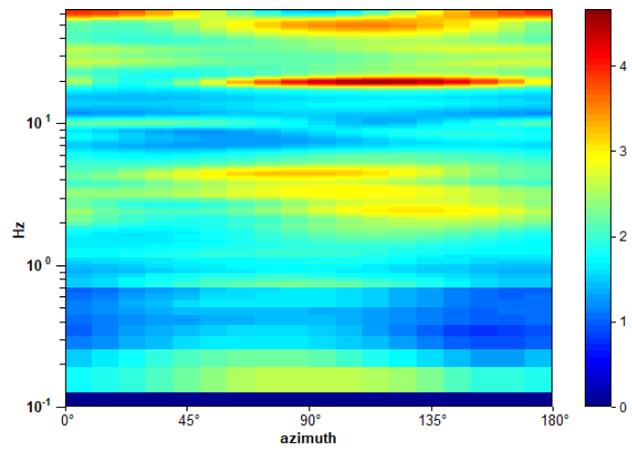


Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	149/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

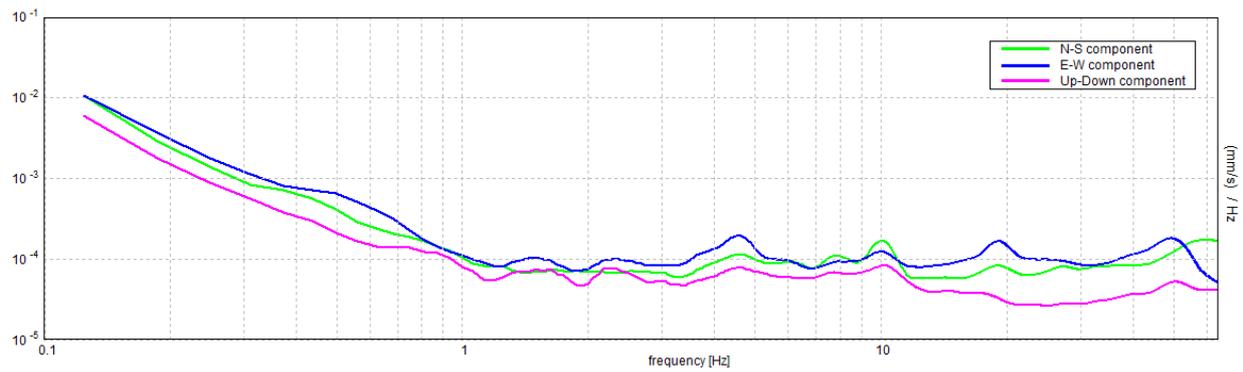
H/V TIME HISTORY



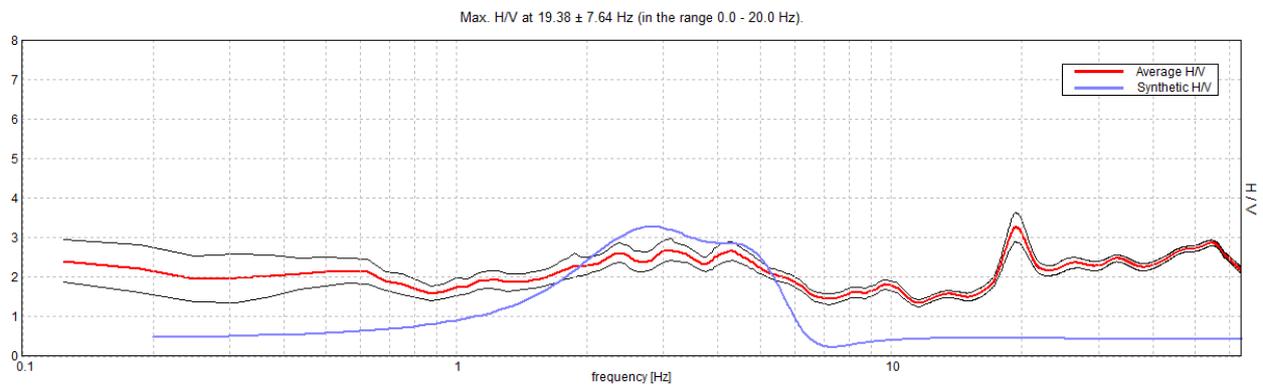
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	150/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
12.00	12.00	205	0.42
48.00	36.00	468	0.42
inf.	inf.	744	0.42

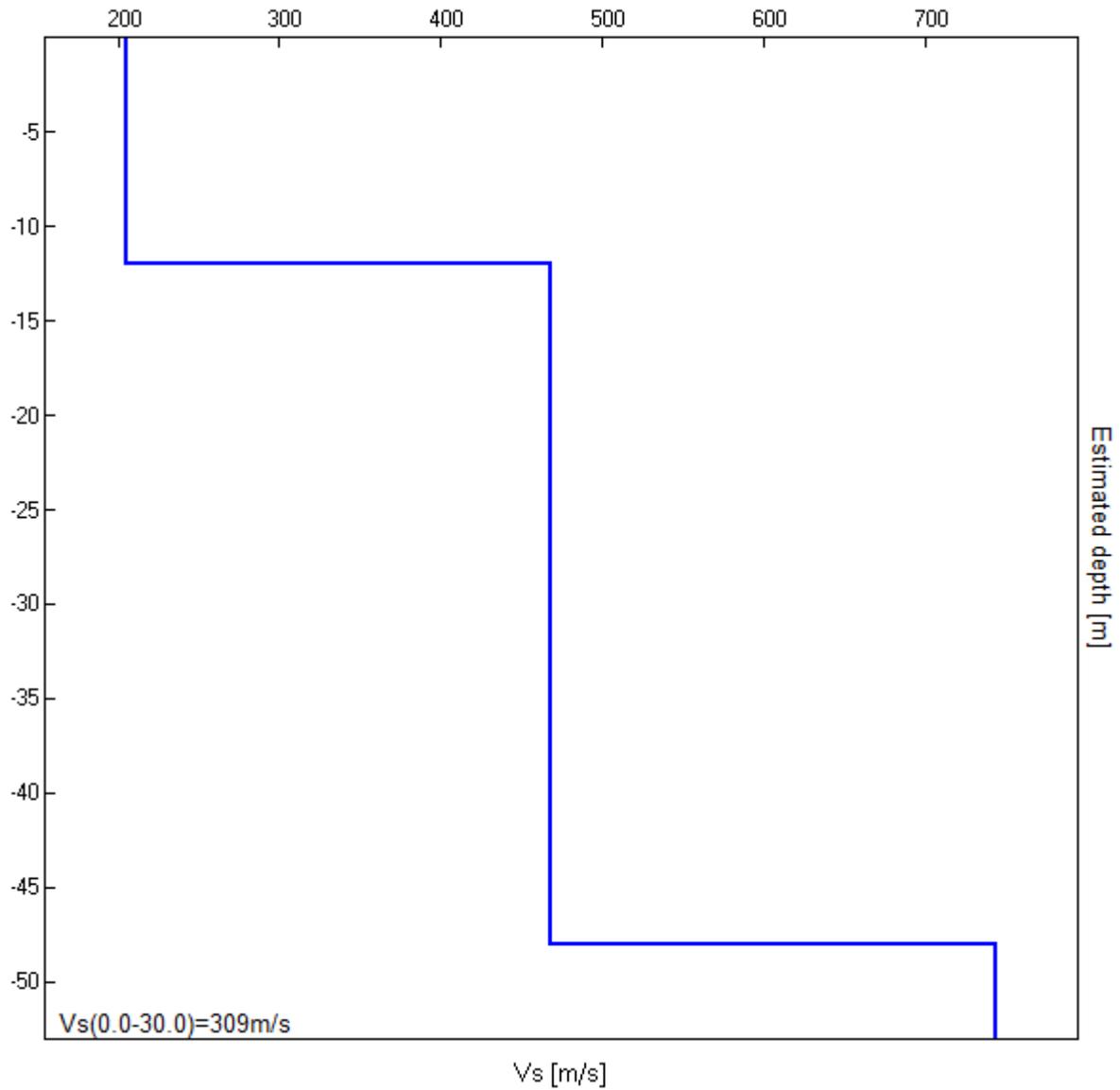
Dati

Numero di strati 2
 Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	12.00	205
2	36.00	468

Profondità complessiva 48 m
 Vs, eq 309.28 m/s
 Categoria del suolo C

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	151/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				



Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	152/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 19.38 ± 7.64 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve			
[All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	19.38 > 1.00	OK	
$n_c(f_0) > 200$	13950.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 466 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak			
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	16.188 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	3.27 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.39446 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	7.64264 < 0.96875		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3703 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	153/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	154/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

3.3.2 HVSR 34

Instrument: TRZ-0138/01-11

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 01/01/00 00:03:30 End recording: 01/01/00 00:15:30

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

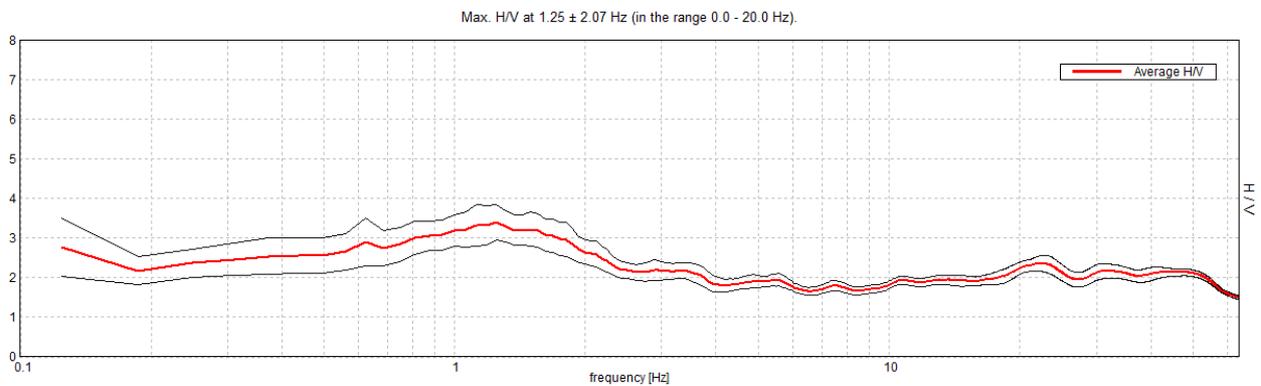
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 10 s

Smoothing type: Triangular window

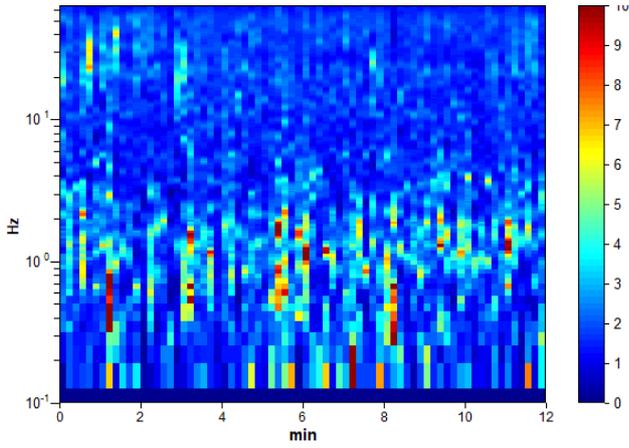
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

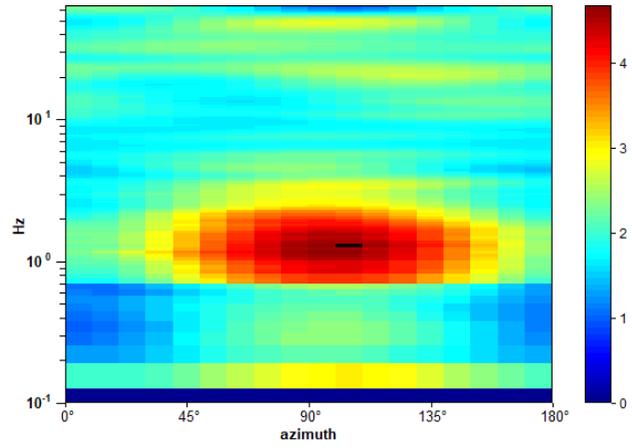


Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	155/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

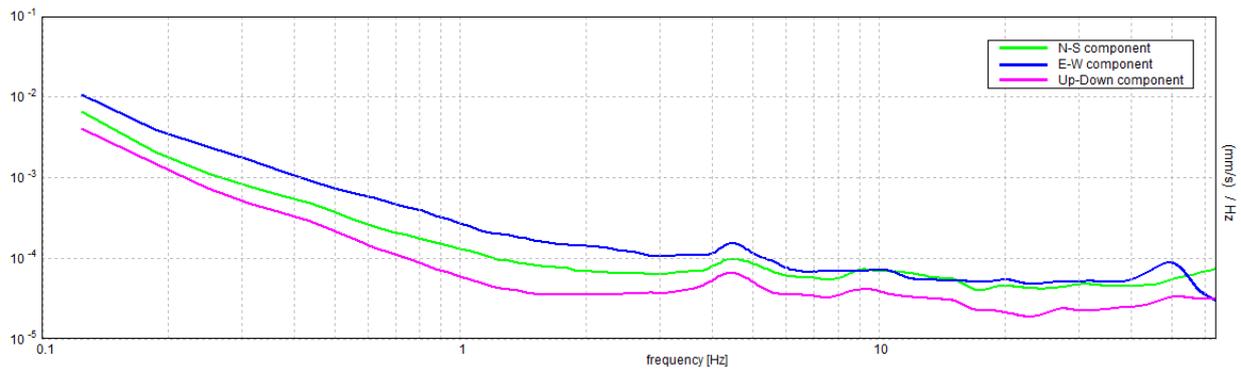
H/V TIME HISTORY



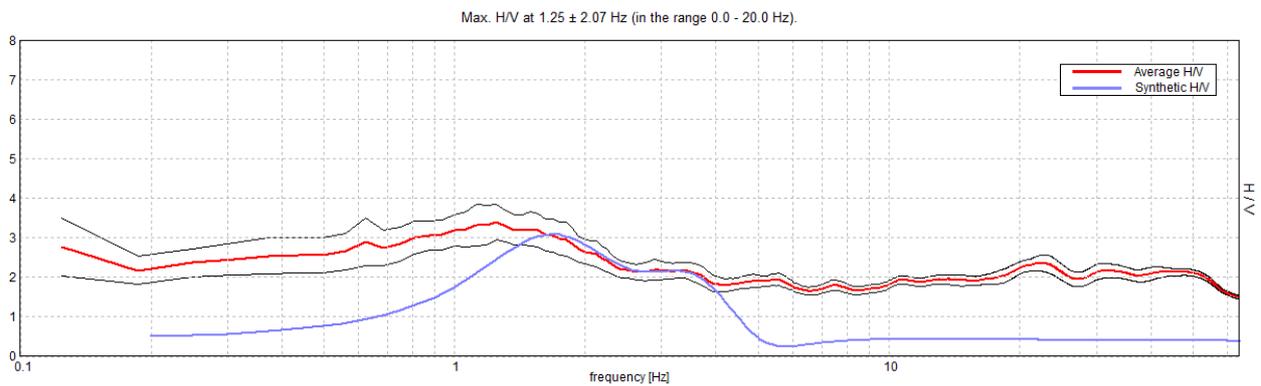
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	156/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
17.00	17.00	220	0.49
66.00	49.00	435	0.49
101.00	35.00	590	0.49
inf.	inf.	650	0.49

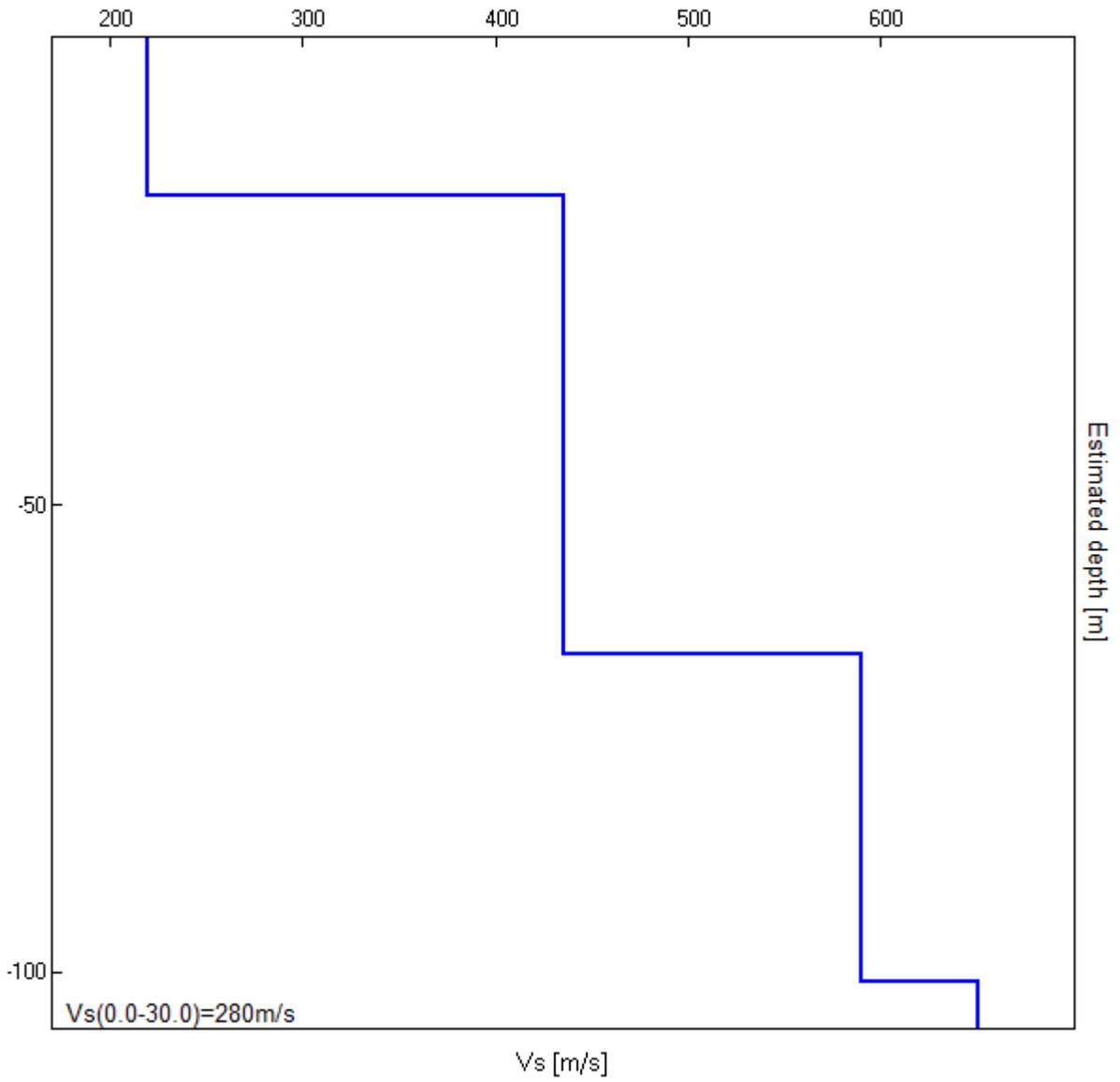
Dati

Numero di strati 2
 Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	17.00	220
2	49.00	435

Profondità complessiva 66 m
 Vs, eq 279.96 m/s
 Categoria del suolo C

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	157/183
	INDAGINI GEOFISICHE - REPORT D'INDAGINE			



Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	158/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 1.25 ± 2.07 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve			
[All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.25 > 1.00	OK	
$n_c(f_0) > 200$	900.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 31 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak			
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	3.39 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 1.65988 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.07485 < 0.125		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4464 < 1.78	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	159/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	160/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

3.3.3 HVSR 35

Instrument: TRZ-0138/01-11

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 01/01/00 00:02:07 End recording: 01/01/00 00:14:08

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analyzed 43% trace (manual window selection)

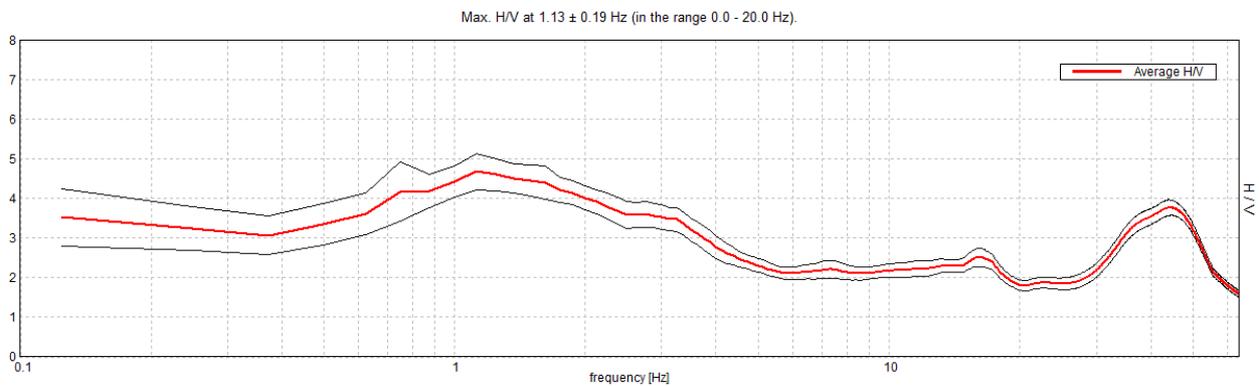
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 5 s

Smoothing type: Triangular window

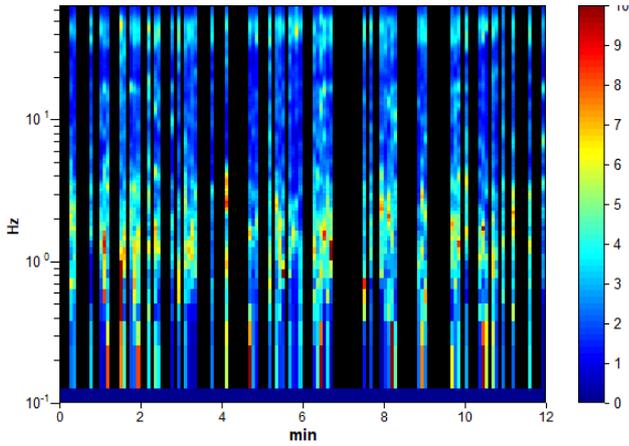
Smoothing: 15%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

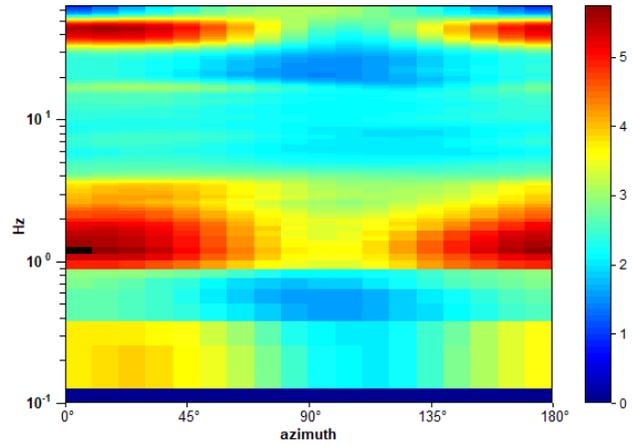


Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	161/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

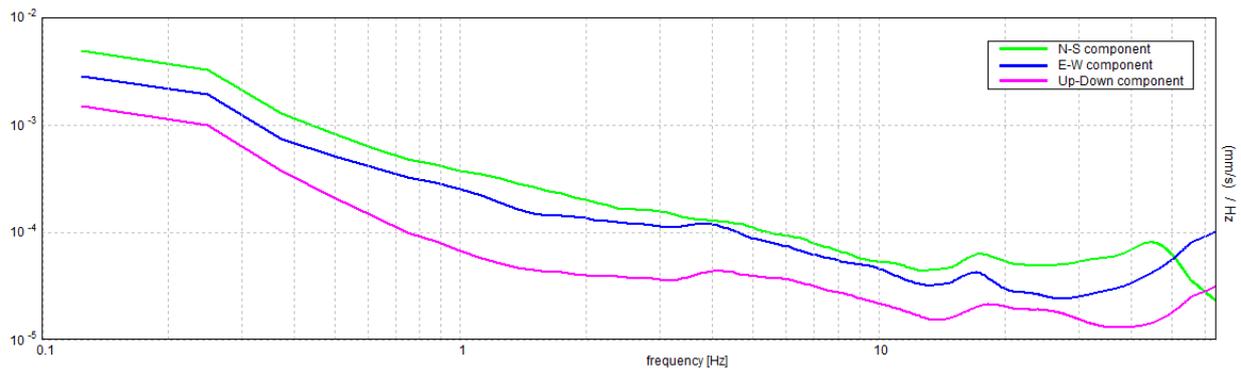
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V

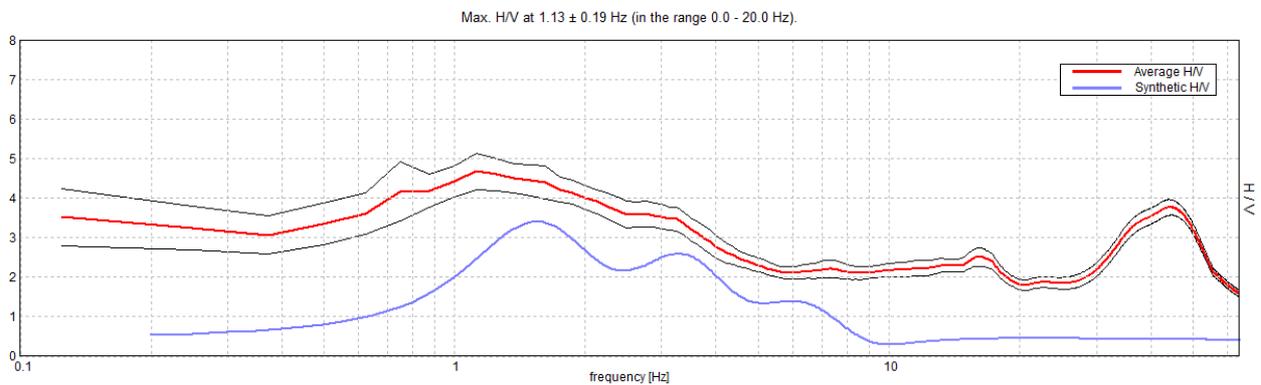


SINGLE COMPONENT SPECTRA



161

EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	162/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
9.00	9.00	205	0.45
36.00	27.00	400	0.45
116.00	80.00	650	0.45
inf.	inf.	980	0.40

Dati

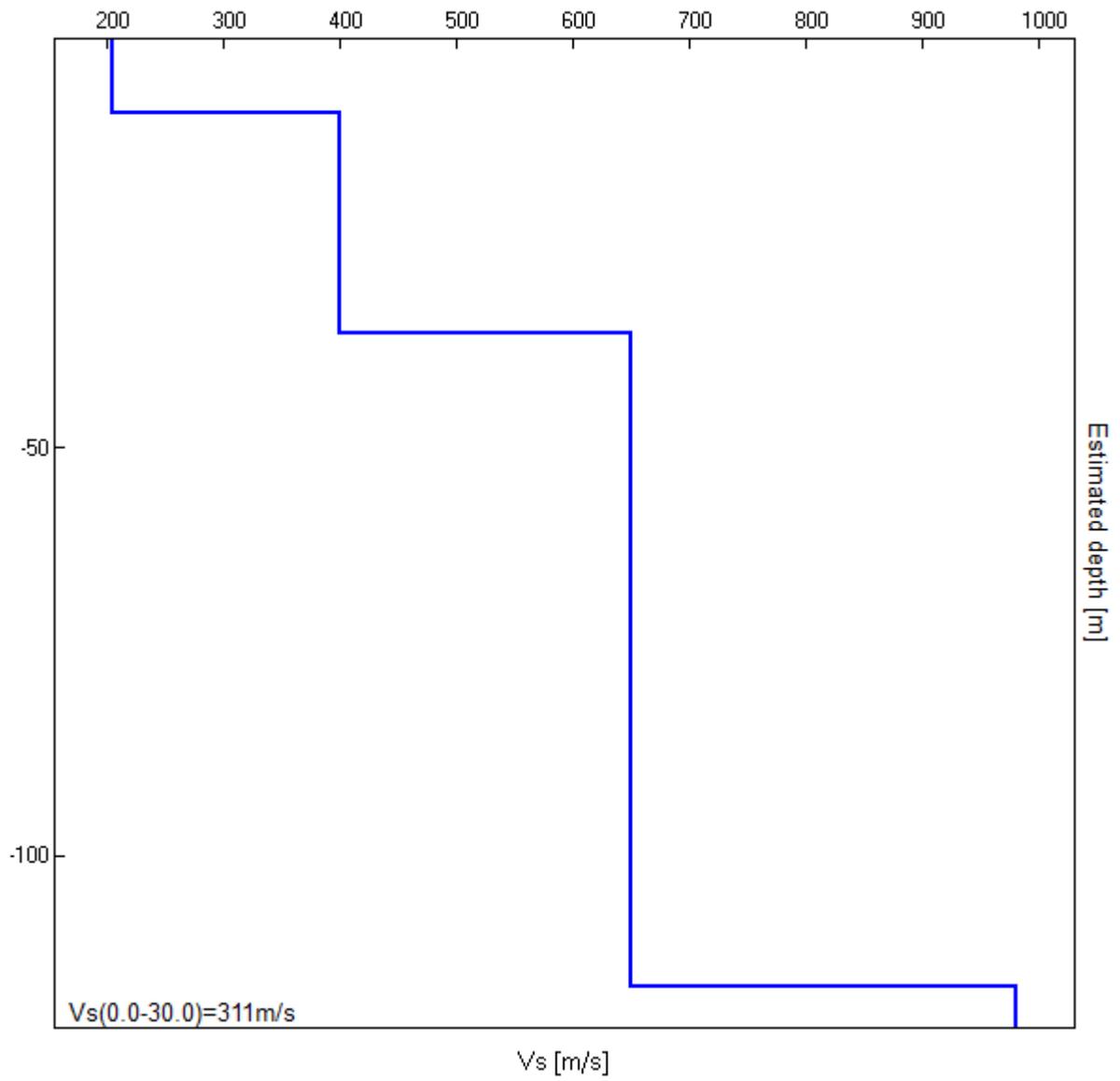
Numero di strati 2
 Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	12	205
2	40	400

162

Profondità complessiva 52 m
 Vs, eq 289.75 m/s
 Categoria del suolo C

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	163/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				



Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	164/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 1.13 ± 0.19 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve			
[All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	$1.13 > 2.00$		NO
$n_c(f_0) > 200$	$348.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 14 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak			
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$4.67 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.16697 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.18784 < 0.1125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.453 < 1.78$	OK	

164

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	165/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	166/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

3.3.4 HVSR 36

Instrument: TRZ-0138/01-11

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 01/01/00 00:00:47 End recording: 01/01/00 00:12:47

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analyzed 79% trace (manual window selection)

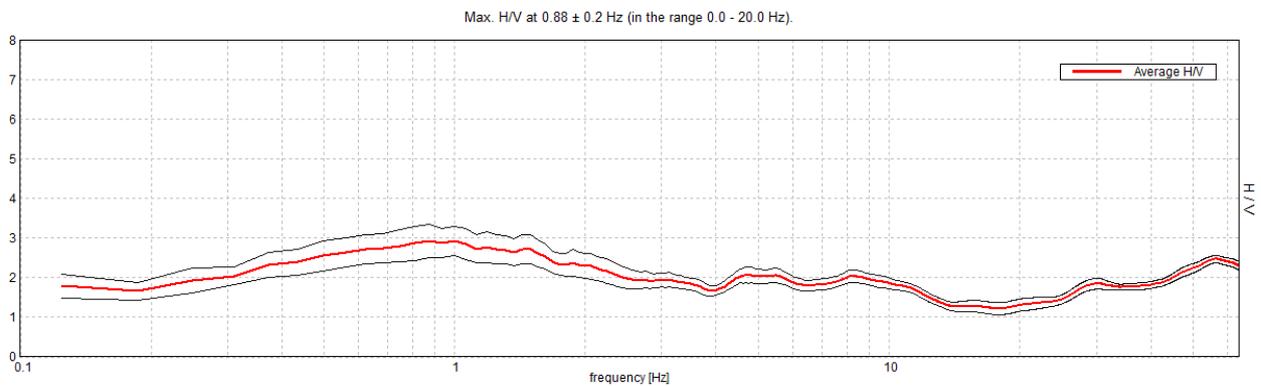
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 10 s

Smoothing type: Triangular window

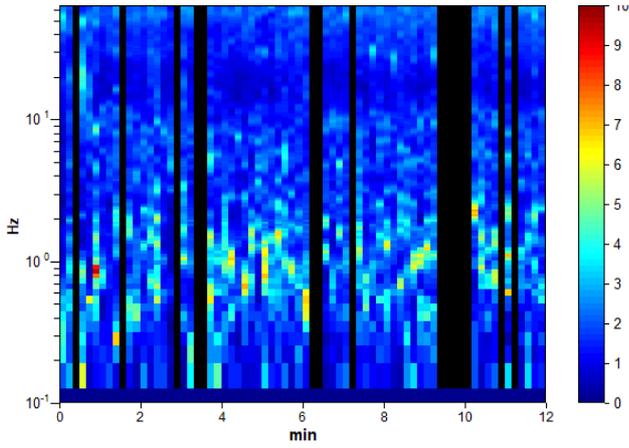
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

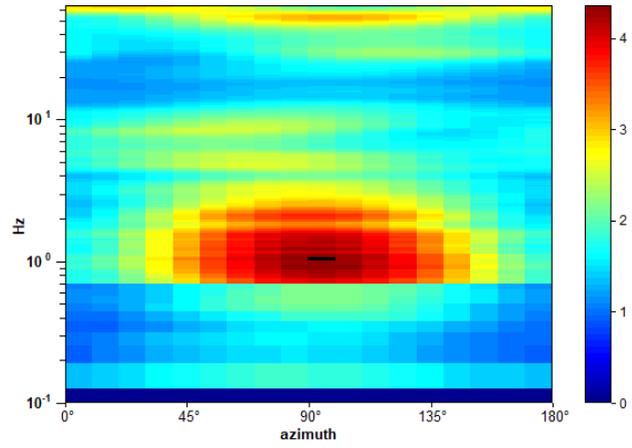


Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	167/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

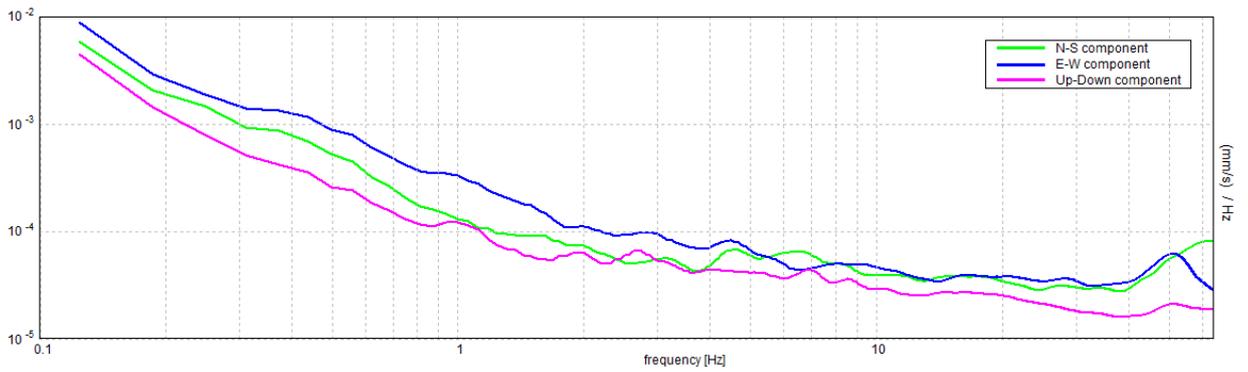
H/V TIME HISTORY



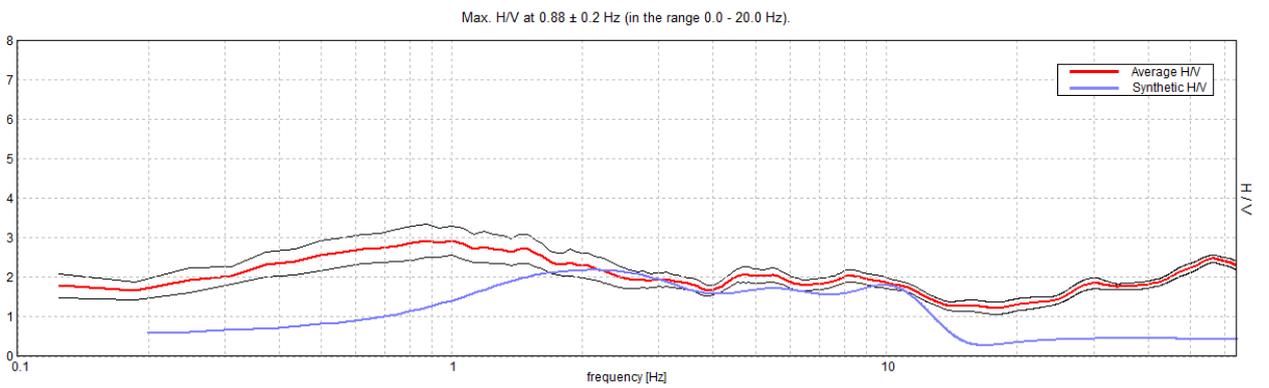
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	168/183
<i>INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE</i>				

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
7.00	7.00	270	0.45
31.00	24.00	550	0.45
93.50	62.50	790	0.45
173.50	80.00	990	0.30
223.50	50.00	1000	0.30
inf.	inf.	1250	0.30

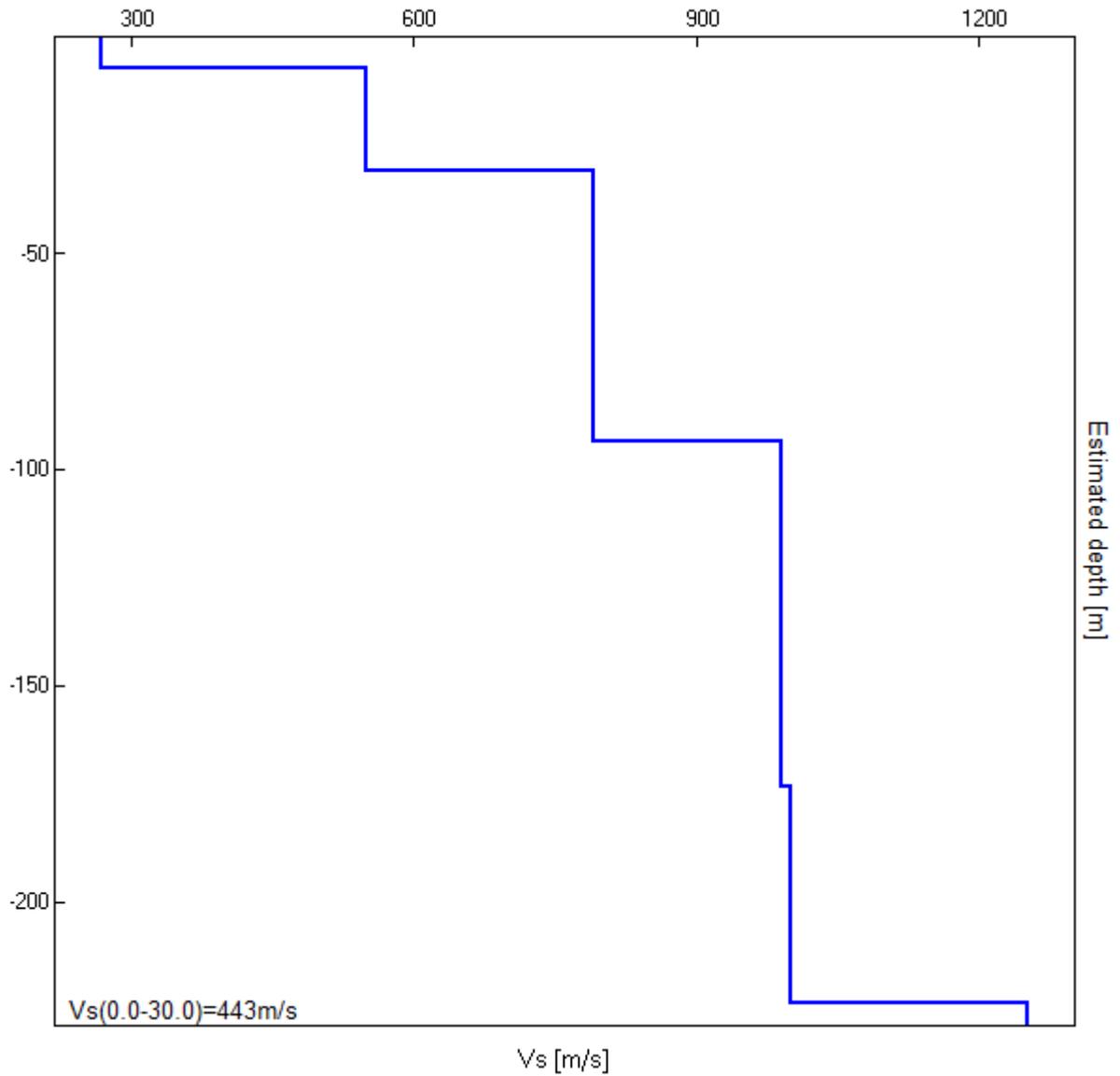
Dati

Numero di strati 2
 Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	7	270
2	24	550

Profondità complessiva 31 m
 Vs, eq 442.84 m/s
 Categoria del suolo B

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	169/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				



Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	170/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 0.88 ± 0.2 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.88 > 1.00$		NO
$n_c(f_0) > 200$	$498.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 22 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.93 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.23194 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.20295 < 0.13125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4184 < 2.0$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	171/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	172/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

3.3.5 HVSR 37

Instrument: TRZ-0138/01-11

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 01/01/00 00:01:09 End recording: 01/01/00 00:13:09

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

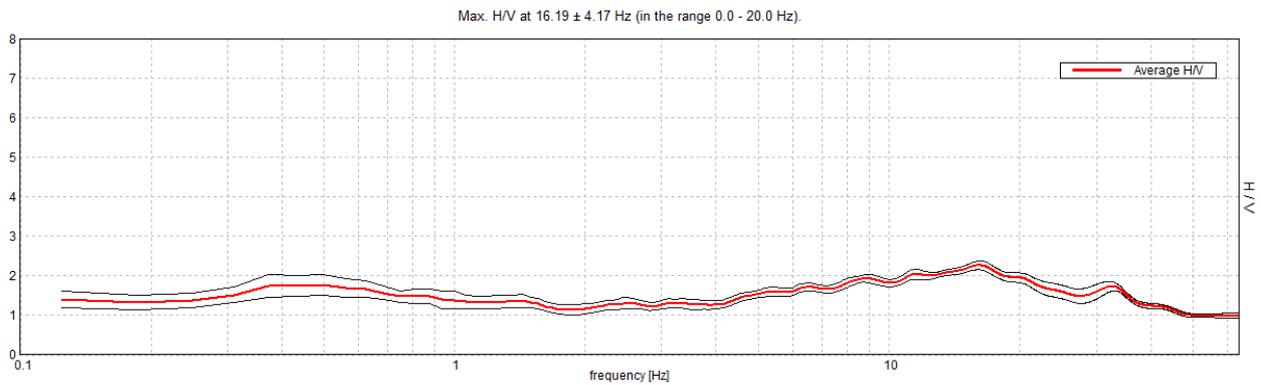
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 10 s

Smoothing type: Triangular window

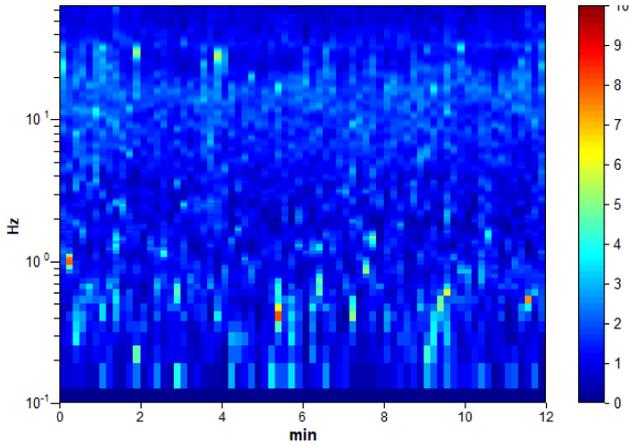
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

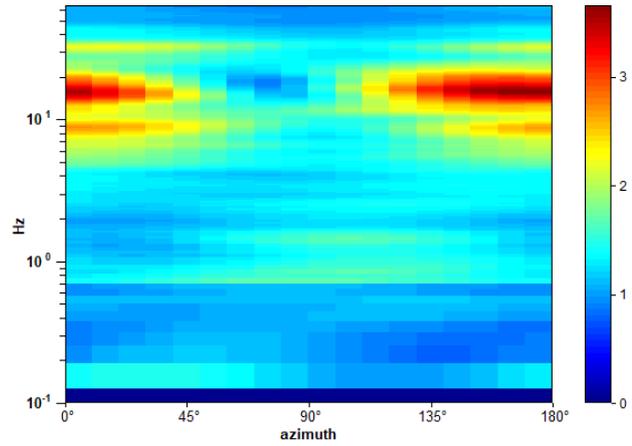


Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	173/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

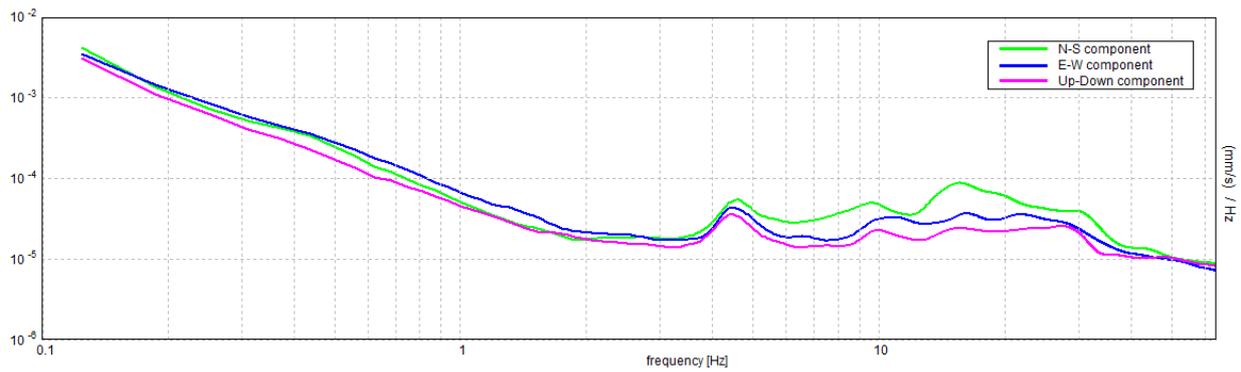
H/V TIME HISTORY



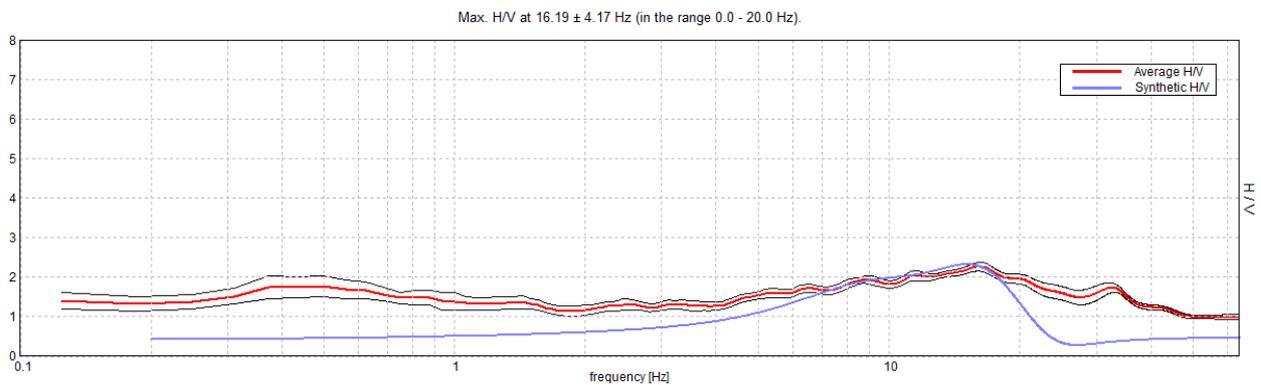
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	174/183
<i>INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE</i>				

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.40	3.40	210	0.45
15.40	12.00	420	0.45
inf.	inf.	480	0.45

Dati

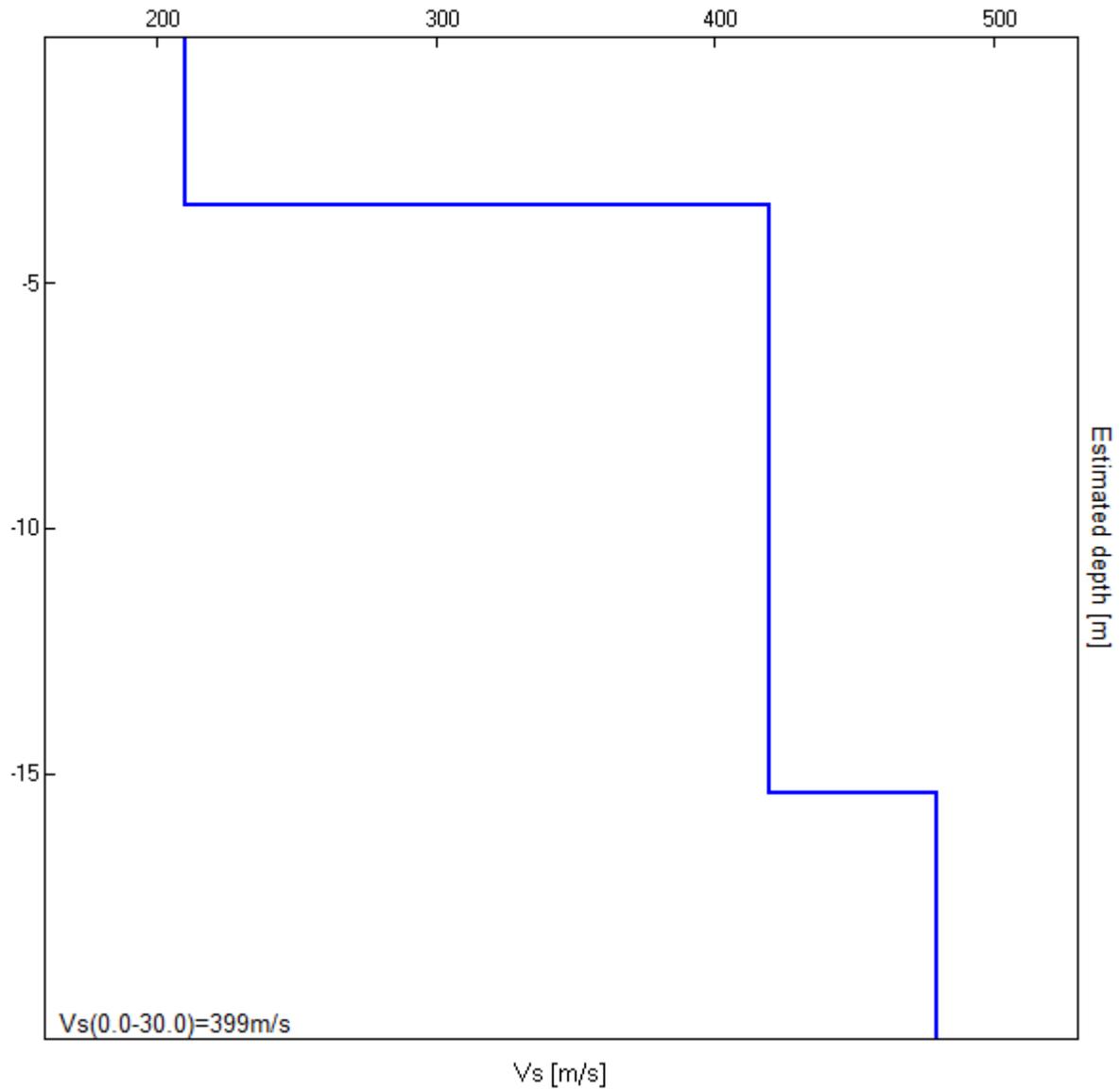
Numero di strati 3
 Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	3.4	210
2	12	420
3	14.6	480

174

Profondità complessiva 30 m
 Vs, eq 399.05 m/s
 Categoria del suolo B

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	175/183
	INDAGINI GEOFISICHE - REPORT D'INDAGINE			



Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	176/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 16.19 ± 4.17 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve			
[All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	16.19 > 1.00	OK	
$n_c(f_0) > 200$	11655.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 390 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak			
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	45.063 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.26 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.25787 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	4.17419 < 0.80938		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1122 < 1.58	OK	

176

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	177/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	178/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

3.3.6 HAVSR 38

Instrument: TRZ-0138/01-11

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 01/01/00 00:00:37 End recording: 01/01/00 00:12:37

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

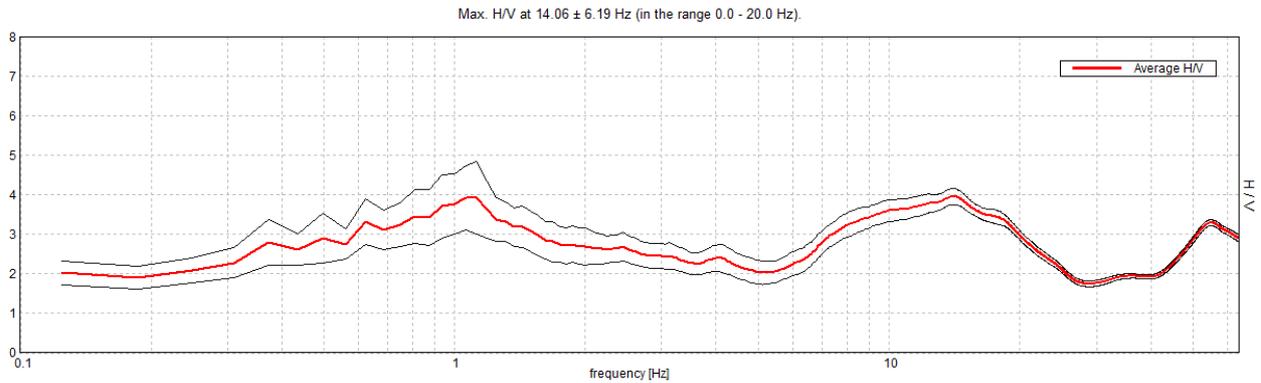
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 10 s

Smoothing type: Triangular window

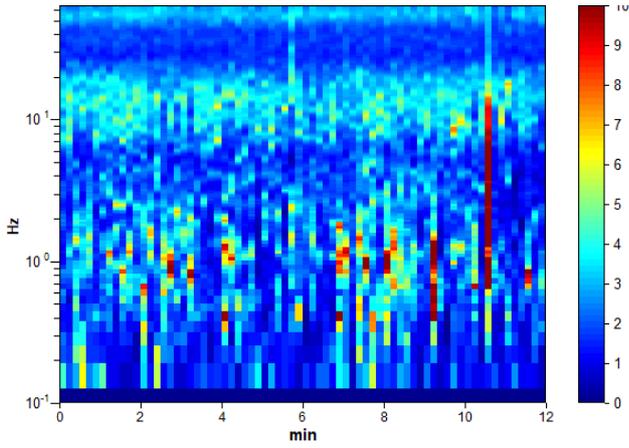
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

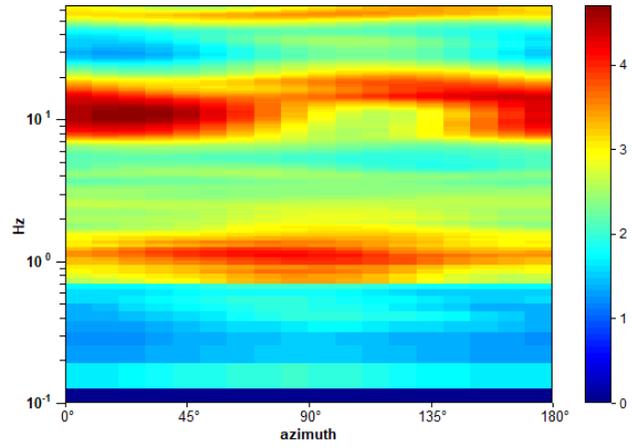


Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	179/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

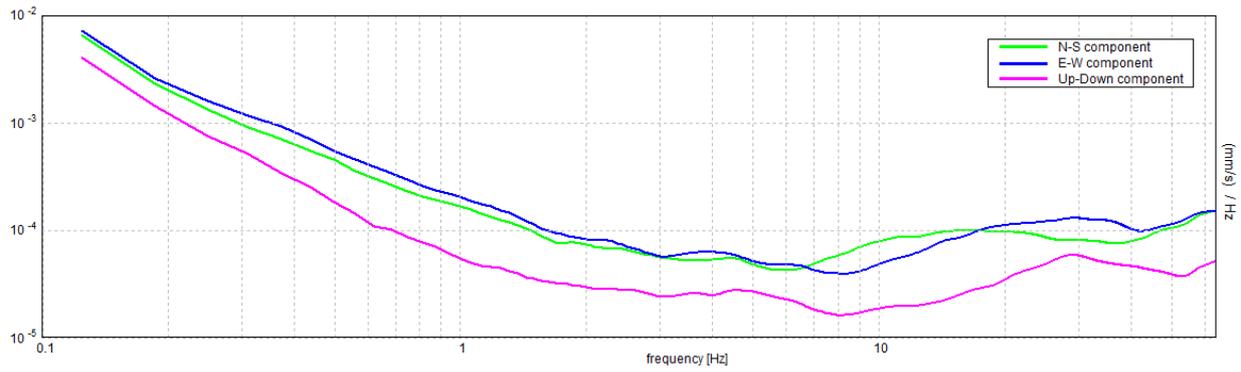
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V

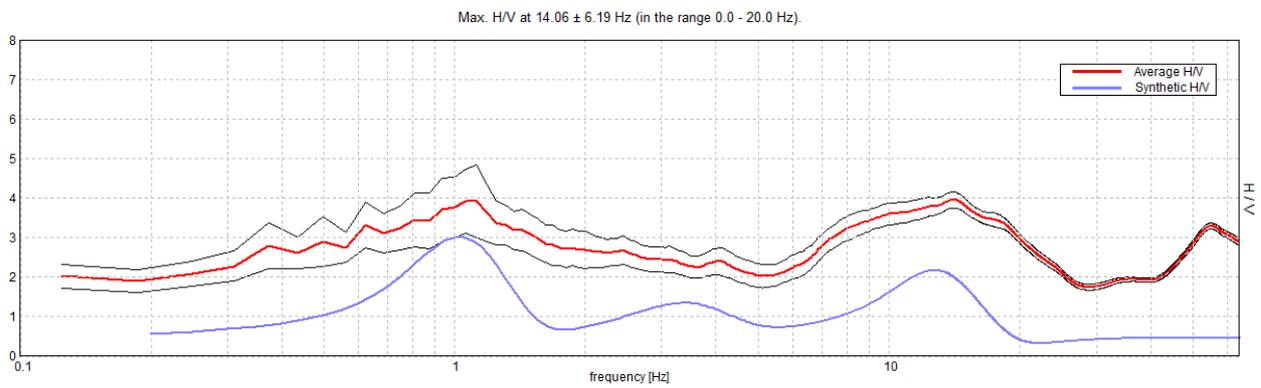


SINGLE COMPONENT SPECTRA



179

EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	180/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.90	3.90	200	0.40
31.30	27.40	400	0.40
151.30	120.00	600	0.42
inf.	inf.	1100	0.42

Dati

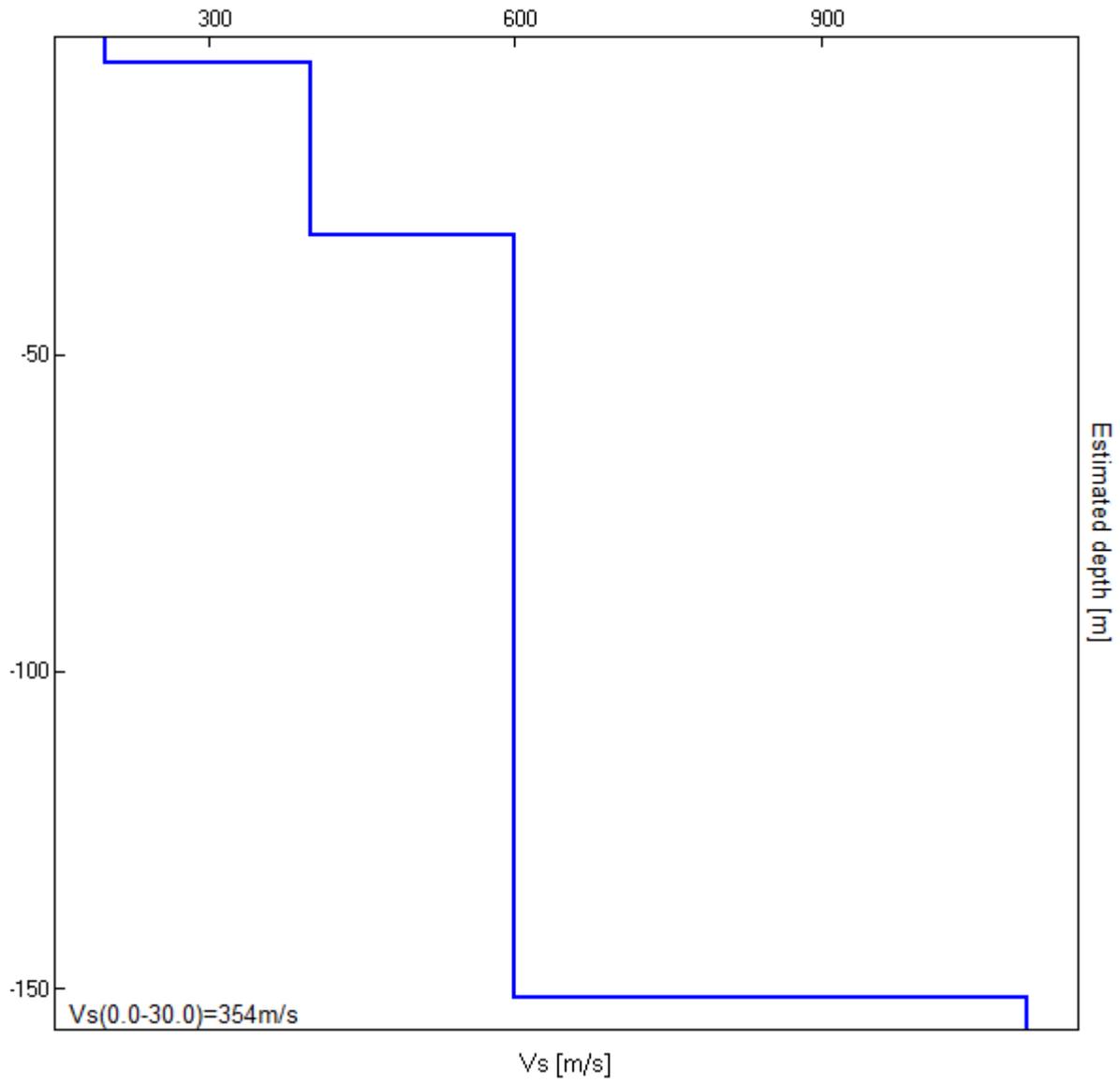
Numero di strati 2
 Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	3.90	200
2	27.40	400

180

Profondità complessiva 31.299999999999997 m
 Vs, eq 353.98 m/s
 Categoria del suolo C

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	181/183
	INDAGINI GEOFISICHE - REPORT D'INDAGINE			



Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	182/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 14.06 ± 6.19 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve			
[All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	14.06 > 1.00	OK	
$n_c(f_0) > 200$	10125.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 338 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak			
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	25.75 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.95 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.44033 < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	6.19207 < 0.70313		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2045 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency

Committente:	Rif. Lavoro	Rev.	Data	Pag.
ANAS SPA	21_43_01	01	Novembre 2021	183/183
INDAGINI GEOFISICHE – REPORT D'INDAGINE				

f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20