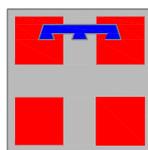




# Autostrada Asti-Cuneo



PROVINCIA DI ASTI



REGIONE PIEMONTE



PROVINCIA DI CUNEO

## COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE ASTI - CUNEO

TRONCO II A21 (ASTI EST) - A6 (MARENE)  
LOTTO 6 RODDI - DIGA ENEL

### PROGETTO ESECUTIVO STUDI E INDAGINI

INDAGINI E PROVE  
INDAGINI GEOGNOSTICHE INTEGRATIVE 2011-2012  
PROVE DOWN HOLE

Aggiornato: 00	Data : Apr. 2013	Descrizione: EMISSIONE	Redatto: Dott.Geol.Vincenzetto	Controllato: Ing. Spoglianti	Approvato: Ing. Ghislandi	Codifica: 2.6 E - r B.3.5.03 Lotto Prog. Tipo Elaborato
Aggiornato:	Data :	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Data: Marzo 2015
Aggiornato:	Data :	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Scala: -



PROGETTISTA e RESP. INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Enrico Ghislandi  
Albo di Milano  
N° A 16993

CONCESSIONARIA:





## INDICE

<b>INDICE .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>2</b>
<b>2. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA .....</b>	<b>2</b>
<b>3. FINALITA' DELLA PROSPEZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>4. CARATTERISTICHE DELLA PERFORAZIONE E LAVORI SVOLTI .....</b>	<b>3</b>
<b>5. METODOLOGIA ESECUTIVA DEL RILIEVO.....</b>	<b>5</b>
<b>6. METODOLOGIA INTERPRETATIVA .....</b>	<b>7</b>
<b>7. ANALISI DEI RISULTATI .....</b>	<b>8</b>
<b>8. APPENDICE – DROMOCRONE SISMICHE.....</b>	<b>23</b>

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione illustra i risultati dei carotaggi sismici down-hole eseguiti ai fini della progettazione esecutiva del Lotto 2.6..

L'indagine geofisica è stata condotta all'interno dei fori strumentati DH2, DH3, DH5 e DH7. I lavori si sono svolti in un unico intervento nei giorni 21-22-23 Febbraio 2012, con l'esecuzione di 4 carotaggi sismici down-hole.

Scopo della prospezione geofisica è stata la caratterizzazione dinamica dei terreni attraverso il parametro della velocità sismica delle onde P e delle onde SH e la definizione del valore di Vs30 utile per la classificazione dei suoli di fondazione nelle categorie previste dalla vigente normativa antisismica.

Nella presente relazione sono descritte le modalità d'esecuzione della fase di acquisizione dei dati sperimentali e le metodologie interpretative dei dati sismici.

## 2. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

n°	Strumentazione prove down-hole	COD. IDENT.
1	Sismografo GEOMETRICS "GEODE" 24 ch - 24 bit	SGG-SI-39
1	Computer portatile per registrazione dei dati di campagna	
1	Cavo di collegamento per geofoni	SGG-SI-39H
1	Geofono tridimensionale da foro Geostuff, a frequenza propria di 15 Hz, munito di bussola elettronica per orientamento del geofono stesso e di ancoraggio meccanico motorizzato alla parete del foro	SGG-SI-55A
1	Sistema specifico per la generazione di onde polarizzate SH	
1	Trigger dispositivo "arm switch"	
2	Masse battenti del peso di 5 e 10 kg	

Tutti gli strumenti di misura impiegati, sono tarati presso il laboratorio cetace di Calenzano, afferente alla CESVIT S.p.A. ed accreditato SIT (Servizio di Taratura in Italia).

### 3. FINALITA' DELLA PROSPEZIONE

Le finalità della prospezione geofisica possono così essere sinteticamente riassunte:

- definire la velocità di propagazione delle onde sismiche P ed SH nel sottosuolo;
- parametrizzazione dinamica dei terreni attraverso le misure geofisiche;
- definizione del valore Vs30 per la classificazione dei suoli di fondazione nelle categorie previste dalla normativa antisismica.

### 4. CARATTERISTICHE DELLA PERFORAZIONE E LAVORI SVOLTI

Al momento dell'esecuzione dei carotaggi sismici, i sondaggi risultavano completamente rivestiti con tubazione in PVC cementata alle pareti dei fori stessi. Le profondità dei sondaggi erano di 40 metri ed al momento della prova, i fori presentavano acqua al loro interno. Le registrazioni sismiche, all'interno dei sondaggi, sono state eseguite con un'interdistanza fra le misure pari ad 1,0 metri, a partire dal fondo foro fino al piano campagna.

**Di seguito si riporta il dettaglio delle indagini:**

Sondaggio	Profondità m	Offset m	Livello dell'acqua nel tubo m p.c.	Data della misura
DH2	40,0	3,0	19,0	20-03-2012
DH3	40,0	3,0	29,0	21-03-2012
DH5	40,0	3,0	23,0	22-03-2012
DH7	40,0	3,0	15,0	21-03-2012



Down hole DH2



Down hole DH3



Down hole DH7

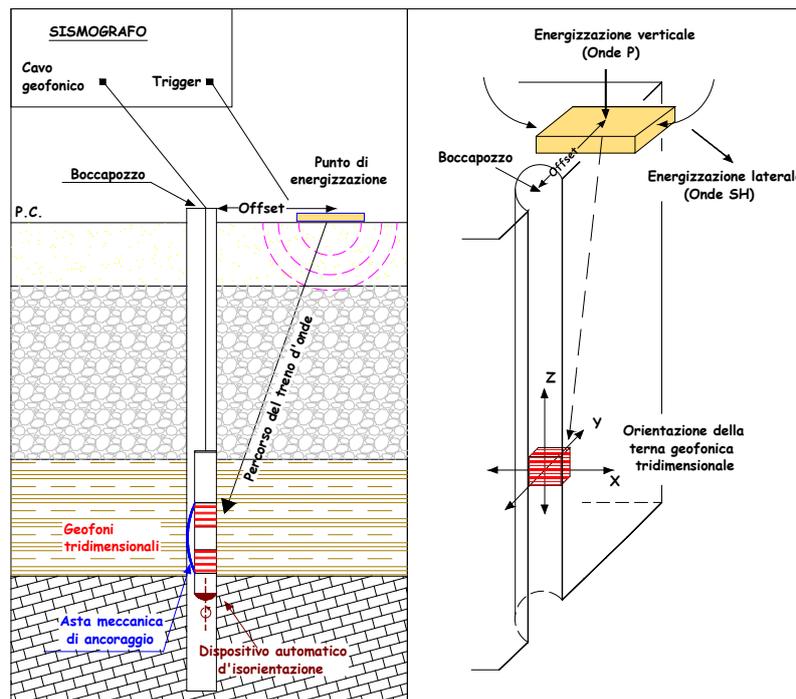


Down hole DH5

## 5. METODOLOGIA ESECUTIVA DEL RILIEVO

Lo scopo della prova down-hole consiste nel determinare la velocità di propagazione delle onde di compressione (onde P) e di taglio (onde  $S_H$ ), calcolando il tempo ad esse necessario per raggiungere il geofono ricevitore (all'interno del foro di sondaggio) dalla zona sorgente (su piano campagna a distanza nota dal foro). Si suppone che il volume di terreno, interessato dalle indagini sia stratificato orizzontalmente e che all'interno d'ogni strato il comportamento del terreno si possa considerare elastico, omogeneo ed isotropo.

La prova consiste nel produrre in superficie sollecitazioni verticali per la generazione di onde di compressione P, ed orizzontali per la generazione di onde di taglio polarizzate orizzontalmente  $S_H$  e nel registrare l'istante di primo arrivo del treno d'onde ad un sistema composto da una terna di geofoni, ancorati a profondità nota nel foro di sondaggio (fig. 5.1).



**Figura 5.1** - Rappresentazione schematica di un carotaggio sismico down-hole.

Conosciuta la distanza tra la sorgente ed i ricevitori e determinato il tempo di propagazione, è possibile stimare in maniera accurata la distribuzione delle velocità sismiche (P e  $S_H$ ) in corrispondenza della verticale di misura.

Per generare le onde di compressione P è stata utilizzata una massa battente da 5 kg. Per le onde  $S_H$  è stato invece utilizzato, come sorgente, un apposito dispositivo, la cui forma permette colpi laterali su entrambi i lati. Tale dispositivo viene gravato con sacchi

di sabbia, al fine di assicurare una perfetta aderenza con il terreno, così da evitare ogni tipo di dispersione dell'energia prodotta. Il sistema energizzante adottato è in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza, con forme d'onda ripetibili e direzionali, vale a dire con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione e/o di taglio polarizzate su piani orizzontali, ed eventualmente anche verticali.

Come sistema di ricezione è stata utilizzata una sonda meccanizzata al cui interno sono alloggiati tre ricevitori, ciascuno dei quali è costituito da un trasduttore di velocità. Il trasduttore verticale è orientato secondo la lunghezza della sonda, mentre i trasduttori orizzontali, orientabili automaticamente secondo il Nord geografico, sono disposti in direzioni ad essa perpendicolare (N-S ed E-W). I trasduttori hanno una frequenza propria di 15 Hz ed una sensibilità tale da poter ricevere in maniera adeguata il treno d'onde prodotto dalla sorgente. La sonda possiede un'asta meccanica motorizzata che garantisce l'aderenza tra i ricevitori e le pareti del rivestimento. Il sistema d'acquisizione dati è di tipo multicanale ed è in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 24 bit.

Le quattro prove si sono sviluppate secondo le seguenti fasi:

1. Dopo ad aver predisposto un opportuno piano d'appoggio, il dispositivo sorgente è stato collocato sulla superficie in prossimità del foro ad una distanza di 3,0 m ed orientato con direzione Est-Ovest perpendicolarmente al raggio condotto dal foro.
2. Il sistema, costituito dai tre ricevitori è stato calato a fondo foro collegandolo alla superficie mediante un sistema che ne consente l'orientamento assoluto dalla superficie.
3. Dopo aver ancorato la sonda geofonica alle pareti del rivestimento, si è proceduto con le fasi di orientamento dei trasduttori.
4. Campionamento del rumore ambientale.
5. È stato quindi attivato il dispositivo sorgente, producendo una sollecitazione che, attivando il trigger (dispositivo "arm-switch"), si propaga dalla sorgente verso i ricevitori con vibrazioni di tipo compressionale; di seguito (con energizzazione separata e distinta) sono state generate vibrazioni di tipo  $S_H$ , dirette perpendicolarmente alla direzione di percussione e polarizzate sul piano orizzontale.

Per l'ottenimento di una buona qualità dei dati, è necessario produrre alla sorgente due onde di polarità opposta e sommare le registrazioni d'ogni singolo arrivo, così da individuare in modo migliore l'istante di primo arrivo (metodo cross-over).

6. La prova è stata quindi ripetuta con interdistanza fra le misure pari a 1,0 m per tutto il tratto di sondaggio.

## 6. METODOLOGIA INTERPRETATIVA

Nel presente rilievo sono stati impiegati rispettivamente fondo scala di 1,0 secondo e passo di campionamento di 0,125 millisecondi.

I tempi relativi alle onde P ed SH sono stati letti attraverso uno specifico programma di picking (SeisOptPicker; precisione dell'ordine di 0,1 millisecondi).

Per avere un buon controllo sulla procedura di lettura dei tempi e valutare al contempo la qualità dei dati sismici acquisiti per tutto il tragitto di ogni sondaggio, i valori numerici dei primi arrivi delle onde sismiche P ed SH sono stati riportati su sezioni tempo/tracce ove le varie tracce sono scelte in funzione dell'orientamento del sistema ricevitore/sorgente .

Tale procedura consente di ottenere così delle forme d'onda più definite nelle ampiezze. In particolare con riferimento alle onde di taglio sono state scelte le tracce riferite alla differenza tra la battuta destra e quella sinistra.

I tempi d'arrivo delle onde di compressione e di taglio sono stati corretti, rispetto alla verticale, e riportati su un diagramma profondità – tempi sui quali sono stati individuati i tratti a pendenza circa costante.

Dalla pendenza dei tratti sono state determinate le velocità intervallari delle onde P ed SH nel terreno.

## 7. ANALISI DEI RISULTATI

L'elaborazione delle misure geofisiche ha permesso di ricostruire la porzione di terreno immediatamente adiacente ai sondaggi.

Durante la fase di elaborazione dei dati sismici sperimentali, non è stato necessario ricorrere all'utilizzo dei filtri per migliorare la qualità dei sismogrammi in quanto i dati acquisiti risultavano di buona qualità, essendo sostanzialmente ben allineati su delle rette, con scarsa o assente dispersione dei punti.

Di seguito si riportano le tabelle con indicazioni dei tempi d'arrivo originali e quelli corretti in funzione della profondità di misura.

Carotaggio sismico down hole DH2

Profondità	Onde P tempi verticali	Onde SH tempi verticali	Onde P tempi sperimentali	Onde SH tempi sperimentali
m	ms	Ms	ms	ms
0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	3.92	11.61	12.4	36.7
2	6.93	21.63	12.5	39.0
3	8.98	29.20	12.7	41.3
4	10.64	36.72	13.3	45.9
5	11.92	40.30	13.9	47.0
6	12.88	43.11	14.4	48.2
7	13.51	46.42	14.7	50.5
8	14.14	48.41	15.1	51.7
9	14.61	50.94	15.4	53.7
10	15.13	53.45	15.8	55.8
11	15.53	55.76	16.1	57.8
12	16.01	58.69	16.5	60.5
13	16.37	60.90	16.8	62.5
14	16.82	63.85	17.2	65.3
15	17.16	65.99	17.5	67.3
16	17.50	68.80	17.8	70.0



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6  
PROGETTO ESECUTIVO  
Prove down-hole

Profondità	Onde P tempi verticali	Onde SH tempi verticali	Onde P tempi sperimentali	Onde SH tempi sperimentali
17	17.92	70.90	18.2	72.0
18	18.45	73.09	18.7	74.1
19	18.97	75.86	19.2	76.8
20	20.08	77.93	20.3	78.8
21	20.79	80.09	21.0	80.9
22	21.10	82.14	21.3	82.9
23	21.62	82.90	21.8	83.6
24	22.03	84.24	22.2	84.9
25	22.34	86.38	22.5	87.0
26	22.75	87.72	22.9	88.3
27	23.26	89.15	23.4	89.7
28	23.66	91.18	23.8	91.7
29	23.97	92.61	24.1	93.1
30	24.48	94.63	24.6	95.1
31	24.88	96.65	25.0	97.1
32	25.39	98.77	25.5	99.2
33	25.59	100.09	25.7	100.5
34	25.90	101.51	26.0	101.9
35	26.30	102.82	26.4	103.2
36	26.61	104.94	26.7	105.3
37	27.11	106.95	27.2	107.3
38	27.71	109.06	27.8	109.4
39	28.02	110.37	28.1	110.7
40	28.32	112.38	28.4	112.7

La successione evidenziata dall'andamento delle dromocrone, riportate in appendice, è la seguente:

Profondità m (da - a)		Velocità Onde P (m/s)	Velocità Onde SH m/s)
0.0	4.0	339	103
4.0	19.0	1960	392
19.0	40.0	2397	584

Sulla base delle velocità sismiche (VP e VSH) è stato possibile calcolare i moduli elastici dinamici dei terreni attraversati. I valori di densità attribuiti a ciascuno strato sono stati desunti da dati reperibili in bibliografia. I risultati sono riportati nella tabella sottostante:

Profondità m (da - a)		Densità (kN/m <sup>3</sup> )	VP m/s	VSH m/s	poisson	taglio dinamico (kN/m <sup>2</sup> )	young (kN/m <sup>2</sup> )	bulk (kN/m <sup>2</sup> )
0.0	4.0	19.5	339	103	0.45	2.11E+04	6.11E+04	2.00E+05
4.0	19.0	20.0	1960	392	0.48	3.13E+05	9.27E+05	7.41E+06
19.0	40.0	20.5	2397	584	0.47	7.13E+05	2.09E+06	1.11E+07

Sulla base delle velocità delle onde di taglio (VsH), sono inoltre forniti il profilo di velocità delle onde di taglio ed il valore Vs30 calcolato a partire dal piano campagna, quest'ultimo utile per la classificazione dei suoli di fondazione nelle categorie previste dalla normativa antisismica.

Vs30 dal piano campagna

Litologia	Spessore (m)	VsH (m/s)
Argilla limoso-sabbiosa	4.0	103
Argilla limosa	15.0	392
Argilla limosa	11.0	584

Vs30 = 313 m/s

Sondaggio DH2 - Profilo VsH

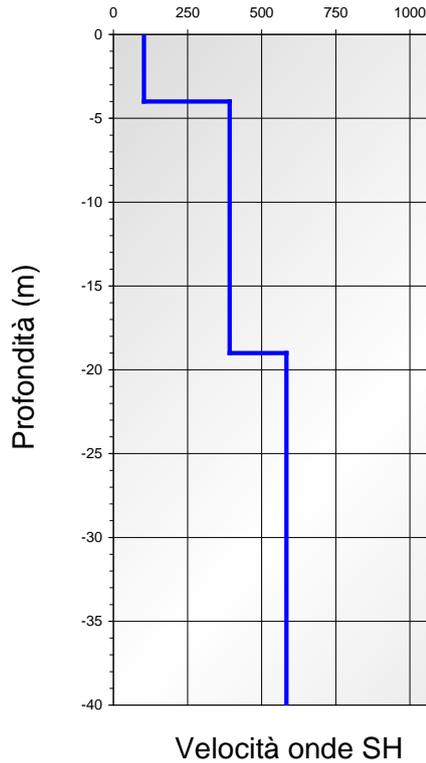


Figura 7.1: Profilo di velocità delle onde SH.

In quest'area il valore di Vs30, se riferito al piano campagna, risulta pari a 313 m/s. L'area di indagine rientra nella categoria di suolo di tipo C.

Carotaggio sismico down hole DH3

Profondità	Onde P tempi verticali	Onde SH tempi verticali	Onde P tempi sperimentali	Onde SH tempi sperimentali
m	ms	Ms	ms	ms
0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	1.99	10.12	6.3	32.0
2	4.49	19.19	8.1	34.6
3	6.86	26.38	9.7	37.3
4	8.88	32.48	11.1	40.6
5	10.20	36.53	11.9	42.6
6	11.27	40.43	12.6	45.2
7	12.59	43.38	13.7	47.2
8	13.48	46.63	14.4	49.8
9	14.51	48.57	15.3	51.2



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6  
PROGETTO ESECUTIVO  
Prove down-hole

Profondità	Onde P tempi verticali	Onde SH tempi verticali	Onde P tempi sperimentali	Onde SH tempi sperimentali
10	15.52	51.53	16.2	53.8
11	16.50	55.09	17.1	57.1
12	17.46	58.69	18.0	60.5
13	18.42	61.48	18.9	63.1
14	19.56	65.61	20.0	67.1
15	20.79	67.76	21.2	69.1
16	21.92	70.47	22.3	71.7
17	23.14	72.58	23.5	73.7
18	24.07	73.39	24.4	74.4
19	24.99	76.06	25.3	77.0
20	25.91	78.13	26.2	79.0
21	26.63	80.88	26.9	81.7
22	27.35	83.53	27.6	84.3
23	27.76	85.58	28.0	86.3
24	28.68	88.31	28.9	89.0
25	29.39	90.95	29.6	91.6
26	29.90	92.98	30.1	93.6
27	30.61	95.02	30.8	95.6
28	31.32	96.35	31.5	96.9
29	31.93	97.68	32.1	98.2
30	32.64	99.70	32.8	100.2
31	33.15	101.13	33.3	101.6
32	33.55	103.05	33.7	103.5
33	34.26	104.47	34.4	104.9
34	34.96	106.49	35.1	106.9
35	35.17	107.80	35.3	108.2
36	35.88	109.12	36.0	109.5
37	36.38	110.44	36.5	110.8
38	36.79	111.85	36.9	112.2
39	37.49	113.17	37.6	113.5
40	38.19	115.18	38.3	115.5

La successione evidenziata dall'andamento delle dromocrone, riportate in appendice, è la seguente:

Profondità m (da - a)		Velocità Onde P (m/s)	Velocità Onde SH m/s)
0.0	4.0	447	115
4.0	14.0	957	314
14.0	29.0	1239	447
29.0	40.0	1813	646

Sulla base delle velocità sismiche (VP e VSH) è stato possibile calcolare i moduli elastici dinamici dei terreni attraversati. I valori di densità attribuiti a ciascuno strato sono stati desunti da dati reperibili in bibliografia. I risultati sono riportati nella tabella sottostante:

Profondità		Densità	VP	VSH	poisson	taglio dinamico	young	bulk
m (da - a)		(kN/m3)	m/s	m/s		(kN/m2)	(kN/m2)	(kN/m2)
0.0	4.0	19.5	447	115	0.46	2.63E+04	7.70E+04	3.62E+05
4.0	14.0	20.0	957	314	0.44	2.01E+05	5.79E+05	1.60E+06
14.0	29.0	20.5	1239	447	0.43	4.18E+05	1.19E+06	2.65E+06
29.0	40.0	21.0	1813	646	0.43	8.93E+05	2.55E+06	5.85E+06

Sulla base delle velocità delle onde di taglio (VsH), sono inoltre forniti il profilo di velocità delle onde di taglio ed il valore Vs30 calcolato a partire dal piano campagna, quest'ultimo utile per la classificazione dei suoli di fondazione nelle categorie previste dalla normativa antisismica.

Vs30 dal piano campagna

Litologia	Spessore (m)	VsH (m/s)
Argilla limosa	4.0	115
Argilla limosa	10.0	314
Argilla limosa	15.0	447
Argilla limosa	1.0	646

Vs30 = 295 m/s

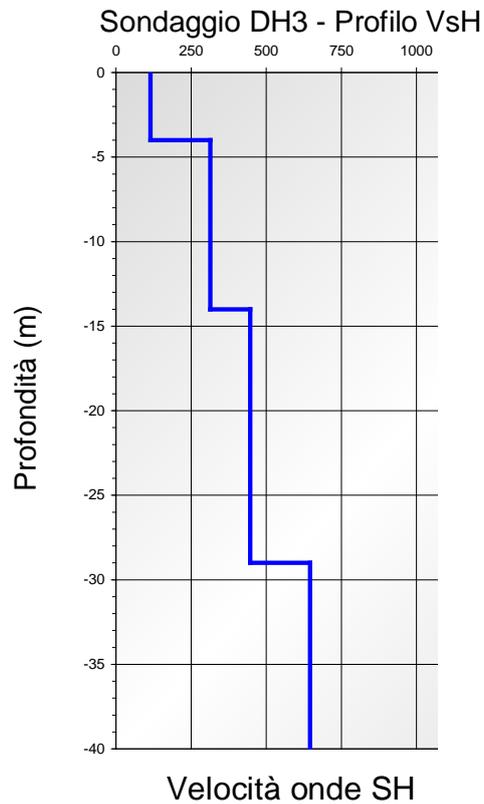


Figura 7.2: Profilo di velocità delle onde SH.

In quest'area il valore di Vs30, se riferito al piano campagna, risulta pari a 295 m/s. L'area di indagine rientra nella categoria di suolo di tipo C.

Carotaggio sismico down hole DH5



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6  
PROGETTO ESECUTIVO  
Prove down-hole

Profondità	Onde P tempi verticali	Onde SH tempi verticali	Onde P tempi sperimentali	Onde SH tempi sperimentali
m	ms	Ms	ms	ms
0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	2.53	4.33	8.0	13.7
2	4.94	11.82	8.9	21.3
3	6.93	17.68	9.8	25.0
4	8.40	22.40	10.5	28.0
5	9.60	27.35	11.2	31.9
6	10.64	31.57	11.9	35.3
7	11.49	35.48	12.5	38.6
8	12.36	38.01	13.2	40.6
9	13.09	42.22	13.8	44.5
10	13.79	44.54	14.4	46.5
11	14.57	47.47	15.1	49.2
12	15.23	50.25	15.7	51.8
13	15.79	53.01	16.2	54.4
14	16.52	55.83	16.9	57.1
15	16.87	59.33	17.2	60.5
16	17.40	62.02	17.7	63.1
17	17.82	64.80	18.1	65.8
18	18.54	67.47	18.8	68.4
19	19.06	70.23	19.3	71.1
20	19.58	72.88	19.8	73.7
21	20.10	75.63	20.3	76.4
22	20.71	77.19	20.9	77.9
23	21.12	78.93	21.3	79.6
24	21.53	80.67	21.7	81.3
25	21.94	82.51	22.1	83.1
26	22.35	84.24	22.5	84.8
27	22.86	85.37	23.0	85.9
28	23.27	87.10	23.4	87.6
29	23.38	88.33	23.5	88.8
30	23.88	89.85	24.0	90.3
31	24.29	92.97	24.4	93.4
32	24.79	95.18	24.9	95.6



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Prove down-hole**

Profondità	Onde P tempi verticali	Onde SH tempi verticali	Onde P tempi sperimentali	Onde SH tempi sperimentali
33	25.00	97.00	25.1	97.4
34	25.30	99.21	25.4	99.6
35	25.71	101.03	25.8	101.4
36	26.01	103.24	26.1	103.6
37	26.31	104.46	26.4	104.8
38	26.62	106.17	26.7	106.5
39	26.82	107.28	26.9	107.6
40	27.22	108.69	27.3	109.0

La successione evidenziata dall'andamento delle dromocrone, riportate in appendice, è la seguente:

Profondità m (da - a)		Velocità Onde P (m/s)	Velocità Onde SH m/s)
0.0	4.0	447	175
4.0	15.0	1299	309
15.0	25.0	1918	422
25.0	30.0	2604	689
30.0	36.0	2852	461
36.0	40.0	3380	726

Sulla base delle velocità sismiche (VP e VSH) è stato possibile calcolare i moduli elastici dinamici dei terreni attraversati. I valori di densità attribuiti a ciascuno strato sono stati desunti da dati reperibili in bibliografia. I risultati sono riportati nella tabella sottostante:

Profondità m (da - a)		Densità (kN/m <sup>3</sup> )	VP m/s	VSH m/s	poisson	taglio dinamico (kN/m <sup>2</sup> )	young (kN/m <sup>2</sup> )	bulk (kN/m <sup>2</sup> )
0.0	4.0	19.5	447	175	0.41	6.09E+04	1.72E+05	3.16E+05
4.0	15.0	20.0	1299	309	0.47	1.95E+05	5.72E+05	3.18E+06
15.0	25.0	20.5	1918	422	0.47	3.72E+05	1.10E+06	7.19E+06
25.0	30.0	21.0	2604	689	0.46	1.02E+06	2.97E+06	1.32E+07
30.0	36.0	20.5	2852	461	0.49	4.44E+05	1.32E+06	1.64E+07
36.0	40.0	21.5	3380	726	0.48	1.16E+06	3.41E+06	2.35E+07

Sulla base delle velocità delle onde di taglio (VsH), sono inoltre forniti il profilo di velocità delle onde di taglio ed il valore Vs30 calcolato a partire dal piano campagna, quest'ultimo utile per la classificazione dei suoli di fondazione nelle categorie previste dalla normativa antisismica.

Vs30 dal piano campagna

Litologia	Spessore (m)	VsH (m/s)
Limo sabbioso	4.0	175
Limo sabbioso	11.0	309
Argilla limosa	10.0	422
Roccia gessosa	5.0	689

Vs30 = 336 m/s

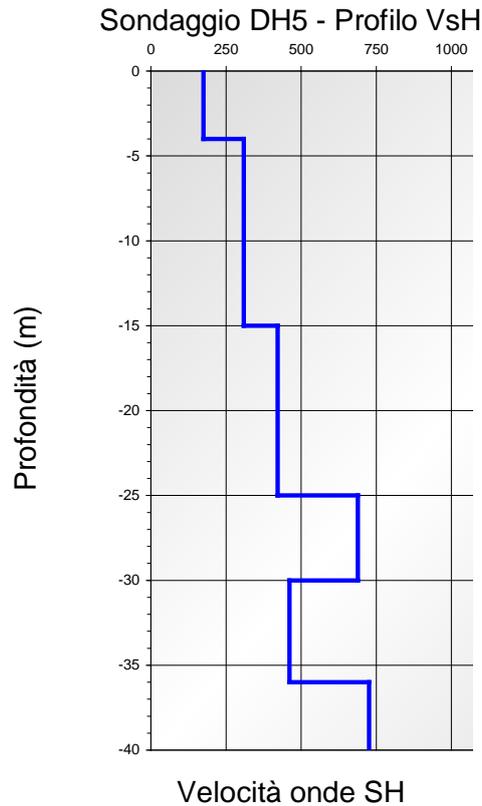


Figura 7.3: Profilo di velocità delle onde SH.

In quest'area il valore di Vs30, se riferito al piano campagna, risulta pari a 336 m/s. L'area di indagine rientra nella categoria di suolo di tipo C.

Carotaggio sismico down hole DH7

Profondità	Onde P tempi verticali	Onde SH tempi verticali	Onde P tempi sperimentali	Onde SH tempi sperimentali
m	ms	Ms	ms	ms
0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	4.52	10.09	14.3	31.9
2	8.32	20.69	15.0	37.3
3	11.10	28.71	15.7	40.6
4	12.88	35.12	16.1	43.9
5	14.23	39.87	16.6	46.5
6	15.12	45.17	16.9	50.5
7	15.90	49.45	17.3	53.8



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6  
PROGETTO ESECUTIVO  
Prove down-hole

Profondità	Onde P tempi verticali	Onde SH tempi verticali	Onde P tempi sperimentali	Onde SH tempi sperimentali
8	16.48	52.90	17.6	56.5
9	17.08	56.54	18.0	59.6
10	17.53	59.86	18.3	62.5
11	17.94	62.52	18.6	64.8
12	18.63	65.00	19.2	67.0
13	19.10	67.04	19.6	68.8
14	19.56	68.35	20.0	69.9
15	20.10	70.21	20.5	71.6
16	20.54	71.55	20.9	72.8
17	21.27	72.78	21.6	73.9
18	21.60	73.98	21.9	75.0
19	21.83	75.86	22.1	76.8
20	21.95	77.04	22.2	77.9
21	22.17	78.80	22.4	79.6
22	22.59	80.55	22.8	81.3
23	22.71	81.81	22.9	82.5
24	23.22	83.55	23.4	84.2
25	23.63	85.29	23.8	85.9
26	23.94	87.02	24.1	87.6
27	24.35	88.75	24.5	89.3
28	24.86	90.58	25.0	91.1
29	25.27	91.71	25.4	92.2
30	25.77	94.03	25.9	94.5
31	25.98	95.16	26.1	95.6
32	26.48	96.97	26.6	97.4
33	26.99	98.69	27.1	99.1
34	27.29	100.41	27.4	100.8
35	27.60	102.13	27.7	102.5
36	28.10	103.24	28.2	103.6
37	28.51	105.06	28.6	105.4
38	28.81	106.77	28.9	107.1
39	29.21	108.18	29.3	108.5
40	29.52	109.89	29.6	110.2

La successione evidenziata dall'andamento delle dromocrone, riportate in appendice, è la seguente:

Profondità m (da - a)		Velocità Onde P (m/s)	Velocità Onde SH m/s)
0.0	3.0	256	102
3.0	6.0	730	184
6.0	11.0	1762	286
11.0	15.0	1897	528
15.0	21.0	2700	700
21.0	25.0	2749	624
25.0	29.0	2375	606
29.0	33.0	2368	587
33.0	36.0	2694	645
36.0	40.0	2821	608

Sulla base delle velocità sismiche (VP e VSH) è stato possibile calcolare i moduli elastici dinamici dei terreni attraversati. I valori di densità attribuiti a ciascuno strato sono stati desunti da dati reperibili in bibliografia. I risultati sono riportati nella tabella sottostante:

Profondità m (da - a)		Densità (kN/m <sup>3</sup> )	VP m/s	VSH m/s	poisson	taglio dinamico (kN/m <sup>2</sup> )	young (kN/m <sup>2</sup> )	bulk (kN/m <sup>2</sup> )
0.0	3.0	19.5	256	102	0.41	2.07E+04	5.81E+04	1.03E+05
3.0	6.0	19.8	730	184	0.47	6.83E+04	2.00E+05	9.84E+05
6.0	11.0	20.0	1762	286	0.49	1.67E+05	4.96E+05	6.11E+06
11.0	15.0	20.5	1897	528	0.46	5.83E+05	1.70E+06	6.74E+06
15.0	21.0	21.0	2700	700	0.46	1.05E+06	3.07E+06	1.42E+07



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6  
PROGETTO ESECUTIVO  
Prove down-hole

Profondità m (da - a)		Densità (kN/m <sup>3</sup> )	VP m/s	VSH m/s	poisson	taglio dinamico (kN/m <sup>2</sup> )	young (kN/m <sup>2</sup> )	bulk (kN/m <sup>2</sup> )
21.0	25.0	21.5	2749	624	0.47	8.53E+05	2.51E+06	1.54E+07
25.0	29.0	22.0	2375	606	0.47	8.24E+05	2.41E+06	1.16E+07
29.0	33.0	21.5	2368	587	0.47	7.55E+05	2.22E+06	1.13E+07
33.0	36.0	22.5	2694	645	0.47	9.54E+05	2.80E+06	1.54E+07
36.0	40.0	22.0	2821	608	0.48	8.29E+05	2.45E+06	1.67E+07

Sulla base delle velocità delle onde di taglio (VsH), sono inoltre forniti il profilo di velocità delle onde di taglio ed il valore Vs30 calcolato a partire dal piano campagna, quest'ultimo utile per la classificazione dei suoli di fondazione nelle categorie previste dalla normativa antisismica.

Vs30 dal piano campagna

Litologia	Spessore (m)	VsH (m/s)
Limo argilloso	3.0	102
Limo argilloso	3.0	184
Argilla limosa	5.0	286
Argilla limosa	4.0	528
Roccia marnosa	6.0	700
Roccia argillosa	4.0	624
Roccia gessosa	4.0	606
Argilla limosa	1.0	587

Vs30 = 319 m/s

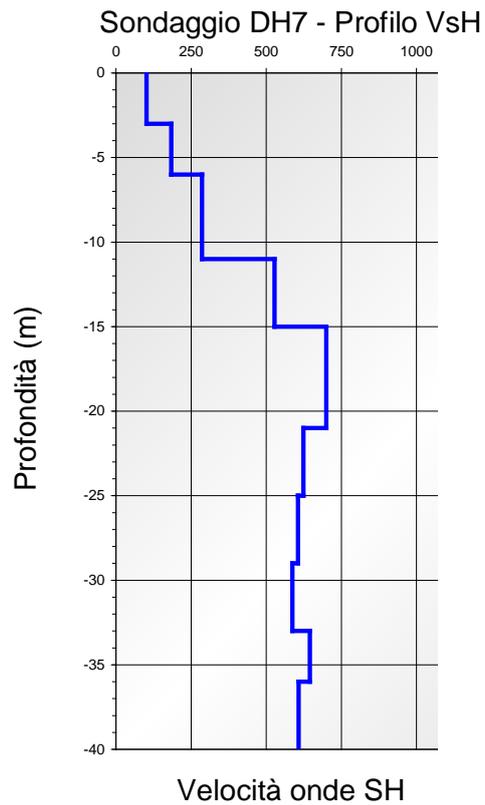


Figura 7.4: Profilo di velocità delle onde SH.

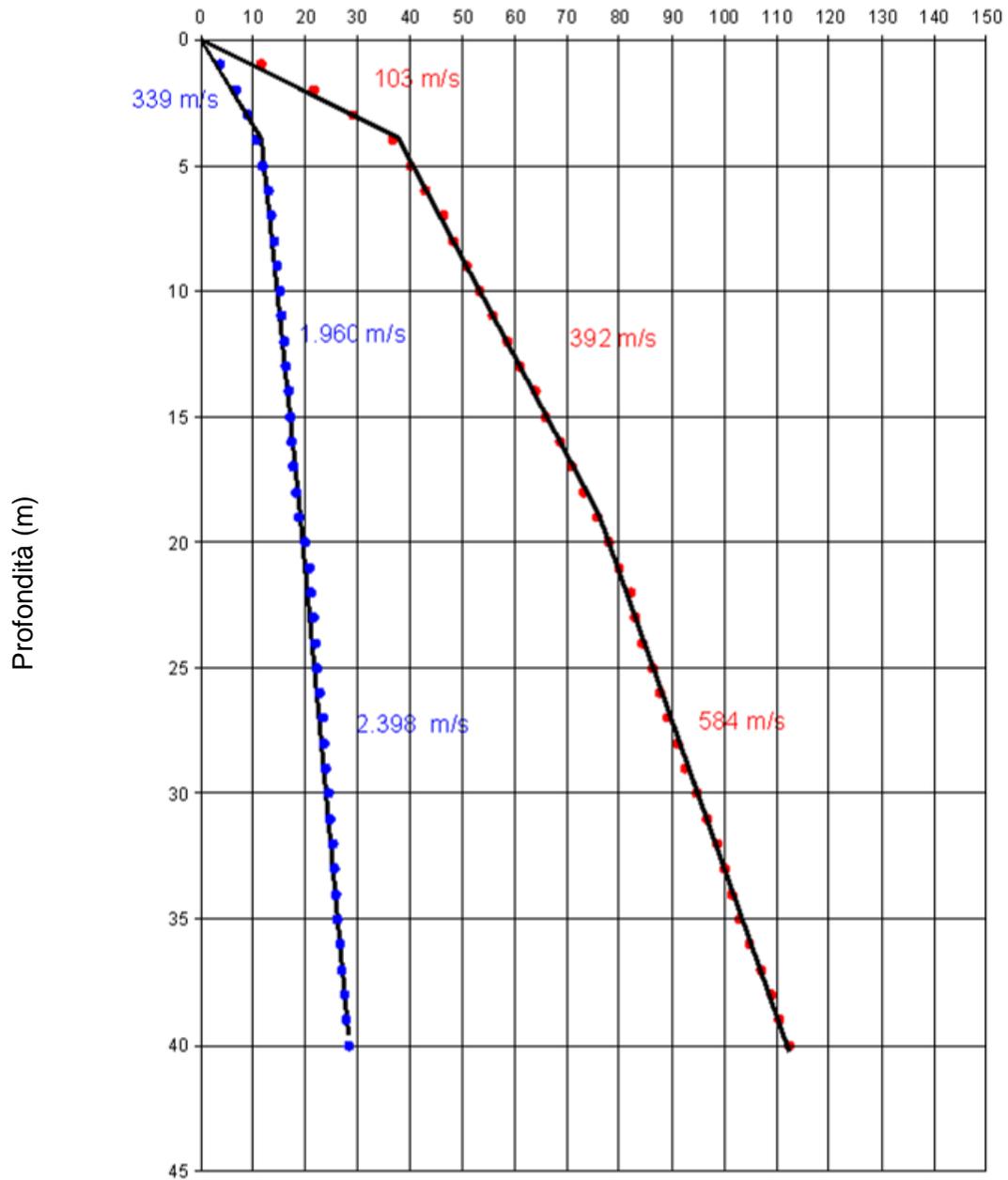
In quest'area il valore di  $V_{s30}$ , se riferito al piano campagna, risulta pari a 319 m/s. L'area di indagine rientra nella categoria di suolo di tipo C.

## 8. APPENDICE – DROMOCRONE SISMICHE

DH2

Dromocrone sismiche in onde P ed S<sub>H</sub>

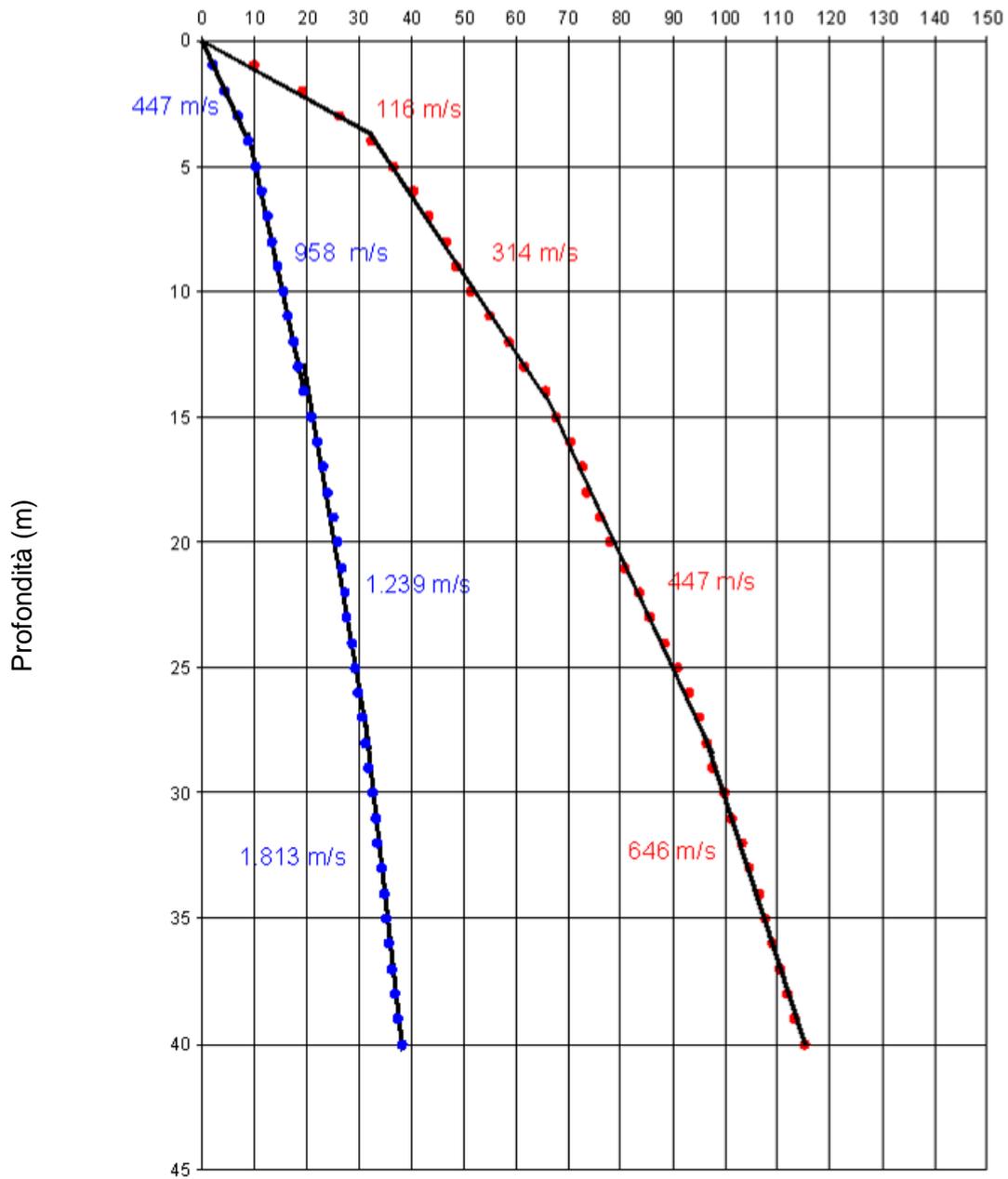
Tempi (ms)



DH3

Dromocrone sismiche in onde P ed S<sub>H</sub>

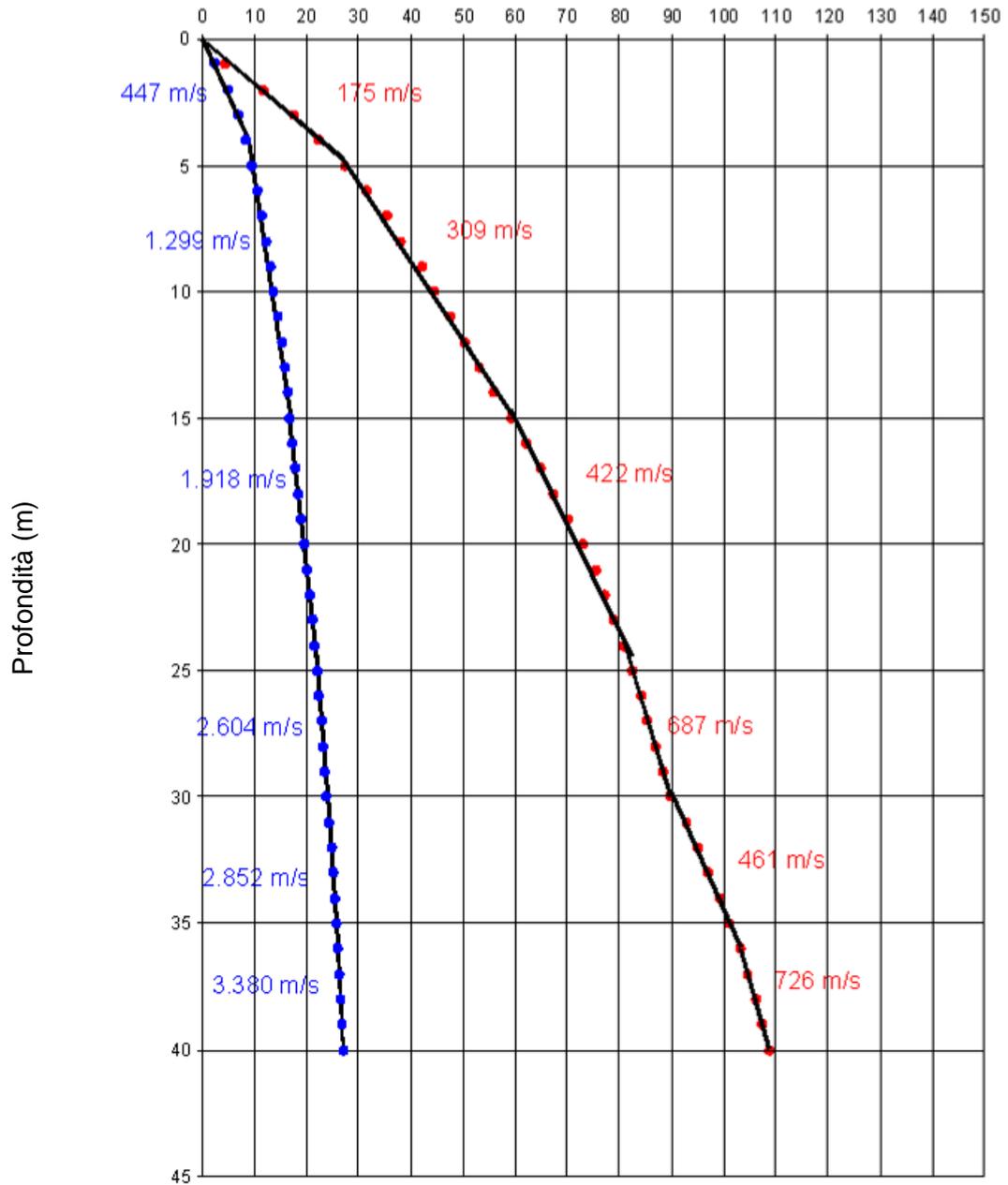
Tempi (ms)



DH5

Dromocrone sismiche in onde P ed S<sub>H</sub>

Tempi (ms)



DH7

Dromocrone sismiche in onde P ed S<sub>H</sub>

Tempi (ms)

