

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 2 di 67	Rev. 0

INDICE

1	PREMESSA	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO E NORMATIVA	6
2.1	Documenti di riferimento	6
2.2	Normativa e standard di riferimento	6
2.3	Software	9
3	SISMICITÀ LOCALE	10
3.1	Storia sismica dell'area di progetto	11
3.2	Sorgenti sismogenetiche	16
3.3	Magnitudo di riferimento	18
4	INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE	22
4.1	Indagini geognostiche e sismiche: consistenza dei dati	22
5	MODELLO STRATIGRAFICO E SISMICO	30
5.1	Dati stratigrafici e ricostruzione della successione	30
5.2	Dati sismici	33
5.3	Discussione e ipotesi interpretative	38
6	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	45
7	APPROCCIO SEMPLIFICATO PER LA VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO	47
7.1	Categoria di suolo	47
7.2	Categoria topografica	47
7.3	Azione sismica di riferimento	48
8	ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE	49
8.1	Software di calcolo	49
8.2	Individuazione del set di accelerogrammi spettro-compatibili	49
8.3	Caratteristiche del bedrock sismico	50
8.4	Profili V_s di calcolo	51
8.5	Caratterizzazione dinamica dei terreni	52

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 3 di 67	Rev. 0

8.6	Risultati dell'analisi	53
9	VERIFICA DELLA PERICOLOSITÀ DA LIQUEFAZIONE	64
9.1	Metodologia di analisi e criteri di esclusione	64
	ALLEGATI	65
10	ALLEGATO 1: SEZIONI STRATIGRAFICHE (TAV. 00-CB-A-12015)	66
11	ALLEGATO 2: RAPPORTO DELLE INDAGINI 2021	67

	PROGETTISTA 	COMMESSA 023116	UNITÀ 00
	LOCALITÀ Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 4 di 67	Rev. 0

1 PREMESSA

La presente relazione illustra e riassume le analisi svolte sulla caratterizzazione sismica dei terreni sui quali è insediato l'impianto di Compressione gas di Messina (nel seguito "Centrale"), nonché sulle valutazioni numeriche di modifica dei segnali sismici che la successione sedimentaria può apportare.

Il modello geologico e sismico di riferimento, che è stato costituito per il calcolo della risposta sismica del sito, è stato definito sulla base di nuove indagini geognostiche eseguite appositamente per il presente incarico, supportato da un rilevamento geologico in sito. Nella fattispecie, si tratta di:

- Nuovi sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, di cui 1 a profondità di 50m e due a profondità di 30.00 m. Uno dei due fori da 30.00 è stato attrezzato con apposito tubo in PVC da 3" per l'esecuzione di prova sismica Down Hole per la misura diretta della velocità delle onde di compressione (V_p) e di taglio (V_s) nei primi 30m di profondità.
- Prove HVSR (N° 22 per coprire l'intera area dell'impianto + N° 3 esterne) per la mappatura di contrasti di impedenza sismica.

Si è inoltre fatto largo riferimento alla bibliografia tecnico-scientifica, che è piuttosto ricca nell'area del messinese, sia per via degli eventi storici (evento sismico del 1908), sia per le vicissitudini legate al vecchio progetto del Ponte sullo Stretto.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)		SPC. 00-CA-E-10020
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)		Fg. 5 di 67
				Rev. 0

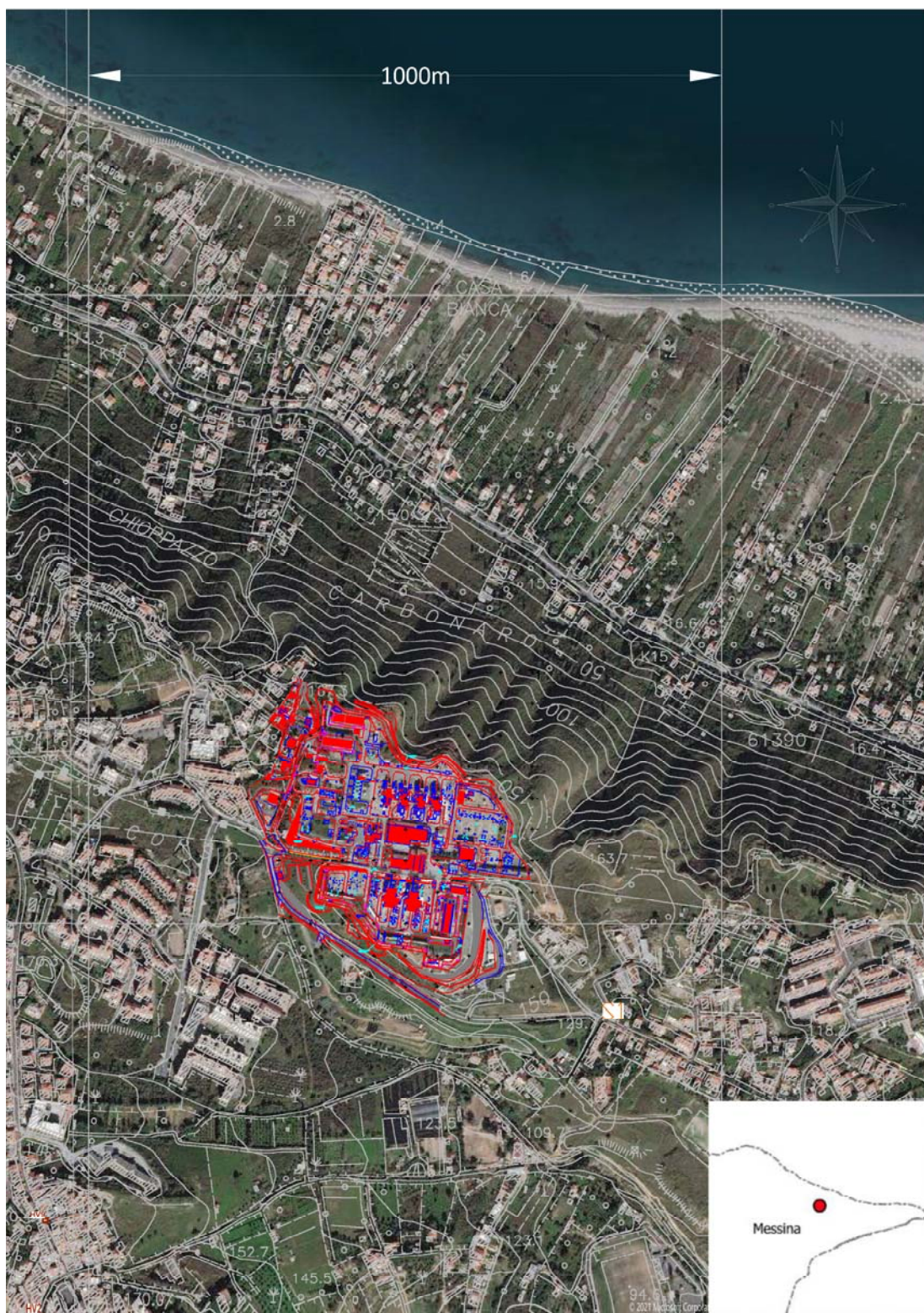


Figura 1-1: Planimetria dell'Impianto di Compressione gas di Messina

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)		
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 6 di 67	Rev. 0
			SPC. 00-CA-E-10020	

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO E NORMATIVA

2.1 Documenti di riferimento

I documenti di riferimento per lo sviluppo del seguente studio sono elencati di seguito:

- [Ref1] SPC. 10-CA-E-10205 SAIPEM - Intervento per collaudo cooler e-1 ed e-1b centrale di compressione di Messina “Relazione geologica e geotecnica pozzetti alloggiamento flange 01/02/03/04” – 26/11/14
- [Ref2] Indagini geognostiche ambientali e geofisiche per il progetto di adeguamento della centrale SNAM di Messina – Rapporto di prova – 21/06/2021
- [Ref3] 20-CI-E-10300_0 Bonatti SpA “Potenziamento centrale di compressione gas SNAM – rete gas di Messina – Studio geologico e geotecnico e calcolo della capacità portante dei terreni di fondazione – Relazione geologico-geotecnica” 25/07/2005
- [Ref4] 20-CI-E-10301_0 Bonatti SpA “Potenziamento centrale di compressione gas SNAM – rete gas di Messina – Rapporto delle indagini geognostiche in sito” 2004
- [Ref5] 3020-3606AR Aquater “SNAM rete gas – potenziamento centrale di Messina – Relazione geologica e geomorfologica” – 22/01/2004
- [Ref6] 00-GB-A-62001 – SAIPEM “Studio di fattibilità centrale di Messina (ME) Sostituzione unità TC-4 con unità ELCO – Planimetria generale impianti – Smantellamenti e nuove installazioni – soluzione 2 ELCO 12 MW” – 08/04/2020
- [Ref7] 00-GB-A-60950_0A “Adeguamento centrale di compressione gas Messina (ME) – Planimetria generale impianti – Stato di fatto” 19/11/2020
- [Ref8] 10-CB-A-12007_0 SAIPEM “Intervento per collaudo cooler e-1 ed e-1b centrale di compressione di Messina – Planimetria generale opere civili – Ubicazione indagini” 20/05/2014

2.2 Normativa e standard di riferimento

La normativa di riferimento è la seguente:

- [Ref9] D.M. 17/01/2018, “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»”.
- [Ref10] Circolare Esplicativa n.7 21/01/2019 “Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»”;
- [Ref11] Ordinanza n.55 del 24 aprile 2018 della Presidenza del Consiglio dei Ministri e il Commissario del governo per la ricostruzione nei territori interessati dal sisma del 24 agosto 2016.
- [Ref12] Gruppo di lavoro MS, 2008. Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica (ICMS). Conferenza delle Regioni e delle Province autonome. Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Dvd
- [Ref13] UNI EN 1997-1:2005 “Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali”.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)		
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 7 di 67	Rev. 0
			SPC. 00-CA-E-10020	

[Ref14] Linee guida AGI 2005 “Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica”

[Ref15] D.G.R. n. 408 del 19 dicembre 2003 “Individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche ed adempimenti connessi al recepimento ed attuazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274”

[Ref16] D.D.G. n. 3 del 15 gennaio 2004 “Individuazione, formazione ed aggiornamento del l'elenco delle zone sismiche ed adempimenti connessi al recepimento ed all'attuazione dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274.”

I principali riferimenti tecnico-bibliografici consultati sono elencati di seguito:

[Ref17] Albarello D., Baliva F. (2006) “La caratterizzazione sismica del sottosuolo con tecniche passive” – Università di Pavia Ordine dei Geologi della Lombardia, Dip. Protezione Civile - Corso di aggiornamento professionale sulla Microzonazione Sismica Pavia, 8 Giugno 2006

[Ref18] Baratta M. (1910) “La catastrofe sismica calabro-messinese” Soc. Geogr. It., Roma, 426 pp. (ristampa A. Forni, 1985)

[Ref19] Bard, P. Y. (2005) “Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations: measurements, processing, and interpretations. SESAME European research project. WP12, deliverable D23.12, 2004; disponibile su: <http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/Deliverables2004>.

[Ref20] Bard, P. Y. (1999). “Microtremor measurements: a tool for site effect estimation. The effects of surface geology on seismic motion”, 3, 1251-1279.

[Ref21] Carbone S. Messina S., Lentini F. (2007) “Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 601 – Messina-Reggio di Calabria” – Selca,, Firenze

[Ref22] De Rose C., Gervasi A., Guerra I., Mucciarelli M., Tafaro F. “Misure di rumore sismico a Messina e Reggio Calabria: risultati preliminari”

[Ref23] Doglioni, C., Ligi, M., Scrocca, D., Bigi, S., Bortoluzzi, G., Carminati, E., Riguzzi, F. (2012). The tectonic puzzle of the Messina area (Southern Italy): Insights from new seismic reflection data. Scientific reports, 2.

[Ref24] Gargano, C. (1994). Carta geologica di Messina e del settore nord-orientale dei Monti Peloritani. Dir. F. Lentini, scala, 1(25.000).

[Ref25] Ghisetti, F. (1992). Fault parameters in the Messina Strait (southern Italy) and relations with the seismogenic source, Tectonophysics, 210(1), 117-133.

[Ref26] Hashash, Y.M.A., Musgrove, M.I., Harmon, J.A., Ilhan, O., Xing, G., Groholski, D.R., Phillips, C.A., and Park, D. (2020) “DEEPSOIL 7.0, User Manual”. Urbana, IL, Board of Trustees of University of Illinois at Urbana-Champaign

	PROGETTISTA 	COMMESSA 023116	UNITÀ 00
	LOCALITÀ Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 8 di 67	Rev. 0

- [Ref27] Iervolino, I., Galasso, C., Cosenza, E. REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structural analysis. Bulletin of Earthquake Engineering, 8:339-362, 2010 DOI 10.1007/s10518-009-9146-1
- [Ref28] Kokusho T., Tanaka Y. (1994) "Dynamic Properties of Gravel Layers Investigated by In-Situ Freezing Sampling"
- [Ref29] Kottke, Albert R., and Ellen M. Rathje. (2008). "Technical manual for Strata." Report No.: 2008/10. Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley
- [Ref30] Kramer S. L. (1996). Geotechnical Earthquake Engineering. Practice Hall;
- [Ref31] Lanzo G., Silvestri F. (1999). Risposta Sismica Locale – Teoria ed esperienze. Helvelius Edizioni;
- [Ref32] Lentini F. - Catalano S. - Carbone S. (1999) "Carta Geologica della Provincia di Messina" (S.EL.CA. - Firenze)
- [Ref33] Locati M, Camassi R. e Stucchi M. (a cura di), 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>.
- [Ref34] Meletti C. & Valensise G., 2004. Zonazione sismogenetica ZS9 – App. 2 al rapporto conclusivo. GNDT. Consultabile all'indirizzo: <http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf>.
- [Ref35] Mucciarelli M. (1998) "Reliability and applicability range of the Nakamura's technique" Journal of Earthquake Engineering, 2, (4), 625-638
- [Ref36] Mucciarelli, M., and Gallipoli, M. R. (2001) "A critical review of 10 years of microtremor HVSR technique" Boll. Geof. Teor. Appl, 42(3-4), 255-266.
- [Ref37] Nakamura, Y. (1989) "A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface" Quarterly Report Railway Tech. Res. Inst., 30(1), 25-30.
- [Ref38] Neri, G., Barberi, G., Oliva, G., & Orecchio, B. (2004) "Tectonic stress and seismogenic faulting in the area of the 1908 Messina earthquake, south Italy" Geophys. Res. Lett., 31(10).
- [Ref39] Nogoshi, M. and T. Igarashi (1971) "On the amplitude characteristics of microtremor (part 2)" J. Seismol. Soc. Japan, 24, 26-40.
- [Ref40] Rollins K.M., Evans M., Diehl N. and Daily W. 1998. Shear modulus and damping relationships for gravels. J. of Geotechnical and Geoenvironmental Engrg., 124 (5), 396-405;
- [Ref41] Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>
- [Ref42] Scolaro S., Pino P., D'Amico S., Orecchio B., Presti D., Torre A., Totaro C., Farrugia D., Neri G. "Ambient noise measurements for preliminary microzoning studies in the city of Messina, Sicily" in: Annals of geophysics, 61, 2, se228, 2018; doi: 10.441/ag-7711

	PROGETTISTA 	COMMESSA 023116	UNITÀ 00
	LOCALITÀ Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 9 di 67	Rev. 0

- [Ref43] Seed, H. B. and Idriss, I. M. (1970) "Soil moduli and damping factors for dynamic response analyses." Report No. EERC 70-10, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, California, 40p.
- [Ref44] Seed H.B., Wong R.T., Idriss I.M., and Tokimatsu K. 1986. Moduli and damping factors for dynamic analyses of cohesionless soils. J. of Geotechnical Engineering, 112 (11), 1016-1032;
- [Ref45] Selli R. (1978) - Geologia e sismotettonica dello Stretto di Messina. Convegno su: L'attraversamento dello Stretto di Messina e la sua fattibilità. Atti A. N. Lincei, 43: 119-154.
- [Ref46] Selli R., Colantoni P., Fabbri A., Rossi S., Borsetti A.M., Galignani P. (1979) – Marine geological investigation on the Messina Strait and its approaches. Giornale di Geologia, **42**(2): 1-70.
- [Ref47] Spallarossa D., Barani S., 2007. Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di M-R-ε. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D14, <http://esse1.mi.ingv.it/d14.html>
- [Ref48] "Stretto di Messina – Eurolink S.C.p.A. – Ponte sullo stretto di Messina – Progetto Definitivo – Relazione geologica generale¹" 20/06/2011 (cod. CG0800-P-RG-D-P-SB-00-G0-00-00-00-01-F0)
- [Ref49] Rollins K.M., Evans M., Diehl N. and Daily W. 1998. Shear modulus and damping relationships for gravels. J. of Geotechnical and Geoenvironmental Eng., 124 (5), 396-405;
- [Ref50] Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. "CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes" Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>
- [Ref51] Valensiste G. e Pantosti D. (2001) - "Database of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy" Annali Geofisica, suppl. Vol. 44 (4), pp. 797-964

2.3 Software

I software utilizzati sono elencati di seguito:

- [Ref52] Deepsoil v.7.0
- [Ref53] Rexel. V3.5
- [Ref54] Strata v. alpha r.399

¹ Liberamente scaricabile dal sito web del Ministero per la Transizione Ecologica nella Sezione relativa alle procedure di VIA.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 023116	UNITÀ 00
	LOCALITÀ Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 10 di 67	Rev. 0

3 SISMICITÀ LOCALE

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20 Marzo 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" ha introdotto una nuova classificazione sismica suddividendo il territorio nazionale in quattro zone: ad alta sismicità la "zona 1", a media sismicità la "zona 2" e a bassa sismicità la "zona 3", mentre nella "zona 4" viene demandata alle regioni la facoltà di imporre o meno l'obbligo della normativa. L'Ordinanza n°3274/2003 stabilisce che le Regioni provvedono all'individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche.

La Regione Sicilia introduce con DGR 408 del 19/12/2003 e D.D.G. n. 3 del 15 gennaio 2004 apporta una propria modifica alle zone previste nell'Ordinanza n°3274/2003. In Figura 3-1 si riporta la riclassificazione sismica vigente. Il Comune di Messina è fra i Comuni in Zona 1.

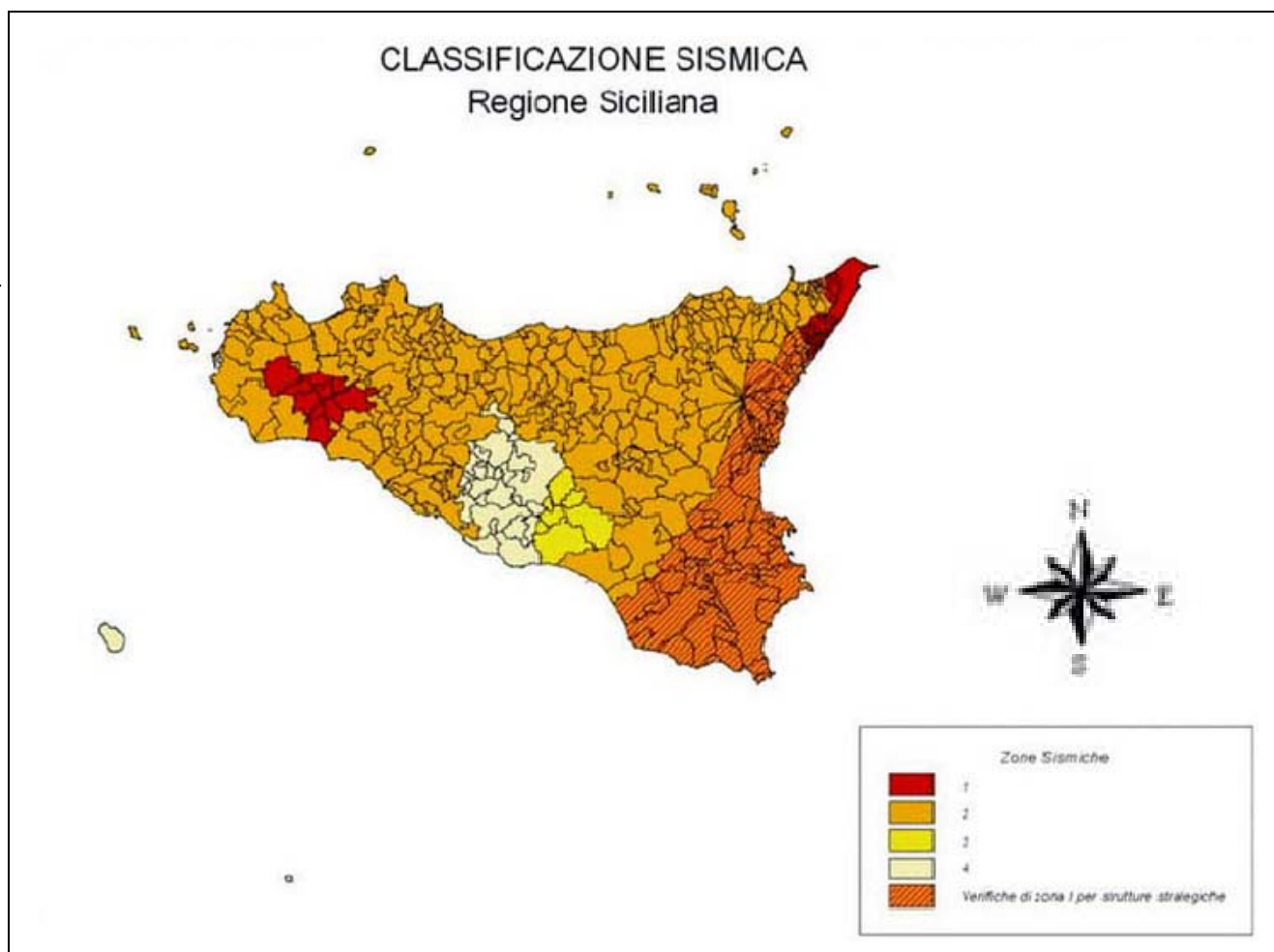


Figura 3-1. Riclassificazione sismica della Sicilia (D.G.R. n. 408 del 19 dicembre 2003).

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)		
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 11 di 67	Rev. 0
			SPC. 00-CA-E-10020	

3.1 Storia sismica dell'area di progetto

Al fine di inquadrare dal punto di vista della sismicità storica l'area in esame, si riporta di seguito un breve riepilogo delle osservazioni macrosismiche di terremoti al di sopra della soglia del danno che hanno interessato storicamente il Comune di Messina. Nello specifico, le informazioni riportate di seguito derivano dalla consultazione del DBMI11 (Locati et al., 2011), il database macrosismico utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI11 (Rovida et al., 2011, consultabile on line al sito <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>). Pertanto, nella successiva Tabella 3-1 si intende:

Is = intensità in sito (MCS)

Year = anno Mo = mese Da = giorno Ho = ora Mi= minuti

N = numero di osservazioni macrosismiche del terremoto

Io = intensità epicentrale (MCS)

Mw = magnitudo momento

Tabella 3-1 Storia sismica del Comune di Messina

Is	N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Area Epicentrale	Io	Mw
7	21	1169	2	4	7		Sicilia sud-orientale	10	6.5
8	23	1172	9	26	13	40	Messina	8	5.56
6-7	41	1255	11	17	10		Messina	6-7	4.86
6-7	154	1429	11	10	16	20	Messina	6-7	4.86
5	162	1448					Messina	5	4.16
7-8	224	1494	5	29	2	15	Messina	7-8	5.33
7-8	237	1499	11	9			Messina	7-8	5.33
7	259	1509	2	25	22	20	Stretto di Messina	8	5.56
5	274	1513	8	25			Messina	5	4.16
5	322	1542	12	10	15	15	Sicilia sud-orientale	10	6.68
5	330	1549	4				Messina	5	4.16
3-4	357	1566	11	30			Etna - Versante settentrionale	6-7	3.47
7	394	1599	8				Stretto di Messina	7	5.1
5	402	1601					Messina	5	4.16
F	408	1609	7	20			Calabria centrale	8-9	5.8
6	415	1613	8	25	5		Monti Nebrodi	8	5.56
6-7	451	1635	8	12			Messina	5-6	4.4
7	453	1638	3	27	15	5	Calabria centrale	11	7.09
6-7	479	1649	1				Stretto di Messina	5-6	4.4
5	488	1659	11	5	22	15	Calabria centrale	10	6.57
5	549	1693	1	9	21		Sicilia sud-orientale	8-9	6.07
8	551	1693	1	11	13	30	Sicilia sud-orientale	11	7.32
6	555	1693	4	1	7	50	Ionio meridionale	6	4.63
3	565	1694	5	16			Sicilia orientale	5-6	4.4
3	566	1694	9	8	11	40	Irpinia-Basilicata	10	6.73
5-6	609	1706	3	19			Stretto di Messina	5-6	4.76

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 12 di 67	Rev. 0

Is	N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Area Epicentrale	Io	Mw
5	619	1711	2	21			Stretto di Messina	5	4.16
5	620	1711	3	14			Stretto di Messina	5	4.16
6	631	1715	3				Sicilia nord-orientale	6	4.63
5	635	1716	12	1			Catania	6	4.63
5	639	1717	4	22			Monti Peloritani	6-7	4.91
5-6	640	1717	6	15			Ionio meridionale		
5-6	650	1720	9	12			Calabria meridionale	5-6	4.4
NF	663	1726	9	1	21	55	Tirreno meridionale	7-8	5.48
3-4	665	1727	1	7			Val di Noto	6-7	4.64
F	676	1729	6	29	13		Golfo di Patti	6-7	4.86
5	689	1732	3	28			Monti Peloritani	5	4.16
4	699	1735	9	6			Vibonese	6	4.82
7	733	1743	2	20			Ionio settentrionale	9	6.68
5	736	1743	12	7	7	45	Calabria centrale	8-9	5.88
8-9	753	1749	8				Messina	8-9	5.8
F	818	1770	6	8			Stretto di Messina	5-6	4.4
5	845	1777	6	6	16	15	Tirreno meridionale		
6-7	868	1780	3	28			Sicilia nord-orientale	7-8	5.52
7-8	869	1780	4	9			Stretto di Messina	6-7	4.86
8	892	1783	2	5	12		Calabria meridionale	11	7.1
8-9	893	1783	2	6	0	20	Stretto di Messina		
6-7	894	1783	2	7	13	10	Calabria centrale	10-11	6.74
6	895	1783	3	1	1	40	Calabria centrale		
7-8	896	1783	3	28	18	55	Calabria centrale	11	7.03
5	897	1783	4	26	2	10	Sicilia nord-orientale	5-6	4.4
7-8	907	1785	3	17	3	33	Stretto di Messina	6-7	4.86
7	920	1786	3	10	14	10	Golfo di Patti	9	6.14
5	931	1787	9	20	4		Messina	5	4.16
4	941	1789	2	7			Calabria meridionale	7	5.1
5-6	1038	1817	10	19	2	30	Messina	5-6	4.4
5	1040	1818	2	20	18	15	Catanese	9-10	6.28
NF	1043	1818	9	8	9	50	Monti Madonie	7-8	5.34
NF	1046	1819	2	24	23	20	Monti Madonie	7-8	5.37
5-6	1060	1823	3	5	16	37	Sicilia settentrionale	8	5.81
F	1089	1830	7	13	15		Reggio di Calabria	5-6	4.4
4	1093	1831	1	28			Milazzo	5-6	4.4
5	1160	1839	8	27			Stretto di Messina	5	4.16
5	1164	1841	1	3	22		Stretto di Messina	6-7	4.86
5	1170	1841	8	15	2		Stretto di Messina	5	4.16

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 13 di 67	Rev. 0

Is	N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Area Epicentrale	Io	Mw
4-5	1193	1848	1	11	12		Golfo di Catania	7-8	5.51
6	1215	1851	4	11	6		Stretto di Messina	5	4.16
3	1235	1854	2	12	17	50	Cosentino	10	6.34
3	1333	1869	11	28			Vibonese	5-6	4.6
2-3	1342	1870	10	4	16	55	Cosentino	9-10	6.24
4-5	1389	1876	9	12	23	8	Reggio di Calabria	5	4.16
3	1486	1884	1	10	20	35	Etna - Versante settentrionale	6	3.19
F	1489	1884	5	4	20	13	Calabria centrale	4	4.29
2-3	1538	1887	12	3	3	45	Calabria settentrionale	8	5.55
4-5	1554	1889	10	5	13	52	Calabria meridionale	5	4.53
3	1584	1892	1	22	23	47	Monti Iblei	5	4.41
3	1587	1892	3	16	12	38	Alicudi	7	5.24
3	1611	1893	4	22	3	20	Monti Nebrodi	6-7	4.83
3	1618	1894	2	20			Monti Peloritani ?	5	4.33
7	1626	1894	11	16	17	52	Calabria meridionale	9	6.12
3	1630	1894	12	27			Filicudi	6	4.99
5	1634	1895	3	9	22	4	Tirreno meridionale	5	4.67
5	1660	1895	7	26	17	44	Calabria meridionale	5	4.32
4-5	1672	1895	11	18	16	32	Oppido Mamertina	5	4.61
4-5	1678	1896	4	1	7	18	Calabria meridionale	5	4.27
F	1683	1896	9	17	14	51	Calabria meridionale	5	4.38
5	1694	1897	2	11	23	33	Ionio meridionale	5	5.03
5	1703	1897	5	28	22	40	Ionio	6	5.46
6-7	1734	1898	8	12			Sicilia nord-orientale	6-7	4.82
2-3	1738	1898	9	17	14	26	Monforte San Giorgio	5-6	4.01
3	1739	1898	11	3	5	59	Calatino	5-6	4.51
4-5	1804	1901	12	13	0	10	Calabria	5	4.81
NF	1831	1903	7	13	8	19	Calatino	5	4.14
7	1883	1905	9	8	1	43	Calabria centrale	10-11	6.95
5	1931	1907	10	23	20	28	Aspromonte	8-9	5.96
3	1967	1908	11	5	16	50	Calabria meridionale	6	4.58
3	1970	1908	12	10	6	20	Monti Peloritani	7	5.11
10-11	1972	1908	12	28	4	20	Stretto di Messina	11	7.1
7-8	1978	1909	1	23	18	28	Stretto di Messina	7	5.15
8	1987	1909	7	1	6	24	Stretto di Messina	8	5.49
3	1999	1909	11	20	12	51	Stretto di Messina	3-4	3.46
3-4	2000	1909	11	20	20	50	Stretto di Messina	4	3.7
2	2012	1910	3	31	18	38	Catanzarese	4-5	3.93
3	2015	1910	6	7	2	4	Irpinia-Basilicata	8	5.76

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 14 di 67	Rev. 0

Is	N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Area Epicentrale	Io	Mw
3	2017	1910	6	13	23	43	Calabria meridionale	5	4.36
6	2025	1910	11	18	2	42	Tirreno meridionale	5	4.16
2	2026	1910	12	12	6	7	Calabria centrale	4	3.7
5	2036	1911	3	11	3	29	Calabria meridionale	5	4.42
5-6	2070	1912	12	22	8	5	Stretto di Messina	5-6	4.68
3-4	2079	1913	6	28	8	53	Calabria settentrionale	8	5.64
NF	2087	1913	10	4	18	26	Molise	7-8	5.35
NF	2110	1915	1	13	6	52	Marsica	11	7.08
NF	2118	1915	1	18	23	30	Cosentino	6-7	4.97
5	2134	1915	9	11	8	25	Stretto di Messina	5	4.16
F	2149	1916	7	3	23	21	Isola di Stromboli	5-6	4.66
5-6	2233	1919	3	18	14	17	Messina	5	4.16
4	2274	1921	6	19	12	52	Calabria meridionale	5	4.43
5-6	2298	1923	8	16	12	50	Stretto di Messina	4-5	3.93
3	2349	1926	8	17	1	42	Isole Eolie	7-8	5.28
6-7	2373	1928	3	7	10	55	Calabria centro-meridionale	7-8	5.87
4-5	2390	1929	2	22	8	17	Stretto di Messina	4	3.7
3	2413	1930	3	26	10	52	Tirreno meridionale	6-7	4.92
2	2428	1930	10	9	4	33	Ionio settentrionale	5	4.78
5	2464	1932	5	22	17	1	Sicilia nord-orientale	4	4.99
3	2493	1934	9	11	1	19	Sicilia centro-settentrionale	5-6	4.84
2-3	2512	1936	4	7	5	41	Calabria centrale	5-6	4.72
4	2519	1936	10	8	8	4	Patti	5-6	4.61
4	2546	1939	1	27	20	10	Isole Eolie	7	5.1
2	2558	1940	1	15	13	19	Tirreno meridionale	7-8	5.29
NF	2576	1941	5	22	6	16	Isola di Stromboli	7-8	5.33
6	2612	1946	3	15	7	2	Stretto di Messina	5	4.16
3-4	2622	1947	5	11	6	32	Calabria centrale	8	5.7
4	2625	1947	10	17			Messina	4	3.7
NF	2659	1949	10	8	3	8	Sicilia sud-orientale	7	5.1
4	2671	1950	4	10	3	55	Stretto di Messina	4-5	3.93
5	2675	1950	7	18	23	52	Sicilia nord-orientale	5-6	4.71
5	2678	1950	12	9	14	45	Stretto di Messina	5-6	4.4
4-5	2703	1953	2	25	0	7	Vibonese	5-6	4.88
4	2805	1959	12	23	9	29	Piana di Catania	6-7	5.11
5	2831	1961	3	24	10	36	Calabria meridionale	5-6	4.62
3	2867	1963	6	13	8	37	Isole Eolie	6	4.67
3	2924	1967	8	15	7	6	Tirreno meridionale		4.57
4	2930	1967	10	31	21	8	Monti Nebrodi	8	5.33

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)		
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)		SPC. 00-CA-E-10020 Fg. 15 di 67 Rev. 0

Is	N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Area Epicentrale	Io	Mw
NF	2933	1967	12	9	3	9	Adriatico centrale		4.36
2-3	2941	1968	1	15	2	1	Valle del Belice	10	6.41
3	2963	1968	5	19	9	37	Tirreno meridionale		4.9
2	3012	1970	8	16	10	45	Ionio meridionale		4.36
4	3029	1971	2	19	18	50	Monti Peloritani	5	4.54
6	3108	1975	1	16	0	9	Stretto di Messina	7-8	5.18
NF	3153	1976	9	17	1	23	Monti Nebrodi	5-6	4.55
2	3171	1977	6	5	13	59	Monti Nebrodi	6-7	4.61
4	3178	1977	8	15	21	10	Calabria centrale		5.21
5	3191	1978	3	11	19	20	Aspromonte	8	5.22
6	3194	1978	4	15	23	33	Golfo di Patti	8	6.03
F	3209	1979	1	16	19	27	Golfo di Patti	5	4.35
NF	3229	1980	2	20	2	34	Cosentino	6-7	4.42
4-5	3239	1980	5	28	19	51	Tirreno meridionale	5-6	5.66
3-4	3256	1980	11	23	18	34	Irpinia-Basilicata	10	6.81
3	3298	1980	12	9	5	50	Golfo di Sant'Eufemia	6-7	4.67
5	3444	1985	5	14	5	44	Stretto di Messina	4-5	3.84
3-4	3515	1987	2	2	16	8	Sicilia centro-orientale		4.44
4	3642	1990	12	13	0	24	Sicilia sud-orientale		5.61
NF	3769	1995	7	23	18	44	Isole Eolie	6	4.63
2	3929	1998	2	8	1	12	Aspromonte	5	3.91
4	3981	1999	2	14	11	45	Golfo di Patti	6	4.66
3-4	4012	2000	3	17	3	52	Calabria meridionale	5	4.05
2	4070	2001	5	17	11	43	Tirreno meridionale	4	4.97
3-4	4123	2002	4	5	4	52	Isole Eolie	5-6	4.49
4	4132	2002	9	6	1	21	Tirreno meridionale	6	5.92
3	4159	2002	10	29	10	2	Etna - Bongiardo (S. Venerina)	8	4.75
4	4287	2006	2	27	4	34	Monti Peloritani	5	4.38
NF	4418	2009	12	19	9	1	Etna - Maletto	6	4.39
3	4451	2011	6	23	22	2	Monti Nebrodi	5-6	4.7
3	4541	2013	1	4	7	50	Monti Nebrodi	5	4.37
3	4556	2013	8	15	23	6	Monti Peloritani	5-6	4.38
3	4565	2014	1	14	3	43	Isole Eolie		4.1

L'attività sismica registrata nella precedente tabella è legata ai meccanismi di tipo distensivo che si sono attivati durante l'ultima fase tettonica nell'area dello stretto, che hanno indotto un processo di fagliazione normale ad orientazione NE-SO. Gli ultimi sismi generati dall'attività tettonica hanno prodotto effetti tuttora visibili nel territorio; quello del 1793 (4 sequenze principali) ha raggiunto un grado di intensità pari a $M = 7$, mentre quello del 28 dicembre 1908 ha raggiunto una magnitudo pari a $M = 7.2$, con un epicentro localizzato nello Stretto, ed ebbe come conseguenze, oltre alle famigerate 100.000 vittime e danni

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)		
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 16 di 67	Rev. 0
			SPC. 00-CA-E-10020	

incalcolabili al patrimonio edilizio, franamenti sottomarini e correnti di torbida, liquefazione nei sedimenti e maremoti successivi.

3.2 Sorgenti sismogenetiche

Recentemente è stata presentata la nuova versione (vers. 3.2) del database “*A compilation of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas*”, inizialmente divulgato in forma preliminare nel luglio 2000 come versione 1.0 e quindi pubblicato nel 2001 come versione 2.0 (Valensise & Pantosti, 2001).

Il Database contiene sorgenti sismogenetiche individuali e composite ritenute in grado di generare grandi terremoti. La nuova versione del Database contiene oltre 100 sorgenti sismogenetiche identificate attraverso studi geologico-geofisici (70% in più rispetto alla precedente versione). Tali sorgenti ricadono sull'intero territorio italiano e su alcune regioni confinanti. L'assetto di queste sorgenti fornisce informazioni sull'andamento dei maggiori sistemi di faglie attive, consentendo in alcuni casi di individuare aree di potenziale gap sismico. Obiettivo del Database è quello di rendere quanto più possibile completa l'informazione sulle sorgenti sismogenetiche potenziali del territorio nazionale; per questa ragione, oltre ad un numero maggiore di sorgenti individuali, viene proposta una forma di rappresentazione e caratterizzazione di tutte le aree che, pur essendo certamente in grado di generare forti terremoti, sono ancora poco comprese. È stata pertanto istituita una nuova categoria di aree sismogenetiche per le quali, in analogia con quanto proposto dalla nuova zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti & Valensise, 2004), viene fornita la localizzazione geografica, la stima del meccanismo di fagliazione, la profondità efficace e la magnitudo massima attesa.

Dall'esame del Database, la sorgente sismogenetica composta (Figura 3-2) più vicina al territorio di Messina è la sorgente ITSD001: Arco Calabro.

Le principali informazioni di riferimento per questa sorgente sono riportate in Figura 3-3.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 023116	UNITÀ 00
	LOCALITÀ Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 17 di 67	Rev. 0

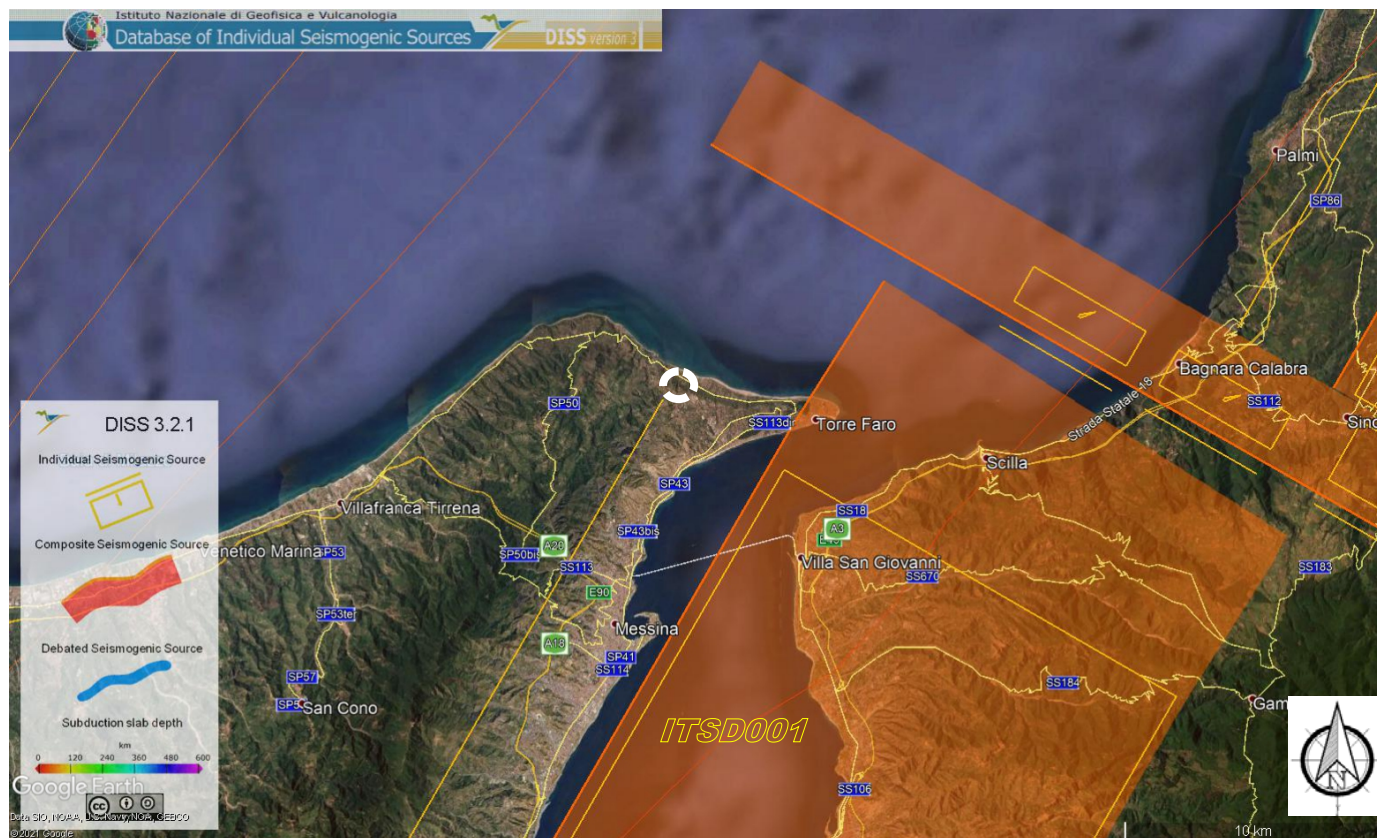


Figura 3-2. Sorgenti sismogenetiche contenute nella nuova versione del “Database of Individual Seismogenic Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy” per l’area in oggetto

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 18 di 67	Rev. 0

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Min Seismogenic Depth [km]	10.0	EJ	Inferred from tectonic and seismological considerations.
Max Seismogenic Depth [km]	50.0	EJ	Inferred from tectonic and seismological considerations.
Dip direction	NW	LD	Based on geophysical data from various authors.
Convergence azimuth [deg CW from North]	275...310	LD	Based on geodetic data from various authors.
Convergence Rate [mm/y]	1.0...5.0	LD	Based on geodetic data from various authors.
Max Magnitude [Mw]	7.1	EJ	Inferred from regional tectonic considerations.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 3-3. Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta ITSD001: Arco Calabro

3.3 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 ratei di sismicità attesa zona per zona.

Questo modello, che si pone come base per la redazione della carta di pericolosità sismica (Figura 3-4), 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 M_w .

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.

L'area di intervento ricade interamente entro la zona sismogenetica 929 "Calabria Tirrenica", alla quale è associato un valore di Magnitudo massima attesa $M_{wmax}=7.29$ (Figura 3-5).

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 19 di 67	Rev. 0

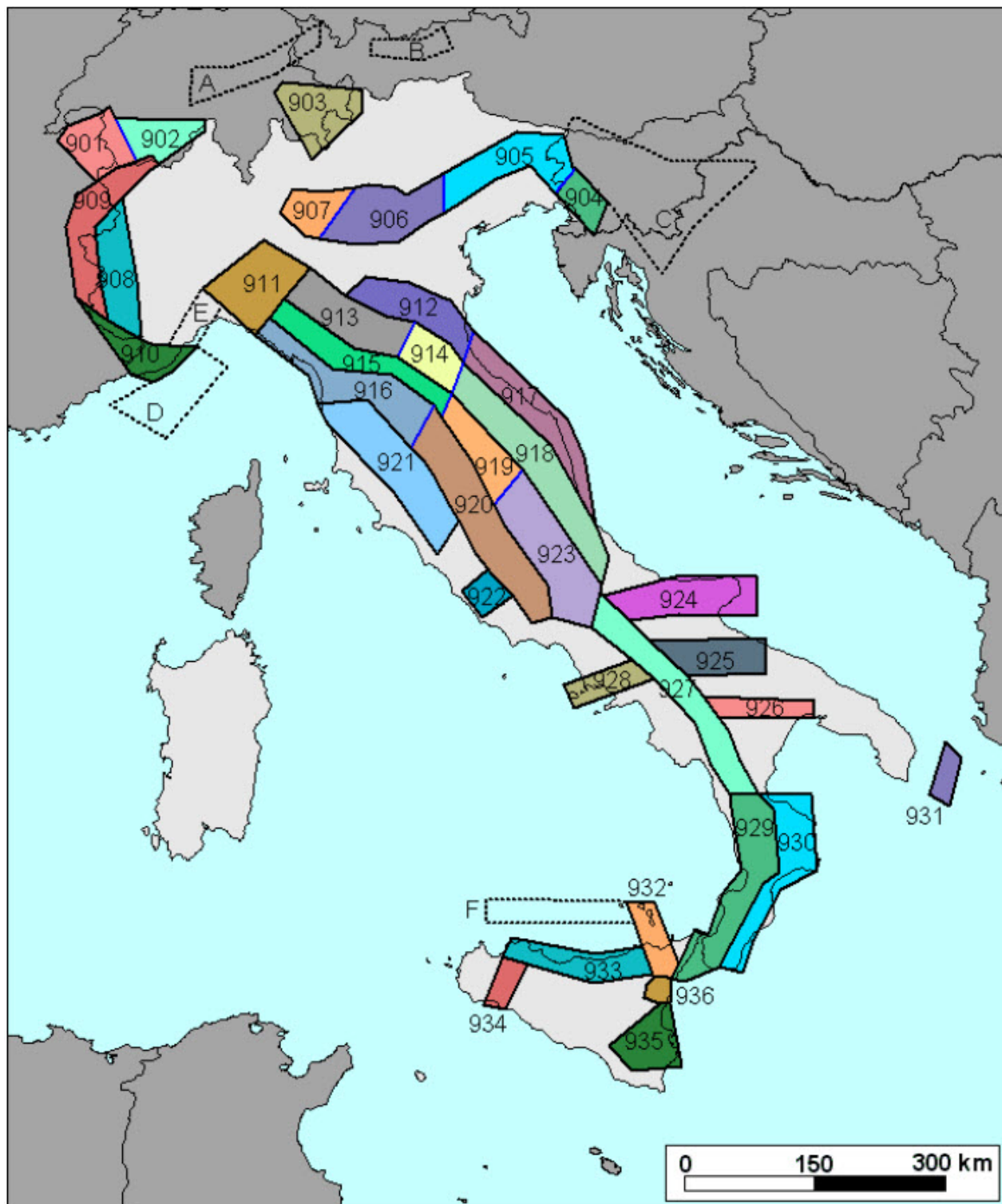


Figura 3-4. Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 20 di 67	Rev. 0

Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Figura 3-5. Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9

Al fine di determinare gli intervalli nelle coppie Magnitudo – distanza epicentrale utili alla ricerca di accelerogrammi che rispecchino le condizioni sismologiche locali, è stata avviata una analisi di disaggregazione sui dati di pericolosità sismica resi disponibili dall'INGV. Tramite questo procedimento è possibile apprezzare quantitativamente in che modo le varie coppie magnitudo-distanza epicentrale contribuiscono alla pericolosità complessiva del sito di progetto.

È possibile osservare come il contributo principale alla pericolosità sismica in termini di PGA è dato dagli intervalli $D=0-10\text{km}$ e $M_w=5-7.5$, secondariamente da $D=10-20\text{km}$ e $M_w=6-7.5$.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 023116	UNITÀ 00
	LOCALITÀ Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 21 di 67	Rev. 0

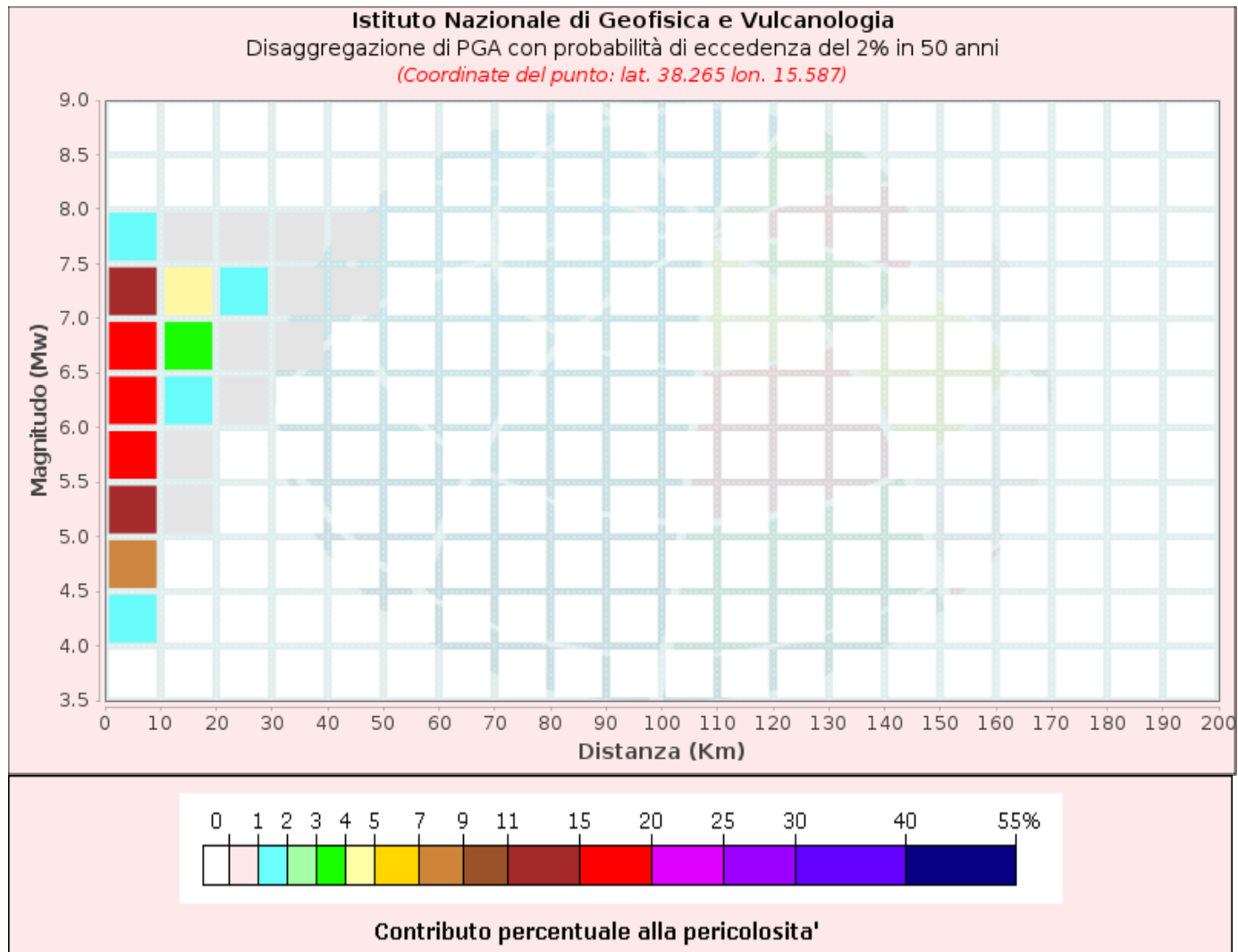


Figura 3-6. Grafico di disaggregazione della PGA per un sisma con $T_R=2475$ anni

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 22 di 67	Rev. 0

4 INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE

4.1 Indagini geognostiche e sismiche: consistenza dei dati

4.1.1 Indagini riconducibili alla Centrale

La planimetria indagini nell'area della centrale è riportata nelle Figura 4-1 e Figura 4-2. Di seguito si elencheranno le indagini in ordine cronologico dalle più recenti.

4.1.1.1 Campagna indagini L&R 2021

Le indagini constano di n.10 perforazioni meccaniche a carotaggio continuo e di n.25 prove HVSR a stazione singola, di cui 3 esterne alla Centrale. I sondaggi a carotaggio sono riportati nella successiva Tabella 4-1.

Tabella 4-1. Sintesi dei sondaggi a carotaggio continuo – L&R 2021

Sondaggio	Profondità (m)	n. campioni indisturbati	n. campioni ambientali	n. campioni rimaneggiati	n. prove SPT	Strumentazione installata
S1	30.00	1	4	12	11	Tubo per sismica in foro
S2	20.00		4	7	8	Piezometro a tubo aperto
S3	20.00		2	8	7	
S6	15.00		3	8	7	
S7	20.00		3	8	8	Piezometro a tubo aperto
S8	15.00		3	8	7	
S9	15.00		4	7	6	
S10	15.00		3	7	7	
S11	50.00		4	18	14	
S12	30.00		3	11	10	Piezometro a tubo aperto

4.1.1.2 Campagna indagini Enser 2021

Le indagini che il personale di Enser ha condotto riguardano sostanzialmente n.5 prove HVSR distribuite nel perimetro della Centrale (n.3) ed esternamente ad essa (rimanenti 2.).

4.1.1.3 Campagna indagini Centro Idro Geo Tecnico Srl (C.I.G.T) 2014

Sono state realizzate n.3 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (Tabella 4-2) e n.2 prove HVSR a stazione singola.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)		
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 23 di 67	Rev. 0
			SPC. 00-CA-E-10020	

Tabella 4-2. Prove penetrometriche – C.I.G.T. 2014

Prova ID	Profondità (m)
P1	4.60
P2	8.60
P3	4.20

4.1.1.4 Campagna indagini Italgeo 2004

Sono stati eseguiti n.3 sondaggi a carotaggio continuo (Tabella 4-3)

Tabella 4-3. Sintesi dei sondaggi a carotaggio continuo – ITALGEO 2004

Sondaggio	Profondità (m)	n. campioni indisturbati	n. prove SPT	Strumentazione installata
SA	20.00	1	2	Piezometro a tubo aperto
SB	20.00	1	2	
SC	20.00	2	2	Piezometro a tubo aperto

4.1.1.5 Campagna indagini Centro Idro Geo Tecnico Srl (C.I.G.T) 2003

Sono stati realizzati n.4 sondaggi a carotaggio continuo e n.4 pozzetti esplorativi (Tabella 4-4). Sono stati testati n.34 campioni rimaneggiati in laboratorio (apertura e descrizione, classificazione granulometrica).

Tabella 4-4. Sintesi dei sondaggi a carotaggio continuo C.I.G.T. 2003

Sondaggio	Profondità (m)	n. campioni rimaneggiati	n. prove SPT
S1	20.00	34	8
S2	20.00		8
S3	15.00		6
S4	15.00		6

4.1.1.6 Ulteriori indagini disponibili

Sono a disposizione, ma senza un riferimento geografico di posizionamento, alcuni log stratigrafici di sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nel 1979.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 24 di 67	Rev. 0

Tabella 4-5. Sintesi delle ulteriori indagini disponibili (1979)

Sondaggio	Profondità (m)	n. campioni indisturbati	n. prove SPT
S1	15.00	5	7
S2	13.00	4	6
S3	12.50	4	6
S4	20.50	6	10
S5	20.50	4	11
S6	15.00	5	7
S7	12.00	4	6
S8	15.00	5	6
S9	15.00	5	7
S10	25.00	8	12

	PROGETTISTA 	COMMESSA 023116	UNITÀ 00
	LOCALITÀ Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 25 di 67	Rev. 0

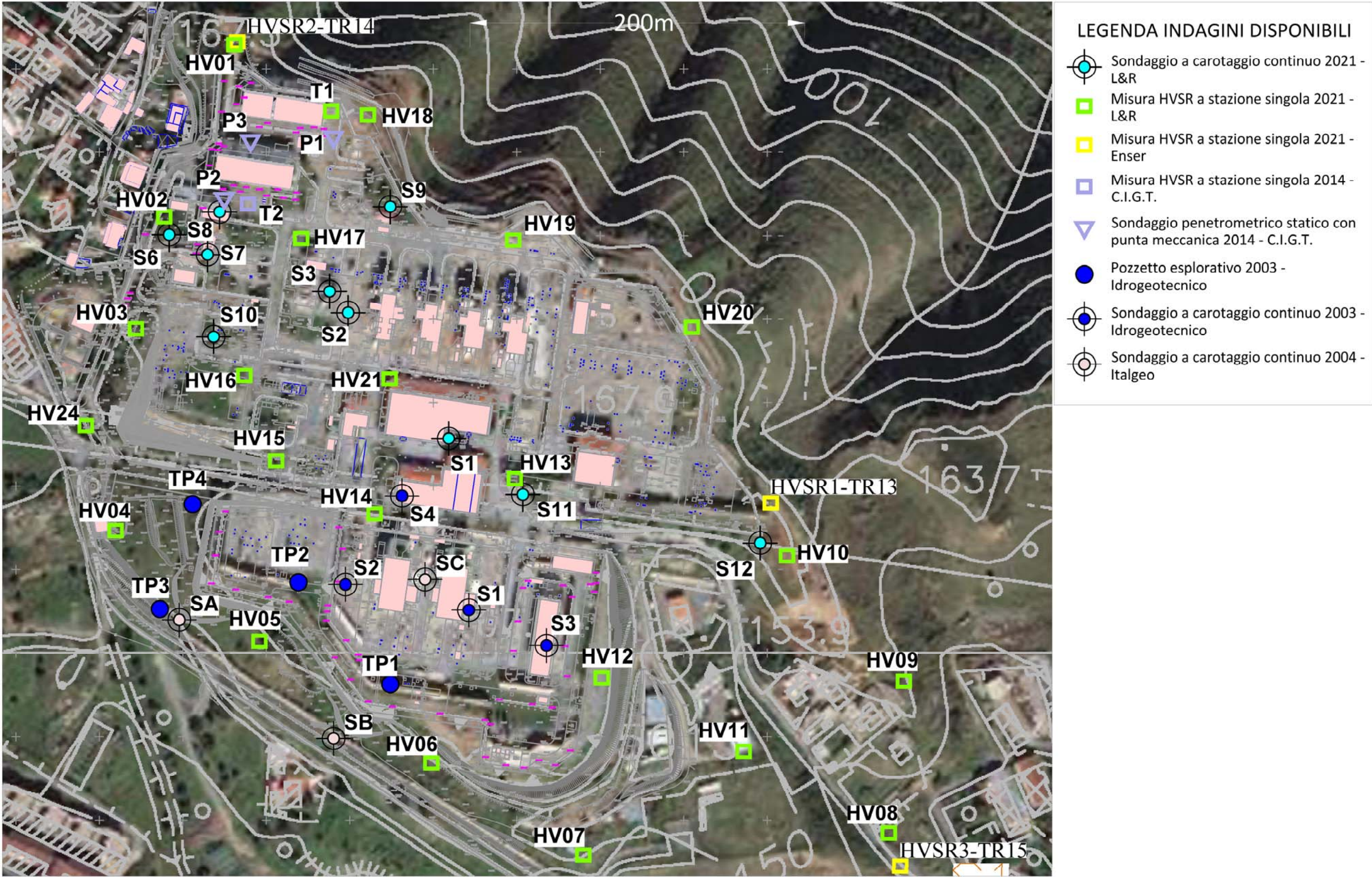


Figura 4-1. Planimetria delle indagini disponibili.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 023116	UNITÀ 00
	LOCALITÀ Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 26 di 67	Rev. 0



Figura 4-2. Planimetria delle indagini disponibili (zona Casa Bianca e strada per Faro Superiore).

	PROGETTISTA 	COMMESSA 023116	UNITÀ 00
	LOCALITÀ Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 27 di 67	Rev. 0

4.1.2 Indagini di letteratura

4.1.2.1 Campagna di indagini (Scolaro et al., 2018)

Sono state realizzate nel centro urbano di Faro Superiore, sito a circa 700m in direzione sud-ovest dalla Centrale, n.11 prove H/V, distribuite in maniera piuttosto omogenea come Figura 4-3.

4.1.2.2 Campagna di indagini (De Rose et al., 2008)

Nell'ambito di una campagna di microzonazione sismica che ha coinvolto i territori costieri di Sicilia e Calabria che affacciano sullo Stretto, sono state realizzate alla località Ganzirri (area sita 3km ad est della Centrale) n.4 misure H/V

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITÀ	Messina (ME)	023116	00
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	Rev. 0
			Fg. 28 di 67	



Figura 4-3. Ubicazione delle prove H/V (Scolaro et al., 2018)

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 29 di 67	Rev. 0



Figura 4-4. Ubicazione delle prove H/V (De Rose et al., 2008)

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)		
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 30 di 67	Rev. 0
			SPC. 00-CA-E-10020	

5 MODELLO STRATIGRAFICO E SISMICO

5.1 Dati stratigrafici e ricostruzione della successione

Lo sviluppo del modello sismico deve basarsi sui risultati delle indagini eseguite; tuttavia tali indagini vanno molto spesso integrate – ed è questo uno dei casi – con le informazioni stratigrafiche, geologiche e sismiche di più larga scala.

L'insieme di tutte le indagini di tipo intrusivo (carotaggi, penetrometriche) ha concorso a identificare un volume significativo costituito esclusivamente da terreni incoerenti della Formazione delle Ghiaie di Messina, che si compone in percentuali variabili di ghiaie, sabbie e subordinatamente limi. Generalmente le percentuali più elevate spettano alla frazione sabbiosa, presente come fase grossolana derivante dal processo di alterazione di volumi rocciosi cristallini (è assente qualsivoglia reazione del materiale carotato all'HCl). La frazione ghiaiosa è composta da ciottoli con diametro ridotto e nel complesso non è possibile dalle carote determinare la presenza di strutture sedimentarie, che tuttavia possono essere apprezzate in affioramento.

Come messo in evidenza, la formazione si presenta disomogenea sotto il profilo della composizione granulometrica, a cui si aggiunge anche una notevole variabilità nel grado di cementazione, che può essere medio-debole (Foto 5-1) o assente (Foto 5-2).



Foto 5-1. Formazione delle Ghiaie e sabbie di Messina, costituita da banconi conglomeratici cementati di spessore decimetrico-metrico. Loc.: Pantano grande, Ganzirri

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 31 di 67	Rev. 0



Foto 5-2. Formazione delle Ghiaie e sabbie di Messina. Loc.: Cava per estrazione di inerti a Curcuraci

Il problema che quindi si pone è l'ubicazione di un substrato geologico, a cui assegnare eventualmente la funzione di substrato sismico, secondo le disposizioni normative vigenti.

I sondaggi a carotaggio più profondi di fatto (S1-30m, S11-50m, S12-30m) non superano la Formazione delle Ghiaie di Messina. Questo è compatibile con quanto riportato nella letteratura tecnica e bibliografica ([Ref24], [Ref32], [Ref46], [Ref48]), in base alla quale gli spessori delle Ghiaie di Messina, nella zona della Centrale sono nell'ordine dei 200m circa.

Al di sotto della Formazione delle Ghiaie di Messina, secondo i riferimenti bibliografici citati, la successione sedimentaria continua verso il basso in discordanza stratigrafica con:

- la Formazione dei Trubi (marne, marne argillose e marne siltose)
- la Formazione di Le Masse (marne e arenarie poco cementate)

il cui spessore complessivo è di circa 300m, per un totale di 500m circa di colonna sedimentaria poggianti sul basamento cristallino metamorfico.

Per comprendere visivamente l'assetto stratigrafico e strutturale della zona della Centrale si è quindi fatto riferimento alla Figura 5-1, che rappresenta una sezione schematica di massima che attraversa la penisola di Torre Faro, dalla quale si può apprezzare i rapporti e gli spessori delle Formazioni.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)		
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 32 di 67	Rev. 0
			SPC. 00-CA-E-10020	

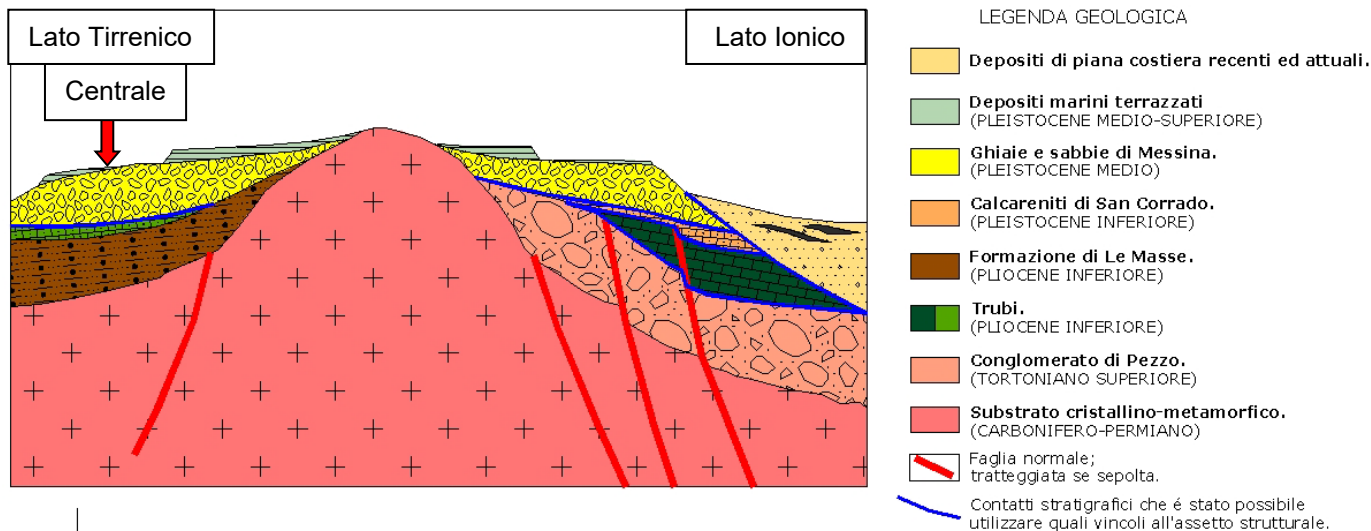


Figura 5-1. Schema dei rapporti stratigrafici e tettonici ricostruiti nell'ambito del documento [Ref48].

Per quanto attiene agli altri dati stratigrafici disponibili, vale la pena citare la pubblicazione in [Ref46], nella quale si riporta la correlazione stratigrafica fra i log derivanti da perforazioni superficiali e profonde a cavallo dello stretto di Messina (Figura 5-2); nella fattispecie, la perforazione n. 3 riporta e interpreta la successione e gli spessori di sedimenti sino al basamento cristallino. È possibile rilevare la seguente stratigrafia:

- Da piano campagna a 226m di profondità: Ghiaie di Messina
- Da 226m a 252m di profondità: Formazione dei Trubi
- Da 252m a 573m di profondità: Conglomerati e arenarie (Conglomerato di Pezzo)
- Oltre 573m: Basamento Cristallino metamorfico (bedrock geologico s.s.)

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 33 di 67	Rev. 0

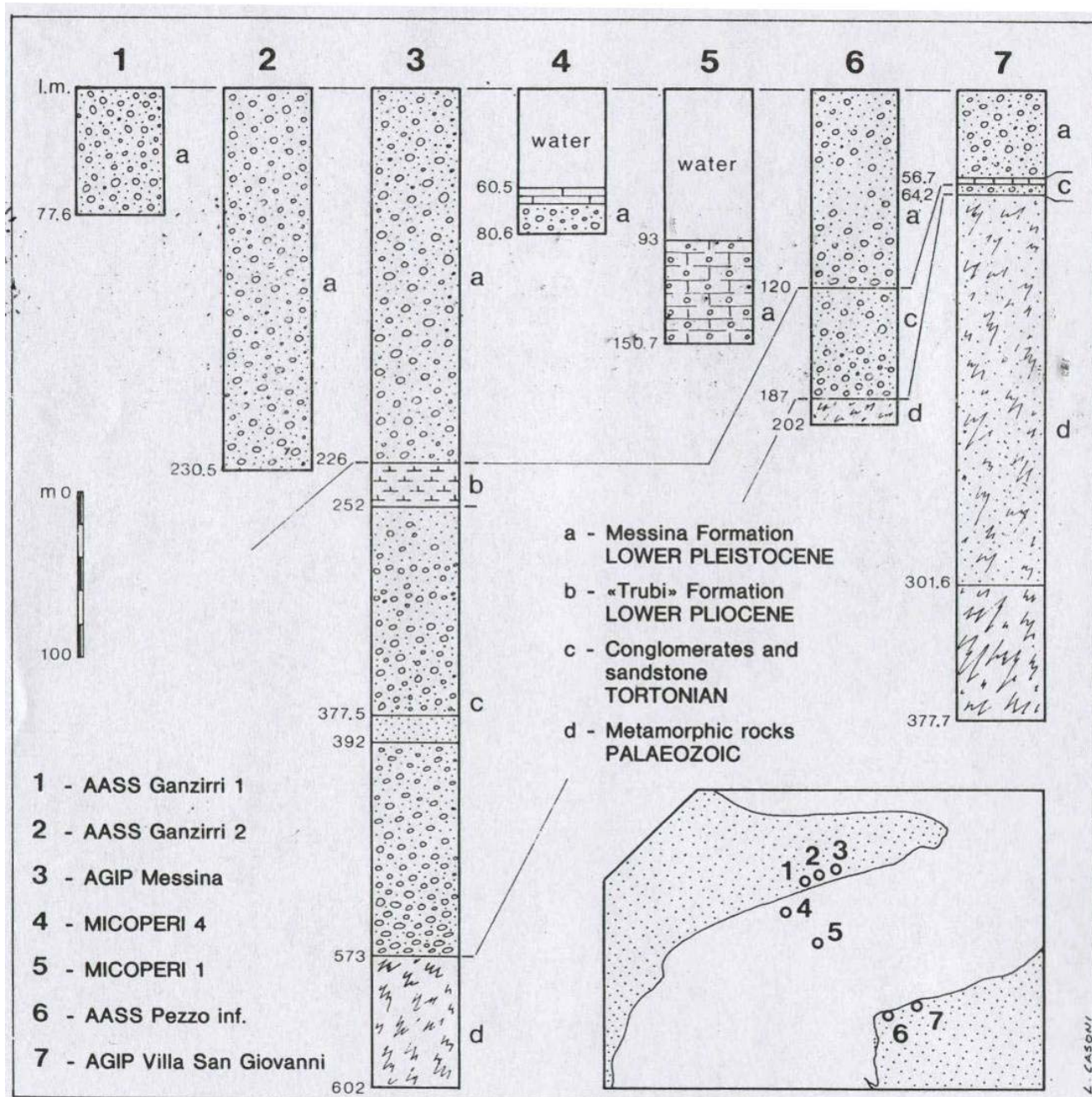


Figura 5-2. Stratigrafie e ubicazione dei sondaggi effettuati tra Ganzirri e Punta Pezzo (Selli et al 1979)

5.2 Dati sismici

Una volta passati in analisi i dati stratigrafici, si passa all'analisi dei dati sismici.

5.2.1 La campagna di indagini del 2021

	PROGETTISTA 	COMMESSA 023116	UNITÀ 00
	LOCALITÀ Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 34 di 67	Rev. 0

5.2.1.1 Prova down-hole

Le misure dei tempi di arrivo delle onde sismiche nel foro S1 hanno consentito di stimare la velocità delle onde S e P. In particolare, la velocità delle onde Vs ha mostrato un netto contrasto di impedenza alla profondità di 5m (Figura 5-3).

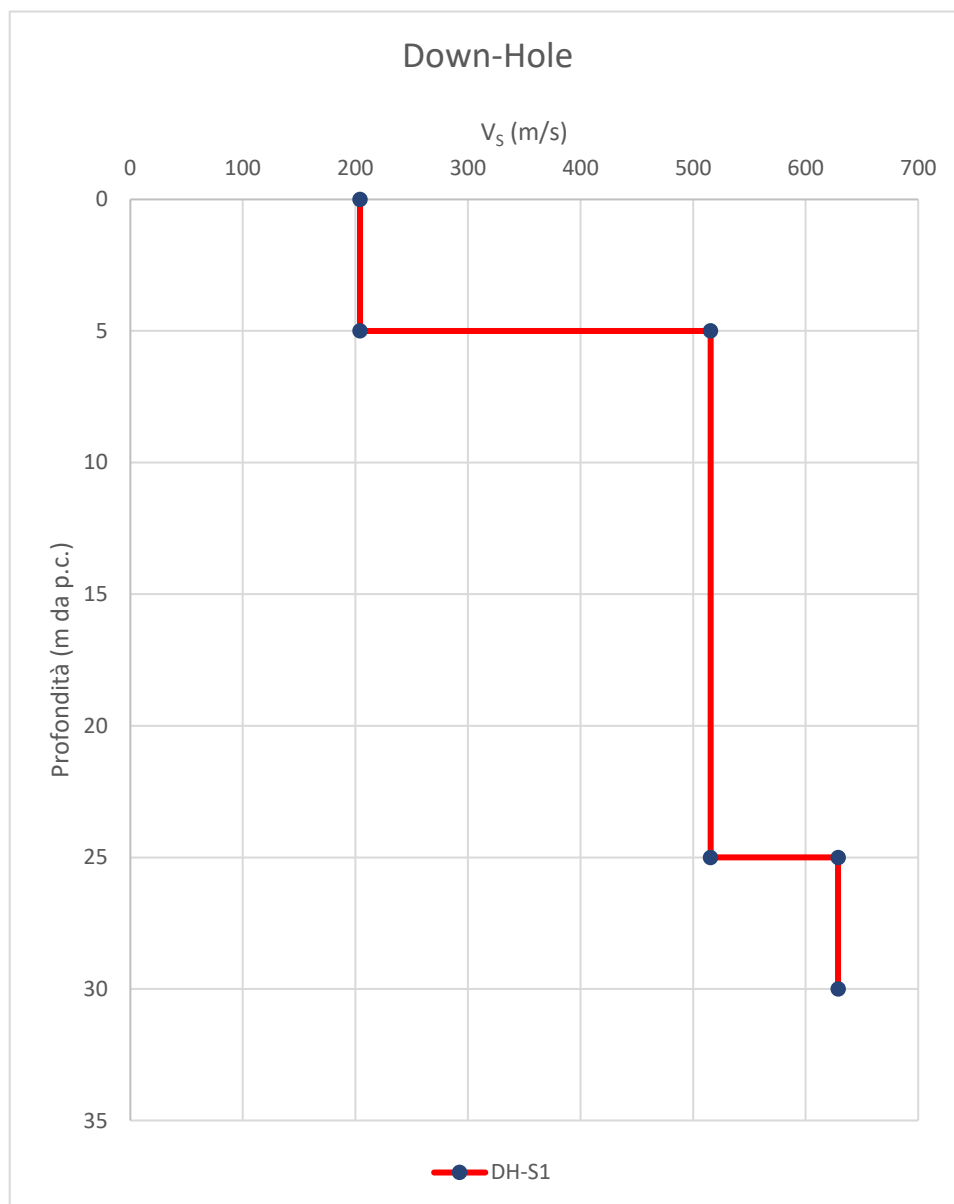


Figura 5-3. Profilo di velocità Vs della prova Down-Hole S1

5.2.1.2 Prove HVSR

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)		
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 35 di 67	Rev. 0
			SPC. 00-CA-E-10020	

Le prove HVSR eseguite all'interno del perimetro della centrale sono 22 (L&R) + 3 (Enser) e tutte hanno messo in evidenza in maniera univoca un picco nello spettro H/V vs. f di natura stratigrafica in corrispondenza della $f_0=0.44$ Hz. Le prove HVSR2 e 3 di Enser hanno registrato dei picchi di origine non stratigrafica e pertanto sono state escluse dall'interpretazione. I risultati globali associati alle deviazioni sono nella Figura 5-4.

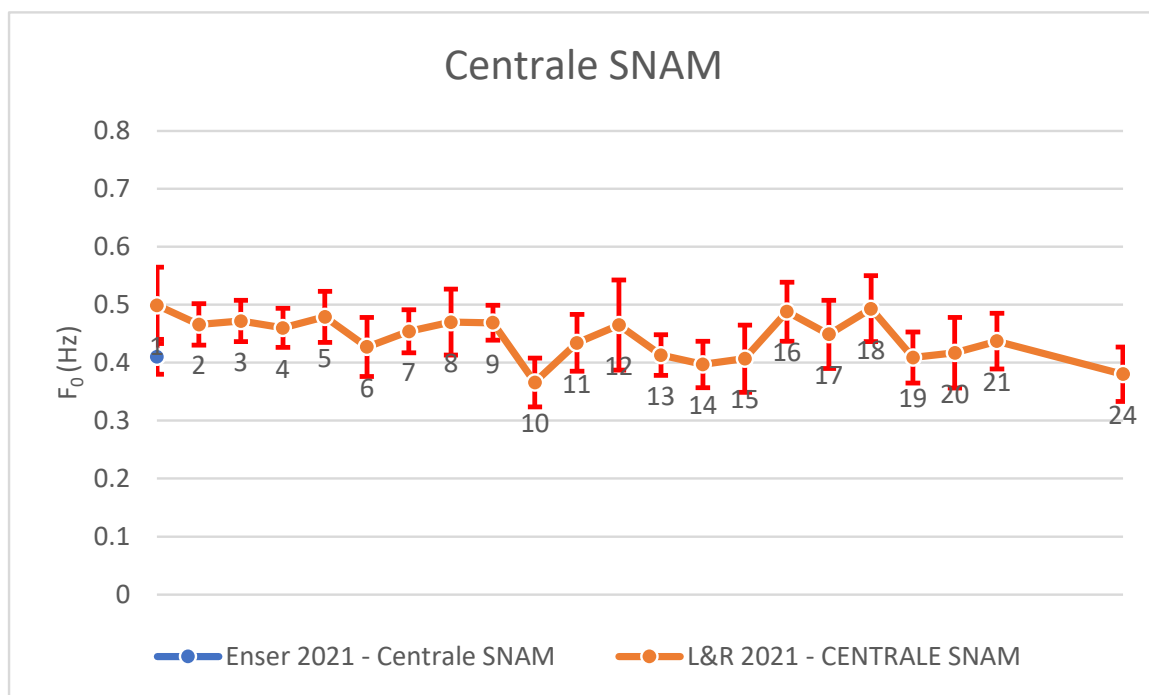


Figura 5-4. Frequenze del picco principale registrato dalle prove nella zona della Centrale + deviazioni (in rosso)

Per quanto attiene alle prove HVSR esterne, nella zona a valle presso località Casa Bianca sono state eseguite n.4 misure, 2 da L&R e n.2 da Enser. Le misure eseguite da L&R sono state escluse dall'elaborazione in quanto la deviazione del dato è apparsa eccessiva. I risultati sono nella successiva Figura 5-5.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 36 di 67	Rev. 0

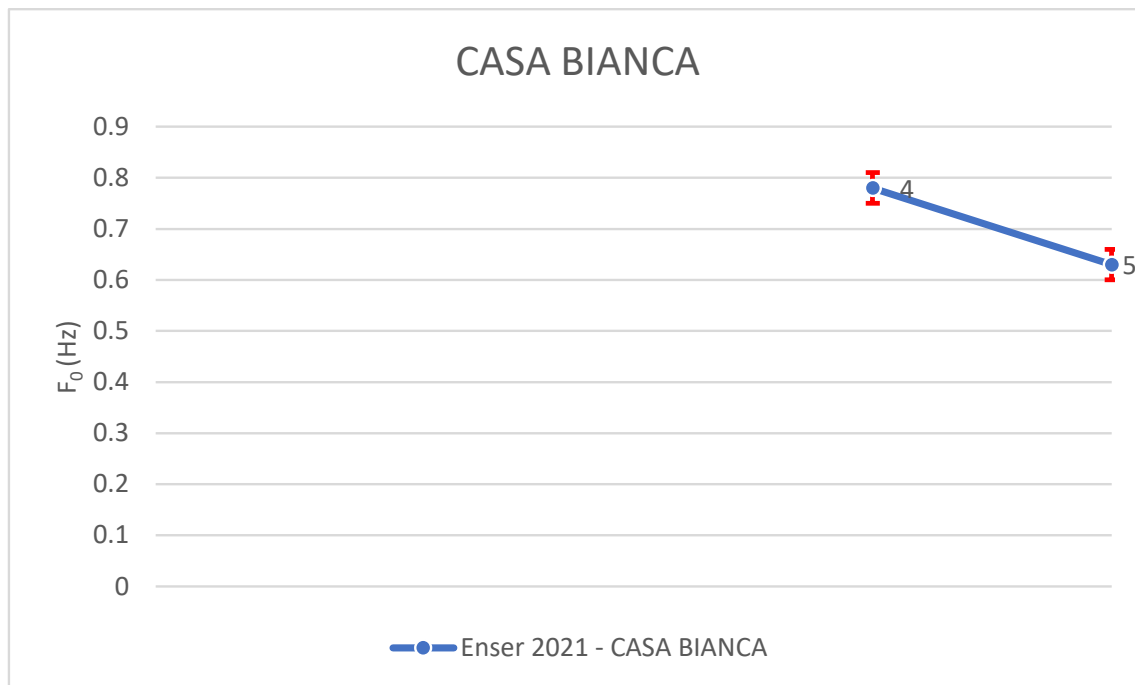


Figura 5-5. Frequenze del picco principale registrato dalle prove nella località Case Bianche + deviazione (in rosso).

Per quanto riguarda il picco registrato nella zona a sud della Centrale dalla prova HV25, si conferma sostanzialmente in linea con quelli registrati nella Centrale (0.458 Hz).

5.2.1.3 Prove HVSR del 2014

Per quanto riguarda le due prove HVSR del 2014, non è possibile esprimere un giudizio perentorio in quanto manca il grafico delle singole componenti L1, L2 e H in funzione della frequenza, col quale procedere alla disamina congiunta dei dati. Due possibili interpretazioni di picchi a frequenze così elevate possono risiedere nella presenza di un riempimento antropico nella zona in cui sono state eseguite le misure, oppure – come si può vedere dalle foto degli strumenti durante la registrazione – da una impropria acquisizione su pavimentazione stradale / inerte battuto che hanno potuto alterare le registrazioni e quindi falsare l'interpretazione.

5.2.2 La campagna di prove di Scolaro et al. (2018)

Tutte le 11 prove HVSR hanno identificato chiaramente ed univocamente un picco nei dintorni di $f_0=0.4$ Hz, così come possibile osservare dalle Figura 5-6 e Figura 5-7.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 37 di 67	Rev. 0

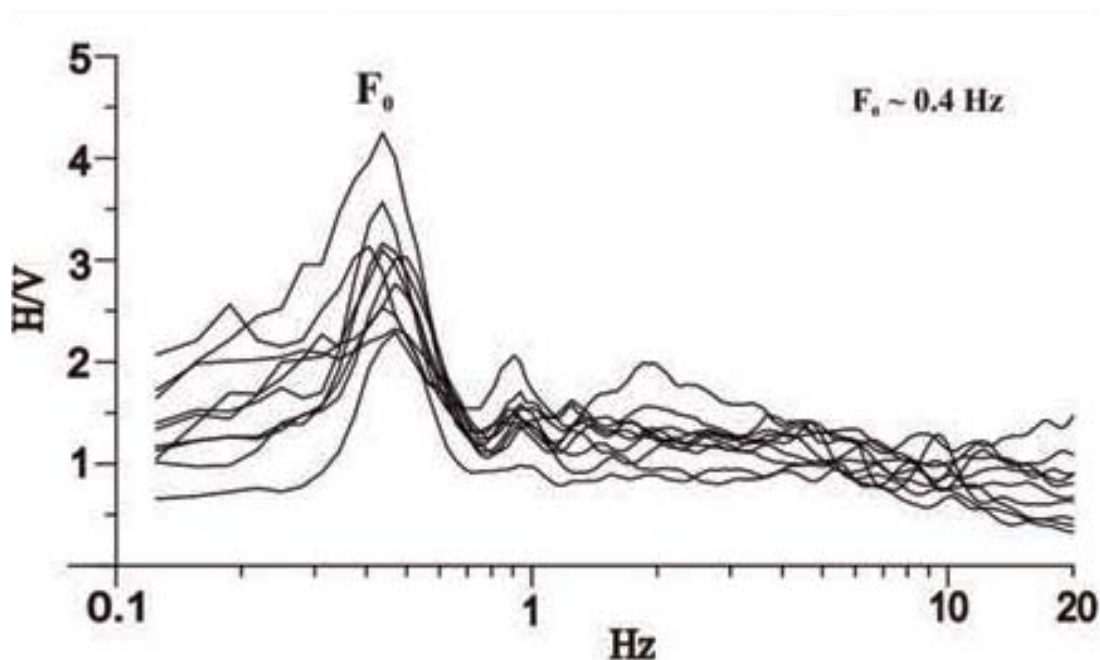


Figura 5-6. Frequenze del picco principale registrato dalle prove nella località Faro Superiore (da Scolaro et al., 2018).

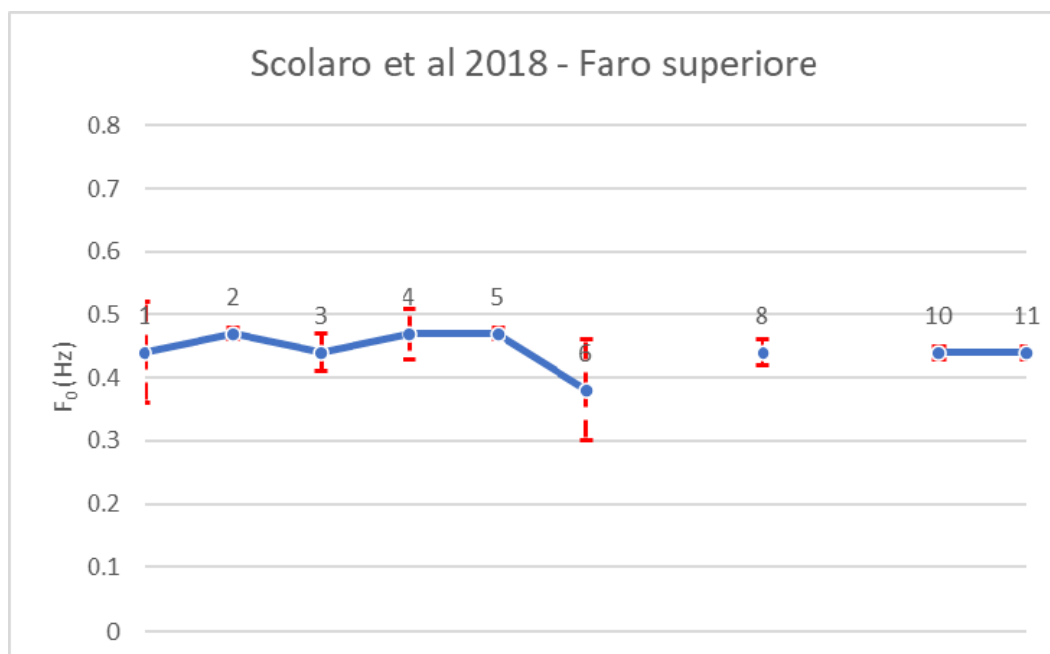


Figura 5-7. Frequenze e deviazioni del picco principale registrato dalle prove nella località Faro Superiore (da Scolaro et al., 2018) + deviazione del dato (in rosso).

5.2.3 La campagna di prove di De Rose et al. (2008)

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)		
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 38 di 67	Rev. 0

L'elaborazione delle quattro registrazioni eseguite dagli autori ha identificato nell'area di Ganzirri un picco principale in corrispondenza di $f_0=0.47$ Hz e picchi secondari fra 2 e 4 Hz (Figura 5-8 e Figura 5-9)

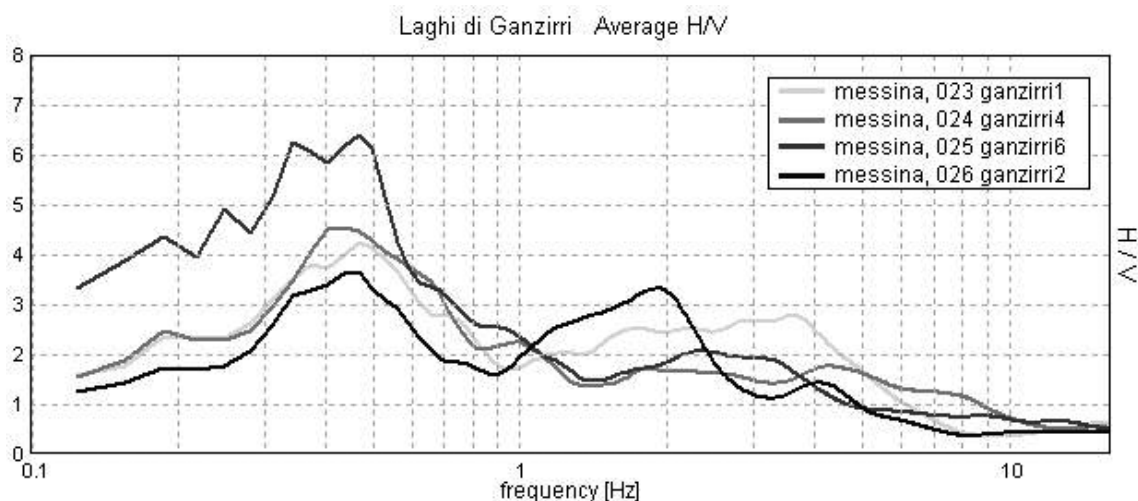


Figura 5-8. Frequenze del picco principale registrato dalle prove nella località Ganzirri (da De Rose et al., 2008)

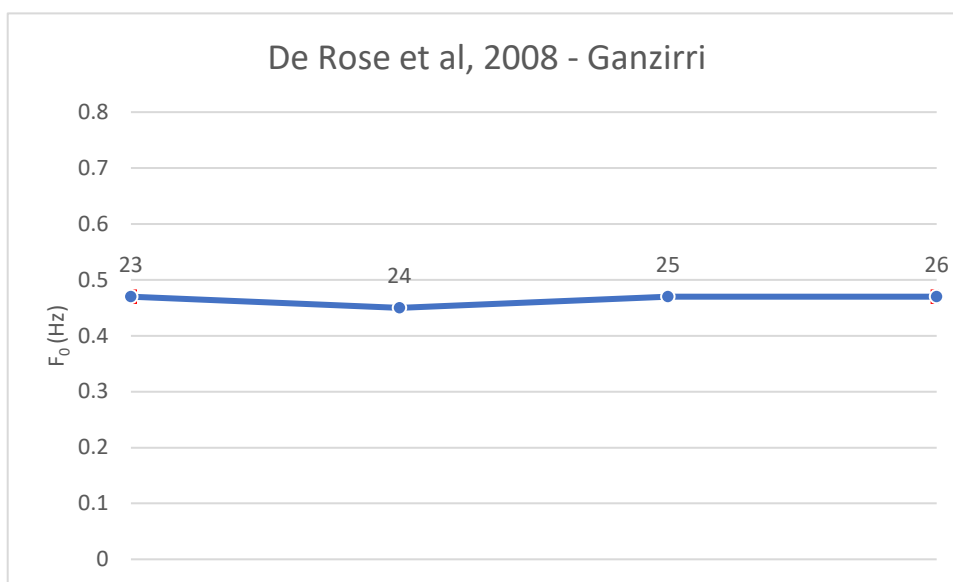


Figura 5-9. Frequenze e deviazioni del picco principale registrato dalle prove nella località Ganzirri (De Rose et al., 2008) + deviazione del dato (in rosso ove disponibile).

5.3 Discussione e ipotesi interpretative

L'elaborazione delle indagini sismiche ha consentito di vagliare diversi scenari interpretativi; ciononostante, le considerazioni basilari che possono essere fatte sono le seguenti:

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)		
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 39 di 67	Rev. 0
			SPC. 00-CA-E-10020	

- Secondo la prova Down-Hole e coerentemente con il tipo di terreni incontrati e con i risultati delle prove SPT in foro di sondaggio (che restituiscono valori sostanzialmente molto elevati), il gradiente di velocità cresce rapidamente nei primi metri di profondità, per diminuire poi altrettanto rapidamente subito dopo, attestandosi su valori decisamente più blandi. Secondo chi scrive, la crescita così rapida della velocità è in relazione alla presenza di riempimenti antropici nei primi metri, pertanto l'impedenza sismica che si localizza fra 4 e 5m di profondità non è da considerarsi naturale. Questo fatto è messo in luce anche da diversi sondaggi che registrano fino a 4.5m terreni di riporto. A riprova di ciò, le prove 2021 HVSR non evidenziano alcun picco in alte frequenze che possa esservi associato.

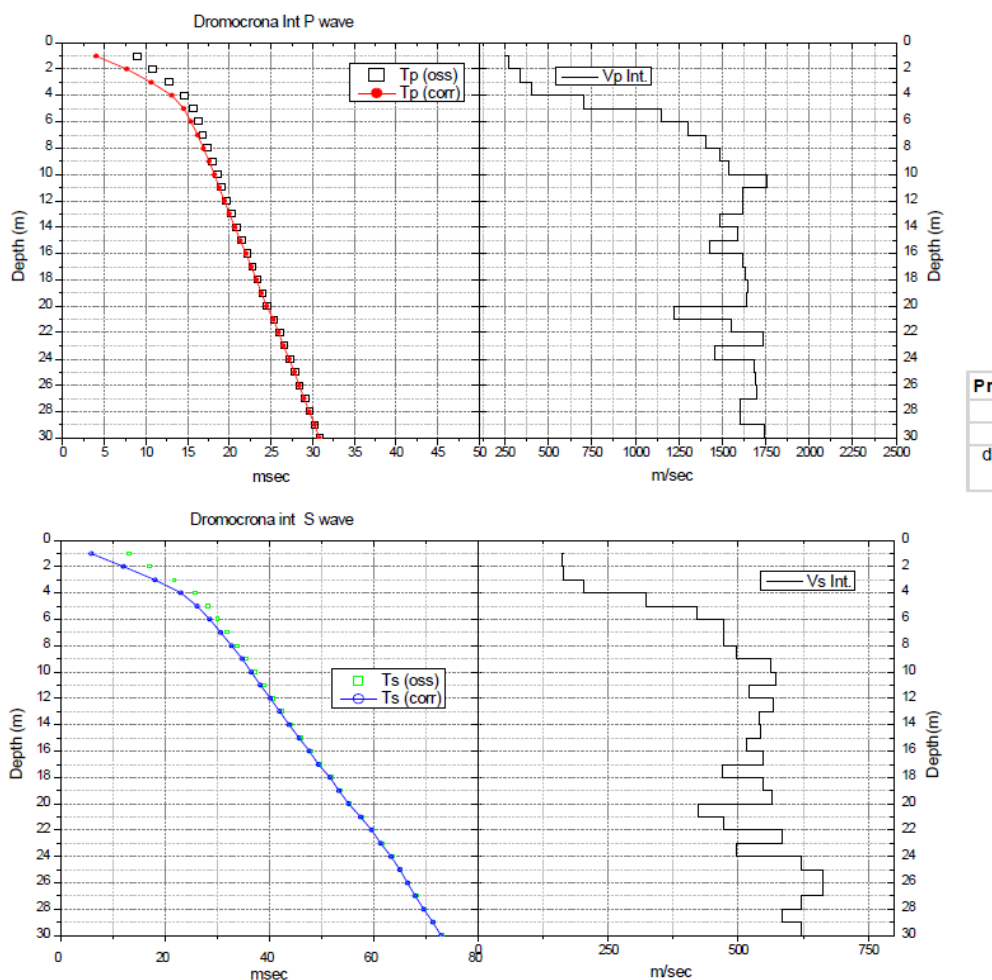


Figura 5-10. Grafico delle dromocrone e delle velocità delle onde P ed S con la profondità.

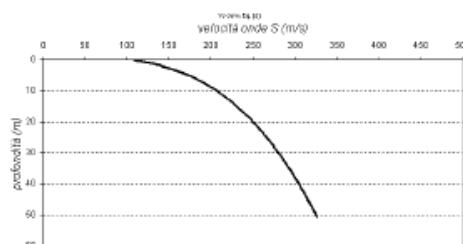
- Le indagini HVSR eseguite sia internamente che a sud della Centrale (Faro Superiore, Scolaro et al., 2018) identificano in maniera univoca e chiara un solo picco alla frequenza di 0.44 Hz circa. Si tratta di un'area cumulata di circa 52 ettari, nella quale 33 prove HVSR mostrano un risultato simile, pertanto è

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 40 di 67	Rev. 0

ragionevole ritenere che esista un contrasto di impedenza a scala regionale a profondità stimata superiore a 100m che deve essere indagato.

- È possibile pervenire ad una definizione della velocità delle onde sismiche con la profondità ed al posizionamento del contrasto di impedenza che genera il picco a 0.44 Hz per mezzo di una funzione esponenziale ([Ref17]) che si basa sull'assunto che la velocità delle onde V_s sia controllata dal carico litostatico, nella forma generica

$$V_s(z) = V_0(1+z)^a$$



Con z =profondità in m, V_0 e “a” dipendenti dalle caratteristiche dei materiali (granulometria, coesione...). In questo modo, fissati i seguenti parametri minimi (LB), massimi (UB) e medi (AVG) a partire dal tipo di materiale, dall’andamento delle V_s da prova down-hole e dall’esperienza degli scriventi su terreni simili:

Tabella 5-1. Parametri delle leggi di potenza che descrivono l'aumento della V_s nel sito

$a_{LB} =$	0.35	$V_{0,LB} =$	100
$a_{UB} =$	0.4	$V_{0,UB} =$	170
$a_{AVG} =$	0.38	$V_{0,AVG} =$	135

Si ottiene il seguente campo di possibilità del profilo V_s (Figura 5-11). È immediato osservare come la tendenza di crescita con la profondità del profilo medio, che sarà quella adottata successivamente come riferimento nelle fasi di calcolo, raggiunga la velocità di 800 m/s intorno alla profondità di 100m dal piano campagna, pertanto questa sarà considerata la profondità del bedrock sismico.

Per quanto attiene al posizionamento del contrasto di impedenza, si sfrutta la relazione che lega lo spessore “H” del deposito che genera il picco nello spettro H/V alla frequenza di risonanza “ ν ” e ad i coefficienti “ V_0 ” ed “a”. Il risultato $H_{AVG}=504$ m.

$$H = \left[\frac{V_0(1-a)}{4\hat{\nu}_1} + 1 \right]^{1/(1-a)} - 1$$

Se si confronta questo dato con quanto affermato da Gargano et al. (1996) sullo spessore delle coltri sedimentarie (400-500m), ne consegue che il picco misurato a 0.44 Hz si associa al contrasto di impedenza fra le coltri sedimentarie ed il substrato cristallino metamorfico. Detto passaggio comunque, benchè di interesse sismologico, non ha risvolti ai fini della

	PROGETTISTA 	COMMESSA 023116	UNITÀ 00
	LOCALITÀ Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 41 di 67	Rev. 0

determinazione della risposta sismica locale e sarà quindi trascurato, in considerazione del fatto che gli effetti amplificativi che può produrre sono su quelle onde che hanno lunghezza λ paragonabile allo spessore H, ossia impulsi sismici che non sono in grado di produrre uno scuotimento alla scala dei manufatti presso la Centrale, che sono caratterizzati da un ordine di grandezza dimensionale inferiore.

Di più, la modellazione di un contrasto di impedenza ad una profondità tale comporterebbe a livello numerico delle forti deamplificazioni, ossia degli spettri meno cautelativi.

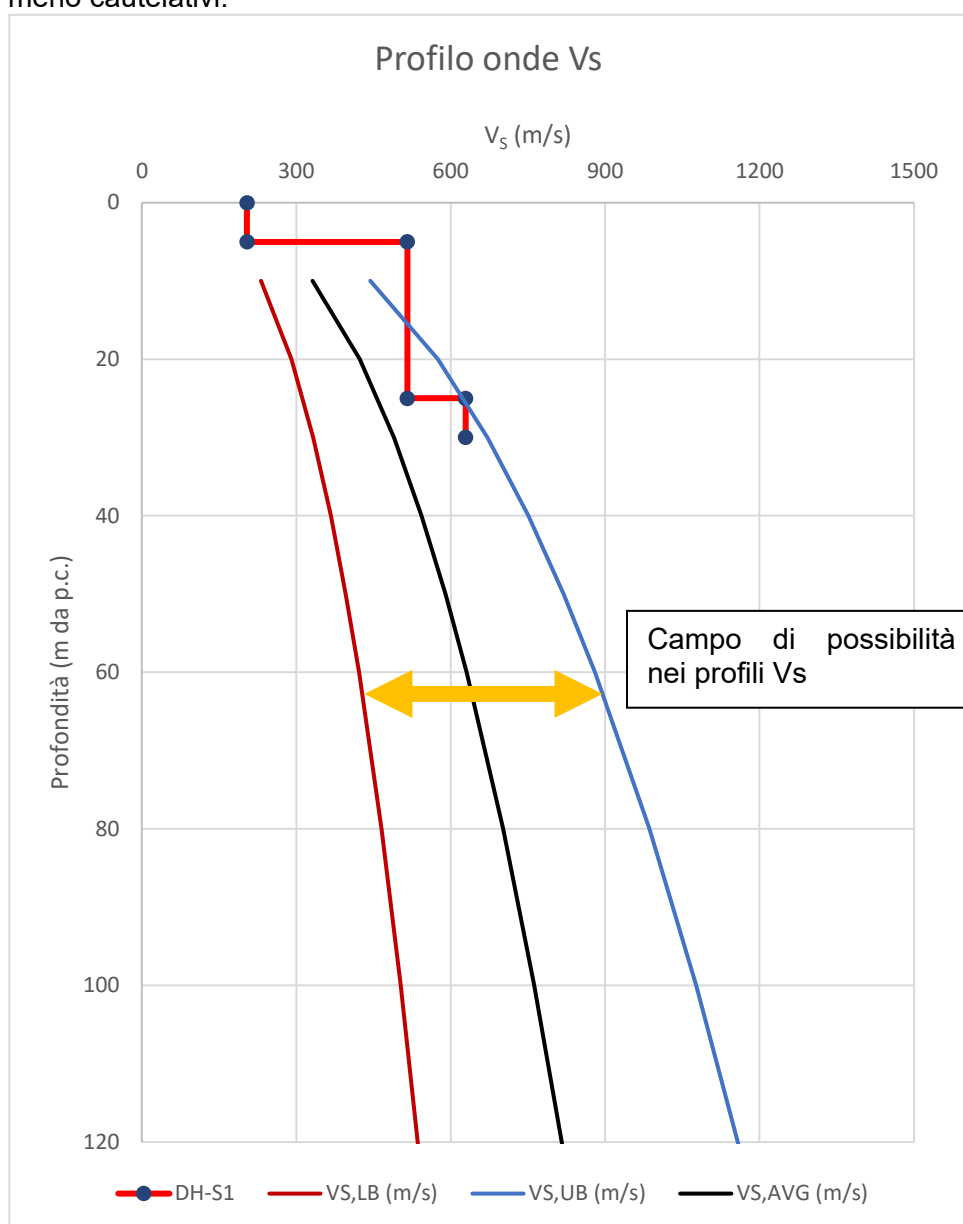


Figura 5-11. Variazioni secondo una legge di potenza della velocità con la profondità sfruttando la relazione di Albarello & Baliva, 2006.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 42 di 67	Rev. 0

- Se si confronta il risultato del punto precedente ($H_{AVG}=504m$) con i dati stratigrafici e sismici sul lato Ionico (località Ganzirri), è possibile associare i picchi registrati dalle prove HVSr ($f_0=0.47$ Hz) dell'esperienza di De Rose et al. (2008) al contrasto di impedenza che si genera alla profondità di 573m nella perforazione n.3 AGIP Messina (Figura 5-12).

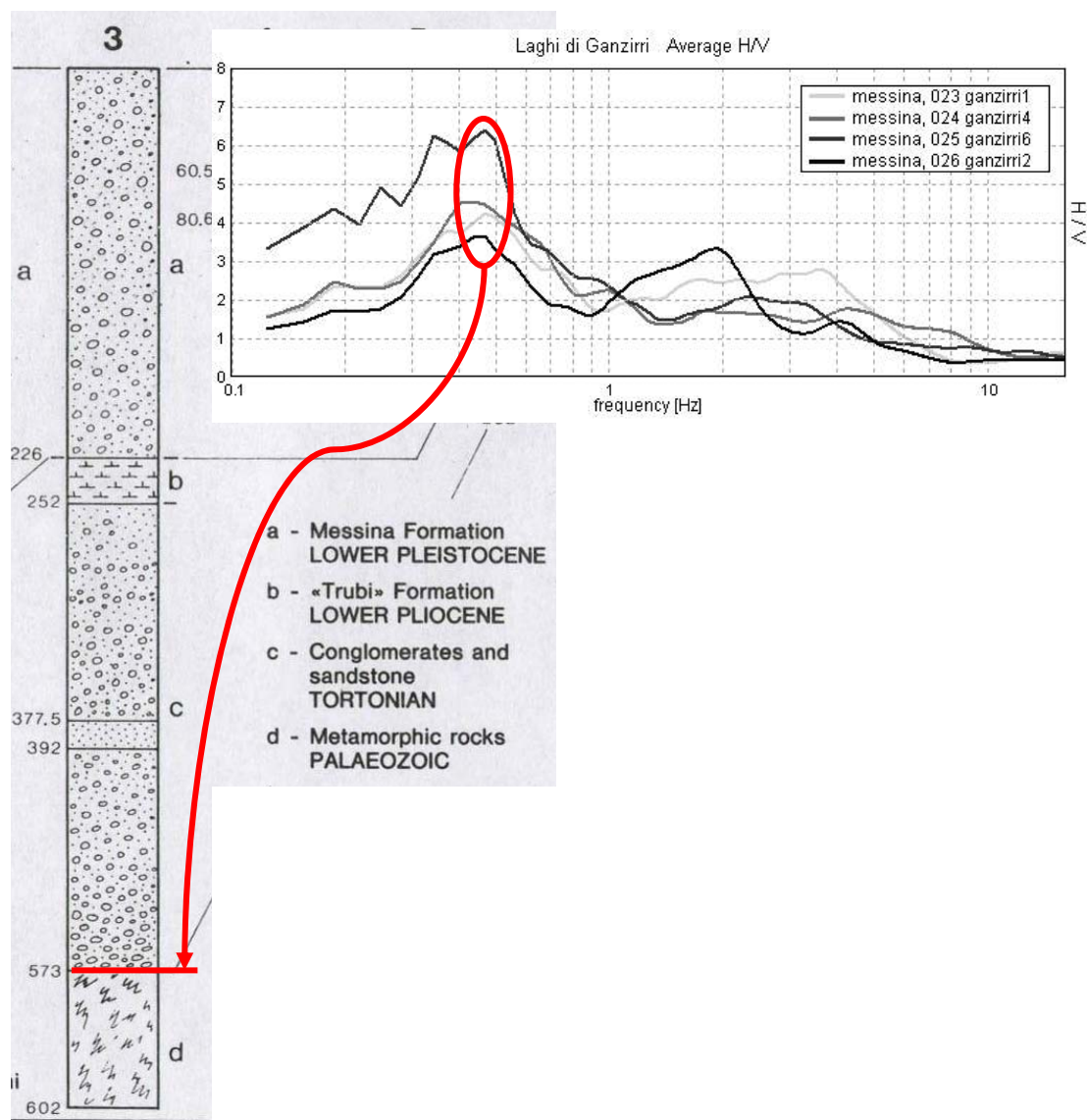


Figura 5-12. Picco principale da Prove HVSr (De Rose et al, 2008) e contrasto di impedenza relativo nella zona Ganzirri

- I picchi registrati in località Case Bianche sono più alti rispetto a quelli della Centrale; è possibile che ciò sia legato ad una maggiore emersione del substrato geologico, a cui si associa un minore spessore della copertura sedimentaria legata alle quote altimetriche.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 023116	UNITÀ 00
	LOCALITÀ Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 43 di 67	Rev. 0

- Le misure eseguite in località Case Bianche e a sud della Centrale rispetto a quelle eseguite nella Centrale non hanno evidenziato condizioni che lasciano ipotizzare una amplificazione topografica. A ciò si aggiunga che la pendenza massima del versante a monte del quale è sita la Centrale è di poco inferiore a 30°, ma soprattutto che a tergo della centrale il pendio non ridiscende così da formare una cresta, ma continua sostanzialmente alla stessa quota del sito della centrale a formare un plateau, in una condizione geometrica che quindi non si presta ad effetti di focalizzazione di onde sismiche per riflessioni su superfici topografiche inclinate.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 44 di 67	Rev. 0

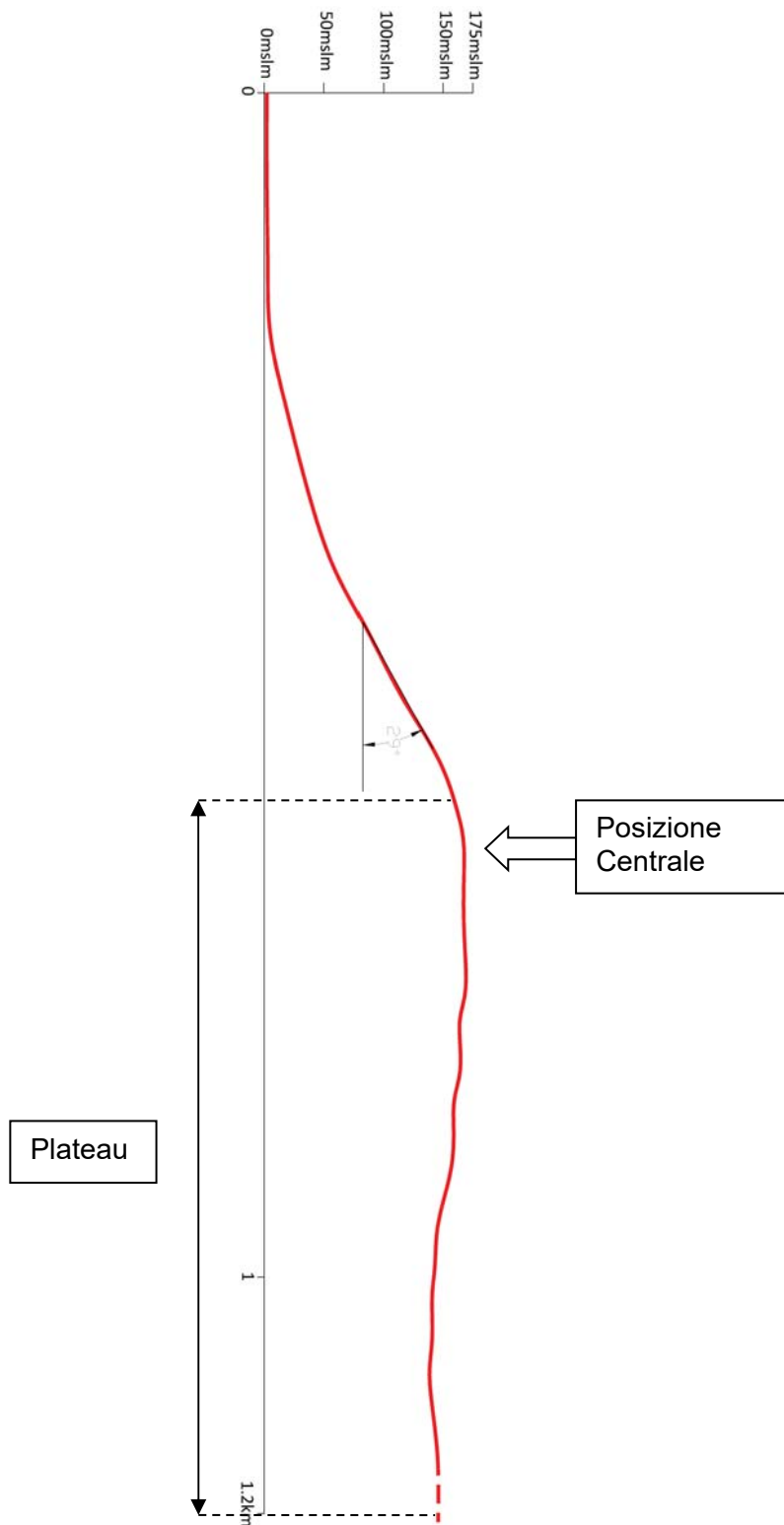


Figura 5-13. Sezione ortogonale alla linea di costa passante per la Centrale.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)		
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 45 di 67	Rev. 0

6 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Per la determinazione della pericolosità sismica di base è necessario partire dall'ubicazione della Centrale e dalle caratteristiche tipiche di vita nominale (V_N) e di Classe d'Uso. In Tabella 6-1 si riporta la posizione della Centrale nelle sue coordinate rappresentative e in Tabella 6-2 sono elencate le principali caratteristiche sismiche della Centrale in termini di vita nominale e classe d'uso.

Tabella 6-1: Coordinate dell'Opera

	WGS84	ED50
Latitudine	38.27123978	38.272916
Longitudine	15.58947086	15.590313

Tabella 6-2: Caratteristiche dell'Opera

Vita Nominale	Classe d'Uso	Coeff. D'Uso
100	IV	2

Inserendo la posizione è quindi possibile determinare i valori dei principali parametri di riferimento per le forme spettrali su suolo rigido affiorante, riassunti in Tabella 6-3.

Tabella 6-3: Parametri delle forme spettrali per ogni Stato Limite

	Tempo di Ritorno – T_R [anni]	Accelerazione Orizzontale Massima al sito – a_g [g]	Fattore di Amplificazione Massima – F_0 [-]	Periodo di Inizio tratto a vel. costante – TC^* [s]
Stato Limite di Operatività (SLO)	120	0.118	2.342	0.331
Stato Limite di Danno (SLD)	201	0.152	2.377	0.342
Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)	1898	0.392	2.446	0.423
Stato Limite di Collasso (SLC)	2475	0.435	2.503	0.434

Risulta quindi possibile tracciare gli spettri di Pericolosità Sismica di Base (ossia riferiti ad un suolo perfettamente orizzontale e rigido) riportati in Figura 6-1.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 46 di 67	Rev. 0

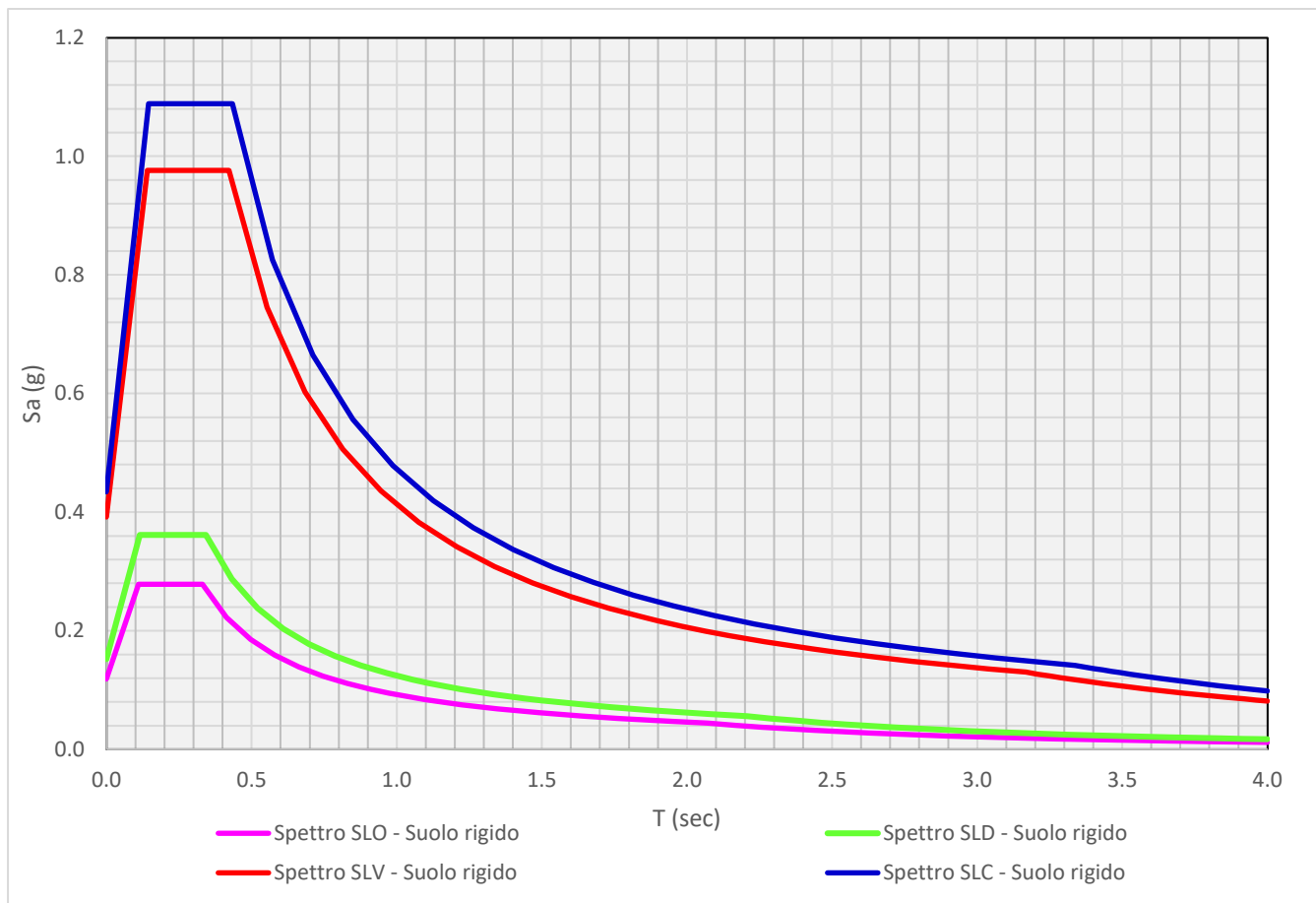


Figura 6-1: Spettro di pericolosità sismica di base Componente orizzontale.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 47 di 67	Rev. 0

7 APPROCCIO SEMPLIFICATO PER LA VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è necessario tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, perché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale.

Nel seguito verranno descritte ed approfondite le seguenti tematiche:

- categoria di sottosuolo;
- categoria topografica;
- definizione dei parametri dell'azione sismica di riferimento.

7.1 Categoria di suolo

Per la valutazione degli effetti stratigrafici si può fare riferimento (NTC 2018, [Ref9]) ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . In tale approccio la classificazione del suolo si effettua in base ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ($V_{s,eq}$).

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

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.

h_i spessore dell' i -esimo strato;

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

N numero di strati;

Nel caso in esame, la velocità di propagazione delle onde di taglio, come già esplicitato nel Capitolo 5, è stata determinata tramite la prova DH-S1 (Figura 5-3).

7.1.1 Classificazione sulla base della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$

In Tabella 7-1 si riporta il valore di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ determinato dalla prova DH-S1.

Tabella 7-1: Velocità equivalente delle onde di taglio e relativa categoria di sottosuolo da prova DH-S1

Prova Down-Hole		
Prova	$V_{s,eq}$	Categoria
DH S1	411	Categoria B

7.2 Categoria topografica

La categoria topografica è T1 (cfr. § 5.3), per questo motivo viene considerato un fattore di amplificazione pari ad 1.0.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)		
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 48 di 67	Rev. 0
			SPC. 00-CA-E-10020	

7.3 Azione sismica di riferimento

Il percorso analitico che porta alla definizione dello spettro di risposta elastico farà riferimento allo SLV, pertanto da questo punto in avanti si farà riferimento alle caratteristiche di input proprie di questo scenario progettuale. Tuttavia i risultati dell'analisi includeranno anche gli altri Stati Limite.

In Figura 7-1, si riporta una sintesi di determinazione dei fattori d'amplificazione e delle ordinate spettrali d'attacco (SLV) per un suolo di categoria "B" comparabile –in termini di $V_{S,eq}$ – a quelli sperimentalmente rilevati in sito.

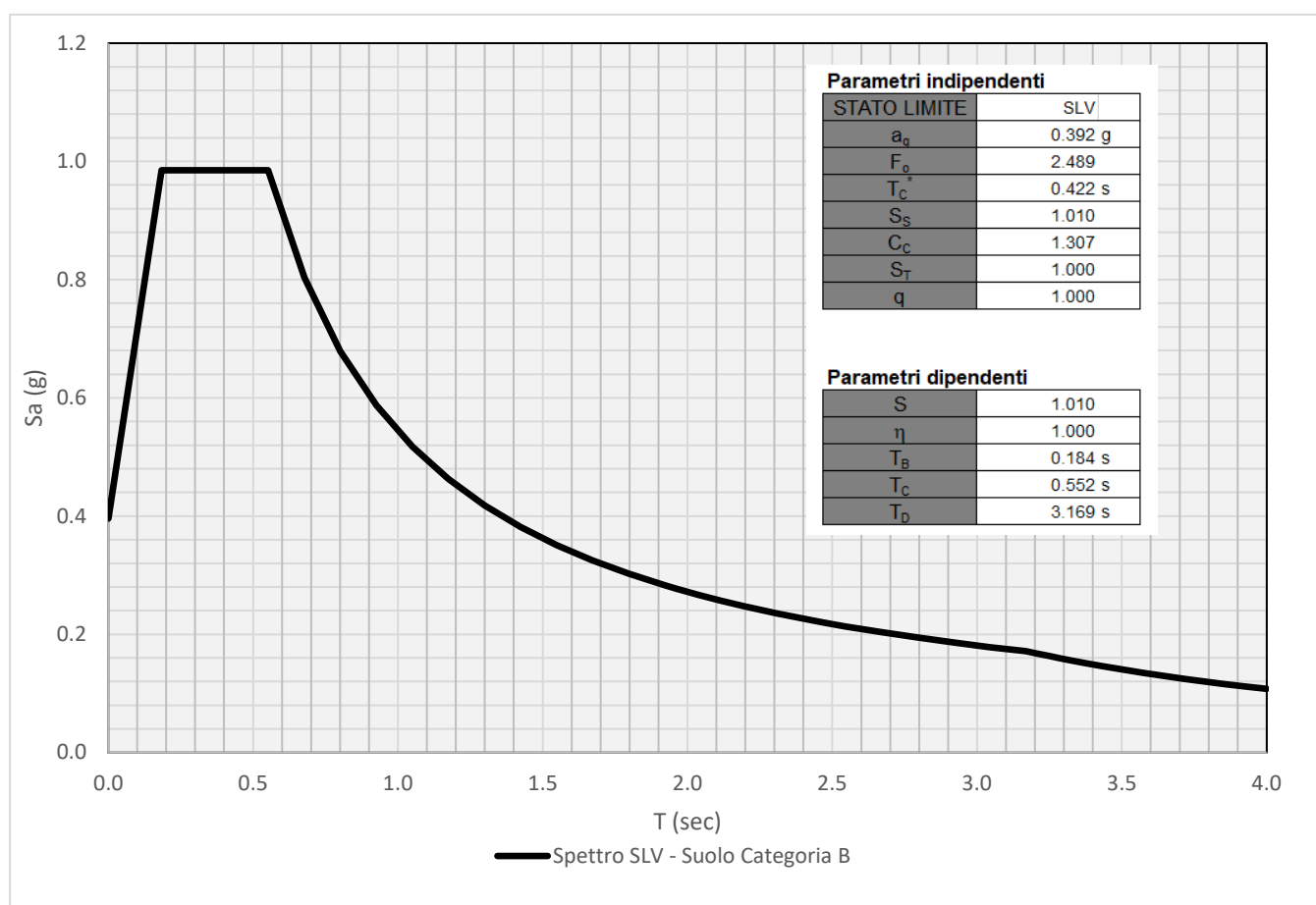


Figura 7-1: Spettro di risposta elastico di progetto secondo approccio semplificato da NTC.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 49 di 67	Rev. 0

8 ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

L'analisi viene svolta seguendo i passaggi qui descritti:

- individuazione di un set di 7 accelerogrammi spettro-compatibili;
- caratterizzazione sismica dei terreni in accordo ai dati da letteratura;
- risposta sismica locale condotta in condizioni 1D in termini di tensioni totali con soluzione analitica non lineare e modellazione del terreno visco-elastica alla Kelvin-Voigt.

8.1 Software di calcolo

La risposta sismica locale viene effettuata in condizioni monodimensionali mediante modellazione non lineare, che prevede una integrazione passo-passo delle equazioni del moto nel dominio del tempo attraverso il metodo β di Newmark (soluzione implicita) o il metodo di Heun (soluzione esplicita), con il software DeepSoil (§ 2.3), adottando gli accelerogrammi di input, i modelli costitutivi, la profondità del bedrock sismico ed il profilo di velocità delle onde di taglio che saranno indicati nei paragrafi a seguire.

8.2 Individuazione del set di accelerogrammi spettro-compatibili

Il set di accelerogrammi spettro compatibili è stato reperito grazie al software Rexel 3.5, che fornisce, dato uno spettro di target, una settupla di accelerogrammi spettro-compatibili scalati in modo da soddisfare contemporaneamente il requisito di spettro-compatibilità (spettro medio della settupla contenuto nell'intervallo $-10\% +30\% S_a(g)$ e compreso tra 0.15sec e 2sec) e di sismicità (intervalli di distanza epicentrale e magnitudo momento che maggiormente contribuiscono alla pericolosità sismica). Poiché il database del software (come anche altri database) contiene un numero insufficiente di terremoti aventi tempi di ritorno comparabili con quello in analisi ($T_R=1898$ anni), la ricerca ha riguardato terremoti con tempo di ritorno dell'azione sismica pari a 475 anni, che sono stati successivamente scalati per ottenere l' $a_{g,base}$ corrispondente al $T_R=1898$ anni.

In Figura 8-1 si riporta la geometria dello spettro di pericolosità sismica di base, la banda di tolleranza fissata, gli spettri dei 7 segnali accelerometrici scalati e la loro media. Le principali caratteristiche dei segnali scelti sono riassunte in Tabella 8-1.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 50 di 67	Rev. 0

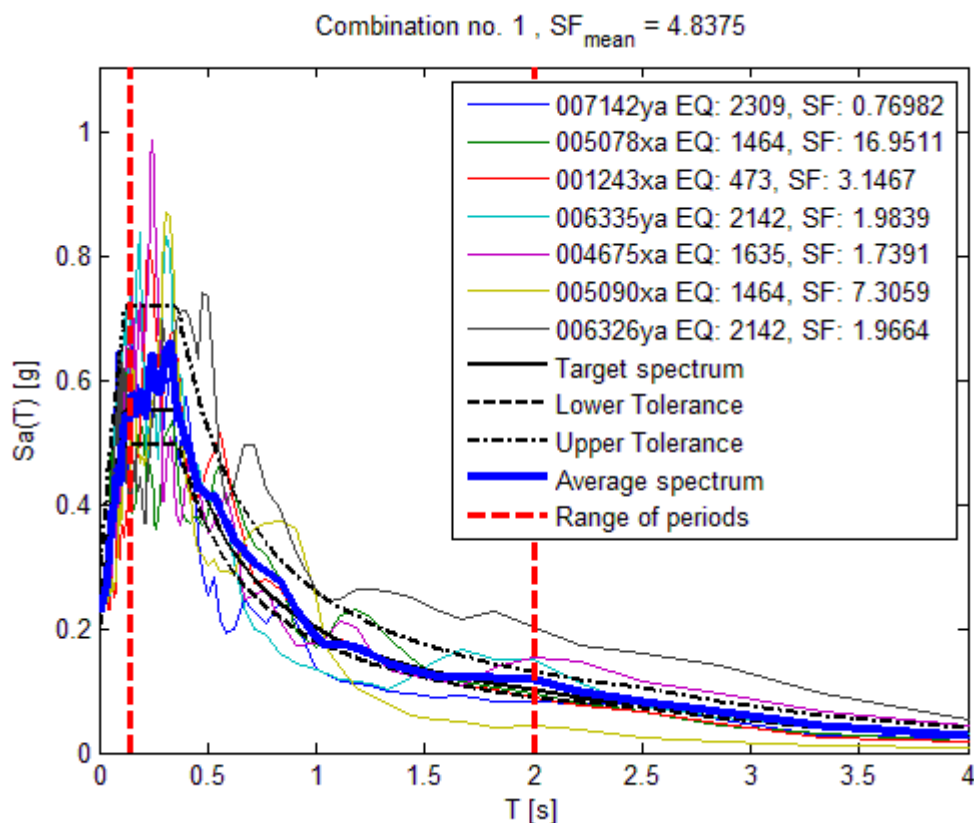


Figura 8-1: Selezione degli accelerogrammi di input.

Tabella 8-1: Principali caratteristiche dei segnali accelerometrici scelti.

Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]	PGA_X g	PGA_Y g	EC8 Site class	SF
Bingol	01/05/2003	6.3	strike slip	14	0.515	0.297	A	0.76982
Mt. Hengill Area	04/06/1998	5.4	strike slip	18	0.014	0.024	A	16.9511
Izmit (aftershock)	13/09/1999	5.8	oblique	15	0.073	0.317	A	3.1467
South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	15	0.127	0.115	A	1.9839
South Iceland	17/06/2000	6.5	strike slip	13	0.132	0.156	A	1.7391
Mt. Hengill Area	04/06/1998	5.4	strike slip	18	0.031	0.049	A	7.3059
South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	14	0.178	0.116	A	1.9664

8.3 Caratteristiche del bedrock sismico

Il Bedrock, ai fini della risposta sismica locale, è stato posizionato alla profondità di 100m, modellato come mezzo lineare elastico, caratterizzato da una $V_s=800$ m/s e da un rapporto degli smorzamenti $D=1\%$.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 023116	UNITÀ 00
	LOCALITÀ Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 51 di 67	Rev. 0

8.4 Profili V_s di calcolo

Come stratigrafia di calcolo si è fatto riferimento ad un'unica unità sismo-stratigrafica di tipo incoerente (Ghiaie di Messina).

La stratigrafia ed i parametri significativi assunti sono riassunti in Tabella 8-2. Graficamente, il profilo di V_s adottato a calcolo e derivato dall'interpretazione fatta nel §5.3 è riassunto nella Figura 8-2.

Tabella 8-2: Tabella riassuntiva della stratigrafia di calcolo considerata.

ID	Spessore (m)	γ (kN/m ³)	V_s (m/s)
Layer 1	10	18	332
Layer 2	10	18	423
Layer 3	10	18.5	489
Layer 4	10	18.5	543
Layer 5	10	18.5	590
Layer 6	10	18.5	631
Layer 7	20	19	701
Layer 8	20	19	762

	PROGETTISTA 	COMMESSA 023116	UNITÀ 00
	LOCALITÀ Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 52 di 67	Rev. 0

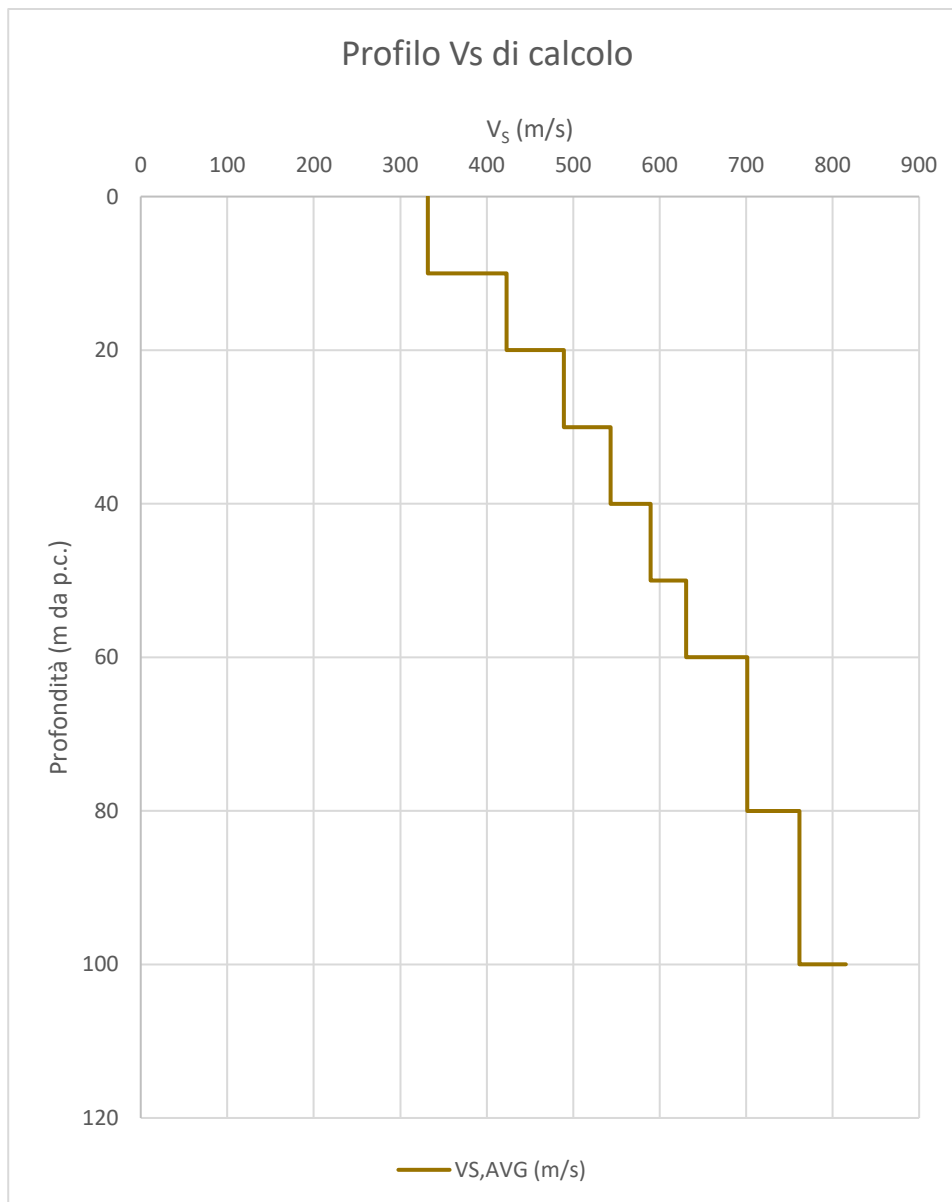


Figura 8-2: Sintesi Grafica delle stratigrafie di calcolo.

8.5 Caratterizzazione dinamica dei terreni

Per la caratterizzazione dei terreni in termini di degrado dei parametri di rigidezza e incremento dello smorzamento con i livelli deformativi si è scelto di utilizzare formulazioni da letteratura tecnica, in particolare, esaminata la natura granulare dei materiali, con una componente sabbiosa generalmente superiore a quella ghiaiosa (vedi descrizione log stratigrafici e analisi granulometriche disponibili), l'adozione delle leggi individuate da Seed & Idriss nel 1970 (*sand - upper bound*) è parsa la scelta più appropriata, considerando anche che le curve interessano anche quadranti tipici di materiali ghiaiosi (Rollins, 1998). In mancanza di test di laboratorio specifici esse si sono dimostrate negli anni sempre valide ed attuali. Di seguito quindi, si riporta una tabella riassuntiva con i dati implementati (Tabella 8-3).

Tabella 8-3. Dati sperimentali implementati nel modello per la definizione del comportamento non lineare del terreno (da Seed & Idriss, 1970)

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 53 di 67	Rev. 0

γ %	G/G_0	D %
0.0001	1	0.24
0.0003	1	0.42
0.001	0.99	0.8
0.003	0.96	1.4
0.01	0.85	2.8
0.03	0.64	5.1
0.1	0.37	9.8
0.3	0.18	15.5
1	0.08	21
3	0.05	25
10	0.035	28

8.6 Risultati dell'analisi

I risultati delle analisi sono di seguito presentati in termini di spettro di risposta in superficie medio dei 7 accelerogrammi, posto a confronto con quello medio di input (al bedrock) e con quelli da approccio semplificato secondo NTC 2018 [Ref9]. Il risultato della simulazione è riportato in Figura 8-3.

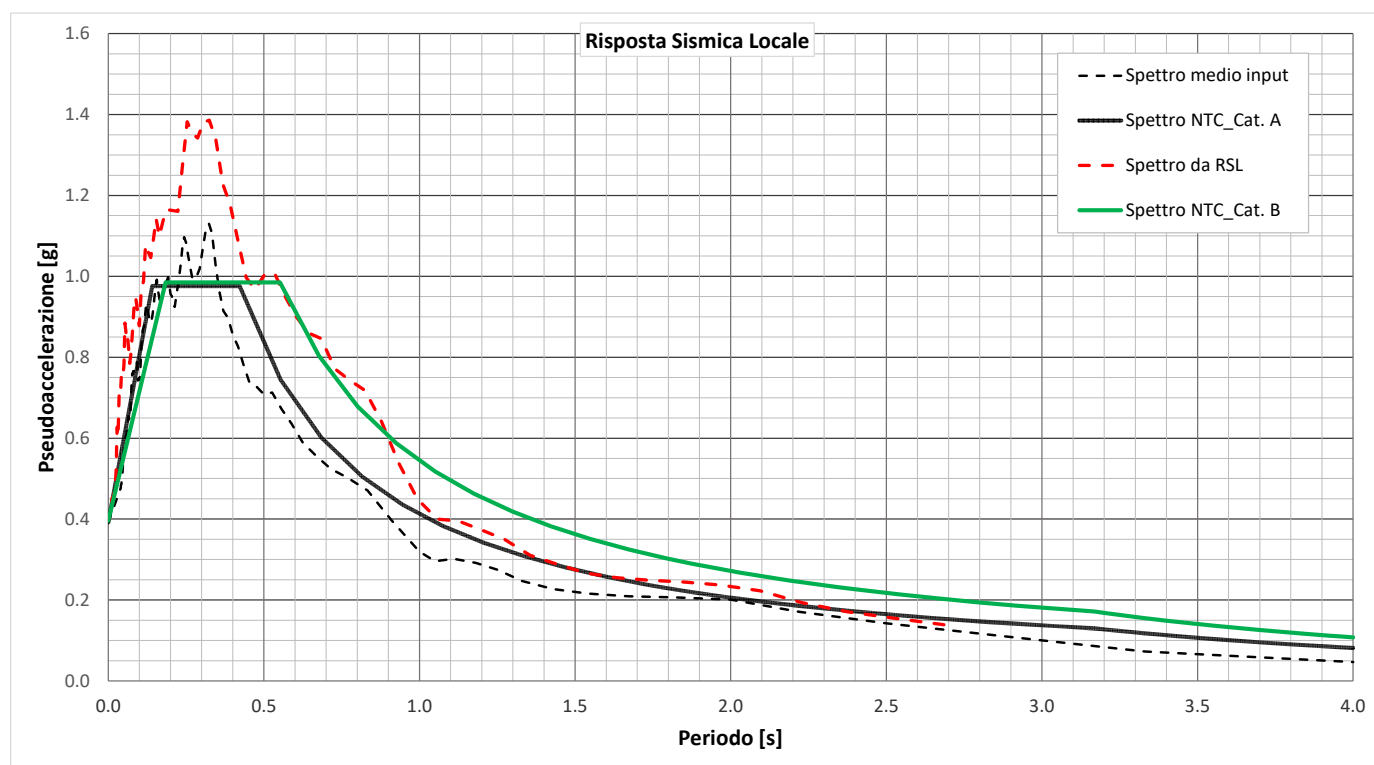


Figura 8-3: Spettro di risposta da analisi di risposta sismica locale 1D, spettro di input e spettri da approccio semplificato NTC 2018 – SLV.

Lo spettro medio così ottenuto è stato normalizzato secondo la metodologia esposta nell'Ordinanza n° 55 del 24 aprile 2018 [Ref11].

In particolare, in Tabella 8-4 sono riportati i parametri di forma spettrale normativi dai quali è possibile, inoltre, calcolare le ordinate spettrali per la componente verticale, secondo le formulazioni riportate in NTC 2018, al paragrafo §3.2.3.2.2 e circolare esplicativa §C3.2.3.2.2. In Tabella 8-5 si riporta un tabulato

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 54 di 67	Rev. 0

numerico dello spettro di output allo SLV (Stato limite di salvaguardia della vita) che restituisce la risposta sito-specifica dell'oscillatore, mentre in Figura 8-4 si riporta il grafico dello spettro.

Tabella 8-4 - parametri normativi che definiscono la forma dello spettro derivante da RSL - SLV.

Parametri descrittivi dello Spettro Normativo	
a_g	$\frac{3.781}{0.385} \frac{m}{s^2} g$
F_0	3.143
T_A	0.000 s
T_B	0.140 s
T_C	0.421 s
T_D	3.142 s
i restanti parametri (S_s, S_T, η) sono fittiziamente assunti pari all'unità	

Tabella 8-5 – Spettro di output da RSL normalizzato allo SLV.

Spettro normalizzato								
	T [s]	Sa [g]		T [s]	Sa [g]		T [s]	Sa [g]
T_A	0.000	0.385		2.325	0.219		4.000	0.100
T_B	0.140	1.212		2.462	0.207		4.086	0.096
T_C	0.421	1.212		2.598	0.196		4.172	0.092
	0.557	0.915		2.734	0.186		4.257	0.088
	0.693	0.736		2.870	0.178		4.343	0.085
	0.829	0.615		3.006	0.170		4.429	0.082
	0.965	0.528	T_D	3.142	0.162		4.515	0.079
	1.101	0.463		3.228	0.154		4.601	0.076
	1.237	0.412		3.313	0.146		4.687	0.073
	1.373	0.371		3.399	0.139		4.772	0.070
	1.509	0.338		3.485	0.132		4.858	0.068
	1.645	0.310		3.571	0.126		4.944	0.066
	1.781	0.286		3.657	0.120		5.030	0.063
	1.917	0.266		3.743	0.114		5.116	0.061
	2.053	0.248		3.828	0.109		5.201	0.059
	2.189	0.233		3.914	0.105		5.287	0.057
							5.373	0.055
							5.459	0.054
							5.545	0.052
							5.630	0.051
							5.716	0.049
							5.802	0.048
							5.888	0.046
							5.974	0.045
							6.060	0.044
							6.145	0.042
							6.231	0.041
							6.317	0.040
							6.403	0.039
							6.489	0.038
							6.575	0.037
							6.661	0.036
							6.747	0.035
							6.833	0.034
							6.919	0.033
							7.005	0.032
							7.091	0.031
							7.177	0.030
							7.263	0.029
							7.349	0.028
							7.435	0.027
							7.521	0.026
							7.607	0.025
							7.693	0.024
							7.779	0.023
							7.865	0.022
							7.951	0.021
							8.037	0.020
							8.123	0.019
							8.209	0.018
							8.295	0.017
							8.381	0.016
							8.467	0.015
							8.553	0.014
							8.639	0.013
							8.725	0.012
							8.811	0.011
							8.897	0.010
							8.983	0.009
							9.069	0.008
							9.155	0.007
							9.241	0.006
							9.327	0.005
							9.413	0.004
							9.499	0.003
							9.585	0.002
							9.671	0.001
							9.757	0.000

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)		
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 55 di 67	Rev. 0
			SPC. 00-CA-E-10020	

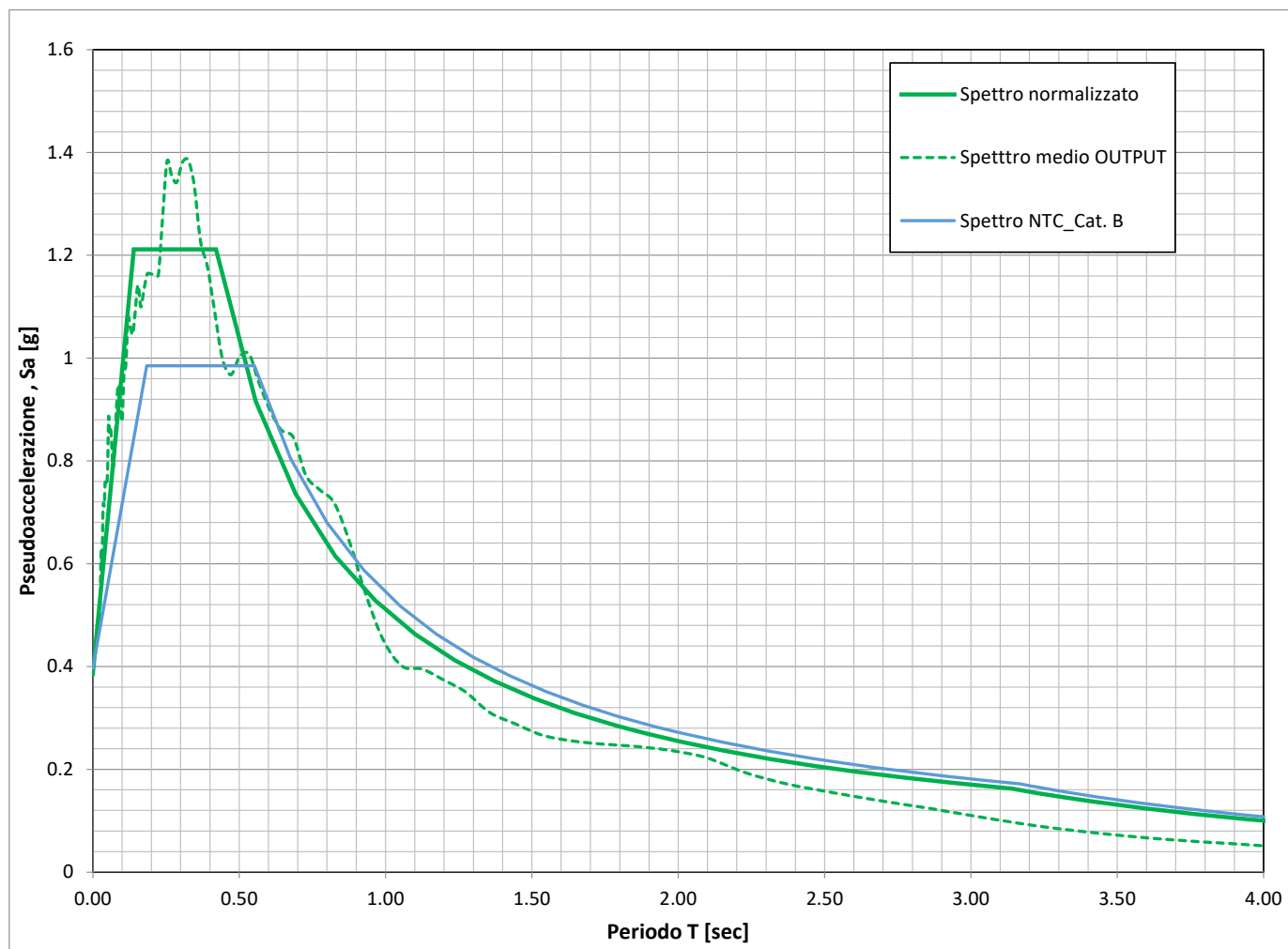


Figura 8-4. Grafico dello spettro di risposta allo SLV normalizzato e confrontato con lo spettro medio di output e con lo spettro da approccio semplificato NTC "Cat. B"

8.6.1 Analisi allo SLO (Stato limite di operatività)

I risultati delle analisi all'SLO sono di seguito presentati in termini di spettro di risposta in superficie medio dei 7 accelerogrammi, posto a confronto con quello medio di input (al bedrock) e con quelli da approccio semplificato secondo NTC 2018 [Ref9]. Il risultato della simulazione è riportato in Figura 8-5.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 56 di 67	Rev. 0

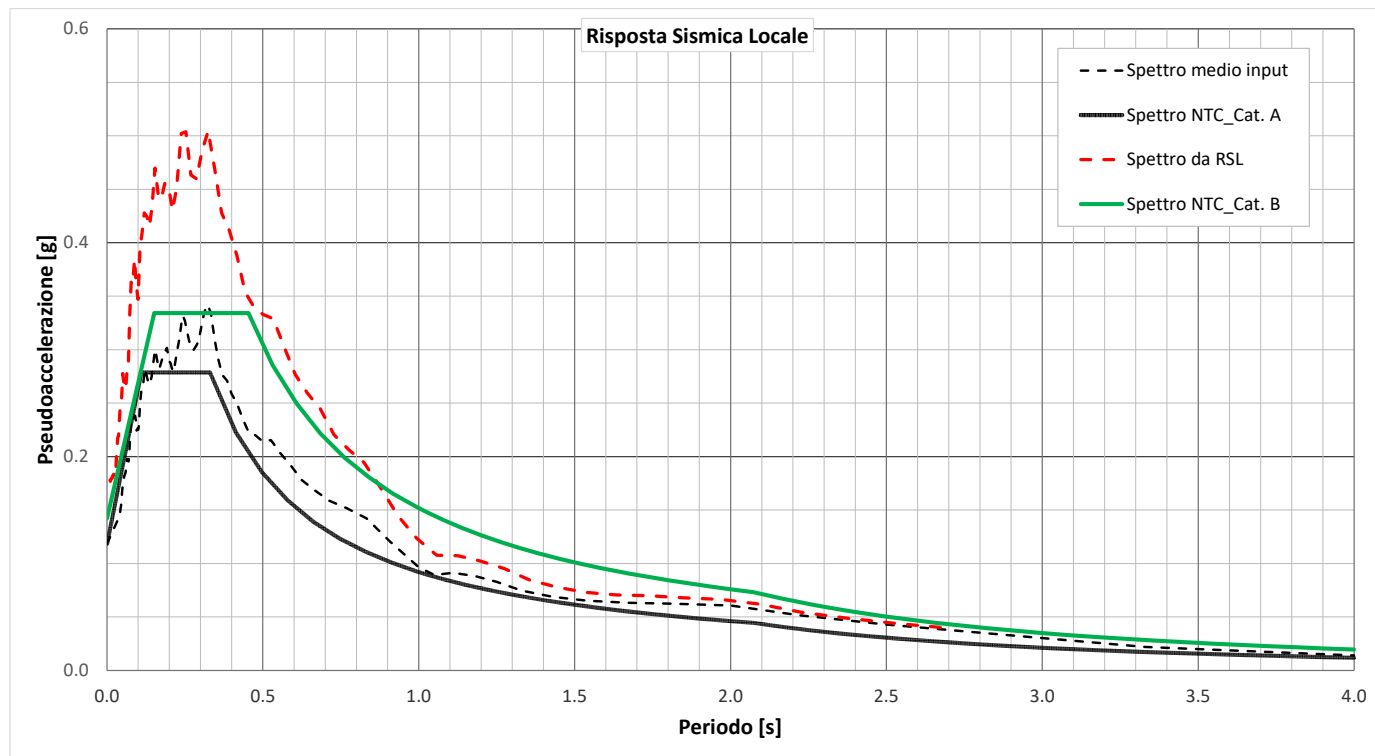


Figura 8-5: Spettro di risposta da analisi di risposta sismica locale 1D, spettro di input e spettri da approccio semplificato NTC 2018 – SLO.

Lo spettro medio così ottenuto è stato normalizzato secondo la metodologia esposta nell'Ordinanza n° 55 del 24 aprile 2018 [Ref11].

In particolare, in Tabella 8-6 sono riportati i parametri di forma spettrale normativi dai quali è possibile, inoltre, calcolare le ordinate spettrali per la componente verticale, secondo le formulazioni riportate in NTC 2018, al paragrafo §3.2.3.2.2 e circolare esplicativa §C3.2.3.2.2. In Tabella 8-7 si riporta un tabulato numerico dello spettro di output allo SLV che restituisce la risposta sito-specifica dell'oscillatore, mentre in Figura 8-6 si riporta il grafico dello spettro.

Tabella 8-6 - parametri normativi che definiscono la forma dello spettro derivante da RSL – SLO.

Parametri descrittivi dello Spettro Normativo	
a_g	1.502 m/s^2 0.153 g
F_0	2.865
T_A	0.000 s
T_B	0.115 s
T_C	0.346 s
T_D	2.212 s
i restanti parametri (S_s , S_r , η) sono fittiziamente assunti pari all'unità	

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)		
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 57 di 67	Rev. 0
			SPC. 00-CA-E-10020	

Tabella 8-7 – Spettro di output da RSL normalizzato allo SLO.

Spettro normalizzato								
	T [s]	Sa [g]		T [s]	Sa [g]		T [s]	Sa [g]
T _A	0.000	0.153		1.653	0.092		4.000	0.021
	0.115	0.439		1.746	0.087		4.179	0.019
	0.346	0.439		1.839	0.083		4.358	0.018
T _C	0.439	0.346		1.932	0.079		4.536	0.016
	0.533	0.285		2.026	0.075		4.715	0.015
	0.626	0.243		2.119	0.072		4.894	0.014
	0.719	0.211		2.212	0.069		5.073	0.013
	0.813	0.187		2.391	0.059		5.251	0.012
	0.906	0.168		2.570	0.051		5.430	0.011
	0.999	0.152		2.749	0.044		5.609	0.011
	1.093	0.139		2.927	0.039		5.788	0.010
	1.186	0.128		3.106	0.035		5.966	0.009
	1.279	0.119		3.285	0.031		6.145	0.009
	1.373	0.111		3.464	0.028		6.324	0.008
	1.466	0.104		3.642	0.025		6.503	0.008
	1.559	0.097		3.821	0.023		6.681	0.008
							6.860	0.007
							7.039	0.007
							7.218	0.006
							7.396	0.006
							7.575	0.006
							7.754	0.006
							7.933	0.005
							8.111	0.005
							8.290	0.005
							8.469	0.005
							8.648	0.004
							8.826	0.004
							9.005	0.004
							9.184	0.004
							8.000	0.005

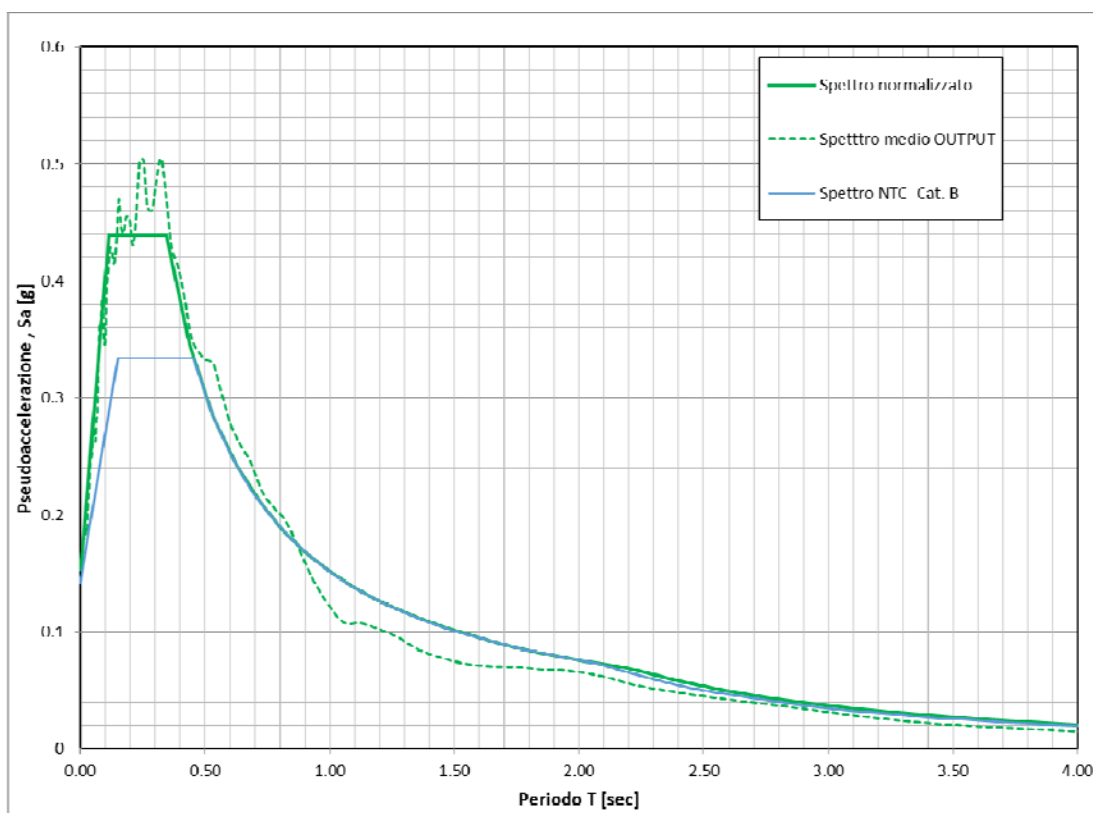


Figura 8-6. Grafico dello spettro di risposta allo SLO normalizzato e confrontato con lo spettro medio di output e con lo spettro da approccio semplificato NTC "Cat. B"

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)		
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 58 di 67	Rev. 0
			SPC. 00-CA-E-10020	

8.6.2 Analisi allo SLD (Stato limite di danno)

I risultati delle analisi all'SLD sono di seguito presentati in termini di spettro di risposta in superficie medio dei 7 accelerogrammi, posto a confronto con quello medio di input (al bedrock) e con quelli da approccio semplificato secondo NTC 2018 [Ref9]. Il risultato della simulazione è riportato in Figura 8-7.

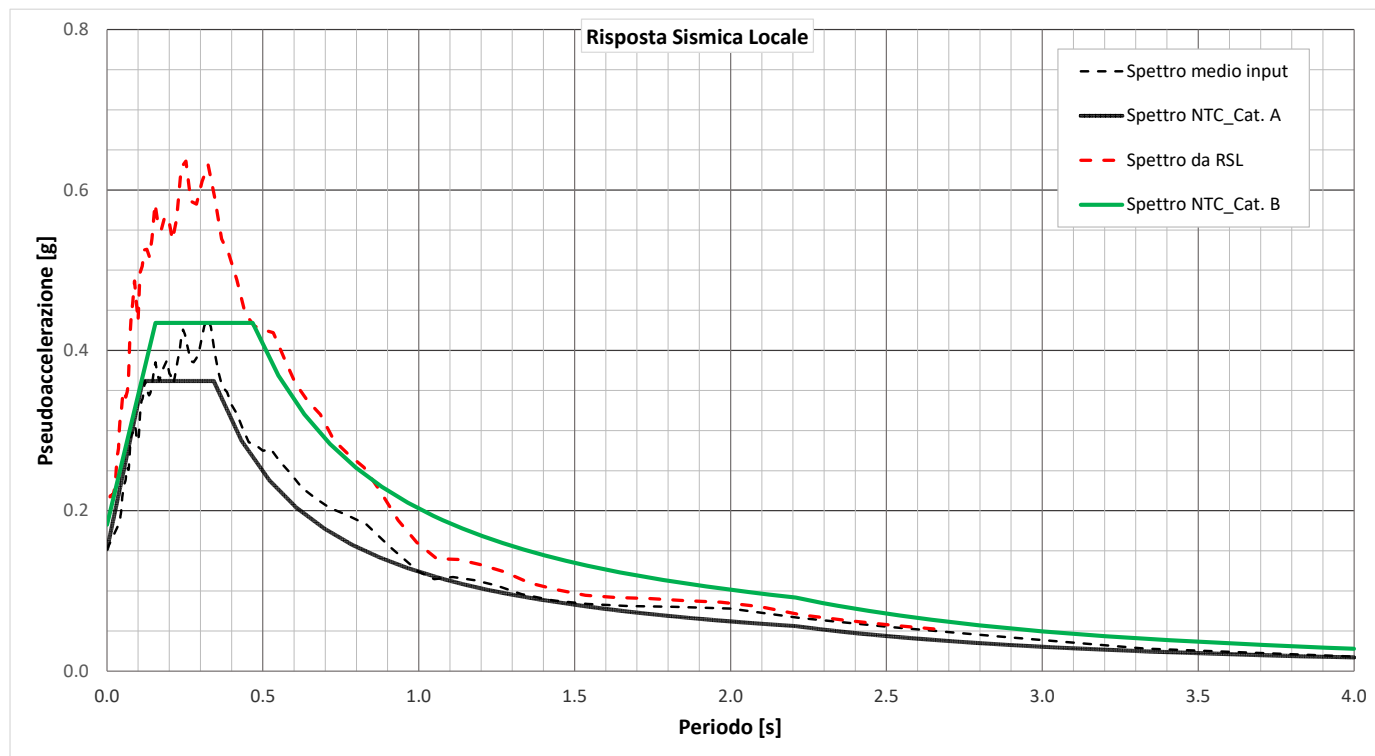


Figura 8-7: Spettro di risposta da analisi di risposta sismica locale 1D, spettro di input e spettri da approccio semplificato NTC 2018 -SLD.

Lo spettro medio così ottenuto è stato normalizzato secondo la metodologia esposta nell'Ordinanza n° 55 del 24 aprile 2018 [Ref11].

In particolare, in Tabella 8-8 sono riportati i parametri di forma spettrale normativi dai quali è possibile, inoltre, calcolare le ordinate spettrali per la componente verticale, secondo le formulazioni riportate in NTC 2018, al paragrafo §3.2.3.2.2 e circolare esplicativa §C3.2.3.2.2. In Tabella 8-9 si riporta un tabulato numerico dello spettro di output allo SLV che restituisce la risposta sito-specifica dell'oscillatore, mentre in Figura 8-8 si riporta il grafico dello spettro.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)		
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 59 di 67	Rev. 0
			SPC. 00-CA-E-10020	

Tabella 8-8 - parametri normativi che definiscono la forma dello spettro derivante da RSL - SLD.

Parametri descrittivi dello Spettro Normativo	
a_g	$\frac{1.777 \text{ m/s}^2}{0.181 \text{ g}}$
F_0	3.222
T_A	0.000 s
T_B	0.111 s
T_C	0.333 s
T_D	2.325 s
i restanti parametri (S_S , S_T , η) sono fittiziamente assunti pari all'unità	

Tabella 8-9 – Spettro di output da RSL normalizzato allo SLD.

Spettro normalizzato								
	T [s]	Sa [g]		T [s]	Sa [g]		T [s]	Sa [g]
T_A	0.000	0.181		1.727	0.113		4.000	0.028
T_B	0.111	0.584		1.827	0.106		4.168	0.026
T_C	0.333	0.584		1.926	0.101		4.335	0.024
	0.433	0.449		2.026	0.096		4.503	0.022
	0.532	0.365		2.126	0.092		4.670	0.021
	0.632	0.308		2.225	0.087		4.838	0.019
	0.732	0.266	T_D	2.325	0.084		5.005	0.018
	0.831	0.234		2.492	0.073		5.173	0.017
	0.931	0.209		2.660	0.064		5.340	0.016
	1.030	0.189		2.827	0.057		5.508	0.015
	1.130	0.172		2.995	0.050		5.675	0.014
	1.229	0.158		3.162	0.045		5.843	0.013
	1.329	0.146		3.330	0.041		6.010	0.013
	1.429	0.136		3.497	0.037		6.178	0.012
	1.528	0.127		3.665	0.034		6.345	0.011
	1.628	0.120		3.832	0.031		6.513	0.011
							6.680	0.010
							6.848	0.010
							7.015	0.009
							7.183	0.009
							7.350	0.008
							7.518	0.008
							7.686	0.008
							7.853	0.007
							8.021	0.007
							8.188	0.007
							8.356	0.006
							8.523	0.006
							8.691	0.006
							8.858	0.006
							8.000	0.007

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)		
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 60 di 67	Rev. 0
			SPC. 00-CA-E-10020	

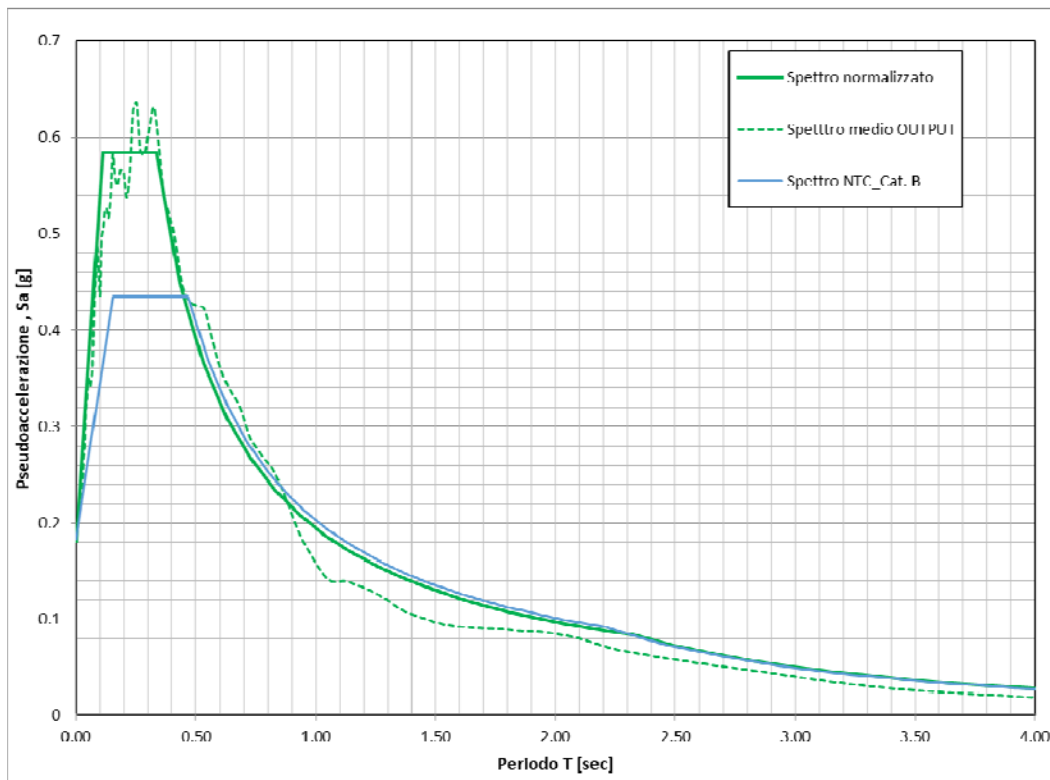


Figura 8-8. Grafico dello spettro di risposta allo SLD normalizzato e confrontato con lo spettro medio di output e con lo spettro da approccio semplificato NTC "Cat. B"

8.6.3 Analisi allo SLC (Stato limite di collasso)

I risultati delle analisi all'SLC sono di seguito presentati in termini di spettro di risposta in superficie medio dei 7 accelerogrammi, posto a confronto con quello medio di input (al bedrock) e con quelli da approccio semplificato secondo NTC 2018 [Ref9]. Il risultato della simulazione è riportato in Figura 8-9.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)		
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 61 di 67	Rev. 0
			SPC. 00-CA-E-10020	

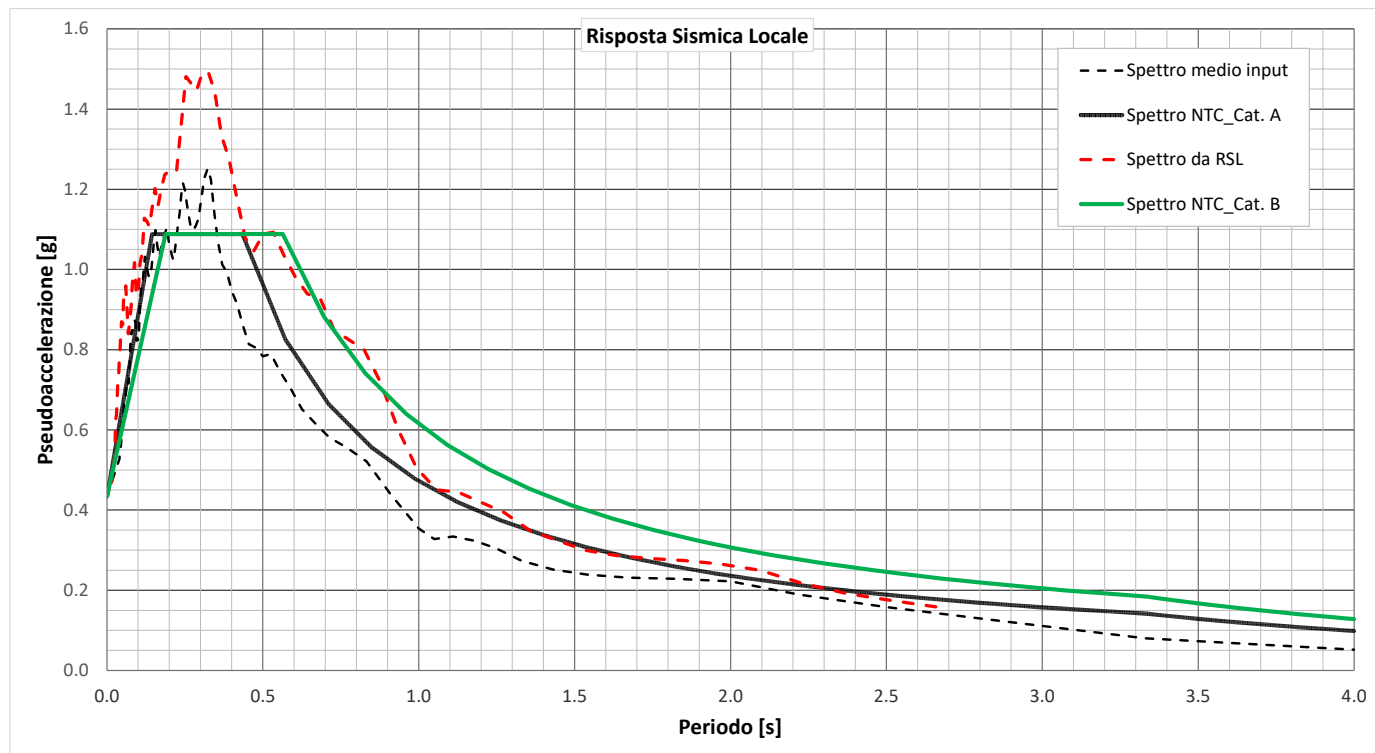


Figura 8-9: Spettro di risposta da analisi di risposta sismica locale 1D, spettro di input e spettri da approccio semplificato NTC 2018 -SLC.

Lo spettro medio così ottenuto è stato normalizzato secondo la metodologia esposta nell'Ordinanza n° 55 del 24 aprile 2018 [Ref11].

In particolare, in Tabella 8-10 sono riportati i parametri di forma spettrale normativi dai quali è possibile, inoltre, calcolare le ordinate spettrali per la componente verticale, secondo le formulazioni riportate in NTC 2018, al paragrafo §3.2.3.2.2 e circolare esplicativa §C3.2.3.2.2. In Tabella 8-11 si riporta un tabulato numerico dello spettro di output allo SLV che restituisce la risposta sito-specifica dell'oscillatore, mentre in Figura 8-10 si riporta il grafico dello spettro.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 023116	UNITÀ 00
	LOCALITÀ Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 62 di 67	Rev. 0

Tabella 8-10 - parametri normativi che definiscono la forma dello spettro derivante da RSL - SLC.

Tabella 8-11 – Spettro di output da RSL normalizzato allo SLC.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)		
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)		SPC. 00-CA-E-10020
			Fg. 63 di 67	Rev. 0

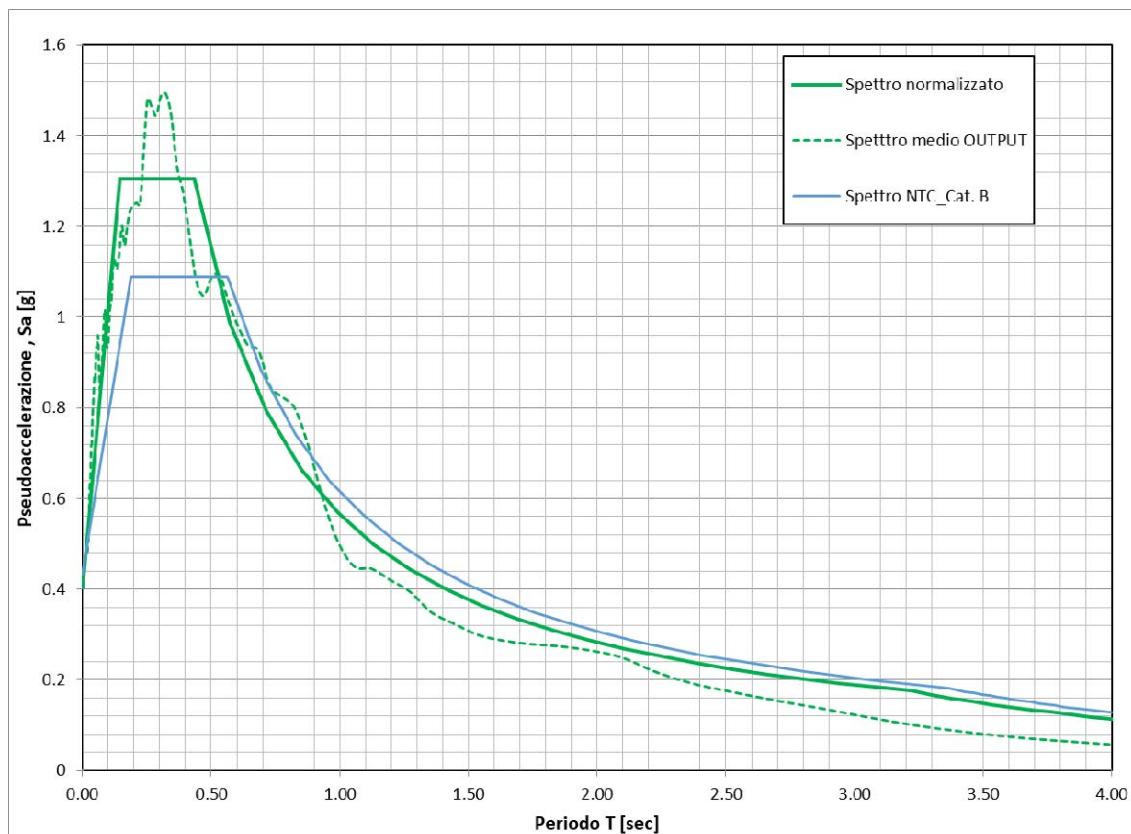


Figura 8-10. Grafico dello spettro di risposta allo SLC normalizzato e confrontato con lo spettro medio di output e con lo spettro da approccio semplificato NTC "Cat. B"

8.6.4 Commento ai Risultati

I risultati finali sono stati presentati nei grafici sopra riportati a confronto con gli spettri da approccio normativo semplificato. Come si può vedere, l'analisi sito specifica fornisce valori grosso modo coincidenti con quelli di pertinenza della categoria di sottosuolo B a partire da periodi $>0.5\text{sec}$; per periodi più bassi si registra un effetto amplificativo sulle accelerazioni spettrali da parte dei terreni locali, in relazione alle notevoli rigidità dei terreni locali ed ai seppur minimi contrasti di impedenza che è stato necessario introdurre nei profili Vs al fine della modellazione.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 64 di 67	Rev. 0

9 VERIFICA DELLA PERICOLOSITÀ DA LIQUEFAZIONE

9.1 Metodologia di analisi e criteri di esclusione

Ai sensi del D.M. 17/01/2018 paragrafo 7.11.3.4.2 sono stati analizzati i criteri di esclusione della verifica a liquefazione.

9.1.1 Criteri di esclusione ai sensi del DM 17/01/2018

La vigente normativa riporta quanto segue.

“La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna di assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $N1(60) > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $N1(60)$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig.7.11.1(a) [Figura 9-1 (a)] nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ e in Fig.7.11.1(b) [Figura 9-1(b)] nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$.

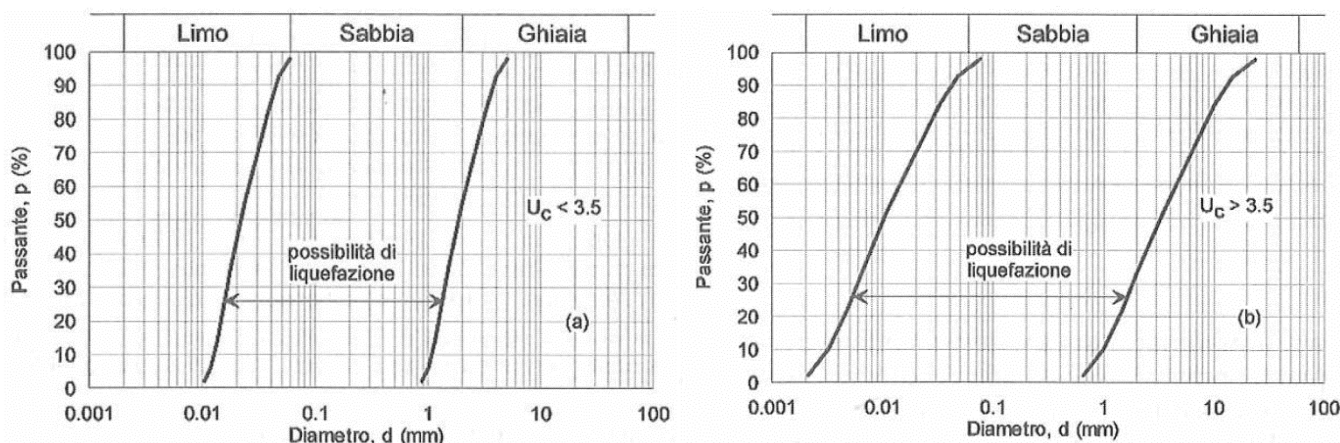


Figura 9-1: Fusi Granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione (Fig.7.11.1 NTC2018)

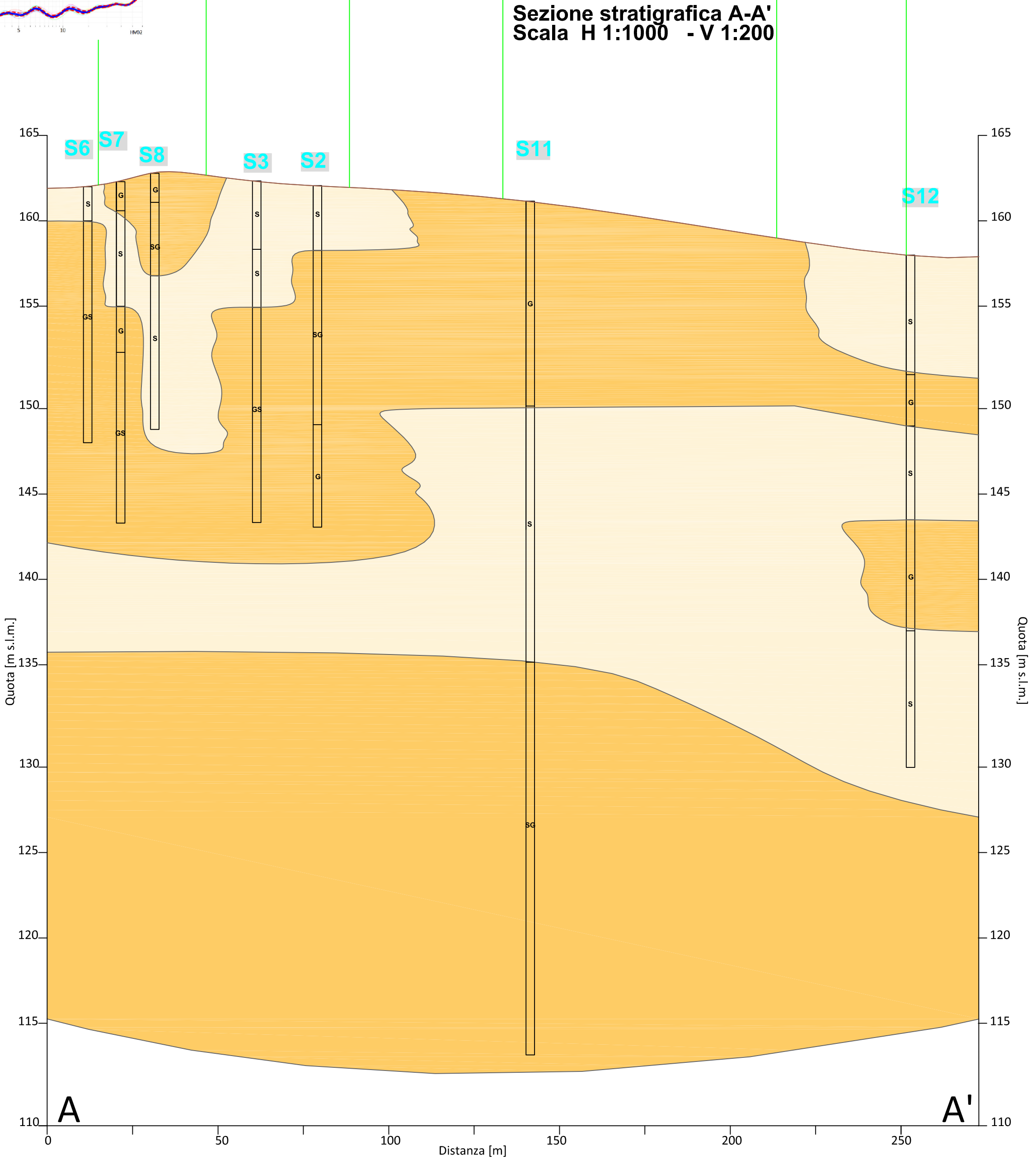
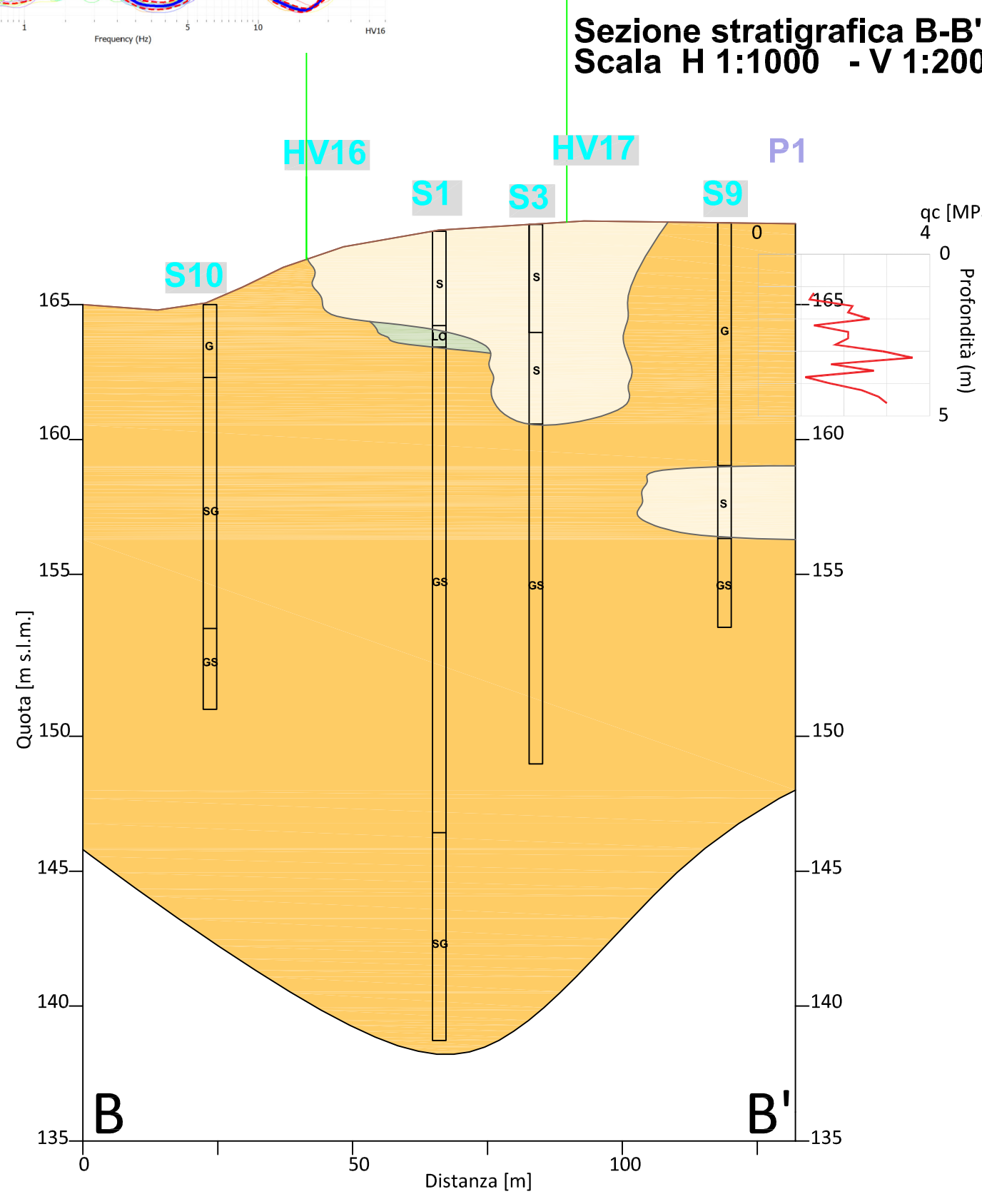
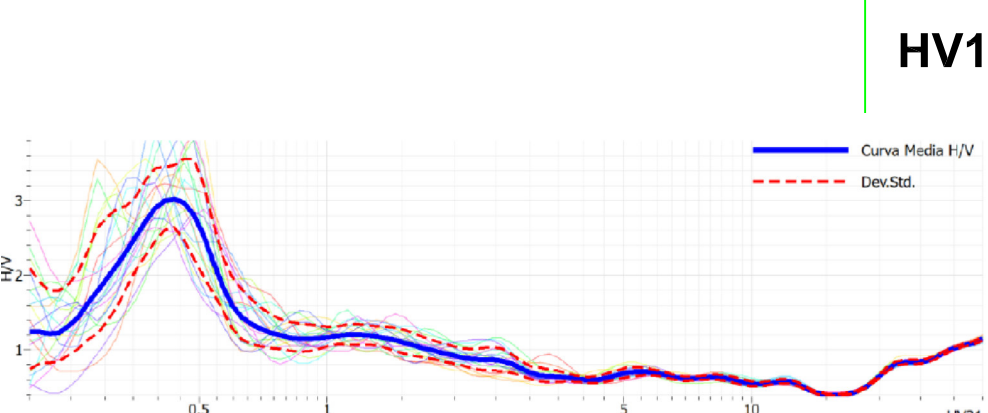
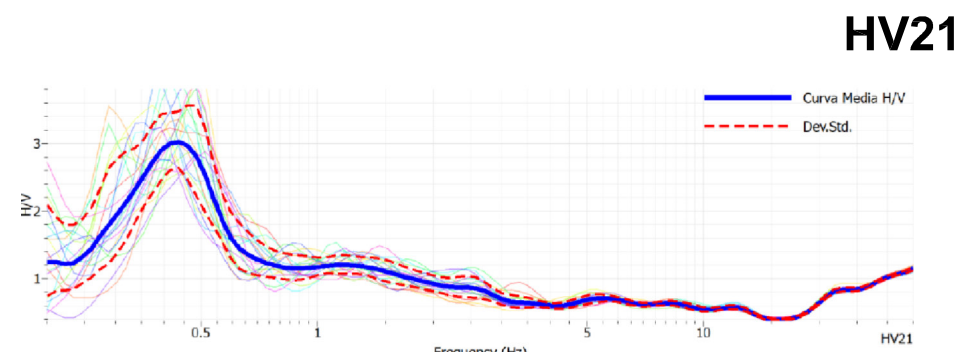
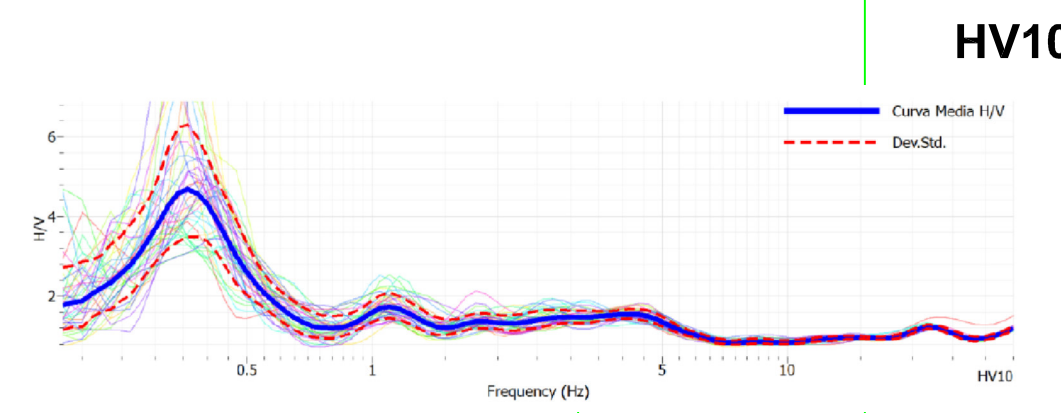
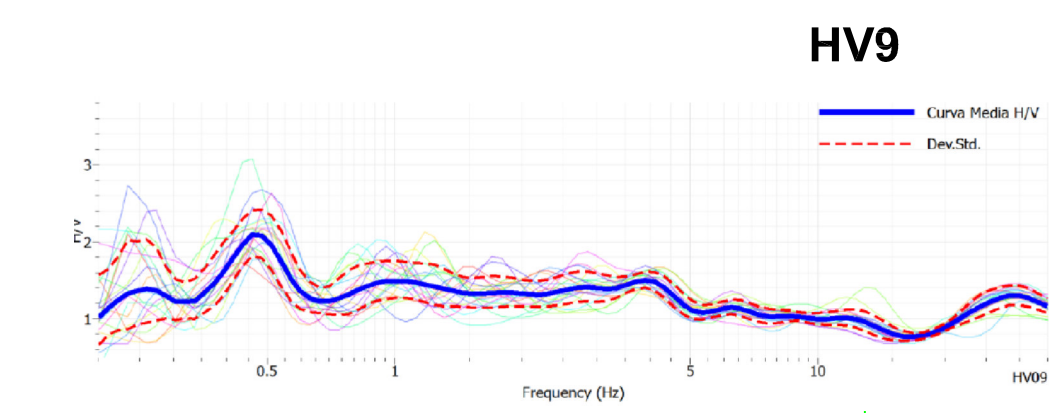
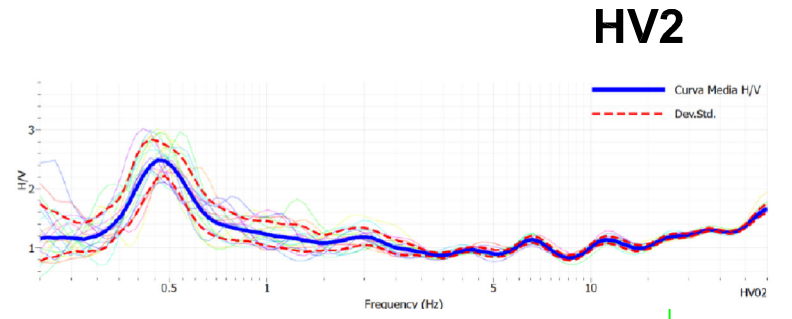
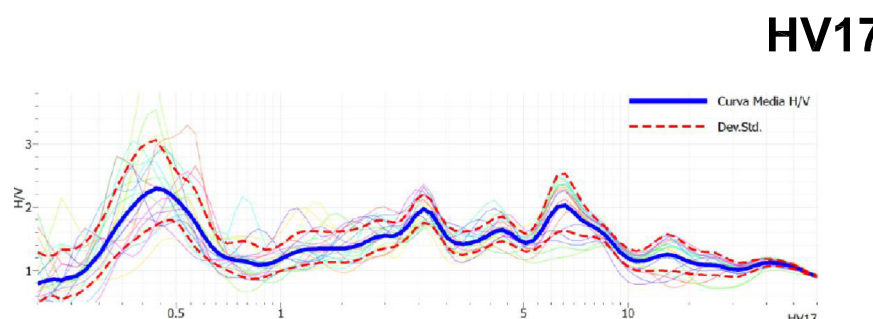
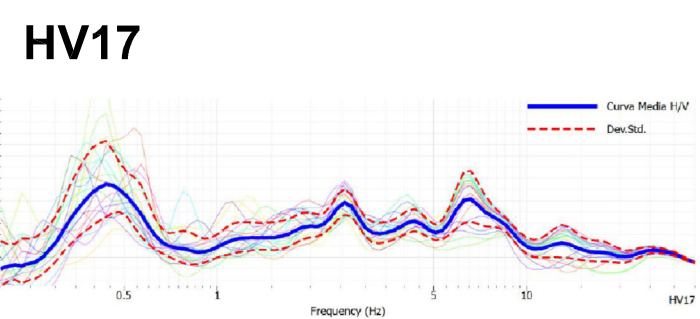
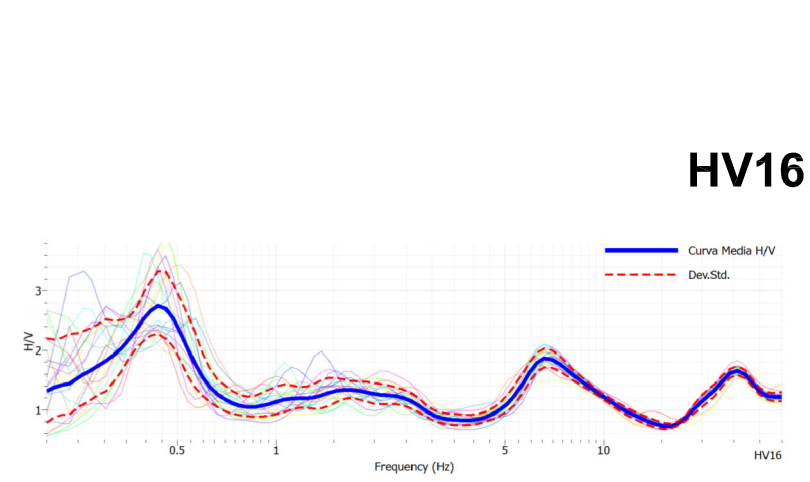
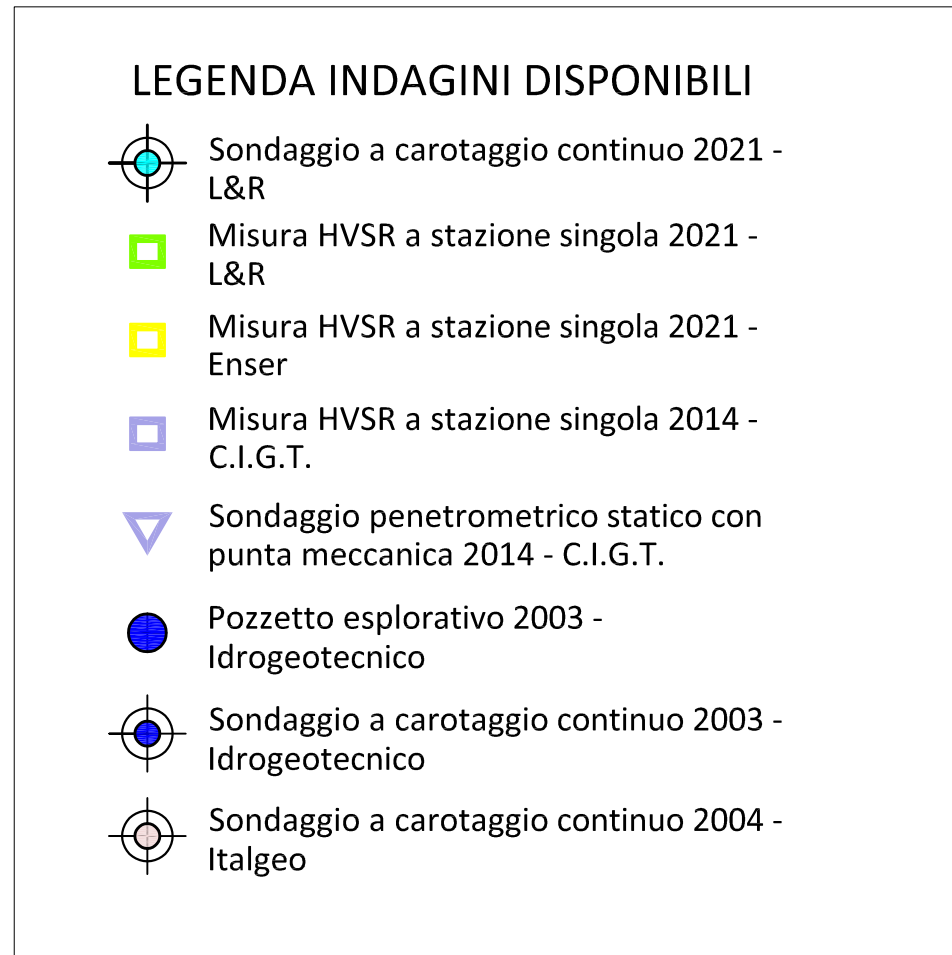
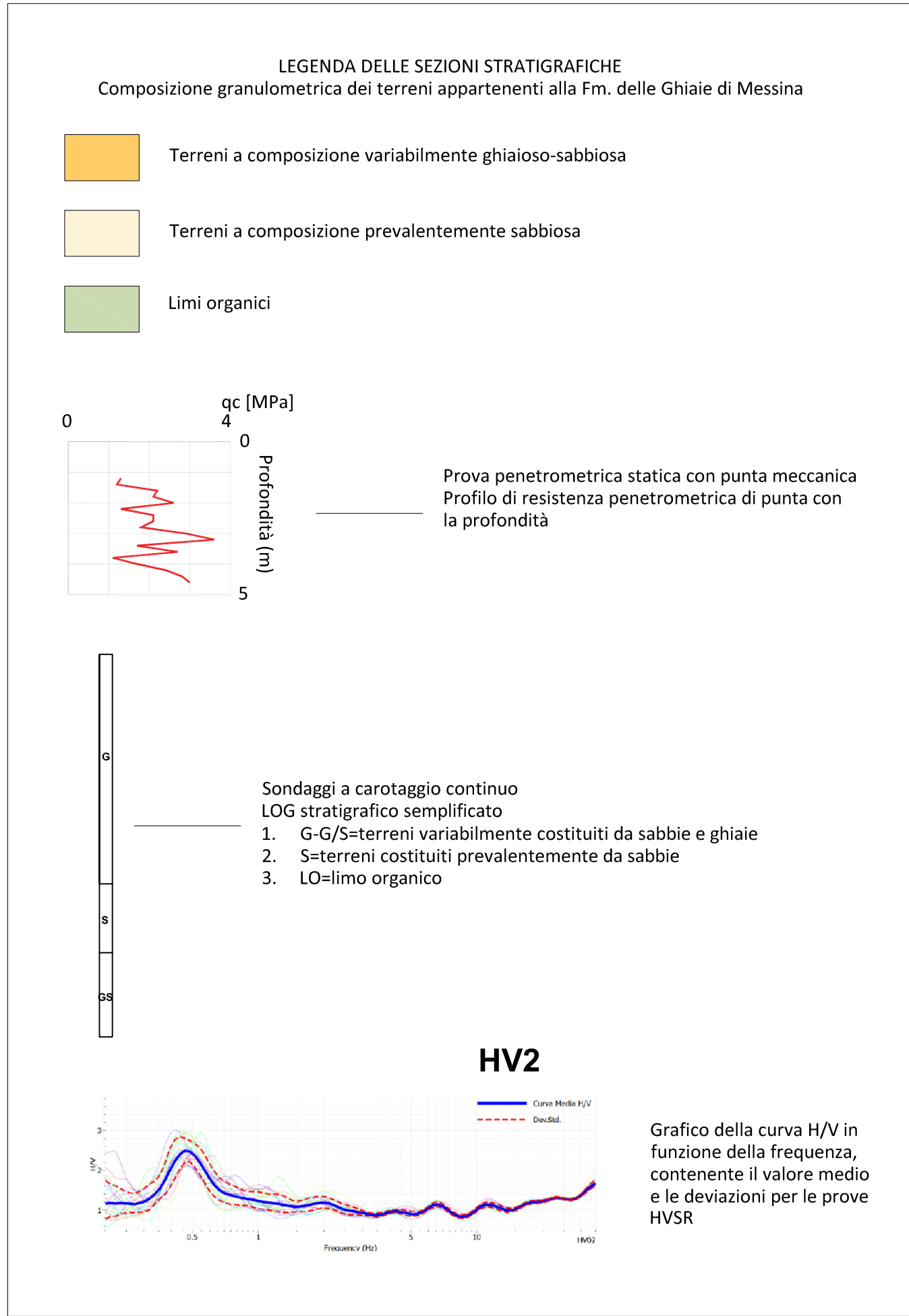
Nel caso in esame la condizione dettata dal punto 2 è rispettata, in quanto non è mai stata riscontrata la presenza di una falda freatica a livello locale.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 023116	UNITÀ 00
	LOCALITÀ Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 65 di 67	Rev. 0

ALLEGATI

	PROGETTISTA 	COMMESSA 023116	UNITÀ 00
	LOCALITÀ Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 66 di 67	Rev. 0

10 ALLEGATO 1: SEZIONI STRATIGRAFICHE (TAV. 00-CB-A-12015)



0	26-07-21	EMISSIONE PER ENTI	ENSER	BELELLI	BELELLI
Rev.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO
CLIENTE		PROGETTISTA		COMMESSA	UNITA' N.
ADEGUAMENTO IMPIANTO DI COMPRESSIONE GAS DI MESSINA (ME)			023116	00	
SEZIONI STRATIGRAFICHE E PROVE HVSR			REVISIONE	0	
			FG. 1	DI 1	

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			023116	00
	LOCALITÀ	Messina (ME)	SPC. 00-CA-E-10020	
	PROGETTO	Adeguamento Impianto di Compressione gas di Messina (ME)	Fg. 67 di 67	Rev. 0

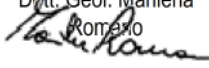
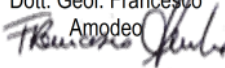
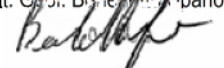
11 ALLEGATO 2: RAPPORTO DELLE INDAGINI 2021

Indagini geognostiche ambientali e geofisiche

Per il progetto di adeguamento della centrale SNAM di Messina



RAPPORTO DI PROVA

REV.	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	DATA	REDATTO PREP'D	CONTR. CHK'D	APPR. APPR'D	N° DOCUMENTO COMMESSA
0	RAPPORTO DI PROVA	21/06/2021	Dott. Geol. Marilena Romano 	Dott. Geol. Francesco Amodeo 	Dott. Geol. Benedetta Spanò 	RdP881/CON21 IP1235IP01

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.030 i.v.
Codice fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
lrcertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Calatanuzza (FN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CIBQ Federation



1	PREMESSA	3
2	ELABORATI	3
3	SONDAGGI MECCANICI	4
3.1	Attrezzatura e utensili di perforazione	5
3.1.1	<i>Rilievo stratigrafico del sondaggio</i>	5
3.1.2	<i>Prelievo di campioni</i>	6
4	PROVE IN FORO	7
4.1	Prove penetrometriche dinamiche (SPT)	7
5	INSTALLAZIONE STRUMENTAZIONE IN FORO	8
5.1	Condizionamento del foro per prove sismiche	8
5.2	Piezometri idraulici a tubo aperto	8
6	INDAGINI GEOFISICHE	9
6.1	Sismica in foro del tipo down – hole	9
6.1.1	<i>Strumentazione ed acquisizione dati</i>	9
6.1.2	<i>Stima dei tempi di primo arrivo ed elaborazione dati</i>	10
6.1.3	<i>Moduli elastici</i>	11
6.1.4	<i>Parametri geosismici</i>	12
6.1.5	<i>Risultati down-hole</i>	13
6.2	Prospezione sismica HVSR	20
6.2.1	<i>Generalità</i>	20
6.2.2	<i>Strumentazione e tecniche di campionamento</i>	22

1 PREMESSA

Relativamente al “Progetto per l’adeguamento della centrale SNAM di Messina,” lo scrivente L.&R. Laboratori e Ricerche S.r.l., con sede in Via Pablo Picasso n. 2, San Giovanni La Punta (CT), ha effettuato *le indagini geognostiche* di seguito esposte:

- *sondaggi meccanici geognostici e ambientali*
- *indagini geofisiche*

2 ELABORATI

Tutti i dati raccolti ed analizzati sono stati utilizzati per la stesura della presente relazione, corredata dai seguenti elaborati:

- Annesso n° 1: Planimetria con ubicazione dei sondaggi meccanici
- Annesso n° 2: Monografie sondaggi meccanici
- Annesso n° 3: Indagini geofisiche HVSR

3 SONDAGGI MECCANICI

Sono state eseguite n° 10 perforazioni meccaniche a carotaggio continuo, a sviluppo verticale, caratterizzati dalle seguenti modalità esecutive:

- perforazione eseguita a secco o con l'ausilio di minime quantità di fluido di circolazione;
- carotaggio continuo integrale e rappresentativo del terreno attraversato eseguito con carotiere semplice;
- descrizione stratigrafica a carattere geotecnico dei terreni attraversati con indicazione delle profondità e degli spessori
- esecuzione di prove spt in foro
- prelievo di campioni ambientali, indisturbati e rimaneggiati;
- installazione di tubo in pvc per esecuzione di sismica in foro
- installazione di piezometri a tubo aperto

La tabella seguente riporta il riepilogo delle attività eseguite per singolo sondaggio:

Sondaggio	Profondità (m)	n. campioni indisturbati	n. campioni ambientali	n. campioni rimaneggiati	n. prove SPT	Strumentazione installata
S1	30.00	1	4	12	11	Tubo per sismica in foro
S2	20.00		4	7	8	Piezometro a tubo aperto
S3	20.00		2	8	7	
S6	15.00		3	8	7	
S7	20.00		3	8	8	Piezometro a tubo aperto
S8	15.00		3	8	7	
S9	15.00		4	7	6	
S10	15.00		3	7	7	
S11	50.00		4	18	14	
S12	30.00		3	11	10	Piezometro a tubo aperto

Le modalità operative di esecuzione della perforazione sono state svolte adottando le specifiche tecniche riportate nelle *Raccomandazioni A.G.I. 1977*.

3.1 Attrezzatura e utensili di perforazione

Per la realizzazione dei sondaggi è stata adoperata una perforatrice idraulica con le seguenti caratteristiche:

Foto 1 - Sonda oleodinamica BERETTA T45

BERETTA T45

Velocità di Rotazione: 0 ~ 100 rpm;
Motore potenza: 100 hp a 2600 rpm;
Coppia Massima: 600 kgm;
Corso Utile: 3300 mm;
Spinta sull'utensile: 2600 Kg;
Tiro: 3800 kg;
Pompe Acqua Bellini NG 500 L: 120 lt a 20 bar;
Scarotatrice: 15 lt a 150 bar.



Nel corso della perforazione sono stati utilizzati:

- *carotieri semplici* con valvola in testa a sfera e calice;
- *corone di perforazione in widia; corona diamantata;*
- *aste di perforazione* con filettatura tronco-conica: diametro esterno $\varnothing_{est} = 76-90$ mm; 23/8 Api Reg;
- *tubazioni di rivestimento provvisorio*: spessore del tubo $s = 8 \div 10$ mm; diametro interno $107 \div 162$ mm; lunghezza spezzoni $l = 1.500$ mm;

3.1.1 Rilievo stratigrafico del sondaggio

Il *rilevo stratigrafico del sondaggio* è stato ricavato dall'esame diretto dei campioni di terreno (carote) contenute nelle cassette catalogatrici, indicando tutti quei dati oggettivi rilevabili mediante osservazione diretta e semplici prove di cantiere. Nel corso delle perforazioni è stata costantemente rilevata la *percentuale di carotaggio* estratta. La percentuale di carotaggio è un indice che esprime il valore del recupero di materiale lungo la verticale del sondaggio, definito dal seguente rapporto:

$$\text{Percentuale di Carotaggio LC} = \frac{\text{Lunghezza reale della carota prelevata}}{\text{Lunghezza teorica della carota}} \times 100$$

I dati litostratigrafici riscontrati nel corso dei sondaggi meccanici sono stati descritti e schematizzati in apposite *colonne stratigrafiche*, dove sono inoltre indicati il diametro di perforazione e della tubazione di

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
lrcertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Calatanuzza (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CIBQ Federation



rivestimento, la percentuale di carotaggio, le prove in foro eseguite, la quota di prelievo dei campioni e la strumentazione geotecnica installata.

3.1.2 Prelievo di campioni

Nel corso delle perforazioni è stato eseguito il prelievo di

- ***campioni ambientali***, in corrispondenza dei primi metri di terreno, scelti tra le parti integre e rappresentative di quanto carotato e riposti in cassetta catalogatrice; per ogni punto di campionamento, in funzione delle analisi da svolgere, i campioni di terreno destinati alle suddette analisi sono stati riposti in barattoli di vetro perfettamente puliti, chiusi ermeticamente e dotati di etichetta autoadesiva, ove è stata indicata la denominazione del punto di indagine, la quota di prelievo, e la numerazione con prefisso **CA**.
- ***campioni rimaneggiati*** in corrispondenza dei litotipi a consistenza terrosa, estraendo direttamente dal carotiere uno spezzone del materiale carotato nel corso della perforazione; immediatamente dopo il prelievo, essi sono stati posti in appositi sacchetti plastificati ove è stata indicata la denominazione del punto di indagine, la quota di prelievo, e la numerazione progressiva con prefisso **CR**
- ***campioni indisturbati*** utilizzando campionatore tipo Shelby, in corrispondenza di litotipi a consistenza terrosa; il campione indisturbato, paraffinato alle estremità e protetto con appositi tappi, è stato sigillato indicando la denominazione del punto di indagine, la quota di prelievo, e la numerazione progressiva con prefisso **SH**

Successivamente, i campioni sono stati consegnati ai laboratori incaricati per l'esecuzione delle prove previste.

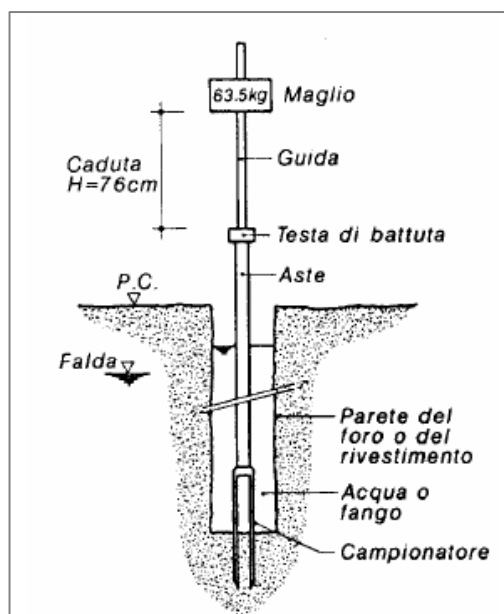
4 PROVE IN FORO

4.1 Prove penetrometriche dinamiche (SPT)

Le prove S.P.T. sono state eseguite adottando le specifiche tecniche standard suggerite dall'A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) e hanno fornito i dati necessari per determinare le caratteristiche meccaniche dei terreni.

Si tratta di prove che vengono eseguite in avanzamento di perforazione sul fondo del foro di sondaggio adeguatamente pulito da eventuale materiale franato dalle pareti dello stesso. Tramite queste prove si ottengono dei valori quantitativi sulla resistenza del suolo alla penetrazione.

La resistenza alla penetrazione viene determinata in funzione del numero di colpi necessari ad infiggere nel terreno un particolare campionatore per una lunghezza pari a 30 cm.



La prova consiste nel far cadere una massa (maglio a sganciamento a caduta libera), di peso pari a 63.50 Kg, da un'altezza standard di 76,0 cm su una batteria di aste di collegamento a sezione circolare ($L = 3.00$ m, $\varnothing = 50$ mm).

Il numero di colpi N_{spt} è la somma dei valori relativi agli ultimi due tratti di prova (30 cm) e consente la definizione, con buon grado di precisione, dei principali parametri meccanici del terreno. I valori riferiti ai primi 15 cm, generalmente non vengono considerati in quanto rappresentativi di un terreno disturbato dalla perforazione. Per i terreni in cui si è registrato il rifiuto della prova non esistono in letteratura correlazioni con l'angolo di attrito e/o con la coesione. Indicativamente è

possibile individuare un valore di massima ponendo in tale caso $N_{spt} = 50$.

5 INSTALLAZIONE STRUMENTAZIONE IN FORO

5.1 Condizionamento del foro per prove sismiche

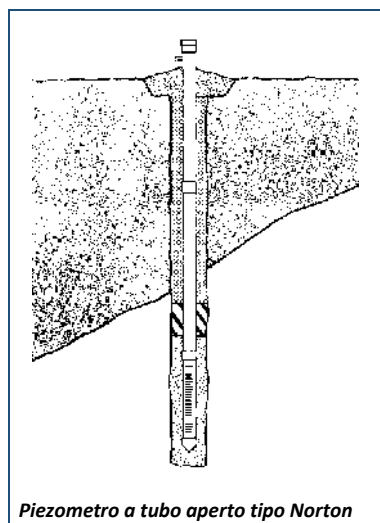
Al fine di consentire l'esecuzione di prove di *sismica in foro*, nel foro di sondaggio denominato S1, è stato eseguito un *rivestimento definitivo del foro* mediante *tubazione in PVC da 3"*.

La tubazione in PVC, opportunamente giuntata e chiusa al fondo, è stata resa solidale al terreno circostante mediante *cementazione con miscela di cemento e sabbia*. In superficie è stato realizzato un pozzetto di protezione.

5.2 Piezometri idraulici a tubo aperto

Per rilevare la distribuzione dei valori della pressione neutra nel sottosuolo, nei fori di sondaggio sono stati installati dei piezometri di tipo idraulico, attraverso i quali sarà possibile controllare nel tempo le variazioni del livello della falda. Con tale tipo di piezometro la misura della pressione neutra (solo se >0) viene ricavata rilevando il livello dell'acqua all'interno dei tubi. Si evidenzia che i piezometri di tipo idraulico hanno un tempo di risposta che dipende dalle caratteristiche di permeabilità dei terreni attraversati. Ne deriva che i valori dei livelli idrici misurati prima che sia trascorso il tempo di risposta possono fornire misure non rappresentative delle reali condizioni idrauliche presenti al contorno.

Nel presente lavoro sono stati installati n. 3 *Piezometri a tubo aperto fenestrato (Norton)*.



Il piezometro idraulico a tubo aperto (tipo Norton) è costituito da un tubo in PVC, con diametro esterno di 3", posizionato direttamente nel foro di sondaggio. La parete del tubo destinata a costituire il tratto di misura è provvista di microfessure filtranti.

Ultimato il foro di sondaggio le operazioni d'installazione sono consistite nell'accurata pulizia del foro, nella deposizione di uno strato di sabbia pulita sul fondo, quindi è stato inserito il tubo piezometrico chiuso all'estremità inferiore; il tratto di misura è stato riempito con una miscela di sabbia e ghiaia ed è stato isolato superiormente con un tappo impermeabile realizzato con una miscela di cemento e bentonite.

La rimanente parte del foro è stata cementata e sulla sommità è stato realizzato un pozzetto di protezione.

6 INDAGINI GEOFISICHE

Nell'ambito del progetto sono state eseguite delle prove geofisiche:

- *sismica in foro - prova down Hole*
- *sismica di superficie -prova HVSR*

Di seguito sono tabulate le quantità eseguite:

ID Sismica	n.
HVSR	26
DH_S1	1

Le metodologie geofisiche utilizzate sono descritte nei successivi paragrafi; i risultati della sismica in foro del tipo *down hole* sono riportati di seguito nel corrente testo, mentre i risultati della sismica di superficie del tipo *HVSR* sono riportati nell'annesso 3, al presente report.

6.1 Sismica in foro del tipo down – hole

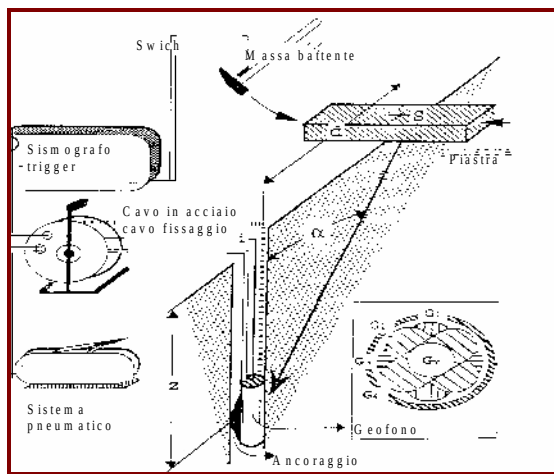
Mediante la tecnica di indagine di sismica in foro tipo down hole è possibile determinare la velocità di propagazione (media e d'intervallo) delle onde sismiche di compressione (P) e trasversali o di taglio (S). La metodologia down-hole, come le altre tecniche di sismica in foro, ha il vantaggio di non avere come condizione che la velocità aumenti con la profondità (es. sismica di rifrazione superficiale), giacché i tempi di arrivo delle onde elastiche vengono valutati via via che queste ultime penetrano negli strati più profondi del terreno. Con tale tecnica è altresì sempre possibile valutare eventuali inversioni di velocità nell'ambito del pacco di litotipi incontrati nella perforazione.

6.1.1 Strumentazione ed acquisizione dati

La strumentazione utilizzata consiste in due geofoni 3D e di un sismografo con memoria incrementale. L'ancoraggio del sensore alle pareti del foro avviene tramite pistoncini pneumatici a mandata doppia.

Le caratteristiche tecniche del sistema sopra descritto sono:

- capacità di campionamento dei segnali tra 0.002 e 0.00003 sec;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break);
- filtri High Pass e Band Reject;
- "Automatic Gain Control" ;
- convertitore A/D a 24 bit;
- n° 2 sensori a tre componenti con periodo proprio pari a 10 Hz.



Sistema d'acquisizione Down - Hole

L'energizzazione del terreno è effettuata mediante l'impatto verticale di una massa battente su una piastra d'acciaio posizionata sul terreno ad una distanza di 2 m. dall'asse foro, per la generazione delle onde longitudinali P.

Al fine di facilitare la generazione delle onde trasversali, per la valutazione della velocità di propagazione delle onde di taglio SH, il terreno è stato sollecitato tangenzialmente tramite impatto orizzontale di una massa oscillante battente su un parallelepipedo di legno ancorato al suolo.

6.1.2 Stima dei tempi di primo arrivo ed elaborazione dati

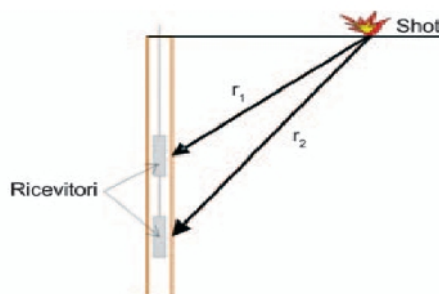
I segnali sismici registrati in formato digitale sono stati analizzati nel dominio del tempo con apposito software su piattaforma Linux (CWP/SU) per la stima del primo arrivo delle onde sismiche generate (P ed S).

I tempi di primo arrivo delle onde S sono stati determinati tramite la procedura di Boatwright (1987)¹, che prevede la tecnica dell'inversione di fase previa rotazione delle componenti orizzontali del geofono.

L'elaborazione dei dati consiste nella consistenza nel diagrammare i tempi di tragitto t misurati lungo il percorso sorgente-ricevitore in funzione della profondità z , secondo il metodo pseudo-intervallo modificato.

Il metodo pseudo-intervallo modificato consiste nel misurare i tempi di tragitto dell'onda sismica (velocità intervallo) fra due ricevitori consecutivi posti a differente profondità (figura 3). Rispetto al metodo diretto, consente una maggiore definizione del profilo di velocità (velocità intervallo reale). La velocità delle onde sismiche P ed S tra due ricevitori consecutivi è uguale a:

¹ Boatwright John, Porcella R., Fumal T., Liu Hsi-Ping, (1986), *Direct estimates of shear wave amplification from a borehole near Coalinga, California*, Earthquake Notes, v. 57, p.8.



$$V = \frac{r_2 - r_1}{t_{2CORR} - t_{1CORR}} \quad (2)$$

Percorso sismico metodo intervallo curvilineo dove

r_1 =distanza tra la sorgente e il primo ricevitore

r_2 =distanza tra la sorgente e il secondo ricevitore

t_1 =tempo di tragitto corretto tra la sorgente e il primo ricevitore

t_2 =tempo di tragitto corretto tra la sorgente e il secondo ricevitore.

Infine, i tempi misurati consentono, in funzione della distanza tra il punto d'energizzazione e la ricezione dei segnali, di definire, per i singoli intervalli, le velocità delle onde P (V_p) e delle onde S (V_s), il coefficiente di Poisson (σ) ed i moduli elasto-dinamici e geosismici.

6.1.3 Moduli elastici

Il calcolo dei moduli elastici si basa sulla teoria dell'elasticità, la quale prevede che, per sforzi impulsivi e di piccola energia, i corpi subiscono deformazioni linearmente proporzionali alle forze che le originano.

In presenza di tali condizioni anche ai terreni ed alle rocce si possono attribuire le proprietà dei corpi elastici, vale a dire: omogeneità, isotropia e continuità. Pertanto, per sollecitazioni impulsive e di bassa energia, terreni e rocce rispondono nel campo della legge di Hooke: $\sigma = \varepsilon K$

dove:

σ = sforzo applicato

ε = deformazione prodotta

K = coefficiente di proporzionalità (è un generico coefficiente di proporzionalità che assume significato fisico diverso in relazione al tipo di forze applicate e deformazioni conseguenti).

Le deformazioni e le tensioni generate da un transiente sismico rispondono al requisito di sollecitazioni impulsive di bassa energia. Quindi i terreni e le rocce attraversate da radiazioni sismiche subiscono deformazioni di tipo elastico.

Tali deformazioni trovano un'intrinseca corrispondenza con le fasi P e S dell'input sismico. Infatti, le velocità di propagazione delle onde sismiche variano al variare delle caratteristiche geomeccaniche e fisiche dei litotipi coinvolti e, pertanto, consentono di ottenere informazioni sulle proprietà elastiche dei mezzi

attraversati.

Tali parametri, riportati nella tabella seguente, esprimono le caratteristiche elastiche di un corpo quando è sottoposto ad uno sforzo e sono:

- *modulo d'elasticità o di Young (E)* che fornisce una misura del rapporto sforzo-deformazione nel caso di una semplice torsione o compressione. Il modulo di Young dipende e dalla porosità dalla pressione litostatica. I valori minimi del modulo si registrano in litotipi ad alta porosità saturi in gas, mentre i valori massimi si hanno per litotipi a bassa porosità, sotto pressione e saturi d'acqua.
- *densità geofisica (γ^{din})* è un parametro che indica lo stato di addensamento dei terreni ed è paragonabile al peso di volume geotecnica.
- *rapporto di Poisson (σ)* che dà la misura della deformazione geometrica subita da un corpo elastico e varia da 0.2 a 0.3 per le rocce compatte; da 0.3 a 0.35 per le sabbie e da 0.4 a 0.5 per le argille.
- *modulo di rigidità (G)* che esprime la misura del rapporto sforzo-deformazione nel caso di uno sforzo di taglio, stabilendo pertanto la resistenza del corpo alle variazioni di forma. Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione litostatica. Assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a bassa pressione e saturi d'acqua.
- *modulo di volume o di compressibilità (K)* misura il rapporto sforzo-deformazione nel caso di una pressione idrostatica ed indica la resistenza del corpo alle variazioni di volume. Tale parametro varia con la porosità, con la pressione e con la quantità d'acqua presente nella roccia. Aumenta con il grado di saturazione, con il decrescere della porosità e con l'aumentare della pressione litostatica.
- *modulo di contrasto (M)* che esprime la misura del rapporto sforzo-deformazione nel caso di uno sforzo di compressione, stabilendo pertanto la resistenza del corpo alle variazioni in direzione perpendicolare al fronte di propagazione. Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione litostatica. Assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a bassa pressione e privi d'acqua.

6.1.4 Parametri geosismici

I parametri geosismici esprimono il comportamento sismico di un pacchetto lito - stratigrafico, in termini di potere di trasmissione dell'energia sismica da una formazione all'altra. Tale caratteristica è legata all'impedenza sismica ed a due coefficienti ad essa dipendenti: coefficiente di rifrazione (t) e coefficiente di riflessione (ξ).

- L'impedenza sismica (IS) è data dal prodotto della velocità di propagazione delle onde trasversali per la densità del mezzo in cui l'onda si propaga.
- L'IS è un parametro che permette di valutare l'amplificazione sismica al sito.
- I coefficienti di rifrazione (t) e di riflessione (ξ), sono altri due valori legati alla rigidità dei terreni. Tali

12

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
lrcertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Calenzano (FN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CIBQ Federation



coefficienti rappresentano il rapporto tra l'ampiezza dell'onda riflessa o rifratta con l'ampiezza dell'onda incidente. ξ può assumere valori compresi tra -1 e $+1$: quando ξ tende a $+1$, l'onda riflessa ha la stessa fase ed ampiezza dell'onda incidente, mentre quando ξ tende a -1 , l'onda riflessa avrà la stessa ampiezza dell'onda incidente, ma sarà in opposizione di fase. t è sempre positivo e, laddove i terreni hanno forte contrasto di impedenza sismica ($\rho_2 \gg \rho_1$), il coefficiente t tende a 2 , cui corrisponde un aumento della frazione di energia trasmessa.

6.1.5 Risultati down-hole

L'elaborazione dei dati sismici consiste nel differenziare il sottosuolo sismostrati e di calcolarne le grandezze fisiche medie (Tabella "Valori Medi") e nel calcolare i valori intervallo (Vd Tabella valori intervallo) e nella loro rappresentazione grafica. Inoltre, è stato calcolato il valore VSEQ (1) per la definizione della categoria di sottosuolo, secondo quanto previsto dalla vigente normativa sismica.

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad (1)$$

dove

$h_i \Rightarrow$ spessore dell' i -esimo strato;

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

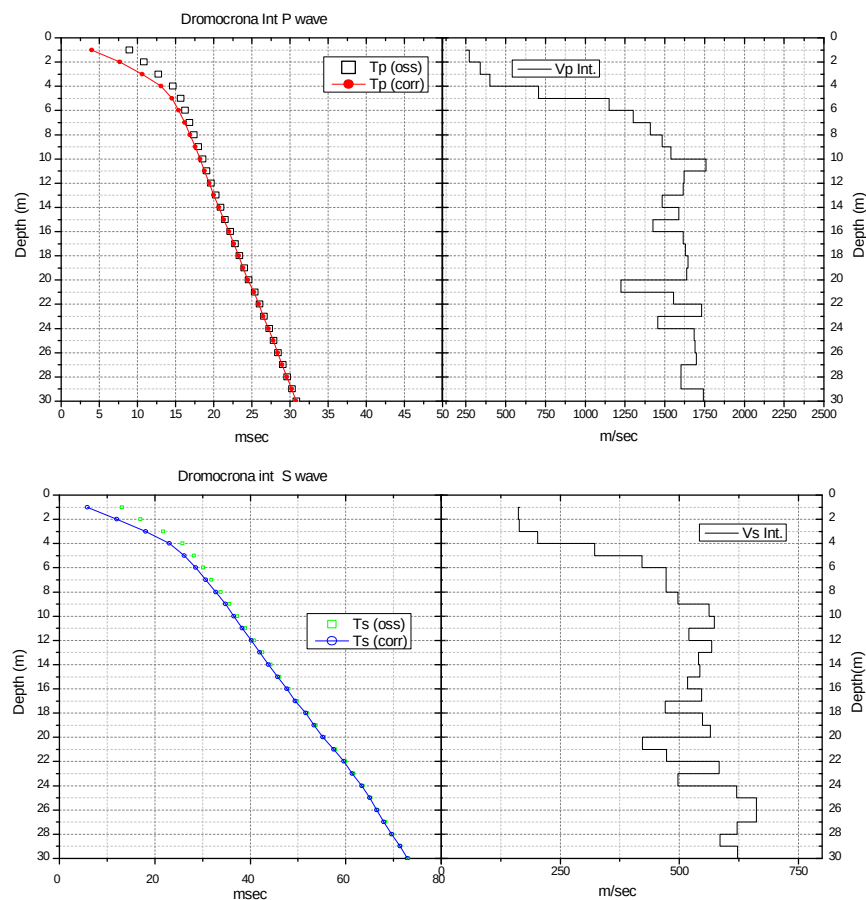
$N \Rightarrow$ numero di strati;

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

Le funzioni intervallo sono caratterizzate da un andamento crescente con la profondità. Si rilevano inversioni di velocità legate allo stato di addensamento dei sedimenti sabbioso ghiaiosi che costituiscono il substrato investigato. Nella tabella seguente sono riportati, per intervalli omogeni di velocità, i valori medi che caratterizzano la verticale di misura eseguita.

TABELLA VALORI MEDI DH_S1

Profondità (m)	G (Kg/cmq)	K (Kg/cmq)	E (kg/cmq)	M (kg/cmq)	Imp. Sismica (t*m ⁻² *sec ⁻¹)
da 0 a - 5	393.42	204.13	1.57	0.27	1.88
da -6 a -24	1519.40	515.58	2.05	0.43	2.95
da -25 a fondo foro	1669.41	628.89	2.09	0.42	2.66
Profondità (m)	G (Kg/cmq)	K (Kg/cmq)	E (kg/cmq)	M (kg/cmq)	Imp. Sismica (t*m ⁻² *sec ⁻¹)
da 0 a - 5	757.84	2084.30	1989.28	3094.76	326.80
da -6 a -24	5622.49	41483.64	16125.86	48980.29	1058.51
da -25 a fondo foro	8440.17	48177.16	23913.19	59430.73	1313.59



Profondità (m)	V _{Pi} (m/sec)	V _{Si} (m/sec)
da 0 a - 5	393.42	204.13
da -6 a -24	1519.40	515.58
da -25 a fondo foro	1669.41	628.89

Grafico 1. Dromocrone, Velocità media ed intervallo

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n.2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Calenzano (FN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

➤ Il valore del $V_{SEQ(30m)}$ risulta uguale a 411.31 m/s

Z (m)	Spessore (h (m))	V_s (m/s)	h/V_s (sec)	$V_s Z$ (m/s)	V_{SEQ} (m/s)
1.00	1.0	164.42	0.0061	164.42	411.31
2.00	1.0	168.39	0.0059	166.38	
3.00	1.0	163.46	0.0061	165.39	
4.00	1.0	202.53	0.0049	173.34	
5.00	1.0	321.87	0.0031	190.96	
6.00	1.0	421.53	0.0024	210.12	
7.00	1.0	472.31	0.0021	228.22	
8.00	1.0	472.10	0.0021	243.97	
9.00	1.0	497.45	0.0020	258.61	
10.00	1.0	562.67	0.0018	273.39	
11.00	1.0	573.58	0.0017	287.04	
12.00	1.0	519.98	0.0019	298.17	
13.00	1.0	567.88	0.0018	309.48	
14.00	1.0	540.84	0.0018	319.24	
15.00	1.0	543.23	0.0018	328.26	
16.00	1.0	517.13	0.0019	335.93	
17.00	1.0	546.58	0.0018	343.72	
18.00	1.0	470.88	0.0021	348.96	
19.00	1.0	548.73	0.0018	355.77	
20.00	1.0	565.01	0.0018	362.48	
21.00	1.0	422.86	0.0024	364.97	
22.00	1.0	472.96	0.0021	368.79	
23.00	1.0	583.29	0.0017	374.79	
24.00	1.0	497.05	0.0020	378.67	
25.00	1.0	620.33	0.0016	384.66	
26.00	1.0	661.74	0.0015	390.96	
27.00	1.0	662.20	0.0015	396.98	
28.00	1.0	621.52	0.0016	402.17	
29.00	1.0	585.50	0.0017	406.56	
30.00	1.0	622.07	0.0016	411.31	

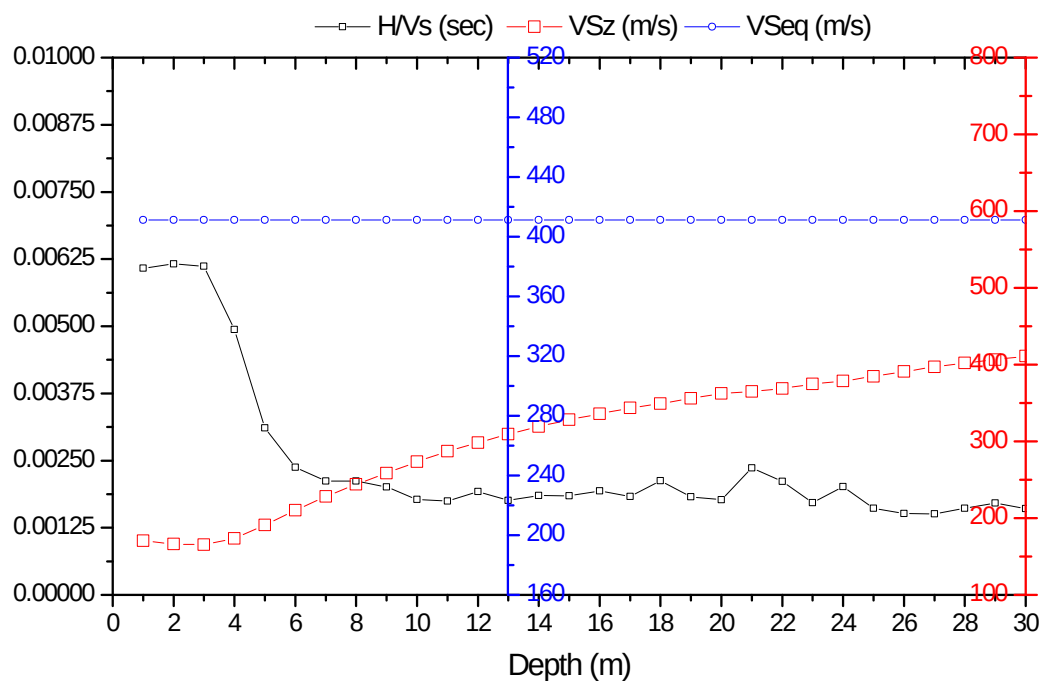


Grafico 2. Velocità media equivalente

TABELLA VALORI INTERVALLO

OFFSET (m)	Prof. (m)	VPI (m/s)	VSi (m/s)	γ_{din} (gr/cm ³)	G Kg/cmq	k (Kg/cmq)	E (Kg/cmq)	M (Kg/cmq)	σ	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m ⁻² *sec ⁻¹)	Coeff. t	Coeff. ξ
2	1.00	249.84	164.42	1.46	4.0E+02	3.9E+02	9.0E+02	9.3E+02	0.1180	1.52	239.37	1.0199	-0.0199
	2.00	271.73	168.39	1.48	4.3E+02	5.4E+02	1.0E+03	1.1E+03	0.1883	1.61	249.09	1.0063	-0.0063
	3.00	339.55	163.46	1.54	4.2E+02	1.3E+03	1.1E+03	1.8E+03	0.3492	2.08	252.26	1.1220	-0.1220
	4.00	399.47	202.53	1.59	6.7E+02	1.7E+03	1.8E+03	2.6E+03	0.3270	1.97	322.36	1.2783	-0.2783
	5.00	706.52	321.87	1.77	1.9E+03	6.5E+03	5.1E+03	9.0E+03	0.3690	2.20	570.94	1.1792	-0.1792
	6.00	1150.33	421.53	1.95	3.5E+03	2.2E+04	1.0E+04	2.6E+04	0.4224	2.73	820.26	1.0684	-0.0684
	7.00	1300.61	472.31	1.99	4.5E+03	2.8E+04	1.3E+04	3.4E+04	0.4240	2.75	940.78	1.0073	-0.0073
	8.00	1407.84	472.10	2.02	4.6E+03	3.5E+04	1.3E+04	4.1E+04	0.4367	2.98	954.61	1.0311	-0.0311
	9.00	1483.62	497.45	2.04	5.2E+03	3.9E+04	1.5E+04	4.6E+04	0.4367	2.98	1015.95	1.0649	-0.0649
	10.00	1537.53	562.67	2.06	6.6E+03	4.1E+04	1.9E+04	5.0E+04	0.4227	2.73	1156.97	1.0224	-0.0224
	11.00	1759.51	573.58	2.11	7.1E+03	5.7E+04	2.0E+04	6.7E+04	0.4405	3.07	1210.02	0.9433	0.0567
	12.00	1621.85	519.98	2.08	5.7E+03	4.8E+04	1.7E+04	5.6E+04	0.4427	3.12	1080.09	1.0437	-0.0437
	13.00	1615.57	567.88	2.08	6.8E+03	4.6E+04	2.0E+04	5.5E+04	0.4295	2.84	1178.72	0.9676	0.0324
	14.00	1484.57	540.84	2.04	6.1E+03	3.8E+04	1.7E+04	4.6E+04	0.4235	2.74	1104.70	1.0086	-0.0086
	15.00	1587.69	543.23	2.07	6.2E+03	4.5E+04	1.8E+04	5.3E+04	0.4337	2.92	1123.82	0.9651	0.0349
	16.00	1424.83	517.13	2.03	5.5E+03	3.5E+04	1.6E+04	4.2E+04	0.4241	2.76	1048.07	1.0396	-0.0396
	17.00	1615.73	546.58	2.08	6.3E+03	4.7E+04	1.8E+04	5.5E+04	0.4354	2.96	1134.52	0.9265	0.0735
	18.00	1630.39	470.88	2.08	4.7E+03	5.0E+04	1.4E+04	5.6E+04	0.4545	3.46	979.08	1.0773	-0.0773
	19.00	1646.64	548.73	2.08	6.4E+03	4.9E+04	1.8E+04	5.8E+04	0.4375	3.00	1143.10	1.0141	-0.0141
	20.00	1637.69	565.01	2.08	6.8E+03	4.8E+04	1.9E+04	5.7E+04	0.4324	2.90	1175.80	0.8292	0.1708
	21.00	1224.47	422.86	1.97	3.6E+03	2.5E+04	1.0E+04	3.0E+04	0.4323	2.90	832.69	1.0785	-0.0785
	22.00	1554.14	472.96	2.06	4.7E+03	4.4E+04	1.4E+04	5.1E+04	0.4490	3.29	974.48	1.1146	-0.1146
	23.00	1730.85	583.29	2.10	7.3E+03	5.5E+04	2.1E+04	6.4E+04	0.4359	2.97	1226.66	0.9038	0.0962
	24.00	1454.72	497.05	2.03	5.1E+03	3.7E+04	1.5E+04	4.4E+04	0.4339	2.93	1011.33	1.1241	-0.1241
	25.00	1685.05	620.33	2.09	8.2E+03	5.0E+04	2.3E+04	6.1E+04	0.4216	2.72	1297.92	1.0325	-0.0325
	26.00	1688.58	661.74	2.09	9.3E+03	4.8E+04	2.6E+04	6.1E+04	0.4093	2.55	1385.11	1.0009	-0.0009
	27.00	1697.70	662.20	2.10	9.4E+03	4.9E+04	2.6E+04	6.2E+04	0.4103	2.56	1387.49	0.9627	0.0373
	28.00	1600.41	621.52	2.07	8.2E+03	4.3E+04	2.3E+04	5.4E+04	0.4112	2.57	1287.74	0.9702	0.0298
	29.00	1601.80	585.50	2.07	7.2E+03	4.5E+04	2.1E+04	5.4E+04	0.4229	2.74	1213.31	1.0383	-0.0383
	30.00	1742.90	622.07	2.11	8.3E+03	5.4E+04	2.4E+04	6.5E+04	0.4270	2.80	1309.95	0.0000	1.0000

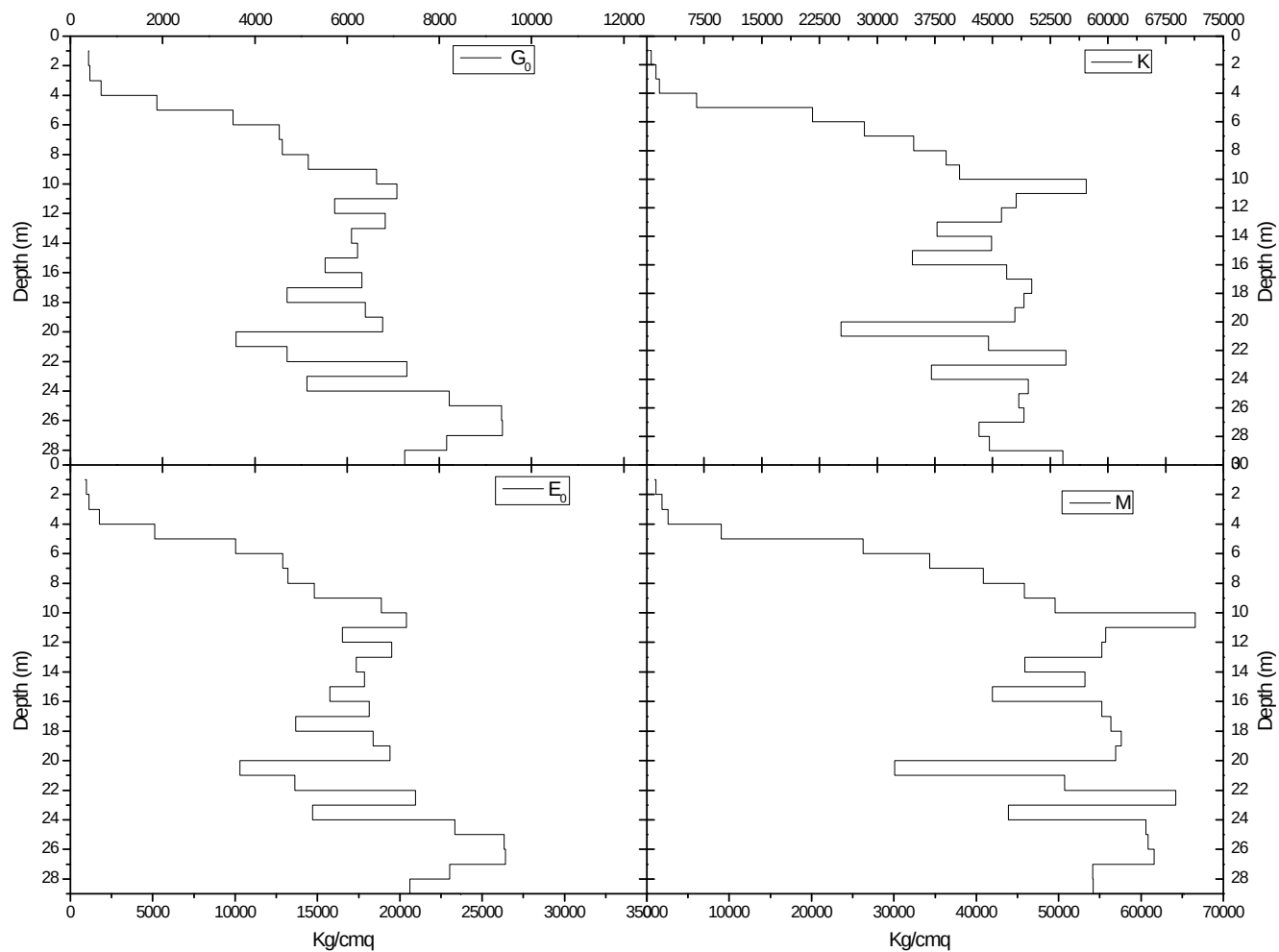


Grafico 3. Moduli elastici / profondità.

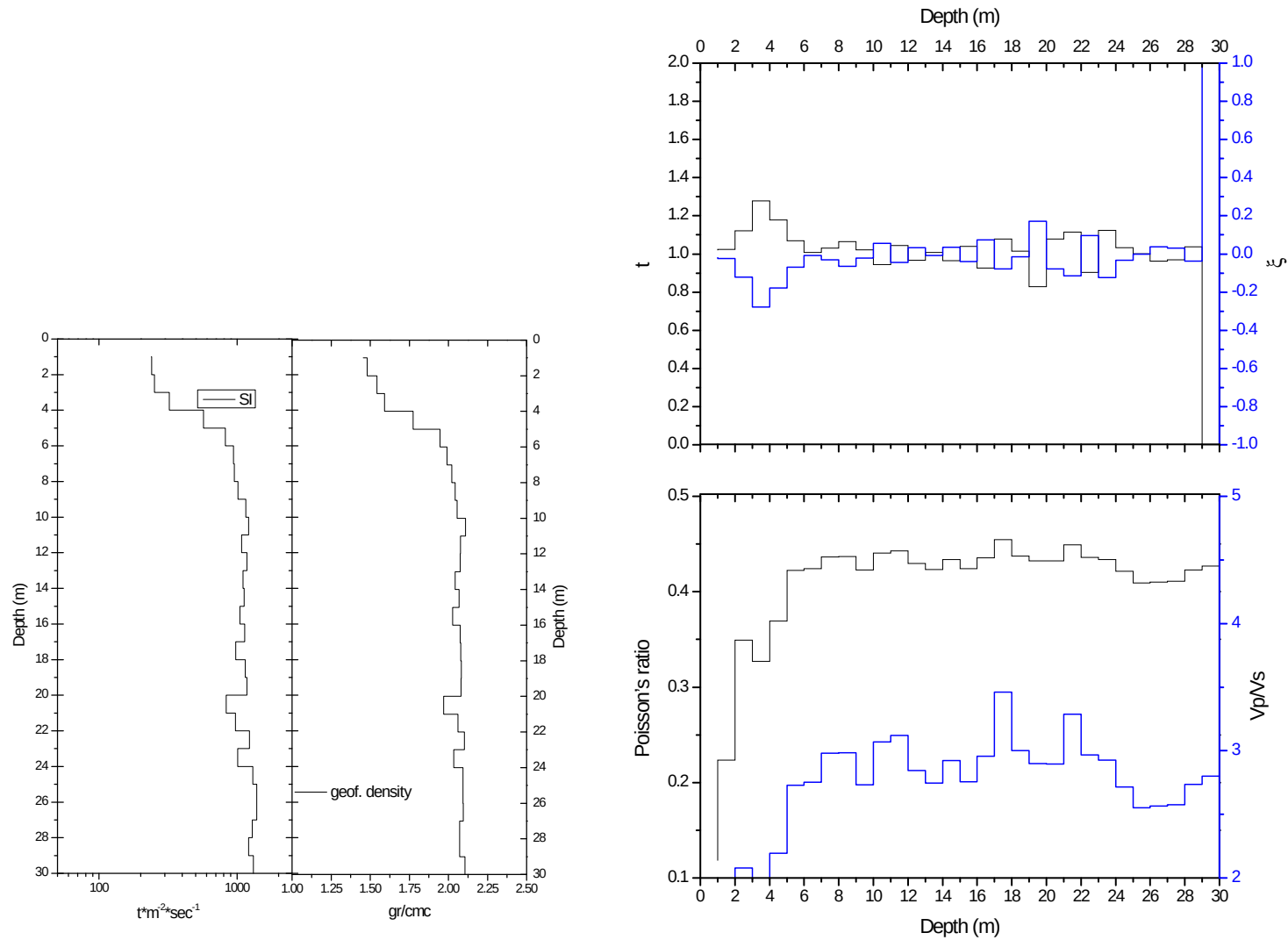


Grafico 4. - Impedenza sismica, Densità geofisica, Coefficiente di Poisson Vp/Vs Coefficiente di rifrazione e di riflessione /Profondità

6.2 Prospezione sismica HVSR

6.2.1 Generalità

Il metodo HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) o QTS (*Quasi-Transfer Spectra*) o H/V, è una tecnica sperimentale, puntuale non invasiva, che nasce dalla constatazione della buona somiglianza, per lo stesso luogo, tra lo spettro delle vibrazioni registrate nel corso di un terremoto e quello del rumore sismico.

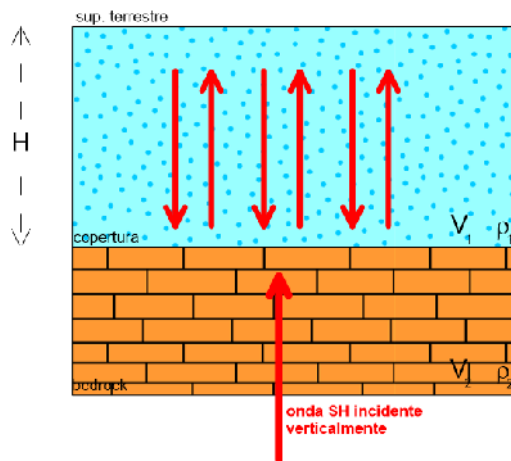
La tecnica dei rapporti spettrali prende in considerazione le vibrazioni sismiche ambientali, o rumore sismico, che sono il frutto di fenomeni casuali (pertanto non riproducibili), producenti oscillazioni del suolo di ampiezza prevalente più piccola di quella indotta dai terremoti che avvengono in un intorno alquanto vicino. Sebbene il campo d'onda del "noise sismico" sia la risultante di vari fattori legati alla sorgente, al percorso dalla sorgente alla stazione di registrazione e, infine, alle caratteristiche del substrato attraversato, la componente stazionaria di questo tipo di segnale sismico è direttamente influenzata dalle caratteristiche strutturali del terreno e, pertanto, il suo spettro costituisce l'impronta dell'assetto stratigrafico.

Attraverso il rapporto spettrale, in cui NS, EW e Z sono le tre componenti degli spettri di Fourier in funzione della frequenza di vibrazione, è possibile valutare la frequenza fondamentale del sito investigato ed estrarre importanti informazioni circa le condizioni sismo-stratigrafiche del sottosuolo. La misura sarà tanto più precisa quanto maggiore è il contrasto di impedenza sismica fra gli strati.

Sintesi dei caratteri del rumore sismico		
Peculiarità generali	È molto debole	
	Esiste sempre sulla superficie terrestre	
	Ha natura essenzialmente stocastica	
	Frequenze di interesse pratico comprese tra 0,1 e 100Hz	
	Vibrazioni naturali	Vibrazioni indotte dall'attività antropica
Nome	Microsismi	Microtremori
Frequenza	Tipicamente 0.1÷0.5 In generale <1 Hz	Tipicamente 1÷10 Hz In generale >1Hz
Origine	Oceani	Traffico / Industria / Attività umane
Onda incidente	Onde di superficie	Onde di superficie + Onde di volume
Variabilità di Ampiezza	Correlati a tempeste oceaniche	Giorno / notte, settimana / week-end

La tecnica dei rapporti spettrali del rumore sismico è nata principalmente per valutare l'amplificazione sismica di sito ed è stata sviluppata, negli anni settanta, da Nogoshi e Igarashi e, successivamente, modificata e diffusa da Nakamura (1989). Essa tiene conto dei picchi del rapporto tra la media delle componenti orizzontali e quella verticale del moto vibratorio.

Secondo l'autore i picchi del rapporto spettrale H/V sono dovuti a fenomeni di riflessione multipla delle onde S e la corrispondente frequenza dei picchi stessi rappresenta la "frequenza di risonanza fondamentale del suolo".



L'immagine schematizza l'assetto stratigrafico di un terreno sedimentario sopra uno strato rigido (bedrock o strato assimilabile al bedrock) i cui parametri sono costanti in ognuno dei due mezzi (condizione 1D).

Un'onda sismica che si propaga nel mezzo 1, avente spessore h , viene riflessa dall'interfaccia tra i due strati ed interferisce con le onde incidenti, sommandosi e raggiungendo l'ampiezza massima (condizione di risonanza) quando la lunghezza d'onda incidente è 4 volte (o N multipli dispari) la profondità $z = h$ del riflettore.

La frequenza di risonanza (F_0) dello strato 1 relativa alle onde sismiche S è pari a :

$$F_0 = V_{s1} / 4h$$

In prima approssimazione, la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dalla sua altezza e può essere calcolata con la seguente formula:

$$freq. naturale edificio \approx 10Hz / numero dei piani$$

L'elaborazione dei dati registrati nel corso della campagna geognostica, è stata effettuata a posteriori, mediante un elaboratore elettronico dotato di software dedicato. Preliminarmente alla procedura di analisi dei rapporti spettrali, le tracce sismiche registrate sono state verificate ripulendole dai disturbi transienti e da quelle parti di registrazioni non adatte all'analisi.

Una volta selezionata la parte stazionaria del segnale sono stati calcolati, per ognuna delle tre componenti del moto, le ampiezze spettrali e gli spettri di potenza del "noise", procedendo successivamente, per il "rumore naturale", alla valutazione della distribuzione energetica in frequenza.

Lo step successivo alla costruzione della curva di ellitticità, che individua la frequenza propria

di risonanza del sito, è quello che conduce alla costruzione del profilo sismostratigrafico utile alla definizione del parametro VS,eq. Infatti, il profilo sismostratigrafico deriva dal calcolo iterativo di inversione effettuato sulla curva di ellitticità. Le procedure di calcolo sono state effettuate con il pacchetto software Sesarray (Geopsy e Dinver) mantenuto da Marc Wathelet e finanziato dal progetto europeo NERIES (<http://www.geopsy.org>).

6.2.2 Strumentazione e tecniche di campionamento

Lo strumento utilizzato per l'acquisizione del rumore sismico è un sismografo triassiale (SR04MT) realizzato dalla Sara E.I. che presenta le seguenti caratteristiche:

Convertitore A/D	
Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Lo strumento è dotato di livella ad occhio di bue e di GPS, utile per tarare l'orologio di sistema e tracciare le coordinate del punto di misura. La terna di velocimetri ha frequenza di 4,5Hz ed è alloggiata all'interno del digitalizzatore.

La tecnica di campionamento e la procedura di elaborazione utilizzate sono quelle consigliate dalle linee guida del SESAME (Site Effects assessment using Ambient Excitations), un progetto di ricerca europeo condotto, nel triennio 2003-2005, al fine di standardizzare e migliorare le tecniche di microzonazione sismica attraverso le misure del rumore ambientale.

E' noto che il rumore sismico sia generato sia dai fenomeni naturali (microsismi) che da quelli artificiali (microtremori), prodotti dalle attività dell'uomo, e l'acquisizione del segnale sismico viene effettuata senza che l'operatore effettui alcuna energizzazione del terreno (per tale motivo la metodica rientra nella categoria delle prospezioni sismiche passive).

Il sismografo viene collocato su terreno e orientato rispetto ai punti cardinali.

La durata del campionamento non è stata inferiore a 20 minuti primi, e tale da ritenersi soddisfatti i primi due criteri sull'affidabilità della curva H/V:

$$f_0 > 10/l_w \quad \text{e} \quad n_c(f_0) > 200$$

Annesso 1

Planimetria con ubicazione dei sondaggi

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
lr-certificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Calatanara (FN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860



**PLANIMETRIA
con ubicazione dei
sondaggi meccanici**

Adeguamento
Centrale SNAM
Rete Gas di Messina



Annesso 2

Monografia sondaggi meccanici

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
lr-certificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Calatanara (FN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860



Sondaggio geognostico **S1**



<i>Profondità sondaggio:</i> 30.00 m	<i>Quota bocca foro s.l.m.:</i> 168m	<i>Coordinate:</i> X: 38,272307° N Y: 15,588021° E
<i>Attrezzatura di perforazione:</i> Sonda idraulica Beretta T45		<i>Operatore alla sonda:</i> Sig. Salvatore Pirrera
Perforazione a carotaggio continuo diametro: 101 mm	Rivestimento: 127 mm fino a 30.0 dal p.c.	
Cassette catalogatrici: n° 6	Attrezzatura in foro: Tubazione per sismica in foro	
Prove in foro: n. 11 SPT	Campioni ambientali: n. 4	
Campioni rimaneggiati: n. 12	Campioni indisturbati: n. 1	
Data inizio: 16/03/2021		Data fine: 23/03/2021

Il geologo responsabile del sondaggio
Dott. Geol. Gabriele Denaro

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISO Federation



SONDAGGIO S1		OGGETTO: Adeguamento Centrale SNAM Rete Gas di Messina							Ordine n°: IP1235IP01		Pag 1/1		
Redattore Dott. Geol. Gabriele Denaro									Quota Bocca Foro s.l.m.: 168 m				
Operatore S.re Salvatore Pirrera		Profondità raggiunta 30,00 m		Tipo Carotaggio Continuo a rotazione idraulica		Tipo Sonda Beretta T45	Inizio/Fine Esecuzione 16/03/2021 - 23/03/2021		Coordinate Lat: 38.272307° N Long: 15.588021° E				
Scala (mt.)	Litologia	Descrizione		Quota (m)	RQD	%Carotaggio	Livello falda	Prove in foro S.P.T.	Prelievo Campioni	Corona Carotiere	Pocket penetrometer Kg/cm²	Vane test tascabile Kg/cm²	Strument. in foro
1		Sabbia a granulometria da fine a grossolana debolmente limosa con ghiaie di natura cristallina, millimetriche, subordinatamente eterometriche con ciottoli Dmax=17cm, arrotondati, raramente sub-angolari, struttura indistinta, umida. Nessuna reazione ad HCL. Da 0.0 a 0.15 m presenza di apparati radicali. Da 0.15 a 1.6 m sono presenti frammenti plastici e metallici. Colore giallo scuro		1.60					CA1 0.0 - 0.5				
2				2.40				PA - n. Colpi: 2/1/1	CA2 1.00				
3		Sabbia a granulometria media, limosa e ghiaiosa, umida, colore bruno grigiastro. Struttura indistinta. Nessuna reazione ad HCL Elementi ghiaiosi di natura cristallina, millimetrici, subordinatamente centimetrici Dmax 5.5 cm da arrotondati a sub-arrotondati.		3.50				2.00 - 2.45 m	CA3 2.00	CR1 2.45			
4				4.30					CA4 3.00	SH1 3.50			
5								PA - n. Colpi: 15/19/26		CR2 4.00			
6								4.50 - 4.95 m			4.45		
7								PA - n. Colpi: 13/21/27		6.00			
8								6.00 - 6.45 m	CR3 6.45				
9								PA - n. Colpi: 18/23/32		8.00			
10								8.00 - 8.45 m	CR4 8.45				
11								PA - n. Colpi: 32/38/42		10.00			
12								10.00 - 10.45 m	CR5 10.45				
13								PA - n. Colpi: 19/25/34		12.00			
14								12.00 - 12.45 m	CR6 12.45				
15										13.70			
16								PA - n. Colpi: 25/37/44		14.00	CR6bis		
17								15.00 - 15.45 m	CR7 15.45				
18													
19								PA - n. Colpi: 20/23/34		18.00	CR8		
20								18.00 - 18.45 m		18.45			
21								PA - n. Colpi: 9/15/18		20.00			
22								20.00 - 20.45 m	CR9 20.45				
23				22.30									
24								PA - n. Colpi: 11/18/28		24.00			
25								24.00 - 24.45 m	CR10 24.45				
26													
27								PA - n. Colpi: 19/21/28		27.00	CR11		
28								28.00 - 28.45 m		27.45			
29													
30					30.00								
Tubazione in PVC da 3" per sismica in foro													

Tubazione in PVC da 3" per sismica in foro

Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio,
 Corona: W-Widia, D-Diamantata
 PC: punta chiusa - PA: punta aperta
 Campioni: SH (Indisturbato) - CR (rimaneggiato) - CA (ambientale)

Cassette catalogatrici N° 6
Rivestimento fino a 30.0 m dal p.c.



Foto 1 – Cassetta n. 1 da 0.00 m a 5.00 m

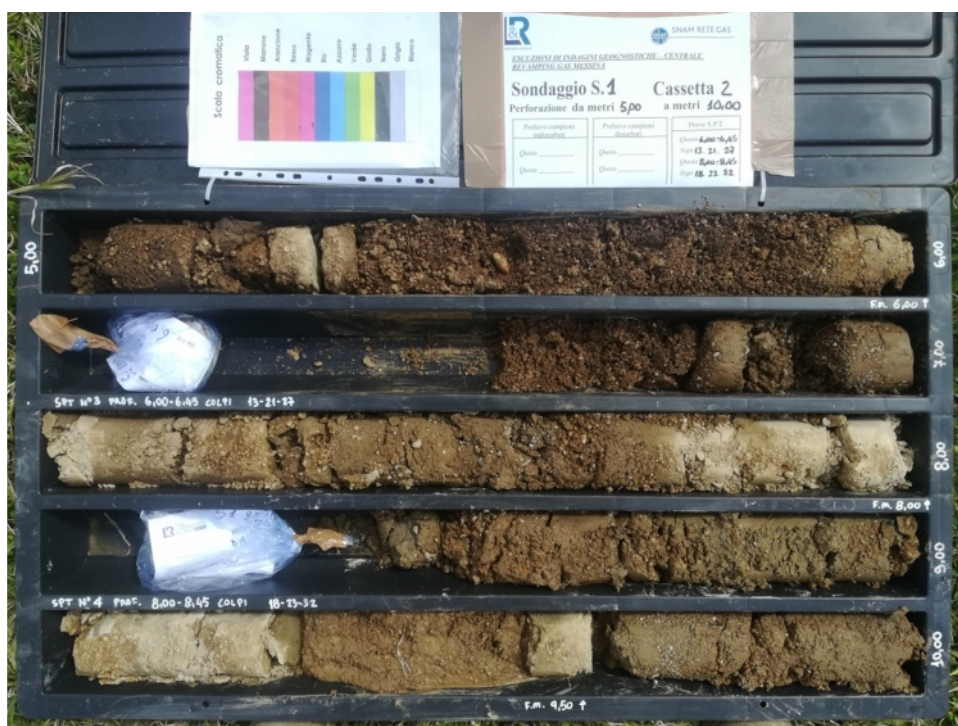


Foto 2 – Cassetta n. 2 da 5.00 m a 10.00 m

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISO Federation





Foto 3 – Cassetta n. 3 da 10,00 m a 15,00 m



Foto 4 – Cassetta n. 4 da 15,00 m a 20,00 m

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

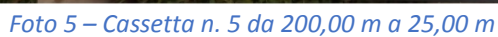
Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISO Federation





Sondaggio geognostico **S2**



<i>Profondità sondaggio:</i> 20.00 m	<i>Quota bocca foro s.l.m.:</i> 168 m	<i>Coordinate:</i> X: 38,272346° N Y: 15,588121° E
<i>Attrezzatura di perforazione:</i> Sonda idraulica Beretta T45		<i>Operatore alla sonda:</i> Sig. Salvatore Pirrera
Perforazione a carotaggio continuo diametro: 101 mm	Rivestimento: 127 mm fino a 20.0 dal p.c.	
Cassette catalogatrici: n° 4	Attrezzatura in foro: Piezometro a tubo aperto	
Prove in foro: n. 8 SPT	Campioni ambientali: n. 4	
Campioni rimaneggiati: n. 7	Campioni indisturbati: -	
Data inizio: 09/04/2021		Data fine: 12/04/2021

Il geologo responsabile del sondaggio
Dott. Geol. Gabriele Denaro

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISO Federation



SONDAGGIO S2		OGGETTO: Adeguamento Centrale SNAM Rete Gas di Messina							Ordine n°: IP1235IP01		Pag 1/1			
Redattore Dott. Geol. Gabriele Denaro									Quota Bocca Foro s.l.m.: 168 m					
Operatore S.re Salvatore Pirrera		Profondità raggiunta 20,00 m		Tipo Carotaggio Continuo a rotazione idraulica		Tipo Sonda Beretta T45	Inizio/Fine Esecuzione 09/04/2021 - 12/04/2021		Coordinate Lat: 38.272346° N Long: 15.588121° E					
Scala	Litologia	Descrizione		Quota (m)	RQD	%Carotaggio	Livello falda	Prove in foro S.P.T.	Prelievo Campioni	Corona Carotiere	Pocket penetrometer Kg/cm²	Vane test tascabile Kg/cm²	Strument. in foro	
		Sottofondo cementizio + binder		0.15					0.00					
1		Ghiaia con sabbia debolmente limosa. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, da millimetrici a centimetrici, Dmax 4.5 cm, da sub-arrotondati ad arrotondati. Sabbia a granulometria media. Struttura indistinta, molto addensata, asciutta. Nessuna reazione ad HCL. Colore giallo scuro		2.50				PA - n. Colpi: 50(R) 2.00 - 2.04 m	C A1 1.00					
2									C A2 2.00					
3		Conglomerato cementizio, colore grigio chiaro		3.80					C A3 3.00					
4		C A4 4.00												
5		Sabbia con ghiaia debolmente limosa. Sabbia a granulometria da media a grossolana. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, da millimetrici a centimetrici, con Dmax= 4 cm, da sub-arrotondati a sub-angolari. Struttura indistinta, molto addensata, asciutta. Nessuna reazione ad HCL. Colore giallo scuro.						PA - n. Colpi: 7/12/18 4.00 - 4.45 m	4.00					
6									C R1 4.45					
7				6.80					PA - n. Colpi: 50(R) 6.00 - 6.07 m					
8														
9		Sabbia con ghiaia limosa, localmente sabbia limosa debolmente ghiaiosa. Sabbia a granulometria da media a grossolana. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, millimetrici, subordinatamente centimetrici, con Dmax=3 cm, sub-arrotondati. Struttura indistinta, molto addensata, asciutta. Nessuna reazione ad HCL. Colore giallo scuro.						PA - n. Colpi: 50 (R) 8.00 - 8.11 m	8.00					
10									C R2 8.11					
11				11.00					PA - n. Colpi: 24/37/47 10.00 - 10.45 m	10.00				
12										C R3 10.45				
13		Alternanza tra ghiaia con sabbia, debolmente limosa e sabbia con ghiaia, localmente sabbia ghiaiosa, limosa. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, millimetrici raramente centimetrici con Dmax= 3 cm, da sub-angolari a sub-arrotondati. Struttura indistinta, molto addensata, debolmente umida. Nessuna reazione ad HCL. Colore giallo scuro						PA - n. Colpi: 12/62/38 12.00 - 12.36 m	12.00					
14									C R4 12.36					
15				14.00						13.00				
16										C R4bis 13.30				
17		Ghiaia con sabbia, debolmente limosa. Ghiaia fine, di natura cristallina, millimetrica raramente centimetrica con Dmax= 3 cm, da sub-angolare a sub-arrotondata. Sabbia da media a grossolana. Struttura indistinta, addensata, umida. Nessuna reazione ad HCL. Colore giallo scuro							PA - n. Colpi: 33/68/32 15.00-15.34 m	15.00				
18										C R5 15.34				
19				20.00										
20														

Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio,
Corona: W-Widia, D-Diamantata
PC: punta chiusa - PA: punta aperta
Campioni: SH (Indisturbato) - CR (rimaneggiato) - CA (ambientale)

Cassette catologatrici N° 4
Rivestimento fino a 20.0 m dal p.c.

Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio,
Corona: W-Widia, D-Diamantata
PC: punta chiusa - PA: punta aperta
Campioni: SH (Indisturbato) - CR (rimaneggiato) - CA (ambientale)

Cassette catalogatrici N° 4

Rivestimento fino a 20.0 m dal p.c.

Piezometro aperto in PVC da 3"



Foto 1 – Cassetta n. 1 da 0.00 m a 5.00 m



Foto 2 – Cassetta n. 2 da 5.00 m a 10.00 m

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISO Federation





Foto 3 – Cassetta n. 3 da 10,00 m a 15,00 m



Foto 4 – Cassetta n. 4 da 15,00 m a 20,00 m

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
 Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
 delle Imprese di Catania n. 04053900876
 Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
 lrcertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
 95037 San Giovanni La Punta (CT)
 info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
 Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
 94010 Catenanuova (EN)
 laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
 Fax. +39 0935 75860

Member of CISOQ Federation



Sondaggio geognostico **S3**



<i>Profondità sondaggio:</i> 20.00 m	<i>Quota bocca foro s.l.m.:</i> 168 m	<i>Coordinate:</i> X: 38,272461° N Y: 15,587995° E
<i>Attrezzatura di perforazione:</i> Sonda idraulica Beretta T45		<i>Operatore alla sonda:</i> Sig. Salvatore Pirrera
Perforazione a carotaggio continuo diametro: 101 mm	Rivestimento: 127 mm fino a 13.5 dal p.c.	
Cassette catalogatrici: n° 4	Attrezzatura in foro:	
Prove in foro: n. 7 SPT	Campioni ambientali: n. 2	
Campioni rimaneggiati: n. 8	Campioni indisturbati: -	
Data inizio: 01/04/2021		Data fine: 08/04/2021

Il geologo responsabile del sondaggio
Dott. Geol. Gabriele Denaro

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISO Federation



Cassette catologatrici N° 4
Rivestimento fino a 13.5 m dal p.c.



Foto 1 – Cassetta n. 1 da 0.00 m a 5.00 m



Foto 2 – Cassetta n. 2 da 5.00 m a 10.00 m

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISO Federation



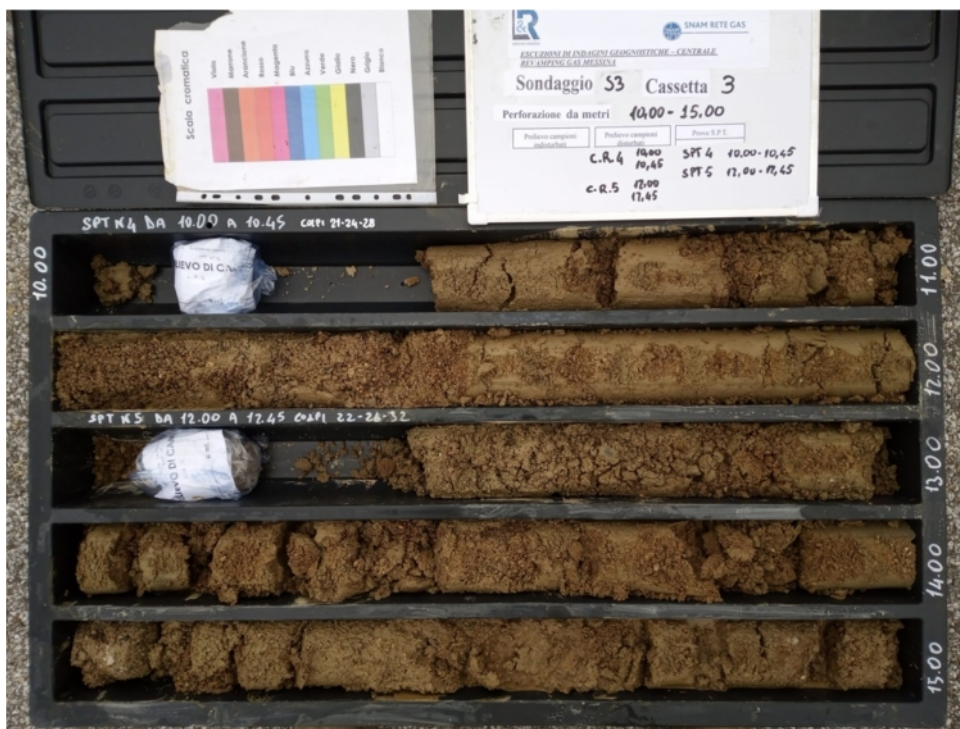


Foto 3 – Cassetta n. 3 da 10,00 m a 15,00 m



Foto 4 – Cassetta n. 4 da 15,00 m a 20,00 m

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISOQ Federation



Sondaggio geognostico S6



Profondità sondaggio: 15.00 m	Quota bocca foro s.l.m.: 167 m	Coordinate: X: 38,272773° N Y: 15,586899° E
Attrezzatura di perforazione: Sonda idraulica Beretta T45		Operatore alla sonda: Sig. Salvatore Pirrera
Perforazione a carotaggio continuo diametro: 101 mm	Rivestimento: 127 mm fino a 13.5 dal p.c.	
Cassette catalogatrici: n° 3	Attrezzatura in foro:	
Prove in foro: n. 7 SPT	Campioni ambientali: n. 3	
Campioni rimaneggiati: n. 8	Campioni indisturbati: -	
Data inizio: 30/03/2021		Data fine: 31/03/2021

Il geologo responsabile del sondaggio
Dott. Geol. Gabriele Denaro

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISO Federation



SONDAGGIO S6		OGGETTO: Adeguamento Centrale SNAM Rete Gas di Messina							Ordine n°: IP1235IP01		Pag 1/1	
Redattore Dott. Geol. Gabriele Denaro									Quota Bocca Foro s.l.m.: 167 m			
Operatore S.re Salvatore Pirrera		Profondità raggiunta 15,00 m	Tipo Carotaggio Continuo a rotazione idraulica		Tipo Sonda Beretta T45		Inizio/Fine Esecuzione 30/03/2021 - 31/03/2021		Coordinate Lat: 38.272773° N Long: 15.586899° E			
Scala	Litologia	Descrizione	Quota (m)	RQD	%Carotaggio	Livello falda	Prove in foro S.P.T.	Prelievo Campioni	Corona Carotiere	Pocket penetrometer Kg/cm²	Vane test tascabile Kg/cm²	Strument. in foro
1		Ghiaia fine con sabbia limosa. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, millimetrici, rari elementi centimetrici, Dmax= 2 cm, arrotondati, sabbia a granulometria da media a grossolana, struttura indistinta, moderatamente addensate, umida. Nessuna reazione ad HCL. Da 0.0 a 1.3 presenza di apparati radicali Colore bruno rossastro	2.00				PA - n. Colpi: 9/12/15 2.00 - 2.45 m	0.00 C A1 1.00				
2								C A2 2.00 C R1 2.45				
3		Alternanza di ghiaia fine con sabbia debolmente limosa e sabbia limosa ghiaiosa Elementi ghiaiosi di natura cristallina, millimetrici, da sub arrotondati ad arrotondati, sabbia a granulometria da media a grossolana, struttura indistinta, moderatamente addensate, debolmente umida. Nessuna reazione ad HCL. Da 0.0 a 1.3 presenza di apparati radicali Colore giallastro					PA - n. Colpi: 9/9/18 4.00 - 4.45 m	3.00				
4								C A3 2.45				
5								4.00 C R2 4.45				
6								6.00 C R3 6.45				
7		Alternanza tra ghiaia con sabbia, debolmente limosa e sabbia con ghiaia, localmente sabbia ghiaiosa, limosa Elementi ghiaiosi di natura cristallina, millimetrici raramente centimetrici con Dmax= 3 cm, da sub-angolari a sub-arrotondati. Struttura indistinta, molto addensata, debolmente umida. Nessuna reazione ad HCL. Colore giallo scuro	6.70				PA - n. Colpi: 12/16/17 6.00 - 6.45 m	3.00	W Cs			
8								8.00 C R4 8.45				
9								8.70 C R4bis 9.00				
10								10.00 C R5 10.45				
11								12.00 C R6 12.45				
12								14.00 C R7 14.45				
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												

Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio,
Corona: W-Widia, D-Diamantata
PC: punta chiusa - PA: punta aperta
Campioni: SH (Indisturbato) - CR (rimaneggiato) - CA (ambientale)

Cassette catalogatrici N° 3
Rivestimento fino a 15.0 m dal p.c.

Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio,
Corona: W-Widia, D-Diamantata
PC: punta chiusa - PA: punta aperta
Campioni: SH (Indisturbato) - CR (rimaneggiato) - CA (ambientale)

Cassette catalogatrici N° 3
Rivestimento fino a 15.0 m dal p.c.



Foto 1 – Cassetta n. 1 da 0.00 m a 5.00 m



Foto 2 – Cassetta n. 2 da 5.00 m a 10.00 m

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISOQ Federation





Foto 3 – Cassetta n. 3 da 10,00 m a 15,00 m

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISO Federation



Sondaggio geognostico **S7**



<i>Profondità sondaggio:</i> 20.00 m	<i>Quota bocca foro s.l.m.:</i> 168 m	<i>Coordinate:</i> X: 38,272663° N Y: 15,587161° E
<i>Attrezzatura di perforazione:</i> Sonda idraulica Beretta T45		<i>Operatore alla sonda:</i> Sig. Salvatore Pirrera
Perforazione a carotaggio continuo diametro: 101 mm	Rivestimento: 127 mm fino a 20.0 dal p.c.	
Cassette catalogatrici: n° 4	Attrezzatura in foro: Piezometro a tubo aperto	
Prove in foro: n. 8 SPT	Campioni ambientali: n. 3	
Campioni rimaneggiati: n. 8	Campioni indisturbati: -	
Data inizio: 29/03/2021		Data fine: 29/03/2021

Il geologo responsabile del sondaggio
Dott. Geol. Gabriele Denaro

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISO Federation



SONDAGGIO S7		OGGETTO: Adeguamento Centrale SNAM Rete Gas di Messina							Ordine n°: IP1235IP01		Pag 1/1			
Redattore Dott. Geol. Gabriele Denaro									Quota Bocca Foro s.l.m.: 168 m					
Operatore S.re Salvatore Pirrera		Profondità raggiunta 20,00 m	Tipo Carotaggio Continuo a rotazione idraulica		Tipo Sonda Beretta T45		Inizio/Fine Esecuzione 29/03/2021 - 29/03/2021		Coordinate Lat: 38.272663° N Long: 15.587161° E					
Scala	Litologia	Descrizione	Quota (m)	RQD	%Carotaggio	Livello falda	Prove in foro S.P.T.	Prelievo Campioni	Corona Carotiere	Pocket penetrometer Kg/cm²	Vane test tascabile Kg/cm²	Strument. in foro		
1		Ghiaia fine con sabbia debolmente limosa. Sabbia a granulometria da grossolana a media. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, millimetrici, più raramente centimetrici Dmax=30 cm, da arrotondati a sub-arrotondati. Struttura indistinta, addensata, debolmente umida. Nessuna reazione ad HCL. Da 0.0 a 0.60 m presenza di apparati radicali. Colore bruno rossastro	1.70				PA - n. Colpi: 9/13/17	0.00 C A1						
2			1.00 C A2											
3		Sabbia ghiaiosa da debolmente limosa a limosa. Sabbia a granulometria da grossolana a media. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, millimetrici, rari centimetrici. Presente ciottolo D=8.5 cm a 3.5 m, arrotondato ed appiattito. Struttura indistinta, moderatamente addensata debolmente umida. Colore bruno rossastro	2.00 C A3					2.00					2.00	
4			2.45											
5		Sabbia con ghiaia debolmente limosa, localmente sabbia ghiaiosa, umida Sabbia a granulometria da media a grossolana. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, millimetrici raramente centimetrici Dmax=3 cm, sub-arrotondati. Struttura indistinta, addensata, debolmente umida. Nessuna reazione ad HCL. Colore giallo scuro	4.00				PA - n. Colpi: 10/14/19	4.00 C R2						
6								4.45						
7								6.00 C R3					6.45	
8		Ghiaia con sabbia, localmente ghiaia sabbiosa debolmente limosa. Sabbia a granulometria da media a grossolana. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, millimetrici raramente centimetrici Dmax=5 cm, sub-arrotondati. Struttura indistinta, addensata, debolmente umida. Nessuna reazione ad HCL. Colore giallo scuro	7.30				PA - n. Colpi: 12/18/22	6.00 C R4						
9								8.45						
10								8.00 C R5					10.00	
11		Alternanza tra ghiaia con sabbia, debolmente limosa e sabbia ghiaiosa, debolmente limosa. Sabbia a granulometria da media a grossolana. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, millimetrici raramente centimetrici con Dmax= 4 cm, da sub-angolari a sub-arrotondati. Struttura indistinta, molto addensata, debolmente umida. Nessuna reazione ad HCL. Colore giallo scuro	10.0				PA - n. Colpi: 13/25/29	10.00 C R6	$\frac{W}{C_s}$					
12								10.45						
13								12.00 C R7					12.45	
14								14.00 C R8					14.45	
15								18.00 C R9					18.45	
16								16/27/30					12.00 C R6	12.45
17								12.00 - 12.45 m					14.00 C R7	14.45
18								15.00 - 15.45 m					18.00 C R8	18.45
19							PA - n. Colpi: 22/33/46	18.00 C R9						
20			20.00				18.00 - 18.45 m	18.45						

Piezometro aperto in PVC da 3"

Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio,
Corona: W-Widia, D-Diamantata
PC: punta chiusa - PA: punta aperta
Campioni: SH (Indisturbato) - CR (rimaneggiato) - CA (ambientale)

Cassette catalogatrici N° 4
Rivestimento fino a 20.0 m dal p.c.

Piezometro aperto in PVC da 3"



Foto 1 – Cassetta n. 1 da 0.00 m a 5.00 m



Foto 2 – Cassetta n. 2 da 5.00 m a 10.00 m

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISO Federation





Foto 3 – Cassetta n. 3 da 10,00 m a 15,00 m



Foto 4 – Cassetta n. 4 da 15,00 m a 20,00 m

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of C19Q Federation



Sondaggio geognostico **S8**



<i>Profondità sondaggio:</i> 15.00 m	<i>Quota bocca foro s.l.m.:</i> 169 m	<i>Coordinate:</i> X: 38,272893° N Y: 15,587245° E
<i>Attrezzatura di perforazione:</i> Sonda idraulica Beretta T45		<i>Operatore alla sonda:</i> Sig. Salvatore Pirrera
Perforazione a carotaggio continuo diametro: 101 mm	Rivestimento: 127 mm fino a 15.0 dal p.c.	
Cassette catalogatrici: n° 3	Attrezzatura in foro:	
Prove in foro: n. 7 SPT	Campioni ambientali: n. 3	
Campioni rimaneggiati: n. 7	Campioni indisturbati: -	
Data inizio: 29/03/2021		Data fine: 29/03/2021

Il geologo responsabile del sondaggio
Dott. Geol. Gabriele Denaro

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISO Federation



SONDAGGIO S8		OGGETTO: Adeguamento Centrale SNAM Rete Gas di Messina							Ordine n°: IP1235IP01		Pag 1/1	
Redattore Dott. Geol. Gabriele Denaro									Quota Bocca Foro s.l.m.: 169 m			
Operatore S.re Salvatore Pirrera		Profondità raggiunta 15,00 m	Tipo Carotaggio Continuo a rotazione idraulica		Tipo Sonda Beretta T45	Inizio/Fine Esecuzione 29/03/2021 - 29/03/2021		Coordinate Lat: 38.272893° N Long: 15.587245° E				
Scala	Litologia	Descrizione	Quota (m)	RQD	%Carotaggio	Livello falda	Prove in foro S.P.T.	Prelievo Campioni	Corona Carotiere	Pocket penetrometer Kg/cm²	Vane test tascabile Kg/cm²	Strument. in foro
1		Ghiaia fine con sabbia debolmente limosa. Sabbia a granulometria da grossolana a media. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, millimetrici, più raramente centimetrici. Dmax=3.0 cm, da arrotondati a sub-arrotondati. Struttura indistinta, addensata, debolmente umida. Nessuna reazione ad HCL. Da 0.0 a 0.60 m presenza di apparati radicali. Colore bruno rossastro	1.70				PA - n. Colpi: 12/16/20 2.00 - 2.45 m	0.00 C A1				
2								1.00 C A2				
3								2.00 C R1				
4								2.45 C A3				
5								3.00				
6								4.00 C R2				
7		Sabbia ghiaiosa, da debolmente limosa a limosa. Sabbia a granulometria da media a grossolana. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, millimetrici raramente centimetrici; a m. 3,50 di rileva un ciottolo di D=8,5 cm., di forma arrotondata e appiattita. Struttura indistinta, addensata, debolmente umida. Colore bruno rossastro	6.00				PA - n. Colpi: 7/12/15 4.00 - 4.45 m	4.45 C R2				
8								6.00 C R3				
9								6.45				
10								8.00 C R4				
11								8.45				
12								10.00 C R5				
13								10.45				
14								12.00 C R6				
15								12.45				
16		Sabbia con ghiaia debolmente limosa. Sabbia a granulometria da media a grossolana. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, millimetrici raramente centimetrici Dmax=3 cm. Struttura indistinta, addensata, debolmente umida. Nessuna reazione ad HCL. Colore giallo scuro	15.0				PA - n. Colpi: 6/13/18 10.00 - 10.45 m	14.00 C R7				
17								14.45				
18												
19												
20												
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, Corona: W-Widia, D-Diamantata PC: punta chiusa - PA: punta aperta Campioni: SH (Indisturbato) - CR (rimaneggiato) - CA (ambientale)												
Cassette catalogatrici N° 3 Rivestimento 127 mm: fino a 15 m												



Foto 1 – Cassetta n. 1 da 0.00 m a 5.00 m



Foto 2 – Cassetta n. 2 da 5.00 m a 10.00 m

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISO Federation





Foto 3 – Cassetta n. 3 da 10,00 m a 15,00 m

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISOQ Federation



Sondaggio geognostico **S9**



<i>Profondità sondaggio:</i> 15.00 m	<i>Quota bocca foro s.l.m.:</i> 168 m	<i>Coordinate:</i> X: 38,272916° N Y: 15,588414° E
<i>Attrezzatura di perforazione:</i> Sonda idraulica Beretta T45		<i>Operatore alla sonda:</i> Sig. Salvatore Pirrera
Perforazione a carotaggio continuo diametro: 101 mm	Rivestimento: 127 mm fino a 15.0 dal p.c.	
Cassette catalogatrici: n° 3	Attrezzatura in foro:	
Prove in foro: n. 6 SPT	Campioni ambientali: n. 4	
Campioni rimaneggiati: n. 7	Campioni indisturbati: -	
Data inizio: 24/03/2021		Data fine: 25/03/2021

Il geologo responsabile del sondaggio
Dott. Geol. Gabriele Denaro

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

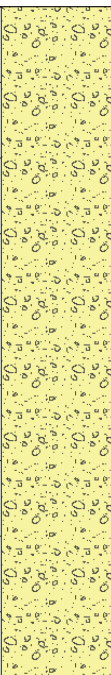
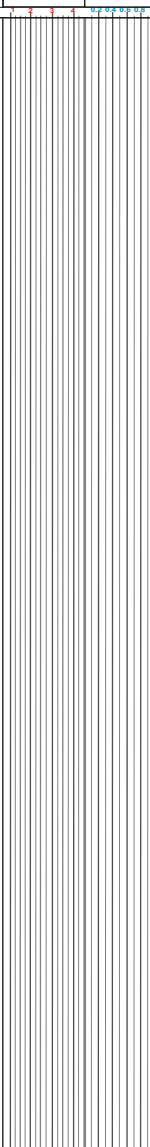
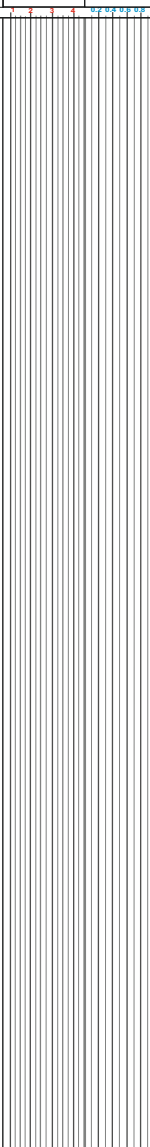
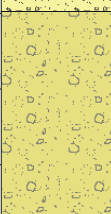
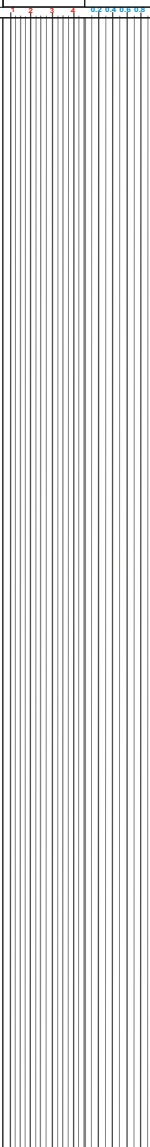
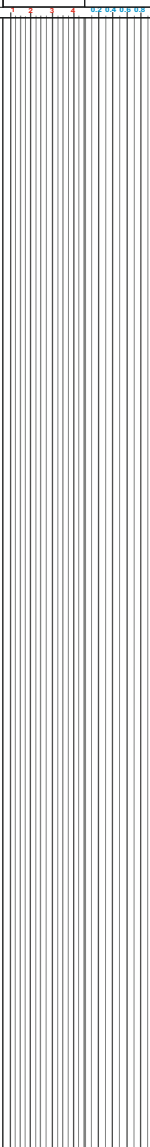
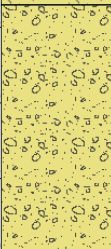
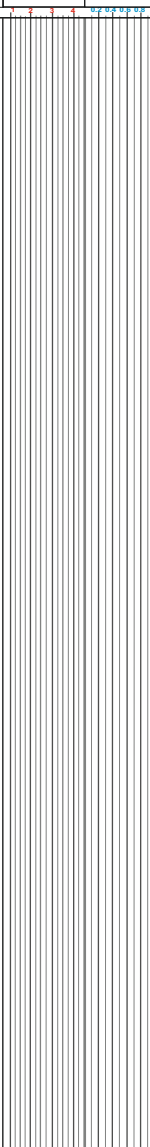
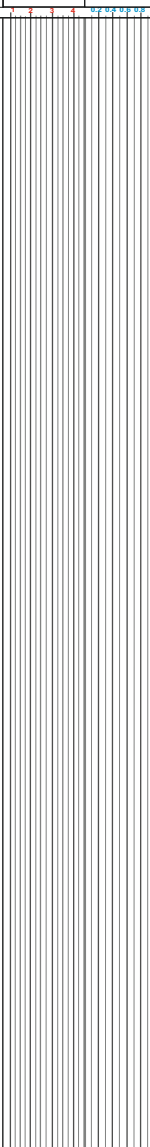
Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISO Federation



SONDAGGIO S9		OGGETTO: Adeguamento Centrale SNAM Rete Gas di Messina							Ordine n°: IP1235IP01		Pag 1/1	
Redattore Dott. Geol. Gabriele Denaro									Quota Bocca Foro s.l.m.: 168 m			
Operatore S.re Salvatore Pirrera		Profondità raggiunta 15,00 m	Tipo Carotaggio Continuo a rotazione idraulica		Tipo Sonda Beretta T45	Inizio/Fine Esecuzione 24/03/2021 - 25/03/2021		Coordinate Lat: 38.272916° N Long: 15.588414° E				
Scala	Litologia	Descrizione	Quota (m)	RQD	%Carotaggio	Livello falda	Prove in foro S.P.T.	Prelievo Campioni	Corona Carotiere	Pocket penetrometer Kg/cm²	Vane test tascabile Kg/cm²	Strument. in foro
1		Ghiaia fine con sabbia debolmente limosa, a granulometria da media a grossolana. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, millimetrici. Da m. 6.90 ciottoli di dimensione centimetrica, Dmax=8.5 cm. Struttura indistinta, addensata, umido. Nessuna reazione ad HCL. Da 0.0 a 0.30 m presenza di apparati radicali. Colore giallo scuro. Da m 0.00-0.40 materiale di riporto costituito da ghiaia con sabbia, presenza di ciottoli e blocchi con Dmax=37 cm					PA - n. Colpi: 15/15/17 2.00 - 2.45 m	0.00 CA1 0.50 CA2 1.00 CA3 2.00 CR1 2.45 CA4 3.00	W/Cs			
2								2.00				
3								2.45				
4								4.00 CR2 4.45				
5								6.00 CR3 6.45				
6								8.00 CR4 8.45				
7								12.00 CR4bis 12.45				
8								12.00 CR5 12.45				
9								14.00 CR6 14.45				
10		Sabbia ghiaiosa, con livelli di sabbia con ghiaia debolmente limosa. Sabbia a granulometria da media a grossolana. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, millimetrici raramente centimetrici con Dmax=3.50 cm. Struttura indistinta, addensata, debolmente umida. Nessuna reazione ad HCL. Colore giallao scuro	9.00				PA - n. Colpi: 12/15/19 9.00 - 9.45 m	8.70-9.00	W/Cs			
11												
12												
13		Ghiaia con sabbia limosa, con elementi ghiaiosi di natura cristallina, eterometrici, da sub-arrotondati ad angolari, con Dmax=5.5 cm. Struttura indistinta, da addensata a molto addensata, umida. Colore giallo scuro	11.70				PA - n. Colpi: 16/18/23 12.00 - 12.45 m	12.00 CR5 12.45	W/Cs			
14												
15												
16			15.0									
17												
18												
19												
20												

Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio,
Corona: W-Widia, D-Diamantata
PC: punta chiusa - PA: punta aperta
Campioni: SH (Indisturbato) - CR (rimaneggiato) - CA (ambientale)

Cassette catologatrici N° 3
Rivestimento diam.127 mm fino a 15.0 m dal p.c.

Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio,
Corona: W-Widia, D-Diamantata
PC: punta chiusa - PA: punta aperta
Campioni: SH (Indisturbato) - CR (rimaneggiato) - CA (ambientale)

Cassette catalogatrici N° 3

Rivestimento diam.127 mm fino a 15.0 m dal p.c.



Foto 1 – Cassetta n. 1 da 0.00 m a 5.00 m



Foto 2 – Cassetta n. 2 da 5.00 m a 10.00 m

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISOQ Federation





Foto 3 – Cassetta n. 3 da 10,00 m a 15,00 m

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISO Federation



Sondaggio geognostico **S10**



Profondità sondaggio: 15.00 m	Quota bocca foro s.l.m.: 165 m	Coordinate: X: 38,272221° N Y: 15,587199° E
Attrezzatura di perforazione: Sonda idraulica Beretta T45		Operatore alla sonda: Sig. Salvatore Pirrera
Perforazione a carotaggio continuo diametro: 101 mm	Rivestimento: 127 mm fino a 15.0 dal p.c.	
Cassette catalogatrici: n° 3	Attrezzatura in foro:	
Prove in foro: n. 7 SPT	Campioni ambientali: n.3	
Campioni rimaneggiati: n. 7	Campioni indisturbati: -	
Data inizio: 31/03/2021		Data fine: 01/04/2021

Il geologo responsabile del sondaggio
Dott. Geol. Gabriele Denaro

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISO Federation



Cassette catalogatrici N° 3
Rivestimento diam.127 mm fino a 12.0 m dal p.c.



Foto 1 – Cassetta n. 1 da 0.00 m a 5.00 m



Foto 2 – Cassetta n. 2 da 5.00 m a 10.00 m

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISO Federation





Foto 3 – Cassetta n. 3 da 10,00 m a 15,00 m

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISOQ Federation



Sondaggio geognostico **S11**



<i>Profondità sondaggio:</i> 50.00 m	<i>Quota bocca foro s.l.m.:</i> 168 m	<i>Coordinate:</i> X: 38,271359° N Y: 15,589309° E
<i>Attrezzatura di perforazione:</i> Sonda idraulica Beretta T45		<i>Operatore alla sonda:</i> Sig. Salvatore Pirrera
Perforazione a carotaggio continuo diametro: 101 mm	Rivestimento: 127 mm fino a 30.0 dal p.c.	
Cassette catalogatrici: n° 10	Attrezzatura in foro:	
Prove in foro: n. 14 SPT	Campioni ambientali: n.4	
Campioni rimaneggiati: n. 18	Campioni indisturbati: -	
Data inizio: 14/04/2021		Data fine: 20/04/2021

Il geologo responsabile del sondaggio
Dott. Geol. Gabriele Denaro

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISO Federation



SONDAGGIO S11
OGGETTO: Adeguamento Centrale SNAM Rete Gas di Messina

 Ordine n°:
IP1235IP01

Pag 1/2

 Redattore
Dott. Geol. Gabriele Denaro

 Quota Bocca Foro s.l.m.:
168 m

 Operatore
S.re Salvatore Pirrera

 Profondità raggiunta
50,00 m

 Tipo Carotaggio
Continuo a rotazione idraulica

 Tipo Sonda
Beretta T45

 Inizio/Fine Esecuzione
14/04/2021 - 20/04/2021

 Coordinate
Lat: 38.271359° N
Long: 15.589309° N

Scala	Litologia	Descrizione	Quota (m)	RQD	%Carotaggio	Livello falda	Prove in foro S.P.T.	Prelievo Campioni	Corona Carotiere	Pocket penetrometer Kg/cm²	Vane test tascabile Kg/cm²	Strument. in foro
1		Conglomerato cementizio da m 0.00-0.20. Riporto costituito da ghiaia con ciottoli e sabbia da m 0.20-0.50	0.50					CA 1 0.50 CA 2 1.00 PA - n. Colpi: 2/4/7				
2		Ghiaia fine con sabbia debolmente limosa. Ghiaia di natura cristallina, eterometrica con Dmax=5 cm, da arrotondata a sub-arrotondata, con struttura poco addensata (nessuna reazione HCL). Sabbia a granulometria media, asciutta. Colore giallastro in massa					1.60 - 2.05 m	CA 3 1.60 CR 1 1.95				
3								CA 4 2.00 3.00				
4		Sabbia con ghiaia debolmente limosa, localmente limosa-sabbiosa a granulometria media. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, eterometrici, con Dmax= 5 cm, da arrotondati a sub-arrotondati. Struttura indistinta, molto addensata, asciutti. Nessuna reazione ad HCL. Colore giallo scuro.	3.40				PA - n. Colpi: 24/38/46 4.00 - 4.45 m	CR 2 4.00 4.45				
5												
6		Ghiaia sabbiosa con livelli di ghiaia con sabbia limosa. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, eterometrici, con Dmax= 10 cm. da arrotondati a sub-arrotondati. Struttura indistinta, molto addensata, debolmente umida. Nessuna reazione ad HCL. Colore giallastro.	5.60				PA - n. Colpi: 34/39/43 6.00 - 6.45 m	CR 3 6.00 6.45				
7												
8							PA - n. Colpi: 20/31/42 8.00 - 8.45 m	CR 3bis 7.50-7.80 8.00 CR 4 8.45				
9		Ghiaia con sabbia debolmente limosa. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, millimetrici raramente centimetrici, da sub-arrotondati a sub-angolari, con struttura indistinta. Molto addensata e debolmente umida. Nessuna reazione ad HCL. Colore giallo scuro in massa.					PA - n. Colpi: 21/25/29 10.00 - 10.45 m	CR 5 10.00 10.45				
10												
11							PA - n. Colpi: 15/32/39 12.00 - 12.45 m	CR 6 12.00 12.45				
12			12.00									
13		Sabbia con ghiaia debolmente limosa. Sabbia a granulometria da media a grossolana. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, millimetrici con rari elementi eterometrici. Dmax= 10 cm, da sub-angolari ad arrotondati. Struttura indistinta, molto addensata, debolmente umida. Nessuna reazione ad HCL. Colore giallastro in massa					PA - n. Colpi: 24/30/37 15.00 - 15.45 m	CR 7 15.00 15.45 16.00 CR 7bis 16.45				
14												
15												
16												
17												
18			17.70									
19		Alternanza ripetitiva di : -Sabbia con ghiaia debolmente limosa, con granulometria da media a grossolana, di natura cristallina; -Ghiaia con sabbia debolmente limosa, con gli elementi ghiaiosi di natura cristallina, millimetrici raramente centimetrici, da sub-arrotondati ad arrotondati.					PA - n. Colpi: 18/29/31 21.00 - 21.45 m	CR 9 21.00 21.45				
20												
21												
22												
23												
24							PA - n. Colpi: 23/40/48 24.00 - 24.45 m	CR 10 24.00 24.45				
25												

 Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio,
 Corona: W-Widia, D-Diamantata
 PC: punta chiusa - PA: punta aperta
 Campioni: SH (Indisturbato) - CR (rimaneggiato) - CA (ambientale)

Cassette catalogatrici N° 10
Rivestimento fino a 30.0 m dal p.c.

SONDAGGIO S11		OGGETTO: Adeguamento Centrale SNAM Rete Gas di Messina						Ordine n°: IP1235IP01		Pag 2/2		
Redattore Dott. Geol. Gabriele Denaro								Quota Bocca Foro s.l.m.: 168 m				
Operatore S.re Salvatore Pirrera		Profondità raggiunta 50,00 m	Tipo Carotaggio Continuo a rotazione idraulica		Tipo Sonda Beretta T45	Inizio/Fine Esecuzione 14/04/2021 - 20/04/2021		Coordinate Lat: 38.271359° N Long: 15.589309° N				
	Litologia	Descrizione	Quota (m)	RQD	%Carotaggio	Livello falda	Prove in foro S.P.T.	Prelievo Campioni	Corona Carotiere	Pocket penetrometer Kg/cm²	Vane test tascabile Kg/cm²	Strument. in foro
26		Sabbia ghiaiosa debolmente limosa. Sabbia a granulometria grossolana. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, millimetrici raramente centimetrici, da sub-arrotondati a sub-angolari. Struttura indistinta, molto addensata, umida. Nessuna reazione ad HCL. Colore giallastro in massa	27.00				PA - n. Colpi: 21/24/31	27.00	W/Cs			
27							27.00 - 27.45 m	CR11 27.45				
28												
29												
30							PA - n. Colpi: 15/26/50	30.00				
31							30.00 - 30.45 m	CR12 30.45				
32												
33							PA - n. Colpi: 17/28/49	33.00				
34							33.00 - 33.45 m	CR13 33.45				
35												
36							PA - n. Colpi: 18/47/48	36.00				
37							36.00 - 36.45 m	CR14 36.45				
38												
39							PA - n. Colpi: 27/48/51	39.00				
40							39.00 - 39.45 m					
41												
42								42.00				
43								CR15 42.45				
44												
45								45.00				
46								CR16 45.45				
47												
48								47.00				
49								CR17 47.45				
50												

Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio,
 Corona: W-Widia, D-Diamantata
 PC: punta chiusa - PA: punta aperta
 Campioni: SH (Indisturbato) - CR (rimaneggiato) - CA (ambientale)

Cassette catalogatrici N° 10
Rivestimento fino a 30.0 m dal p.c.



Foto 1 – Cassetta n. 1 da 0.00 m a 5.00 m



Foto 2 – Cassetta n. 2 da 5.00 m a 10.00 m

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISOQ Federation





Foto 3 – Cassetta n. 3 da 10,00 m a 15,00 m



Foto 4 – Cassetta n. 4 da 15,00 m a 20,00 m

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of C19Q Federation





Foto 5 – Cassetta n. 5 da 20,00 m a 25,00 m



Foto 6 – Cassetta n. 6 da 25,00 m a 30,00 m

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of C15Q Federation





Foto 7 – Cassetta n. 7 da 30,00 m a 35,00 m



Foto 8 – Cassetta n. 8 da 35,00 m a 40,00 m

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISOQ Federation





Foto 9 – Cassetta n. 9 da 40,00 m a 45,00 m



Foto 10 – Cassetta n. 10 da 45,00 m a 50,00 m

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISO Federation



Sondaggio geognostico **S12**



<i>Profondità sondaggio:</i> 30.00 m	<i>Quota bocca foro s.l.m.:</i> 164 m	<i>Coordinate:</i> X: 38,271089° N Y: 15,590932° E
<i>Attrezzatura di perforazione:</i> Sonda idraulica Beretta T45		<i>Operatore alla sonda:</i> Sig. Salvatore Pirrera
Perforazione a carotaggio continuo diametro: 101 mm	Rivestimento: 127 mm fino a 30.0 dal p.c.	
Cassette catalogatrici: n° 6	Attrezzatura in foro: piezometro a tubo aperto	
Prove in foro: n. 10 SPT	Campioni ambientali: n. 3	
Campioni rimaneggiati: n. 11	Campioni indisturbati: -	
Data inizio: 26/04/2021		Data fine: 28/04/2021

Il geologo responsabile del sondaggio
Dott. Geol. Gabriele Denaro

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

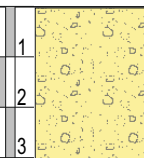
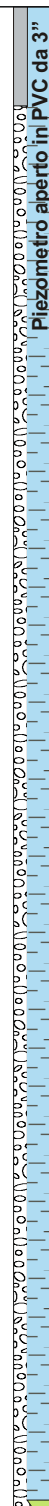
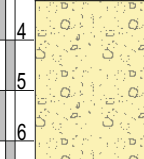
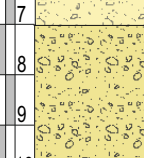
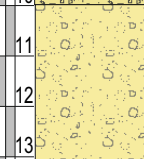
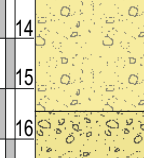
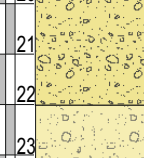
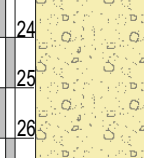
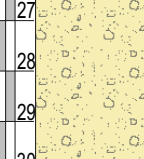
Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISO Federation



SONDAGGIO S12		OGGETTO: Adeguamento Centrale SNAM Rete Gas di Messina						Ordine n°: IP1235IP01		Pag 1/1			
Redattore Dott. Geol. Gabriele Denaro								Quota Bocca Foro s.l.m.: 164 m					
Operatore S.re Salvatore Pirrera		Profondità raggiunta 30,00 m		Tipo Carotaggio Continuo a rotazione idraulica		Tipo Sonda Beretta T45		Inizio/Fine Esecuzione 26/04/2021 - 28/04/2021		Coordinate Lat: 38.271089° N Long: 15.590932° E			
Scala	Litologia	Descrizione		Quota (m)	RQD	%Carotaggio	Livello falda	Prove in foro S.P.T.	Prelievo Campioni	Corona Carotiere	Pocket penetrometer Kg/cm²	Vane test tascabile Kg/cm²	Strument. in foro
1		Sabbia con ghiaia debolmente limosa. Sabbia a granulometria da fine a media. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, eterometrici, con Dmax= 5,8 cm, da sub-arrotondati a sub-angolari. Struttura indistinta, molto addensata, asciutta. Nessuna reazione ad HCL. Colore giallastro in massa.		3.20					C A1 1.00 C A2 2.00 PA - n. Colpi: 30/40/50 2.00 - 2.45 m C R1 2.45 C A3 3.00				
2													
3													
4		Sabbia ghiaiosa debolmente limosa. Sabbia a granulometria da fine a media. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, eterometrici, con Dmax= 5,0 cm, da sub-arrotondati, subordinatamente sub-angolari. Struttura indistinta, molto addensata, asciutta. Nessuna reazione ad HCL. Colore giallo chiaro.		7.00					PA - n. Colpi: 22/31/37 4.00 - 4.45 m C R2 4.45 PA - n. Colpi: 39/51/49 6.00 - 6.42 m C R3 6.45 7.00 C R3bis 7.30 8.00 C R4 8.45				
5													
6													
7		Ghiaia con sabbia, a tratti ghiaia sabbiosa debolmente limosa. Sabbia a granulometria da media a grossolana. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, millimetrici, raramente centimetrici, sub-arrotondati, raramente sub-angolari, struttura indistinta, Dmax= 5,5 cm. Molto addensata, debolmente umida. Nessuna reazione ad HCL. Colore giallo scuro in massa.		10.00					PA - n. Colpi: 41/50/50 8.00 - 8.45 m C R5 12.45 PA - n. Colpi: 21/32/39 12.00 - 12.45 m C R6 15.45 15.00 C R7 18.45 18.00 C R8 21.45 21.00 C R9 24.45 24.00 C R10 27.45 27.00				
8													
9													
10		Sabbia con ghiaia debolmente limosa. Sabbia a granulometria grossolana. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, eterometrici, sub-arrotondati a struttura indistinta, molto addensata, debolmente umida. Nessuna reazione ad HCL. Colore giallo scuro in massa.		15.50					PA - n. Colpi: 23/31/39 5.00 - 15.45 m C R6 15.45 15.00 C R7 18.45 18.00 C R8 21.45 21.00 C R9 24.45 24.00 C R10 27.45 27.00				
11													
12													
13		Ghiaia con sabbia debolmente limosa. Sabbia a granulometria da media a grossolana. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, eterometrici, con Dmax= 9 cm, da sub-arrotondati a sub-angolari. Struttura indistinta, molto addensata, debolmente umida. Nessuna reazione ad HCL. Colore giallo scuro in massa.		22.00					PA - n. Colpi: 24/31/40 8.00 - 18.45 m C R7 18.45 18.00 C R8 21.45 21.00 C R9 24.45 24.00 C R10 27.45 27.00				
14													
15													
16		Sabbia ghiaiosa, a tratti sabbia debolmente ghiaiosa e limosa. Sabbia a granulometria media. Elementi ghiaiosi di natura cristallina, millimetrici, subordinatamente centimetrici, con rari ciottoli con Dmax= 9,0 cm. Struttura indistinta, molto addensata. Colore giallo chiaro in massa.		30.00					PA - n. Colpi: 7/14/23 21.00 - 21.45 m C R8 21.45 21.00 C R9 24.45 24.00 C R10 27.45 27.00				
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													

Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio,
Corona: W-Widia, D-Diamantata
PC: punta chiusa - PA: punta aperta
Campioni: SH (Indisturbato) - CR (rimaneggiato) - CA (ambientale)

Cassette catalogatrici N° 6
Rivestimento fino a 30.0 m dal p.c.



Foto 1 – Cassetta n. 1 da 0.00 m a 5.00 m



Foto 2 – Cassetta n. 2 da 5.00 m a 10.00 m

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISO Federation





Foto 3 – Cassetta n. 3 da 10,00 m a 15,00 m



Foto 4 – Cassetta n. 4 da 15,00 m a 20,00 m

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenanuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISO Federation





Foto 5 – Cassetta n. 5 da 200,00 m a 25,00 m



Foto 6 – Cassetta n. 6 da 25,00 m a 30,00 m

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
Ircertificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Catenuova (EN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860

Member of CISOQ Federation



Annesso 3

Indagini geofisiche HVSR

L&R Laboratori e Ricerche S.r.l.

Capitale Sociale, € 500.000 i.v.
Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg.
delle Imprese di Catania n. 04053900876
Iscritta al R.E.A. 270647

www.LR-SRL.it
lr-certificata@pec.it

Uffici e Sede legale

Via Pablo Picasso n. 2
95037 San Giovanni La Punta (CT)
info@lr-srl.it

Tel. +39 095 336490
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona Industriale, Capannone n.5
94010 Calatanara (FN)
laboratorio@lr-srl.it

Tel. +39 0935 75860
Fax. +39 0935 75860



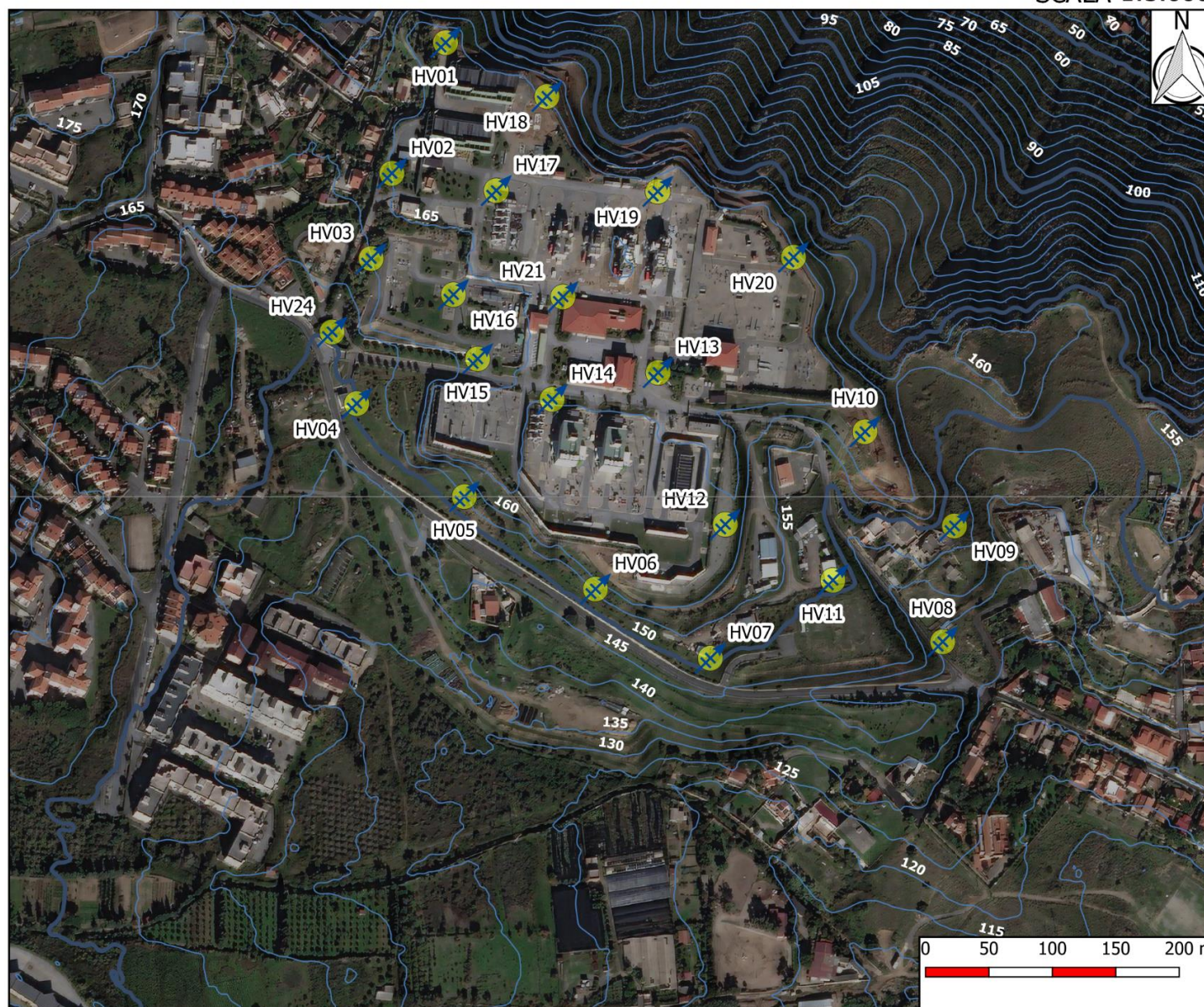
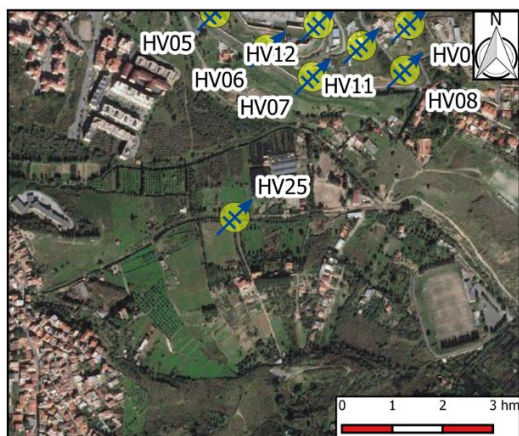
PLANIMETRIA GENERALE

SCALA 1:5.000

LEGENDA

-  HVSR
-  isoipse direttrici (50 m)
-  Isoipse ordinarie (5 m)

Ubicazioni indagini in aree esterne



Indagine HV01



COORDINATE INDAGINE HV01

Tipo	Coord. X	Coord. Y	Quota (slm)	N. Foglio	N. Part.
HVSR	551.376,54 m	4.236.357,98 m	166.1 m	0021	321

Sistema di riferimento geografico ETRS89/UTM zone 33N

Caratteristiche strumentazione

Sismografo triassiale (SR04MT) - Sara E.I.

Convertitore A/D

Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Parametri di acquisizione

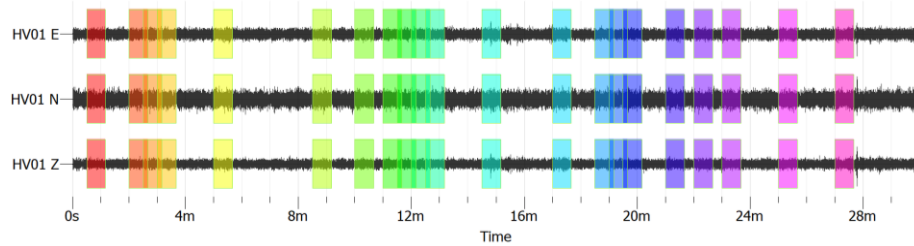
Nome file: **MT_20210506_150722.SAF**

Name	Component	Time Reference	T0 (s)	End Time (s)	Samp Freq (Hz)	Delta T	N Samples
R001	Vertical	06/05/2021 15:07	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	North	06/05/2021 15:07	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	East	06/05/2021 15:07	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000

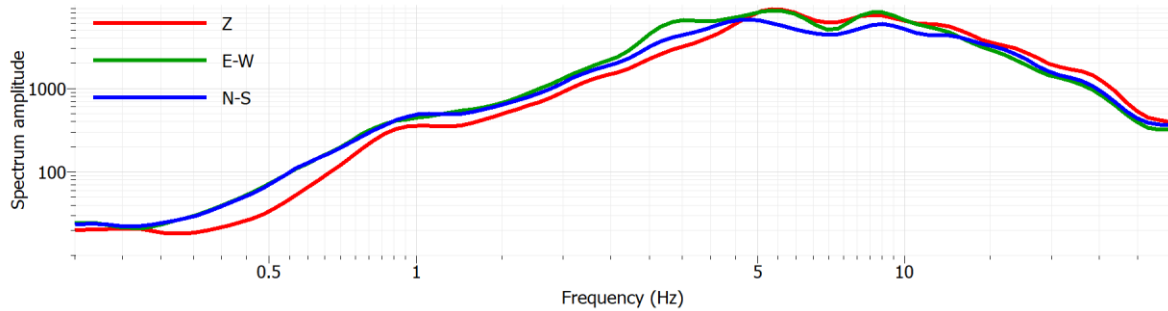
Parametri di elaborazione e risultati

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
35	25	436	0.499	0.066	2.65	1.30	BASSO

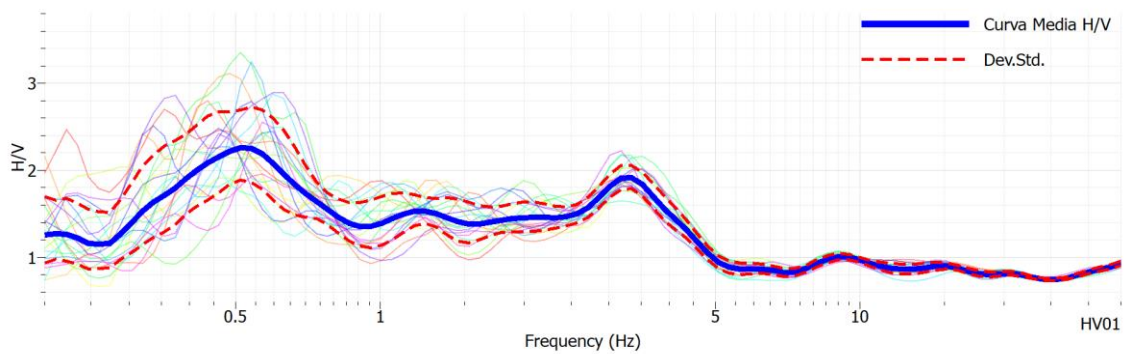
Tracce



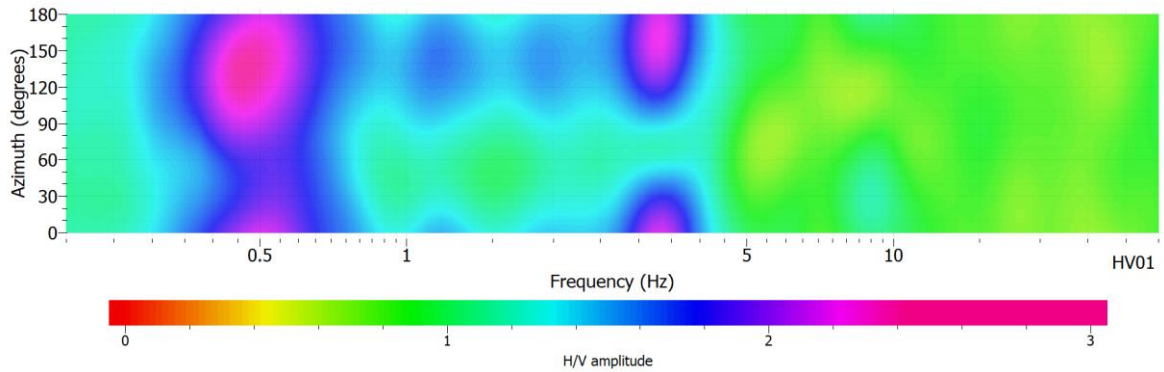
Spettro delle componenti



Spettro delle ampiezze H/V



Curva H/V sul piano orizzontale



Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
	$f_0 > 10/L_w$	0.50	>	0.29	OK
	$n_c(f_0) > 200$	436	>	200	OK
	$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 27			OK
	$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$				
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.21	<	1.33	OK
	Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.21	<	1.31	OK
	$A_0 > 2$	2.65	>	2.00	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Δf	=	-0.051	NO
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.066	<	0.100	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.30	<	2.50	OK

Velocità equivalente V_S

n.strati	h	z	peso vol.	Vp	Vs
	m	m	Kg/mc	m/s	m/s
1	0.59	0.59	1591.55	341.49	153.35
2	3.14	3.73	1749.19	730.27	289.42
3	3.87	7.60	1782.11	1119.73	381.93
4	3.05	10.65	1834.52	1362.87	424.89
5	---	---	1838.53	1650.35	520.92

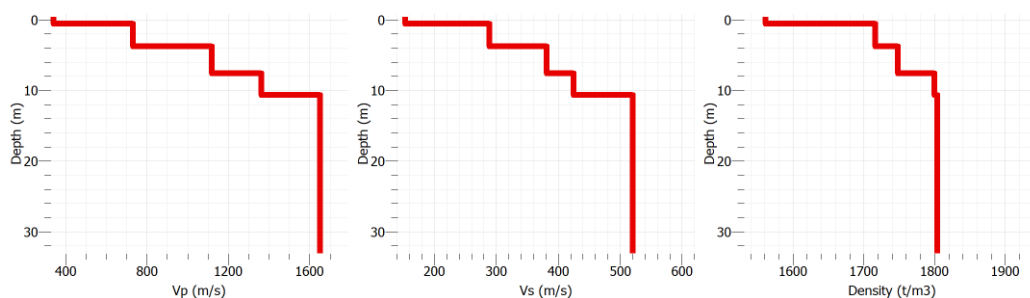
$$V_{S,eq}$$

$$\text{m/s}$$

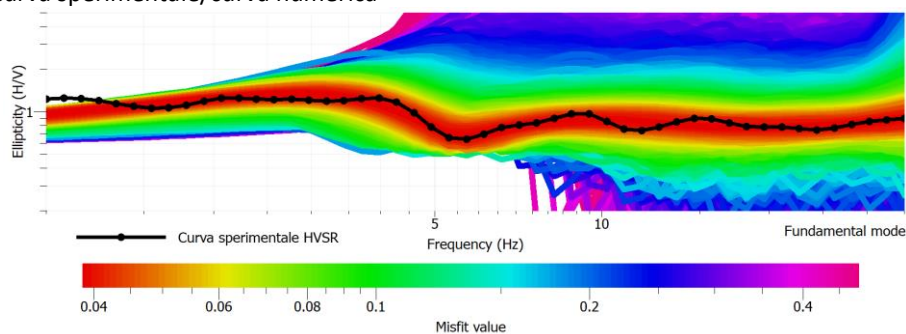
$$433.76$$

Il valore della $V_{S,eq}$ è compatibile con la Categoria di suolo tipo B

Profilo sismostratigrafico



Adattamento curva sperimentale/curva numerica



Inversione numerica effettuata su curva H/V calcolata sulla direttrice 70° per non tenere conto degli effetti di direzionalità del moto di propagazione

Indagine HV02



COORDINATE INDAGINE HV02

Tipo	Coord. X	Coord. Y	Quota (slm)	N. Foglio	N. Part.
HVSr	551.334,19 m	4.236.254,92 m	165.2 m	0040	1894

Sistema di riferimento geografico ETRS89/UTM zone 33N

Caratteristiche strumentazione

Sismografo triassiale (SR04MT) - Sara E.I.

Convertitore A/D

Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Parametri di acquisizione

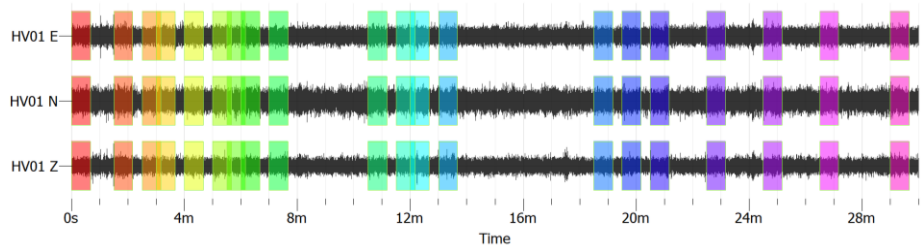
Nome file: **MT_20210505_120320.SAF**

Name	Component	Time Reference	T0 (s)	End Time (s)	Samp Freq (Hz)	Delta T	N Samples
R001	Vertical	05/05/2021 12:03	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	North	05/05/2021 12:03	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	East	05/05/2021 12:03	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000

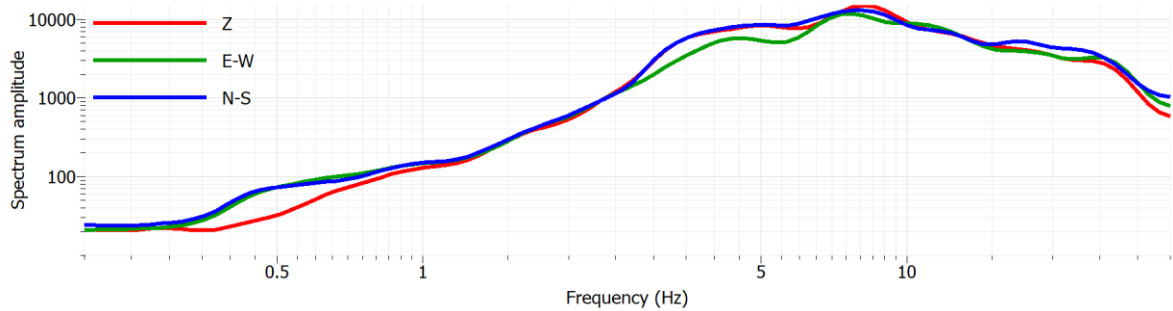
Parametri di elaborazione e risultati

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
40	20	373	0.466	0.036	2.48	1.12	BASSO

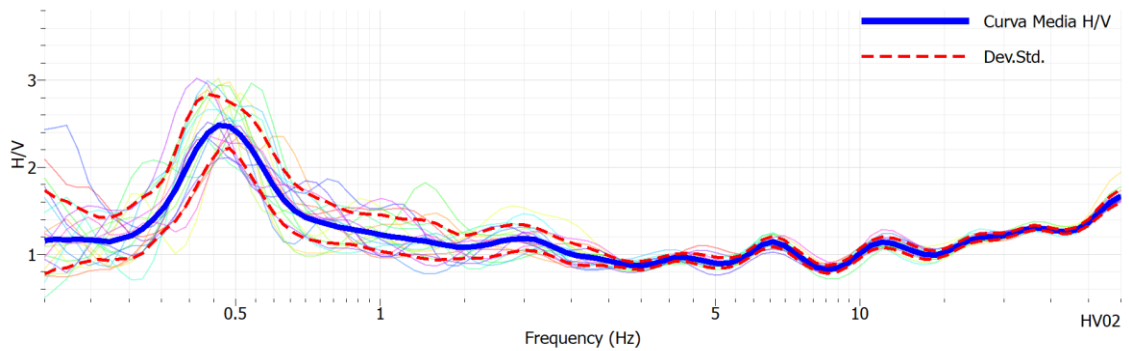
Tracce



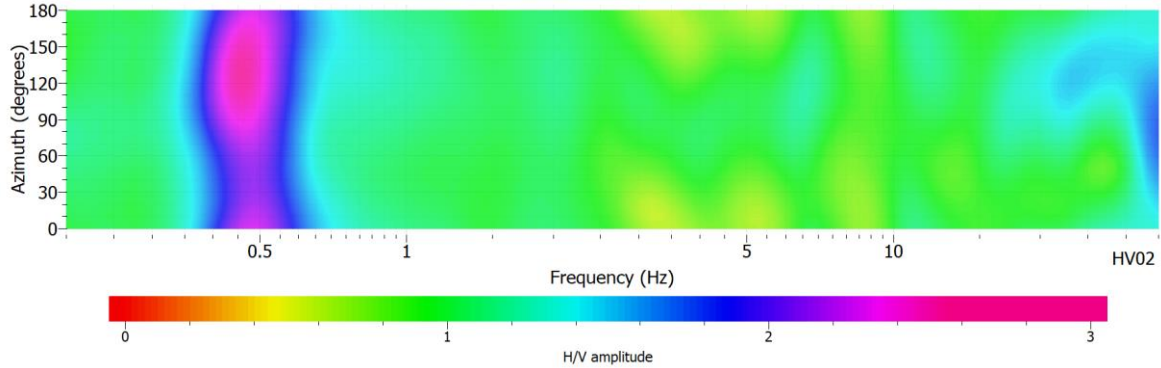
Spettro delle componenti



Spettro delle ampiezze H/V



Curva H/V sul piano orizzontale



Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/L_w$		0.47	>	0.25	OK
$n_c(f_0) > 200$		373	>	200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 28			OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$					
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.15	<	1.24	OK
	Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.15	>	1.08	OK
	$A_0 > 2$	2.48	>	2.00	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Δf	=	-0.048	NO
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.036	<	0.093	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.12	<	2.50	OK

Velocità equivalente V_s

n.strati	h	z	peso vol.	Vp	Vs
	m	m	Kg/mc	m/s	m/s
1	0.81	0.81	1626.94	427.17	121.73
2	3.20	4.01	1726.61	622.97	287.11
3	4.72	8.73	1782.11	796.33	386.54
4	5.94	14.67	1789.25	870.94	392.24
5	---	---	1842.21	1660.28	563.15

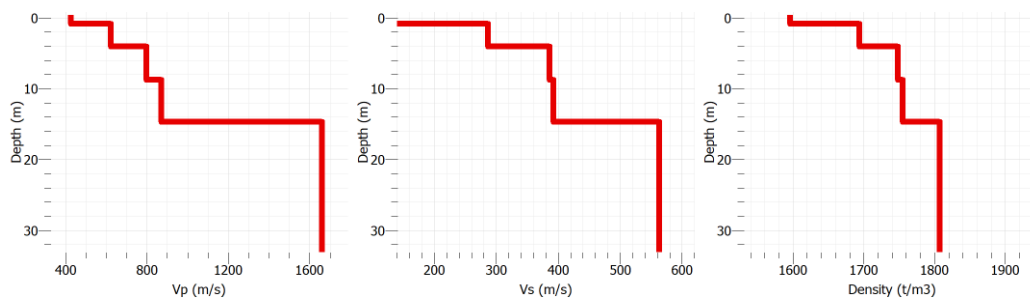
$$V_{S,eq}$$

m/s

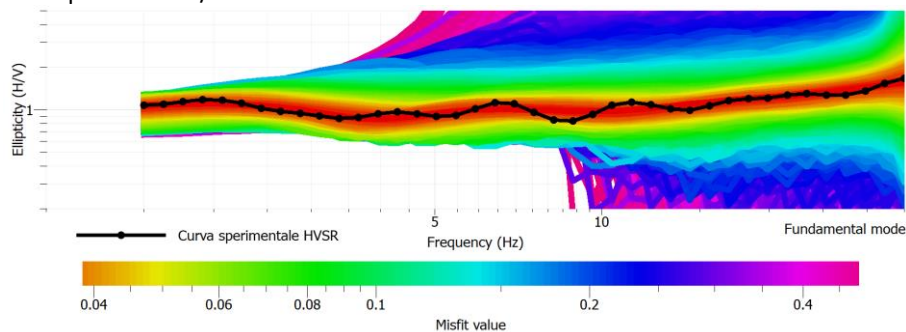
414.62

Il valore della $V_{S,eq}$ è compatibile con la Categoria di suolo tipo B

Profilo sismostratigrafico



Adattamento curva sperimentale/curva numerica



Indagine HV03



COORDINATE INDAGINE HV03

Tipo	Coord. X	Coord. Y	Quota (slm)	N. Foglio	N. Part.
HVSR	551.317,89 m	4.236.187,75 m	160.45 m	0040	1894

Sistema di riferimento geografico ETRS89/UTM zone 33N

Caratteristiche strumentazione

Sismografo triassiale (SR04MT) - Sara E.I.

Convertitore A/D

Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Parametri di acquisizione

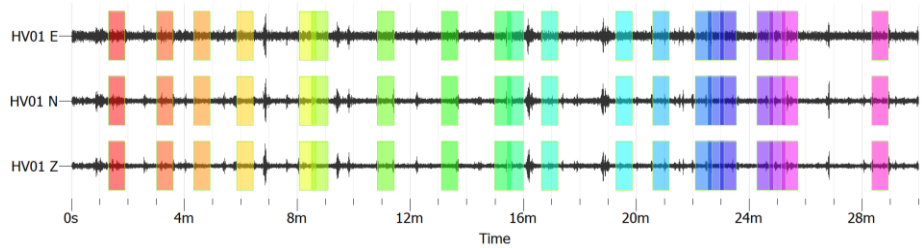
Nome file: **MT_20210505_110359.SAF**

Name	Component	Time Reference	T0 (s)	End Time (s)	Samp Freq (Hz)	Delta T	N Samples
R001	Vertical	05/05/2021 11:03	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	North	05/05/2021 11:03	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	East	05/05/2021 11:03	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000

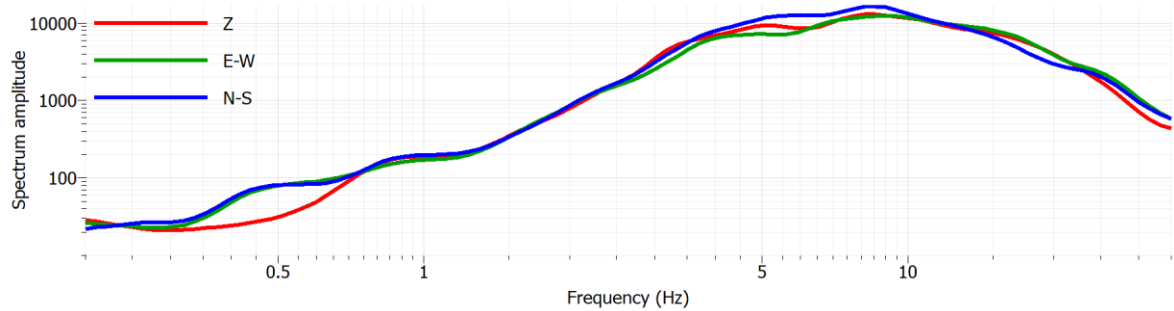
Parametri di elaborazione e risultati

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
35	20	330	0.472	0.036	2.83	1.12	BASSO

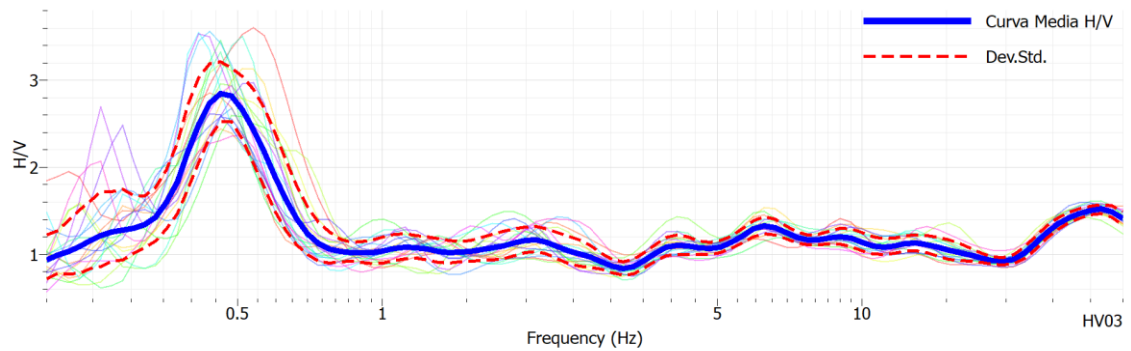
Tracce



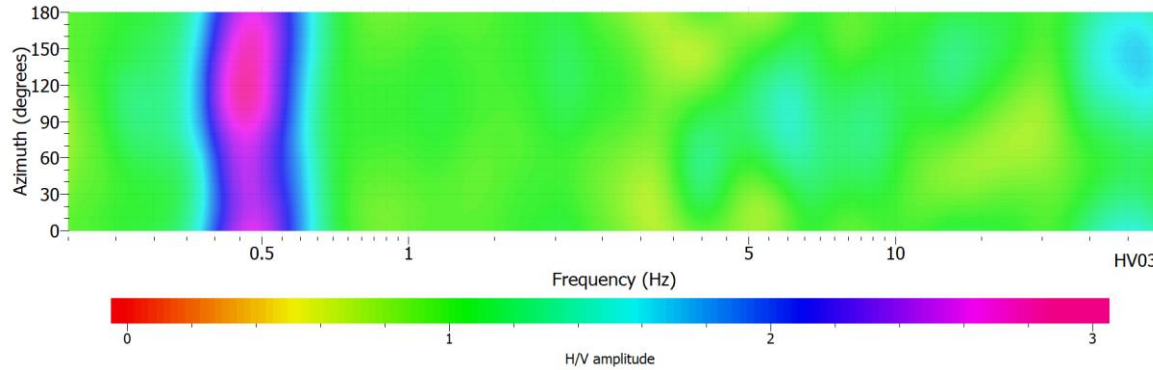
Spettro delle componenti



Spettro delle ampiezze H/V



Curva H/V sul piano orizzontale



Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/L_w$		0.47	>	0.29	OK
$n_c(f_0) > 200$		330	>	200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 27			OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$					
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	0.94	<	1.42	OK
	Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	0.94	<	1.02	OK
	$A_0 > 2$	2.83	>	2.00	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Δf	=	0.000	OK
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.036	<	0.094	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.12	<	2.50	OK

Velocità equivalente V_s

n.strati	h	z	peso vol.	Vp	Vs
	m	m	Kg/mc	m/s	m/s
1	0.83	0.83	1503.41	298.08	99.18
2	3.57	4.40	1642.44	741.30	236.74
3	4.77	9.17	1748.58	1127.59	378.51
4	4.68	13.85	1791.04	1238.17	384.09
5	---	---	1961.94	1633.94	544.11

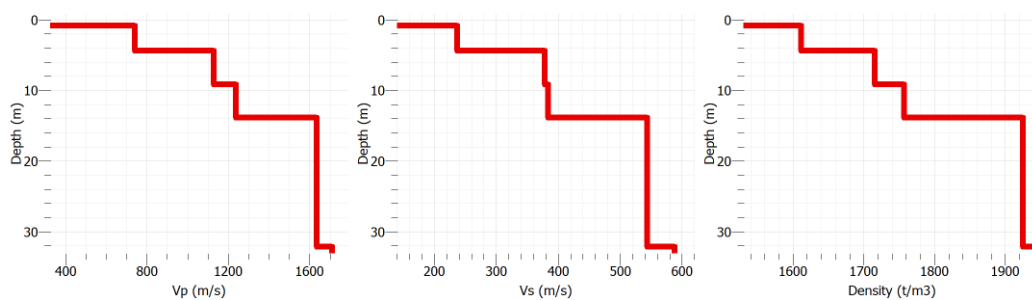
$$V_{s,eq}$$

m/s

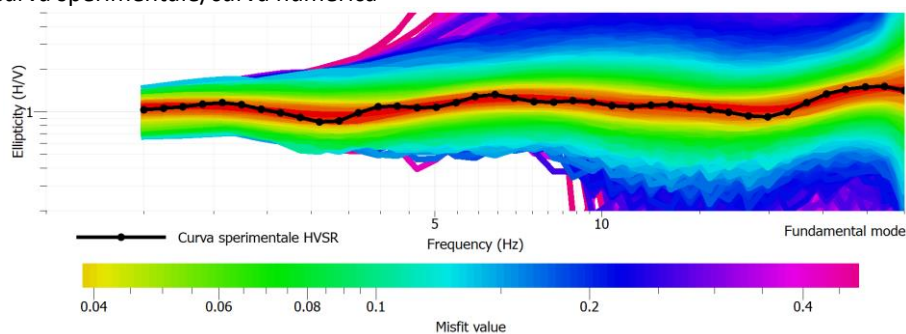
384.98

Il valore della $V_{s,eq}$ è compatibile con la Categoria di suolo tipo B

Profilo sismostratigrafico



Adattamento curva sperimentale/curva numerica



Indagine HV04



COORDINATE INDAGINE HV04

Tipo	Coord. X	Coord. Y	Quota (slm)	N. Foglio	N. Part.
HVSR	551.306,46 m	4.236.073,49 m	150.2 m	0040	1894

Sistema di riferimento geografico ETRS89/UTM zone 33N

Caratteristiche strumentazione

Sismografo triassiale (SR04MT) - Sara E.I.

Convertitore A/D

Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Parametri di acquisizione

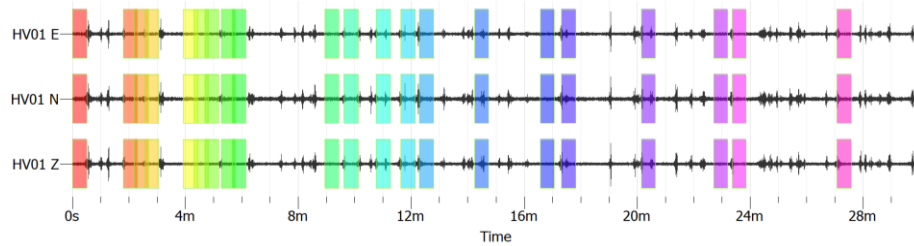
Nome file: **MT_20210505_092604.SAF**

Name	Component	Time Reference	T0 (s)	End Time (s)	Samp Freq (Hz)	Delta T	N Samples
R001	Vertical	05/05/2021 09:26	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	North	05/05/2021 09:26	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	East	05/05/2021 09:26	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000

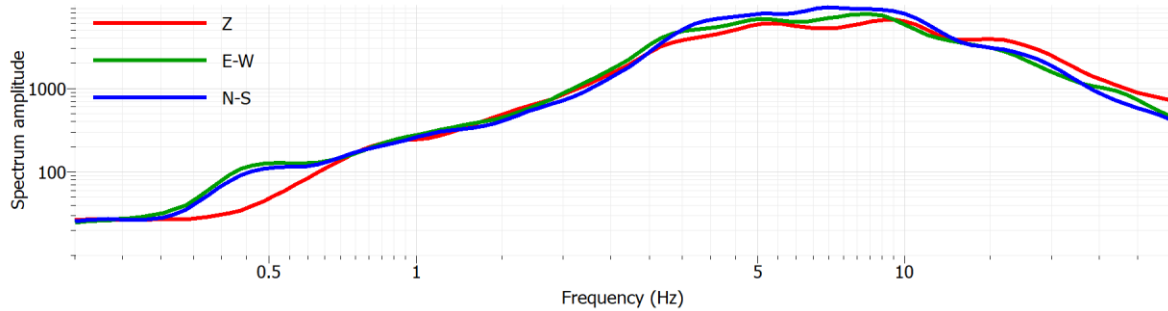
Parametri di elaborazione e risultati

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
30	21	290	0.460	0.034	3.06	1.24	MODERATO

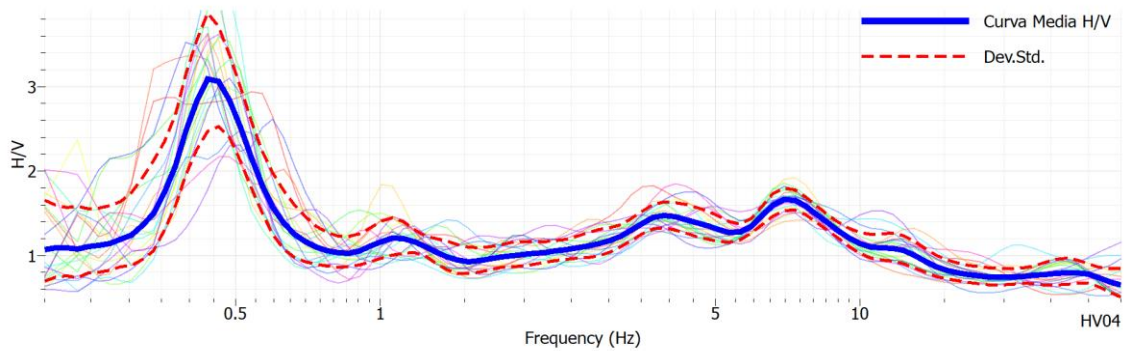
Tracce



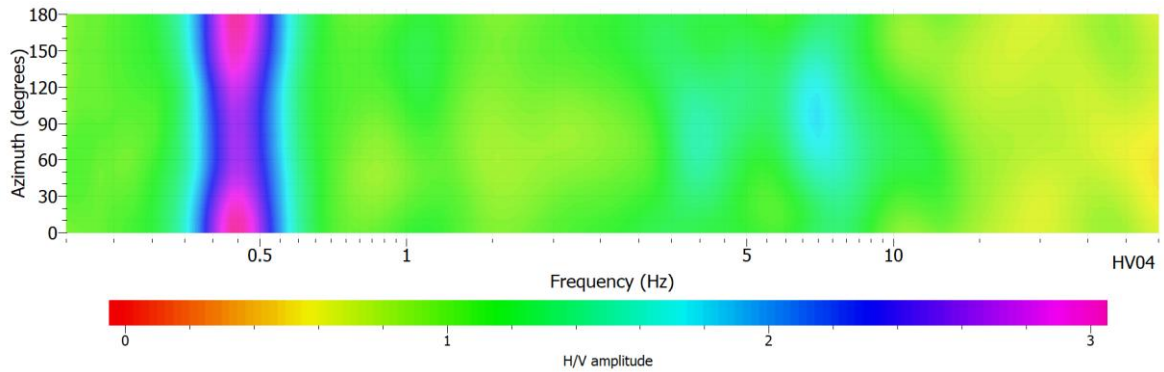
Spettro delle componenti



Spettro delle ampiezze H/V



Curva H/V sul piano orizzontale



Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
	$f_0 > 10/L_w$	0.46	>	0.33	OK
	$n_c(f_0) > 200$	290	>	200	OK
	$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 28			OK
	$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$				
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.06	<	1.53	OK
	Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.06	>	0.93	OK
	$A_0 > 2$	3.06	>	2.00	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Δf	=	-0.023	OK
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.034	<	0.092	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.24	<	2.50	OK

Velocità equivalente V_s

n.strati	h	z	peso vol.	Vp	Vs
	m	m	Kg/mc	m/s	m/s
1	0.90	0.90	1612.37	378.14	144.42
2	3.27	4.17	1634.25	587.88	234.39
3	4.77	8.94	1739.87	867.81	360.42
4	4.91	13.85	1746.84	893.87	400.56
5	---	---	1940.49	1603.20	594.73

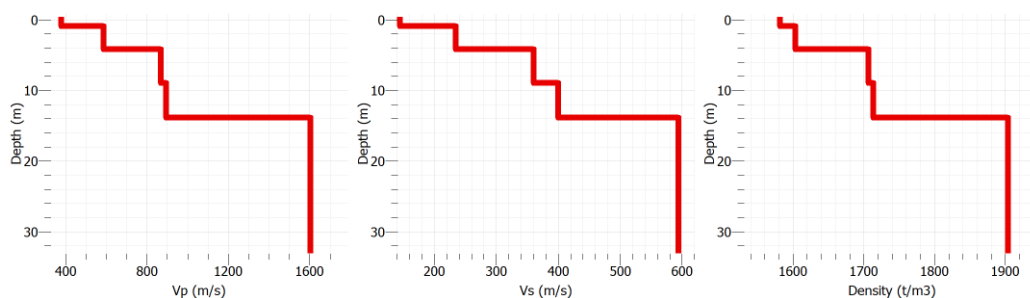
$$V_{s,eq}$$

$$\text{m/s}$$

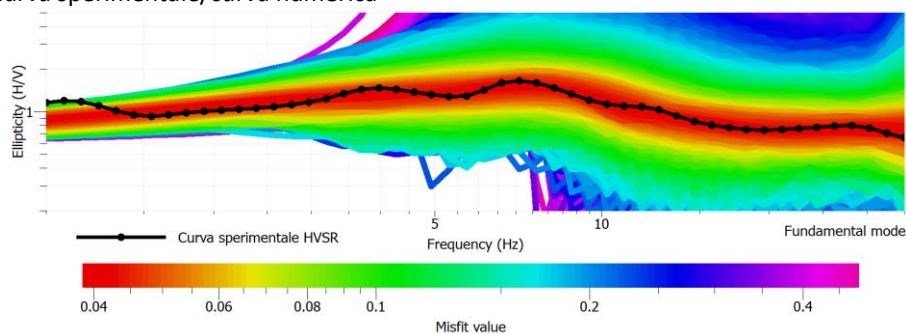
$$411.96$$

Il valore della $V_{s,eq}$ è compatibile con la Categoria di suolo tipo B

Profilo sismostratigrafico



Adattamento curva sperimentale/curva numerica



Indagine HV05



COORDINATE INDAGINE HV05

Tipo	Coord. X	Coord. Y	Quota (slm)	N. Foglio	N. Part.
HVSR	551.391,32 m	4.236.000,12 m	155.45 m	0040	1894

Sistema di riferimento geografico ETRS89/UTM zone 33N

Caratteristiche strumentazione

Sismografo triassiale (SR04MT) - Sara E.I.

Convertitore A/D

Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Parametri di acquisizione

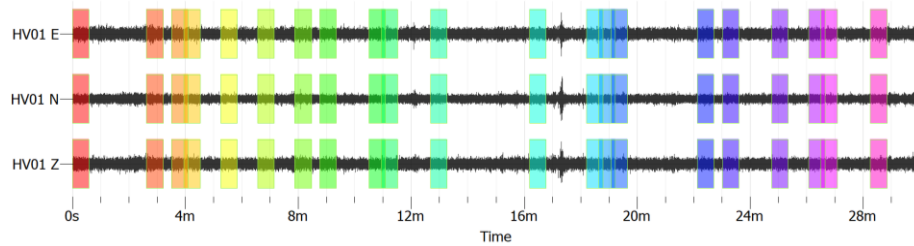
Nome file: **MT_20210506_102152.SAF**

Name	Component	Time Reference	T0 (s)	End Time (s)	Samp Freq (Hz)	Delta T	N Samples
R001	Vertical	06/05/2021 10:21	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	North	06/05/2021 10:21	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	East	06/05/2021 10:21	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000

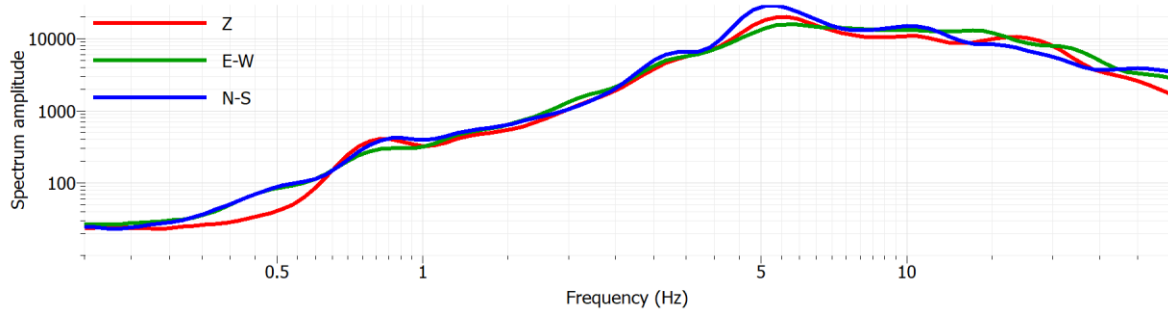
Parametri di elaborazione e risultati

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
35	21	352	0.479	0.044	2.29	1.15	BASSO

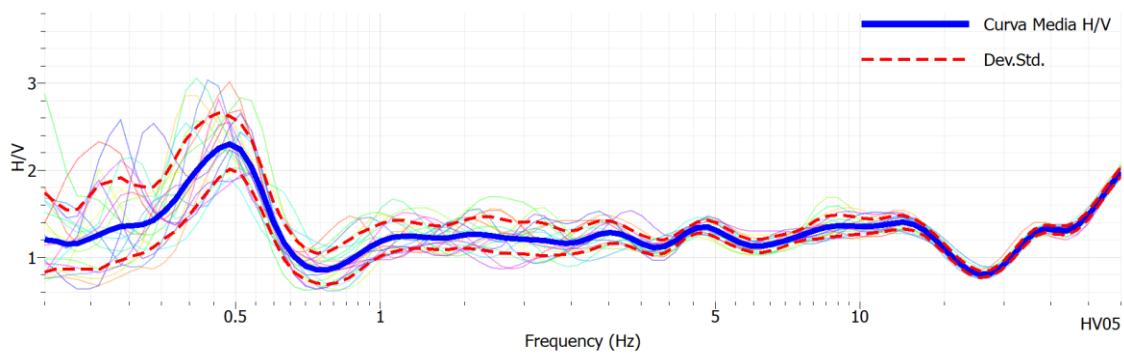
Tracce



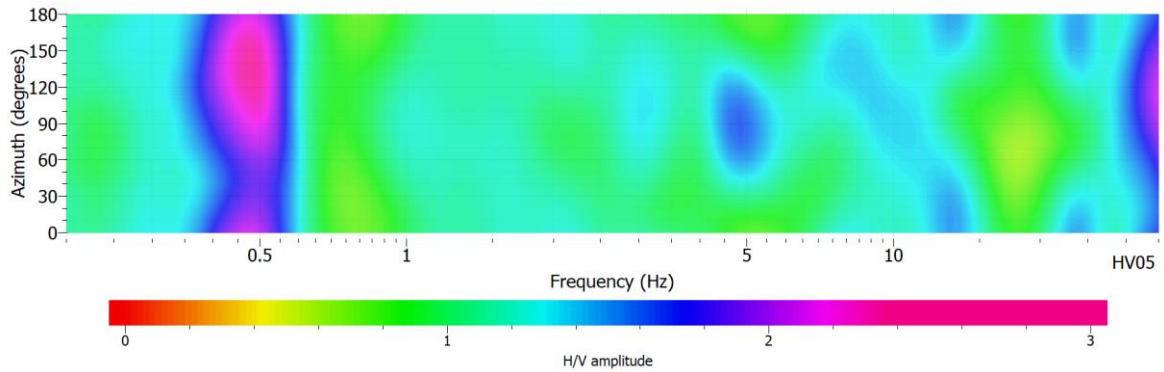
Spettro delle componenti



Spettro delle ampiezze H/V



Curva H/V sul piano orizzontale



Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/L_w$		0.48	>	0.29	OK
$n_c(f_0) > 200$		352	>	200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 28			OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$					
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.17	>	1.14	NO
	Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.17	>	0.86	OK
	$A_0 > 2$	2.29	>	2.00	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Δf	=	-0.025	OK
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.044	<	0.096	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.15	<	2.50	OK

Velocità equivalente V_s

n.strati	h	z	peso vol.	Vp	Vs
	m	m	Kg/mc	m/s	m/s
1	0.65	0.65	1574.15	403.92	89.39
2	3.05	3.70	1695.82	604.57	220.31
3	2.13	5.83	1800.01	726.37	295.12
4	2.70	8.53	1856.66	1008.78	359.57
5	10.89	19.42	1868.17	1635.57	444.88
6	---	---	2129.72	1653.65	582.47

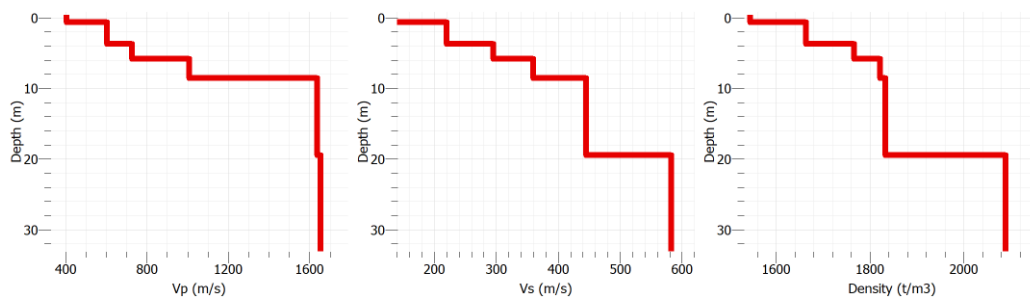
$$V_{s,eq}$$

m/s

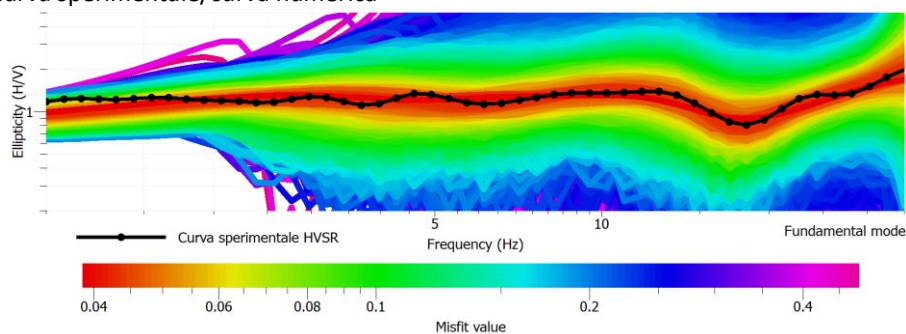
382.34

Il valore della $V_{s,eq}$ è compatibile con la Categoria di suolo tipo B

Profilo sismostratigrafico



Adattamento curva sperimentale/curva numerica



Indagine HV06



COORDINATE INDAGINE HV06

Tipo	Coord. X	Coord. Y	Quota (slm)	N. Foglio	N. Part.
HVSR	551.494,68 m	4.235.927,28 m	156.65 m	0040	1894

Sistema di riferimento geografico ETRS89/UTM zone 33N

Caratteristiche strumentazione

Sismografo triassiale (SR04MT) - Sara E.I.

Convertitore A/D

Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Parametri di acquisizione

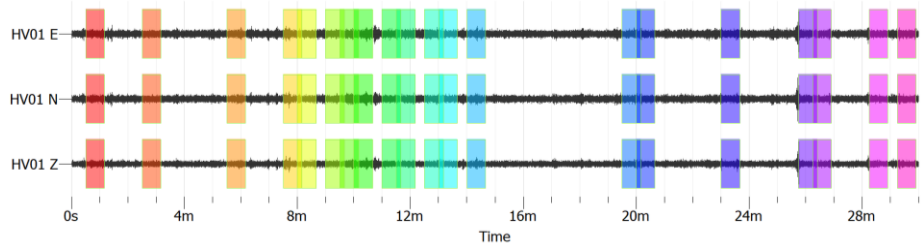
Nome file: **MT_20210506_092319.SAF**

Name	Component	Time Reference	T0 (s)	End Time (s)	Samp Freq (Hz)	Delta T	N Samples
R001	Vertical	06/05/2021 09:23	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	North	06/05/2021 09:23	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	East	06/05/2021 09:23	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000

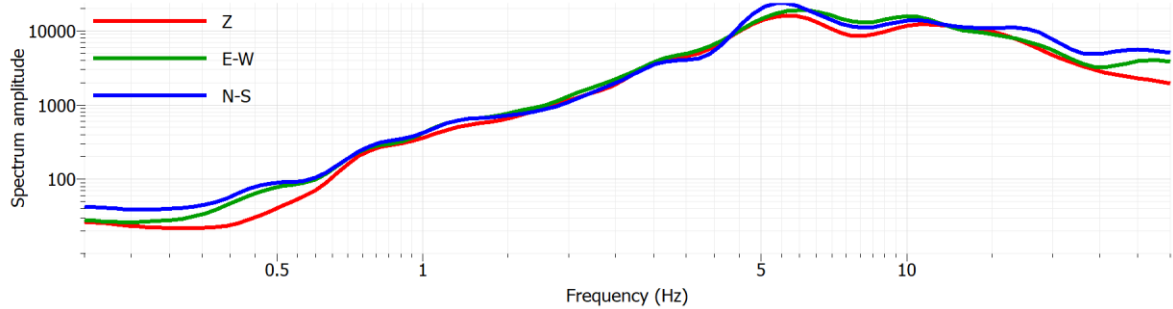
Parametri di elaborazione e risultati

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
40	20	342	0.427	0.051	2.48	1.18	BASSO

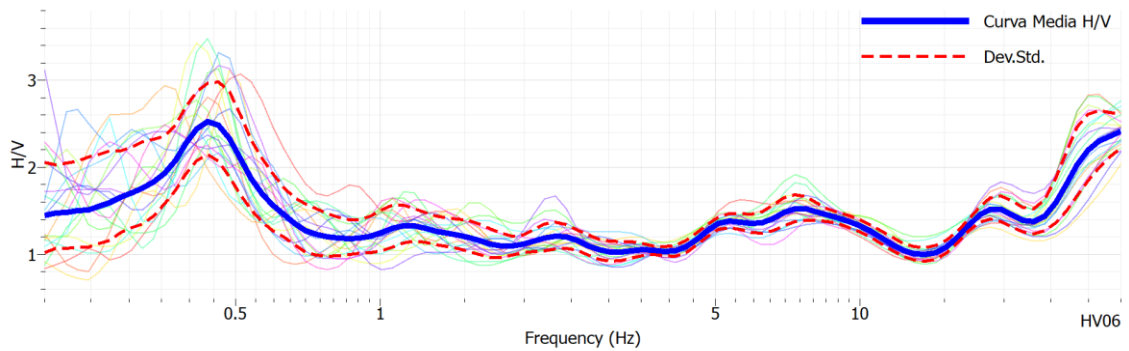
Tracce



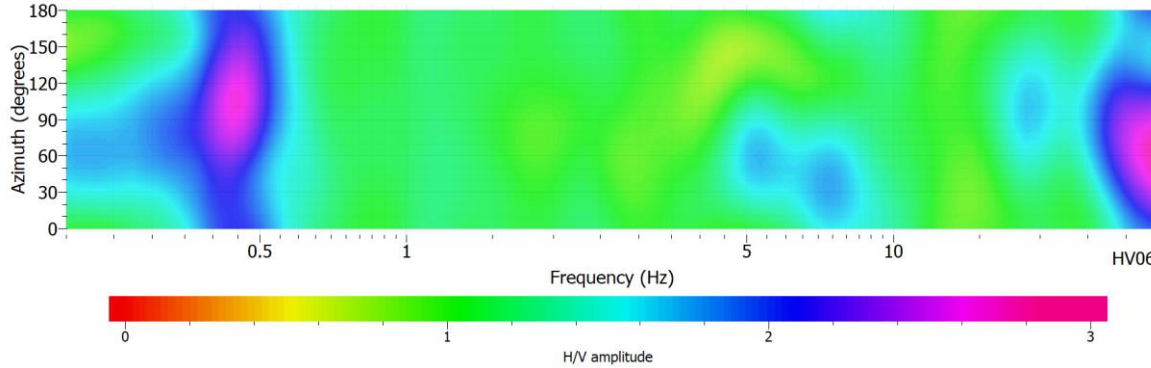
Spettro delle componenti



Spettro delle ampiezze H/V



Curva H/V sul piano orizzontale



Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/Lw$		0.43	>	0.25	OK
$n_c(f_0) > 200$		342	>	200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 27			OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$					
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.42	>	1.24	NO
	Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.42	>	1.12	OK
	$A_0 > 2$	2.48	>	2.00	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Δf	=	-34.539	NO
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.051	<	0.085	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.18	<	2.50	OK

Velocità equivalente V_S

n.strati	h	z	peso vol.	Vp	Vs
	m	m	Kg/mc	m/s	m/s
1	0.77	0.77	1520.03	464.59	93.69
2	3.33	4.10	1743.95	572.23	236.27
3	4.82	8.92	1791.04	720.59	322.90
4	4.32	13.23	1892.25	1011.81	399.36
5	---	---	1967.84	1645.41	515.81

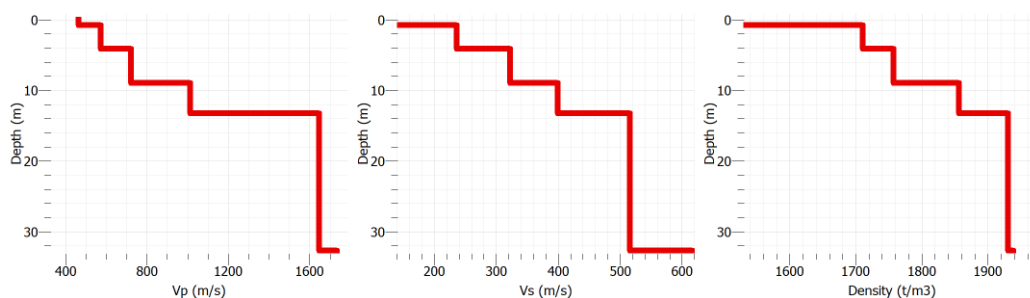
$$V_{S,eq}$$

$$\text{m/s}$$

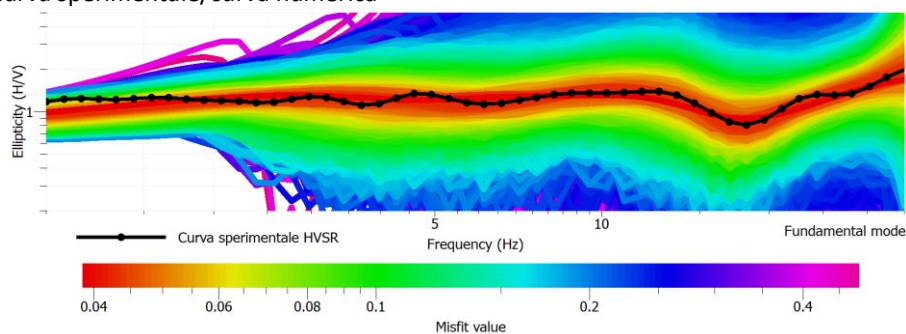
$$372.55$$

Il valore della $V_{S,eq}$ è compatibile con la Categoria di suolo tipo B

Profilo sismostratigrafico



Adattamento curva sperimentale/curva numerica



Indagine HV07



COORDINATE INDAGINE HV07

Tipo	Coord. X	Coord. Y	Quota (slm)	N. Foglio	N. Part.
HVSR	551.585,20 m	4.235.872,79 m	153.3 m	0040	1894

Sistema di riferimento geografico ETRS89/UTM zone 33N

Caratteristiche strumentazione

Sismografo triassiale (SR04MT) - Sara E.I.

Convertitore A/D

Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Parametri di acquisizione

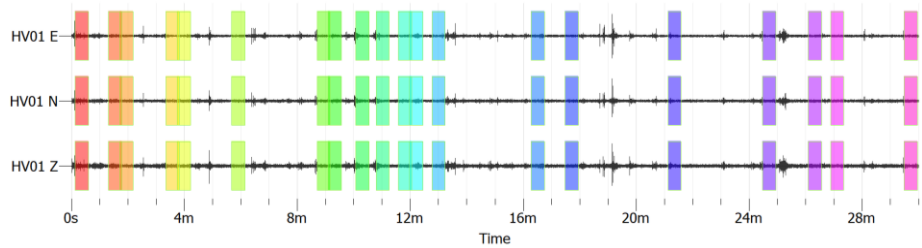
Nome file: **MT_20210506_092319.SAF**

Name	Component	Time Reference	T0 (s)	End Time (s)	Samp Freq (Hz)	Delta T	N Samples
R001	Vertical	06/05/2021 09:23	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	North	06/05/2021 09:23	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	East	06/05/2021 09:23	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000

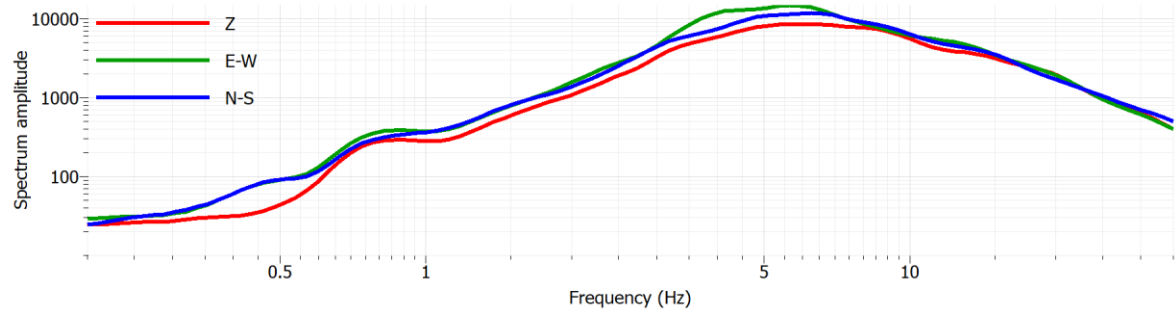
Parametri di elaborazione e risultati

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
28	20	254	0.454	0.037	2.52	1.19	BASSO

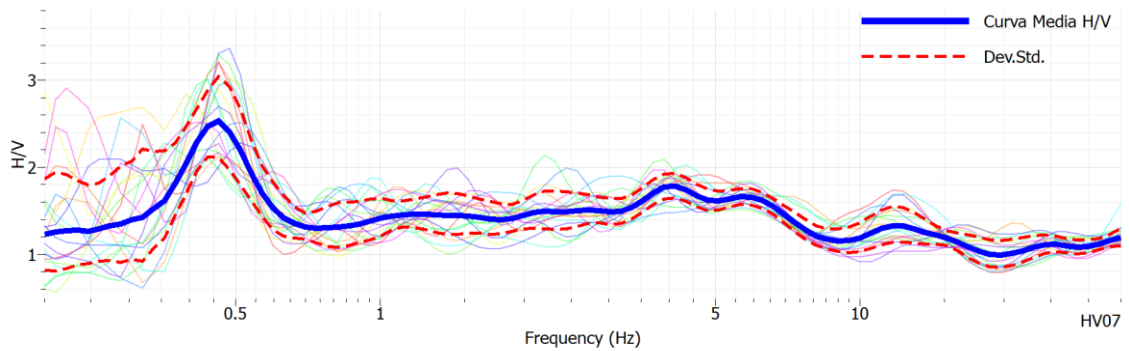
Tracce



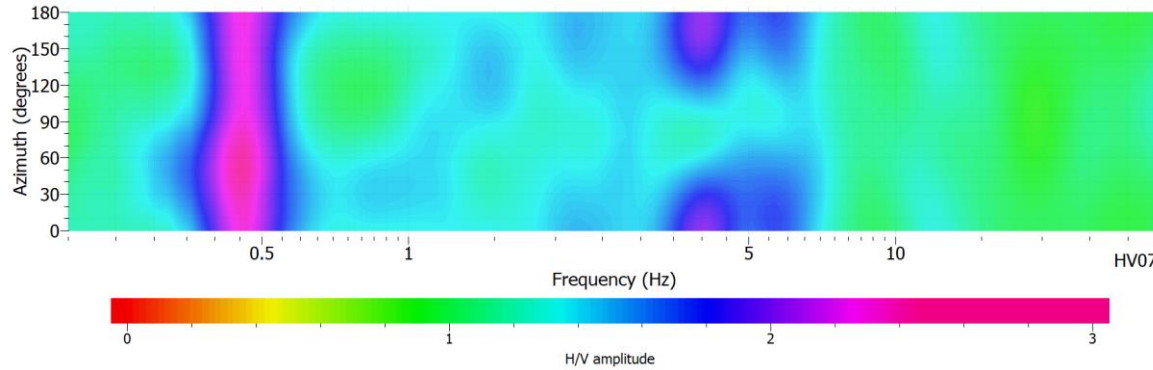
Spettro delle componenti



Spettro delle ampiezze H/V



Curva H/V sul piano orizzontale



Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/L_w$		0.45	>	0.36	OK
$n_c(f_0) > 200$		254	>	200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 28			OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$					
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.23	<	1.26	OK
	Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.23	<	1.30	NO
	$A_0 > 2$	2.52	>	2.00	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Δf	=	0.023	OK
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.037	<	0.091	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.19	<	2.50	OK

Velocità equivalente V_s

n.strati	h m	z m	peso vol. Kg/mc	Vp m/s	Vs m/s
1	0.65	0.65	1538.37	267.31	83.35
2	3.40	4.05	1690.74	423.87	183.55
3	4.36	8.41	1975.35	886.22	303.49
4	4.19	12.60	1743.35	958.65	350.35
5	5.82	18.42	1879.41	1680.31	402.97
6	---	---	1958.21	1766.42	574.38

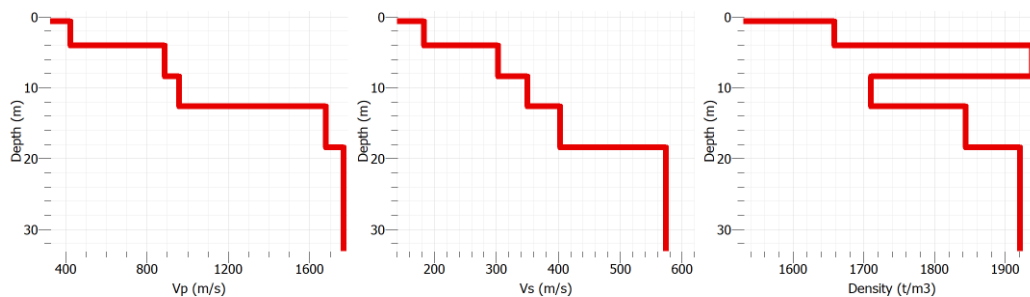
$$V_{s,eq}$$

m/s

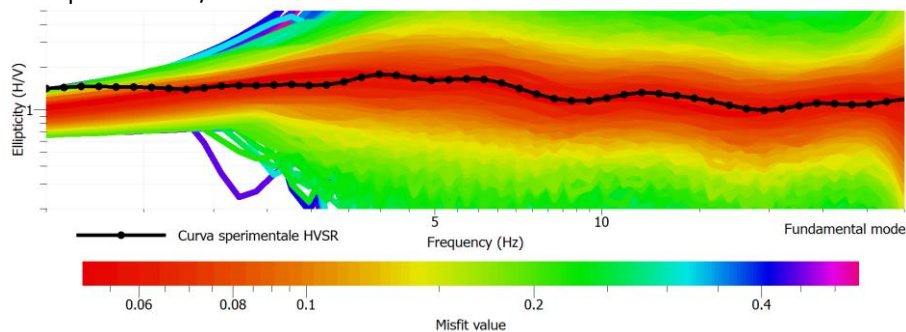
343.92

Il valore della $V_{s,eq}$ è compatibile con la Categoria di suolo tipo C

Profilo sismostratigrafico



Adattamento curva sperimentale/curva numerica



Indagine HV08



COORDINATE INDAGINE HV08

Tipo	Coord. X	Coord. Y	Quota (slm)	N. Foglio	N. Part.
HVSR	551.768,36 m	4.235.885,68 m	134.4 m	0040	1901

Sistema di riferimento geografico ETRS89/UTM zone 33N

Caratteristiche strumentazione

Sismografo triassiale (SR04MT) - Sara E.I.

Convertitore A/D

Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Parametri di acquisizione

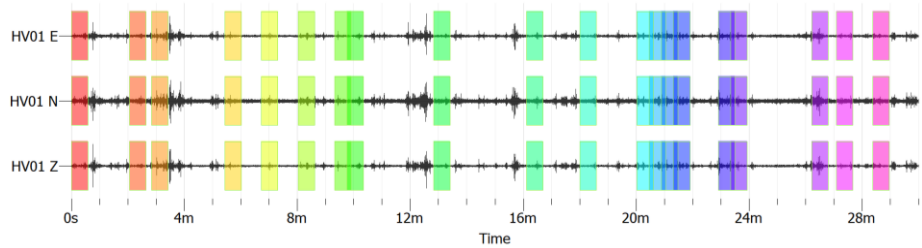
Nome file: **MT_20210506_171630.SAF**

Name	Component	Time Reference	T0 (s)	End Time (s)	Samp Freq (Hz)	Delta T	N Samples
R001	Vertical	06/05/2021 17:16	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	North	06/05/2021 17:16	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	East	06/05/2021 17:16	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000

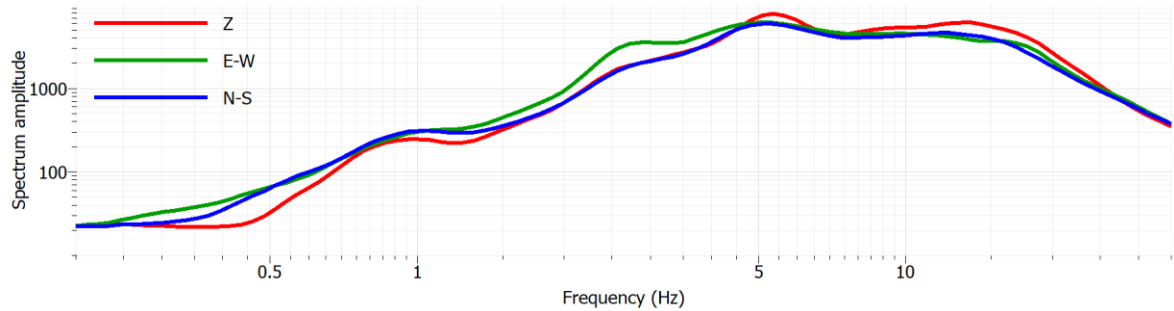
Parametri di elaborazione e risultati

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
35	20	329	0.470	0.057	2.25	1.29	BASSO

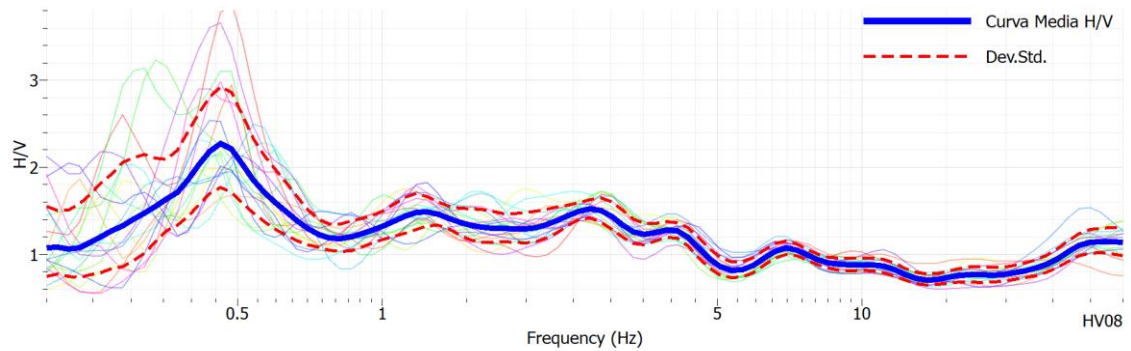
Tracce



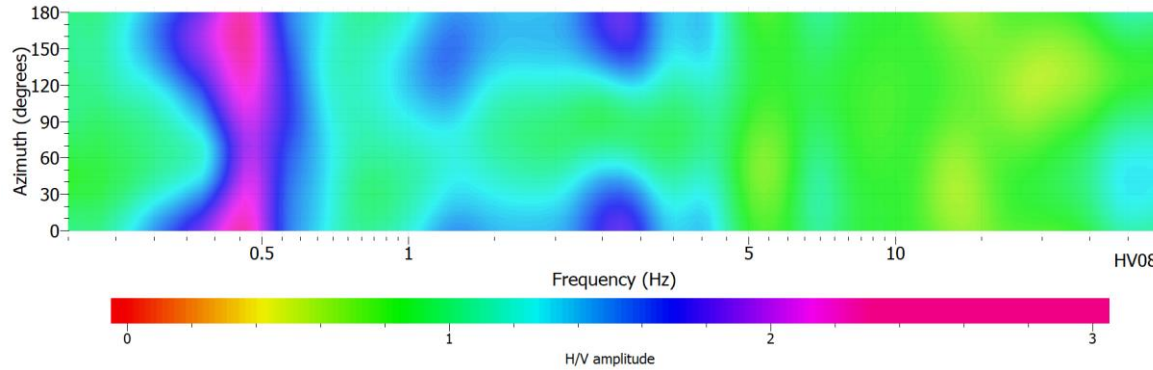
Spettro delle componenti



Spettro delle ampiezze H/V



Curva H/V sul piano orizzontale



Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/L_w$		0.47	>	0.29	OK
$n_c(f_0) > 200$		329	>	200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 27			OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$					
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.06	<	1.13	OK
	Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.06	<	1.18	NO
	$A_0 > 2$	2.25	>	2.00	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Δf	=	0.000	OK
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.057	<	0.094	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.29	<	2.50	OK

Velocità equivalente V_s

n.strati	h	z	peso vol.	Vp	Vs
	m	m	Kg/mc	m/s	m/s
1	0.70	0.70	1599.53	272.17	109.06
2	3.27	3.97	1731.79	728.63	231.69
3	4.68	8.64	1965.50	1109.71	304.71
4	3.11	11.75	1767.92	1269.50	387.56
5	6.82	18.58	1923.11	1624.17	465.35
6	---	---	2042.16	1709.11	503.38

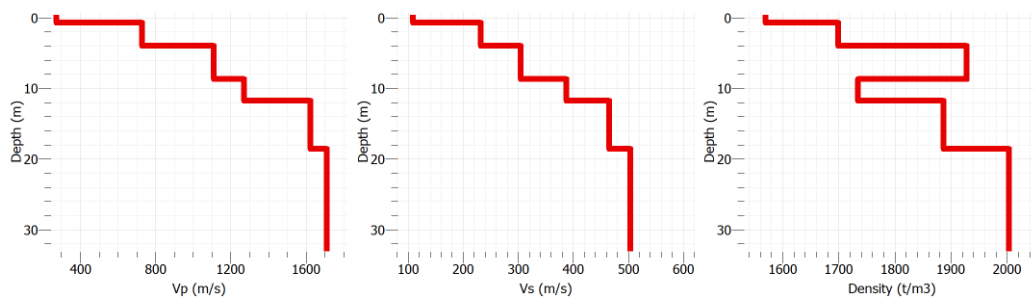
$$V_{s,eq}$$

m/s

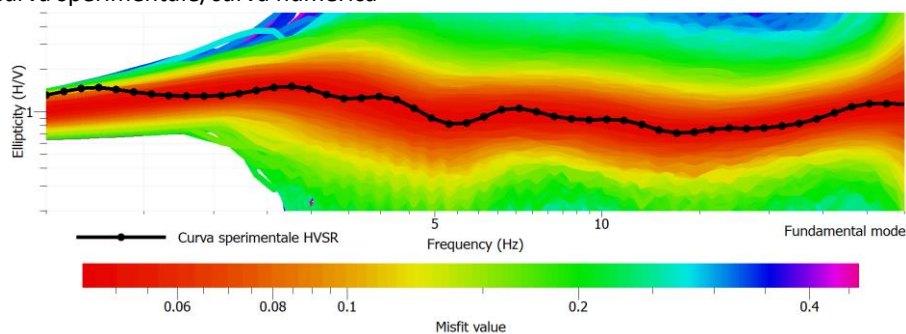
369.20

Il valore della $V_{s,eq}$ è compatibile con la Categoria di suolo tipo B

Profilo sismostratigrafico



Adattamento curva sperimentale/curva numerica



Indagine HV09



COORDINATE INDAGINE HV09

Tipo	Coord. X	Coord. Y	Quota (slm)	N. Foglio	N. Part.
HVSR	551.777,61 m	4.235.976,99 m	147.9 m	0040	1981

Sistema di riferimento geografico ETRS89/UTM zone 33N

Caratteristiche strumentazione

Sismografo triassiale (SR04MT) - Sara E.I.

Convertitore A/D

Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Parametri di acquisizione

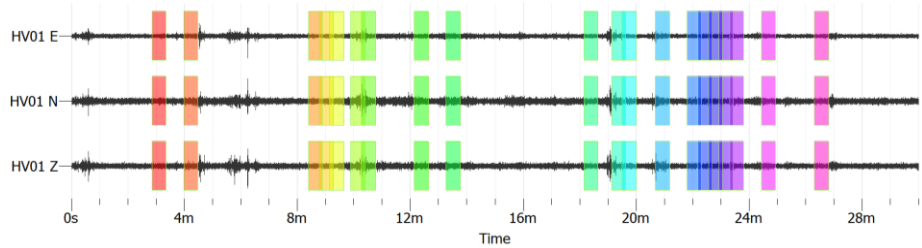
Nome file: **MT_20210506_161322.SAF**

Name	Component	Time Reference	T0 (s)	End Time (s)	Samp Freq (Hz)	Delta T	N Samples
R001	Vertical	06/05/2021 16:13	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	North	06/05/2021 16:13	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	East	06/05/2021 16:13	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000

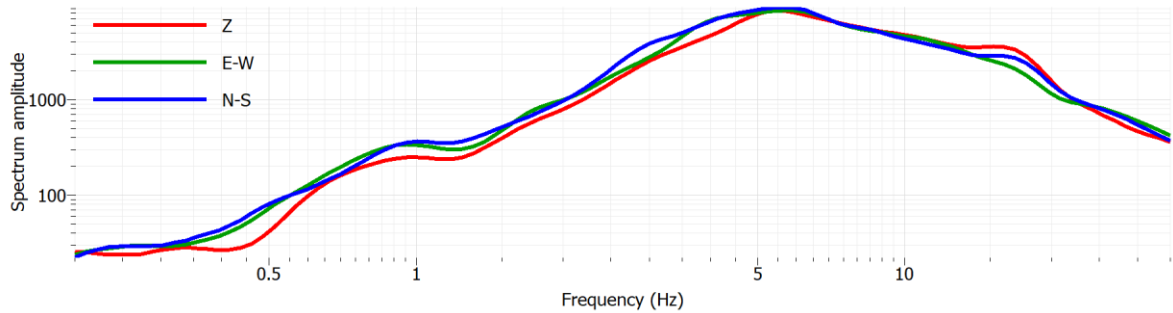
Parametri di elaborazione e risultati

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
30	20	281	0.469	0.030	2.09	1.16	BASSO

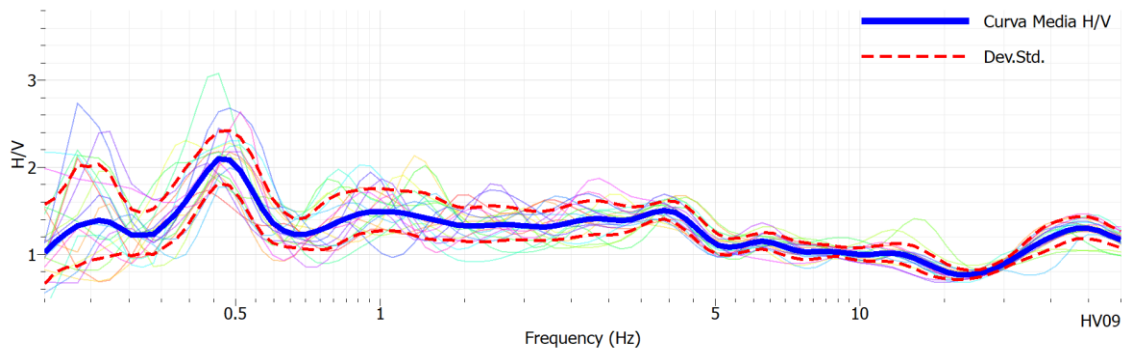
Tracce



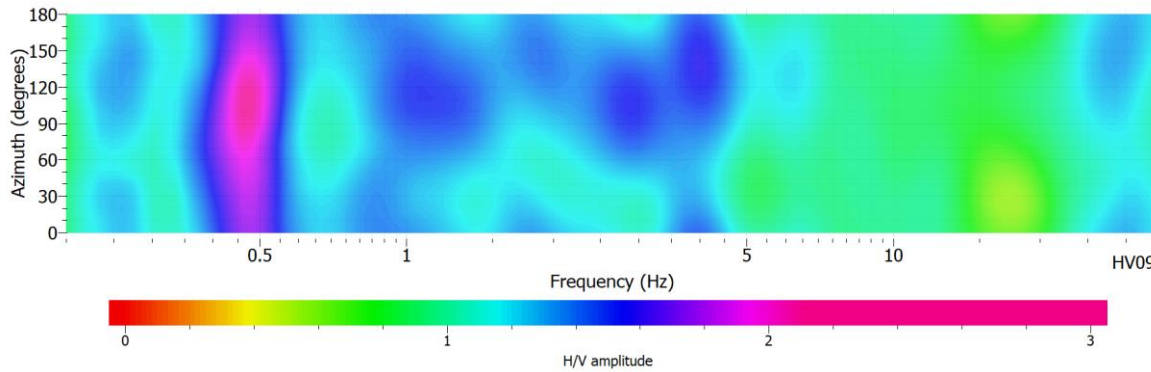
Spettro delle componenti



Spettro delle ampiezze H/V



Curva H/V sul piano orizzontale



Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/L_w$		0.47	>	0.33	OK
$n_c(f_0) > 200$		281	>	200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 27			OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$					
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f) < A_0/2$	1.02	<	1.04	OK
	Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.02	<	1.23	NO
	$A_0 > 2$	2.09	>	2.00	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Δf	=	0.025	OK
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.030	<	0.094	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.16	<	2.50	OK

Velocità equivalente V_s

n.strati	h	z	peso vol.	Vp	Vs
	m	m	Kg/mc	m/s	m/s
1	0.70	0.70	1599.53	272.17	109.06
2	3.27	3.97	1731.79	728.63	231.69
3	4.68	8.64	1965.50	1109.71	304.71
4	3.11	11.75	1767.92	1269.50	387.56
5	6.82	18.58	1923.11	1624.17	465.35
6	---	---	2042.16	1709.11	503.38

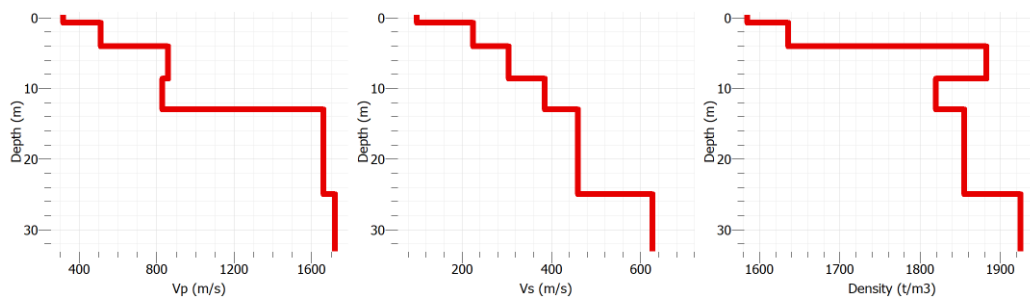
$$V_{s,eq}$$

m/s

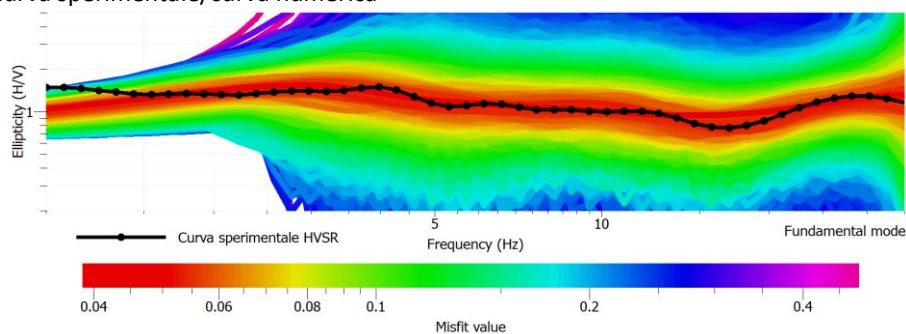
365.11

Il valore della $V_{s,eq}$ è compatibile con la Categoria di suolo tipo B

Profilo sismostratigrafico



Adattamento curva sperimentale/curva numerica



Indagine HV10



COORDINATE INDAGINE HV10

Tipo	Coord. X	Coord. Y	Quota (slm)	N. Foglio	N. Part.
HVSR	551.707,09 m	4.236.051,24 m	164.25 m	0040	27

Sistema di riferimento geografico ETRS89/UTM zone 33N

Caratteristiche strumentazione

Sismografo triassiale (SR04MT) - Sara E.I.

Convertitore A/D

Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Parametri di acquisizione

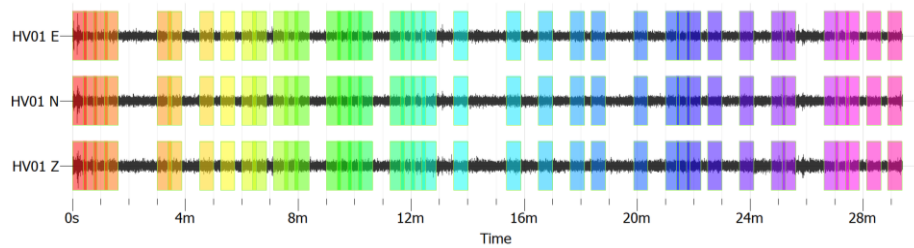
Nome file: **MTR_20210503_094205.SAF**

Name	Component	Time Reference	T0 (s)	End Time (s)	Samp Freq (Hz)	Delta T	N Samples
R001	Vertical	03/05/2021 09:42	0s	29m24.000000s	300	0.0033	529200
R001	North	03/05/2021 09:42	0s	29m24.000000s	300	0.0033	529200
R001	East	03/05/2021 09:42	0s	29m24.000000s	300	0.0033	529200

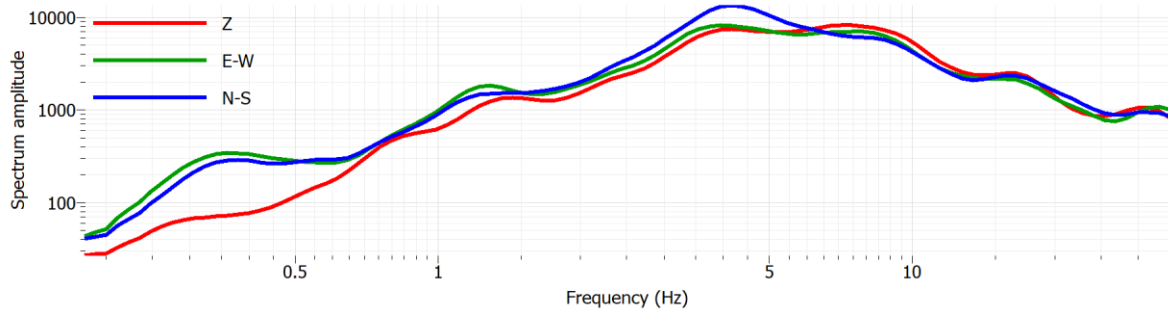
Parametri di elaborazione e risultati

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
30	39	429	0.366	0.042	4.65	1.32	ALTO

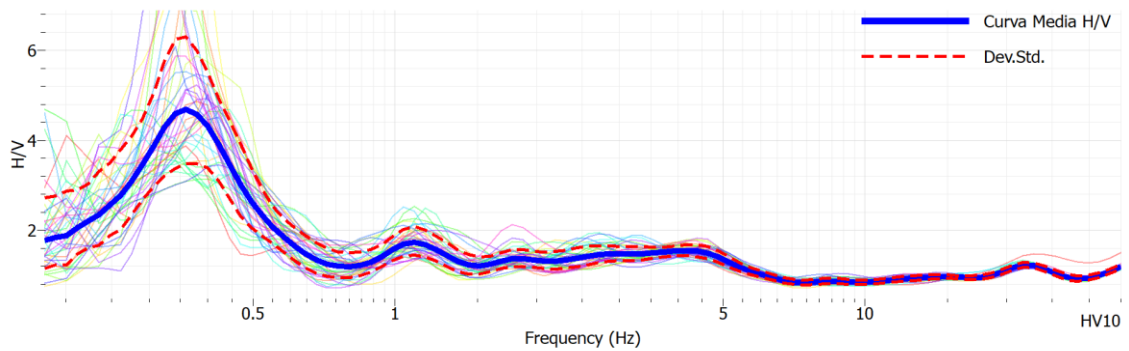
Tracce



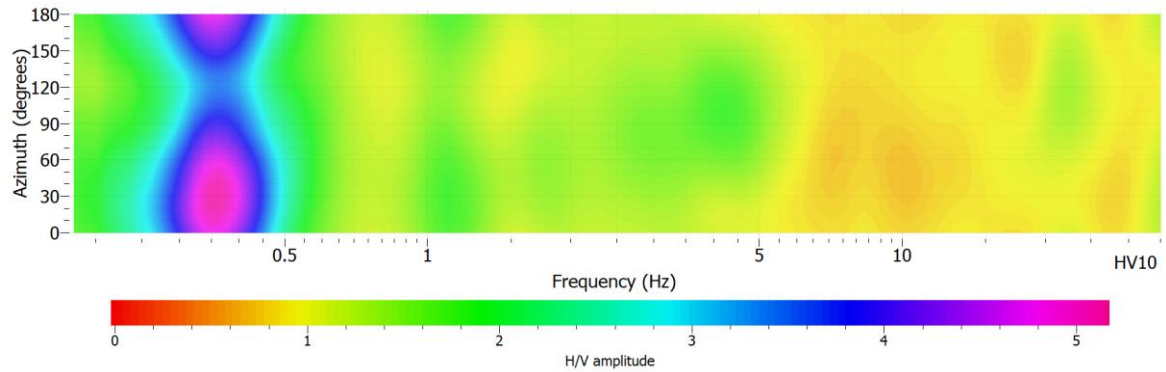
Spettro delle componenti



Spettro delle ampiezze H/V



Curva H/V sul piano orizzontale



Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
	$f_0 > 10/L_w$	0.37	>	0.33	OK
	$n_c(f_0) > 200$	429	>	200	OK
	$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 27			OK
	$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$				
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.78	<	2.32	OK
	Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.78	>	1.19	OK
	$A_0 > 2$	4.65	>	2.00	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Δf	=	-0.020	OK
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.042	<	0.073	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.32	<	2.50	OK

Velocità equivalente V_s

n.strati	h	z	peso vol.	Vp	Vs
	m	m	Kg/mc	m/s	m/s
1	0.86	0.86	1488.46	287.55	124.94
2	5.70	6.57	1642.44	458.70	241.14
3	3.08	9.65	1871.56	724.03	263.53
4	3.43	13.08	1748.58	943.44	374.24
5	10.57	23.65	1913.53	1627.42	382.18
6	---	---	2110.65	1687.04	585.97

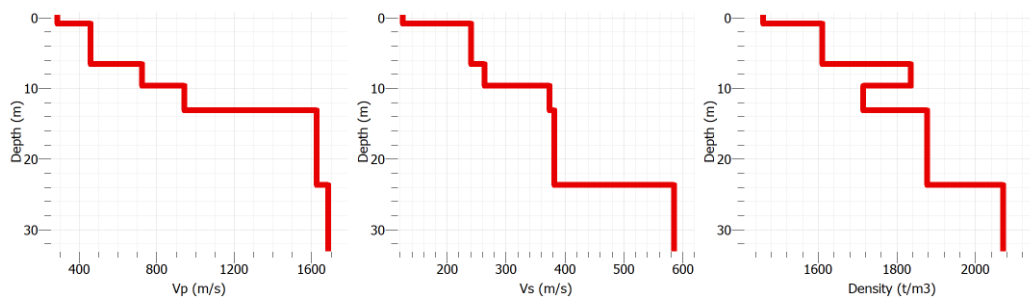
$$V_{s,eq}$$

m/s

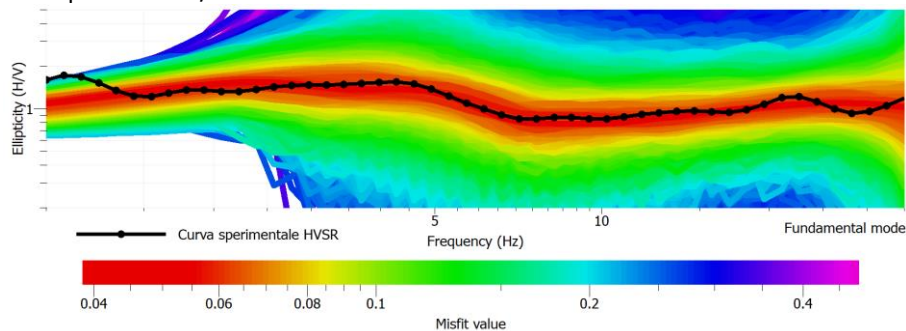
333.61

Il valore della $V_{s,eq}$ è compatibile con la Categoria di suolo tipo C

Profilo sismostratigrafico



Adattamento curva sperimentale/curva numerica



Indagine HV11



COORDINATE INDAGINE HV11

Tipo	Coord. X	Coord. Y	Quota (slm)	N. Foglio	N. Part.
HVSR	551.681,81 m	4.235.934,21 m	151.5 m	0040	1894

Sistema di riferimento geografico ETRS89/UTM zone 33N

Caratteristiche strumentazione

Sismografo triassiale (SR04MT) - Sara E.I.

Convertitore A/D

Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Parametri di acquisizione

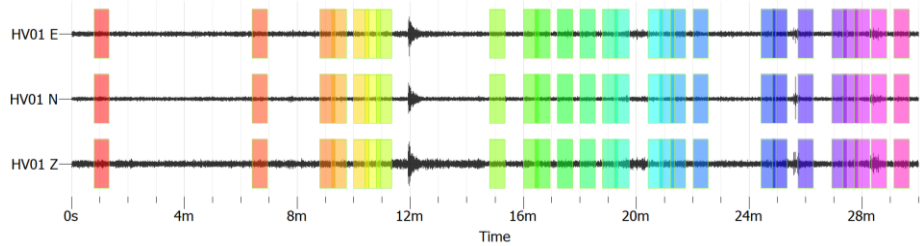
Nome file: **MT_20210506_112514.SAF**

Name	Component	Time Reference	T0 (s)	End Time (s)	Samp Freq (Hz)	Delta T	N Samples
R001	Vertical	06/05/2021 00:00	11h25m	11h55m	300	0.0033	540000
R001	North	06/05/2021 00:00	11h25m	11h55m	300	0.0033	540000
R001	East	06/05/2021 00:00	11h25m	11h55m	300	0.0033	540000

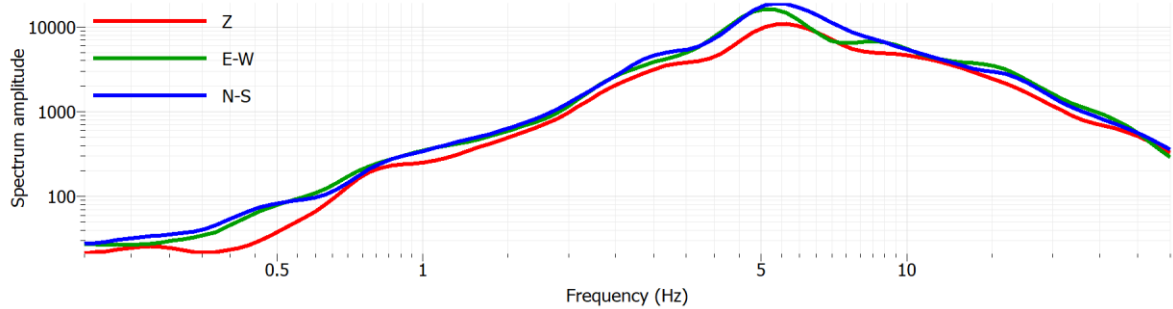
Parametri di elaborazione e risultati

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
32	26	361	0.434	0.049	2.55	1.24	BASSO

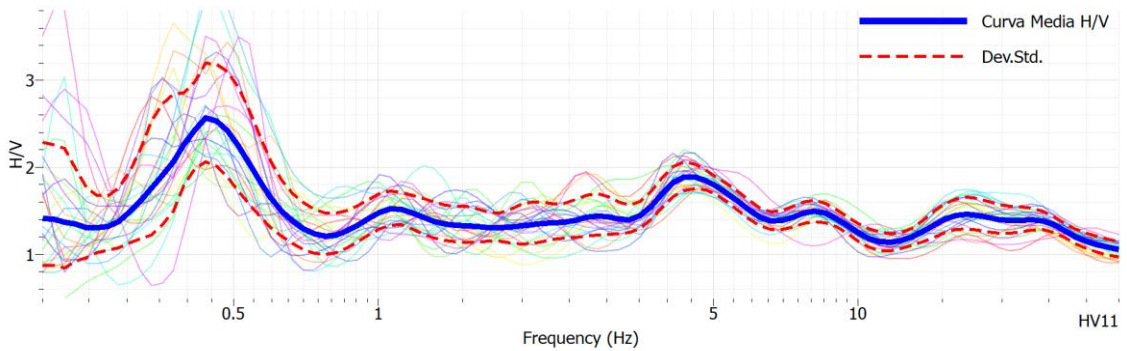
Tracce



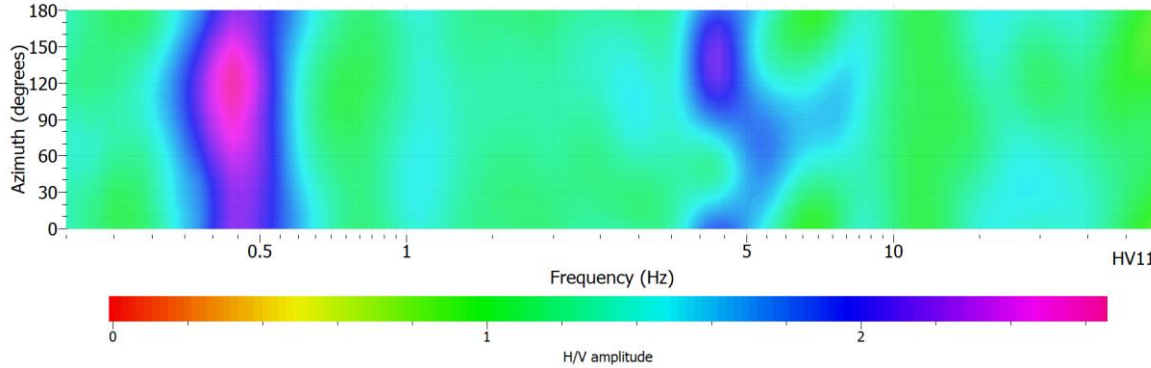
Spettro delle componenti



Spettro delle ampiezze H/V



Curva H/V sul piano orizzontale



Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/L_w$		0.43	>	0.31	OK
$n_c(f_0) > 200$		361	>	200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 28			OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$					
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.30	>	1.27	NO
	Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.30	>	1.21	OK
	$A_0 > 2$	2.55	>	2.00	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Δf	=	0.000	OK
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.049	<	0.087	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.24	<	2.50	OK

Velocità equivalente V_s

n.strati	h	z	peso vol.	Vp	Vs
	m	m	Kg/mc	m/s	m/s
1	0.98	0.98	1485.49	298.68	102.91
2	5.37	6.36	1702.61	460.08	234.48
3	8.24	14.60	1821.73	740.13	381.84
4	1.20	15.80	1979.30	890.30	362.10
5	4.96	20.76	2027.74	1606.41	429.16
6	---	---	2031.98	1640.48	583.05

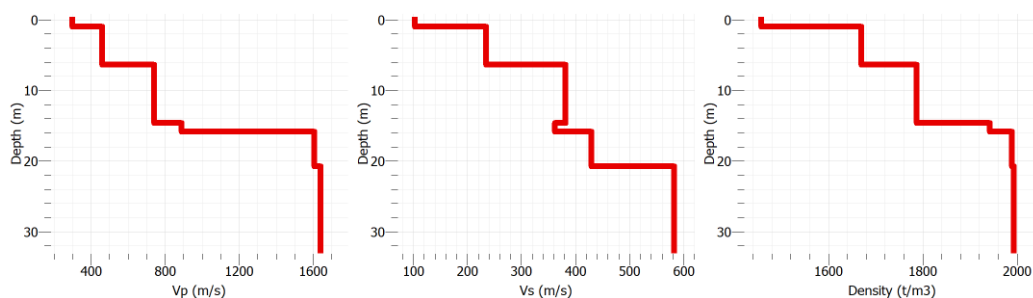
$$V_{s,eq}$$

m/s

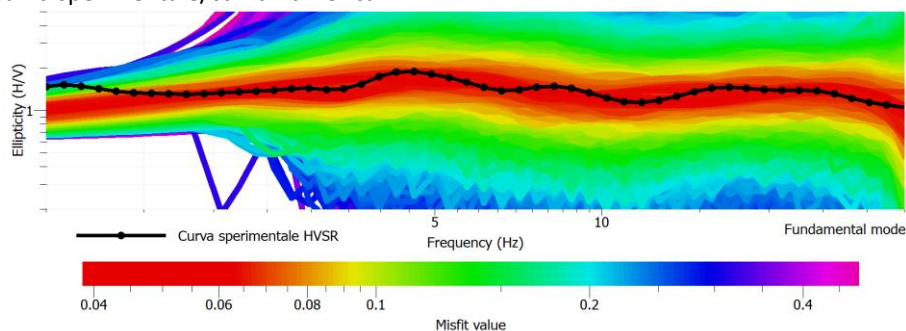
353.85

Il valore della $V_{s,eq}$ è compatibile con la Categoria di suolo tipo C

Profilo sismostratigrafico



Adattamento curva sperimentale/curva numerica



Indagine HV12



COORDINATE INDAGINE HV12

Tipo	Coord. X	Coord. Y	Quota (slm)	N. Foglio	N. Part.
HVSr	551.596,95 m	4.235.978,20 m	163.6 m	0040	1894

Sistema di riferimento geografico ETRS89/UTM zone 33N

Caratteristiche strumentazione

Sismografo triassiale (SR04MT) - Sara E.I.

Convertitore A/D

Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Parametri di acquisizione

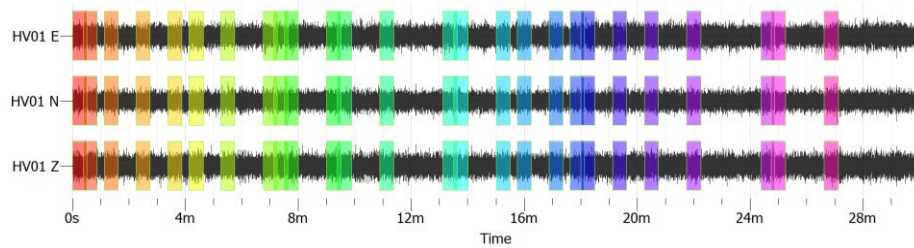
Nome file: **MT_20210506_123224.SAF**

Name	Component	Time Reference	T0 (s)	End Time (s)	Samp Freq (Hz)	Delta T	N Samples
R001	Vertical	06/05/2021 12:32	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	North	06/05/2021 12:32	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	East	06/05/2021 12:32	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000

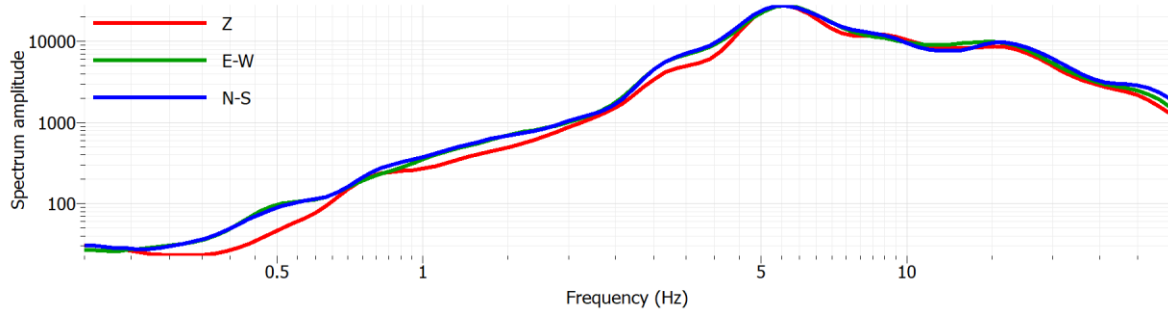
Parametri di elaborazione e risultati

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
30	26	363	0.465	0.078	2.26	1.24	BASSO

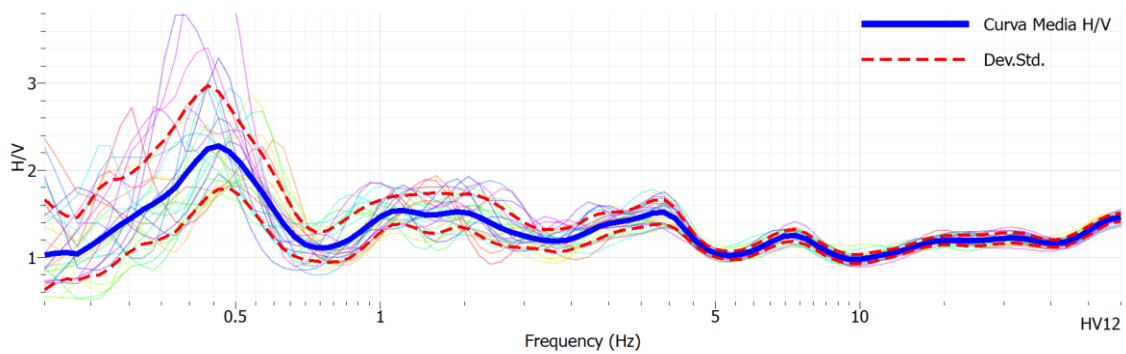
Tracce



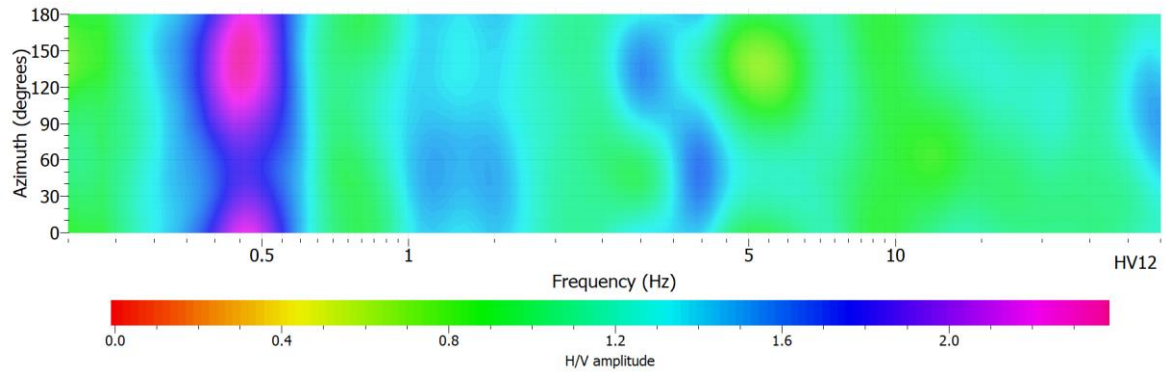
Spettro delle componenti



Spettro delle ampiezze H/V



Curva H/V sul piano orizzontale



Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/L_w$		0.47	>	0.33	OK
$n_c(f_0) > 200$		363	>	200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 28			OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$					
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.02	<	1.13	OK
	Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.02	<	1.11	OK
	$A_0 > 2$	2.26	>	2.00	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Δf	=	-0.048	NO
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.078	<	0.093	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.24	<	2.50	OK

Velocità equivalente V_s

n.strati	h	z	peso vol.	Vp	Vs
	m	m	Kg/mc	m/s	m/s
1	0.74	0.74	1553.83	332.06	92.66
2	4.87	5.61	1816.90	451.87	207.98
3	9.48	15.09	2031.41	604.82	323.14
4	4.49	19.58	1753.84	1007.77	381.03
5	---	---	2029.76	1681.99	471.91

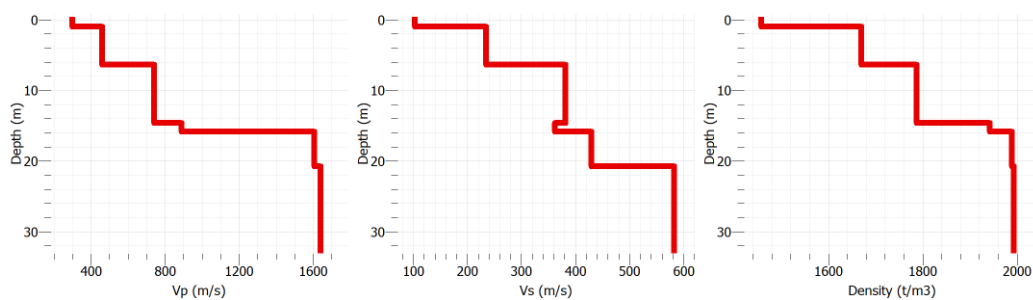
$$V_{s,eq}$$

$$\text{m/s}$$

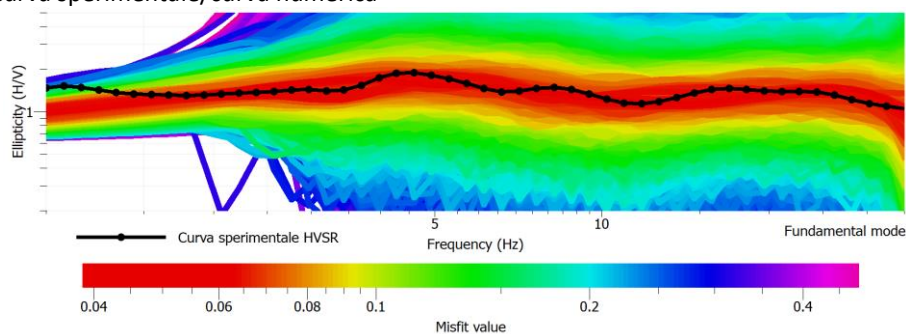
$$317.04$$

Il valore della $V_{s,eq}$ è compatibile con la Categoria di suolo tipo C

Profilo sismostratigrafico



Adattamento curva sperimentale/curva numerica



Indagine HV13



COORDINATE INDAGINE HV13

Tipo	Coord. X	Coord. Y	Quota (slm)	N. Foglio	N. Part.
HVSR	551.544,07 m	4.236.097,86 m	166.5 m	0040	1894

Sistema di riferimento geografico ETRS89/UTM zone 33N

Caratteristiche strumentazione

Sismografo triassiale (SR04MT) - Sara E.I.

Convertitore A/D

Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Parametri di acquisizione

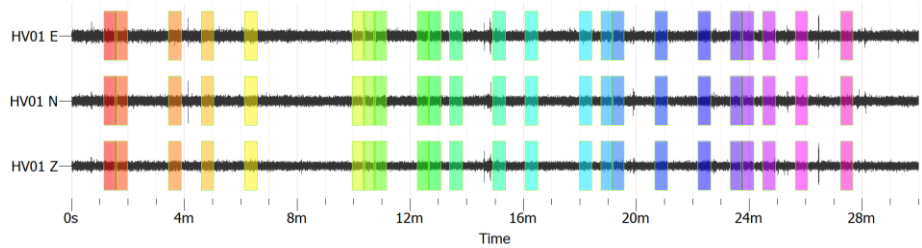
Nome file: **MT_20210504_093010.SAF**

Name	Component	Time Reference	T0 (s)	End Time (s)	Samp Freq (Hz)	Delta T	N Samples
R001	Vertical	04/05/2021 09:30	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	North	04/05/2021 09:30	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	East	04/05/2021 09:30	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000

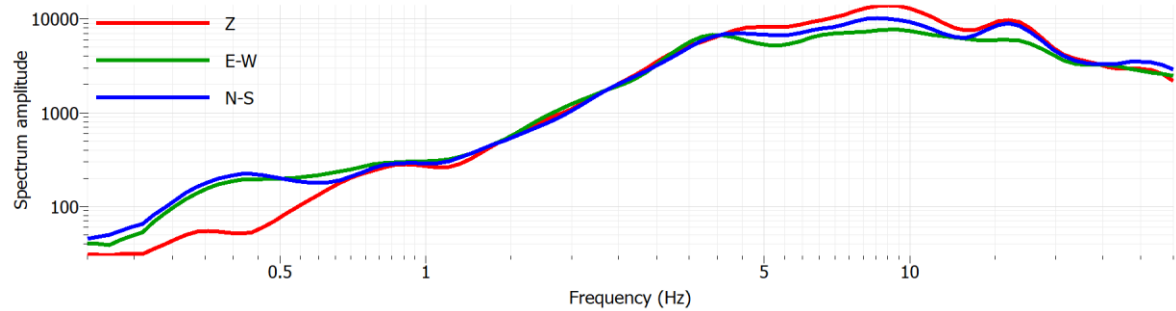
Parametri di elaborazione e risultati

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
27	23	256	0.413	0.035	4.33	1.21	ALTO

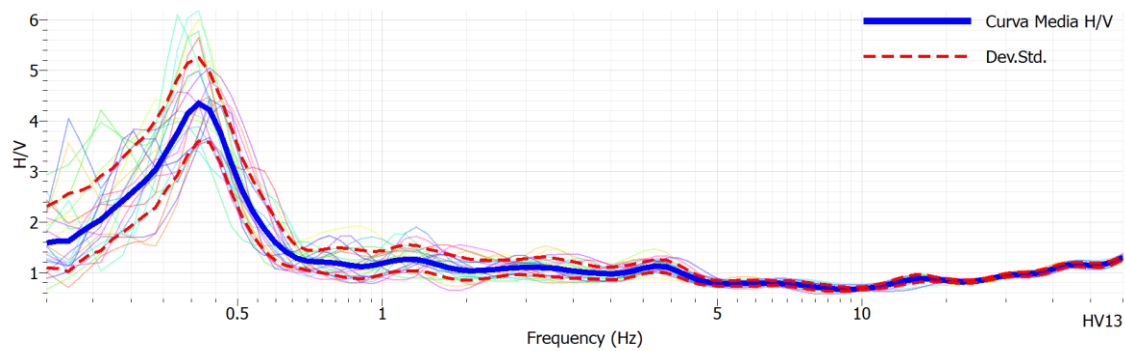
Tracce



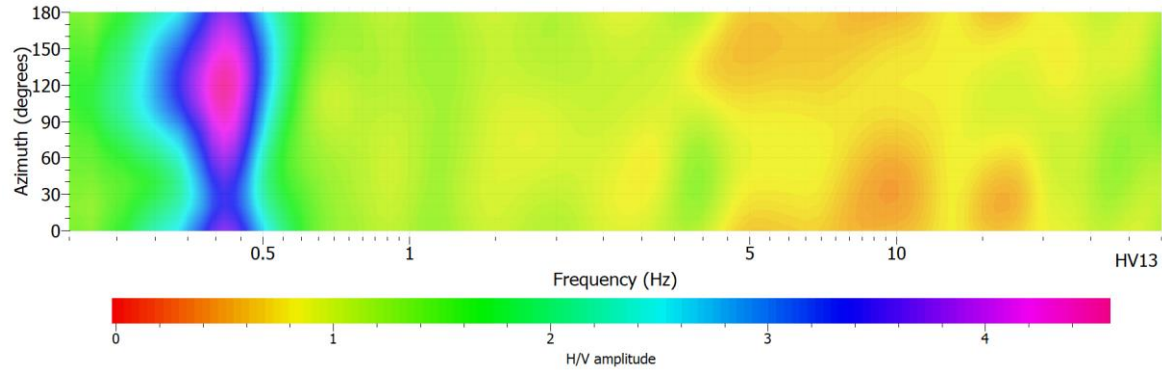
Spettro delle componenti



Spettro delle ampiezze H/V



Curva H/V sul piano orizzontale



Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/L_w$		0.41	>	0.37	OK
$n_c(f_0) > 200$		256	>	200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 28			OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$					
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.61	<	2.16	OK
	Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.61	>	1.04	OK
	$A_0 > 2$	4.33	>	2.00	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Δf	=	0.000	OK
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.035	<	0.083	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.21	<	2.50	OK

Velocità equivalente V_s

n.strati	h	z	peso vol.	Vp	Vs
	m	m	Kg/mc	m/s	m/s
1	0.51	0.51	1588.37	539.19	113.17
2	3.79	4.30	1652.32	666.61	288.67
3	9.67	13.97	1775.00	663.07	308.93
4	9.29	23.26	1748.58	967.31	457.51
5	---	---	2081.12	1666.93	503.58

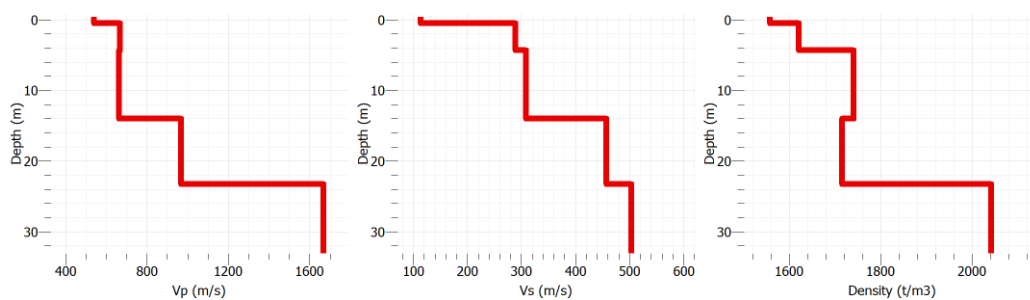
$$V_{s,eq}$$

$$\text{m/s}$$

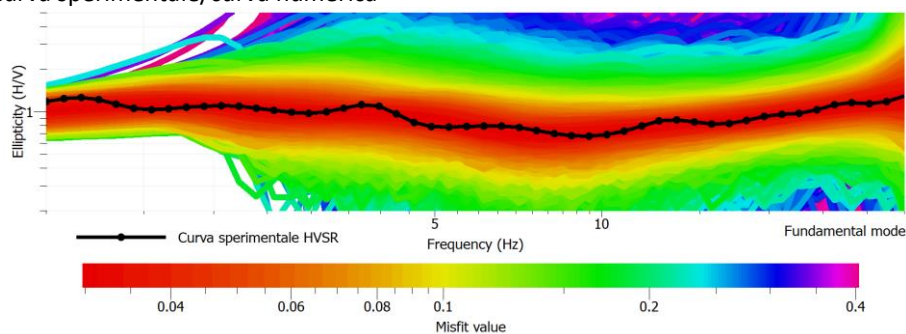
$$363.07$$

Il valore della $V_{s,eq}$ è compatibile con la Categoria di suolo tipo B

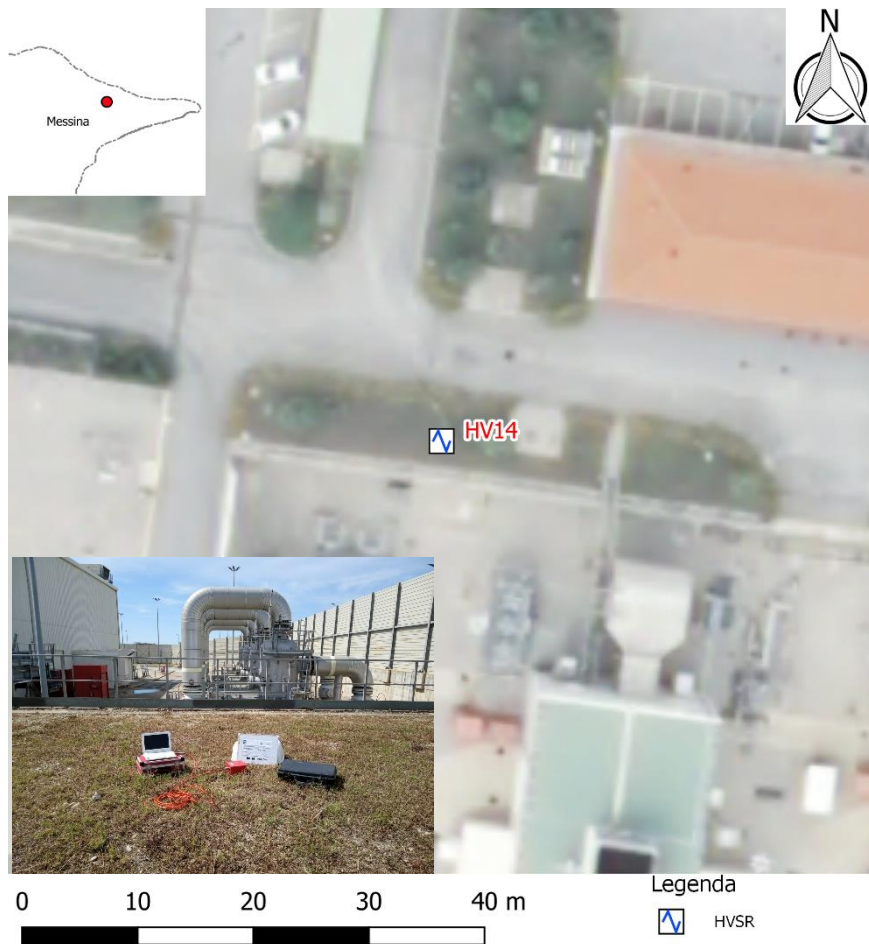
Profilo sismostratigrafico



Adattamento curva sperimentale/curva numerica



Indagine HV14



COORDINATE INDAGINE HV14

Tipo	Coord. X	Coord. Y	Quota (slm)	N. Foglio	N. Part.
HVSR	551.460,52 m	4.236.076,81 m	166.6 m	0040	1894

Sistema di riferimento geografico ETRS89/UTM zone 33N

Caratteristiche strumentazione

Sismografo triassiale (SR04MT) - Sara E.I.

Convertitore A/D

Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Parametri di acquisizione

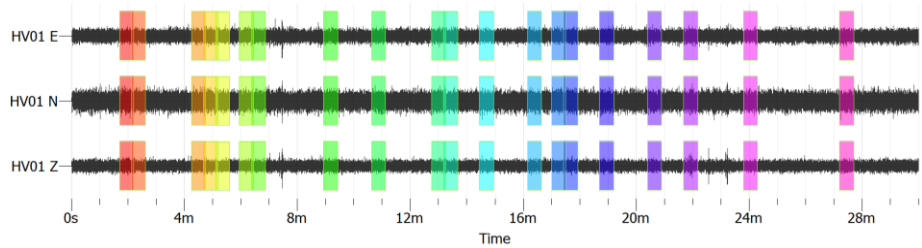
Nome file: **MT_20210504_103936.SAF**

Name	Component	Time Reference	T0 (s)	End Time (s)	Samp Freq (Hz)	Delta T	N Samples
R001	Vertical	04/05/2021 10:39	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	North	04/05/2021 10:39	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	East	04/05/2021 10:39	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000

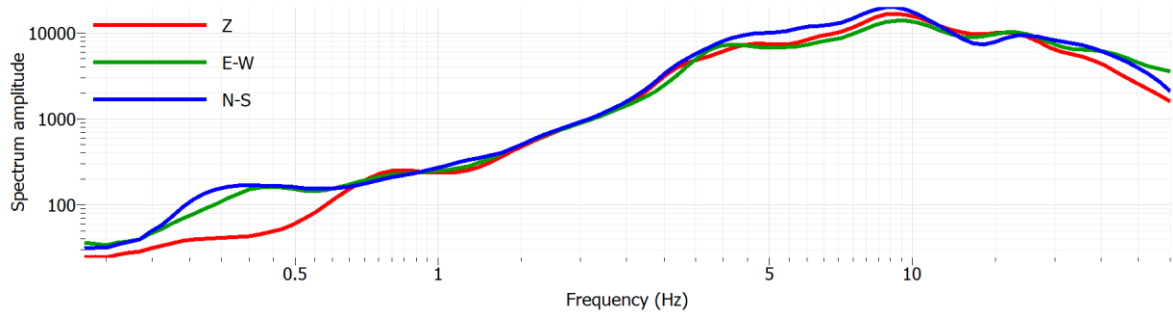
Parametri di elaborazione e risultati

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
30	20	238	0.397	0.040	3.91	1.17	MODERATO

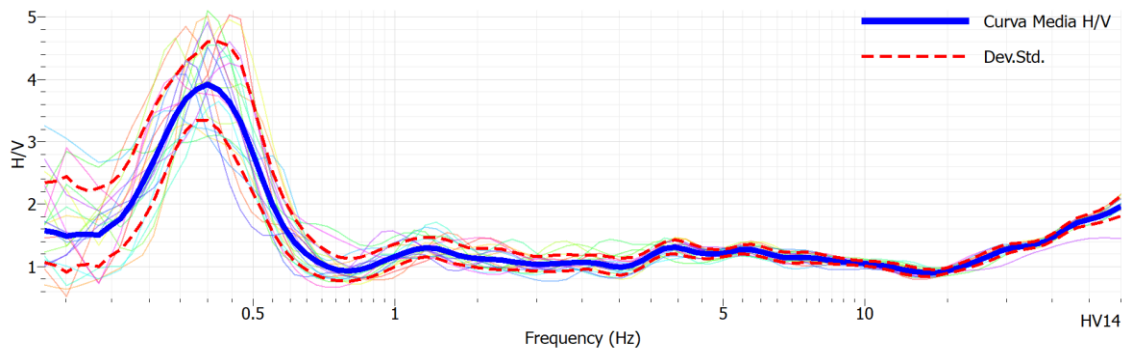
Tracce



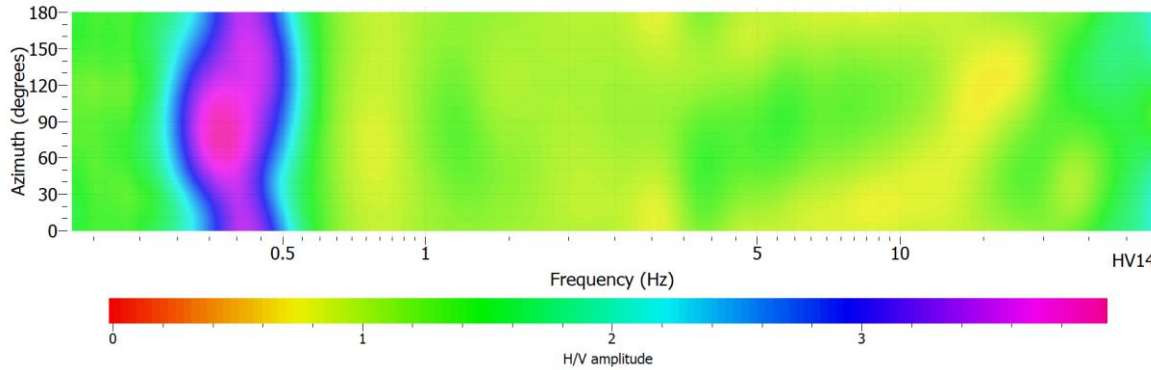
Spettro delle componenti



Spettro delle ampiezze H/V



Curva H/V sul piano orizzontale



Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/L_w$		0.40	>	0.33	OK
$n_c(f_0) > 200$		238	>	200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 27			OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$					
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.49	<	1.95	OK
	Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.49	>	0.93	OK
	$A_0 > 2$	3.91	>	2.00	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Δf	=	0.021	OK
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.040	<	0.079	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.17	<	2.50	OK

Velocità equivalente V_s

n.strati	h	z	peso vol.	Vp	Vs
	m	m	Kg/mc	m/s	m/s
1	0.63	0.63	1489.95	346.64	87.71
2	5.70	6.34	1759.71	435.03	221.94
3	6.06	12.40	1882.82	835.28	361.05
4	8.93	21.32	1792.83	1101.53	408.65
5	---	---	2021.66	1658.62	545.50

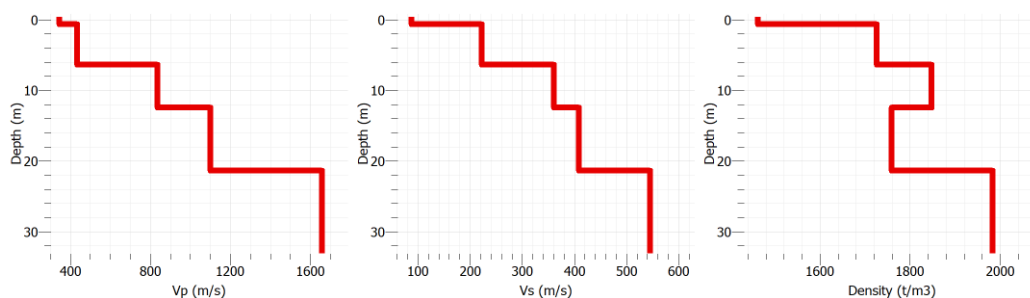
$$V_{s,eq}$$

$$\text{m/s}$$

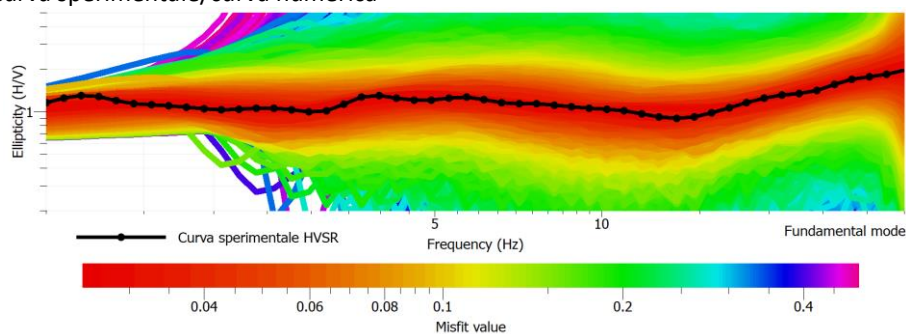
$$342.98$$

Il valore della $V_{s,eq}$ è compatibile con la Categoria di suolo tipo C

Profilo sismostratigrafico



Adattamento curva sperimentale/curva numerica



Indagine HV15



COORDINATE INDAGINE HV15

Tipo	Coord. X	Coord. Y	Quota (slm)	N. Foglio	N. Part.
HVSR	551.401,79 m	4.236.108,70 m	163.1 m	0040	1894

Sistema di riferimento geografico ETRS89/UTM zone 33N

Caratteristiche strumentazione

Sismografo triassiale (SR04MT) - Sara E.I.

Convertitore A/D

Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Parametri di acquisizione

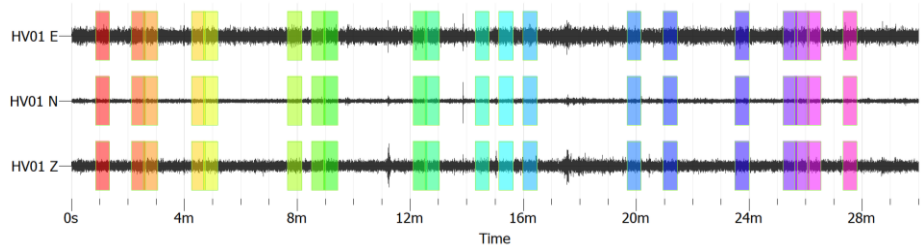
Nome file: **MT_20210504_113148.SAF**

Name	Component	Time Reference	T0 (s)	End Time (s)	Samp Freq (Hz)	Delta T	N Samples
R001	Vertical	04/05/2021 11:31	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	North	04/05/2021 11:31	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	East	04/05/2021 11:31	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000

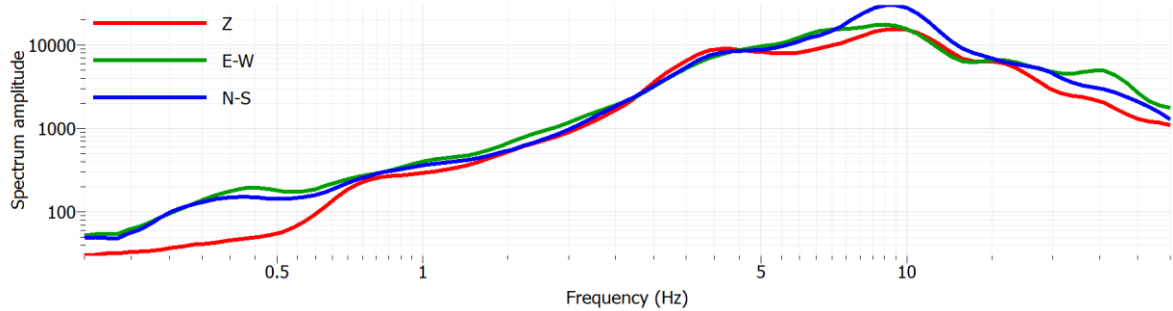
Parametri di elaborazione e risultati

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
30	20	244	0.407	0.058	3.90	1.24	MODERATO

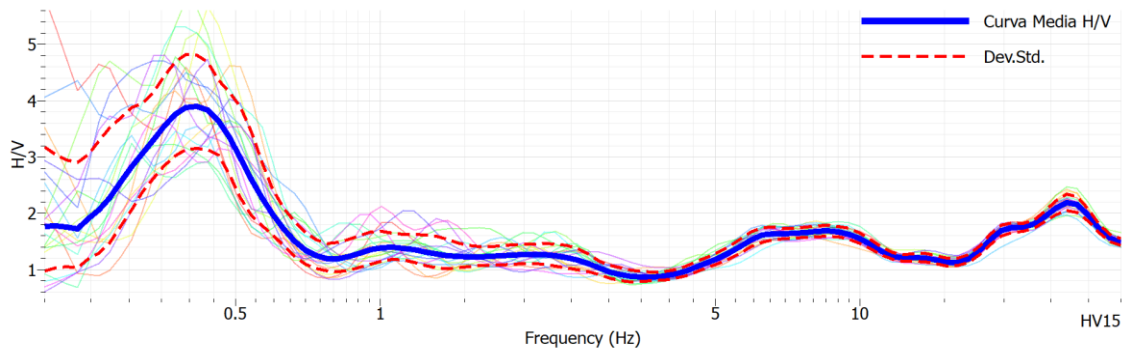
Tracce



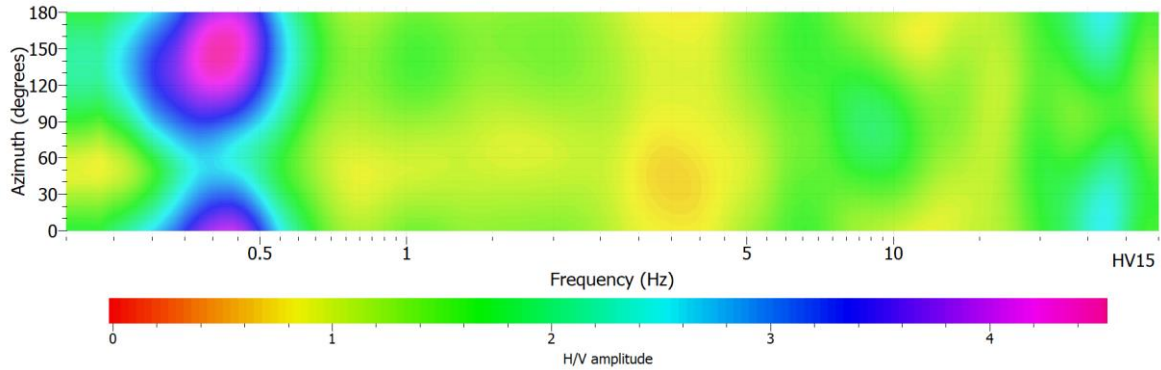
Spettro delle componenti



Spettro delle ampiezze H/V



Curva H/V sul piano orizzontale



Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/L_w$		0.41	>	0.33	OK
$n_c(f_0) > 200$		244	>	200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 27			OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$					
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.73	<	1.95	OK
	Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.73	>	1.20	OK
	$A_0 > 2$	3.90	>	2.00	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Δf	=	-0.021	OK
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.058	<	0.081	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.24	<	2.50	OK

Velocità equivalente V_s

n.strati	h	z	peso vol.	Vp	Vs
	m	m	Kg/mc	m/s	m/s
1	0.96	0.96	1546.08	454.94	95.10
2	5.76	6.73	1833.32	455.96	232.62
3	2.65	9.38	1851.10	1050.11	394.64
4	4.49	13.87	1821.73	902.85	437.39
5	---	---	1883.17	1611.23	492.63

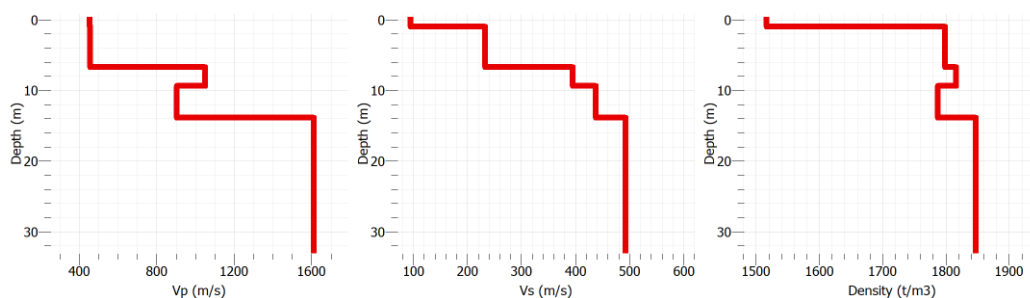
$$V_{s,eq}$$

$$\text{m/s}$$

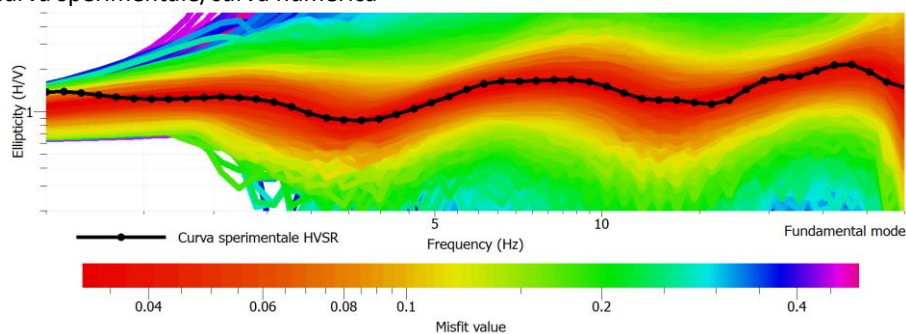
$$354.44$$

Il valore della $V_{s,eq}$ è compatibile con la Categoria di suolo tipo C

Profilo sismostratigrafico



Adattamento curva sperimentale/curva numerica



Indagine HV16



COORDINATE INDAGINE HV16

Tipo	Coord. X	Coord. Y	Quota (slm)	N. Foglio	N. Part.
HVSR	551.382,72 m	4.236.159,34 m	163.45 m	0040	1894

Sistema di riferimento geografico ETRS89/UTM zone 33N

Caratteristiche strumentazione

Sismografo triassiale (SR04MT) - Sara E.I.

Convertitore A/D

Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Parametri di acquisizione

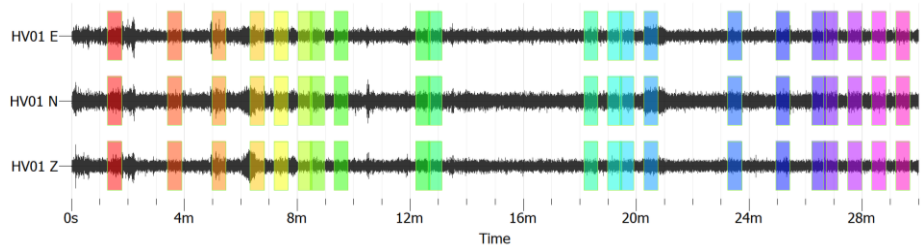
Nome file: **MT_20210504_132732.SAF**

Name	Component	Time Reference	T0 (s)	End Time (s)	Samp Freq (Hz)	Delta T	N Samples
R001	Vertical	04/05/2021 13:27	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	North	04/05/2021 13:27	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	East	04/05/2021 13:27	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000

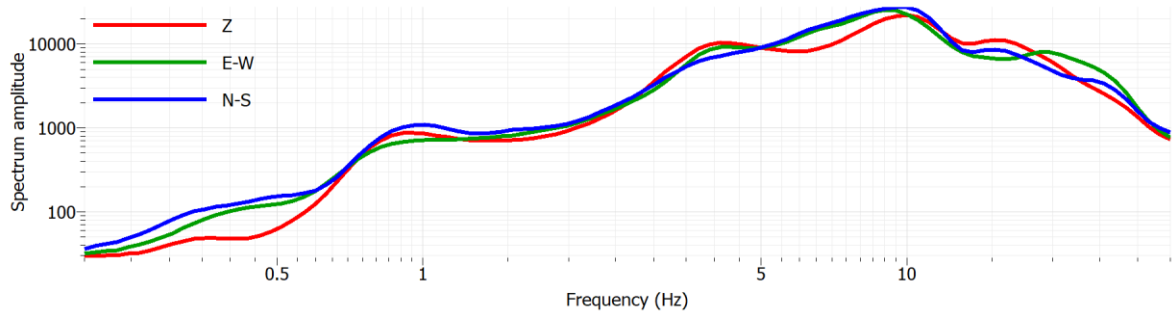
Parametri di elaborazione e risultati

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
30	21	282	0.448	0.051	2.73	1.22	BASSO

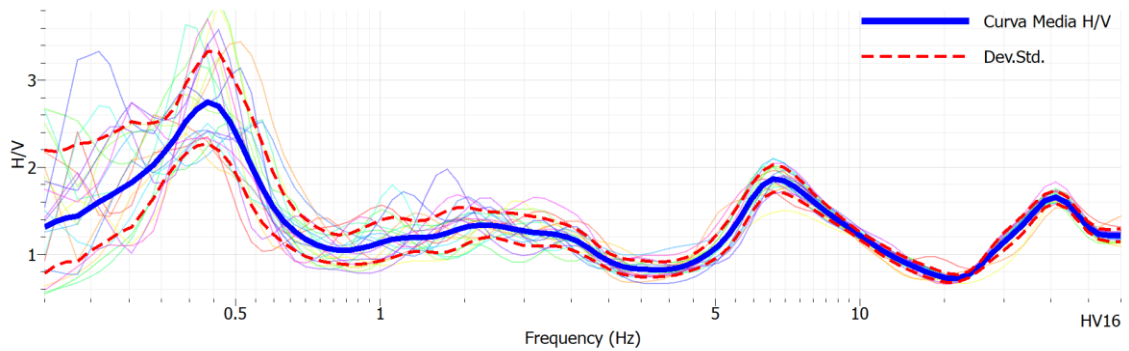
Tracce



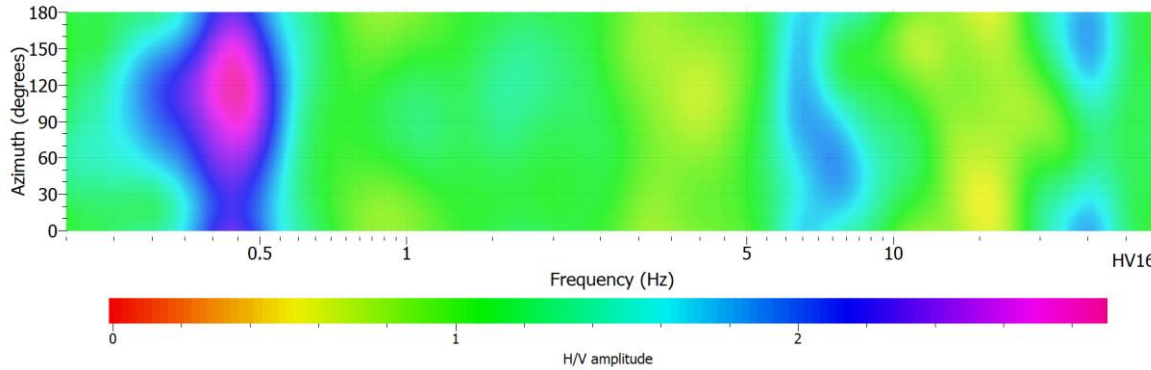
Spettro delle componenti



Spettro delle ampiezze H/V



Curva H/V sul piano orizzontale



Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/L_w$		0.45	>	0.33	OK
$n_c(f_0) > 200$		282	>	200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 27			OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$					
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.32	<	1.37	OK
	Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.32	>	1.04	OK
	$A_0 > 2$	2.73	>	2.00	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Δf	=	0.000	OK
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.051	<	0.090	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.22	<	2.50	OK

Velocità equivalente V_s

n.strati	h	z	peso vol.	Vp	Vs
	m	m	Kg/mc	m/s	m/s
1	0.87	0.87	1507.93	389.26	97.12
2	4.40	5.28	1668.92	568.66	229.61
3	1.03	6.31	1818.09	1019.09	254.22
4	3.37	9.67	1832.69	892.08	366.83
5	5.01	14.69	1838.53	1658.62	417.32
6	---	---	1944.56	1794.89	504.89

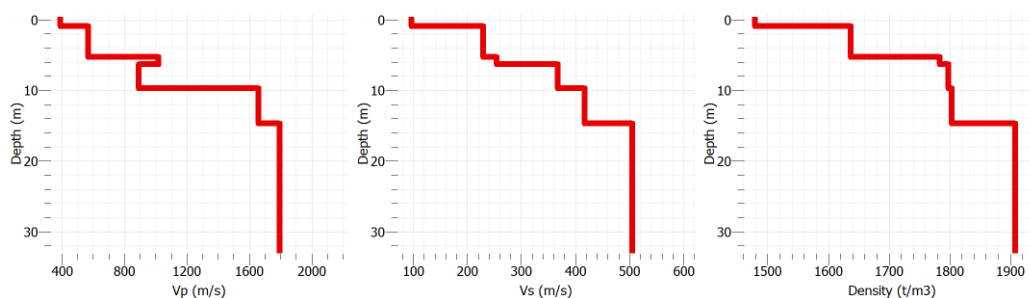
$$V_{s,eq}$$

$$\text{m/s}$$

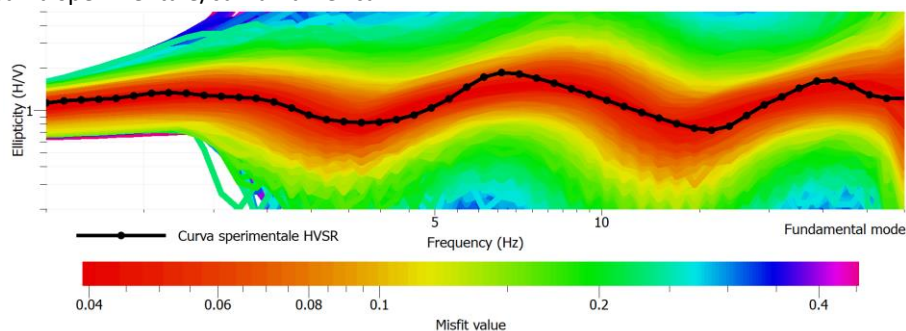
$$358.25$$

Il valore della $V_{s,eq}$ è compatibile con la Categoria di suolo tipo C

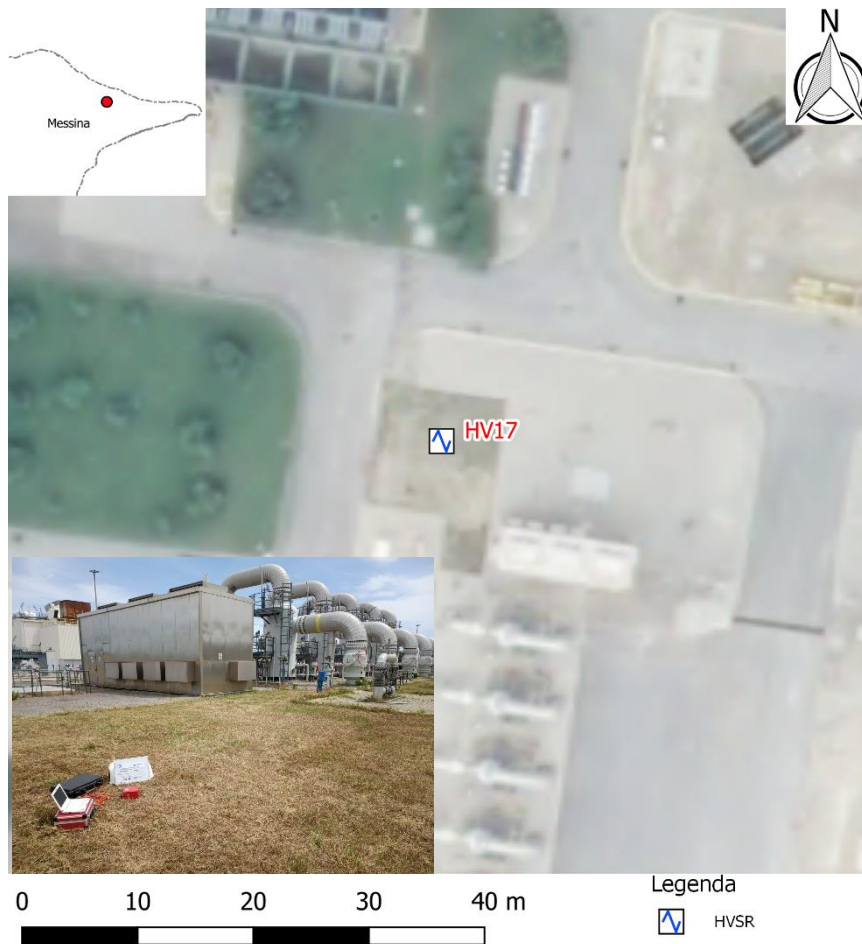
Profilo sismostratigrafico



Adattamento curva sperimentale/curva numerica



Indagine HV17



COORDINATE INDAGINE HV17

Tipo	Coord. X	Coord. Y	Quota (slm)	N. Foglio	N. Part.
HVSR	551.416,45 m	4.236.241,32 m	166.25 m	0040	1894

Sistema di riferimento geografico ETRS89/UTM zone 33N

Caratteristiche strumentazione

Sismografo triassiale (SR04MT) - Sara E.I.

Convertitore A/D

Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Parametri di acquisizione

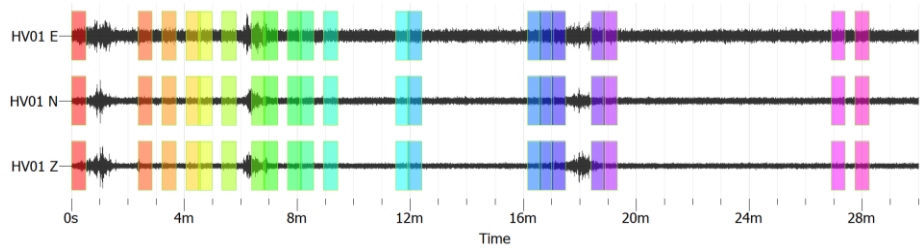
Nome file: **MT_20210504_141725.SAF**

Name	Component	Time Reference	T0 (s)	End Time (s)	Samp Freq (Hz)	Delta T	N Samples
606	Vertical	04/05/2021 14:17	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
606	North	04/05/2021 14:17	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
606	East	04/05/2021 14:17	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000

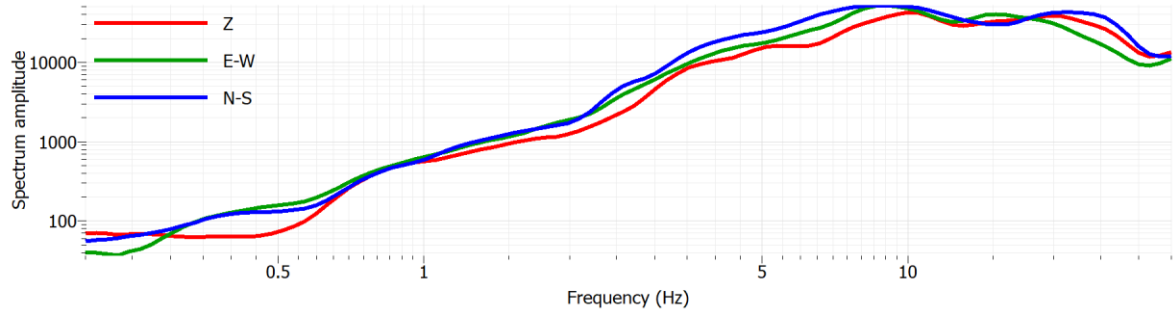
Parametri di elaborazione e risultati

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
30	20	269	0.449	0.059	2.28	1.30	BASSO

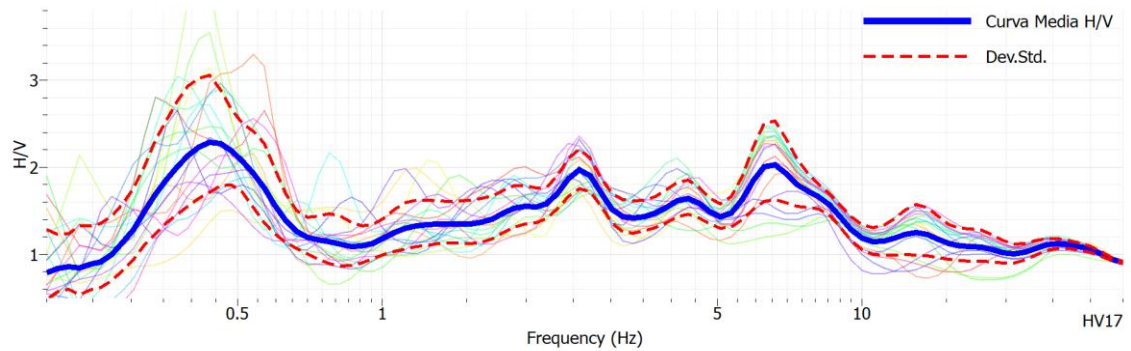
Tracce



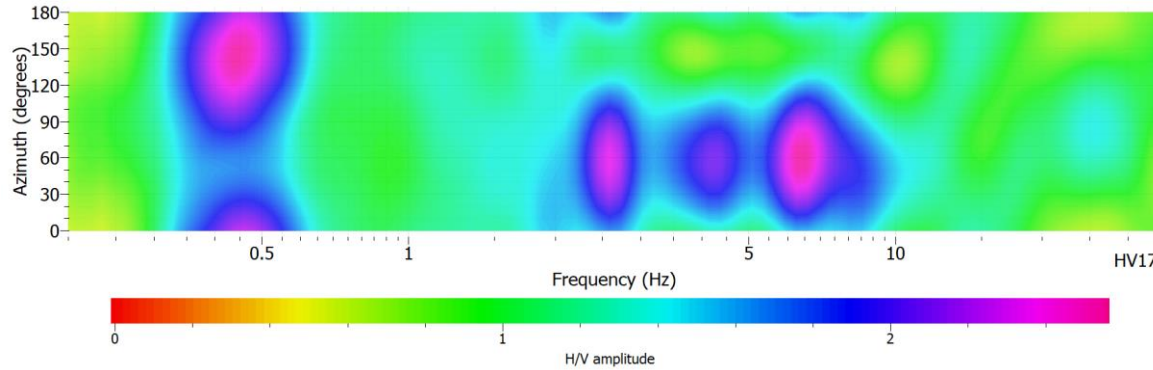
Spettro delle componenti



Spettro delle ampiezze H/V



Curva H/V sul piano orizzontale



Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
	$f_0 > 10/L_w$	0.45	>	0.33	OK
	$n_c(f_0) > 200$	269	>	200	OK
	$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 27			OK
	$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$				
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	0.81	<	1.14	OK
	Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	0.81	<	1.09	OK
	$A_0 > 2$	2.28	>	2.00	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Δf	=	-0.048	NO
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.059	<	0.090	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.30	<	2.50	OK

Velocità equivalente V_s

n.strati	h	z	peso vol.	Vp	Vs
	m	m	Kg/mc	m/s	m/s
1	0.60	0.60	1666.43	356.13	119.80
2	3.20	3.81	1813.27	450.97	218.64
3	8.41	12.22	1930.46	1068.11	345.17
4	1.89	14.11	1892.25	1145.31	424.47
5	3.05	17.16	1917.36	1687.04	516.84
6	---	---	1960.17	1710.82	520.26

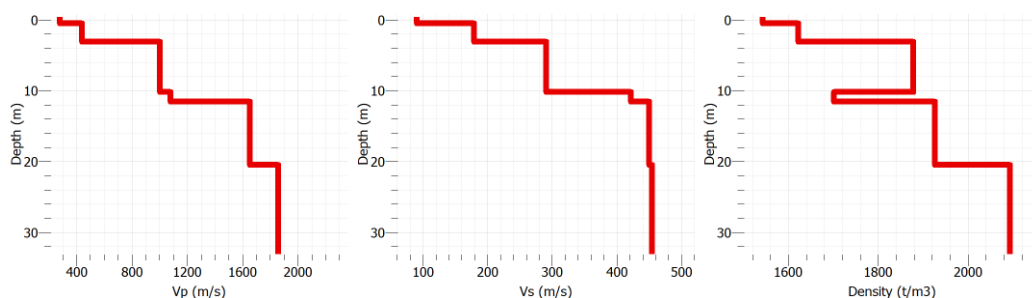
$$V_{s,eq}$$

m/s

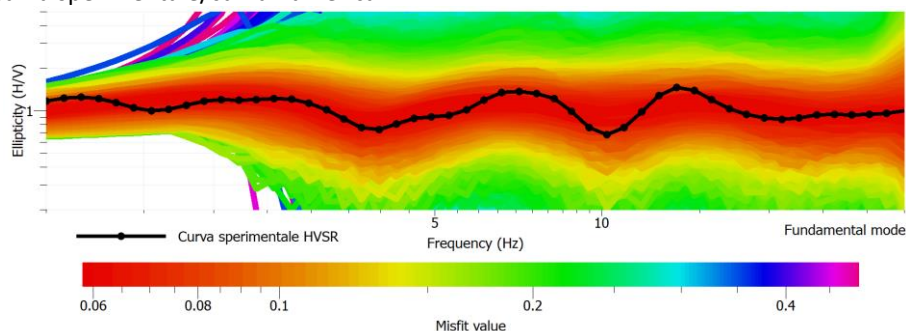
379.28

Il valore della $V_{s,eq}$ è compatibile con la Categoria di suolo tipo B

Profilo sismostratigrafico



Adattamento curva sperimentale/curva numerica



Inversione numerica effettuata su curva H/V calcolata sulla direttrice 140° per non tenere conto degli effetti di direzionalità del moto di propagazione

Indagine HV18



COORDINATE INDAGINE HV18

Tipo	Coord. X	Coord. Y	Quota (slm)	N. Foglio	N. Part.
HVSR	551.456,36 m	4.236.315,55 m	165.5 m	0021	318

Sistema di riferimento geografico ETRS89/UTM zone 33N

Caratteristiche strumentazione

Sismografo triassiale (SR04MT) - Sara E.I.

Convertitore A/D

Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Parametri di acquisizione

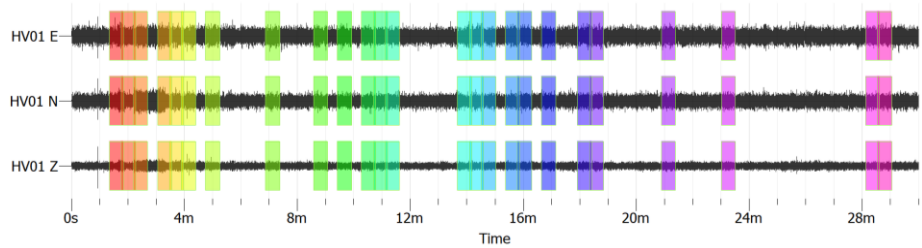
Nome file: **MT_20210506_142125.SAF**

Name	Component	Time Reference	T0 (s)	End Time (s)	Samp Freq (Hz)	Delta T	N Samples
606	Vertical	06/05/2021 14:21	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
606	North	06/05/2021 14:21	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
606	East	06/05/2021 14:21	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000

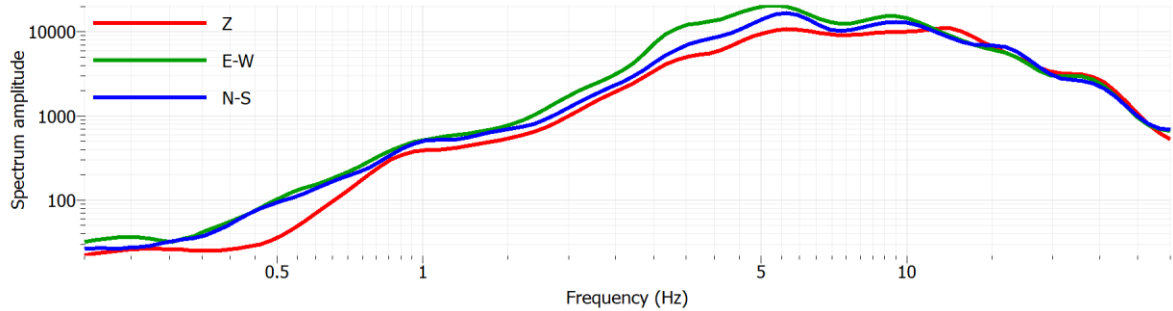
Parametri di elaborazione e risultati

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
30	25	369	0.493	0.057	2.98	1.29	BASSO

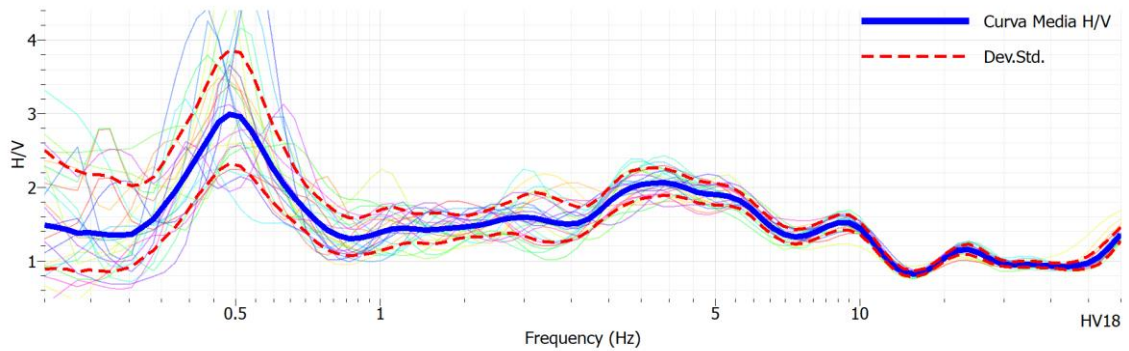
Tracce



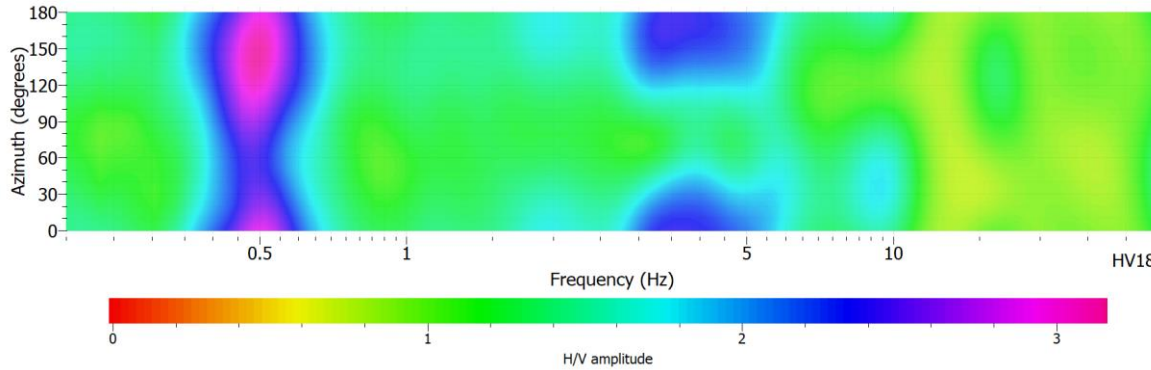
Spettro delle componenti



Spettro delle ampiezze H/V



Curva H/V sul piano orizzontale



Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/L_w$		0.49	>	0.33	OK
$n_c(f_0) > 200$		369	>	200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 28			OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$					
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.35	<	1.49	OK
	Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.35	>	1.30	OK
	$A_0 > 2$	2.98	>	2.00	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Δf	=	0.000	OK
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.057	<	0.099	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.29	<	2.50	OK

Velocità equivalente V_s

n.strati	h	z	peso vol.	Vp	Vs
	m	m	Kg/mc	m/s	m/s
1	0.59	0.59	1708.60	259.16	90.74
2	3.30	3.89	1716.28	412.18	190.66
3	6.12	10.01	1816.27	675.78	292.40
4	9.38	19.39	1879.06	1181.35	408.65
5	4.82	24.21	2013.60	1637.21	533.64
6	2.57	26.78	2064.74	1645.41	563.01
7	---	---	2111.32	1733.19	577.98

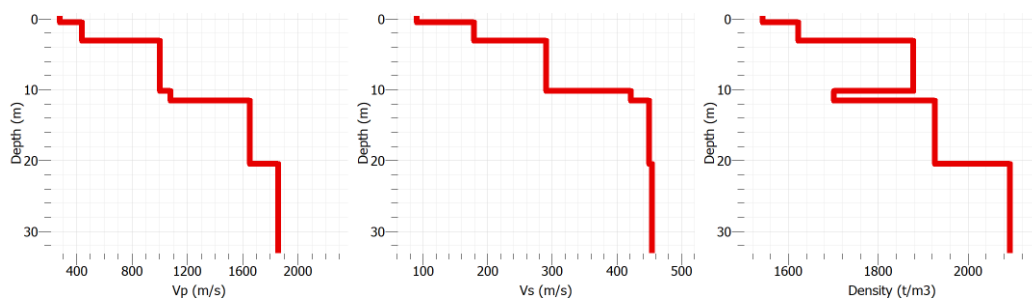
$$V_{S,eq}$$

m/s

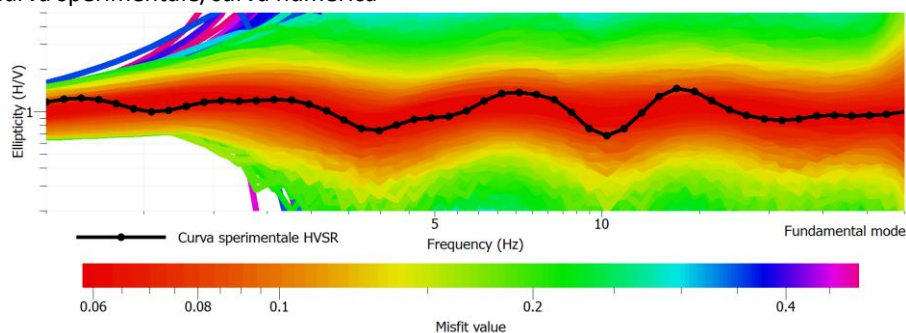
345.31

Il valore della $V_{S,eq}$ è compatibile con la Categoria di suolo tipo C

Profilo sismostratigrafico



Adattamento curva sperimentale/curva numerica



Indagine HV19



COORDINATE INDAGINE HV19

Tipo	Coord. X	Coord. Y	Quota (slm)	N. Foglio	N. Part.
HVSR	551.543,78 m	4.236.240,61 m	166.25 m	0040	1894

Sistema di riferimento geografico ETRS89/UTM zone 33N

Caratteristiche strumentazione

Sismografo triassiale (SR04MT) - Sara E.I.

Convertitore A/D

Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Parametri di acquisizione

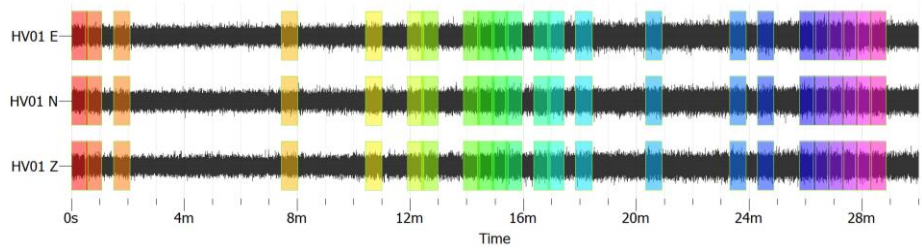
Nome file: **MT_20210504_150748.SAF**

Name	Component	Time Reference	T0 (s)	End Time (s)	Samp Freq (Hz)	Delta T	N Samples
606	Vertical	04/05/2021 15:07	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
606	North	04/05/2021 15:07	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
606	East	04/05/2021 15:07	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000

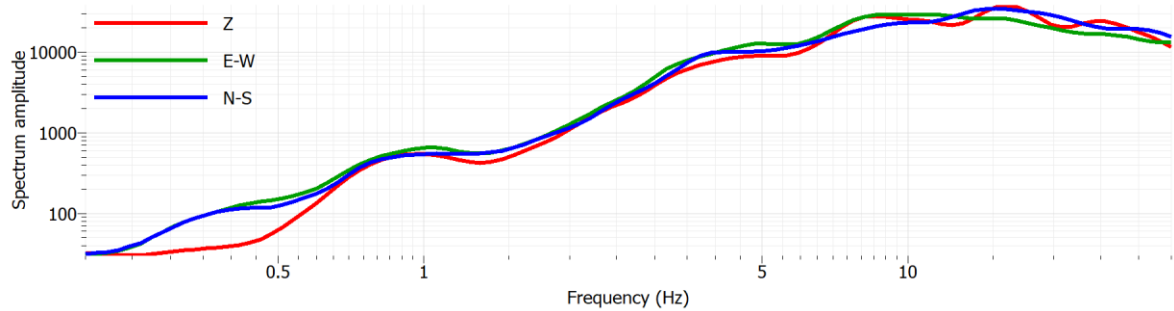
Parametri di elaborazione e risultati

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
35	23	329	0.409	0.044	3.16	1.24	MODERATO

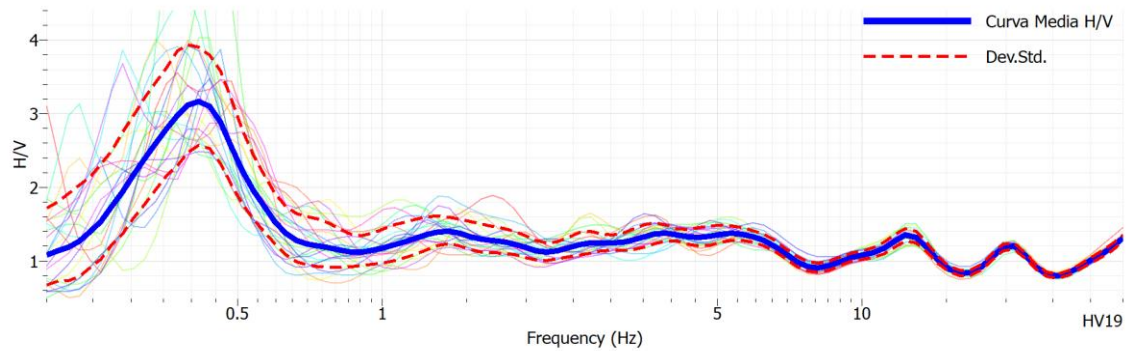
Tracce



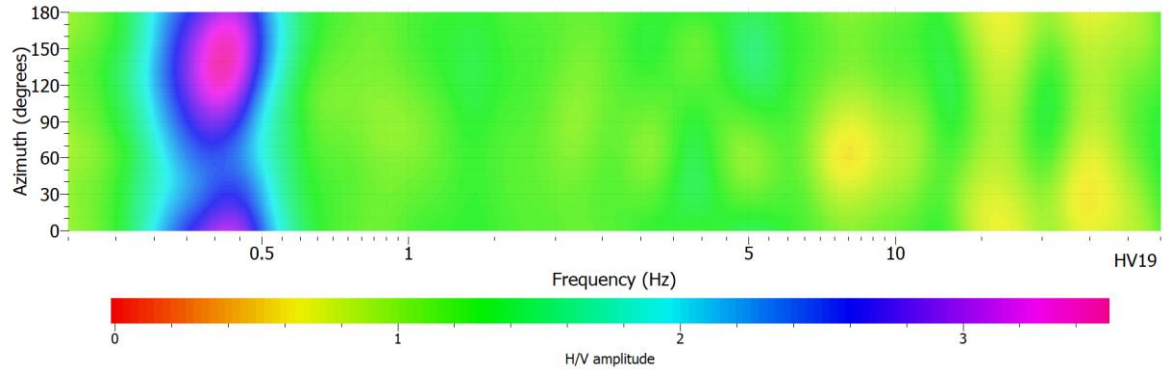
Spettro delle componenti



Spettro delle ampiezze H/V



Curva H/V sul piano orizzontale



Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/L_w$		0.41	>	0.29	OK
$n_c(f_0) > 200$		329	>	200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 27			OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$					
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.09	<	1.58	OK
	Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.09	<	1.12	OK
	$A_0 > 2$	3.16	>	2.00	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Δf	=	-0.021	OK
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.044	<	0.082	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.24	<	2.50	OK

Velocità equivalente V_s

n.strati	h	z	peso vol.	Vp	Vs
	m	m	Kg/mc	m/s	m/s
1	0.53	0.53	1693.30	341.83	84.02
2	2.96	3.48	1824.18	539.86	190.66
3	9.67	13.15	1780.33	752.06	337.67
4	2.79	15.94	1767.92	1279.69	426.17
5	6.36	22.30	1975.72	1640.48	441.34
6	---	---	1985.80	1733.19	611.10

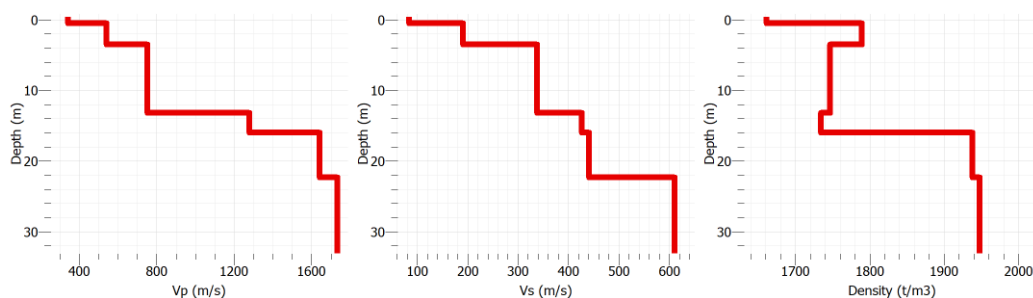
$$V_{s,eq}$$

m/s

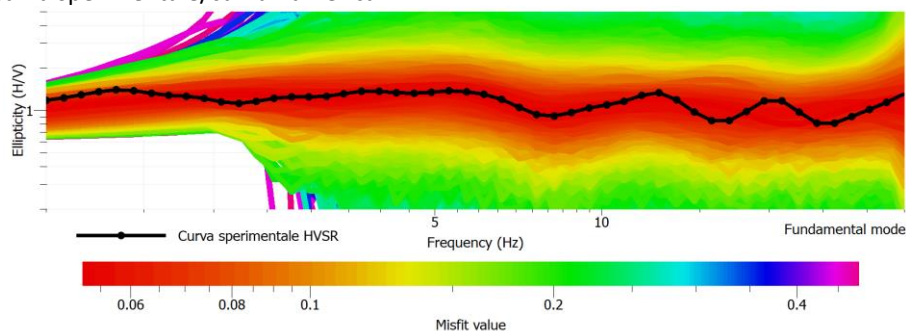
357.33

Il valore della $V_{s,eq}$ è compatibile con la Categoria di suolo tipo C

Profilo sismostratigrafico



Adattamento curva sperimentale/curva numerica



Indagine HV20



COORDINATE INDAGINE HV20

Tipo	Coord. X	Coord. Y	Quota (slm)	N. Foglio	N. Part.
HVSR	551.650,72 m	4.236.188,78 m	165.85 m	0021	236

Sistema di riferimento geografico ETRS89/UTM zone 33N

Caratteristiche strumentazione

Sismografo triassiale (SR04MT) - Sara E.I.

Convertitore A/D

Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Parametri di acquisizione

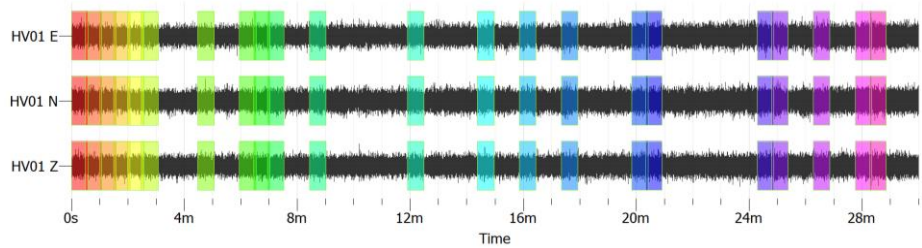
Nome file: **MT_20210503_110651.SAF**

Name	Component	Time Reference	T0 (s)	End Time (s)	Samp Freq (Hz)	Delta T	N Samples
606	Vertical	03/05/2021 11:06	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
606	North	03/05/2021 11:06	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
606	East	03/05/2021 11:06	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000

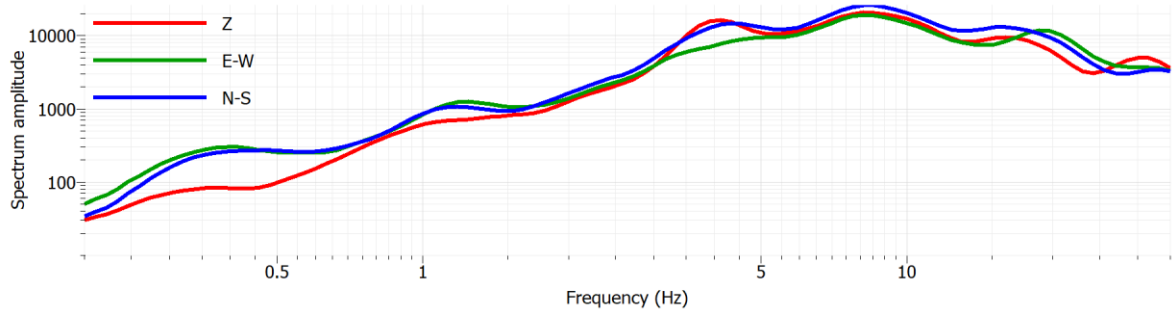
Parametri di elaborazione e risultati

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
35	22	321	0.417	0.061	3.72	1.30	MODERATO

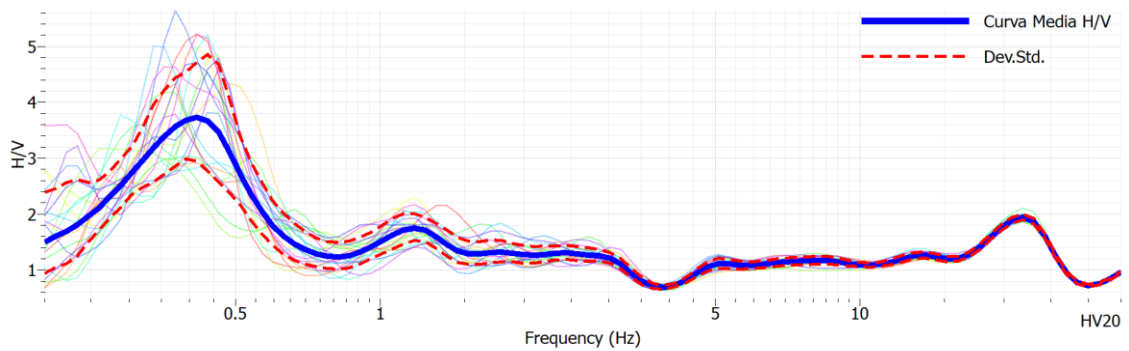
Tracce



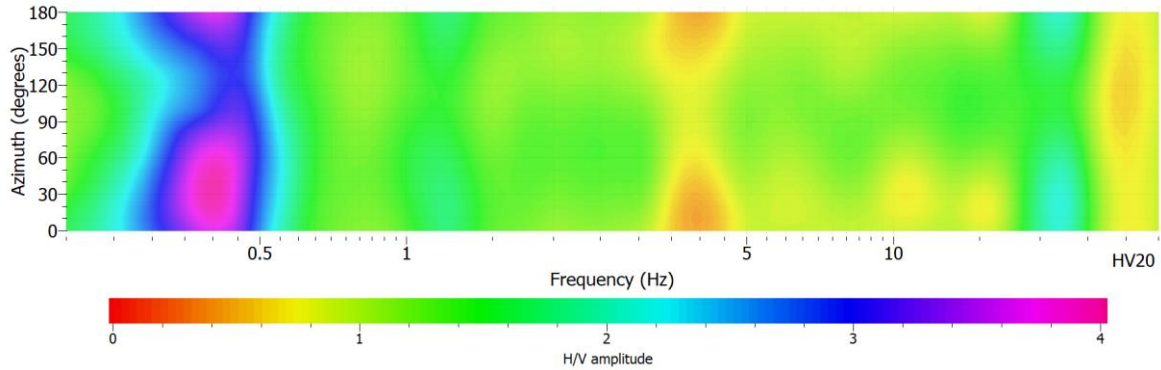
Spettro delle componenti



Spettro delle ampiezze H/V



Curva H/V sul piano orizzontale



Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
f ₀ >10/Lw		0.42	>	0.29	OK
n _c (f ₀)>200		321	>	200	OK
σ _A (f) < 2 per 0.5f ₀ < f < 2f ₀ se f ₀ >0.5Hz		Superato 0 volte su 28			OK
σ _A (f) < 3 per 0.5f ₀ < f < 2f ₀ se f ₀ < 0.5Hz					
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste f ⁻ in [f ₀ /4, f ₀] A _{H/V} (f ⁻) < A ₀ /2	1.50	<	1.86	OK
	Esiste f ⁺ in [f ₀ , 4f ₀] A _{H/V} (f ⁺) < A ₀ /2	1.50	>	1.23	OK
	A ₀ > 2	3.72	>	2.00	OK
Stability conditions	f _{picco} [A _{H/V} (f) ±σ _A (f)] = f ₀ ± 5%	Δf	=	0.043	NO
	σ _f < ε(f ₀)	0.061	<	0.083	OK
	σ _A (f ₀) < θ(f ₀)	1.30	<	2.50	OK

Velocità equivalente V_s

n.strati	h	z	peso vol.	Vp	Vs
	m	m	Kg/mc	m/s	m/s
1	0.56	0.56	1659.79	541.90	83.26
2	1.93	2.49	1730.06	646.27	181.37
3	7.84	10.34	1920.83	1105.03	314.85
4	6.69	17.02	1851.10	841.84	424.89
5	---	---	1853.29	1601.60	493.62

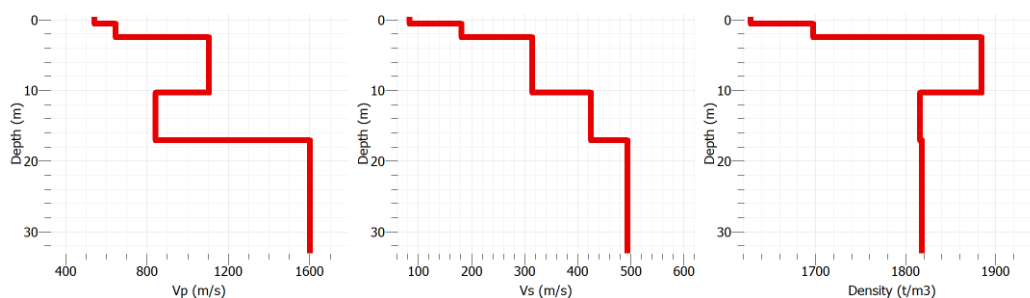
$$V_{s,eq}$$

$$\text{m/s}$$

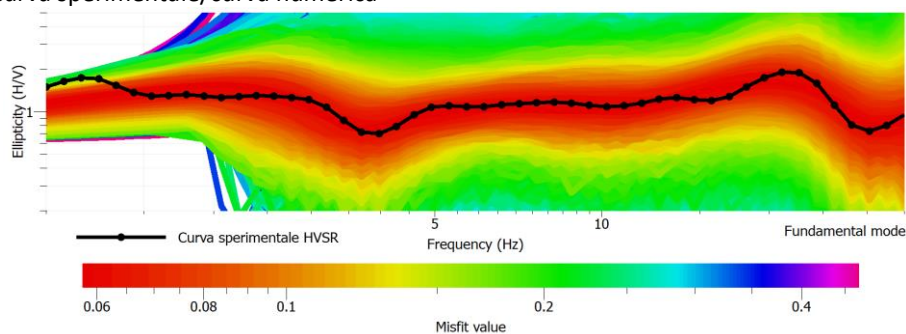
$$355.70$$

Il valore della $V_{s,eq}$ è compatibile con la Categoria di suolo tipo C

Profilo sismostratigrafico



Adattamento curva sperimentale/curva numerica



Indagine HV21



COORDINATE INDAGINE HV21

Tipo	Coord. X	Coord. Y	Quota (slm)	N. Foglio	N. Part.
HVSR	551.469,03 m	4.236.157,54 m	166.65 m	0040	1894

Sistema di riferimento geografico ETRS89/UTM zone 33N

Caratteristiche strumentazione

Sismografo triassiale (SR04MT) - Sara E.I.

Convertitore A/D

Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Parametri di acquisizione

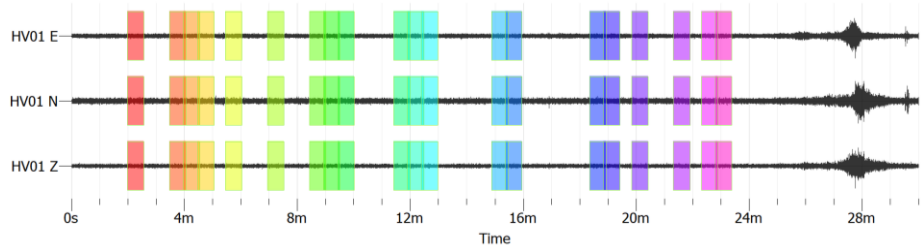
Nome file: **MT_20210504_160050.SAF**

Name	Component	Time Reference	T0 (s)	End Time (s)	Samp Freq (Hz)	Delta T	N Samples
R001	Vertical	04/05/2021 16:00	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	North	04/05/2021 16:00	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	East	04/05/2021 16:00	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000

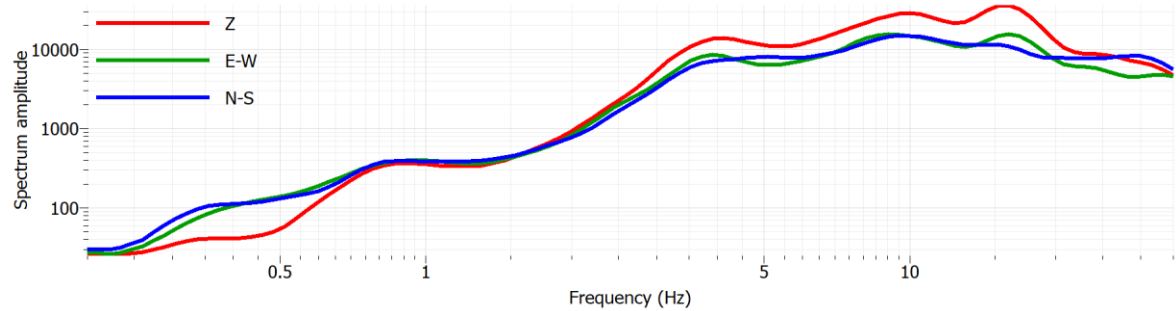
Parametri di elaborazione e risultati

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
35	20	306	0.437	0.048	3.03	1.15	MODERATO

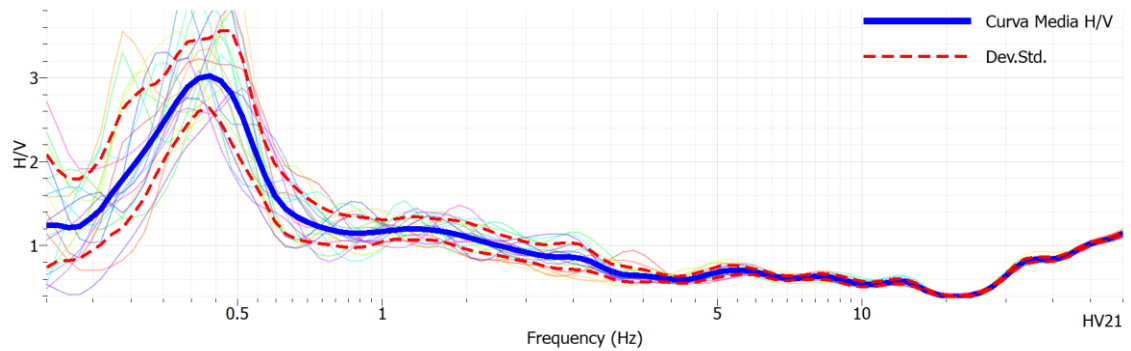
Tracce



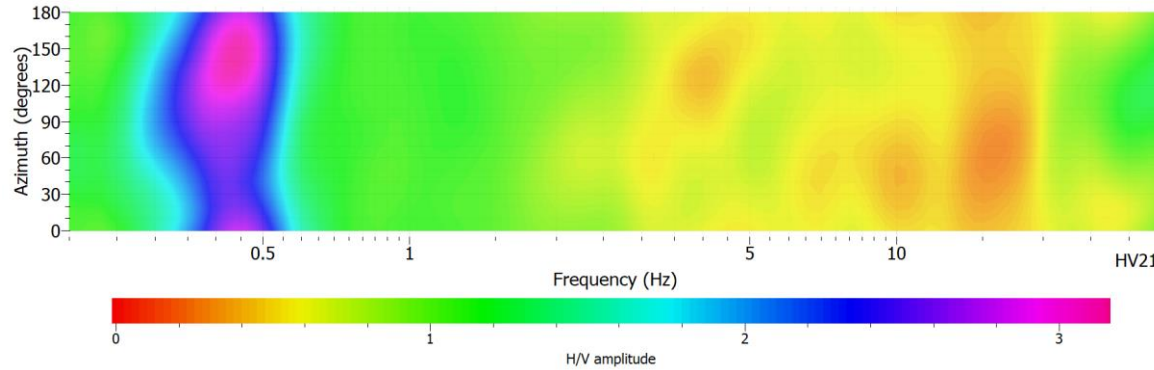
Spettro delle componenti



Spettro delle ampiezze H/V



Curva H/V sul piano orizzontale



Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/L_w$		0.44	>	0.29	OK
$n_c(f_0) > 200$		306	>	200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 28			OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$					
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.20	<	1.51	OK
	Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.20	>	1.02	OK
	$A_0 > 2$	3.03	>	2.00	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Δf	=	0.048	NO
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.048	<	0.087	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.15	<	2.50	OK

Velocità equivalente V_s

n.strati	h	z	peso vol.	Vp	Vs
	m	m	Kg/mc	m/s	m/s
1	0.56	0.56	1727.49	513.94	126.70
2	1.36	1.92	1831.49	895.21	287.52
3	3.24	5.16	1812.65	1100.62	207.95
4	1.03	6.19	1738.13	1375.18	358.14
5	20.80	26.99	1888.83	1653.65	367.20
6	---	---	1968.02	1683.67	472.66

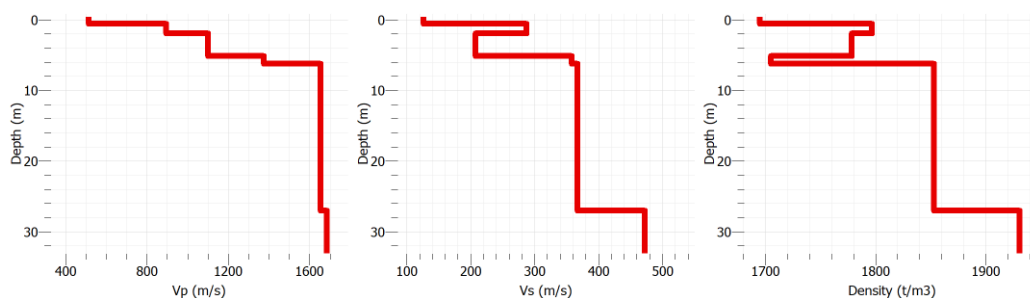
$$V_{s,eq}$$

$$\text{m/s}$$

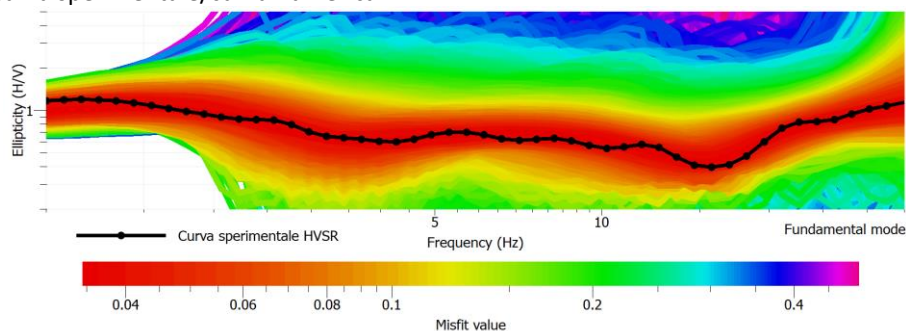
$$331.02$$

Il valore della $V_{s,eq}$ è compatibile con la Categoria di suolo tipo C

Profilo sismostratigrafico



Adattamento curva sperimentale/curva numerica



Indagine HV22



COORDINATE INDAGINE HV22

Tipo	Coord. X	Coord. Y	Quota (slm)	N. Foglio	N. Part.
HVSR	552.213,43 m	4.236.643,74 m	1.5 m	0021	583

Sistema di riferimento geografico ETRS89/UTM zone 33N

Caratteristiche strumentazione

Sismografo triassiale (SR04MT) - Sara E.I.

Convertitore A/D

Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Parametri di acquisizione

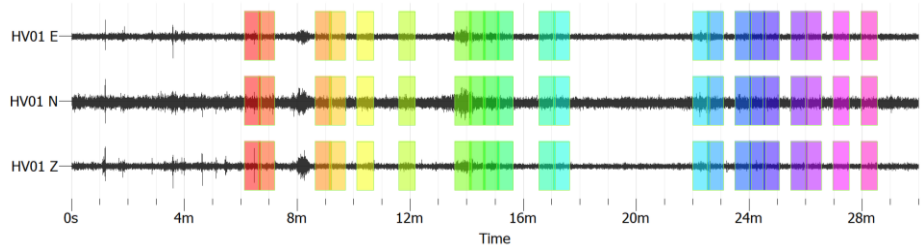
Nome file: **MT_20210507_115438.SAF**

Name	Component	Time Reference	T0 (s)	End Time (s)	Samp Freq (Hz)	Delta T	N Samples
R001	Vertical	07/05/2021 11:54	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	North	07/05/2021 11:54	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	East	07/05/2021 11:54	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000

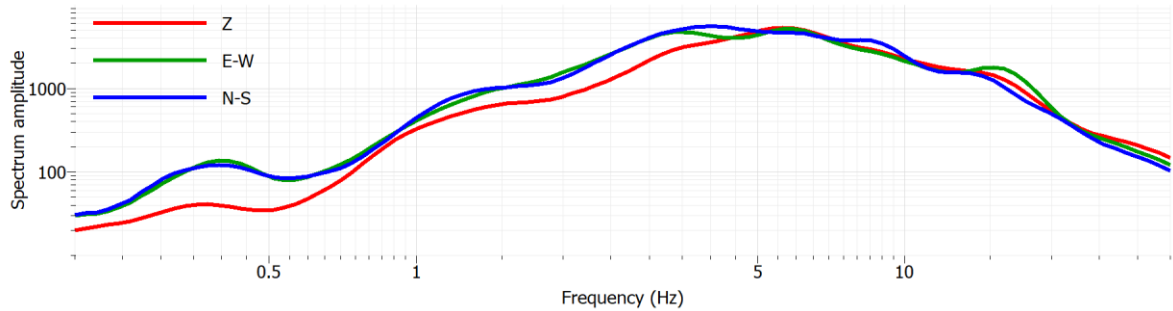
Parametri di elaborazione e risultati

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
35	21	308	0.419	0.053	3.56	1.24	MODERATO

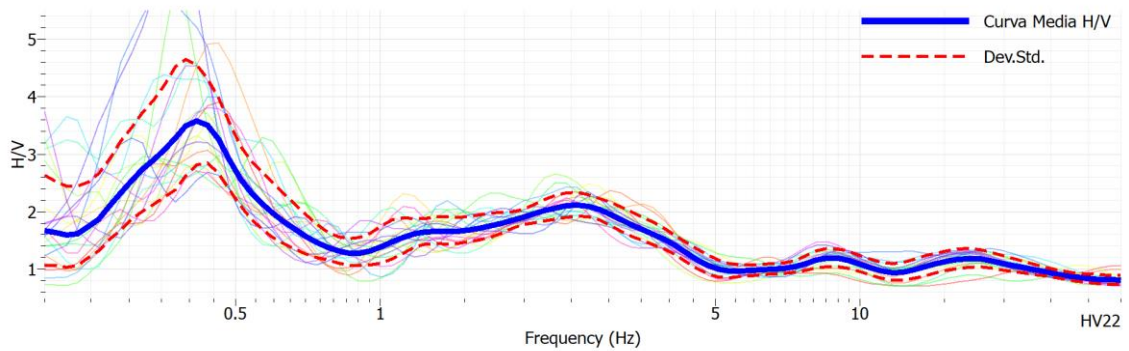
Tracce



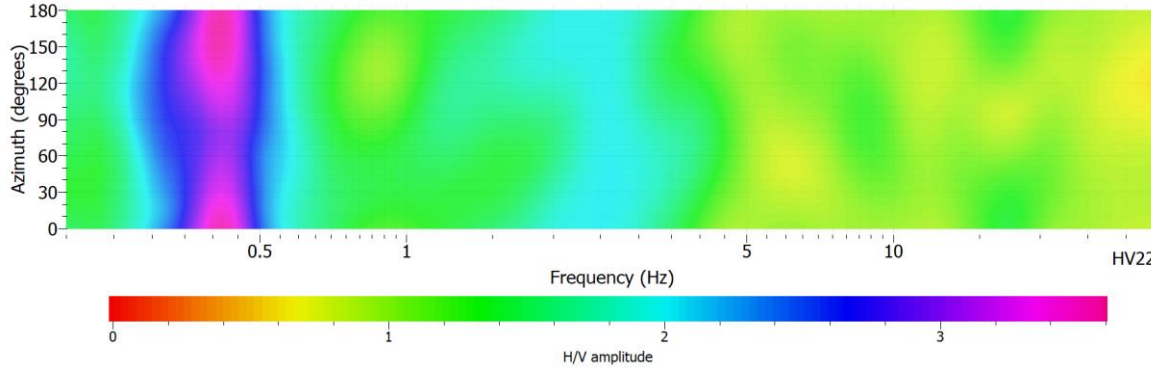
Spettro delle componenti



Spettro delle ampiezze H/V



Curva H/V sul piano orizzontale



Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/L_w$		0.42	>	0.29	OK
$n_c(f_0) > 200$		308	>	200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 28			OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$					
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.59	<	1.78	OK
	Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.59	>	1.28	OK
	$A_0 > 2$	3.56	>	2.00	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Δf	=	-0.043	NO
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.053	<	0.084	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.24	<	2.50	OK

Velocità equivalente V_s

n.strati	h	z	peso vol.	Vp	Vs
	m	m	Kg/mc	m/s	m/s
1	0.97	0.97	1527.65	270.81	105.31
2	3.27	4.24	1692.43	405.64	199.03
3	9.29	13.53	1932.39	673.76	281.22
4	9.11	22.64	1809.03	834.30	414.82
5	---	---	1944.37	1710.82	492.14

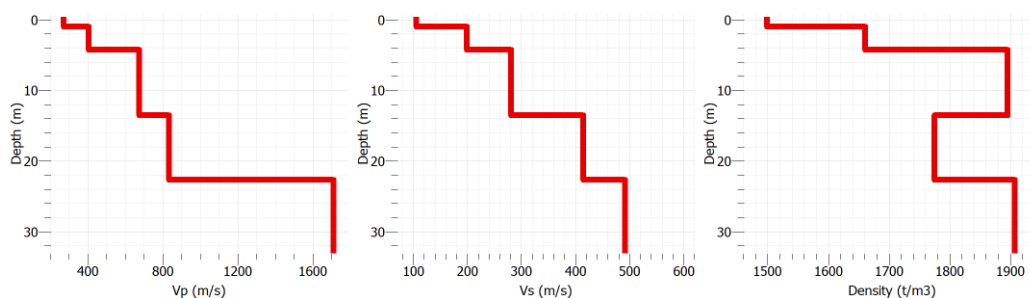
$$V_{s,eq}$$

$$\text{m/s}$$

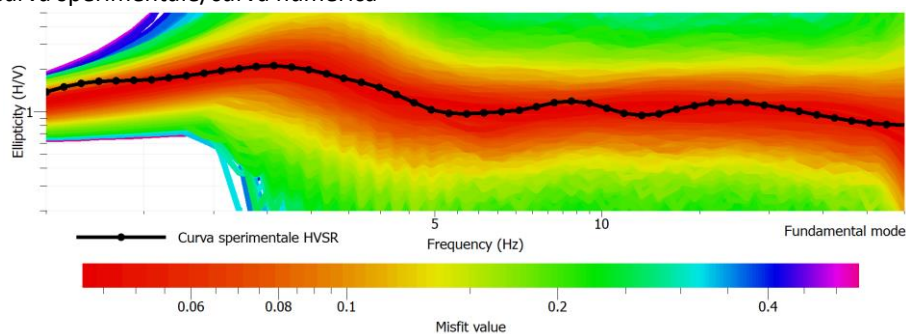
$$313.77$$

Il valore della $V_{s,eq}$ è compatibile con la Categoria di suolo tipo C

Profilo sismostratigrafico



Adattamento curva sperimentale/curva numerica



Indagine HV23



COORDINATE INDAGINE HV23

Tipo	Coord. X	Coord. Y	Quota (slm)	N. Foglio	N. Part.
HVSR	551.484,36 m	4.236.823,16 m	2.1 m	0020	515

Sistema di riferimento geografico ETRS89/UTM zone 33N

Caratteristiche strumentazione

Sismografo triassiale (SR04MT) - Sara E.I.

Convertitore A/D

Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Parametri di acquisizione

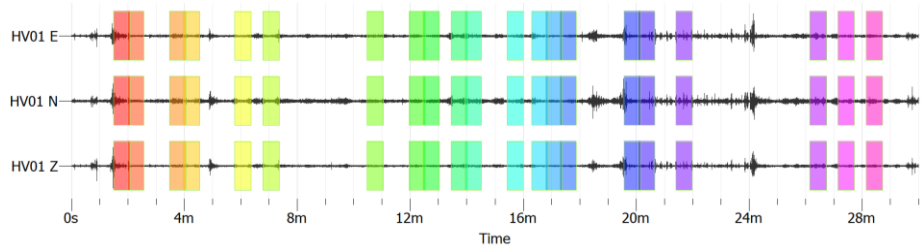
Nome file: **MT_20210507_105728.SAF**

Name	Component	Time Reference	T0 (s)	End Time (s)	Samp Freq (Hz)	Delta T	N Samples
R001	Vertical	07/05/2021 10:57	0s	31m20.000000s	300	0.0033	564000
R001	North	07/05/2021 10:57	0s	31m20.000000s	300	0.0033	564000
R001	East	07/05/2021 10:57	0s	31m20.000000s	300	0.0033	564000

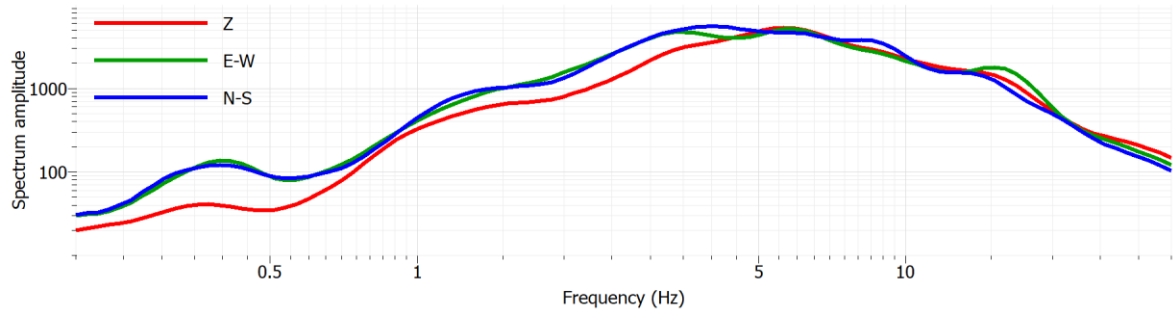
Parametri di elaborazione e risultati

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
35	21	280	0.380	0.047	3.37	1.33	MODERATO

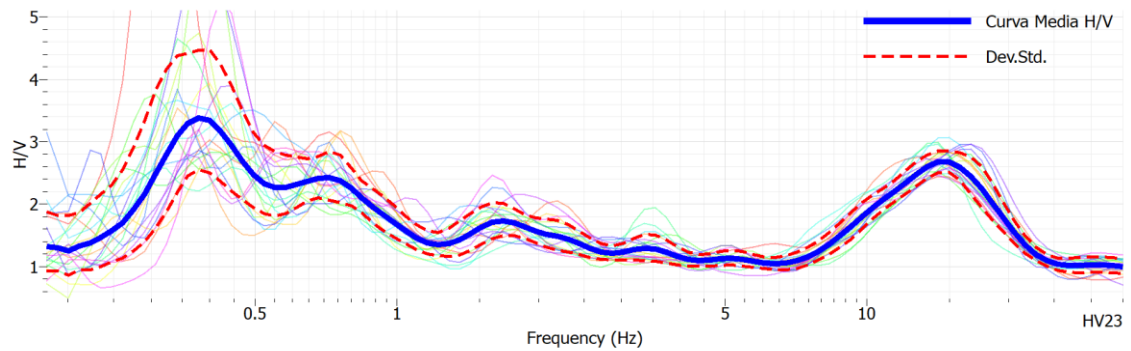
Tracce



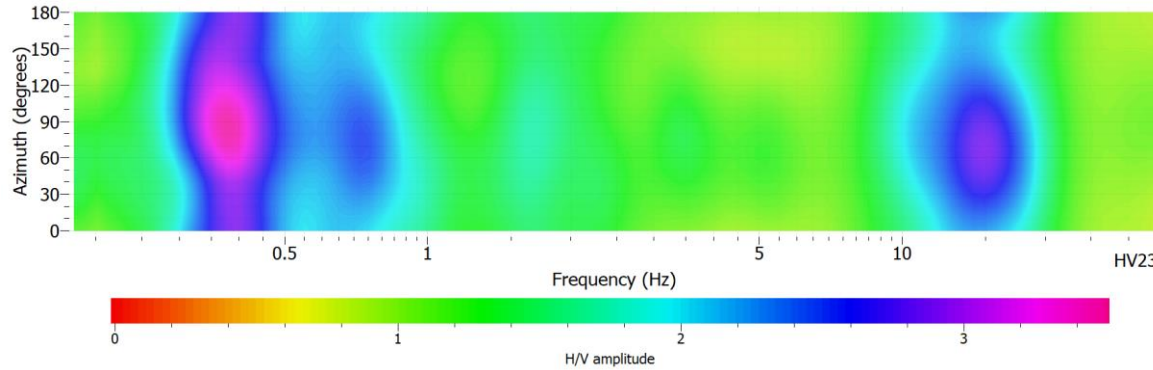
Spettro delle componenti



Spettro delle ampiezze H/V



Curva H/V sul piano orizzontale



Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/L_w$		0.39	>	0.29	OK
$n_c(f_0) > 200$		285	>	200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 27			OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$					
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.25	<	1.68	OK
	Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.25	<	1.35	OK
	$A_0 > 2$	3.36	>	2.00	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Δf	=	0.021	OK
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.061	<	0.078	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.33	<	2.50	OK

Velocità equivalente V_s

n.strati	h	z	peso vol.	Vp	Vs
	m	m	Kg/mc	m/s	m/s
1	0.78	0.78	1529.18	282.70	87.53
2	2.81	3.60	1685.68	482.21	188.39
3	4.72	8.32	1771.45	713.26	372.79
4	7.77	16.09	1957.66	1060.47	374.62
5	7.61	23.70	1979.67	1624.17	419.41
6	---	---	2100.12	1666.93	559.08

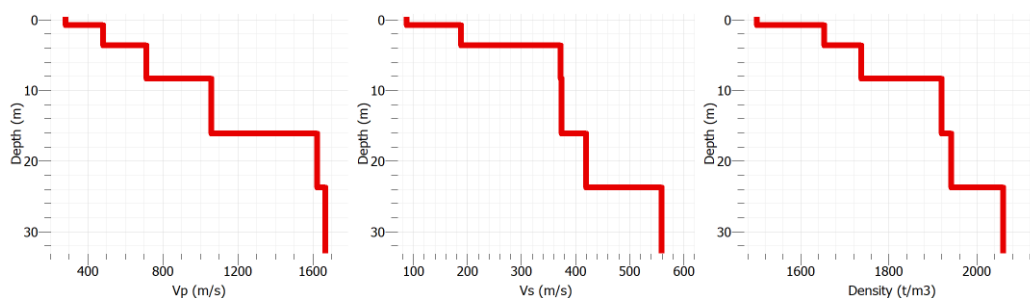
$$V_{s,eq}$$

$$\text{m/s}$$

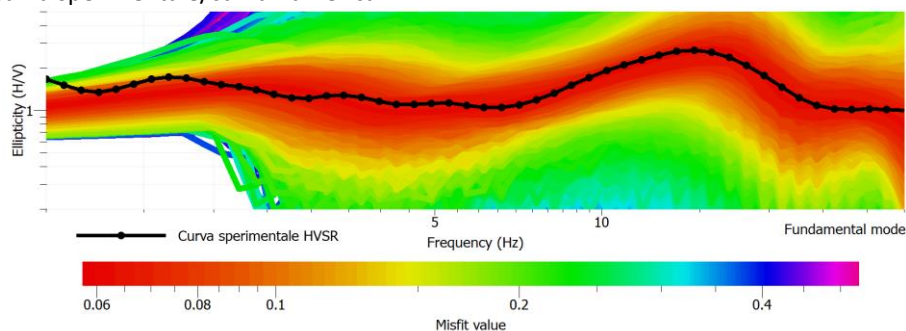
$$346.02$$

Il valore della $V_{s,eq}$ è compatibile con la Categoria di suolo tipo C

Profilo sismostratigrafico



Adattamento curva sperimentale/curva numerica



Indagine HV24



COORDINATE INDAGINE HV24

Tipo	Coord. X	Coord. Y	Quota (slm)	N. Foglio	N. Part.
HVSR	551.287,07 m	4.236.129,91 m	151.2 m	0040	1894

Sistema di riferimento geografico ETRS89/UTM zone 33N

Caratteristiche strumentazione

Sismografo triassiale (SR04MT) - Sara E.I.

Convertitore A/D

Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Parametri di acquisizione

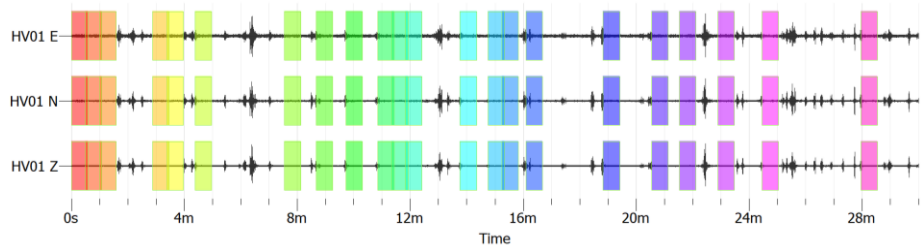
Nome file: **MT_20210505_101403.SAF**

Name	Component	Time Reference	T0 (s)	End Time (s)	Samp Freq (Hz)	Delta T	N Samples
R001	Vertical	05/05/2021 10:14	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	North	05/05/2021 10:14	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	East	05/05/2021 10:14	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000

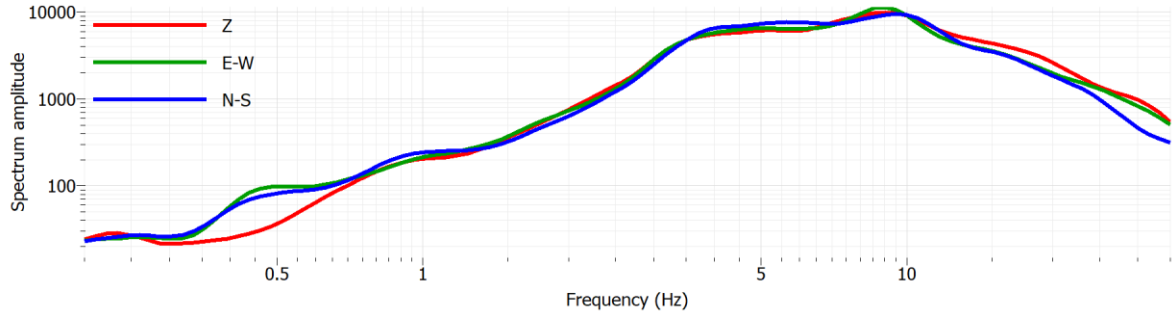
Parametri di elaborazione e risultati

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
35	22	353	0.458	0.037	2.99	1.28	BASSO

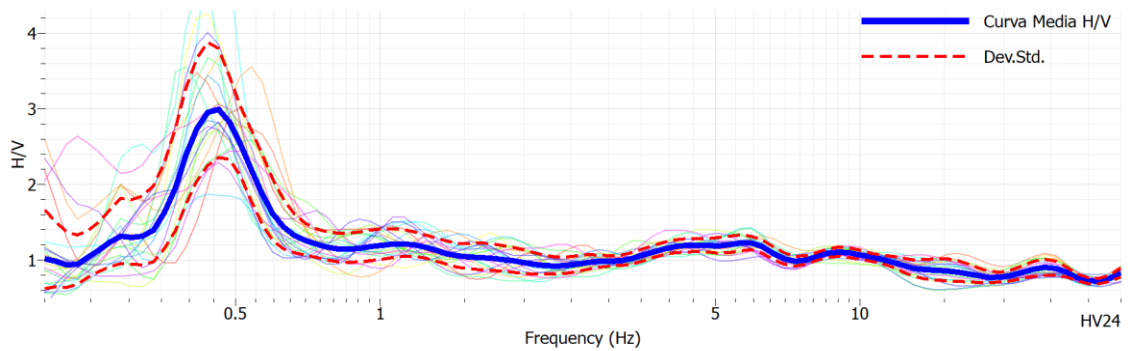
Tracce



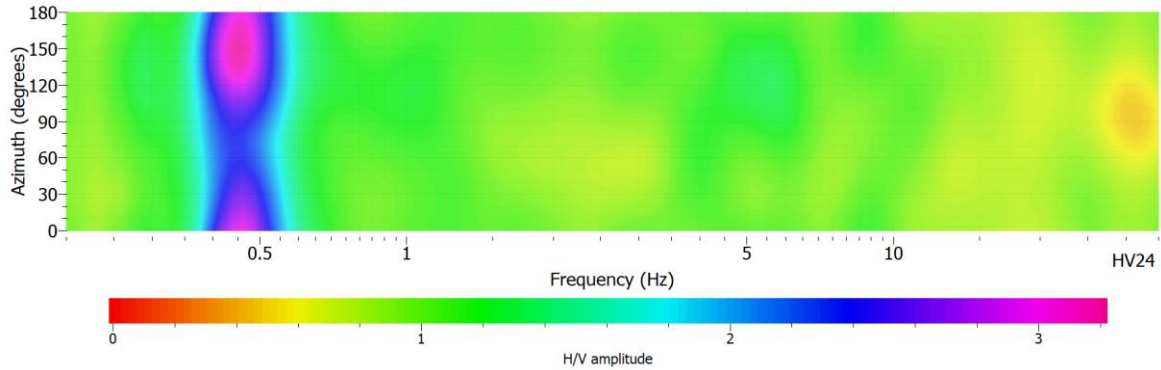
Spettro delle componenti



Spettro delle ampiezze H/V



Curva H/V sul piano orizzontale



Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/L_w$		0.46	>	0.29	OK
$n_c(f_0) > 200$		353	>	200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 28			OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$					
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	0.94	<	1.49	OK
	Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	0.94	<	1.01	OK
	$A_0 > 2$	2.99	>	2.00	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Δf	=	-0.023	OK
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.037	<	0.092	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.28	<	2.50	OK

Velocità equivalente V_s

n.strati	h	z	peso vol.	Vp	Vs
	m	m	Kg/mc	m/s	m/s
1	0.90	0.90	1730.94	391.60	141.85
2	4.54	5.44	1822.36	432.86	223.05
3	5.76	11.20	1953.75	749.81	364.31
4	9.29	20.49	1753.84	915.57	391.46
5	---	---	2007.57	1660.28	570.60

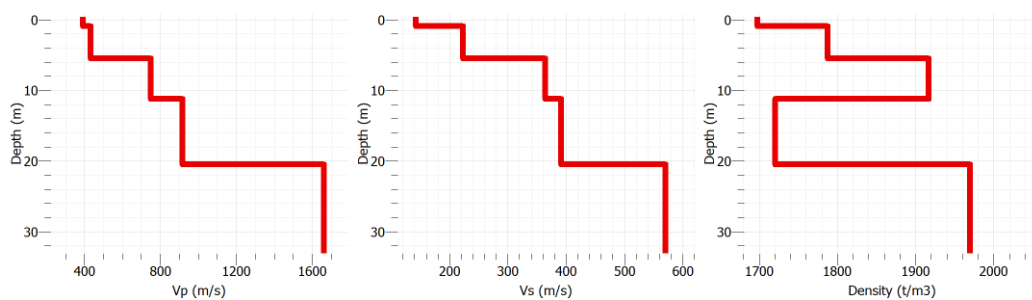
$$V_{s,eq}$$

$$\text{m/s}$$

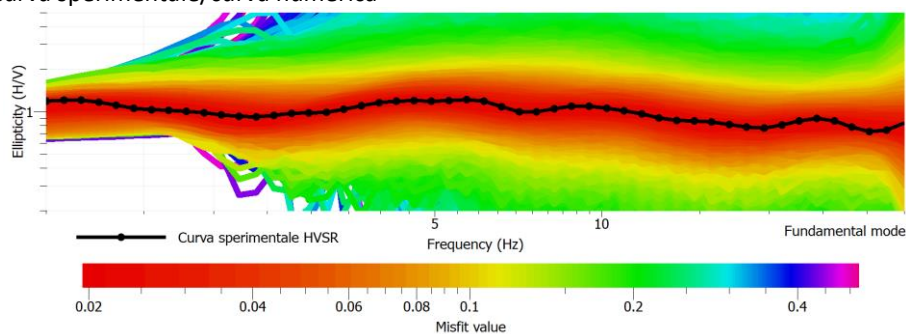
$$361.88$$

Il valore della $V_{s,eq}$ è compatibile con la Categoria di suolo tipo B

Profilo sismostratigrafico



Adattamento curva sperimentale/curva numerica



Indagine HV25



COORDINATE INDAGINE HV25

Tipo	Coord. X	Coord. Y	Quota (slm)	N. Foglio	N. Part.
HVSR	551.429,96 m	4.235.593,54 m	129.05 m		

Sistema di riferimento geografico ETRS89/UTM zone 33N

Caratteristiche strumentazione

Sismografo triassiale (SR04MT) - Sara E.I.

Convertitore A/D

Risoluzione:	24 bits
Campionamento:	Simultaneo sui tre canali pilotato dal microcontrollore
Frequenze di campionamento:	10,20,25,50,100,200,600 SPS
Filtro anti-alias	1 pole 8,8 Hz standard
Range di ingresso:	1,25V peak-to-peak (+/- 0,0625V)
Soglia di rumore:	≤ -124 dB @ 100 SPS

Parametri di acquisizione

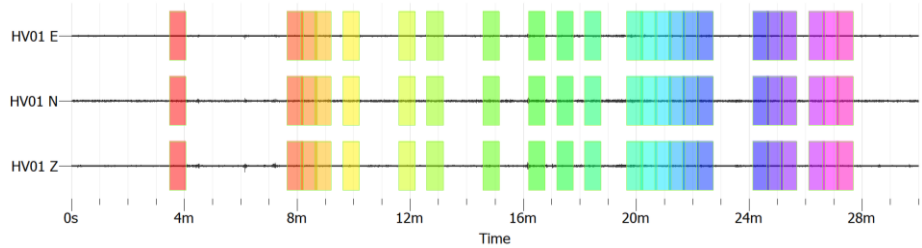
Nome file: **MT_20210507_090030.SAF**

Name	Component	Time Reference	T0 (s)	End Time (s)	Samp Freq (Hz)	Delta T	N Samples
R001	Vertical	07/05/2021 09:00	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	North	07/05/2021 09:00	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000
R001	East	07/05/2021 09:00	0s	30m0.000000s	300	0.0033	540000

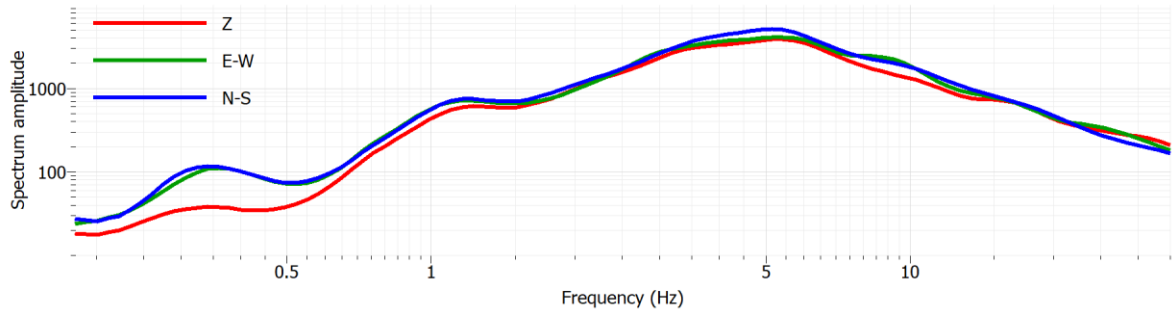
Parametri di elaborazione e risultati

Window length l_w [s]	Number of windows n_w	Number of significant cycles n_c	Frequency statistics from individual windows				Grado del contrasto di impedenza sismica
			f_0 [Hz]	σ_f [Hz]	A_0	$\sigma_A(f_0)$	
35	23	292	0.362	0.036	3.20	1.22	MODERATO

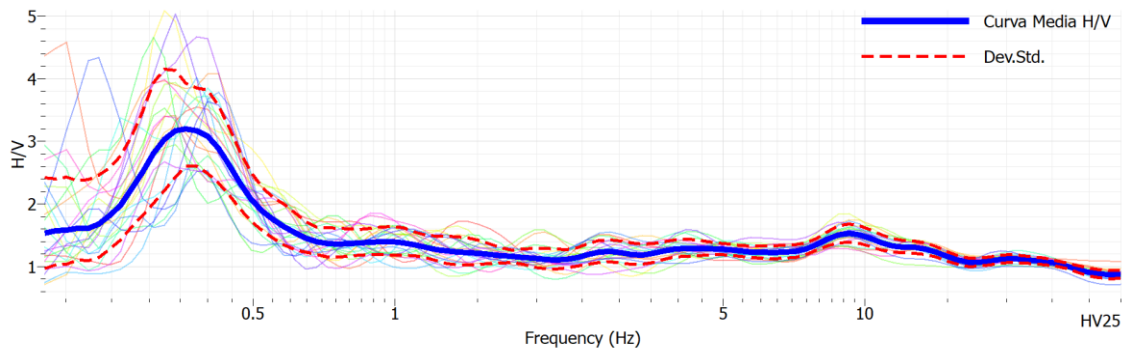
Tracce



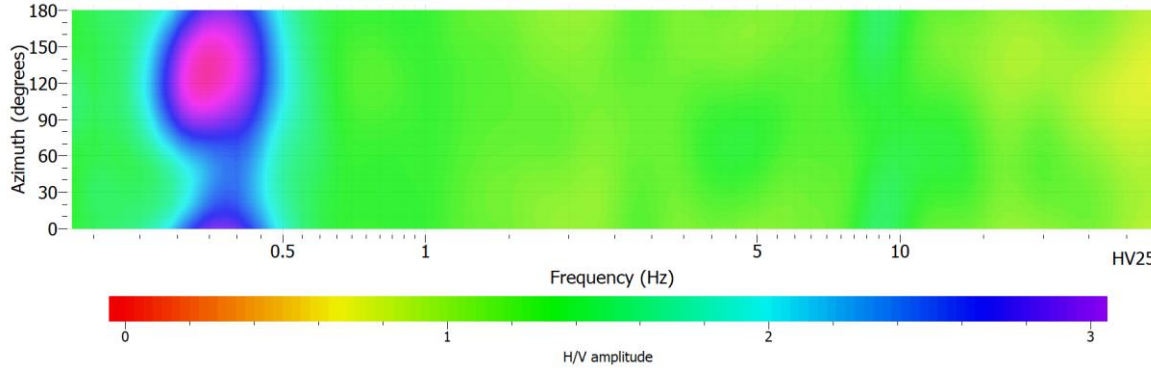
Spettro delle componenti



Spettro delle ampiezze H/V



Curva H/V sul piano orizzontale



Criteri per una curva H/V affidabile					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
$f_0 > 10/L_w$		0.36	>	0.29	OK
$n_c(f_0) > 200$		292	>	200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		Superato 0 volte su 27			OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$					
Criteri per un picco H/V chiaro					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1.53	<	1.60	OK
	Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.53	>	1.22	OK
	$A_0 > 2$	3.20	>	2.00	OK
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Δf	=	-0.036	NO
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.036	<	0.072	OK
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.22	<	2.50	OK

Velocità equivalente V_s

n.strati	h	z	peso vol.	Vp	Vs
	m	m	Kg/mc	m/s	m/s
1	0.94	0.94	1640.00	344.92	108.84
2	4.23	5.17	1789.86	423.03	218.20
3	9.86	15.03	1845.55	865.88	390.72
4	9.86	24.89	1840.03	901.94	447.11
5	---	---	2087.37	1614.46	557.63

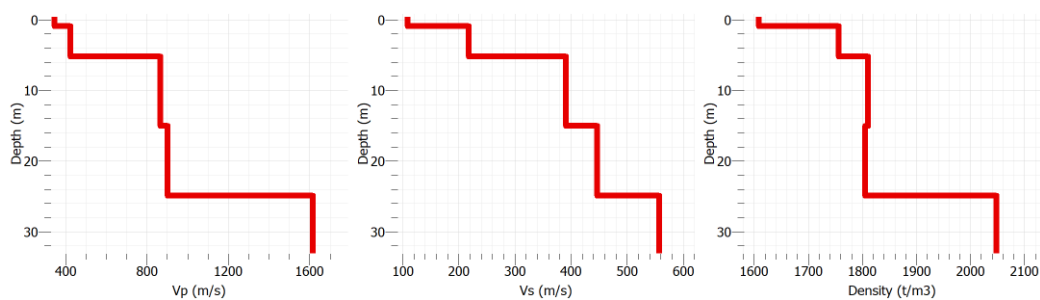
$$V_{s,eq}$$

$$\text{m/s}$$

$$355.23$$

Il valore della $V_{s,eq}$ è compatibile con la Categoria di suolo tipo B

Profilo sismostratigrafico



Adattamento curva sperimentale/curva numerica

