

COMUNE DI ROSETO DEGLI ABRUZZI

(Provincia di Teramo)



Ampliamento di un Poliambulatorio.

Località Via Scozia Piane Vomano.

RELAZIONE GEOLOGICA

Committente: Radiosanit S.r.l.

Giulianova, gennaio 2025

Il Geologo
Dr. Mirco ANGELINI

Mirco Angelini Via Colle Pizzuto 3, 64021 Giulianova (TE). Tel.348/2200251

INDICE

1.0 PREMESSA	Pag.2
2.0 CENNI DI GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	Pag.3
3.0 STRATIGRAFIA	Pag.4
4.0 PROVE IN SITO	Pag.8
5.0 GEOTECNICA	Pag.9
5.1 SISMICITA'	Pag.11
6.0 CONCLUSIONI	Pag.13

ALLEGATI

STRALCIO AEROFOTOGRAMMETRICO SCALA 1:5.000

PLANIMETRIA DELL'AREA CON UBICAZIONE INDAGINI

MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

STRALCIO DI CARTA DELLE MOPS

RISULTATI DELLE PROVE PNETROMETRICHE DINAMICHE

RISULTATI DELLA PROVA HVSR

1.0 PREMESSA

La presente relazione, redatta per conto della Radiosanit S.r.l., prende in esame gli aspetti di carattere geologico e sismico inerenti la realizzazione di un ampliamento del poliambulatorio esistente; l'opera è ubicata in via Scozia 13 del Comune di Roseto degli Abruzzi (TE).

Il lotto edificabile è compreso nei Foglio di mappa catastale n°52 in scala 1:2.000 del Comune di Roseto degli Abruzzi, particelle da n° 614 a 619 compresa.

Allo scopo di accertare la natura e il grado di consistenza del sottosuolo e le caratteristiche sismiche della zona, sono state eseguite tre prove penetrometriche dinamiche, con penetrometro super pesante, spinte fino al rifiuto all'infissione. La velocità delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità sono state rilevate con una prova HVSR.

Ulteriori informazioni geologiche provengono da alcune indagini (in particolare prove penetrometriche sia statiche che dinamiche) eseguite nella vicina zona industriale e per edifici di civile abitazione.

Le pagine che seguono si propongono di illustrare i risultati dell'indagine geologica.

La campagna dei rilievi è stata effettuata secondo le "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche A.G.I (1977)" e lo studio geologico è stato eseguito in conformità a quanto previsto dalle vigenti norme (Legge n. 64 del 2/2/74 e successivi D.M., con particolare riguardo al D.M. del 11/3/88 e relative istruzioni – Legge 11/02/94 n°109 e successive modifiche ed integrazioni, D.M. del 16/01/96 "norme per le costruzioni in zona, D.G.R. n. 1046/2003 nuova classificazione sismica, D.M. del 14/09/2005 e successive modifiche e NTC2018), estendendole a quella parte di sottosuolo (volume significativo) influenzato, direttamente o indirettamente dall' opera.

2.0 CENNI DI GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

L'area in esame è ubicata nel comprensorio comunale di Roseto degli Abruzzi, in una vasta pianura alluvionale limitata da una fascia collinare di natura argillosa e a Sud, dall'alveo del Fiume Vomano.

Il corso del Fiume Vomano ha subito durante il Quaternario, una progressiva migrazione del proprio alveo nell'ambito del bacino; il risultato di tale migrazione è la presenza di vaste superfici tabulari ubicate a Nord e a Sud rispetto all'attuale alveo.

La dinamica fluviale ha operato erodendo un substrato argilloso marnoso di colore grigio-azzurro, riferibile secondo vari studi al Pliocene superiore e depositando al di sopra della superficie erosiva, estesi banchi di ghiaia in matrice sabbiosa e/o limosa.

I depositi alluvionali antichi e recenti formano quindi terrazzi più o meno ampi, posti a varie altezze e a notevoli distanze rispetto all'attuale alveo.

La continuità morfologica e l'estensione dei terrazzi aumentano al decrescere dell'età della messa in posto e quindi al decrescere del dislivello rispetto alla zona dell'alveo. I terrazzi più antichi sono localizzati quasi esclusivamente sul lato sinistro della valle, i più recenti occupano aree poco estese anche sul versante destro.

I depositi ghiaiosi di terrazzo sono coperti da una spessa coltre di origine detritica (colluvioni); tale coltre nella zona in studio, è rappresentata da limo argilloso di colore marrone.



3.0 STRATIGRAFIA

L'esecuzione di tre prove penetrometriche dinamiche super pesanti (massa battente di 63,50 Kg), ha permesso di caratterizzare il terreno di fondazione fino alla profondità massima di -10.00 metri dalla superficie.

In tale indagine si contano i numeri di colpi necessari per fare avanzare una punta in acciaio di dimensioni standard nel terreno, per tratti di 20 cm. La punta, collegata ad un sistema di aste a prolunga, avanza sotto i colpi di un maglio di peso standard che cade da un'altezza standard.

Il sistema DPSH presenta le seguenti caratteristiche:

Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,504
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90°

Le prove penetrometriche sono state estese fino alla profondità massima di -10,00 metri, e hanno attraversato per intero un terreno di tipo coesivo, per poi giungere ai depositi alluvionali del f. Vomano.

I diversi strati vengono di seguito descritti:

- **Coltre di riporto**

E' stata individuata in tutte le prove realizzate, fino alla profondità di -1.20 metri dalla superficie. E' costituito da limo a consistenza bassa.

- **Coltre colluviale**

La coltre colluviale è rappresentata da un deposito di tipo essenzialmente limoso e argilloso, di colore marrone, con noduli e patine di precipitazione di colore biancastro. Nella zona di indagine è stato attraversato fino alla profondità di -9,00 metri.

Lo strato colluviale deriva dalla sedimentazione delle particelle di fino, trascinate verso valle dalle acque di scorrimento superficiale, in un lungo periodo di tempo. Negli intervalli temporali non caratterizzati dalla sedimentazione, si sono formati dei suoli che con il loro spiccato colore

marrone scuro, intercalano a vari livelli e con spessori decimetrici, la coltre colluviale.

In base a considerazioni di carattere geomeccanico, sono stati individuati all'interno della coltre due strati, caratterizzati per un diverso grado di consistenza:

Nella parte sovrastante fino a profondità comprese tra 2,00 metri e 2,60 metri, è stato attraversato uno strato a media consistenza.

Successivamente il grado di consistenza della terra aumenta fino a potere essere definita consistente.

- Depositi alluvionali del f. Vomano

Attraverso un contatto netto, alla profondità di circa -9.00 metri dalla superficie, il deposito limoso fa posto ai sedimenti alluvionali del Fiume Vomano. Lo strato è costituito da ghiaia ad elementi calcarei di varie dimensioni, mista a sabbia e limo in percentuali variabili da luogo a luogo.

Lo strato di ghiaia costituisce un insieme che si rinviene in aree molto vaste, ed è stato individuato anche in occasione di precedenti indagini eseguite nella vicina zona industriale.

Lo strato di ghiaia è continuo fino al contatto con la sottostante argilla marnosa grigio-azzurra Pliocenica che rappresenta il substrato geologico della zona.

Per quanto riguarda l'idrogeologia fino alla profondità raggiunta con le prove non è stata individuata alcuna falda idrica. E' nota la presenza di acqua sotterranea che si muove all'interno delle ghiaie fluviali; l'argilla pliocenica di base rappresenta il substrato impermeabile.

-

Studio di GEOLOGIA Dott. Mirco Angelini			COMMITTENTE: RADIOSANIT S.R.L. LOCALITA': Roseto degli Abruzzi (TE)		DATA: Febbraio 2022					
Spessori	Quote	Stratigrafia	DESCRIZIONE	Pocket Penetrometro Kg/cmq. 1 2 3 4 5					FALDA	
1.20	1.20		Terreno vegetale limoso debolmente argilloso o riporto limoso.						ASSENTE	
7.80	9.00		Intercalazioni di strati e livelli di limo argilloso e limo debolmente sabbioso, di colore nocciola, con livelli di paleosuolo, argillosi o limosi, di colore marrone scuro. Mediamente consistente fino a -2,60 metri e consistente da -2.60 metri in poi. (Coltre colluviale).							
1.00	10.50		Ghiaia fine media con sabbia, addensata. (Depositi alluvionali del f. Vomano).							
Note: MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO RADIOSANIT.										

4.0 PROVE IN SITO

- Prove penetrometriche dinamiche (DPSH)

In un sito con caratteristiche geologiche praticamente uguali a quello studiato, sono state eseguite delle prove penetrometriche dinamiche con penetrometro super pesante, i cui risultati sono sintetizzati nelle sottostanti tabelle.

La prova consiste nell'infiggere all'interno del terreno una punta conica, sotto i colpi di una massa battente dal peso di 63,50 Kg, che viene lasciata cadere da un'altezza standard.

Dalla prova è possibile stimare alcuni parametri meccanici quali la coesione non drenata, e la resistenza alla penetrazione dinamica.

PROVA DPSH N° 1			
Tratto di prova metri	N° S.P.T. equivalenti (N x1,49)	Coesione non drenata (Cu) Kg/cmq	Tipo terreno
0.00 – 1.20	7	/	Terreno vegetale e/o coltre colluviale limosa mediamente consistente/poco consistente
1.20 – 2.60	9	1.00	Coltre limosa colluviale mediamente consistente.
2.60 – 8.60	13	1.30	Coltre limosa colluviale consistente.
8.60 – 8.80	74	/	Depositi alluvionali ghiaiosi e sabbiosi del f. Vomano.

PROVA DPSH N° 2			
Tratto di prova metri	N° S.P.T. equivalenti (N x1,49)	Coesione non drenata (Cu) Kg/cmq	Tipo terreno
0.00 – 1.20	6	/	Terreno vegetale e/o coltre colluviale limosa mediamente consistente/poco consistente
1.20 – 2.00	8	0.82	Coltre limosa colluviale mediamente consistente.
2.00 – 7.00	14	1.39	Coltre limosa colluviale consistente.

PROVA DPSH N° 3			
Tratto di prova metri	N° S.P.T. equivalenti (N x1,49)	Coesione non drenata (Cu) Kg/cmq	Tipo terreno
0.00 – 1.20	4	/	Terreno vegetale e/o coltre colluviale limosa mediamente consistente/poco consistente
1.20 – 2.20	8	0.80	Coltre limosa colluviale mediamente consistente.
2.60 – 9.00	13	1.26	Coltre limosa colluviale consistente.
9.00 – 10.00	30	/	Depositi alluvionali ghiaiosi e sabbiosi del f. Vomano.

Dall'analisi dei risultati si evince che il terreno di fondazione della futura costruzione presenta un buon grado di uniformità litologica e geomecnica spostandosi da un punto all'altro di prova.

5.0 ANNOTAZIONI GEOTECNICHE

Facendo riferimento alle risultanze delle prove in sito e ai dati ottenuti dalle prove di laboratorio eseguite su terreni simili a quelli in studio, il terreno di fondazione (a partire dalla profondità di -1.20 metri, cioè escludendo la terra di riporto, può essere caratterizzato dai seguenti parametri fisici e meccanici, scelti fra quelli che meglio approssimano la situazione reale.

Coltre limosa argillosa colluviale (da -1.20 metri a -2,60 metri)

- densità naturale $\gamma = 1.80 \text{ ton/mc.}$
- coesione non drenata $C_u = 0.80 \text{ Kg/cmq.}$
- coesione consolidata drenata $c' = 0.03 \text{ Kg/cmq.}$
- angolo di resistenza al taglio $\phi' = 24^\circ$
- Modulo edometrico = 50 Kg/cmq.
- Coefficiente di sottofondo $K = 7 \text{ Kg/cm}^3$

Coltre limosa debolmente sabbiosa colluviale (da -2,60 metri a -9,00 metri)

- densità naturale $\gamma = 1.90 \text{ ton/mc.}$
- coesione non drenata $C_u = 1.30 \text{ Kg/cmq.}$
- coesione consolidata drenata $c' = 0.05 \text{ Kg/cmq.}$
- angolo di resistenza al taglio $\phi' = 26^\circ$
- Modulo edometrico = 80 Kg/cmq.
- Coefficiente di sottofondo $K = 10 \text{ Kg/cm}^3$

Ghiaia sabbiosa depositi alluvionali (Da -9,00 metri in poi)

- densità naturale $\gamma = 1.90 \text{ ton/mc.}$
- angolo di resistenza al taglio $\phi' = 36^\circ$
- Modulo edometrico = 250 Kg/cmq.

Interazione struttura terreno di fondazione

Nel caso in cui la struttura preveda un piano interrato, andrà posta particolare cura al drenaggio perimetrale, all'impermeabilizzazione delle mura e alle opere di captazione con allontanamento tramite pompa, nei confronti delle acque che possono infiltrarsi tra l'intercapedine struttura - terreno.

I depositi limosi argillosi che costituiscono il sottosuolo possiedono una scarsa permeabilità e in caso di precipitazioni copiose, le acque di infiltrazione possono permanere addossate alla struttura per un periodo di tempo abbastanza lungo. Si tenga inoltre presente che una colonna d'acqua di tre metri, esercita una pressione di tre tonnellate/mq. alla sua base.

5.1 SISMICITA'

In base al D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni", si riportano di seguito i parametri degli stati limite ultimi per il punto in esame, prefissando una vita nominale dell'edificio maggiore uguale a 50 anni e la classe dell'edificio uguale a 2.

Le coordinate del punto in base al sistema geodetico WGS84 sono i seguenti:

Latitudine 42.652407 ; Longitudine 14.003137.

The screenshot displays a software interface with two main panels. The left panel shows a map view with a red pin indicating a location. Above the map, there are two orange boxes containing coordinates: "WGS84: Lat 42.652407 - Long 14.003137" and "ED50: Lat 42.653368 - Long 14.004040". The right panel, titled "Stati limite", contains a form for selecting building class and nominal life, and a table of seismic states.

Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_o	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.051	2.430	0.278
Danno (SLD)	50	0.064	2.438	0.296
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.169	2.425	0.345
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.223	2.442	0.350

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

La categoria del suolo di fondazione, facendo riferimento ai risultati delle osservazioni stratigrafiche, e alla prova sismica con misura dei microtrempi è di **tipo B**, con velocità medie entro i primi 30 metri delle onde Vs pari a 400 m/sec. I risultati della prova sismica mostrano un picco nella frequenza di 10 Hz e quindi di interesse ingegneristico.

Considerare nei calcoli l'amplificazione topografica T1.

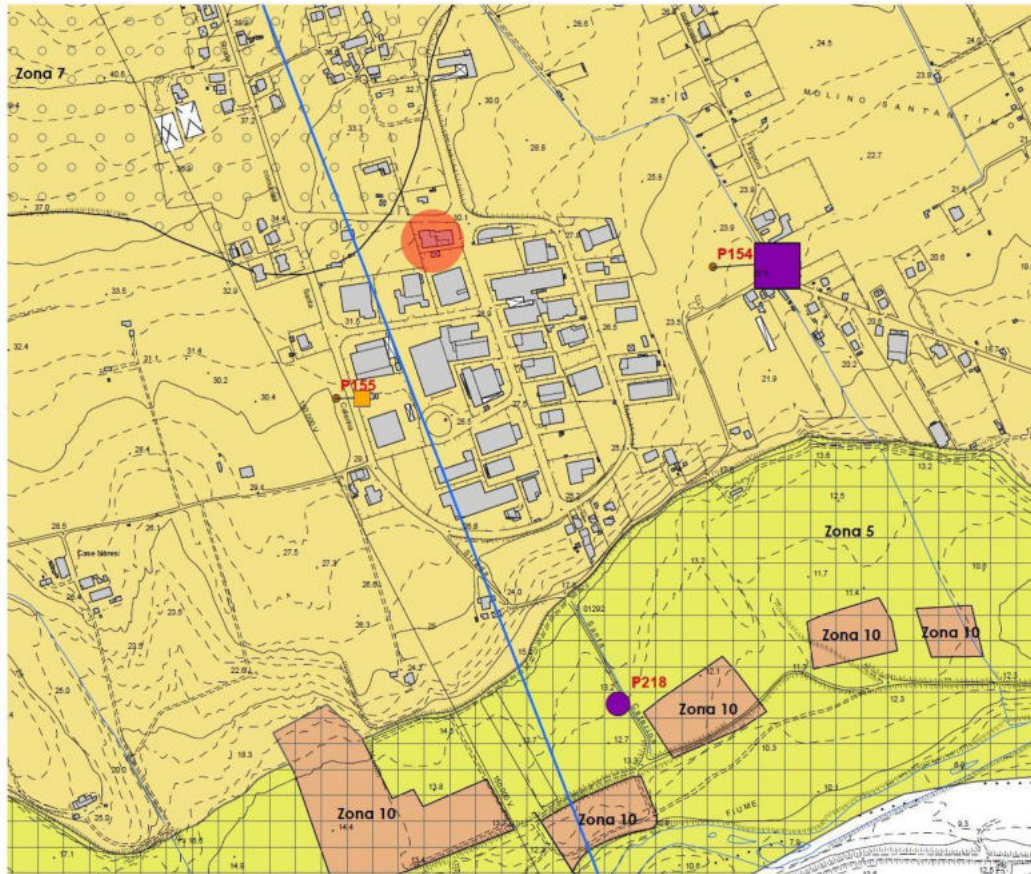
La zona è considerata nella micro zonazione di livello 1 del Comune di Roseto degli Abruzzi, come stabile ma suscettibile di amplificazione locale.

MICROZONAZIONE SISMICA

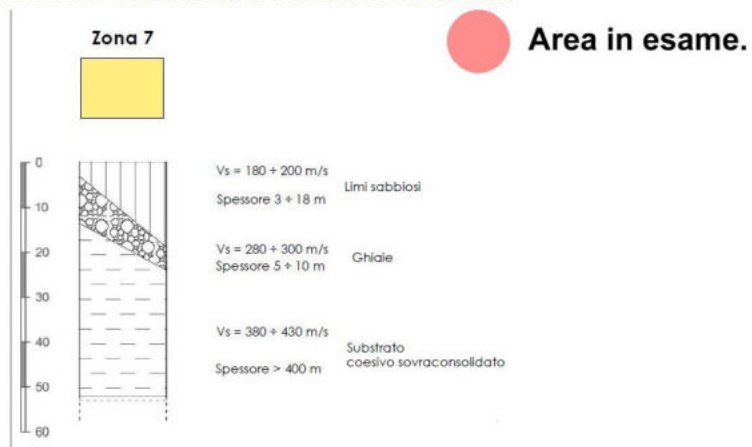
Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica e delle frequenze di risonanza

SCALA 1:5.000

Base topografica: CTR 1:5.000 fornita dal Servizio Cartografico della Regione Abruzzo - Sistema di Riferimento Geografico ICG 1984 Fuso 33N



ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI



6.0 CONCLUSIONI

A seguito delle indagini in sito eseguite nell'area edificabile e ai sopralluoghi condotti nella zona in studio, è possibile affermare quanto segue:

- 1) L'area in esame insiste in sinistra idrografica rispetto al Fiume Vomano, in un'area pressochè pianeggiante compresa in un terrazzo alluvionale recente formato dal corso d'acqua.
- 2) Il sottosuolo dell'area è costituito da un deposito colluviale di natura limosa consolidato seguito, alla profondità di -9.00 metri dalla superficie, dai depositi a grana grossa sedimentati dal Fiume Vomano.
- 3) Fino alla profondità raggiunta con le indagini (10,00 metri), non è presente una falda idrica sotterranea.
- 4) Il banco di limo colluviale, che rappresenterà il terreno di fondazione dell'edificio, presenta un grado di consistenza da medio ad elevato.
- 5) Per quanto riguarda l'interazione tra la struttura e il terreno di fondazione si rimanda a quanto indicato alla fine del capitolo "Geotecnica".
- 6) La zona è stabile da un punto di vista sismico, ma suscettibile di fenomeni di amplificazione locale.

Giulianova, gennaio 2025

Dott. Geologo Mirco ANGELINI

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

GENERALITA'

Committente:	Radiosanit	Data:	24-11-2021
Cantiere:	Roseto Degli Abruzzi	Prof.tà prova:	880 cm
Località:	Via Scozia 13	Prof.tà falda:	Falda non rilevata

CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO DINAMICO IMPIEGATO

MODELLO	
TIPO	DPSH (super pesante)
PESO MASSA BATTENTE	M = kg 63,5
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = cm 75
PESO SISTEMA DI BATTUTA	Pp = kg 30
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = mm 50,50
AREA BASE PUNTA CONICA	A = cmq 20,00
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA ASTE	L = m 1,00
PESO ASTE PER METRO	P = kg 8
LUNGHEZZA TRATTO DI INFISSIONE	$\delta = \text{cm } 20$

RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA Rpd (Formula Olandese)

$$Rpd = M^2 H / A e (M + P + Pp) \quad [\text{kg/cm}^2]$$

M = Peso massa battente [kg]

A = Area base punta conica [cmq]

P = Peso aste per metro [kg/m]

H = Altezza caduta libera [cm]

e = Infissione per colpo = 20/N [cm]

Pp = Peso sistema di battuta [kg]

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

Strati incoerenti

Dr = Densità relativa [%]

 ϕ = Angolo attrito interno [°] γ = Peso di volume [t/mc]

M = Modulo di deformazione drenato [kg/cmq]

E = Modulo di deformazione di Young [kg/cmq]

Go = Modulo di deformazione di taglio [t/mq]

Vs = Velocità onde sismiche [m/s]

Strati coesivi

Ic = Indice di consistenza

Cu = Coesione non drenata [kg/cmq]

 γ = Peso di volume [t/mc]

Ed = Modulo di deformazione non drenato [kg/cmq]

Go = Modulo dinamico di taglio [t/mq]

Dott. Geologo Mirco Angelini

Via Colle Pizzuto, 3 Giulianova (TE) - email angelini.mirco@libero.it - cell. 3482200251

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1**Tabella valori di resistenza****GENERALITA'**

Committente: Radiosanit
 Cantiere: Roseto Degli Abruzzi
 Località: Via Scozia 13

Data: 24-11-2021
 Prof.tà prova: 880 cm
 Prof.tà falda: Falda non rilevata

Prof. (cm)	N	N norm.	Rpd (kg/cm ²)	aste	Prof. (cm)	N	N norm.	Rpd (kg/cm ²)	aste
0 - 20	8	34	59,59	1	440 - 460	12	10	67,96	5
20 - 40	5	15	37,24	1	460 - 480	10	8	56,63	5
40 - 60	4	10	29,79	1	480 - 500	10	8	53,43	6
60 - 80	6	13	44,69	1	500 - 520	9	7	48,09	6
80 - 100	4	7	27,62	2	520 - 540	7	5	37,40	6
100 - 120	4	7	27,62	2	540 - 560	6	4	32,06	6
120 - 140	5	8	34,52	2	560 - 580	7	5	37,40	6
140 - 160	5	7	34,52	2	580 - 600	9	7	45,51	7
160 - 180	6	8	41,43	2	600 - 620	9	6	45,51	7
180 - 200	6	8	38,61	3	620 - 640	6	4	30,34	7
200 - 220	6	7	38,61	3	640 - 660	8	6	40,46	7
220 - 240	6	7	38,61	3	660 - 680	7	5	35,40	7
240 - 260	6	7	38,61	3	680 - 700	8	5	38,40	8
260 - 280	8	9	51,48	3	700 - 720	9	6	43,20	8
280 - 300	8	9	48,19	4	720 - 740	10	7	48,00	8
300 - 320	7	7	42,17	4	740 - 760	9	6	43,20	8
320 - 340	6	6	36,15	4	760 - 780	9	6	43,20	8
340 - 360	7	7	42,17	4	780 - 800	10	6	45,68	9
360 - 380	9	9	54,22	4	800 - 820	10	6	45,68	9
380 - 400	9	8	50,97	5	820 - 840	10	6	45,68	9
400 - 420	10	9	56,63	5	840 - 860	9	5	41,11	9
420 - 440	12	11	67,96	5	860 - 880	50	32	228,41	9



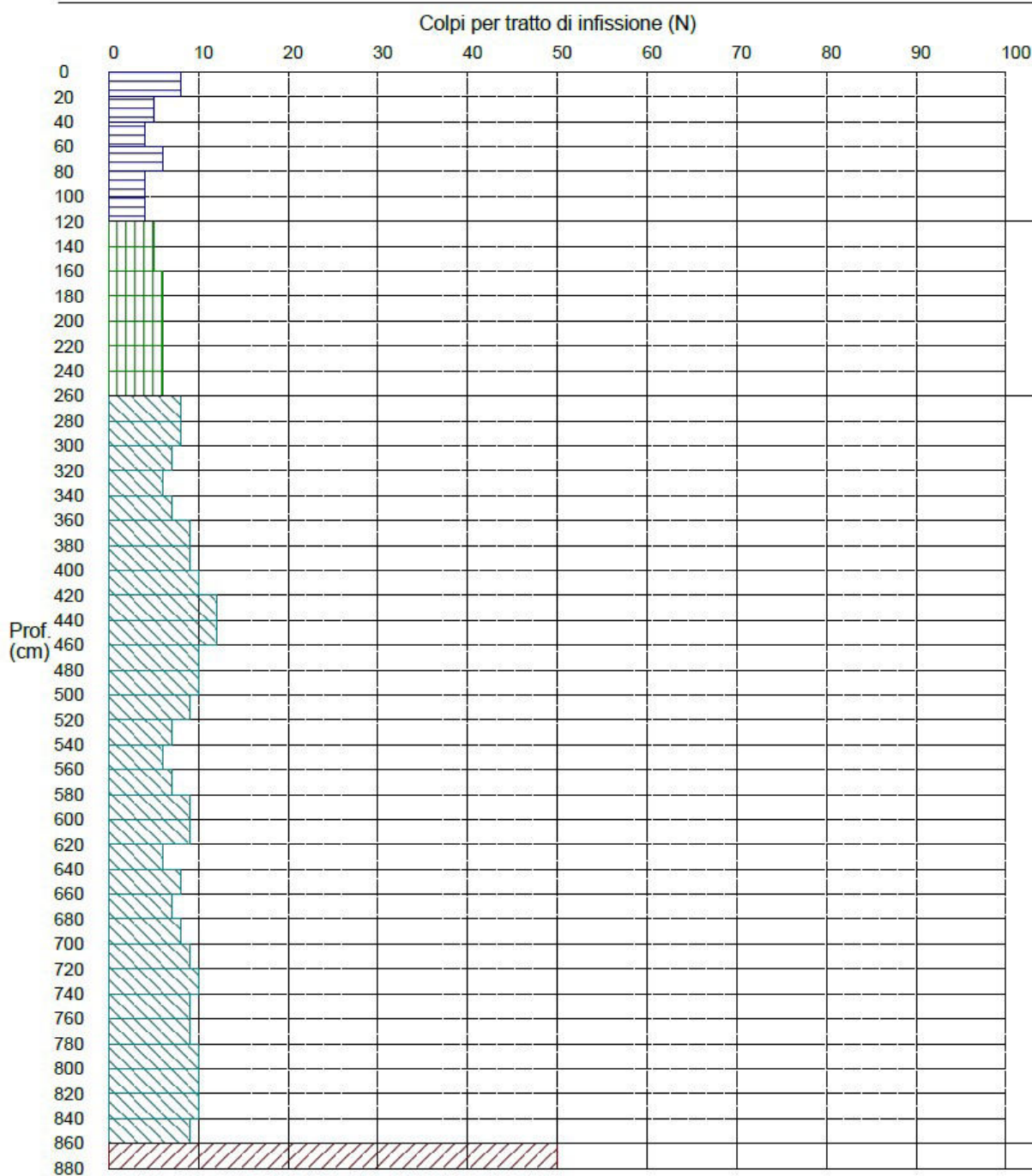
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

Grafico N - Profondità

GENERALITA'

Committente: Radiosanit
 Cantiere: Roseto Degli Abruzzi
 Località: Via Scozia 13

Data: 24-11-2021
 Prof.tà prova: 880 cm
 Prof.tà falda: Falda non rilevata



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

Elaborazione statistica e parametri geotecnici

GENERALITA'

Committente: Radiosanit
 Cantiere: Roseto Degli Abruzzi
 Località: Via Scozia 13

Data: 24-11-2021
 Prof.tà prova: 880 cm
 Prof.tà falda: Falda non rilevata

ELABORAZIONE STATISTICA

Strato n°	Profondità (m)	Parametro	minimo	massimo	media	Nspt
1	da 0,00 a 1,20	Ndp	4	8	5,2	7,7
		Rpd (kg/cm ^q)	27,6	59,6	37,8	
2	da 1,20 a 2,60	Ndp	5	6	5,7	8,5
		Rpd (kg/cm ^q)	34,5	41,4	37,8	
3	da 2,60 a 8,60	Ndp	6	12	8,7	12,9
		Rpd (kg/cm ^q)	30,3	68,0	45,8	
4	da 8,60 a 8,80	Ndp	50	50	50,0	74,5
		Rpd (kg/cm ^q)	228,4	228,4	228,4	

PARAMETRI GEOTECNICI

STRATO	Prof. (m)	INCOERENTE							COESIVO				
		Dr (%)	ϕ (°)	γ (t/m ³)	M kg/cm ^q	E kg/cm ^q	Go (t/m ^q)	Vs (m/s)	Ic (-)	Cu kg/cm ^q	γ (t/m ³)	Ed kg/cm ^q	Go (t/m ^q)
1	1,20	----	----	----	----	----	----	----	0,47	0,52	1,89	38,5	6879
2	2,60	----	----	----	----	----	----	----	0,51	1,06	1,92	51,1	7441
3	8,60	----	----	----	----	----	----	----	0,69	1,29	2,04	77,5	10298
4	8,80	100,0	35,2	2,28	529,0	616,3	37389	227,0	----	----	----	----	----

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2

GENERALITA'

Committente:	Radiosanit	Data:	24-11-2021
Cantiere:	Roseto degli Abruzzi	Prof.tà prova:	700 cm
Località:	Via Scozia 13	Prof.tà falda:	Falda non rilevata

CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO DINAMICO IMPIEGATO

MODELLO	DPSH (super pesante)
TIPO	M = kg 63,5
PESO MASSA BATTENTE	H = cm 75
ALTEZZA CADUTA LIBERA	Pp = kg 30
PESO SISTEMA DI BATTUTA	D = mm 50,50
DIAMETRO PUNTA CONICA	A = cmq 20,00
AREA BASE PUNTA CONICA	$\alpha = 90^\circ$
ANGOLO APERTURA PUNTA	L = m 1,00
LUNGHEZZA ASTE	P = kg 8
PESO ASTE PER METRO	$\delta = \text{cm } 20$
LUNGHEZZA TRATTO DI INFISSIONE	

RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA R_{pd} (Formula Olandese)

$$R_{pd} = M^2 H / A e (M + P + Pp) \quad [\text{kg/cm}^2]$$

M = Peso massa battente [kg]

A = Area base punta conica [cmq]

P = Peso aste per metro [kg/m]

H = Altezza caduta libera [cm]

e = Infissione per colpo = 20/N [cm]

Pp = Peso sistema di battuta [kg]

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

Strati incoerenti

Dr = Densità relativa [%]

 ϕ = Angolo attrito interno [°] γ = Peso di volume [t/mc]

M = Modulo di deformazione drenato [kg/cmq]

E = Modulo di deformazione di Young [kg/cmq]

Go = Modulo di deformazione di taglio [t/mq]

Vs = Velocità onde sismiche [m/s]

Strati coesivi

Ic = Indice di consistenza

Cu = Coesione non drenata [kg/cmq]

 γ = Peso di volume [t/mc]

Ed = Modulo di deformazione non drenato [kg/cmq]

Go = Modulo dinamico di taglio [t/mq]

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2**Tabella valori di resistenza****GENERALITA'**

Committente: Radiosanit
 Cantiere: Roseto degli Abruzzi
 Località: Via Scozia 13

Data: 24-11-2021
 Prof.tà prova: 700 cm
 Prof.tà falda: Falda non rilevata

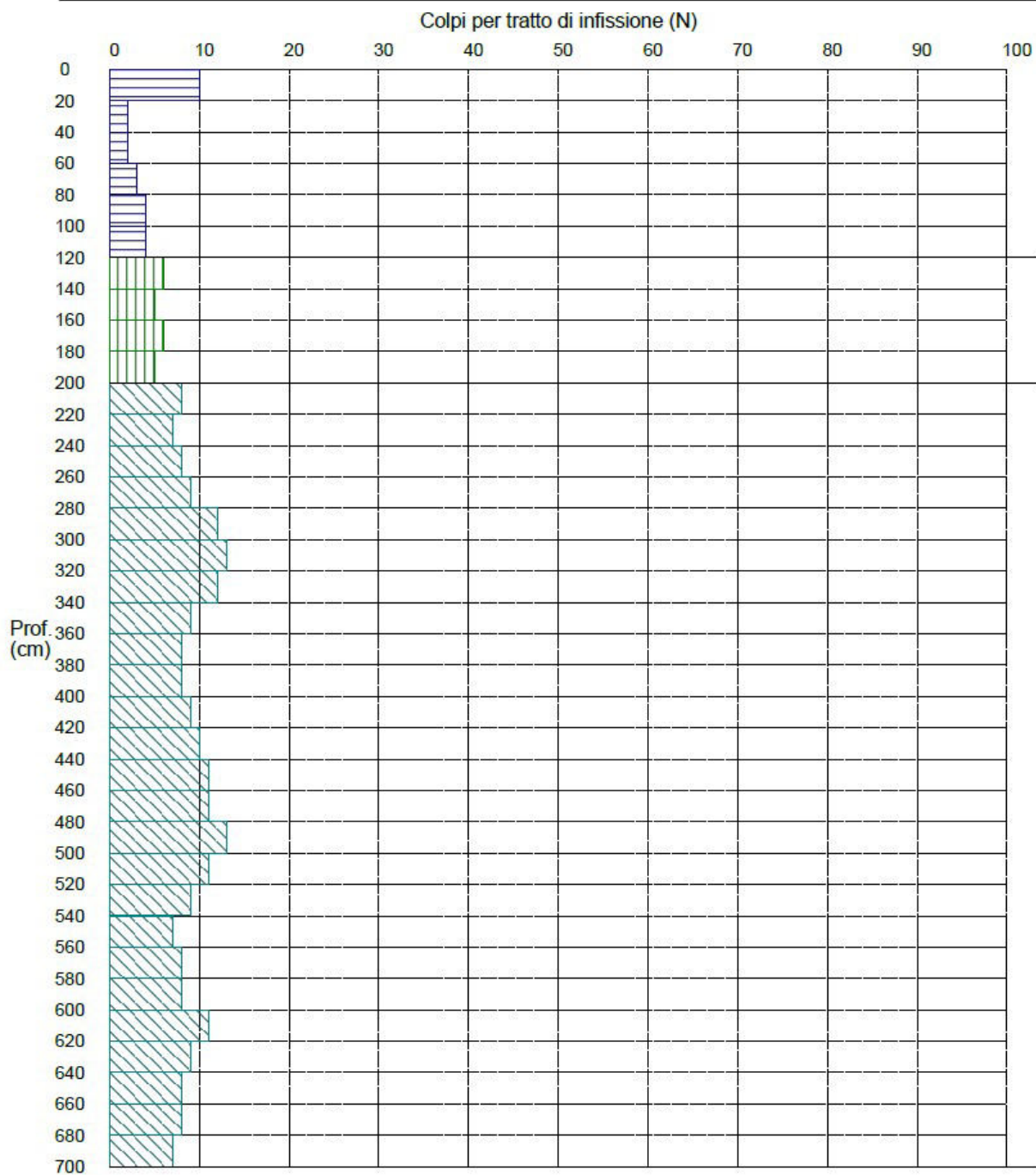
Prof. (cm)	N	N norm.	Rpd (kg/cm ²)	aste	Prof. (cm)	N	N norm.	Rpd (kg/cm ²)	aste
0 - 20	10	42	74,49	1	340 - 360	9	9	54,22	4
20 - 40	2	6	14,90	1	360 - 380	8	7	48,19	4
40 - 60	2	5	14,90	1	380 - 400	8	7	45,31	5
60 - 80	3	6	22,35	1	400 - 420	9	8	50,97	5
80 - 100	4	7	27,62	2	420 - 440	10	9	56,63	5
100 - 120	4	7	27,62	2	440 - 460	11	9	62,30	5
120 - 140	6	10	41,43	2	460 - 480	11	9	62,30	5
140 - 160	5	7	34,52	2	480 - 500	13	11	69,46	6
160 - 180	6	8	41,43	2	500 - 520	11	9	58,77	6
180 - 200	5	6	32,17	3	520 - 540	9	7	48,09	6
200 - 220	8	10	51,48	3	540 - 560	7	5	37,40	6
220 - 240	7	8	45,04	3	560 - 580	8	6	42,74	6
240 - 260	8	9	51,48	3	580 - 600	8	6	40,46	7
260 - 280	9	10	57,91	3	600 - 620	11	8	55,63	7
280 - 300	12	13	72,29	4	620 - 640	9	6	45,51	7
300 - 320	13	14	78,32	4	640 - 660	8	5	40,46	7
320 - 340	12	12	72,29	4	660 - 680	8	5	40,46	7
					680 - 700	7	5	33,60	8



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2**Grafico N - Profondità****GENERALITA'**

Committente: Radiosanit
 Cantiere: Roseto degli Abruzzi
 Località: Via Scozia 13

Data: 24-11-2021
 Prof.tà prova: 700 cm
 Prof.tà falda: Falda non rilevata



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2

Elaborazione statistica e parametri geotecnici

GENERALITA'

Committente: Radiosanit
 Cantiere: Roseto degli Abruzzi
 Località: Via Scozia 13

Data: 24-11-2021
 Prof.tà prova: 700 cm
 Prof.tà falda: Falda non rilevata

ELABORAZIONE STATISTICA

Strato n°	Profondità (m)	Parametro	minimo	massimo	media	Nspt
1	da 0,00 a 1,20	Ndp	2	10	4,2	6,2
		Rpd (kg/cm ²)	14,9	74,5	30,3	
2	da 1,20 a 2,00	Ndp	5	6	5,5	8,2
		Rpd (kg/cm ²)	32,2	41,4	37,4	
3	da 2,00 a 7,00	Ndp	7	13	9,4	13,9
		Rpd (kg/cm ²)	33,6	78,3	52,9	

PARAMETRI GEOTECNICI

STRATO	Prof. (m)	INCOERENTE							COESIVO				
		Dr (%)	ϕ (°)	γ (t/m ³)	M kg/cm ²	E kg/cm ²	Go (t/mq)	Vs (m/s)	Ic (-)	Cu kg/cm ²	γ (t/m ³)	Ed kg/cm ²	Go (t/mq)
1	1,20	----	----	----	----	----	----	----	0,39	0,42	1,82	31,0	5816
2	2,00	----	----	----	----	----	----	----	0,49	0,82	1,91	49,2	7223
3	7,00	----	----	----	----	----	----	----	0,72	1,39	2,05	83,7	10935

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 3

GENERALITA'

Committente:	Radiosanit	Data:	24-11-2021
Cantiere:	Roseto degli Abruzzi	Prof.tà prova:	1000 cm
Località:	Via Scozia 13	Prof.tà falda:	Falda non rilevata

CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO DINAMICO IMPIEGATO

MODELLO	
TIPO	DPSH (super pesante)
PESO MASSA BATTENTE	M = kg 63,5
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = cm 75
PESO SISTEMA DI BATTUTA	Pp = kg 30
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = mm 50,50
AREA BASE PUNTA CONICA	A = cmq 20,00
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA ASTE	L = m 1,00
PESO ASTE PER METRO	P = kg 8
LUNGHEZZA TRATTO DI INFSSIONE	$\delta = \text{cm } 20$

RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA Rpd (Formula Olandese)

$$Rpd = M^2 H / A e (M + P + Pp) \quad [\text{kg/cm}^2]$$

M = Peso massa battente [kg]

A = Area base punta conica [cmq]

P = Peso aste per metro [kg/m]

H = Altezza caduta libera [cm]

e = Infissione per colpo = 20/N [cm]

Pp = Peso sistema di battuta [kg]

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

Strati incoerenti

Dr = Densità relativa [%]

 ϕ = Angolo attrito interno [°]

y = Peso di volume [t/mc]

M = Modulo di deformazione drenato [kg/cmq]

E = Modulo di deformazione di Young [kg/cmq]

Go = Modulo di deformazione di taglio [t/mq]

Vs = Velocità onde sismiche [m/s]

Strati coesivi

Ic = Indice di consistenza

Cu = Coesione non drenata [kg/cmq]

y = Peso di volume [t/mc]

Ed = Modulo di deformazione non drenato [kg/cmq]

Go = Modulo dinamico di taglio [t/mq]

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 3**Tabella valori di resistenza****GENERALITA'**

Committente: Radiosanit
 Cantiere: Roseto degli Abruzzi
 Località: Via Scozia 13

Data: 24-11-2021
 Prof.tà prova: 1000 cm
 Prof.tà falda: Falda non rilevata

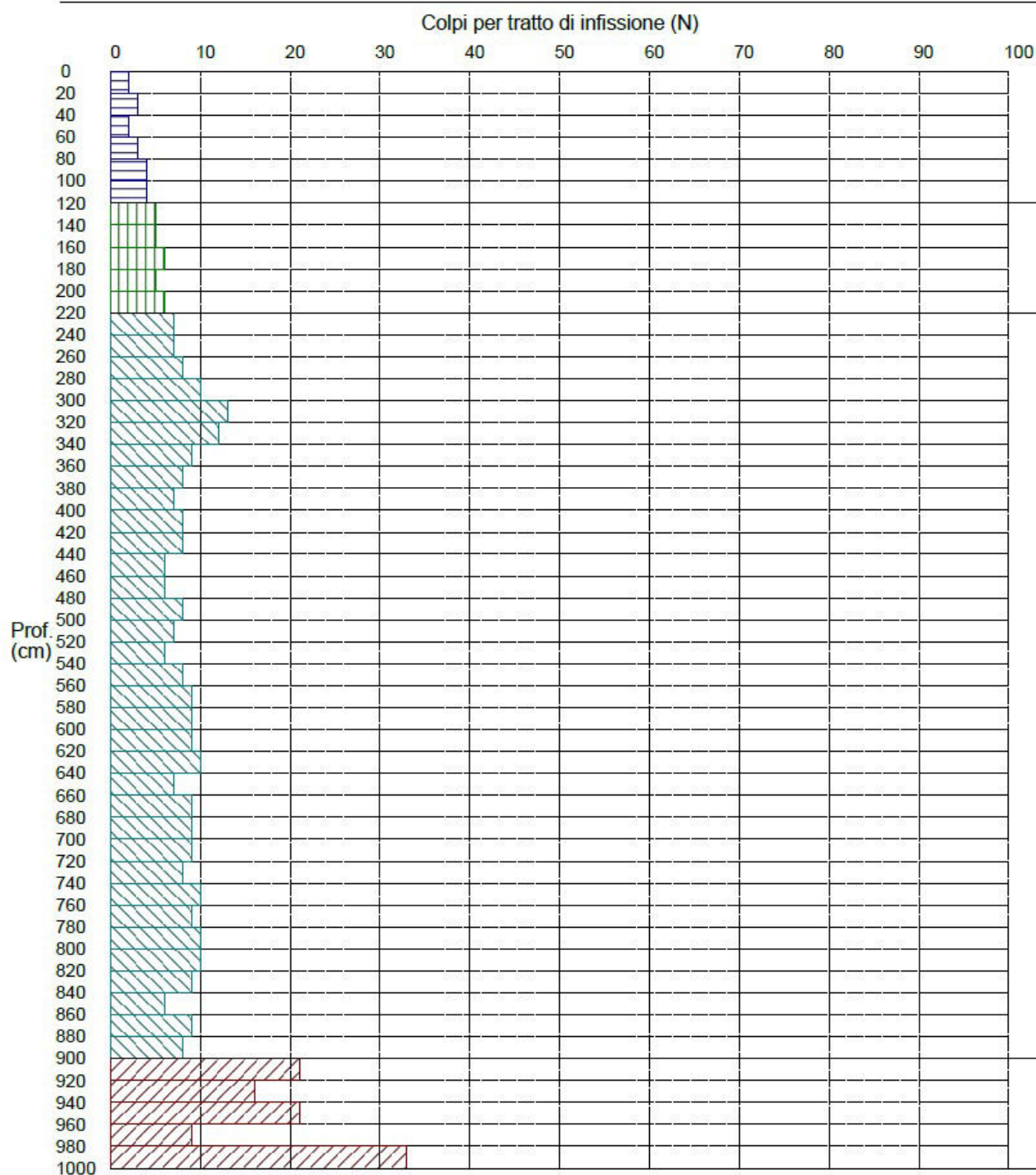
Prof. (cm)	N	N norm.	Rpd (kg/cmq)	aste	Prof. (cm)	N	N norm.	Rpd (kg/cmq)	aste
0 - 20	2	9	14,90	1	500 - 520	7	5	37,40	6
20 - 40	3	9	22,35	1	520 - 540	6	5	32,06	6
40 - 60	2	5	14,90	1	540 - 560	8	6	42,74	6
60 - 80	3	6	22,35	1	560 - 580	9	7	48,09	6
80 - 100	4	8	27,62	2	580 - 600	9	7	45,51	7
100 - 120	4	7	27,62	2	600 - 620	9	7	45,51	7
120 - 140	5	8	34,52	2	620 - 640	10	7	50,57	7
140 - 160	5	7	34,52	2	640 - 660	7	5	35,40	7
160 - 180	6	8	41,43	2	660 - 680	9	6	45,51	7
180 - 200	5	7	32,17	3	680 - 700	9	6	43,20	8
200 - 220	6	8	38,61	3	700 - 720	9	6	43,20	8
220 - 240	7	8	45,04	3	720 - 740	8	5	38,40	8
240 - 260	7	8	45,04	3	740 - 760	10	7	48,00	8
260 - 280	8	9	51,48	3	760 - 780	9	6	43,20	8
280 - 300	10	11	60,24	4	780 - 800	10	6	45,68	9
300 - 320	13	14	78,32	4	800 - 820	10	6	45,68	9
320 - 340	12	12	72,29	4	820 - 840	9	5	41,11	9
340 - 360	9	9	54,22	4	840 - 860	6	3	27,41	9
360 - 380	8	8	48,19	4	860 - 880	9	5	41,11	9
380 - 400	7	6	39,64	5	880 - 900	8	5	34,86	10
400 - 420	8	7	45,31	5	900 - 920	21	13	91,51	10
420 - 440	8	7	45,31	5	920 - 940	16	10	69,72	10
440 - 460	6	5	33,98	5	940 - 960	21	13	91,51	10
460 - 480	6	5	33,98	5	960 - 980	9	5	39,22	10
480 - 500	8	6	42,74	6	980 - 1000	33	19	137,46	11



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 3**Grafico N - Profondità****GENERALITA'**

Committente: Radiosanit
 Cantiere: Roseto degli Abruzzi
 Località: Via Scozia 13

Data: 24-11-2021
 Prof.tà prova: 1000 cm
 Prof.tà falda: Falda non rilevata



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 3

Elaborazione statistica e parametri geotecnici

GENERALITA'

Committente: Radiosanit
 Cantiere: Roseto degli Abruzzi
 Località: Via Scozia 13

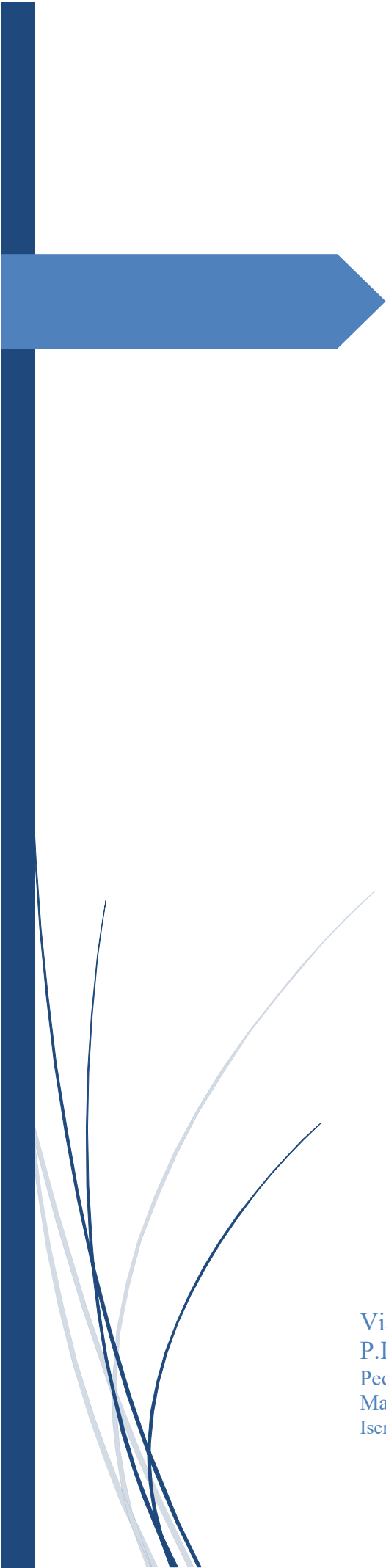
Data: 24-11-2021
 Prof.tà prova: 1000 cm
 Prof.tà falda: Falda non rilevata

ELABORAZIONE STATISTICA

Strato n°	Profondità (m)	Parametro	minimo	massimo	media	Nspt
1	da 0,00 a 1,20	Ndp	2	4	3,0	4,5
		Rpd (kg/cm ^q)	14,9	27,6	21,6	
2	da 1,20 a 2,20	Ndp	5	6	5,4	8,0
		Rpd (kg/cm ^q)	32,2	41,4	36,3	
3	da 2,20 a 9,00	Ndp	6	13	8,5	12,6
		Rpd (kg/cm ^q)	27,4	78,3	45,0	
4	da 9,00 a 10,00	Ndp	9	33	20,0	29,8
		Rpd (kg/cm ^q)	39,2	137,5	85,9	

PARAMETRI GEOTECNICI

STRATO	Prof. (m)	INCOERENTE							COESIVO				
		Dr (%)	ϕ (°)	y (t/mc)	M kg/cm ^q	E kg/cm ^q	Go (t/mq)	Vs (m/s)	Ic (-)	Cu kg/cm ^q	y (t/mc)	Ed kg/cm ^q	Go (t/mq)
1	1,20	----	----	----	----	----	----	----	0,29	0,30	1,73	22,4	4502
2	2,20	----	----	----	----	----	----	----	0,49	0,80	1,90	48,3	7120
3	9,00	----	----	----	----	----	----	----	0,68	1,26	2,03	75,7	10115
4	10,00	100,0	36,1	1,93	211,6	389,8	15801	194,2	----	----	----	----	----



Misure dei Microtremori-Analisi HVSR

Via Milano 9 64021 Giulianova
P.I.01561830678
Pec: angelini.mirco@epap.sicurezzapostale.it
Mail: angelini.mirco@libero.it
Iscritta anagrafe antimafia N°: AE_039424_2020

Sommario

1.Premessa.....	28
2.Ubicazione dell'indagine	28
3.Metodologia HVSR Nakamura.....	28
4.Specifiche tecniche della strumentazione	29
5.Procedure eseguite durante l'acquisizione.....	30
6.Elaborazione e Validazione	30
7.Conclusioni	32

1.Premessa

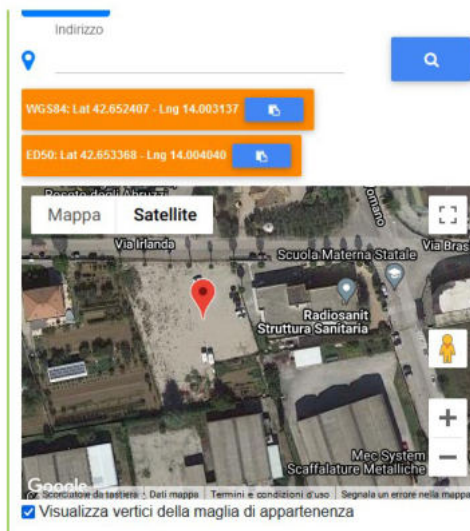
Su incarico...è stata effettuata una misura sismica di tipo passivo della durata di 20 minuti, presso la Radiosanit S.r.l. nel Comune di Roseto degli Abruzzi(TE).

Lo scopo di tale indagine è quella di ottenere la frequenza fondamentale di risonanza del terreno di fondazione e la categoria di suolo (ai sensi delle NTC 2018) attraverso la definizione della velocità delle onde sismiche di taglio (onde S) e gli spessori dei sismostrati.

Il presente documento illustra le procedure di acquisizione, validazione e di elaborazione eseguite.

2.Ubicazione dell'indagine

Le coordinate geografiche del punto sono le seguenti:



3.Metodologia HVSR Nakamura

La tecnica di sismica passiva a stazione singola HVSR (Horizontal – to – Vertical Spectral Ratio) comunemente nota con il termine H/V (rapporto tra le componenti spettrali orizzontali H e verticali V) fu applicata e resa popolare da Nakamura (1989); il metodo presuppone che, calcolando il rapporto spettrale H/V, da registrazioni di microtremori indotti sia da fenomeni naturali, sia da fenomeni antropici, si possono determinare le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato, per risonanza dovuta ad effetti topografici/stratigrafici, durante un sisma.

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie della Terra, è generato, oltre che dall'attività dinamica del pianeta, dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni del terreno molto piccole (10-15 m/s² in termini di accelerazione), di gran lunga inferiori a quelle indotte dai forti terremoti nel campo prossimo all'epicentro. Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo, in un terreno roccioso pianeggiante presenta dei picchi a 0,14 e 0,07 Hz comunemente interpretati come originati dalle onde oceaniche. Tali componenti spettrali vengono attenuate molto poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di fenomeni di guida d'onda. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche e naturali. Dunque, anche il debole rumore di fondo (segnale scartato dalla sismologia classica) contiene informazioni. Questa informazione è però sepolta all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Interessante è il fatto che, il rumore di fondo agisce da funzione di eccitazione per le risonanze specifiche sia degli edifici che del sottosuolo. Il segnale di microtremore, dopo essere stato acquisito viene elaborato secondo la tecnica di Nakamura (rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quello verticale HVSR) tramite il software Geopsy, il quale per ciascuna delle tre componenti del moto registrate permette di:

- Suddividere la registrazione in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno;
- Eseguire l'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti;
- Calcolare i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontali e verticali;
- Calcolare i rapporti spettrali medi su tutti i componenti.

La tecnica di Nakamura considera i microtremori composti principalmente da onde di Rayleigh.

Nel dominio delle frequenze, le componenti del moto del suolo coinvolte sono le componenti orizzontali e verticali alla copertura:

$$H_c(f) \text{ e } V_c(f)$$

e le corrispondenti alla base delle coperture cioè al bedrock:

$$H_b(f) \text{ e } V_b(f)$$

Considerando che la componente verticale del moto non risente degli effetti di amplificazione locale, causati dalle coperture incoerenti sovrastanti il bedrock, possiamo affermare che dal rapporto $R_v(f)$, fra la componente verticale del moto alla superficie e quella al bedrock, individuiamo solo i termini strettamente legati alla sorgente $A_s(f)$:

$$R_v(f) = V_c(f)/V_b(f) = A_s(f)$$

Il rapporto $R_h(f)$, fra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali alla superficie e al bedrock, oltre a contenere i termini legati alla sorgente, include anche quelli di amplificazioni del sito $S_s(f)$:

$$R_h(f) = H_c(f)/H_b(f) = A_s(f) \times S_s(f)$$

Dividendo tra loro i due rapporti $R_h(f)$ e $R_v(f)$, il termine legato alla sorgente sarà rimosso e dunque, sarà possibile ottenere i termini legati all'amplificazione del sito:

$$R(h)/R_v(f) = S_s(f)$$

Inoltre, Nakamura ha osservato nei suoi studi che per tutte le frequenze analizzate, l'ampiezza spettrale della componente verticale e delle componenti orizzontali al bedrock sono uguali, cioè:

$$V_b(f)/H_b(f) = 1$$

Pertanto, la funzione degli effetti di sito può essere espressa come:

$$S_s(f) = H_c(f)/V_s(f)$$

Da ciò, Nakamura ha dedotto che la stima dell'amplificazione del moto al sito può essere ottenuta direttamente dal calcolo del rapporto spettrale tra la media delle componenti orizzontali sulla componente verticale del moto del suolo alla superficie, trascurando quelle al bedrock.

Se consideriamo un sistema costituito da uno strato soffice, sovrastante un semispazio rigido, il bedrock, un'onda tenderà a riflettere tra la superficie e il bedrock, rimanendo intrappolata all'interno della copertura, dando luogo a riflessioni multiple e a fenomeni di risonanza per lunghezze d'onda incidenti pari a $\lambda = n4H$.

Le frequenze cui si manifesta la risonanza sono descritte dalla legge:

$$f = n V_s / 4H \quad n = 1, 3, 5$$

n = ordine del modo fondamentale di vibrare del terreno.

V_s = velocità delle onde di taglio nello strato soggetto a risonanza.

H = spessore dello strato dove avvengono le riflessioni.

Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione del deposito denominata frequenza fondamentale di risonanza:

$$f_0 = V_s / 4H$$

L'ampiezza dei massimi della funzione H/V è legata all'entità del contrasto di impedenza sismica presente alla base della copertura; l'assenza di massimi in genere suggerisce l'assenza di fenomeni di amplificazione sismica dovuti a fenomeni di risonanza.

La frequenza di risonanza del sito rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nella costruzione degli edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di doppia risonanza estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi.

4. Specifiche tecniche della strumentazione

Per la registrazione del rumore sismico ambientale è stato utilizzato il tromografo GeoBox 0,5 Hz (nr. di serie 3385 della Sara Electronic Instruments s.r.l.), uno strumento digitale che viene

utilizzato per la misura ad alta risoluzione del rumore sismico ambientale (microtremori) nell'intervallo di frequenze compreso tra 0,1 e 100 Hz delle vibrazioni.

I sensori consistono in una digitalizzazione a 24 bit e tre canali ad altissima risoluzione

I tre canali di acquisizione sono connessi a tre velocimetri elettrodinamici, disposti secondo le tre direzioni ortogonali del moto; una componente verticale e due componenti orizzontali tra loro ortogonali (nord-sud est-ovest).

I dati vengono trasmessi al PC tramite una porta seriale (RS232) e registrati in digitale dal programma Geopexplorer (Seismolog-MT).

5.Procedure eseguite durante l'acquisizione

La procedura operativa dell'indagine in esame è consistita nel posizionamento in bolla dello strumento sul terreno, orientato con il lato lungo (asse y) verso il nord magnetico (misurato con la bussola) e collegato al PC con un cavo RS232 di colore arancio lungo 8 metri tramite un convertitore da USB a R232. Si è proceduto alla misurazione del rumore ambientale con l'utilizzo dei tre geofoni interni, posizionati rispettivamente paralleli alle tre componenti (verticale, N-S, E-W) per una durata di acquisizione di 20 minuti (1200 s).

Dati acquisizione (fig.1):

Inizio registrazione, 12h8m;

Fine registrazione, 12h28m;

Frequenza di campionamento, 100;

Lunghezza finestre, 10 – 50 sec;

Velocità, 115200 baud.

ID	Name	Component	Time reference	Start time	End time	Sampling frequency	dt	N samples	Duration	Rec x	Rec y	Rec z	Type
1	Radiosanit Roseto degli Abruzzi	Vertical	09/12/2021 00:00:00	12h8m	12h28m	100	0,01	120000	20m	0	0	0	Waveform
2	Radiosanit Roseto degli Abruzzi	North	09/12/2021 00:00:00	12h8m	12h28m	100	0,01	120000	20m	0	0	0	Waveform
3	Radiosanit Roseto degli Abruzzi	East	09/12/2021 00:00:00	12h8m	12h28m	100	0,01	120000	20m	0	0	0	Waveform

Fig.1 Dati acquisizione

6.Elaborazione e Validazione

Il grafico di figura 2, mostra l'elaborazione del segnale HVSR; il risultato è uno spettro di frequenza (linea continua) che rappresenta il rapporto tra la media delle componenti del moto orizzontale (N-S ed E-W) e quella del moto verticale.

Insieme al grafico relativo allo spettro H/V, il software (Geopsy) fornisce una rappresentazione grafica degli spettri di Fourier delle singole componenti del moto del suolo (fig.3). Il loro andamento è significativo nel discernere i contrasti d'impedenza sismostratigrafica da qualsivoglia segnale artefatto di origine antropica. Nel picco stratigrafico la componente verticale (Z) si sposta verso il basso, generando una forma ad "occhio", mentre in un picco antropico tutte le componenti si spostano verso l'alto.

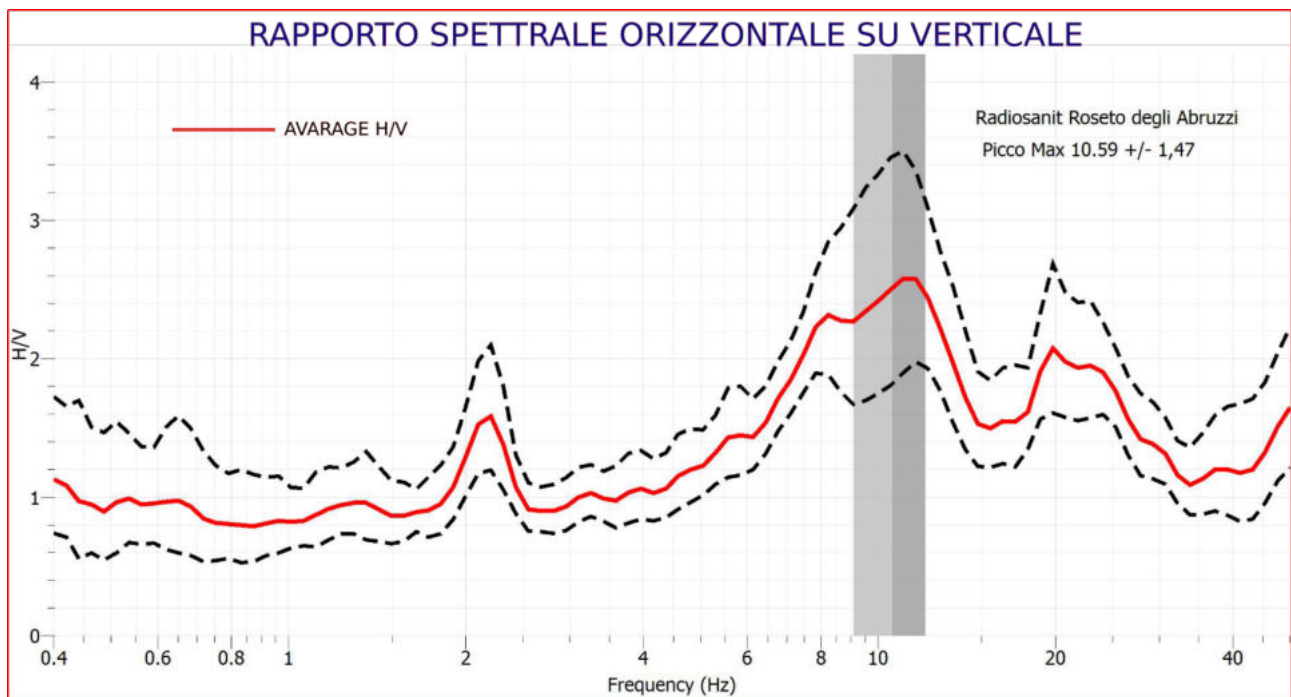


Fig.2 Rapporto spettrale H/V

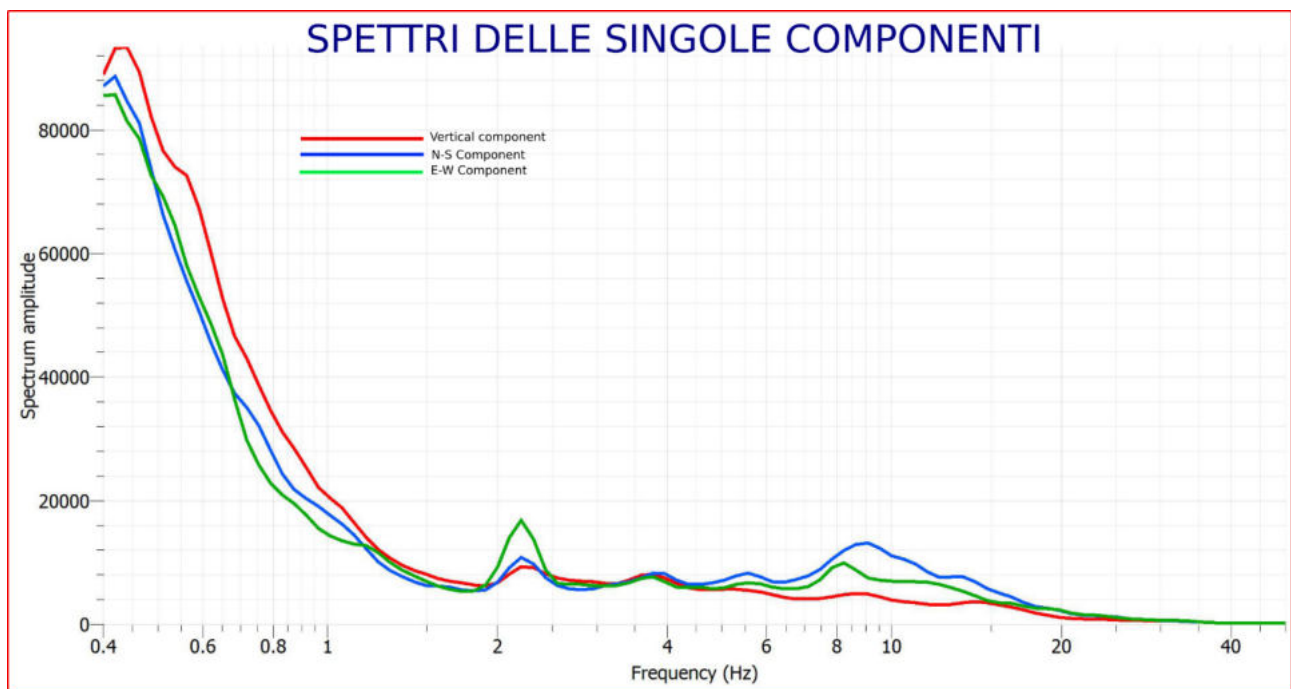


Fig.3 Componenti spettrali

Per la verifica della corretta esecuzione della misura di microtremore si fa riferimento alle linee guida del Progetto Europeo Sesame (Site Effects Assessment Using Ambient Excitations). Esso fornisce nove criteri per la validazione della curva HVSR e la significatività dei picchi H/V eventualmente trovati.

Per l'affidabilità della curva HVSR devono essere positivi i primi tre criteri mentre per avere chiaro e pulito il segnale del picco massimo devono essere soddisfatti almeno cinque dei sei criteri successivi.

Il mancato soddisfacimento dei requisiti non implica una cattiva registrazione del segnale ma indica soltanto che non vi sono contrasti d'impedenza tali da dar origine a picchi significativi.

Max. H/V at 10.59 ± 1.47 Hz. (in the range 0.4 - 50.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$10.59 > 0.2$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$16896.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$ Hz	Exceed 0 times in 23	OK	

Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	5.2 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	33.0 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.5 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$0.17 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.11 < 0.52$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.24 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

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

7. Conclusioni

Dalla registrazione a stazione singola del rumore sismico ambientale in campo libero è stata ricavata la curva H/V (fig.2), secondo la procedura descritta in Sesame (2003;2005). Nella figura 3 sono rappresentati gli spettri delle singole componenti, mentre nella figura seguente (fig.4) è rappresentato la direzionalità del segnale. Dall'analisi dei grafici suddetti risulta un picco significativo ($A > 2$) della curva H/V alla frequenza fondamentale di risonanza $f_0 = 10.59$ Hz $A_0 = 2.5$.

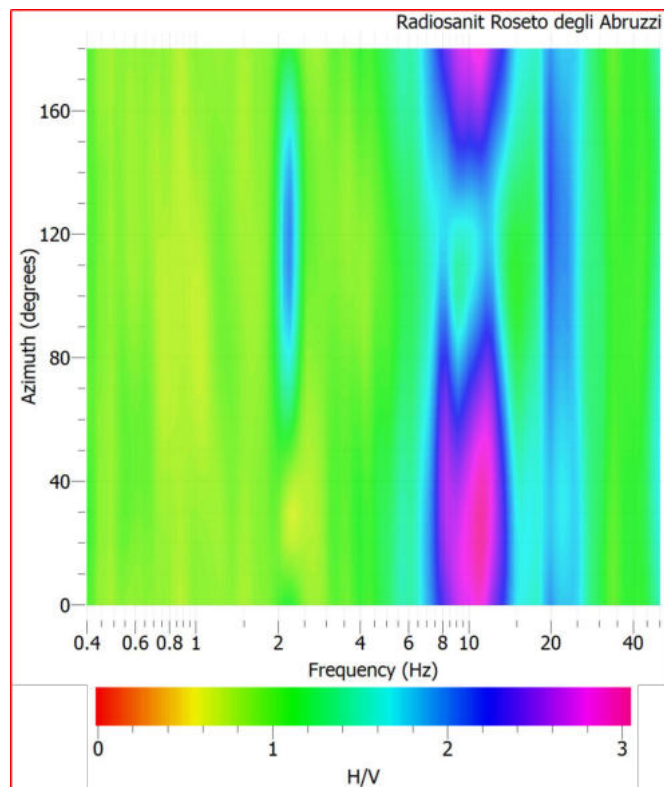


Fig.4 Direzionalità del segnale

La stima della categoria di suolo di fondazione, secondo l'approccio semplificato delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018), è stata eseguita attraverso l'utilizzo del software Dinver da cui è stato possibile effettuare l'inversione dei dati della curva HVSR elaborati in Geopsy (fig.5) per costruire una curva di inversione; un grafico che restituisce la stratigrafia sismica monodimensionale del sito investigato e il calcolo della Velocità equivalente delle onde di taglio Vseq (fig.6).

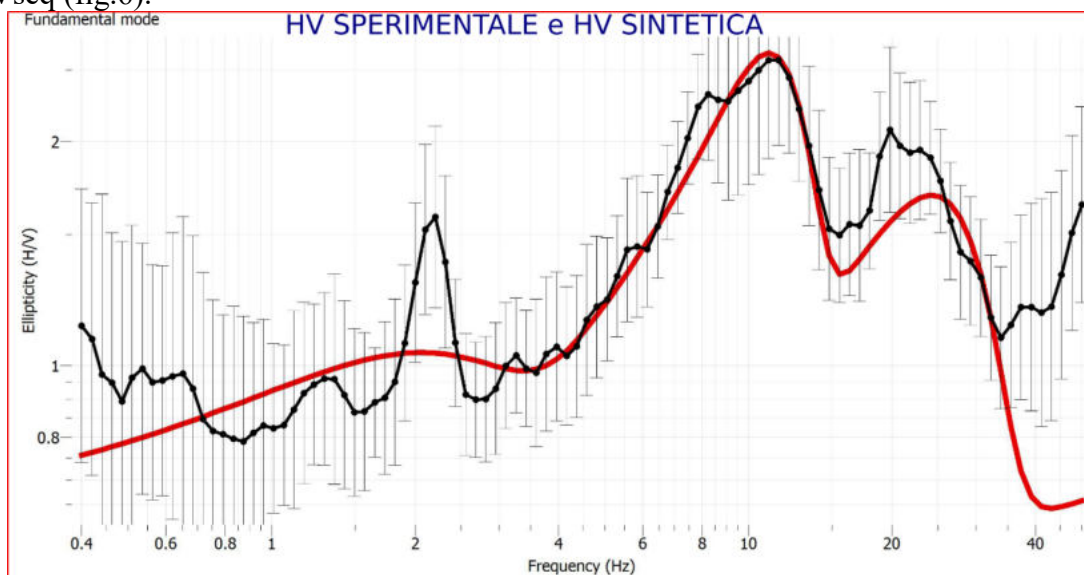


Fig.5 Curva H/V sperimentale (linea nera) e H/V sintetica (linea rossa)

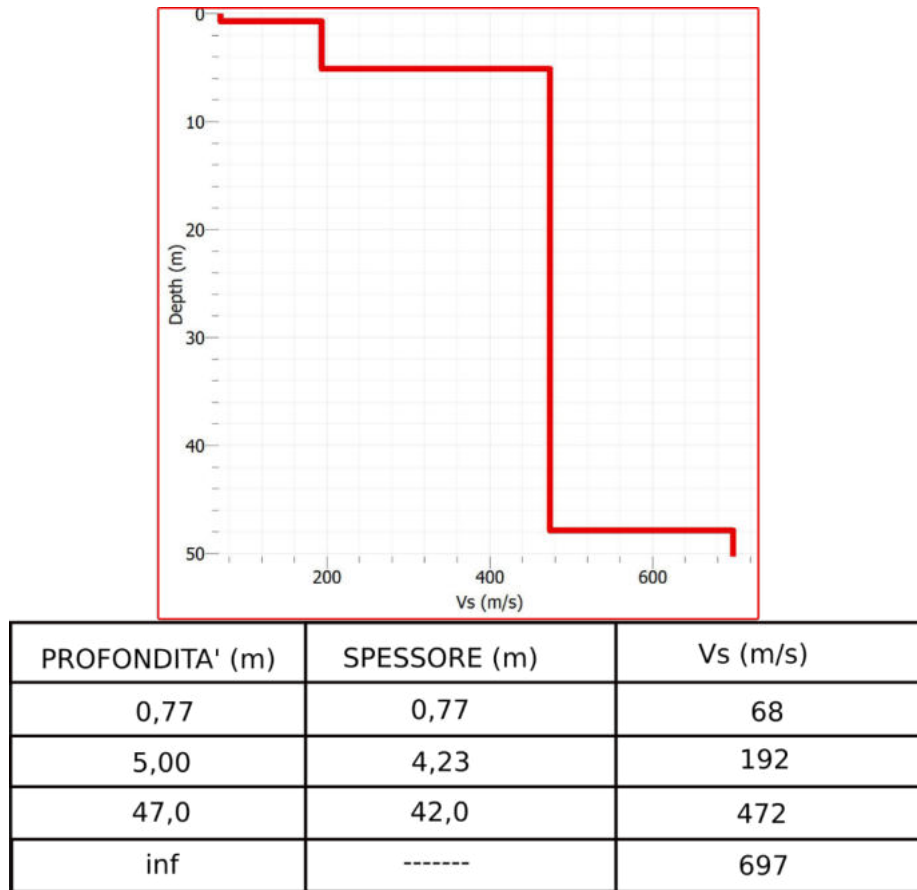


Fig.6 Curva di inversione

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

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 e terreno molto rigido, caratterizzazione da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{seq} è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Considerando che il substrato sismico non è stato individuato nei primi 30 m, sono stati calcolati i valori di V_{s30eq} :

Sismostrati	HVSr		Categoria di suolo di fondazione in funzione del piano di posa della fondazione	
	Spessori (m)	Velocità (m/s)	Vseq (m/s) Riferito al p.c.	Vseq (m/s) -0,77 m dal p.c.
1	0,77	68	Vs30=347 C	Vs30=400 B
2	4,23	192		
3	25,0	472		

Dal calcolo della Vseq i terreni potrebbero essere assimilabili ad una categoria di suolo di fondazione C (al piano campagna); 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 equivalenti compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Categoria di suolo di fondazione B (da - 0,77 m dal piano campagna): depositi di terreni a grana grossa molto addensati e/o terreni a grana fina molto consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 360 m/s e 800 m/s.



Elaborazione
Dott.Geol.
Stefania Di Felicianantonio

