

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 Girolamo (Ord. Ing. Prov. Roma 15138)

RESPONSABILE SIA:

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



Handwritten signature of Francesco Ventura



VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Luigi Mupo

GEOLOGIA, GEOTECNICA E SISMICA

RELAZIONE SISMICA

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	UP62_T00GE00GE0RE02_C			
DPUP0062	D 23	CODICE ELAB.	T00GE00GE0RE02	C	-
D					
C	REVISIONE A SEGUITO RIESAME ANAS	APR. 2024	M. CRUCILLA'	E. CURCURUTO	G. PIAZZA
B	REVISIONE A SEGUITO RIESAME ANAS	NOV. 2023	M. CRUCILLA'	E. CURCURUTO	G. PIAZZA
A	EMISSIONE	FEB 2023	M. CRUCILLA'	E. CURCURUTO	G. PIAZZA
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	4
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	6
4	MACROSISMICITA' DELL'AREA.....	9
4.1	FAGLIE CAPACI.....	22
5	CAMPAGNA INDAGINE GEOFISICA E RISULTATI	23
6	PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	107
7	PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	115
7.1	AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA: CATEGORIA DI SOTTOSUOLO.....	115
	7.1.1 Prove Down-Hole	118
	7.1.2 Prove HVSR.....	131
	7.1.3 Stendimenti sismici a rifrazione (LSR).....	137
7.2	AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA: CATEGORIA TOPOGRAFICA.....	158
7.3	Magnitudo di riferimento	160
8	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA	162
8.1	SPETTRI SISMICI DI RISPOSTA LOCALE.....	164
	8.1.1 Maglia 1	164
	8.1.2 Maglia 2	168
	8.1.3 Maglia 3	170

1 PREMESSA


La presente relazione sismica è stata redatta nell'ambito del Progetto Definitivo dell'“Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121, Tratto A19 – Bolognetta”.

L'intervento è parte di un piú esteso complesso di opere riguardante l'ammodernamento dell'itinerario Palermo – Agrigento (S.S. 121 – Cataneſe) che si propone, in primo luogo, di ridurre l'alta incidentalità dell'itinerario attuale e di garantire, altresì, un piú capace e rapido collegamento tra i due capoluoghi ed i relativi opposti versanti costieri, collegando con essi le aree piú interne.

A tal fine è stato seguito quanto prescritto dal D.M. *17 Gennaio 2018* riguardante la definizione dei parametri sismici di progetto, per calcolare i quali, è stata condotta un'analisi dei dati geofisici sperimentali finalizzata alla stima della velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio ed alla valutazione degli altri elementi che possono contribuire alla modifica del moto sismico in superficie (accelerazione sismica, caratteristiche stratigrafiche, condizione topografia, ecc.). Questo studio ha riguardato l'infrastruttura nella sua interezza, sebbene sia stata prestata particolare attenzione alle principali opere d'arte previste nel progetto dell'infrastruttura stessa.

Lo studio realizzato è stato articolato secondo il seguente schema concettuale:

- Macrosismicità
- Analisi della sismicità storica del territorio;
- Analisi della Normativa di riferimento
- Macrozonazione sismica: Pericolosità e Vulnerabilità;

S.S. 121 "Cataneſe" Itinerario Palermo-Agrigento Tratto A PALERMO-BOLOGNETTA.		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

- Sismicit  applicata al tracciato
- Elaborazione dati geofisici;
- Caratterizzazione sismica dell'area (D.M. 17 Gennaio 2018);
- Calcolo del parametro V_{seq} ;

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

- Gli studi geologici e la redazione della presente relazione sono stati eseguiti seguendo le prescrizioni delle norme, i cui riferimenti sono di seguito riportati:
 - *Circolare 21 gennaio 2019, n° 7/C.S.LL.PP*
 - *Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni"*.
 - *D.M. 17 Gennaio 2018*
 - *Nuove Norme tecniche per le costruzioni;*
 - *D.M. 14 Gennaio 2008*
 - *Norme tecniche per le costruzioni;*
 - *Circolare 2 febbraio 2009, n° 617*
 - *istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni;*
 - *Norme Tecniche di cui al D.M. 11.03.88;*
 - *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilit  dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;*
 - *Deliberazione Giunta Regionale n. 81 del 24 febbraio 2022.*
 - *Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale della Sicilia. Applicazione dei criteri dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519.*

- *Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274/2003;*
- *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.”;*
modificata dall’O.P.C.M. 3431 del 03/05/2005;
- *Delibera della Giunta Regionale della Regione Siciliana n. 408 del 19/12/2003;*
- *Elenco dei comuni della Sicilia classificati sismici con i criteri della delibera di Giunta Regionale n.408 del 19 Dicembre 2003” pubblicato sulla GURS n.7 del 13/02/2004.*
- *Deliberazione Giunta Regionale n. 81 del 24 febbraio 2022. “Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale della Sicilia. Applicazione dei criteri dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519”.*

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il tracciato della tangenziale in progetto nell'ambito del Progetto Definitivo dell' "Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121, Tratto A19 – Bolognetta". L'intervento ricade nei Comuni di Bagheria, Misilmeri, Bolognetta e Villafrati, come illustrato nella figura che segue.

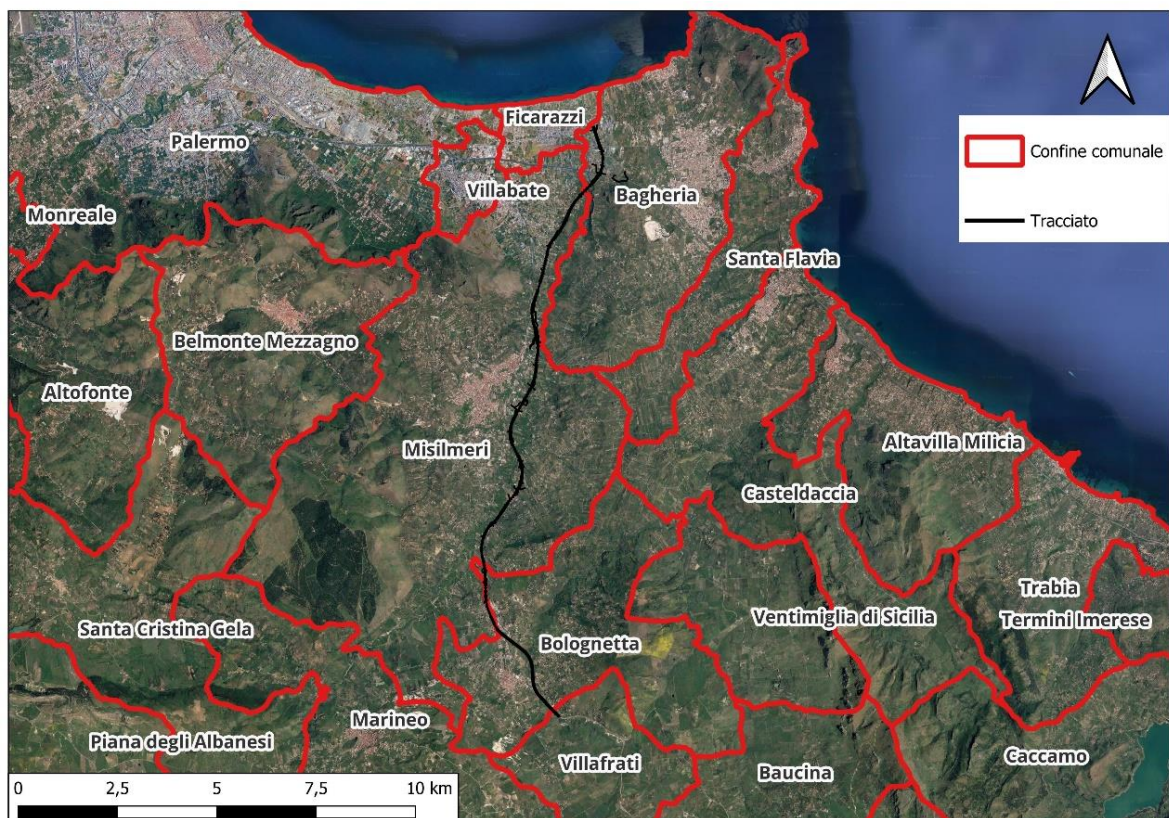


Fig. 1 Ubicazione dell'area di intervento.

Il tracciato insiste :

- sul territorio comunale di Bagheria (PA) per i primi chilometri, dalla progressiva 0+00 alla progressiva 1+840,
- sul territorio di Misilmeri (PA), dalla progressiva 1+840 alla progressiva 12+120 e dalla progressiva 12+900 alla progressiva 13+780,

- ▣ sul territorio di Bolognetta (PA), dalla progressiva 12+120 alla progressiva 12+900 e dalla progressiva 13+780 alla progressiva 16+360,
- ▣ sul territorio di Villafrati (PA), dalla progressiva 16+360 a fine (Progressiva 16+580).

Lo stesso ricade nelle seguenti tavolette della Carta d'Italia redatta dall'I.G.M.I., nella sequenza progressiva del tracciato da N verso S:

- ▣ F° 250 III N.O. "Ficarazzi";
- ▣ F° 250 III S.O. "Bagheria";
- ▣ F° 258 I N.E. "Marineo".
- ▣ F° 259 IV N.O. "Ventimiglia di Sicilia".

Il tracciato ricade morfologicamente in quattro diversi settori, ognuno dei quali contraddistinto da peculiari caratteri geomorfologici come di seguito descritti.

In particolare il tracciato di progetto si sviluppa nel settore settentrionale nell'area compresa tra la pianura costiera di Bagheria, modellata da diversi terrazzi marini policiclici organizzati in diversi ordini, ed il rilievo carbonatico di Pizzo Cannita, che ne rappresenta il limite fisico a meridione.

L'area è caratterizzata da pendii a debole pendenza, degradanti verso mare e impostati sulle calcareniti quaternarie, profondamente incise dalla valle del Fiume Eleuterio. Il substrato locale è costituito sia da termini lapidei calcarei, calcareo-dolomitici e dolomitici mesozoici-terziari, in genere estremamente fratturati, che da sedimenti marini calcarenitici appartenenti ai cicli regressivi-trasgressivi del Pleistocene. I terreni di copertura corrispondono ai

depositi alluvionali del Pleistocene medio-superiore e dell'Olocene, dominati dalla presenza di unit  sabbioso-limose con ghiaie.

Superato in galleria il rilievo di Pizzo Cannita, il tracciato si sviluppa lungo il tratto mediano della valle del Fiume Eleuterio ed   inserito tra i rilievi carbonatici mesozoici di Monte Mastro Nardo e Rocca di Ciavole ad Ovest e le aree di affioramento del Flysch Numidico ad Est, lungo il versante occidentale di Monte Porcara. La morfologia dell'area   controllata dalla tettonica: il corso dell'Eleuterio, con sviluppo meandri forme, occupa una valle a fondo piatto impostato su un graben.

A valle dell'abitato di Misilmeri il tracciato insiste sul versante sinistro del Fiume Eleuterio , per poi svilupparsi nella ampia depressione valliva del Fiume intersecando lo stesso in corrispondenza di uno dei suoi meandri in localit  Mulino Don Cola. Il versante sinistro , impostato su terreni argillosi , mostra profilo irregolare ed   interessato da diversi dissesti per instabilizzazione della coltre colluviale ed alterata e per il richiamo al piede dell corso dell'Eleuterio.

Qui il tracciato passa nel versante destro della F.Eleuterio e, dopo avere interessato il rilievo collinare di Cozzo Don Cola,torna a svilupparsi nell'ampia valle dell'Eleuterio.

La valle dell'Eleuterio in questo settore diventa pi  ampia, assumendo una forma spiccatamente rombica, probabilmente originata a seguito del colmamento di un bacino strutturale secondario, collegata alla deformazione indotta dal binario trascorrente sinistro dell'Eleuterio

In località Coda di Volpe, il tracciato si allontana dal corso dell'Eleuterio e, dopo aver attraversato i rilievi collinari a NO di Bolognetta, si sviluppa sino al termine dell'intervento, nella valle del F. Mulinazzo–Milicia.

La presenza di successioni deformate, a dominanza argilloso–marnosa e pelitico–arenacea determina invece la presenza di molteplici e localizzati colamenti spesso coalescenti, associati a movimenti lenti, tipo soliflusso su areali più vasti.

4 MACROSISMICITA' DELL'AREA

Il presente capitolo definisce il quadro macrosismico generale del territorio attraversato dall'asse stradale in progetto, nell'ottica di una complessiva macrozonazione sismica che abbia come fine ultimo la valutazione della pericolosità sismica, tanto in termini generali quanto in termini di singola opera d'arte da realizzare.

La pericolosità sismica del territorio definisce la probabilità statistica che si verifichi un evento tellurico di una data magnitudo, parametrizzata dalle serie storiche e statistiche, che viene definito come *terremoto di progetto*, la cui intensità, soprattutto in termini di danni attesi (Rischio –Vulnerabilità Sismica), è condizionata da locali fattori geologici, geomorfologici ed antropici, anch'essi parametrizzati in coefficienti progettuali introdotti dalla Normativa vigente.

Il territorio interessato dal tracciato ricade nel settore settentrionale dell'isola siciliana, in un contesto geostrutturale di catena a falde sovrapposte legate alla genesi dell'orogene appenninico.

La tettonica compressiva miocenica ha prodotto il raccorciamento delle unità bacinali che si sono suddivise in una serie di scaglie tettoniche accavallate.

Le deformazioni successive, nel Miocene medio-superiore, sono attestate dalle discordanze angolari presenti nei bacini intra-montani, caratterizzati da depositi terrigeni ed evaporitici nell'area di Baucina e di Ciminna.

Nel Pliocene medio-superiore, le deformazioni ulteriori sono associate a sistemi di faglie trascorrenti, con andamento NO-SE, che hanno determinato l'estrusione dei corpi tettonici geometricamente più bassi nell'edificio strutturale, agendo attraverso la riattivazione di discontinuità tettoniche preesistenti.

Questo sistema è stato poi ritagliato da un altro, anch'esso trascorrente (generalmente trastensivo), con andamento NE-SO, ruotante sino a N-S e NNE-SSO, responsabile delle venute idrotermali. Queste ultime hanno generato delle forme tettoniche denominate semi-graben che interessano l'area della cava.

In generale, si può affermare che la zona in studio strutturalmente è compresa nel settore occidentale dell'isola, le cui caratteristiche macrosismiche e tettonico-strutturali permettono di individuare, all'interno di tale macrosettore, delle "subzone" o aree caratterizzate da un differente comportamento sismotettonico.

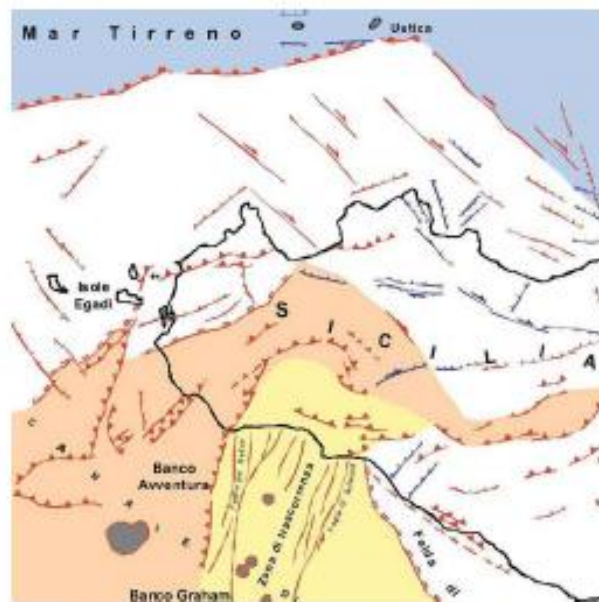
In particolare, tra Palermo e Termini Imerese (Area Tirrenica) la sismicità potrebbe essere associata sia alle faglie trascorrenti del Sistema Sud - Tirrenico che alle strutture distensive responsabili del sollevamento della catena costiera.

La zona sismogenetica di Corleone si manifesta con sequenze sismiche di bassa energia. I pochi eventi conosciuti hanno aree di avvertibilità limitate che indicano strutture sismo genetiche superficiali.

La zona simogenetica del Belice, in cui sono localizzati gli eventi sismici del 1968, può relazionarsi sia con il proseguimento in terra della zona di trascorrenza presente nel Canale di Sicilia sia con strutture di rotture lungo una rampa di thrust cieco al di sotto della sinclinale del Belice. I meccanismi focali proposti da vari autori mostrano soluzioni variabili da trascorrenti pure a transpressive a inverse pure, non permettendo di individuare specifiche strutture sismogenetiche.

Lungo la zona meridionale, la sismicità si manifesta con sequenze sismiche di bassa energia ma di lunga durata che interessano quasi esclusivamente Sciacca, talvolta in concomitanza con l'attività vulcanica del Canale di Sicilia.

La zona costiera Egadi – Trapani – Mazara, si caratterizza per la presenza di una sorgente associabile all'attività del thrust delle Egadi o delle faglie che lo dislocano.



Schema strutturale Sicilia occidentale

Nel Settore occidentale vanno ricordate le sequenze sismiche del 1968 che hanno prodotto ampie devastazioni ($I = IX-X$ MCS) per il verificarsi di

numerosi forti scosse nel giro di pochi giorni, riconoscendo pertanto l'area della Valle del Belice come sismica solo in seguito al verificarsi di tali eventi. Questo accade quando si hanno periodi sismici con forti terremoti, alternati a lunghi periodi di quiescenza (migliaia di anni).

Sismicità storica

La caratterizzazione della sismicità di un territorio richiede, in primo luogo, una approfondita e dettagliata valutazione della storia sismica, definita attraverso l'analisi di evidenze storiche e dati strumentali riportati nei cataloghi ufficiali.

La sismicità storica dell'area interessata dall'opera in progetto è stata analizzata consultando i cataloghi più aggiornati, considerando un intervallo temporale che va dal mondo antico all'epoca attuale.

La sismicità storica dell'area interessata dall'opera in progetto è stata analizzata consultando i cataloghi più aggiornati, considerando un intervallo temporale che va dal mondo antico all'epoca attuale.

In particolare, sono stati consultati i seguenti database:

- ▣ Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (CPTI15), redatto dal Gruppo di lavoro CPTI 2015 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Questo catalogo riporta dati parametrici omogenei, sia macrosismici che strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima (I_{max}) ≥ 5 o con magnitudo (M_w) ≥ 4.0 d'interesse relativi al territorio italiano.

- ▣ DataBase Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15), realizzato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Questo catalogo riporta un set omogeneo di dati di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti e relativo ai terremoti con intensità massima (I_{max}) ≥ 5 avvenuti nel territorio nazionale e in alcuni paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

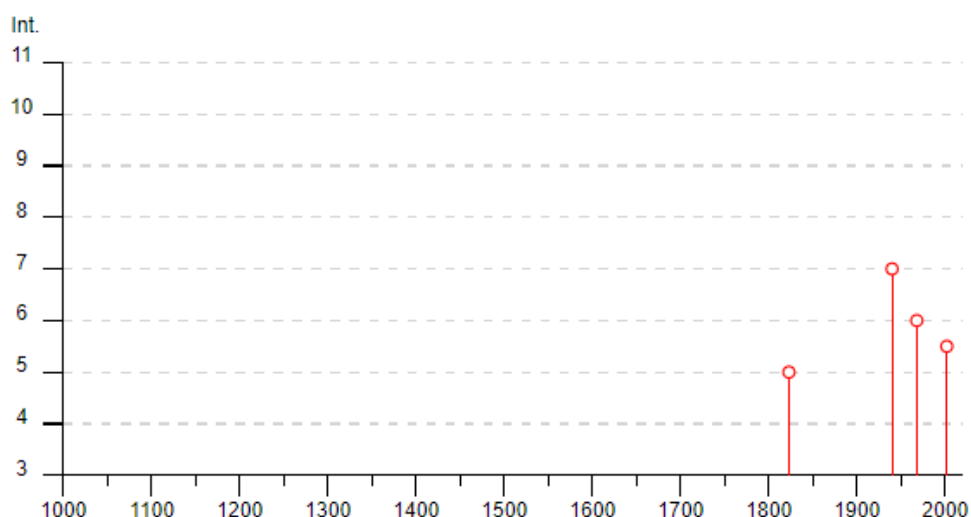
La finestra cronologica coperta dal catalogo CPTI15 e dal database DBMI15 va dall'anno 1000 d.C. circa a tutto il 2014 d.C., ed offre per ogni terremoto una stima il piú possibile omogenea della localizzazione epicentrale (Latitudine, Longitudine), dei valori di Intensità massima ed epicentrale, della magnitudo momento e della magnitudo calcolata dalle onde superficiali.

Per la compilazione del CPTI15 sono stati ritenuti di interesse solo i terremoti avvenuti in Italia e quelli che, pur essendo stati localizzati in aree limitrofe, potrebbero essere stati risentiti con intensità significativa all'interno dei confini dello stato.

Nel caso in esame, il tracciato attraversa quattro comuni, di cui vengono riportati gli eventi sismici di maggiore entità:

Nella figura sottostante è mostrata la distribuzione degli eventi sismici presenti nel DBMI15 (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>) disponibili per

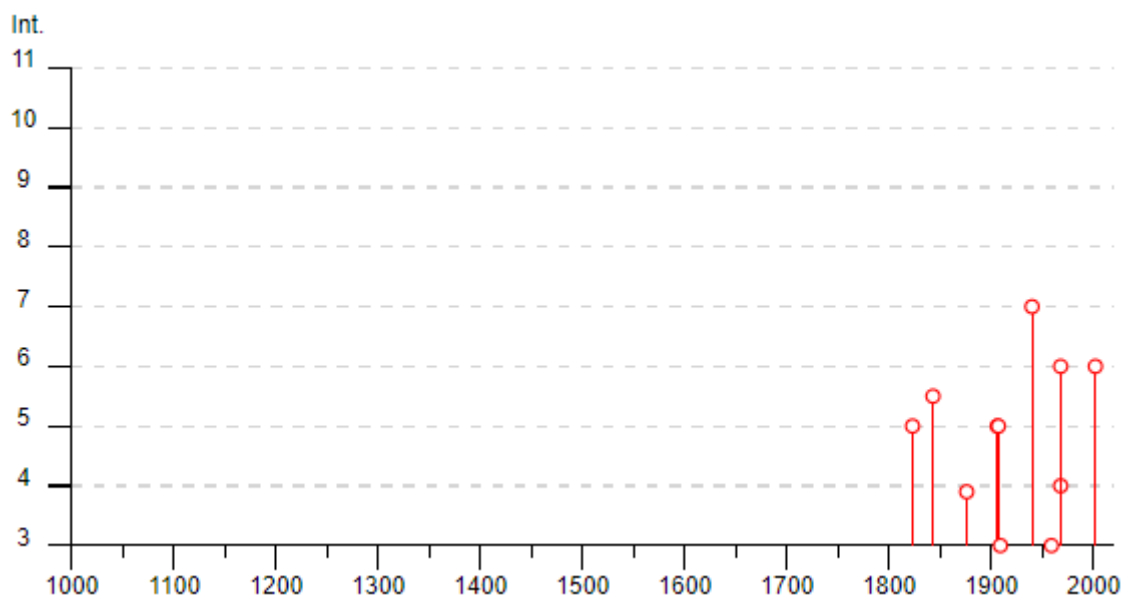
Bolognetta



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	2004	05	05	13	39	4	Isole Eolie	641		5.42
NF	2005	11	21	10	57	4	Sicilia centrale	255		4.56
5	1823	03	05	16	37		Sicilia settentrionale	107	8	5.81
7	1940	01	15	13	19	2	Tirreno meridionale	60	7-8	5.29
5-6	2002	09	06	01	21	2	Tirreno meridionale	132	6	5.92
6	1968	01	15	02	01	0	Valle del Belice	162	10	6.41

Figura 4-1 - Distribuzione degli eventi sismici disponibili per il Comune di Bolognetta (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>)

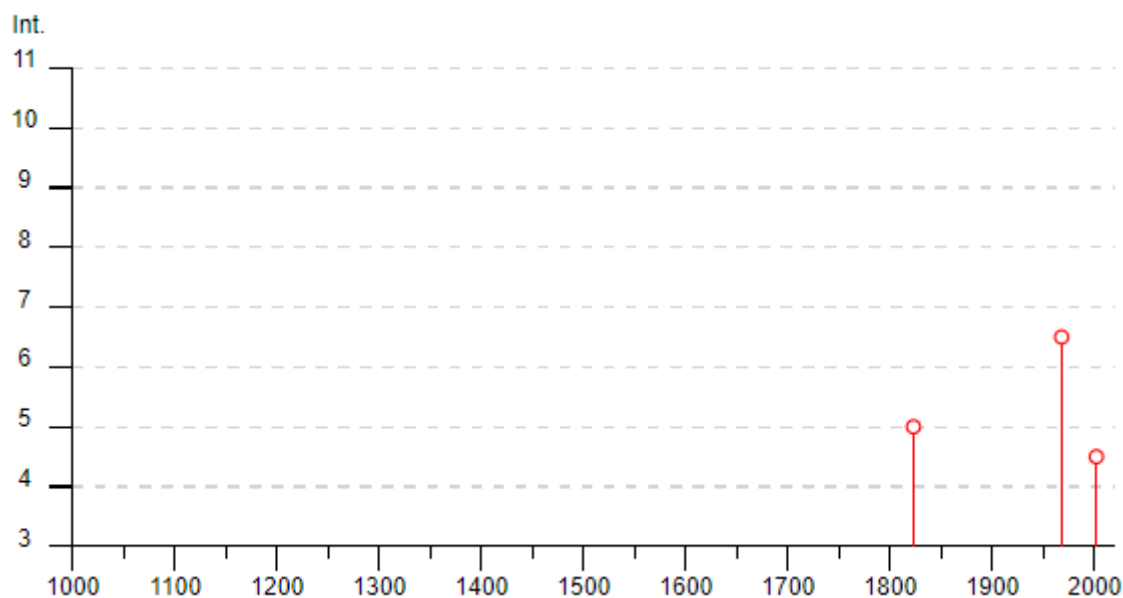
– Di seguito le osservazioni sismiche disponibili per Misilmeri (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>)



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1823	03	05	16	37		Sicilia settentrionale	107	8	5.81
5-6	1843	12	07				Misilmeri	1	5-6	4.40
F	1876	06	11	01	20		Corleone	20	6	4.71
5	1906	09	11	19	03		Tirreno meridionale	9	7	5.02
5	1907	01	21	03	41		Tirreno meridionale	32	5	4.14
3	1909	06	07	01	30		Corleone	16	3-4	3.73
7	1940	01	15	13	19	2	Tirreno meridionale	60	7-8	5.29
3	1959	12	23	09	29		Piana di Catania	108	6-7	5.11
4	1968	01	14	15	48	3	Valle del Belice	18	7	4.84
6	1968	01	15	02	01	0	Valle del Belice	162	10	6.41
NF	1977	06	05	13	59		Monti Nebrodi	108	6-7	4.61
2	1981	06	07	13	00	5	Mazara del Vallo	50	6	4.93
6	2002	09	06	01	21	2	Tirreno meridionale	132	6	5.92

Figura 4-2 - Distribuzione degli eventi sismici disponibili per il Comune di Misilmeri (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>)

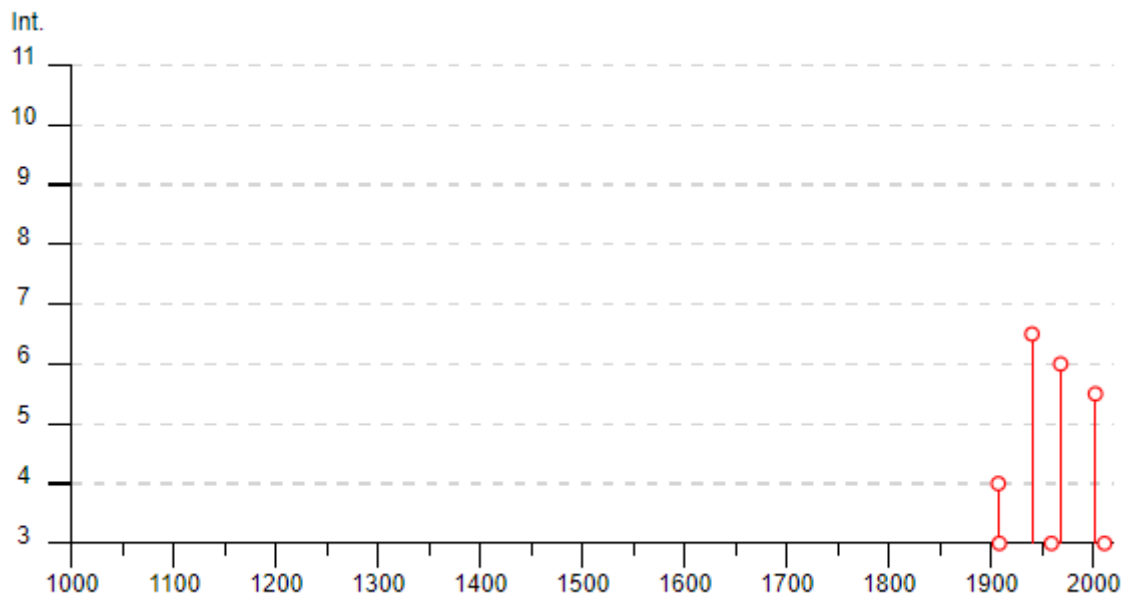
– Di seguito le osservazioni sismiche disponibili per Villafrati
(<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>)



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1823	03	05	16	37		Sicilia settentrionale	107	8	5.81
6-7	1968	01	15	02	01	0	Valle del Belice	162	10	6.41
NF	1996	12	14	00	18	4	Monti Madonie	45	5	4.27
4-5	2002	09	06	01	21	2	Tirreno meridionale	132	6	5.92
NF	2005	11	21	10	57	4	Sicilia centrale	255		4.56

Figura 4-3 - Distribuzione degli eventi sismici disponibili per il Comune di Villafrati (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>)

Di seguito le osservazioni sismiche disponibili per Bagheria
(<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>)



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1892	03	16	12	38		Alicudi	28	7	5.24
4	1907	01	21	03	41		Tirreno meridionale	32	5	4.14
3	1908	12	28	04	20	2	Stretto di Messina	772	11	7.10
NF	1910	01	25	08	27		Tirreno meridionale	34	5	4.48
6-7	1940	01	15	13	19	2	Tirreno meridionale	60	7-8	5.29
NF	1957	05	20	19	57	3	Tirreno meridionale	3		5.19
3	1959	12	23	09	29		Piana di Catania	108	6-7	5.11
6	1968	01	15	02	01	0	Valle del Belice	162	10	6.41
2	1981	06	07	13	00	5	Mazara del Vallo	50	6	4.93
5-6	2002	09	06	01	21	2	Tirreno meridionale	132	6	5.92
NF	2005	11	21	10	57	4	Sicilia centrale	255		4.56
3	2011	06	23	22	02	4	Monti Nebrodi	54	5-6	4.70

Figura 4-4 - Distribuzione degli eventi sismici disponibili per il Comune di Bagheria (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>)

Caratterizzazione sismogenetica

Sino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, che corrispondono al 45% della superficie del territorio nazionale, nel quale risiede il 40% della popolazione.

Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (*generalmente 50 anni*) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo.

A tal fine fu pubblicata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003.

Il provvedimento detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (*Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 – "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"*), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale:

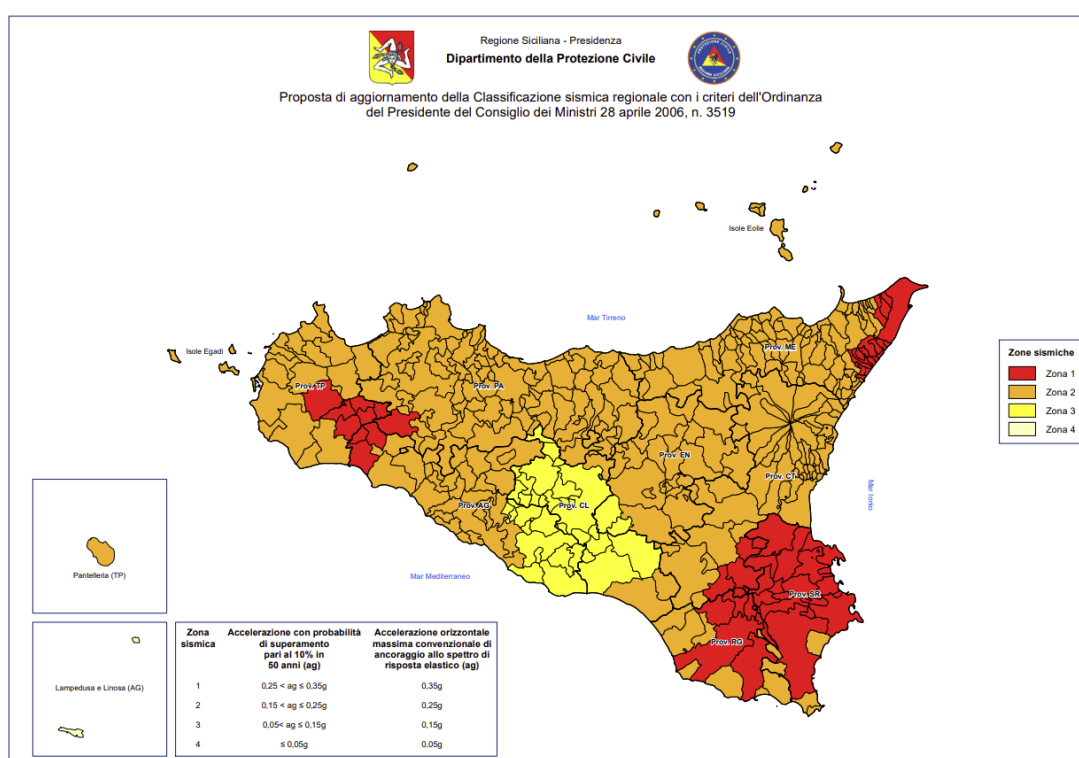
– **Zona 1** – E' la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti;

– **Zona 2** – In questa zona possono verificarsi forti terremoti;

– Zona 3 – In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari;

– Zona 4 – E' la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari.

Il sito in oggetto ricade nel territorio della provincia di Palermo nei territori dei Comuni di Bagheria, Misilmeri, Ficarazzi, Bolognetta, che ricadono, a seguito del nuovo aggiornamento della zonazione sismica dei comuni della Regione Sicilia, prevista dal D.G.R. n. 81 del 24 febbraio 2022, in zona 2.



ZONA	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)	Accelerazione orizzontale max convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g)
1	$0.25 < a_g \leq 0.35 g$	0.35 g
2	$0.15 < a_g \leq 0.25 g$	0.25 g
3	$0.05 < a_g \leq 0.15 g$	0.15 g
4	$\leq 0.05 g$	0.05 g

Figura 4-5 - Zonazione sismica della Sicilia ai sensi del D.G.R. n. 81 del 24 febbraio 2022

La classificazione sismica sopra riportata è confermata dalla Zonazione Sismogenetica, denominata ZS9, prodotta dall' INGV (Meletti C. e Valensise G., 2004). Questa zonazione è considerata, nella recente letteratura scientifica, il lavoro piú completo e aggiornato a livello nazionale.

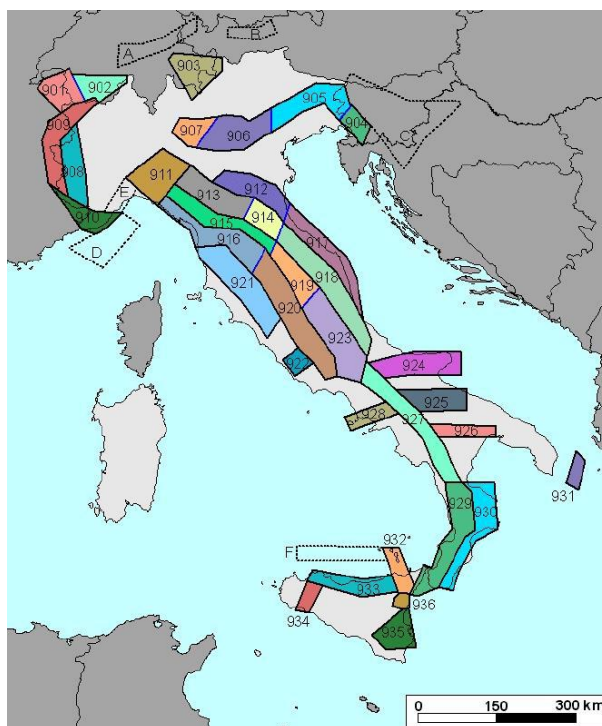


Figura 4-6 - Mappa della Zonazione Sismogenetica ZS9 dell'Italia (fonte: Gruppo di lavoro INGV, 2004).

In particolare, nel Rapporto Conclusivo relativo alla redazione della mappa di Pericolosità sismica (Ord. P.C.M. 3274 – 2003) è contenuta la zonizzazione sismogenetica del territorio italiano (Z69). Tale zonizzazione, condotta tramite analisi cinematica degli elementi geologici cenozoici e

quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale ha definito, per l'area siciliana le seguenti aree sismogenetiche evidenziate nella figura sottostante

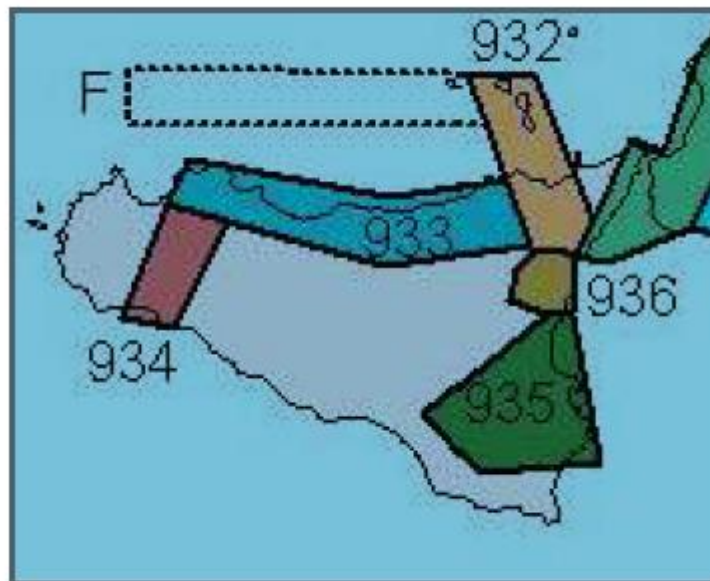


Figura 4-7 - Dettaglio delle ZS9 della Sicilia

- **936 Etna**, sismicità associata a fagliazione superficiale e all’attenuazione del moto del suolo tipica di un ambiente vulcanico;
- **935 Iblei**, settore direttamente legato alla scarpata ibleo – maltese ed alle maggiori linee di discontinuità come la Scicli – Ragusa, responsabile dell’evento sismico del 1693.
- **934 Belice**, i caratteri sismo genetici di tale zona riconducibili all’unica e grande sequenza sismica del gennaio 1968 nell’area del Belice;
- **933 Sicilia Settentrionale**, tale zona è comunemente ritenuta avere carattere prevalentemente trascorrente (Linea **M.te Kumeta – Alcantara**). In questa zona i principali eventi sismici sembrano essere localizzati sulla costa e pertanto la sismicità andrebbe attribuita alla ZS F, molto superiore a quella della costa siciliana settentrionale e del suo immediato offshore;

– 932 Eolie – Patti, area definita sulla scorta esclusiva di esplorazioni geofisiche profonde e legata ad una zona di “svincolo” con arretramento del dell’arco calabro e delle strutture sintetiche che segmentano il golfo di Patti

Tabella 4-1 – Sintesi aree sismogenetiche della Sicilia

Zona	N. eventi Md ≥ 2.0	N. eventi Md ≥ 2.5	N. eventi Md ≥ 3.0	Magnitudo Md Max	Classe di Profondità	Profondità efficace (Km)
932	277	194	55	6.14	12 - 20	13
933	413	162	44	6.14	8 - 12	10
934	8	6	3	6.14	8 - 12	10
935	43	34	6	7.29	12 - 20	13
936	374	283	67	5.45	1 - 5	3

Quanto sopra, definisce una macro area (933 – Sicilia settentrionale) soggetta al “carico sismico” di eventi sismici localizzati sulla costa con terremoti caratterizzati da meccanismi focali prevalentemente trascorrenti e caratterizzati da elevate intensità e frequenze di accadimento variabili. Il territorio in esame, quindi, è da considerarsi come una regione sismogenetica.

4.1 FAGLIE CAPACI

Sono state consultate le cartografie del CATALOGO DELLE FAGLIE CAPACI (<http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/index.html>) a cura dell’ISPRA–Dipartimento per il Servizio Geologico d’Italia.

Una faglia è definita capace quando ritenuta in grado di produrre, entro un intervallo di tempo di interesse per la società, una deformazione/dislocazione della superficie del terreno, e/o in prossimità di essa.

Nell’area in studio non vengono evidenziate faglie capaci .

5 CAMPAGNA INDAGINE GEOFISICA E RISULTATI

Nell'ambito dei lavori di indagini geognostiche a supporto della caratterizzazione stratigrafica e della parametrizzazione geotecnica è stata eseguita una campagna di prospezioni geofisiche mirata alla conoscenza della velocità di propagazione delle onde sismiche di compressione e di taglio dei terreni interessati dall'opera in progetto. Tali prove sono state eseguite principalmente nei siti interessati dalle opere d'arte e lungo la tratta in progetto.

Le prove geofisiche effettuate sono state tutte del tipo attivo e sono state eseguite nella campagna sismica e geognostica del 2021.

Le indagini utilizzate per redigere il presente studio sono state le seguenti:

- n.27 stendimenti di indagine sismica a rifrazione;
- n.13 indagini sismiche in foro down-hole;
- n.6 prove HVSR.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti dalle prove sovraelencate:

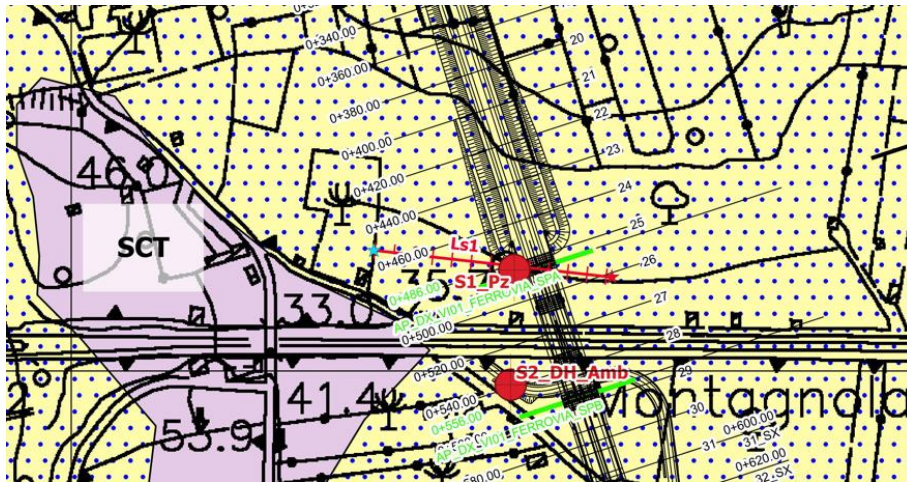
Linee sismiche a rifrazione

Tabella 5-1 – Tabella di sintesi degli stendimenti sismici a rifrazione

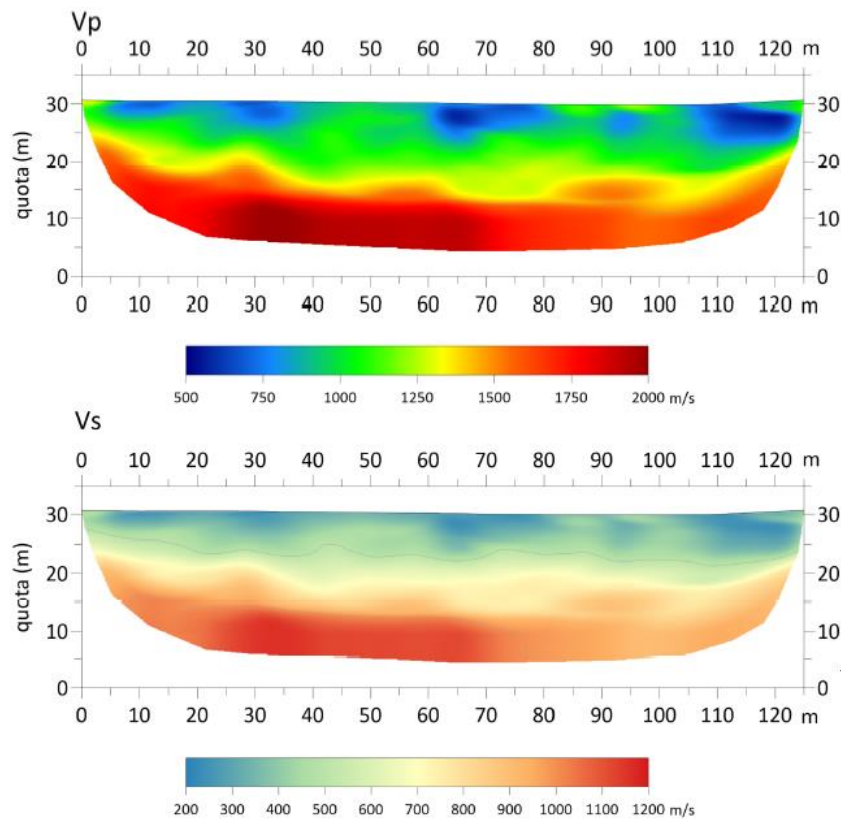
Data	Linee sismiche	Lungh. di Progetto	Lungh. Eseguita	Punti battuti	Geofoni	Cavi	Scoppi
06/08/2021	LS1	92,7	125	33	24	2	5 (ogni 6 geof.)
09/08/2021	LS2	138	185	41	36	3	7 (ogni 6 geof.)
20/08/2021	LS4a	239	245	56	48	4	7 (ogni 8 geof.)
20/08/2021	LS4b	230	245	53	48	4	7 (ogni 8 geof.)
24/08/2021	LS4c	204	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.)
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.)

- LS1

La tomografia sismica LS1, di lunghezza pari a 125 m, e stata eseguita in corrispondenza del sondaggio S1 che e ubicato a x = 87 m circa.

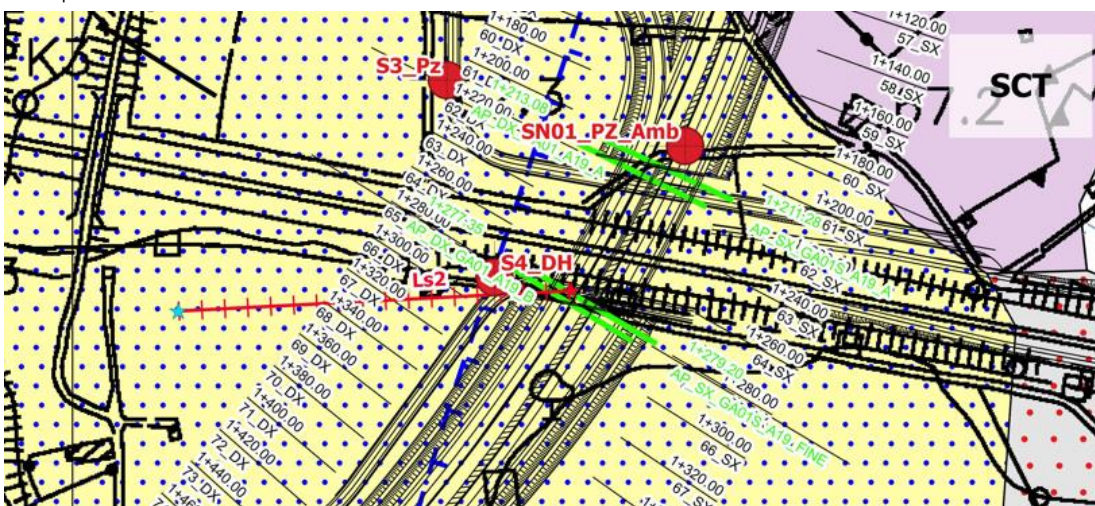


La tomografia presenta un sismostrato superficiale con spessore che si approfondisce da 3 m a 6 m dall'inizio alla fine della sezione. Questo livello si presenta lateralmente eterogeneo con Vp variabile tra 500 m/s e 1000 m/s, ed e compatibile con la presenza delle terre rosse. Al di sotto le sabbie e sabbie limose, fino a 14-15 m di profondita, sono caratterizzate da Vp = 1100 m/s circa. Infine si osserva un sismostrato piu rigido (Vp tra 1700 m/s e 2000 m/s), interpretabile con la presenza di calcareniti.



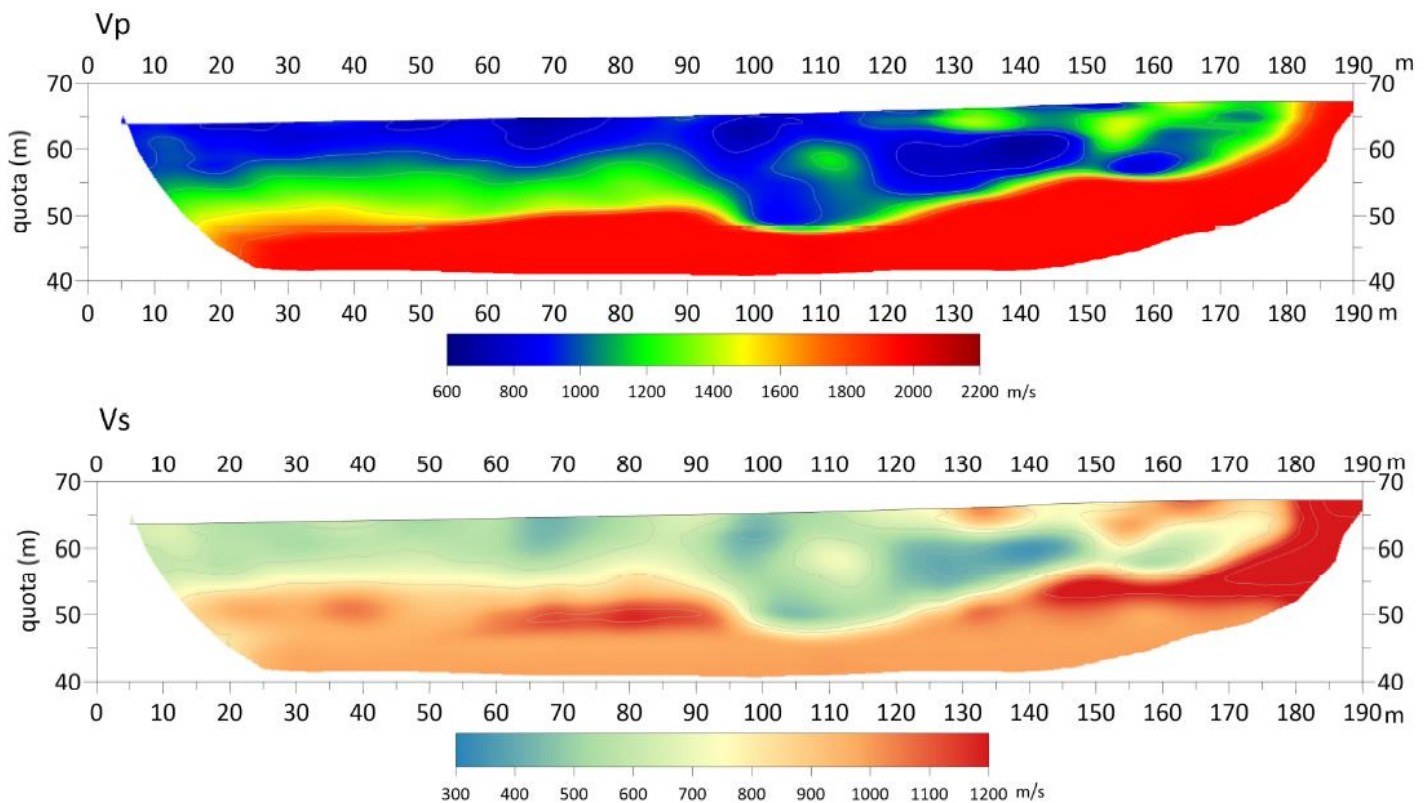
– *LS2*

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.



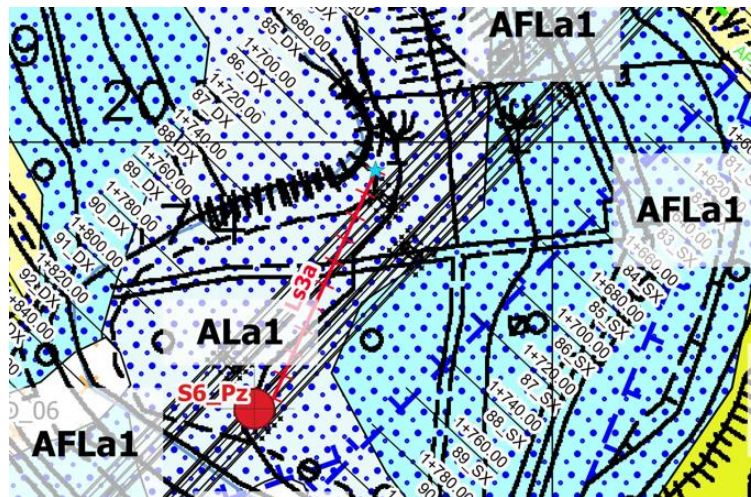
La tomografia presenta un sismostrato superficiale con spessore che partendo da circa 5 m, si assottiglia lungo l'avanzamento. Questo livello mostra una V_p variabile tra 600 m/s e 850 m/s, ed

e 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 quota del tetto che da $z=45$ m sale fino a $z = 60$ m. Questo livello è interpretabile con la presenza della breccia calcarea.



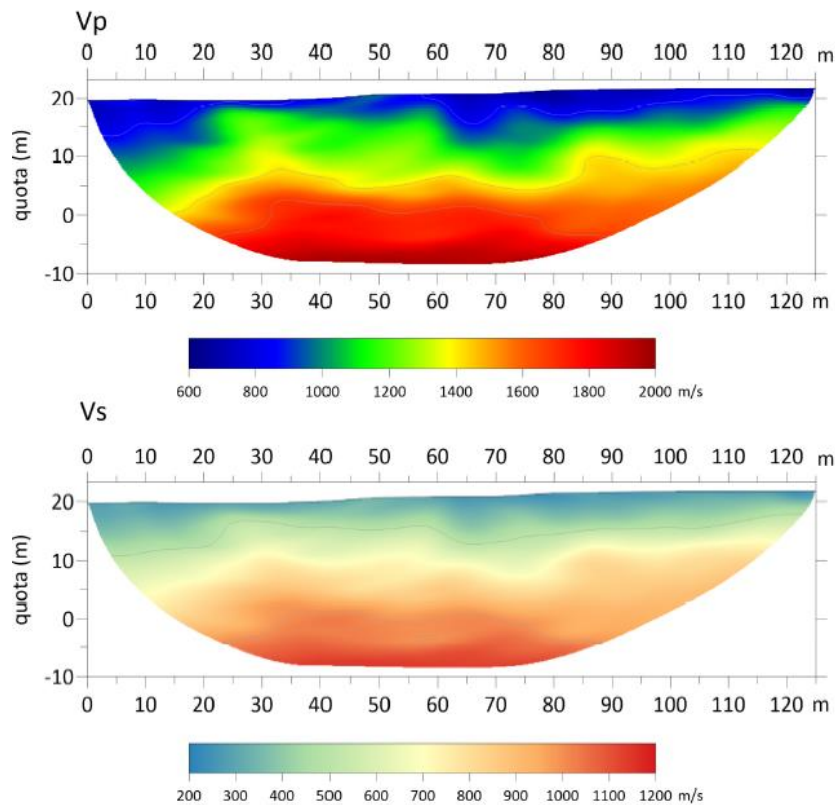
– *LS3a*

La tomografia sismica LS3a, di lunghezza pari a 125 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S6 ubicato presso la parte finale dello stendimento.



E' 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.



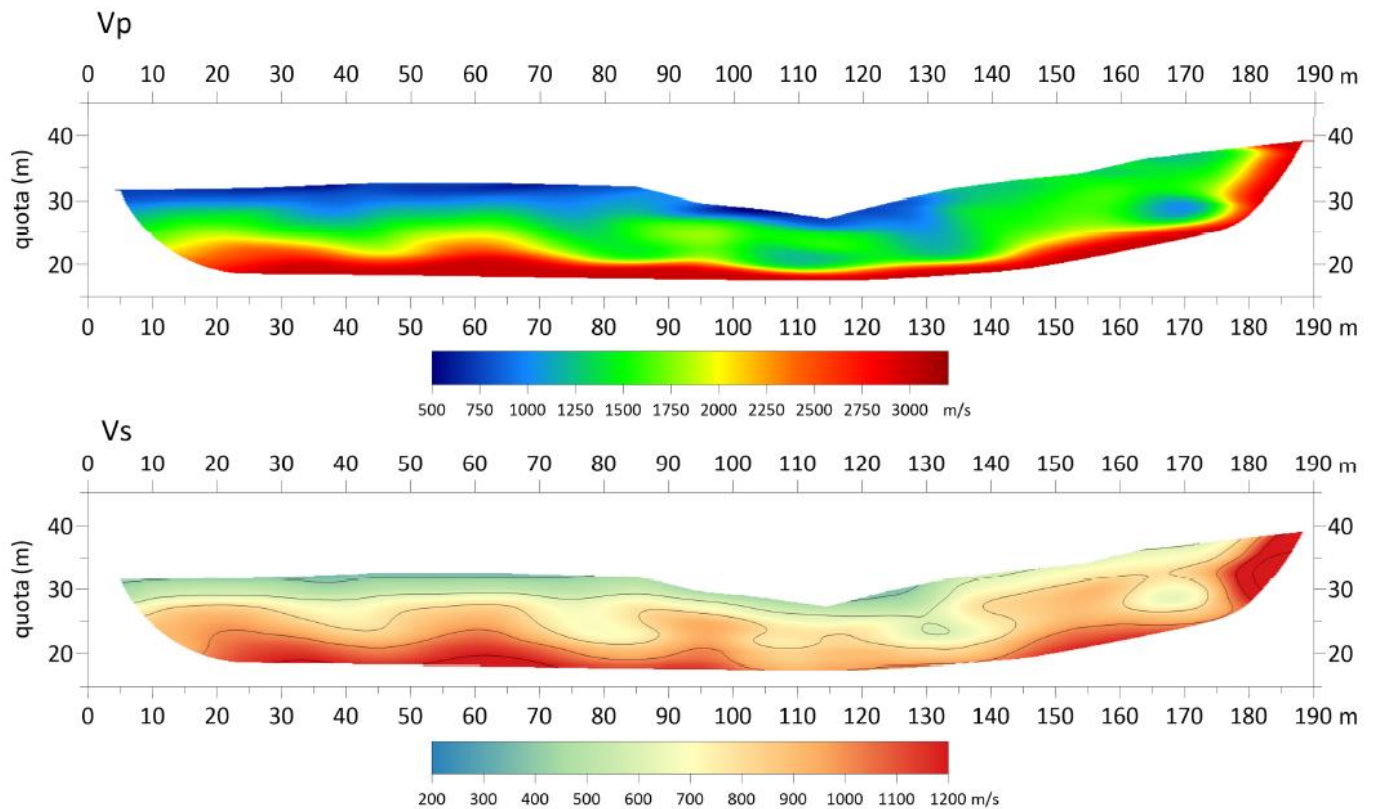
– *LS3b*

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 di sotto sono presenti marne argillose con spessori variabili tra 7 e 10 m circa, caratterizzate da distribuzione eterogenea di V_p , tra 1000 m/s e 1700 m/s circa. In profondità si osserva un sismostrato rigido (V_p maggiore di 3000 m/s) suborizzontale, interpretabile con la presenza dei calcari marnosi.

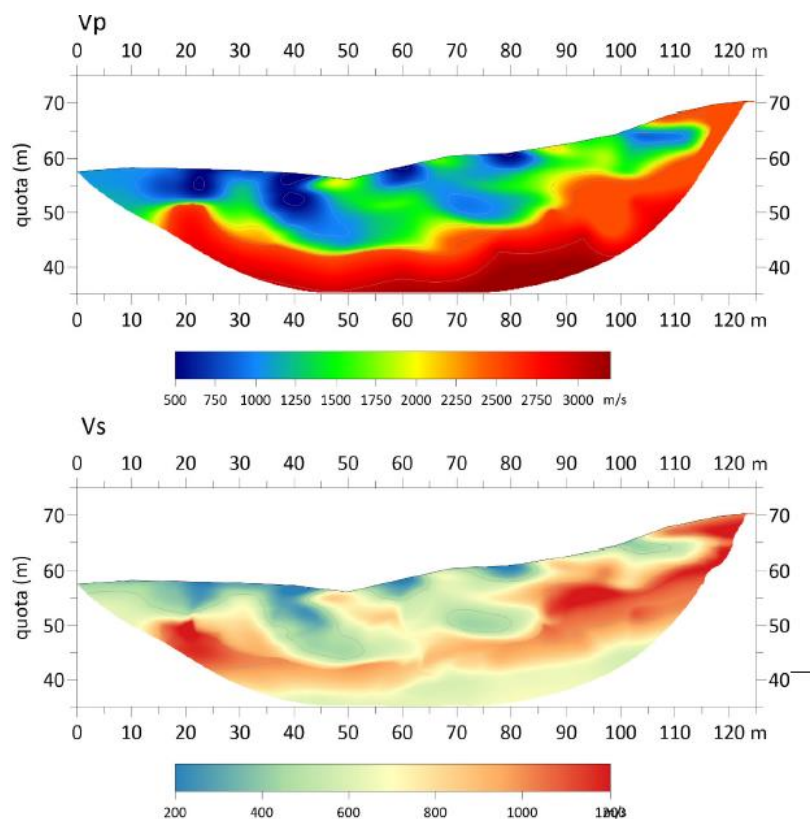


– *LS3c*

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.

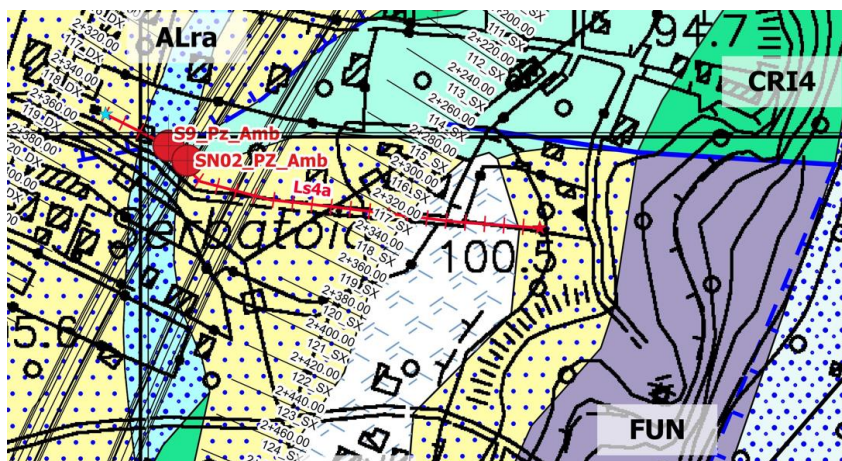


La tomografia presenta un sismostrato superficiale con spessore irregolare, da 10 a 20 m, caratterizzato da distribuzione eterogenea di V_p , tra 500 m/s e 1750 m/s circa, interpretabile con la presenza di marne argillose. Al di sotto si osserva un sismostrato rigido (V_p da 2500 m/s a 3200 m/s) pendente verso l'alto lungo l'avanzamento, interpretabile con la presenza dei calcari marnosi che passano verso il basso a calcari grigio-biancastri.



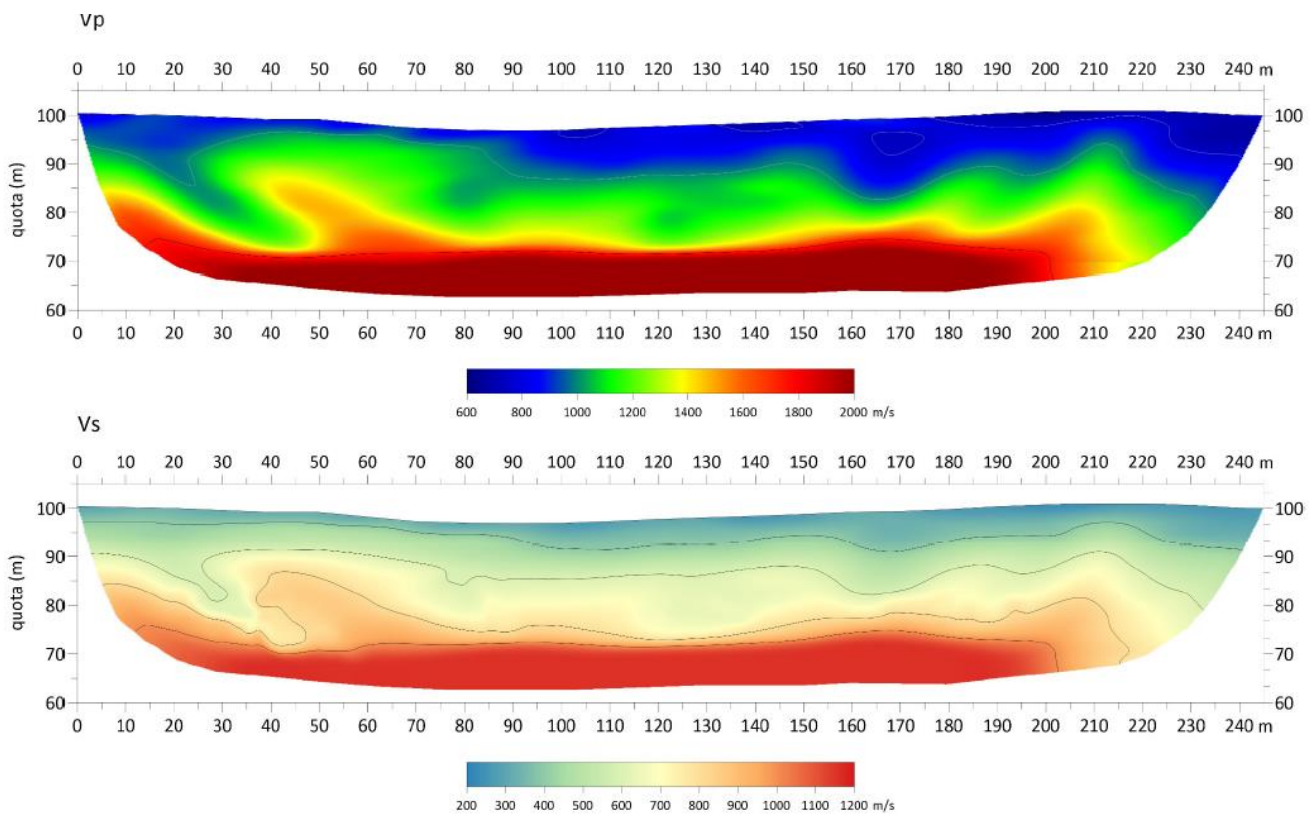
- LS4a

La tomografia sismica LS4a ha una lunghezza pari a 245 m.



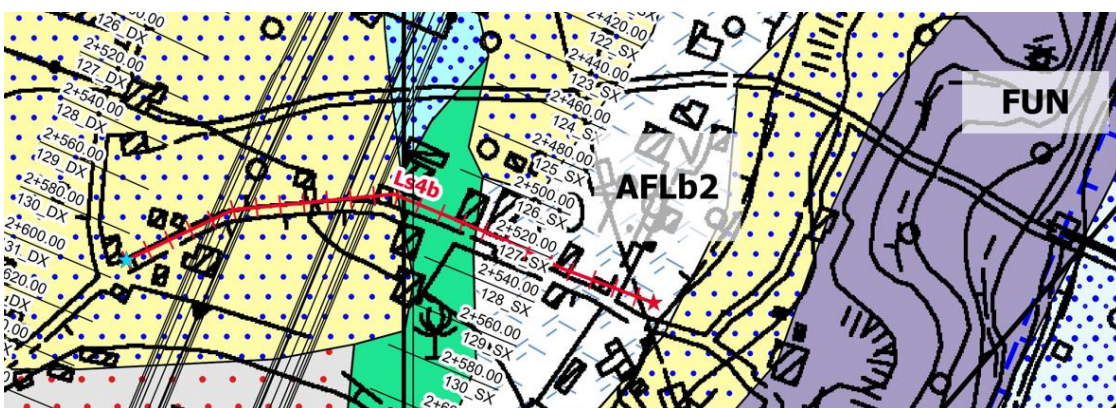
La tomografia presenta un sismostrato superficiale con spessore irregolare, da 5 a 20 m, caratterizzato da valori di Vp tra 600 m/s e 900 m/s circa. Al di sotto un sismostrato ad andamento ondulato e velocità comprese 1000 m/s e 1400 m/s. Una netta discontinuità laterale e presente tra x =40 m e x = 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 V_p maggiori di 1800 m/s.

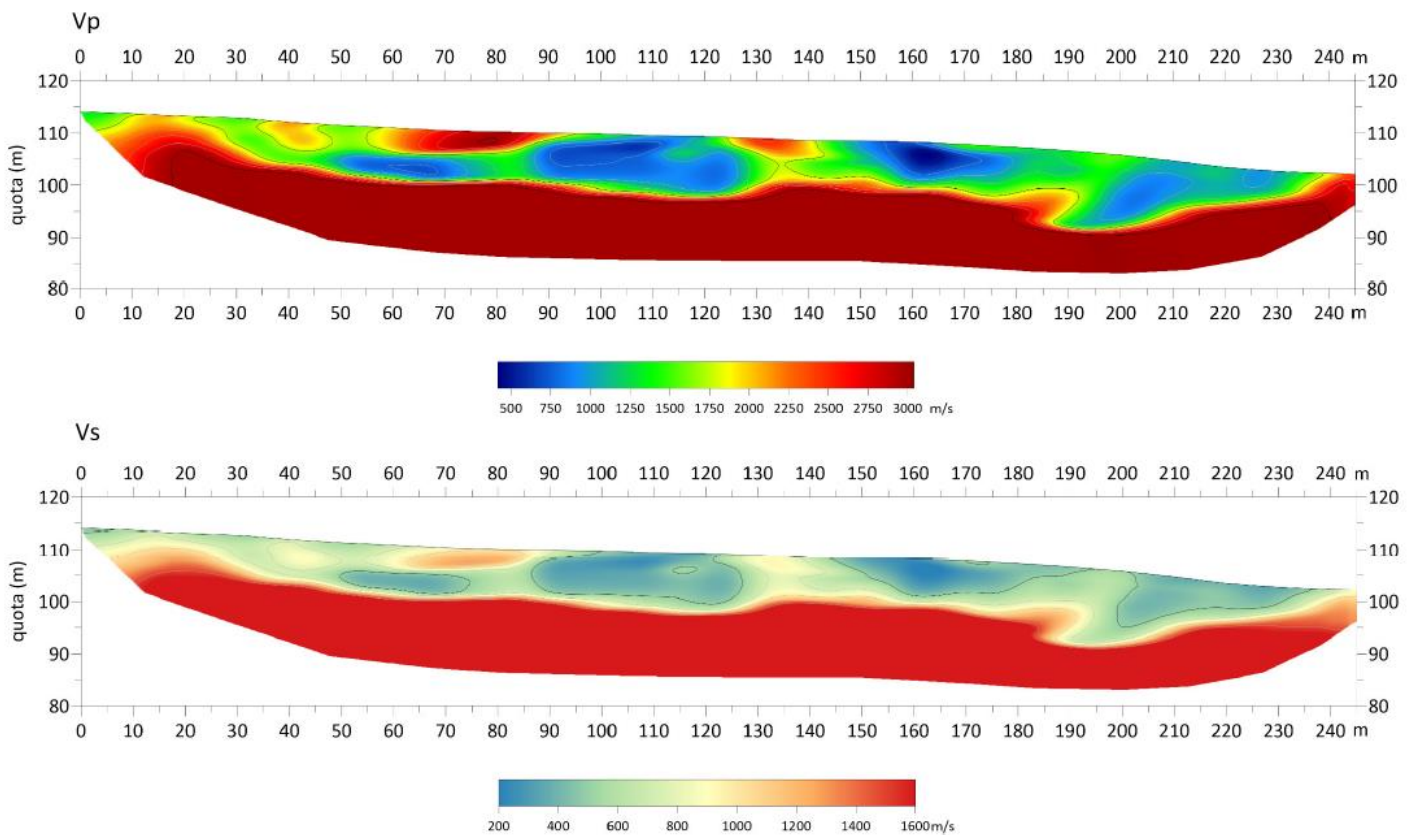


– *LS4b*

La tomografia sismica LS4b è stata eseguita in prossimità del sondaggio S9, con una lunghezza pari a 245 m.

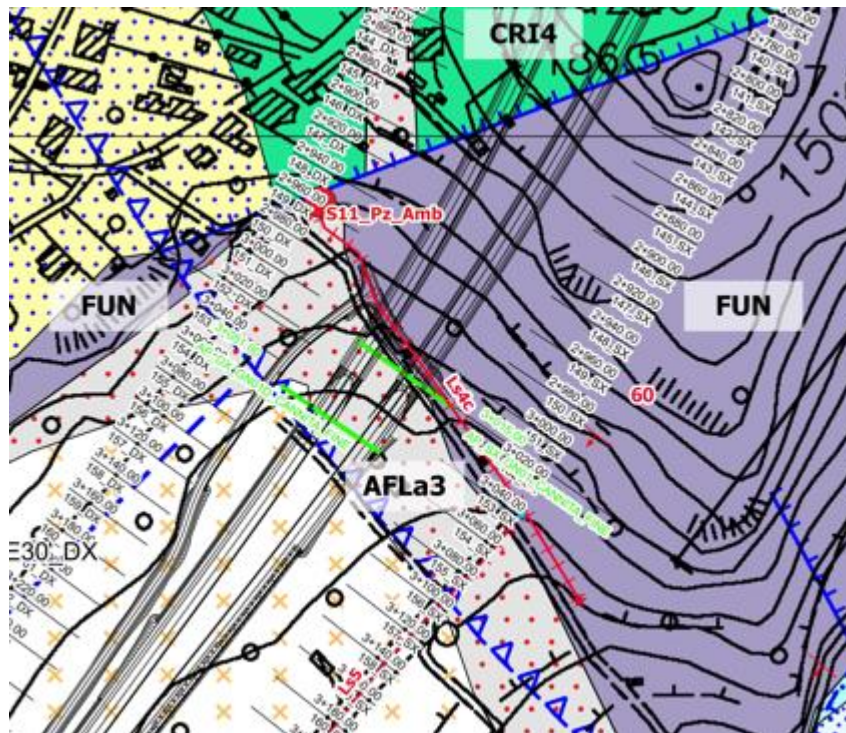


La tomografia presenta un sismostrato molto eterogeneo con spessore di circa 10 m, caratterizzato da valori di V_p tra 500 m/s e 2500 m/s circa. Al di sotto e presente un sismostrato a velocita maggiori di 3000 m/s, e quota del tetto che da $z = 115$ m circa scende fino a $z = 90$ m, per poi risalire nell'ultimo tratto della sezione.



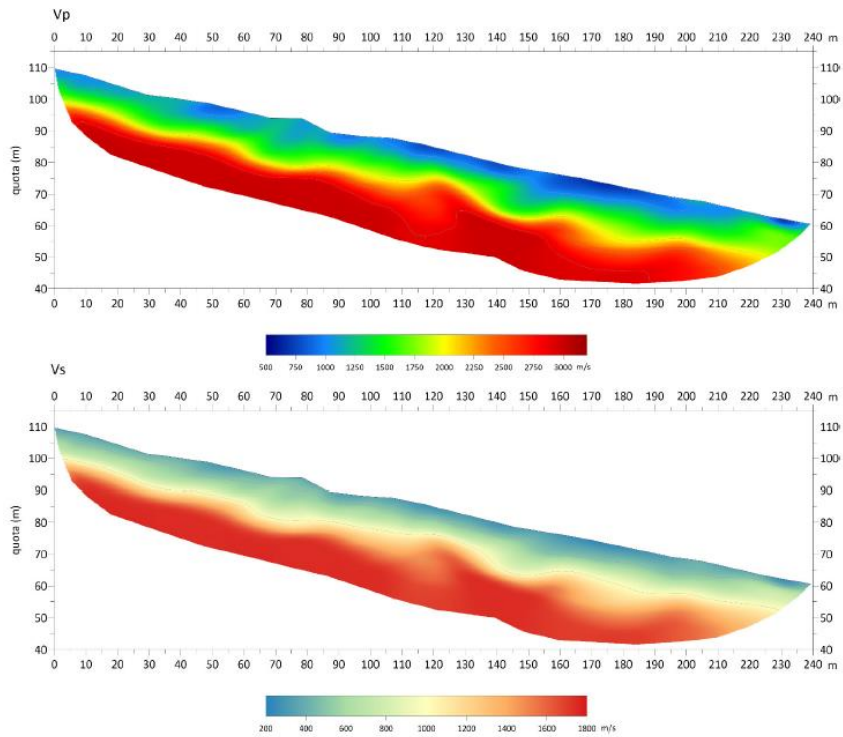
– *LS4c*

La tomografia sismica LS4c, di lunghezza pari a 240 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S11, ubicato all'inizio dello stendimento.



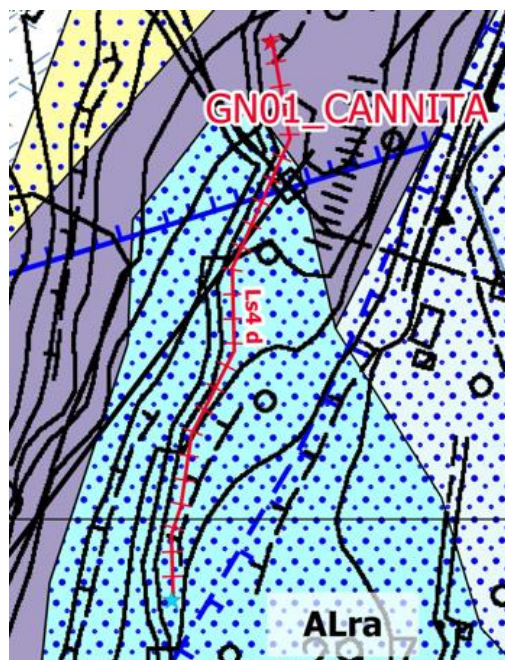
La tomografia presenta un sismostrato superficiale con spessore di circa 6–8m, caratterizzato da valori di V_p , tra 700 m/s e 1200 m/s circa, interpretabile con la presenza di marne. Al di sotto si osserva un sismostrato rigido (V_p da 2500 m/s a 3200 m/s)

interpretabile con la presenza dei calcari grigio- biancaſtri.

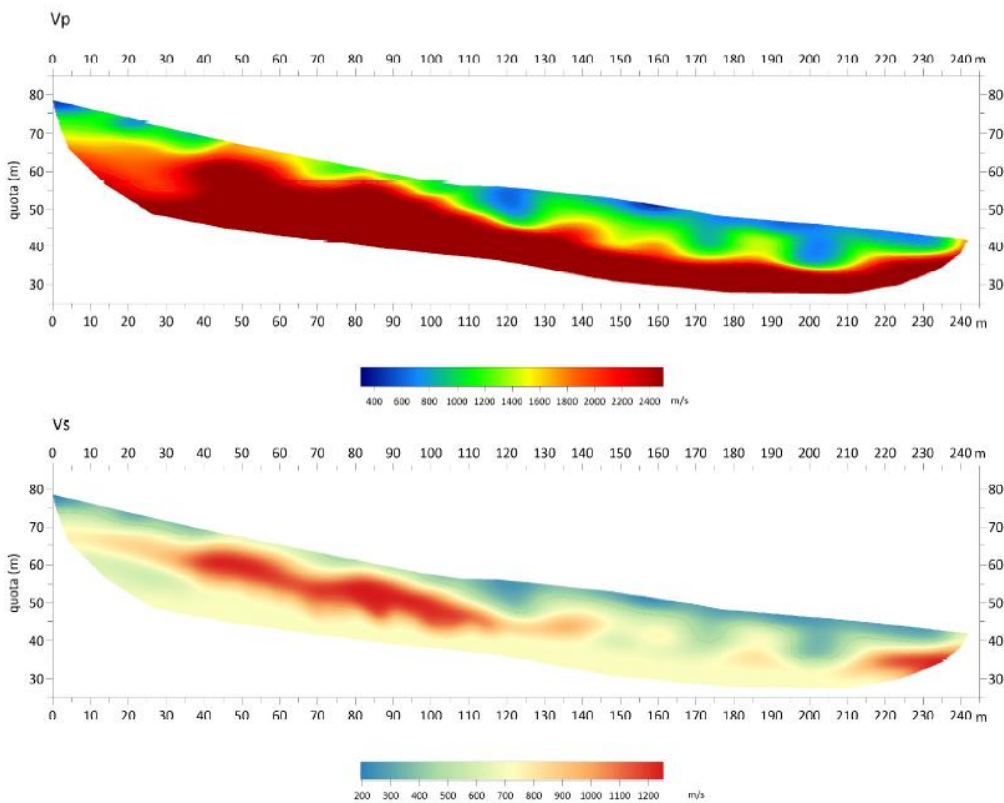


– *LS4d*

La tomografia sismica LS4d ha una lunghezza pari a 240 m.

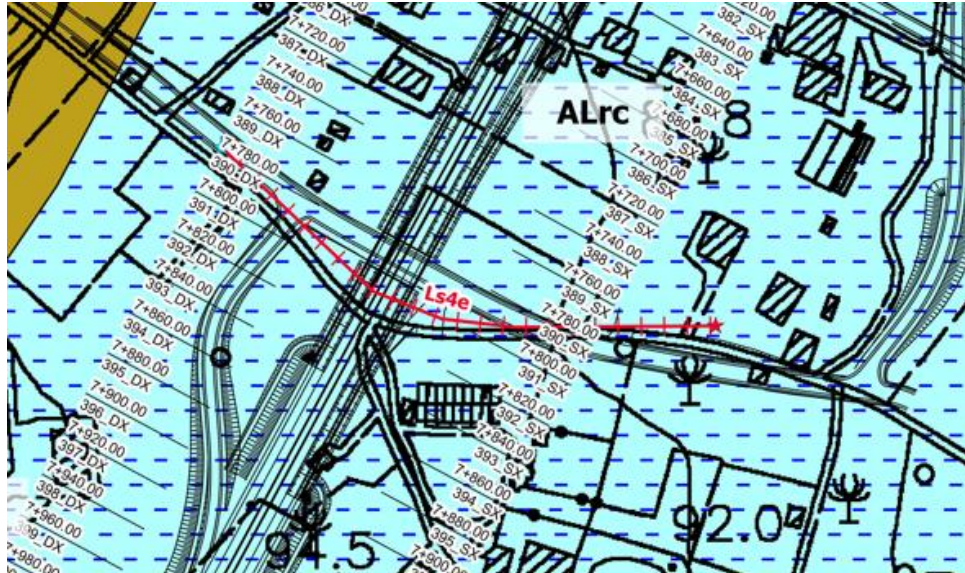


La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento eterogeneo e spessore variabile da 2 m a 10 m circa, caratterizzato da valori di V_p tra 400 m/s e 1300 m/s circa. Al di sotto è presente un basamento rigido con velocità maggiori di 2400 m/s.

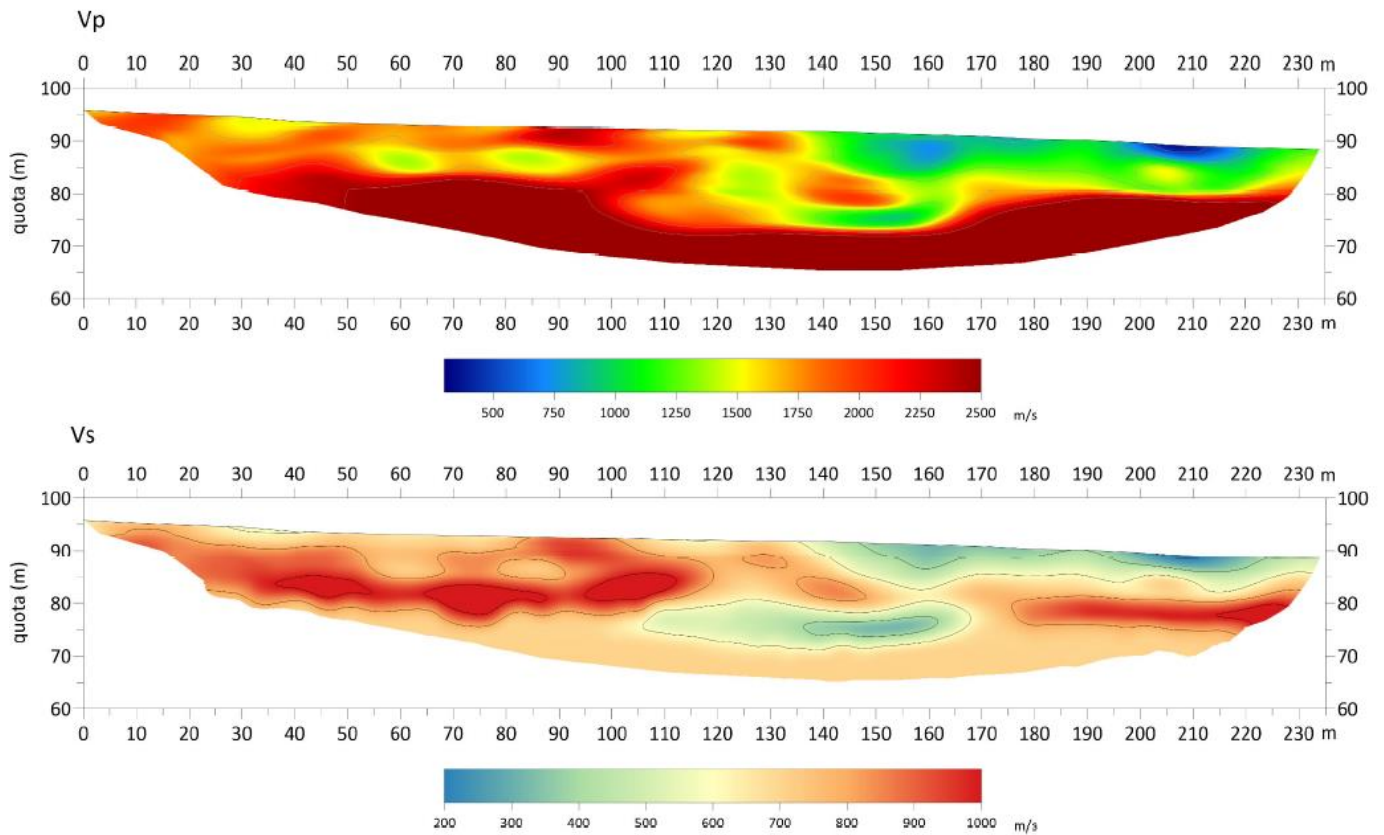


– *LS4e*

La tomografia sismica LS4e ha una lunghezza pari a 235 m.

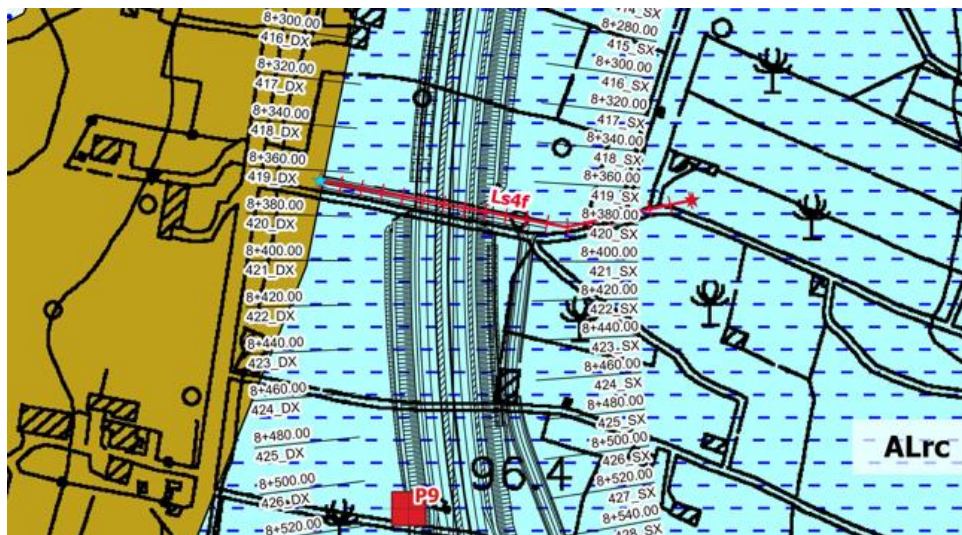


La tomografia presenta un sismostrato superficiale caratterizzato da forti eterogeneità laterali con spessore irregolare, da circa 10 m fino a 20 m nella parte centrale, per poi risalire nell'ultima parte della sezione, caratterizzato da valori di V_p tra 500 m/s e 2000 m/s circa. Questi valori sono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



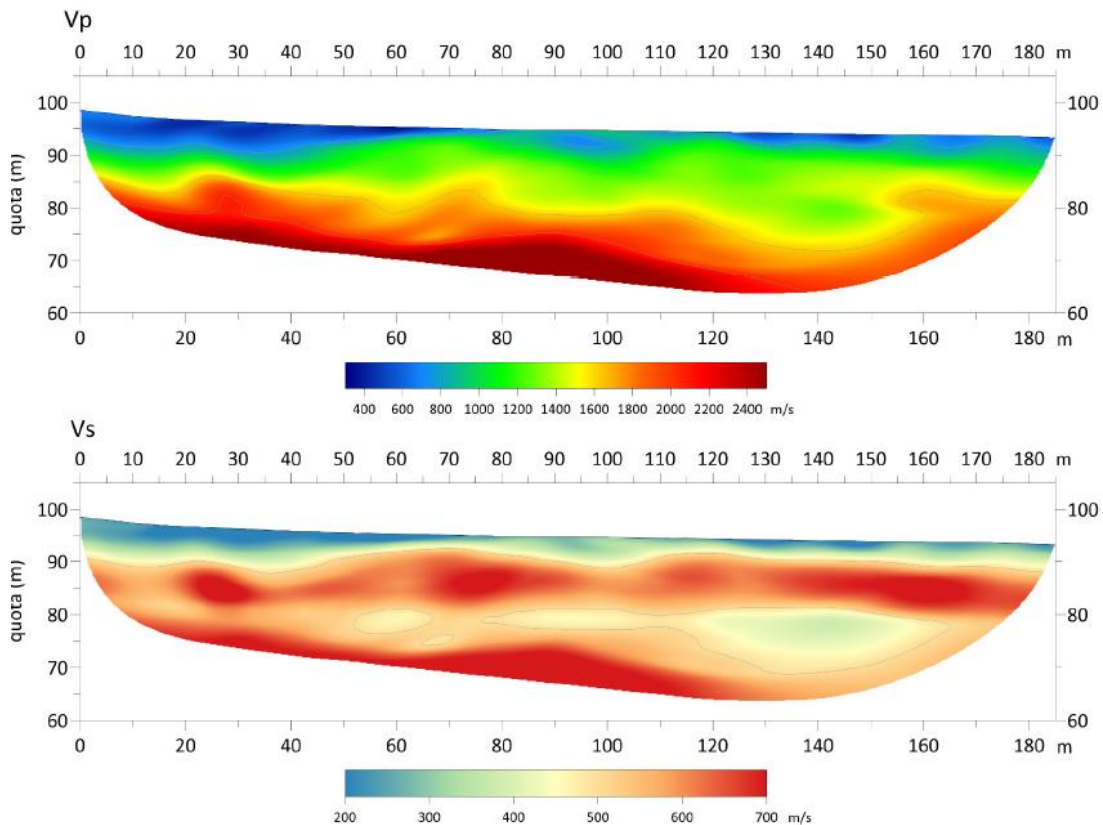
– *LS4f*

La tomografia sismica LS4f ha una lunghezza pari a 185 m.



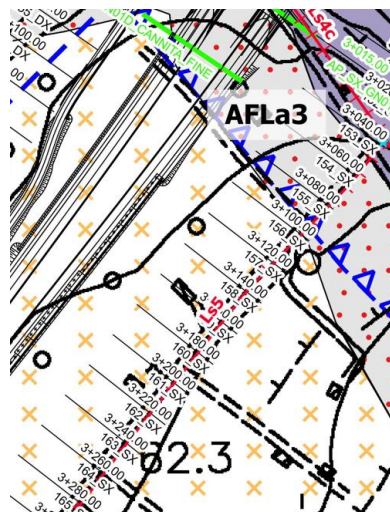
La tomografia mostra un sismostrato superficiale con spessore di circa 6–8m, minore al centro della sezione, caratterizzato da valori di V_p tra 300 m/s e 900 m/s circa, interpretabile con la presenza di sedimenti alluvionali. Al di sotto la velocità aumenta in modo

graduale con la profondità. Tuttavia si notano anche accentuate variazioni laterali, probabilmente causate da intercalazioni di terreni flyschoidi di differente coerenza.

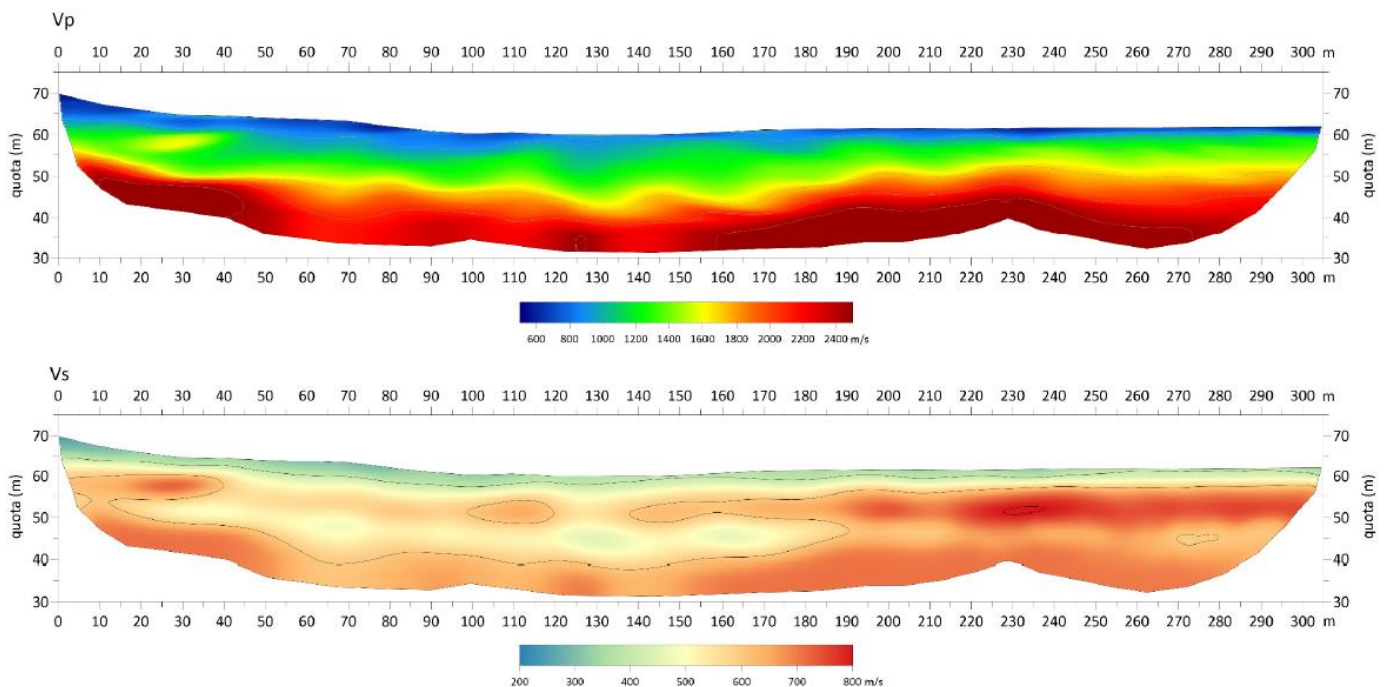


– LS5

La tomografia sismica LS5 ha una lunghezza pari a 305 m.

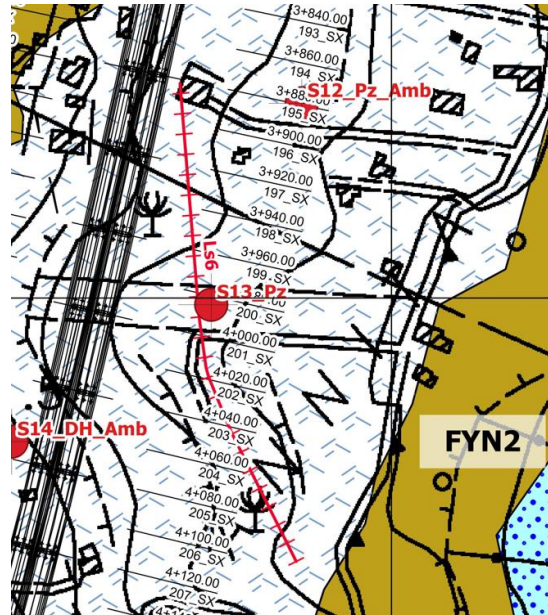


La tomografia mostra un sismostrato superficiale con spessore di circa 5–8m, caratterizzato da valori di V_p tra 500 m/s e 900 m/s circa. Al di sotto è presente un livello caratterizzato da distribuzione omogenea della V_p , con valori di circa 1300–1500 m/s. Infine si evidenzia un substrato più rigido, 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.

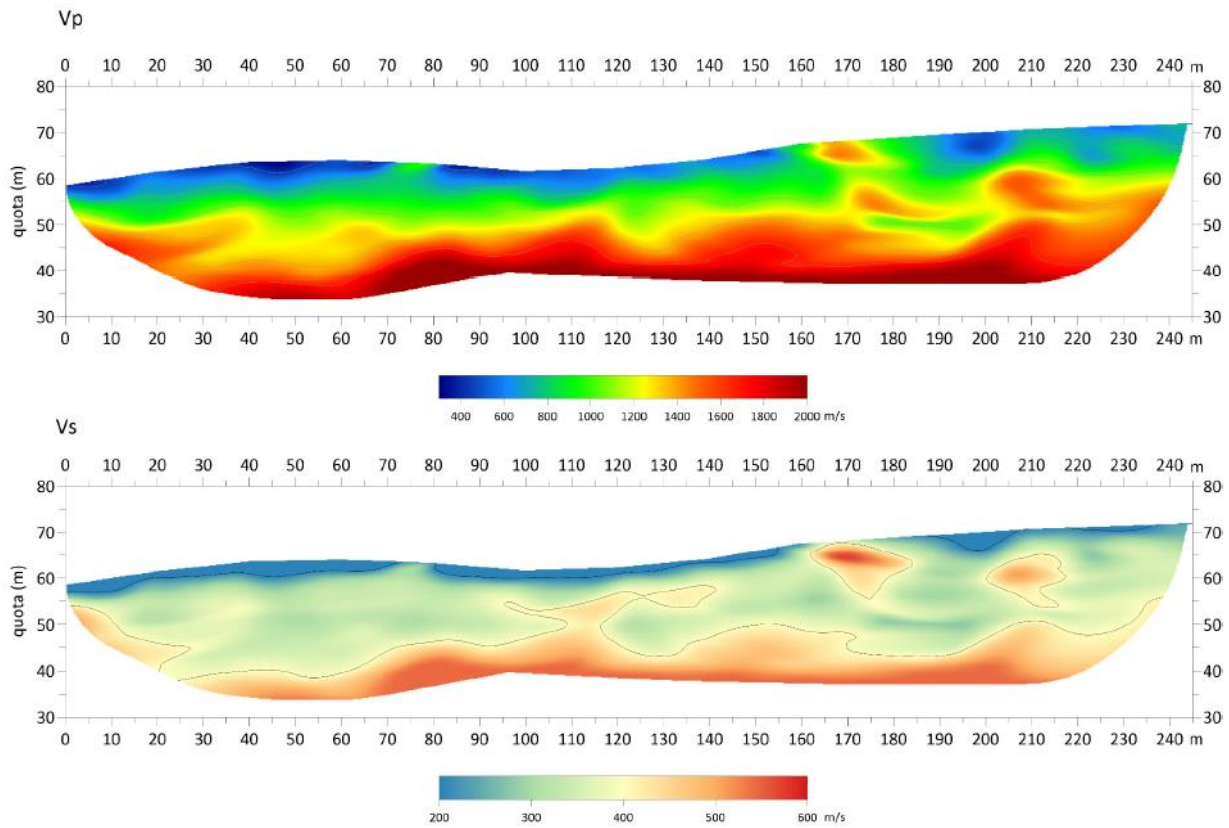


– LS6

La tomografia sismica LS6, di lunghezza pari a 245 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S12.

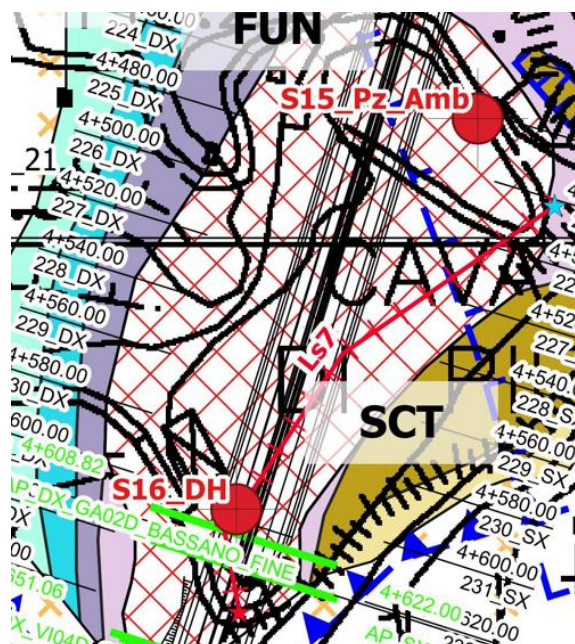


La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento irregolare e spessore da 4 m a 10 m circa, caratterizzato da valori di V_p tra 400 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza di suolo agrario e argille alterate. Al suo interno si evidenzia una zona anomala piú rigida, localizzata 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.

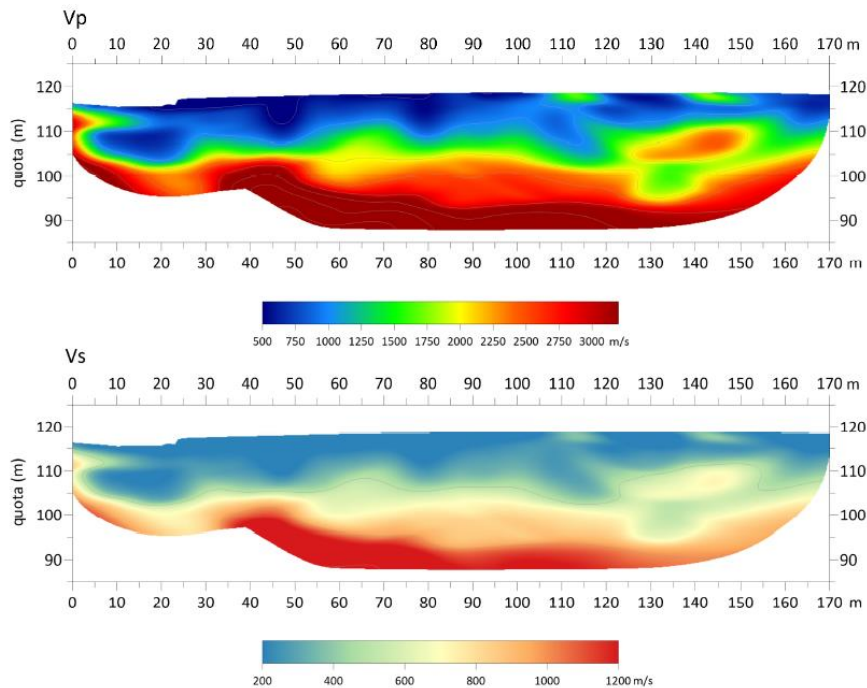


– LS7

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 m < x < 150 m) probabilmente spiegabile con la presenza di blocchi calcarei inglobati.

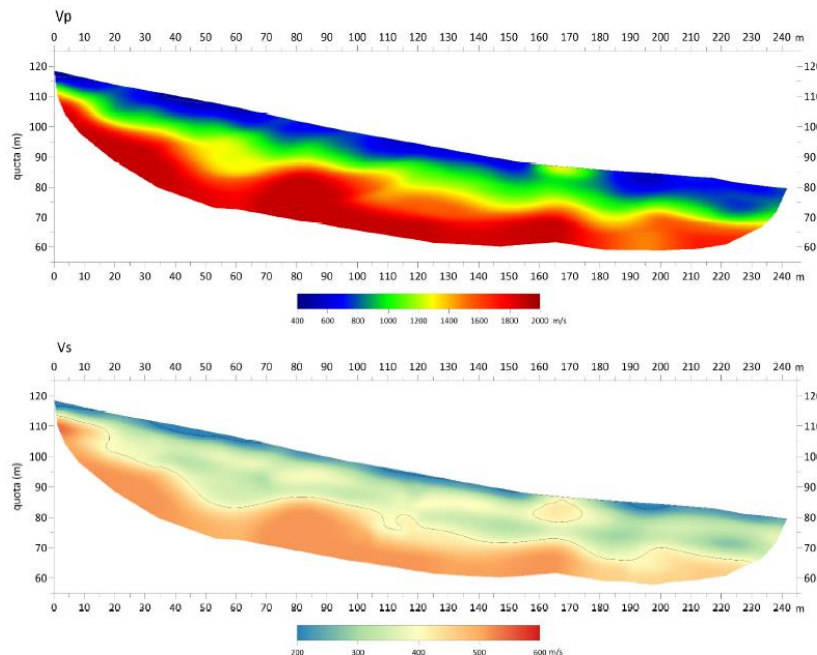


– LS8

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 V_p 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.

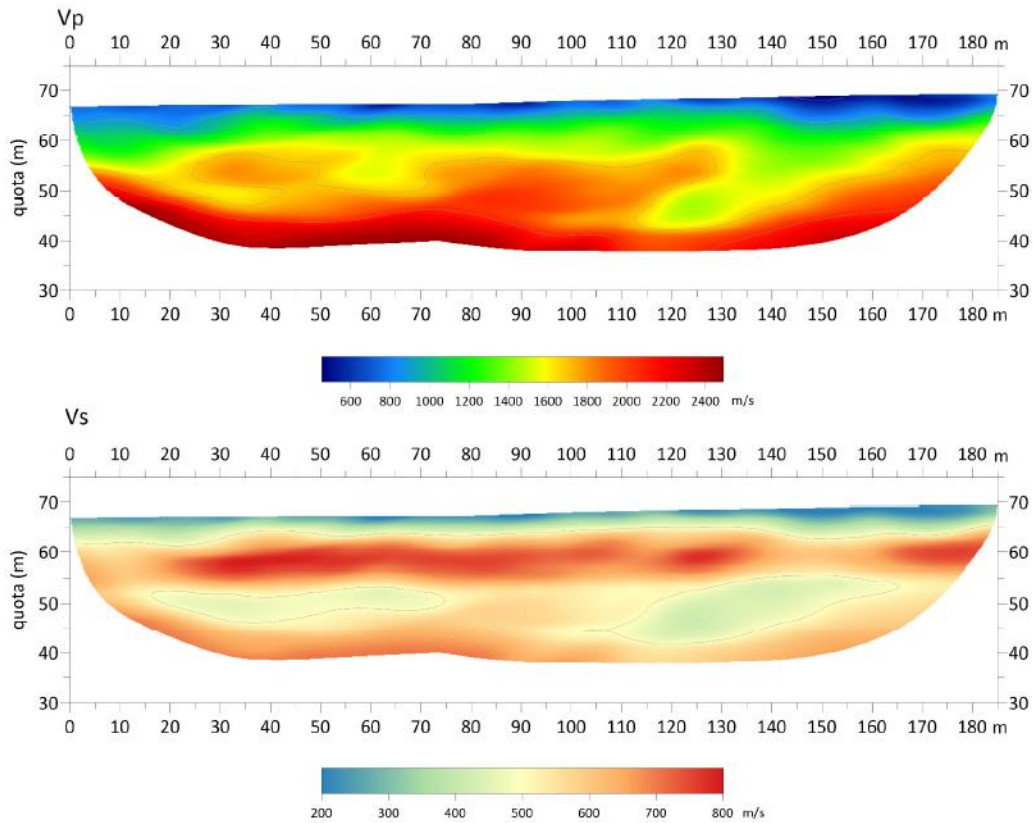


- LS9

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 V_p 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 V_p 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 (V_p maggiore di 2000 m/s), interpretabile con la presenza di livelli flyschoidi più compatti.

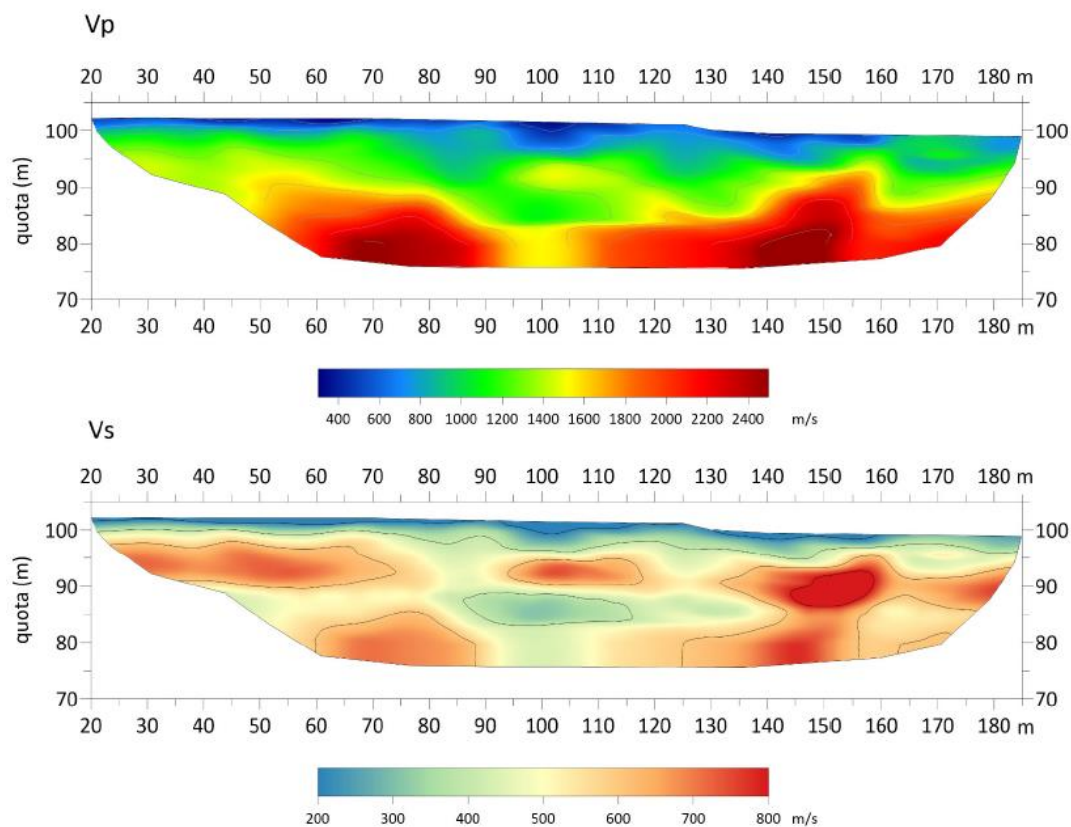


– *LS10b*

La tomografia sismica LS10b, di lunghezza pari a 190 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S24, ubicato a $x = 98$ m.

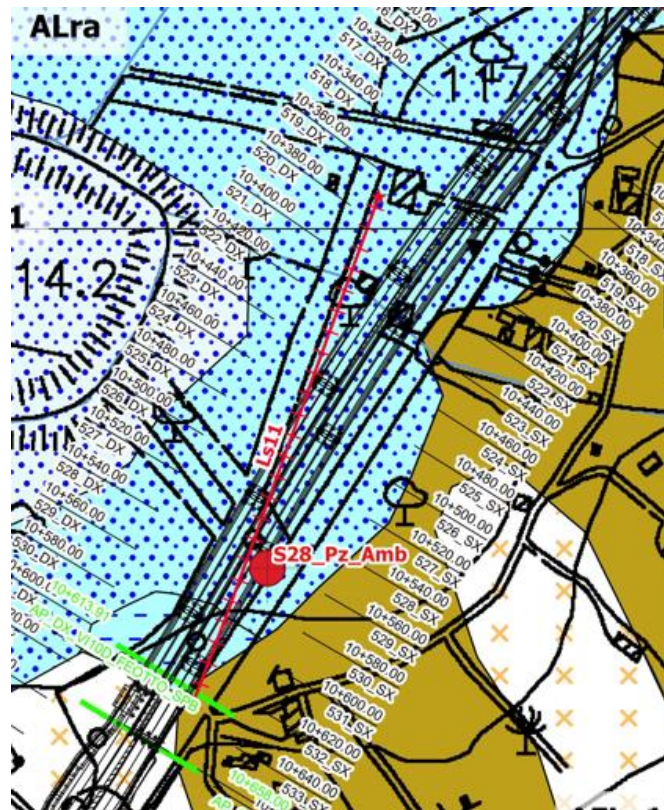


La tomografia presenta un sismostrato superficiale con spessore che varia da 2 m a 5 m, caratterizzato da valori di V_p tra 400 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza di limi argillosi e clasti di varia natura. Al di sotto sono presenti argille grigie a struttura scagliosa, caratterizzate 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 piú rigido (V_p compreso tra 1800 m/s e 2500 m/s).

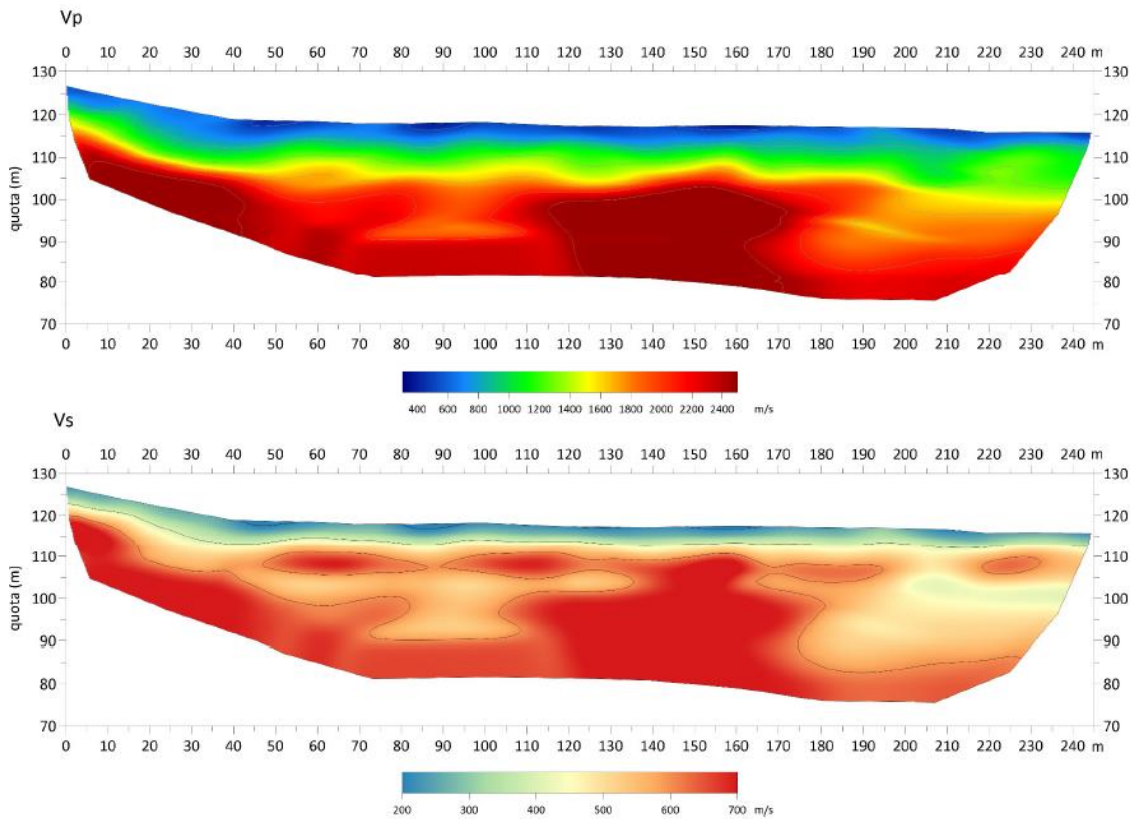


– LS11

La tomografia sismica LS11, di lunghezza pari a 245 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S28, ubicato ad inizio profilo.

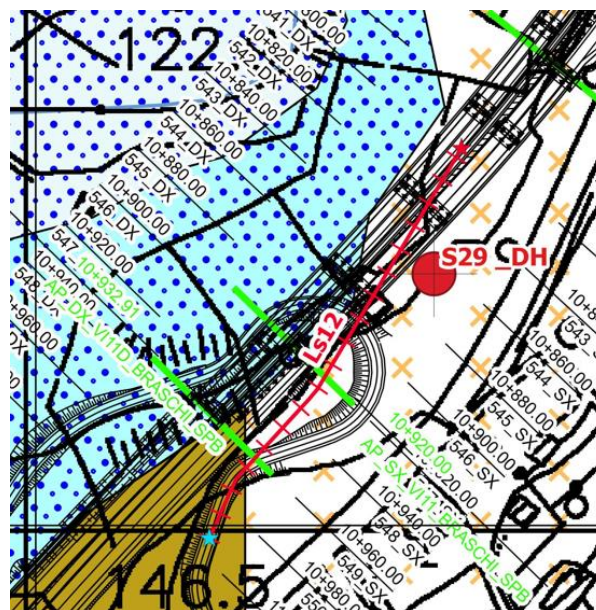


La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento regolare e spessore di circa 5 m, caratterizzato da valori di V_p tra 400 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza di limi argillosi e clasti di varia natura. Al di sotto l'aumento di velocità ($V_p = 1200$ m/s) è compatibile 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.

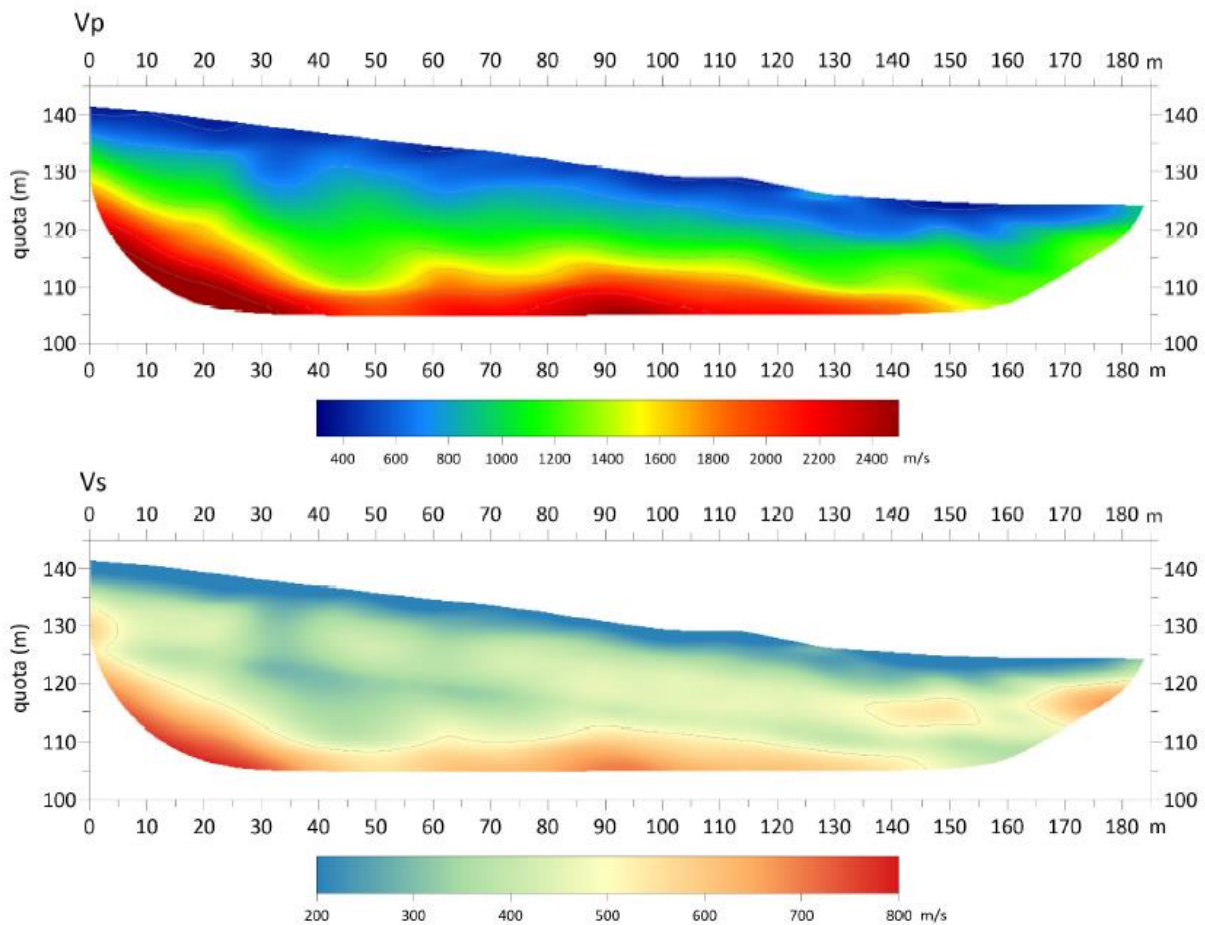


– *LS12*

La tomografia sismica LS12, di lunghezza pari a 175 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S29.

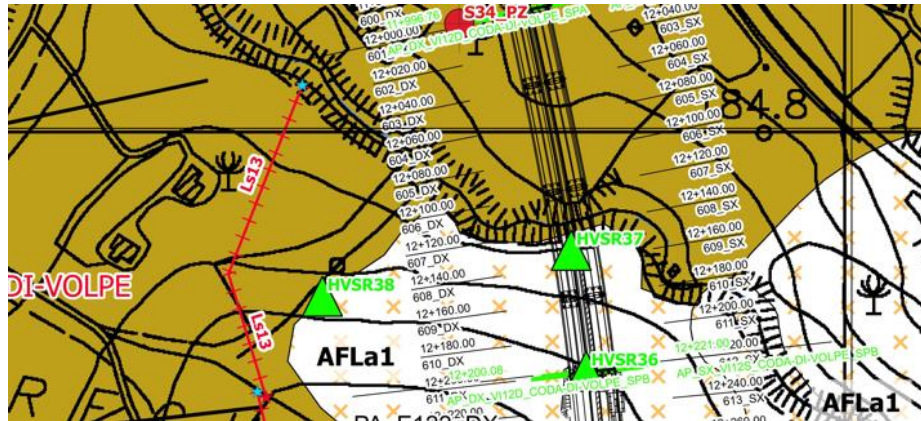


La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento omogeneo e spessore di circa 6 m, caratterizzato da valori di V_p tra 400 m/s e 800 m/s circa. Al di sotto la velocit  sismica aumenta gradualmente con la profondita da $V_p = 1000$ m/s a $V_p = 2500$ m/s.

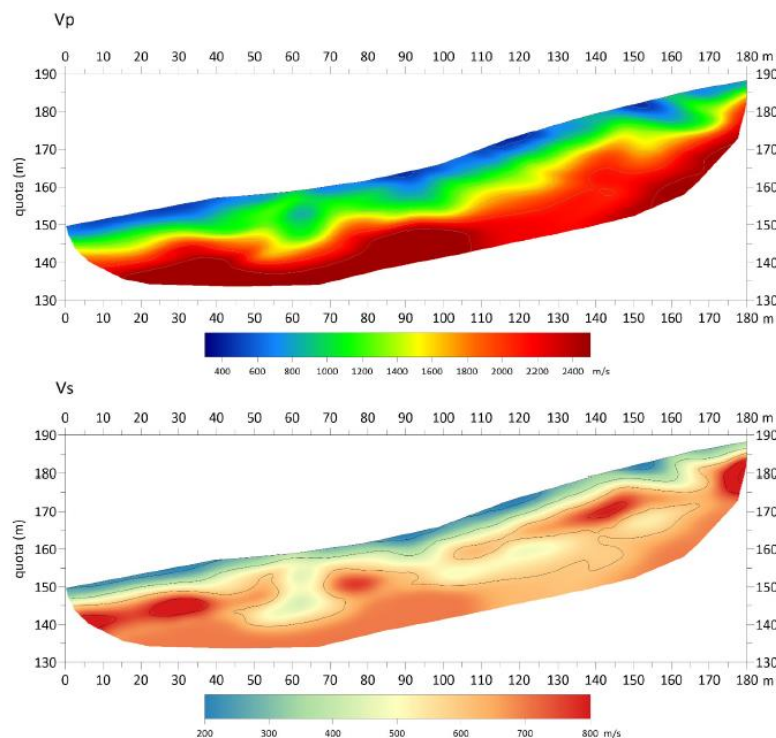


– LS13

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 V_p 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 $V_p = 2000–2500$ m/s.



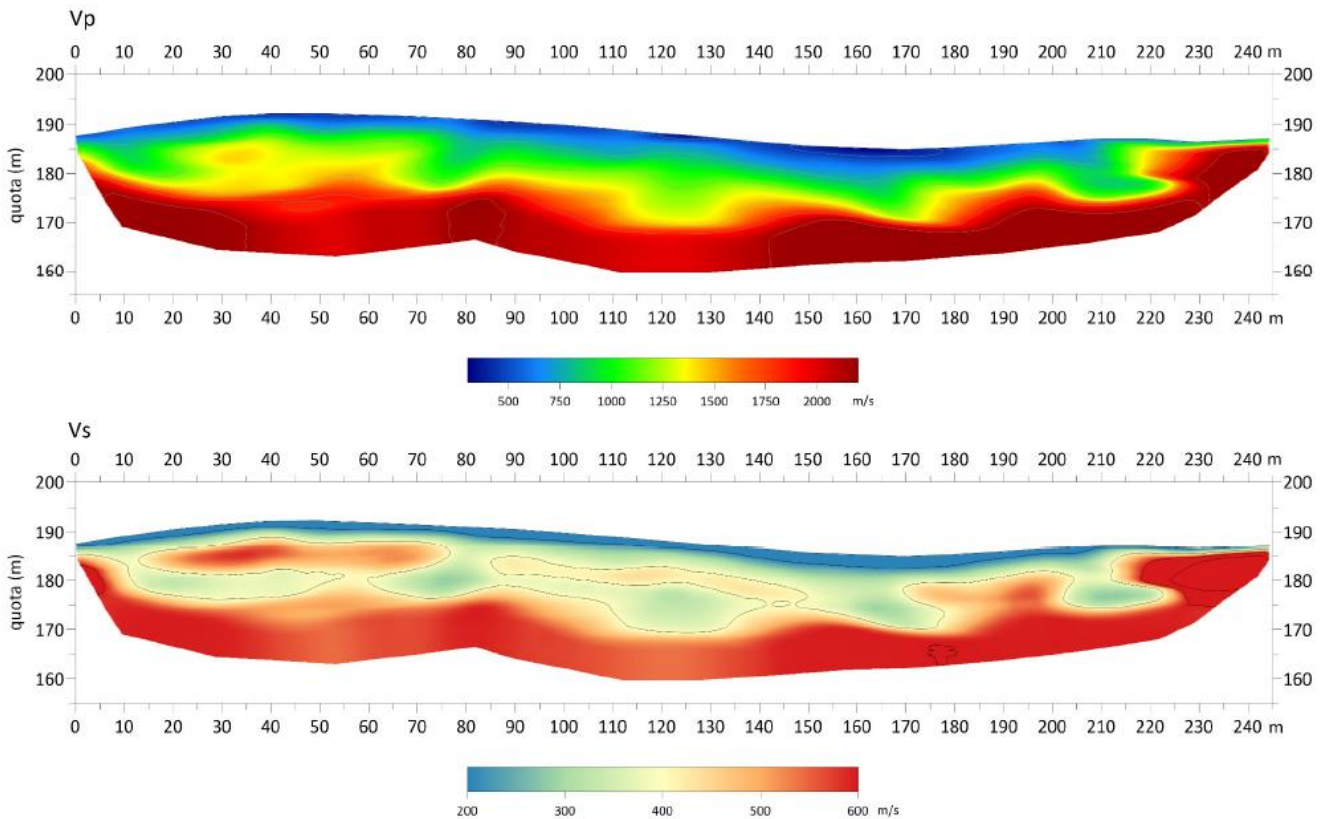
– LS14

La tomografia sismica LS14, di lunghezza pari a 245 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S35.



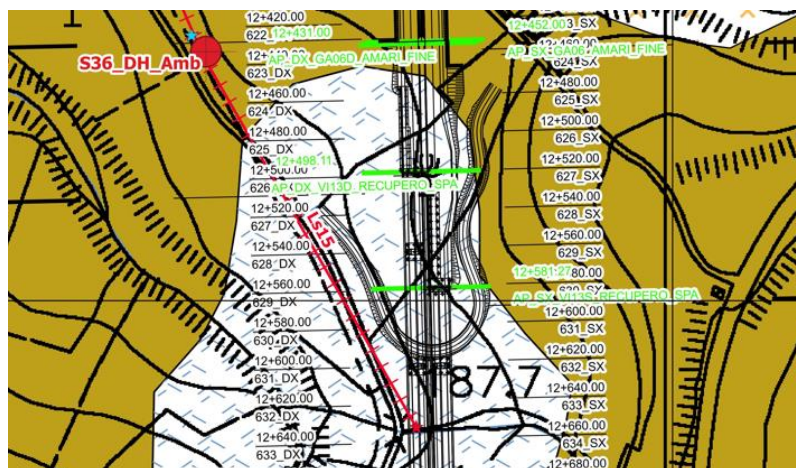
La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento regolare e spessore che di circa 4m, caratterizzato da valori di V_p tra 400 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza di suolo agrario e argille alterate.

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.



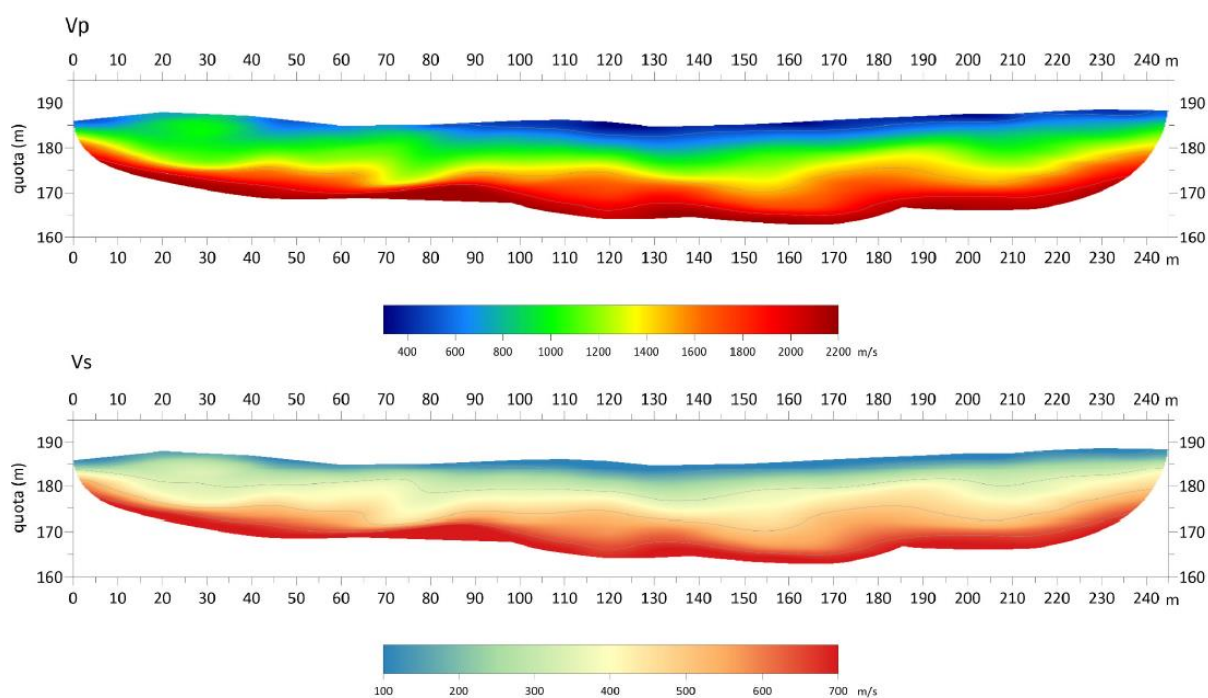
– LS15

La tomografia sismica LS15, di lunghezza pari a 245 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S36, ubicato a $x = 70$ m.



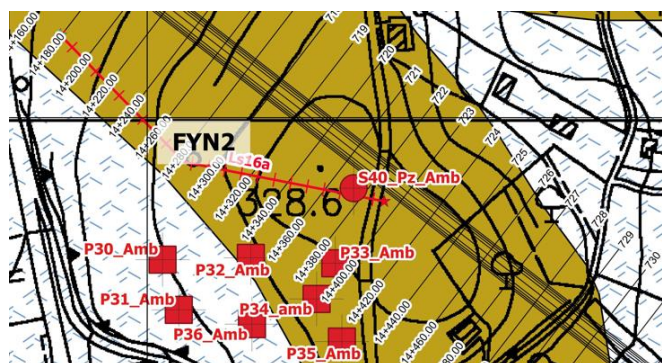
La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento regolare e spessore da 2 m a 4 m, caratterizzato da valori di V_p tra 400 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la

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) e compatibile con la presenza di argille grigie non alterate la cui compattezza aumenta con la profondità.

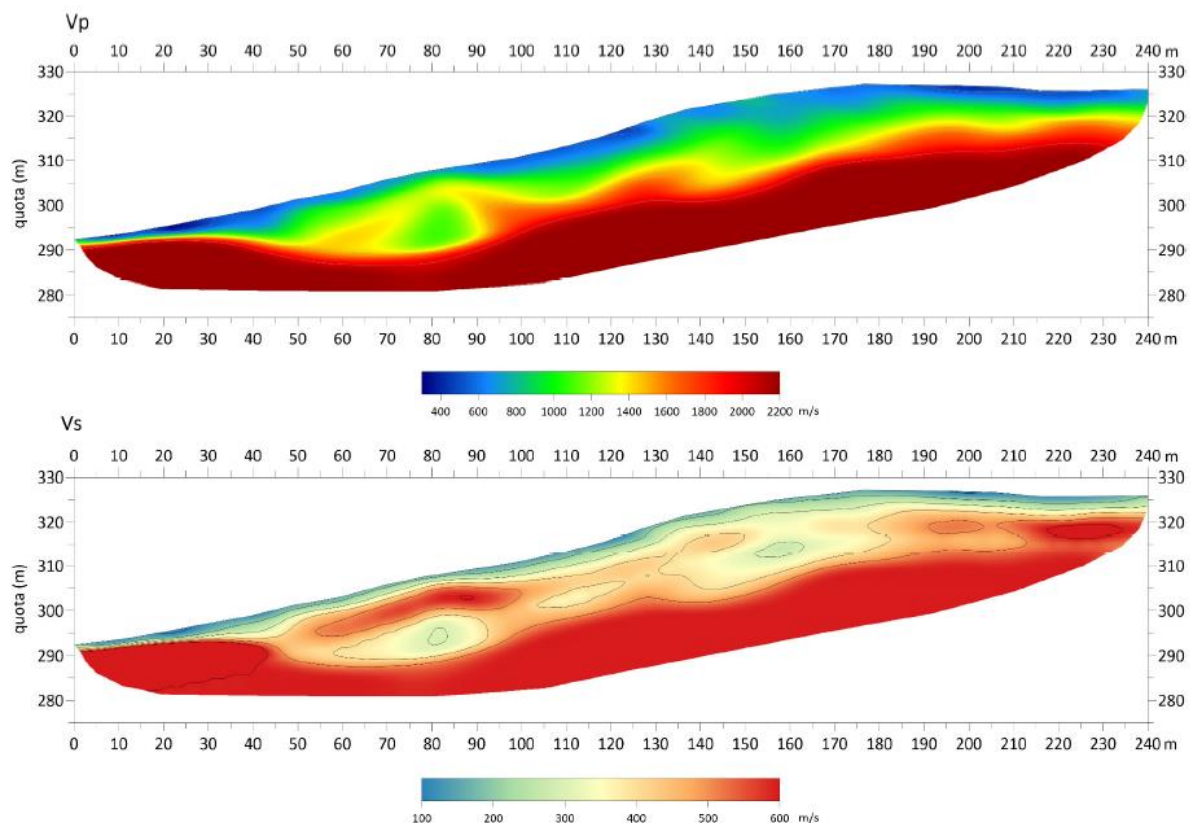


– *LS16a*

La tomografia sismica LS16a, di lunghezza pari a 240 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S40, ubicato alla fine del profilo.

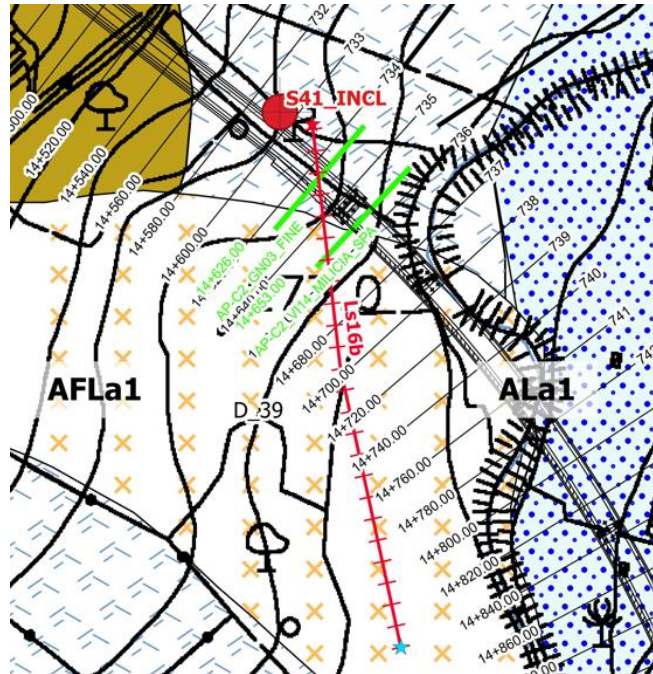


La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento regolare e spessore abbastanza regolare che va da 2 m a 4 m, caratterizzato da valori di V_p tra 400 m/s e 800 m/s circa, interpretabile con la presenza di suolo agrario. Al di sotto sono presenti argille alterate di colore marrone caratterizzate 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.

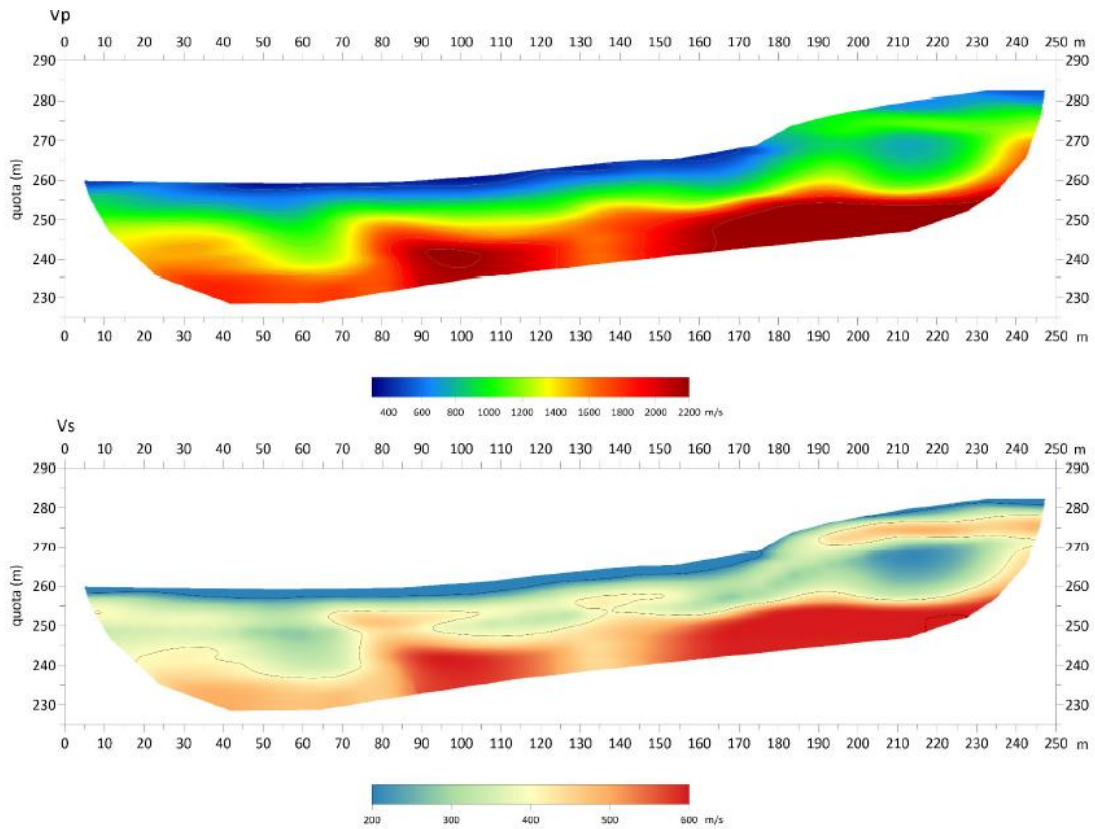


– LS16b

La tomografia sismica LS16b ha una lunghezza pari a 250 m.

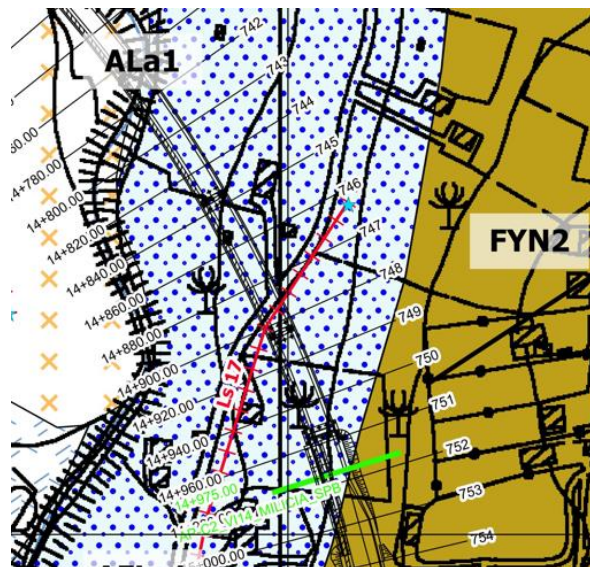


La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento abbastanza omogeneo e spessore variabile da 10 m a 15 m circa, caratterizzato da valori di V_p crescenti con la profondità, da 400 m/s a 1200 m/s. Al di sotto si nota un substrato rigido ($V_p = 1700-2200$ m/s) il cui tetto è attestato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



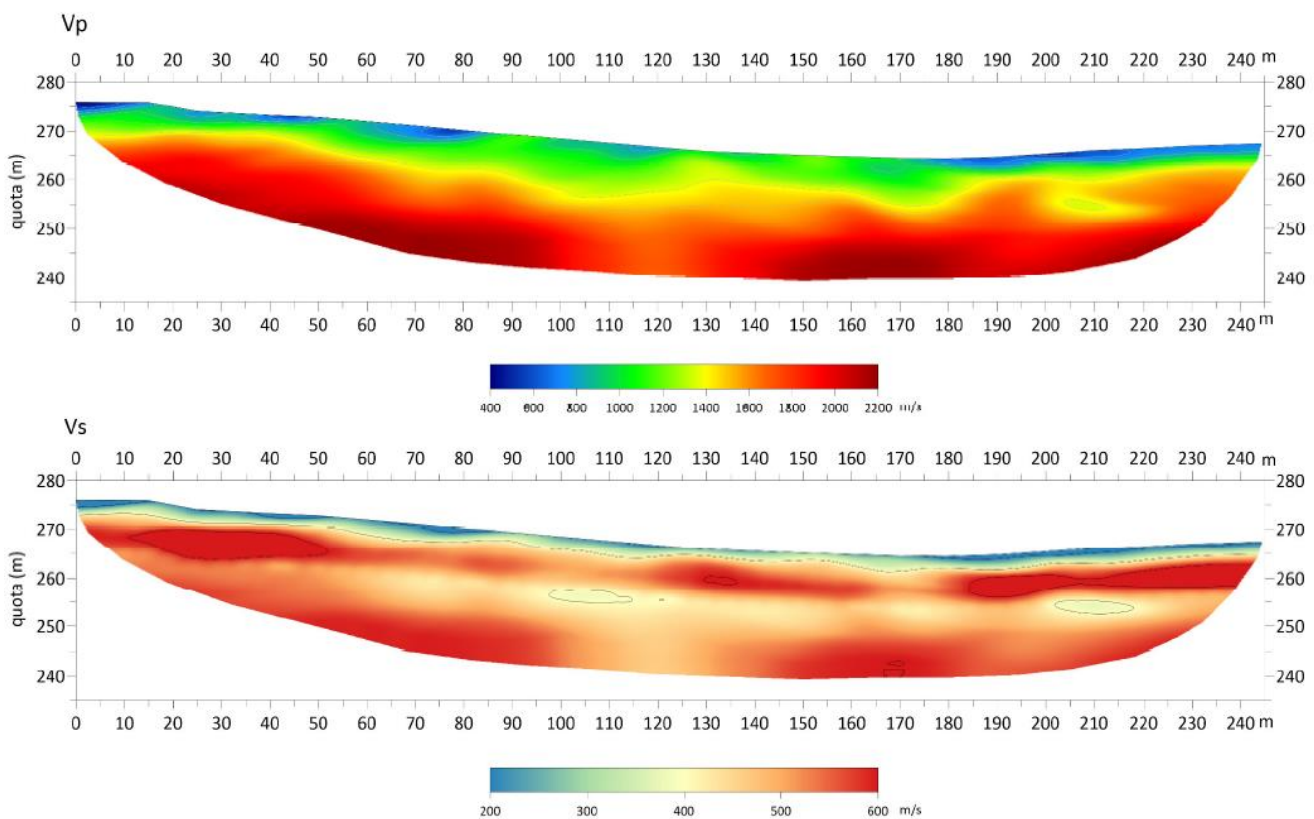
– LS17

La tomografia sismica LS17, di lunghezza pari a 245 m, è stata eseguita in prossimità del sondaggio S42, ubicato a $x = 155$ m.



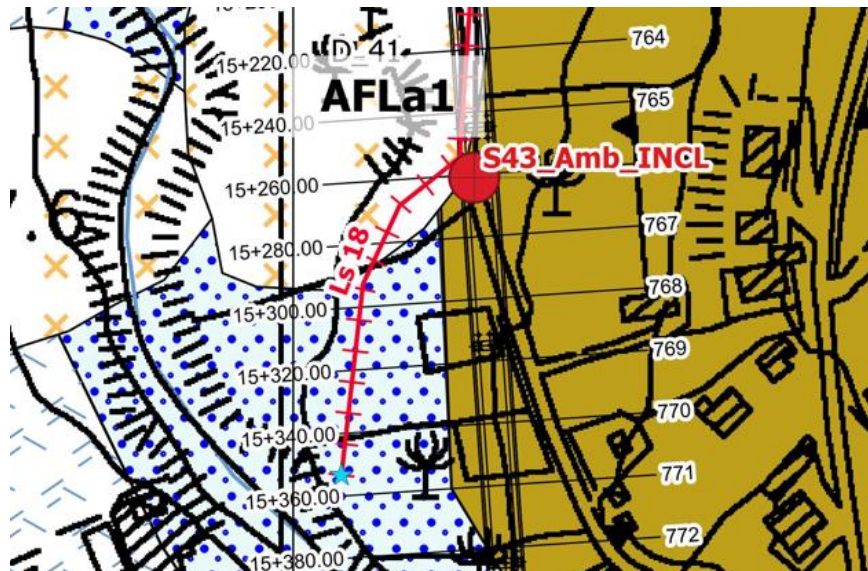
La tomografia presenta un sismostrato superficiale con andamento irregolare e spessore di 1–2 m, caratterizzato da valori

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.

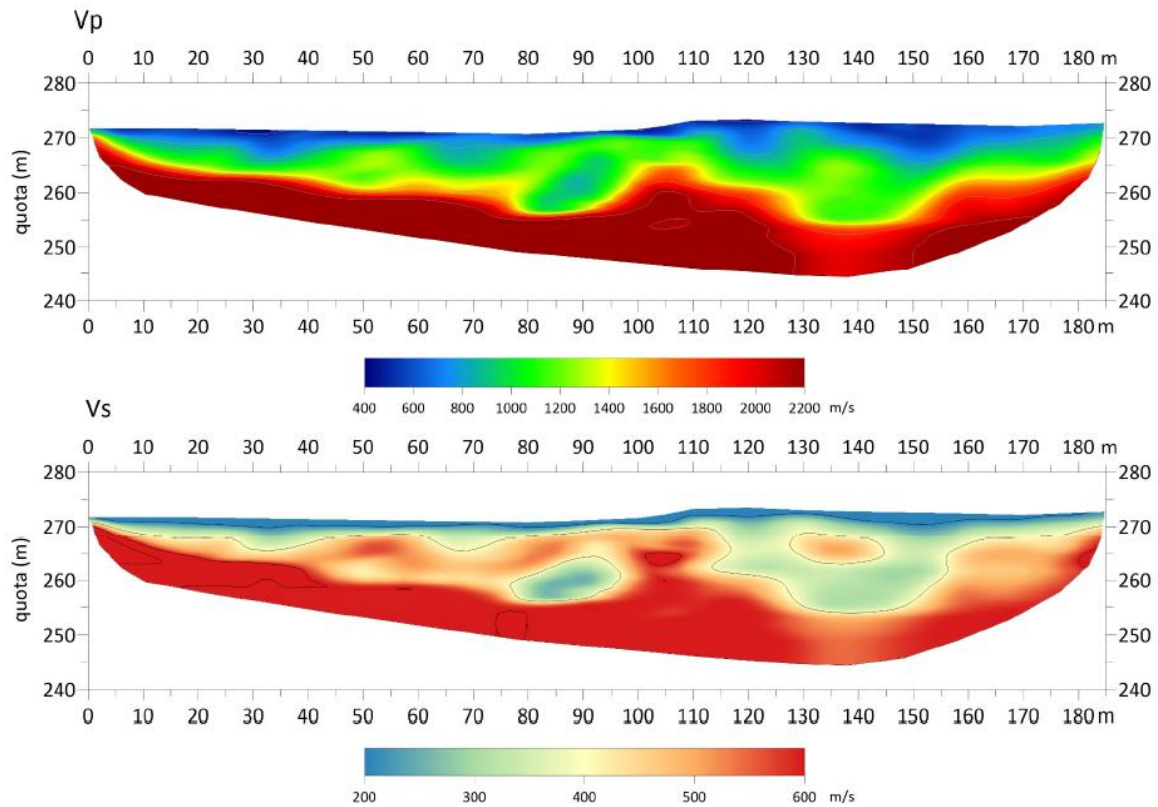


– LS18

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).



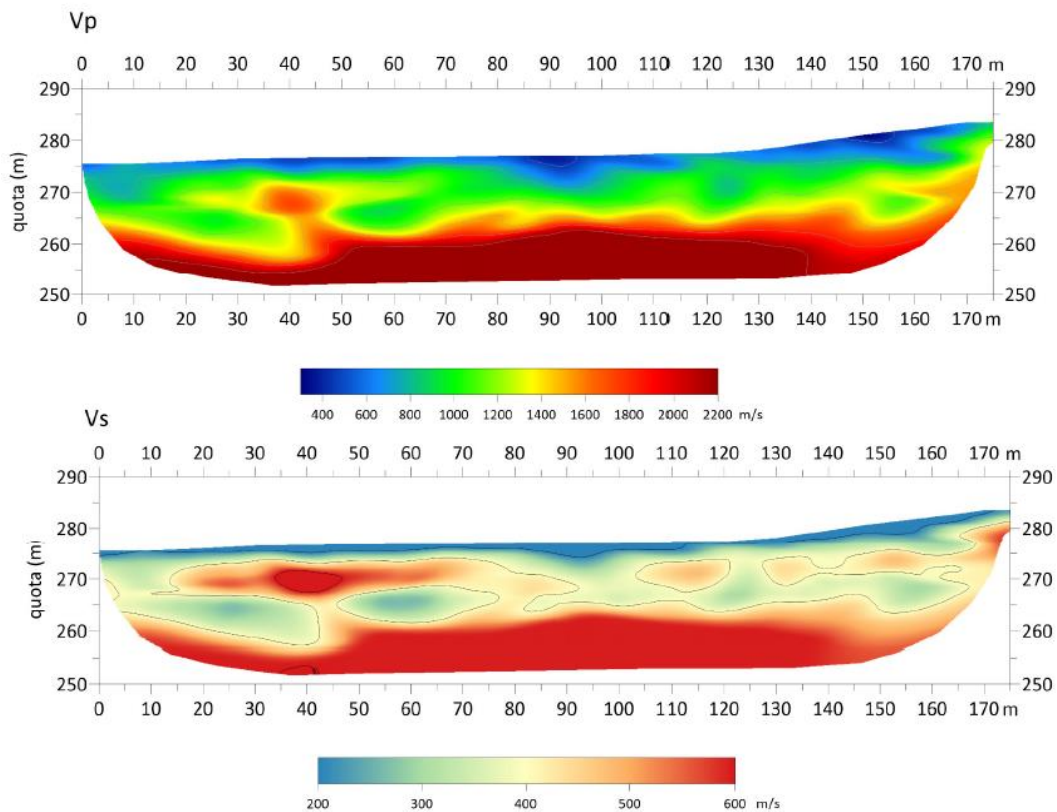
– LS19

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.



Prove Downhole

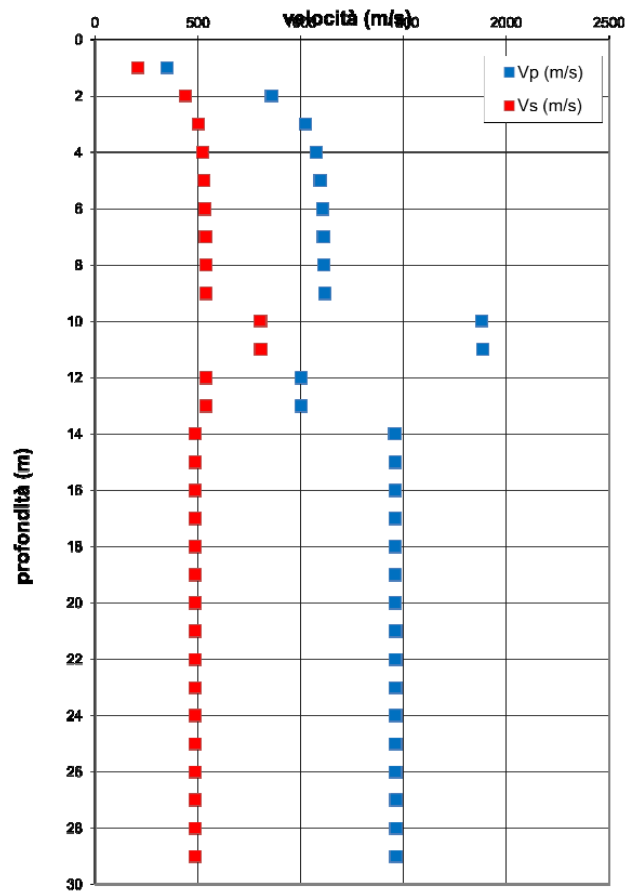
Data	DownHole	Profondità	Distanza boccaforo	Info
06/10/2021	S.02	29	0,5	Niente acqua
06/10/2021	S.04	27	0,5	Niente acqua
19/10/2021	S.07	28	0,3	Niente acqua
06/10/2021	S.16	27	0,5	
13/10/2021	S.18	29	0,5	Acqua ≈ 8 m
13/10/2021	S.20	29	0,5	Acqua ≈ 16 m
13/10/2021	S.26	29	0,5	Acqua ≈ 3-4 m
19/10/2021	S.14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

- 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.



– *DH_S4*

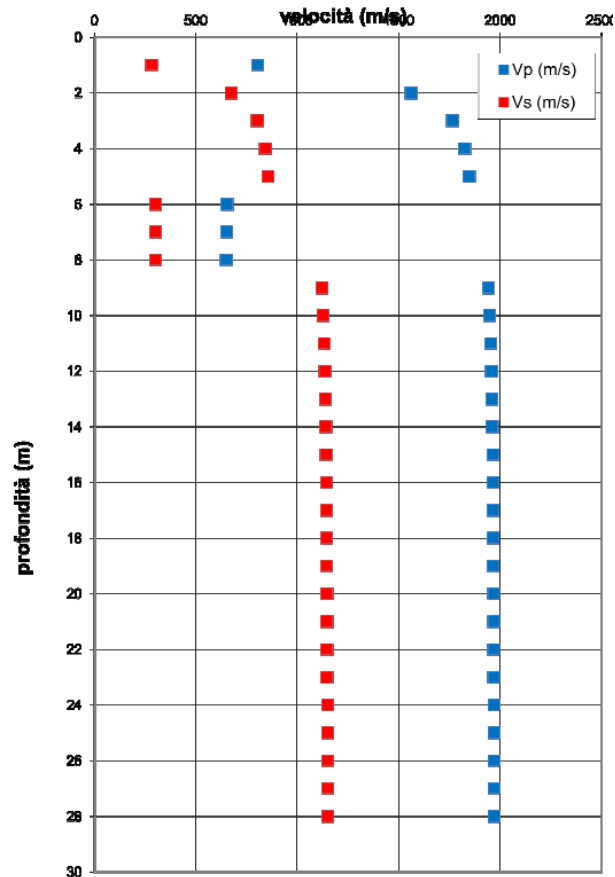
Parametri di acquisizione e presentazione dei dati

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.

UP62

Relazione Sismica

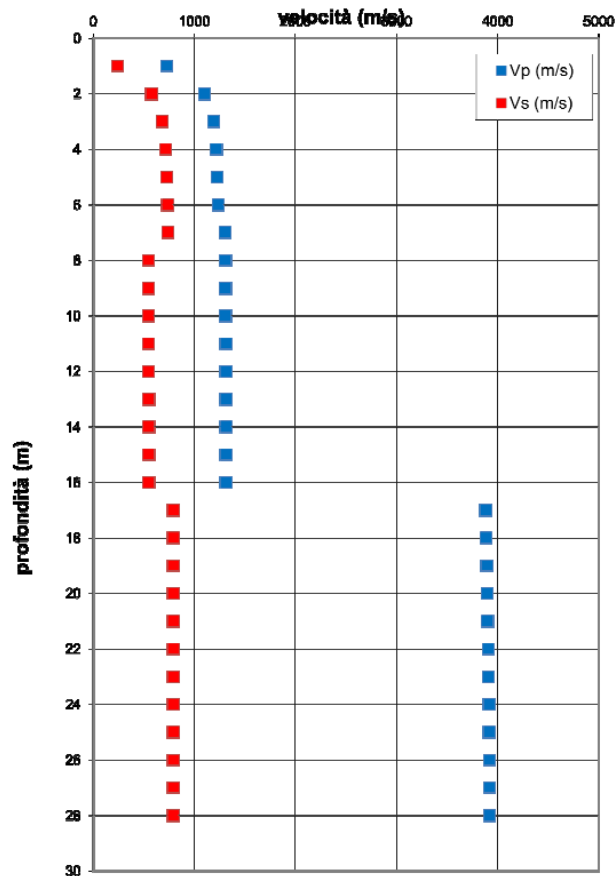


- DH_S7

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.

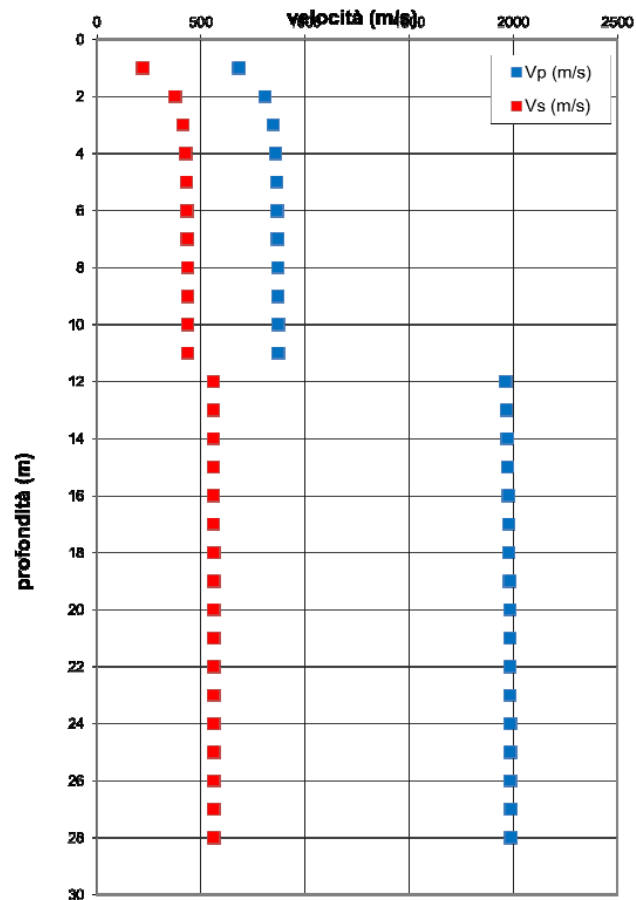


- *DH_S14*

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.

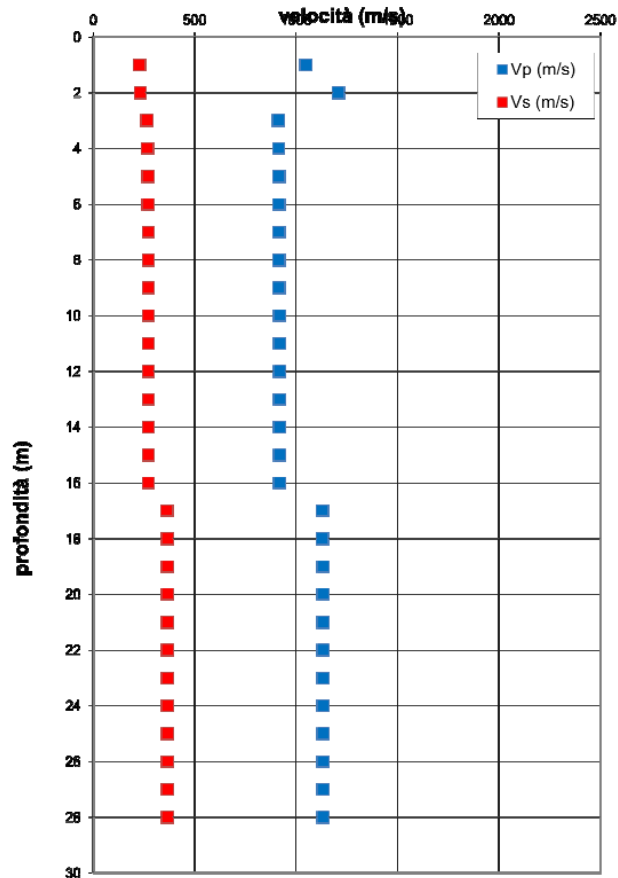


- *DH_S16*

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.

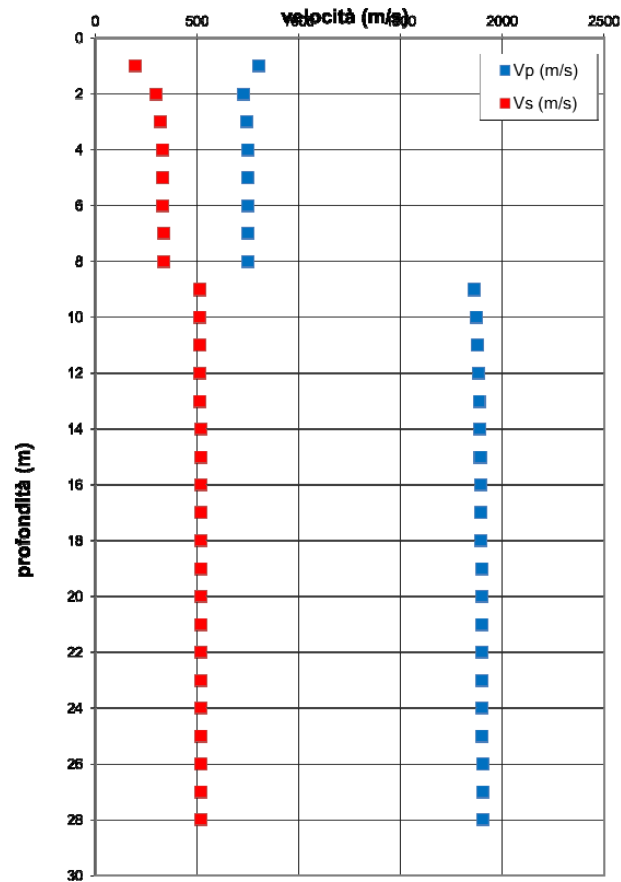


– *DH_S18*

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.

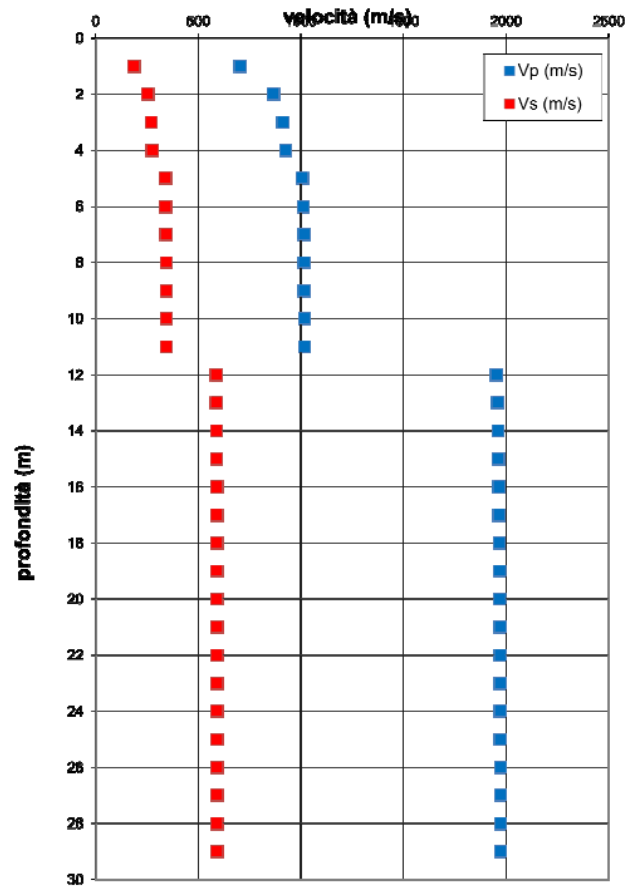
Di seguito si riportano i grafici tempi corretti/profondità, velocità d'intervallo/profondità, rapporto di Poisson/profondità e la colonna stratigrafica.



– *DH_S20*

Parametri di acquisizione e presentazione dei dati

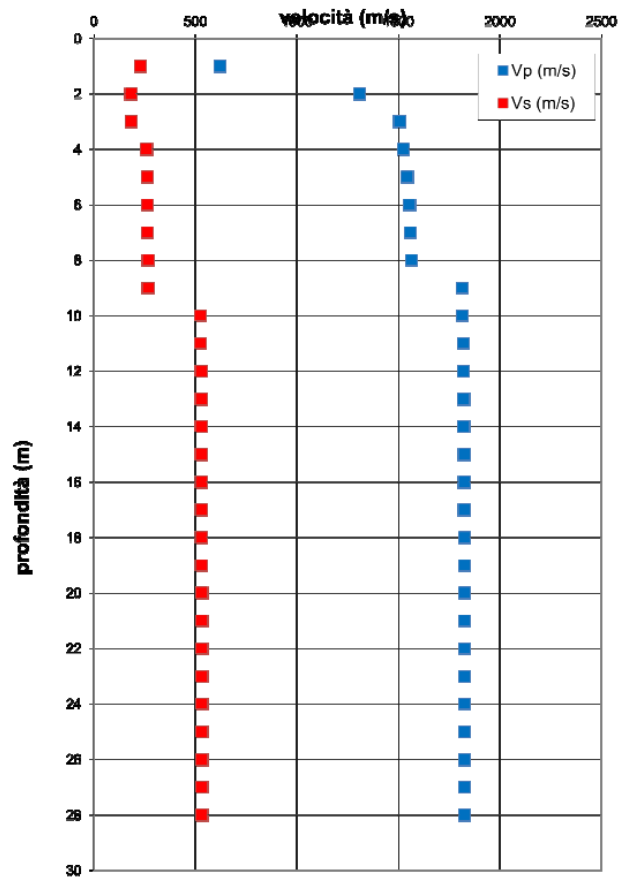
Il down-hole DH_S20 è stato eseguito in corrispondenza della trivellazione S20, con distanza d tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 29 m dal piano campagna. Da $z \approx 16$ m in poi si è riscontrata la presenza di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



– *DH_S21*

Parametri di acquisizione e presentazione dei dati

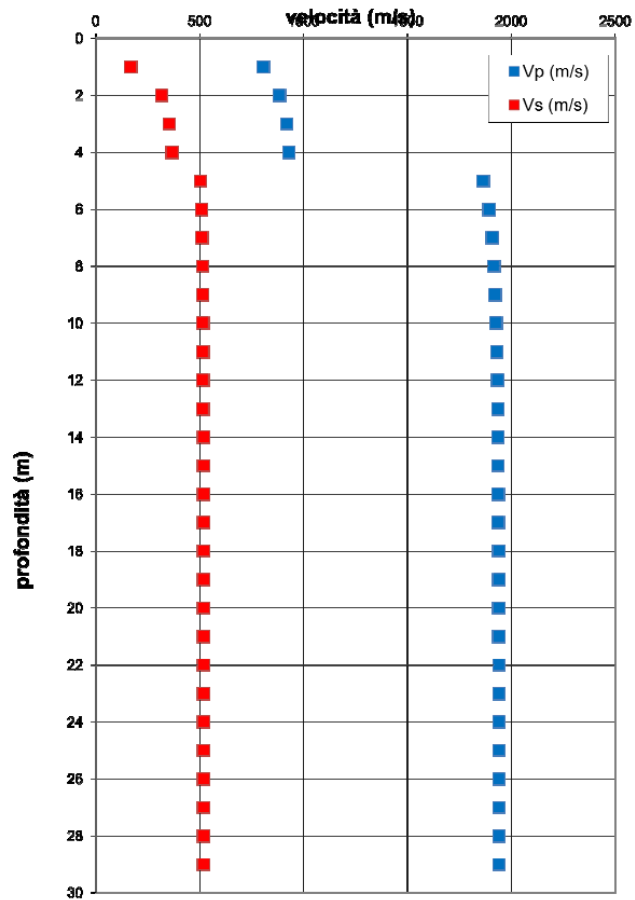
Il down-hole DH_S21 è stato eseguito in corrispondenza della trivellazione S21, con distanza d tra sorgente e asse del foro pari a 50 cm. Le misure sono state eseguite fino alla massima profondità accessibile, pari a 28 m dal piano campagna. Da $z \approx 5$ m in poi si è riscontrata la presenza di acqua.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



– *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.

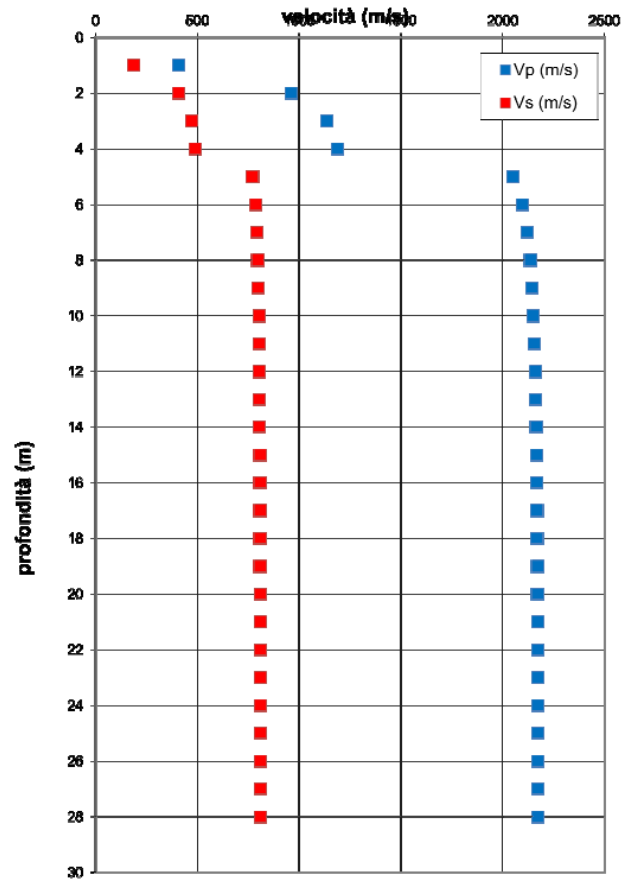


- *DH_S26*

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.

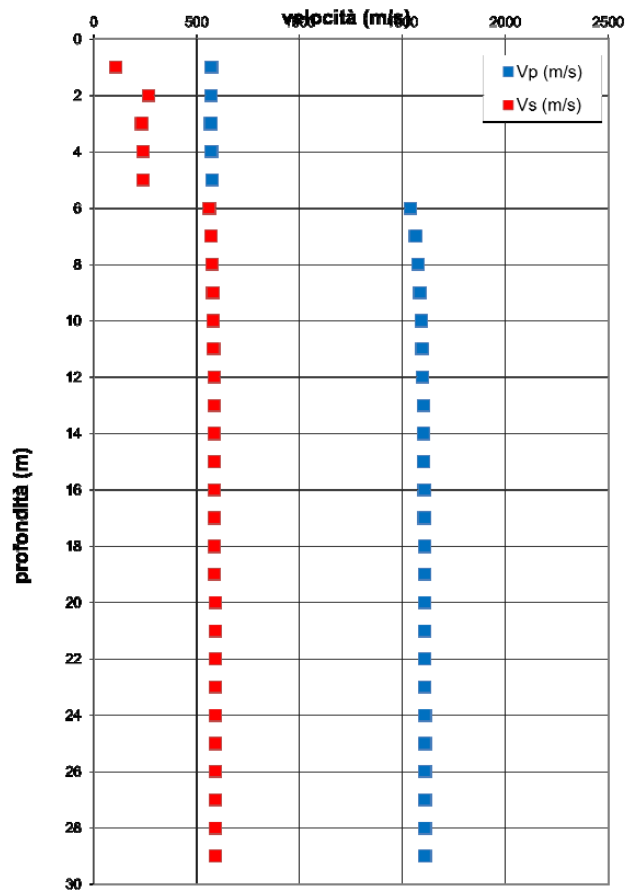


– *DH_S29*

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.

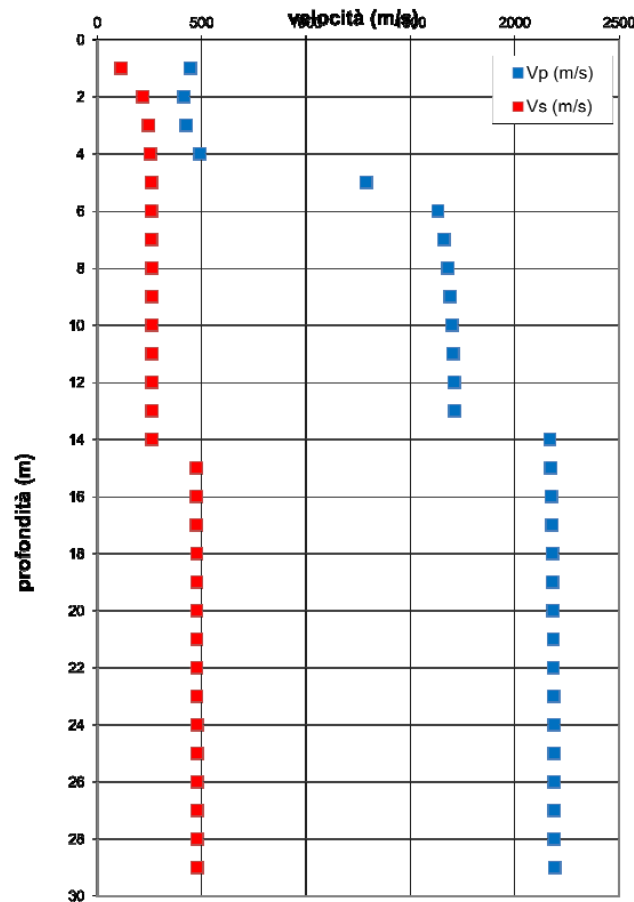


- DH_S32

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.



– *DH_S36*

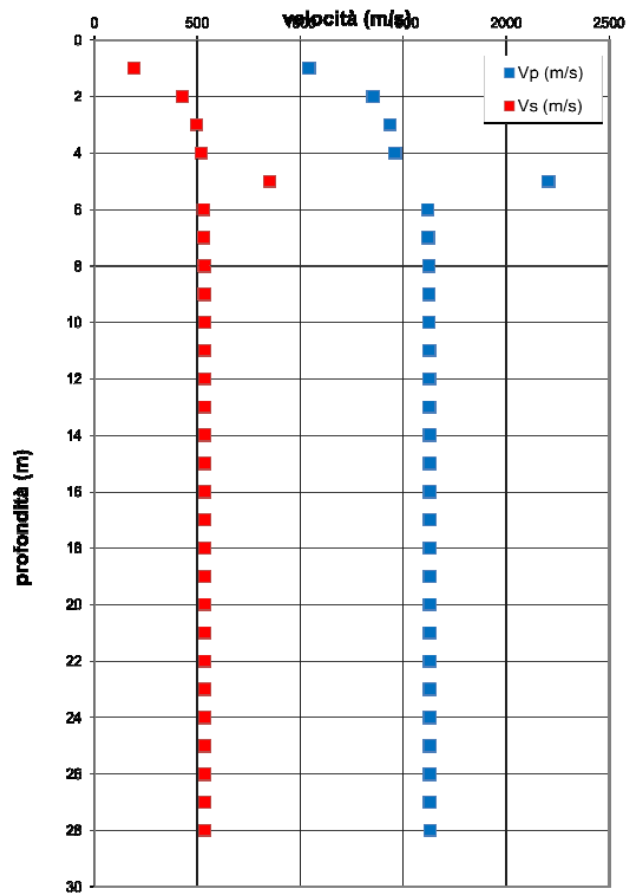
Parametri di acquisizione e presentazione dei dati

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.

UP62

Relazione Sismica



Prove 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

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.

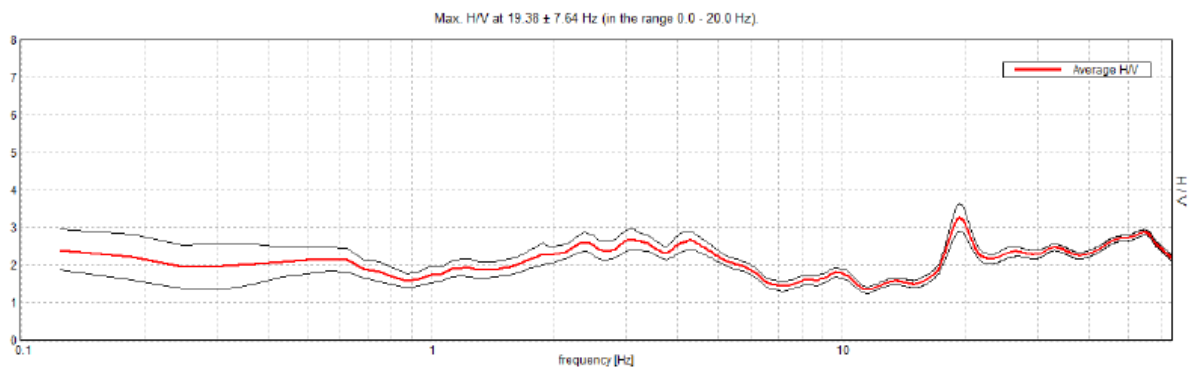
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 10 s

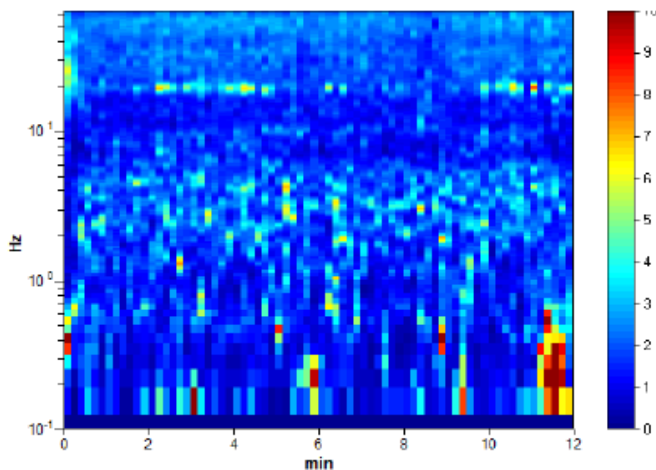
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

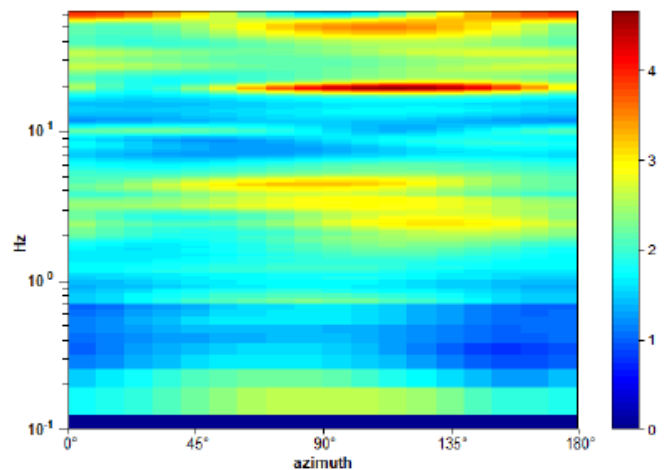
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



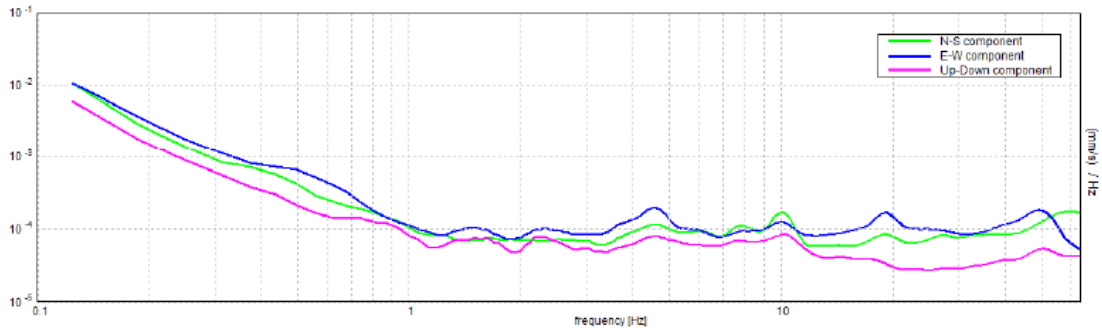
H/V TIME HISTORY



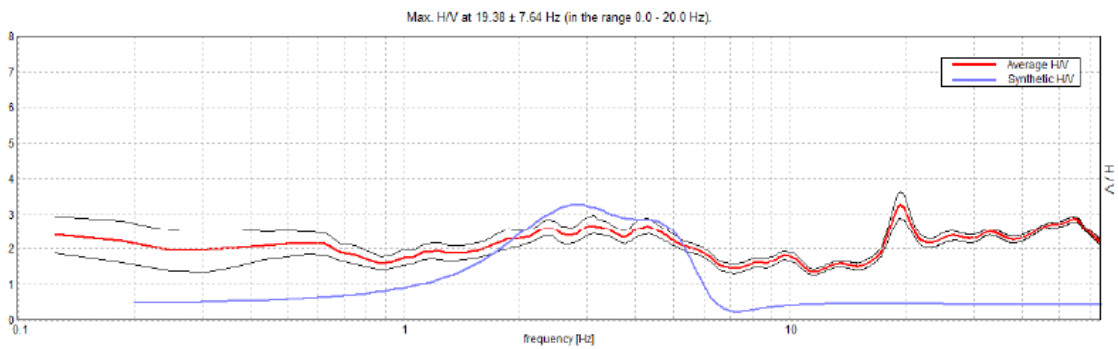
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



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

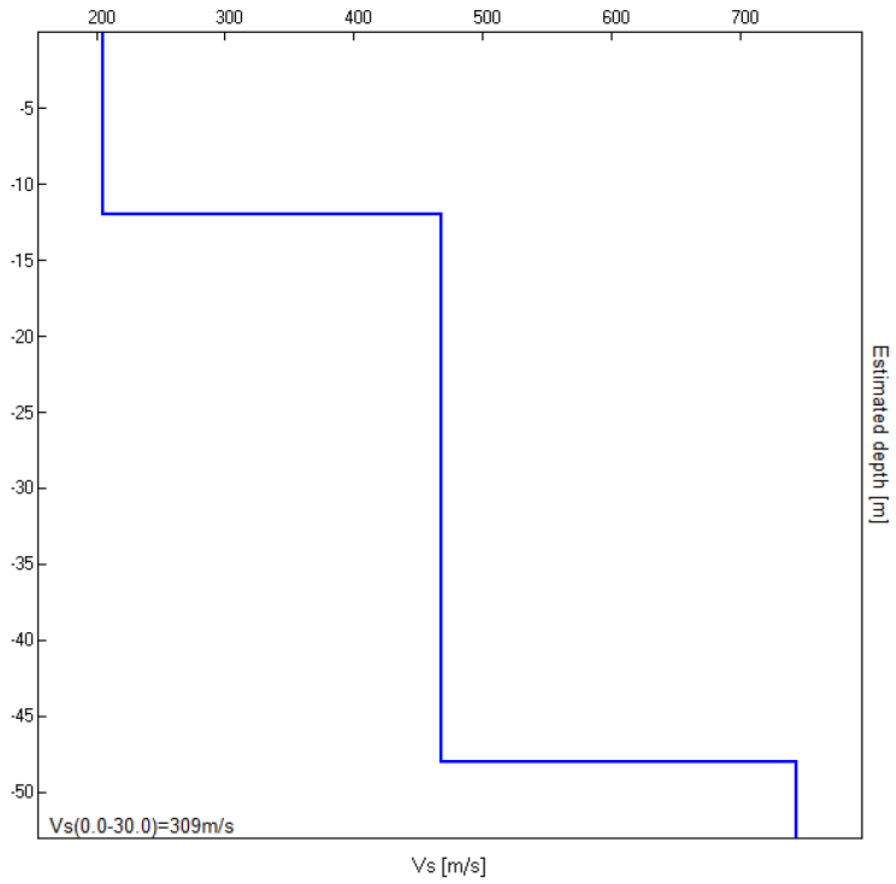
Dati

Numero di strati 2
Profondità piano di posa 0 m

Nr	Spessore	Velocità
1	12.00	205
2	36.00	468

UP62

Relazione Sismica



UP62

Relazione Sismica

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

1!

UP62

Relazione Sismica

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
$A_{HV}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{HV}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{HV}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{HV}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log HV}(f)$	standard deviation of $\log A_{HV}(f)$ 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 $\sigma_{\log HV}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

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.

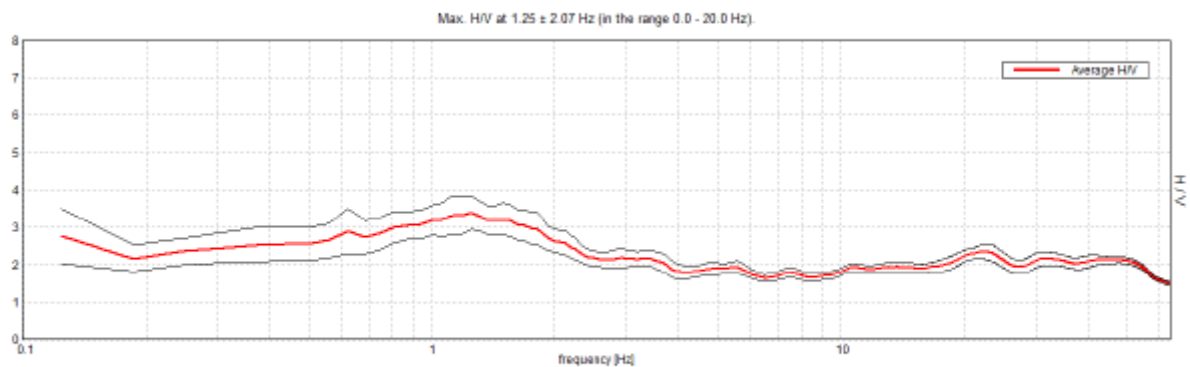
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 10 s

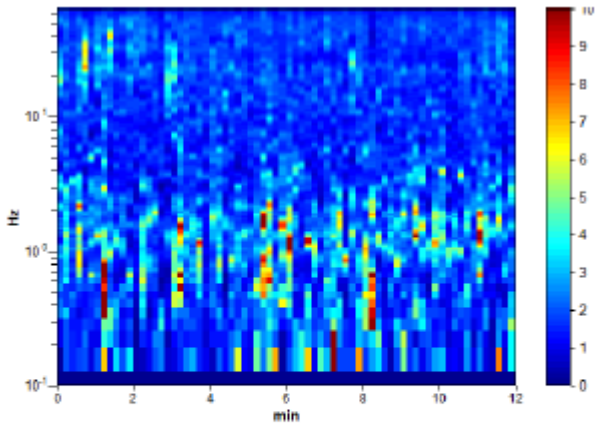
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

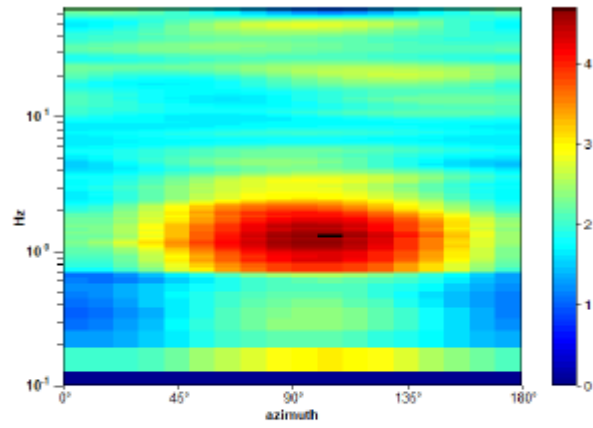
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



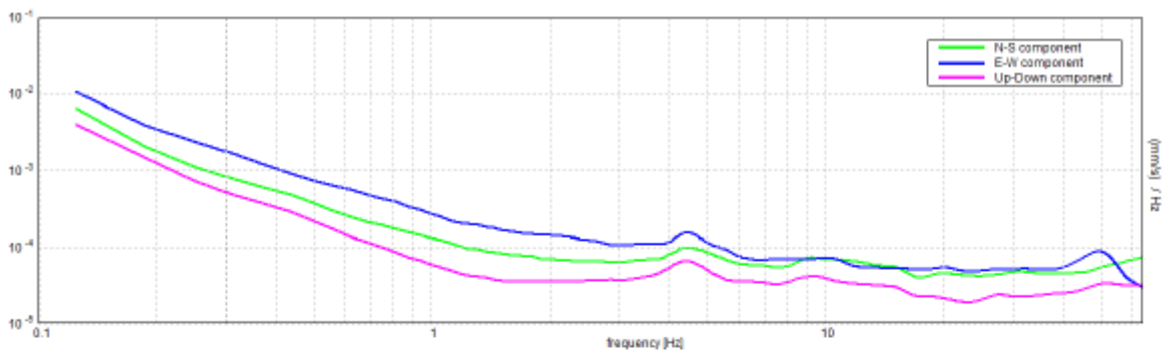
H/V TIME HISTORY



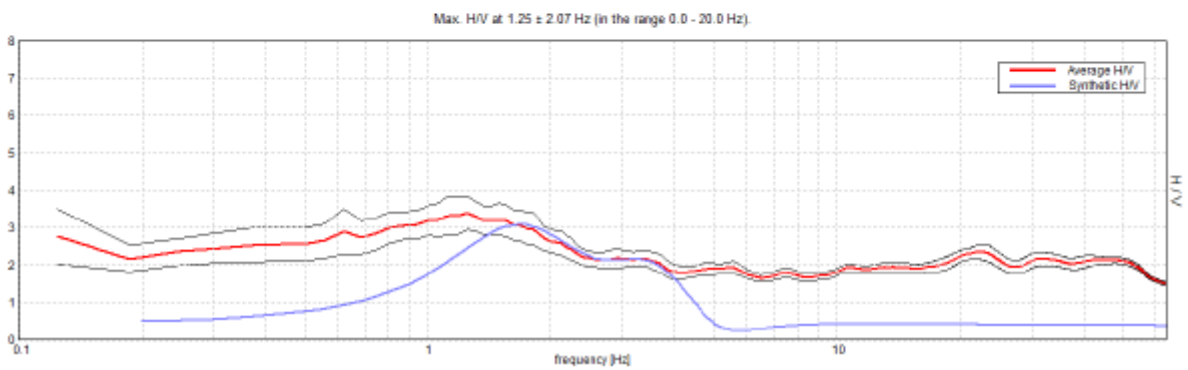
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



UP62

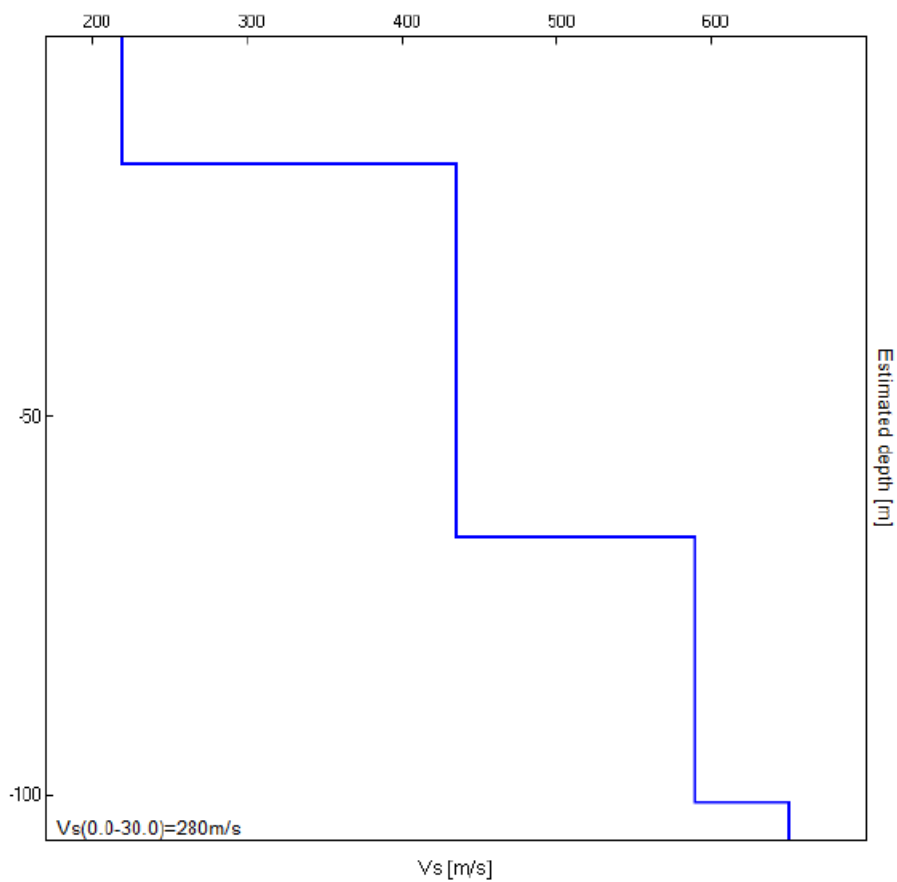
Relazione Sismica

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



UP62

Relazione Sismica

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 $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$			NO
Exists f^* in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$			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

UP62

Relazione Sismica

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

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

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)

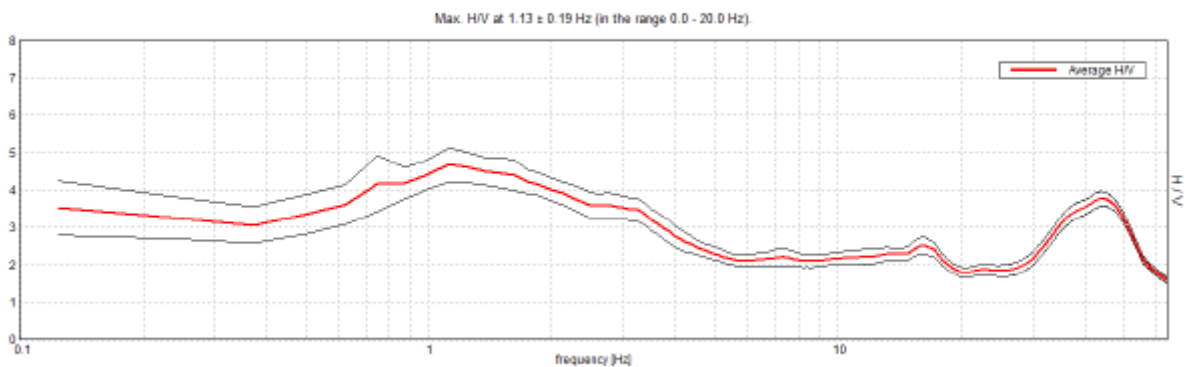
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 5 s

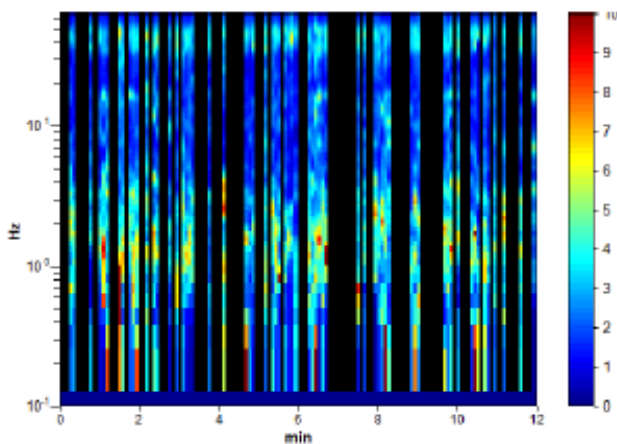
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 15%

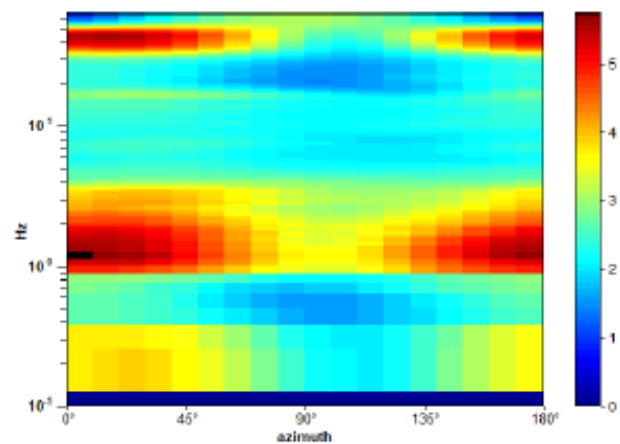
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



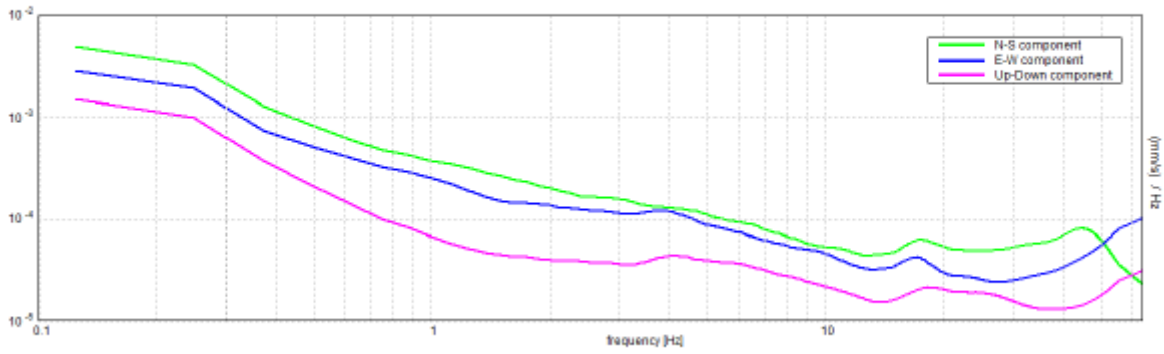
H/V TIME HISTORY



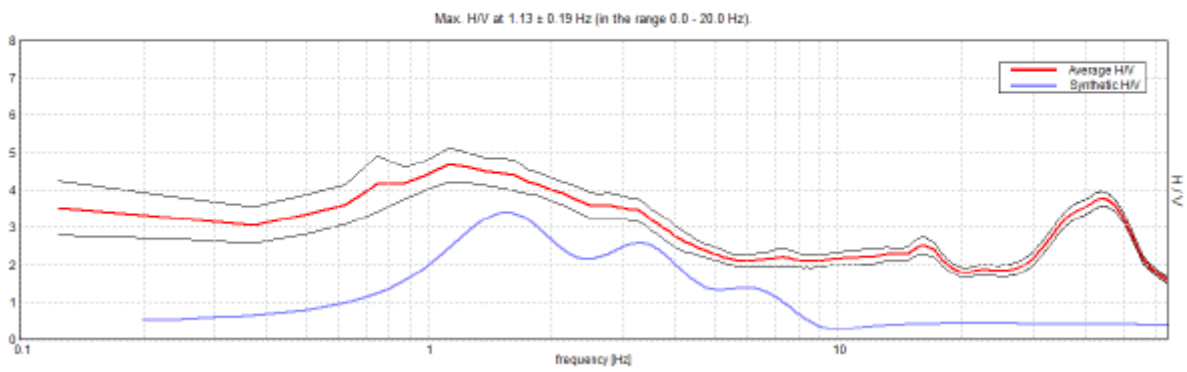
DIRECTIONAL HV



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



UP62

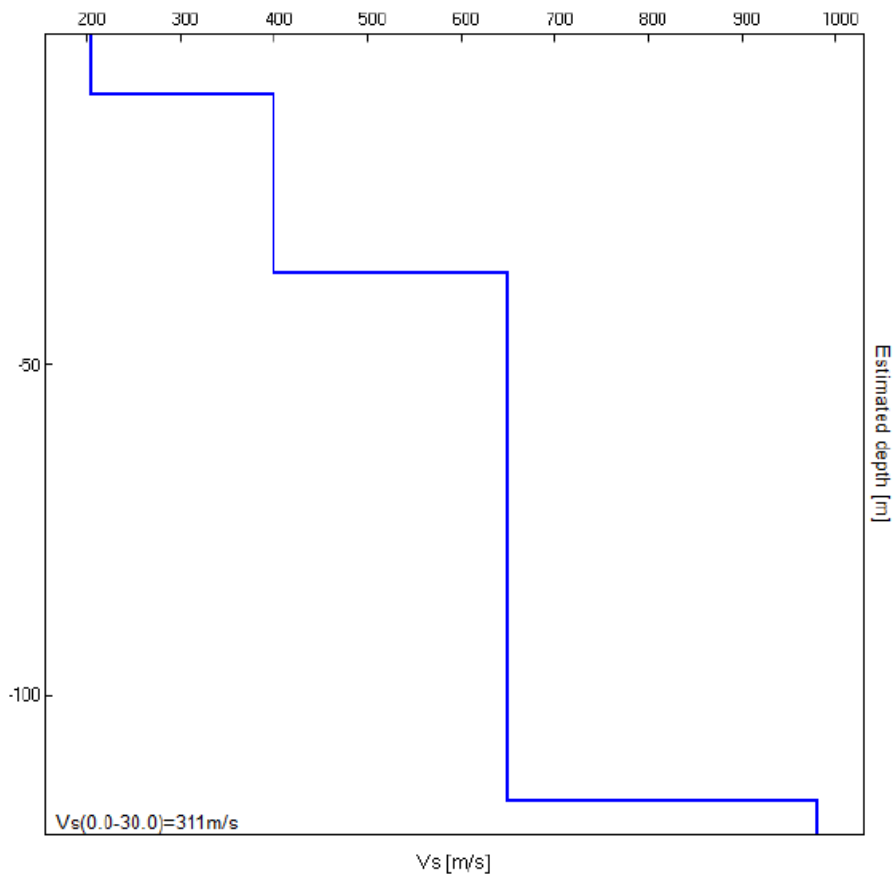
Relazione Sismica

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



UP62

Relazione Sismica

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
$\sigma_r < \varepsilon(f_0)$	0.18784 < 0.1125		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.453 < 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

UP62

Relazione Sismica

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
$A_{HV}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{HV}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{HV}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{HV}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log HV}(f)$	standard deviation of $\log A_{HV}(f)$ 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 $\sigma_{\log HV}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

1

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)

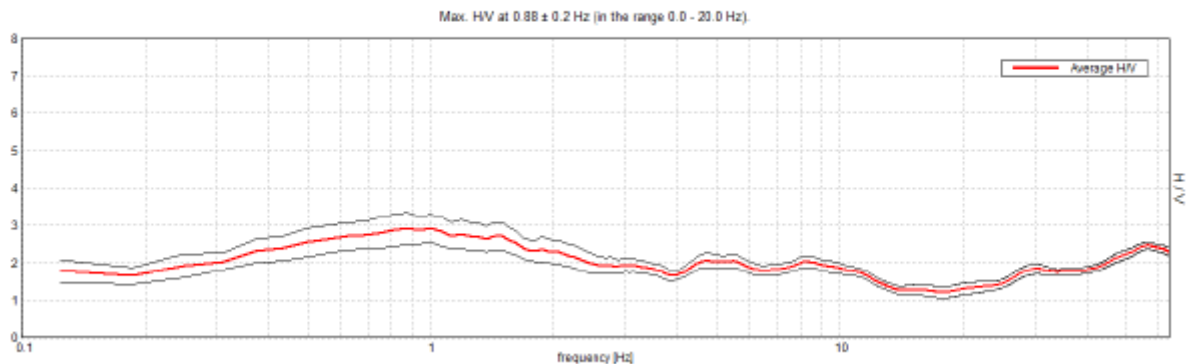
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 10 s

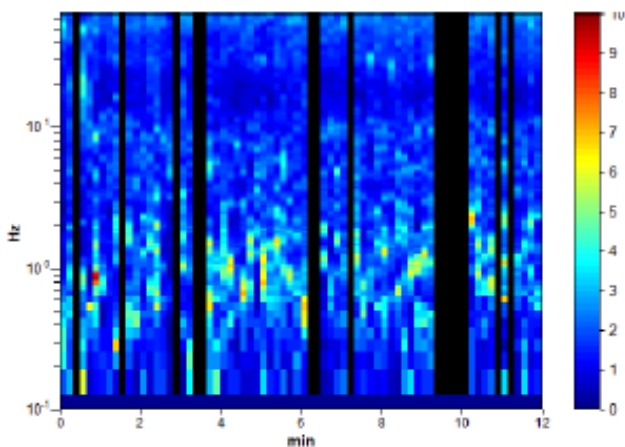
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

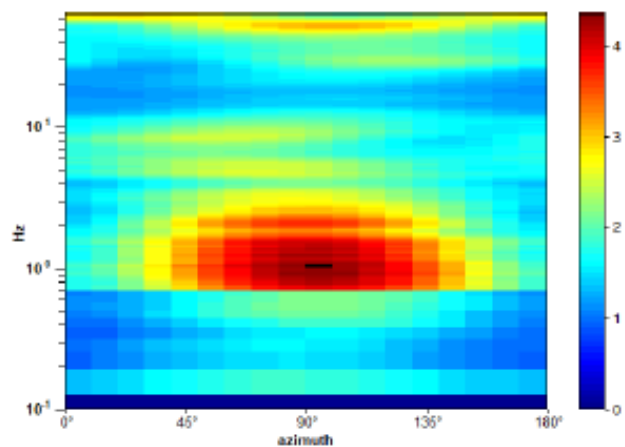
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



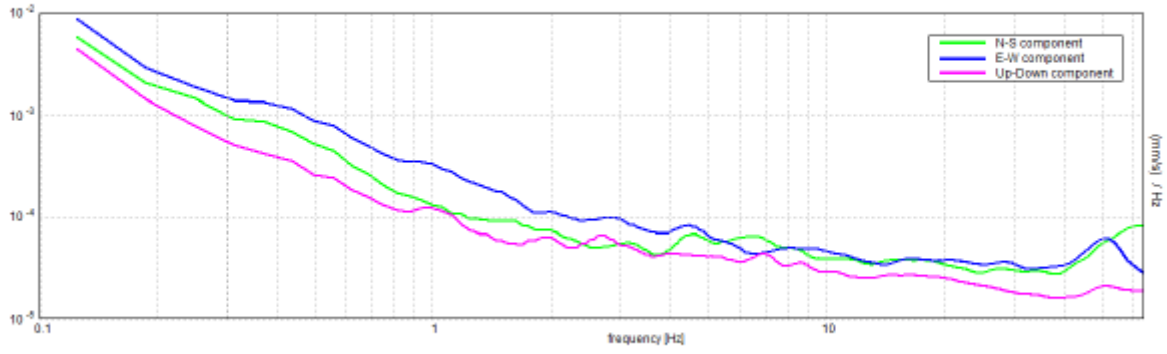
H/V TIME HISTORY



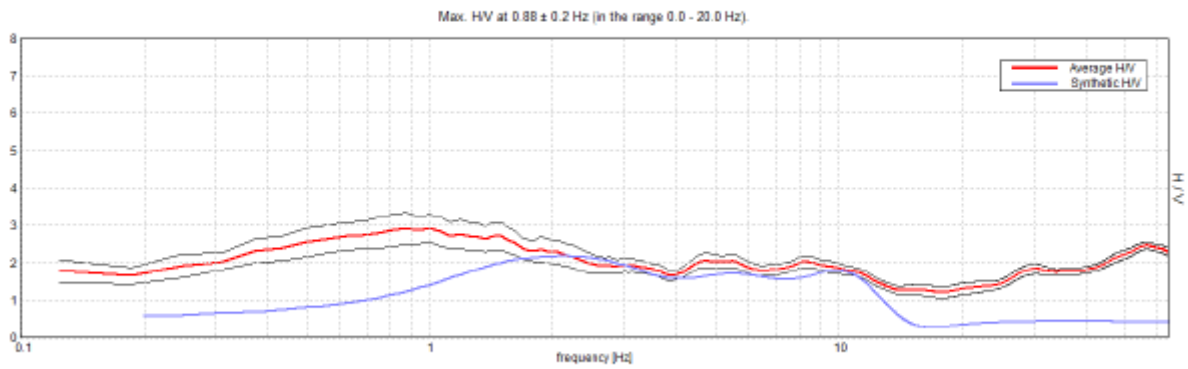
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



UP62

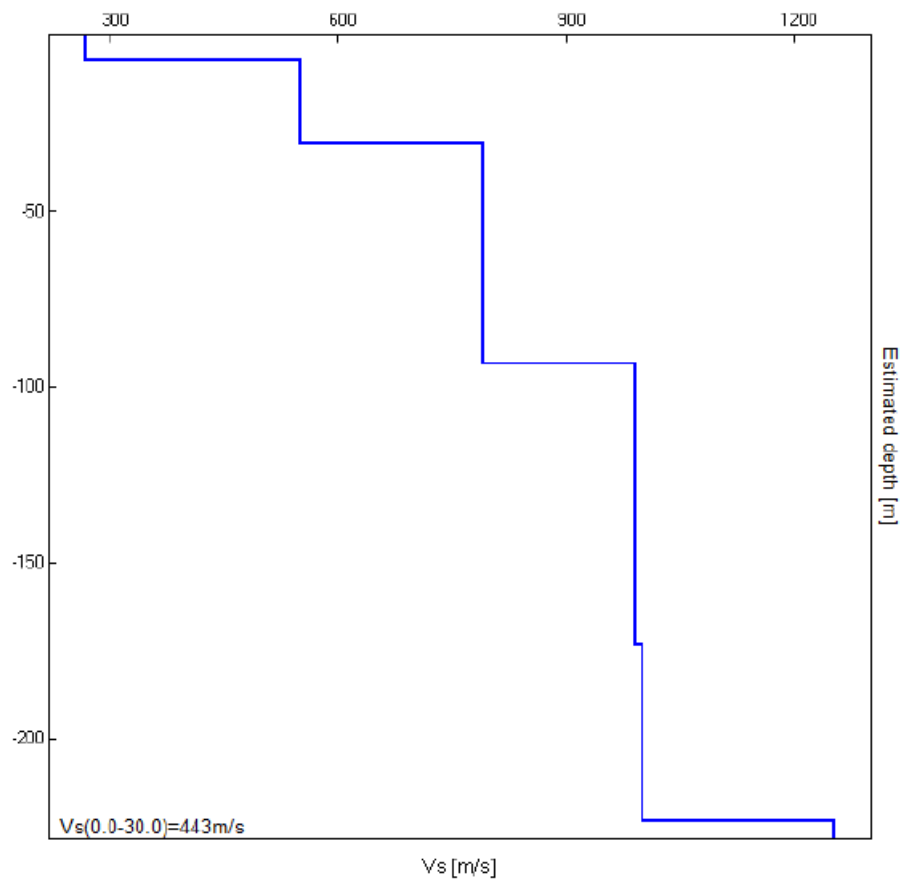
Relazione Sismica

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson rati
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



UP62

Relazione Sismica

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
$\sigma_r < \varepsilon(f_0)$	$0.20295 < 0.13125$		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

UP62

Relazione Sismica

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

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.

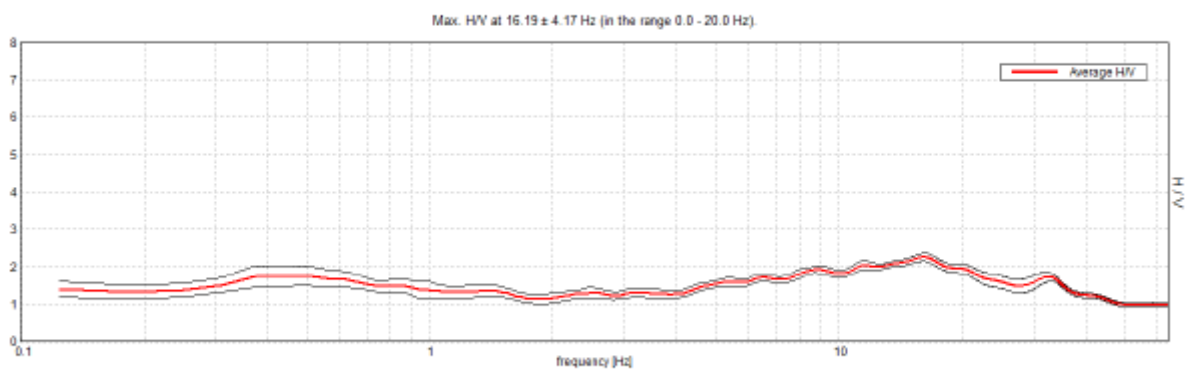
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 10 s

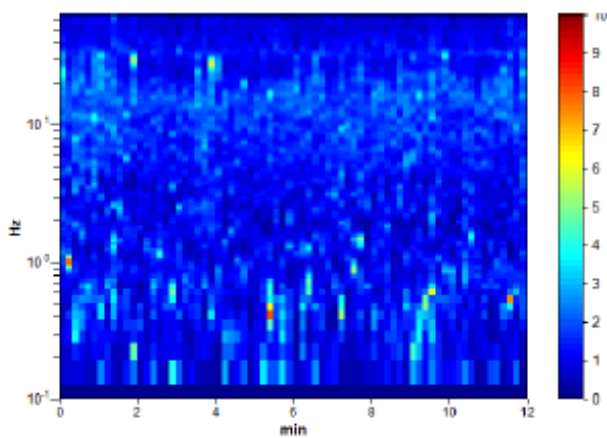
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

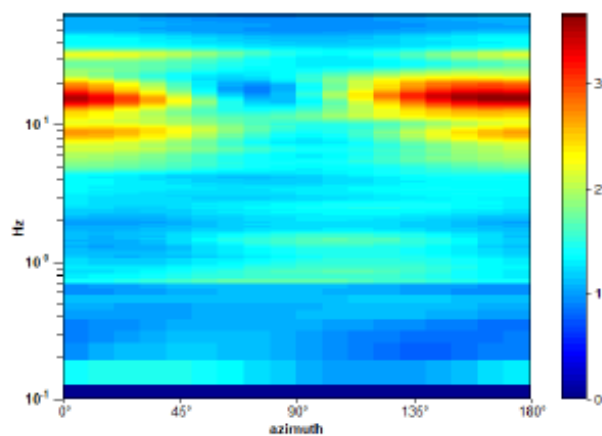
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



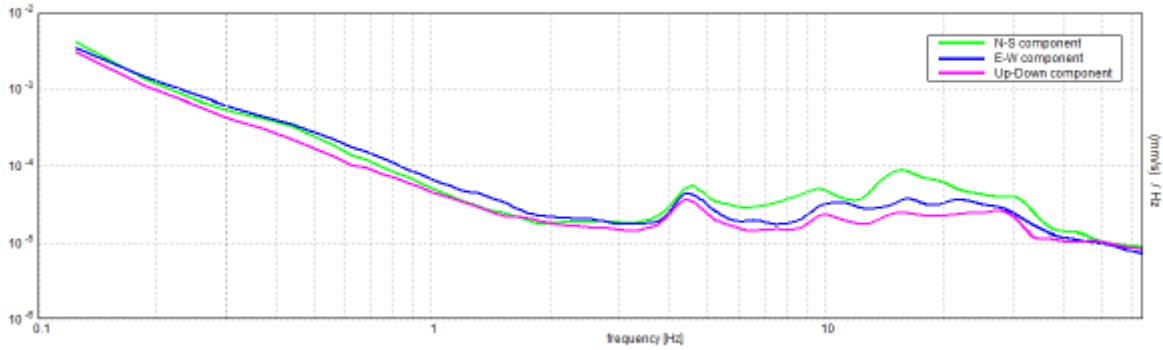
H/V TIME HISTORY



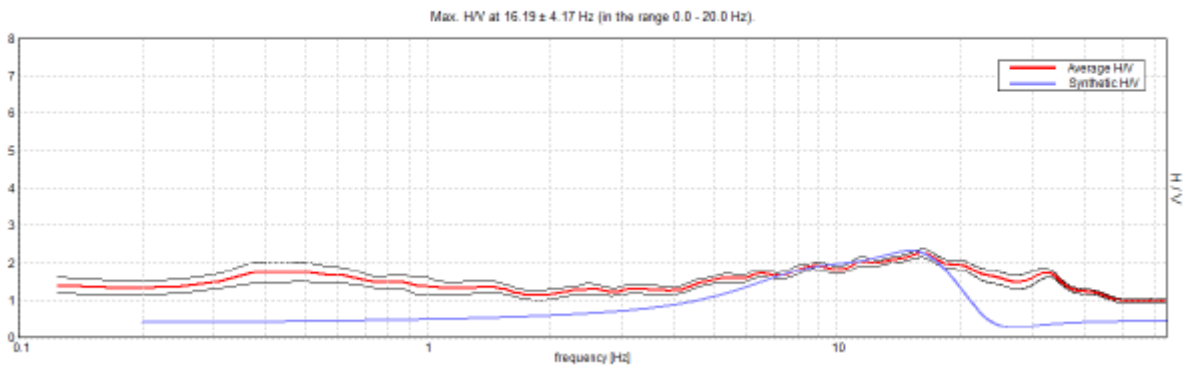
DIRECTIONAL HV



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



UP62

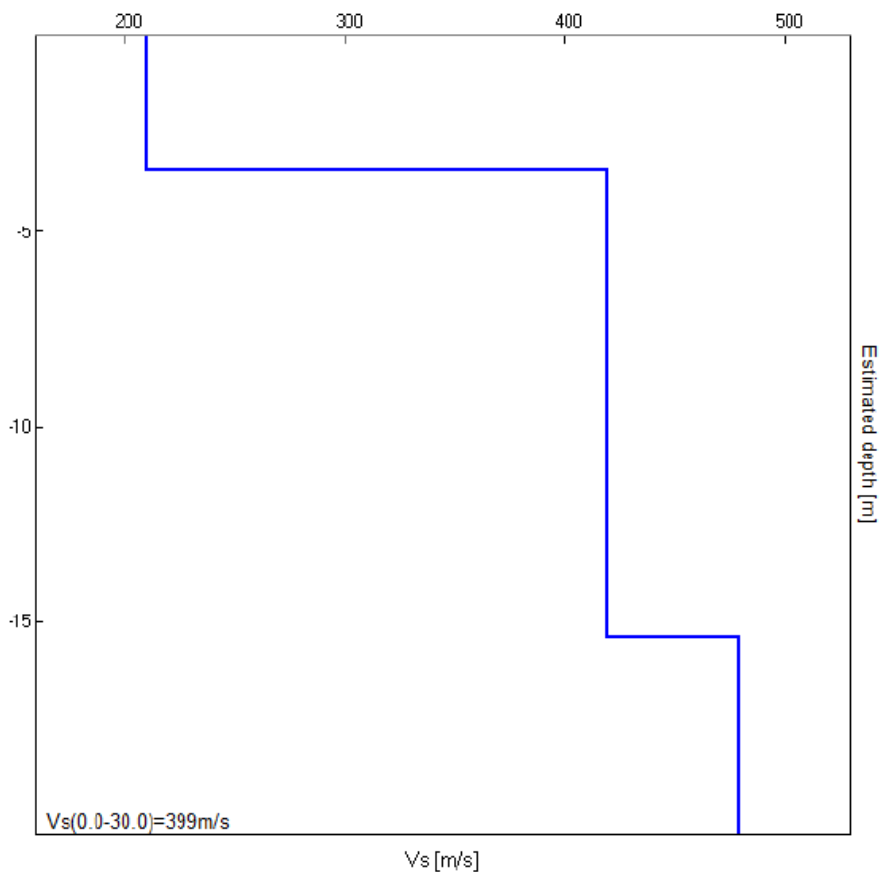
Relazione Sismica

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



UP62

Relazione Sismica

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 $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$			NO
Exists f^* in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	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	

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

UP62

Relazione Sismica

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

HVSR 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

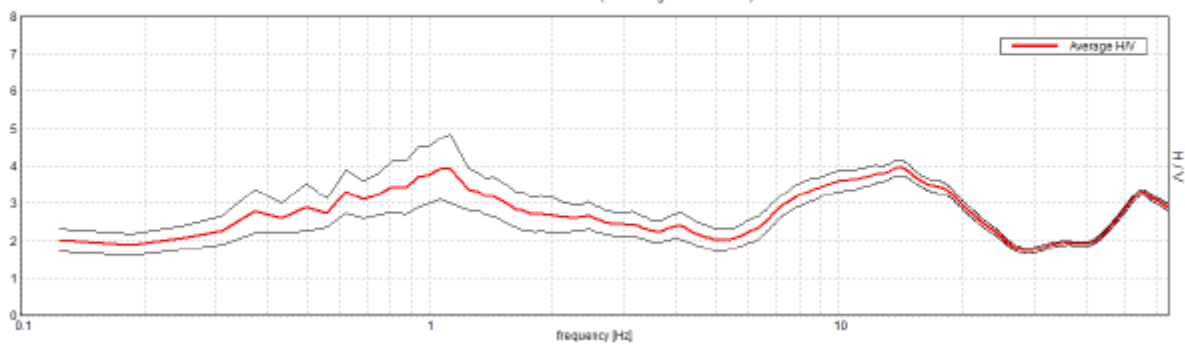
Window size: 10 s

Smoothing type: Triangular window

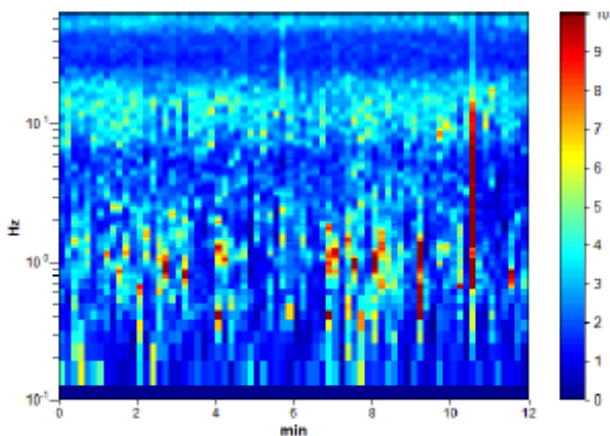
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

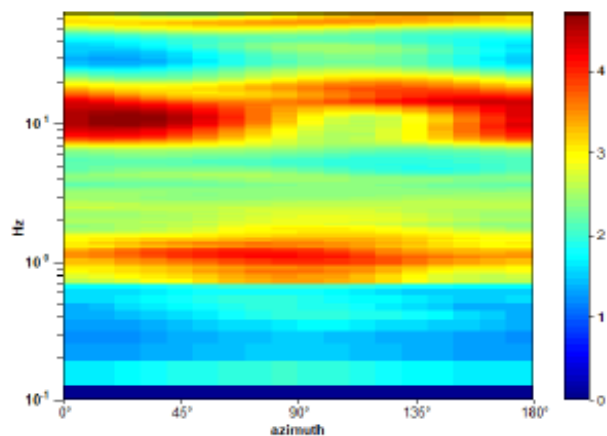
Max. HV at 14.06 ± 5.19 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz)



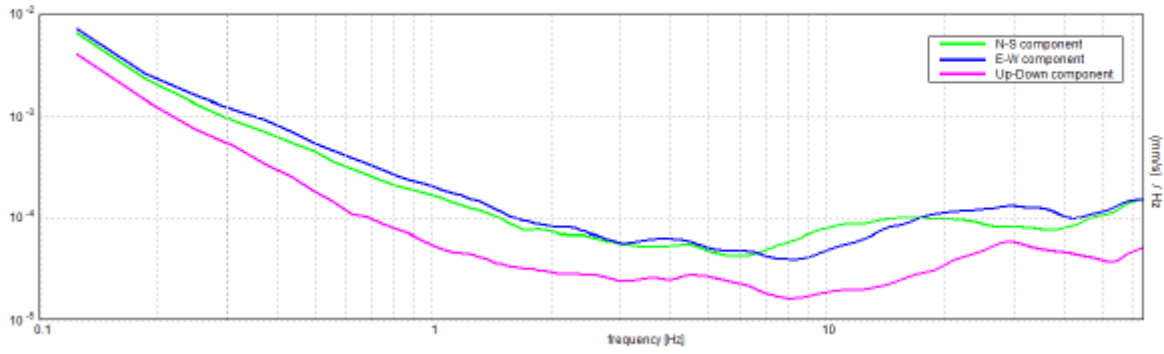
HV TIME HISTORY



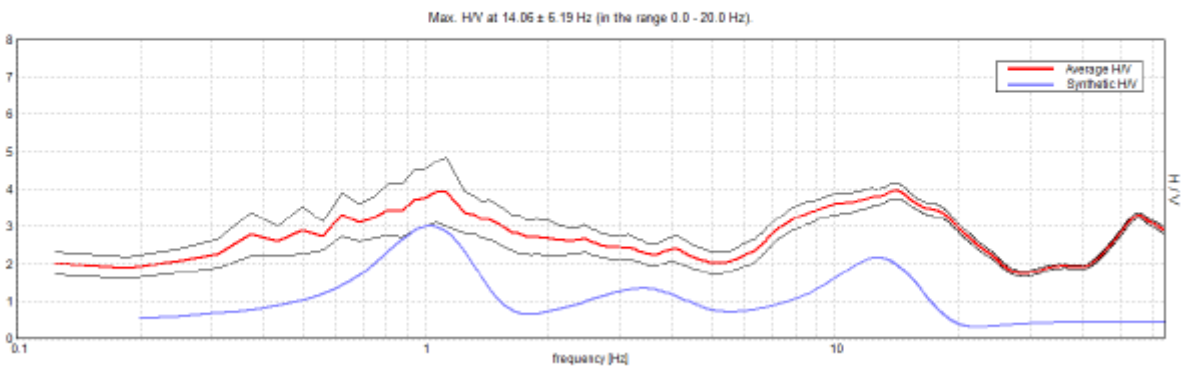
DIRECTIONAL HV



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



UP62

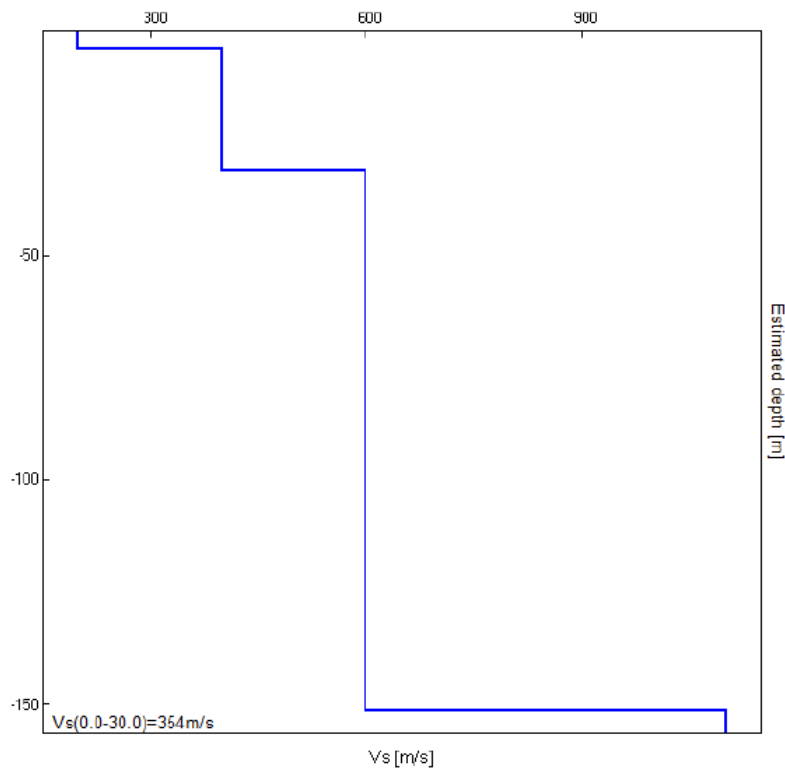
Relazione Sismica

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



UP62

Relazione Sismica

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 $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	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
$\sigma_r < \varepsilon(f_0)$	$6.19207 < 0.70313$		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

UP62

Relazione Sismica

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

6 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di un territorio è rappresentata dalla frequenza e dalla forza dei terremoti che lo interessano, ovvero dalla sua sismicità, diretta o indiretta. La pericolosità sismica del territorio definisce la probabilità statistica che si verifichi un evento tellurico di una data magnitudo, parametrizzata dalle serie storiche e statistiche, che viene definito come terremoto di progetto, la cui intensità, soprattutto in termini di danni attesi (Rischio – Vulnerabilità Sismica), è condizionata da locali fattori geologici, geomorfologici ed antropici, anch'essi parametrizzati in coefficienti progettuali introdotti dalla Normativa vigente. La pericolosità sismica di base, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni. Allo stato attuale, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita su un reticolo di riferimento e per diversi intervalli di riferimento (periodo di ritorno).

La Pericolosità Sismica (Seismic Hazard) viene definita come il probabile livello di scuotimento del suolo associato al verificarsi di un terremoto ed è rappresentata dalla frequenza e dalla forza dei terremoti che lo interessano, ovvero dalla sua sismicità, diretta o indiretta. In particolare, il parametro di cui si è tenuto conto, tiene in considerazione l'accelerazione massima (a_{max}) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Il tracciato in oggetto ricade in zona cui corrispondono valori di accelerazione massima (a_{max}) **0.175 ÷ 0.200 g** calcolati su un suolo di riferimento di tipo A.

I dati ottenuti dalla mappa interattiva della pericolosità sismica nazionale sono poco cautelativi rispetto a quanto definito dal D.G.R.

n. 81 del 24 febbraio 2022, che prevede un'accelerazione orizzontale massima attesa nella zona 2 pari a 0,250 g.

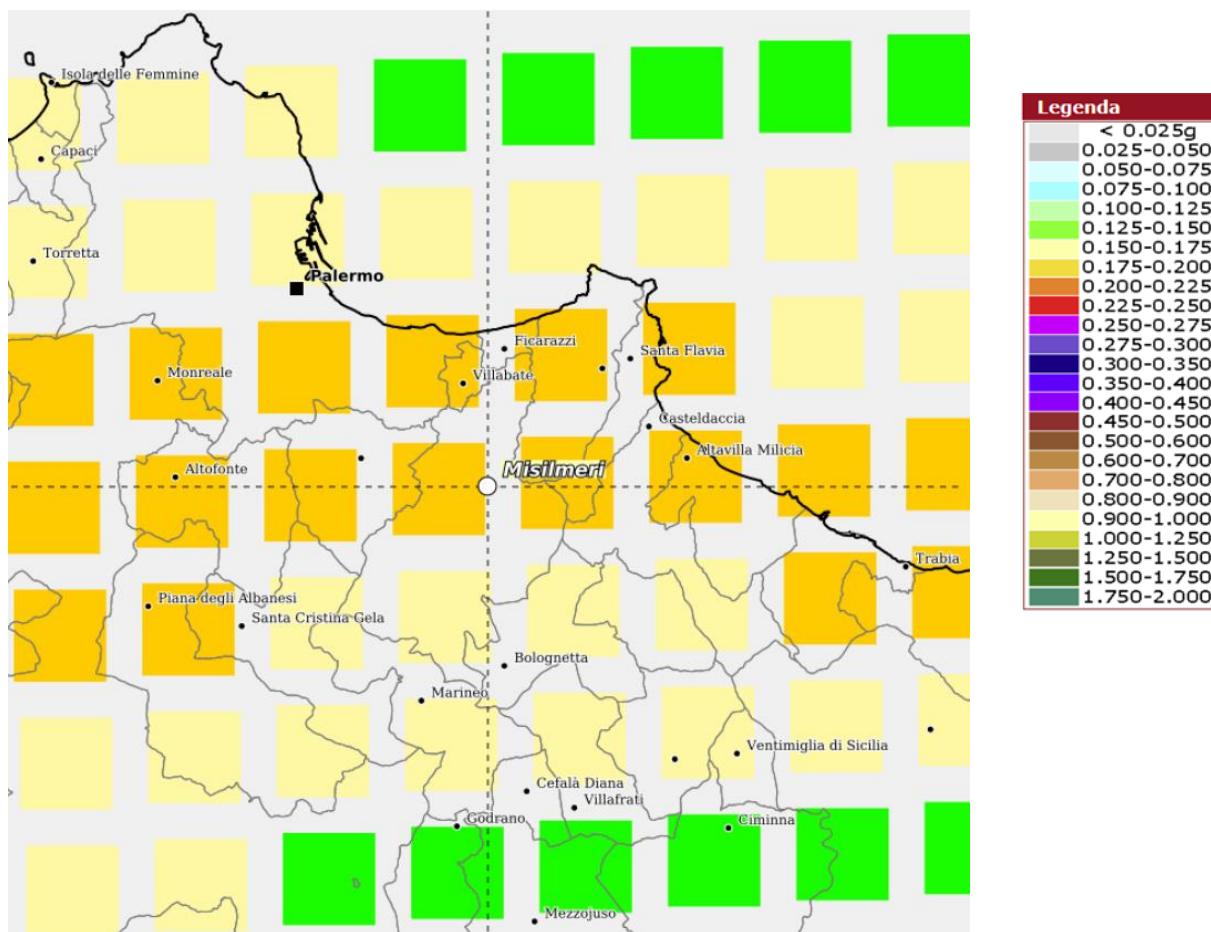


Figura 6-1 – Stralcio della mappa interattiva di pericolosità sismica

In base al DM 17-01-2018 “Norme tecniche per le costruzioni” per un determinato sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A) si definisce una pericolosità sismica di base; in particolare vengono forniti i valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale; ciò avviene in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di

10 km) e per diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

In particolare le tabelle allegate alle NTC2018 (Allegati A e B) forniscono i seguenti valori:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Qualora il sito in esame non coincida con uno dei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei suddetti parametri, possono essere calcolati come media pesata del valore da essi assunto nei quattro vertici della maglia all'interno della quale si trova il sito, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici. Il tracciato nella sua estensione (16,680 km) attraversa tre maglie differenti, pertanto i parametri sismici verranno calcolati per tutte e tre le maglie.

ZONAZIONE SISMICA (DECRETO DEL DIRIGENTE GENERALE DEL DPRC SICILIA 11 MARZO 2022, N. 64)

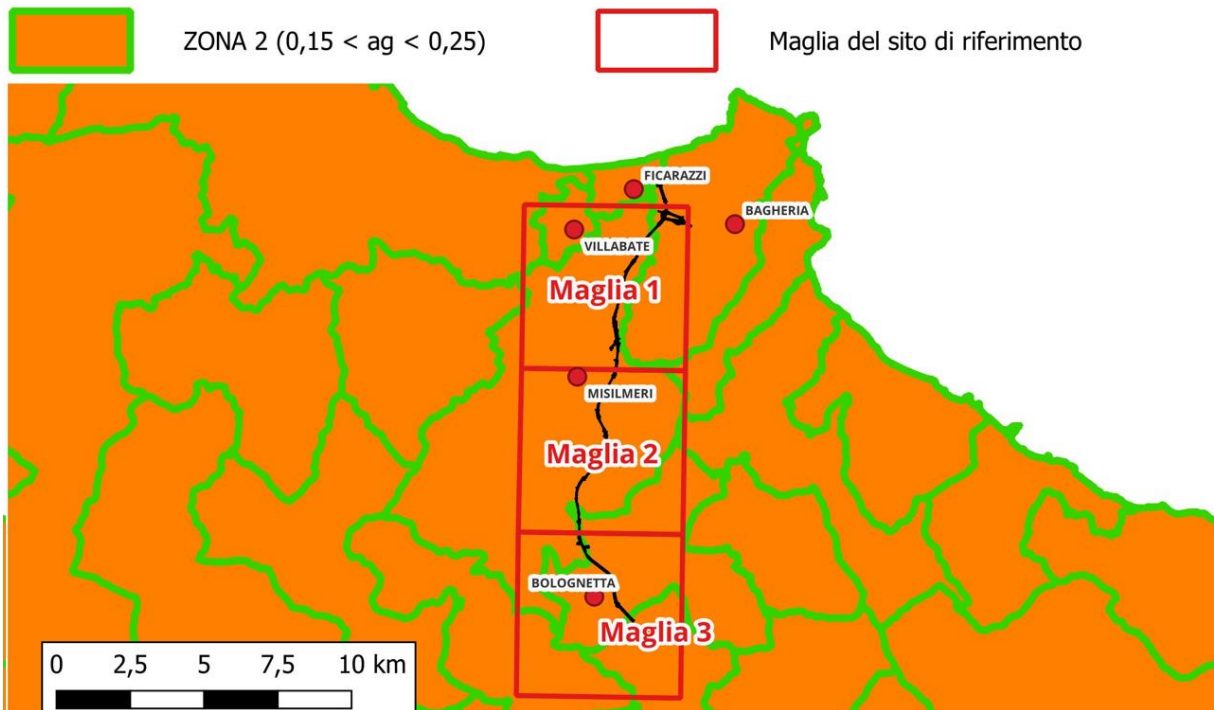


Figura 6-2 – Ubicazione delle tre maglie di riferimento rispetto al tracciato.

Maglia 1

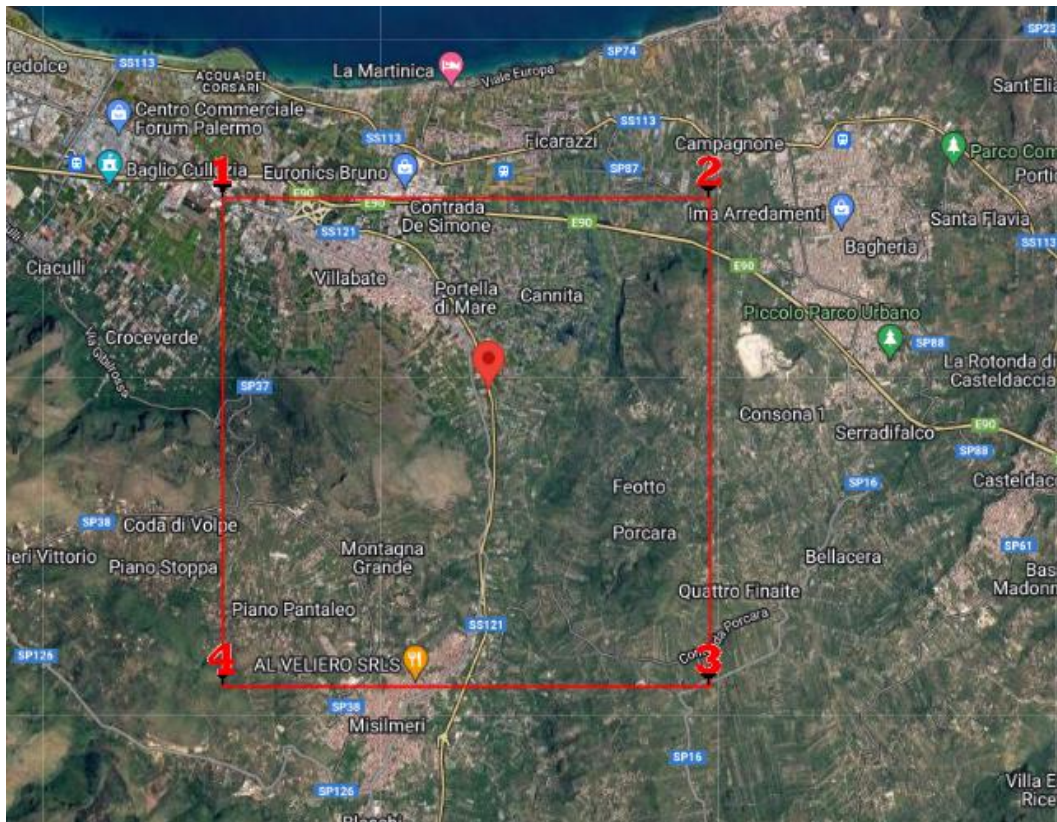


Figura 6-3 - Maglia 1 ricostruita col software Geostru (<https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>)

Tabella 6-1 - - Coordinate dei quattro vertici del sito di riferimento "Maglia 1"

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	45398	38,084930	13,427470	1730,5
Sito 2	45399	38,084950	13,490820	4176,7
Sito 3	45621	38,034970	13,490810	6177,1
Sito 4	45620	38,034930	13,427520	4872,0

Considerando una Vita Nominale $V_n=50$ anni ed una classe d'uso IV (Coefficiente uso $C_u=2.0$; periodi riferimento $V_r=100$ anni), si ottengono i seguenti risultati riferiti ai 4 punti considerati (Maglia 1) in termini di azioni sismiche

Tabella 6-2 - Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_r associati (media ponderata)

Stato Limite	T_r [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	60	0.070	2.324	0.257
Danno (SLD)	101	0.093	2.315	0.268
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.230	2.424	0.306
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.290	2.490	0.318
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

Maglia 2

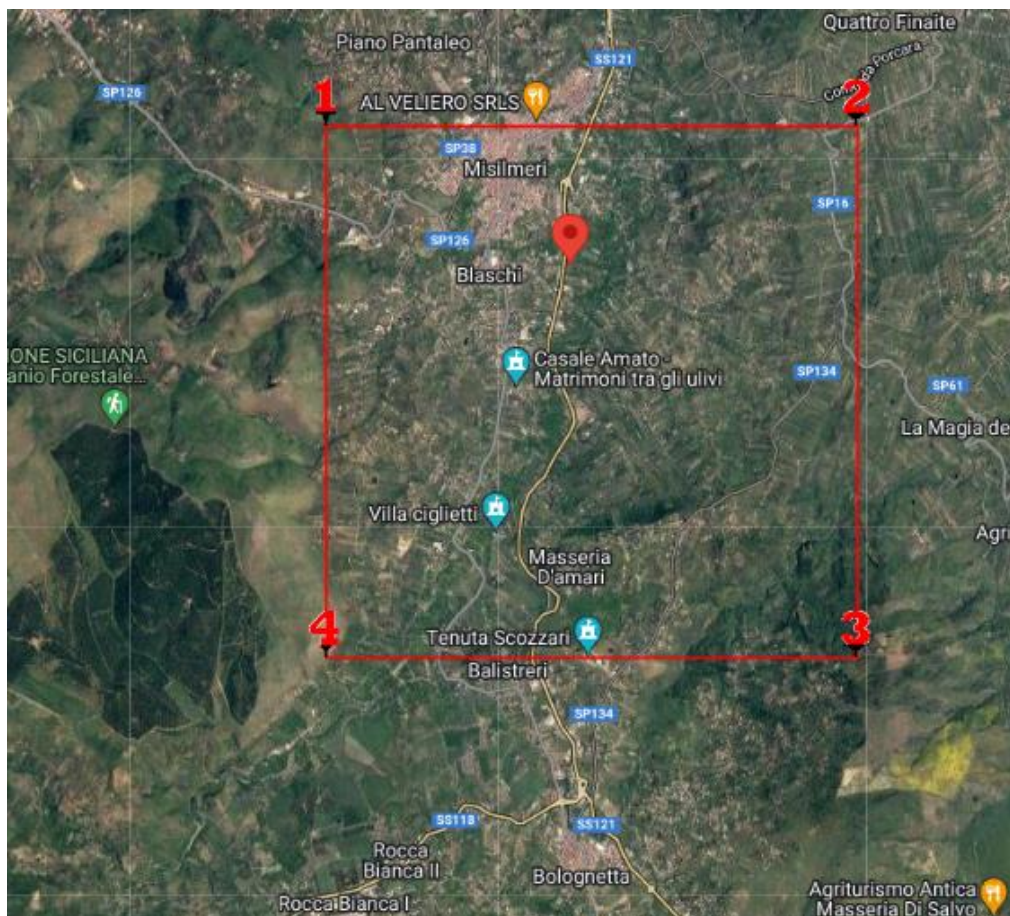


Figura 6-4 - Maglia 2 ricostruita col software Geostru (<https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>)


S.S. 121 "Catanese" Itinerario Palermo-Agrigento Tratto A PALERMO-BOLOGNETTA.		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

Tabella 6-3 - Coordinate dei quattro vertici del sito di riferimento "Maglia 2"

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	45620	38,034930	13,427520	1935,8
Sito 2	45621	38,034970	13,490810	3685,3
Sito 3	45843	37,984960	13,490810	6289,6
Sito 4	45842	37,984940	13,427520	5453,9

Considerando una Vita Nominale $V_n=50$ anni ed una classe d'uso IV (Coefficiente uso $C_u=2.0$; periodi riferimento $V_r=100$ anni), si ottengono i seguenti risultati riferiti ai 4 punti considerati (Maglia 2) in termini di azioni sismiche

Tabella 6-4 - Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_r associati (media ponderata)

Stato Limite	T_r [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	60	0.070	2.333	0.258
Danno (SLD)	101	0.092	2.322	0.269
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.227	2.439	0.307
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.286	2.501	0.320
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

Maglia 3

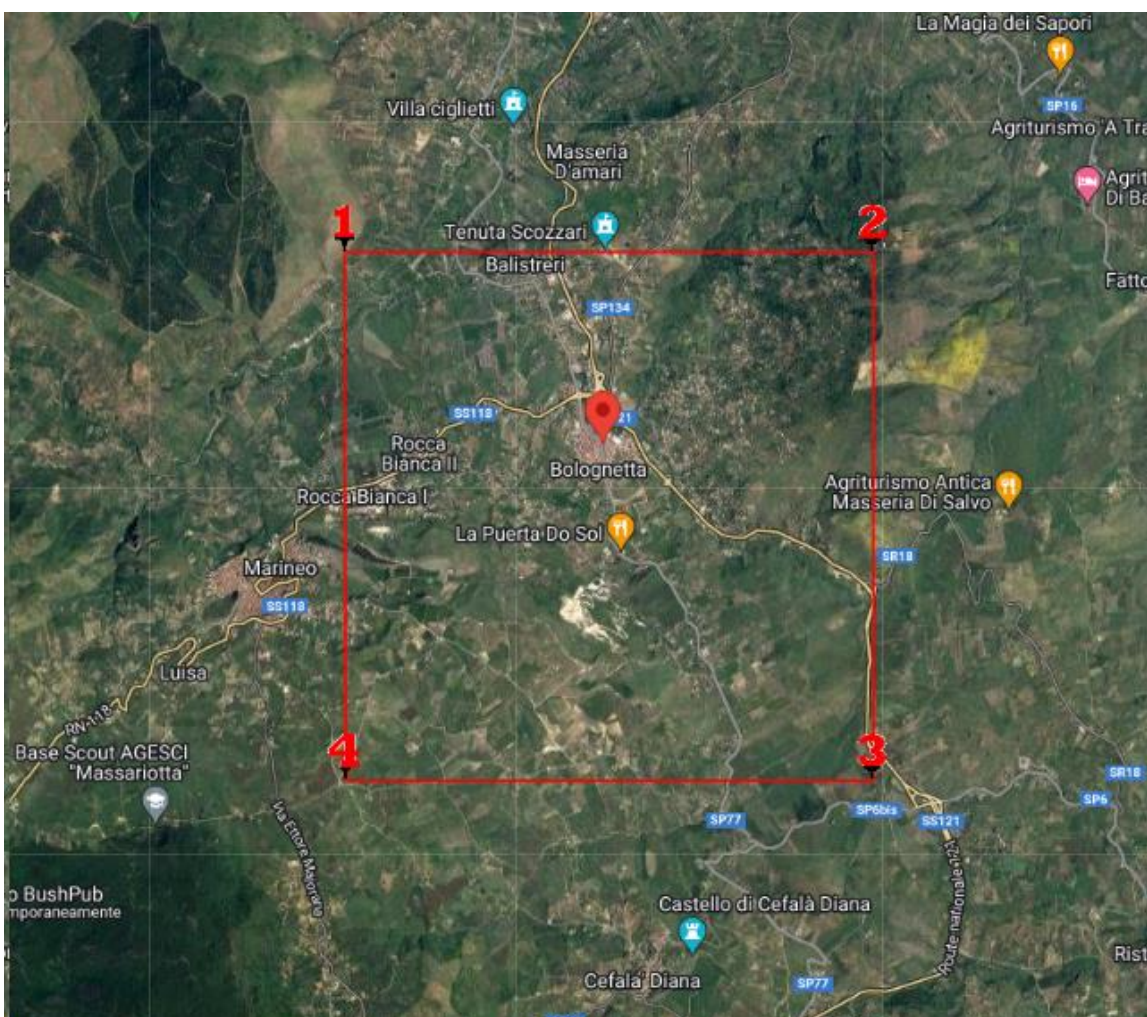


Figura 6-5 - Maglia 3 ricostruita col software Geostru (<https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>)

Tabella 6-5 - - Coordinate dei quattro vertici del sito di riferimento "Maglia 3"

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	45842	37,984940	13,427520	3530,9
Sito 2	45843	37,984960	13,490810	3674,6
Sito 3	46065	37,934960	13,490840	4343,3
Sito 4	46064	37,934940	13,427640	4216,9

Considerando una Vita Nominale $V_n=50$ anni ed una classe d'uso IV (Coefficiente uso $C_u=2.0$; periodi riferimento $V_r=100$ anni), si ottengono i seguenti risultati riferiti ai 4 punti considerati (Maglia 2) in termini di azioni sismiche


S.S. 121 "Catanesa" Itinerario Palermo-Agrigento Tratto A PALERMO-BOLOGNETTA.		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

Tabella 6-6 - Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_r associati (media ponderata)

Stato Limite	T_r [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	60	0.065	2.350	0.260
Danno (SLD)	101	0.085	2.347	0.272
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.208	2.457	0.312
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.264	2.516	0.324
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

7 PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

La pericolosità sismica locale valuta la modificazione dello scuotimento sismico prodotto dalle reali caratteristiche del terreno e dalla successione litostratigrafica locale, dalle condizioni morfologiche unitamente allo sviluppo di effetti cosismici quali fenomeni di liquefazione, fagliazione superficiale, instabilità dei pendii e frane indotte .

Si è proceduto quindi alla classificazione del sottosuolo secondo un approccio semplificato, che si basa sui valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .

7.1 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA: CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Con riferimento alla tabella 3.2.11 delle NTC2018, per la definizione dell'azione sismica locale ci si è basati (approccio semplificato) sull'individuazione di categorie di sottosuolo stimate a partire dai valori di V_{seq} ottenuti dalle indagini sismiche precedentemente descritte (indagini Down Hole e sismica a rifrazione).:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

h_i spessore dell'*i*-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Secondo la normativa vigente, per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. La presente microzonazione è riferita al p.c. Diverse valutazioni possono essere fatte tenendo in considerazione l'immorsamento della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{Seq} è definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Dalle Categorie di sottosuolo si ricavano i coefficienti S_s e C_c , dove S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica e dipende da a_g e F_0 ; e C_c è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo e dipende dal valore di T_c^* .

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

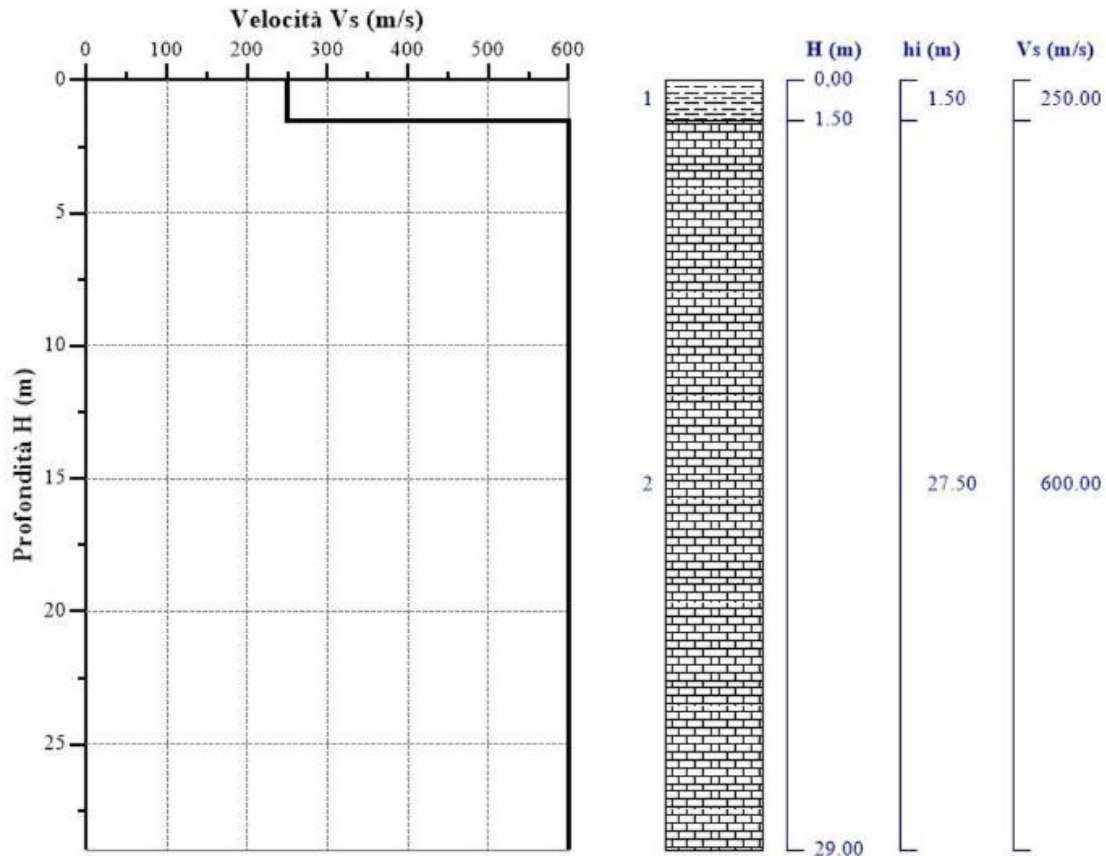
Per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_s e C_c valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_c^* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV del D.M. 20/02/2018, nelle quali $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità e T_c^* è espresso in secondi.

Per la caratterizzazione della categoria di sottosuolo si è fatto riferimento ai risultati ottenuti dalle prove Down-Hole, HVSR e degli stendimenti sismici a rifrazione.

7.1.1 Prove Down-Hole

Sondaggio DH_S2



Al fine di poter procedere con le operazioni di calcolo è necessario inserire gli spessori con le relative velocità V_s di ogni sismostrato secondo le indicazioni riportate in normativa.

Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	V_s (m/s)
1	1.50	1.50	250.00
2	29.00	27.50	600.00

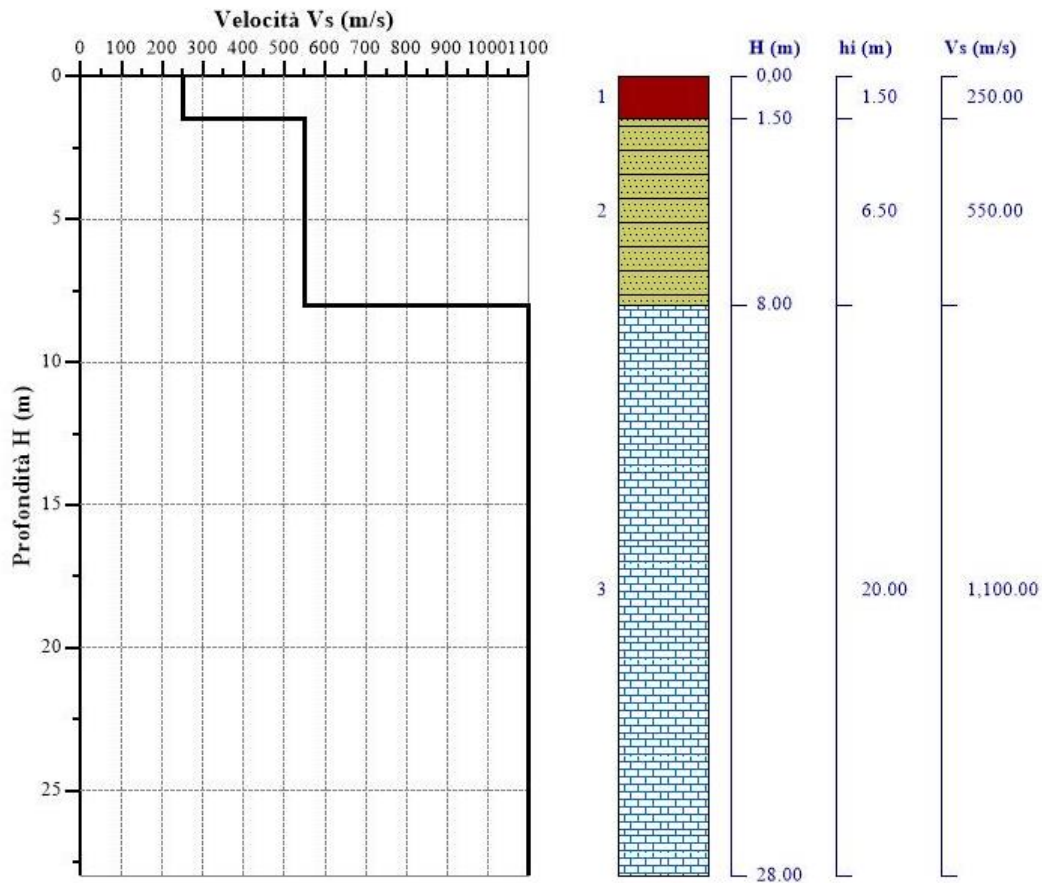
N_r = numero progressivo per ciascun sismostrato,
 H = profondità, h_i = spessori, V_s = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

N_i	Z_{pf} (m)	$V_{s,eq}$ (m/s)	Categoria
1	0.00	559.49	B

N_i = livello, Z_{pf} = profondità del livello di fondazione.

Sondaggio DH_S4



Al fine di poter procedere con le operazioni di calcolo è necessario inserire gli spessori con le relative velocità V_s di ogni sismostrato secondo le indicazioni riportate in normativa.

Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	V_s (m/s)
1	1.50	1.50	250.00
2	8.00	6.50	550.00
3	28.00	20.00	1,100.00

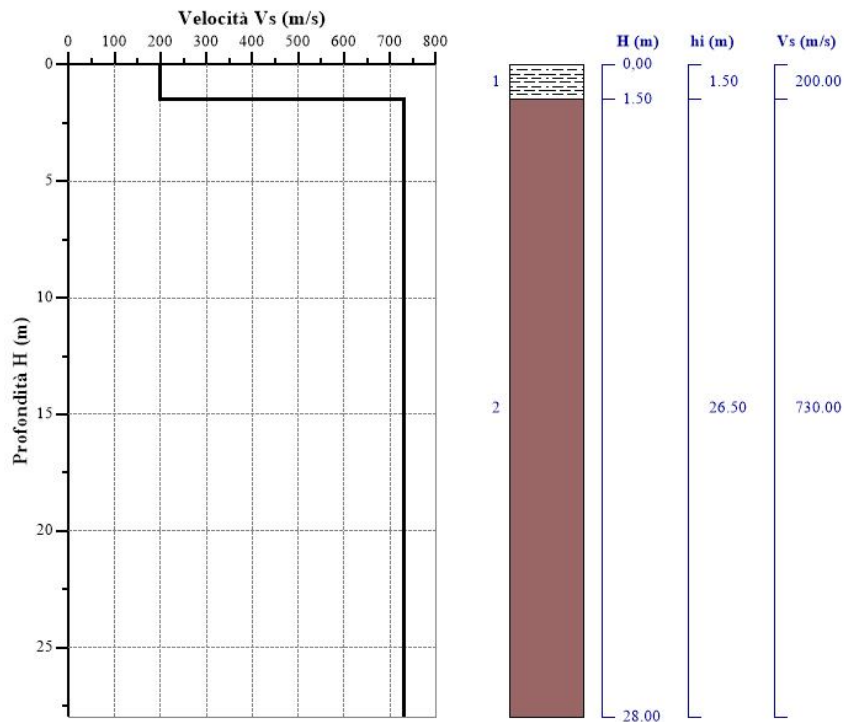
*Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato,
H = profondità, hi = spessori, V_s = velocità onde di taglio.*

Tabella 2- Risultati finali.

N_i	Z _{pf} (m)	$V_{S,eq}$ (m/s)	Categoria
1	0.50	474.14	B

N_i = livello, Z_{pf} = profondità del livello di fondazione.

Sondaggio DH_S7



Al fine di poter procedere con le operazioni di calcolo è necessario inserire gli spessori con le relative velocità V_s di ogni sismostrato secondo le indicazioni riportate in normativa.

Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	V_s (m/s)
1	1.50	1.50	200.00
2	28.00	26.50	730.00

N_r = numero progressivo per ciascun sismostrato,
 H = profondità, h_i = spessori, V_s = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

N_i	Z_{pf} (m)	$V_{S,eq}$ (m/s)	Categoria
1	0.00	639.25	B

N_i = livello, Z_{pf} = profondità del livello di fondazione.

Sondaggio DH_S14

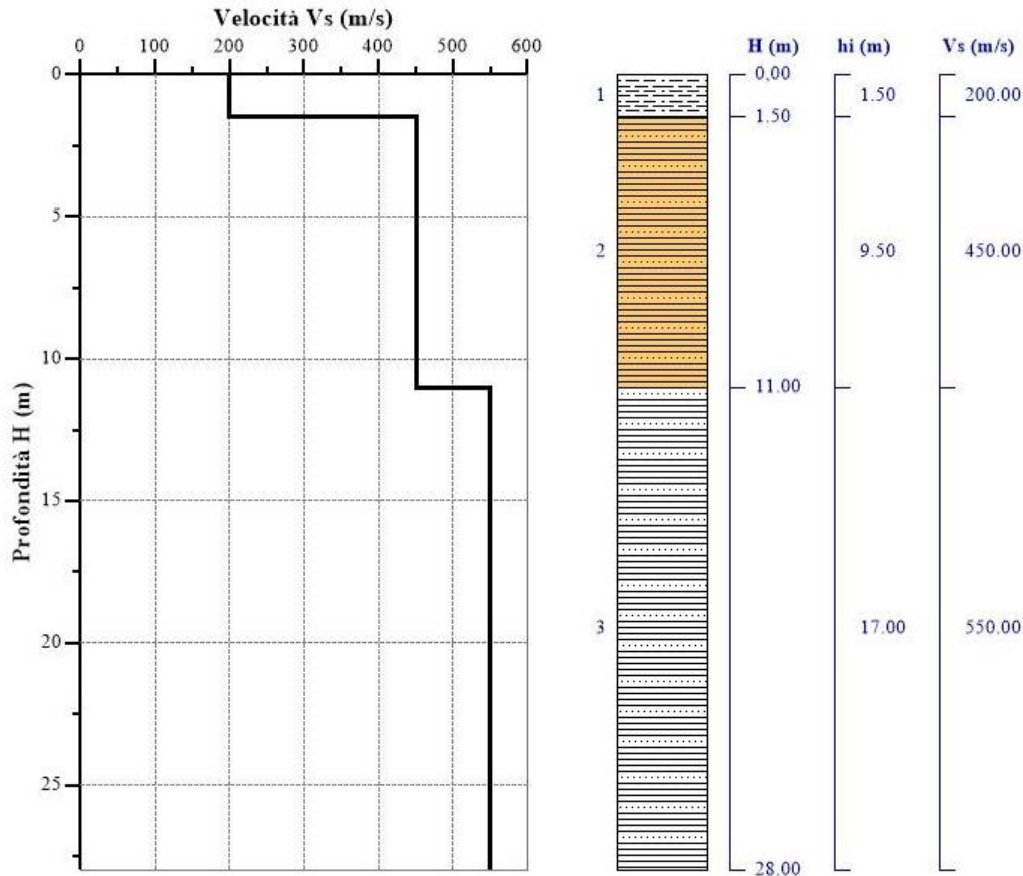


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	V _s (m/s)
1	1.50	1.50	200.00
2	11.00	9.50	450.00
3	28.00	17.00	550.00

Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato,
 H = profondità, *hi* = spessori, *V_s* = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

N _i	Z _{pf} (m)	V _{s,eq} (m/s)	Categoria
1	0.00	470.43	B

N_i = livello, *Z_{pf}* = profondità del livello di fondazione.

Sondaggio DH_S16

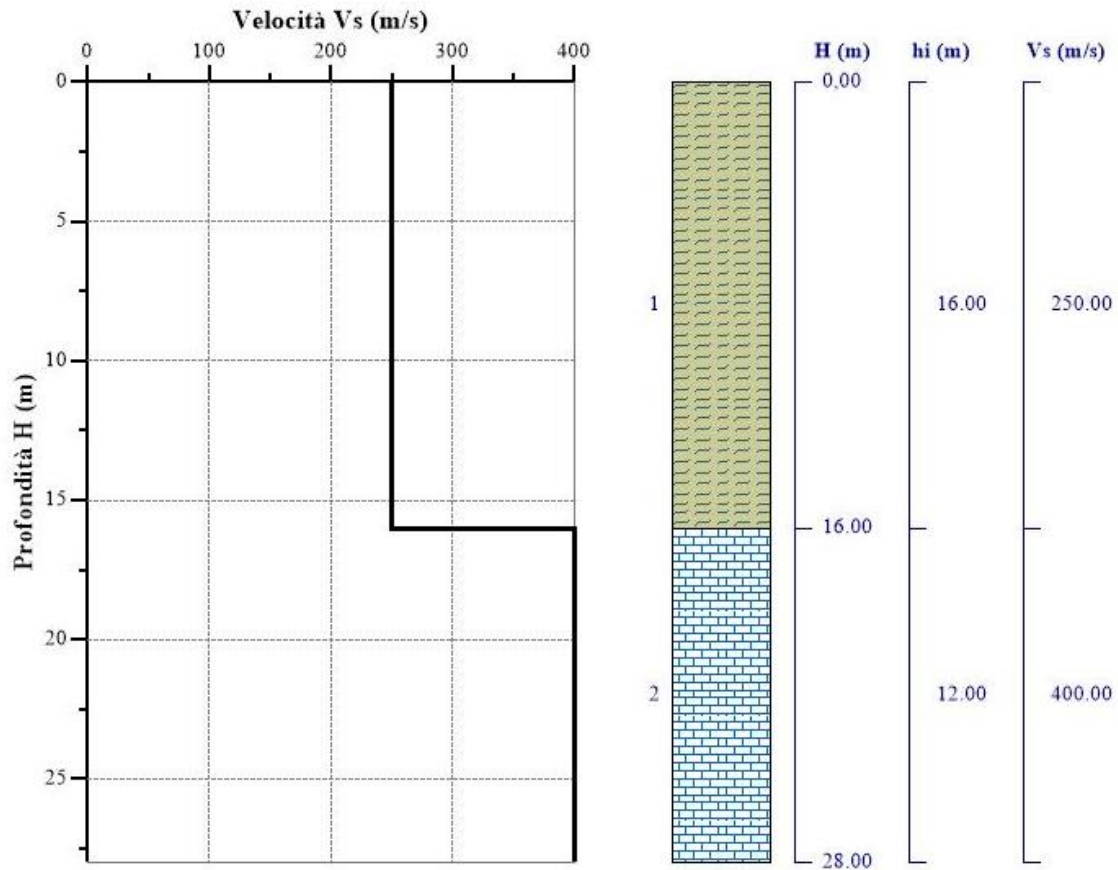


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	Vs (m/s)
1	16.00	16.00	250.00
2	28.00	12.00	400.00

*Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato,
H = profondità, hi = spessori, Vs = velocità onde di taglio.*

Tabella 2- Risultati finali.

Ni	Zpf (m)	Vs,eq (m/s)	Categoria
1	---	653.23	B

Ni = livello, Zpf = profondità del livello di fondazione.

Sondaggio DH_S18

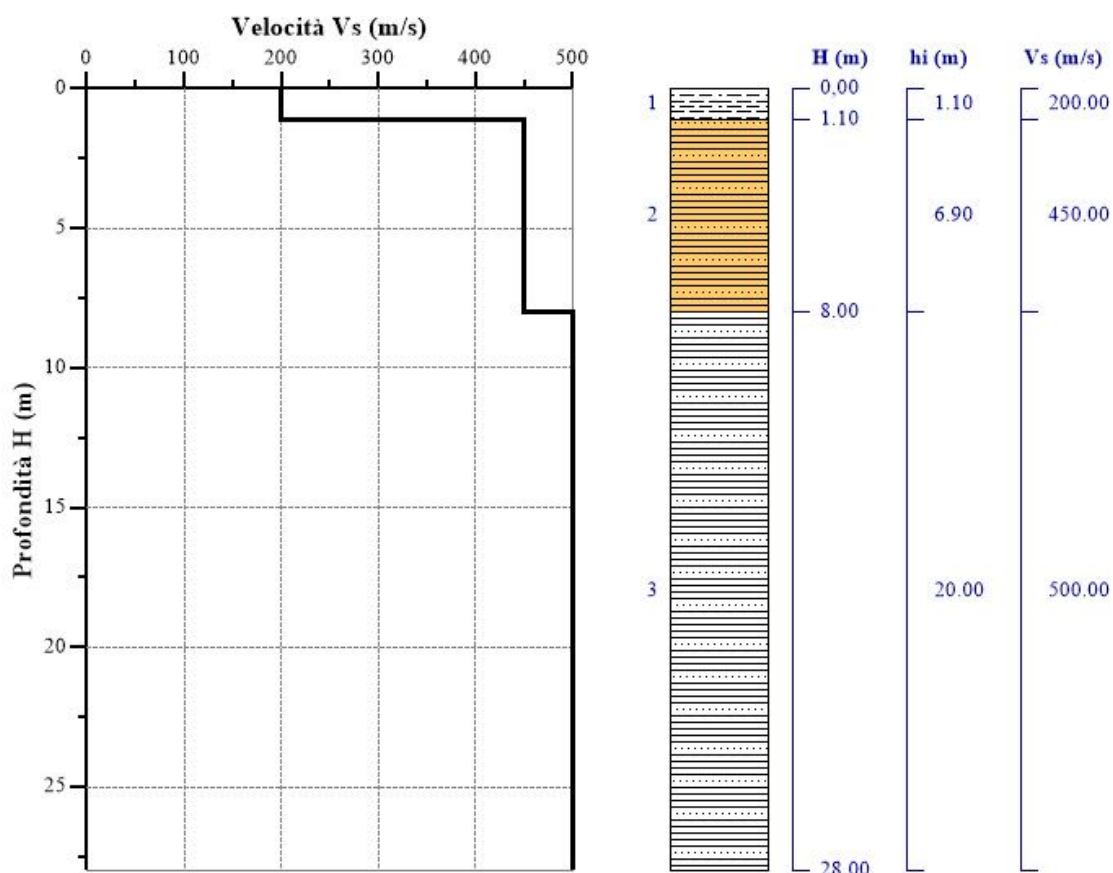


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	V _s (m/s)
1	1.10	1.10	200.00
2	8.00	6.90	450.00
3	28.00	20.00	500.00

*Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato,
H = profondità, hi = spessori, V_s = velocità onde di taglio.*

Tabella 2- Risultati finali.

N _i	Z _{pf} (m)	V _{S,eq} (m/s)	Categoria
1	0.00	460.27	B

N_i = livello, Z_{pf} = profondità del livello di fondazione.

Sondaggio DH_S20

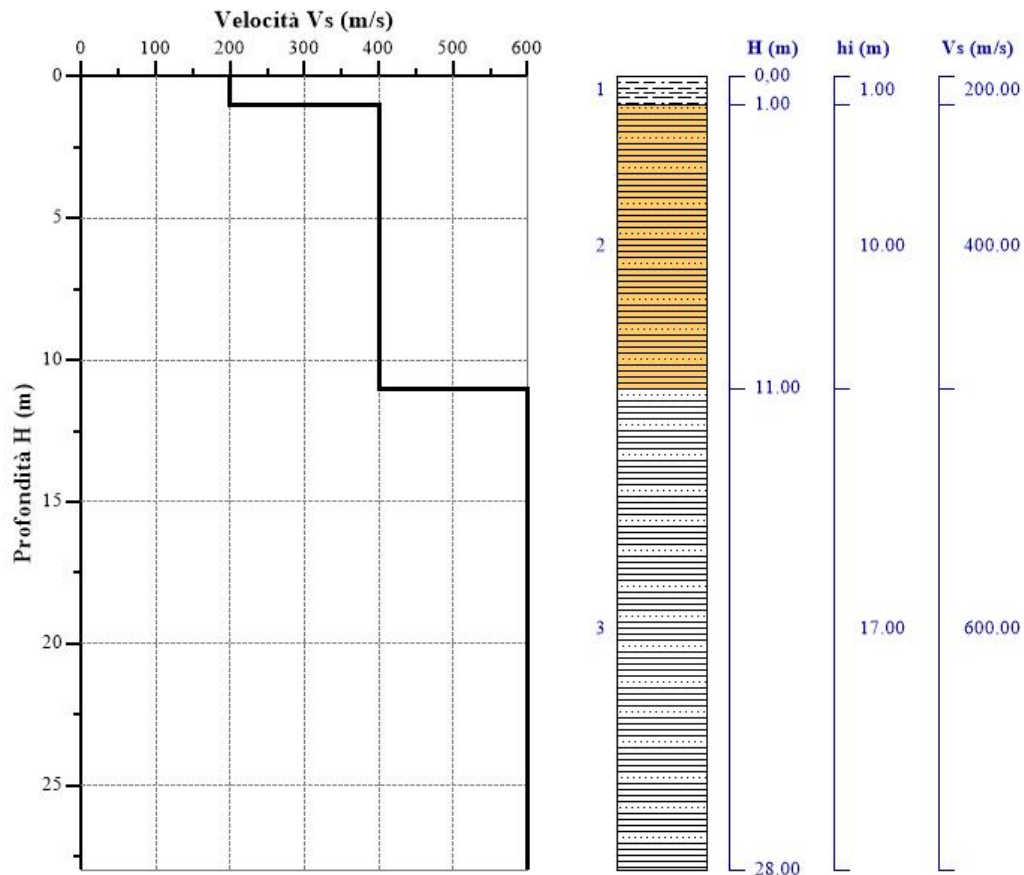


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	Vs (m/s)
1	1.00	1.00	200.00
2	11.00	10.00	400.00
3	28.00	17.00	600.00

Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato,
H = profondità, hi = spessori, Vs = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

Ni.	Zpf (m)	Vs,eq (m/s)	Categoria
1	0.00	480	B

Ni = livello, Zpf = profondità del livello di fondazione.

Sondaggio DH_S21

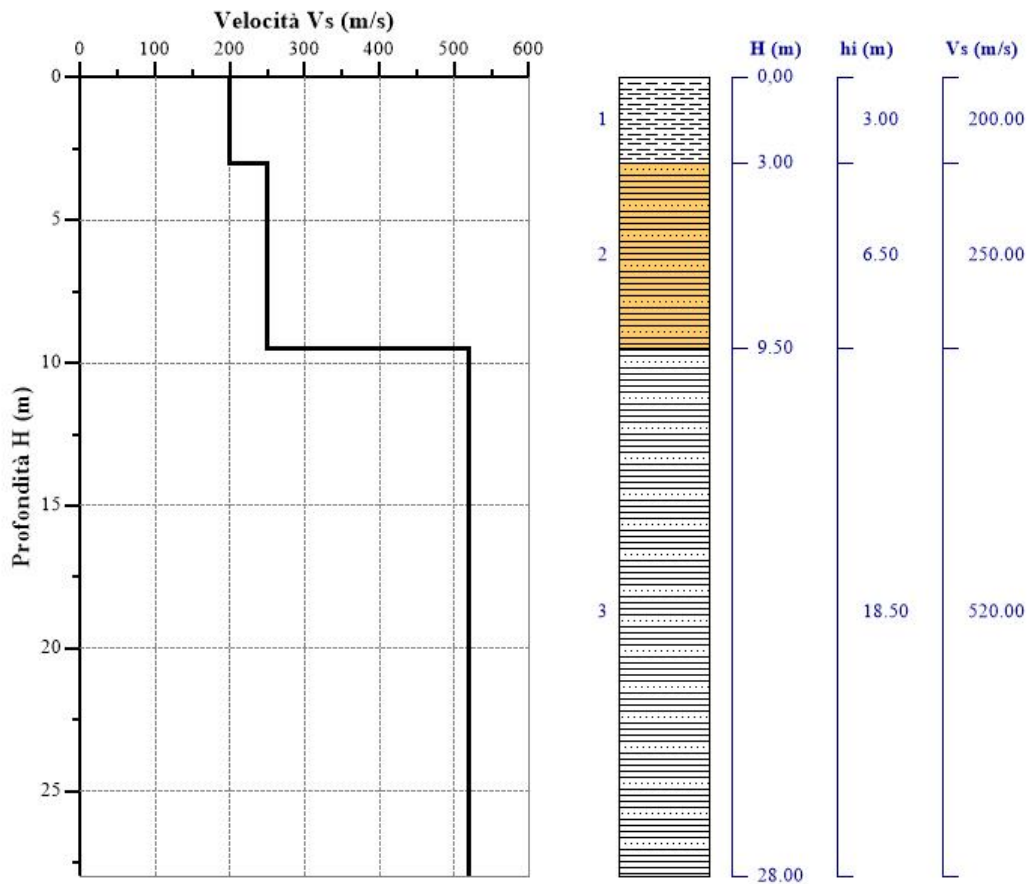


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	Vs (m/s)
1	3.00	3.00	200.00
2	9.50	6.50	250.00
3	28.00	18.50	520.00

Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato,
H = profondità, hi = spessori, Vs = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

Ni.	Zpf (m)	Vs,eq (m/s)	Categoria
1	---	365.65	B

Ni = livello, Zpf = profondità del livello di fondazione.

Sondaggio DH_S23

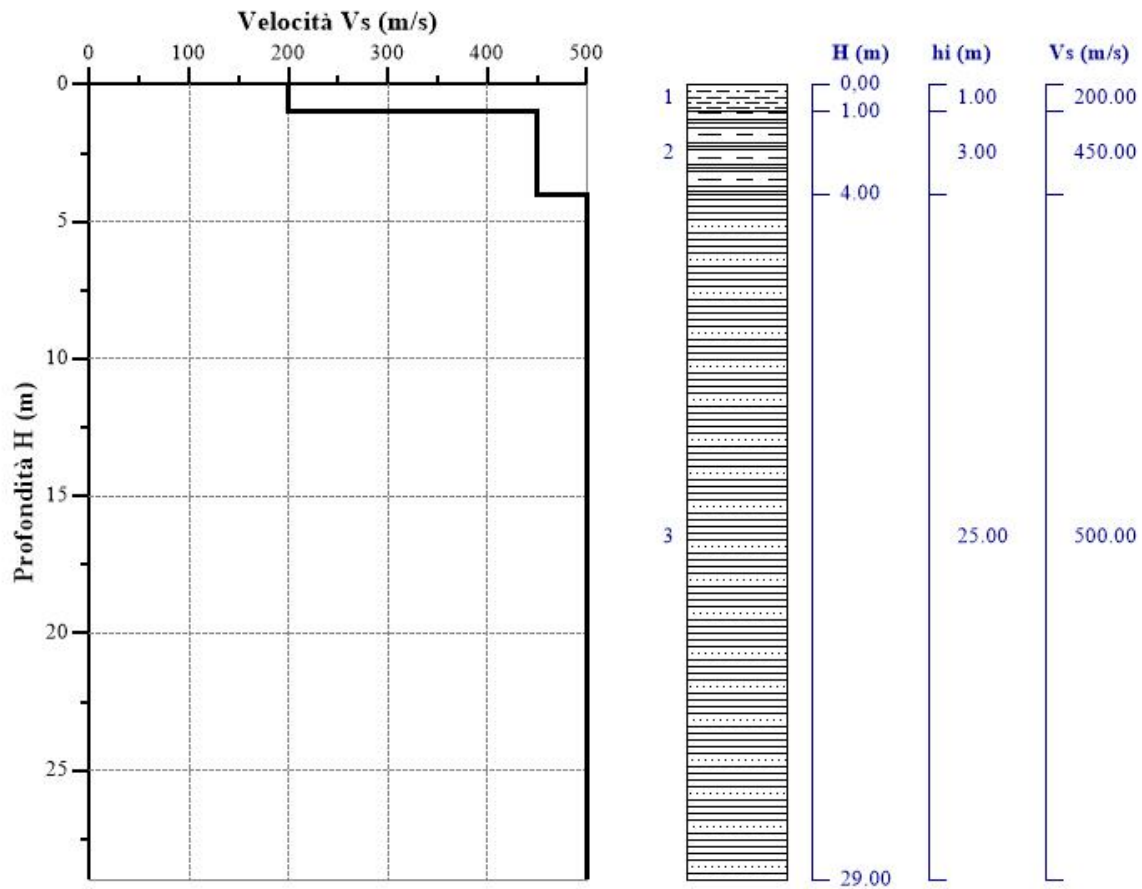


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	Vs (m/s)
1	1.00	1.00	200.00
2	4.00	3.00	450.00
3	29.00	25.00	500.00

Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato,
H = profondità, hi = spessori, Vs = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

Ni	Zpf (m)	Vs,eq (m/s)	Categoria
1	---	470.27	B

Ni = livello, Zpf = profondità del livello di fondazione.

Sondaggio DH_S26

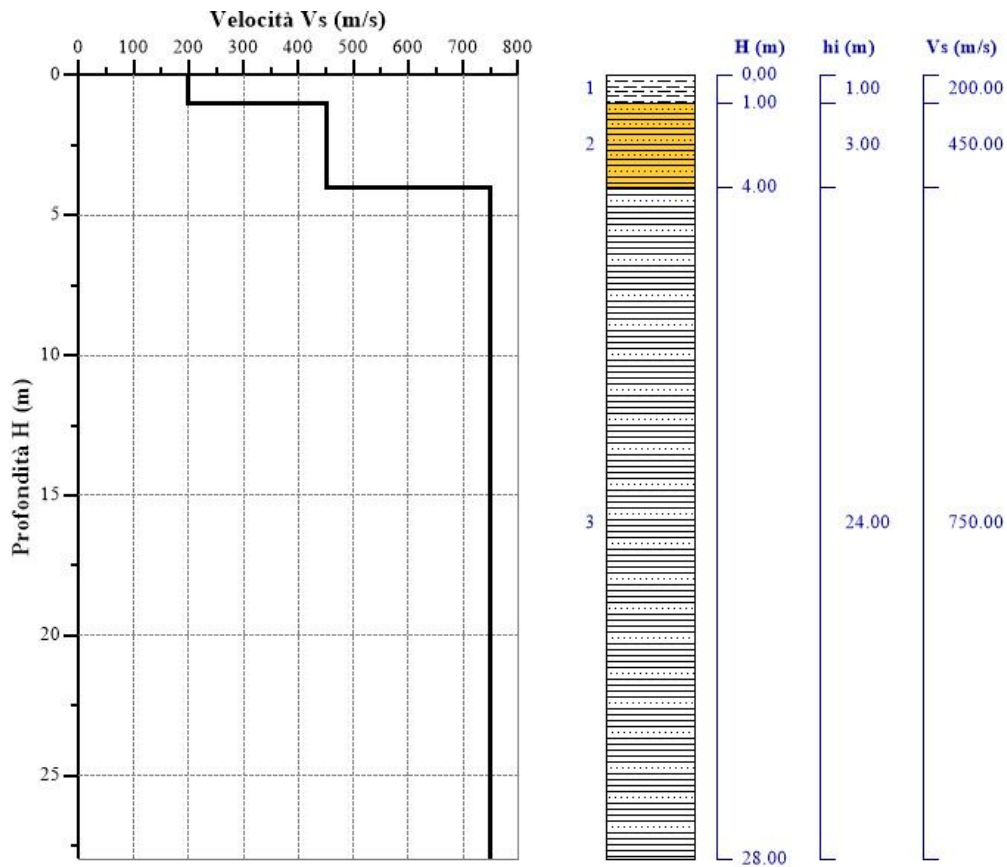


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	Vs (m/s)
1	1.00	1.00	200.00
2	4.00	3.00	450.00
3	28.00	24.00	750.00

*Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato,
H = profondità, hi = spessori, Vs = velocità onde di taglio.*

Tabella 2- Risultati finali.

N _i .	Z _{pf} (m)	V _{s,eq} (m/s)	Categoria
1	---	641.22	B

N_i = livello, Z_{pf} = profondità del livello di fondazione.

Sondaggio DH_S29

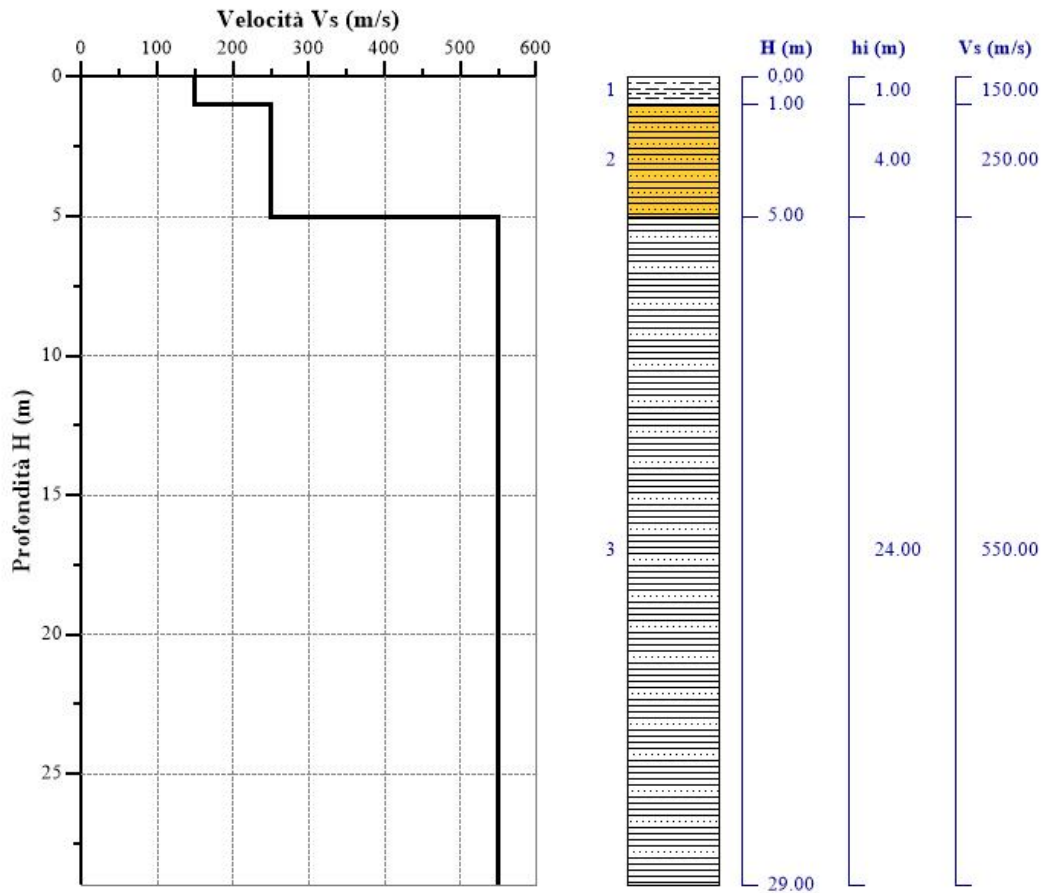


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	Vs (m/s)
1	1.00	1.00	150.00
2	5.00	4.00	250.00
3	29.00	24.00	550.00

Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato,
H = profondità, hi = spessori, Vs = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

N _i	Z _{pf} (m)	V _{S,eq} (m/s)	Categoria
1	---	437.39	B

N_i = livello, Z_{pf} = profondità del livello di fondazione.

Sondaggio DH_S32

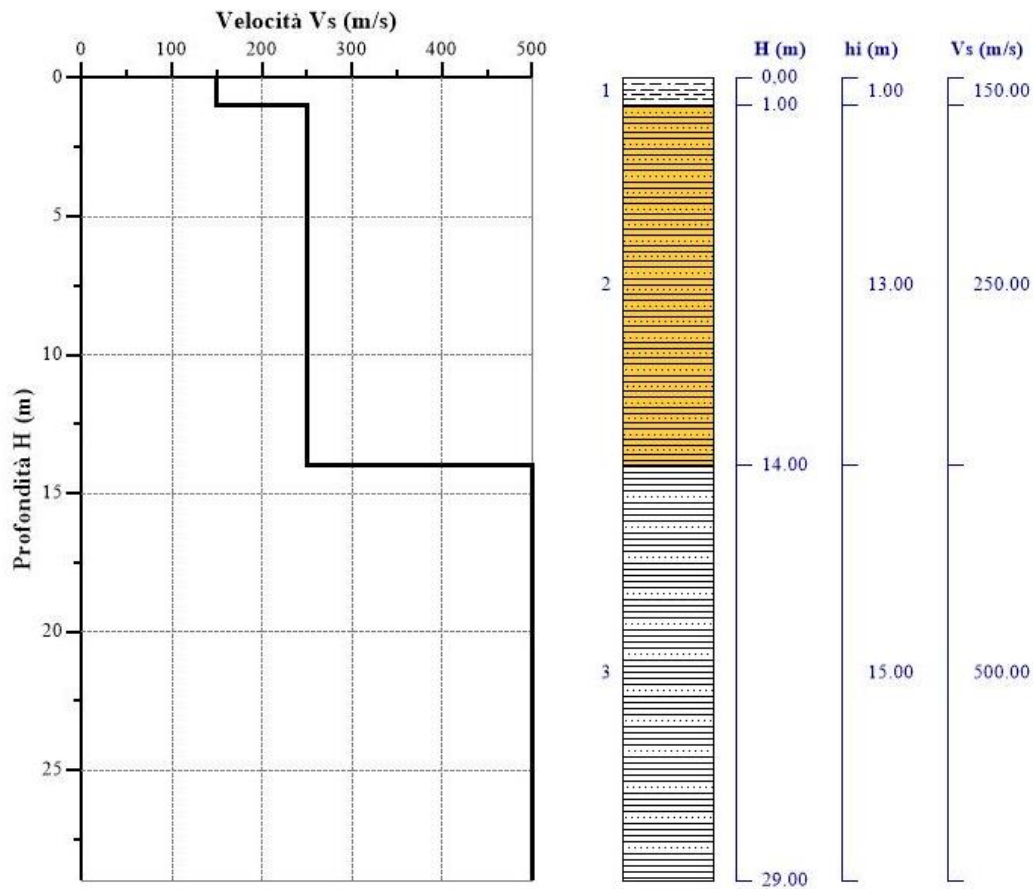


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	Vs (m/s)
1	1.00	1.00	150.00
2	14.00	13.00	250.00
3	29.00	15.00	500.00

Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato,
H = profondità, hi = spessori, Vs = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

N _i	Z _{pf} (m)	V _{s,eq} (m/s)	Categoria
1	---	437.39	B

N_i = livello, Z_{pf} = profondità del livello di fondazione.

Sondaggio DH_S36

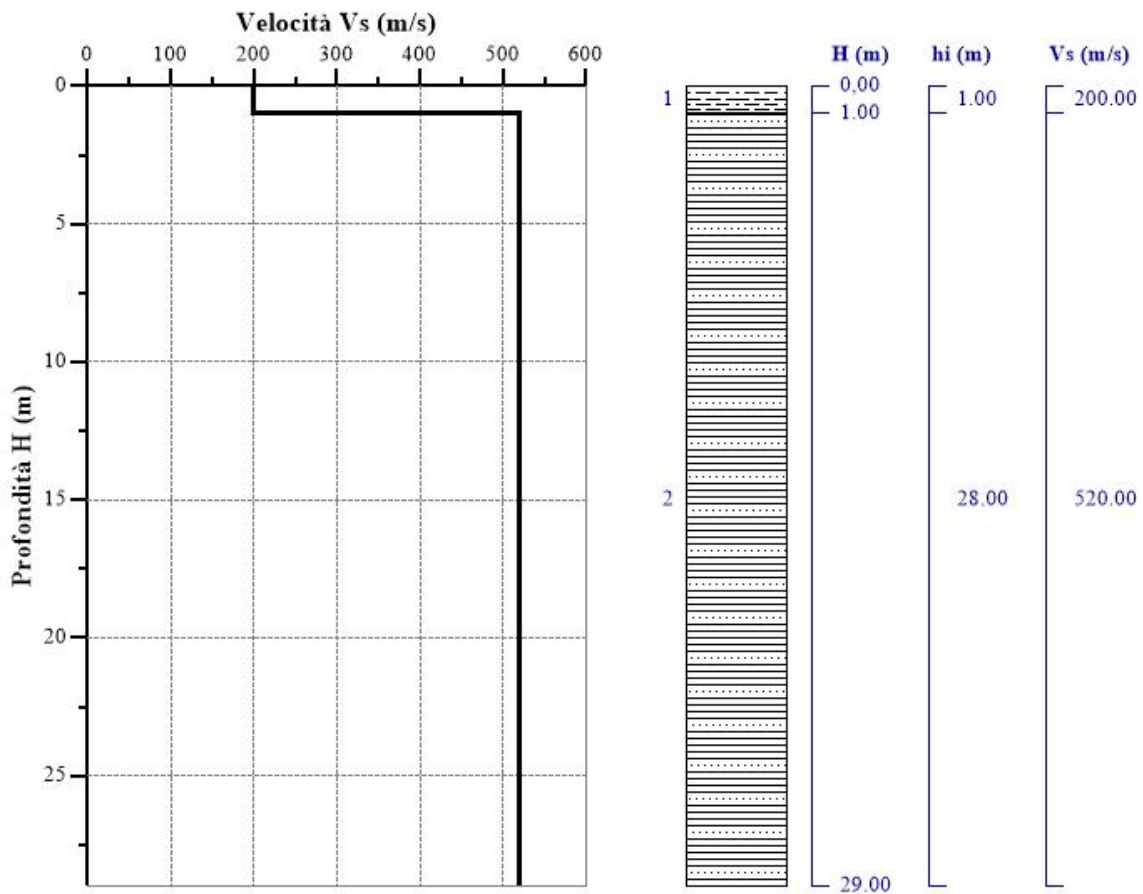


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	Vs (m/s)
1	1.00	1.00	200.00
2	29.00	28.00	520.00

Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato,
 H = profondità, hi = spessori, Vs = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

N _i	Z _{pf} (m)	V _{S,eq} (m/s)	Categoria
1	---	492.81	B

N_i = livello, Z_{pf} = profondità del livello di fondazione.

7.1.2 Prove HVSR

HVSR33

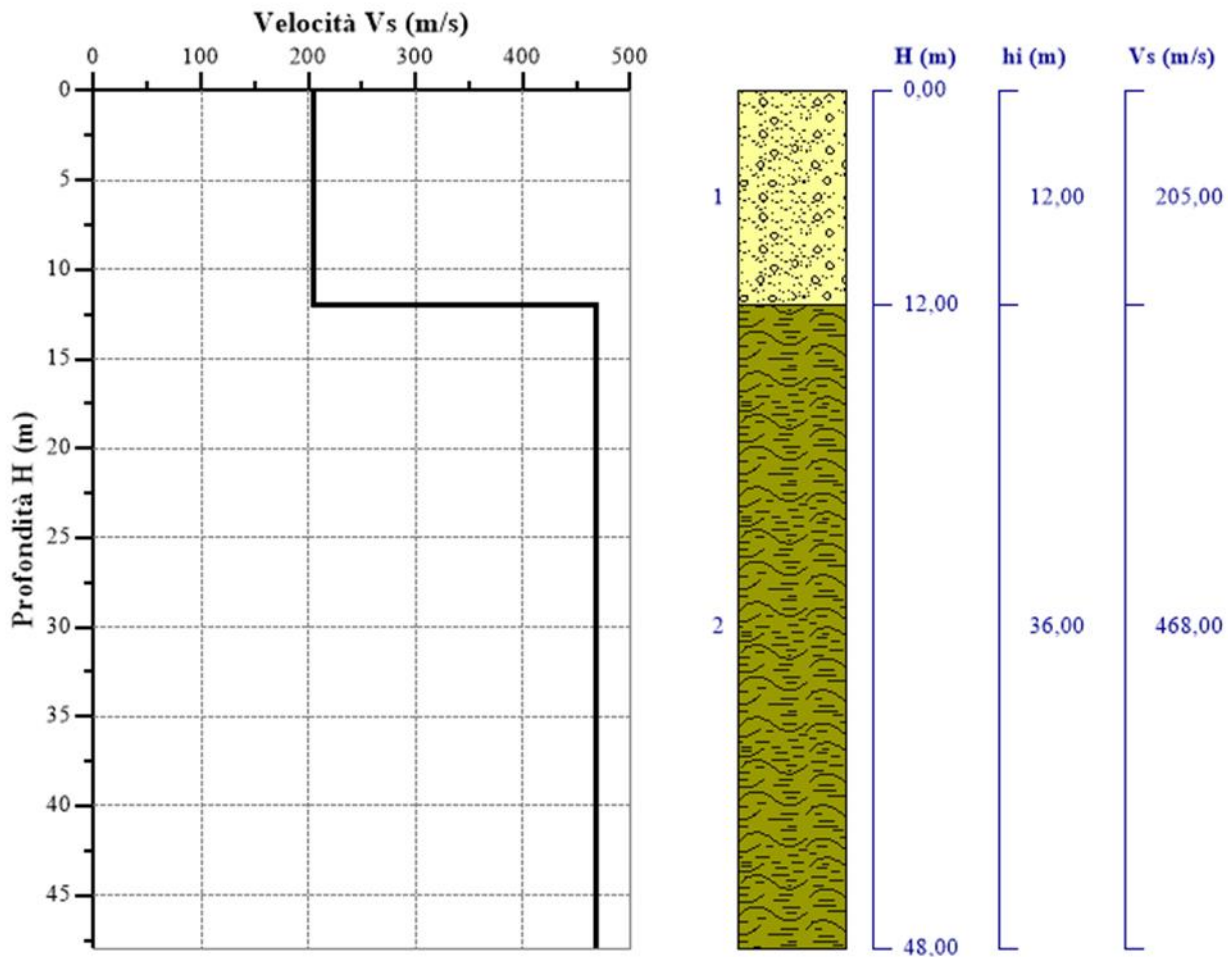


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	V_s (m/s)
1	12,00	12,00	205,00
2	48,00	36,00	468,00

N_r = numero progressivo per ciascun sismostrato,
 H = profondità, h_i = spessori, V_s = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

N_l	Z_{pf} (m)	$V_{s,eq}$ (m/s)	Categoria
1	---	309,28	C

N_l = livello, Z_{pf} = profondità del livello di fondazione.

HVSR34

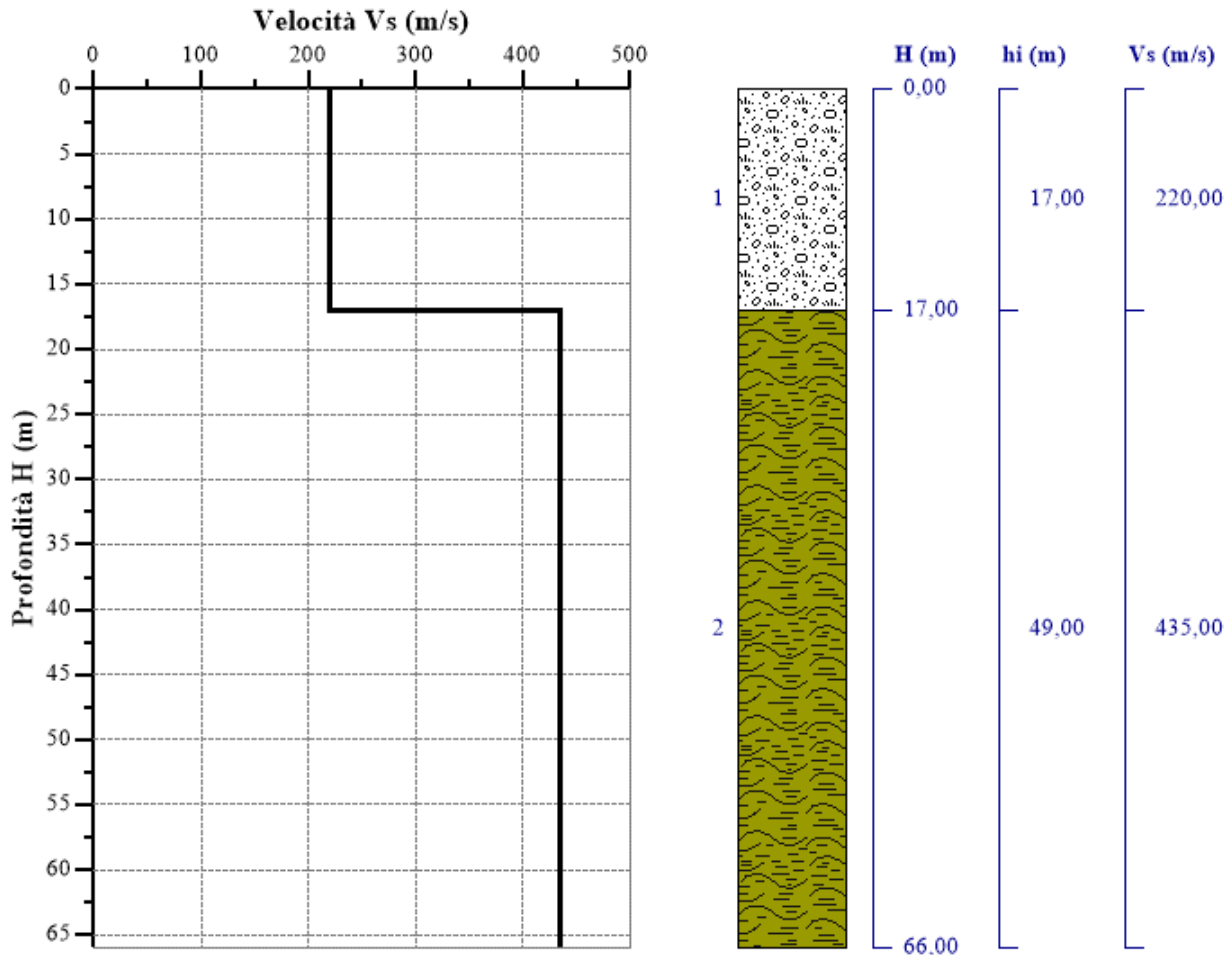


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	V_s (m/s)
1	17,00	17,00	220,00
2	66,00	49,00	435,00

N_r = numero progressivo per ciascun sismostrato,
 H = profondità, h_i = spessori, V_s = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

N_i	Z_{pf} (m)	$V_{s,eq}$ (m/s)	Categoria
1	---	279,96	C

N_i = livello, Z_{pf} = profondità del livello di fondazione.

UP62

Relazione Sismica

HVSR35

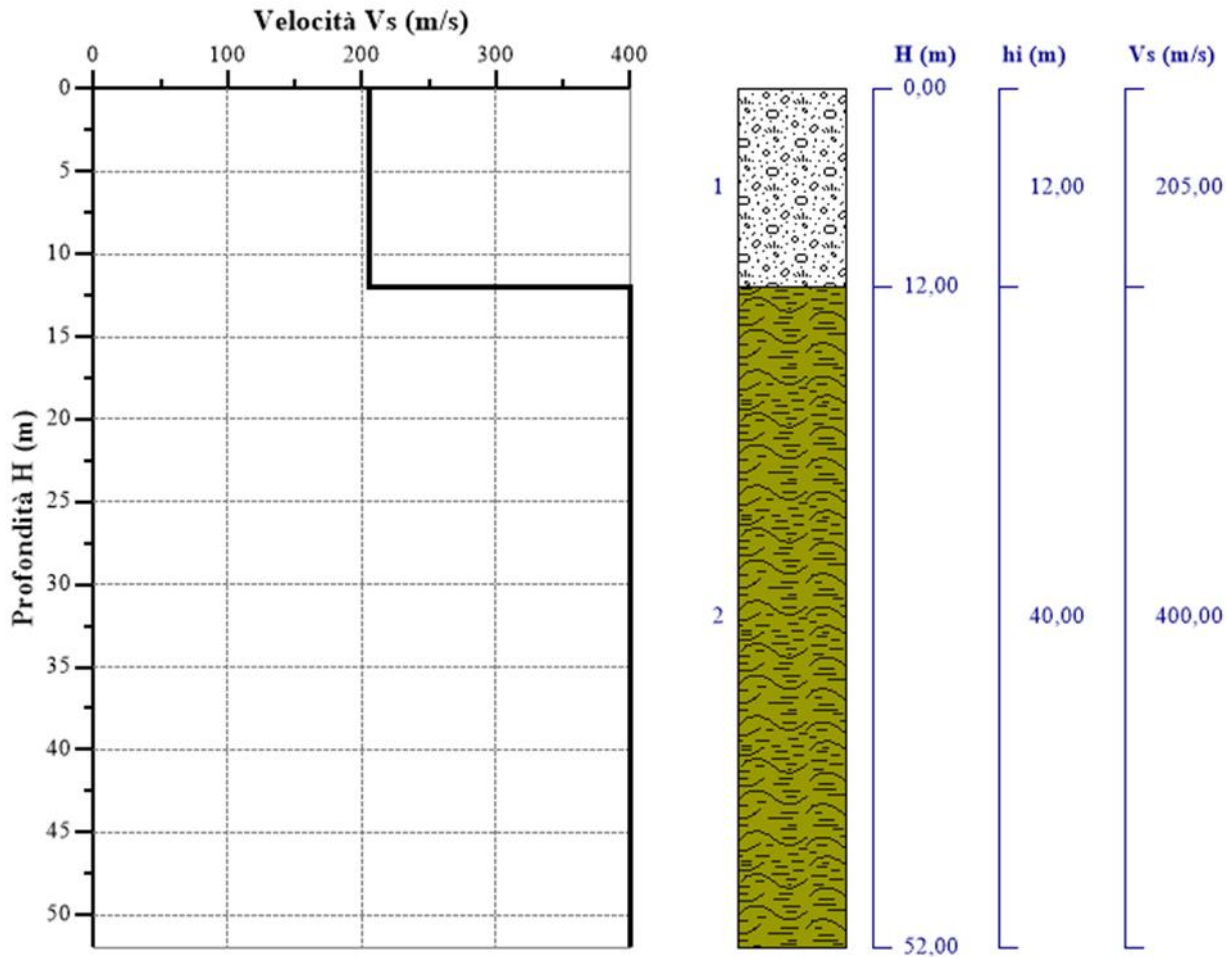


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	V _s (m/s)
1	12,00	12,00	205,00
2	52,00	40,00	400,00

*Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato,
H = profondità, hi = spessori, V_s = velocità onde di taglio.*

Tabella 2- Risultati finali.

N _i .	Z _{pf} (m)	V _{s,eq} (m/s)	Categoria
1	---	289,75	C

N_i = livello, Z_{pf} = profondità del livello di fondazione.

UP62

Relazione Sismica

HVSR36

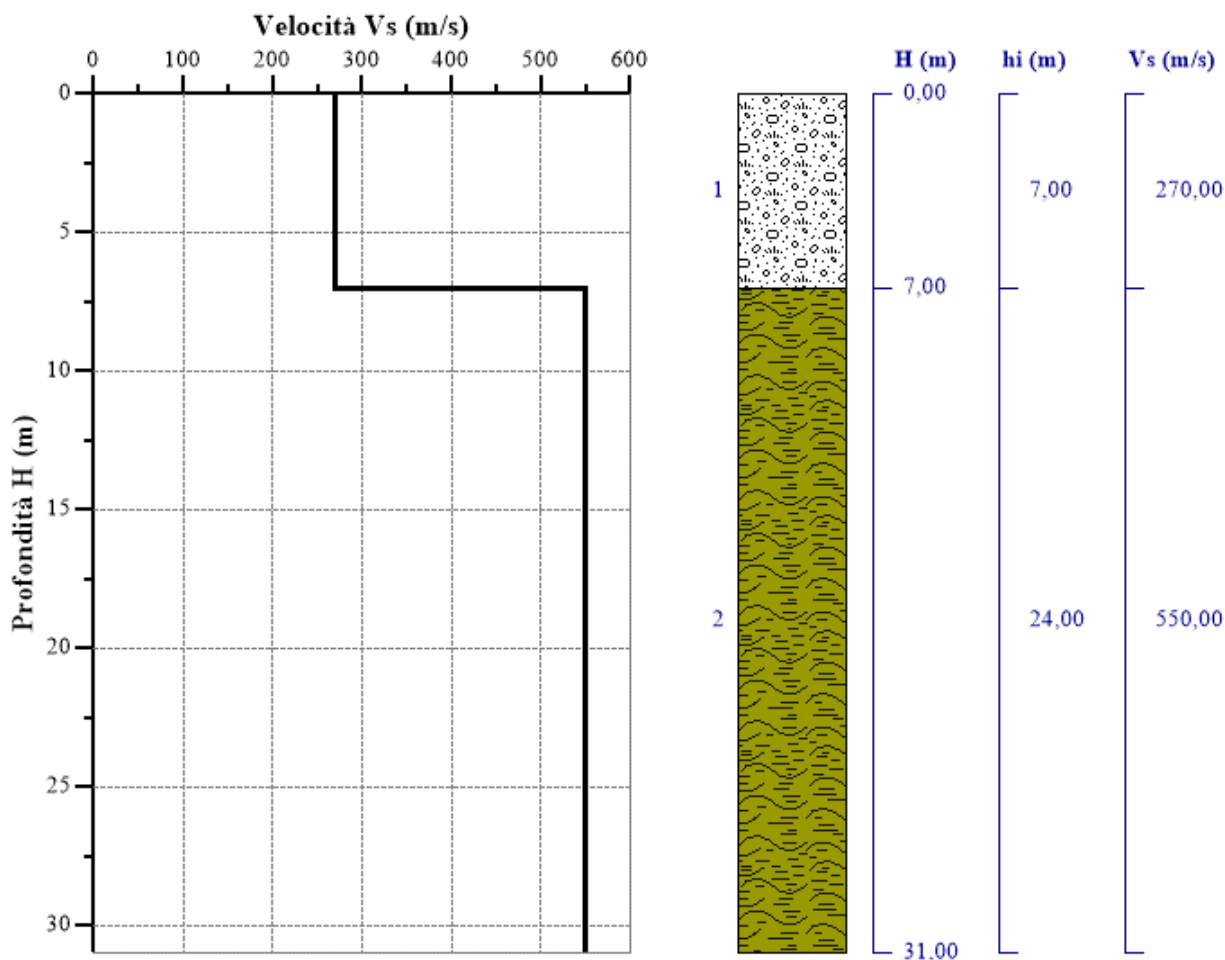


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	V_s (m/s)
1	7,00	7,00	270,00
2	31,00	24,00	550,00

N_r = numero progressivo per ciascun sismostrato,
 H = profondità, h_i = spessori, V_s = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

N_i	Z_{pf} (m)	$V_{s,eq}$ (m/s)	Categoria
1	---	442,84	B

N_i = livello, Z_{pf} = profondità del livello di fondazione.

HVSR37

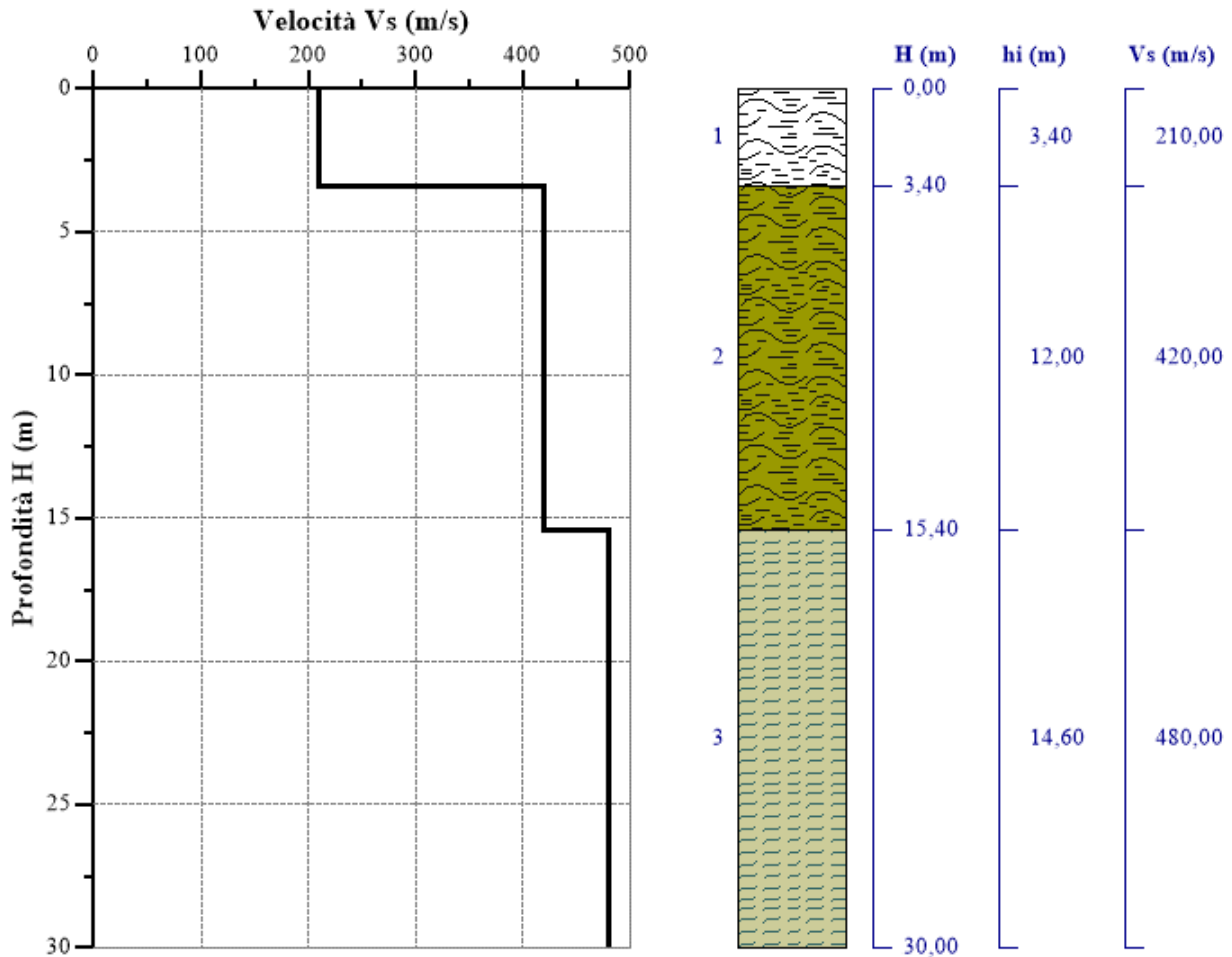


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	V _s (m/s)
1	3,40	3,40	210,00
2	15,40	12,00	420,00
3	30,00	14,60	480,00

Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato,
H = profondità, hi = spessori, V_s = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

N _i .	Z _{pf} (m)	V _{s,eq} (m/s)	Categoria
1	---	399,05	B

N_i = livello, Z_{pf} = profondità del livello di fondazione.

HVSR38

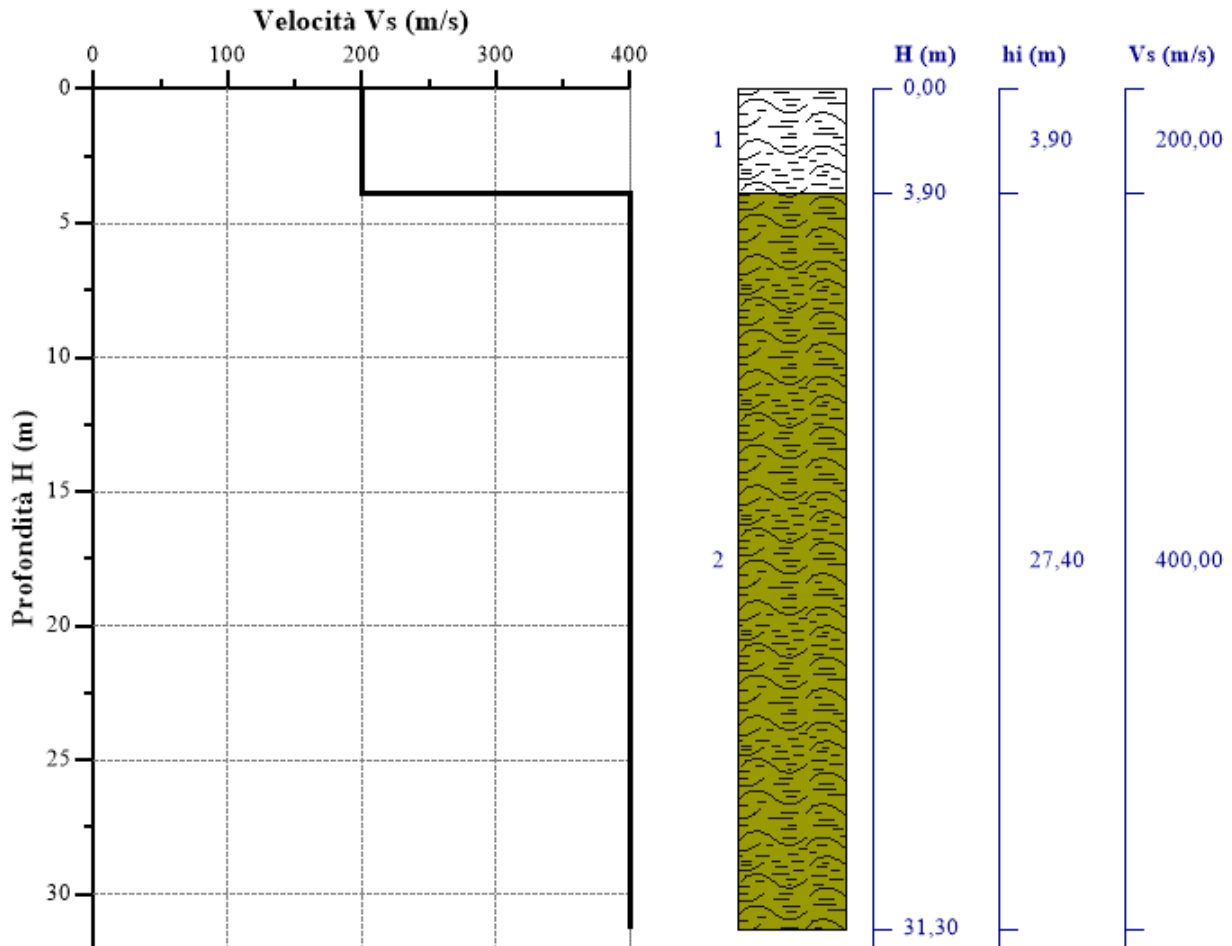


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	h _i (m)	V _s (m/s)
1	3,90	3,90	200,00
2	31,30	27,40	400,00

N_r = numero progressivo per ciascun sismostrato,
 H = profondità, h_i = spessori, V_s = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

N _i	Z _{pf} (m)	V _{s,eq} (m/s)	Categoria
1	---	353,98	C

N_i = livello, Z_{pf} = profondità del livello di fondazione.

7.1.3 Stendimenti sismici a rifrazione (LSR)

Il calcolo del V_{seq} lungo gli stendimenti è stato eseguito mediante un'analisi speditiva, concentrandosi sul punto centrale di ciascuna stesa, ricostruendo la colonnina sismostratigrafica sul geofono centrale.

LS1

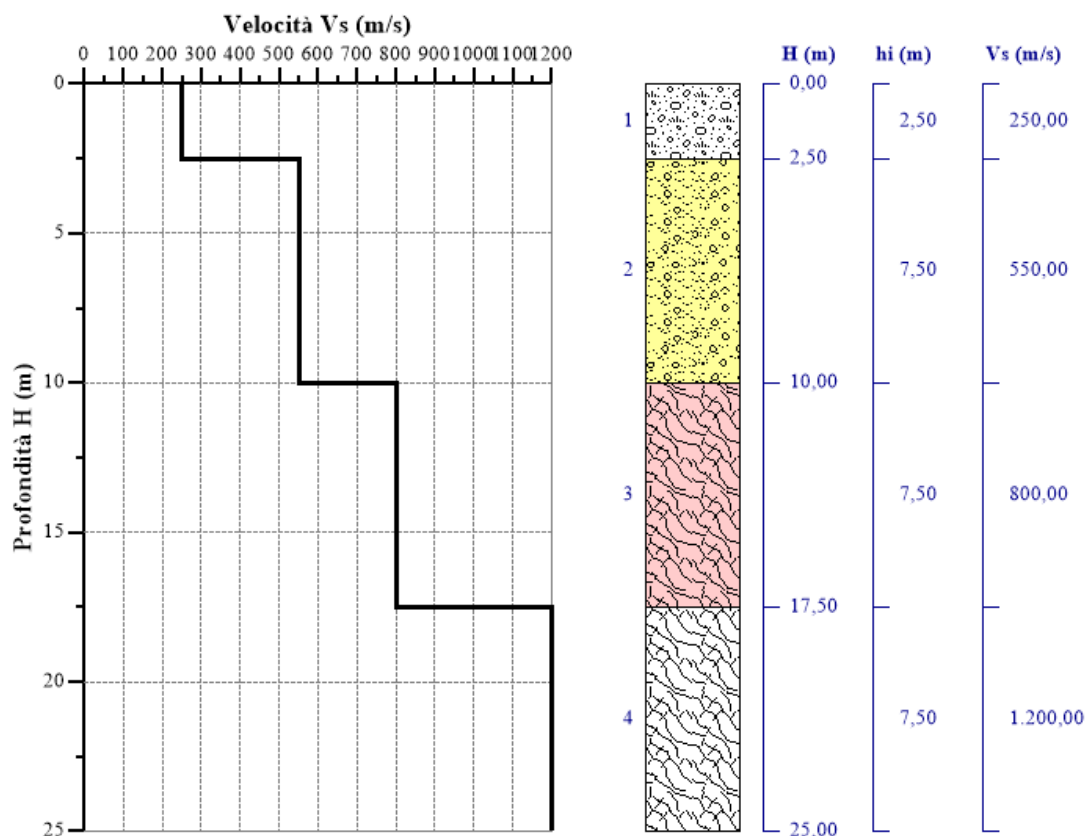


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	Vs (m/s)
1	2,50	2,50	250,00
2	10,00	7,50	550,00
3	17,50	7,50	800,00
4	25,00	7,50	1.200,00

N_r = numero progressivo per ciascun sismostrato,
 H = profondità, h_i = spessori, V_s = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

N_i	Z_{pf} (m)	$V_{s,eq}$ (m/s)	Categoria
1	---	530,12	B

N_i = livello, Z_{pf} = profondità del livello di fondazione.

UP62

Relazione Sismica

LS2

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	5	550
2	7.50	700
3	5	1100
4	7.50	950



Calcola

Profondità complessiva

25.000

m

Vs, eq

631.15

m/s

Categoria del suolo

B

LS3a

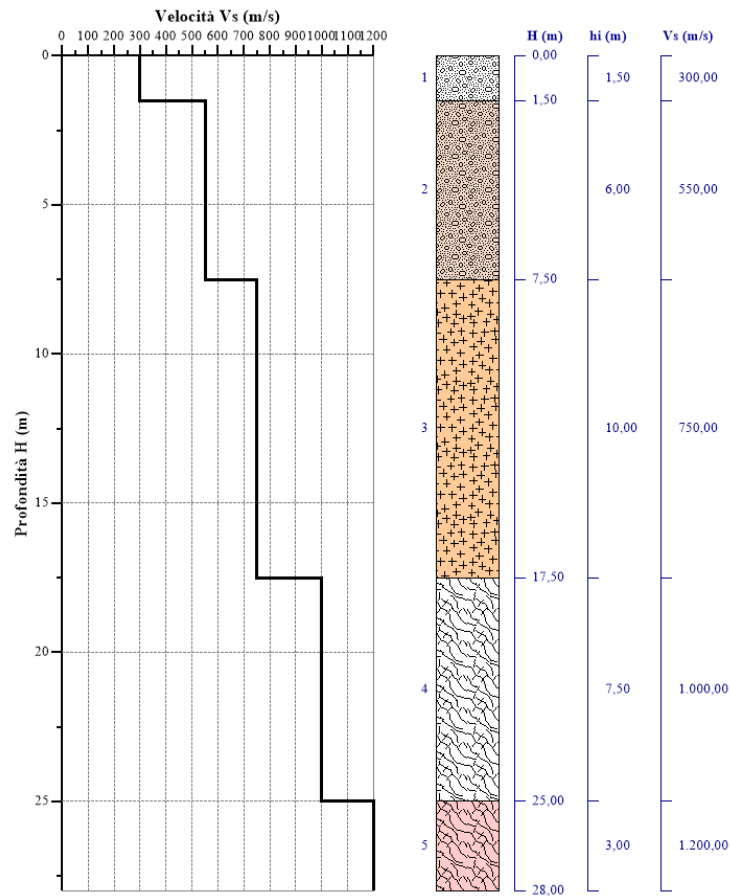


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	V _S (m/s)
1	1,50	1,50	300,00
2	7,50	6,00	550,00
3	17,50	10,00	750,00
4	25,00	7,50	1.000,00
5	28,00	3,00	1.200,00

Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato,
H = profondità, hi = spessori, V_S = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

N _i	Z _{pf} (m)	V _{S,eq} (m/s)	Categoria
1	---	598,45	B

N_i = livello, Z_{pf} = profondità del livello di fondazione.

LS3b

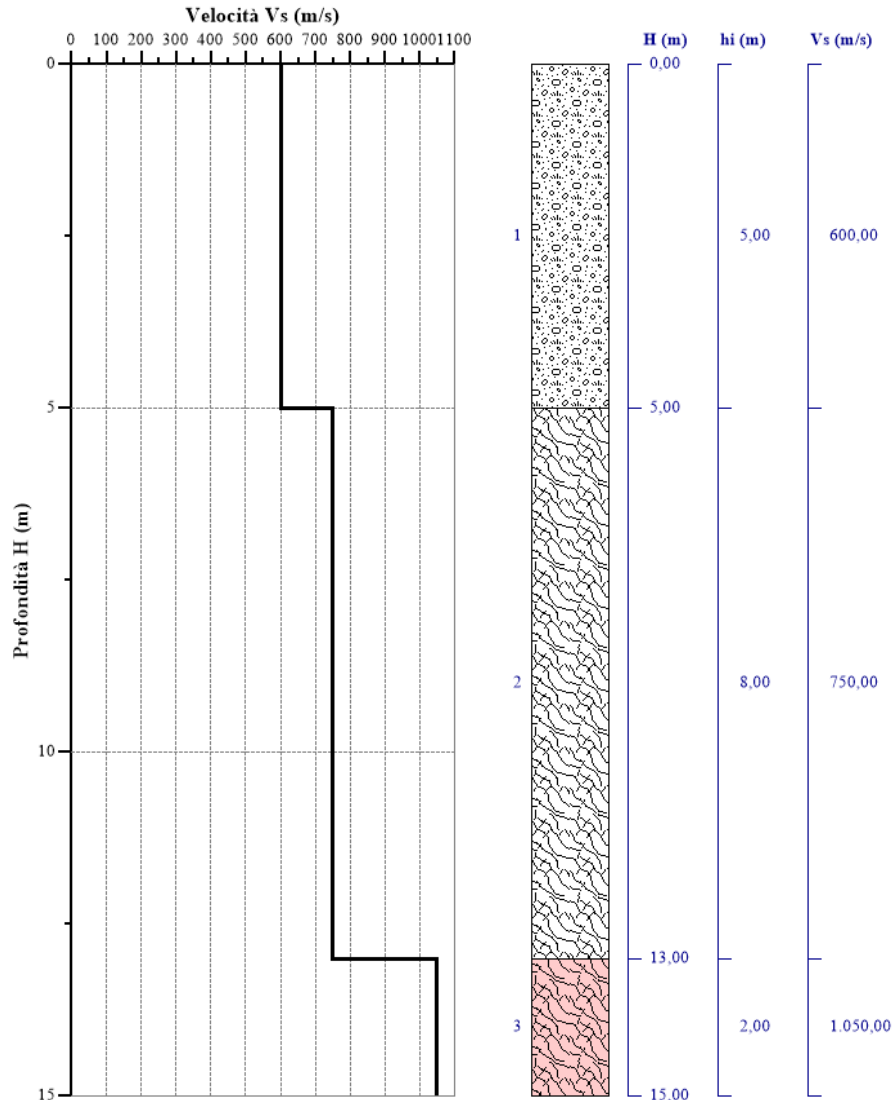


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	h_i (m)	V_s (m/s)
1	5,00	5,00	600,00
2	13,00	8,00	750,00
3	15,00	2,00	1.050,00

N_r = numero progressivo per ciascun sismostrato,
 H = profondità, h_i = spessori, V_s = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

N_i	Z_{pf} (m)	$V_{S,eq}$ (m/s)	Categoria
1	---	684,21	B

N_i = livello, Z_{pf} = profondità del livello di fondazione.

UP62

Relazione Sismica

LS3c

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	3	250
2	11	650
3	5	850
4	4	600

- +

Calcola

Profondità complessiva

23.000 m

Vs, eq

484.04 m/s

Categoria del suolo

B

UP62

Relazione Sismica

LS4a

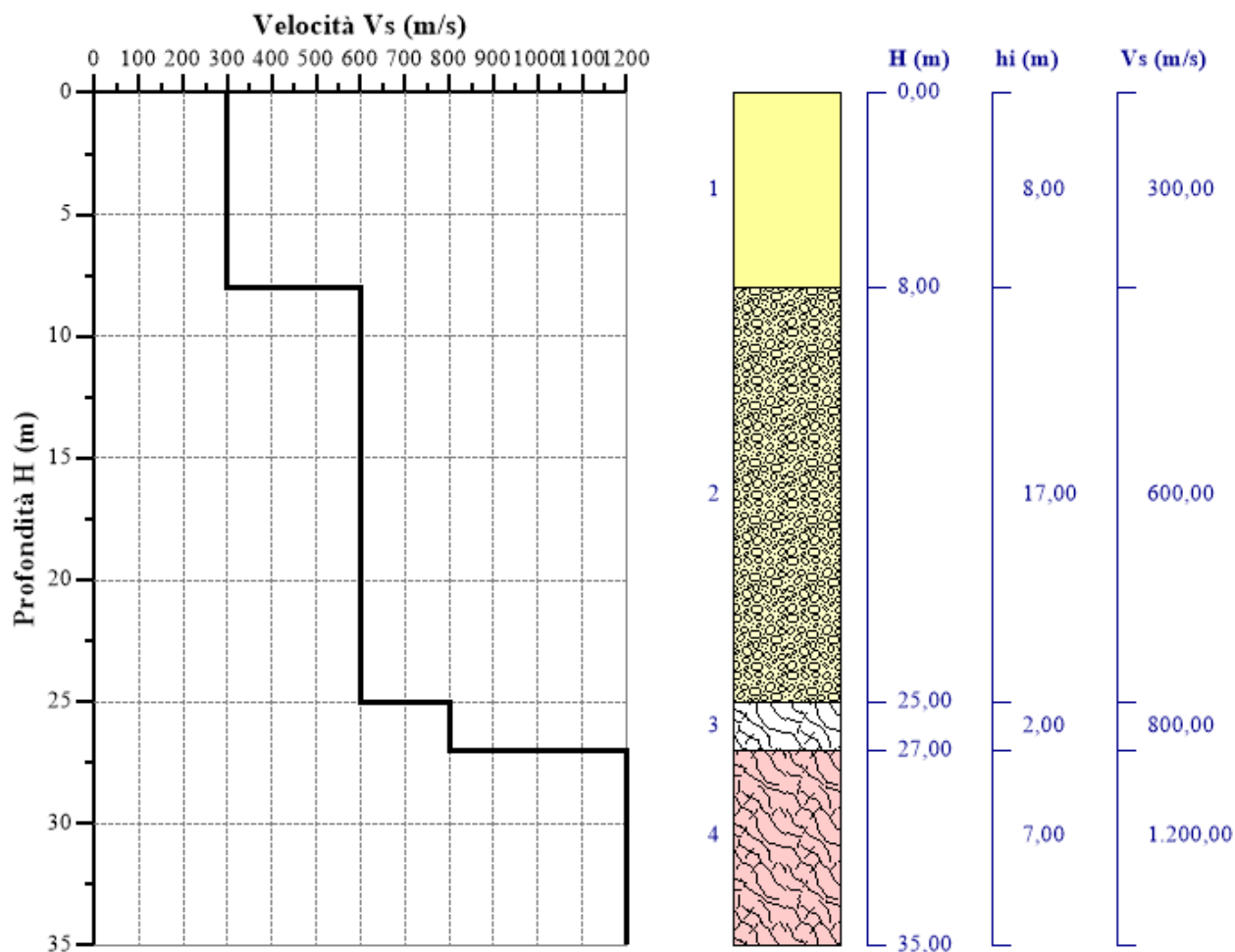


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	V_s (m/s)
1	8,00	8,00	300,00
2	25,00	17,00	600,00
3	27,00	2,00	800,00
4	35,00	7,00	1.200,00

N_r = numero progressivo per ciascun sismostrato,
 H = profondità, h_i = spessori, V_s = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

N_i	Z_{pf} (m)	$V_{s,eq}$ (m/s)	Categoria
1	---	469,57	B

N_i = livello, Z_{pf} = profondità del livello di fondazione.

UP62

Relazione Sismica

LS4b

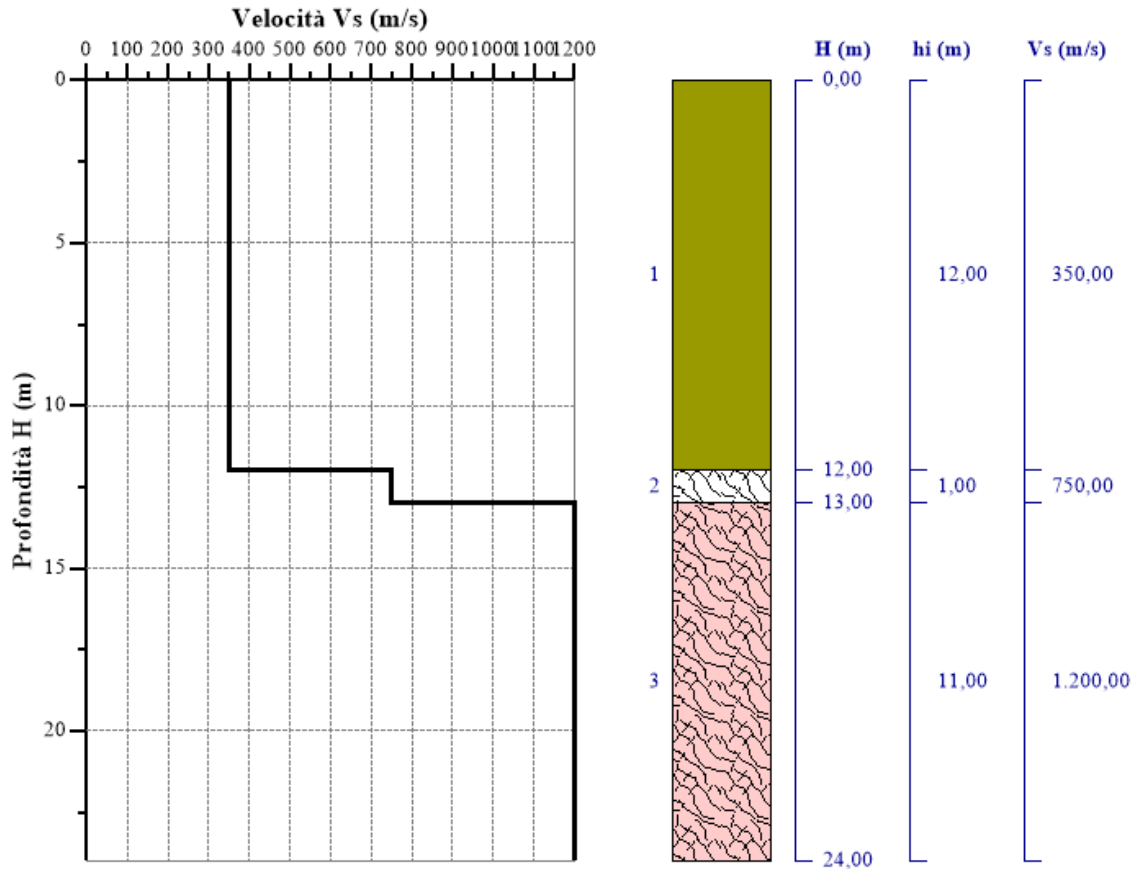


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	Vs (m/s)
1	12,00	12,00	350,00
2	13,00	1,00	750,00
3	24,00	11,00	1.200,00

Nr = numero progressivo per ciascun sismostrato,
 H = profondità, hi = spessori, Vs = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

Ni.	Zpf (m)	Vs,eq (m/s)	Categoria
1	---	364,97	B

Ni = livello, Zpf = profondità del livello di fondazione.

LS4c

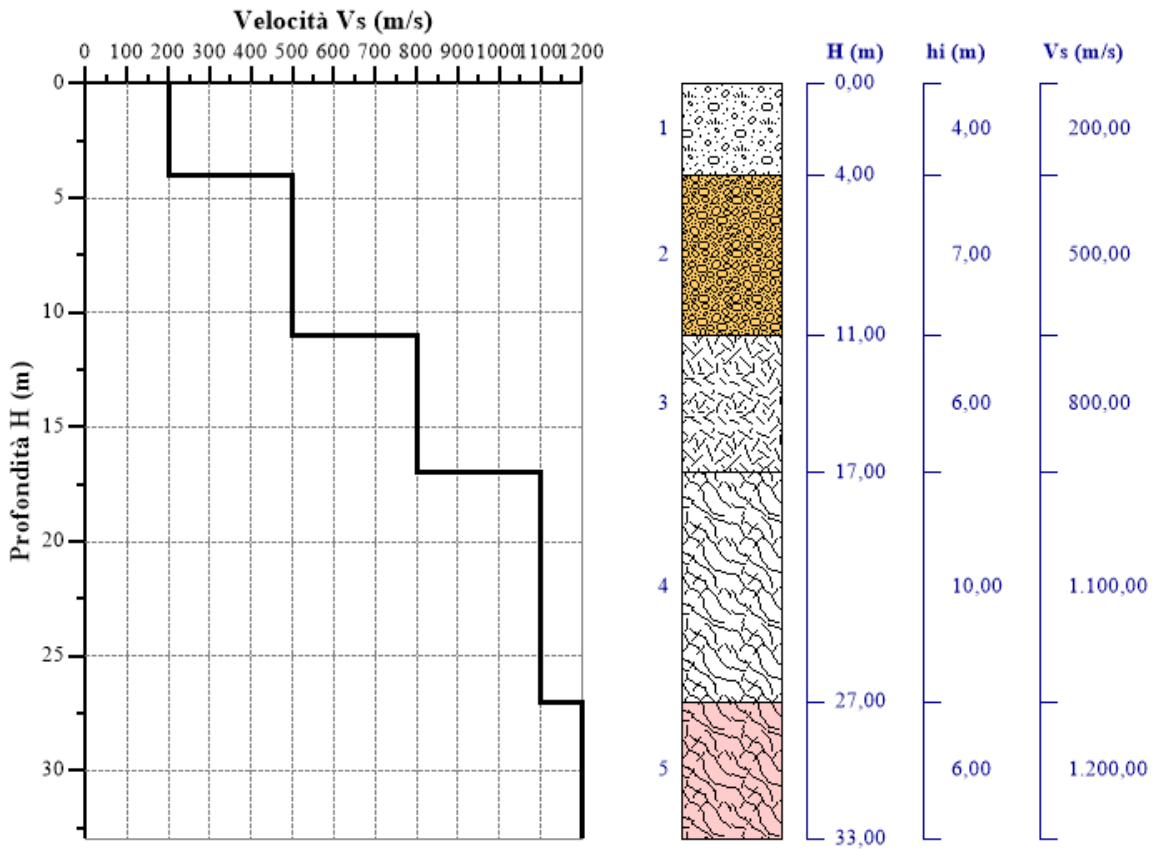


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	V_s (m/s)
1	4,00	4,00	200,00
2	11,00	7,00	500,00
3	17,00	6,00	800,00
4	27,00	10,00	1.100,00
5	33,00	6,00	1.200,00

N_r = numero progressivo per ciascun sismostrato,
 H = profondità, h_i = spessori, V_s = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

N_i	Z_{pf} (m)	$V_{s,eq}$ (m/s)	Categoria
1	---	409,64	B

N_i = livello, Z_{pf} = profondità del livello di fondazione.

UP62

Relazione Sismica

LS4d

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	6	250
2	5	500
3	6	750
4	7	700

- +

Calcola

Profondità complessiva

24.000

m

Vs, eq

461.54

m/s

Categoria del suolo

B

LS4e

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	2	650
2	9	750
3	9	500
4	5	700

- +

Calcola

Profondità complessiva

25.000

m

Vs, eq

621.58

m/s

Categoria del suolo

B

UP62

Relazione Sismica

LS4f

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	2	300
2	3	420
3	7	650
4	2	550
5	4	450
6	3	550
7	7	700



Calcola

Profondità complessiva

28.000

m

Vs, eq

532.74

m/s

Categoria del suolo

B

LS5

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	2	350
2	3	500
3	7	600
4	8	500
5	9	650



Calcola

Profondità complessiva

29.000

m

Vs, eq

544.84

m/s

Categoria del suolo

B

UP62

Relazione Sismica

LS6

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	3	200
2	3	300
3	6	420
4	8	350
5	8	450
6	2	550



Calcola

Profondità complessiva

30.000

m

Vs, eq

359.04

m/s

Categoria del suolo

C

UP62

Relazione Sismica

LS7

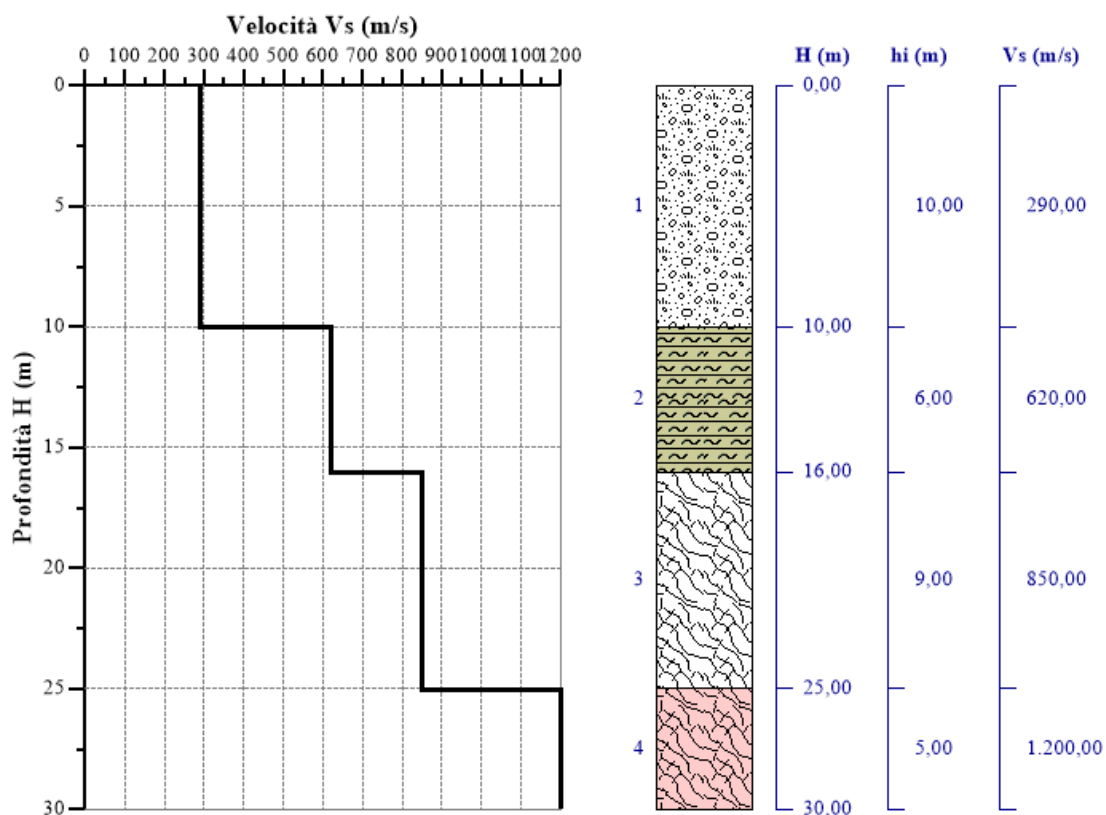


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	Vs (m/s)
1	10,00	10,00	290,00
2	16,00	6,00	620,00
3	25,00	9,00	850,00
4	30,00	5,00	1.200,00

N_r = numero progressivo per ciascun sismostrato,
 H = profondità, h_i = spessori, V_s = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

N_i	Z_{pf} (m)	$V_{S,eq}$ (m/s)	Categoria
1	---	362,32	B

N_i = livello, Z_{pf} = profondità del livello di fondazione.

LS8

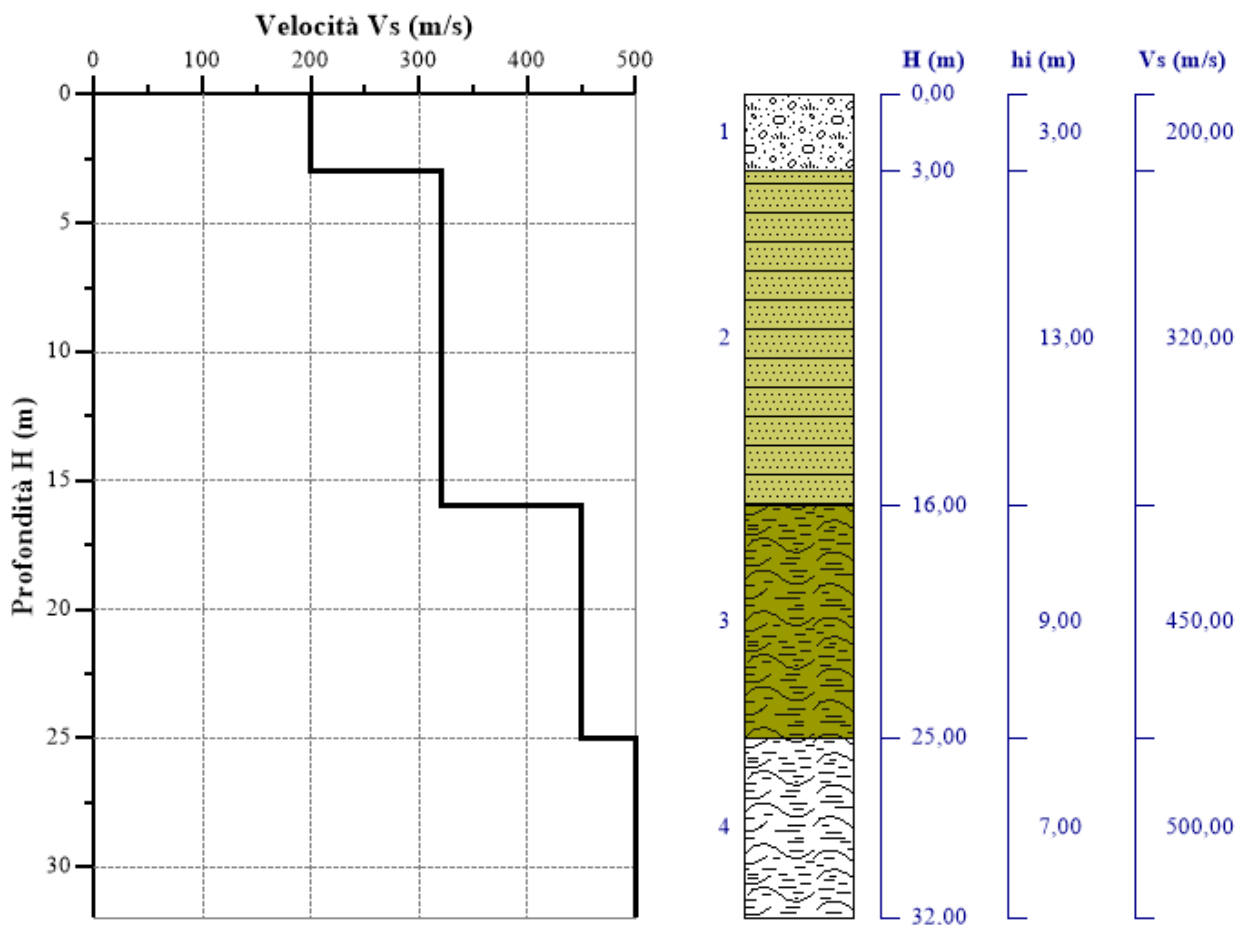


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	h_i (m)	V_s (m/s)
1	3,00	3,00	200,00
2	16,00	13,00	320,00
3	25,00	9,00	450,00
4	32,00	7,00	500,00

N_r = numero progressivo per ciascun sismostrato,
 H = profondità, h_i = spessori, V_s = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

N_i	Z_{pf} (m)	$V_{s,eq}$ (m/s)	Categoria
1	---	350,36	C

N_i = livello, Z_{pf} = profondità del livello di fondazione.

UP62

Relazione Sismica

LS9

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	2	200
2	2	400
3	3	600
4	5	750
5	2	700
6	12	550
7	4	600

- +

Calcola

Profondità complessiva

30.000 m

Vs, eq

517.16 m/s

Categoria del suolo

B

LS10b

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	2	200
2	4	350
3	7	500
4	7	400
5	7	550

- +

Calcola

Profondità complessiva

27.000 m

Vs, eq

411.24 m/s

Categoria del suolo

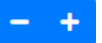
B

UP62

Relazione Sismica

LS11

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	3	200
2	3	400
3	3	550
4	4	650
5	5	550
6	20	700



Calcola

Profondità complessiva

38.000 m

Vs, eq

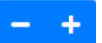
497.16 m/s

Categoria del suolo

B

LS12

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	4	200
2	3	350
3	7	450
4	3	400
5	3	500
6	6	650



Calcola

Profondità complessiva

26.000 m

Vs, eq

388.89 m/s

Categoria del suolo

B

UP62

Relazione Sismica

Ls13

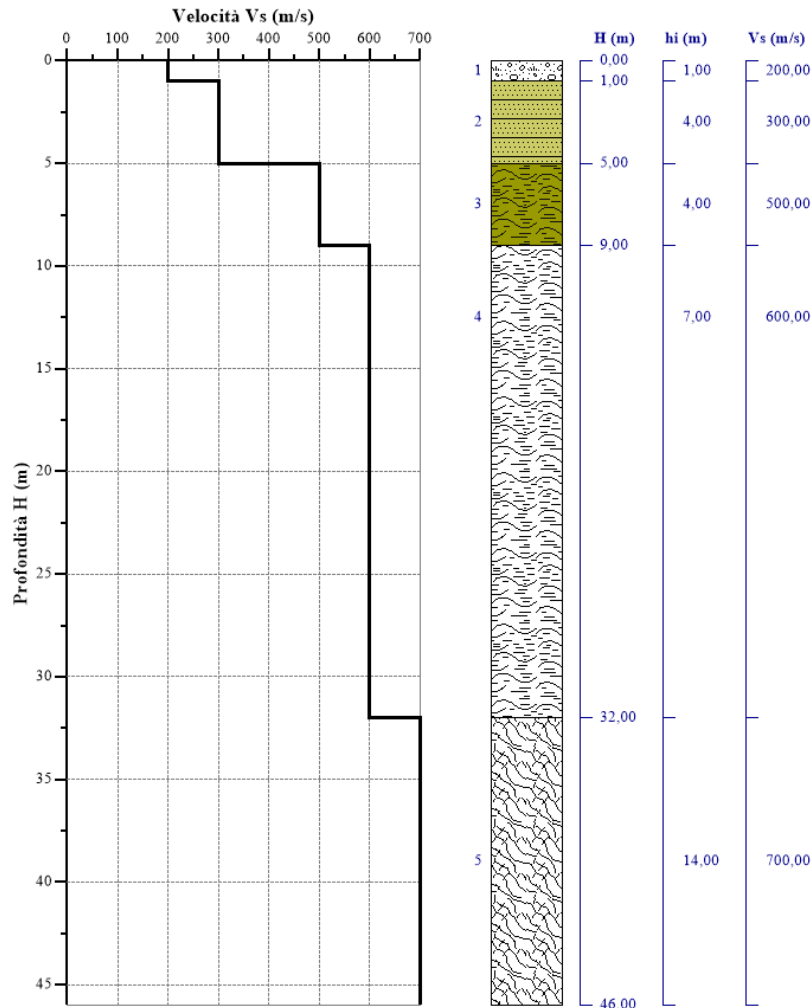


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	V_s (m/s)
1	1,00	1,00	200,00
2	5,00	4,00	300,00
3	9,00	4,00	500,00
4	32,00	7,00	600,00
5	46,00	14,00	700,00

N_r = numero progressivo per ciascun sismostrato,
 H = profondità, h_i = spessori, V_s = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

N_i	Z_{pf} (m)	$V_{s,eq}$ (m/s)	Categoria
1	---	489,13	B

N_i = livello, Z_{pf} = profondità del livello di fondazione.

UP62

Relazione Sismica

LS14

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	3	200
2	3	350
3	4	430
4	8	360
5	2	420
6	9	560

- +

Calcola

Profondità complessiva

29.000 m

Vs, eq

381.93 m/s

Categoria del suolo

B

LS15

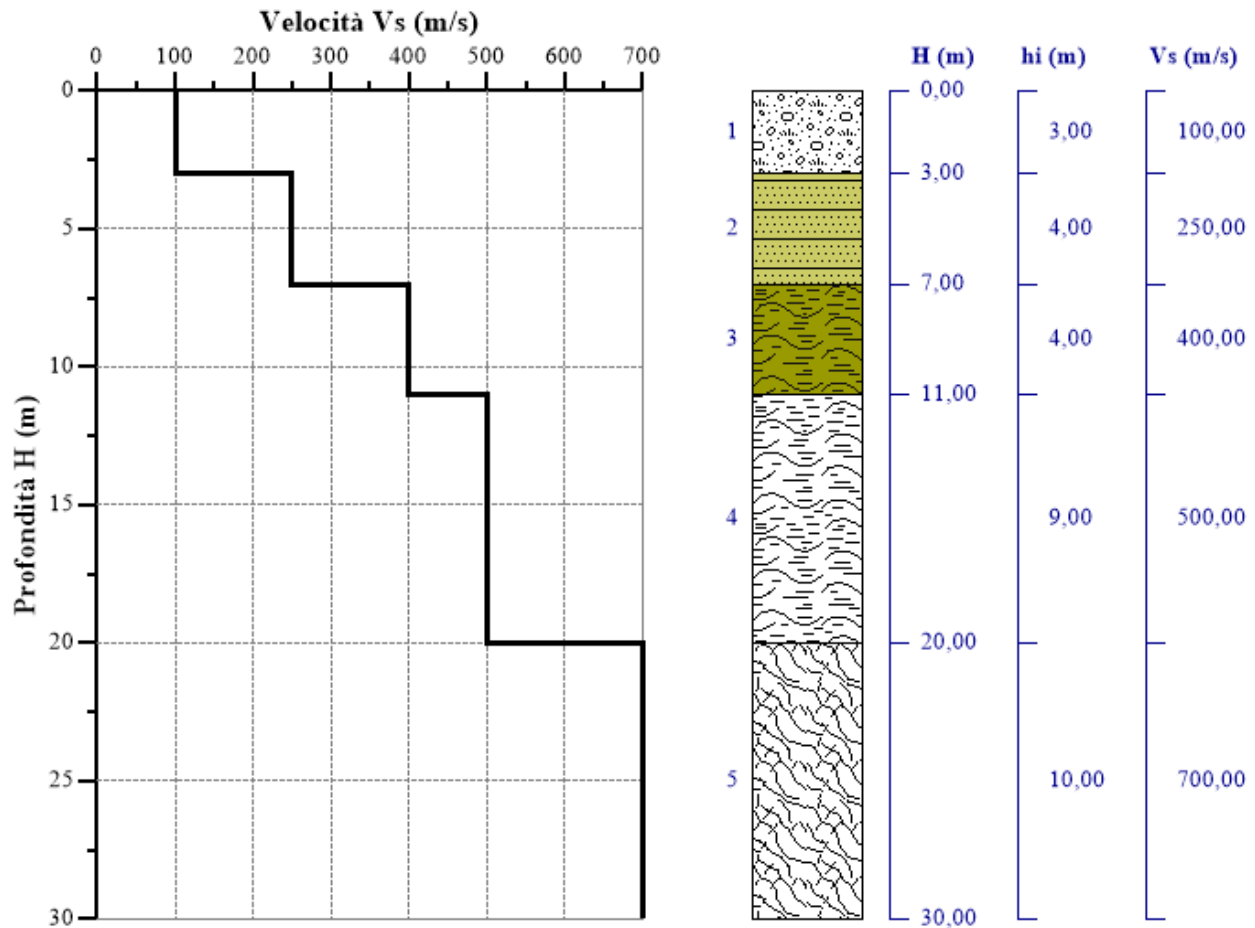


Tabella 1- Valori utilizzati di riferimento.

Nr.	H (m)	hi (m)	V_s (m/s)
1	3,00	3,00	100,00
2	7,00	4,00	250,00
3	11,00	4,00	400,00
4	20,00	9,00	500,00
5	30,00	10,00	700,00

N_r = numero progressivo per ciascun sismostrato,
 H = profondità, h_i = spessori, V_s = velocità onde di taglio.

Tabella 2- Risultati finali.

N_i	Z_{pf} (m)	$V_{s,eq}$ (m/s)	Categoria
1	---	339,81	C

N_i = livello, Z_{pf} = profondità del livello di fondazione.

UP62

Relazione Sismica

LS16a

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	1	100
2	3	250
3	2	350
4	2	450
5	3	400
6	4	470
7	14	600

- +

Calcola

Profondità complessiva

29.000

m

Vs, eq

405.58

m/s

Categoria del suolo

B

LS17

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	2	230
2	2	400
3	6	550
4	4	400
5	13	480

- +

Calcola

Profondità complessiva

27.000

m

Vs, eq

437.69

m/s

Categoria del suolo

B

UP62

Relazione Sismica

LS18

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	1	200
2	2	300
3	5	450
4	3	350
5	3	270
6	2	350
7	1	500
8	7	600

- +

Calcola

Profondità complessiva

24.000

m

Vs, eq

388.09

m/s

Categoria del suolo

B

LS19

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	2	200
2	5	320
3	5	420
4	2	380
5	2	450
6	10	600

- +

Calcola

Profondità complessiva

26.000

m

Vs, eq

406.86

m/s

Categoria del suolo

B

I valori di V_{seq} ricavati dalle prove sismiche effettuate identificano per il tracciato di progetto un sottosuolo ascrivibile per la maggior parte della sua estensione alla categoria di tipo B. Tuttavia vi sono alcune opere e porzioni di tracciato ricadenti nella categoria C. Ciò comporta una zonazione del tracciato per categoria di sottosuolo, andando a identificare le opere ricadenti nella categoria di sottosuolo più gravosa.

Per i dettagli sulla classificazione sismica del territorio si rimanda all'elaborato *TOOGEOGEOCS01-03 "CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO"*.

Ciò che emerge dalla zonazione è che le seguenti tratte ricadono tutte in categoria C:

- Da progr. 3+680 a progr. 4+420. All'interno di questo intervallo ricade l'opera VI03 – Viadotto Fondovilla;
- Da progr. 4+640 a progr. 4+840. All'interno di questo intervallo ricade l'opera VI04 – Viadotto Segretaria;
- Da progr. 11+840 a progr. 14+020. All'interno di questo intervallo ricadono le opere VI12 – Cosa di Volpe, GA06 – Amari, VI13 – Recupero.

7.2 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA: CATEGORIA TOPOGRAFICA

La morfologia superficiale riveste un'importanza determinante sull'amplificazione sismica di sito come dimostrano i rilevanti danni strutturali rilevati in corrispondenza di elementi morfologici come i rilievi, le scarpate o i canyon.


Dal punto di vista ingegneristico l'amplificazione topografica del moto sismico interessa la valutazione del rischio sismico di numerosi centri storici edificati su rilievi, di manufatti in terra (rilevati, argini e dighe), di importanti opere come ponti e dighe nonché di pendii naturali e artificiali. Possiamo distinguere tre configurazioni d'interesse: cresta, scarpata e canyon.

La situazione tipo rupe per piccole estensioni della larghezza in cresta può essere ricondotta al caso di rilievo isolato mentre per larghezze maggiori tende al caso limite di scarpata. Secondo la più recente revisione delle Norme Tecniche in vigore, per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le susposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

S.S. 121 "Catanesi" Itinerario Palermo-Agrigento Tratto A PALERMO-BOLOGNETTA.		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

In funzione delle categorie topografiche definite nella Tab. 3.2.III delle NTC 2018 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento è così possibile definire il coefficiente di amplificazione topografica

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4


La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove S_T assume il valore massimo riportato nella NTC 2018 – Tab. 3.2.V, fino alla base, dove S_T assume valore unitario.

Il tracciato per la maggior parte della sua estensione non ricade su morfologie complesse, attraversando principalmente piane alluvionali e pendii con inclinazione media minore di 15°, facendo ricadere il tracciato, in quasi la sua totalità, in categoria T1.

Fanno eccezione alcune opere ricadenti in prossimità di sommità di pendii con inclinazioni medie maggiori di 15° e quindi ricadenti in categoria topografica T2.

Tali opere verranno elencate di seguito:

- Viadotto VI02_ELEUT-1;
- Galleria Naturale GN02-CANNITA;
- Viadotto VI03-FONDOVILLA;

S.S. 121 "Catanesa" Itinerario Palermo-Agrigento Tratto A PALERMO-BOLOGNETTA.		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

– Viadotto VI04–SEGRETARIA.

7.3 Magnitudo di riferimento

Sulla base delle originali elaborazioni relative alla definizione delle sorgenti sismogenetiche (DISS2.0–2001) è stato elaborato un modello sintetico che descrive la localizzazione delle sorgenti di futuri terremoti, la magnitudo massima che questi potranno raggiungere ed i rate di sismicità attesa zona per zona. Questo modello, che si pone come base per la redazione della carta di pericolosità sismica è rappresentato dalla mappa delle zone sismogenetiche ZS9 (Meletti & Valensise, 2004).

In base alla zonazione sismogenetica ZS9 del territorio nazionale, la sismicità in Italia può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una legge di ricorrenza della magnitudo, espressa in termini di magnitudo momento Mw.

Nel caso di siti che ricadono al di fuori di tali zone si dovrà eseguire un'analisi accoppiata magnitudo distanza per il calcolo del valore di magnitudo in relazione alla distanza minima di ogni sito dalle zone sismogenetiche circostanti.

Il territorio in oggetto ricade all'interno della zona sismogenetica 933.

Di seguito verrà riportata una tabella di sintesi del numero di eventi, della magnitudo massima e della profondità delle classi sismogenetiche sopracitate:

Tabella 7-1 – Magnitudo di riferimento delle ZS9 della Sicilia


Zona	N. eventi Md ≥ 2.0	N. eventi Md ≥ 2.5	N. eventi Md ≥ 3.0	Magnitudo Md Max	Classe di Profondità	Profondità efficace (Km)
932	277	194	55	6.14	12 - 20	13
933	413	162	44	6.14	8 - 12	10
934	8	6	3	6.14	8 - 12	10
935	43	34	6	7.29	12 - 20	13
936	374	283	67	5.45	1 - 5	3

Pertanto risulta necessaria l'analisi magnitudo-distanza in riferimento a tali zone sismogenetiche. In particolare, si verifica per ciascuna zona se la magnitudo della zona sismogenetica $M_w(i)$ è inferiore o superiore alla magnitudo $M_s(i)$ fornita dalla seguente relazione:

$$M_{s(i)} = 1 + 3 \cdot \log(R_i) \quad (\text{Aiello E., 2014})$$

dove R_i è la minima distanza del sito dalla zona sismogenetica i .

Nel caso in oggetto, l'area di studio ricade all'interno della zona sismogenetica 933, pertanto può essere definita la seguente magnitudo di riferimento $M_{max}=6.14$.

S.S. 121 "Catanesa" Itinerario Palermo-Agrigento Tratto A PALERMO-BOLOGNETTA.		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

8 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Ai fini delle NTC, l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali (X e Y) e una verticale (Z) da considerare tra di loro indipendenti e ortogonali. Nelle Zone 3 e 4 la componente verticale non viene considerata. Le due componenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta o dalle due componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico. Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore dell'accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R . Quale che sia la probabilità di superamento nel periodo di riferimento considerata, lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali è definito dalle espressioni seguenti:

$$0 \leq T \leq T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot [T/T_B + (1/\eta \cdot F_0) \cdot (1 - T/T_B)]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$


$$T_C \leq T \leq T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot (T_C/T)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot (T_C T_D / T^2)$$

dove:

T periodo di vibrazione

S_e accelerazione spettrale orizzontale

S.S. 121 "Catanesa" Itinerario Palermo-Agrigento Tratto A PALERMO-BOLOGNETTA.		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

S coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione: $S = SS \cdot ST$

η fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5% mediante la relazione: $\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0.55$, dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione

TC periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante:


$$TC = CC \cdot TC *$$

TB periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante:

$$TB = TC / 3$$

TD periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante, espresso in secondi mediante la relazione: $TD = 4.0 \cdot (ag/g) + 1.6$

Per le componenti orizzontali del moto e per le categorie di sottosuolo di fondazione definite al punto 3.2.2 del D.M. 20/02/2018, la forma spettrale su sottosuolo di categoria C è modificata attraverso il coefficiente stratigrafico SS, il coefficiente topografico ST e il coefficiente CC che modifica il valore del periodo TC.

S.S. 121 "Catanesa" Itinerario Palermo-Agrigento Tratto A PALERMO-BOLOGNETTA.		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

8.1 SPETTRI SISMICI DI RISPOSTA LOCALE

Ai fini del calcolo degli spettri sismici NTC di progetto, si è operato assumendo i seguenti parametri come dati di input del software di calcolo di GeoStru:

8.1.1 Maglia 1

All'interno di questa maglia ricadono le opere classificate con categoria topografica T2, pertanto verranno calcolati gli spettri per le categorie topografiche T1 e T2.

Classe d'uso: IV. Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Vita nominale (Vn): 50 anni

Categoria sottosuolo: B – C

Categoria topografica: T1 – T2

Periodo di riferimento: 100 anni

Coefficiente cu: 2

Tabella 8-1 - Coefficienti sismici calcolati con categoria topografica T1 e categoria sottosuolo B

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,440	1,000	0,017	0,008	0,824	0,200
SLD	1,200	1,430	1,000	0,022	0,011	1,090	0,200
SLV	1,180	1,390	1,000	0,076	0,038	2,658	0,280
SLC	1,110	1,380	1,000	0,090	0,045	3,153	0,280

Tabella 8-2 - Coefficienti sismici calcolati con categoria topografica T1 e categoria sottosuolo C

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,640	1,000	0,021	0,010	1,029	0,200
SLD	1,500	1,620	1,000	0,028	0,014	1,362	0,200
SLV	1,370	1,550	1,000	0,088	0,044	3,086	0,280
SLC	1,270	1,530	1,000	0,103	0,052	3,608	0,280

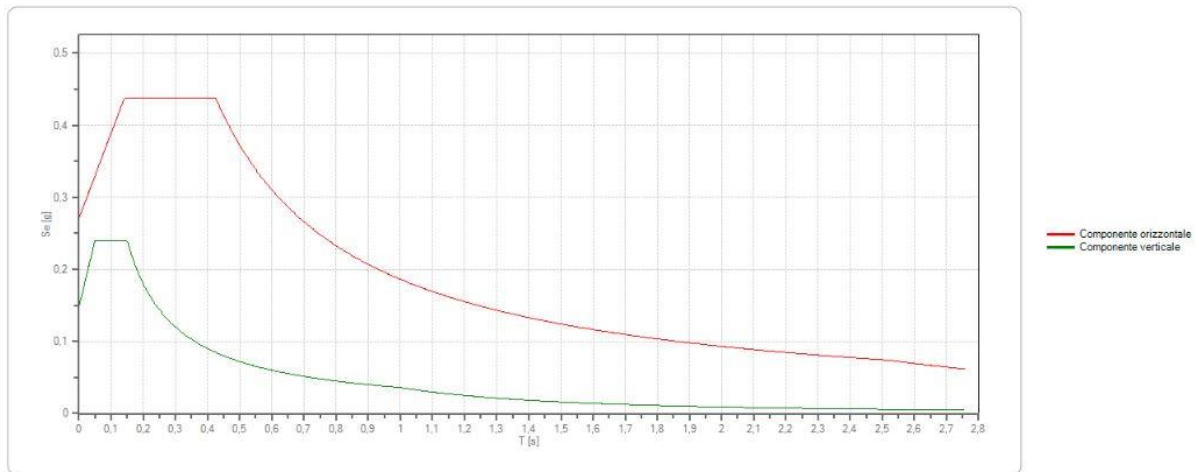
Tabella 8-3 - Coefficienti sismici calcolati con categoria topografica T2 e categoria sottosuolo B

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,440	1,200	0,020	0,010	0,989	0,200
SLD	1,200	1,430	1,200	0,027	0,013	1,309	0,200
SLV	1,180	1,390	1,200	0,091	0,046	3,189	0,280
SLC	1,110	1,380	1,200	0,108	0,054	3,783	0,280

Tabella 8-4 - Coefficienti sismici calcolati con categoria topografica T2 e categoria sottosuolo C

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,640	1,200	0,025	0,013	1,234	0,200
SLD	1,500	1,620	1,200	0,033	0,017	1,634	0,200
SLV	1,370	1,550	1,200	0,106	0,053	3,702	0,280
SLC	1,270	1,530	1,200	0,124	0,062	4,328	0,280

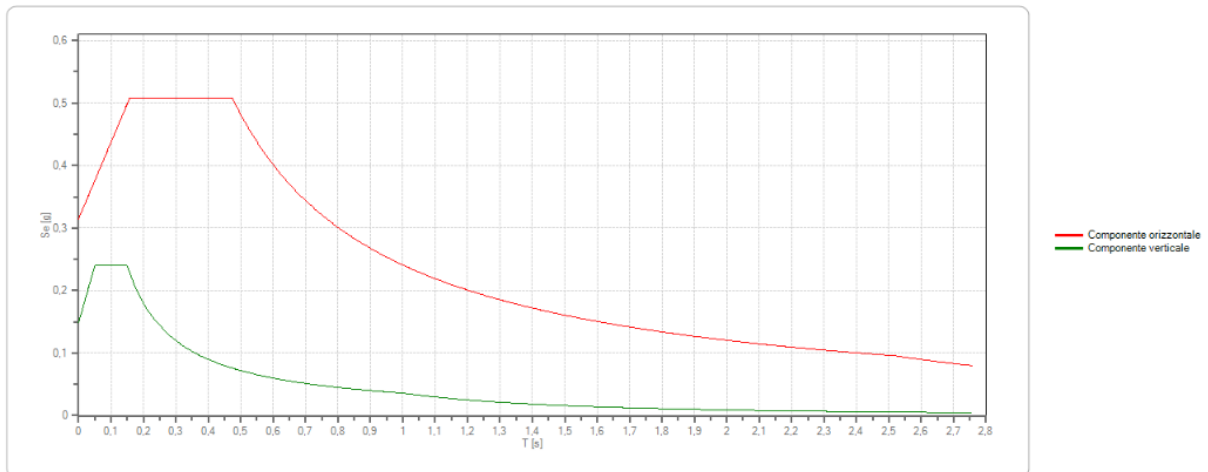
Spettri di progetto per lo stato limite: SLV



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLV orizzontale	2	0,230	2,425	0,306	1,180	1,390	1,000	1,180	1,500	0,142	0,425	2,519
SLV verticale	2	0,230	2,425	0,306	1,180	1,390	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

Figura 8-1 - Spettri di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali allo stato limite SLV, valido per la categoria topografica T1 e categoria di sottosuolo B.

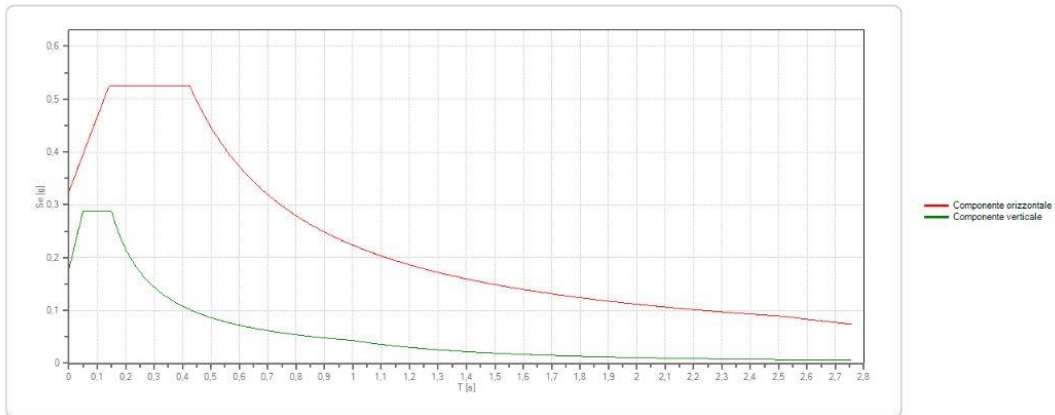
Spettri di progetto per lo stato limite: SLV



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLV orizzontale	2	0,230	2,424	0,306	1,370	1,550	1,000	1,370	1,500	0,158	0,474	2,518
SLV verticale	2	0,230	2,424	0,306	1,370	1,550	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

Figura 8-2 - Spettri di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali allo stato limite SLV, valido per la categoria topografica T1 e categoria di sottosuolo C.

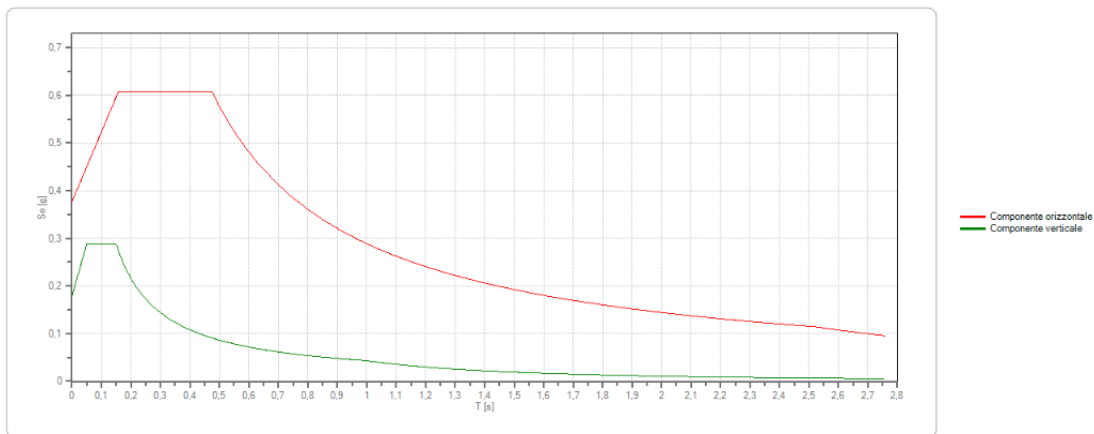
Spettri di progetto per lo stato limite: SLV



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLV orizzontale	2	0,230	2,425	0,306	1,180	1,390	1,200	1,416	1,500	0,142	0,425	2,519
SLV verticale	2	0,230	2,425	0,306	1,180	1,390	1,200	1,200	1,500	0,050	0,150	1,000


Figura 8-3 - Spettri di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali allo stato limite SLV, valido per la categoria topografica T2 e categoria di sottosuolo B.

Spettri di progetto per lo stato limite: SLV



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLV orizzontale	2	0,230	2,424	0,306	1,366	1,553	1,200	1,639	1,500	0,158	0,475	2,519
SLV verticale	2	0,230	2,424	0,306	1,366	1,553	1,200	1,200	1,500	0,050	0,150	1,000

Figura 8-4 - Spettri di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali allo stato limite SLV, valido per la categoria topografica T2 e categoria di sottosuolo C.

S.S. 121 "Cataneese" Itinerario Palermo-Agrigento Tratto A PALERMO-BOLOGNETTA.		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione Sismica</i>	

8.1.2 Maglia 2

Classe d'uso: IV. Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Vita nominale (Vn): 50 anni

Categoria sottosuolo: B-C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 100 anni

Coefficiente cu: 2

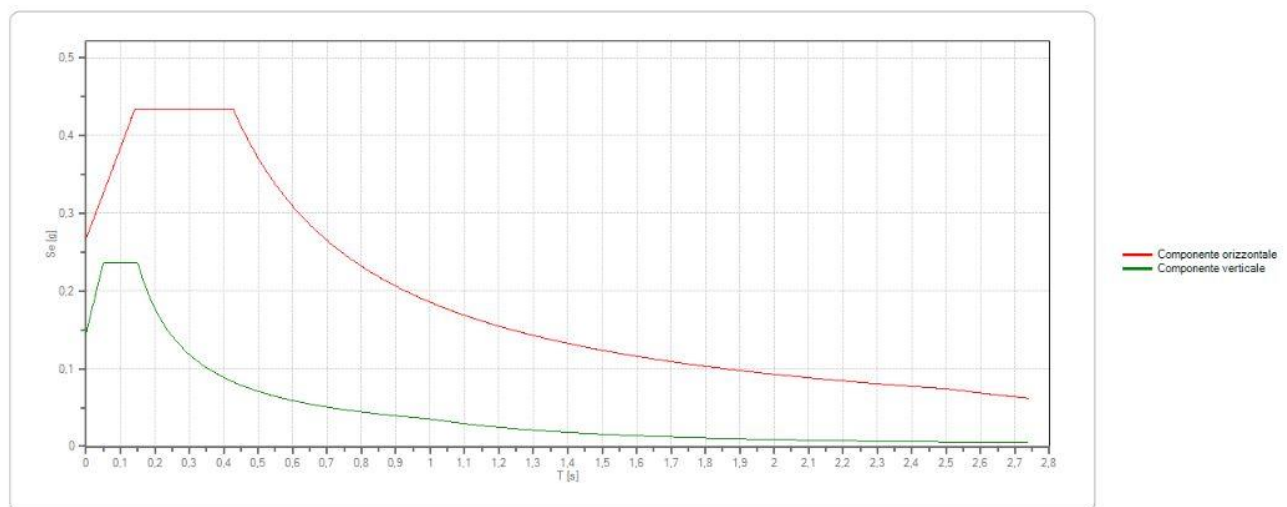
Tabella 8-5 - Coefficienti sismici calcolati con categoria topografica T1 e categoria di sottosuolo B

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,440	1,000	0,017	0,008	0,819	0,200
SLD	1,200	1,430	1,000	0,022	0,011	1,081	0,200
SLV	1,180	1,390	1,000	0,075	0,037	2,621	0,280
SLC	1,110	1,380	1,000	0,089	0,044	3,110	0,280

Tabella 8-6 - Coefficienti sismici calcolati con categoria topografica T1 e categoria di sottosuolo C

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,640	1,000	0,021	0,010	1,026	0,200
SLD	1,500	1,620	1,000	0,028	0,014	1,355	0,200
SLV	1,370	1,550	1,000	0,087	0,044	3,051	0,280
SLC	1,270	1,530	1,000	0,102	0,051	3,568	0,280

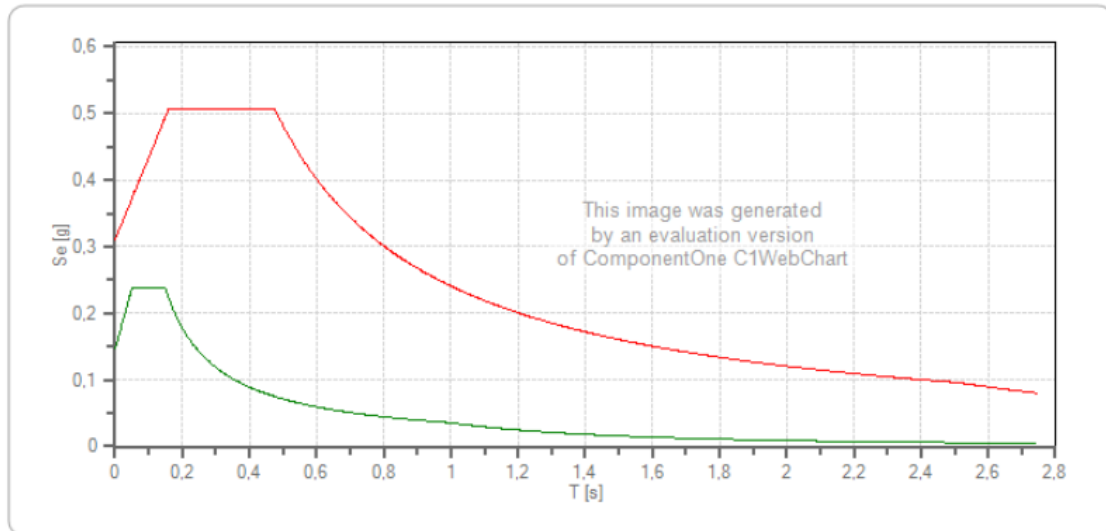
Spettri di progetto per lo stato limite: SLV



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLV orizzontale	2	0,226	2,438	0,307	1,180	1,390	1,000	1,180	1,500	0,142	0,427	2,506
SLV verticale	2	0,226	2,438	0,307	1,180	1,390	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

Figura 8-5 - Spettri di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali allo stato limite SLV, valido per la categoria topografica T1 e categoria di sottosuolo B.

Spettri di progetto per lo stato limite: SLV



	cu	ag	Fo	Tc*	Ss	Cc	St	S	q	TB	TC	TD
		[g]		[s]						[s]	[s]	[s]
SLV orizzontale	2	0,227	2,439	0,307	1,370	1,550	1,000	1,370	1,500	0,159	0,476	2,508
SLV verticale	2	0,227	2,439	0,307	1,370	1,550	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

Figura 8-6 - Spettri di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali allo stato limite SLV, valido per la categoria topografica T1 e categoria di sottosuolo C.

8.1.3 Maglia 3

Classe d'uso: IV. Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle

vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico.
Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Vita nominale (Vn): 50 anni

Categoria sottosuolo: B-C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 100 anni

Coefficiente cu: 2

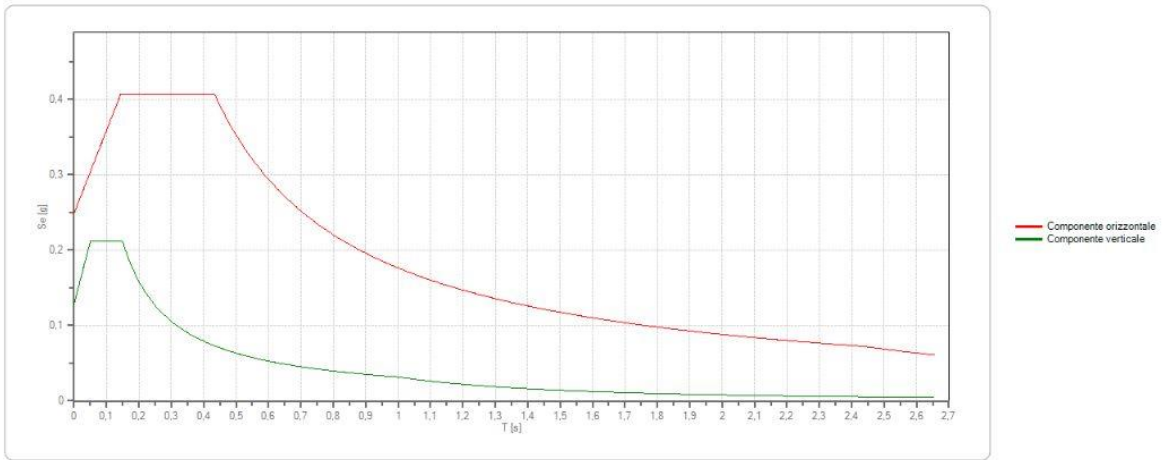
Tabella 8-7 - Coefficienti sismici calcolati con categoria topografica T1 e categoria di sottosuolo B.

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,440	1,000	0,016	0,008	0,771	0,200
SLD	1,200	1,430	1,000	0,021	0,010	1,006	0,200
SLV	1,190	1,390	1,000	0,070	0,035	2,440	0,280
SLC	1,130	1,380	1,000	0,084	0,042	2,929	0,280

Tabella 8-8 - Coefficienti sismici calcolati con categoria topografica T1 e categoria di sottosuolo C.

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,640	1,000	0,020	0,010	0,962	0,200
SLD	1,500	1,610	1,000	0,026	0,013	1,254	0,200
SLV	1,390	1,540	1,000	0,081	0,041	2,842	0,280
SLC	1,300	1,520	1,000	0,096	0,048	3,359	0,280

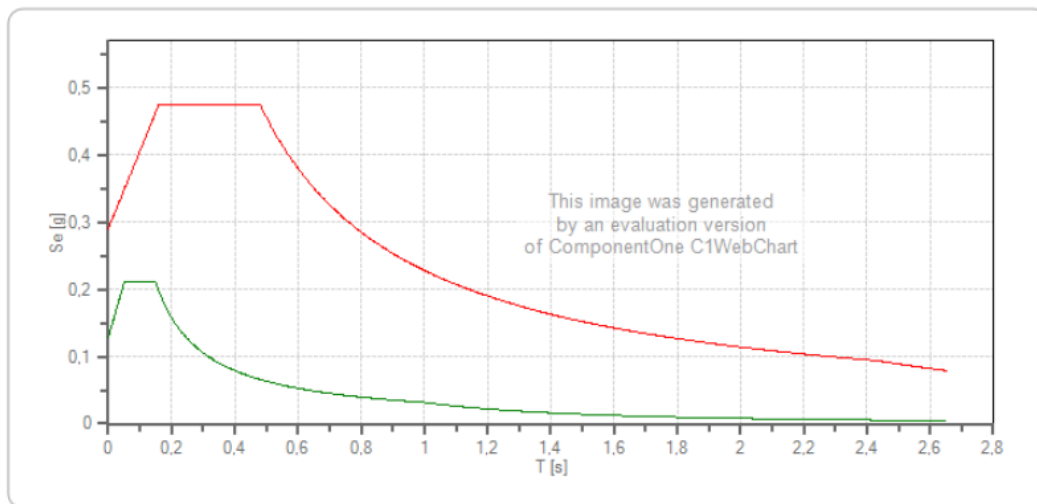
Spettri di progetto per lo stato limite: SLV



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLV orizzontale	2	0,209	2,457	0,311	1,190	1,390	1,000	1,190	1,500	0,144	0,433	2,436
SLV verticale	2	0,209	2,457	0,311	1,190	1,390	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

Figura 8-7 - Spettri di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali allo stato limite SLV, valido per la categoria topografica T1 e categoria di sottosuolo B.

Spettri di progetto per lo stato limite: SLV



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLV orizzontale	2	0,208	2,457	0,312	1,390	1,540	1,000	1,390	1,500	0,160	0,480	2,434
SLV verticale	2	0,208	2,457	0,312	1,390	1,540	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

Figura 8-8 - Spettri di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali allo stato limite SLV, valido per la categoria topografica T1 e categoria di sottosuolo C.