REGIONE BASILICATA
COMUNE DI FORENZA (PZ)

PROGETTO PER LA COSTRUZIONE DI UNA RESIDENZA SOCIO-ASSISTENZIALE PER ANZIANI DA REALIZZARSI IN ZONA PAIP

ELABORATI:

1_RELAZIONE GENERALE
2_INQUADRAMENTO GENERALE
3_DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
4_PIANTA QUOTATA
5_PIANTA QUOTATA COPERTURA
6_PIANTA DESTINAZIONE AMBIENTI
7_PIANTA ARREDATA
8_PIANTA VERIFICA PARAMETRI AEROILLUMINANTI
9_PROSPETTI A
10_PROSPETTI B
11_SEZIONI A
12_SEZIONI B
13_IMMAGINI FOTOREALISTICHE A
14_IMMAGINI FOTOREALISTICHE B
15_PROGETTO DELLE STRUTTURE
16_PIANO DI MANUTENZIONE DELL'OPERA
17_PIANO SICUREZZA E COORDINAMENTO
18_CRONOPROGRAMMA
19_ELENCO PREZZI UNITARI
20_COMPUTO METRICO ESTIMATIVO
21_QUADRO ECONOMICO
22_SCHEMA DI CONTRATTO
23_CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

MAGLIETTA BRUNO ROSARIO
2024.02.09 11:03:17
CN=MAGLIETTA BRUNO ROSARIO
C=IT
2.5.4.4=MAGLIETTA
2.5.4.42=BRUNO ROSARIO
Maglietta Bruno Rosario
RSA/2048 bits
Geometra

Forenza, gennaio 2023

TAV: n. 24

ELABORATO:

INDAGINI GEOLOGICHE

SCALA:

Committente:

COMUNE DI FORENZA

Progetto Architettonico:
RTP STIGLIANI NICOLA:
Architetto Nicola Stigliani
Geometra Bruno Rosario Maglietta

ORDINE DEGLI PIANIFICATORI PAESAGGISTI E CONSERVATORI PROVINCIA DI POTENZA
Nicola Stigliani
architetto

Progetto Strutturale:
RTP STIGLIANI NICOLA:
Architetto Nicola Stigliani
Geometra Bruno Rosario Maglietta

Responsabile Unico del Procedimento:
Architetto Daniela Conversano

Firmato digitalmente da:
STIGLIANI NICOLA
Firmato il 05/02/2024 11:59
Serial#: Certificato 2449837
Valido dal 16/05/2023 al 16/05/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

QGeo
Geologia Energia & Ambiente



Comune di **FORENZA**

Oggetto : COSTRUZIONE DI UNA RESIDENZA SOCIO-ASSISTENZIALE PER ANZIANI DA REALIZZARSI IN ZONA PAIP

ELABORATO		DATA
A.1	Cartografia tematica	13/10/2022

Dr Geol ANTONIETTA CILUMBRIELLO
Via Albani, snc
85013 - Genzano di Lucania (PZ)
qgeo.lab@gmail.com
mob: 347/1848562

ORDINE DEI GEOLOGI
GEOLOGO
ANTONIETTA
CILUMBRIELLO
n. 452
Sez. A
BASILICATA

N	Data	Motivo
0	13/10/2022	COSTRUZIONE DI UNA RESIDENZA SOCIO-ASSISTENZIALE PER ANZIANI DA REALIZZARSI IN ZONA PAIP

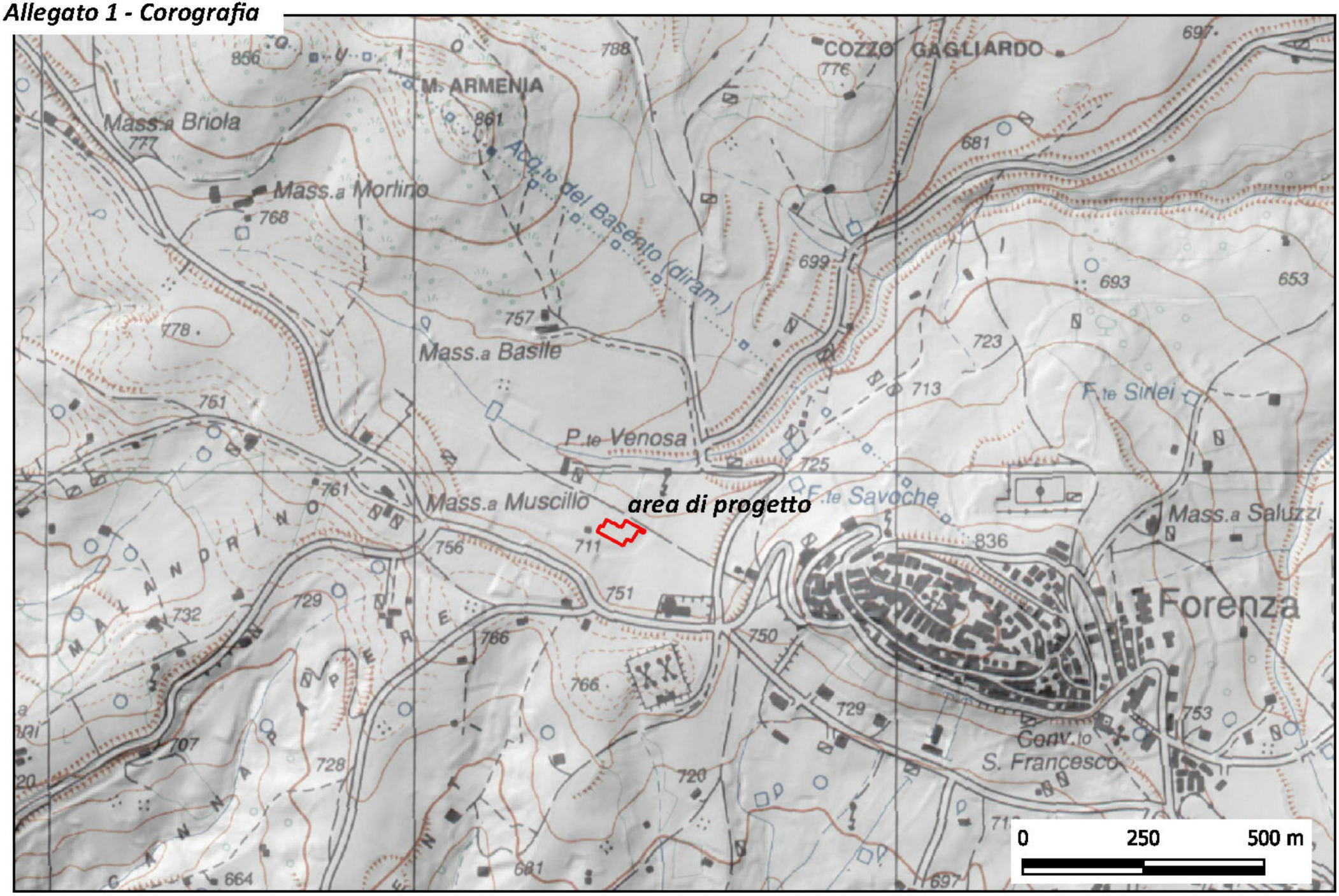
SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI

TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI. LA RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE DEL DISEGNO È VIETATA

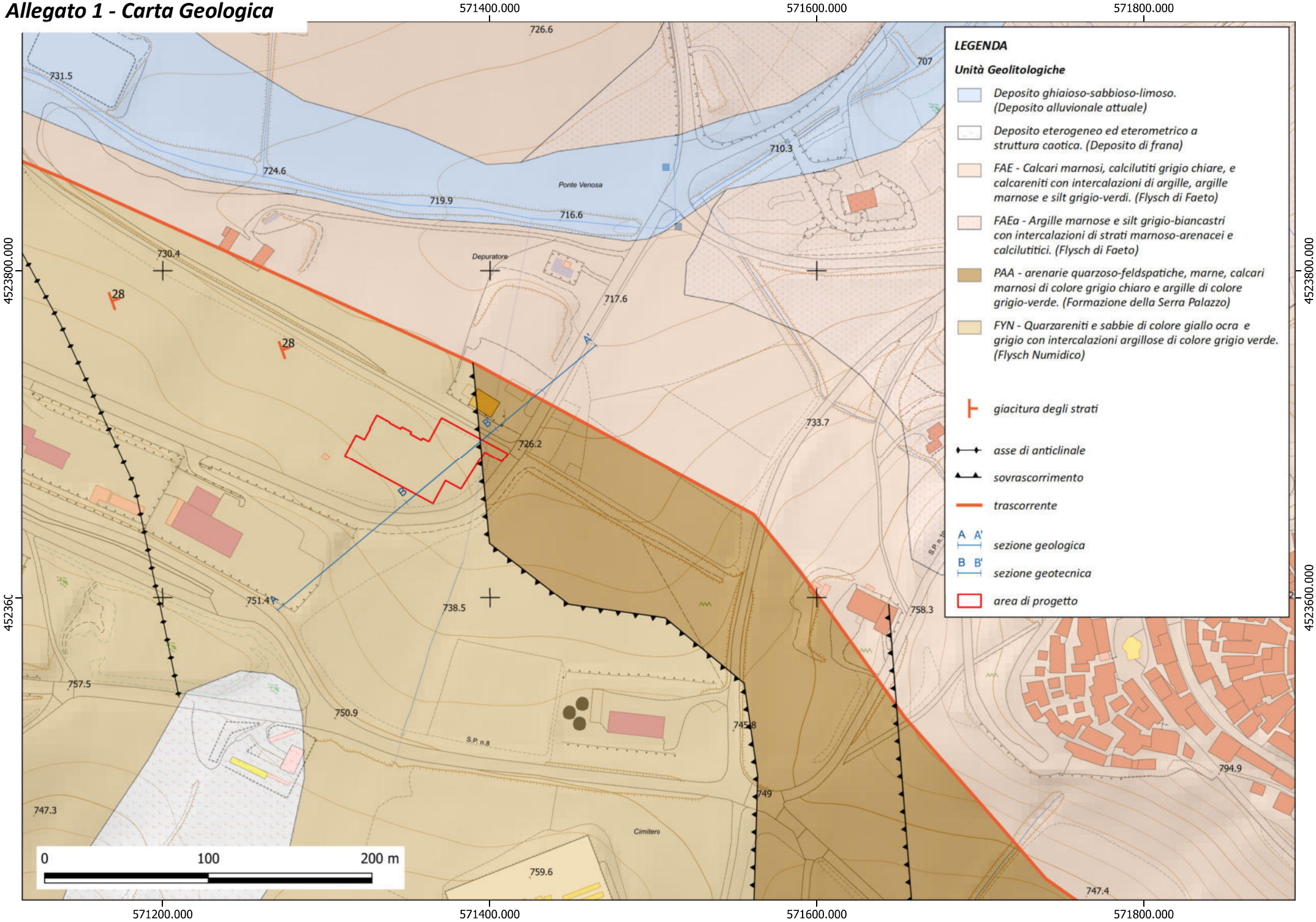
ELABORATO A.1 - CARTOGRAFIA TEMATICA

1. Corografia dell'area di progetto – scala 1:10.000
2. Carta Geologica - scala 1:2.000
3. Carta Geomorfologica – scala 1:2.000
4. Sezione Geologica - scala 1:1.000
5. Modello Geologico e Geotecnico – 1:250
6. Stralcio dalla Carta del Rischio frana dell'Autorità di Bacino della Basilicata

Allegato 1 - Corografia



Allegato 1 - Carta Geologica



Allegato 1 - Carta Geomorfologica

571400.000

571600.000

4523800.000

4523600.000

731.5
732
726.6
721.6
703.7
707
710.3
724.6
719.9
716.6
730.4
Depuratore
Ponte Venosa
717.6
724.6
Sanbuco
Fonte Sevoche
744.9
726.2
733.7
751.4
738.5
753.8
757.5
750.9
765.8
759.9
747.3
745.8
749
S.P. n.8
Cimitero

LEGENDA

- area di progetto
- corpo di frana
- pozzi e/o sorgenti

elementi morfologici

- fossi
- orlo di scarpata

elementi tettonici

- sovrascorrimento
- faglia trascorrente
- asse di anticlinale

0 75 150 m

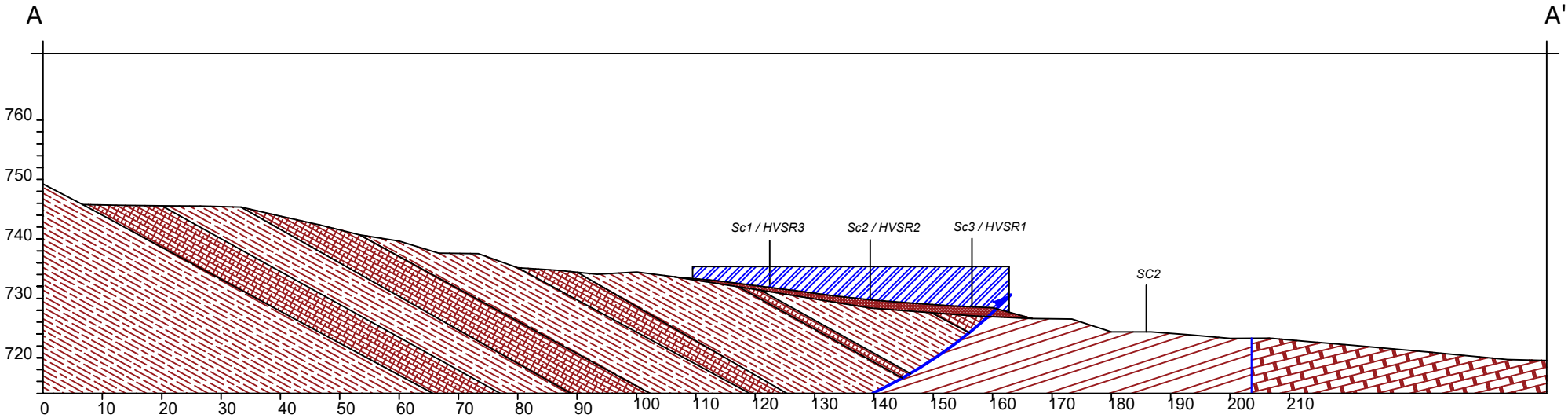
571200.000

571400.000

571600.000

ALLEGATO 1 - Sezione Geologica

sc 1:1.000



Legenda

Calcari marnosi, calcilutiti grigio chiare, e calcareniti con intercalazioni di argille, argille marnose e silt grigio-verdi.
(Flysch di Faeto)

Sabbie quarzoso-feldspatiche, arenarie, marne, calcari marnosi di colore grigio chiaro e argille di colore grigio-verde.
(Formazione di Serra Palazzo)

Quarzareniti e sabbie di colore giallo ocra e grigio con intercalazioni argillose di colore grigio verde (Flysch Numidico)

HVSR1 — *misura di microtremore*

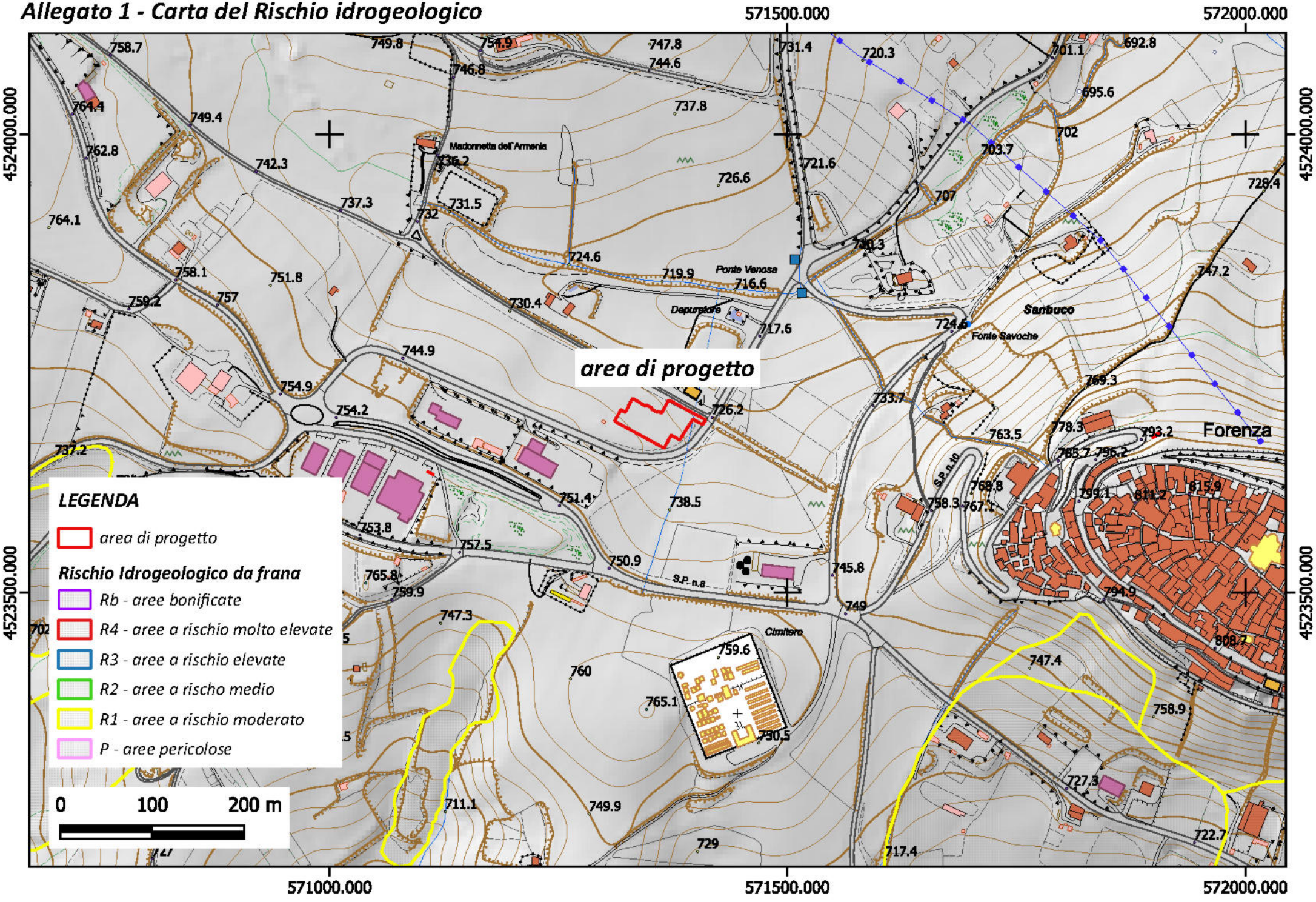
Sc1 — *pozzetto esplorativo*

Sc2 — *trincea geognostica preesistente*

faglia trascorrente

sovrascorrimento

Allegato 1 - Carta del Rischio idrogeologico



QGeo
Geologia Energia & Ambiente



Comune di **FORENZA**

Oggetto : COSTRUZIONE DI UNA RESIDENZA SOCIO-ASSISTENZIALE PER ANZIANI DA REALIZZARSI IN ZONA PAIP

ELABORATO A.2	Indagini geognostiche	DATA 13/10/2022

Dr Geol ANTONIETTA CILUMBRIELLO
Via Albani, snc
85013 - Genzano di Lucania (PZ)
qgeo.lab@gmail.com
mob: 347/1848562

ORDINE DEI GEOLOGI GEOLOGO ANTONIETTA CILUMBRIELLO n. 452 Sez. A BASILICATA

N	Data	Motivo
0	13/10/2022	COSTRUZIONE DI UNA RESIDENZA SOCIO-ASSISTENZIALE PER ANZIANI DA REALIZZARSI IN ZONA PAIP

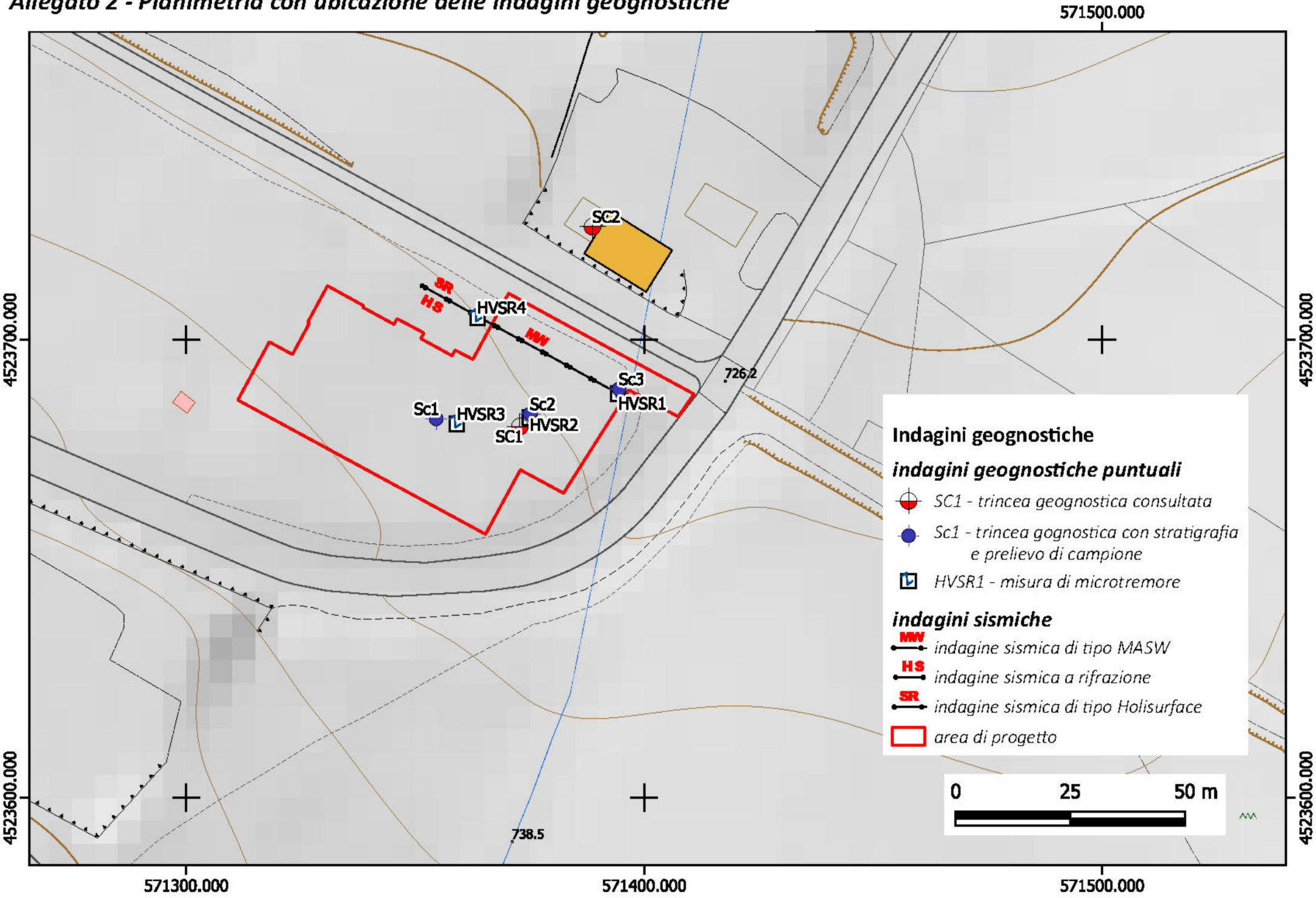
SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI

TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI. LA RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE DEL DISEGNO È VIETATA

ELABORATO A.2 – INDAGINI GEOGNOSTICHE

1. Cartografia con ubicazione delle indagini geognostiche - scala 1:1.000.
2. Stratigrafie di pozzetto esplorativo
3. Certificati di labortorio geotecnico
4. Relazione Indagini sismiche

Allegato 2 - Planimetria con ubicazione delle indagini geognostiche



Committente: Comune di Forenza

Trincea geognostica Sc1

Cantiere: - Forenza Data:28/08/2022

Prof. m. da p.c.	Strat.	Descrizione	Prof. falda	Campioni
0,7 m		terreno vegetale argilloso, nerastro, con inclusi lapidei		
1,3 m		argilla con limo-sabbiosa		
2,8 m		sabbia giallo ocra con argilla		
3,4 m		argilla con limo-sabbiosa		



Committente: Comune di Forenza

Trincea geognostica Sc2

Cantiere: - Forenza

Data:28/08/2022

Prof. m. da p.c.	Strat.	Descrizione	Prof. falda	Campioni
1,4 m		terreno vegetale sabbioso-limoso con inclusi lapidei		
3,6 m		argilla con limo-sabbiosa		2,2 m C1



Committente: Comune di Forenza

Trincea geognostica Sc3

Cantiere: - Forenza Data:28/08/2022

Prof. m. da p.c.	Strat.	Descrizione	Prof. falda	Campioni
1,5 m		terreno vegetale sabbioso-limoso con inclusi lapidei		
2,7 m		sabbia giallo ocra con argilla grigio-verdastra		



STRATIGRAFIA

SCALA 1 : 50 Pagina 1/1

Riferimento: REGOLAMENTO URBANISTICO	Sondaggio: TRINCEA GEOGNOSTICA 1
Località: FORENZA (PZ)	Quota: 782 metri slm
Impresa esecutrice:	Data: DIC 2003
Coordinate:	Redattore:
Perforazione:	

metri bat.	LITOLOGIA	Prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE
1 2 3		3,20	3,20	suolo vegetale di colore marrone scuro
4		4,50	1,30	argille e limi di colore avano con detriti

STRATIGRAFIA

SCALA 1 : 50 Pagina 1/1

Riferimento: REGOLAMENTO URBANISTICO	Sondaggio: TRINCEA GEOGNOSTICA 2
Località: FORENZA (PZ)	Quota: 784 metri slm
Impresa esecutrice:	Data: DIC 2003
Coordinate:	Redattore:
Perforazione:	

metri bat.	LITOLOGIA	Prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE
		0,90	0,90	suolo vegetale
1 2 3		3,00	2,10	sabbie quarzoso-feldspatiche, compatte e massive, di colore giallastro con qualche livello di argille verdi

laboratorio geoTecnico GeoTest s.a.s. di Carbone Andrea & C.
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania
RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)
SONDAGGIO: SC2 **CAMPIONE:** C1 **PROFONDITA': m** 2,60-2,80

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	34,5	%
Peso di volume	18,0	kN/m³
Peso di volume secco	13,4	kN/m³
Peso di volume saturo	18,4	kN/m³
Peso specifico	2,78	
Indice dei vuoti	1,041	
Porosità	51,0	%
Grado di saturazione	92,1	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	70,2	%
Limite di plasticità	33,7	%
Indice di plasticità	36,5	%
Indice di consistenza	0,98	
Passante al set. n° 40	SI	

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	0,7	%
Sabbia	5,1	%
Limo	11,9	%
Argilla	82,3	%

CLASSIFICAZIONE

CNR-UNI 10006/00	A7-5	I.G. = 20

TAGLIO DIRETTO

Coesione:	5,0	kPa
Angolo di attrito interno:	15,7	°

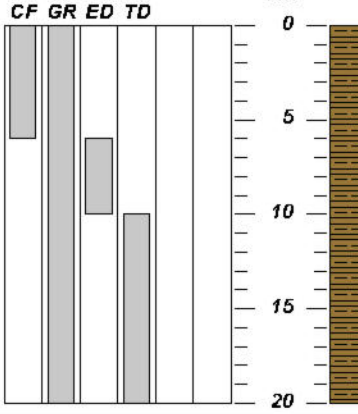
PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
49,0 ÷ 98,1	3831	0,000271	6,94E-09
98,1 ÷ 196,1	3296	0,000037	1,09E-09
196,1 ÷ 392,3	5351	0,000078	1,42E-09
392,3 ÷ 784,5	9626	---	---
784,5 ÷ 1569,0	19694	---	---
1569,0 ÷ 3138,0	33408	---	---

FOTOGRAFIA



Firmato digitalmente da
Andrea Carbone
O = GEOTEST di Carbone Andrea e C. s.a.s.
SerialNumber = TINIT-CRBNDR88S03F104P
e-mail = laboratorio@geotest.it
C = IT
Data e ora della firma: 21/09/2022 19:06:18



Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
120			Argilla limosa debolmente sabbiosa (f), di colore verde, consistente e a struttura scagliosa. Reagente all'HCl.
110			
120			Qualità del campione: Q5
		20	

902-22

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

laboratorio geoTecnico GeoTest s.a.s. di Carbone Andrea & C.
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001- Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

COMMITTENTE:	***Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania***	
RIFERIMENTO:	***Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)***	
SONDAGGIO: ***SC2***	***CAMPIONE:*** ***C1***	***PROFONDITA': m 2,60-2,80***

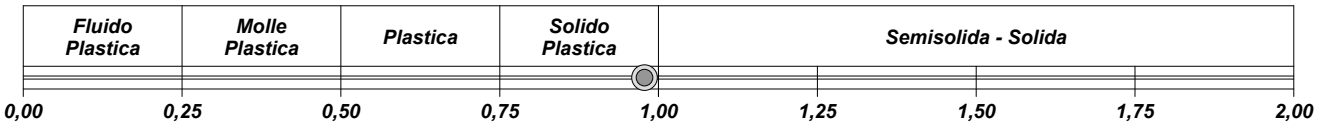
CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

Classifica A.G.I. — ***Argilla limosa debolmente sabbiosa***

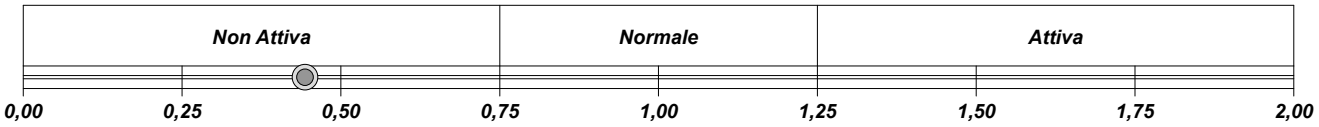
CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

Abaco di plasticità di Casagrande — ***MH o OH - Limi inorganici o argille e limi organici ad alta compressibilità***

I.C. = Indice di consistenza = (LL - Wn) / IP = 0,98

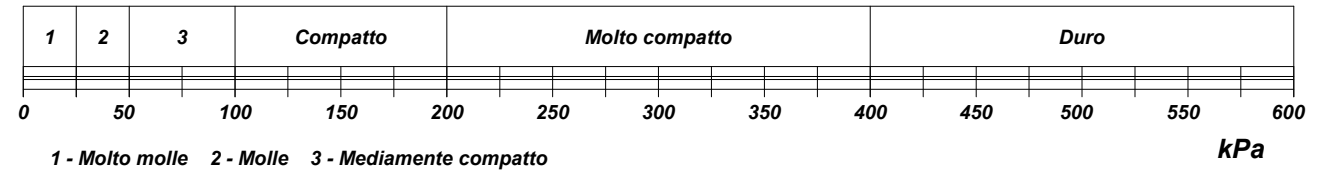


A = Attività (Skempton) = IP / CF (clay fraction) = 0,44



CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata = = 0 kPa

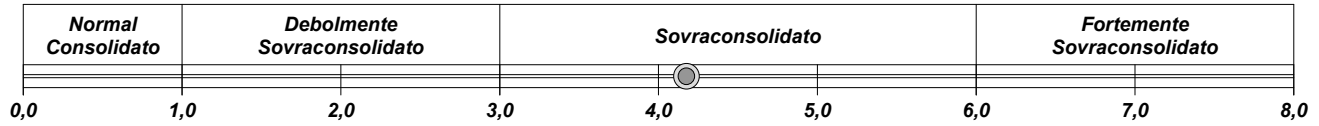


1 - Molto molle 2 - Molle 3 - Mediamente compatto

CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 49,3kPa
Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 205,7kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 4,18



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

laboratorio geoTecnico GeoTest s.a.s. di Carbone Andrea & C.
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001- Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04352	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/09/22	Inizio analisi: 01/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 293 del 31/08/22		Apertura campione: 01/09/22	Fine analisi: 02/09/22

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania

RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)

SONDAGGIO: SC2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2,60-2,80

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D2216-19

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 34,5 %

Struttura del materiale:
- ◉ Omogeneo
- ☐ Stratificato
- ☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Dimensione massima delle particelle: 5,00 mm

902-22

LO SPERIMENTATORE
dott. Geol. GRAZIANO Giuseppe Mario

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

laboratorio geoTecnico GeoTest s.a.s. di Carbone Andrea & C.
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001- Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04353 Pagina 1/1		DATA DI EMISSIONE: 21/09/22	Inizio analisi: 01/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 293 del 31/08/22		Apertura campione: 01/09/22	Fine analisi: 01/09/22

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania

RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)

SONDAGGIO: SC2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2,60-2,80

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377:1975 Test 15

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 18,0 kN/m³

902-22

LO SPERIMENTATORE
dott. Geol. GRAZIANO Giuseppe Mario

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

laboratorio geoTecnico GeoTest s.a.s. di Carbone Andrea & C.
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001- Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04354	*Pagina 1/1*	*DATA DI EMISSIONE: 21/09/22*	*Inizio analisi: 01/09/22*
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 293 del 31/08/22		*Apertura campione: 01/09/22*	*Fine analisi: 02/09/22*

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania

RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)

SONDAGGIO: SC2 *CAMPIONE: C1* *PROFONDITA': m 2,60-2,80*

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D854

γ_s *= Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2,78*

γ_{sc} *= Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2,78*

Metodo: ☉ ***A*** ☐ ***B***

Capacità del picnometro: *100 ml*

Temperatura di prova: *24,2 °C*

Dimensione massima delle particelle: *5,00 mm*

Disaerazione eseguita per bollitura e sotto vuoto

902-22

LO SPERIMENTATORE
dott. Geol. GRAZIANO Giuseppe Mario

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

laboratorio geoTecnico GeoTest
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768
s.a.s. di Carbone Andrea & C.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001- Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04355	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/09/22	Inizio analisi: 02/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 293 del 31/08/22		Apertura campione: 01/09/22	Fine analisi: 03/09/22

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania
RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)
SONDAGGIO: SC2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2,60-2,80

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma ASTM D4318-17e1

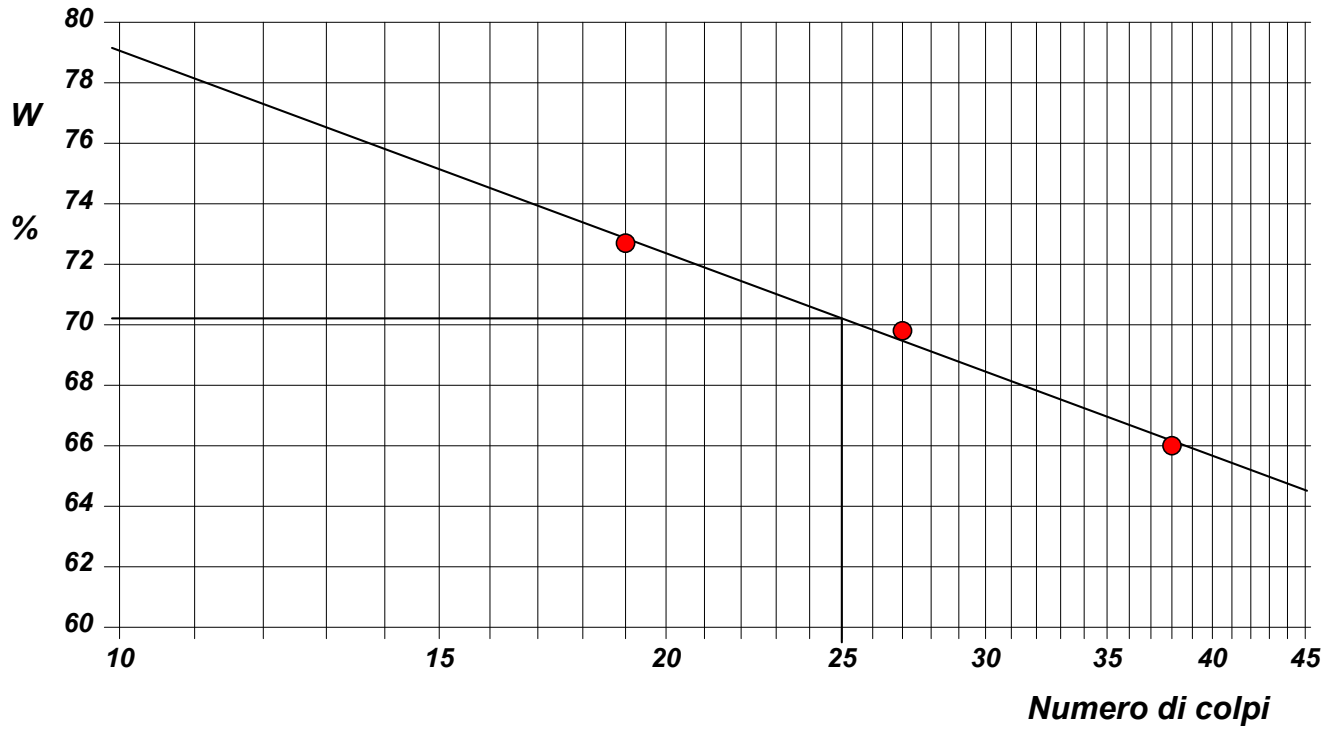
Limite di liquidità	70,2	%
Limite di plasticità	33,7	%
Indice di plasticità	36,5	%

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					
Numero di colpi	19	27	38		
Umidità (%)	72,7	69,8	66,0		

LIMITE DI PLASTICITA'		
Umidità (%)	31,4	35,9
Umidità media	33,7	

Determinazione del Limite di liquidità



902-22

LO SPERIMENTATORE
dott. Geol. GRAZIANO Giuseppe Mario

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

laboratorio geoTecnico GeoTest s.a.s. di Carbone Andrea & C.
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001- Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04355 Allegato 1		DATA DI EMISSIONE: 21/09/22	Inizio analisi: 02/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 293 del 31/08/22		Apertura campione: 01/09/22	Fine analisi: 03/09/22

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania

RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)

SONDAGGIO: SC2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2,60-2,80

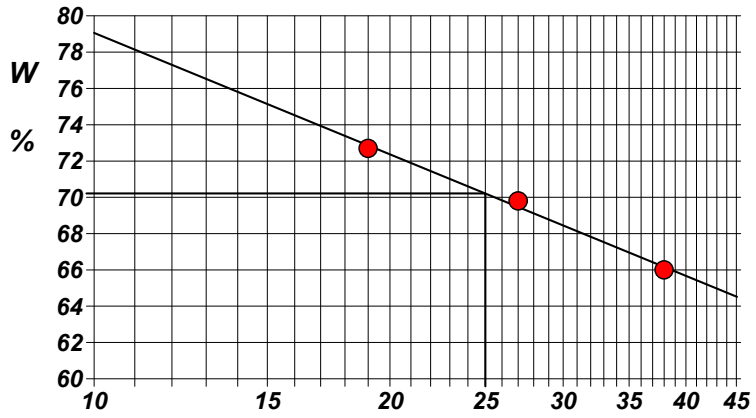
ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D4318-17e1

Limite di liquidità	70,2	%
Limite di plasticità	33,7	%
Indice di plasticità	36,5	%
Indice di consistenza	0,98	
Passante al set. n° 40	SI	

C - Argille inorganiche	L - Bassa compressibilità
M - Limi inorganici	I - Media compressibilità
O - Argille e limi organici	H - Alta compressibilità

Determinazione del Limite di liquidità



ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

I.P. = 0.73 · (L.L. - 20)

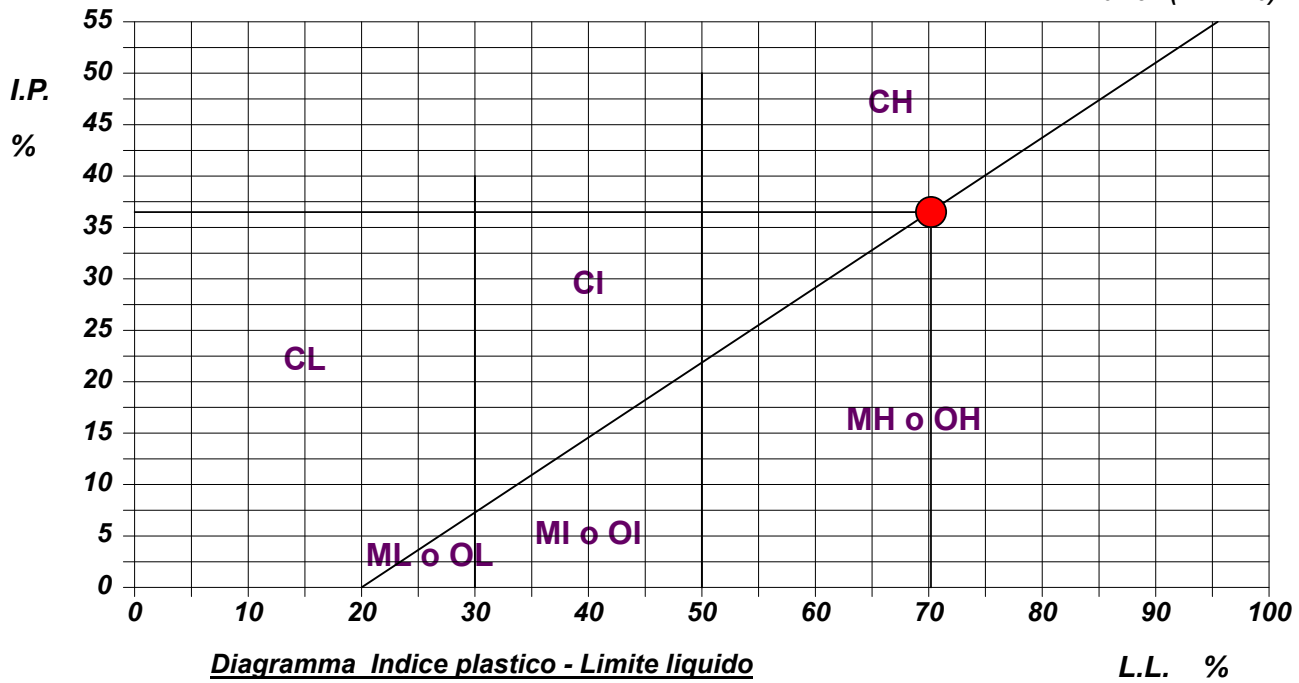


Diagramma Indice plastico - Limite liquido

902-22

LO SPERIMENTATORE
dott. Geol. GRAZIANO Giuseppe Mario

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

laboratorio geoTecnico GeoTest
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768
s.a.s. di Carbone Andrea & C.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001- Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04356	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/09/22	Inizio analisi: 01/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 293 del 31/08/22		Apertura campione: 01/09/22	Fine analisi: 08/09/22

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania

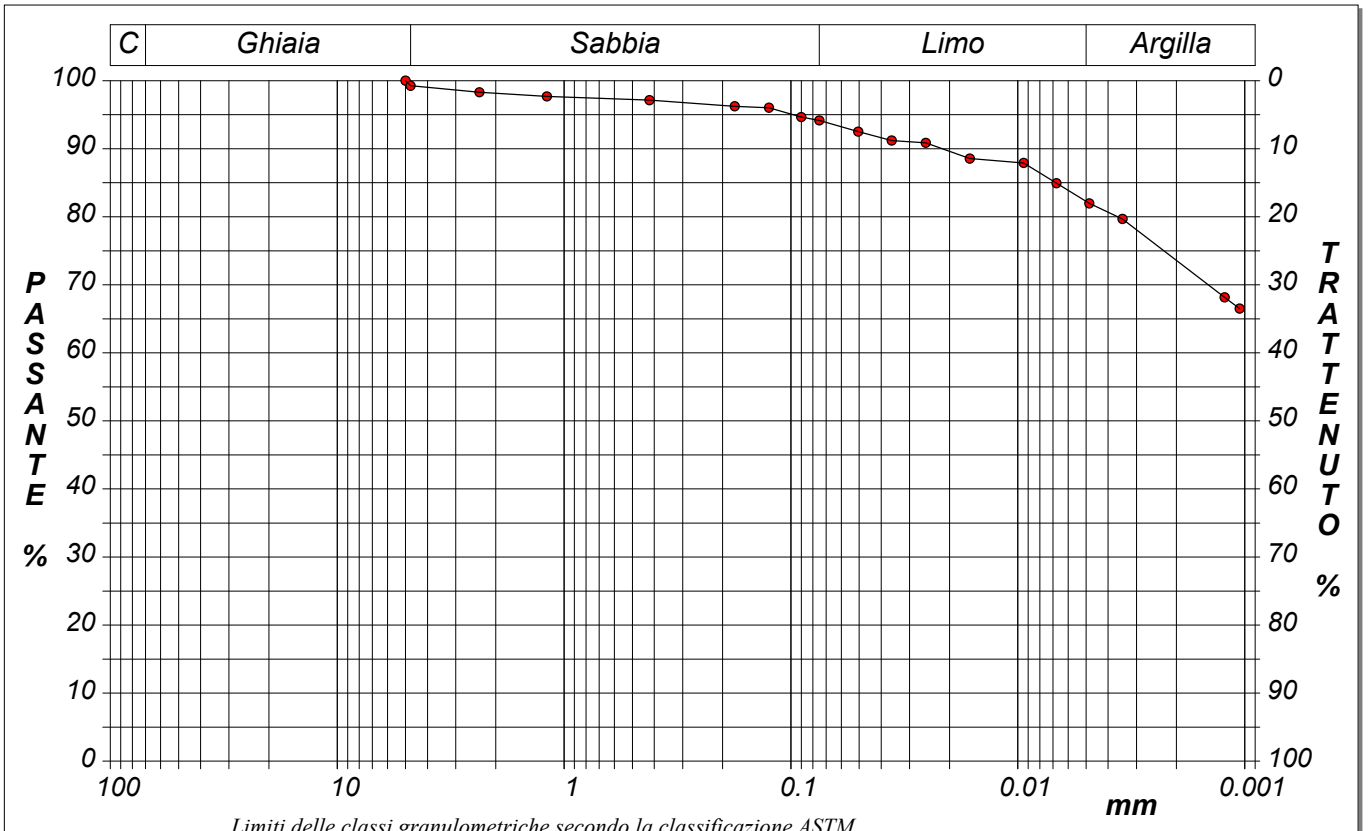
RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)

SONDAGGIO: SC2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2,60-2,80

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-4 - ASTM 422-63

Ghiaia	0,7 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	98,1 %	D_{10}	--- mm
Sabbia	5,1 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	97,1 %	D_{30}	--- mm
Limo	11,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	94,2 %	D_{50}	--- mm
Argilla	82,3 %			D_{60}	--- mm
Coefficiente di uniformità	---	Coefficiente di curvatura	---	D_{90}	0,02152 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
5,0000	100,00	0,1770	96,25	0,0359	91,19	0,0048	81,98		
4,7500	99,26	0,1250	96,02	0,0255	90,87	0,0035	79,67		
2,3600	98,29	0,0900	94,65	0,0163	88,56	0,0012	68,15		
1,1900	97,68	0,0750	94,16	0,0094	87,90	0,0011	66,50		
0,4200	97,13	0,0505	92,51	0,0068	84,94				

902-22

LO SPERIMENTATORE
dott. Geol. GRAZIANO Giuseppe Mario

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

laboratorio geoTecnico GeoTest s.a.s. di Carbone Andrea & C.
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001- Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04356 Allegato 1		DATA DI EMISSIONE: 21/09/22	Inizio analisi: 01/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 293 del 31/08/22		Apertura campione: 01/09/22	Fine analisi: 08/09/22

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania

RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)

SONDAGGIO: SC2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2,60-2,80

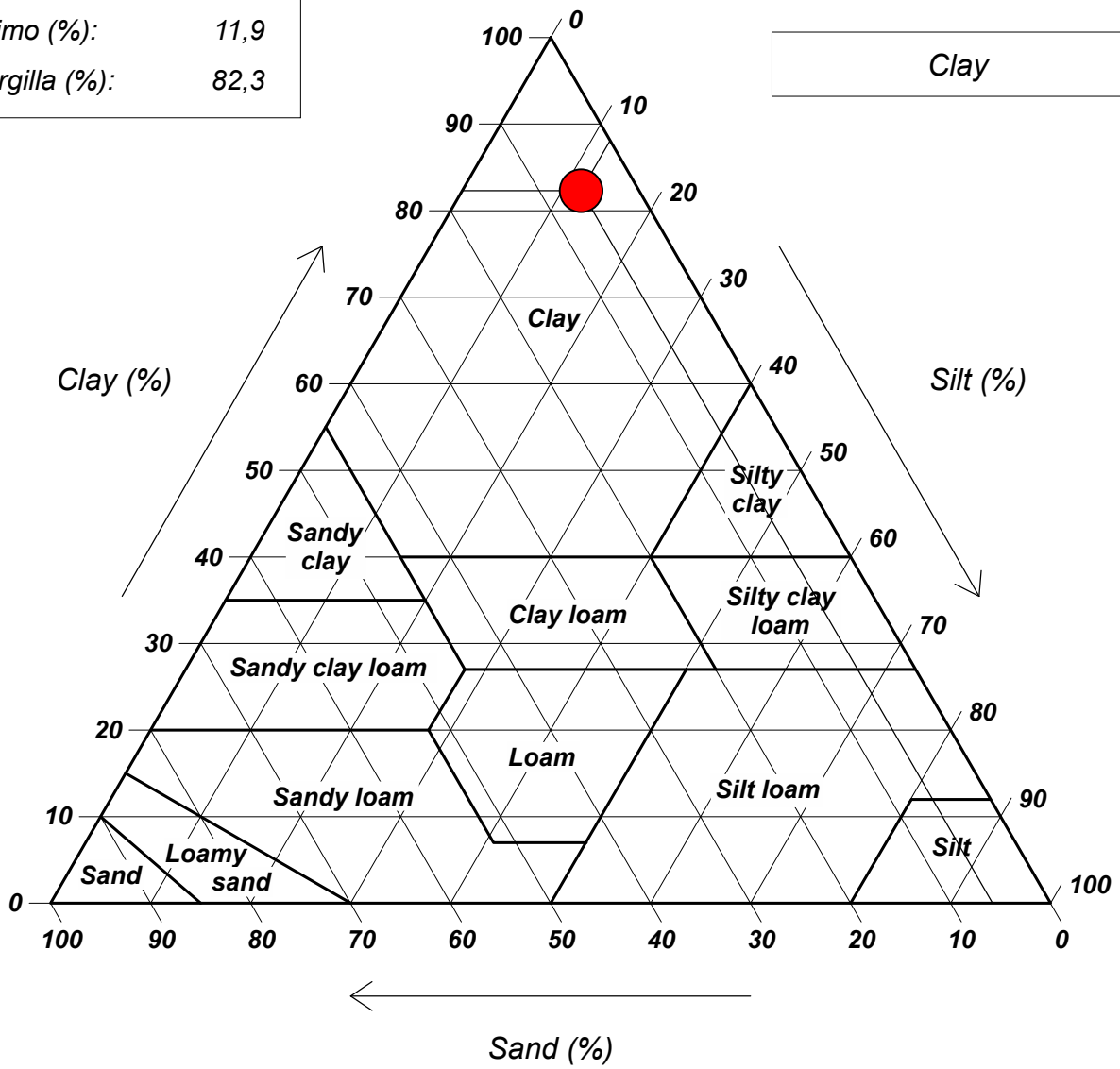
ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-4 - ASTM 422-63

Sabbia (%):	5,8
Limo (%):	11,9
Argilla (%):	82,3

Diagramma U.S.D.A.

Clay



902-22

LO SPERIMENTATORE
dott. Geol. GRAZIANO Giuseppe Mario

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

laboratorio geoTecnico GeoTest s.a.s. di Carbone Andrea & C.
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001- Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04357	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 21/09/22	Inizio analisi: 01/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 293 del 31/08/22		Apertura campione: 01/09/22	Fine analisi: 10/09/22

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania

RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)

SONDAGGIO: SC2 **CAMPIONE:** C1 **PROFONDITA': m** 2,60-2,80

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D2435_D2435M-11R20

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	17,94
Umidità (%)	34,6
Peso specifico	2,78
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	5,04
Sezione provino (cm²)	19,95
Volume provino (cm³)	39,90
Volume dei vuoti (cm³)	20,40
Indice dei vuoti	1,05
Porosità (%)	51,12
Saturazione (%)	92,0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

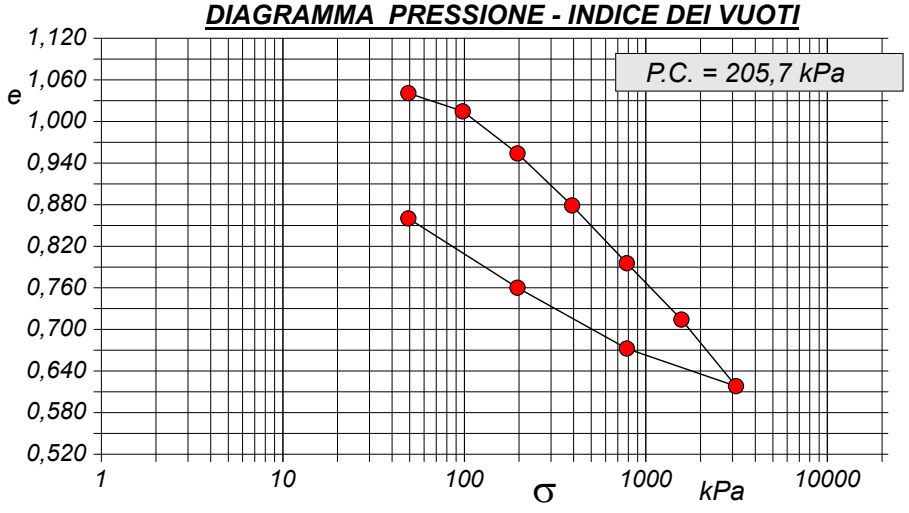
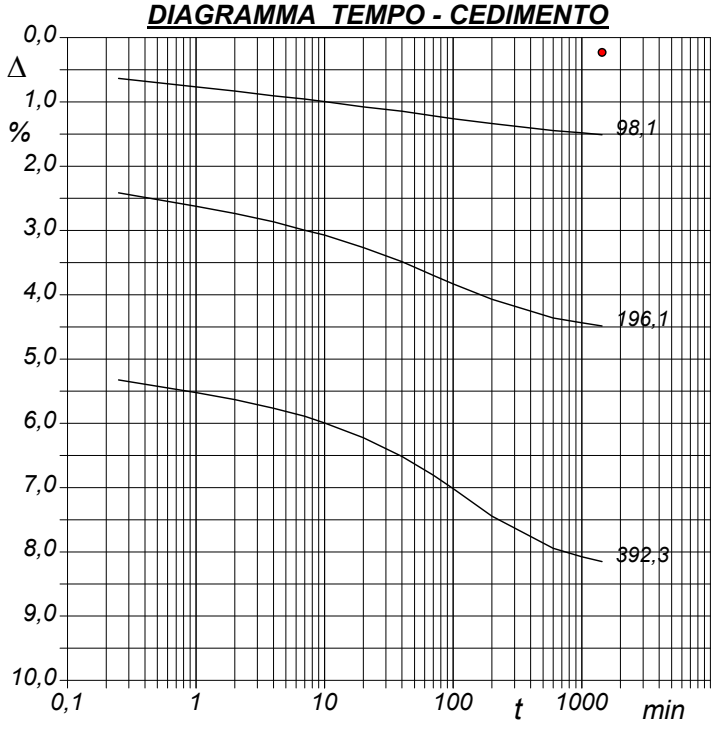


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
49,0	4,6	1,041	
98,1	30,2	1,015	0,087
196,1	89,7	0,954	0,202
392,3	163,0	0,879	0,249
784,5	244,5	0,796	0,277
1569,0	324,2	0,714	0,271
3138,0	418,1	0,618	0,319
784,5	364,9	0,672	0,090
196,1	279,1	0,760	0,146
49,0	181,3	0,860	0,166

902-22

LO SPERIMENTATORE
dott. Geol. GRAZIANO Giuseppe Mario

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

laboratorio geoTecnico GeoTest
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768
s.a.s. di Carbone Andrea & C.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001- Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04358 Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 21/09/22	Inizio analisi: 01/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 293 del 31/08/22	Apertura campione: 01/09/22	Fine analisi: 08/09/22

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania

RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)

SONDAGGIO: SC2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2,60-2,80

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D3080-04

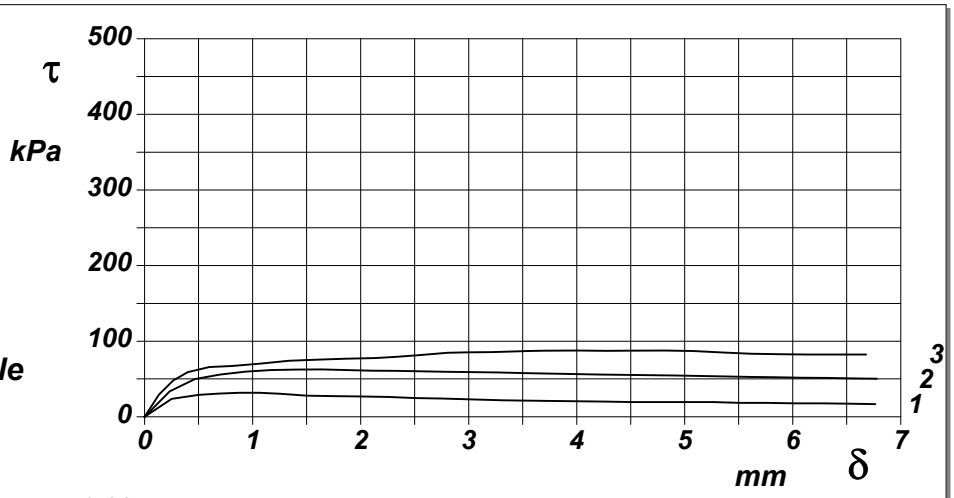
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100,0	200,0	300,0
Umidità iniziale e umidità finale (%):	34,1 35,4	34,4 28,7	34,7 26,2
Peso di volume (kN/m³):	18,1	18,0	18,1

Tipo di prova: Consolidata - lenta Velocità di deformazione: 0,004 mm / min

DIAGRAMMA

Tensione

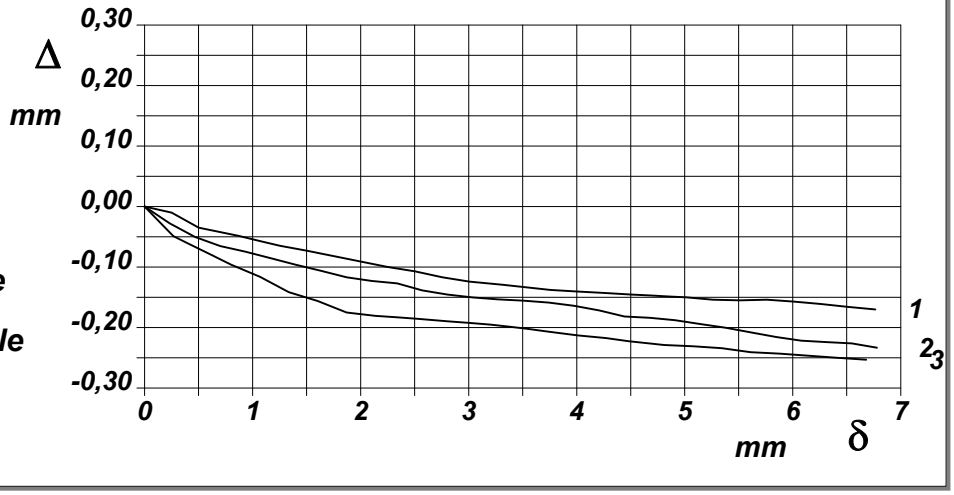
Deformazione orizzontale



DIAGRAMMA

Deformazione verticale

Deformazione orizzontale



902-22

LO SPERIMENTATORE
dott. Geol. GRAZIANO Giuseppe Mario

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

laboratorio geoTecnico GeoSt
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768
s.a.s. di Carbone Andrea & C.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001- Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04358 Pagina 2/4		DATA DI EMISSIONE: 21/09/22	Inizio analisi: 01/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 293 del 31/08/22		Apertura campione: 01/09/22	Fine analisi: 08/09/22

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania

RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)

SONDAGGIO: SC2 **CAMPIONE:** C1 **PROFONDITA':** m 2,60-2,80

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,251	23,6	-0,01	0,234	33,7	-0,03	0,134	29,4	-0,02
0,501	28,9	-0,04	0,468	49,8	-0,05	0,267	48,4	-0,05
0,689	30,6	-0,04	0,701	55,9	-0,07	0,401	59,1	-0,06
0,877	31,8	-0,05	0,935	59,8	-0,07	0,601	65,7	-0,08
1,065	31,8	-0,06	1,169	61,7	-0,09	0,802	67,2	-0,10
1,253	30,5	-0,07	1,403	62,4	-0,10	1,069	70,2	-0,12
1,503	27,8	-0,07	1,637	62,7	-0,11	1,336	74,0	-0,14
1,754	27,3	-0,08	1,870	61,7	-0,12	1,603	75,4	-0,16
2,004	26,8	-0,09	2,104	61,1	-0,12	1,870	76,8	-0,18
2,255	26,3	-0,10	2,338	60,8	-0,13	2,138	77,9	-0,18
2,505	24,7	-0,11	2,572	60,1	-0,14	2,338	79,3	-0,18
2,756	24,2	-0,12	2,806	59,5	-0,15	2,538	81,4	-0,19
3,006	23,1	-0,12	3,039	59,1	-0,15	2,806	84,6	-0,19
3,319	21,9	-0,13	3,273	58,5	-0,15	3,006	85,4	-0,19
3,538	21,4	-0,13	3,507	57,9	-0,16	3,206	85,5	-0,20
3,758	21,0	-0,14	3,741	57,2	-0,16	3,407	86,3	-0,20
4,008	20,5	-0,14	3,975	56,6	-0,16	3,557	87,0	-0,20
4,259	20,0	-0,14	4,208	55,9	-0,17	3,707	87,4	-0,21
4,509	19,7	-0,15	4,442	55,3	-0,18	4,008	87,6	-0,21
4,697	19,5	-0,15	4,676	55,0	-0,18	4,275	87,2	-0,22
4,853	19,4	-0,15	4,910	54,6	-0,19	4,476	87,4	-0,22
5,010	19,4	-0,15	5,144	54,0	-0,19	4,810	87,7	-0,23
5,261	19,4	-0,15	5,377	53,4	-0,20	5,077	86,9	-0,23
5,511	18,4	-0,16	5,611	52,7	-0,21	5,344	85,1	-0,23
5,762	18,4	-0,15	5,845	52,4	-0,22	5,611	83,4	-0,24
6,012	17,9	-0,16	6,079	51,8	-0,22	5,878	82,7	-0,24
6,263	17,9	-0,16	6,313	51,4	-0,22	6,146	82,4	-0,25
6,513	17,3	-0,17	6,546	50,8	-0,23	6,413	82,3	-0,25
6,764	16,8	-0,17	6,780	50,5	-0,23	6,680	82,4	-0,25

902-22

LO SPERIMENTATORE
dott. Geol. GRAZIANO Giuseppe Mario

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

laboratorio geoTecnico GeoTest s.a.s. di Carbone Andrea & C.
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001- Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04358	Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE: 21/09/22	Inizio analisi: 01/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 293 del 31/08/22		Apertura campione: 01/09/22	Fine analisi: 08/09/22

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania

RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)

SONDAGGIO: SC2 **CAMPIONE:** C1 **PROFONDITA': m** 2,60-2,80

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D3080-04

Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,920
Sezione (cm²):	36,00
T_{100} (min)	4,0
Df (mm)	1
Vs (mm/min)	0,025

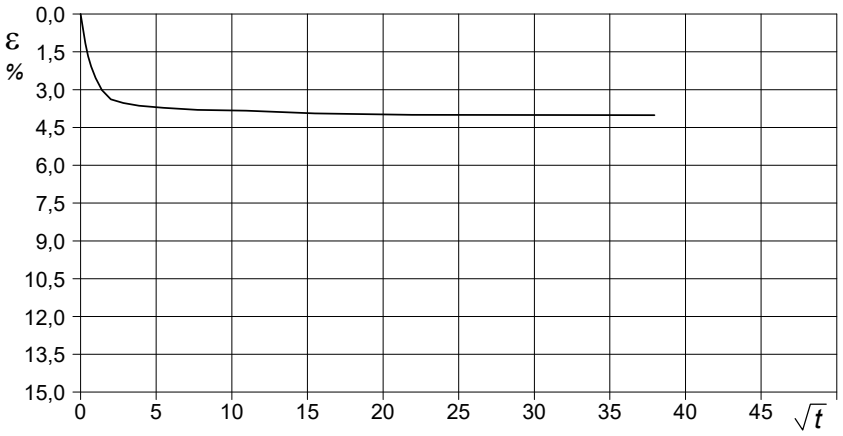


Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,767
Sezione (cm²):	36,00
T_{100} (min)	7,7
Df (mm)	1
Vs (mm/min)	0,013

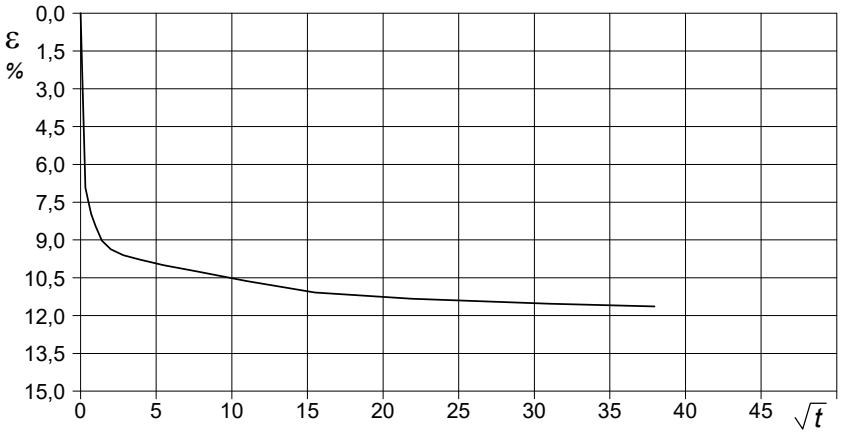
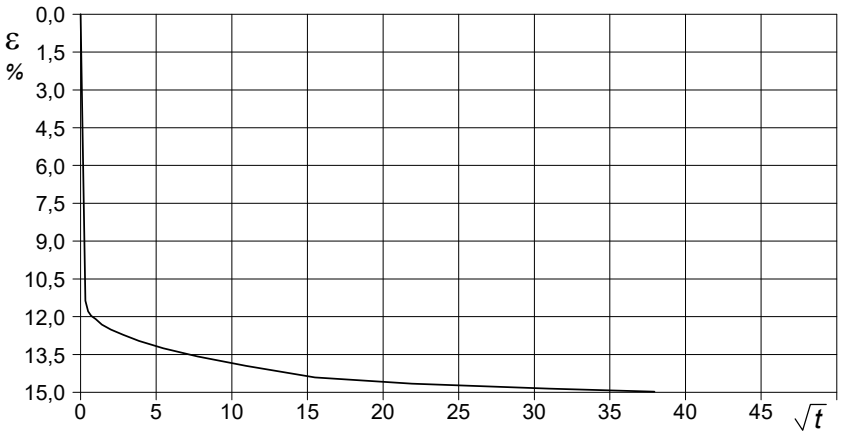


Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,701
Sezione (cm²):	36,00
T_{100} (min)	31,7
Df (mm)	4
Vs (mm/min)	0,013



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata $tf = 10 \times T_{100}$ Vs = Df / tf

902-22

LO SPERIMENTATORE
dott. Geol. GRAZIANO Giuseppe Mario

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

laboratorio geoTecnico GeoTest s.a.s. di Carbone Andrea & C.
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001- Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04358 Pagina 4/4		DATA DI EMISSIONE: 21/09/22	Inizio analisi: 01/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 293 del 31/08/22		Apertura campione: 01/09/22	Fine analisi: 08/09/22

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania

RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)

SONDAGGIO: SC2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2,60-2,80

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Tempo	Cedim.	Cedim.	Tempo	Cedim.	Cedim.	Tempo	Cedim.	Cedim.
minuti	mm/100	%	minuti	mm/100	%	minuti	mm/100	%
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,10	23,27	1,16	0,10	138,47	6,92	0,10	227,37	11,37
0,25	33,48	1,67	0,25	148,53	7,43	0,25	235,78	11,79
0,50	41,64	2,08	0,50	159,28	7,96	0,50	239,28	11,96
1,00	50,80	2,54	1,00	169,14	8,46	1,00	241,88	12,09
2,00	60,32	3,02	2,00	180,46	9,02	2,00	246,28	12,31
4,00	67,63	3,38	4,00	187,35	9,37	4,00	250,20	12,51
8,00	70,63	3,53	8,00	192,15	9,61	8,00	254,34	12,72
15,00	72,73	3,64	15,00	195,44	9,77	15,00	259,28	12,96
30,00	74,41	3,72	30,00	199,92	10,00	30,00	265,08	13,25
60,00	76,07	3,80	60,00	205,00	10,25	60,00	271,48	13,57
120,00	76,79	3,84	120,00	212,50	10,63	120,00	278,98	13,95
240,00	78,90	3,95	240,00	221,60	11,08	240,00	288,08	14,40
480,00	80,00	4,00	480,00	226,60	11,33	480,00	293,08	14,65
960,00	80,10	4,01	960,00	230,50	11,53	960,00	296,98	14,85
1440,00	80,20	4,01	1440,00	232,80	11,64	1440,00	299,48	14,97

902-22

LO SPERIMENTATORE
dott. Geol. GRAZIANO Giuseppe Mario

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

QGeo
Geologia Energia & Ambiente



Comune di **FORENZA**

Oggetto : COSTRUZIONE DI UNA RESIDENZA SOCIO-ASSISTENZIALE PER ANZIANI DA REALIZZARSI IN ZONA PAIP

	Report indagini sismiche	DATA 13/10/2022

Dr Geol ANTONIETTA CILUMBRIELLO
Via Albani, snc
85013 - Genzano di Lucania (PZ)
qgeo.lab@gmail.com
mob: 347/1848562

ORDINE DEI GEOLOGI
GEOLOGO
ANTONIETTA
CILUMBRIELLO
n. 452
Sez. A
BASILICATA

N	Data	Motivo
0	13/10/2022	COSTRUZIONE DI UNA RESIDENZA SOCIO-ASSISTENZIALE PER ANZIANI DA REALIZZARSI IN ZONA PAIP

SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI

TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI. LA RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE DEL DISEGNO È VIETATA

REPORT INDAGINI SISMICHE

Dr Geol. Antonietta Cilumbriello

INDICE

1. PREMESSA 1

1.1. Strumentazione utilizzata 3

2. METODOLOGIA 3

2.1. Indagine Sismica a Rifrazione 3

2.2. Indagine sismica di tipo MASW 5

2.3. Indagini Holisurface 8

2.4. Misura di microtremori a stazione singola 10

3. INTERPRETAZIONI E RISULTATI 11

3.1. Sismica a rifrazione 11

3.2. Indagine sismica di tipo MASW multicomponente 12

3.2.1. Modello sismostratigrafico – Indagini MASW 13

3.3. Indagine sismica di tipo Holisurface 14

3.3.1. Indagine Holisurface HS1 14

3.4. Misure di microtremori a stazione singola 18

3.5. Categoria di suolo di fondazione 20

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE 21

TAVOLA 1: ELABORATI DELLA SISMICA A RIFRAZIONE 23

TAVOLA 2: REPORT INDAGINE MASW MW1 26

TAVOLA 3: ELABORATI DELLE MISURE DI MICROTREMORE A STAZIONE SINGOLA 28

TAVOLA 4: REPORT INDAGINE HOLISURFACE 40

References 45

1. PREMESSA

La campagna delle indagini sismiche di tipo attivo e passivo (n. 1 sismica a rifrazione, n.1 sismica di tipo MASW, n.1 indagine sismica del tipo HOLISURFACE e n. 4 misura di microtremori a stazione singola) ha consentito di ricostruire e di definire l'andamento della velocità delle onde di taglio (Vs) del sottosuolo. Tale ricostruzione permette di calcolare il parametro Vs,eq (in m/s) utile alla definizione della categoria del suolo secondo le N.T.C. D.M. 17/01/18 e definire la risposta sismica locale del sito.
Le indagini sono state eseguite il giorno 16/09/2022 (documentazione fotografica in Fig. 1).







Fig. 1a, b, c *– Documentazione fotografica relativa alle indagini sismiche a rifrazione, del tipo MASW, del tipo Holisurface e alle misure di microtremori a stazione singola.*

1.1. Strumentazione utilizzata

L'attrezzatura e la strumentazione per l'acquisizione dei sismogrammi relativi alla prospezione sismica a rifrazione e di tipo MASW sono costituite da:

- sistema di energizzazione delle onde P: costituito da una mazza del peso 10 kg battente su una piastra metallica del diametro di 20 cm posta direttamente sul piano campagna; tale sistema genera prevalentemente onde di tipo P ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionabili;
- un sistema di trigger: come sistema di trigger per fornire il tempo zero all'acquisitore, è stato utilizzato un accelerometro piezoelettrico posto in corrispondenza della testa del martello pesante (con sensibilità settabile attraverso il sismografo);
- un sistema di ricezione: costituito da 24 geofoni verticali con frequenza propria a 4,5 Hz. Si tratta di sensori elettromagnetici a bobina mobile. Ogni geofono è collegato, tramite il cavo principale, all'acquisitore.

L'indagine sismica di tipo Holisurface è stata effettuata utilizzando un sismografo SR04-GEOBOX della SARA Electonic Instrument s.r.l., equipaggiato con una terna di geofoni con una frequenza propria di 4,5 HZ ed un cavo della lunghezza di 50 m collegato ad un trigger. Il sistema di energizzazione per le misure Holisurface è analogo a quello utilizzato le indagini di tipo MASW e consente l'acquisizione del segnale sismico generato dalla sorgente a partire dal tempo zero fissato dal trigger. Il posizionamento dello strumento è stato eseguito orientando opportunamente il lato lungo dello stesso in direzione della sorgente (in assetto radiale rispetto alla sorgente) e centrando la bolla sferica per garantire l'orizzontalità dello strumento. La procedura di acquisizione ha sfruttato il modulo LOG-MT del software SEISMOWIN.

Le misure di microtremori a stazione singola sono state effettuate utilizzando il geofono triassale e hanno avuto una durata di circa 20 minuti ciascuna.

2. METODOLOGIA

2.1. Indagine Sismica a Rifrazione

Il metodo della sismica a rifrazione è una delle indagini geofisiche più utilizzate per la conoscenza del sottosuolo. La tecnica di sismica a rifrazione si basa sulla rilevazione delle onde dirette e rifratte (PALMER, 1982), che tra i diversi tipi di onde registrate dai geofoni sono le prime ad arrivare. La tecnica, ormai consolidata, si basa sull'individuazione dei primi arrivi sulle tracce sismiche, in modo tale da ricostruire la dromocrona nel piano spazio-tempo delle onde dirette e rifratte (Fig. 2). Le rotture di pendenza (punti di ginocchio) della dromocrona delle onde dirette e rifratte evidenziano la presenza di una superficie di separazione tra due strati con differente velocità di propagazione; in particolare, la velocità dello strato inferiore deve essere maggiore di quella dello strato superiore.

I raggi sismici che arrivano ai geofoni più vicini al punto di energizzazione sono quelli che hanno viaggiato orizzontalmente nello strato più superficiale; mentre i raggi che incontrano la superficie di separazione tra lo strato superficiale e uno inferiore con velocità di propagazione superiore verranno riflessi e rifratti nel punto in cui l'angolo di incidenza con la normale alla superficie è pari all'angolo limite i_c; il raggio incidente verrà rifratto a 90° secondo la legge di Snell: sen $i_c = V_1/V_2$.
Il raggio rifratto viaggia lungo la superficie di discontinuità e rifrange continuamente verso l'alto energia elastica che ritorna in superficie. Alla presenza di più di due sismostrati, la dromocrona sarà caratterizzata da altri punti di ginocchio oltre a quello che separa le onde dirette da quelle rifratte (Fig. 2).
I primi arrivi delle tracce acquisite durante l'esecuzione delle prospezioni sismiche a rifrazione sono stati inoltre processati con il metodo tomografico. Tale elaborazione, eseguita con il *software RAYFRACT*, ha consentito di ottenere un modello bidimensionale delle caratteristiche sismostratigrafiche del sottosuolo. I primi arrivi delle tracce acquisite durante l'esecuzione delle prospezioni sismiche a rifrazione sono stati inoltre processati con il metodo tomografico. La tomografia sismica in onda P è una tecnica che utilizza la velocità di propagazione delle onde sismiche di compressione, al fine di ottenere informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali che sono attraversati dal fronte d'onda. Tale metodo di indagine permette di determinare la velocità di propagazione in funzione della profondità, evidenziando eventuali discontinuità laterali e interfacce non piane tra gli strati a diverse caratteristiche.

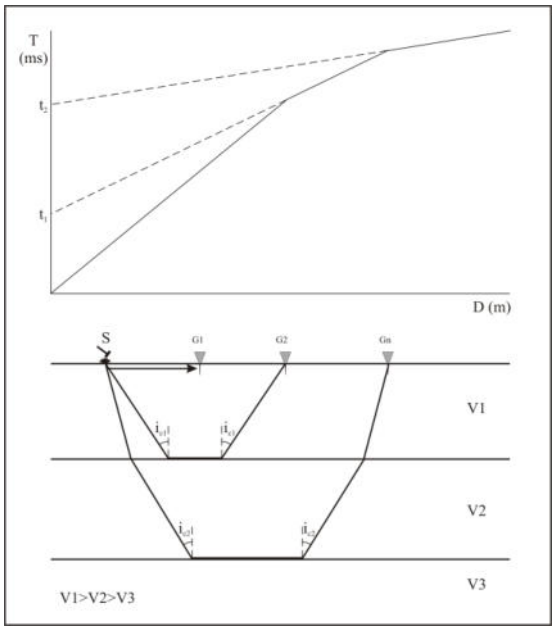


Fig. 2 *– Schema mostrante i percorsi delle onde dirette e rifratte e le relative dromocrone.*

La prospezione sismica a rifrazione SR1 in onda P è stata eseguita lungo un'allineamento di 50 m nella direzione di sviluppo principale della struttura di progetto. I 24 geofoni verticali della sismica a rifrazione SR1 sono stati disposti lungo uno stendimento lineare con una distanza intergeofonica di 2 m e due energizzazioni sono state fatte, all'esterno dello stendimento, a 3 m dal primo e dall'ultimo geofono; altre 6 energizzazioni sono state effettuate a distanze regolari all'interno dello stendimento sismico, secondo lo schema seguente:

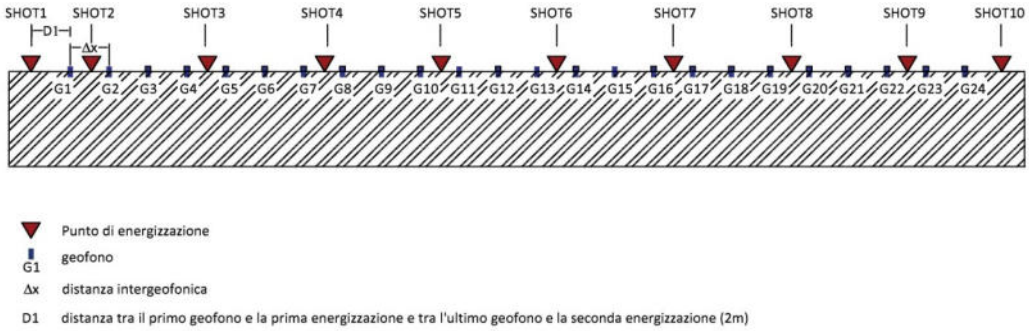


Fig. 3 *– Schema stendimento con ubicazione geofoni e punti di energizzazione*

Per registrare gli impulsi di compressione, sono stati utilizzati geofono con direzione di vibrazione verticale posizionandoli nel terreno, in direzione ortogonale rispetto allo stendimento. Le onde P sono state generate, mediante una massa battente (martello), fatta cadere su una piastra metallica posizionata nel terreno. Le acquisizioni sono state eseguite con frequenza di campionamenti di 4000 Hz e durata di 500 millisecondi.

2.2. Indagine sismica di tipo MASW

La tecnica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), proposta da Park et al. (1999), è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo delle onde Vs, sulla base della misura delle onde superficiali registrate da diversi geofoni posti sul p.c. Il principio base è piuttosto semplice: le varie componenti (frequenze) del segnale sismico che si propaga viaggiano ad una velocità che dipende dalle caratteristiche del mezzo.

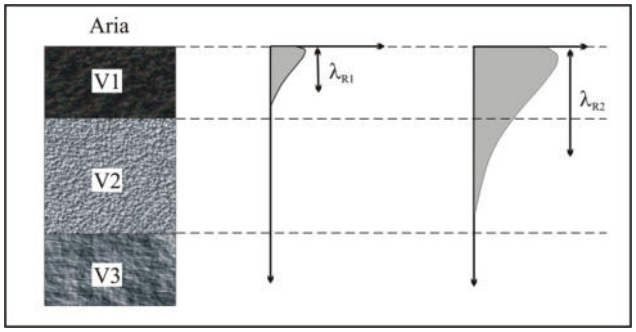


Fig. 4 *- La profondità investigata dalle onde di Rayleigh e Love dipende dalla lunghezza d'onda (λ_R), dalla velocità delle onde di taglio Vs e dalla frequenza.*

Più specificatamente, le lunghezze d'onda più ampie (cioè le frequenze più basse) sono influenzate dalla parte più profonda (in altri termini risentono delle caratteristiche fisiche degli strati più profondi), mentre le piccole lunghezze d'onda (le frequenze più alte) dipendono dalle caratteristiche della parte più superficiale. Infatti, in un mezzo stratificato le onde di superficie sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh e Love dipende dalla frequenza di propagazione (Fig. 4). La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi forniscono le informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo (Fig. 4).
L'analisi spettrale del segnale registrato consente di produrre un grafico Frequenza/Velocità di Fase. Da questi grafici, per inversione congiunta delle curve di dispersione delle onde superficiali di Rayleigh e Love si ottiene il profilo verticale delle Vs.
La MASW standard consiste nella registrazione della propagazione di una classe di onde di superficie (specificatamente delle onde di Rayleigh): le onde di Rayleigh vengono generate da una sorgente ad impatto verticale (la classica martellata) o da un cannoncino, e vengono poi registrate tramite comuni geofoni a componente verticale a frequenza propria di 4.5 Hz e l'interpretazione, in genere attraverso il picking della curva del moto fondamentale visibile

nello spettro di velocità di fase, di un solo oggetto di analisi che potrebbe corrispondere ad un numero elevato di profili di velocità delle onde S.

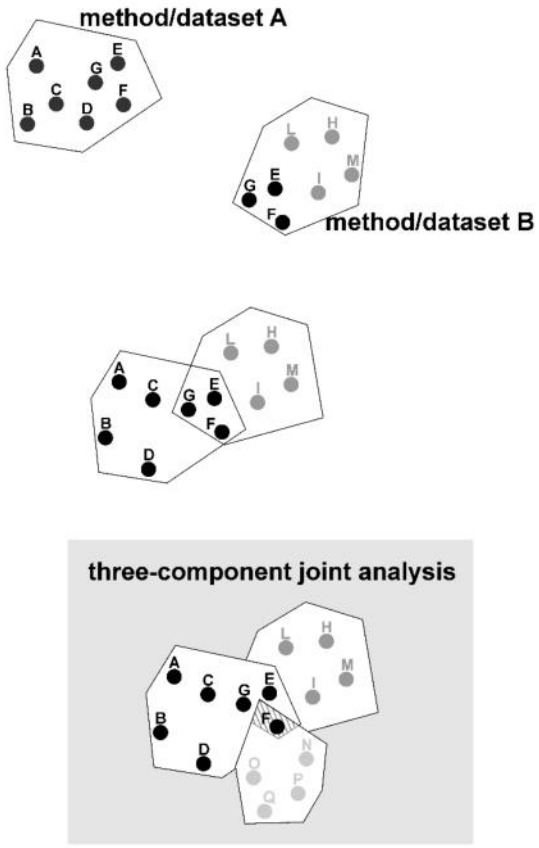


Fig. 5 *– Schema mostrante l'utilità dell'analisi congiunta da dati MASW multi-componente. L'inversione congiunta dello spettro di velocità di fase delle onde di Rayleigh e di quello di Love, unito alla curva HVSR (in basso, inversione di 3 oggetti), consente di restringere l'ambiguità (non univocità) che, altrimenti, caratterizza una classica indagine MASW basata sul solo picking della curva di dispersione delle onde di Rayleigh.*

Accanto a questo tipo di acquisizione (che presenta molti problemi dettagliati nella vasta letteratura scientifica a disposizione, cfr. Dal Moro, 2012; 2019), le recenti raccomandazioni di specialisti del settore sostengono fortemente anche l'acquisizione di onde di Love da analizzare congiuntamente alle onde di Rayleigh per meglio definire il substrato e superare talune ambiguità interpretative che possono presentarsi sugli spettri di velocità riferiti alle onde di Rayleigh. Infatti, è ampiamente dimostrato che gli spettri delle onde di Rayleigh sono frequentemente di ardua interpretazione in relazione alla possibile prevalenza di modi superiori nello spettro di velocità, alla presenza di forti segnali "*scatterati*" e all'intrecciarsi di diversi modi (si ricorda che i modi superiori sono segnale utilissimo ma che in taluni casi può risultare arduo "*battezzare*" ciascun segnale con il pertinente modo, cfr. Dal Moro, 2019). Le acquisizioni in onde di Love non possono sostituire completamente quelle in onde di Rayleigh ma la maggiore chiarezza dei loro spettri di velocità di fase risulta di estrema utilità nel caso in cui si proceda ad un'inversione congiunta degli spettri di velocità di fase delle onde di Rayleigh e Love e della curva HVSR utile a determinare in modo maggiormente robusto e vincolato il profilo delle Vs (si veda lo schema concettuale riportato in Fig. 5).

La prospezione di tipo MASW è stata eseguita lungo lo stesso allineamento della prova di sismica a rifrazione. I geofoni della prova MASW sono stati disposti lungo uno stendimento lineare con una distanza intergeofonica di 2 m per una lunghezza complessiva di 50 m e n. 4 scoppi (*shots*) sono stati fatti a 3 m e 5 m dal primo e dall'ultimo geofono (Fig. 6). Le quattro acquisizioni sono state sommate tra loro (*stacking*) in modo tale da migliorare il rapporto segnale/rumore.

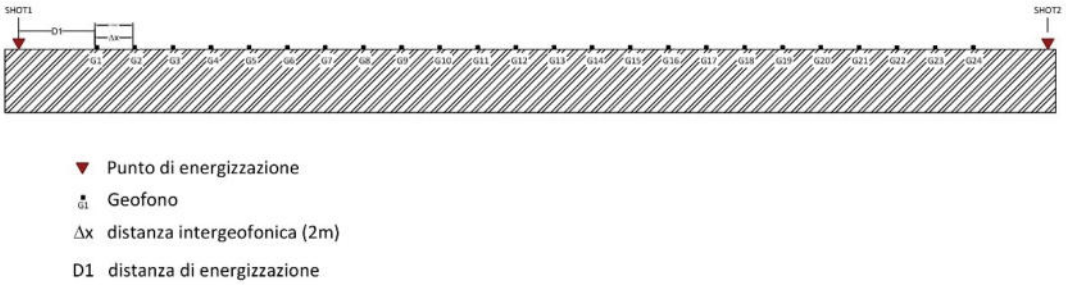


***Fig. 6**– Schema stendimento con ubicazione geofoni e punti di energizzazione*

Per registrare gli impulsi di compressione, sono stati utilizzati geofoni con direzione di vibrazione verticale posizionandoli nel terreno, in direzione ortogonale rispetto allo stendimento. Le onde P sono state generate, mediante una massa battente (martello), fatta cadere su una piastra metallica posizionata nel terreno. Le acquisizioni sono state eseguite con frequenza di campionamenti di 1000 Hz e durata di 1500 millisecondi.

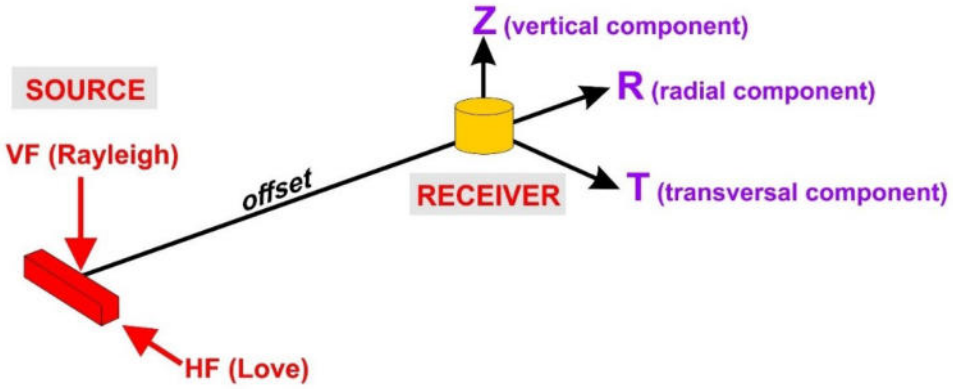
2.3. Indagini Holisurface

La tecnica Holisurface (Holistic analysis of Surface waves – HS) è una procedura di acquisizione ed analisi di dati di sismica attiva che considera in modo congiunto (olistico) tutta una serie di oggetti di analisi (observables) che, nel loro insieme, descrivono in maniera appunto olistica la propagazione delle onde di Rayleigh e Love (Dal Moro et al., 2015). Tale tipo di indagine è una evoluzione (oggetto di brevetto – www.holisurface.com) del metodo di analisi delle velocità di gruppo tramite MFA (Multiple Filter Analysis) e/o FTAN (Frequecy Time ANalysis), quindi basata sulla dispersione delle onde di superficie (velocità di gruppo; rapporto tra spazio e tempo di arrivo dell'onda frequenza per frequenza) e la sua analisi secondo l'approccio FVS (Full Velocity Spectrum). L'acquisizione dei dati HS (attivi) avviene grazie ad un unico geofono triassiale (evidentemente triggerabile). Lo stesso geofono è poi utilizzato per registrare i dati passivi utili a definire il rapporto spettrale H/V. L'acquisizione tanto dei dati HS (attivi) che HVSR (passivi) avviene grazie ad un semplice geofono triassiale triggerabile. Acquisire un dato per analisi HoliSurface® non è molto diverso rispetto alle tradizionali acquisizioni di sismica attiva finalizzate, ad esempio, ad effettuare analisi MASW o a rifrazione (lo zero dei tempi è

determinato dal trigger, il quale dà inizio alla registrazione). Rispetto la cosiddetta tecnica MASW (ma tale acronimo è stato abbondantemente frainteso – vedi libro "Acquisizione e analisi di dati sismici e vibrazionali per studi di caratterizzazione sismica e geotecnica" pubblicato per la Flaccovio nel 2019), la differenza sostanziale sta nel fatto che per effettuare acquisizioni e analisi HoliSurface, invece di utilizzare n geofoni a componente singola, si utilizza un unico geofono a tre componenti (geofono triassiale) opportunamente orientato in modo da poter definire nell'ordine la componente verticale (Z), quella radiale (R) e la trasversale (T). Le acquisizioni HS consentono di ricavare diversi obsesrvables (spettri di velocità di gruppo delle componenti verticale (Z), radiale (R) e trasversale (T), Radial-to-Vertical Spectral Ratio – RVSR e curve Rayleigh-wave Particle Motion, RPM) che, anche congiuntamente alla curva HVSR, consentono di impostare un'inversione congiunta utile a determinare in modo robusto e puntuale il profilo VS (vedi schema concettuale riportato in Figura 5 e tratto da Dal Moro, 2019).
Per il presente lavoro sono state considerate le componenti Z, R (componente verticale e radiale dell'onda di Rayleigh) e T (onde di Love) unitamente alla curva HVSR [Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio]. I dati (attivi e passivi) sono poi analizzati congiuntamente secondo i principi del fronte di Pareto così come presentato ad esempio in Dal Moro et al. (2015; 2019).

L'indagini Holisurface (HS1) è stata eseguita disponendo il geofono triassiale ad una distanza di (HS1= 50 metri) dalla sorgente. Sono state registrate un numero variabile da 12 a 15 di energizzazioni con sorgente verticale (mazzata verticale sulla piastra di battuta, acquisizione di tipo VF) e orizzontale (battuta di taglio, acquisizione di tipo HF).

Le singole acquisizioni (Fig. 7) sono state sommate tra di loro (stacking) in modo tale da migliorare il rapporto segnale/rumore.



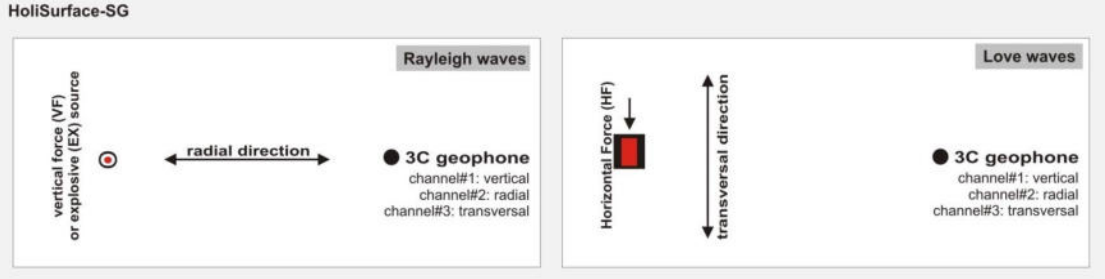


Fig. 7 *– Schema della disposizione del geofono triassiale e della sorgente nelle indagini Holisurface. Il geofono è disposto in assetto radiale rispetto alla sorgente e tale geometria consente di acquisire, nel caso si utilizzi una sorgente ad impatto verticale, sia la componente Z che R delle onde di Rayleigh.*

2.4. Misura di microtremori a stazione singola

La misura di microtremori a stazione singola è un'indagine di simica passiva che determina il rapporto tra la componente orizzontale e quella verticale del "rumore" sismico a diverse frequenze (HVSR, Nakamura, 1989). L'indagine sismica ricostruisce, utilizzando una terna di geofoni (due orizzontali e uno verticale) con la medesima risposta/sensibilità in termini di ampiezza, una curva HVSR, la cui robustezza e significatività dal punto di vista statistico è misurata attraverso i ben noti criteri SESAME (Sesame Project, 2000). I criteri SESAME analizzano sia la curva nel suo insieme che il livello di significatività di eventuali picchi. L'analisi delle curve H/V e degli spettri da cui esse derivano (componenti spettrali nelle direzioni N-S, E-O e verticale o spettri di Fourier), è possibile ottenere informazioni sui principali contatti sismostratigrafici; i cui picchi di risonanza, rappresentativi dei contrasti di impedenza, ci indicano il valore di amplificazione espresso dal rapporto H/V (dove H è la componente orizzontale del moto del suolo; V è la componente verticale del moto del suolo; il rapporto H/V rappresenta la funzione di trasferimento della radiazione sismica alla superficie) alle rispettive frequenze. Inoltre, noto il modello del sottosuolo con le relative velocità delle onde sismiche, è possibile ottenere anche informazioni sulla profondità dei contatti sismostratigrafici (Sesame Project, 2000).

I picchi della curva HVSR che forniscono informazioni sulle principali discontinuità sismo-stratigrafiche del sottosuolo hanno due principali caratteri (Dal Moro, 2012): i) la componente verticale del moto assume valori più bassi di quella orizzontale in corrispondenza del picco (forma a ogiva delle componenti del moto); ii) il picco "stratigrafico" è generalmente confinato in un *range* maggiore di frequenze rispetto ai picchi antropici.

3. INTERPRETAZIONI E RISULTATI

3.1. Sismica a rifrazione

La metodologia utilizzata nella prospezione di sismica a rifrazione consta di diverse fasi di elaborazione. Preliminarmente, sono stati individuati nei sismogrammi i primi arrivi corrispondenti alle onde dirette e rifratte. Dopo aver rilevato i tempi dei primi arrivi sono state tracciate le dromocrone nel diagramma distanza-tempo. I primi arrivi di ciascun sismogramma sono stati poi processati con il *software RAYFRACT* al fine di ottenere un modello tomografico bidimensionale delle Vp.

L'elaborazione dei dati prevede l'esecuzione del picking manuale dei primi arrivi delle onde P, il cui risultato è generalmente visualizzato sotto forma di dromocrone (grafici rappresentanti i tempi di primo arrivo in funzione della distanza dalla sorgente). Dopo aver rilevato i tempi dei primi arrivi sono state tracciate le dromocrone nel diagramma distanza-tempo. I tempi di primo arrivo, espressi in millisecondi, insieme alle coordinate spaziali di ogni geofono, sono poi forniti in input al programma di inversione, il quale effettua una prima interpretazione attraverso il metodo classico della sismica a rifrazione e crea un modello di primo tentativo per poter inizializzare il processo di inversione. Il programma procede suddividendo la sezione in celle alle quali assegna un certo valore di velocità delle onde di compressione, dedotto dal modello di primo tentativo generato preliminarmente. Dopo viene simulata l'energizzazione in ogni punto di scoppio. Si suppone che la traiettoria dei raggi sismici dal punto di scoppio al singolo geofono sia curvilinea e che la velocità di propagazione lungo tale traiettoria sia differente a seconda della velocità che è stata assegnata dal programma ad ogni singola cella attraversata dal percorso sismico. I tempi di primo arrivo ricavati dalla simulazione vengono poi confrontati con i tempi di primo arrivo sperimentali e, in base agli scarti, vengono corrette le velocità relative alle celle attraversate dai percorsi sismici. Il processo di inversione è iterativo e si ottiene il risultato finale quando il valore degli scarti è inferiore ad un valore soglia deciso dall'operatore oppure dopo un particolare numero di iterazioni, anch'esso deciso dall'operatore.

Il risultato consiste in una sezione verticale con andamento delle velocità delle onde P nel sottosuolo e una sezione con i valori di "copertura" che riporta per ogni cella della sezione stessa il numero di raggi sismici che la attraversano nell'ultima iterazione.

La sezione della "copertura" dei raggi sismici (valori più elevati di raggi sismici che incidono su ciascuna cella) e l'individuazione dei punti di flessi sulle dromocrone consentono l'individuazione dei principali rifrattori del sottosuolo.

Il modello bidimensionale ricavato dal metodo tomografico SR1 (Fig. 8) ha evidenziato la presenza di un sismostrato più superficiale abbastanza continuo. Tale sismostrato è caratterizzato da bassi valori di velocità delle onde P che sono sicuramente al di sotto dei 400 m/s fino a circa 1,5 m di profondità. Quindi si passa ad un successivo strato, anch'esso abbastanza continuo con spessore di circa 3 m e velocità delle onde P che vanno da 400 m/s a

1500 m/s. Oltre questo sismostrato la sezione tomografica mostra un successivo incremento di velocità con i valori delle Vp che arrivano intorno a 2000 m/s.

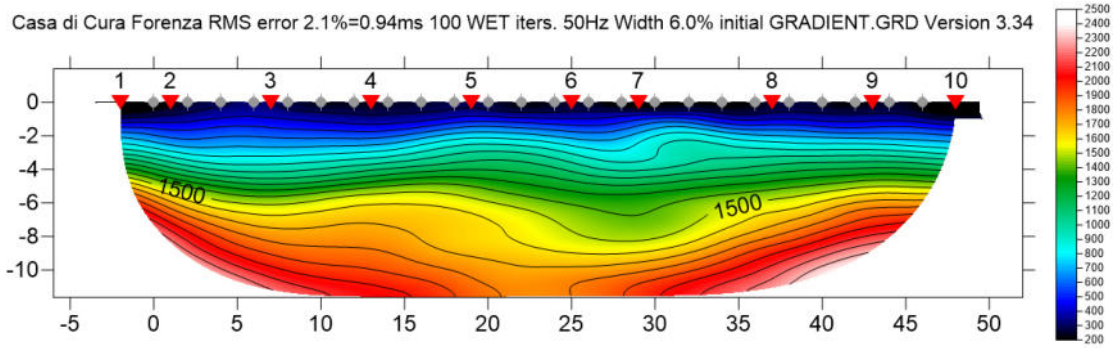


Fig. 8 *– Tomografia sismica (in scala) ricavata dall'inversione dei primi arrivi della sismica a rifrazione SR1.*

3.2. Indagine sismica di tipo MASW multicomponente

Le tracce relative delle componenti ZVF dell'indagine MASW sono state sommate per migliorare il rapporto segnale/rumore (S/N) e i sismogrammi derivanti da queste acquisizioni sono state successivamente elaborate ed interpretate utilizzando il software WINMASW 3C 2019. Ottenuti, gli spetti di velocità di fase delle onde di Rayleigh e Love, si è proceduto alla modellazione dei punti di massima intensità del segnale e al *picking* delle curve di dispersione del modo fondamentale e di quelli superiori; tale operazione ha consentito di ricostruire le curve di dispersione delle onde di Rayleigh e Love, dalla cui inversione congiunta si è giunti al profilo verticale delle Vs.

Per la stima del valore di $\mathbf{V_{s,eq}}$ è stata adottata la seguente formula:

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

dove:

- $V_{S,i}$ è la velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- h_i è lo spessore dell'i-esimo strato;
- N è il numero di strati compresi tra il piano campagna e la profondità del bedrock sismico (nei primi 30 m se la profondità del bedrock è superiore a tale profondità);
- H è la profondità del bedrock sismico e risulta uguale a 30 m se il bedrock è presente al di sotto di tale profondità.

I risultati dell'indagine MASW relativi alla componente ZVF sono riportati in Fig. 9, dove si osservano sia i sismogrammi ricavati dallo stacking verticale che gli spettri di velocità di fase delle onde di Rayleigh.

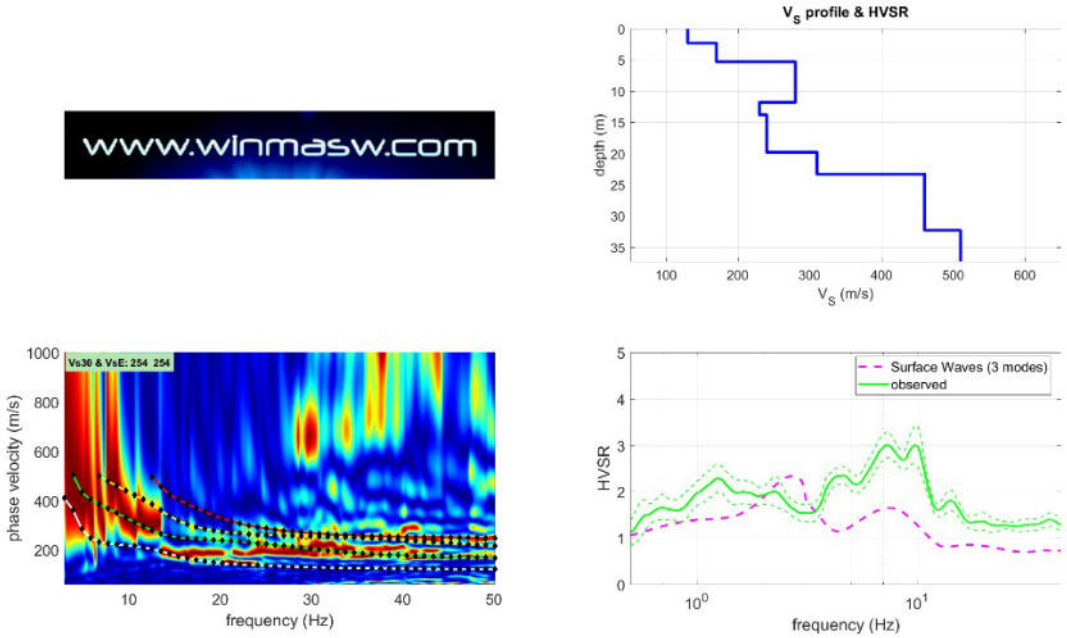


Fig. 9 *– Sismogramma, spettro di velocità relativi alla componente ZVF (onde di Rayleigh) e curve di dispersione teoriche derivanti dal modello ricostruito dall'inversione degli spettri di velocità di fase della componente ZVF.*

3.2.1. Modello sismostratigrafico – Indagini MASW

Il modello del terreno ricavato dall'inversione congiunta dell'indagine sismica MASW1 multicomponente ricostruisce una profondità del bedrock sismico superiore ai 30 m. Le velocità delle onde S variano da 130 a 510 m/s (Fig. 10).
I valori di Vs nei primi 5,3 m di profondità sono comprese tra 130 e 170 m/s. A profondità maggiori si osserva un aumento delle Vs con i valori delle velocità che non superano i 280 m/s fino a circa 20 m; a partire da questa profondità i valori di Vs aumentano gradualmente fino ad attestarsi su valori di circa 500 m/s, intorno alla profondità di 30 m (Fig. 10).

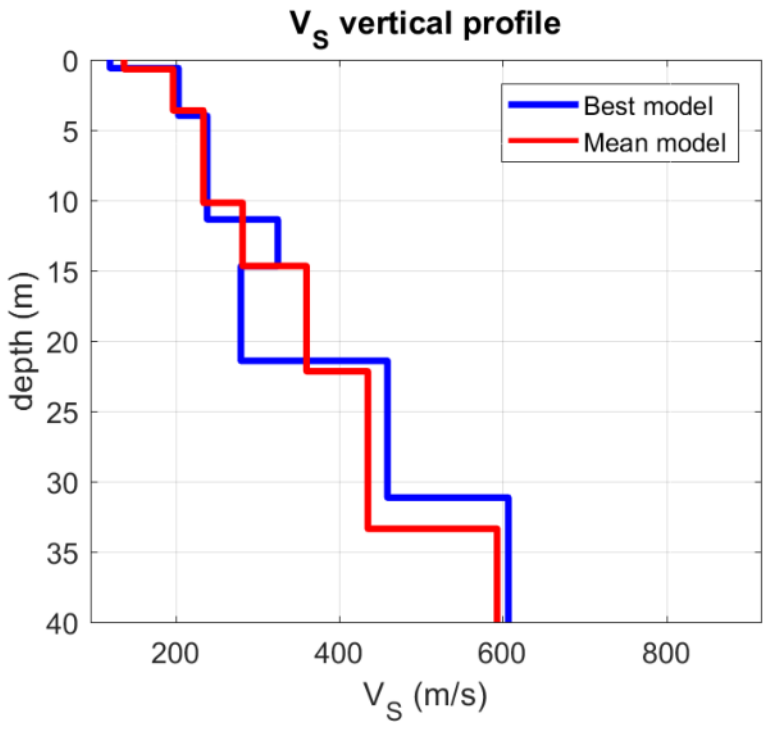


Fig. 10 *– Profilo delle velocità delle onde di tipo S nei primi 30 m di profondità.*

3.3. Indagine sismica di tipo Holisurface

Le tracce relative delle componenti ZV e HF dell'indagine Holisurface sono state sommate per migliorare il rapporto segnale/rumore (S/N) e i sismogrammi derivanti da queste acquisizioni sono state successivamente elaborate ed interpretate utilizzando il software HOLISURFACE. Ottenuti, gli spetti di velocità di gruppo delle componenti Z, R e T e la curva RPM, si è proceduto all'inversione congiunta di questi oggetti e della curva HVSR secondo i criteri dell'ottimo paretiano e utilizzando l'approccio FVS (Full Velocity Spectrum, Dal Moro, 2019). Tale approccio non prevede il picking/interpretazione delle curve modali ma ricostruisce un modello di velocità che tende ad avvicinarsi all'insieme dei dati sperimentali acquisiti in campagna.

3.3.1. Indagine Holisurface HS1

I risultati dell'inversione dell'indagine HS1 sono riportati in Fig. 11, dove si osservano sia i sismogrammi ricavati dallo stacking verticale che gli spettri di velocità di fase delle onde di Rayleigh. Le figure 12 e 13 mostrano invece i risultati dell'inversione congiunta degli spettri di velocità di gruppo delle componenti verticale e radiale delle onde di Rayleigh e quello delle

onde di Love, la curva HVSR il relativo modello con il minor scarto tra dati sismici acquisiti e la modellazione.

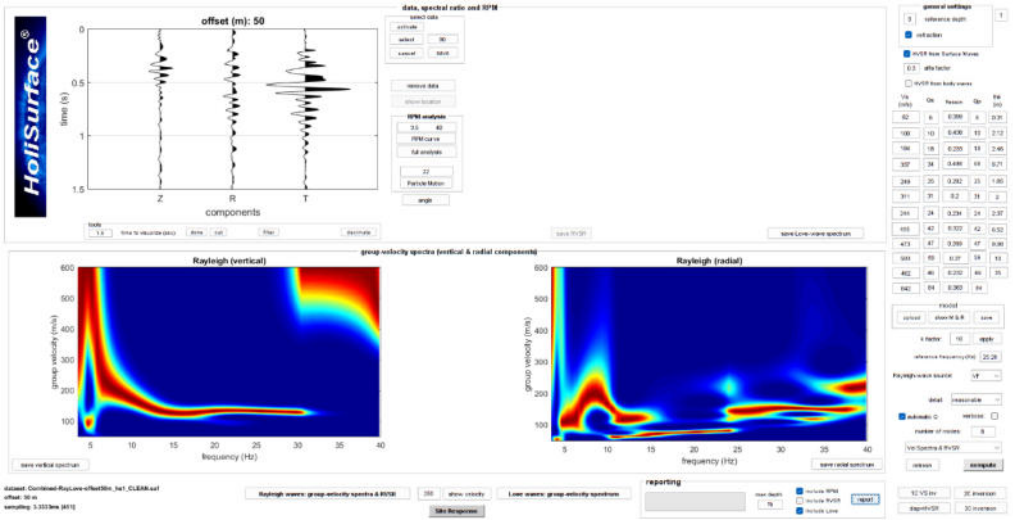
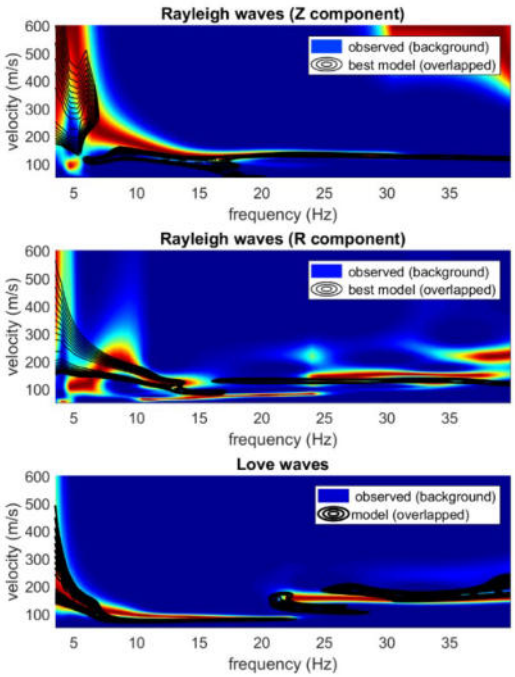


Fig. 11 *– Sismogramma e spettri di velocità di gruppo relativi alla componente Z, R (onde di Rayleigh) e T (onde di Love).*



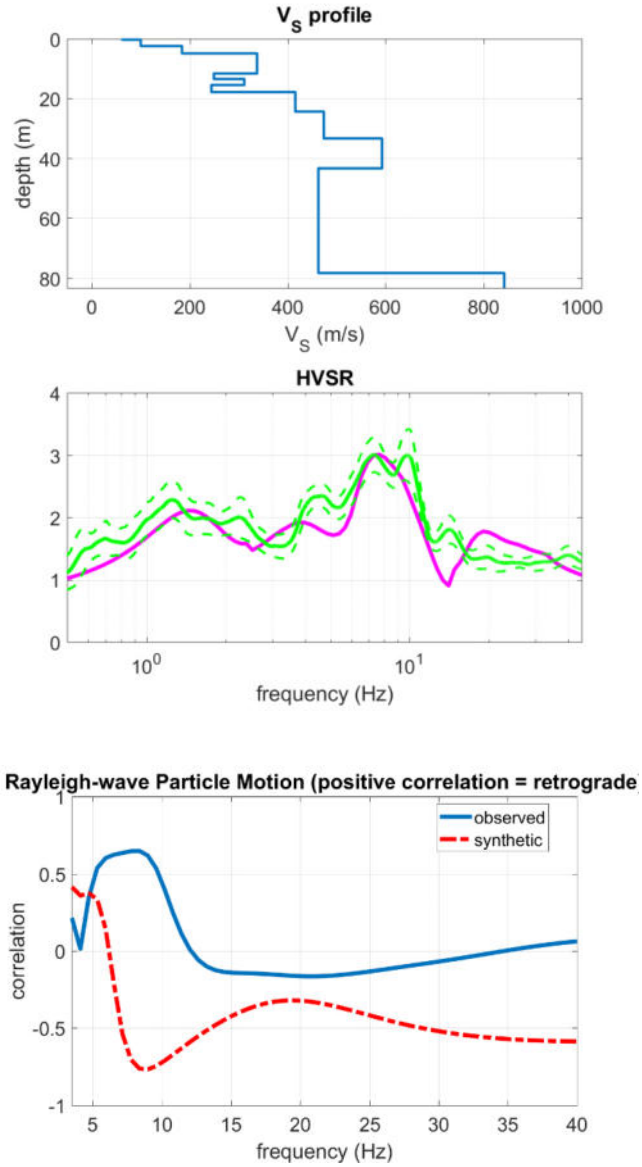
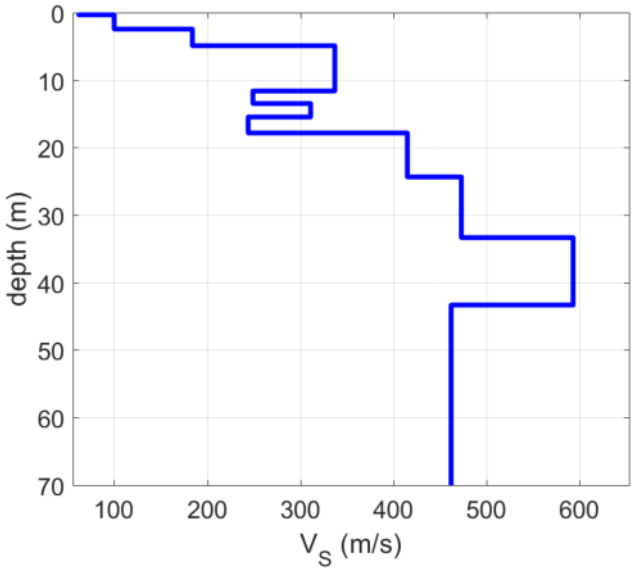


Fig. 12 *– Risultati dell'inversione congiunta degli spettri delle componenti Z, R e T e delle curve RPM e HVSR derivanti dall'indagine HS1 (modello riportato nella successiva immagine). La curva HVSR è stata modellata in accordo ad Arai & Tokimastu (2004), quindi considerando anche l'apporto delle onde di Love presenti nel campo dei microtremori (fattore α - vedi Dal Moro, 2014; 2019). Gli spettri di velocità di gruppo sono trattati secondo l'approccio FVS (Full Velocity Spectrum), quindi senza interpretazione/picking di curve modali. Si noti il buon accordo su tutti i tre "oggetti" (observables) considerati.*



Vs model (Vs30 & VsE @ surface: 271 271 m/s)

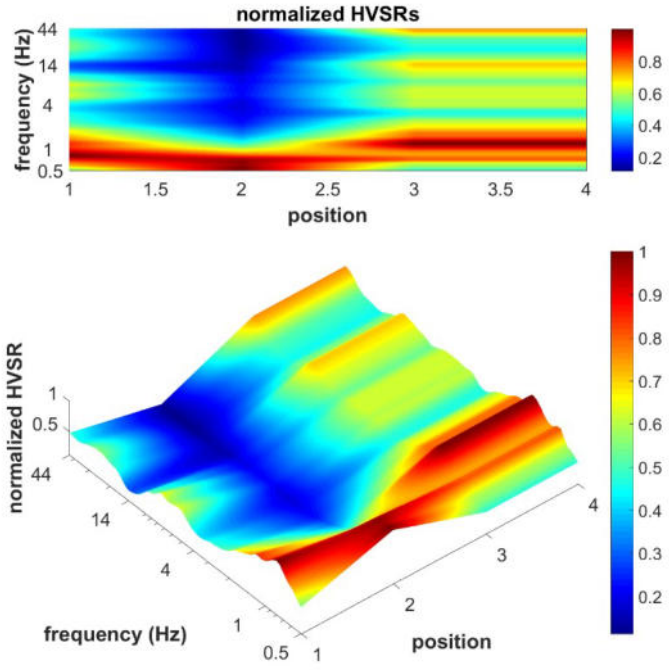
layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	62	0.3100	0.3100
2	100	2.1200	2.4300
3	184	2.4600	4.8900
4	337	6.7100	11.6000
5	249	1.8500	13.4500
6	311	2	15.4500
7	244	2.3700	17.8200
8	415	6.5200	24.3400
9	473	8.9800	33.3200
10	593	10	43.3200
11	462	35	78.3200
12	842	0	0

Fig. 13 *- Modello del sottosuolo identificato tramite analisi congiunta Z+T+ R + RPM + HVSR1.*

3.4. Misure di microtremori a stazione singola

I dati di rumore sismico sono stati processati con il *software WinMASW* 3C, selezionando le finestre temporali secondo le raccomandazioni fornite da Dolce et al. (2011): i) finestre con ampiezza di 20 s; ii) rimozione delle finestre con ampiezze superiori al 10% della frequenza centrale; iii) rimozione dei transienti sulla serie temporale. L'analisi degli spettri delle componenti del moto sismico suggeriscono che non sono molto ben evidenti dei picchi di natura stratigrafica e le curve mostrano in generale un andamento irregolare con un aumento del rapporto H/V con valori di poco superiore a 2.

Tutto ciò indica che, nel terreno è comunque presente un contrasto di natura stratigrafica, come anche evidenziato dalle altre indagini, ipotizzato intorno alla profondità di circa 4 – 5 m, correlabile con il passaggio da un materiale più scadente in superficie ad un materiale sicuramente più consistente. Di seguito si riportano le curve relative alle 4 stazioni di misura (Fig. 13).



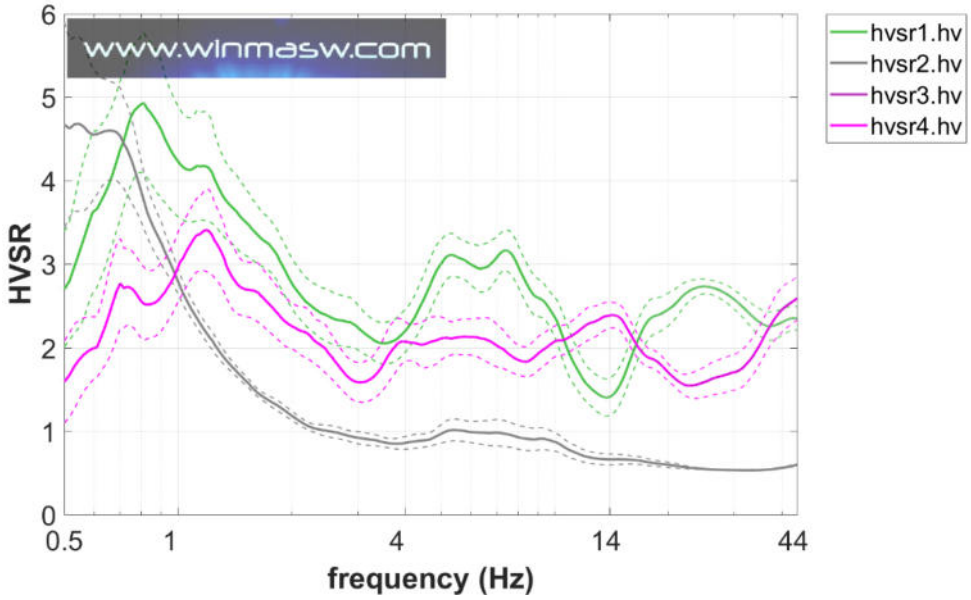


Fig. 13– *Curve HVSR relative alle 4 stazioni di misura di microtremori a stazione singola.*

3.5. Categoria di suolo di fondazione

Ai fini della definizione per via semplificata dell'azione sismica di progetto (D.M. 17 gennaio 2018), è stata stimata la categoria di sottosuolo di fondazione utilizzando i dati dell'indagine sismica.
Nel caso specifico le indagini eseguite non hanno individuato il bedrock sismico (Vs > 800 m/s) entro la profondità di 30,00 m dal p.c. Facendo riferimento al profilo verticale delle onde S elaborato con le tecniche MASW e HOLISURFACE e ipotizzando una profondità del piano di posa delle fondazioni a 0,50 m dal p.c., i terreni di copertura presentano una velocità equivalente, **$V_{s,eq}$ = 327 m/s**, calcolata con la seguente espressione:

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

con:

h_i = spessore dell'i-esimo strato;
$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
N = numero di strati;
H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.
Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.
In riferimento alla tabella 3.2.II del DM 17/01/2018 il sito in esame è attribuibile alla categoria di **sottosuolo C**: **[*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s].**

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I profili di velocità, elaborati con le due tecniche di indagine, hanno consentito di riconoscere, sulle verticali di restituzione delle informazioni sismostratigrafiche, orizzonti con caratteristiche elastiche e velocità delle onde P ed S variabili entro i primi 30 m di sottosuolo. Tutte le indagini hanno evidenziato un incremento delle velocità con la profondità, significativo di volumi di materiale con elevato grado di addensamento e/o maturazione. Non è stato intercettato il *bedrock* sismico entro i primi 30 m di profondità.

- **SISMICA A RIFRAZIONE** – L'indagine sismica a rifrazione ha fornito dati affidabili fino alla profondità di circa 5 m. dall'interpretazione tomografica si evince l presenza di uno strto superficiale spesso circa 1,5 m con bassi valori di velocità delle onde P, al di sotto dei 400 m/s. questi valori di velocità sono indicativi di una coltre detritica superficiale dalle caratteristiche geotecniche molto scadenti. Al di sotto si rinviene uno strato altrettanto continuo con spessore di circa 3 m e velocità delle onde P che vanno da 400 m/s a 1500 m/s. intorno ai 4,5/ 5 m si profondità si raggiungono velocità delle onde P intorno ai 1500 m/s. l'interpretazione della sismica a rifrazione è stata interrotta in corrispondenza della misura dei 1500 m/s in quanto siamo in presenza di un terreno saturo. In questi casi, a partire da quella profondità, la prova sismica a rifrazione non fornisce risultati affidabili.
- **INDAGINI SISMICHE DI TIPO MASW E HOLISURFACE** – Le due indagini sismiche hanno fornito dati affidabili sino ad una profondità di circa 30 m, anche se sono state investigate profondità maggiori. Entrambe mostrano nell'ambito dei primi 30 m, l'andamento delle Vs con la profondità e che il sottosuolo di progetto è costituito da una porzione più superficiale con spessore di circa un paio di metri con valori molto bassi di Vs e che si ritiene sia rappresentativo di terreni pedogenizzati (suolo) e/o terreni fortemente alterati (coltre eluvio-colluciale). Verso il basso le caratteristiche dei terreni migliorano leggermente anche se la velocità delle onde S raggiunge circa 350 m/s a partire da una profonditò di circa 5 m. Da questa profondità in poi le velocità delle onde tendono gradualmente ad aumentare con la profondità.
  Tali indagini hanno consentito di determinare il profilo verticale della Vs e di conseguenza il parametro Vs,eq. Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (D.M. 17 Gennaio 2018) il sito in esame rientra nella **categoria C.**
- **MISURA DI MICROTREMORE** – L'analisi degli spettri delle componenti del moto sismico suggeriscono che non sono molto ben evidenti dei picchi di natura stratigrafica e le curve mostrano in generale un andamento irregolare con un aumento del rapporto H/V con valori di poco superiore a 2. Tutto ciò indica che, nel terreno è comunque presente un contrasto di natura stratigrafica, come anche evidenziato dalle altre indagini, ipotizzato intorno alla profondità di circa 4 – 5 m, correlabile con il passaggio da un materiale più scadente in superficie ad un materiale sicuramente più consistente.

Genzano di Lucania 13/10/2022

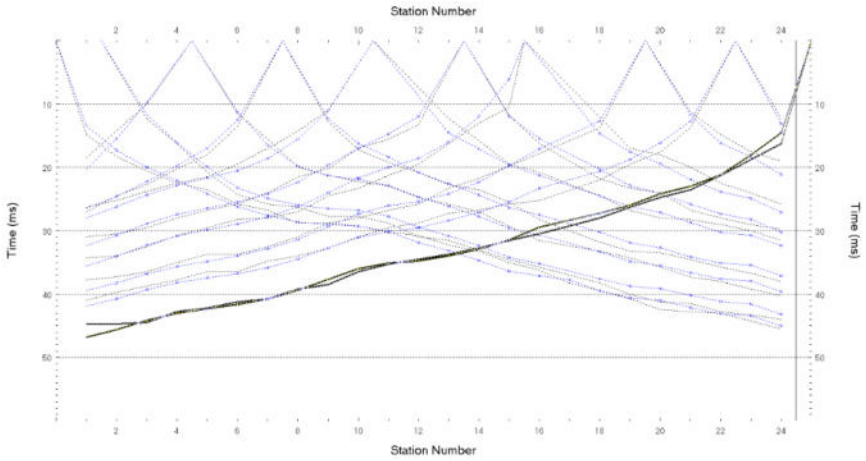
La Geologa

Dr Antonietta Cilumbriello

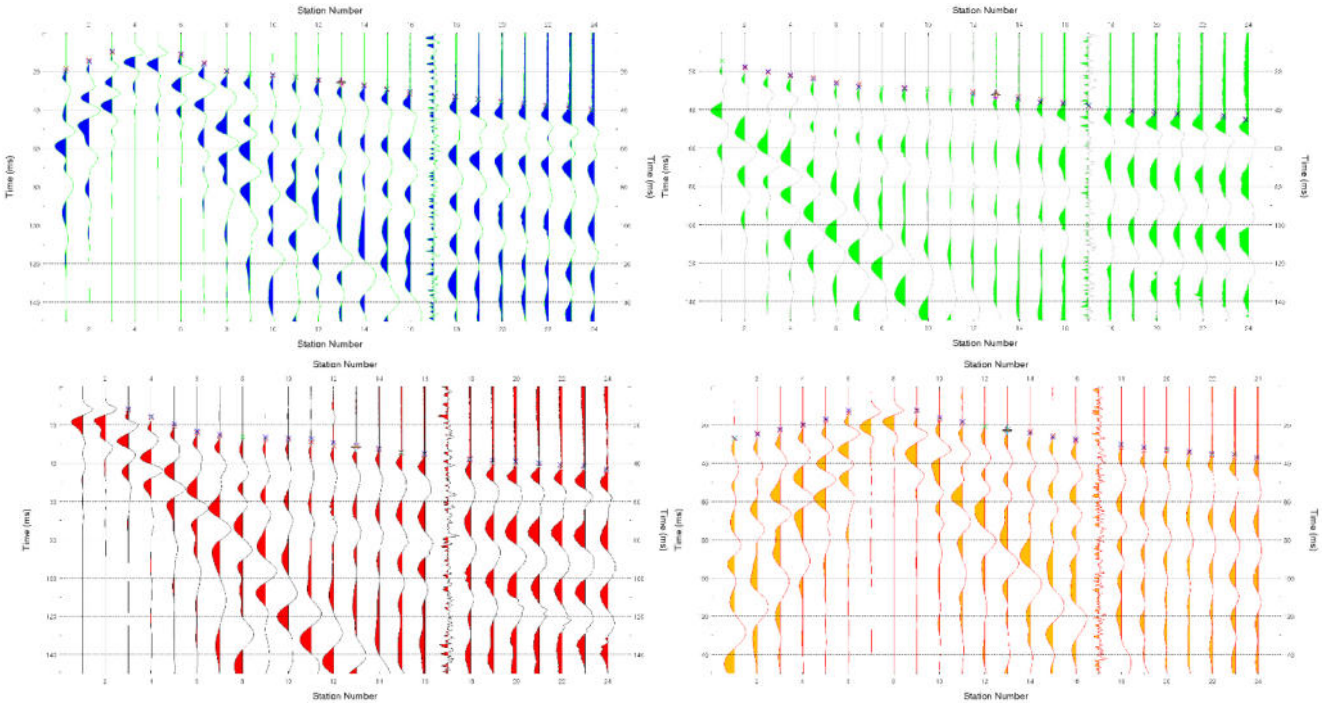


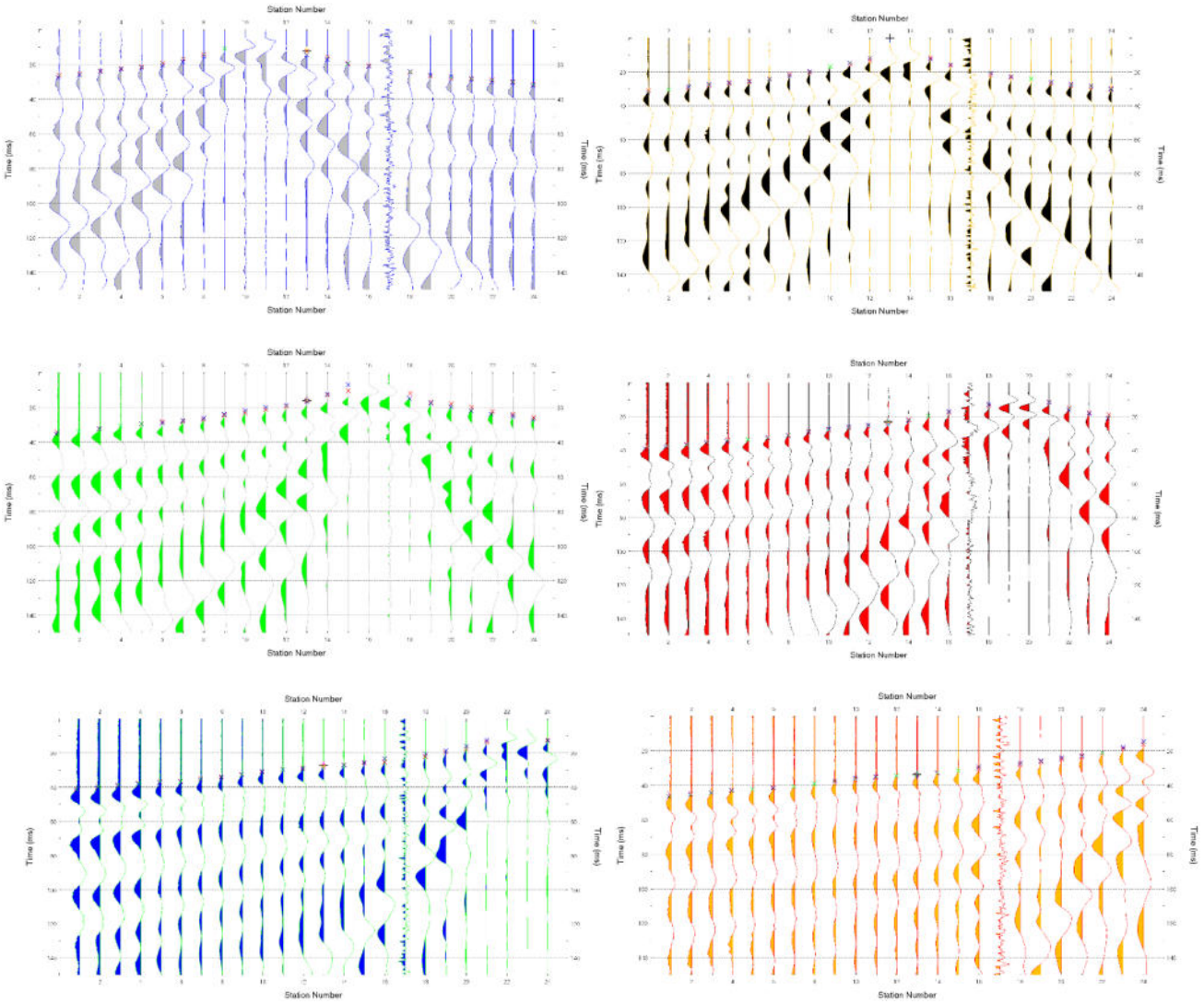
TAVOLA 1: ELABORATI DELLA SISMICA A RIFRAZIONE

SR1

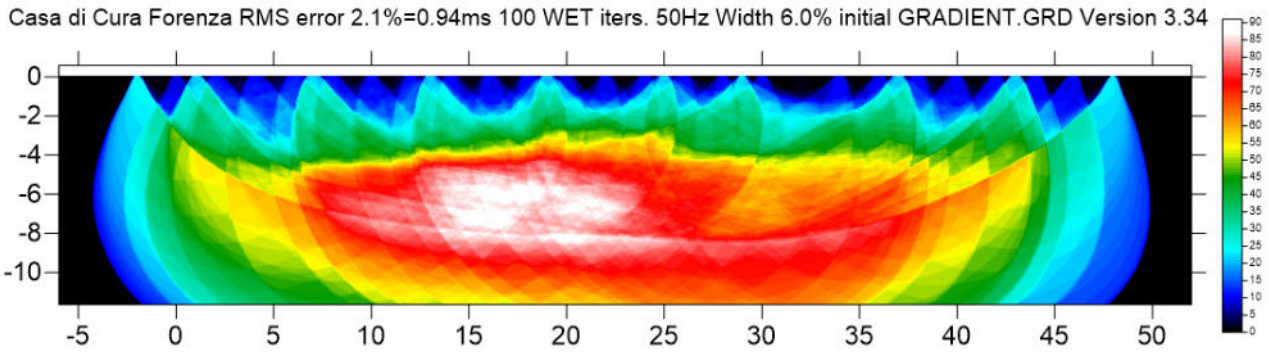


Dromocrone ricavate dall'individuazione nei sismogrammi dei primi arrivi delle onde P e relativa profondità del rifrattore superficiale.

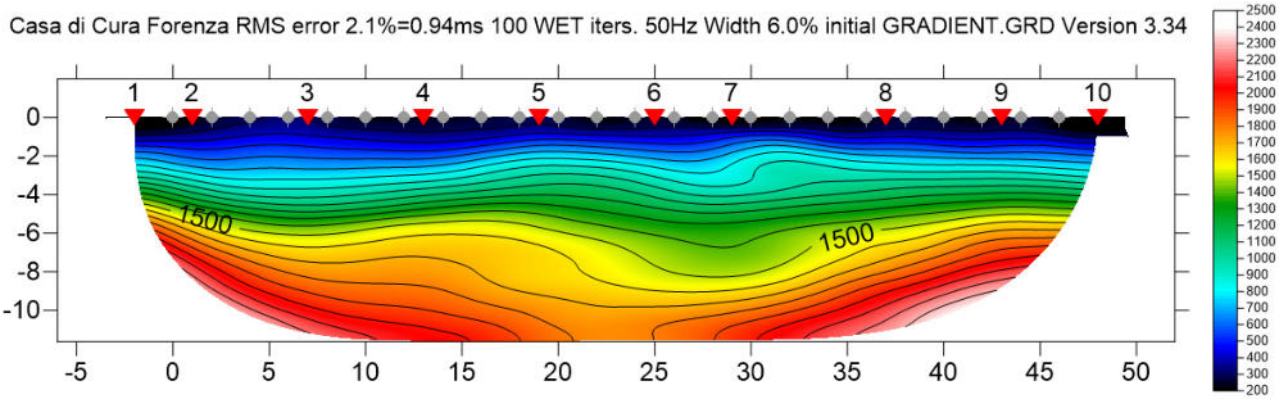




Sismogrammi relativi agli scoppi effettuati lungo lo stendimento della sismica a rifrazione R1 in onda P. I simboli rossi indicano i primi arrivi derivanti dal picking manuale mentre quelli blu rappresentano la modellizzazione dei primi arrivi delle onde P generati dal modello tomografico.



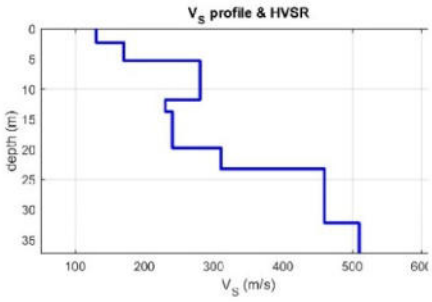
Sezione di "copertura" (numero di raggi che incidono su ciascuna cella del sottosuolo) delle onde sismiche di tipo P.

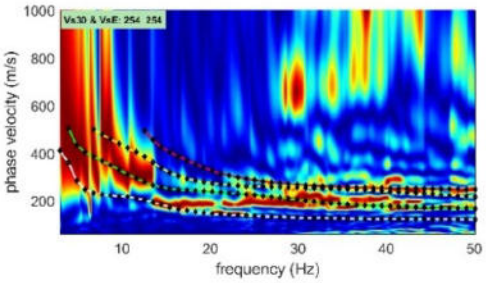


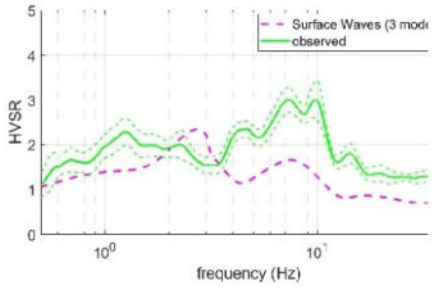
Tomografia sismica ricavata dall'inversione dei primi arrivi della sismica a rifrazione

TAVOLA 2: REPORT INDAGINE MASW MW1









Subsurface Model

Vs (m/s): 130 170 280 230 240 310 460 510

Thickness (m): 2.3, 3.0, 6.5, 2.0, 6.0, 3.5, 9.0

Density (gr/cm3) (approximate values): 1.72 1.91 1.89 1.93 1.84 1.92 2.04 2.16

Shear modulus (MPa) (approximate values): 29 55 148 102 106 184 431 562

Analyzing Phase velocities

Analysis: Rayleigh Waves

Vp (m/s): 248 558 502 596 418 567 926 1546

Poisson: 0.31 0.45 0.27 0.41 0.25 0.29 0.34 0.44

Vs30 and VsE (m/s): 254 254

Pay attention

Soil classification must be perfomed by the user.

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

winMASW - Surface Waves & Beyond

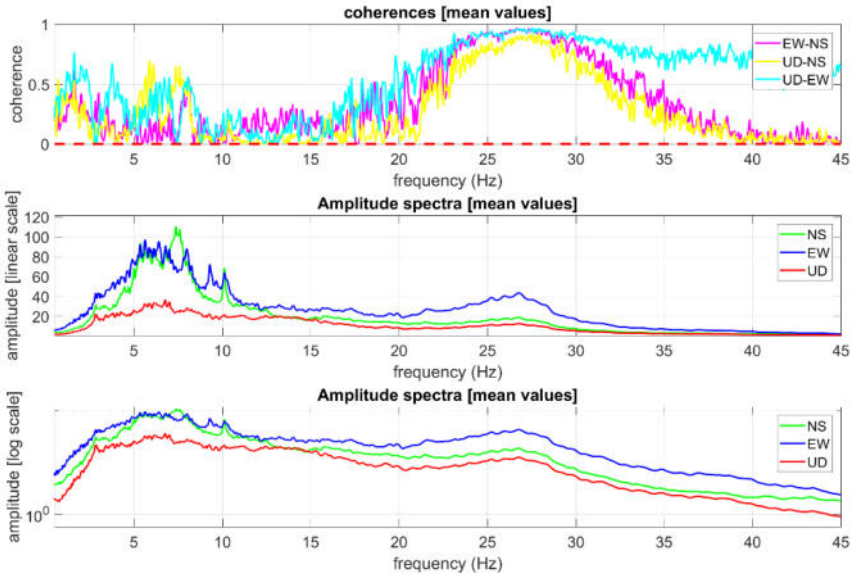
www.winmasw.com

TAVOLA 3: ELABORATI DELLE MISURE DI MICROTREMORE A STAZIONE SINGOLA

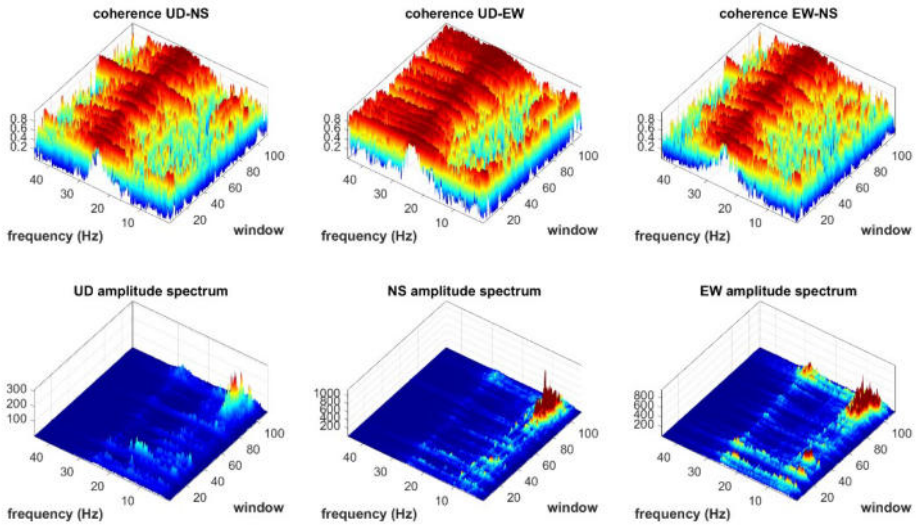
HVSR1

Stazione	01
Strumento	SR04-GEOBOX SARA
Data di acquisizione	16/09/2022
Coordinate Lat.	40.861142°
Coordinate Long.	15.847123°
Durata registrazione:	20 minuti
Freq. Campionamento	100
Lunghezza finestre	25
Numero di finestre analizzate	40
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi
Lisciamento	40%
Terreno di misura	terreno

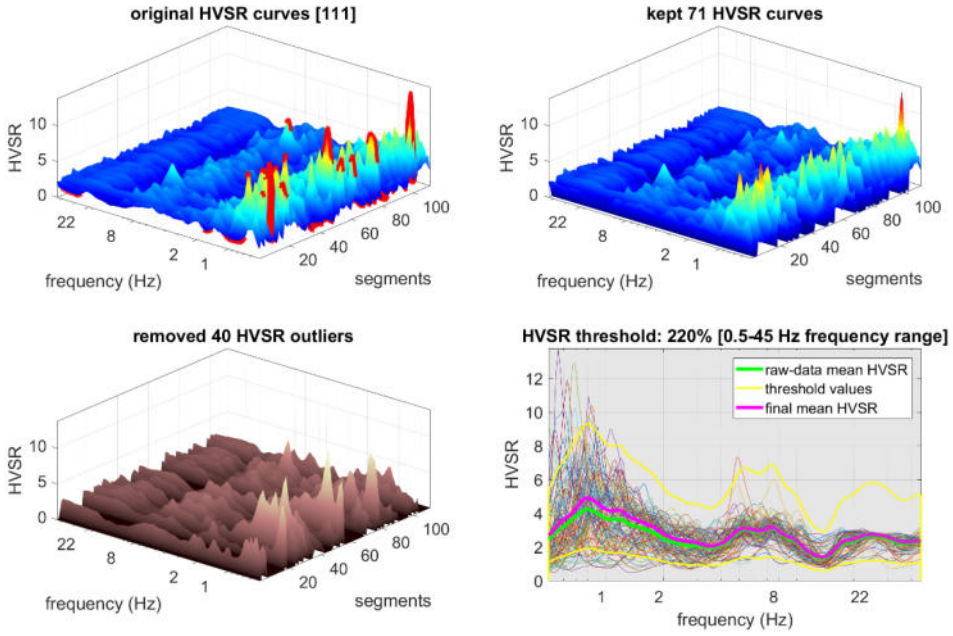




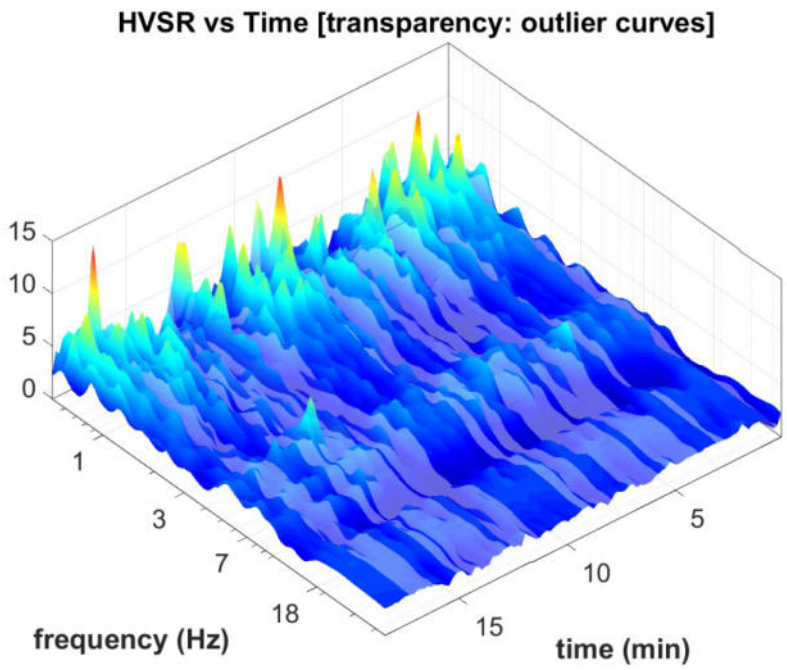
Funzioni di coerenza. Dall'alto: funzioni di coerenza per le tre coppie di sensori indicati, spettri di ampiezza (smoothing del 15%) delle tre componenti con scala verticale lineare, spettri di ampiezza con scala verticale logaritmica.



Funzioni di coerenza e spettrogrammi (in funzione del tempo).



Dall'alto a sinistra in senso orario: 1) totalità delle curve HVSR per tutte le finestre considerate; 2) curve HVSR mantenute successivamente alla rimozione delle curve "outliers"; 3) curve HVSR rimosse (in quanto outlier); 4) curve HVSR.

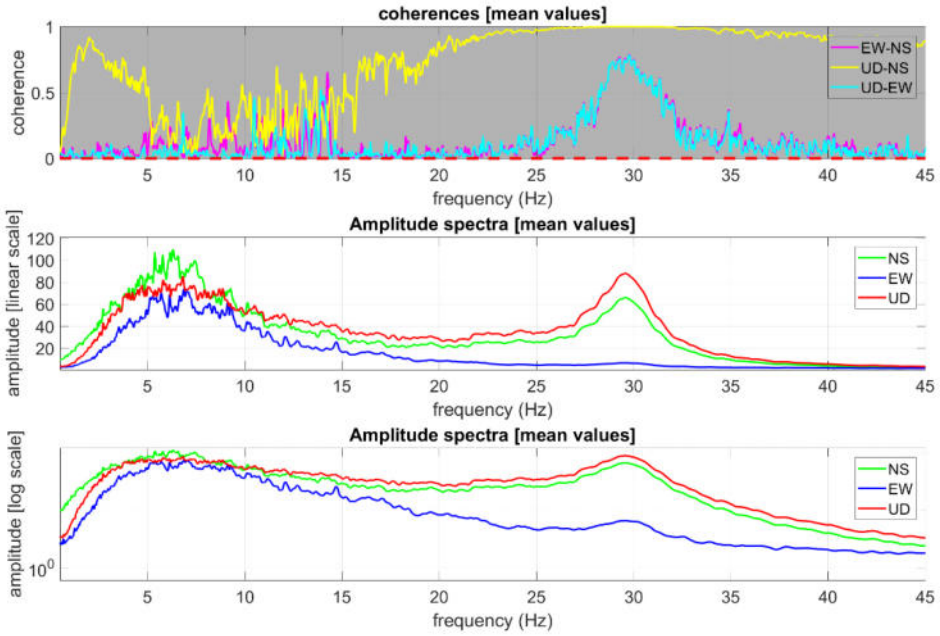


Continuità del rapporto H/V nel tempo e direttività.

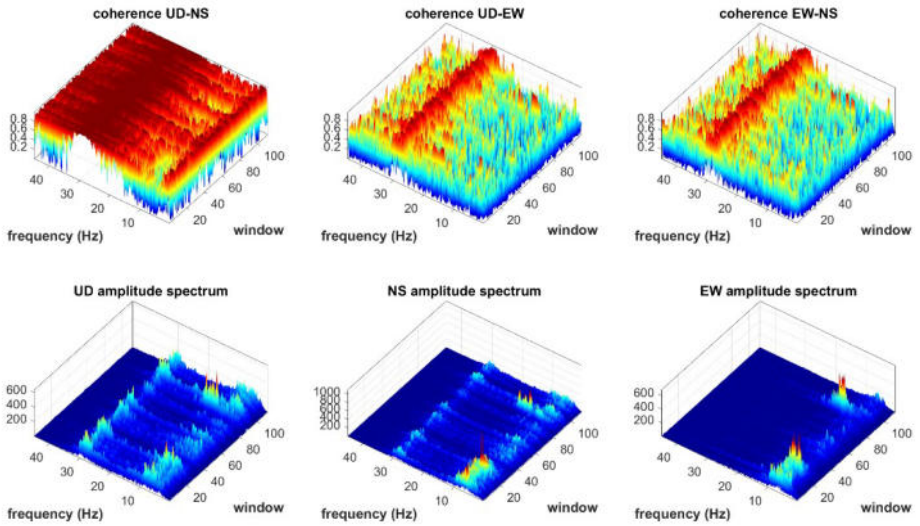
HVSR2

Stazione	02
Strumento	SR04-GEOBOX SARA
Data di acquisizione	16/09/2022
Coordinate Lat.	40.861090°
Coordinate Long.	15.846897°
Durata registrazione:	20 minuti
Freq. Campionamento	100
Lunghezza finestre	25
Numero di finestre analizzate	40
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi
Lisciamento	40%
Terreno di misura	terreno

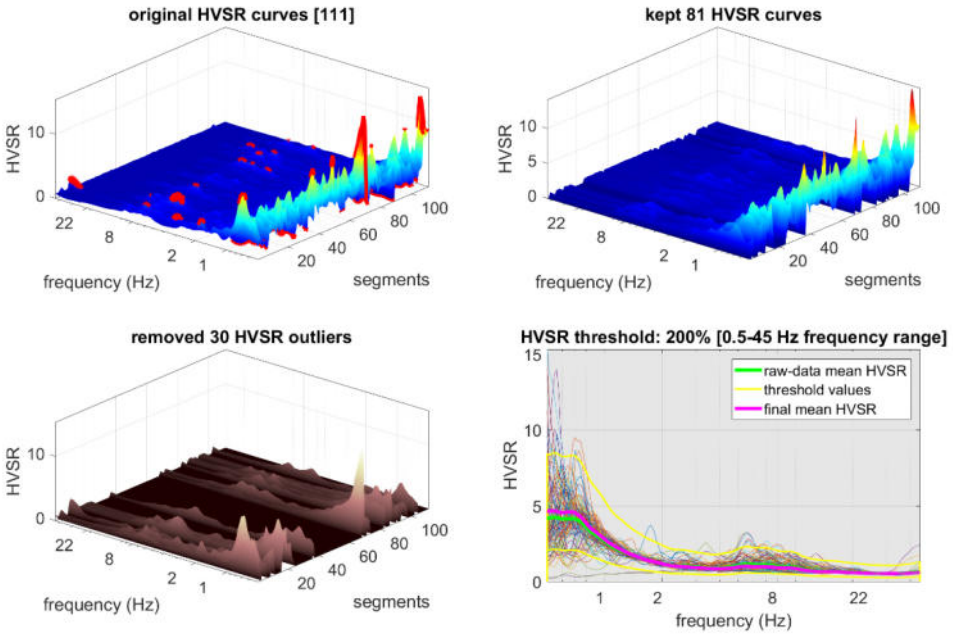




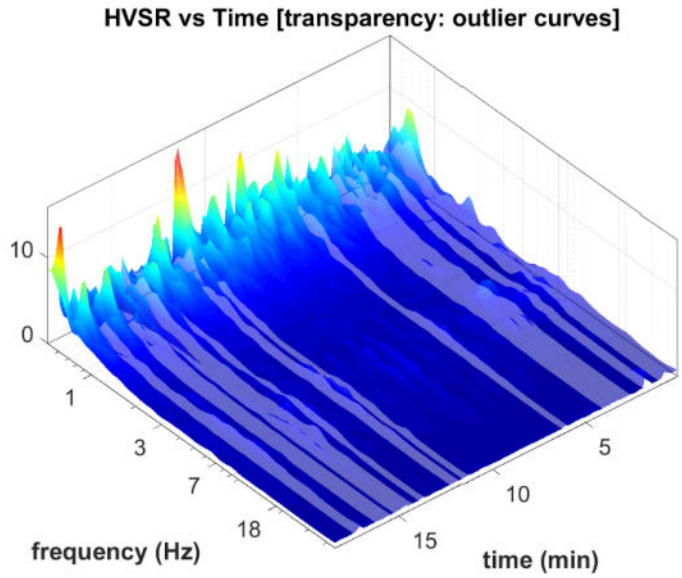
Funzioni di coerenza. Dall'alto: funzioni di coerenza per le tre coppie di sensori indicati, spettri di ampiezza (smoothing del 15%) delle tre componenti con scala verticale lineare, spettri di ampiezza con scala verticale logaritmica.



Funzioni di coerenza e spettrogrammi (in funzione del tempo).



Dall'alto a sinistra in senso orario: 1) totalità delle curve HVSR per tutte le finestre considerate; 2) curve HVSR mantenute successivamente alla rimozione delle curve "outliers"; 3) curve HVSR rimosse (in quanto outlier); 4) curve HVSR.

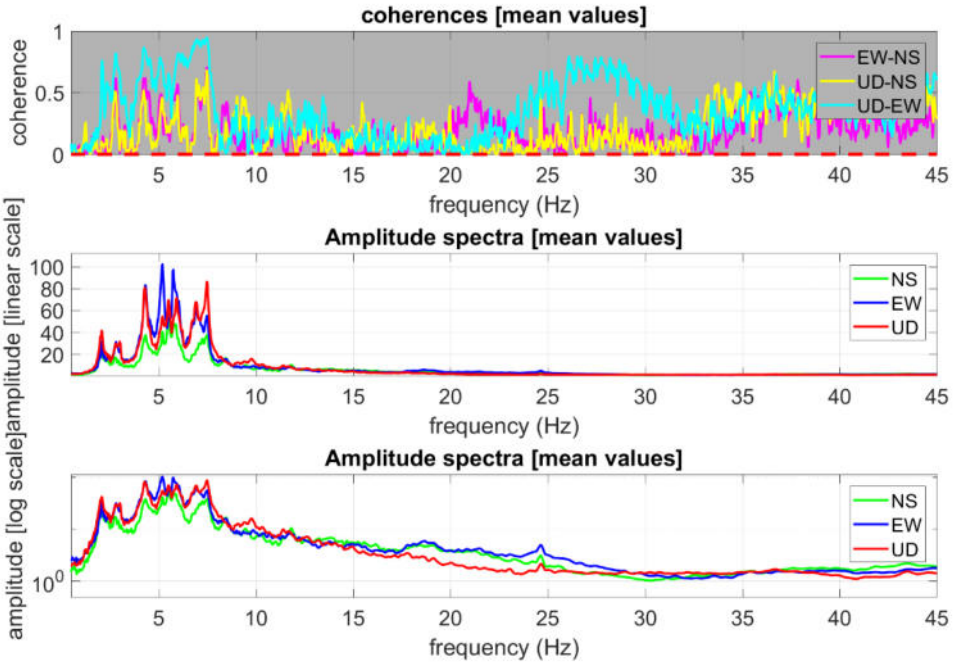


Continuità del rapporto H/V nel tempo e direttività.

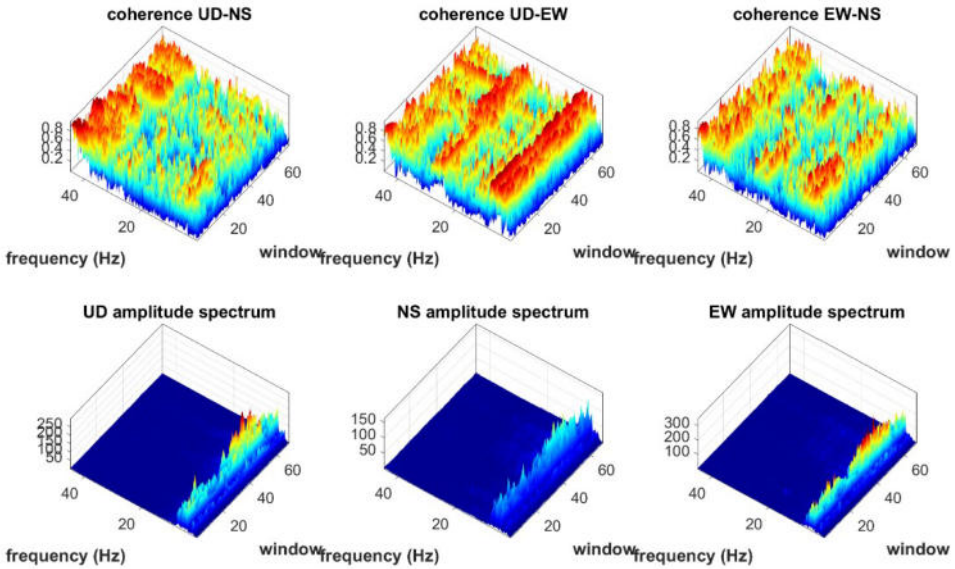
HVSR3

Stazione	02
Strumento	SR04-GEOBOX SARA
Data di acquisizione	16/09/2022
Coordinate Lat.	40.861082°
Coordinate Long.	15.846707°
Durata registrazione:	20 minuti
Freq. Campionamento	100
Lunghezza finestre	25
Numero di finestre analizzate	40
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi
Lisciamento	40%
Terreno di misura	terreno

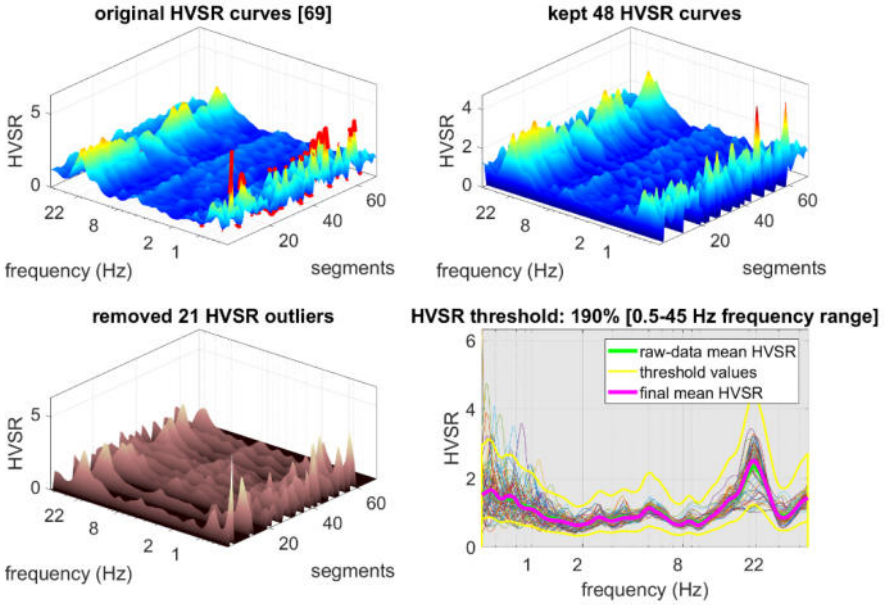




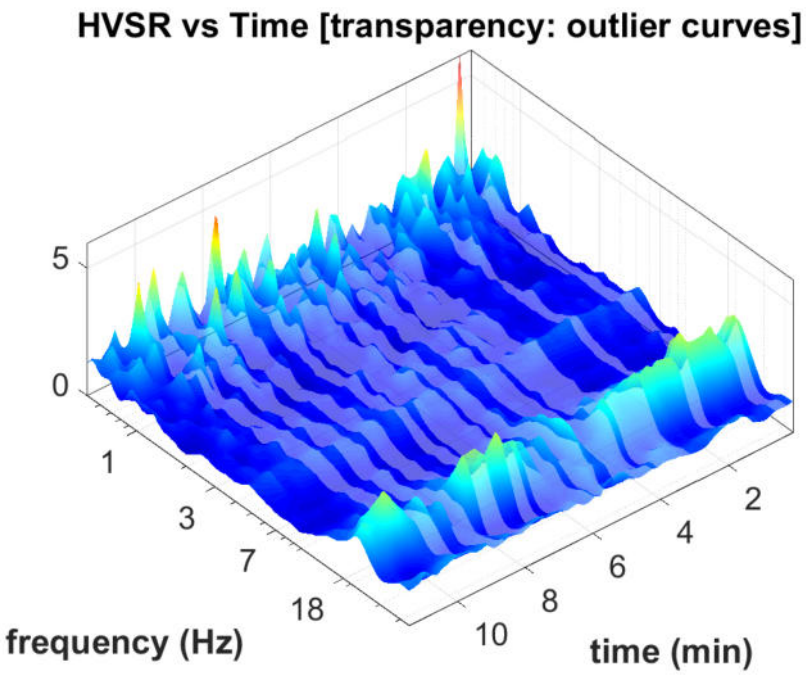
Funzioni di coerenza. Dall'alto: funzioni di coerenza per le tre coppie di sensori indicati, spettri di ampiezza (smoothing del 15%) delle tre componenti con scala verticale lineare, spettri di ampiezza con scala verticale logaritmica.



Funzioni di coerenza e spettrogrammi (in funzione del tempo).



Dall'alto a sinistra in senso orario: 1) totalità delle curve HVSR per tutte le finestre considerate; 2) curve HVSR mantenute successivamente alla rimozione delle curve "outliers"; 3) curve HVSR rimosse (in quanto outlier); 4) curve HVSR.

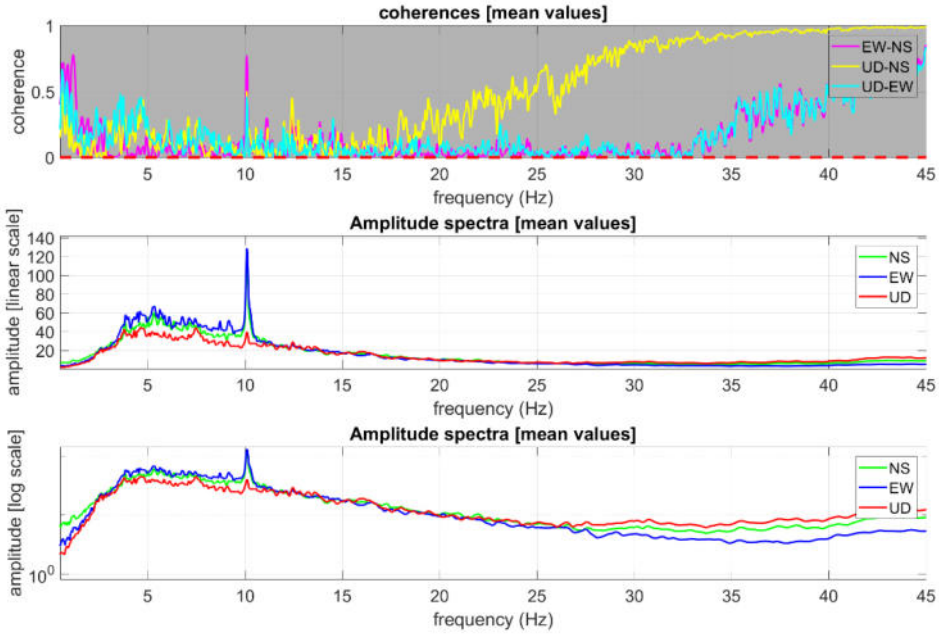


Continuità del rapporto H/V nel tempo e direttività.

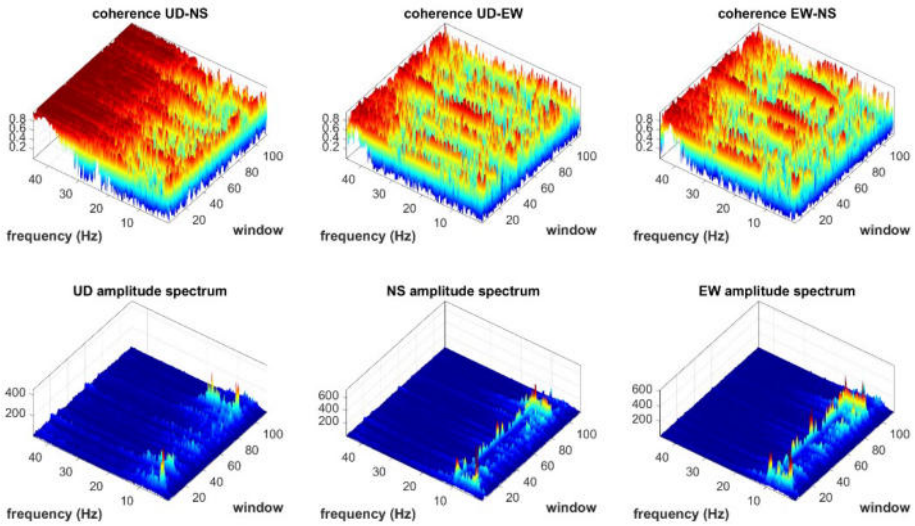
HVSR4

Stazione	02
Strumento	SR04-GEOBOX SARA
Data di acquisizione	16/09/2022
Coordinate Lat.	40.861289°
Coordinate Long.	15.846757°
Durata registrazione:	20 minuti
Freq. Campionamento	100
Lunghezza finestre	25
Numero di finestre analizzate	40
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi
Lisciamento	40%
Terreno di misura	terreno

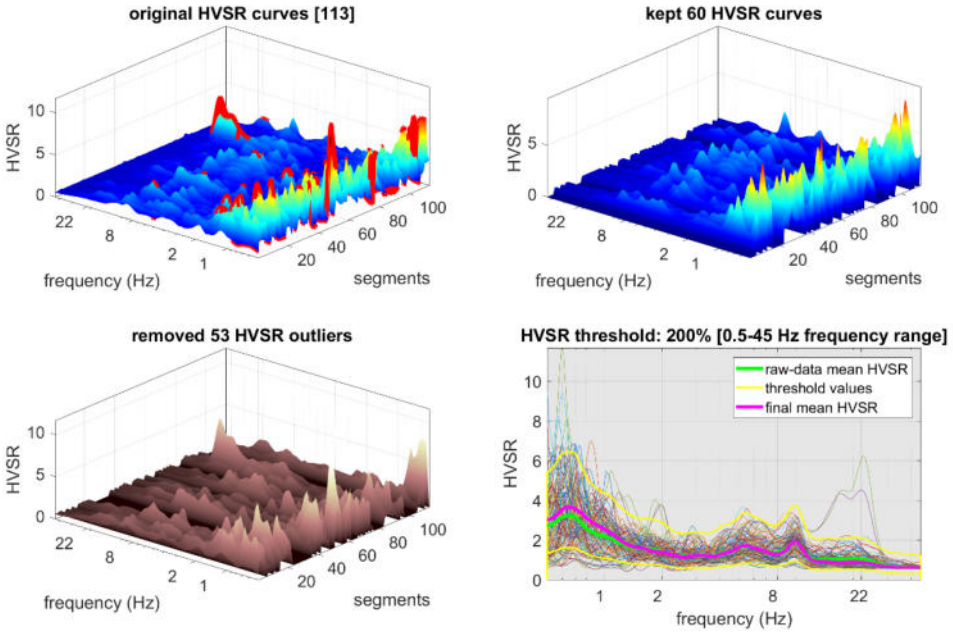




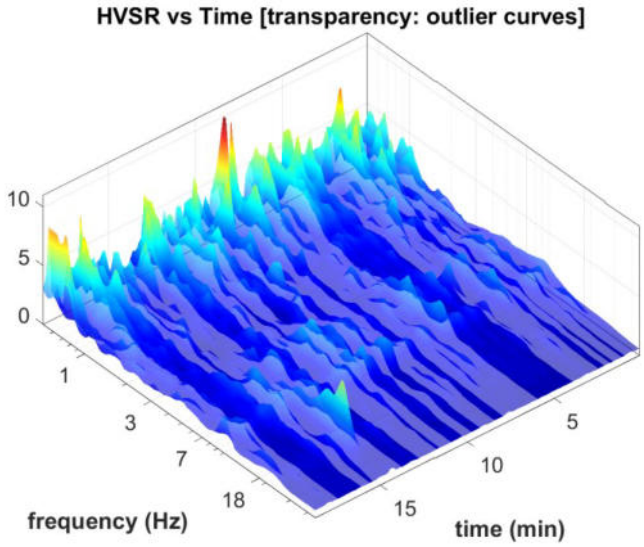
Funzioni di coerenza. Dall'alto: funzioni di coerenza per le tre coppie di sensori indicati, spettri di ampiezza (smoothing del 15%) delle tre componenti con scala verticale lineare, spettri di ampiezza con scala verticale logaritmica.



Funzioni di coerenza e spettrogrammi (in funzione del tempo).



Dall'alto a sinistra in senso orario: 1) totalità delle curve HVSR per tutte le finestre considerate; 2) curve HVSR mantenute successivamente alla rimozione delle curve "outliers"; 3) curve HVSR rimosse (in quanto outlier); 4) curve HVSR.



Continuità del rapporto H/V nel tempo e direttività.

TAVOLA 4: REPORT INDAGINE HOLISURFACE

HS1

HoliSurface® - Holistic Analysis of Surface Waves

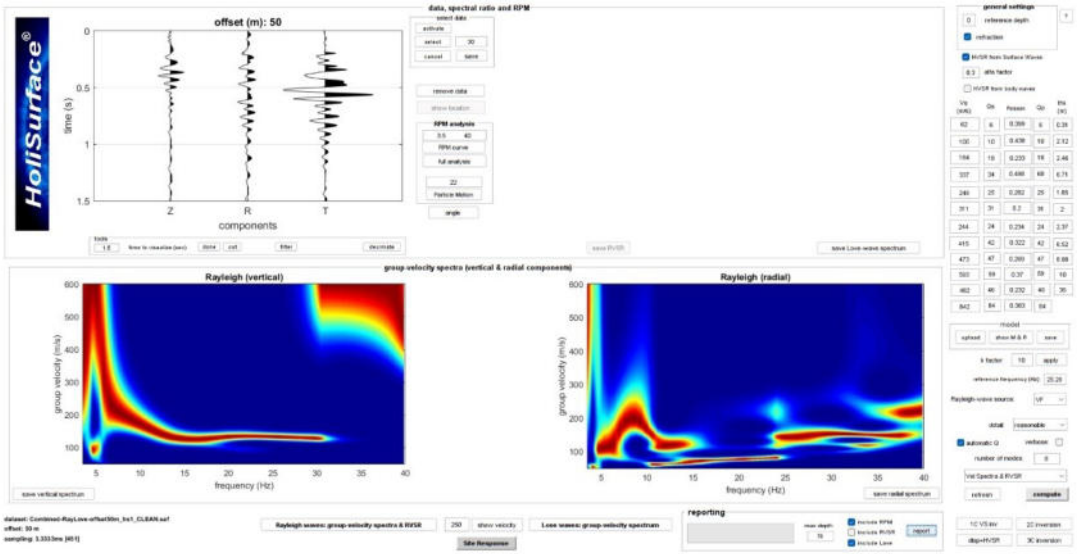
www.holisurface.com

Date: 19 9 2022

Time: 9 30

offset: 50 m

Analysis: Rayleigh Waves



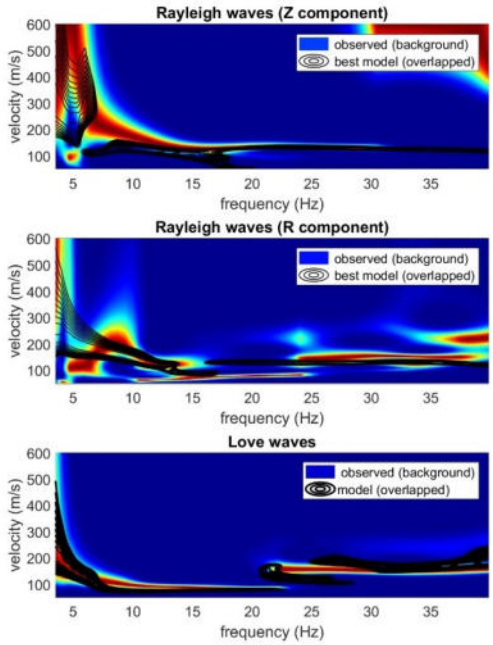
Subsurface model

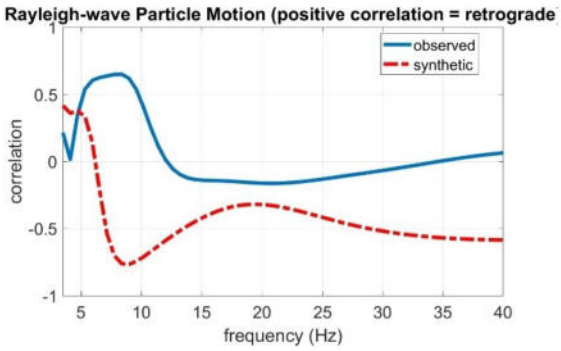
Shear-wave velocities (m/s): 62 100 184 337 249 311 244 415 473 593 462 842

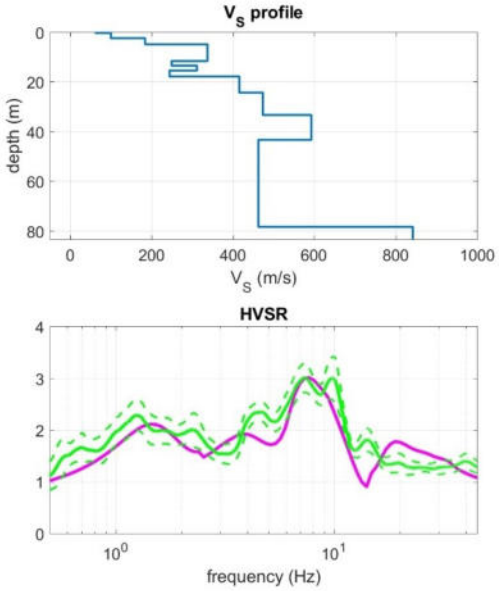
Thicknesses (m): 0.3 2.1 2.5 6.7 1.9 2.0 2.4 6.5 9.0 10.0 35.0

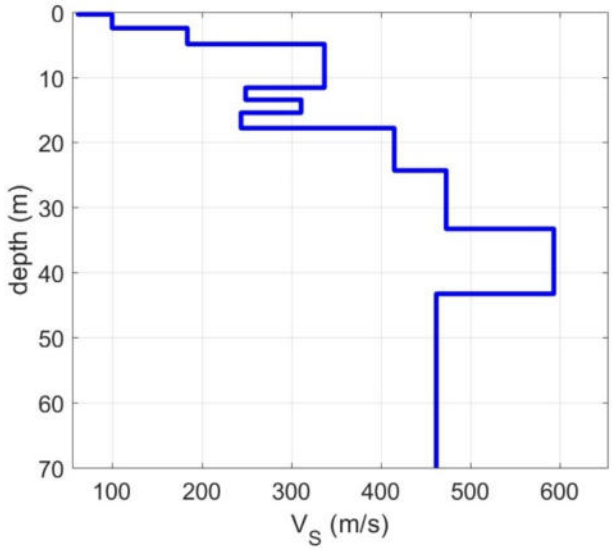
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 6 17 61 225 118 189 113 351 463 750 441 1580

Vs30 and VsE @ surface (m/s): 271, 271


Rayleigh waves (Z component)
observed (background)
best model (overlapped)
velocity (m/s)
frequency (Hz)
Rayleigh waves (R component)
observed (background)
best model (overlapped)
velocity (m/s)
frequency (Hz)
Love waves
observed (background)
model (overlapped)
velocity (m/s)
frequency (Hz)


Rayleigh-wave Particle Motion (positive correlation = retrograde
observed
synthetic
correlation
frequency (Hz)


V_S profile
depth (m)
0
20
40
60
80
0
200
400
600
800
1000
V_S (m/s)
HVSR
4
3
2
1
0
10^0
10^1
frequency (Hz)


depth (m)
0
10
20
30
40
50
60
70
100
200
300
400
500
600
V_S (m/s)

Vs model (Vs30 & VsE @ surface: 271 271 m/s)

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	62	0.3100	0.3100
2	100	2.1200	2.4300
3	184	2.4600	4.8900
4	337	6.7100	11.6000
5	249	1.8500	13.4500
6	311	2	15.4500
7	244	2.3700	17.8200
8	415	6.5200	24.3400
9	473	8.9800	33.3200
10	593	10	43.3200
11	462	35	78.3200
12	842	0	0

Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

References

HoliSurface and MAAM

On the efficient acquisition and holistic analysis of Rayleigh waves: Technical aspects and two comparative case studies (Dal Moro G., Al-Arifi N., Moustafa S., 2019). Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 125. On-line: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267726118310613

Effective Active and Passive Seismics for the Characterization of Urban and Remote Areas: Four Channels for Seven Objective Functions (Dal Moro G., 2019). Pure and Applied Geophysics, 176, 1445-1465. Available on-line: https://rdcu.be/bbT04

Improved Holistic Analysis of Rayleigh Waves for Single- and Multi-Offset Data: Joint Inversion of Rayleigh-wave Particle Motion and Vertical- and

Radial-Component Velocity Spectra (Dal Moro G., Al-Arifi N., Moustafa S.R., 2017), Pure and Applied Geophysics, on-line: https://link.springer.com /content/pdf/10.1007%2Fs00024-017-1694-8.pdf

Single- and multi-component inversion of surface waves acquired by a single 3-component geophone: an illustrative case study (Dal Moro G. and Puzzilli L.M.), Acta Geodyn. Geomater., 14, 4 (188), 431-444, online: https://www.irsm.cas.cz/materialy/acta_content/2017_doi /DalMoro_AGG_2017_0024.pdf

Analysis of Rayleigh-Wave Particle Motion from Active Seismics (Dal Moro G., Al-Arifi N., Moustafa S.R., 2017) Bulletin of the Seismological Society of America (BSSA), 107, 51-62

Shear-wave velocity profiling according to three alternative approaches: a comparative case study (Dal Moro G., Keller L., Al-Arifi N., Moustafa S.R., 2016), Journal of Applied Geophysics, 134, 112ÿ124

Four Geophones for seven possible objective functions: active and passive seismics for tricky areas (Dal Moro G.) Invited presentation and Extended Abstract for the Urban Geophysics workshop of the 22nd EAGE Near Surface Geoscience conference (4-8 September 2016 - Barcelona, Spain)

Less is more: from van der Rohe to the 4-channel system for the efficient and holistic acquisition and analysis of surface waves. An urban case study. (Dal Moro G., Moustafa S.R., Al-Arifi N., 2015). Proceedings of the GNGTS (Gruppo Nazionale Geofisica della Terra Solida - ogs.trieste.it) congress (17-19 November 2015 - Trieste, Italy)

Geophysikalische In-situ-Bestimmung der Eingangsparameter in die seismischen Standortanalysen am Beispiel des Ambassador House Opfikon (Keller L., Weber T., Dal Moro G., 2015). Proceedings of the 14th D-A-CH conference of the Swiss Society for Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Zurich, August 21-21, SIA D0255, ISBN 978-3-03732-060-0

A Comprehensive Seismic Characterization via Multi-Component Analysis of Active and Passive Data (Dal Moro G., Keller L., Poggi V., 2015), First Break, 33, 45-53

Efficient acquisition and holistic analysis of Rayleigh waves (Dal Moro G., Moustafa S.R., Al-Arifi N.), Proceedings of the Near-Surface EAGE 2015 congress (Turin - Italy) [having received a very high score from the reviewers, the work was invited to be published in Near Surface Geophysics]

Joint Inversion of Rayleigh-Wave Dispersion and HVSR of Lunar Seismic Data from the Apollo 14 and 16 sites (Dal Moro G., 2015), ICARUS, 254, 338-349

Unconventional Optimized Surface Wave Acquisition and Analysis: Comparative Tests in a Perilagoon Area (Dal Moro G., Ponta R., Mauro R., 2015), Appl. Geophysics, 114, 158-167

Surface Wave Analysis for Near Surface Applications (Dal Moro G., 2014), Elsevier, ISBN 978-0-12-800770-9, 252pp (theory, field practice and advanced joint analysis) [see in particular paragraphs 2.2, 7.2 and case studies #2, 6, 8, 12 and 14]

GHM method [building vibration modes]

Gaussian-filtered Horizontal Motion (GHM) plots of non-synchronous ambient microtremors for the identification of flexural and torsional modes of a building (Dal Moro G., Weber T., Keller L., 2018). Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 112, 243ÿ255

Influenza della modellazione degli edifici sulla determinazione della loro vulnerabilità sismica (Sancin L., Dal Moro G., Amadio C., Romanelli F., Vaccari F., 2018). Atti convegno GNGTS 2018 (gngts.ogs.trieste.it)

HoliSurface - Holistic Analysis of Surface Waves

www.holisurface.com

References

On the efficient acquisition and holistic analysis of Rayleigh waves: Technical aspects and two comparative case studies (Dal Moro G., Al-Arifi N., Moustafa S., 2019). Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 125. On-line: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267726118310613

Effective Active and Passive Seismics for the Characterization of Urban and Remote Areas: Four Channels for Seven Objective Functions (Dal Moro G., 2019). Pure and Applied Geophysics, 176, 1445-1465. Available on-line: https://rdcu.be/bbT04

Improved Holistic Analysis of Rayleigh Waves for Single- and Multi-Offset Data: Joint Inversion of Rayleigh-wave Particle Motion and Vertical- and Radial-Component Velocity Spectra (Dal Moro G., Al-Arifi N., Moustafa S.R., 2017), Pure and Applied Geophysics, on-line: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00024-017-1694-8.pdf

Single- and multi-component inversion of surface waves acquired by a single 3-component geophone: an illustrative case study (Dal Moro G. and Puzzilli L.M.), Acta Geodyn. Geomater., 14, 4 (188), 431-444, online: https://www.irsm.cas.cz/materialy/acta_content/2017_doi/DalMoro_AGG_2017_0024.pdf

Analysis of Rayleigh-Wave Particle Motion from Active Seismics (Dal Moro G., Al-Arifi N., Moustafa S.R., 2017) Bulletin of the Seismological Society of America (BSSA), 107, 51-62

Shear-wave velocity profiling according to three alternative approaches: a comparative case study (Dal Moro G., Keller L., Al-Arifi N., Moustafa S.R., 2016), Journal of Applied Geophysics, 134, 112ÿ124

Four Geophones for seven possible objective functions: active and passive seismics for tricky areas (Dal Moro G.) Invited presentation and Extended Abstract for the Urban Geophysics workshop of the 22nd EAGE Near Surface Geoscience conference (4-8 September 2016 - Barcelona, Spain)

Less is more: from van der Rohe to the 4-channel system for the efficient and holistic acquisition and analysis of surface waves. An urban case study. (Dal Moro G., Moustafa S.R., Al-Arifi N., 2015). Proceedings of the GNGTS (Gruppo Nazionale Geofisica della Terra Solida - ogs.trieste.it) congress (17-19 November 2015 - Trieste, Italy)

Geophysikalische In-situ-Bestimmung der Eingangsparameter in die seismischen Standortanalysen am Beispiel des Ambassador House Opfikon (Keller L., Weber T., Dal Moro G., 2015). Proceedings of the 14th D-A-CH conference of the Swiss Society for Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Zurich, August 21-21, SIA D0255, ISBN 978-3-03732-060-0

A Comprehensive Seismic Characterization via Multi-Component Analysis of Active and Passive Data (Dal Moro G., Keller L., Poggi V., 2015), First Break, 33, 45-53

Efficient acquisition and holistic analysis of Rayleigh waves (Dal Moro G., Moustafa S.R., Al-Arifi N.), Proceedings of the Near-Surface EAGE 2015 congress (Turin - Italy) [having received a very high score from the reviewers, the work was invited to be published in Near Surface Geophysics]Joint Inversion of Rayleigh-Wave Dispersion and HVSR of Lunar Seismic Data from the Apollo 14 and 16 sites (Dal Moro G., 2015), ICARUS, 254, 338-349

Unconventional Optimized Surface Wave Acquisition and Analysis: Comparative Tests in a Perilagoon Area (Dal Moro G., Ponta R., Mauro R., 2015), Appl. Geophysics, 114, 158-167

Surface Wave Analysis for Near Surface Applications (Dal Moro G., 2014), Elsevier, ISBN 978-0-12-800770-9, 252pp (theory, field practice and advanced joint analysis) [see in particular paragraphs 2.2, 7.2 and case studies #2, 6, 8, 12 and 14]

COMUNE DI FORENZA

Provincia di Potenza

Corso Grande Umberto I°, n.5/a - C.A.P. 85023 - C.F. 86000050764 P.I. 00904230760- tel. 0971 772218 - fax 0971 772229 - PEC: comune.forenza@cert.ruparbasilicata.it

Settore Tecnico

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006797 DEL 05-10-2023 IN partenza

Alla Ditta: ***RTP Arch. Nicola STIGLIANI***
Via del seminario maggiore n. 37

85100 - Potenza (PZ)

Pec: nicola.stigliani@archiworldpec.it

OGGETTO: **Incarico di progettazione definitiva/esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione, direzione lavori, contabilizzazione ed emissione del certificato di regolare esecuzione dell'intervento di "Costruzione di una Residenza Socio-Assistenziale per Anziani da realizzarsi in zona PAIP" – Trasmissione relazione geologica**

In allegato alla presente per il prosieguo dell'incarico di progettazione esecutiva relativo a quanto in oggetto, si trasmette la relazione geologica e le indagini geotecniche trasmesse.

Con l'occasione si comunica che con Delibera di Giunta Regionale n° 202300564 del 14/09/2023, che si allega in copia, si è provveduto, tra l'altro, a modificare la scheda di intervento con un aumento dell'importo del finanziamento, pertanto la S.V. vorrà tener conto nella elaborazione del progetto esecutivo di tale intervenuta modifica economico/finanziaria

Forenza, 05/10/2023

Il Responsabile Unico del Procedimento
Geom. Giovanni Marino

COMUNE DI FORENZA (PZ) - SETTORE TECNICO

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo



Comune di **FORENZA**

Oggetto : COSTRUZIONE DI UNA RESIDENZA SOCIO-ASSISTENZIALE PER ANZIANI DA REALIZZARSI IN ZONA PAIP

ELABORATO A	Relazione Geologica	DATA 13/10/2022

Dr Geol ANTONIETTA CILUMBRIELLO
Via Albani, snc
85013 - Genzano di Lucania (PZ)
qgeo.lab@gmail.com
mob: 347/1848562

ORDINE DEI GEOLOGI
GEOLOGO
ANTONIETTA
CILUMBRIELLO
n. 452
Sez. A
BASILICATA

N	Data	Motivo
0	13/10/2022	COSTRUZIONE DI UNA RESIDENZA SOCIO-ASSISTENZIALE PER ANZIANI DA REALIZZARSI IN ZONA PAIP

SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI

TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI. LA RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE DEL DISEGNO È VIETATA

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

INDICE

1. PREMESSA 1
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE 3
2.1. Vincoli ambientali e i territoriali 4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE 4
3.1. Geologia di dettaglio dell'area di progetto 7
3.2. Inquadramento tettonico dell'area di progetto 9
4. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE, IDROGEOLOGICHE ED IDROLOGICHE 10
4.1 Caratteristiche morfologiche del sito di progetto 10
4.2 Idrografia ed Idrogeologia 10
4.3. Compatibilità Idrogeologica in conformità al P.A.I. 11
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE 12
5.1 Pozzetti esplorativi consultati 12
5.2. Indagini sismiche 12
6 MODELLAZIONE SISMICA DELL'AREA 14
6.1. Normativa sismica di riferimento 14
6.2. Caratterizzazione sismica dell'area 17
6.3. Pericolosità sismica di base 20
6.4. Caratterizzazione dinamica 24
7 RISPOSTA SISMICA LOCALE 26
8 MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO 28
8.1. Stratigrafia 28
8.2. Caratterizzazione geotecnica 30
8.3. Modello geologico e geotecnico 31
9 CONCLUSIONI 32
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

1. PREMESSA

Su incarico ricevuto dall'Ufficio tecnico del Comune di Forenza, la Dr Antonietta Cilumbriello, geologa, iscritta all'Albo dei Geologi di Basilicata al n° 452, ha eseguito lo studio geologico nell'ambito del progetto di ***"Costruzione di una Residenza Socio-Assistnziale per Anziani da realizzarisi in zona PAIP".***

Come definito nel paragrafo 6.2.1 del D.M. 14.01.2008 e loro aggiornamente (D.M. 17.01.2018), nella presente Relazione si riferisce sulla caratterizzazione e la modellazione geologica del sito di progetto, estesa ad un adeguato intorno, dei caratteri litologici, stratigrafici, geomorfologici, idrogeologici e sismici in modo da caratterizzare il contesto territoriale in cui si inseriscono le opere di progetto, con la finalità di verificare l'idoneità dell'area da un punto di vista geologico agli usi preposti.
La ricostruzione del modello geologico è sviluppata in modo da costituire elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici; le scelte progettuali terranno quindi conto, oltre che delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali.
In particolare, per la caratterizzazione geologica, oltre ai dati bibliografici, considerati la finalità dell'analisi ed il contesto geologico, sono stati utilizzati i risultati delle indagini geognostiche eseguite dalla scrivente sui terreni di progetto.
In particolare, sono state utilizzate le risultanze delle indagini di laboratorio eseguite su un campione ed indagini geofisiche, prova sismica di tipo MASW, prova sismica a rifrazione, prove sismica di tipo HOLISURFACE, e misure di microtremore, al fine di caratterizzare sia da un punto di vista sia litotecnico sia sismico i terreni di progetto

ELABORATO A.1 - CARTOGRAFIA TEMATICA

1. Corografia dell'area di progetto – scala 1:10.000
2. Carta Geologica - scala 1:2.000
3. Carta Geomorfologica – scala 1:2.000
4. Sezione Geologica - scala 1:1.000
5. Modello Geologico e Geotecnico – 1:250
6. Stralcio dalla Carta del Rischio frana dell'Autorità di Bacino della Basilicata – scala 1:5.000

ELABORATO A.2 – INDAGINI GEOGNOSTICHE

1. Cartografia con ubicazione delle indagini geognostiche - scala 1:1.000.
2. Stratigrafie di pozzetto esplorativo
3. Certificati di labortorio geotecnico
4. Relazione Indagini sismiche

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

Si ricorda, infine, che il Comune di Forenza, ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio n°3274 del 20/03/2003 pubblicata sulla G.U. del 08/05/2003 e del Decreto Interministeriale del 14/9/2005 "Norme tecniche per le costruzioni", è legalmente riconosciuto e classificato come "Zona Sismica 2".

La presente relazione è stata redatta in osservanza delle "*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*" del Ministero dei LL.PP. (D.M. 11/3/1988), della Legge n°64 del 02/02/74, del Decreto Ministeriale del LL.PP. del 16/01/1996, alla L.R. n°38 del 06/08/1997, dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003, della Nota esplicativa dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003 emanata dal Dipartimento della Protezione Civile – Ufficio Servizio Sismico Nazionale in data 04 giugno 2003, dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3379 del 05/11/2004 art. 6, della Delibera Regionale n°26 del 05/12/2001 dell'Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata e successive modifiche ed integrazioni, del Decreto Interministeriale del 14/9/2005 "*Norme tecniche per le costruzioni*", il D.M. 14/02/2008 "*Nuove Norme Tecniche per le costruzioni*" ed il D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni"

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La zona oggetto della presente indagine comprende terreni ricadenti nel territorio comunale di Forenza (Provinci di Potenza). Nel dettaglio la struttura di progetto è ubicata ai piedi del versante settentrionale della collina del cimitero di Forenza, tra le quote di 725 m e 735 m s.l.m., in adiacenza alla collina su cui sorge l'abitato di Forenza (Fig. 1). Tale versante è contraddistinto da pendenze che non superano i 10° e che per questo, vista la sua costituzione geologica, arenarie con intercalazioni argillose, non è interessato da dissesti come invece è possibile osservare su versante opposto.



Fig. 1– *Ripresa fotografica aerea dell'area di progetto.*

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

Da un punto di vista cartografico la zona oggetto della presente indagine è compresa nella Tavoletta I.G.M. in scala 1:25.000 Foglio Geologico 187 I/SE "Forenza" (ALLEGATO 1).

2.1. Vincoli ambientali e i territoriali

Il vigente strumento urbanistico del Comune di Forenza è costituito dal Piano Regolatore Generale approvato nel 2009. Con riferimento al P.R.G. vigente, si osserva che l'area di indagine ricade in zona di completamento.
Per quanto riguarda i principali vincoli esistenti, si puo dire che l'area oggetto dell'intervento non risulta sottoposta a vincoli per fini idrogeologici, ai sensi delle Norme del Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico di Basilicata. Così pure l'are non rientra nell'ambito della perimetrazione del vincolo idrogeologico ai sensi del R.D.L. 2367/23.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

Il territorio comunale di Forenza (PZ) è situato nella parte nord-occidentale della Basilicata. Fisiograficamente esso fa parte della Catena appenninica meridionale ed in particolare si colloca lungo il fronte appenninico, caratterizzato da una serie di unità tettono-stratigrafiche, originatesi a partire dall'Oligocene fino al Pliocene superiore, a seguito delle deformazioni e successive traslazioni verso est di terreni generatisi sia in ambiente di piattaforma che di bacino. Tali unità risultano strutturalmente complesse, con rapporti di successione estremamente variabili e disarticolati a causa delle fasi tettoniche che hanno interessato l'Appennino lucano durante e dopo la sua edificazione.
Lo sviluppo della Catena appenninica ha portato all'accavallamento delle unità di catena secondo sequenze a ventaglio embricato e alla loro traslazione sulle successioni Plio-Pleistoceniche di avanfossa deposte al di sopra della Piattaforma apula che rappresenta l'Avampaese autoctono dell'Appennino meridionale (Fig. 2).
La zona studiata mostra in affioramento terreni riferibili a successioni sedimentarie marine di ambienti diversi, variamente accostate e sovrapposte ad opera della tettonica compressiva, successivamente modificato dalle fasi distensive e trascorrenti, soprattutto tardo-terziaria (OGNIBEN,1969; BOENZI, PALMENTOLA & VALDUGA, 1971; D'ARGENIO, PESCATORE & SCANDONE, 1973; PATACCA & SCANDONE 2001, 2004.).

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo



Fig. 2 *– Carta geologica schematica dell'Appennino meridionale.*

I terreni affioranti nell'area possono essere in prima approssimazione riferiti a due differenti serie stratigrafiche relative a due fasi diverse di evoluzione geodinamica. La prima serie è caratterizzata da successioni bacinali cretaceo-tortoniane sviluppatesi in un contesto che da margine passivo (porzione orientale del Bacino lagonegrese-molisano) evolveva a porzione esterna dell'avanfossa miocenica (Bacino Irpino). Tale serie è rappresentata da una successione che, secondo la Cartografia Geologica ufficiale in scala 1: 100.000 è costituita, dal basso verso l'alto, da: *Complesso degli Argilloscisti Varicolori, Formazione di Stigliano (Flysch Numidico), Formazione della Daunia, Formazione di Serra Palazzo e Depositi Pliocenici.* Recenti studi a carattere regionale, hanno attribuito ai depositi costituenti tale successione nuove denominazioni oltre ad un nuovo significato geodinamico. Nel dettaglio, nell'area di studio, il Complesso delle Argille Varicolori è stato sostituito dalla formazione del *Flysch Rosso* (Interno ed Esterno) (Cretaceo-Aquitaniano) e la formazione delle Daunia è stata sostituita dalla formazione del *Flysch di Faeto* (Foglio Geologico n.452 "Rionero in Vulture" scala 1: 50.000) (Fig. 3). Secondo i nuovi rilevamenti geologici per la redazione della nuova cartografia geologica in scala al 50.000, la serie appena descritta rappresenta due unità tettoniche, e cioe l'*Unità tettonica di San Chirico* (costituita dal basso verso l'alto dal Flysch Rosso, Flysch Numidico e formazione della Serra Palazzo) e l'*Unità tettonica della Daunia* (costituita unicamente dalla formazione del Flysch di Faeto) (Fig. 4).

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

La seconda serie, che ricopre in discordanza le precedenti successioni bacinali, è caratterizzata da successioni plioceniche di transizione a mare sottile a prevalente composizione calcarenitica, sabbiosa, conglomeratica ed argillosa. Questi terreni evolvevano in un contesto geodinamico di avanfossa (*wedge top basin* ed avanfossa *s.s.*) (De Celles & Giles, 1996; Tropeano et al., 2002).

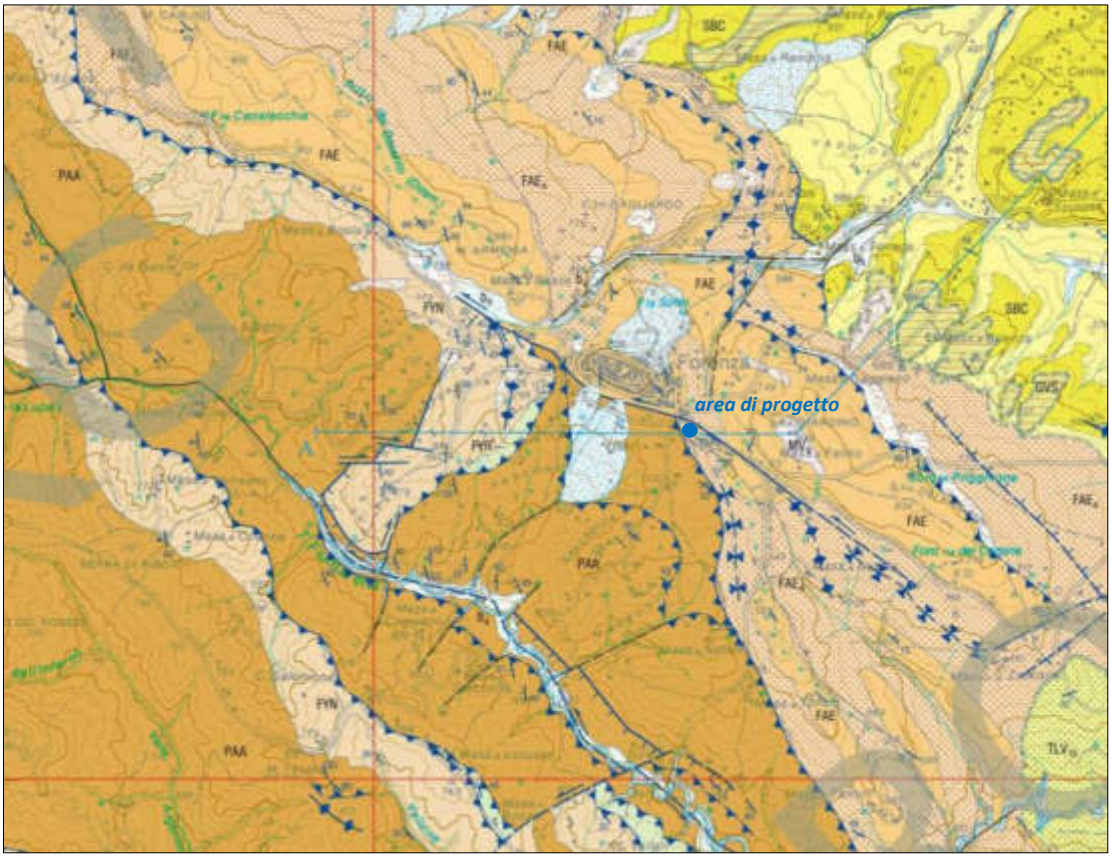


Fig. 3 *– Stralcio del Foglio n°452 "Rionero in Vulture" in scala 1:50.000 da:*
http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/452_RIONERO_IN_VULTURE/Foglio.html

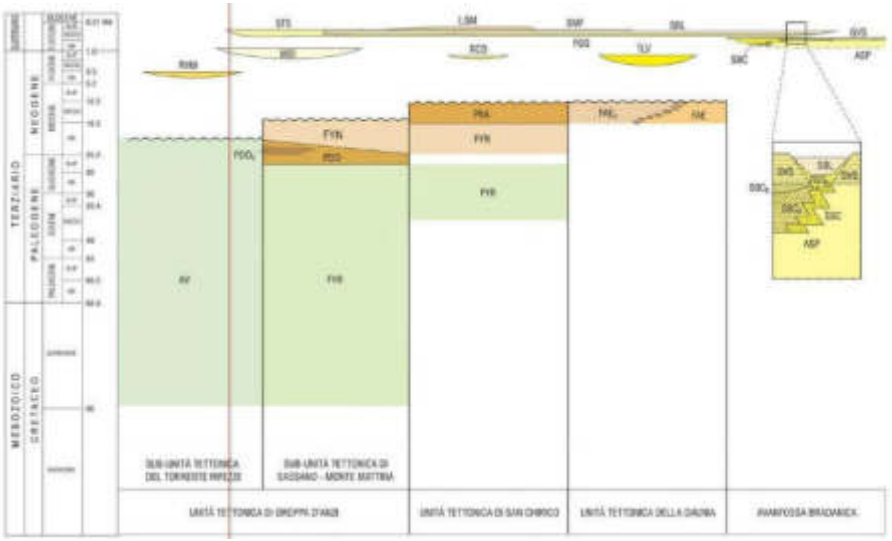


Fig. 4 *– Schema cronostratigrafico (dal Foglio 452 "Rionero in Vulture").*

3.1. Geologia di dettaglio dell'area di progetto

Dal punto di vista litologico e stratigrafico nell'area investigata affiorano unità rocciose di composizione e granulometria molto variabile (calcari, argille, marne, arenarie ed anche ghiaia) depositati in bacini sedimentari e contesti geologici differenti.

Nell'area di progetto, si rinviene unicamente la serie stratigrafica dei depositi più antichi. Quest'ultima è costituita da due successioni stratigrafiche, rappresentate rispettivamente dalle cosiddette Unità Interna (successione stratigrafica costituita dal basso verso l'alto, dal Flysch Rosso Interno, Flysch Numidico e Formazione di Serra Palazzo) (Unità tettonica di San Chirico) ed Unità Esterna (successione stratigrafica costituita dal Flysch di Faeto) (Unità tettonica della Daunia) che in seguito alle fasi di raccorciamento appenninico si sono sovrapposte l'una sull'altra.

Di seguito sono descritte, in ordine stratigrafico dal basso verso l'alto, le caratteristiche litologiche e di affioramento dei terreni presenti nell'area esaminata; il riferimento cartografico è rappresentato dalla Carta Geologica (ALLEGATO 1).

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

UNITA' TETTONICA DI SAN CHIRICO

FLYSCH NUMIDICO (BURDIGAGLIANO - LANGHIANO)

I depositi che appartngono alla formazione del Flysch Numidico sono costituiti da quarzareniti moderatamente cementate, di colore giallastro alle quali sono intercalati intervalli pelitici di colore bruno o grigio-scuoro. L'ambiente di sedimentazione è di tipo torbiditico. L'età dei depositi appartenenti a questa formazione è Miocene inferiore-medio.

FORMAZIONE DELLA SERRA PALAZZO (LANGHIANO - SERRAVALLIANO)

Si tratta di depositi torbiditici arenaceo-pelitici e calcarei che testimoniano apporti silicoclastici dalla Catena associati a quelli calciclastici dell'Avampaese Apulo. Dal punto di vista composizionale, la Formazione della Serra Palazzo è costituita da litotipi differenti che riflettono variabilità sulle caratteristiche meccaniche e di erodibilità. In particolare, nell'ambito di tale formazione sono stati riconosciuti due membri/litofacies, uno a composizione perlopiù silicoclastica e l'altro a composizione sia silicoclastica che carbonatica (Gallicchio & Maiorano, 1999). Il membro inferiore è rappresentato da una successione torbiditica silicoclastica a cui si intercalano marne argillose grigie e subordinatamente torbiditi calciclastiche. Le torbiditi silicoclastiche sono rappresentate da arcosi ed arcosi litiche a grana medio-grossolana con abbondante matrice e cemento carbonatico. Gli strati arenitici sono di colore grigio e sono caratterizzati da geometria variabile da tabulare a lenticolare; presentano spessore medio dell'ordine del metro, ma si rinvengono spesso amalgamati in banchi di 5/6 metri di spessore. Rare intercalazioni di torbiditi calciclastiche a grana grossolana in strati di spessore metrico, possono essere riscontrate a differenti altezze stratigrafiche.

Il membro superiore, invece, è stato riconosciuto e distinto da quello inferiore per la prevalente composizione calcareoclastica degli strati che ne fanno parte. Esso è costituito da un'alternanza di torbiditi a grana fine, sia a composizione silicoclastica che calciclastica, a cui si intercalano calcilutiti, marne siltose e marne calcaree.

Dai dati presenti in letteratura, dal rilevamento geologico effettuato e dall'interpretazione delle indagini consultate ed eseguite si ritiene che l'area di progetto si sviluppi completamente nell'ambito di quella che è definita la litofacies a prevalente composizione silicoclastica della Formazione di Serra Palazzo. L'età di tali depositi è compresa tra la parte alta del Burdigagliano ed il Serravalliano.

UNITA' TETTONICA DELLA DAUNIA

FORMAZIONE DEL FLYSCH DI FAETO (LANGHIANO - SERRAVALLIANO)

La formazione del flysch di Faeto è costituita da sedimenti argillosi, marnosi e siltosi di colore grigio-biancastro, con intercalazioni di calcari marnosi, calcareniti e arenarie in strati dello spessore variabile da 5 a 30 cm circa. Gli strati calcarenitici ed arenacei sono in facies torbiditica, le argille sono depositi di decantazione emipelagici e pelagici. La composizione di questa unità è indicativa di un bacino di avanfossa alimentato da aree di avampaese costituite

essenzialmente da rocce carbonatiche e riconducibili ai domini geologico-strutturali dell'area garganica e di quella murgiana.
Nei nuovi fogli geologici in scala 1:50.000 il Flysch di Faeto è stato suddiviso in due membri, quello prevalentemente terrigeno (FAEa) e quello prevalentemente lapideo (FAE). Nell'are di progetto affiora essenzialmente il membro lapideo.
È riferibile al Burdigagliano - Serravalliano

DEPOSITI DI FRANA
Detrito sciolto a prevalente componente limoso-argilloso-sabbiosa con inclusi lapidei eterometrici ed eterogenici, più o meno abbondanti. Si tratta di coperture caratterizzate da un assetto caotico e una giacitura indistinta. Sono riferibili all'Attuale.

La **Carta Geologica** mostra la sintesi del rilevamento geologico effettuato nell'area di studio (ALLEGATO 1).

3.2. Inquadramento tettonico dell'area di progetto

L'area di progetto, come già anticipato, è ubicata, sul fronte esterno della Catena appenninica, dove i processi geodinamici che hanno prodotto il sollevamento e la migrazione verso NE della stessa sono all'origine dell'edificio strutturale della catena. L'assetto tettonico di questo settore è molto articolato e complesso, soggetto a diverse e talora contrastanti interpretazioni stratigrafico-strutturali, che hanno comportato differenti ricostruzioni paleogeografiche. Il motivo tettonico dominante in quest'area è rappresentato da un sistema di strutture a prevalente carattere compressivo con orientazione compresa tra N-S e NW-SE, che hanno determinato il raccorciamento delle successioni sedimentarie, nonché l'impilamento delle diverse unità tettoniche presenti. L'assetto geometrico delle varie unità tettoniche è il risultato di numerosi eventi di accavallamento tettonico avvenuti nel corso del Miocene medio-superiore e delle strutturazioni "fuori sequenza" mediante piegamenti delle preesistenti strutture, che si sono sviluppate nel Pliocene. Nell'area di studio sono state rilevate strutture tettoniche importanti; il rilevamente geologico ha permesso di dimostrare che ci troviamo in una anticlinale nell'ambito delle falde appenniniche che migrano verso NE. Importante sottolineare la presenza di un importante sovrascorrimento nell'ambito dell'unità di San Chirico e cioè il sovrascorrimento, in direzione NW-SE, dei depositi Flysch Numidico sui depositi della formazione della Serra Palazzo. Tale sovrascorrimento è poi dislocato trasversalmente da una faglia trascorrente.

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

4. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE, IDROGEOLOGICHE ED IDROLOGICHE

4.1 Caratteristiche morfologiche del sito di progetto

Il territorio in cui ricade l'area di progetto rientra nel Foglio 187 della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 e nel Foglio 452 della nuova cartografia geologica d'Italia alla scala 1:50.000.

I caratteri del paesaggio sono quelli tipici del settore orientale dell'Appennino meridionale: rilievi e valli allineati nella stessa direzione delle coltri alloctone, NW – SE circa, mentre aste torrentizie minori, impostate probabilmente lungo discontinuità tettoniche, incidono i rilievi in direzione anti-appenninica. In particolare, la morfologia del terreno mostra caratteristiche generali tipiche del paesaggio montano, con tratti acclivi e pendenze anche elevate.

Dal punto di vista morfologico l'area di studio è ubicata immediatamente a ovest della collina sulla quale sorge l'abitato di Forenza, ai piedi della collina su cui si erge il cimitero del paese e la zona PAIP. Tale collina raggiunge la quota di 765 m ed è caratterizzata da pendenze variabili, moderatamente acclive sul versante nord-orientale e molto più acclive sul versante sud-occidentale.

Nell'area di progetto non sono stati rilevati fenomeni connessi a movimenti pregressi o in atto, anche se il versante meridionale è come già ribadito interessato da fenomeni di questo tipo, ma sono ubicati ad una distanza tale dall'area di progetto che si rietiene non possano in alcun modo interferire con essa.

4.2 Idrografia ed Idrogeologia

Il versante di progetto è inciso da piccoli solchi erosivi, poco profondi, che drenano le acque meteoriche durante i preiodi piovosi. Essi confluiscono a nord verso un'incisione principale che scorre da W verso E e divide il rilievo calcareo del Monte Armenia dai rilievi più bassi sistenti alla sua destra orografica. L'incisione è alimentata soprattutto dalle acque di origine sotterranea che emergono lungo l'allineamento del sovrascorrimento di direzione NW-SE, alcune emergenze idriche, a nord e a est dell'area di intervento, sono state captate e vengono utilizzate per uso zootecnico.

Dal punto di vista idrogeologico, i terreni affioranti nell'area oggetto di studio sono dotati di caratteristiche idrogeologiche piuttosto differenziate, in rapporto alla composizione granulometrica, alla porosità, al grado di addensamento ed alla fratturazione/fessuzione.

In tal senso sono da considerarsi a permeabilità medio-alta per fratturazione, localmente bassa a seconda del grado di fratturzione del calcare e dello spessore degli strati argillosi, la formazione del Flysch di Faeto, mentre a permeabilità medio-bassa, localmente bassa, le formazioni del Flysch Numidico e della Serra Palazzo, che sono dotati di una discreta porosità secondaria, causata da numerosi fenomeni, tra i quali primeggiano quelli tettonici e chimico-dissolutivi a cui contribuiscono considerevolmente i giunti di stratificazione. Gli strati argilloso-

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

marnosi e argillosi che si intercalano alle quarzareniti nel Flysch Numidico e alle arenarie nella Serra Palazzo, sono da considerarsi praticamente impermeabili.
A nord dell'area di progetto le formazioni del Flysch Numidico e della Serra Palazzo vengono a contatto con la formazione del Flysch di Faeto e ciò è alla base delle numerose emergenze idriche.
A medio-bassa permeabilità per porosità sono da considerarsi i terreni argillosi limoso-sabbiosi che costituiscono la coltre detritica superficiale. Infatti, la caoticità, la disgregazione superficiale, il disfacimento fisico-meccanico dovuto agli agenti atmosferici, lo scarso grado di addensamento, i cicli di imbibizione e di essiccamento conseguenti a variazioni stagionali del contenuto naturale in acqua, fanno si che ci sia l'infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo.
Da quanto emerge dagli studi effettuati e come confermato anche dalle indagini geognostiche effettuate, a circa 5 m di profondità potrebbe rinvenirsi una falda che si imposta nei livelli sabbioso-arenacei del Flysch Numidico sostenuta dalle intercalazioni argilloso-limosi della medesima formazione. Dunque, la circolazione idrica sotterranea avviene nei terreni che costituiscono la litofacies lapidea della formazione del Flysch Numidico e ciò è testimoniato anche dalla presenza di diversi pozzi e sorgenti nell'intorno dell'area di progetto. Durante l'escavazione dei pozzetti esporativi non è stata comunque rinvenuta alcuna falda idrica.

Riassumendo nell'area si riconoscono tre unità idrogeologiche importanti:

- un'unità a medio-bassa permeabilità per porosità rappresentata dai depositi limoso-argilloso-sabbiosi scompaginati della coltre detritica superficiale;
- un'unità a medio-bassa permeabilità per porosità e/o per fratturazione rappresentata dai depositi prevalentemente sabbioso-arenacei della formazione della Serra Palazzo e quarzarenitici della flysch Numidico (substrato);
- unità a bassa permeabilità e/o impermeabile i depositi prevalentemente argillosi che si intercalano ai depositi arenacei, nell'ambito delle formazioni del Flysch Numidico e della Serra Palazzo.

4.3. Compatibilità Idrogeologica in conformità al P.A.I.

L'area in esame ricade a cavallo delle aree di pertinenza delle ex Adb Basilicata e Puglia. Come riportato nella *"Carta del Rischio frane"* del Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico vigente del Comune di Forenza dell'Autorità di Bacino - scala 1: 5.000, essa ricade in zone in cui non sono state cartografate frane e rischi idrogeologici.

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per la caratterizzazione geotecnica dell'area di progetto sono state eseguite indagini geognostiche *ex novo* ma sono state consultate anche le indagini geognostiche (stratigrafie di pozzetti esplorativi) allegate al Regolamento Urbanistico del Comune di Forenza eseguite in aree adiacenti all'area di progetto e caratterizzate dall'affioramento di terreni dalle medesime caratteristiche litotecniche.
In particolare, il dataset delle indagini è così costituito:

- n. 2 pozzetti esplorativi pregressi;
- n. 3 pozzetti esplorativi con prelievo di un campione per le analisi di laboratorio;
- n. 1 rilievo sismico a rifrazione in onde P, n. 1 rilievo sismico di tipo MASW e n. 1 rilievo sismico di tipo HOLISURFACE;
- n. 4 misure di microtremore.

Di seguito è riportata una descrizione delle indagini eseguite e consultate che hanno permesso di ricostruire il quadro geologico-geotecnico.
Per l'ubicazione delle indagini si veda l'Allegato 2 – Indagini geognostiche.

5.1 Pozzetti esplorativi

Nell'area di progetto sono stati eseguiti tre pozzetti geognostici con escavatore meccanico che hanno raggiunto le profondità rispettivamente di 3,4 m, 3,6 m e 2,7 m dal piano campagna. Nel pozzetto Sc2 è stato prelevato alla profondità di 2,6 m un campione di terreno per le analisi di laboratorio geotecnico. Inoltre, sono state consultate le stratigrafie di due pozzetti realizzati nell'ambito Regolamento Urbanistico del Comune di Forenza.

Per il dettaglio delle stratigrafie del pozzetto esplorativo e del sondaggio geognostico consultato si veda il paragrafo 8.1 – Stratigrafia.

5.2. Indagini sismiche

Nell'area di progetto al fine di valutare, secondo le N.T.C. D.M. 17/01/18, la categoria del terreno di fondazione, di ricostruire in maniera indiretta la stratigrafia di sottosuolo e definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei terreni di progetto, oltre che determinare le amplificazioni sismiche del suolo sono state eseguite indagini sismiche consistenti in n. 1 indagine sismiche di tipo MASW (*Multichannel Analysis Surface Wave*) n. 1 indagine sismica a rifrazione, n. 1 indagine sismica di tipo Holisurface e n. 4 misure di microtremore (Fig. 6).

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo



***Fig. 6** – Stendimento sismico per indagine sismica a rifrazione e sismica di tipo MASW (a sinistra); misura di microtremore a stazione singola e sismografo SR04 – GEOBOX della SARA (a destra).*

Le prove sono state svolte il giorno 16/09/2022; il dettaglio delle indagini e la loro ubicazione è riportata nell'ALLEGATO 2 – Indagini Geognostiche e Relazione Sismica ed allegati.

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

6 MODELLAZIONE SISMICA DELL'AREA

6.1. Normativa sismica di riferimento

La legislazione antisismica italiana prescrive norme tecniche in base alle quali un edificio debba sopportare senza gravi danni i terremoti meno forti e senza crollare i terremoti più forti, salvaguardando prima di tutto le vite umane.
I riferimenti legislativi relativi ai terreni di fondazione nella legislazione sismica vigente sono:

- l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- Decreto Interministeriale del 14/9/2005 "Norme tecniche per le costruzioni";
- D.M. 14/01/2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"
- D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni"

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 vengono emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, considerato che ante OPCM 3274, il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. Tali criteri sono basati sugli studi di pericolosità sismica del territorio nazionale, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo, e prevedono una riclassificazione in quattro zone dell'intero territorio italiano. In virtù di tale provvedimento tutte le Regioni hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

Zona 1 - E' la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti
Zona 2 - In questa zona possono verificarsi forti terremoti
Zona 3 - In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari
Zona 4 - E' la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari

Di fatto, sparisce il territorio "non classificato", e viene introdotta la zona 4, nella quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica. A ciascuna zona, inoltre, viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia (zona 1=0.35 g, zona 2=0.25 g. zona 3=0.15 g, zona 4=0.05 g).
Inoltre, l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274, recepita dal Decreto Interministeriale del 14/9/2005 "Norme tecniche per le costruzioni", contempla, per la definizione delle azioni sismiche di progetto, cinque categorie principali di terreno di fondazione, individuate dai valori della velocità media (V_{S30}) delle onde di taglio nei primi 30 metri di sottosuolo o dalla resistenza penetrometrica NSPT o dalla coesione non drenata c_u. La

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

classificazione viene effettuata principalmente sulla base del valore di V_{S30} valutato dalla seguente espressione

$$V_{S30} = 30 / \Sigma(hi/Vi)$$

con hi e Vi rispettivamente spessore e velocità dello strato i esimo degli N strati presenti nei primi 30 metri di sottosuolo. In assenza di informazioni sulle velocità delle onde di taglio, potranno essere presi in considerazione i valori di NSPT o di c_u.

Categorie	Descrizione
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_S30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30}$>50 nei terreni a grana grossa e c_{u30}>250 kPa nei terreni a grana fina).
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_S30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15<$N_{SPT,30}$<50 nei terreni a grana grossa e70< c_{u30}<250 kPa nei terreni a grana fina).
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento della proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30}$< 15 nei terreni a grana grossa c_{u30}<70 kPa nei terreni a grana fina)
E	*Terreni di sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m,* posti sul substrato di riferimento (con V_S30<800 m/s).

Tab. I – Categorie di sottosuolo

In aggiunta a queste categorie se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

Categorie	Descrizione
S1	*depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità (PI> 40) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di V_{S30} < 100 m/s*
S2	*Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.*

Tab. II – Categorie di sottosuolo

In seguito è stata emanata la l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 che ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche. Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione.

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)
1	ag >0.25
2	0.15 <ag≤ 0.25
3	0.05 <ag≤ 0.15
4	ag ≤ 0.05

L'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 Gennaio 2008), invece, ha modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona – e quindi territorio comunale – precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche. Dal 1 luglio 2009 per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto ed in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

Attualmente, il Decreto Ministeriale del 17/01/2018 - Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni", che sostituiscono le NTC 2008, introduce, limitatamente all'approccio semplificato per la definizione della categoria di sottosuolo, la cosiddetta velocità di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

h_i = spessore dell'i-esimo strato;

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

N = numero di strati;

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

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

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. III.

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

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

Tab. III – Categorie di sottosuolo ai sensi del DM 17/01/2018

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche. Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i ≥ 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i ≥ 30°

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

6.2. Caratterizzazione sismica dell'area

Dal punto di vista della sismicità l'area dell'Appennino meridionale presenta una storia sismica tra le più importanti d'Italia, sia in termini di intensità che di frequenza dei terremoti. Le zone maggiormente interessate da eventi sismici sono quelle ubicate prevalentemente in corrispondenza del fronte della catena appenninica. Nel territorio di Forenza è storicamente documentata un'attività sismica di considerevole intensità. In un raggio inferiore 25 Km da Forenza ricadono diverse zone sismogenetiche: in particolare vi ricadono la zona 927 (Sannio-

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

Irpinia-Basilicata) che rappresenta l'area caratterizzata dal massimo rilascio di energia legata alla distensione generalizzata che, a partire da circa 0,7 Ma, ha interessato l'Appennino meridionale e le zone 925 (Ofanto), 926 (Basento) dotate di cinematica trascorrente destra ed orientazione generale circa E-W (Fig. 7).

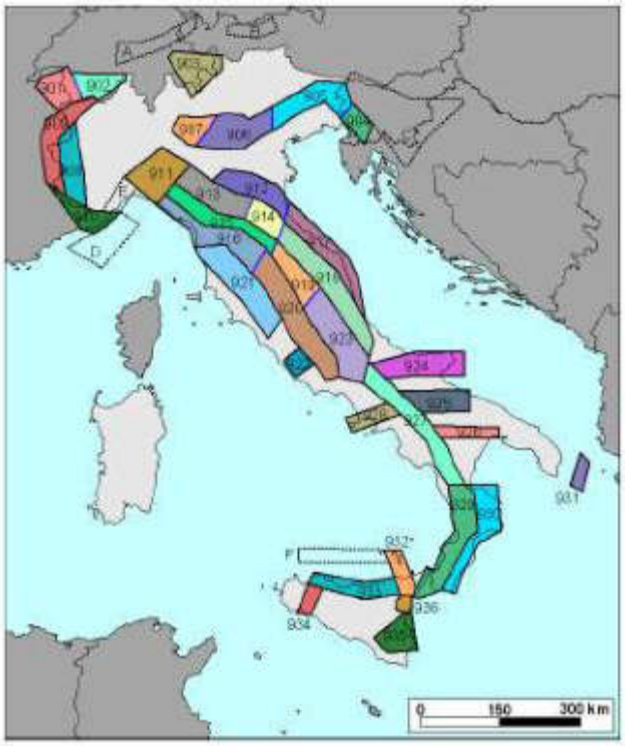
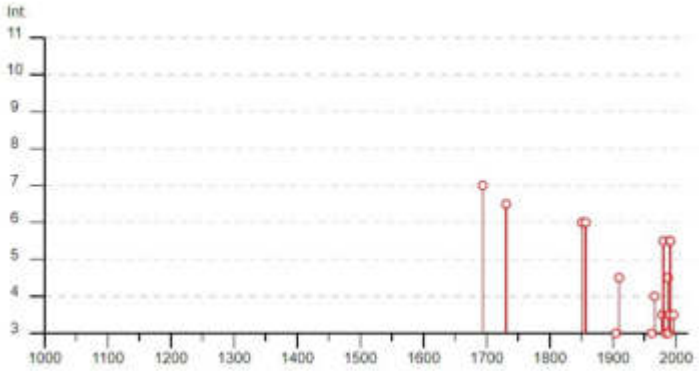


Fig. 7 *– Zonazione sismogenetica ZS9 (I.N.G.V.)*

A completamento di questo paragrafo in tabella IV si riportano i risultati di uno studio eseguito su tutto il territorio nazionale, che considera la ricorrenza dei forti terremoti dall'anno 1000 al 2000 (Fonte INGV DBMI15). Per una completa comprensione della tabella si consideri che la colonna "*effetti*" riporta, in termini di intensità (Is), quanto forte è stato avvertito il terremoto a Forenza e nell'immediato circondario, mentre la colonna *in occasione del terremoto di*:" riporta, oltre al toponimo dell'area epicentrale, quanto "*forte*" è stato il terremoto sia in termini di intensità sia di magnitudo. Da un'analisi dei dati si evince che l'attività maggiormente risentita è legata in prevalenza alla sismicità dell'Appennino Meridionale: i terremoti che hanno causato gli effetti più rilevanti sono quelli del 1694, 1731, 1851, 1857, 1905, 1910, 1915, 1930, 1963, 1980, 1991, 1996 e 2004.

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

Effetti	In occasione del terremoto del											
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1694	09	08	11	40		Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
6-7	1731	03	20	03			Tavoliere delle Puglie	49	9	6.33
6	1851	08	14	13	20		Vulture	133	10	6.52
6	1857	12	16	21	15		Basilicata	340	11	7.12
NF	1996	10	16	00	55		Subappennino Dauno	32	6	4.87
NF	1805	07	26	19	16		Avellinese	94	8-9	6.90
5	1908	09	08	01	43		Calabria centrale	996	10-11	6.99
NF	1905	11	26				Irpinia	122	7-8	6.18
4-5	1913	06	07	02	04		Irpinia-Basilicata	378	8	5.76
NF	1915	01	13	06	52	43	Marsica	1041	11	7.09
2	1930	11	04	21	56		Alta Murgia	14	5	4.41
NF	1967	05	05	05	29	54	Potentino	56	5	4.04
3	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
NF	1963	02	13	12	45		Potentino	31	7	5.19
4	1968	07	08	04	24		Alta Murgia	46	6	4.28
3-4	1978	09	24	08	07	44	Materano	121	6	4.75
5-6	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.91
3	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	911	8	5.86
NF	1984	05	11	10	41	4	Monti della Meta	342	7	5.47
4-5	1987	11	20	05	33	2	Potentino	82	6	4.54
3	1988	04	24	03	53	4	Adriatico centrale	79		5.36
NF	1989	05	20	11	18	1	Appennino lucano	77	5	4.54
5-6	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1078		5.77
3-4	1990	10	26	19	02	5	Potentino	84		4.21
5-6	1991	05	26	12	25	3	Potentino	387	7	5.08
5-6	1996	04	05	15	04	3	Irpinia	557	6	4.90
2	1998	04	07	21	36	0	Valle dell'Ofanto	45	5	4.31
NF	1998	04	26	08	38	0	Potentino	47	6-7	5.76
NF	2002	04	16	23	56	4	Appennino lucano	164	5	4.34
NF	2004	02	23	19	48	4	Appennino lucano	107	6-7	5.02
NF	2004	12	24	09	21	2	Appennino lucano	140	5	4.21
NF	2004	09	03	00	04	1	Potentino	104	5	4.41
2	2006	05	29	02	20	3	Gargano	284		4.64



***Tab. IV** – Osservazioni sismiche disponibili per l'area di Forenza*

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

6.3. Pericolosità sismica di base

L'azione sismica sulle costruzioni è generata dal moto non uniforme del terreno di sedime per effetto della propagazione delle onde sismiche. Il moto sismico eccita la struttura provocandone la risposta elastica che va riferita e controllata negli aspetti di sicurezza e di prestazioni attese.

Le azioni sismiche di progetto si definiscono in base alla pericolosità sismica del sito di costruzione che a sua volta è definita, ai sensi delle NTC, in termini di accelerazione orizzontale massima a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale di categoria A, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente Se(T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R.

La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata direttamente per il sito in esame, sulla base delle informazioni disponibili nel reticolo di riferimento riportato nella tabella 1 dell'allegato B del D.M. 14 Gennaio 2008. I tre parametri spettrali sono:

a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno;
Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
T*c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascuno dei nodi del reticolato sono forniti i tre parametri spettrali.

Per un punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p (a_g, F_0, T^*_c) di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenete il punto in esame, attraverso la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^{4} \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^{4} \frac{1}{d_i}}$$

dove:

- p è il parametro di interesse nel punto in esame;
- p_i è il valore del parametro di interesse nell'i-esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;
- d_i è la distanza del punto in esame dall'i-esimo punto della maglia suddetta.

Se il tempo di ritorno considerato non coincide con nessuno dei 9 tempi di ritorno forniti in Tabella 1, il valore del generico parametro p(a_g; F_0; T^*_c) ad esso corrispondente potrà essere

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

ricavato per interpolazione (tra i valori dei parametri corrispondenti ai due tempi di ritorno che comprendono quello di calcolo) con la formula seguente:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

Dove:

- p è il valore del parametro di interesse corrispondente al periodo di ritorno T_R considerato
- T_{R1} e T_{R2} sono i valori del tempo di ritorno più prossimi a T_R per i quali si dispone dei valori di p1 e p2

Per le aree di progetto, la definizione dell'azione sismica di progetto è definita a partire dai parametri riportati di seguito:

Ubicazione dell'opera di progetto (Coord. ED50)	**Latitudine**	**Longitudine**
Forenza –	***40,82118***	***15,847787***

Da progetto	
Classe dell'edificio	**III**
Vita nominale	**50**
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	**75**

Caratteristiche sismiche

Stato Limite	**Tr [anni]**	**a_g [g]**	**Fo**	**Tc* [s]**
Operatività (SLO)	45	0,054	2,493	0,312
Danno (SLD)	75	0,067	2,581	0,337
Salvaguardia vita (SLV)	712	0,171	2,591	0,468
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0,223	2,595	0,477

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

Coefficienti sismici

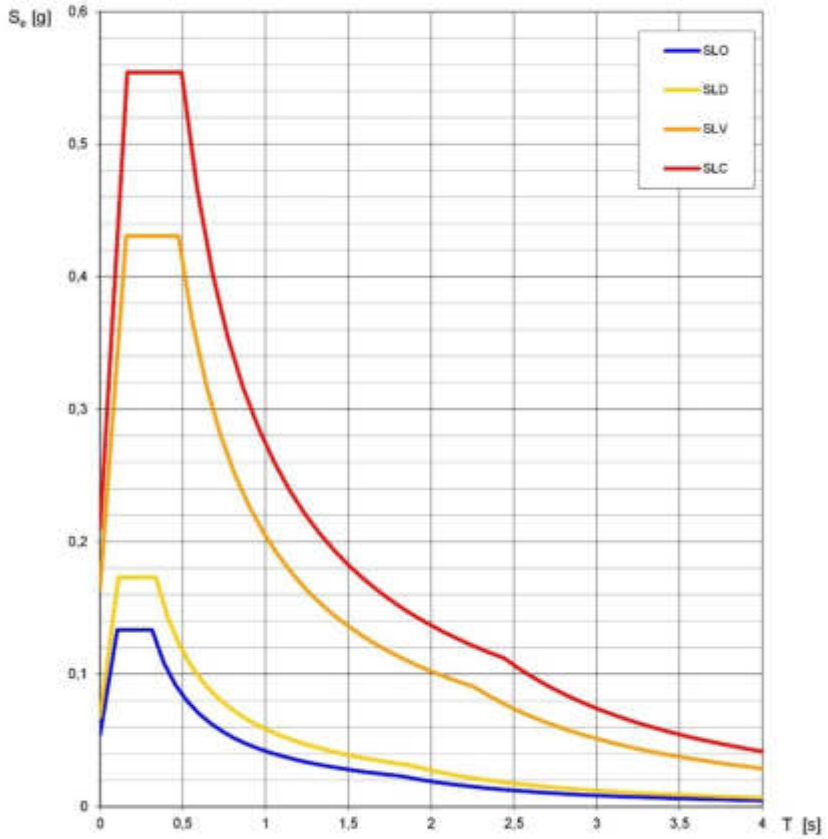
Stato Limite	Ss	Cc	St	kh	kv	Amax	Beta
Operatività (SLO)	1,50	1,54	1,00	0,014	0,007	0,787	0,180
Danno (SLD)	1,50	1,50	1,00	0,018	0,009	0,981	0,180
Salvaguardia vita (SLV)	1,43	1,35	1,00	0,059	0,029	2,398	0,240
Prevenzione collasso (SLC)	1,35	1,34	1,00	0,093	0,047	2,951	0,310

Otteniamo così 4 spettri di risposta validi per roccia affiorante e superficie topografica pianeggiante, che costituiscono nell'insieme la cosiddetta risposta sismica di base, ossia relativa ad un sito con roccia affiorante e con superficie topografica orizzontale (il segnale sismico è privo di amplificazioni) (Fig. 8). Abbiamo individuato la pericolosità sismica di base.

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

Elaborazioni effettuate con *"Spettri-NTCver.1.0.3.xls"*

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. L'ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Fig. 8 *– Spettri di risposta elastici corrispondenti ai parametri sopra indicati.*

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

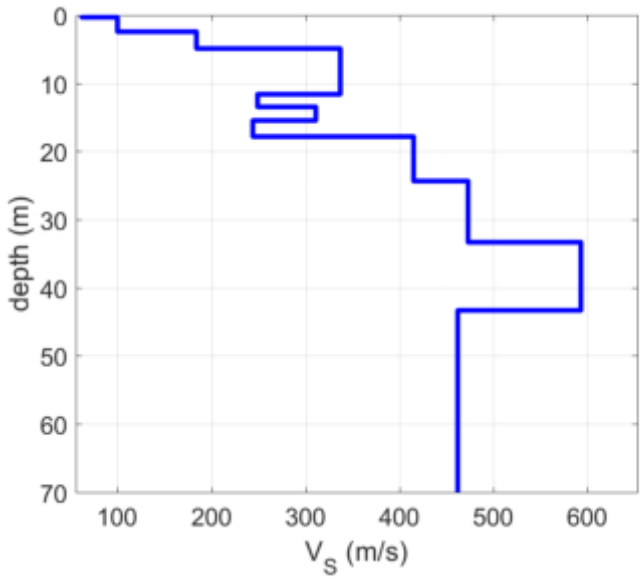
6.4. Caratterizzazione dinamica

La normativa prevede la caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo definendo cinque tipologie di suoli da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m di terreno (Vs30).

Per la determinazione delle Vs30 sono state utilizzate misure dirette in sito tramite prove sismiche. Le metodologie d'indagine utilizzate sono state: prospezioni MASW e misure di microtremore.

Il modello del terreno ricavato dall'inversione congiunta dell'indagine sismica MASW1 multicomponente ricostruisce una profondità del bedrock sismico superiore ai 30 m. Le velocità delle onde S variano da 130 a 510 m/s (Fig. 9). I valori di Vs nei primi 5,3 m di profondità sono comprese tra 130 e 170 m/s. A profondità maggiori si osserva un aumento delle Vs con i valori delle velocità che non superano i 280 m/s fino a circa 20 m; a partire da questa profondità i valori di Vs aumentano gradualmente fino ad attestarsi su valori di circa 500 m/s, intorno alla profondità di 30 m (Fig. 9).

La velocità media di propagazione delle onde S entro i primi 30 m tenendo conto degli spessori degli strati per lo stendimento MW1 è pari a **Vs30 = 271 m/s,** Tali dati permettono di classificare il terreno di progetto come di **tipo C** [*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.].



COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

Vs model (Vs30 & VsE @ surface: 271 271 m/s)

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	62	0.3100	0.3100
2	100	2.1200	2.4300
3	184	2.4600	4.8900
4	337	6.7100	11.6000
5	249	1.8500	13.4500
6	311	2	15.4500
7	244	2.3700	17.8200
8	415	6.5200	24.3400
9	473	8.9800	33.3200
10	593	10	43.3200
11	462	35	78.3200
12	842	0	0

Fig. 9 *- Profilo delle velocità delle onde di tipo S nei primi 30 m di profondità, MW1.*

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

7 RISPOSTA SISMICA LOCALE

I caratteri del moto sismico, in un determinato sito, dipendono sostanzialmente da tre fattori: il meccanismo focale del terremoto, la trasmissione delle onde dall'epicentro al sito con relative trasformazioni ed attenuazioni, la trasmissione del segnale sismico da una formazione rocciosa di base *(bedrock)* alla superficie attraverso le stratificazioni di terreni sciolti che ricoprono il *bedrock*.
Schematizzando il problema, la risposta sismica locale si riferisce alle caratteristiche del moto sismico in fase di affioramento in superficie, modificato in relazione alle proprietà geotecniche dei terreni attraversati e delle condizioni morfologiche del sito.
Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale consente di definire ***le modifiche che un segnale sismico subisce***, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A).
Le norme NTC2018 al Paragrafo 3.2.2 recitano: "Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi ……. In assenza di tali analisi, per la valutazione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento ……".
La risposta sismica di base va ulteriormente sviluppata considerando l'amplificazione sismica in funzione delle condizioni litostratigrafiche e topografiche. L'effetto di amplificazione delle onde sismiche dovuto alla successione stratigrafica e alla presenza di alture viene applicato tramite opportuni coefficienti, che variano la risposta sismica in intenistà e frequenza (periodo). Nella normativa europea ed italiana esistono 5 principali categorie di sottosuolo A, B, C, D, E. la categoria A coincide con la risposta sismica di base, in mancanza di amplificazione topografica.

APPROCCIO SEMPLIFICATO

Amplificazione stratigrafica

L'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale può essere valutata in prima approssimazione con riferimento alle categorie di sottosuolo. Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima (a_{max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di a_{max} può essere ricavato dalla relazione:

$$a_{max} = S_s \cdot a_g$$

dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica.

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

Amplificazione topografica

Per la progettazione o la verifica di opere e sistemi geotecnici realizzati su versanti e per l'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii, la valutazione dell'amplificazione topografica può essere effettuatua mediante analisi di risposta sismica locale o utilizzando il coefficiente di amplificazione topografica S_T.

Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica **S_T**

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

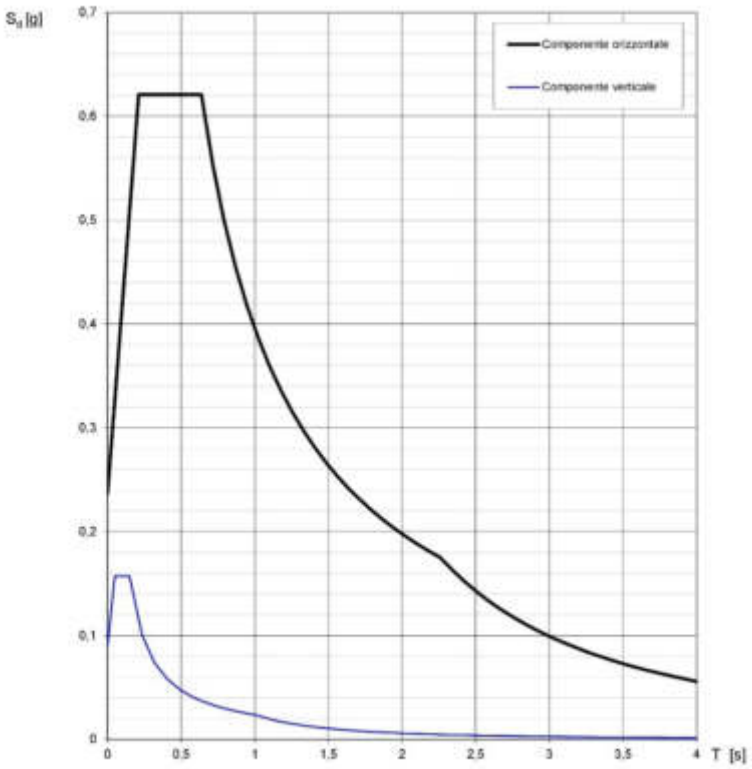
Il parametro S_T deve essere applicato nel caso di configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, di altezza supoeriore a 30 m. Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15°.
Nell'area di progetto, nello stato limite per la salvaguardia (SLV), vengono riconosciute le caratteristiche evidenziate di seguito.

Caratteristiche stratigrafiche e topografiche del sito	
Categoria di suolo	**C**
Condizioni topografiche	**T_1**
Amplificazione stratigrafica (S_s) per terreni di categoria C	**1,50**
Amplificazione topografica (S_t)	**1,0**

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

Elaborazioni effettuate con "*Spettri-NTCver.1.0.3.xls*"

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. L'ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

8 MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

8.1. Stratigrafia

In base ai dati raccolti, alle informazioni ricavate dalla bibliografia e alle indagini eseguite si evincono alcune considerazioni di carattere generale sulla stratigrafia del sito.
L'area di progetto geologicamente corrisponde all'area occupata dalla formazione flyschiode del Numidico che è costituita da quarzareniti e sabbie a cui si intercalano sedimenti argillosi-siltosi di colore grigio-verdi.
Dalle indagini effettuate e dalla loro correlazione con le indagini pregresse (trincee SC1 e SC2) è emerso che nell'area di progetto affiorano prevalentemente, i sedimenti prevalentemente

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

argilloso-limosi per uno spessore di circa 10 m, a cui si intercalano livelli lapidei, prevalentemente arenacei, con modesto stato cementazione e sabbie.
In particolare, dagli scavi geognostici e dalla loro correlazione si ottiene la seguente stratigrafia del sottosuolo:

1. copertura detritica scarsamente addensata costituita da terreno argilloso con limo con frustoli vegetali ed inclusi lapidei, di colore marrone chiaro-giallo ocra. Lo spessore è variabile fino ad un massimo di 1,5 m (coltre eluvio-colluviale);
2. terreni argilloso limoso e sabbiosi con spessore variabile lateralmente fino ad un massimo di 10 m (litofacies pelitica nel Flysch Numidico);
3. sabbie ed arenarie scarsamente cementate di colore giallo ocra (litofacies lapidea nel Flysch Numidico);
4. Sabbie quarzoso-feldspatiche compatte e massive con livelli di argille verdi (formazione della Serra Palazzo).

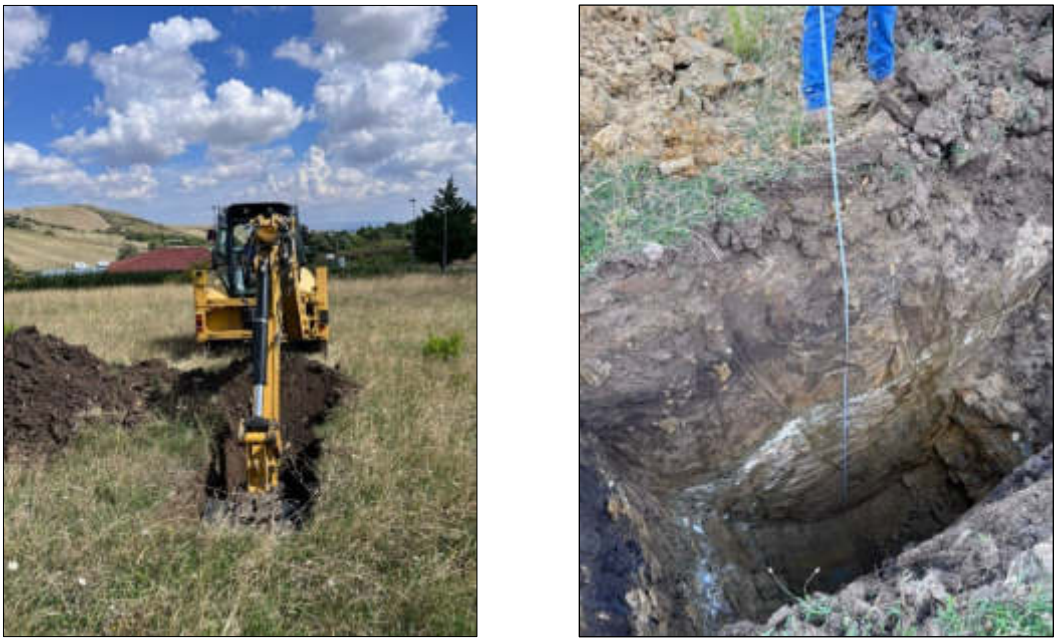


Fig. 10 *– Scavo geognostico con escavatore meccanico.*

Anche dall'interpretazione del profilo sismico a rifrazione si evince la presenza di uno strato superficiale abbastanza continuo e con spessore di circa 1,5 m. Le velocità sismiche di questo strato sono estremamente basse, al di sotto dei 400 m/s, che può essere correlata alla coltre eluvio-colluviale supeficiale. Al di sotto si rinviene uno strato altrettanto continuo con spessore di circa 3 m e velocità delle onde P che vanno da 400 m/s a 1500 m/s. intorno ai 4,5/ 5 m si profondità si raggiungono velocità delle onde P intorno ai 1500 m/s.

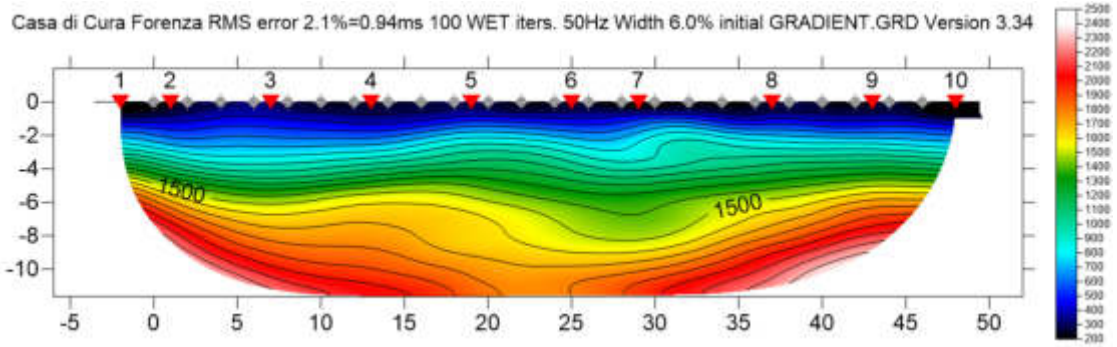


Fig. 11 *– Tomografia sismica ricavata dall'inversione dei primi arrivi della sismica a rifrazione*

Si sottolinea che l'interpretazione della sismica a rifrazione è stata interrotta in corrispondenza della misura dei 1500 m/s in quanto siamo in presenza di un terreno saturo. In questi casi, a partire da quella profondità, la prova sismica a rifrazione non fornisce risultati affidabili.

8.2. Caratterizzazione geotecnica

La caratterizzazione dal punto di vista geotecnico dei terreni dell'area di indagine è stata effettuata, sulla base dei risultati delle analisi di laboratorio effettuate su un campione di terreno prelevato in uno dei pozzetti esplorativi effettuati e su dati geotecnici di bibliografia (Allegato 2 – Certificato di laboratorio).

Di seguito si riporta un quadro riepilogativo dei parametri geotecnici relativi alle diverse unità individuate, rimandando all'ALLEGATO 2 per una completa ed esplicita descrizione e interpretazione delle prove stesse.

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

	Parametri geotecnici caratteristici				Taglio diretto CD	
	Litologia	γn KN/m³	γsat KN/m³	spessore m	$\phi'°$	C' KPa
A	argilla con limo-sabbiosa con frustoli vegetali (coltre eluvio colluviale scarsamente addensata)	**17 - 19**	**20,4**	**~ 1,5**	**13,5 - 20**	**5 - 10**
B	quarzareniti e sabbie di colore giallo ocra (Flysch Numidico)	**17,0**	**18,0**	**~ 2,5**	**20 - 27**	**5 - 15**
C	argilla limoso-sabbiosa (Flysch Numidico)	**18,0**	**18,4**	**~ 10**	**15,7**	**5**
27D	sabbie quarzoso-feldspatiche (Serra Palazzo)	**19,0**	**21,00**	**~ 5**	**28 - 34**	**30 - 70**

0.γ_n = Peso di volume naturale; γ_{sat} = Peso di volume saturo; c' = Coesione;
ϕ' = angolo di resistenza al taglio, Cu = coesione non drenata

8.3. Modello geologico e geotecnico

In estrema sintesi ed in riferimento alla caratterizzazione geotecnica, i terreni oggetto di indagine possono essere suddivisi nelle seguenti unità:

- Copertura detritica a prevalente componente argilloso limoso sabbiosa scarsamente addensata, con assetto caotico e una giacitura indistinta (Unità A);
- terreni del substrato costituiti da argille limoso-sabbiose (Unità B);
- terreni del substrato costituiti da sabbie e quarzareniti scarsamente cementate (Unità C);
- sabbie e arenarie quarzoso-feldspatiche con sottili intercalzioni di argille grigio-verdi (Unità D).

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

9 CONCLUSIONI

Lo studio riportato nella seguente relazione ha fornito un quadro dettagliato delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, litotecniche e sismiche dei terreni presenti nell'area di progetto.
In particolare, dallo studio effettuato, si evince quanto segue.

- L'area oggetto di studio è caratterizzata dall'affioramento di terreni argillosi e argilloso-limoso-sabbiose colore grigio-verde che si intercalano a strati di sabbie e quarzareniti, e complessivamente sono riferibili alla formazione del Flysch Numidico. Questi depositi poggiano su una successione arenaceo-pelitica della formazione di Serra Palazzo che è costituita da sabbie e arenarie con sottili intercalazioni di argille siltose grigio-verdi e marne. Una coltre superficiale di ricoprimento di spessore variabile fino ad un massimo di 1,5 m ricopre il tutto.
- Da un punto di vista geomorfologico l'area di studio è ubicata immediatamente a ovest della collina sulla quale sorge l'abitato di Forenza, ai piedi della collina su cui si erge il cimitero del paese e la zona PAIP. Tale collina raggiunge la quota di 765 m ed è caratterizzata da pendenze variabili, moderatamente acclive sul versante nord-orientale e molto più acclive sul versante sud-occidentale. Nell'area di progetto non sono stati rilevati fenomeni connessi a movimenti pregressi o in atto, anche se il versante meridionale è come già ribadito interessato da fenomeni di questo tipo, ma sono ubicati ad una distanza tale dall'area di progetto che si rietiene non possano in alcun modo interferire con essa. Si rinviene una coltre eluvio colluviale, di ricoprimento che non supera lo spessore di 1,5 m.
- Da un punto di visto idrogeologico, gli studi effettuati e, come evidenziato anche dalle indagini geognostiche effettuate, a circa 5 m di profondità potrebbe essere presente una circolazione idrica sotterranea, nei livelli sabbioso-arenacei del Flysch Numidico sostenuta dalle intercalazioni argilloso-limosi della medesima formazione. Tre unità idrogeologico si riconoscono e sono: un'unità a medio-bassa permeabilità per porosità rappresentata dai depositi limoso-argilloso-sabbiosi scompaginati della coltre detritica superficiale; un'unità a medio-bassa permeabilità per porosità e/o per fratturazione rappresentata dai depositi prevalentemente sabbioso-arenacei della formazione della Serra Palazzo e quarzarenitici della flysch Numidico (substrato); unità a bassa permeabilità e/o impermeabile i depositi prevalentemente argillosi che si intercalano ai depositi arenacei, nell'ambito delle formazioni del Flysch Numidico e della Serra Palazzo.
  Durante l'escavazione dei pozzetti esporativi non è stata comunque rinvenuta alcuna falda idrica.
- Le caratteristiche geologiche e geotecniche specifiche per i terreni di fondazione sono state desunte da indagini di laboratorio effettuate su campioni di terreno prelevati. Si precisa che i primi 5 m di terreno presentano caratteritiche geotecniche e sismiche scadenti; procedendo in profondità le caratteristiche tendono a migliorare.
  La tabella riassume i parametri caratteristici delle unità litotecniche individuate.

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

	Parametri geotecnici caratteristici				Taglio diretto CD	
	Litologia	γn KN/m^3	γsat KN/m^3	spessore m	$\phi'°$	C' KPa
A	argilla con limo-sabbiosa con frustoli vegetali (coltre eluvio colluviale scarsamente addensata)	**17 - 19**	**20,4**	**~ 1,5**	**13,5 - 20**	**5 - 10**
B	quarzareniti e sabbie di colore giallo ocra (Flysch Numidico)	**17,0**	**18,0**	**~ 2,5**	**20 - 27**	**5 - 15**
C	argilla limoso-sabbiosa (Flysch Numidico)	**18,0**	**18,4**	**~ 10**	**15,7**	**5**
27D	sabbie quarzoso-feldspatiche (Serra Palazzo)	**19,00**	**21,00**	**~ 5**	**28 - 34**	**30 - 70**

- Sulla base delle indagini geofisiche eseguite dalla scrivente è possibile attribuire al sito d'interesse progettuale, la seguente tipologia di suolo: "**C**": "***Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*** **con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".**
- In relazione al D.M. 14-01-2008 e aggiornamento delle norme tecniche del 17/01/2018, nell'area è stata riconosciuta una sola microzona. I parametri sismici, per la salvaguardia della vita umana, sono rappresentati da: **a_g pari a 0,171; Fo pari a 2,591; T*c pari a 0,468. La microzona di interesse progettuale ha le seguenti caratteristiche sismiche:** categoria di suolo di fondazione di tipo"**C**" (ai sensi O.P.C.M. 3274/03); coefficiente di amplificazione stratigrafica (S_S)= 1,50; coefficiente di amplificazione topografica (S_T) = (T1) = 1; **Accelerazione orizzontale massima del suolo (PGA) = ag * Ss * S_T = 0,256.**

Genzano di Lucania 13/10/2022 ***La Geologa***

Dr Antonietta Cilumbriello

ORDINE DEI GEOLOGI GEOLOGO ANTONIETTA CILUMBRIELLO n. 452 Sez. A BASILICATA

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

OGNIBEN (1969) – SCHEMA INTRODUTTIVO ALLA GEOLOGIA DEL CONFINE CALBRO-LUCANO. MEM. SOC. GEOL. IT., **35**: 177-202.

BOENZI, PALMENTOLA & VALDUGA (1971) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, F° 200 Tricarico.*

D'ARGENIO, PESCATORE & SCANDONE (1973) – *Schema geologico dell'Appennino meridionale (Campania e Lucania)*. Acc. Naz. Lincei, Pubbl. N°**280**; 49-72

DE CELLES P. G. & GILES K. A. (1996) - *Foreland basin systems.* Basin Research, **8**, 105-123.

GALLICCHIO S. & MAIORANO P. (1999) – *Revised stratigraphy of the Serra Palazzo Formation, a Miocene foredeep turbidite succession of the Southern Apennines (Italy).* Riv. It. Paleont. E Stratig., **105**, n° 2, 287-302

LABRIOLA M, ONOFRIO V., GALLICCHIO S. & TROPEANO M. (2008) - *Caratteri stratigrafico-strutturali della porzione frontale dell'Appennino lucano compresa fra Acerenza e Oppido Lucano (Potenza, Basilicata).* Mem. Descr. Carta Geol. D'It. **LXXVII**, 111-118.

MERLIN, LA VOLPE, NAPPI, PICCARRETA, REDINI, & SANTAGATI (1971) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, F° 186,187 Sant'Angelo de' Lombardi, Melfi.*

PATACCA E. & SCANDONE P. (2001) - *Late thrust propagation and sedimentary response in the thrust belt-foredeep system of the Southern Apennines (Pliocene-Pleistocene).* In: G.B. VAI & I.P MARTINI (Eds.): «*Anatomy of an Orogen*». Kluwer Academic Publ.: 401-440.

PATACCA E. & SCANDONE P. (2004) – *The Plio-Pleistocene thrust belt-foredeep system in the southern Apennines and Sicily (Italy).* Soc. Geol. It., Vol. Spec., IGC 32 Florence.

PIERI P., GALLICCHIO S., SABATO L. & TROPEANO M. – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*. Foglio 471 IRSINA.

PESCATORE T., DI NOCERA S. & MATANO F. – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*. Foglio 470 POTENZA.

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo



Comune di **FORENZA**

Oggetto : COSTRUZIONE DI UNA RESIDENZA SOCIO-ASSISTENZIALE PER ANZIANI DA REALIZZARSI IN ZONA PAIP

ELABORATO		DATA
A.1	Cartografia tematica	13/10/2022

Dr Geol ANTONIETTA CILUMBRIELLO
Via Albani, snc
85013 - Genzano di Lucania (PZ)
qgeo.lab@gmail.com
mob: 347/1848562

ORDINE DEI GEOLOGI
GEOLOGO ANTONIETTA CILUMBRIELLO n. 452 Sez. A
BASILICATA

N	Data	Motivo
0	13/10/2022	COSTRUZIONE DI UNA RESIDENZA SOCIO-ASSISTENZIALE PER ANZIANI DA REALIZZARSI IN ZONA PAIP

SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI

TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI. LA RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE DEL DISEGNO È VIETATA

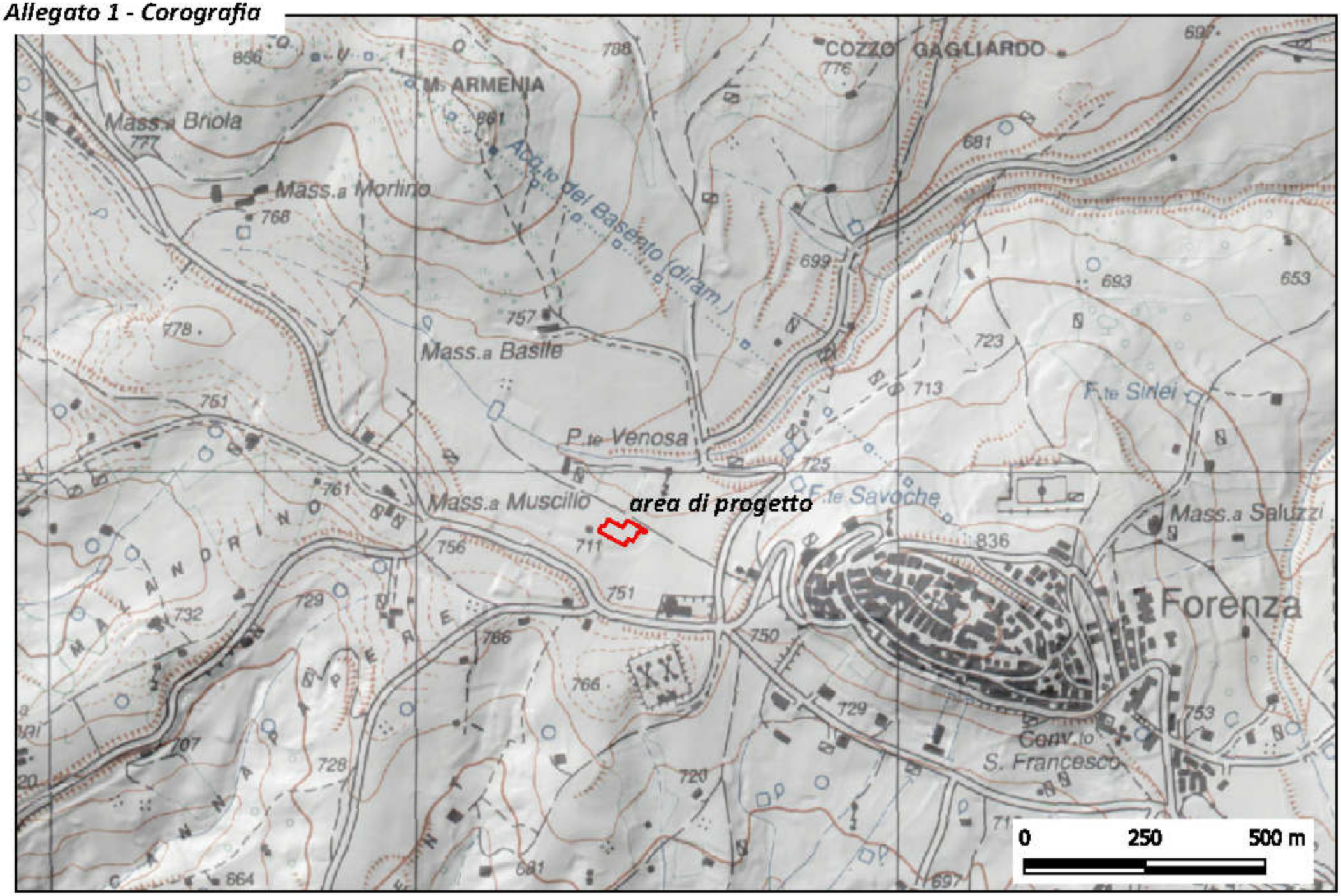
COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

ELABORATO A.1 - CARTOGRAFIA TEMATICA

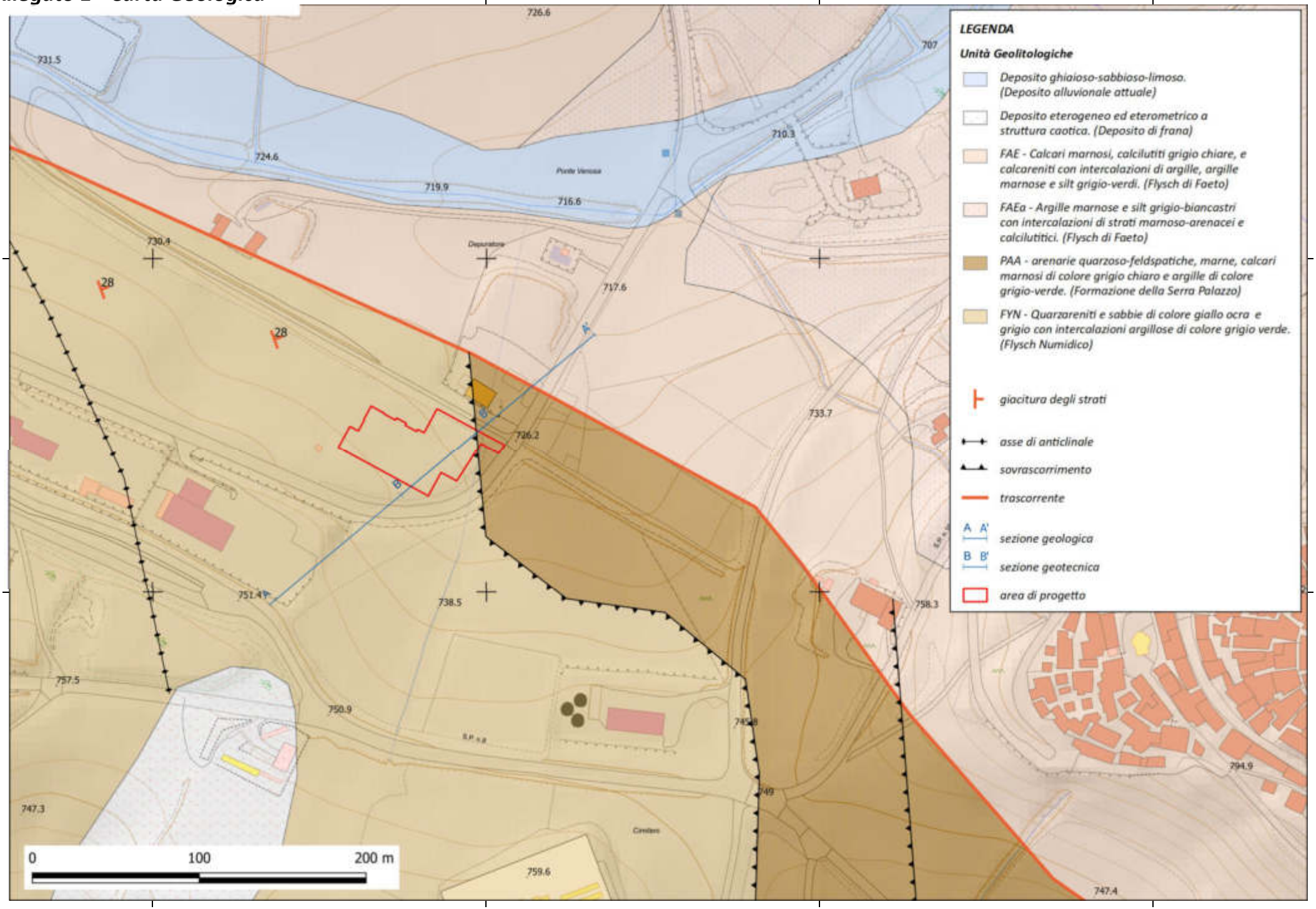
1. Corografia dell'area di progetto – scala 1:10.000
2. Carta Geologica - scala 1:2.000
3. Carta Geomorfologica – scala 1:2.000
4. Sezione Geologica - scala 1:1.000
5. Modello Geologico e Geotecnico – 1:250
6. Stralcio dalla Carta del Rischio frana dell'Autorità di Bacino della Basilicata

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

Allegato 1 - Corografia



Allegato 1 - Carta Geologica



COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

Allegato 1 - Carta Geomorfologica

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

571400.000

571600.000

4523800.000

4523600.000

731.5
732
726.6
721.6
703.7
707
724.6
719.9
716.6
710.3
730.4
717.6
724.6
744.9
726.2
733.7
738.5
751.4
753.8
757.5
765.8
759.9
747.3
750.9
749
758
Podere Vincere
Deputazione
Bambuzzo
Fondi Bevacqua
Cimitero

LEGENDA

- area di progetto
- corpo di frana
- pozzi e/o sorgenti

elementi morfologici

- fossi
- orlo di scarpata

elementi tettonici

- sovrascorrimento
- faglia trascorrente
- asse di anticlinale

0 75 150 m

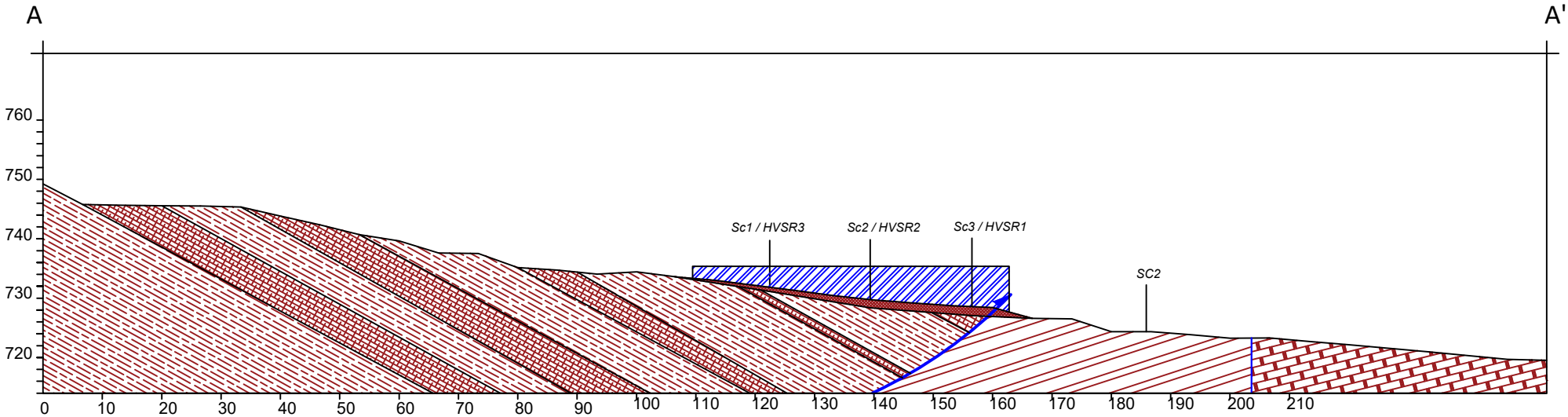
571200.000

571400.000

571600.000

ALLEGATO 1 - Sezione Geologica

sc 1:1.000



Legenda

Calcari marnosi, calcilutiti grigio chiare, e calcareniti con intercalazioni di argille, argille marnose e silt grigio-verdi.
(Flysch di Faeto)

Sabbie quarzoso-feldspatiche, arenarie, marne, calcari marnosi di colore grigio chiaro e argille di colore grigio-verde.
(Formazione di Serra Palazzo)

Quarzareniti e sabbie di colore giallo ocra e grigio con intercalazioni argillose di colore grigio verde (Flysch Numidico)

HVSR1 — *misura di microtremore*

Sc1 — *pozzetto esplorativo*

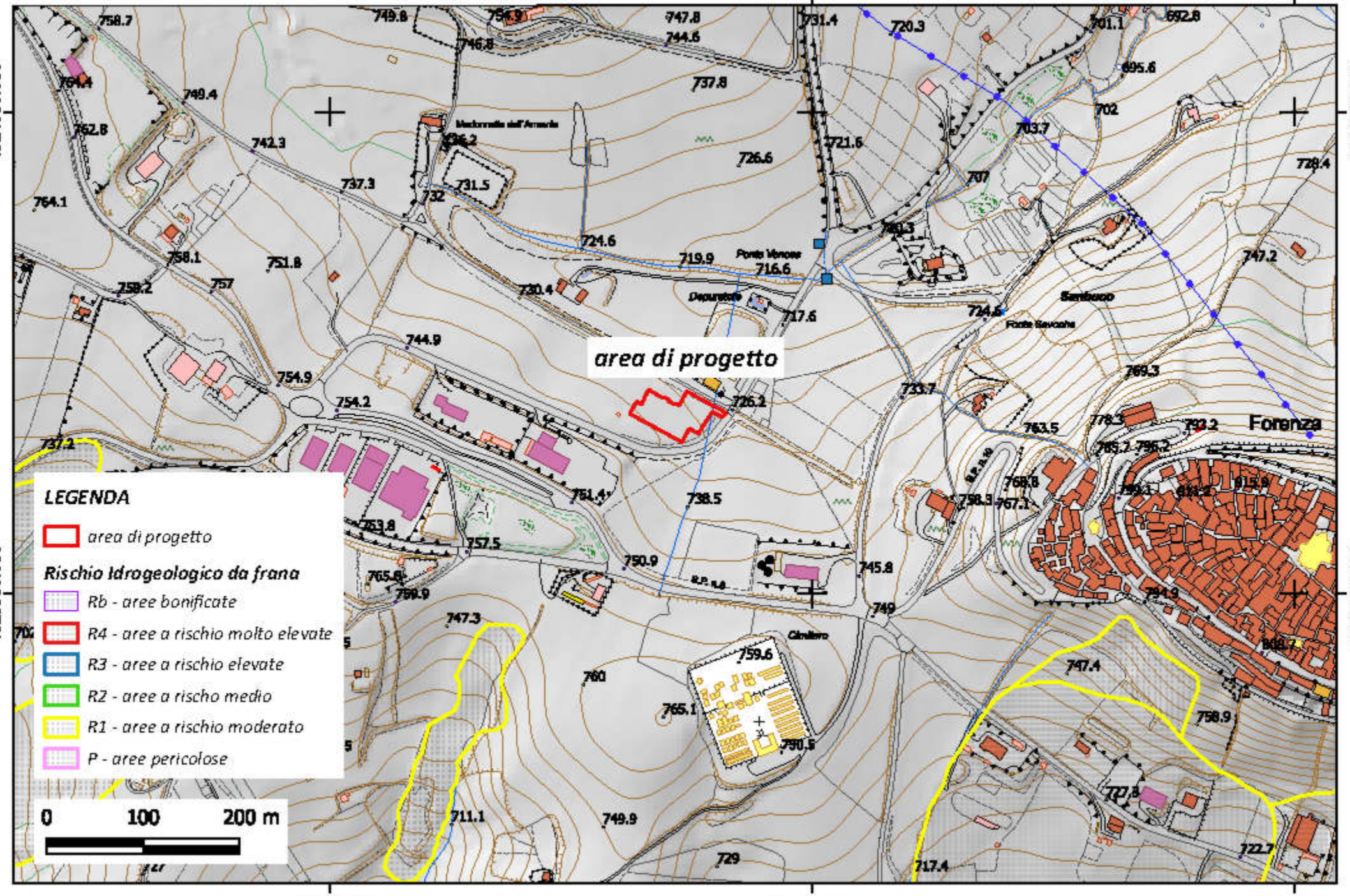
Sc2 — *trincea geognostica preesistente*

faglia trascorrente

sovrascorrimento

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

Allegato 1 - Carta del Rischio idrogeologico



COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

QGeo
Geologia Energia & Ambiente



Comune di **FORENZA**

Oggetto : COSTRUZIONE DI UNA RESIDENZA SOCIO-ASSISTENZIALE PER ANZIANI DA REALIZZARSI IN ZONA PAIP

ELABORATO		DATA
A.2	Indagini geognostiche	13/10/2022

Dr Geol ANTONIETTA CILUMBRIELLO
Via Albani, snc
85013 - Genzano di Lucania (PZ)
qgeo.lab@gmail.com
mob: 347/1848562

ORDINE DEI GEOLOGI
GEOLOGO ANTONIETTA CILUMBRIELLO n. 452 Sez. A
BASILICATA

N	Data	Motivo
0	13/10/2022	COSTRUZIONE DI UNA RESIDENZA SOCIO-ASSISTENZIALE PER ANZIANI DA REALIZZARSI IN ZONA PAIP

SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI

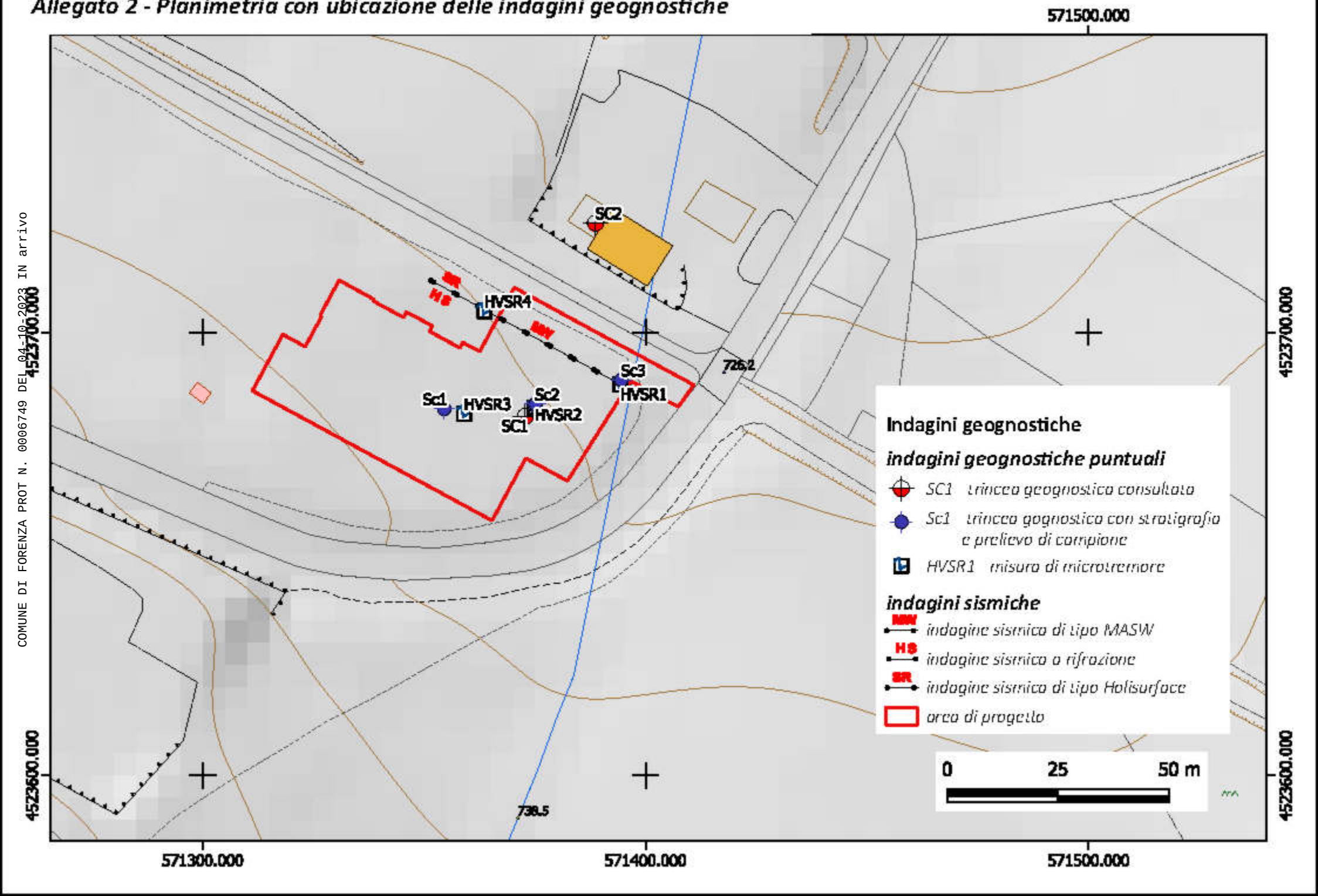
TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI. LA RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE DEL DISEGNO È VIETATA

ELABORATO A.2 – INDAGINI GEOGNOSTICHE

1. Cartografia con ubicazione delle indagini geognostiche - scala 1:1.000.
2. Stratigrafie di pozzetto esplorativo
3. Certificati di labortorio geotecnico
4. Relazione Indagini sismiche

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

Allegato 2 - Planimetria con ubicazione delle indagini geognostiche



COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

Committente: Comune di Forenza

Trincea geognostica Sc1

Cantiere: - Forenza Data:28/08/2022

Prof. m. da p.c.	Strat.	Descrizione	Prof. falda	Campioni
0,7 m		terreno vegetale argilloso, nerastro, con inclusi lapidei		
1,3 m		argilla con limo-sabbiosa		
2,8 m		sabbia giallo ocra con argilla		
3,4 m		argilla con limo-sabbiosa		



COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

Committente: Comune di Forenza

Trincea geognostica Sc2

Cantiere: - Forenza

Data:28/08/2022

Prof. m. da p.c.	Strat.	Descrizione	Prof. falda	Campioni
1,4 m		terreno vegetale sabbioso-limoso con inclusi lapidei		
3,6 m		argilla con limo-sabbiosa		2,2 m C1



COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

Committente: Comune di Forenza

Trincea geognostica Sc3

Cantiere: - Forenza Data:28/08/2022

Prof. m. da p.c.	Strat.	Descrizione	Prof. falda	Campioni
1,5 m		terreno vegetale sabbioso-limoso con inclusi lapidei		
2,7 m		sabbia giallo ocra con argilla grigio-verdastra		



COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

STRATIGRAFIA

SCALA 1 : 50 Pagina 1/1

Riferimento: REGOLAMENTO URBANISTICO	Sondaggio: TRINCEA GEOGNOSTICA 1
Località: FORENZA (PZ)	Quota: 782 metri slm
Impresa esecutrice:	Data: DIC 2003
Coordinate:	Redattore:
Perforazione:	

metri ben.	LITOLOGIA	Prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE
1 2 3		3,20	3,20	suolo vegetale di colore marrone scuro
4		4,50	1,30	argille e limi di colore avano con detriti

STRATIGRAFIA

SCALA 1 : 50 Pagina 1/1

Riferimento: REGOLAMENTO URBANISTICO	Sondaggio: TRINCEA GEOGNOSTICA 2
Località: FORENZA (PZ)	Quota: 784 metri slm
Impresa esecutrice:	Data: DIC 2003
Coordinate:	Redattore:
Perforazione:	

metri ben.	LITOLOGIA	Prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE
1		0,90	0,90	suolo vegetale
2 3		3,00	2,10	sabbie quarzoso-feldspatiche, compatte e massive, di colore giallastro con qualche livello di argille verdi

Laboratorio geoTecnico GeoSt s.a.s. di Carbone Andrea & C.
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geostsrl
http://www.geostsrl.it - P.IVA 07344070638

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania

RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)

SONDAGGIO: SC2 **CAMPIONE:** C1 **PROFONDITA': m** 2,60-2,80

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	34,5	%
Peso di volume	18,0	kN/m³
Peso di volume secco	13,4	kN/m³
Peso di volume saturo	18,4	kN/m³
Peso specifico	2,78	
Indice dei vuoti	1,041	
Porosità	51,0	%
Grado di saturazione	92,7	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	70,2	%
Limite di plasticità	33,7	%
Indice di plasticità	36,5	%
Indice di consistenza	0,98	
Passante al set. n° 40	SI	

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	0,7	%
Sabbia	5,7	%
Limo	11,9	%
Argilla	82,3	%

CLASSIFICAZIONE

CNR-UNI 10006/00	A7-5	I.G. = 20

TAGLIO DIRETTO

Coesione:	5,0	kPa
Angolo di attrito interno:	15,7	°

PROVA EDOMETRICA

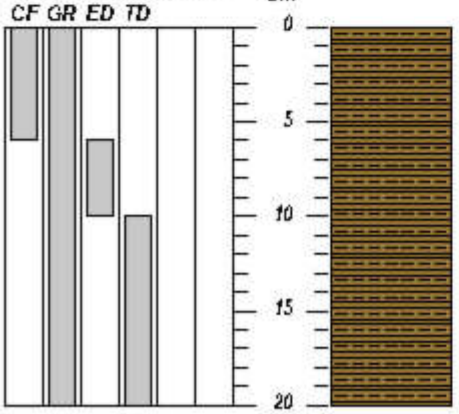
σ kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
49,0 ÷ 98,1	3831	0,000271	6,94E-09
98,1 ÷ 196,1	3296	0,000037	1,09E-09
196,1 ÷ 392,3	5351	0,000078	1,42E-09
392,3 ÷ 784,5	9626	---	---
784,5 ÷ 1569,0	19694	---	---
1569,0 ÷ 3138,0	33408	---	---

FOTOGRAFIA



Firmato digitalmente da
Andrea Carbone
O = GEOTEST di Carbone Andrea e C. s.a.s.
Serial Number = [illegible]
C = IT
Data e ora della firma: 21/09/2022 19:58:18

Posizione delle prove CF GR ED TD



Rp kPa	VT kPa	cm
120		
110		
120		
		20

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

Argilla limosa debolmente sabbiosa (f), di colore verde, consistente e a struttura scagliosa. Reagente all'HCl.

Qualità del campione: Q5

902-22

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

COMMITTENTE: *Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania*

RIFERIMENTO: *Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)*

SONDAGGIO: *SC2* ***CAMPIONE:*** *C1* ***PROFONDITA': m*** *2,60-2,80*

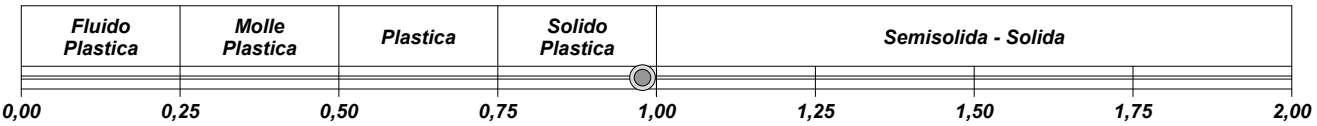
CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

Classifica A.G.I. *Argilla limosa debolmente sabbiosa*

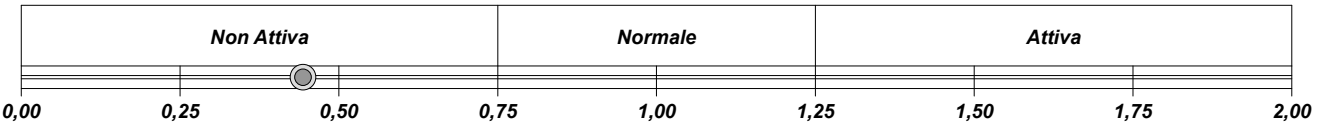
CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

Abaco di plasticità di Casagrande *MH o OH - Limi inorganici o argille e limi organici ad alta compressibilità*

I.C. = Indice di consistenza = (LL - Wn) / IP = 0,98

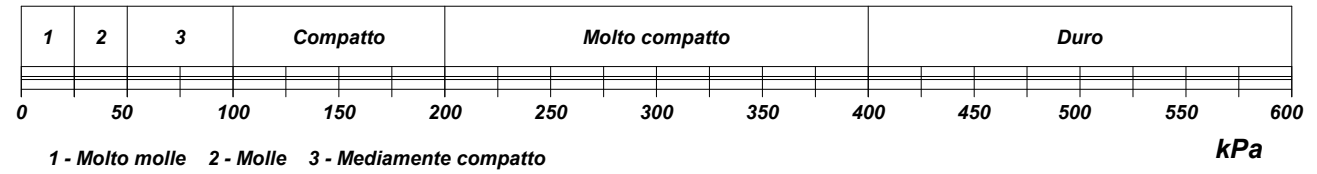


A = Attività (Skempton) = IP / CF (clay fraction) = 0,44



CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata = = 0 kPa



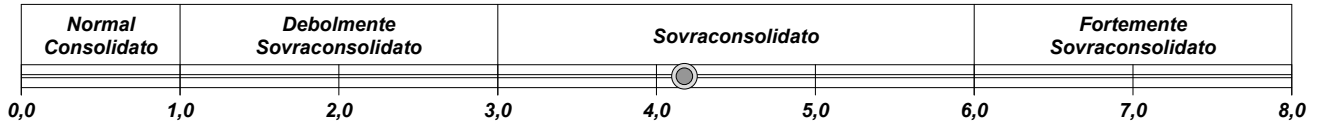
1 - Molto molle 2 - Molle 3 - Mediamente compatto

CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 49,3kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 205,7kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 4,18



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

laboratorio geoTecnico GeoTest s.a.s. di Carbone Andrea & C.
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001- Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04352	*Pagina 1/1*	*DATA DI EMISSIONE: 21/09/22*	*Inizio analisi: 01/09/22*
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 293 del 31/08/22		*Apertura campione: 01/09/22*	*Fine analisi: 02/09/22*

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania

RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)

SONDAGGIO: SC2 *CAMPIONE: C1* *PROFONDITA': m 2,60-2,80*

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D2216-19

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 34,5 %

Struttura del materiale:
- ◉ *Omogeneo*
- ☐ *Stratificato*
- ☐ *Caotico*

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Dimensione massima delle particelle: 5,00 mm

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

902-22

LO SPERIMENTATORE
dott. Geol. GRAZIANO Giuseppe Mario

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

laboratorio geoTecnico GeoTest s.a.s. di Carbone Andrea & C.
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001- Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04353 Pagina 1/1		DATA DI EMISSIONE: 21/09/22	Inizio analisi: 01/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 293 del 31/08/22		Apertura campione: 01/09/22	Fine analisi: 01/09/22

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania

RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)

SONDAGGIO: SC2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2,60-2,80

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377:1975 Test 15

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 18,0 kN/m³

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

902-22

LO SPERIMENTATORE
dott. Geol. GRAZIANO Giuseppe Mario

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

laboratorio geoTecnico GeoTest s.a.s. di Carbone Andrea & C.
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001- Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04354	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/09/22	Inizio analisi: 01/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 293 del 31/08/22		Apertura campione: 01/09/22	Fine analisi: 02/09/22

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania

RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)

SONDAGGIO: SC2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2,60-2,80

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D854

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2,78

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2,78

Metodo: ◉ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 24,2 °C

Dimensione massima delle particelle: 5,00 mm

Disaerazione eseguita per bollitura e sotto vuoto

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

902-22

LO SPERIMENTATORE
dott. Geol. GRAZIANO Giuseppe Mario

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

laboratorio geoTecnico GeoTest s.a.s. di Carbone Andrea & C.
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001- Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04355	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/09/22	Inizio analisi: 02/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 293 del 31/08/22		Apertura campione: 01/09/22	Fine analisi: 03/09/22

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania
RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)
SONDAGGIO: SC2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2,60-2,80

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma ASTM D4318-17e1

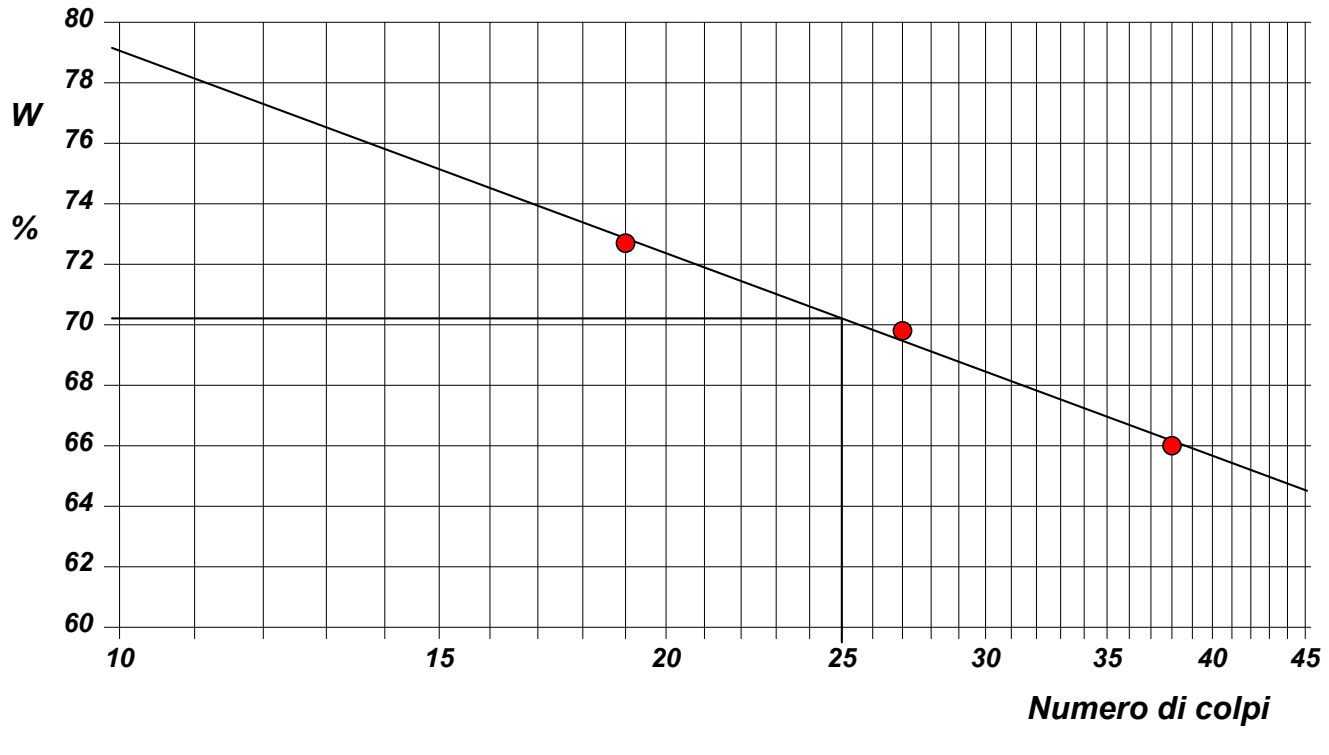
Limite di liquidità	70,2	%
Limite di plasticità	33,7	%
Indice di plasticità	36,5	%

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					
Numero di colpi	19	27	38		
Umidità (%)	72,7	69,8	66,0		

LIMITE DI PLASTICITA'		
Umidità (%)	31,4	35,9
Umidità media	33,7	

Determinazione del Limite di liquidità



COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

902-22

LO SPERIMENTATORE
dott. Geol. GRAZIANO Giuseppe Mario

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

laboratorio geoTecnico GeoTest s.a.s. di Carbone Andrea & C.
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001- Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04355 Allegato 1		DATA DI EMISSIONE: 21/09/22	Inizio analisi: 02/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 293 del 31/08/22		Apertura campione: 01/09/22	Fine analisi: 03/09/22

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania

RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)

SONDAGGIO: SC2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2,60-2,80

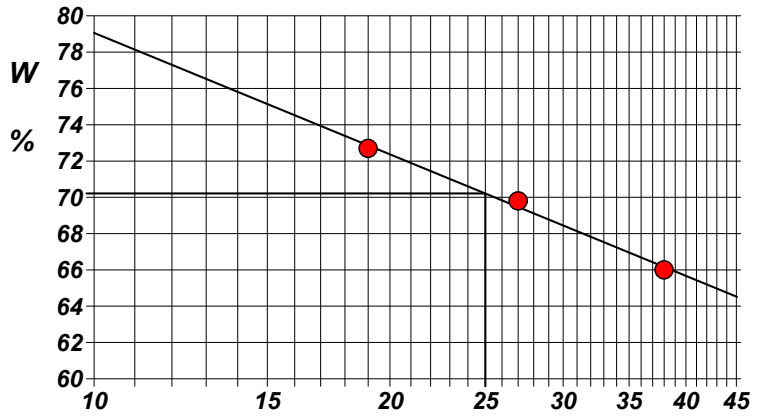
ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D4318-17e1

Limite di liquidità	70,2	%
Limite di plasticità	33,7	%
Indice di plasticità	36,5	%
Indice di consistenza	0,98	
Passante al set. n° 40	SI	

C - Argille inorganiche	L - Bassa compressibilità
M - Limi inorganici	I - Media compressibilità
O - Argille e limi organici	H - Alta compressibilità

Determinazione del Limite di liquidità



ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

I.P. = 0.73 · (L.L. - 20)

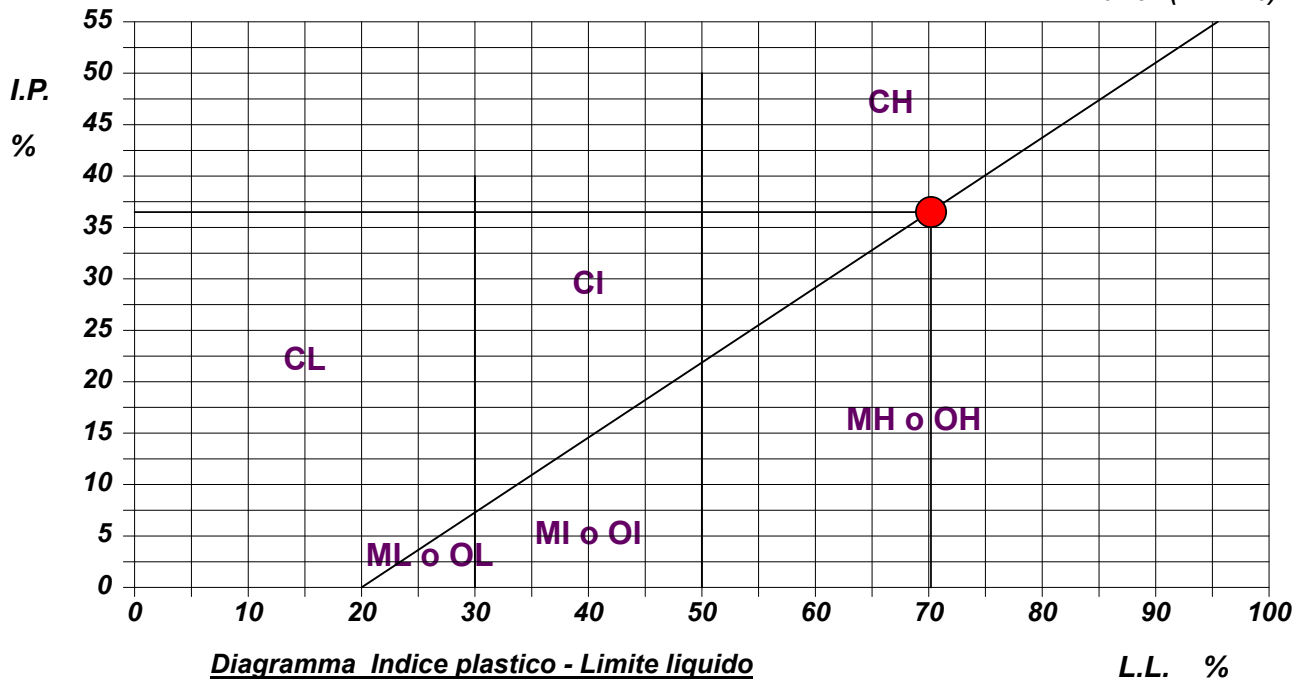


Diagramma Indice plastico - Limite liquido

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

902-22

LO SPERIMENTATORE
dott. Geol. GRAZIANO Giuseppe Mario

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

laboratorio geoTecnico GeoTest s.a.s. di Carbone Andrea & C.
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001- Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04356	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/09/22	Inizio analisi: 01/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 293 del 31/08/22		Apertura campione: 01/09/22	Fine analisi: 08/09/22

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania

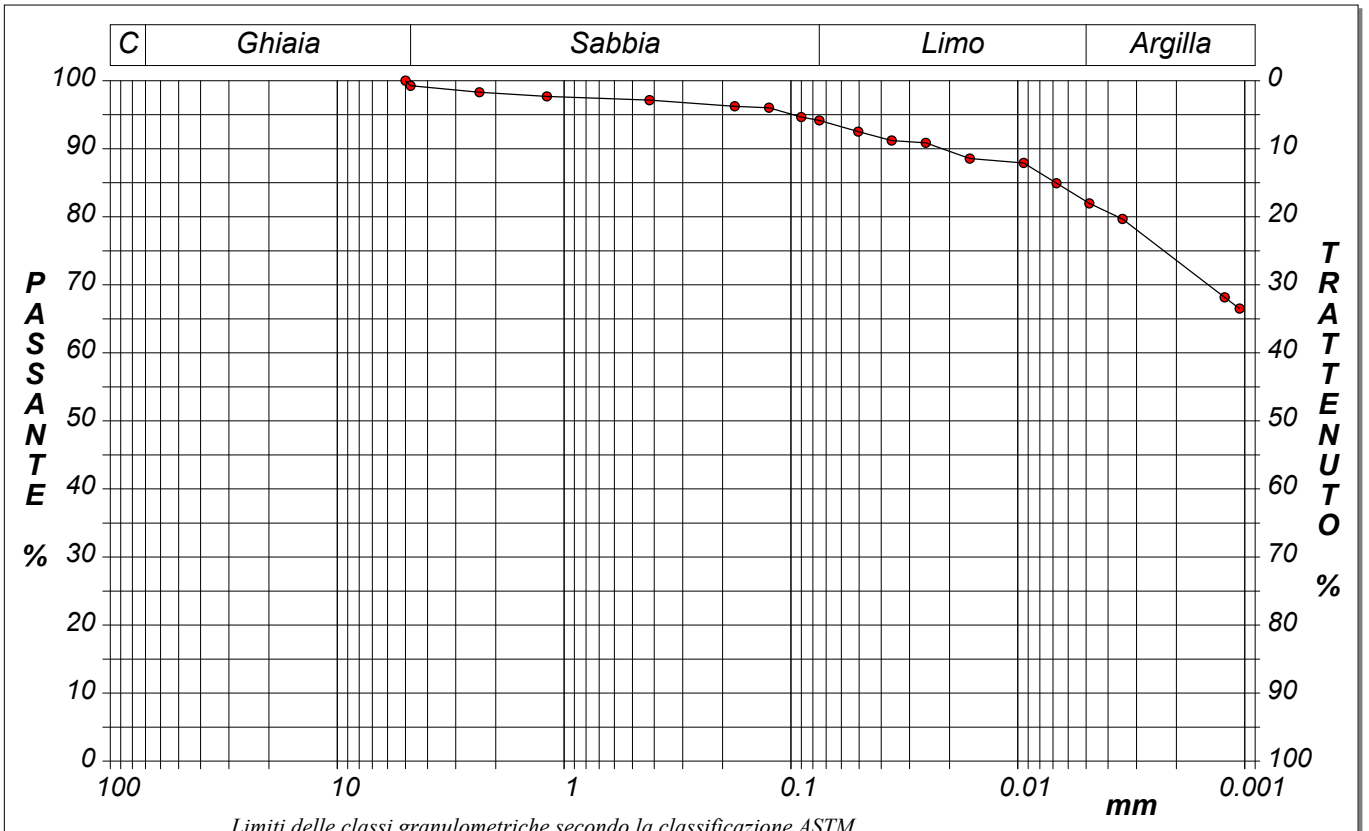
RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)

SONDAGGIO: SC2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2,60-2,80

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-4 - ASTM 422-63

Ghiaia	0,7 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	98,1 %	D_{10}	--- mm
Sabbia	5,1 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	97,1 %	D_{30}	--- mm
Limo	11,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	94,2 %	D_{50}	--- mm
Argilla	82,3 %			D_{60}	--- mm
Coefficiente di uniformità	---	Coefficiente di curvatura	---	D_{90}	0,02152 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
5,0000	100,00	0,1770	96,25	0,0359	91,19	0,0048	81,98		
4,7500	99,26	0,1250	96,02	0,0255	90,87	0,0035	79,67		
2,3600	98,29	0,0900	94,65	0,0163	88,56	0,0012	68,15		
1,1900	97,68	0,0750	94,16	0,0094	87,90	0,0011	66,50		
0,4200	97,13	0,0505	92,51	0,0068	84,94				

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

902-22

LO SPERIMENTATORE
dott. Geol. GRAZIANO Giuseppe Mario

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

laboratorio geoTecnico GeoTest s.a.s. di Carbone Andrea & C.
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001- Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04356 Allegato 1		DATA DI EMISSIONE: 21/09/22	Inizio analisi: 01/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 293 del 31/08/22		Apertura campione: 01/09/22	Fine analisi: 08/09/22

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania

RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)

SONDAGGIO: SC2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2,60-2,80

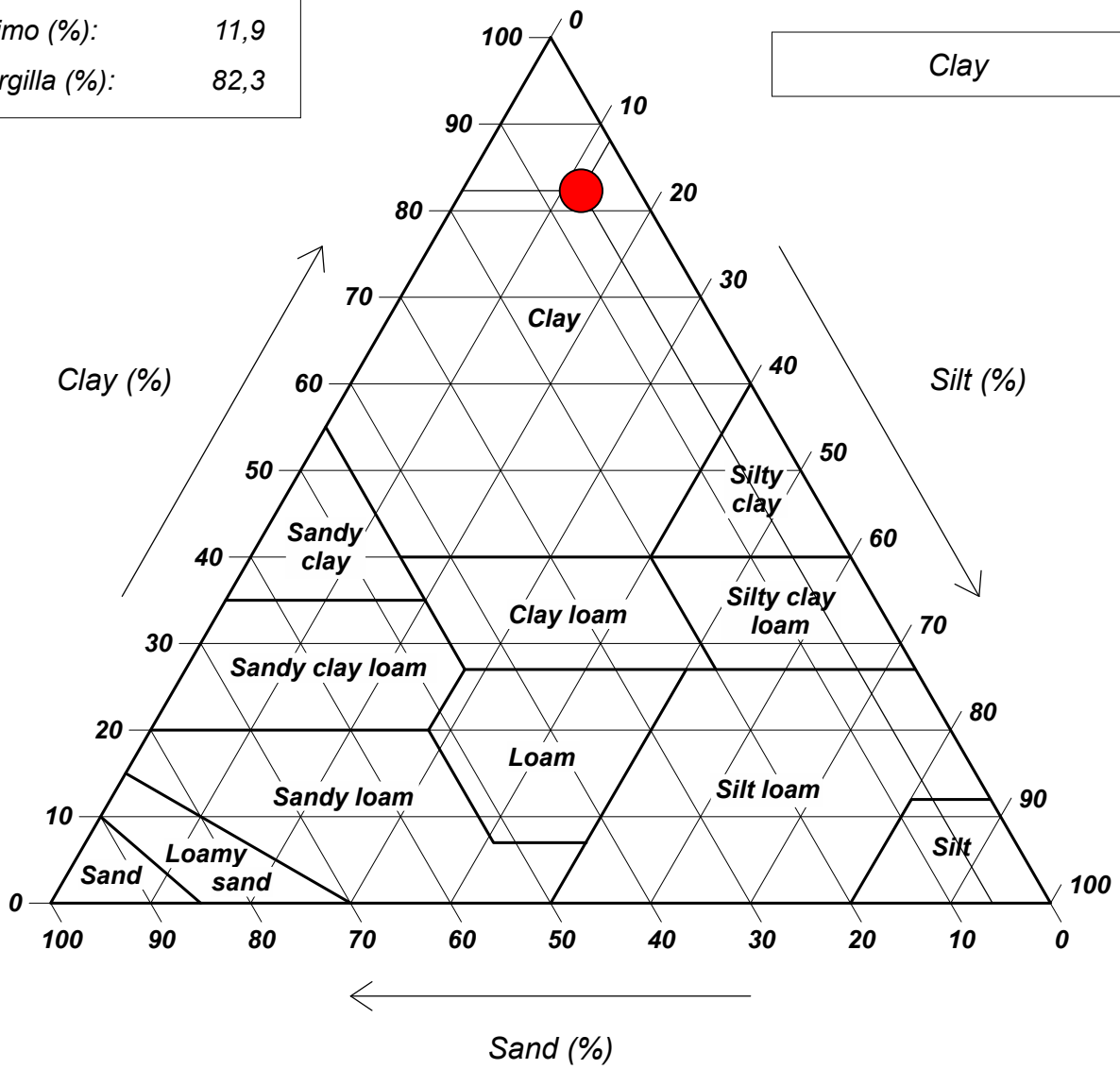
ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-4 - ASTM 422-63

Sabbia (%):	5,8
Limo (%):	11,9
Argilla (%):	82,3

Diagramma U.S.D.A.

Clay



COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

902-22

LO SPERIMENTATORE
dott. Geol. GRAZIANO Giuseppe Mario

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

laboratorio geoTecnico GeoTest s.a.s. di Carbone Andrea & C.
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001- Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04357	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 21/09/22	Inizio analisi: 01/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 293 del 31/08/22		Apertura campione: 01/09/22	Fine analisi: 10/09/22

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania

RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)

SONDAGGIO: SC2 **CAMPIONE:** C1 **PROFONDITA': m** 2,60-2,80

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D2435_D2435M-11R20

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	17,94
Umidità (%)	34,6
Peso specifico	2,78
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	5,04
Sezione provino (cm²)	19,95
Volume provino (cm³)	39,90
Volume dei vuoti (cm³)	20,40
Indice dei vuoti	1,05
Porosità (%)	51,12
Saturazione (%)	92,0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

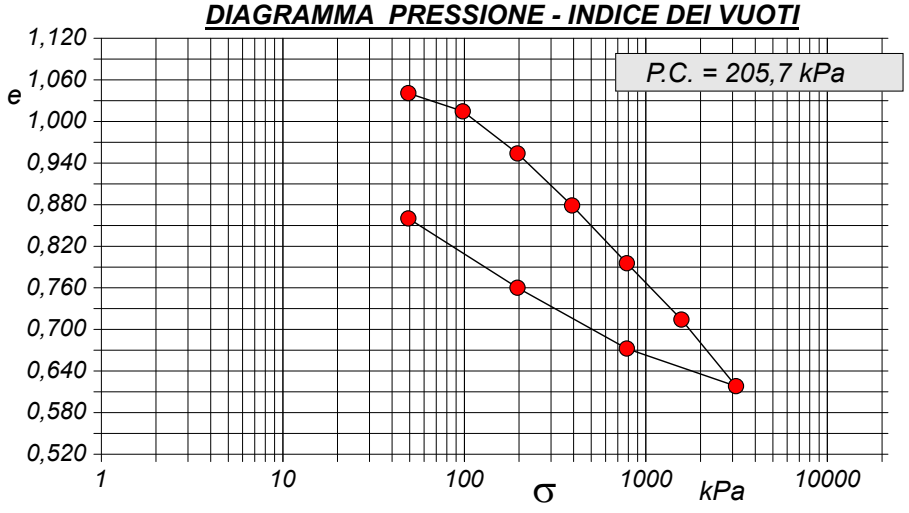
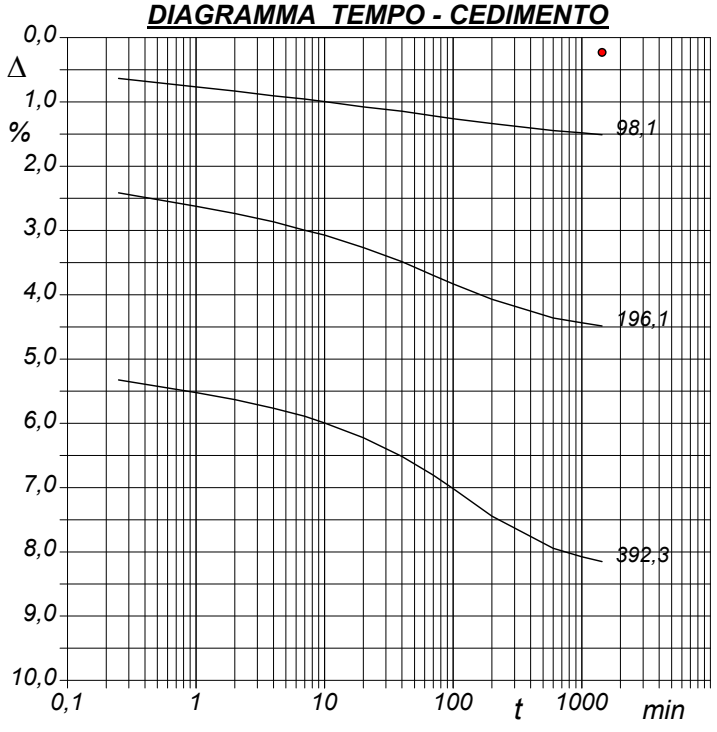


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
49,0	4,6	1,041	
98,1	30,2	1,015	0,087
196,1	89,7	0,954	0,202
392,3	163,0	0,879	0,249
784,5	244,5	0,796	0,277
1569,0	324,2	0,714	0,271
3138,0	418,1	0,618	0,319
784,5	364,9	0,672	0,090
196,1	279,1	0,760	0,146
49,0	181,3	0,860	0,166

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

LO SPERIMENTATORE
dott. Geol. GRAZIANO Giuseppe Mario

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

laboratorio geoTecnico GeoTest s.a.s. di Carbone Andrea & C.
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001- Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04358 Pagina 1/4		DATA DI EMISSIONE: 21/09/22	Inizio analisi: 01/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 293 del 31/08/22		Apertura campione: 01/09/22	Fine analisi: 08/09/22

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania

RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)

SONDAGGIO: SC2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2,60-2,80

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100,0	200,0	300,0
Umidità iniziale e umidità finale (%):	34,1 35,4	34,4 28,7	34,7 26,2
Peso di volume (kN/m³):	18,1	18,0	18,1

Tipo di prova: Consolidata - lenta Velocità di deformazione: 0,004 mm / min

DIAGRAMMA
Tensione
Deformazione orizzontale

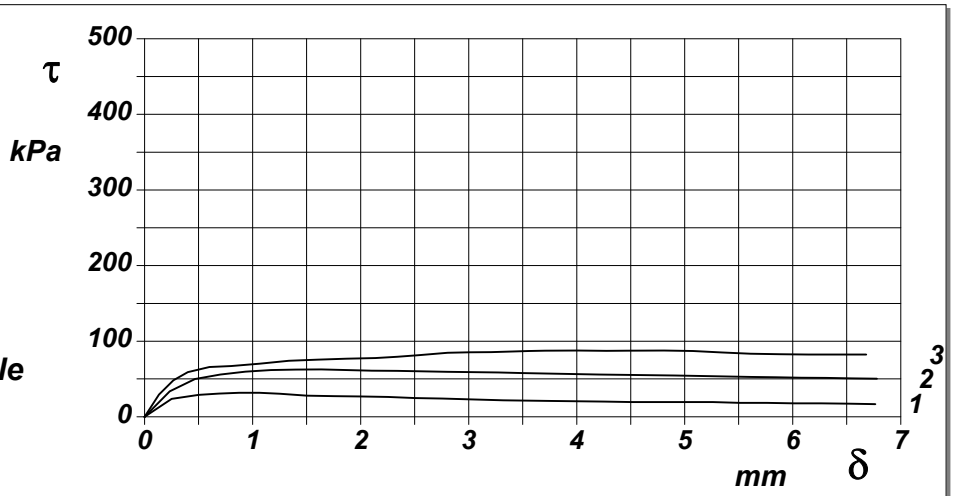
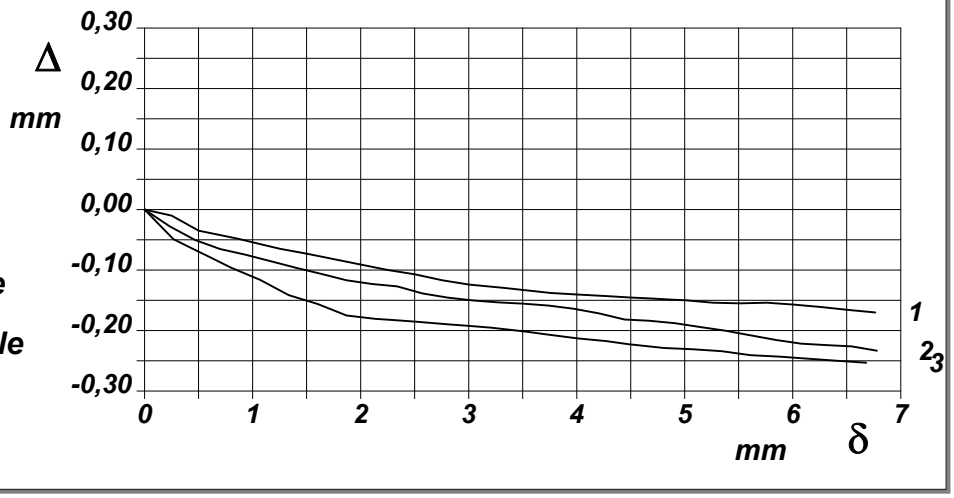


DIAGRAMMA
Deformazione verticale
Deformazione orizzontale



COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

902-22

LO SPERIMENTATORE
dott. Geol. GRAZIANO Giuseppe Mario

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

laboratorio geoTecnico GeoSt
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768
s.a.s. di Carbone Andrea & C.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001- Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04358 Pagina 2/4		DATA DI EMISSIONE: 21/09/22	Inizio analisi: 01/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 293 del 31/08/22		Apertura campione: 01/09/22	Fine analisi: 08/09/22

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania

RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)

SONDAGGIO: SC2 **CAMPIONE:** C1 **PROFONDITA':** m 2,60-2,80

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,251	23,6	-0,01	0,234	33,7	-0,03	0,134	29,4	-0,02
0,501	28,9	-0,04	0,468	49,8	-0,05	0,267	48,4	-0,05
0,689	30,6	-0,04	0,701	55,9	-0,07	0,401	59,1	-0,06
0,877	31,8	-0,05	0,935	59,8	-0,07	0,601	65,7	-0,08
1,065	31,8	-0,06	1,169	61,7	-0,09	0,802	67,2	-0,10
1,253	30,5	-0,07	1,403	62,4	-0,10	1,069	70,2	-0,12
1,503	27,8	-0,07	1,637	62,7	-0,11	1,336	74,0	-0,14
1,754	27,3	-0,08	1,870	61,7	-0,12	1,603	75,4	-0,16
2,004	26,8	-0,09	2,104	61,1	-0,12	1,870	76,8	-0,18
2,255	26,3	-0,10	2,338	60,8	-0,13	2,138	77,9	-0,18
2,505	24,7	-0,11	2,572	60,1	-0,14	2,338	79,3	-0,18
2,756	24,2	-0,12	2,806	59,5	-0,15	2,538	81,4	-0,19
3,006	23,1	-0,12	3,039	59,1	-0,15	2,806	84,6	-0,19
3,319	21,9	-0,13	3,273	58,5	-0,15	3,006	85,4	-0,19
3,538	21,4	-0,13	3,507	57,9	-0,16	3,206	85,5	-0,20
3,758	21,0	-0,14	3,741	57,2	-0,16	3,407	86,3	-0,20
4,008	20,5	-0,14	3,975	56,6	-0,16	3,557	87,0	-0,20
4,259	20,0	-0,14	4,208	55,9	-0,17	3,707	87,4	-0,21
4,509	19,7	-0,15	4,442	55,3	-0,18	4,008	87,6	-0,21
4,697	19,5	-0,15	4,676	55,0	-0,18	4,275	87,2	-0,22
4,853	19,4	-0,15	4,910	54,6	-0,19	4,476	87,4	-0,22
5,010	19,4	-0,15	5,144	54,0	-0,19	4,810	87,7	-0,23
5,261	19,4	-0,15	5,377	53,4	-0,20	5,077	86,9	-0,23
5,511	18,4	-0,16	5,611	52,7	-0,21	5,344	85,1	-0,23
5,762	18,4	-0,15	5,845	52,4	-0,22	5,611	83,4	-0,24
6,012	17,9	-0,16	6,079	51,8	-0,22	5,878	82,7	-0,24
6,263	17,9	-0,16	6,313	51,4	-0,22	6,146	82,4	-0,25
6,513	17,3	-0,17	6,546	50,8	-0,23	6,413	82,3	-0,25
6,764	16,8	-0,17	6,780	50,5	-0,23	6,680	82,4	-0,25

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

LO SPERIMENTATORE
dott. Geol. GRAZIANO Giuseppe Mario

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

laboratorio geoTecnico GeoTest s.a.s. di Carbone Andrea & C.
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001- Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04358 Pagina 3/4		DATA DI EMISSIONE: 21/09/22	Inizio analisi: 01/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 293 del 31/08/22		Apertura campione: 01/09/22	Fine analisi: 08/09/22

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania

RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)

SONDAGGIO: SC2 **CAMPIONE:** C1 **PROFONDITA': m** 2,60-2,80

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D3080-04

Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,920
Sezione (cm²):	36,00
T_{100} (min)	4,0
Df (mm)	1
Vs (mm/min)	0,025

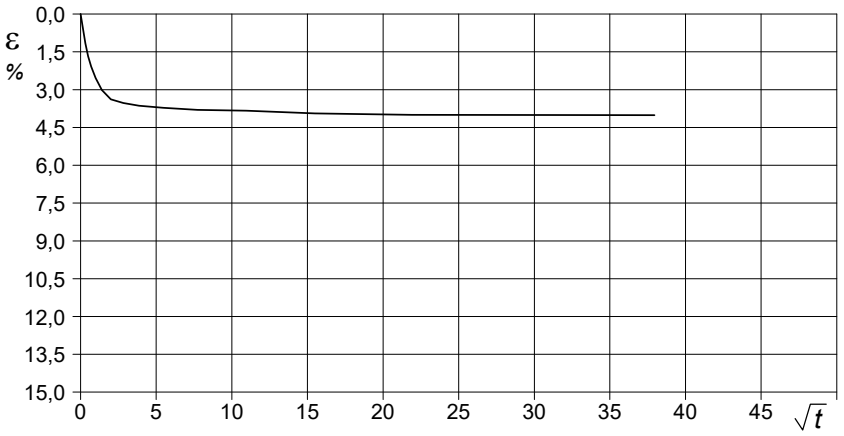


Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,767
Sezione (cm²):	36,00
T_{100} (min)	7,7
Df (mm)	1
Vs (mm/min)	0,013

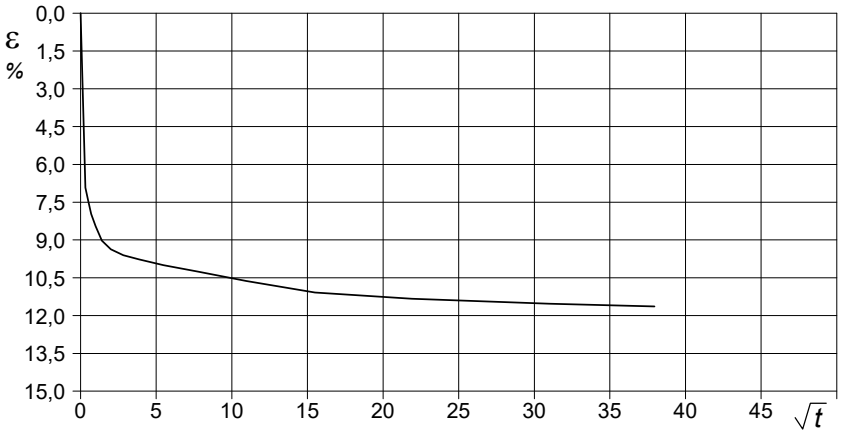
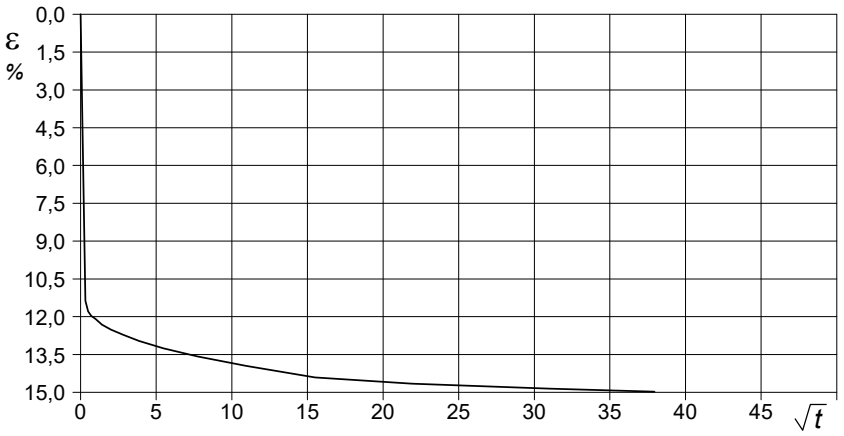


Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,701
Sezione (cm²):	36,00
T_{100} (min)	31,7
Df (mm)	4
Vs (mm/min)	0,013



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata $tf = 10 \times T_{100}$ Vs = Df / tf

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

902-22

LO SPERIMENTATORE
dott. Geol. GRAZIANO Giuseppe Mario

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

Laboratorio geoTecnico GeoTest s.a.s. di Carbone Andrea & C.
Via Lucca 55 A-B - 85025 MELFI (PZ)
tel/fax 0972347447 - laboratorio@geotest.it
http://www.geotest.it - P.IVA 01073440768

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTITALIA

Art. 59 DPR 380/2001- Circolare 7618/STC - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Certificazione ufficiale - Decreto 0000158.24-04-2018
SETTORE «A» Prove di laboratorio sulle TERRE • Prove Cicliche e Dinamiche (RC - TTC - TXC) • Prove di Carico su Piastra • Densità in sito
SETTORE «B» Prove di laboratorio su ROCCE e AGGREGATI

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04358 Pagina 4/4		DATA DI EMISSIONE: 21/09/22	Inizio analisi: 01/09/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 293 del 31/08/22		Apertura campione: 01/09/22	Fine analisi: 08/09/22

COMMITTENTE: Geologa Cilumbriello Antonietta - Via Delle Puglie n. 24 - 85013 Genzano di Lucania

RIFERIMENTO: Residenza socio-assistenziale per anziani - zona PAIP - Forenza (PZ)

SONDAGGIO: SC2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 2,60-2,80

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Tempo	Cedim.	Cedim.	Tempo	Cedim.	Cedim.	Tempo	Cedim.	Cedim.
minuti	mm/100	%	minuti	mm/100	%	minuti	mm/100	%
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,10	23,27	1,16	0,10	138,47	6,92	0,10	227,37	11,37
0,25	33,48	1,67	0,25	148,53	7,43	0,25	235,78	11,79
0,50	41,64	2,08	0,50	159,28	7,96	0,50	239,28	11,96
1,00	50,80	2,54	1,00	169,14	8,46	1,00	241,88	12,09
2,00	60,32	3,02	2,00	180,46	9,02	2,00	246,28	12,31
4,00	67,63	3,38	4,00	187,35	9,37	4,00	250,20	12,51
8,00	70,63	3,53	8,00	192,15	9,61	8,00	254,34	12,72
15,00	72,73	3,64	15,00	195,44	9,77	15,00	259,28	12,96
30,00	74,41	3,72	30,00	199,92	10,00	30,00	265,08	13,25
60,00	76,07	3,80	60,00	205,00	10,25	60,00	271,48	13,57
120,00	76,79	3,84	120,00	212,50	10,63	120,00	278,98	13,95
240,00	78,90	3,95	240,00	221,60	11,08	240,00	288,08	14,40
480,00	80,00	4,00	480,00	226,60	11,33	480,00	293,08	14,65
960,00	80,10	4,01	960,00	230,50	11,53	960,00	296,98	14,85
1440,00	80,20	4,01	1440,00	232,80	11,64	1440,00	299,48	14,97

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

LO SPERIMENTATORE
dott. Geol. GRAZIANO Giuseppe Mario

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Geol. CARBONE Raffaele

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

QGeo
Geologia Energia & Ambiente



Comune di **FORENZA**

Oggetto : COSTRUZIONE DI UNA RESIDENZA SOCIO-ASSISTENZIALE PER ANZIANI DA REALIZZARSI IN ZONA PAIP

	Report indagini sismiche	DATA 13/10/2022

Dr Geol ANTONIETTA CILUMBRIELLO
Via Albani, snc
85013 - Genzano di Lucania (PZ)
qgeo.lab@gmail.com
mob: 347/1848562

ORDINE DEI GEOLOGI
GEOLOGO ANTONIETTA CILUMBRIELLO n. 452 Sez. A
BASILICATA

N	Data	Motivo
0	13/10/2022	COSTRUZIONE DI UNA RESIDENZA SOCIO-ASSISTENZIALE PER ANZIANI DA REALIZZARSI IN ZONA PAIP

SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI

TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI. LA RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE DEL DISEGNO È VIETATA

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

REPORT INDAGINI SISMICHE

Dr Geol. Antonietta Cilumbriello

INDICE

1. PREMESSA 1

1.1. Strumentazione utilizzata 3

2. METODOLOGIA 3

2.1. Indagine Sismica a Rifrazione 3

2.2. Indagine sismica di tipo MASW 5

2.3. Indagini Holisurface 8

2.4. Misura di microtremori a stazione singola 10

3. INTERPRETAZIONI E RISULTATI 11

3.1. Sismica a rifrazione 11

3.2. Indagine sismica di tipo MASW multicomponente 12

3.2.1. Modello sismostratigrafico – Indagini MASW 13

3.3. Indagine sismica di tipo Holisurface 14

3.3.1. Indagine Holisurface HS1 14

3.4. Misure di microtremori a stazione singola 18

3.5. Categoria di suolo di fondazione 20

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE 21

TAVOLA 1: ELABORATI DELLA SISMICA A RIFRAZIONE 23

TAVOLA 2: REPORT INDAGINE MASW MW1 26

TAVOLA 3: ELABORATI DELLE MISURE DI MICROTREMORE A STAZIONE SINGOLA 28

TAVOLA 4: REPORT INDAGINE HOLISURFACE 40

References 45

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

1. PREMESSA

La campagna delle indagini sismiche di tipo attivo e passivo (n. 1 sismica a rifrazione, n.1 sismica di tipo MASW, n.1 indagine sismica del tipo HOLISURFACE e n. 4 misura di microtremori a stazione singola) ha consentito di ricostruire e di definire l'andamento della velocità delle onde di taglio (Vs) del sottosuolo. Tale ricostruzione permette di calcolare il parametro Vs,eq (in m/s) utile alla definizione della categoria del suolo secondo le N.T.C. D.M. 17/01/18 e definire la risposta sismica locale del sito.
Le indagini sono state eseguite il giorno 16/09/2022 (documentazione fotografica in Fig. 1).







Fig. 1a, b, c *– Documentazione fotografica relativa alle indagini sismiche a rifrazione, del tipo MASW, del tipo Holisurface e alle misure di microtremori a stazione singola.*

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

1.1. Strumentazione utilizzata

L'attrezzatura e la strumentazione per l'acquisizione dei sismogrammi relativi alla prospezione sismica a rifrazione e di tipo MASW sono costituite da:

- sistema di energizzazione delle onde P: costituito da una mazza del peso 10 kg battente su una piastra metallica del diametro di 20 cm posta direttamente sul piano campagna; tale sistema genera prevalentemente onde di tipo P ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionabili;
- un sistema di trigger: come sistema di trigger per fornire il tempo zero all'acquisitore, è stato utilizzato un accelerometro piezoelettrico posto in corrispondenza della testa del martello pesante (con sensibilità settabile attraverso il sismografo);
- un sistema di ricezione: costituito da 24 geofoni verticali con frequenza propria a 4,5 Hz. Si tratta di sensori elettromagnetici a bobina mobile. Ogni geofono è collegato, tramite il cavo principale, all'acquisitore.

L'indagine sismica di tipo Holisurface è stata effettuata utilizzando un sismografo SR04-GEOBOX della SARA Electonic Instrument s.r.l., equipaggiato con una terna di geofoni con una frequenza propria di 4,5 HZ ed un cavo della lunghezza di 50 m collegato ad un trigger. Il sistema di energizzazione per le misure Holisurface è analogo a quello utilizzato le indagini di tipo MASW e consente l'acquisizione del segnale sismico generato dalla sorgente a partire dal tempo zero fissato dal trigger. Il posizionamento dello strumento è stato eseguito orientando opportunamente il lato lungo dello stesso in direzione della sorgente (in assetto radiale rispetto alla sorgente) e centrando la bolla sferica per garantire l'orizzontalità dello strumento. La procedura di acquisizione ha sfruttato il modulo LOG-MT del software SEISMOWIN.

Le misure di microtremori a stazione singola sono state effettuate utilizzando il geofono triassale e hanno avuto una durata di circa 20 minuti ciascuna.

2. METODOLOGIA

2.1. Indagine Sismica a Rifrazione

Il metodo della sismica a rifrazione è una delle indagini geofisiche più utilizzate per la conoscenza del sottosuolo. La tecnica di sismica a rifrazione si basa sulla rilevazione delle onde dirette e rifratte (PALMER, 1982), che tra i diversi tipi di onde registrate dai geofoni sono le prime ad arrivare. La tecnica, ormai consolidata, si basa sull'individuazione dei primi arrivi sulle tracce sismiche, in modo tale da ricostruire la dromocrona nel piano spazio-tempo delle onde dirette e rifratte (Fig. 2). Le rotture di pendenza (punti di ginocchio) della dromocrona delle onde dirette e rifratte evidenziano la presenza di una superficie di separazione tra due strati con differente velocità di propagazione; in particolare, la velocità dello strato inferiore deve essere maggiore di quella dello strato superiore.

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

I raggi sismici che arrivano ai geofoni più vicini al punto di energizzazione sono quelli che hanno viaggiato orizzontalmente nello strato più superficiale; mentre i raggi che incontrano la superficie di separazione tra lo strato superficiale e uno inferiore con velocità di propagazione superiore verranno riflessi e rifratti nel punto in cui l'angolo di incidenza con la normale alla superficie è pari all'angolo limite i_c; il raggio incidente verrà rifratto a 90° secondo la legge di Snell: sen $i_c = V_1/V_2$.

Il raggio rifratto viaggia lungo la superficie di discontinuità e rifrange continuamente verso l'alto energia elastica che ritorna in superficie. Alla presenza di più di due sismostrati, la dromocrona sarà caratterizzata da altri punti di ginocchio oltre a quello che separa le onde dirette da quelle rifratte (Fig. 2).

I primi arrivi delle tracce acquisite durante l'esecuzione delle prospezioni sismiche a rifrazione sono stati inoltre processati con il metodo tomografico. Tale elaborazione, eseguita con il *software RAYFRACT*, ha consentito di ottenere un modello bidimensionale delle caratteristiche sismostratigrafiche del sottosuolo. I primi arrivi delle tracce acquisite durante l'esecuzione delle prospezioni sismiche a rifrazione sono stati inoltre processati con il metodo tomografico. La tomografia sismica in onda P è una tecnica che utilizza la velocità di propagazione delle onde sismiche di compressione, al fine di ottenere informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali che sono attraversati dal fronte d'onda. Tale metodo di indagine permette di determinare la velocità di propagazione in funzione della profondità, evidenziando eventuali discontinuità laterali e interfacce non piane tra gli strati a diverse caratteristiche.

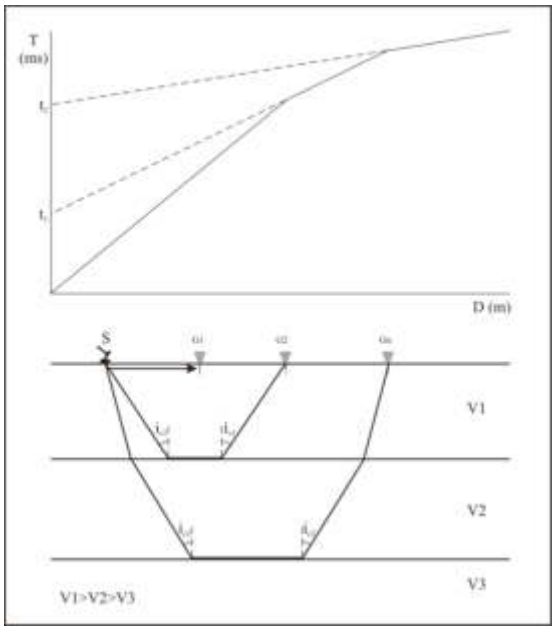


***Fig. 2** – Schema mostrante i percorsi delle onde dirette e rifratte e le relative dromocrone.*

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

La prospezione sismica a rifrazione SR1 in onda P è stata eseguita lungo un'allineamento di 50 m nella direzione di sviluppo principale della struttura di progetto. I 24 geofoni verticali della sismica a rifrazione SR1 sono stati disposti lungo uno stendimento lineare con una distanza intergeofonica di 2 m e due energizzazioni sono state fatte, all'esterno dello stendimento, a 3 m dal primo e dall'ultimo geofono; altre 6 energizzazioni sono state effettuate a distanze regolari all'interno dello stendimento sismico, secondo lo schema seguente:

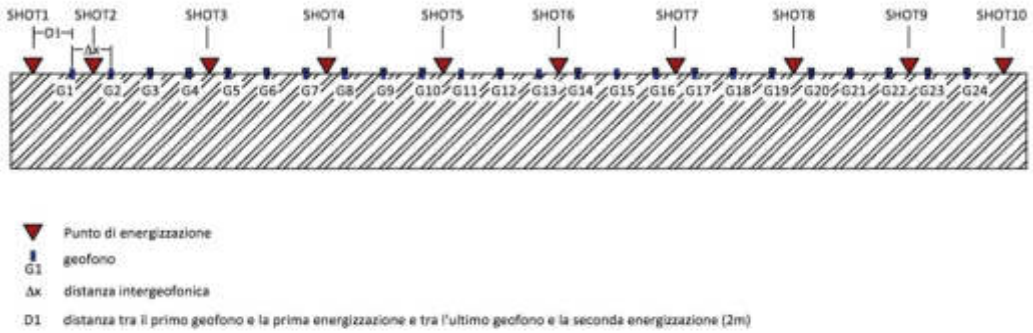


***Fig. 3** – Schema stendimento con ubicazione geofoni e punti di energizzazione*

Per registrare gli impulsi di compressione, sono stati utilizzati geofono con direzione di vibrazione verticale posizionandoli nel terreno, in direzione ortogonale rispetto allo stendimento. Le onde P sono state generate, mediante una massa battente (martello), fatta cadere su una piastra metallica posizionata nel terreno. Le acquisizioni sono state eseguite con frequenza di campionamenti di 4000 Hz e durata di 500 millisecondi.

2.2. Indagine sismica di tipo MASW

La tecnica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), proposta da Park et al. (1999), è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo delle onde Vs, sulla base della misura delle onde superficiali registrate da diversi geofoni posti sul p.c. Il principio base è piuttosto semplice: le varie componenti (frequenze) del segnale sismico che si propaga viaggiano ad una velocità che dipende dalle caratteristiche del mezzo.

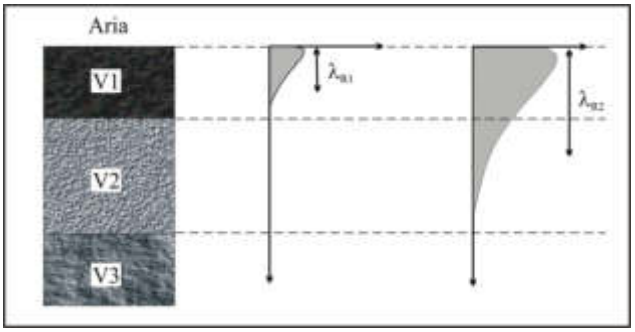


Fig. 4 *- La profondità investigata dalle onde di Rayleigh e Love dipende dalla lunghezza d'onda (λ_R), dalla velocità delle onde di taglio Vs e dalla frequenza.*

Più specificatamente, le lunghezze d'onda più ampie (cioè le frequenze più basse) sono influenzate dalla parte più profonda (in altri termini risentono delle caratteristiche fisiche degli strati più profondi), mentre le piccole lunghezze d'onda (le frequenze più alte) dipendono dalle caratteristiche della parte più superficiale. Infatti, in un mezzo stratificato le onde di superficie sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh e Love dipende dalla frequenza di propagazione (Fig. 4). La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi forniscono le informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo (Fig. 4).
L'analisi spettrale del segnale registrato consente di produrre un grafico Frequenza/Velocità di Fase. Da questi grafici, per inversione congiunta delle curve di dispersione delle onde superficiali di Rayleigh e Love si ottiene il profilo verticale delle Vs.
La MASW standard consiste nella registrazione della propagazione di una classe di onde di superficie (specificatamente delle onde di Rayleigh): le onde di Rayleigh vengono generate da una sorgente ad impatto verticale (la classica martellata) o da un cannoncino, e vengono poi registrate tramite comuni geofoni a componente verticale a frequenza propria di 4.5 Hz e l'interpretazione, in genere attraverso il picking della curva del moto fondamentale visibile

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

nello spettro di velocità di fase, di un solo oggetto di analisi che potrebbe corrispondere ad un numero elevato di profili di velocità delle onde S.

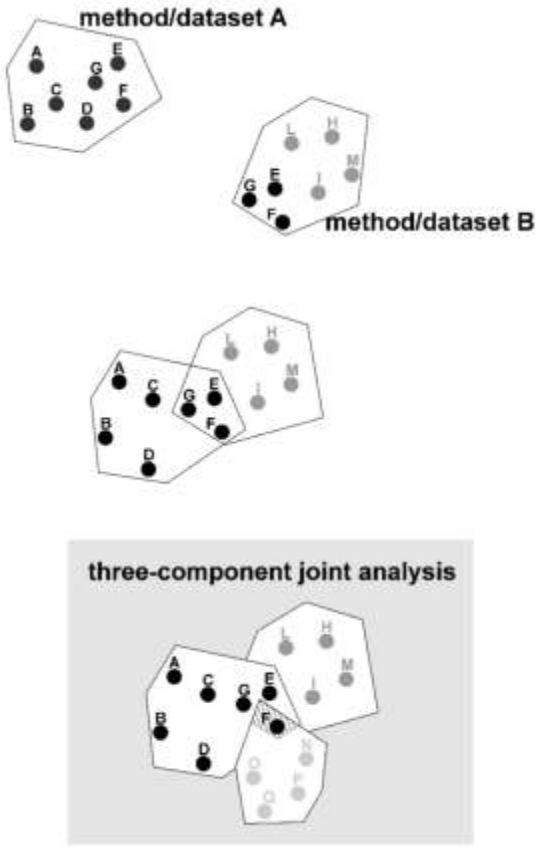


Fig. 5 *– Schema mostrante l'utilità dell'analisi congiunta da dati MASW multi-componente. L'inversione congiunta dello spettro di velocità di fase delle onde di Rayleigh e di quello di Love, unito alla curva HVSR (in basso, inversione di 3 oggetti), consente di restringere l'ambiguità (non univocità) che, altrimenti, caratterizza una classica indagine MASW basata sul solo picking della curva di dispersione delle onde di Rayleigh.*

Accanto a questo tipo di acquisizione (che presenta molti problemi dettagliati nella vasta letteratura scientifica a disposizione, cfr. Dal Moro, 2012; 2019), le recenti raccomandazioni di specialisti del settore sostengono fortemente anche l'acquisizione di onde di Love da analizzare congiuntamente alle onde di Rayleigh per meglio definire il substrato e superare talune ambiguità interpretative che possono presentarsi sugli spettri di velocità riferiti alle onde di Rayleigh. Infatti, è ampiamente dimostrato che gli spettri delle onde di Rayleigh sono frequentemente di ardua interpretazione in relazione alla possibile prevalenza di modi superiori nello spettro di velocità, alla presenza di forti segnali "*scatterati*" e all'intrecciarsi di diversi modi (si ricorda che i modi superiori sono segnale utilissimo ma che in taluni casi può risultare arduo "*battezzare*" ciascun segnale con il pertinente modo, cfr. Dal Moro, 2019). Le acquisizioni in onde di Love non possono sostituire completamente quelle in onde di Rayleigh ma la maggiore chiarezza dei loro spettri di velocità di fase risulta di estrema utilità nel caso in cui si proceda ad un'inversione congiunta degli spettri di velocità di fase delle onde di Rayleigh e Love e della curva HVSR utile a determinare in modo maggiormente robusto e vincolato il profilo delle Vs (si veda lo schema concettuale riportato in Fig. 5).

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

La prospezione di tipo MASW è stata eseguita lungo lo stesso allineamento della prova di sismica a rifrazione. I geofoni della prova MASW sono stati disposti lungo uno stendimento lineare con una distanza intergeofonica di 2 m per una lunghezza complessiva di 50 m e n. 4 scoppi (*shots*) sono stati fatti a 3 m e 5 m dal primo e dall'ultimo geofono (Fig. 6). Le quattro acquisizioni sono state sommate tra loro (*stacking*) in modo tale da migliorare il rapporto segnale/rumore.

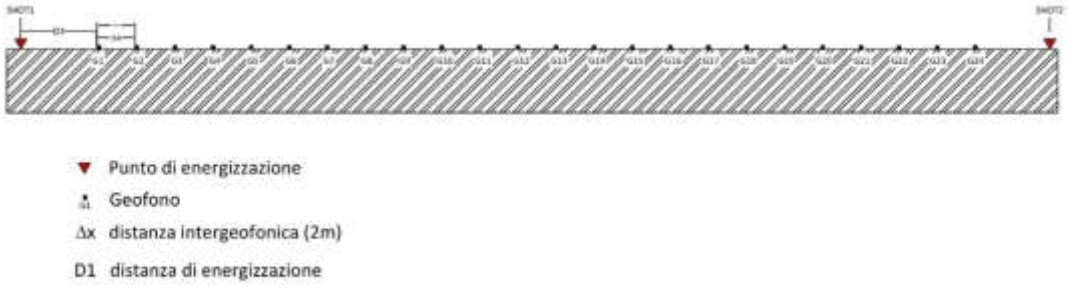


***Fig. 6**– Schema stendimento con ubicazione geofoni e punti di energizzazione*

Per registrare gli impulsi di compressione, sono stati utilizzati geofoni con direzione di vibrazione verticale posizionandoli nel terreno, in direzione ortogonale rispetto allo stendimento. Le onde P sono state generate, mediante una massa battente (martello), fatta cadere su una piastra metallica posizionata nel terreno. Le acquisizioni sono state eseguite con frequenza di campionamenti di 1000 Hz e durata di 1500 millisecondi.

2.3. Indagini Holisurface

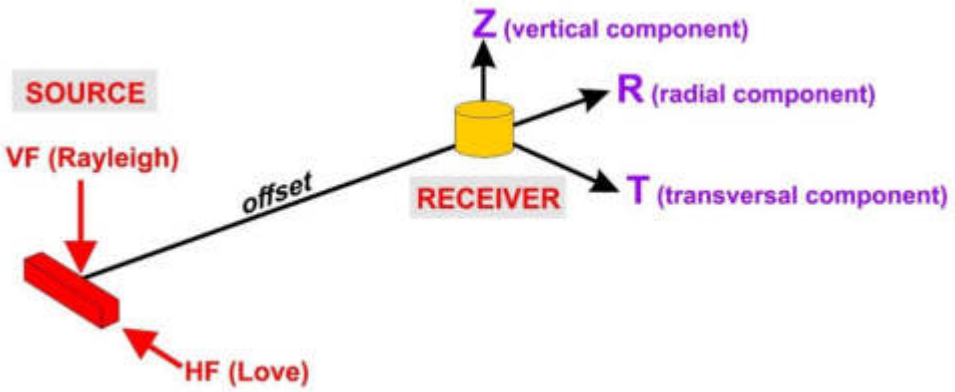
La tecnica Holisurface (Holistic analysis of Surface waves – HS) è una procedura di acquisizione ed analisi di dati di sismica attiva che considera in modo congiunto (olistico) tutta una serie di oggetti di analisi (observables) che, nel loro insieme, descrivono in maniera appunto olistica la propagazione delle onde di Rayleigh e Love (Dal Moro et al., 2015). Tale tipo di indagine è una evoluzione (oggetto di brevetto – www.holisurface.com) del metodo di analisi delle velocità di gruppo tramite MFA (Multiple Filter Analysis) e/o FTAN (Frequecy Time ANalysis), quindi basata sulla dispersione delle onde di superficie (velocità di gruppo; rapporto tra spazio e tempo di arrivo dell'onda frequenza per frequenza) e la sua analisi secondo l'approccio FVS (Full Velocity Spectrum). L'acquisizione dei dati HS (attivi) avviene grazie ad un unico geofono triassiale (evidentemente triggerabile). Lo stesso geofono è poi utilizzato per registrare i dati passivi utili a definire il rapporto spettrale H/V. L'acquisizione tanto dei dati HS (attivi) che HVSR (passivi) avviene grazie ad un semplice geofono triassiale triggerabile. Acquisire un dato per analisi HoliSurface® non è molto diverso rispetto alle tradizionali acquisizioni di sismica attiva finalizzate, ad esempio, ad effettuare analisi MASW o a rifrazione (lo zero dei tempi è

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

determinato dal trigger, il quale dà inizio alla registrazione). Rispetto la cosiddetta tecnica MASW (ma tale acronimo è stato abbondantemente frainteso – vedi libro "Acquisizione e analisi di dati sismici e vibrazionali per studi di caratterizzazione sismica e geotecnica" pubblicato per la Flaccovio nel 2019), la differenza sostanziale sta nel fatto che per effettuare acquisizioni e analisi HoliSurface, invece di utilizzare n geofoni a componente singola, si utilizza un unico geofono a tre componenti (geofono triassiale) opportunamente orientato in modo da poter definire nell'ordine la componente verticale (Z), quella radiale (R) e la trasversale (T). Le acquisizioni HS consentono di ricavare diversi obsesrvables (spettri di velocità di gruppo delle componenti verticale (Z), radiale (R) e trasversale (T), Radial-to-Vertical Spectral Ratio – RVSR e curve Rayleigh-wave Particle Motion, RPM) che, anche congiuntamente alla curva HVSR, consentono di impostare un'inversione congiunta utile a determinare in modo robusto e puntuale il profilo VS (vedi schema concettuale riportato in Figura 5 e tratto da Dal Moro, 2019).
Per il presente lavoro sono state considerate le componenti Z, R (componente verticale e radiale dell'onda di Rayleigh) e T (onde di Love) unitamente alla curva HVSR [Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio]. I dati (attivi e passivi) sono poi analizzati congiuntamente secondo i principi del fronte di Pareto così come presentato ad esempio in Dal Moro et al. (2015; 2019).

L'indagini Holisurface (HS1) è stata eseguita disponendo il geofono triassiale ad una distanza di (HS1= 50 metri) dalla sorgente. Sono state registrate un numero variabile da 12 a 15 di energizzazioni con sorgente verticale (mazzata verticale sulla piastra di battuta, acquisizione di tipo VF) e orizzontale (battuta di taglio, acquisizione di tipo HF).

Le singole acquisizioni (Fig. 7) sono state sommate tra di loro (stacking) in modo tale da migliorare il rapporto segnale/rumore.



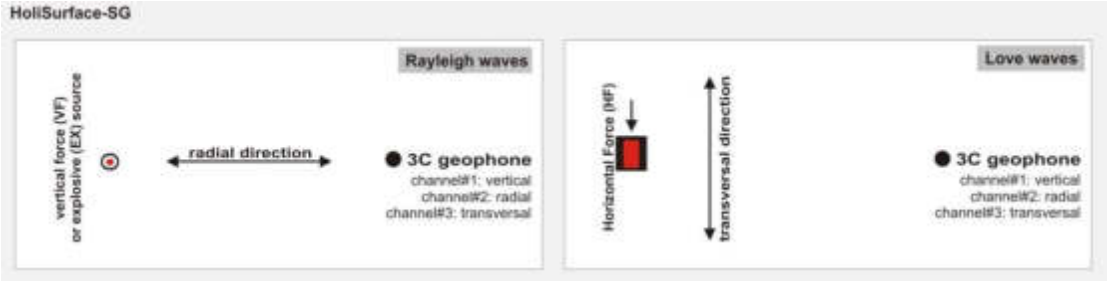


Fig. 7 *– Schema della disposizione del geofono triassiale e della sorgente nelle indagini Holisurface. Il geofono è disposto in assetto radiale rispetto alla sorgente e tale geometria consente di acquisire, nel caso si utilizzi una sorgente ad impatto verticale, sia la componente Z che R delle onde di Rayleigh.*

2.4. Misura di microtremori a stazione singola

La misura di microtremori a stazione singola è un'indagine di simica passiva che determina il rapporto tra la componente orizzontale e quella verticale del "rumore" sismico a diverse frequenze (HVSR, Nakamura, 1989). L'indagine sismica ricostruisce, utilizzando una terna di geofoni (due orizzontali e uno verticale) con la medesima risposta/sensibilità in termini di ampiezza, una curva HVSR, la cui robustezza e significatività dal punto di vista statistico è misurata attraverso i ben noti criteri SESAME (Sesame Project, 2000). I criteri SESAME analizzano sia la curva nel suo insieme che il livello di significatività di eventuali picchi. L'analisi delle curve H/V e degli spettri da cui esse derivano (componenti spettrali nelle direzioni N-S, E-O e verticale o spettri di Fourier), è possibile ottenere informazioni sui principali contatti sismostratigrafici; i cui picchi di risonanza, rappresentativi dei contrasti di impedenza, ci indicano il valore di amplificazione espresso dal rapporto H/V (dove H è la componente orizzontale del moto del suolo; V è la componente verticale del moto del suolo; il rapporto H/V rappresenta la funzione di trasferimento della radiazione sismica alla superficie) alle rispettive frequenze. Inoltre, noto il modello del sottosuolo con le relative velocità delle onde sismiche, è possibile ottenere anche informazioni sulla profondità dei contatti sismostratigrafici (Sesame Project, 2000).

I picchi della curva HVSR che forniscono informazioni sulle principali discontinuità sismo-stratigrafiche del sottosuolo hanno due principali caratteri (Dal Moro, 2012): i) la componente verticale del moto assume valori più bassi di quella orizzontale in corrispondenza del picco (forma a ogiva delle componenti del moto); ii) il picco "stratigrafico" è generalmente confinato in un *range* maggiore di frequenze rispetto ai picchi antropici.

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

3. INTERPRETAZIONI E RISULTATI

3.1. Sismica a rifrazione

La metodologia utilizzata nella prospezione di sismica a rifrazione consta di diverse fasi di elaborazione. Preliminarmente, sono stati individuati nei sismogrammi i primi arrivi corrispondenti alle onde dirette e rifratte. Dopo aver rilevato i tempi dei primi arrivi sono state tracciate le dromocrone nel diagramma distanza-tempo. I primi arrivi di ciascun sismogramma sono stati poi processati con il *software RAYFRACT* al fine di ottenere un modello tomografico bidimensionale delle Vp.

L'elaborazione dei dati prevede l'esecuzione del picking manuale dei primi arrivi delle onde P, il cui risultato è generalmente visualizzato sotto forma di dromocrone (grafici rappresentanti i tempi di primo arrivo in funzione della distanza dalla sorgente). Dopo aver rilevato i tempi dei primi arrivi sono state tracciate le dromocrone nel diagramma distanza-tempo. I tempi di primo arrivo, espressi in millisecondi, insieme alle coordinate spaziali di ogni geofono, sono poi forniti in input al programma di inversione, il quale effettua una prima interpretazione attraverso il metodo classico della sismica a rifrazione e crea un modello di primo tentativo per poter inizializzare il processo di inversione. Il programma procede suddividendo la sezione in celle alle quali assegna un certo valore di velocità delle onde di compressione, dedotto dal modello di primo tentativo generato preliminarmente. Dopo viene simulata l'energizzazione in ogni punto di scoppio. Si suppone che la traiettoria dei raggi sismici dal punto di scoppio al singolo geofono sia curvilinea e che la velocità di propagazione lungo tale traiettoria sia differente a seconda della velocità che è stata assegnata dal programma ad ogni singola cella attraversata dal percorso sismico. I tempi di primo arrivo ricavati dalla simulazione vengono poi confrontati con i tempi di primo arrivo sperimentali e, in base agli scarti, vengono corrette le velocità relative alle celle attraversate dai percorsi sismici. Il processo di inversione è iterativo e si ottiene il risultato finale quando il valore degli scarti è inferiore ad un valore soglia deciso dall'operatore oppure dopo un particolare numero di iterazioni, anch'esso deciso dall'operatore.

Il risultato consiste in una sezione verticale con andamento delle velocità delle onde P nel sottosuolo e una sezione con i valori di "copertura" che riporta per ogni cella della sezione stessa il numero di raggi sismici che la attraversano nell'ultima iterazione.

La sezione della "copertura" dei raggi sismici (valori più elevati di raggi sismici che incidono su ciascuna cella) e l'individuazione dei punti di flessi sulle dromocrone consentono l'individuazione dei principali rifrattori del sottosuolo.

Il modello bidimensionale ricavato dal metodo tomografico SR1 (Fig. 8) ha evidenziato la presenza di un sismostrato più superficiale abbastanza continuo. Tale sismostrato è caratterizzato da bassi valori di velocità delle onde P che sono sicuramente al di sotto dei 400 m/s fino a circa 1,5 m di profondità. Quindi si passa ad un successivo strato, anch'esso abbastanza continuo con spessore di circa 3 m e velocità delle onde P che vanno da 400 m/s a

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

1500 m/s. Oltre questo sismostrato la sezione tomografica mostra un successivo incremento di velocità con i valori delle Vp che arrivano intorno a 2000 m/s.

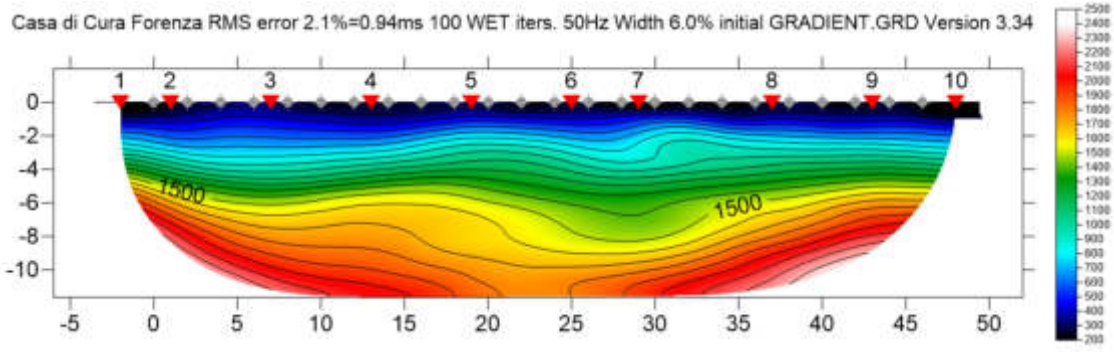


Fig. 8 *– Tomografia sismica (in scala) ricavata dall'inversione dei primi arrivi della sismica a rifrazione SR1.*

3.2. Indagine sismica di tipo MASW multicomponente

Le tracce relative delle componenti ZVF dell'indagine MASW sono state sommate per migliorare il rapporto segnale/rumore (S/N) e i sismogrammi derivanti da queste acquisizioni sono state successivamente elaborate ed interpretate utilizzando il software WINMASW 3C 2019. Ottenuti, gli spetti di velocità di fase delle onde di Rayleigh e Love, si è proceduto alla modellazione dei punti di massima intensità del segnale e al *picking* delle curve di dispersione del modo fondamentale e di quelli superiori; tale operazione ha consentito di ricostruire le curve di dispersione delle onde di Rayleigh e Love, dalla cui inversione congiunta si è giunti al profilo verticale delle Vs.

Per la stima del valore di $\mathbf{V_{s,eq}}$ è stata adottata la seguente formula:

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

dove:

- $V_{S,i}$ è la velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- h_i è lo spessore dell'i-esimo strato;
- N è il numero di strati compresi tra il piano campagna e la profondità del bedrock sismico (nei primi 30 m se la profondità del bedrock è superiore a tale profondità);
- H è la profondità del bedrock sismico e risulta uguale a 30 m se il bedrock è presente al di sotto di tale profondità.

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

I risultati dell'indagine MASW relativi alla componente ZVF sono riportati in Fig. 9, dove si osservano sia i sismogrammi ricavati dallo stacking verticale che gli spettri di velocità di fase delle onde di Rayleigh.

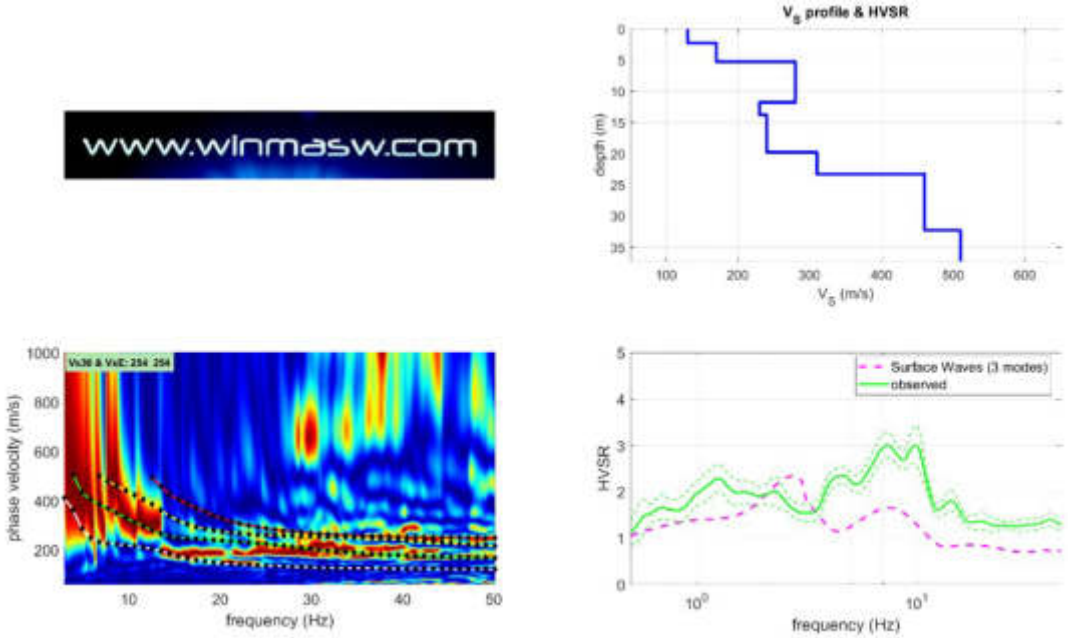


Fig. 9 *– Sismogramma, spettro di velocità relativi alla componente ZVF (onde di Rayleigh) e curve di dispersione teoriche derivanti dal modello ricostruito dall'inversione degli spettri di velocità di fase della componente ZVF.*

3.2.1. Modello sismostratigrafico – Indagini MASW

Il modello del terreno ricavato dall'inversione congiunta dell'indagine sismica MASW1 multicomponente ricostruisce una profondità del bedrock sismico superiore ai 30 m. Le velocità delle onde S variano da 130 a 510 m/s (Fig. 10).
I valori di Vs nei primi 5,3 m di profondità sono comprese tra 130 e 170 m/s. A profondità maggiori si osserva un aumento delle Vs con i valori delle velocità che non superano i 280 m/s fino a circa 20 m; a partire da questa profondità i valori di Vs aumentano gradualmente fino ad attestarsi su valori di circa 500 m/s, intorno alla profondità di 30 m (Fig. 10).

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

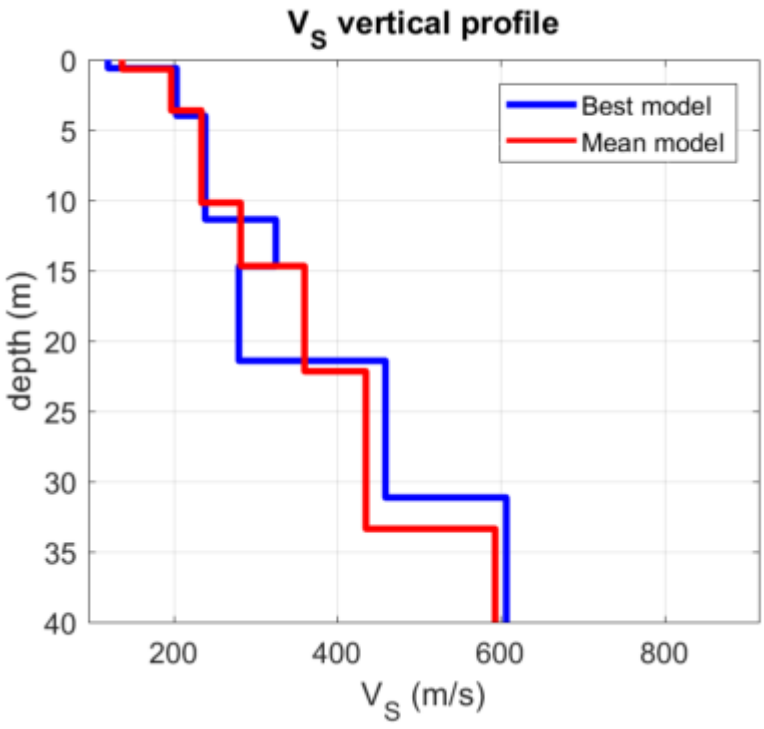


Fig. 10 *– Profilo delle velocità delle onde di tipo S nei primi 30 m di profondità.*

3.3. Indagine sismica di tipo Holisurface

Le tracce relative delle componenti ZV e HF dell'indagine Holisurface sono state sommate per migliorare il rapporto segnale/rumore (S/N) e i sismogrammi derivanti da queste acquisizioni sono state successivamente elaborate ed interpretate utilizzando il software HOLISURFACE. Ottenuti, gli spetti di velocità di gruppo delle componenti Z, R e T e la curva RPM, si è proceduto all'inversione congiunta di questi oggetti e della curva HVSR secondo i criteri dell'ottimo paretiano e utilizzando l'approccio FVS (Full Velocity Spectrum, Dal Moro, 2019). Tale approccio non prevede il picking/interpretazione delle curve modali ma ricostruisce un modello di velocità che tende ad avvicinarsi all'insieme dei dati sperimentali acquisiti in campagna.

3.3.1. Indagine Holisurface HS1

I risultati dell'inversione dell'indagine HS1 sono riportati in Fig. 11, dove si osservano sia i sismogrammi ricavati dallo stacking verticale che gli spettri di velocità di fase delle onde di Rayleigh. Le figure 12 e 13 mostrano invece i risultati dell'inversione congiunta degli spettri di velocità di gruppo delle componenti verticale e radiale delle onde di Rayleigh e quello delle

onde di Love, la curva HVSR il relativo modello con il minor scarto tra dati sismici acquisiti e la modellazione.

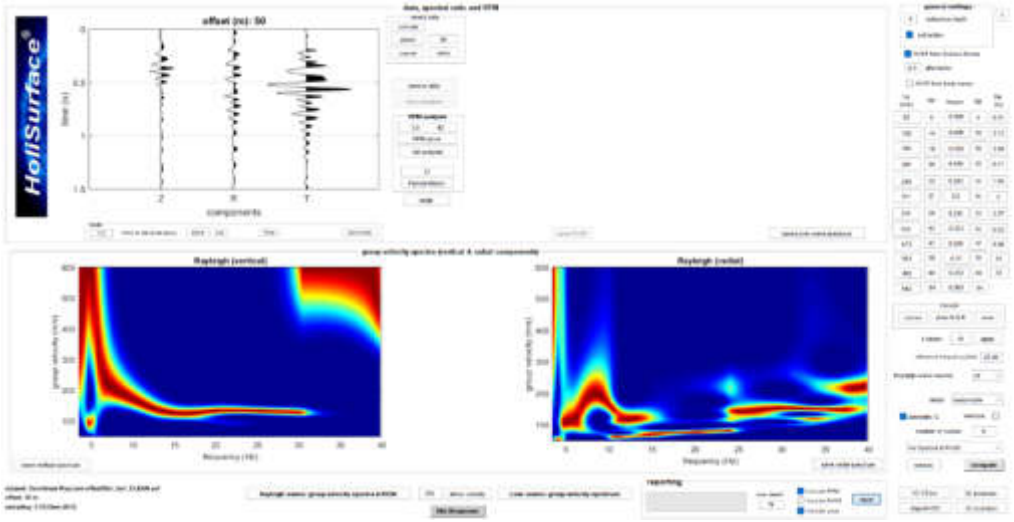
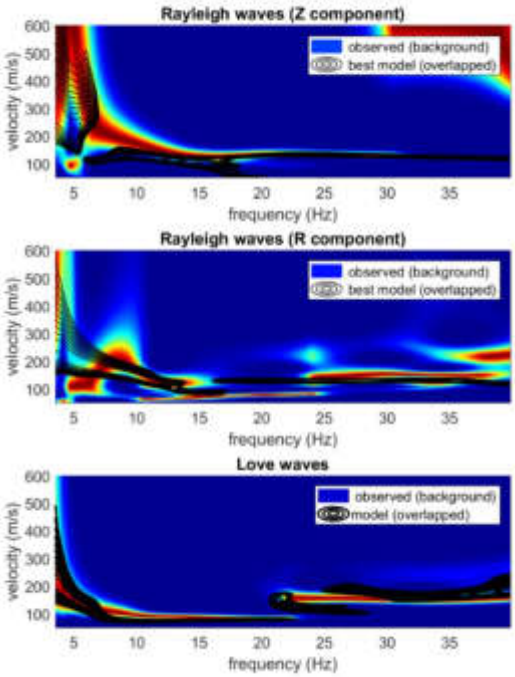


Fig. 11 *– Sismogramma e spettri di velocità di gruppo relativi alla componente Z, R (onde di Rayleigh) e T (onde di Love).*



COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

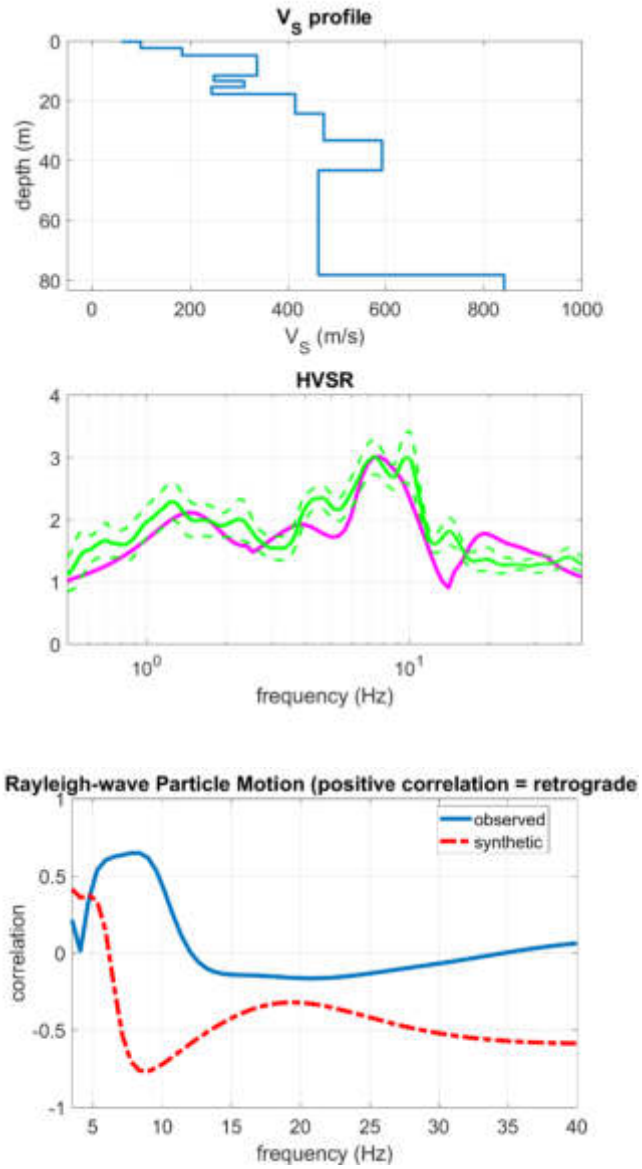
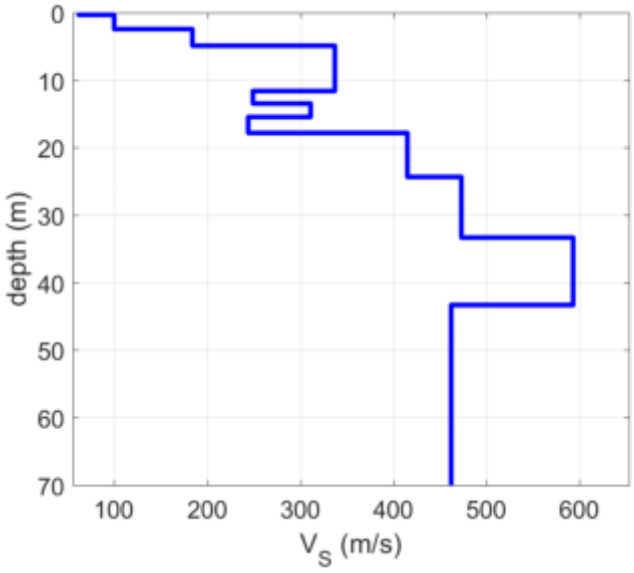


Fig. 12 *– Risultati dell'inversione congiunta degli spettri delle componenti Z, R e T e delle curve RPM e HVSR derivanti dall'indagine HS1 (modello riportato nella successiva immagine). La curva HVSR è stata modellata in accordo ad Arai & Tokimastu (2004), quindi considerando anche l'apporto delle onde di Love presenti nel campo dei microtremori (fattore α - vedi Dal Moro, 2014; 2019). Gli spettri di velocità di gruppo sono trattati secondo l'approccio FVS (Full Velocity Spectrum), quindi senza interpretazione/picking di curve modali. Si noti il buon accordo su tutti i tre "oggetti" (observables) considerati.*

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo



Vs model (Vs30 & VsE @ surface: 271 271 m/s)

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	62	0.3100	0.3100
2	100	2.1200	2.4300
3	184	2.4600	4.8900
4	337	6.7100	11.6000
5	249	1.8500	13.4500
6	311	2	15.4500
7	244	2.3700	17.8200
8	415	6.5200	24.3400
9	473	8.9800	33.3200
10	593	10	43.3200
11	462	35	78.3200
12	842	0	0

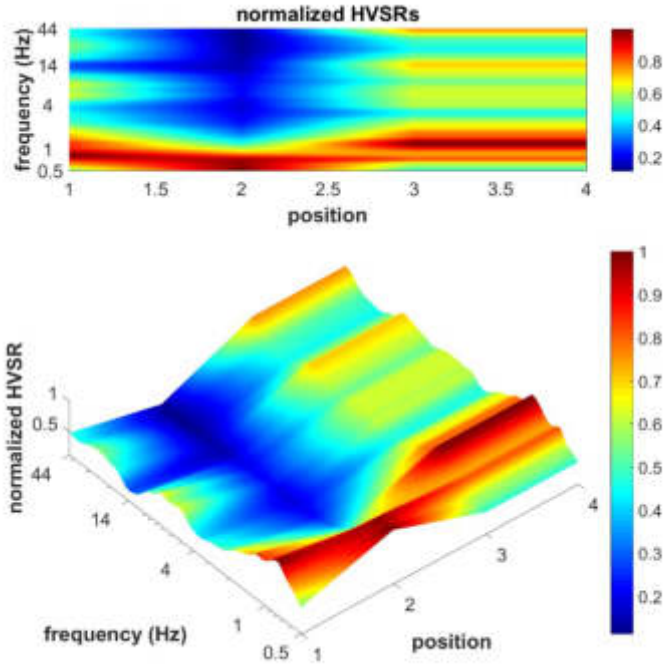
Fig. 13 *- Modello del sottosuolo identificato tramite analisi congiunta Z+T+ R + RPM + HVSR1.*

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

3.4. Misure di microtremori a stazione singola

I dati di rumore sismico sono stati processati con il *software WinMASW* 3C, selezionando le finestre temporali secondo le raccomandazioni fornite da Dolce et al. (2011): i) finestre con ampiezza di 20 s; ii) rimozione delle finestre con ampiezze superiori al 10% della frequenza centrale; iii) rimozione dei transienti sulla serie temporale. L'analisi degli spettri delle componenti del moto sismico suggeriscono che non sono molto ben evidenti dei picchi di natura stratigrafica e le curve mostrano in generale un andamento irregolare con un aumento del rapporto H/V con valori di poco superiore a 2.

Tutto ciò indica che, nel terreno è comunque presente un contrasto di natura stratigrafica, come anche evidenziato dalle altre indagini, ipotizzato intorno alla profondità di circa 4 – 5 m, correlabile con il passaggio da un materiale più scadente in superficie ad un materiale sicuramente più consistente. Di seguito si riportano le curve relative alle 4 stazioni di misura (Fig. 13).



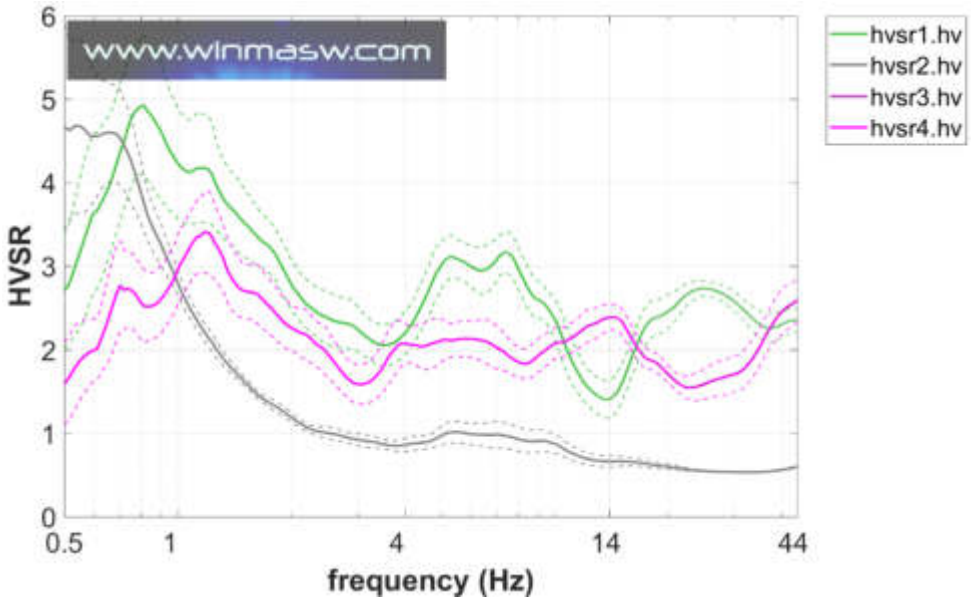


Fig. 13– *Curve HVSR relative alle 4 stazioni di misura di microtremori a stazione singola.*

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

3.5. Categoria di suolo di fondazione

Ai fini della definizione per via semplificata dell'azione sismica di progetto (D.M. 17 gennaio 2018), è stata stimata la categoria di sottosuolo di fondazione utilizzando i dati dell'indagine sismica.

Nel caso specifico le indagini eseguite non hanno individuato il bedrock sismico (Vs > 800 m/s) entro la profondità di 30,00 m dal p.c. Facendo riferimento al profilo verticale delle onde S elaborato con le tecniche MASW e HOLISURFACE e ipotizzando una profondità del piano di posa delle fondazioni a 0,50 m dal p.c., i terreni di copertura presentano una velocità equivalente, **$V_{s,eq}$ = 327 m/s**, calcolata con la seguente espressione:

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

con:

h_i = spessore dell'i-esimo strato;

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

N = numero di strati;

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

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

In riferimento alla tabella 3.2.II del DM 17/01/2018 il sito in esame è attribuibile alla categoria di **sottosuolo C**: **[*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s].**

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I profili di velocità, elaborati con le due tecniche di indagine, hanno consentito di riconoscere, sulle verticali di restituzione delle informazioni sismostratigrafiche, orizzonti con caratteristiche elastiche e velocità delle onde P ed S variabili entro i primi 30 m di sottosuolo. Tutte le indagini hanno evidenziato un incremento delle velocità con la profondità, significativo di volumi di materiale con elevato grado di addensamento e/o maturazione. Non è stato intercettato il *bedrock* sismico entro i primi 30 m di profondità.

- **SISMICA A RIFRAZIONE** – L'indagine sismica a rifrazione ha fornito dati affidabili fino alla profondità di circa 5 m. dall'interpretazione tomografica si evince l presenza di uno strto superficiale spesso circa 1,5 m con bassi valori di velocità delle onde P, al di sotto dei 400 m/s. questi valori di velocità sono indicativi di una coltre detritica superficiale dalle caratteristiche geotecniche molto scadenti. Al di sotto si rinviene uno strato altrettanto continuo con spessore di circa 3 m e velocità delle onde P che vanno da 400 m/s a 1500 m/s. intorno ai 4,5/ 5 m si profondità si raggiungono velocità delle onde P intorno ai 1500 m/s. l'interpretazione della sismica a rifrazione è stata interrotta in corrispondenza della misura dei 1500 m/s in quanto siamo in presenza di un terreno saturo. In questi casi, a partire da quella profondità, la prova sismica a rifrazione non fornisce risultati affidabili.
- **INDAGINI SISMICHE DI TIPO MASW E HOLISURFACE** – Le due indagini sismiche hanno fornito dati affidabili sino ad una profondità di circa 30 m, anche se sono state investigate profondità maggiori. Entrambe mostrano nell'ambito dei primi 30 m, l'andamento delle Vs con la profondità e che il sottosuolo di progetto è costituito da una porzione più superficiale con spessore di circa un paio di metri con valori molto bassi di Vs e che si ritiene sia rappresentativo di terreni pedogenizzati (suolo) e/o terreni fortemente alterati (coltre eluvio-colluciale). Verso il basso le caratteristiche dei terreni migliorano leggermente anche se la velocità delle onde S raggiunge circa 350 m/s a partire da una profondità di circa 5 m. Da questa profondità in poi le velocità delle onde tendono gradualmente ad aumentare con la profondità.
  Tali indagini hanno consentito di determinare il profilo verticale della Vs e di conseguenza il parametro Vs,eq. Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (D.M. 17 Gennaio 2018) il sito in esame rientra nella **categoria C.**
- **MISURA DI MICROTREMORE** – L'analisi degli spettri delle componenti del moto sismico suggeriscono che non sono molto ben evidenti dei picchi di natura stratigrafica e le curve mostrano in generale un andamento irregolare con un aumento del rapporto H/V con valori di poco superiore a 2. Tutto ciò indica che, nel terreno è comunque presente un contrasto di natura stratigrafica, come anche evidenziato dalle altre indagini, ipotizzato intorno alla profondità di circa 4 – 5 m, correlabile con il passaggio da un materiale più scadente in superficie ad un materiale sicuramente più consistente.

Genzano di Lucania 13/10/2022

La Geologa

Dr Antonietta Cilumbriello

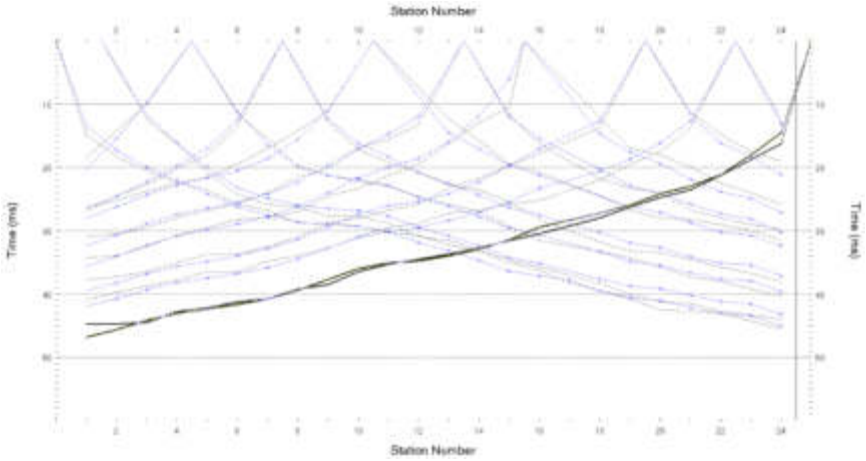


COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

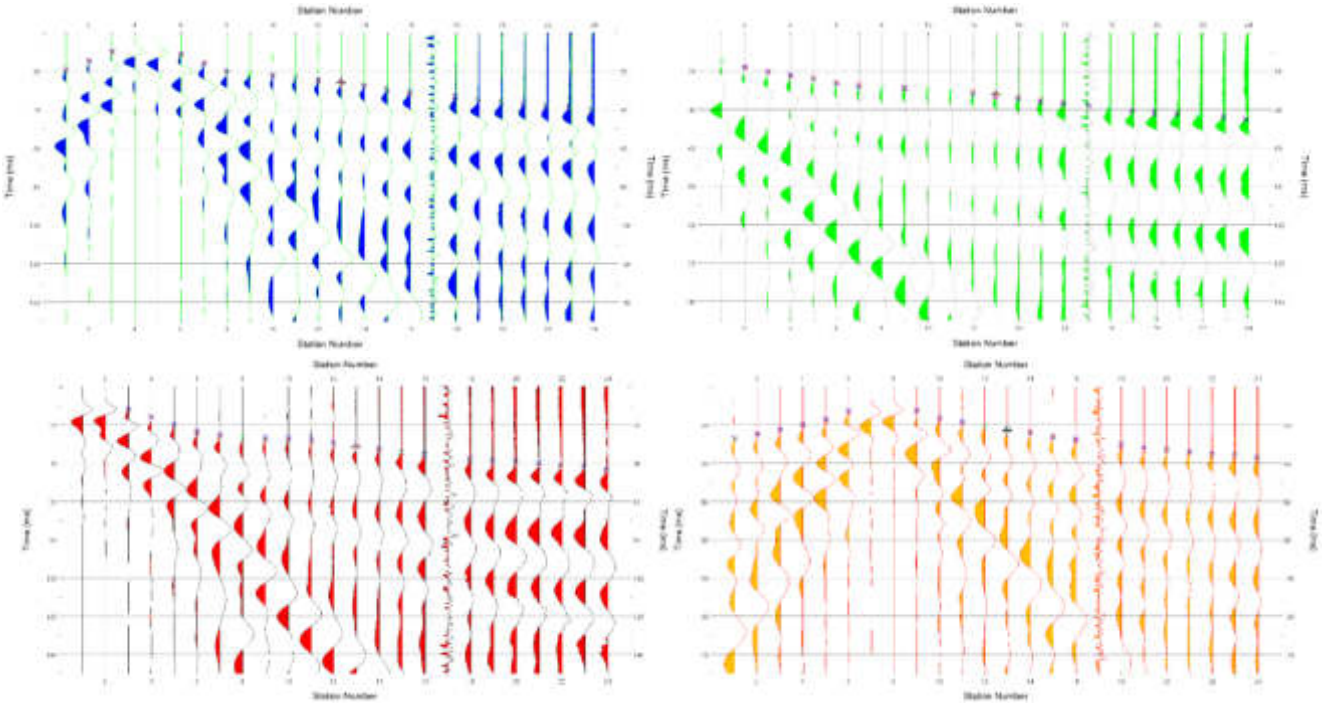
COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

TAVOLA 1: ELABORATI DELLA SISMICA A RIFRAZIONE

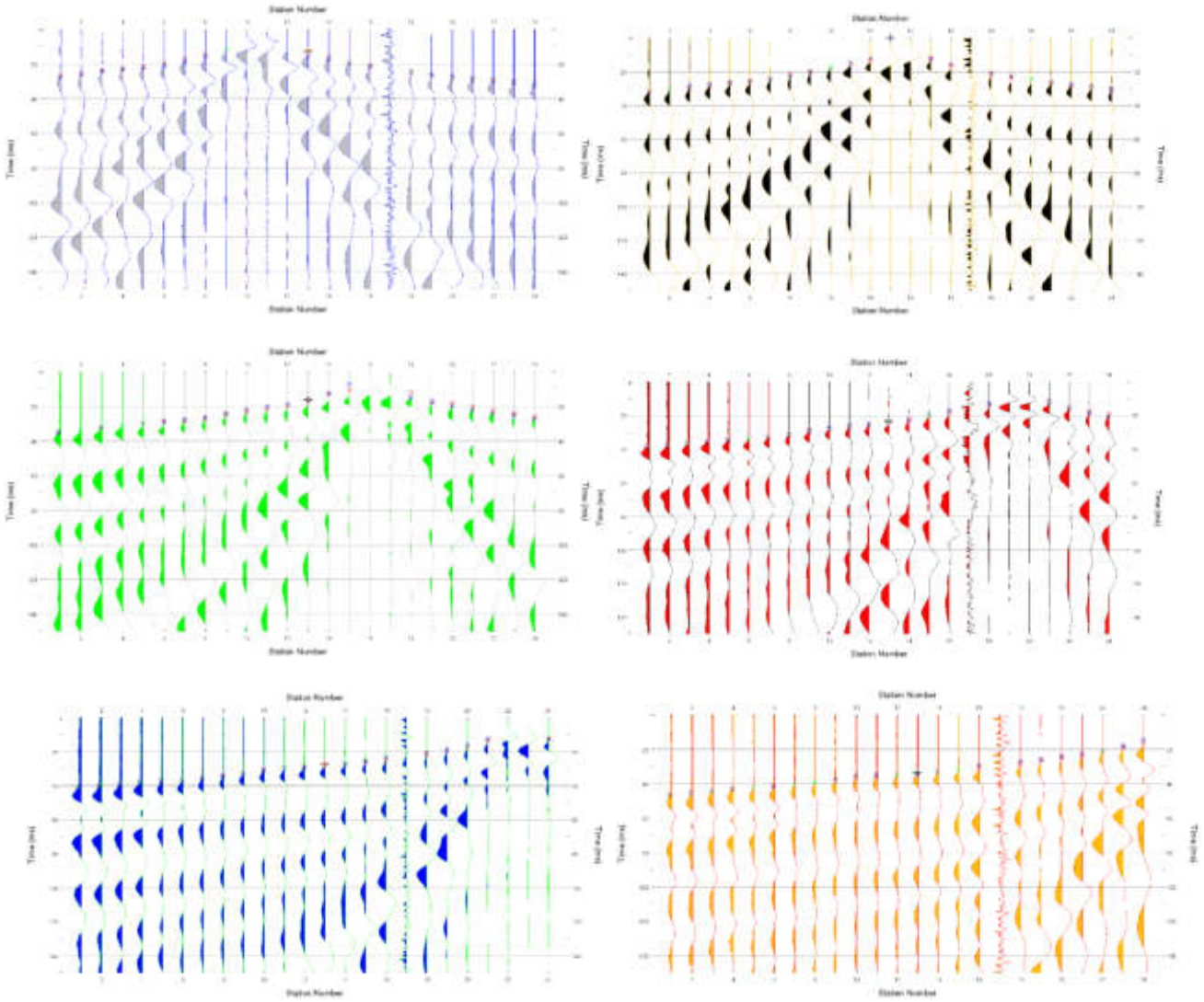
SR1



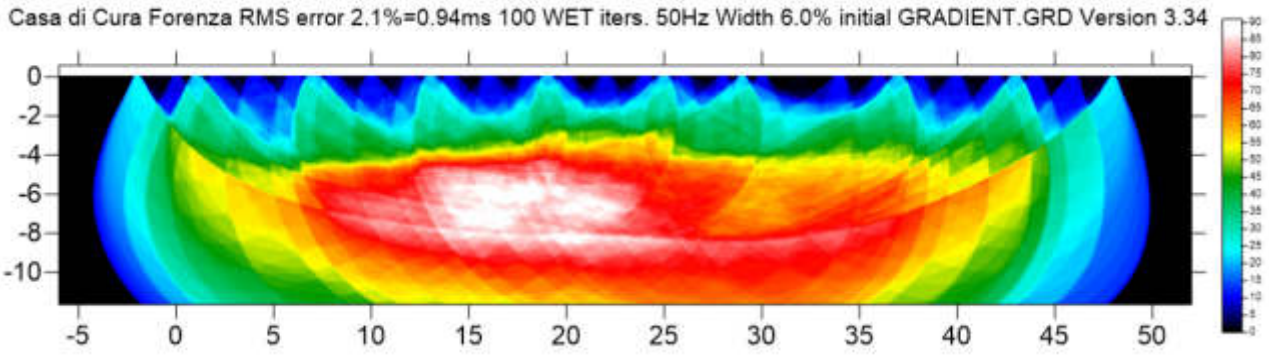
Dromocrone ricavate dall'individuazione nei sismogrammi dei primi arrivi delle onde P e relativa profondità del rifrattore superficiale.



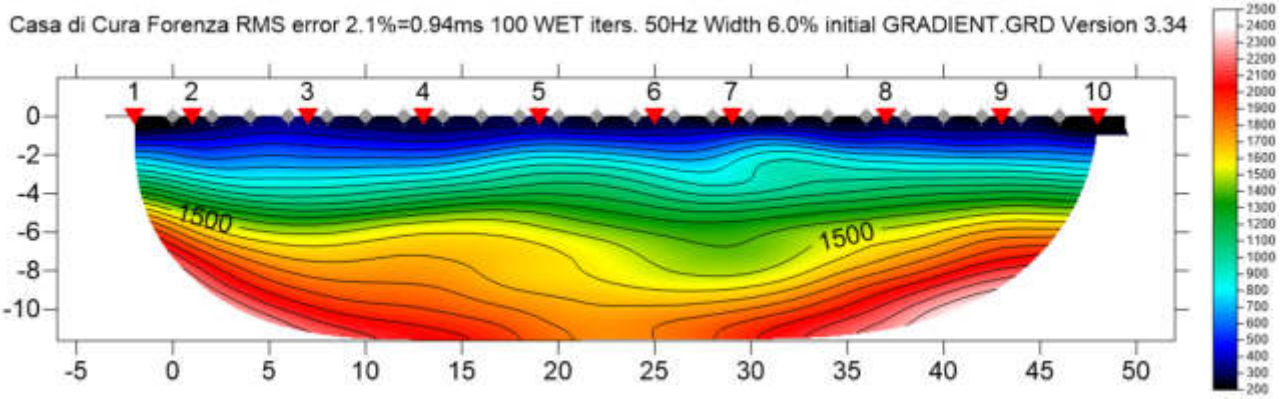
COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo



Sismogrammi relativi agli scoppi effettuati lungo lo stendimento della sismica a rifrazione R1 in onda P. I simboli rossi indicano i primi arrivi derivanti dal picking manuale mentre quelli blu rappresentano la modellizzazione dei primi arrivi delle onde P generati dal modello tomografico.



Sezione di "copertura" (numero di raggi che incidono su ciascuna cella del sottosuolo) delle onde sismiche di tipo P.



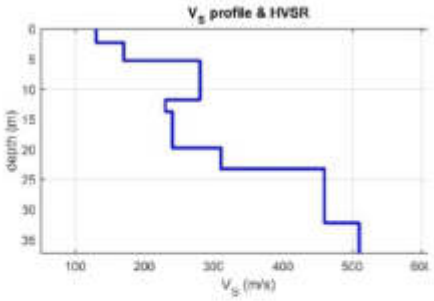
Tomografia sismica ricavata dall'inversione dei primi arrivi della sismica a rifrazione

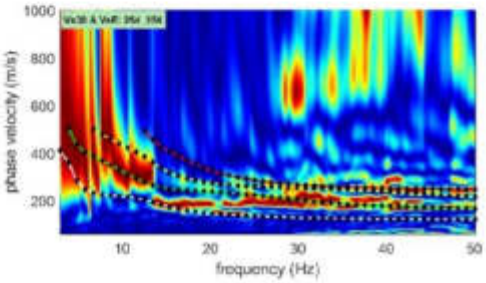
COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

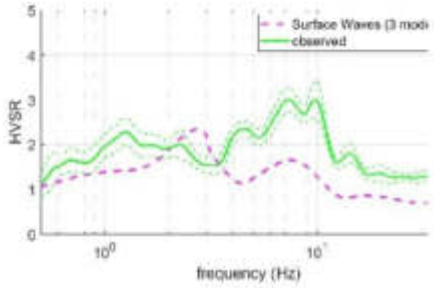
COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

TAVOLA 2: REPORT INDAGINE MASW MW1









Subsurface Model

Vs (m/s): 130 170 280 230 240 310 460 510

Thickness (m): 2.3, 3.0, 6.5, 2.0, 6.0, 3.5, 9.0

Density (gr/cm3) (approximate values): 1.72 1.91 1.89 1.93 1.84 1.92 2.04 2.16

Shear modulus (MPa) (approximate values): 29 55 148 102 106 184 431 562

Analyzing Phase velocities

Analysis: Rayleigh Waves

Vp (m/s): 248 558 502 596 418 567 926 1546

Poisson: 0.31 0.45 0.27 0.41 0.25 0.29 0.34 0.44

Vs30 and VsE (m/s): 254 254

Pay attention

Soil classification must be perfomed by the user.

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

winMASW - Surface Waves & Beyond

www.winmasw.com

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

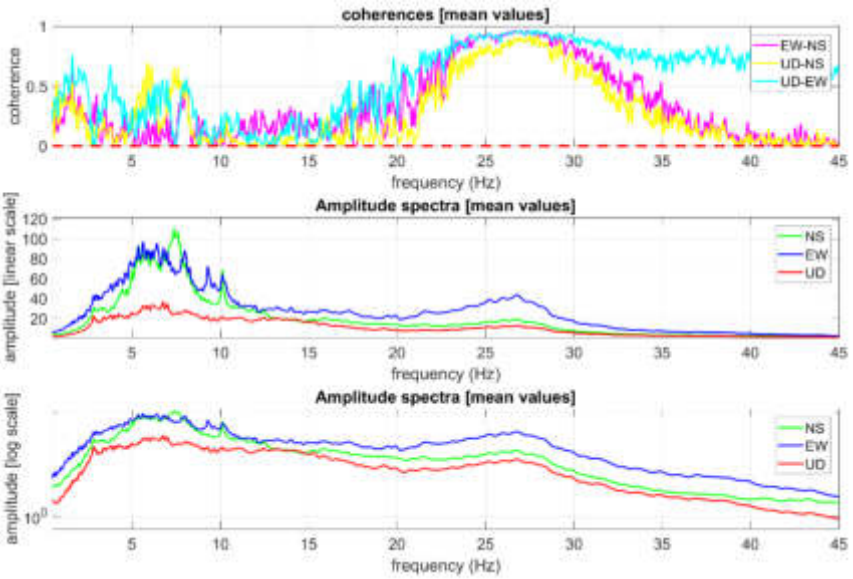
COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

TAVOLA 3: ELABORATI DELLE MISURE DI MICROTREMORE A STAZIONE SINGOLA

HVSR1

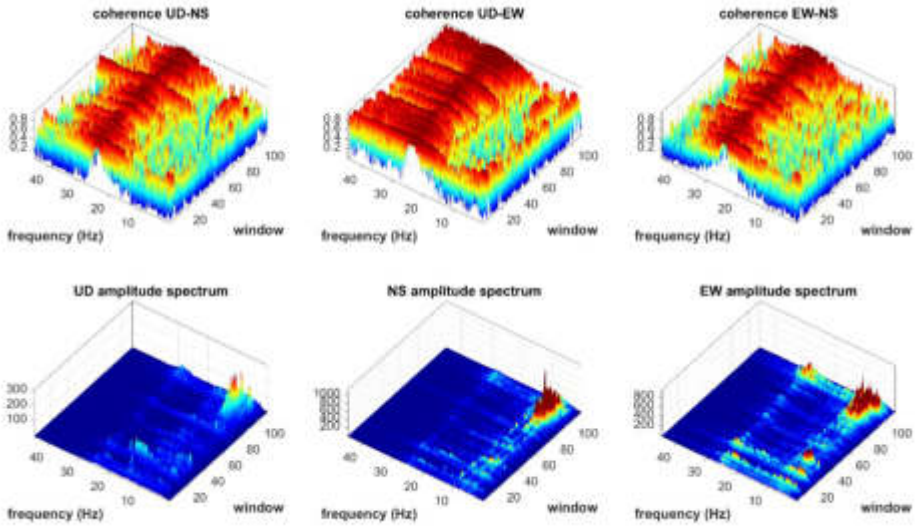
Stazione	01
Strumento	SR04-GEOBOX SARA
Data di acquisizione	16/09/2022
Coordinate Lat.	40.861142°
Coordinate Long.	15.847123°
Durata registrazione:	20 minuti
Freq. Campionamento	100
Lunghezza finestre	25
Numero di finestre analizzate	40
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi
Lisciamento	40%
Terreno di misura	terreno



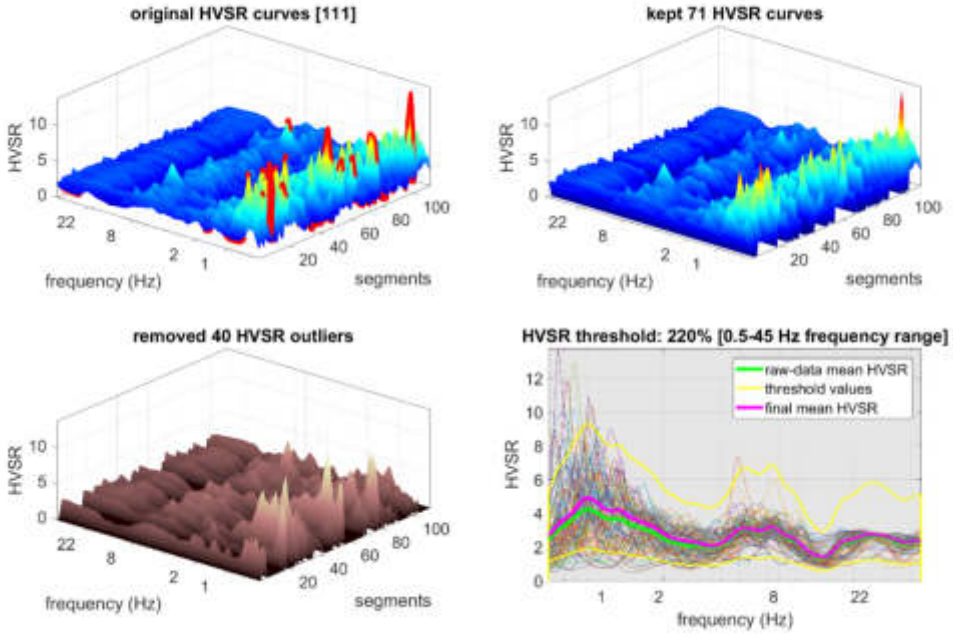


Funzioni di coerenza. Dall'alto: funzioni di coerenza per le tre coppie di sensori indicati, spettri di ampiezza (smoothing del 15%) delle tre componenti con scala verticale lineare, spettri di ampiezza con scala verticale logaritmica.

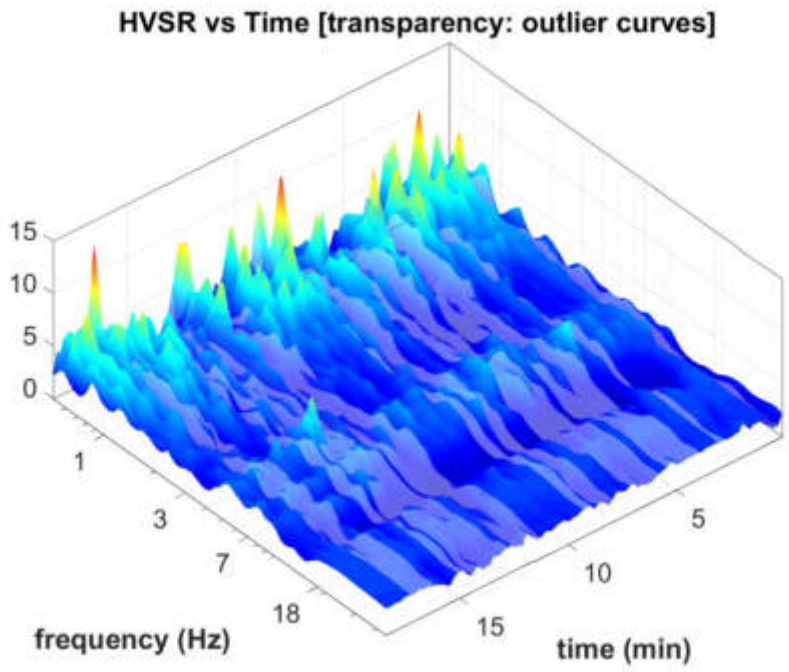
COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo



Funzioni di coerenza e spettrogrammi (in funzione del tempo).



Dall'alto a sinistra in senso orario: 1) totalità delle curve HVSR per tutte le finestre considerate; 2) curve HVSR mantenute successivamente alla rimozione delle curve "outliers"; 3) curve HVSR rimosse (in quanto outlier); 4) curve HVSR.



Continuità del rapporto H/V nel tempo e direttività.

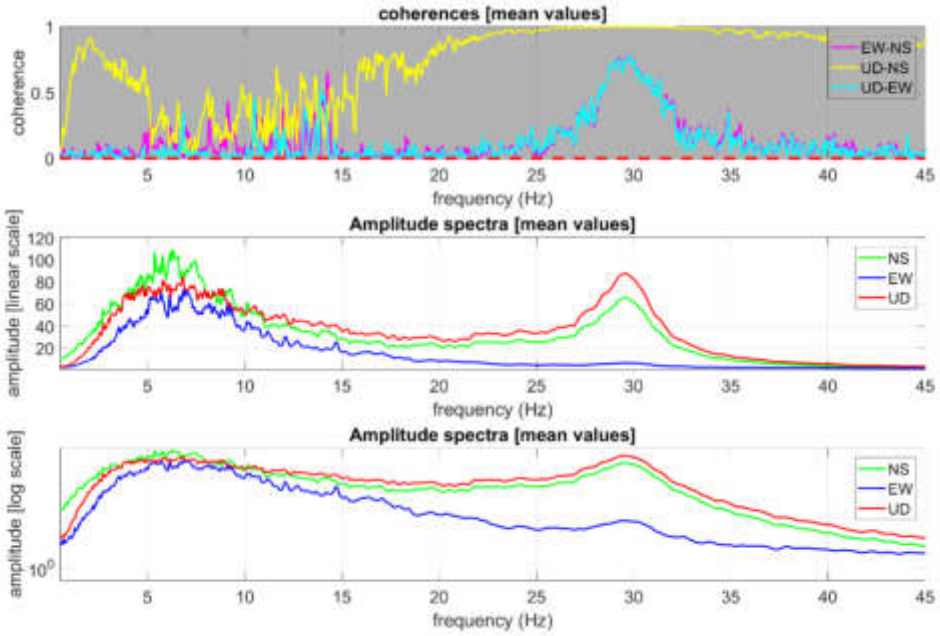
COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

HVSR2

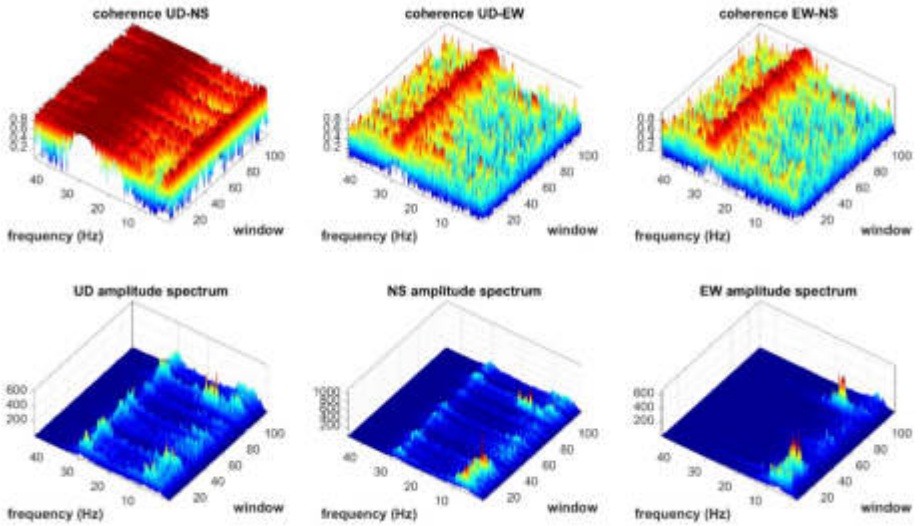
Stazione	02
Strumento	SR04-GEOBOX SARA
Data di acquisizione	16/09/2022
Coordinate Lat.	40.861090°
Coordinate Long.	15.846897°
Durata registrazione:	20 minuti
Freq. Campionamento	100
Lunghezza finestre	25
Numero di finestre analizzate	40
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi
Lisciamento	40%
Terreno di misura	terreno



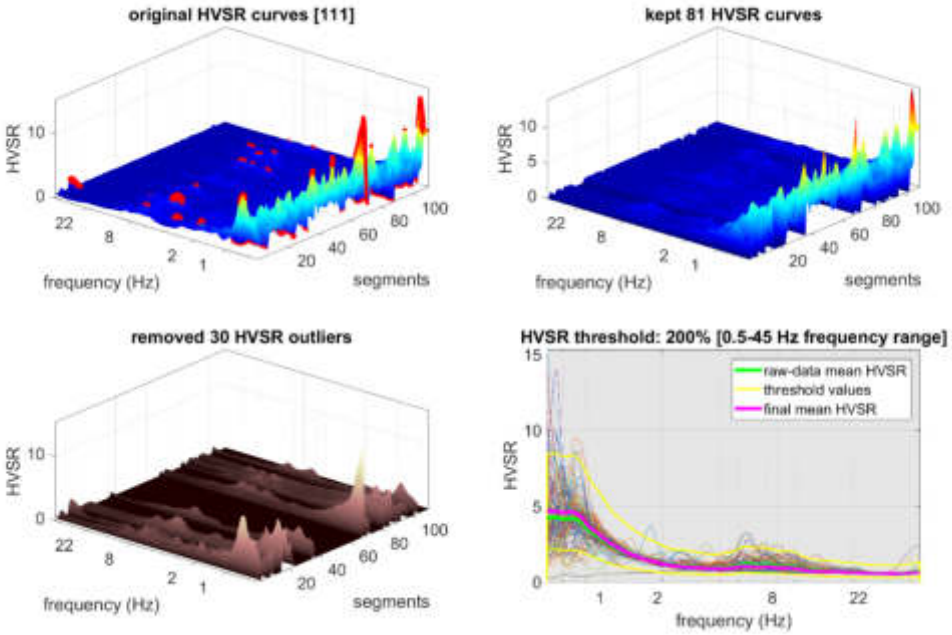


Funzioni di coerenza. Dall'alto: funzioni di coerenza per le tre coppie di sensori indicati, spettri di ampiezza (smoothing del 15%) delle tre componenti con scala verticale lineare, spettri di ampiezza con scala verticale logaritmica.

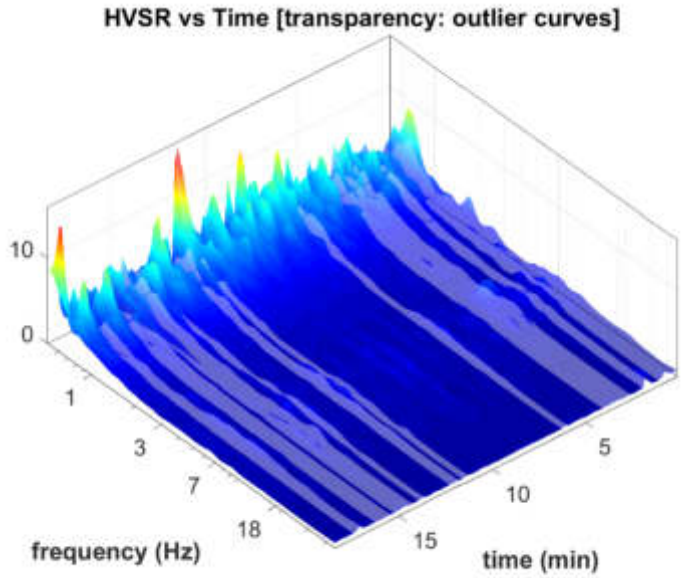
COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo



Funzioni di coerenza e spettrogrammi (in funzione del tempo).



Dall'alto a sinistra in senso orario: 1) totalità delle curve HVSR per tutte le finestre considerate; 2) curve HVSR mantenute successivamente alla rimozione delle curve "outliers"; 3) curve HVSR rimosse (in quanto outlier); 4) curve HVSR.



Continuità del rapporto H/V nel tempo e direttività.

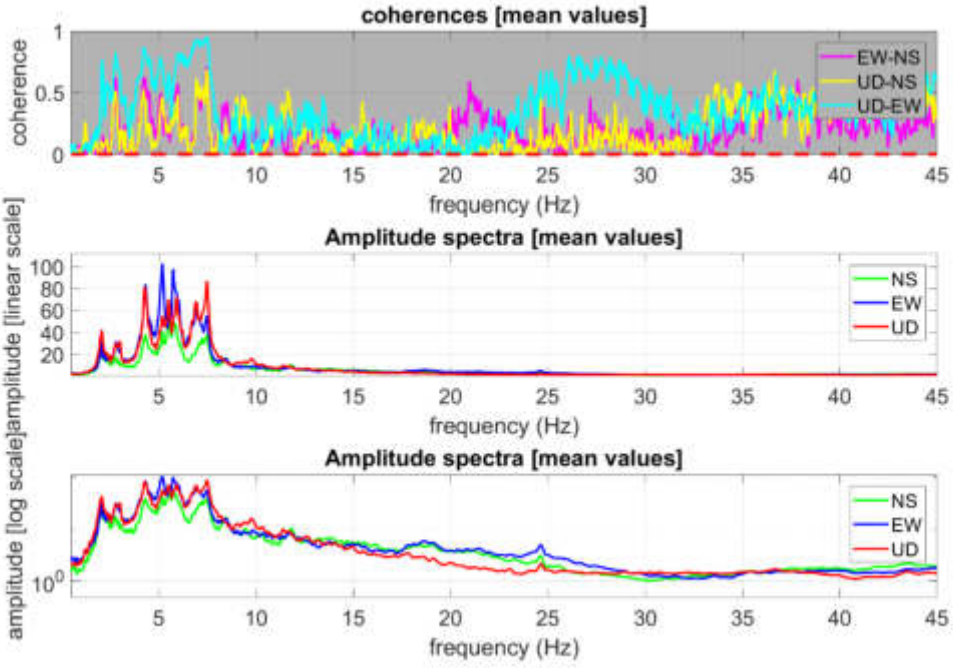
COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

HVSR3

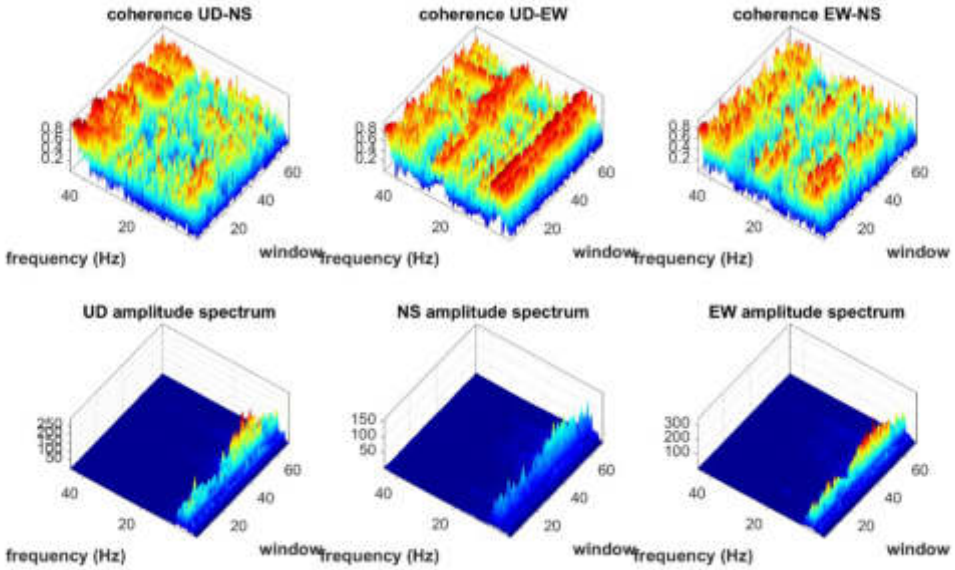
Stazione	02
Strumento	SR04-GEOBOX SARA
Data di acquisizione	16/09/2022
Coordinate Lat.	40.861082°
Coordinate Long.	15.846707°
Durata registrazione:	20 minuti
Freq. Campionamento	100
Lunghezza finestre	25
Numero di finestre analizzate	40
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi
Lisciamento	40%
Terreno di misura	terreno



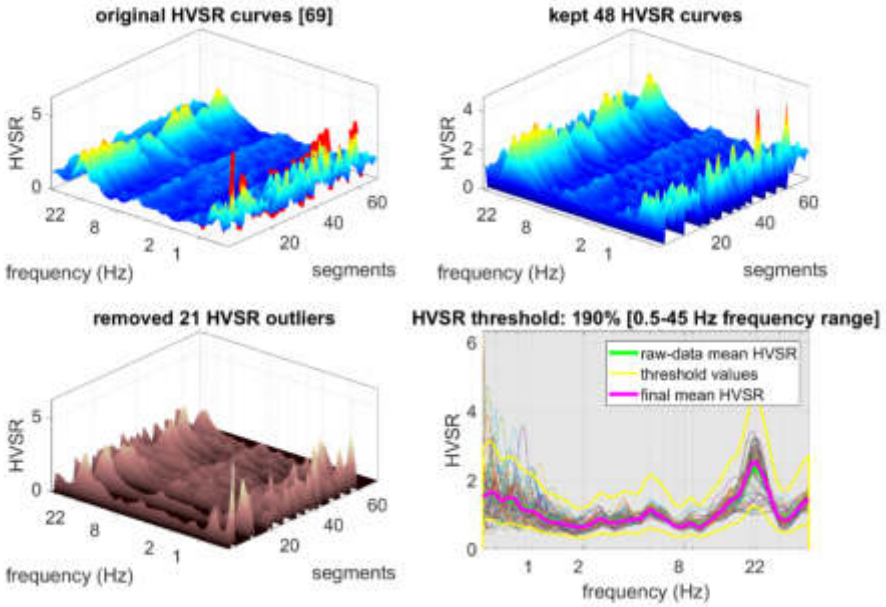


Funzioni di coerenza. Dall'alto: funzioni di coerenza per le tre coppie di sensori indicati, spettri di ampiezza (smoothing del 15%) delle tre componenti con scala verticale lineare, spettri di ampiezza con scala verticale logaritmica.

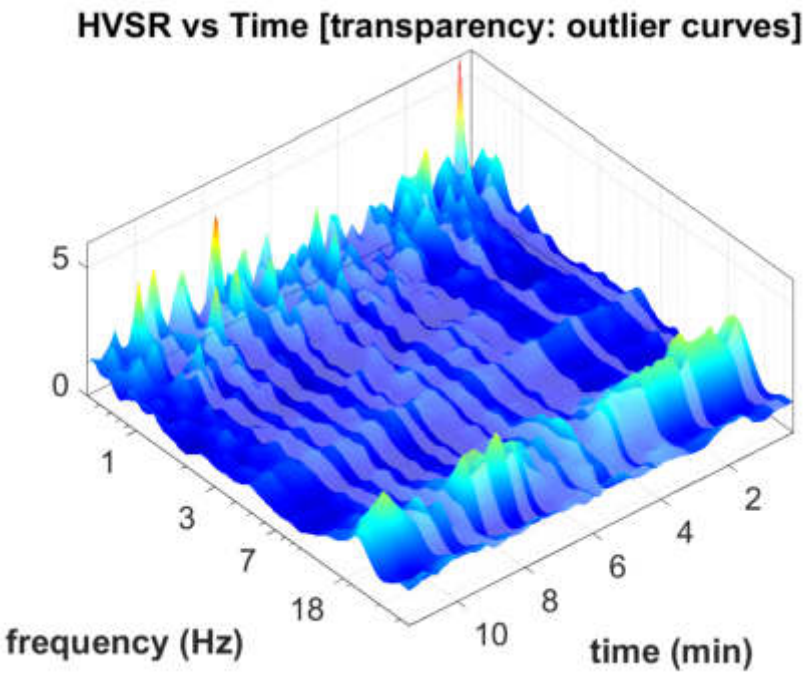
COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo



Funzioni di coerenza e spettrogrammi (in funzione del tempo).



Dall'alto a sinistra in senso orario: 1) totalità delle curve HVSR per tutte le finestre considerate; 2) curve HVSR mantenute successivamente alla rimozione delle curve "outliers"; 3) curve HVSR rimosse (in quanto outlier); 4) curve HVSR.



Continuità del rapporto H/V nel tempo e direttività.

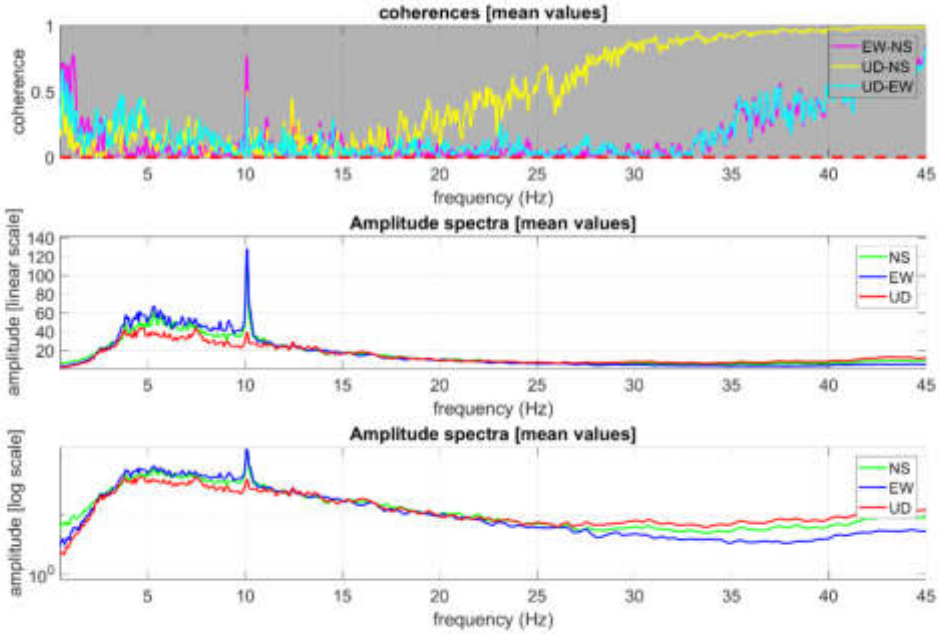
COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

HVSR4

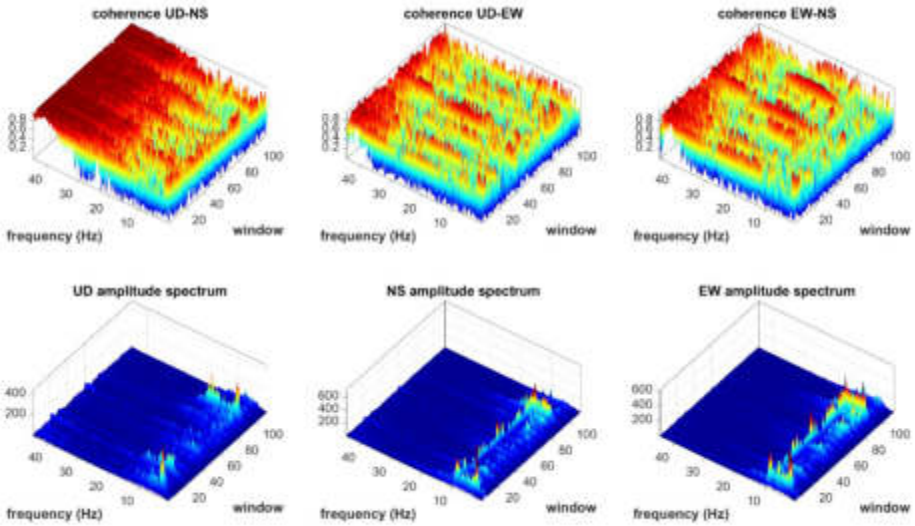
Stazione	02
Strumento	SR04-GEOBOX SARA
Data di acquisizione	16/09/2022
Coordinate Lat.	40.861289°
Coordinate Long.	15.846757°
Durata registrazione:	20 minuti
Freq. Campionamento	100
Lunghezza finestre	25
Numero di finestre analizzate	40
Tipo di lisciamento	Konno & Ohmachi
Lisciamento	40%
Terreno di misura	terreno



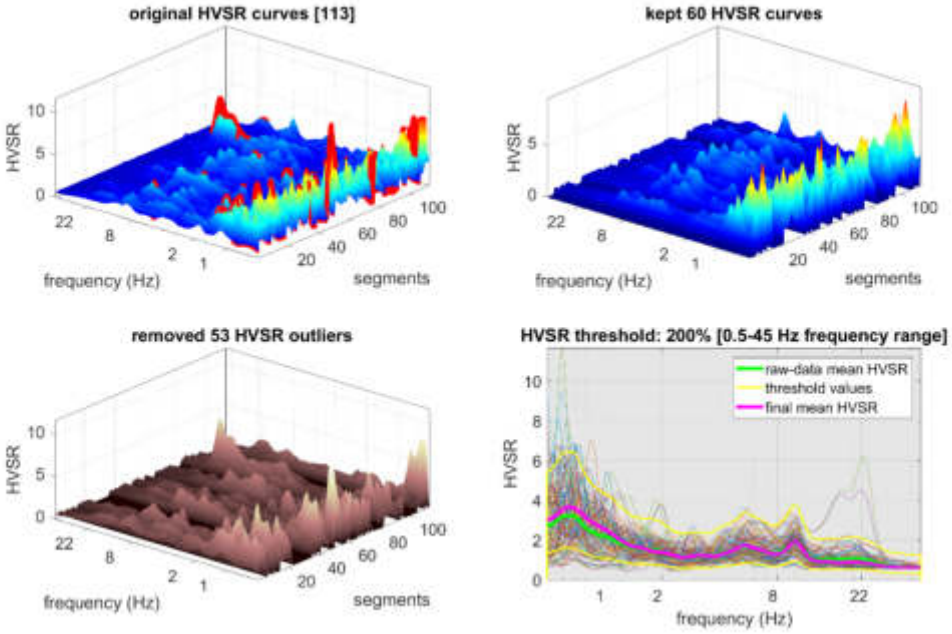


Funzioni di coerenza. Dall'alto: funzioni di coerenza per le tre coppie di sensori indicati, spettri di ampiezza (smoothing del 15%) delle tre componenti con scala verticale lineare, spettri di ampiezza con scala verticale logaritmica.

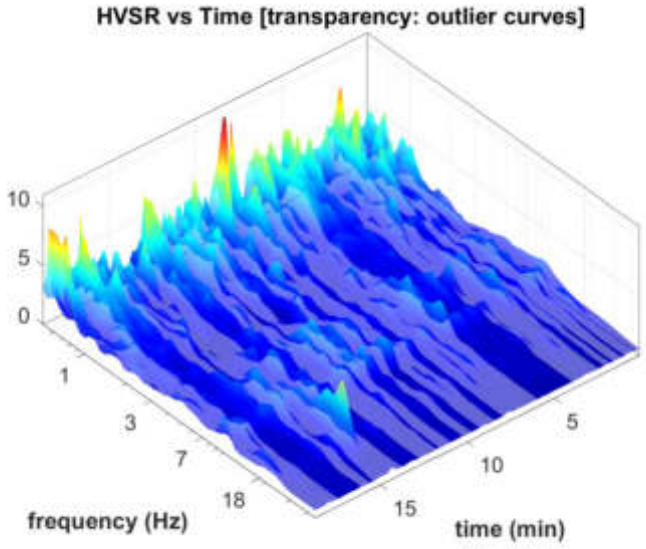
COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo



Funzioni di coerenza e spettrogrammi (in funzione del tempo).



Dall'alto a sinistra in senso orario: 1) totalità delle curve HVSR per tutte le finestre considerate; 2) curve HVSR mantenute successivamente alla rimozione delle curve "outliers"; 3) curve HVSR rimosse (in quanto outlier); 4) curve HVSR.



Continuità del rapporto H/V nel tempo e direttività.

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

TAVOLA 4: REPORT INDAGINE HOLISURFACE

HS1

HoliSurface® - Holistic Analysis of Surface Waves

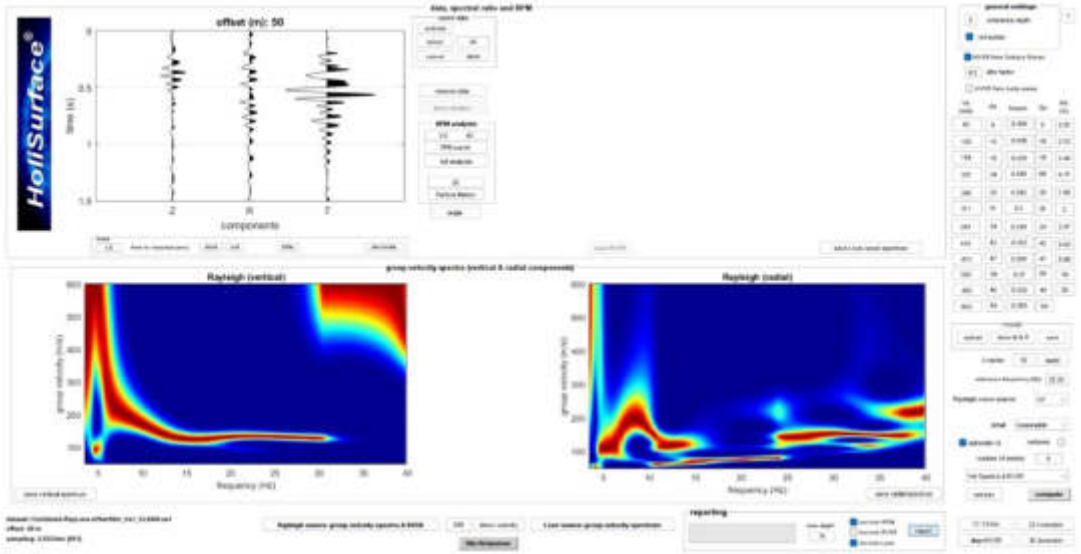
www.holisurface.com

Date: 19 9 2022

Time: 9 30

offset: 50 m

Analysis: Rayleigh Waves



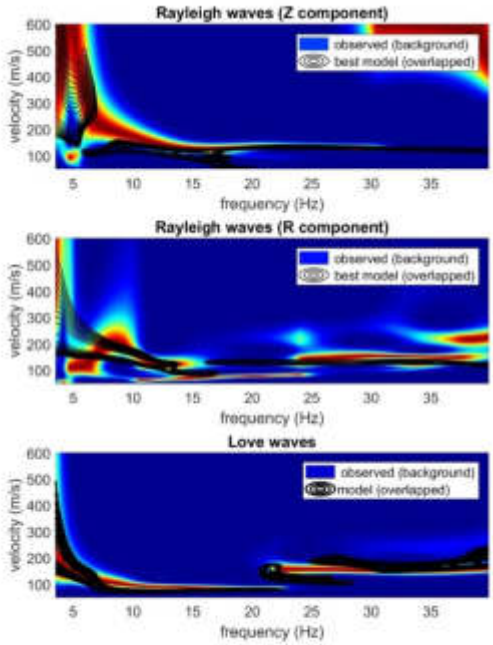
Subsurface model

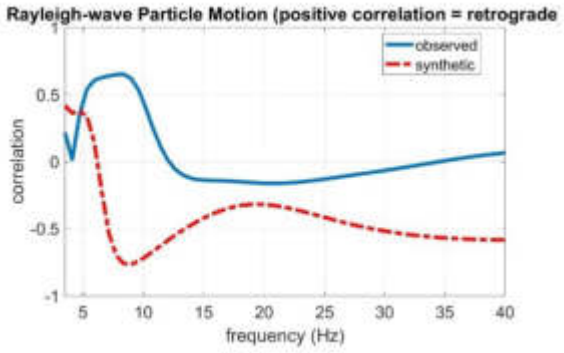
Shear-wave velocities (m/s): 62 100 184 337 249 311 244 415 473 593 462 842

Thicknesses (m): 0.3 2.1 2.5 6.7 1.9 2.0 2.4 6.5 9.0 10.0 35.0

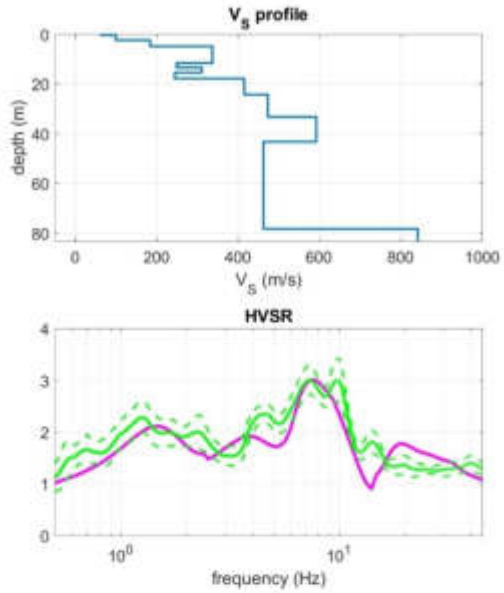
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 6 17 61 225 118 189 113 351 463 750 441 1580

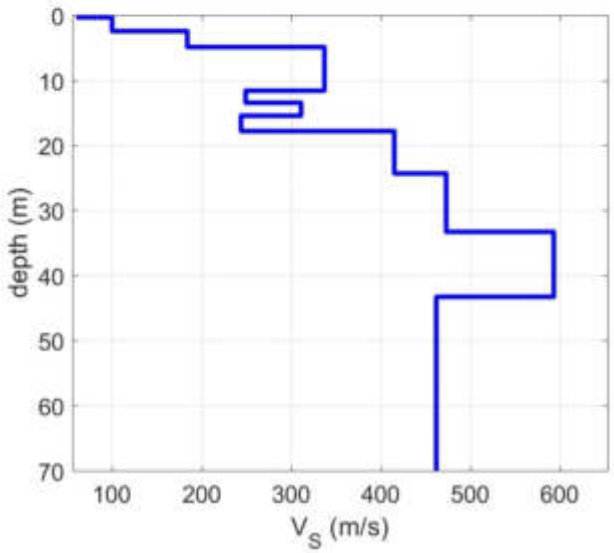
Vs30 and VsE @ surface (m/s): 271, 271





COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo





COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

Vs model (Vs30 & VsE @ surface: 271 271 m/s)

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	62	0.3100	0.3100
2	100	2.1200	2.4300
3	184	2.4600	4.8900
4	337	6.7100	11.6000
5	249	1.8500	13.4500
6	311	2	15.4500
7	244	2.3700	17.8200
8	415	6.5200	24.3400
9	473	8.9800	33.3200
10	593	10	43.3200
11	462	35	78.3200
12	842	0	0

Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

References

HoliSurface and MAAM

On the efficient acquisition and holistic analysis of Rayleigh waves: Technical aspects and two comparative case studies (Dal Moro G., Al-Arifi N., Moustafa S., 2019). Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 125. On-line: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267726118310613

Effective Active and Passive Seismics for the Characterization of Urban and Remote Areas: Four Channels for Seven Objective Functions (Dal Moro G., 2019). Pure and Applied Geophysics, 176, 1445-1465. Available on-line: https://rdcu.be/bbT04

Improved Holistic Analysis of Rayleigh Waves for Single- and Multi-Offset Data: Joint Inversion of Rayleigh-wave Particle Motion and Vertical- and

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

Radial-Component Velocity Spectra (Dal Moro G., Al-Arifi N., Moustafa S.R., 2017), Pure and Applied Geophysics, on-line: https://link.springer.com /content/pdf/10.1007%2Fs00024-017-1694-8.pdf

Single- and multi-component inversion of surface waves acquired by a single 3-component geophone: an illustrative case study (Dal Moro G. and Puzzilli L.M.), Acta Geodyn. Geomater., 14, 4 (188), 431-444, online: https://www.irsm.cas.cz/materialy/acta_content/2017_doi /DalMoro_AGG_2017_0024.pdf

Analysis of Rayleigh-Wave Particle Motion from Active Seismics (Dal Moro G., Al-Arifi N., Moustafa S.R., 2017) Bulletin of the Seismological Society of America (BSSA), 107, 51-62

Shear-wave velocity profiling according to three alternative approaches: a comparative case study (Dal Moro G., Keller L., Al-Arifi N., Moustafa S.R., 2016), Journal of Applied Geophysics, 134, 112ý124

Four Geophones for seven possible objective functions: active and passive seismics for tricky areas (Dal Moro G.) Invited presentation and Extended Abstract for the Urban Geophysics workshop of the 22nd EAGE Near Surface Geoscience conference (4-8 September 2016 - Barcelona, Spain)

Less is more: from van der Rohe to the 4-channel system for the efficient and holistic acquisition and analysis of surface waves. An urban case study. (Dal Moro G., Moustafa S.R., Al-Arifi N., 2015). Proceedings of the GNGTS (Gruppo Nazionale Geofisica della Terra Solida - ogs.trieste.it) congress (17-19 November 2015 - Trieste, Italy)

Geophysikalische In-situ-Bestimmung der Eingangsparameter in die seismischen Standortanalysen am Beispiel des Ambassador House Opfikon (Keller L., Weber T., Dal Moro G., 2015). Proceedings of the 14th D-A-CH conference of the Swiss Society for Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Zurich, August 21-21, SIA D0255, ISBN 978-3-03732-060-0

A Comprehensive Seismic Characterization via Multi-Component Analysis of Active and Passive Data (Dal Moro G., Keller L., Poggi V., 2015), First Break, 33, 45-53

Efficient acquisition and holistic analysis of Rayleigh waves (Dal Moro G., Moustafa S.R., Al-Arifi N.), Proceedings of the Near-Surface EAGE 2015 congress (Turin - Italy) [having received a very high score from the reviewers, the work was invited to be published in Near Surface Geophysics]

Joint Inversion of Rayleigh-Wave Dispersion and HVSR of Lunar Seismic Data from the Apollo 14 and 16 sites (Dal Moro G., 2015), ICARUS, 254, 338-349

Unconventional Optimized Surface Wave Acquisition and Analysis: Comparative Tests in a Perilagoon Area (Dal Moro G., Ponta R., Mauro R., 2015), Appl. Geophysics, 114, 158-167

Surface Wave Analysis for Near Surface Applications (Dal Moro G., 2014), Elsevier, ISBN 978-0-12-800770-9, 252pp (theory, field practice and advanced joint analysis) [see in particular paragraphs 2.2, 7.2 and case studies #2, 6, 8, 12 and 14]

GHM method [building vibration modes]

Gaussian-filtered Horizontal Motion (GHM) plots of non-synchronous ambient microtremors for the identification of flexural and torsional modes of a building (Dal Moro G., Weber T., Keller L., 2018). Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 112, 243ý255

Influenza della modellazione degli edifici sulla determinazione della loro vulnerabilitá sismica (Sancin L., Dal Moro G., Amadio C., Romanelli F., Vaccari F., 2018). Atti convegno GNGTS 2018 (gngts.ogs.trieste.it)

HoliSurface - Holistic Analysis of Surface Waves

www.holisurface.com

COMUNE DI FORENZA PROT N. 0006749 DEL 04-10-2023 IN arrivo

References

On the efficient acquisition and holistic analysis of Rayleigh waves: Technical aspects and two comparative case studies (Dal Moro G., Al-Arifi N., Moustafa S., 2019). Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 125. On-line: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267726118310613

Effective Active and Passive Seismics for the Characterization of Urban and Remote Areas: Four Channels for Seven Objective Functions (Dal Moro G., 2019). Pure and Applied Geophysics, 176, 1445-1465. Available on-line: https://rdcu.be/bbT04

Improved Holistic Analysis of Rayleigh Waves for Single- and Multi-Offset Data: Joint Inversion of Rayleigh-wave Particle Motion and Vertical- and Radial-Component Velocity Spectra (Dal Moro G., Al-Arifi N., Moustafa S.R., 2017), Pure and Applied Geophysics, on-line: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00024-017-1694-8.pdf

Single- and multi-component inversion of surface waves acquired by a single 3-component geophone: an illustrative case study (Dal Moro G. and Puzzilli L.M.), Acta Geodyn. Geomater., 14, 4 (188), 431-444, online: https://www.irsm.cas.cz/materialy/acta_content/2017_doi/DalMoro_AGG_2017_0024.pdf

Analysis of Rayleigh-Wave Particle Motion from Active Seismics (Dal Moro G., Al-Arifi N., Moustafa S.R., 2017) Bulletin of the Seismological Society of America (BSSA), 107, 51-62

Shear-wave velocity profiling according to three alternative approaches: a comparative case study (Dal Moro G., Keller L., Al-Arifi N., Moustafa S.R., 2016), Journal of Applied Geophysics, 134, 112ÿ124

Four Geophones for seven possible objective functions: active and passive seismics for tricky areas (Dal Moro G.) Invited presentation and Extended Abstract for the Urban Geophysics workshop of the 22nd EAGE Near Surface Geoscience conference (4-8 September 2016 - Barcelona, Spain)

Less is more: from van der Rohe to the 4-channel system for the efficient and holistic acquisition and analysis of surface waves. An urban case study. (Dal Moro G., Moustafa S.R., Al-Arifi N., 2015). Proceedings of the GNGTS (Gruppo Nazionale Geofisica della Terra Solida - ogs.trieste.it) congress (17-19 November 2015 - Trieste, Italy)

Geophysikalische In-situ-Bestimmung der Eingangsparameter in die seismischen Standortanalysen am Beispiel des Ambassador House Opfikon (Keller L., Weber T., Dal Moro G., 2015). Proceedings of the 14th D-A-CH conference of the Swiss Society for Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Zurich, August 21-21, SIA D0255, ISBN 978-3-03732-060-0

A Comprehensive Seismic Characterization via Multi-Component Analysis of Active and Passive Data (Dal Moro G., Keller L., Poggi V., 2015), First Break, 33, 45-53

Efficient acquisition and holistic analysis of Rayleigh waves (Dal Moro G., Moustafa S.R., Al-Arifi N.), Proceedings of the Near-Surface EAGE 2015 congress (Turin - Italy) [having received a very high score from the reviewers, the work was invited to be published in Near Surface Geophysics]Joint Inversion of Rayleigh-Wave Dispersion and HVSR of Lunar Seismic Data from the Apollo 14 and 16 sites (Dal Moro G., 2015), ICARUS, 254, 338-349

Unconventional Optimized Surface Wave Acquisition and Analysis: Comparative Tests in a Perilagoon Area (Dal Moro G., Ponta R., Mauro R., 2015), Appl. Geophysics, 114, 158-167

Surface Wave Analysis for Near Surface Applications (Dal Moro G., 2014), Elsevier, ISBN 978-0-12-800770-9, 252pp (theory, field practice and advanced joint analysis) [see in particular paragraphs 2.2, 7.2 and case studies #2, 6, 8, 12 and 14]

QGeo
Geologia Energia & Ambiente



Comune di **FORENZA**

Oggetto : COSTRUZIONE DI UNA RESIDENZA SOCIO-ASSISTENZIALE PER ANZIANI DA REALIZZARSI IN ZONA PAIP

ELABORATO A	Relazione Geologica	DATA 13/10/2022

Dr Geol ANTONIETTA CILUMBRIELLO
Via Albani, snc
85013 - Genzano di Lucania (PZ)
qgeo.lab@gmail.com
mob: 347/1848562

ORDINE DEI GEOLOGI
GEOLOGO
ANTONIETTA
CILUMBRIELLO
n. 452
Sez. A
BASILICATA

N	Data	Motivo
0	13/10/2022	COSTRUZIONE DI UNA RESIDENZA SOCIO-ASSISTENZIALE PER ANZIANI DA REALIZZARSI IN ZONA PAIP

SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI

TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI. LA RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE DEL DISEGNO È VIETATA

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

INDICE

1. PREMESSA 1
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE 3
   2.1. Vincoli ambientali e i territoriali 4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE 4
   3.1. Geologia di dettaglio dell'area di progetto 7
   3.2. Inquadramento tettonico dell'area di progetto 9
4. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE, IDROGEOLOGICHE ED IDROLOGICHE 10
   4.1 Caratteristiche morfologiche del sito di progetto 10
   4.2 Idrografia ed Idrogeologia 10
   4.3. Compatibilità Idrogeologica in conformità al P.A.I. 11
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE 12
   5.1 Pozzetti esplorativi consultati 12
   5.2. Indagini sismiche 12
6 MODELLAZIONE SISMICA DELL'AREA 14
   6.1. Normativa sismica di riferimento 14
   6.2. Caratterizzazione sismica dell'area 17
   6.3. Pericolosità sismica di base 20
   6.4. Caratterizzazione dinamica 24
7 RISPOSTA SISMICA LOCALE 26
8 MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO 28
   8.1. Stratigrafia 28
   8.2. Caratterizzazione geotecnica 30
   8.3. Modello geologico e geotecnico 31
9 CONCLUSIONI 32

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. PREMESSA

Su incarico ricevuto dall'Ufficio tecnico del Comune di Forenza, la Dr Antonietta Cilumbriello, geologa, iscritta all'Albo dei Geologi di Basilicata al n° 452, ha eseguito lo studio geologico nell'ambito del progetto di ***"Costruzione di una Residenza Socio-Assistnziale per Anziani da realizzarisi in zona PAIP".***

Come definito nel paragrafo 6.2.1 del D.M. 14.01.2008 e loro aggiornamente (D.M. 17.01.2018), nella presente Relazione si riferisce sulla caratterizzazione e la modellazione geologica del sito di progetto, estesa ad un adeguato intorno, dei caratteri litologici, stratigrafici, geomorfologici, idrogeologici e sismici in modo da caratterizzare il contesto territoriale in cui si inseriscono le opere di progetto, con la finalità di verificare l'idoneità dell'area da un punto di vista geologico agli usi preposti.
La ricostruzione del modello geologico è sviluppata in modo da costituire elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici; le scelte progettuali terranno quindi conto, oltre che delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali.
In particolare, per la caratterizzazione geologica, oltre ai dati bibliografici, considerati la finalità dell'analisi ed il contesto geologico, sono stati utilizzati i risultati delle indagini geognostiche eseguite dalla scrivente sui terreni di progetto.
In particolare, sono state utilizzate le risultanze delle indagini di laboratorio eseguite su un campione ed indagini geofisiche, prova sismica di tipo MASW, prova sismica a rifrazione, prove sismica di tipo HOLISURFACE, e misure di microtremore, al fine di caratterizzare sia da un punto di vista sia litotecnico sia sismico i terreni di progetto

ELABORATO A.1 - CARTOGRAFIA TEMATICA

1. Corografia dell'area di progetto – scala 1:10.000
2. Carta Geologica - scala 1:2.000
3. Carta Geomorfologica – scala 1:2.000
4. Sezione Geologica - scala 1:1.000
5. Modello Geologico e Geotecnico – 1:250
6. Stralcio dalla Carta del Rischio frana dell'Autorità di Bacino della Basilicata – scala 1:5.000

ELABORATO A.2 – INDAGINI GEOGNOSTICHE

1. Cartografia con ubicazione delle indagini geognostiche - scala 1:1.000.
2. Stratigrafie di pozzetto esplorativo
3. Certificati di labortorio geotecnico
4. Relazione Indagini sismiche

Si ricorda, infine, che il Comune di Forenza, ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio n°3274 del 20/03/2003 pubblicata sulla G.U. del 08/05/2003 e del Decreto Interministeriale del 14/9/2005 "Norme tecniche per le costruzioni", è legalmente riconosciuto e classificato come "Zona Sismica 2".

La presente relazione è stata redatta in osservanza delle "*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*" del Ministero dei LL.PP. (D.M. 11/3/1988), della Legge n°64 del 02/02/74, del Decreto Ministeriale del LL.PP. del 16/01/1996, alla L.R. n°38 del 06/08/1997, dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003, della Nota esplicativa dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003 emanata dal Dipartimento della Protezione Civile – Ufficio Servizio Sismico Nazionale in data 04 giugno 2003, dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3379 del 05/11/2004 art. 6, della Delibera Regionale n°26 del 05/12/2001 dell'Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata e successive modifiche ed integrazioni, del Decreto Interministeriale del 14/9/2005 "*Norme tecniche per le costruzioni*", il D.M. 14/02/2008 "*Nuove Norme Tecniche per le costruzioni*" ed il D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni"

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La zona oggetto della presente indagine comprende terreni ricadenti nel territorio comunale di Forenza (Provinci di Potenza). Nel dettaglio la struttura di progetto è ubicata ai piedi del versante settentrionale della collina del cimitero di Forenza, tra le quote di 725 m e 735 m s.l.m., in adiacenza alla collina su cui sorge l'abitato di Forenza (Fig. 1). Tale versante è contraddistinto da pendenze che non superano i 10° e che per questo, vista la sua costituzione geologica, arenarie con intercalazioni argillose, non è interessato da dissesti come invece è possibile osservare su versante opposto.



Fig. 1– *Ripresa fotografica aerea dell'area di progetto.*

Da un punto di vista cartografico la zona oggetto della presente indagine è compresa nella Tavoletta I.G.M. in scala 1:25.000 Foglio Geologico 187 I/SE "Forenza" (ALLEGATO 1).

2.1. Vincoli ambientali e i territoriali

Il vigente strumento urbanistico del Comune di Forenza è costituito dal Piano Regolatore Generale approvato nel 2009. Con riferimento al P.R.G. vigente, si osserva che l'area di indagine ricade in zona di completamento.
Per quanto riguarda i principali vincoli esistenti, si puo dire che l'area oggetto dell'intervento non risulta sottoposta a vincoli per fini idrogeologici, ai sensi delle Norme del Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico di Basilicata. Così pure l'are non rientra nell'ambito della perimetrazione del vincolo idrogeologico ai sensi del R.D.L. 2367/23.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

Il territorio comunale di Forenza (PZ) è situato nella parte nord-occidentale della Basilicata. Fisiograficamente esso fa parte della Catena appenninica meridionale ed in particolare si colloca lungo il fronte appenninico, caratterizzato da una serie di unità tettono-stratigrafiche, originatesi a partire dall'Oligocene fino al Pliocene superiore, a seguito delle deformazioni e successive traslazioni verso est di terreni generatisi sia in ambiente di piattaforma che di bacino. Tali unità risultano strutturalmente complesse, con rapporti di successione estremamente variabili e disarticolati a causa delle fasi tettoniche che hanno interessato l'Appennino lucano durante e dopo la sua edificazione.
Lo sviluppo della Catena appenninica ha portato all'accavallamento delle unità di catena secondo sequenze a ventaglio embricato e alla loro traslazione sulle successioni Plio-Pleistoceniche di avanfossa deposte al di sopra della Piattaforma apula che rappresenta l'Avampaese autoctono dell'Appennino meridionale (Fig. 2).
La zona studiata mostra in affioramento terreni riferibili a successioni sedimentarie marine di ambienti diversi, variamente accostate e sovrapposte ad opera della tettonica compressiva, successivamente modificato dalle fasi distensive e trascorrenti, soprattutto tardo-terziaria (OGNIBEN,1969; BOENZI, PALMENTOLA & VALDUGA, 1971; D'ARGENIO, PESCATORE & SCANDONE, 1973; PATACCA & SCANDONE 2001, 2004.).



Fig. 2 *– Carta geologica schematica dell'Appennino meridionale.*

I terreni affioranti nell'area possono essere in prima approssimazione riferiti a due differenti serie stratigrafiche relative a due fasi diverse di evoluzione geodinamica. La prima serie è caratterizzata da successioni bacinali cretaceo-tortoniane sviluppatesi in un contesto che da margine passivo (porzione orientale del Bacino lagonegrese-molisano) evolveva a porzione esterna dell'avanfossa miocenica (Bacino Irpino). Tale serie è rappresentata da una successione che, secondo la Cartografia Geologica ufficiale in scala 1: 100.000 è costituita, dal basso verso l'alto, da: *Complesso degli Argilloscisti Varicolori, Formazione di Stigliano (Flysch Numidico), Formazione della Daunia, Formazione di Serra Palazzo e Depositi Pliocenici.* Recenti studi a carattere regionale, hanno attribuito ai depositi costituenti tale successione nuove denominazioni oltre ad un nuovo significato geodinamico. Nel dettaglio, nell'area di studio, il Complesso delle Argille Varicolori è stato sostituito dalla formazione del *Flysch Rosso* (Interno ed Esterno) (Cretaceo-Aquitaniano) e la formazione delle Daunia è stata sostituita dalla formazione del *Flysch di Faeto* (Foglio Geologico n.452 "Rionero in Vulture" scala 1: 50.000) (Fig. 3). Secondo i nuovi rilevamenti geologici per la redazione della nuova cartografia geologica in scala al 50.000, la serie appena descritta rappresenta due unità tettoniche, e cioe l'*Unità tettonica di San Chirico* (costituita dal basso verso l'alto dal Flysch Rosso, Flysch Numidico e formazione della Serra Palazzo) e l'*Unità tettonica della Daunia* (costituita unicamente dalla formazione del Flysch di Faeto) (Fig. 4).

La seconda serie, che ricopre in discordanza le precedenti successioni bacinali, è caratterizzata da successioni plioceniche di transizione a mare sottile a prevalente composizione calcarenitica, sabbiosa, conglomeratica ed argillosa. Questi terreni evolvevano in un contesto geodinamico di avanfossa (*wedge top basin* ed avanfossa *s.s.*) (De Celles & Giles, 1996; Tropeano et al., 2002).

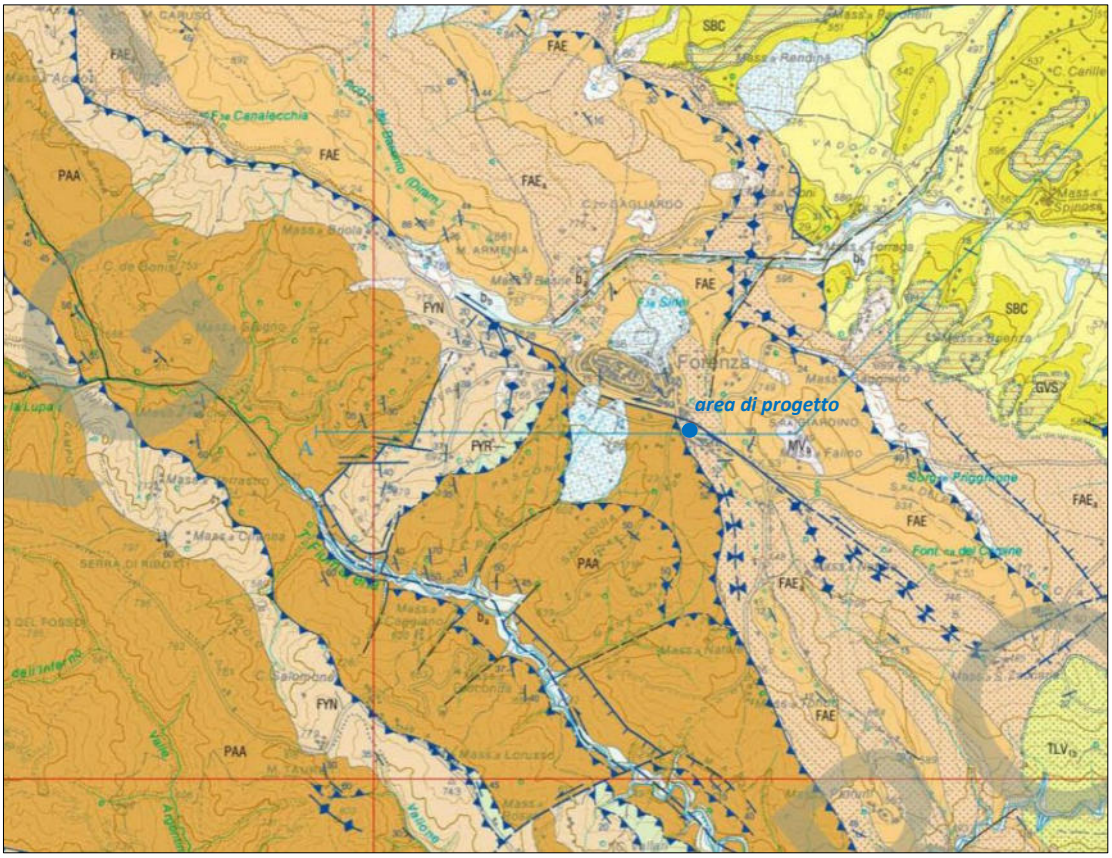


Fig. 3 *– Stralcio del Foglio n°452 "Rionero in Vulture" in scala 1:50.000 da:*
http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/452_RIONERO_IN_VULTURE/Foglio.html

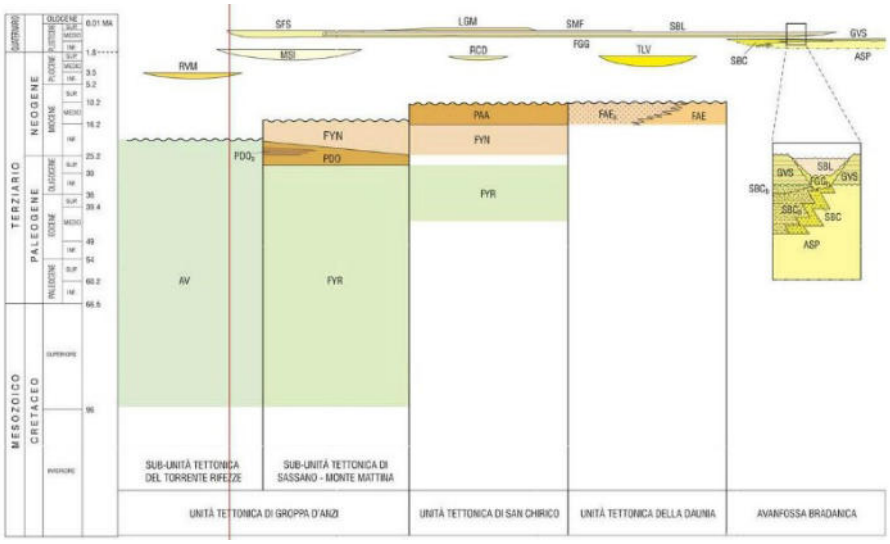


***Fig. 4** – Schema cronostratigrafico (dal Foglio 452 "Rionero in Vulture").*

3.1. Geologia di dettaglio dell'area di progetto

Dal punto di vista litologico e stratigrafico nell'area investigata affiorano unità rocciose di composizione e granulometria molto variabile (calcari, argille, marne, arenarie ed anche ghiaia) depositati in bacini sedimentari e contesti geologici differenti.

Nell'area di progetto, si rinviene unicamente la serie stratigrafica dei depositi più antichi. Quest'ultima è costituita da due successioni stratigrafiche, rappresentate rispettivamente dalle cosiddette Unità Interna (successione stratigrafica costituita dal basso verso l'alto, dal Flysch Rosso Interno, Flysch Numidico e Formazione di Serra Palazzo) (Unità tettonica di San Chirico) ed Unità Esterna (successione stratigrafica costituita dal Flysch di Faeto) (Unità tettonica della Daunia) che in seguito alle fasi di raccorciamento appenninico si sono sovrapposte l'una sull'altra.

Di seguito sono descritte, in ordine stratigrafico dal basso verso l'alto, le caratteristiche litologiche e di affioramento dei terreni presenti nell'area esaminata; il riferimento cartografico è rappresentato dalla Carta Geologica (ALLEGATO 1).

UNITA' TETTONICA DI SAN CHIRICO

FLYSCH NUMIDICO (BURDIGAGLIANO - LANGHIANO)

I depositi che appartngono alla formazione del Flysch Numidico sono costituiti da quarzareniti moderatamente cementate, di colore giallastro alle quali sono intercalati intervalli pelitici di colore bruno o grigio-scuoro. L'ambiente di sedimentazione è di tipo torbiditico. L'età dei depositi appartenenti a questa formazione è Miocene inferiore-medio.

FORMAZIONE DELLA SERRA PALAZZO (LANGHIANO - SERRAVALLIANO)

Si tratta di depositi torbiditici arenaceo-pelitici e calcarei che testimoniano apporti silicoclastici dalla Catena associati a quelli calciclastici dell'Avampaese Apulo. Dal punto di vista composizionale, la Formazione della Serra Palazzo è costituita da litotipi differenti che riflettono variabilità sulle caratteristiche meccaniche e di erodibilità. In particolare, nell'ambito di tale formazione sono stati riconosciuti due membri/litofacies, uno a composizione perlopiù silicoclastica e l'altro a composizione sia silicoclastica che carbonatica (Gallicchio & Maiorano, 1999). Il membro inferiore è rappresentato da una successione torbiditica silicoclastica a cui si intercalano marne argillose grigie e subordinatamente torbiditi calciclastiche. Le torbiditi silicoclastiche sono rappresentate da arcosi ed arcosi litiche a grana medio-grossolana con abbondante matrice e cemento carbonatico. Gli strati arenitici sono di colore grigio e sono caratterizzati da geometria variabile da tabulare a lenticolare; presentano spessore medio dell'ordine del metro, ma si rinvengono spesso amalgamati in banchi di 5/6 metri di spessore. Rare intercalazioni di torbiditi calciclastiche a grana grossolana in strati di spessore metrico, possono essere riscontrate a differenti altezze stratigrafiche.

Il membro superiore, invece, è stato riconosciuto e distinto da quello inferiore per la prevalente composizione calcareoclastica degli strati che ne fanno parte. Esso è costituito da un'alternanza di torbiditi a grana fine, sia a composizione silicoclastica che calciclastica, a cui si intercalano calcilutiti, marne siltose e marne calcaree.

Dai dati presenti in letteratura, dal rilevamento geologico effettuato e dall'interpretazione delle indagini consultate ed eseguite si ritiene che l'area di progetto si sviluppi completamente nell'ambito di quella che è definita la litofacies a prevalente composizione silicoclastica della Formazione di Serra Palazzo. L'età di tali depositi è compresa tra la parte alta del Burdigagliano ed il Serravalliano.

UNITA' TETTONICA DELLA DAUNIA

FORMAZIONE DEL FLYSCH DI FAETO (LANGHIANO - SERRAVALLIANO)

La formazione del flysch di Faeto è costituita da sedimenti argillosi, marnosi e siltosi di colore grigio-biancastro, con intercalazioni di calcari marnosi, calcareniti e arenarie in strati dello spessore variabile da 5 a 30 cm circa. Gli strati calcarenitici ed arenacei sono in facies torbiditica, le argille sono depositi di decantazione emipelagici e pelagici. La composizione di questa unità è indicativa di un bacino di avanfossa alimentato da aree di avampaese costituite

essenzialmente da rocce carbonatiche e riconducibili ai domini geologico-strutturali dell'area garganica e di quella murgiana.
Nei nuovi fogli geologici in scala 1:50.000 il Flysch di Faeto è stato suddiviso in due membri, quello prevalentemente terrigeno (FAEa) e quello prevalentemente lapideo (FAE). Nell'are di progetto affiora essenzialmente il membro lapideo.
È riferibile al Burdigagliano - Serravalliano

DEPOSITI DI FRANA
Detrito sciolto a prevalente componente limoso-argilloso-sabbiosa con inclusi lapidei eterometrici ed eterogenici, più o meno abbondanti. Si tratta di coperture caratterizzate da un assetto caotico e una giacitura indistinta. Sono riferibili all'Attuale.

La **Carta Geologica** mostra la sintesi del rilevamento geologico effettuato nell'area di studio (ALLEGATO 1).

3.2. Inquadramento tettonico dell'area di progetto

L'area di progetto, come già anticipato, è ubicata, sul fronte esterno della Catena appenninica, dove i processi geodinamici che hanno prodotto il sollevamento e la migrazione verso NE della stessa sono all'origine dell'edificio strutturale della catena. L'assetto tettonico di questo settore è molto articolato e complesso, soggetto a diverse e talora contrastanti interpretazioni stratigrafico-strutturali, che hanno comportato differenti ricostruzioni paleogeografiche. Il motivo tettonico dominante in quest'area è rappresentato da un sistema di strutture a prevalente carattere compressivo con orientazione compresa tra N-S e NW-SE, che hanno determinato il raccorciamento delle successioni sedimentarie, nonché l'impilamento delle diverse unità tettoniche presenti. L'assetto geometrico delle varie unità tettoniche è il risultato di numerosi eventi di accavallamento tettonico avvenuti nel corso del Miocene medio-superiore e delle strutturazioni "fuori sequenza" mediante piegamenti delle preesistenti strutture, che si sono sviluppate nel Pliocene. Nell'area di studio sono state rilevate strutture tettoniche importanti; il rilevamente geologico ha permesso di dimostrare che ci troviamo in una anticlinale nell'ambito delle falde appenniniche che migrano verso NE. Importante sottolineare la presenza di un importante sovrascorrimento nell'ambito dell'unità di San Chirico e cioè il sovrascorrimento, in direzione NW-SE, dei depositi Flysch Numidico sui depositi della formazione della Serra Palazzo. Tale sovrascorrimento è poi dislocato trasversalmente da una faglia trascorrente.

4. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE, IDROGEOLOGICHE ED IDROLOGICHE

4.1 Caratteristiche morfologiche del sito di progetto

Il territorio in cui ricade l'area di progetto rientra nel Foglio 187 della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 e nel Foglio 452 della nuova cartografia geologica d'Italia alla scala 1:50.000.

I caratteri del paesaggio sono quelli tipici del settore orientale dell'Appennino meridionale: rilievi e valli allineati nella stessa direzione delle coltri alloctone, NW – SE circa, mentre aste torrentizie minori, impostate probabilmente lungo discontinuità tettoniche, incidono i rilievi in direzione anti-appenninica. In particolare, la morfologia del terreno mostra caratteristiche generali tipiche del paesaggio montano, con tratti acclivi e pendenze anche elevate.

Dal punto di vista morfologico l'area di studio è ubicata immediatamente a ovest della collina sulla quale sorge l'abitato di Forenza, ai piedi della collina su cui si erge il cimitero del paese e la zona PAIP. Tale collina raggiunge la quota di 765 m ed è caratterizzata da pendenze variabili, moderatamente acclive sul versante nord-orientale e molto più acclive sul versante sud-occidentale.

Nell'area di progetto non sono stati rilevati fenomeni connessi a movimenti pregressi o in atto, anche se il versante meridionale è come già ribadito interessato da fenomeni di questo tipo, ma sono ubicati ad una distanza tale dall'area di progetto che si rietiene non possano in alcun modo interferire con essa.

4.2 Idrografia ed Idrogeologia

Il versante di progetto è inciso da piccoli solchi erosivi, poco profondi, che drenano le acque meteoriche durante i preiodi piovosi. Essi confluiscono a nord verso un'incisione principale che scorre da W verso E e divide il rilievo calcareo del Monte Armenia dai rilievi più bassi sistenti alla sua destra orografica. L'incisione è alimentata soprattutto dalle acque di origine sotterranea che emergono lungo l'allineamento del sovrascorrimento di direzione NW-SE, alcune emergenze idriche, a nord e a est dell'area di intervento, sono state captate e vengono utilizzate per uso zootecnico.

Dal punto di vista idrogeologico, i terreni affioranti nell'area oggetto di studio sono dotati di caratteristiche idrogeologiche piuttosto differenziate, in rapporto alla composizione granulometrica, alla porosità, al grado di addensamento ed alla fratturazione/fessuzione.

In tal senso sono da considerarsi a permeabilità medio-alta per fratturazione, localmente bassa a seconda del grado di fratturzione del calcare e dello spessore degli strati argillosi, la formazione del Flysch di Faeto, mentre a permeabilità medio-bassa, localmente bassa, le formazioni del Flysch Numidico e della Serra Palazzo, che sono dotati di una discreta porosità secondaria, causata da numerosi fenomeni, tra i quali primeggiano quelli tettonici e chimico-dissolutivi a cui contribuiscono considerevolmente i giunti di stratificazione. Gli strati argilloso-

marnosi e argillosi che si intercalano alle quarzareniti nel Flysch Numidico e alle arenarie nella Serra Palazzo, sono da considerarsi praticamente impermeabili.
A nord dell'area di progetto le formazioni del Flysch Numidico e della Serra Palazzo vengono a contatto con la formazione del Flysch di Faeto e ciò è alla base delle numerose emergenze idriche.
A medio-bassa permeabilità per porosità sono da considerarsi i terreni argillosi limoso-sabbiosi che costituiscono la coltre detritica superficiale. Infatti, la caoticità, la disgregazione superficiale, il disfacimento fisico-meccanico dovuto agli agenti atmosferici, lo scarso grado di addensamento, i cicli di imbibizione e di essiccamento conseguenti a variazioni stagionali del contenuto naturale in acqua, fanno si che ci sia l'infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo.
Da quanto emerge dagli studi effettuati e come confermato anche dalle indagini geognostiche effettuate, a circa 5 m di profondità potrebbe rinvenirsi una falda che si imposta nei livelli sabbioso-arenacei del Flysch Numidico sostenuta dalle intercalazioni argilloso-limosi della medesima formazione. Dunque, la circolazione idrica sotterranea avviene nei terreni che costituiscono la litofacies lapidea della formazione del Flysch Numidico e ciò è testimoniato anche dalla presenza di diversi pozzi e sorgenti nell'intorno dell'area di progetto. Durante l'escavazione dei pozzetti esporativi non è stata comunque rinvenuta alcuna falda idrica.

Riassumendo nell'area si riconoscono tre unità idrogeologiche importanti:

- un'unità a medio-bassa permeabilità per porosità rappresentata dai depositi limoso-argilloso-sabbiosi scompaginati della coltre detritica superficiale;
- un'unità a medio-bassa permeabilità per porosità e/o per fratturazione rappresentata dai depositi prevalentemente sabbioso-arenacei della formazione della Serra Palazzo e quarzarenitici della flysch Numidico (substrato);
- unità a bassa permeabilità e/o impermeabile i depositi prevalentemente argillosi che si intercalano ai depositi arenacei, nell'ambito delle formazioni del Flysch Numidico e della Serra Palazzo.

4.3. Compatibilità Idrogeologica in conformità al P.A.I.

L'area in esame ricade a cavallo delle aree di pertinenza delle ex Adb Basilicata e Puglia. Come riportato nella *"Carta del Rischio frane"* del Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico vigente del Comune di Forenza dell'Autorità di Bacino - scala 1: 5.000, essa ricade in zone in cui non sono state cartografate frane e rischi idrogeologici.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per la caratterizzazione geotecnica dell'area di progetto sono state eseguite indagini geognostiche *ex novo* ma sono state consultate anche le indagini geognostiche (stratigrafie di pozzetti esplorativi) allegate al Regolamento Urbanistico del Comune di Forenza eseguite in aree adiacenti all'area di progetto e caratterizzate dall'affioramento di terreni dalle medesime caratteristiche litotecniche.
In particolare, il dataset delle indagini è così costituito:

- n. 2 pozzetti esplorativi pregressi;
- n. 3 pozzetti esplorativi con prelievo di un campione per le analisi di laboratorio;
- n. 1 rilievo sismico a rifrazione in onde P, n. 1 rilievo sismico di tipo MASW e n. 1 rilievo sismico di tipo HOLISURFACE;
- n. 4 misure di microtremore.

Di seguito è riportata una descrizione delle indagini eseguite e consultate che hanno permesso di ricostruire il quadro geologico-geotecnico.
Per l'ubicazione delle indagini si veda l'Allegato 2 – Indagini geognostiche.

5.1 Pozzetti esplorativi

Nell'area di progetto sono stati eseguiti tre pozzetti geognostici con escavatore meccanico che hanno raggiunto le profondità rispettivamente di 3,4 m, 3,6 m e 2,7 m dal piano campagna. Nel pozzetto Sc2 è stato prelevato alla profondità di 2,6 m un campione di terreno per le analisi di laboratorio geotecnico. Inoltre, sono state consultate le stratigrafie di due pozzetti realizzati nell'ambito Regolamento Urbanistico del Comune di Forenza.

Per il dettaglio delle stratigrafie del pozzetto esplorativo e del sondaggio geognostico consultato si veda il paragrafo 8.1 – Stratigrafia.

5.2. Indagini sismiche

Nell'area di progetto al fine di valutare, secondo le N.T.C. D.M. 17/01/18, la categoria del terreno di fondazione, di ricostruire in maniera indiretta la stratigrafia di sottosuolo e definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei terreni di progetto, oltre che determinare le amplificazioni sismiche del suolo sono state eseguite indagini sismiche consistenti in n. 1 indagine sismiche di tipo MASW (*Multichannel Analysis Surface Wave*) n. 1 indagine sismica a rifrazione, n. 1 indagine sismica di tipo Holisurface e n. 4 misure di microtremore (Fig. 6).



***Fig. 6** – Stendimento sismico per indagine sismica a rifrazione e sismica di tipo MASW (a sinistra); misura di microtremore a stazione singola e sismografo SR04 – GEOBOX della SARA (a destra).*

Le prove sono state svolte il giorno 16/09/2022; il dettaglio delle indagini e la loro ubicazione è riportata nell'ALLEGATO 2 – Indagini Geognostiche e Relazione Sismica ed allegati.

6 MODELLAZIONE SISMICA DELL'AREA

6.1. Normativa sismica di riferimento

La legislazione antisismica italiana prescrive norme tecniche in base alle quali un edificio debba sopportare senza gravi danni i terremoti meno forti e senza crollare i terremoti più forti, salvaguardando prima di tutto le vite umane.
I riferimenti legislativi relativi ai terreni di fondazione nella legislazione sismica vigente sono:

- l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- Decreto Interministeriale del 14/9/2005 "Norme tecniche per le costruzioni";
- D.M. 14/01/2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"
- D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni"

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 vengono emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, considerato che ante OPCM 3274, il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. Tali criteri sono basati sugli studi di pericolosità sismica del territorio nazionale, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo, e prevedono una riclassificazione in quattro zone dell'intero territorio italiano. In virtù di tale provvedimento tutte le Regioni hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

Zona 1 - E' la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti
Zona 2 - In questa zona possono verificarsi forti terremoti
Zona 3 - In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari
Zona 4 - E' la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari

Di fatto, sparisce il territorio "non classificato", e viene introdotta la zona 4, nella quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica. A ciascuna zona, inoltre, viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia (zona 1=0.35 g, zona 2=0.25 g. zona 3=0.15 g, zona 4=0.05 g).
Inoltre, l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274, recepita dal Decreto Interministeriale del 14/9/2005 "Norme tecniche per le costruzioni", contempla, per la definizione delle azioni sismiche di progetto, cinque categorie principali di terreno di fondazione, individuate dai valori della velocità media (V_{S30}) delle onde di taglio nei primi 30 metri di sottosuolo o dalla resistenza penetrometrica NSPT o dalla coesione non drenata c_u. La

classificazione viene effettuata principalmente sulla base del valore di V_{S30} valutato dalla seguente espressione

$$V_{S30} = 30 / \Sigma(hi/Vi)$$

con hi e Vi rispettivamente spessore e velocità dello strato i esimo degli N strati presenti nei primi 30 metri di sottosuolo. In assenza di informazioni sulle velocità delle onde di taglio, potranno essere presi in considerazione i valori di NSPT o di c_u.

Categorie	Descrizione
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_S30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30}$>50 nei terreni a grana grossa e c_{u30}>250 kPa nei terreni a grana fina).
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_S30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15<$N_{SPT,30}$<50 nei terreni a grana grossa e70< c_{u30}<250 kPa nei terreni a grana fina).
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento della proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30}$< 15 nei terreni a grana grossa c_{u30}<70 kPa nei terreni a grana fina)
E	*Terreni di sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m,* posti sul substrato di riferimento (con V_S30<800 m/s).

Tab. I – Categorie di sottosuolo

In aggiunta a queste categorie se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

Categorie	Descrizione
S1	*depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità (PI> 40) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di V_{S30} < 100 m/s*
S2	*Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.*

Tab. II – Categorie di sottosuolo

In seguito è stata emanata la l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 che ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche. Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione.

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)
1	ag >0.25
2	0.15 <ag≤ 0.25
3	0.05 <ag≤ 0.15
4	ag ≤ 0.05

L'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 Gennaio 2008), invece, ha modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona – e quindi territorio comunale – precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche. Dal 1 luglio 2009 per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto ed in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

Attualmente, il Decreto Ministeriale del 17/01/2018 - Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni", che sostituiscono le NTC 2008, introduce, limitatamente all'approccio semplificato per la definizione della categoria di sottosuolo, la cosiddetta velocità di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

h_i = spessore dell'i-esimo strato;

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

N = numero di strati;

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

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

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. III.

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

Tab. III – Categorie di sottosuolo ai sensi del DM 17/01/2018

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche. Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i ≥ 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i ≥ 30°

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

6.2. Caratterizzazione sismica dell'area

Dal punto di vista della sismicità l'area dell'Appennino meridionale presenta una storia sismica tra le più importanti d'Italia, sia in termini di intensità che di frequenza dei terremoti. Le zone maggiormente interessate da eventi sismici sono quelle ubicate prevalentemente in corrispondenza del fronte della catena appenninica. Nel territorio di Forenza è storicamente documentata un'attività sismica di considerevole intensità. In un raggio inferiore 25 Km da Forenza ricadono diverse zone sismogenetiche: in particolare vi ricadono la zona 927 (Sannio-

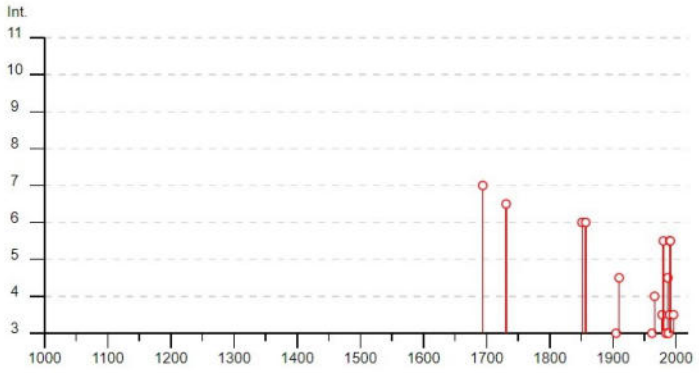
Irpinia-Basilicata) che rappresenta l'area caratterizzata dal massimo rilascio di energia legata alla distensione generalizzata che, a partire da circa 0,7 Ma, ha interessato l'Appennino meridionale e le zone 925 (Ofanto), 926 (Basento) dotate di cinematica trascorrente destra ed orientazione generale circa E-W (Fig. 7).



Fig. 7 *– Zonazione sismogenetica ZS9 (I.N.G.V.)*

A completamento di questo paragrafo in tabella IV si riportano i risultati di uno studio eseguito su tutto il territorio nazionale, che considera la ricorrenza dei forti terremoti dall'anno 1000 al 2000 (Fonte INGV DBMI15). Per una completa comprensione della tabella si consideri che la colonna "*effetti*" riporta, in termini di intensità (Is), quanto forte è stato avvertito il terremoto a Forenza e nell'immediato circondario, mentre la colonna *in occasione del terremoto di*:" riporta, oltre al toponimo dell'area epicentrale, quanto "*forte*" è stato il terremoto sia in termini di intensità sia di magnitudo. Da un'analisi dei dati si evince che l'attività maggiormente risentita è legata in prevalenza alla sismicità dell'Appennino Meridionale: i terremoti che hanno causato gli effetti più rilevanti sono quelli del 1694, 1731, 1851, 1857, 1905, 1910, 1915, 1930, 1963, 1980, 1991, 1996 e 2004.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1694	09	08	11	40		Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
6-7	1731	03	20	03			Tavoliere delle Puglie	49	9	6.33
6	1851	08	14	13	20		Vulture	103	10	6.52
6	1857	12	16	21	15		Basilicata	340	11	7.12
NF	1899	08	16	00	05		Subappennino dauno	32	6	4.57
NF	1905	03	14	19	16		Avellinese	94	6-7	4.90
3	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11	6.95
NF	1905	11	26				Irpinia	122	7-8	5.18
4-5	1910	06	07	02	04		Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
NF	1915	01	13	06	52	43	Marsica	1041	11	7.08
2	1930	11	06	21	56		Alta Murgia	16	5	4.41
NF	1957	05	03	03	29	34	Potentino	36	5	4.09
3	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
NF	1963	02	13	12	45		Potentino	31	7	5.19
4	1966	07	06	04	24		Alta Murgia	46	4	4.26
3-4	1978	09	24	08	07	44	Materano	121	6	4.75
5-6	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
3	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	911	8	5.86
NF	1984	05	11	10	41	4	Monti della Meta	342	7	5.47
4-5	1987	01	28	05	33	2	Potentino	62	5	4.54
3	1988	04	26	00	53	4	Adriatico centrale	78		5.36
NF	1989	05	29	11	19	1	Appennino lucano	77	5	4.34
5-6	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
3-4	1990	08	28	19	02	5	Potentino	84		4.21
5-6	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
3-4	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
2	1998	04	07	21	36	0	Valle dell'Ofanto	45	5	4.31
NF	1998	04	26	05	38	0	Potentino	67	4-5	3.76
NF	2002	04	18	20	56	4	Appennino lucano	164	5	4.34
NF	2004	02	23	19	48	4	Appennino lucano	107	4-5	3.82
NF	2004	02	24	05	21	2	Appennino lucano	140	5	4.21
NF	2004	09	03	00	04	1	Potentino	156	5	4.41
2	2006	05	29	02	20	0	Gargano	384		4.64



***Tab. IV** – Osservazioni sismiche disponibili per l'area di Forenza*

6.3. Pericolosità sismica di base

L'azione sismica sulle costruzioni è generata dal moto non uniforme del terreno di sedime per effetto della propagazione delle onde sismiche. Il moto sismico eccita la struttura provocandone la risposta elastica che va riferita e controllata negli aspetti di sicurezza e di prestazioni attese.
Le azioni sismiche di progetto si definiscono in base alla pericolosità sismica del sito di costruzione che a sua volta è definita, ai sensi delle NTC, in termini di accelerazione orizzontale massima a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale di categoria A, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente Se(T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R.
La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata direttamente per il sito in esame, sulla base delle informazioni disponibili nel reticolo di riferimento riportato nella tabella 1 dell'allegato B del D.M. 14 Gennaio 2008. I tre parametri spettrali sono:

a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno;
Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
T*c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascuno dei nodi del reticolato sono forniti i tre parametri spettrali.
Per un punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p (a_g, F_0, T^*_c) di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenete il punto in esame, attraverso la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^{4} \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^{4} \frac{1}{d_i}}$$

dove:

- p è il parametro di interesse nel punto in esame;
- p_i è il valore del parametro di interesse nell'i-esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;
- d_i è la distanza del punto in esame dall'i-esimo punto della maglia suddetta.

Se il tempo di ritorno considerato non coincide con nessuno dei 9 tempi di ritorno forniti in Tabella 1, il valore del generico parametro p(a_g; F_0; T^*_c) ad esso corrispondente potrà essere

ricavato per interpolazione (tra i valori dei parametri corrispondenti ai due tempi di ritorno che comprendono quello di calcolo) con la formula seguente:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

Dove:

- p è il valore del parametro di interesse corrispondente al periodo di ritorno T_R considerato
- T_{R1} e T_{R2} sono i valori del tempo di ritorno più prossimi a T_R per i quali si dispone dei valori di p1 e p2

Per le aree di progetto, la definizione dell'azione sismica di progetto è definita a partire dai parametri riportati di seguito:

Ubicazione dell'opera di progetto (Coord. ED50)	**Latitudine**	**Longitudine**
Forenza –	***40,82118***	***15,847787***

Da progetto	
Classe dell'edificio	**III**
Vita nominale	**50**
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	**75**

Caratteristiche sismiche

Stato Limite	**Tr [anni]**	**a_g [g]**	**Fo**	**Tc* [s]**
Operatività (SLO)	45	0,054	2,493	0,312
Danno (SLD)	75	0,067	2,581	0,337
Salvaguardia vita (SLV)	712	0,171	2,591	0,468
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0,223	2,595	0,477

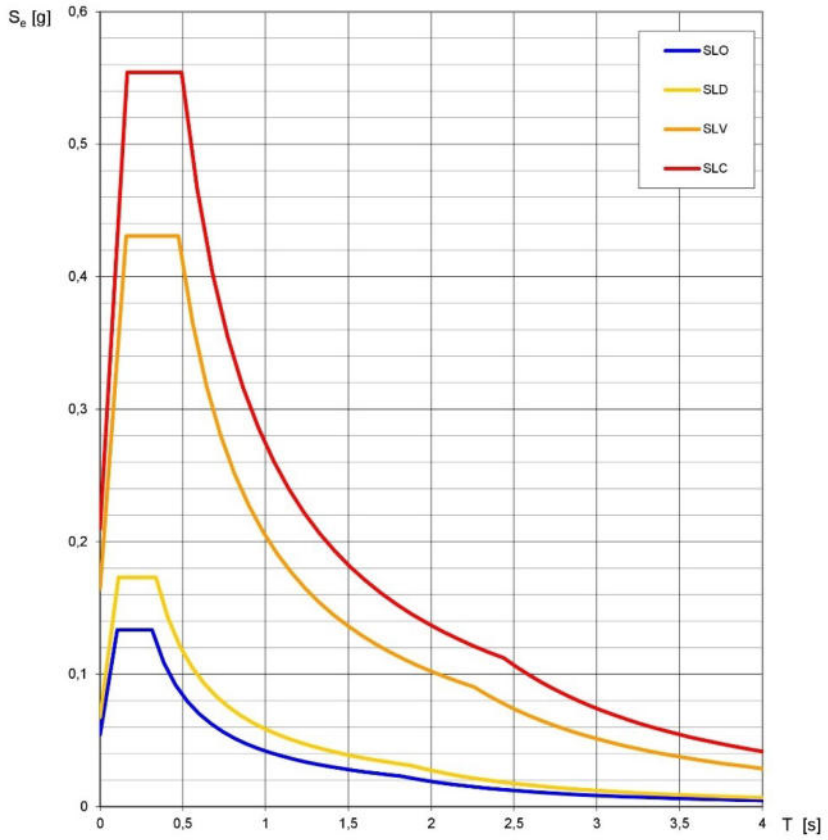
Coefficienti sismici

Stato Limite	Ss	Cc	St	kh	kv	Amax	Beta
Operatività (SLO)	1,50	1,54	1,00	0,014	0,007	0,787	0,180
Danno (SLD)	1,50	1,50	1,00	0,018	0,009	0,981	0,180
Salvaguardia vita (SLV)	1,43	1,35	1,00	0,059	0,029	2,398	0,240
Prevenzione collasso (SLC)	1,35	1,34	1,00	0,093	0,047	2,951	0,310

Otteniamo così 4 spettri di risposta validi per roccia affiorante e superficie topografica pianeggiante, che costituiscono nell'insieme la cosiddetta risposta sismica di base, ossia relativa ad un sito con roccia affiorante e con superficie topografica orizzontale (il segnale sismico è privo di amplificazioni) (Fig. 8). Abbiamo individuato la pericolosità sismica di base.

Elaborazioni effettuate con *"Spettri-NTCver.1.0.3.xls"*

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. L'ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Fig. 8 *– Spettri di risposta elastici corrispondenti ai parametri sopra indicati.*

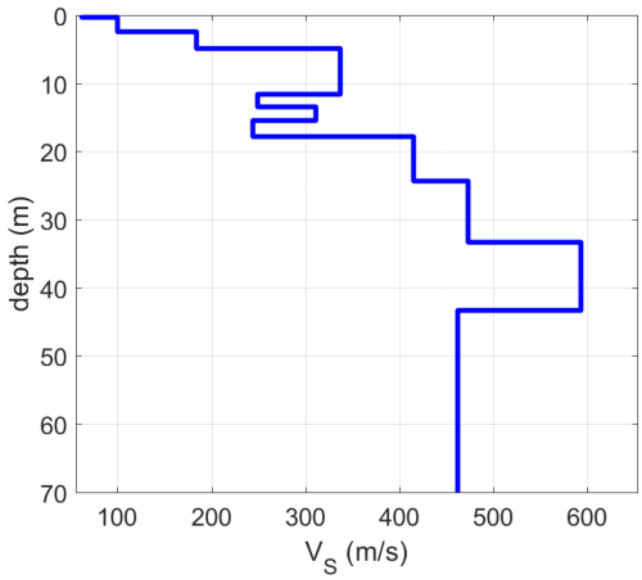
6.4. Caratterizzazione dinamica

La normativa prevede la caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo definendo cinque tipologie di suoli da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m di terreno (Vs30).

Per la determinazione delle Vs30 sono state utilizzate misure dirette in sito tramite prove sismiche. Le metodologie d'indagine utilizzate sono state: prospezioni MASW e misure di microtremore.

Il modello del terreno ricavato dall'inversione congiunta dell'indagine sismica MASW1 multicomponente ricostruisce una profondità del bedrock sismico superiore ai 30 m. Le velocità delle onde S variano da 130 a 510 m/s (Fig. 9). I valori di Vs nei primi 5,3 m di profondità sono comprese tra 130 e 170 m/s. A profondità maggiori si osserva un aumento delle Vs con i valori delle velocità che non superano i 280 m/s fino a circa 20 m; a partire da questa profondità i valori di Vs aumentano gradualmente fino ad attestarsi su valori di circa 500 m/s, intorno alla profondità di 30 m (Fig. 9).

La velocità media di propagazione delle onde S entro i primi 30 m tenendo conto degli spessori degli strati per lo stendimento MW1 è pari a **Vs30 = 271 m/s,** Tali dati permettono di classificare il terreno di progetto come di **tipo C** [*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.].



Vs model (Vs30 & VsE @ surface: 271 271 m/s)

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	62	0.3100	0.3100
2	100	2.1200	2.4300
3	184	2.4600	4.8900
4	337	6.7100	11.6000
5	249	1.8500	13.4500
6	311	2	15.4500
7	244	2.3700	17.8200
8	415	6.5200	24.3400
9	473	8.9800	33.3200
10	593	10	43.3200
11	462	35	78.3200
12	842	0	0

Fig. 9 *- Profilo delle velocità delle onde di tipo S nei primi 30 m di profondità, MW1.*

7 RISPOSTA SISMICA LOCALE

I caratteri del moto sismico, in un determinato sito, dipendono sostanzialmente da tre fattori: il meccanismo focale del terremoto, la trasmissione delle onde dall'epicentro al sito con relative trasformazioni ed attenuazioni, la trasmissione del segnale sismico da una formazione rocciosa di base *(bedrock)* alla superficie attraverso le stratificazioni di terreni sciolti che ricoprono il *bedrock*.
Schematizzando il problema, la risposta sismica locale si riferisce alle caratteristiche del moto sismico in fase di affioramento in superficie, modificato in relazione alle proprietà geotecniche dei terreni attraversati e delle condizioni morfologiche del sito.
Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale consente di definire ***le modifiche che un segnale sismico subisce***, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A).
Le norme NTC2018 al Paragrafo 3.2.2 recitano: "Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi ……. In assenza di tali analisi, per la valutazione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento ……".
La risposta sismica di base va ulteriormente sviluppata considerando l'amplificazione sismica in funzione delle condizioni litostratigrafiche e topografiche. L'effetto di amplificazione delle onde sismiche dovuto alla successione stratigrafica e alla presenza di alture viene applicato tramite opportuni coefficienti, che variano la risposta sismica in intenistà e frequenza (periodo). Nella normativa europea ed italiana esistono 5 principali categorie di sottosuolo A, B, C, D, E. la categoria A coincide con la risposta sismica di base, in mancanza di amplificazione topografica.

APPROCCIO SEMPLIFICATO

Amplificazione stratigrafica

L'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale può essere valutata in prima approssimazione con riferimento alle categorie di sottosuolo. Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima (a_{max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di a_{max} può essere ricavato dalla relazione:

$$a_{max} = S_s \cdot a_g$$

dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica.

Amplificazione topografica

Per la progettazione o la verifica di opere e sistemi geotecnici realizzati su versanti e per l'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii, la valutazione dell'amplificazione topografica può essere effettuatua mediante analisi di risposta sismica locale o utilizzando il coefficiente di amplificazione topografica S_T.

Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica **S_T**

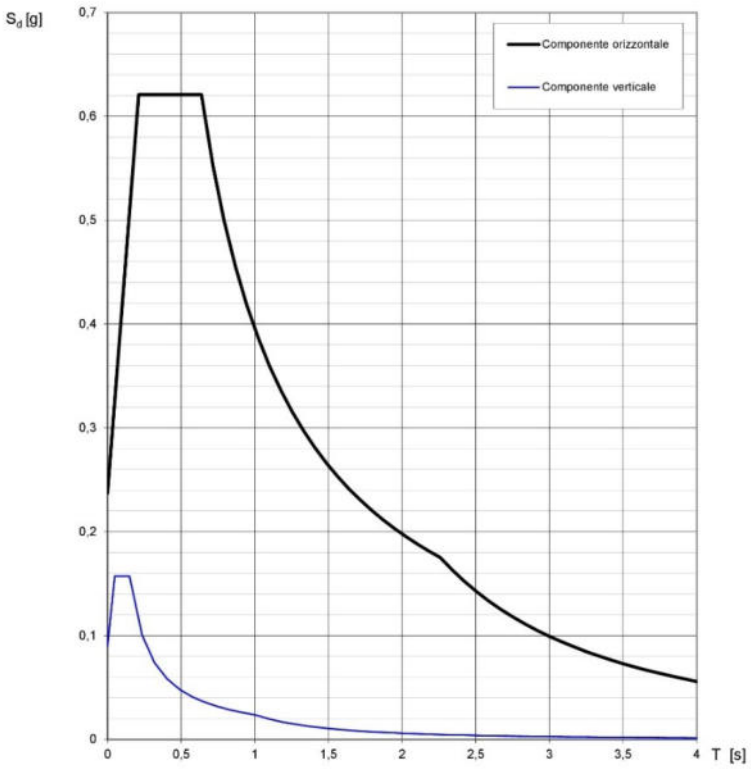
Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Il parametro S_T deve essere applicato nel caso di configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, di altezza supoeriore a 30 m. Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15°.
Nell'area di progetto, nello stato limite per la salvaguardia (SLV), vengono riconosciute le caratteristiche evidenziate di seguito.

Caratteristiche stratigrafiche e topografiche del sito	
Categoria di suolo	**C**
Condizioni topografiche	**T_1**
Amplificazione stratigrafica (S_s) per terreni di categoria C	**1,50**
Amplificazione topografica (S_t)	**1,0**

Elaborazioni effettuate con "*Spettri-NTCver.1.0.3.xls*"

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. L'ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

8 MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

8.1. Stratigrafia

In base ai dati raccolti, alle informazioni ricavate dalla bibliografia e alle indagini eseguite si evincono alcune considerazioni di carattere generale sulla stratigrafia del sito.
L'area di progetto geologicamente corrisponde all'area occupata dalla formazione flyschiode del Numidico che è costituita da quarzareniti e sabbie a cui si intercalano sedimenti argillosi-siltosi di colore grigio-verdi.
Dalle indagini effettuate e dalla loro correlazione con le indagini pregresse (trincee SC1 e SC2) è emerso che nell'area di progetto affiorano prevalentemente, i sedimenti prevalentemente

argilloso-limosi per uno spessore di circa 10 m, a cui si intercalano livelli lapidei, prevalentemente arenacei, con modesto stato cementazione e sabbie.
In particolare, dagli scavi geognostici e dalla loro correlazione si ottiene la seguente stratigrafia del sottosuolo:

1. copertura detritica scarsamente addensata costituita da terreno argilloso con limo con frustoli vegetali ed inclusi lapidei, di colore marrone chiaro-giallo ocra. Lo spessore è variabile fino ad un massimo di 1,5 m (coltre eluvio-colluviale);
2. terreni argilloso limoso e sabbiosi con spessore variabile lateralmente fino ad un massimo di 10 m (litofacies pelitica nel Flysch Numidico);
3. sabbie ed arenarie scarsamente cementate di colore giallo ocra (litofacies lapidea nel Flysch Numidico);
4. Sabbie quarzoso-feldspatiche compatte e massive con livelli di argille verdi (formazione della Serra Palazzo).



Fig. 10 *– Scavo geognostico con escavatore meccanico.*

Anche dall'interpretazione del profilo sismico a rifrazione si evince la presenza di uno strato superficiale abbastanza continuo e con spessore di circa 1,5 m. Le velocità sismiche di questo strato sono estremamente basse, al di sotto dei 400 m/s, che può essere correlata alla coltre eluvio-colluviale supeficiale. Al di sotto si rinviene uno strato altrettanto continuo con spessore di circa 3 m e velocità delle onde P che vanno da 400 m/s a 1500 m/s. intorno ai 4,5/ 5 m si profondità si raggiungono velocità delle onde P intorno ai 1500 m/s.

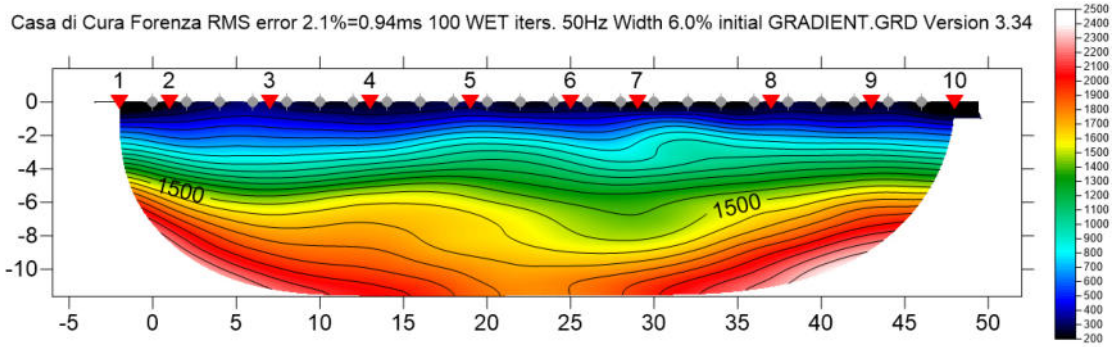


Fig. 11 *– Tomografia sismica ricavata dall'inversione dei primi arrivi della sismica a rifrazione*

Si sottolinea che l'interpretazione della sismica a rifrazione è stata interrotta in corrispondenza della misura dei 1500 m/s in quanto siamo in presenza di un terreno saturo. In questi casi, a partire da quella profondità, la prova sismica a rifrazione non fornisce risultati affidabili.

8.2. Caratterizzazione geotecnica

La caratterizzazione dal punto di vista geotecnico dei terreni dell'area di indagine è stata effettuata, sulla base dei risultati delle analisi di laboratorio effettuate su un campione di terreno prelevato in uno dei pozzetti esplorativi effettuati e su dati geotecnici di bibliografia (Allegato 2 – Certificato di laboratorio).
Di seguito si riporta un quadro riepilogativo dei parametri geotecnici relativi alle diverse unità individuate, rimandando all'ALLEGATO 2 per una completa ed esplicita descrizione e interpretazione delle prove stesse.

	Parametri geotecnici caratteristici				Taglio diretto CD	
	Litologia	γn KN/m^3	γsat KN/m^3	spessore m	$\phi'°$	C' KPa
A	argilla con limo-sabbiosa con frustoli vegetali (coltre eluvio colluviale scarsamente addensata)	**17 - 19**	**20,4**	**~ 1,5**	**13,5 - 20**	**5 - 10**
B	quarzareniti e sabbie di colore giallo ocra (Flysch Numidico)	**17,0**	**18,0**	**~ 2,5**	**20 - 27**	**5 - 15**
C	argilla limoso-sabbiosa (Flysch Numidico)	**18,0**	**18,4**	**~ 10**	**15,7**	**5**
27D	sabbie quarzoso-feldspatiche (Serra Palazzo)	**19,0**	**21,00**	**~ 5**	**28 - 34**	**30 - 70**

0.γ_n = Peso di volume naturale; γ_{sat} = Peso di volume saturo; c' = Coesione;
ϕ' = angolo di resistenza al taglio, Cu = coesione non drenata

8.3. Modello geologico e geotecnico

In estrema sintesi ed in riferimento alla caratterizzazione geotecnica, i terreni oggetto di indagine possono essere suddivisi nelle seguenti unità:

- Copertura detritica a prevalente componente argilloso limoso sabbiosa scarsamente addensata, con assetto caotico e una giacitura indistinta (Unità A);
- terreni del substrato costituiti da argille limoso-sabbiose (Unità B);
- terreni del substrato costituiti da sabbie e quarzareniti scarsamente cementate (Unità C);
- sabbie e arenarie quarzoso-feldspatiche con sottili intercalzioni di argille grigio-verdi (Unità D).

9 CONCLUSIONI

Lo studio riportato nella seguente relazione ha fornito un quadro dettagliato delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, litotecniche e sismiche dei terreni presenti nell'area di progetto.
In particolare, dallo studio effettuato, si evince quanto segue.

- L'area oggetto di studio è caratterizzata dall'affioramento di terreni argillosi e argilloso-limoso-sabbiose colore grigio-verde che si intercalano a strati di sabbie e quarzareniti, e complessivamente sono riferibili alla formazione del Flysch Numidico. Questi depositi poggiano su una successione arenaceo-pelitica della formazione di Serra Palazzo che è costituita da sabbie e arenarie con sottili intercalazioni di argille siltose grigio-verdi e marne. Una coltre superficiale di ricoprimento di spessore variabile fino ad un massimo di 1,5 m ricopre il tutto.
- Da un punto di vista geomorfologico l'area di studio è ubicata immediatamente a ovest della collina sulla quale sorge l'abitato di Forenza, ai piedi della collina su cui si erge il cimitero del paese e la zona PAIP. Tale collina raggiunge la quota di 765 m ed è caratterizzata da pendenze variabili, moderatamente acclive sul versante nord-orientale e molto più acclive sul versante sud-occidentale. Nell'area di progetto non sono stati rilevati fenomeni connessi a movimenti pregressi o in atto, anche se il versante meridionale è come già ribadito interessato da fenomeni di questo tipo, ma sono ubicati ad una distanza tale dall'area di progetto che si rietiene non possano in alcun modo interferire con essa. Si rinviene una coltre eluvio colluviale, di ricoprimento che non supera lo spessore di 1,5 m.
- Da un punto di visto idrogeologico, gli studi effettuati e, come evidenziato anche dalle indagini geognostiche effettuate, a circa 5 m di profondità potrebbe essere presente una circolazione idrica sotterranea, nei livelli sabbioso-arenacei del Flysch Numidico sostenuta dalle intercalazioni argilloso-limosi della medesima formazione. Tre unità idrogeologico si riconoscono e sono: un'unità a medio-bassa permeabilità per porosità rappresentata dai depositi limoso-argilloso-sabbiosi scompaginati della coltre detritica superficiale; un'unità a medio-bassa permeabilità per porosità e/o per fratturazione rappresentata dai depositi prevalentemente sabbioso-arenacei della formazione della Serra Palazzo e quarzarenitici della flysch Numidico (substrato); unità a bassa permeabilità e/o impermeabile i depositi prevalentemente argillosi che si intercalano ai depositi arenacei, nell'ambito delle formazioni del Flysch Numidico e della Serra Palazzo.
  Durante l'escavazione dei pozzetti esporativi non è stata comunque rinvenuta alcuna falda idrica.
- Le caratteristiche geologiche e geotecniche specifiche per i terreni di fondazione sono state desunte da indagini di laboratorio effettuate su campioni di terreno prelevati. Si precisa che i primi 5 m di terreno presentano caratteritiche geotecniche e sismiche scadenti; procedendo in profondità le caratteristiche tendono a migliorare.
  La tabella riassume i parametri caratteristici delle unità litotecniche individuate.

	Parametri geotecnici caratteristici				Taglio diretto CD	
	Litologia	γn KN/m³	γsat KN/m³	spessore m	ϕ'°	C' KPa
A	argilla con limo-sabbiosa con frustoli vegetali (coltre eluvio colluviale scarsamente addensata)	**17 - 19**	**20,4**	**~ 1,5**	**13,5 - 20**	**5 - 10**
B	quarzareniti e sabbie di colore giallo ocra (Flysch Numidico)	**17,0**	**18,0**	**~ 2,5**	**20 - 27**	**5 - 15**
C	argilla limoso-sabbiosa (Flysch Numidico)	**18,0**	**18,4**	**~ 10**	**15,7**	**5**
27D	sabbie quarzoso-feldspatiche (Serra Palazzo)	**19,00**	**21,00**	**~ 5**	**28 - 34**	**30 - 70**

- Sulla base delle indagini geofisiche eseguite dalla scrivente è possibile attribuire al sito d'interesse progettuale, la seguente tipologia di suolo: "**C**": "***Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*** **con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".**
- In relazione al D.M. 14-01-2008 e aggiornamento delle norme tecniche del 17/01/2018, nell'area è stata riconosciuta una sola microzona. I parametri sismici, per la salvaguardia della vita umana, sono rappresentati da: **a_g pari a 0,171; Fo pari a 2,591; T*c pari a 0,468. La microzona di interesse progettuale ha le seguenti caratteristiche sismiche:** categoria di suolo di fondazione di tipo"**C**" (ai sensi O.P.C.M. 3274/03); coefficiente di amplificazione stratigrafica (S_S)= 1,50; coefficiente di amplificazione topografica (S_T) = (T1) = 1; **Accelerazione orizzontale massima del suolo (PGA) = ag * Ss * S_T = 0,256.**

Genzano di Lucania 13/10/2022 ***La Geologa***

Dr Antonietta Cilumbriello



RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

OGNIBEN (1969) – SCHEMA INTRODUTTIVO ALLA GEOLOGIA DEL CONFINE CALBRO-LUCANO. MEM. SOC. GEOL. IT., **35**: 177-202.

BOENZI, PALMENTOLA & VALDUGA (1971) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, F° 200 Tricarico.*

D'ARGENIO, PESCATORE & SCANDONE (1973) – *Schema geologico dell'Appennino meridionale (Campania e Lucania)*. Acc. Naz. Lincei, Pubbl. N°**280**; 49-72

DE CELLES P. G. & GILES K. A. (1996) - *Foreland basin systems.* Basin Research, **8**, 105-123.

GALLICCHIO S. & MAIORANO P. (1999) – *Revised stratigraphy of the Serra Palazzo Formation, a Miocene foredeep turbidite succession of the Southern Apennines (Italy).* Riv. It. Paleont. E Stratig., **105**, n° 2, 287-302

LABRIOLA M, ONOFRIO V., GALLICCHIO S. & TROPEANO M. (2008) - *Caratteri stratigrafico-strutturali della porzione frontale dell'Appennino lucano compresa fra Acerenza e Oppido Lucano (Potenza, Basilicata).* Mem. Descr. Carta Geol. D'It. **LXXVII**, 111-118.

MERLIN, LA VOLPE, NAPPI, PICCARRETA, REDINI, & SANTAGATI (1971) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, F° 186,187 Sant'Angelo de' Lombardi, Melfi.*

PATACCA E. & SCANDONE P. (2001) - *Late thrust propagation and sedimentary response in the thrust belt-foredeep system of the Southern Apennines (Pliocene-Pleistocene).* In: G.B. VAI & I.P MARTINI (Eds.): «*Anatomy of an Orogen*». Kluwer Academic Publ.: 401-440.

PATACCA E. & SCANDONE P. (2004) – *The Plio-Pleistocene thrust belt-foredeep system in the southern Apennines and Sicily (Italy).* Soc. Geol. It., Vol. Spec., IGC 32 Florence.

PIERI P., GALLICCHIO S., SABATO L. & TROPEANO M. – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*. Foglio 471 IRSINA.

PESCATORE T., DI NOCERA S. & MATANO F. – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*. Foglio 470 POTENZA.

Regolamento Urbanistico e Regolamento Edilizio in formazione del Comune di Forenza