



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



**CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME**

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA LIVELLO 2

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – ALLEGATO 2

Rapporti di prova

Regione Emilia–Romagna
Comune di Voghiera



<p>Regione:</p> <p>Emilia Romagna</p>	<p>Soggetto realizzatore: Dott. Geol. Thomas Veronese</p> <p>Collaboratori: Dott. Geol. Lunghi Luca Dott.ssa Geol. Franciosi Sara</p> <p>Indagini Geofisiche: Prof. Nasser Abu Zeid</p> <p>Cartografia GIS: Geotema s.r.l.</p> <p>CLE: Dott. Ing. Colombi Alessio</p>	<p>Data:</p> <p>Luglio 2018</p>
--	--	--

**PROVE PENETROMETRICHE
STATICHE**

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA
UBICAZIONE DELLE PROVE SVOLTE - FOTO PIAZZAMENTI

RIF. PROVA:	CPTU n°:
SCPTU U80-17	MZ1

COMMITTENTE: Comune di Voghiera

CANTIERE: C.C., via Provinciale, Voghiera (Fe)

DATA: 22/11/2017



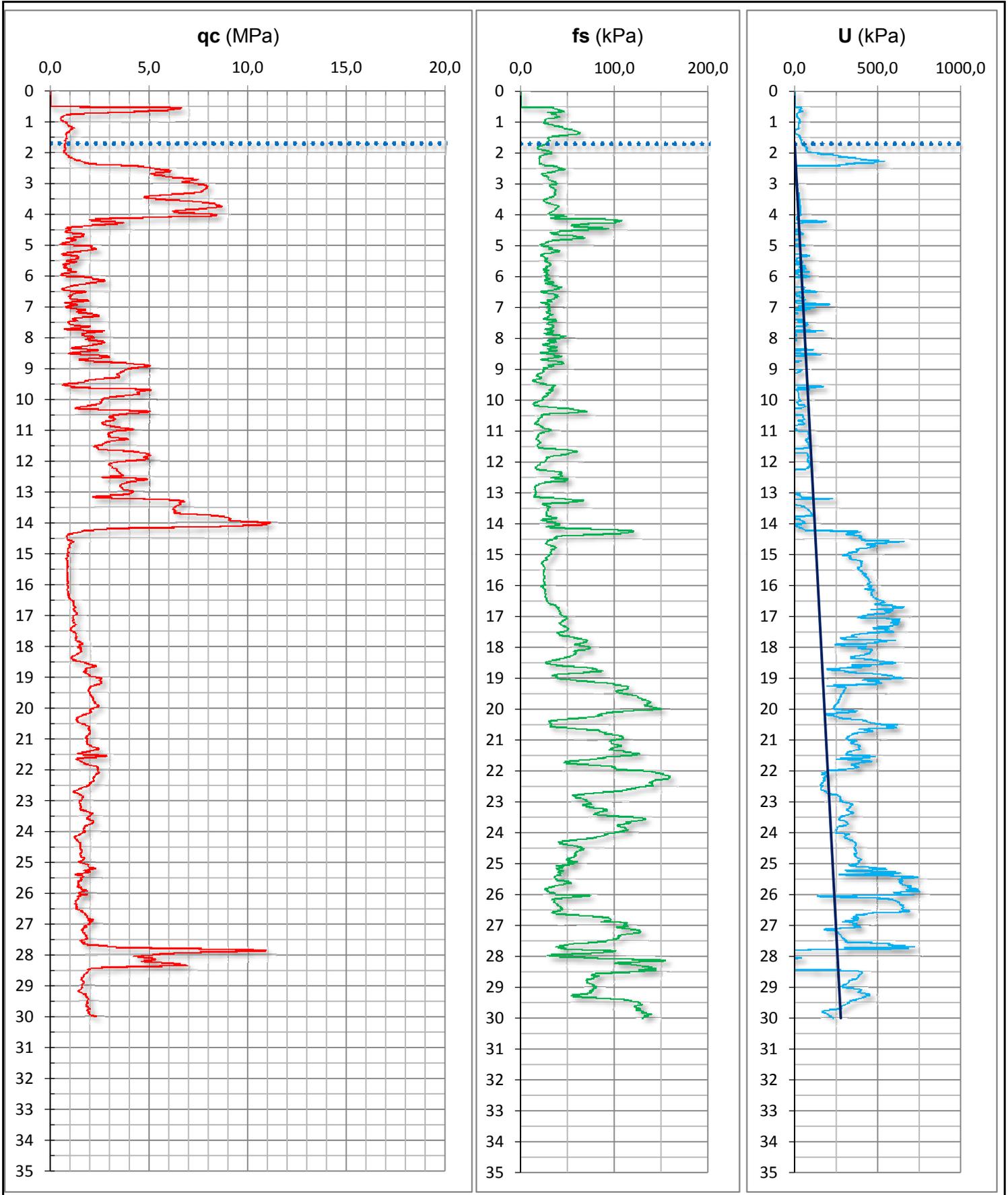
MZ1

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

RIF. PROVA:	CPTU n°:
SCPTU U80-17	MZ1

COMMITTENTE: Comune di Voghiera
 CANTIERE: C.C., via Provinciale, Voghiera (Fe)
 DATA: 22/11/2017

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00
 PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,70
 PREFORO (m da p.c.): 0,50



PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA PROVA DOWN HOLE SCPTU	RIF. PROVA:	CPTU n°:
	SCPTU U80-17	MZ1

COMMITTENTE: Comune di Voghiera

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00

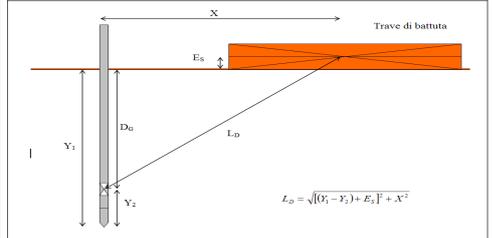
CANTIERE: C.C., via Provinciale, Voghiera (Fe)

PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,70

DATA: 22/11/2017

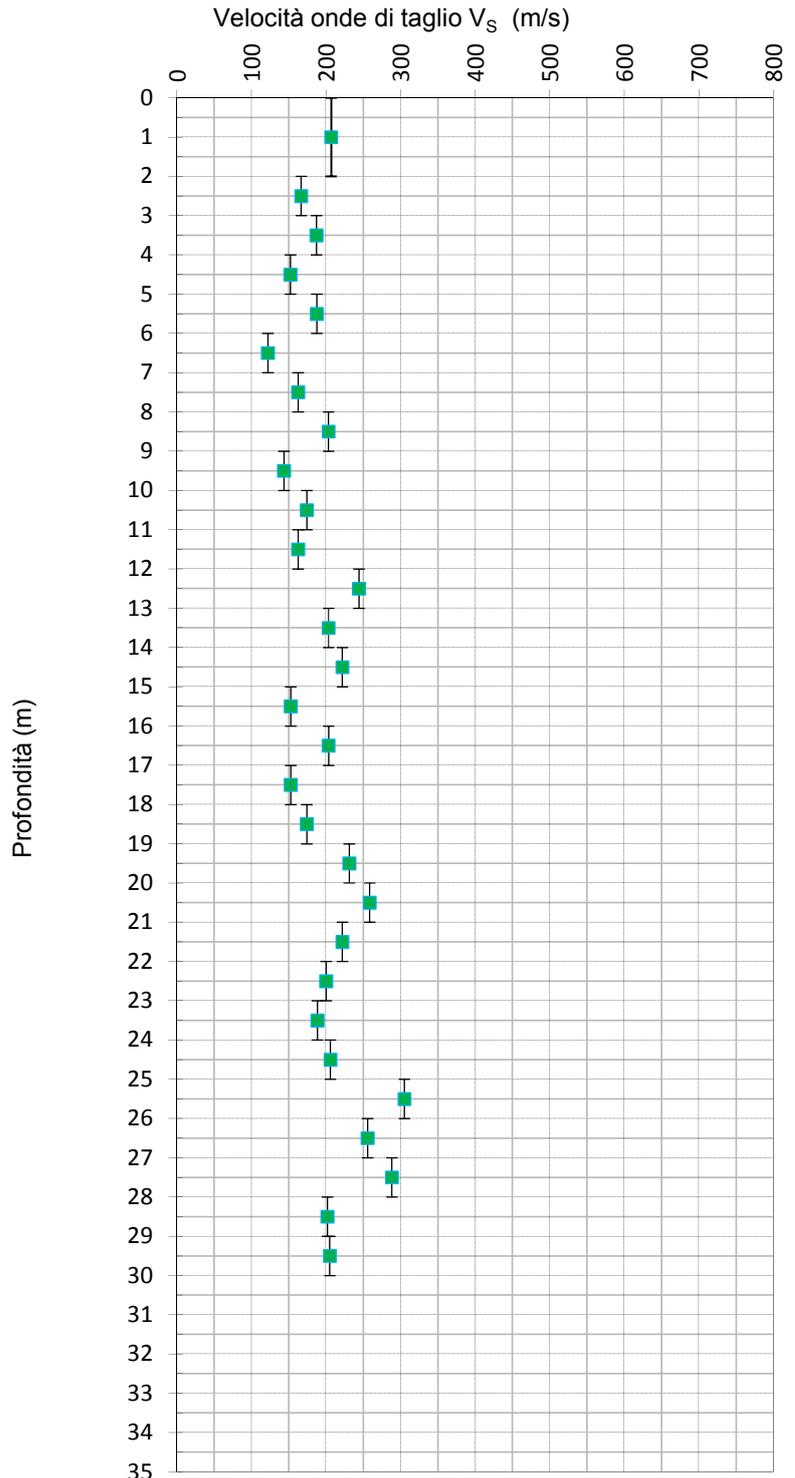
PREFORO (m da p.c.): 0,50

Peso mazza battente: 5Kg
 Ricevitore Down Hole: G1-cpl2IN
 Equipaggiamento di registrazione: D1-SISMI USB
 Distanza centro sorgente-verticale X: 0,25 m
 Distanza punta-accelerometro Y₂: 0,20 m



Vs₃₀ = 193 m/sec Categoria suolo di fondazione = C

Distanza corretta L _D punta elettrica	Tempo di arrivo onda S (millisecondi)	Velocità onde S dello strato (m/sec)
0,000		
0,838		207
1,817	8,787	167
2,811	14,754	187
3,808	20,082	152
4,807	26,639	187
5,805	31,967	122
6,805	40,164	163
7,804	46,311	203
8,804	51,229	143
9,803	58,197	174
10,803	63,934	163
11,803	70,082	244
12,802	74,180	203
13,802	79,098	222
14,802	83,606	152
15,802	90,164	203
16,802	95,082	152
17,802	101,639	174
18,802	107,377	231
19,802	111,705	258
20,802	115,574	222
21,801	120,082	200
22,801	125,082	188
23,801	130,388	206
24,801	135,246	305
25,801	138,524	256
26,801	142,433	288
27,801	145,902	202
28,801	150,859	205
29,801	155,738	



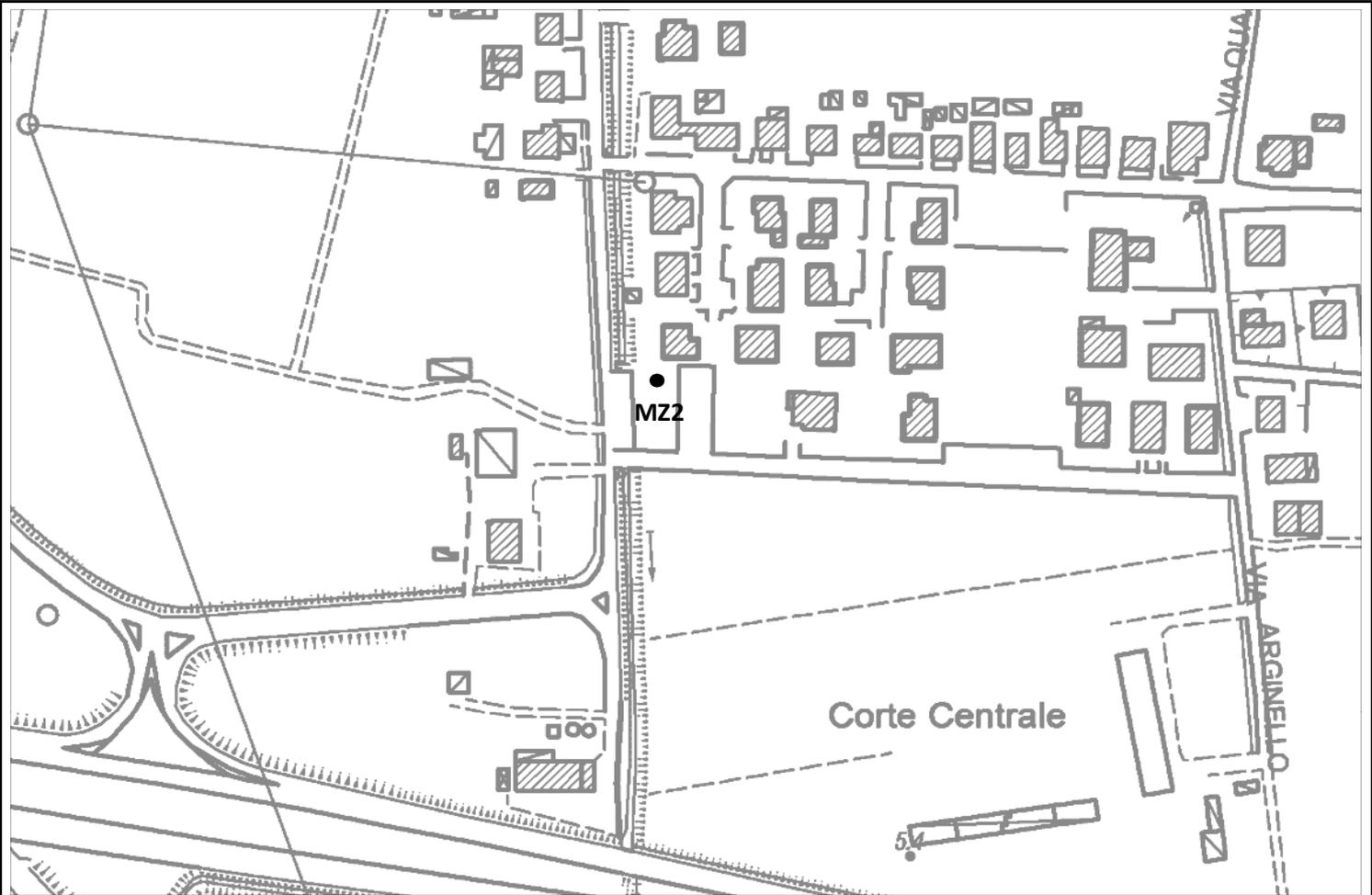
PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA
UBICAZIONE DELLE PROVE SVOLTE - FOTO PIAZZAMENTI

RIF. PROVA:	CPTU n°:
CPTU U80-17	MZ2

COMMITTENTE: Comune di Voghiera

CANTIERE: Largo Massarenti, Ducentola (Fe)

DATA: 22/11/2017



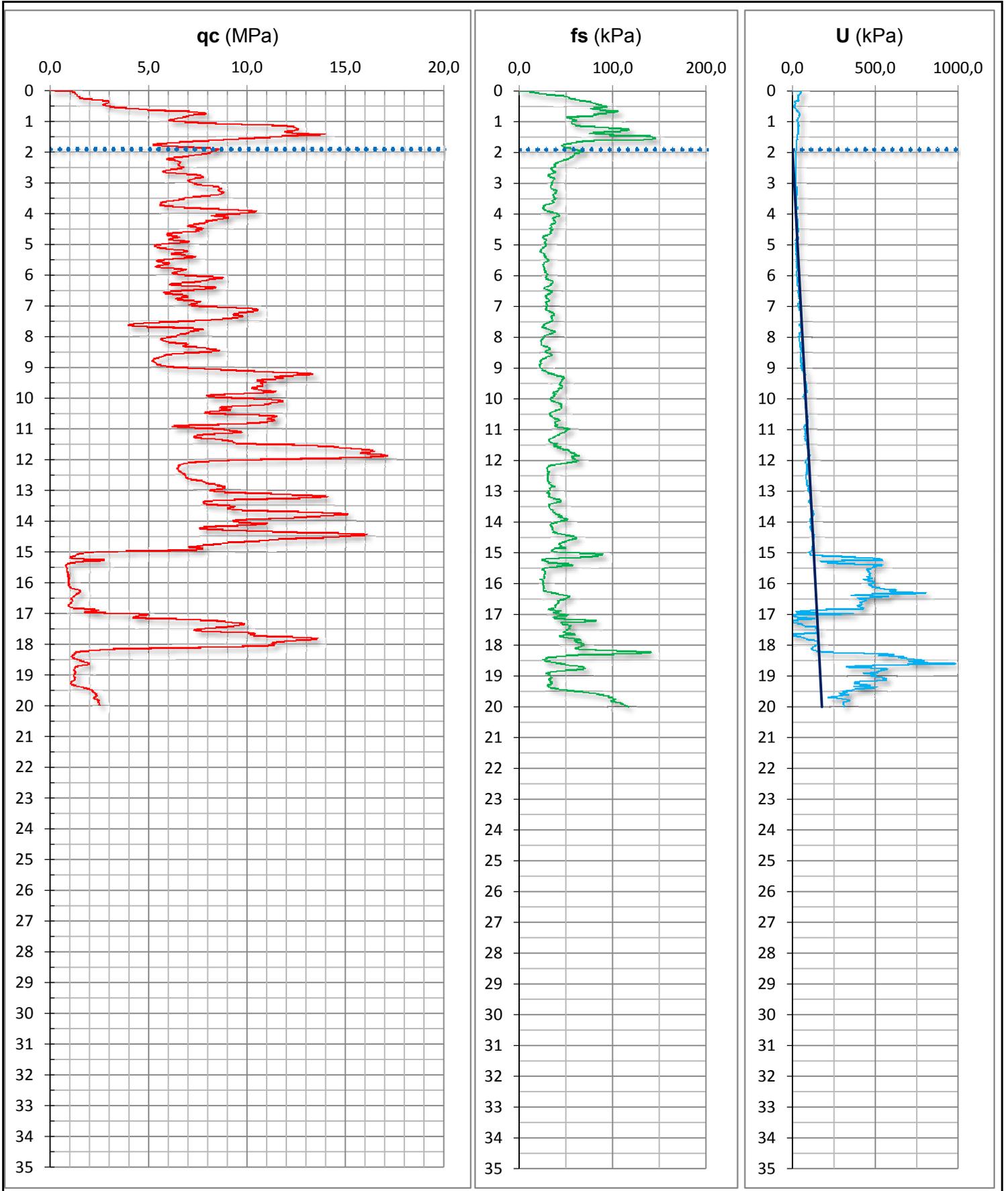
MZ2

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

RIF. PROVA:	CPTU n°:
CPTU U80-17	MZ2

COMMITTENTE: Comune di Voghiera
 CANTIERE: Largo Massarenti, Ducentola (Fe)
 DATA: 22/11/2017

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 20,00
 PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,90
 PREFORO (m da p.c.): 0,00



PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA
UBICAZIONE DELLE PROVE SVOLTE - FOTO PIAZZAMENTI

RIF. PROVA:	CPTU n°:
CPTU U80-17	MZ3

COMMITTENTE: Comune di Voghiera

CANTIERE: via S.P.29 - via Del Sandolo, Voghiera (Fe)

DATA: 20/11/2017



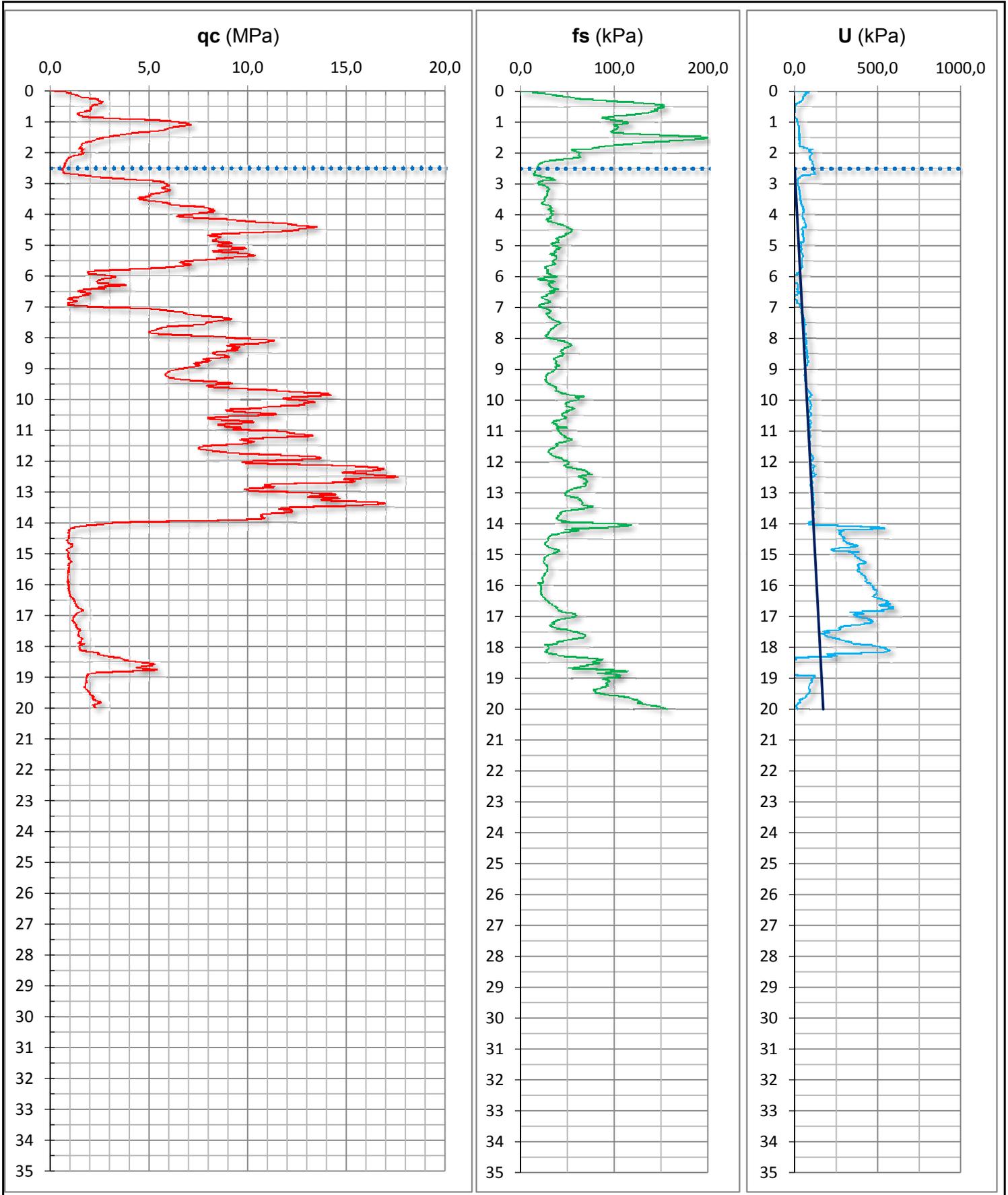
MZ3

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

RIF. PROVA:	CPTU n°:
CPTU U80-17	MZ3

COMMITTENTE: Comune di Voghiera
 CANTIERE: via S.P.29 - via Del Sandolo, Voghiera (Fe)
 DATA: 20/11/2017

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 20,00
 PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 2,50
 PREFORO (m da p.c.): 0,00



PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA
UBICAZIONE DELLE PROVE SVOLTE - FOTO PIAZZAMENTI

RIF. PROVA:	CPTU n°:
SCPTU U80-17	MZ4

COMMITTENTE: Comune di Voghiera

CANTIERE: Teatro, via San Leo, Voghenza (Fe)

DATA: 22/11/2017



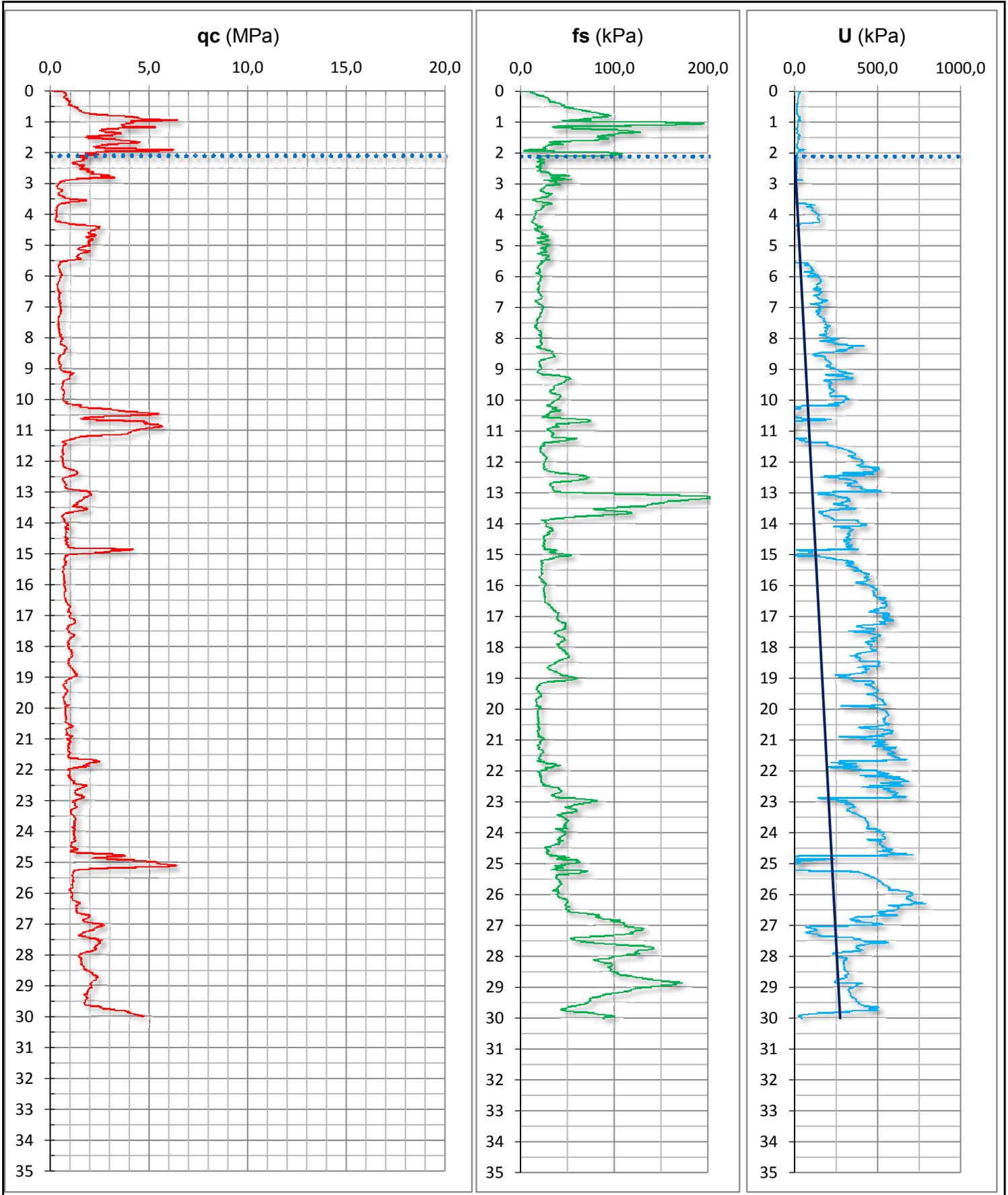
MZ4

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

RIF. PROVA:	CPTU n°:
SCPTU U80-17	MZ4

COMMITTENTE: Comune di Voghiera
 CANTIERE: Teatro, via San Leo, Voghenza (Fe)
 DATA: 22/11/2017

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00
 PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 2,10
 PREFORO (m da p.c.): 0,00



PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA PROVA DOWN HOLE SCPTU	RIF. PROVA:	CPTU n°:
	SCPTU U80-17	MZ4

COMMITTENTE: Comune di Voghiera

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00

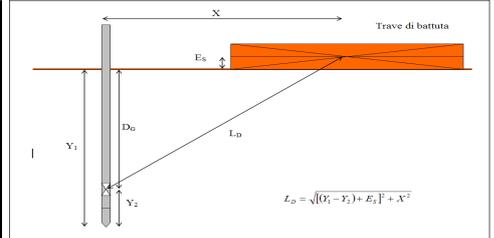
CANTIERE: Teatro, via San Leo, Voghenza (Fe)

PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 2,10

DATA: 22/11/2017

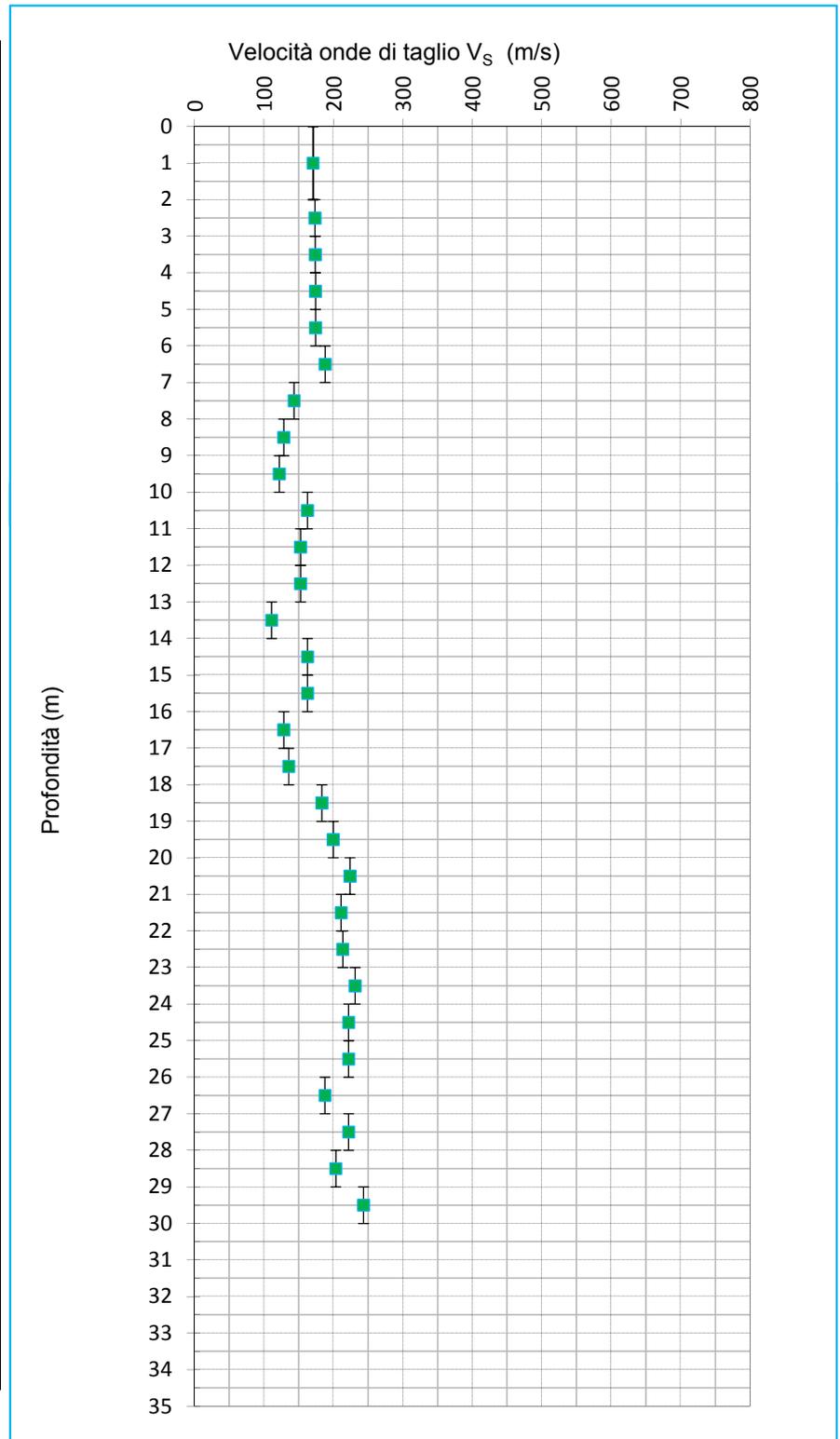
PREFORO (m da p.c.): 0,00

Peso mazza battente: 5Kg
 Ricevitore Down Hole: G1-cpl2IN
 Equipaggiamento di registrazione: D1-SISMI USB
 Distanza centro sorgente-verticale X: 0,25 m
 Distanza punta-accelerometro Y₂: 0,20 m



Vs₃₀ = 172 m/sec Categoria suolo di fondazione = D

Distanza corretta L _D punta elettrica	Tempo di arrivo onda S (millisecondi)	Velocità onde S dello strato (m/sec)
0,000		
0,838		171
1,817	10,656	173
2,811	16,393	174
3,808	22,131	174
4,807	27,869	174
5,805	33,607	188
6,805	38,925	143
7,804	45,902	128
8,804	53,688	122
9,803	61,885	163
10,803	68,033	152
11,803	74,590	152
12,802	81,147	111
13,802	90,164	163
14,802	96,311	163
15,802	102,459	128
16,802	110,246	136
17,802	117,623	183
18,802	123,077	200
19,802	128,088	224
20,802	132,557	211
21,801	137,295	213
22,801	141,983	231
23,801	146,311	222
24,801	150,820	222
25,801	155,328	188
26,801	160,656	222
27,801	165,164	203
28,801	170,082	243
29,801	174,192	



PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA
UBICAZIONE DELLE PROVE SVOLTE - FOTO PIAZZAMENTI

RIF. PROVA:	CPTU n°:
SCPTU U80-17	MZ5

COMMITTENTE: Comune di Voghiera

CANTIERE: Centro Civico, via Provinciale, Voghena (Fe)

DATA: 19/12/2017



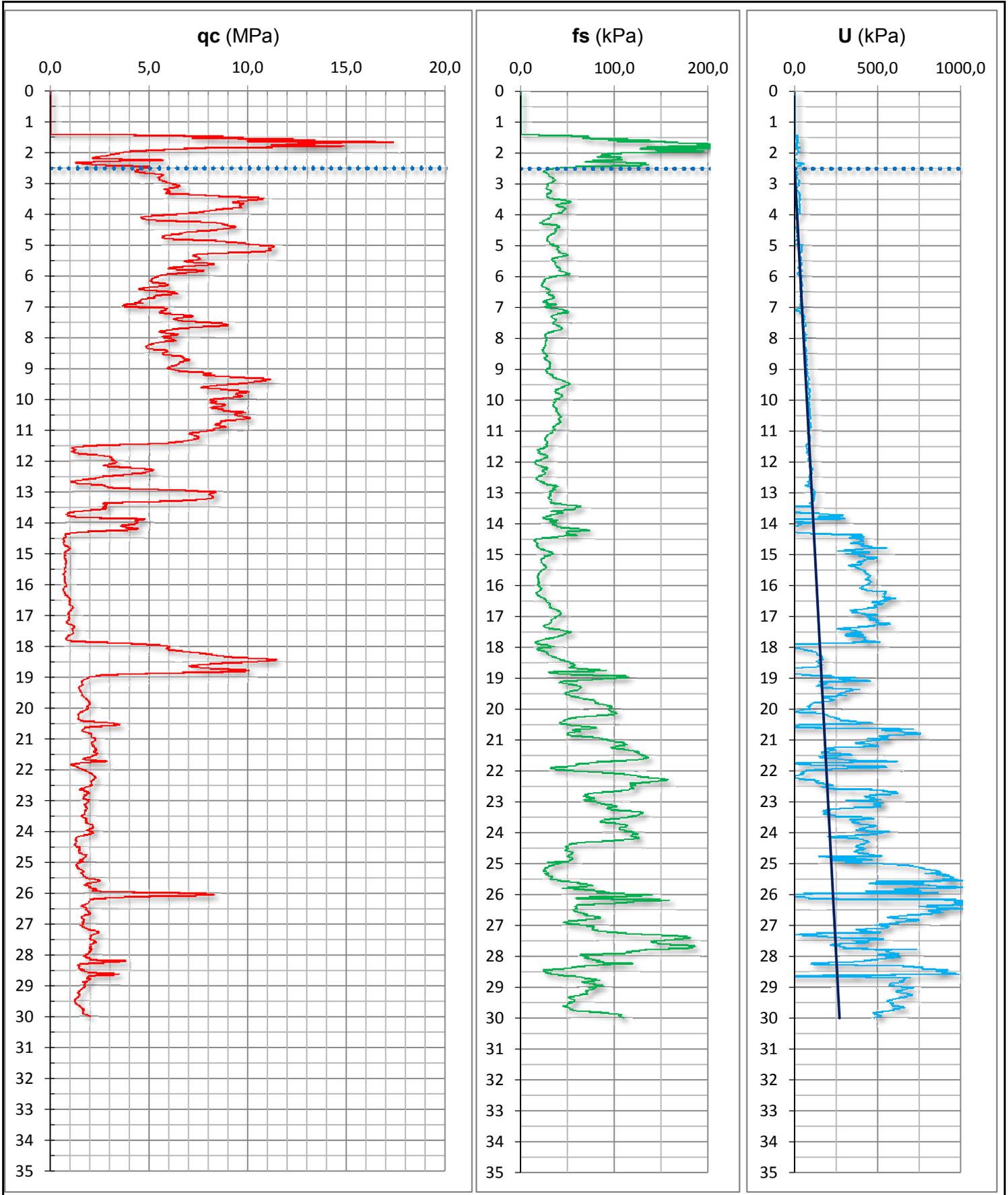
MZ5

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

RIF. PROVA:	CPTU n°:
SCPTU U80-17	MZ5

COMMITTENTE: Comune di Voghiera
 CANTIERE: Centro Civico, via Provinciale, Voghenza (Fe)
 DATA: 19/12/2017

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00
 PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 2,50
 PREFORO (m da p.c.): 1,40



PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA PROVA DOWN HOLE SCPTU	RIF. PROVA:	CPTU n°:
	SCPTU U80-17	MZ5

COMMITTENTE: Comune di Voghiera

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00

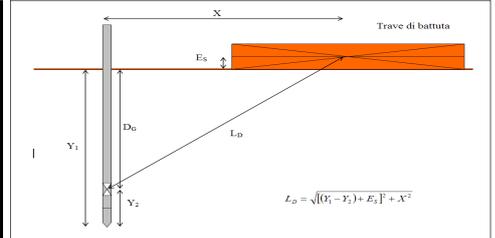
CANTIERE: Centro Civico, via Provinciale, Voghenza (Fe)

PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 2,50

DATA: 19/12/2017

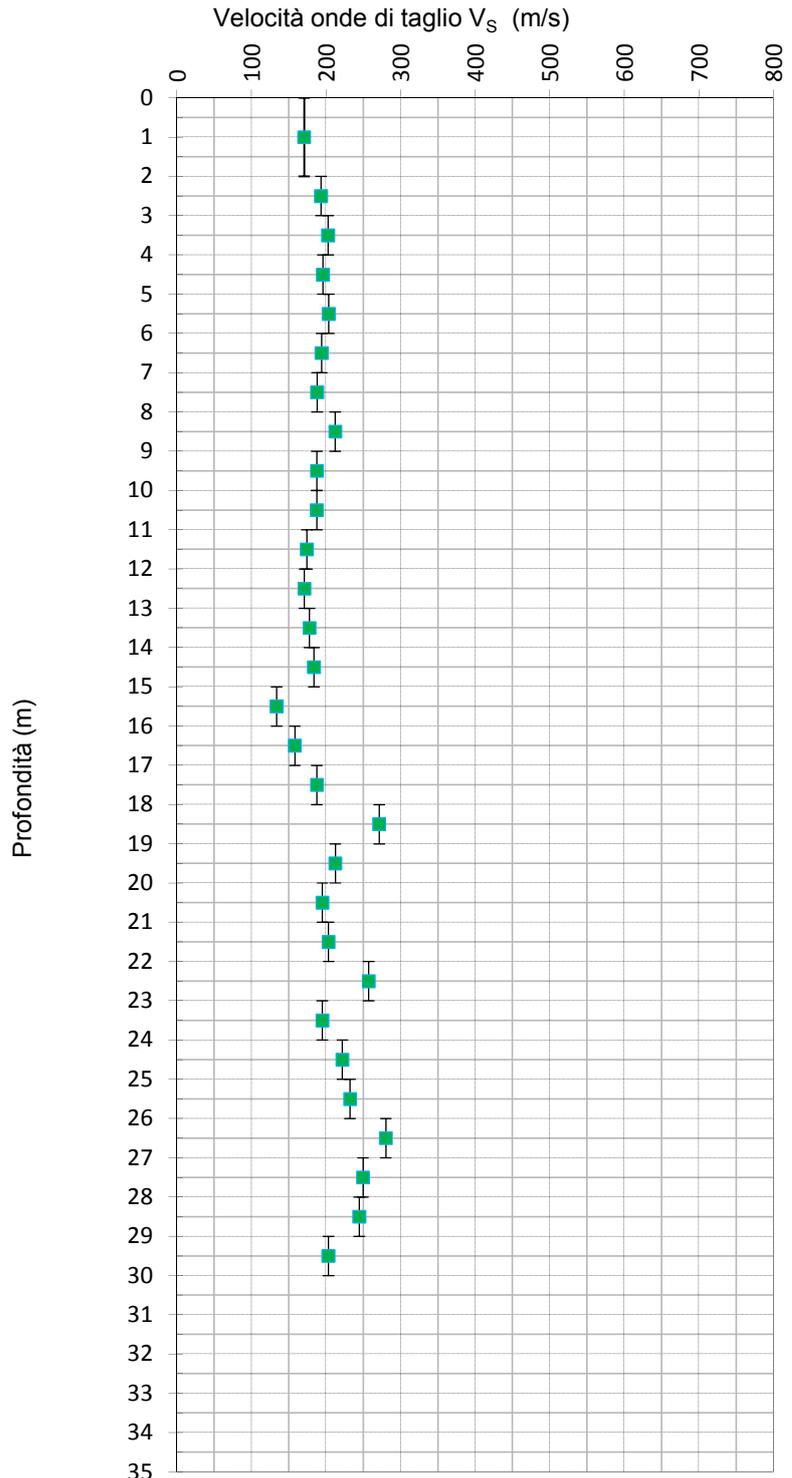
PREFORO (m da p.c.): 1,40

Peso mazza battente: 5Kg
 Ricevitore Down Hole: G1-cpl2IN
 Equipaggiamento di registrazione: D1-SISMI USB
 Distanza centro sorgente-verticale X: 0,25 m
 Distanza punta-accelerometro Y₂: 0,20 m



Vs₃₀ = 198 m/sec Categoria suolo di fondazione = C

Distanza corretta L _D punta elettrica	Tempo di arrivo onda S (millisecondi)	Velocità onde S dello strato (m/sec)
0,000		
0,838		171
1,817	10,656	193
2,811	15,803	203
3,808	20,721	196
4,807	25,820	204
5,805	30,728	194
6,805	35,877	188
7,804	41,193	212
8,804	45,902	188
9,803	51,229	188
10,803	56,557	174
11,803	62,295	171
12,802	68,145	178
13,802	73,770	184
14,802	79,215	133
15,802	86,705	158
16,802	93,033	188
17,802	98,361	271
18,802	102,049	212
19,802	106,757	195
20,802	111,884	203
21,801	116,803	257
22,801	120,692	195
23,801	125,820	222
24,801	130,328	232
25,801	134,636	280
26,801	138,205	249
27,801	142,213	245
28,801	146,302	203
29,801	151,229	



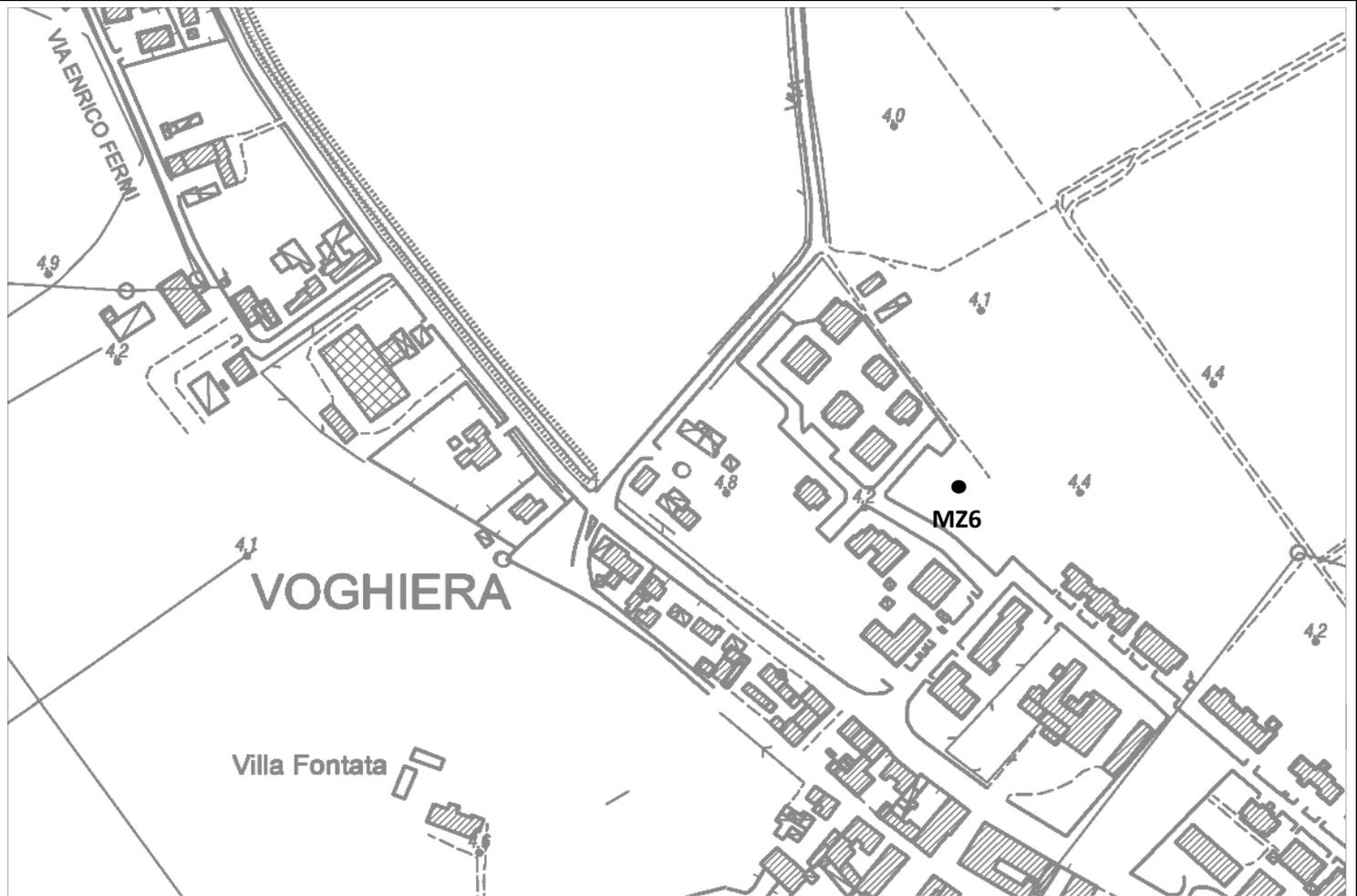
PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA
UBICAZIONE DELLE PROVE SVOLTE - FOTO PIAZZAMENTI

RIF. PROVA:	CPTU n°:
CPTU U80-17	MZ6

COMMITTENTE: Comune di Voghiera

CANTIERE: via C. Colombo, Voghiera (Fe)

DATA: 20/11/2017



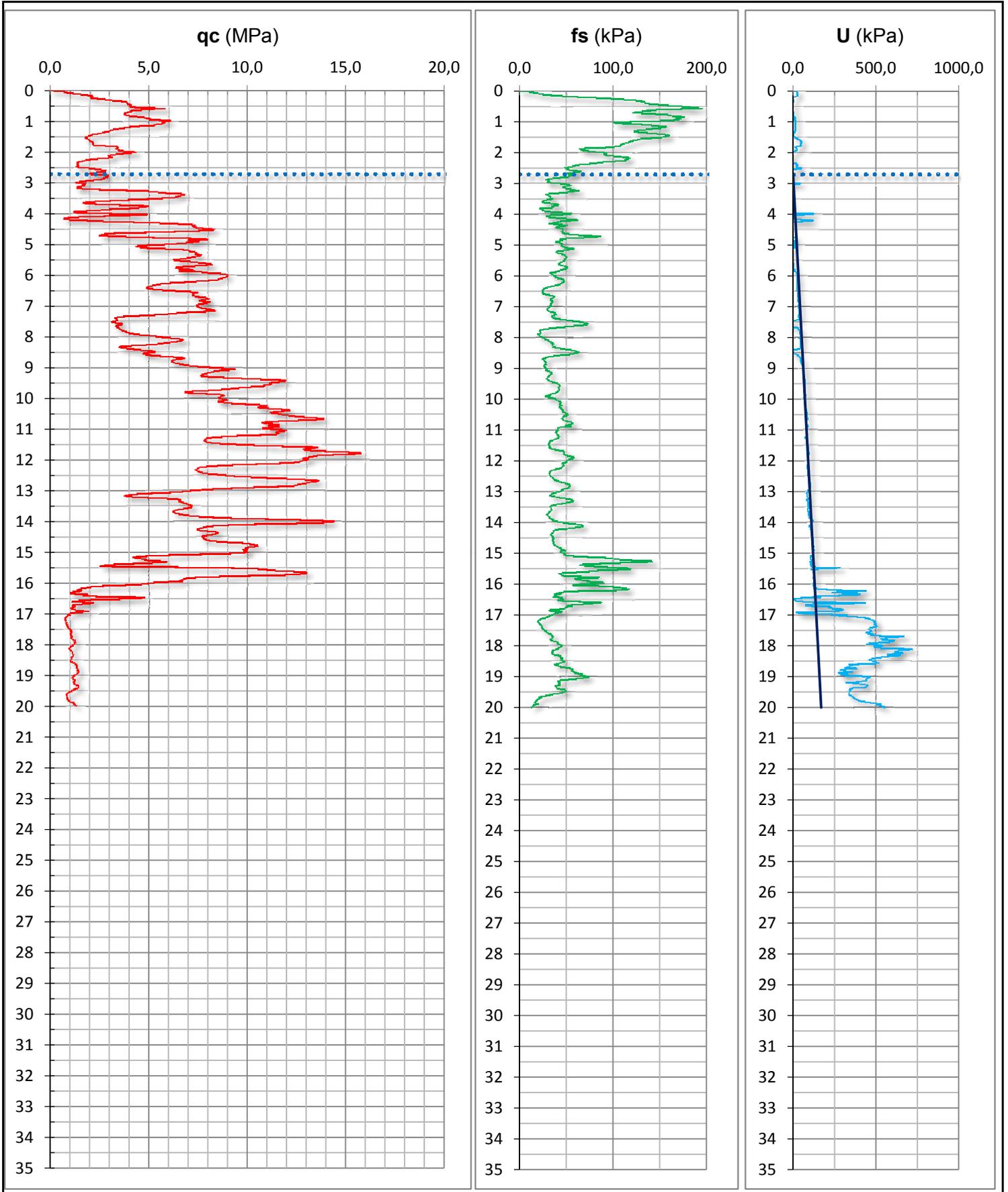
MZ6

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

RIF. PROVA:	CPTU n°:
CPTU U80-17	MZ6

COMMITTENTE: Comune di Voghiera
 CANTIERE: via C. Colombo, Voghiera (Fe)
 DATA: 20/11/2017

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 20,00
 PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 2,70
 PREFORO (m da p.c.): 0,00



PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA
UBICAZIONE DELLE PROVE SVOLTE - FOTO PIAZZAMENTI

RIF. PROVA:	CPTU n°:
CPTU U80-17	MZ7

COMMITTENTE: Comune di Voghiera

CANTIERE: via U. Terracini, Montesanto (Fe)

DATA: 19/12/2017



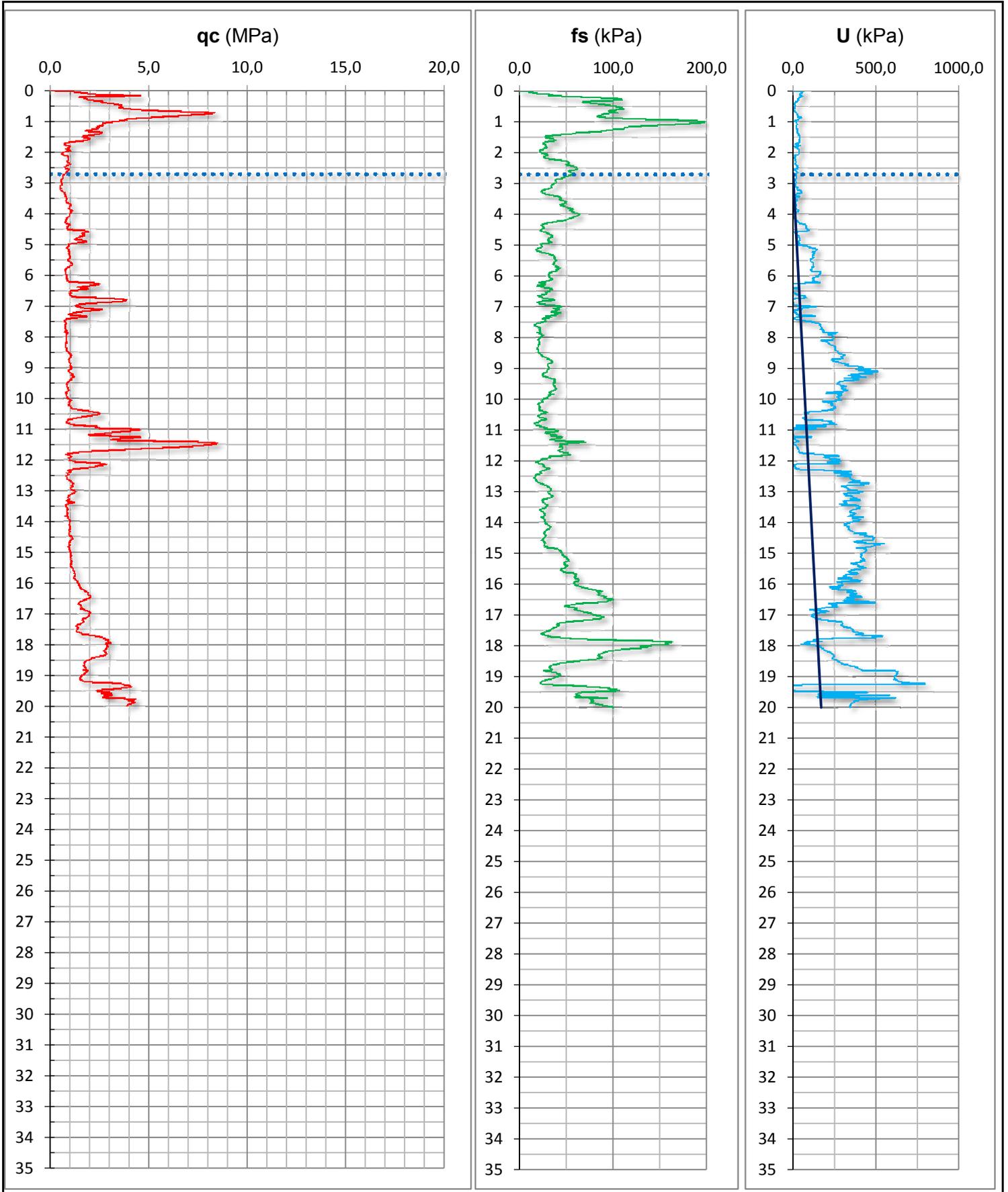
MZ7

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

RIF. PROVA:	CPTU n°:
CPTU U80-17	MZ7

COMMITTENTE: Comune di Voghiera
 CANTIERE: via U. Terracini, Montesanto (Fe)
 DATA: 19/12/2017

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 20,00
 PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 2,70
 PREFORO (m da p.c.): 0,00



INDAGINE SISMICA ESAC



Sismo-strato	PROFILO sismico fino a 30 metri		
	Velocità (m/s)	Profondità letto (m)	Spessore (m)
1	3.0	138.0	0.0
2	6.3	167.1	3.3
3	9.6	184.9	3.3
4	13.0	177.6	3.4
5	16.6	174.2	3.6
6	20.3	185.2	3.7
7	24.1	203.2	3.8
8	28.1	221.7	4.0
9	32.1	234.4	4.1

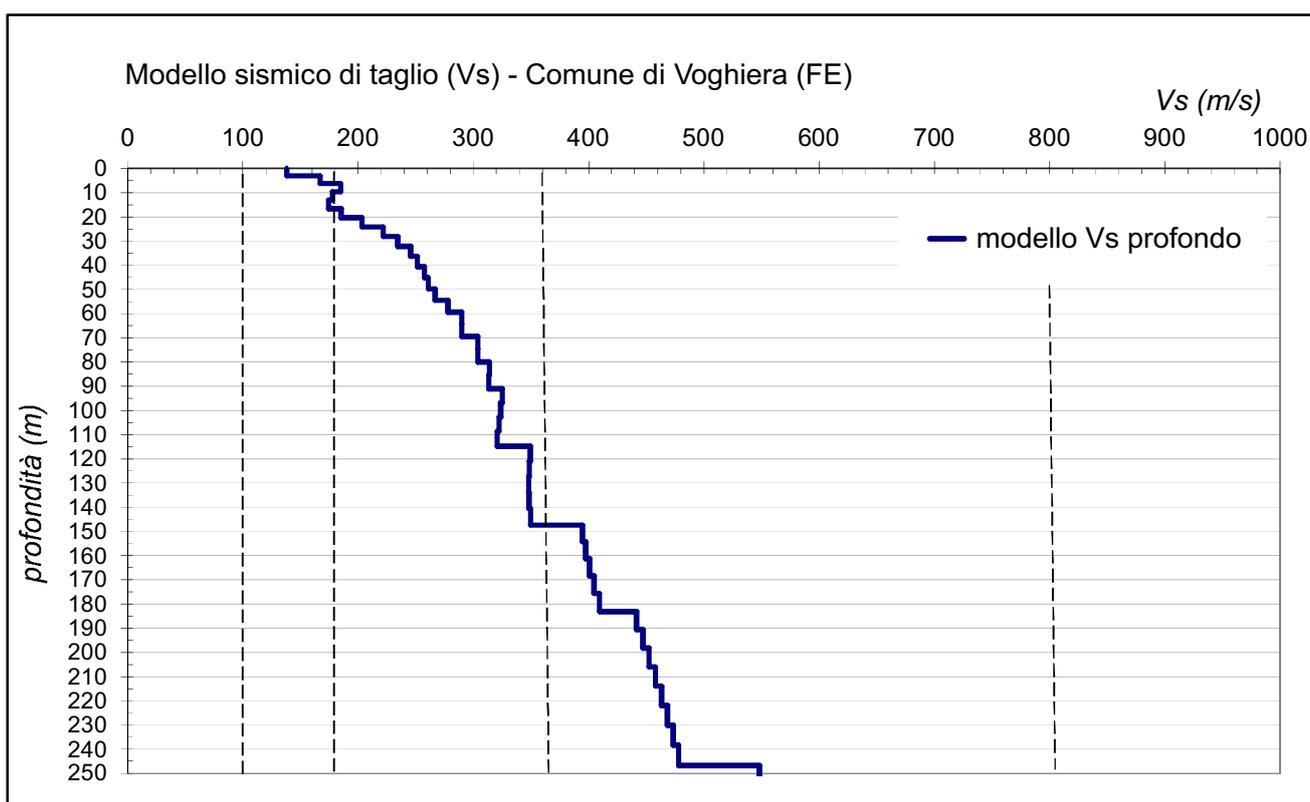


Figura 5. Il profilo verticale VS ottenuto per l'area indagata dal profilo sismico. In base al modello sismico è stata determinata la VS30 che risulta pari a 183 m/s \pm 3 m/s (RMS=1.0%).

Appendice A1

ESAC01	PROFILO sismico fino a 250 metri		
Sismo-strato	Profondità letto (m)	Velocità (m/s)	Spessore (m)
1	3.0	138.0	0.0
2	6.3	167.1	3.3
3	9.6	184.9	3.3
4	13.0	177.6	3.4
5	16.6	174.2	3.6
6	20.3	185.2	3.7
7	24.1	203.2	3.8
8	28.1	221.7	4.0
9	32.1	234.4	4.1
10	36.4	245.6	4.2
11	40.7	251.4	4.3
12	45.2	257.7	4.5
13	49.7	260.8	4.6
14	54.5	266.8	4.7
15	59.3	278.0	4.8
16	64.3	289.9	5.0
17	69.4	289.8	5.1
18	74.6	303.8	5.2
19	80.0	303.8	5.4
20	85.5	313.8	5.5
21	91.1	313.2	5.6
22	96.8	325.3	5.7
23	102.7	323.8	5.9
24	108.7	322.2	6.0
25	114.8	320.7	6.1

PROFILO sismico cont.,,

Sismo-strato	Profondità letto (m)	Velocità (m/s)	Spessore (m)
26	121.0	349.4	6.3
27	127.4	348.5	6.4
28	133.9	348.0	6.5
29	140.6	348.2	6.6
30	147.3	349.5	6.8
31	154.2	394.6	6.9
32	161.2	397.5	7.0
33	168.4	400.8	7.1
34	175.6	404.7	7.3
35	183.0	409.3	7.4
36	190.6	441.8	7.5
37	198.2	447.1	7.7
38	206.0	452.5	7.8
39	213.9	457.9	7.9
40	221.9	463.2	8.0
41	230.1	468.4	8.2
42	238.4	473.4	8.3
43	246.8	478.0	8.4
44	255.4	548.4	8.5
45	264.0	551.2	-

INDAGINE SISMICA HVSR



Coordinate geografiche

prova: HV01

44.759550°N

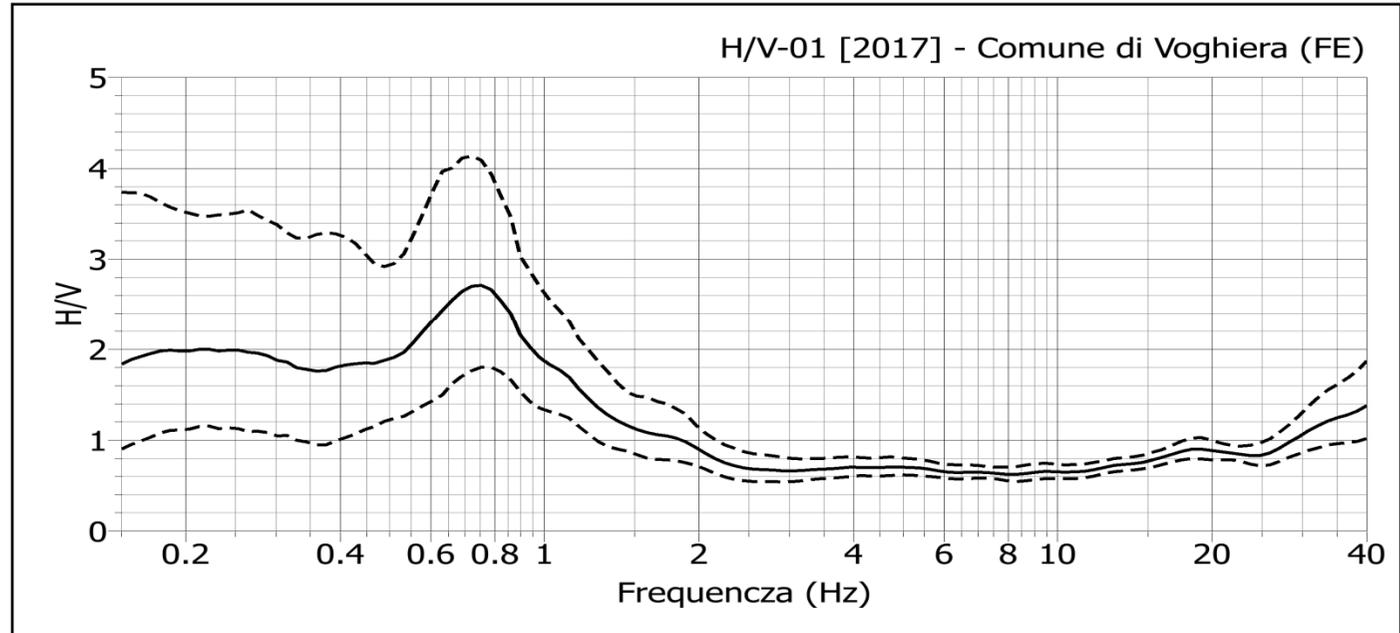
11.749888°E

n. finestre: 92

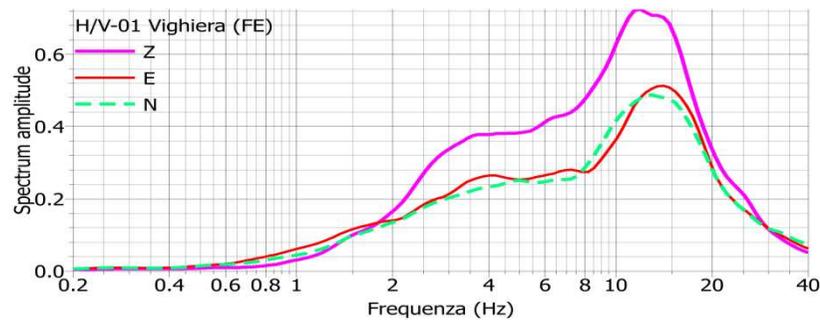
L. finestra: 30 sec

$F_0: 0,773 \pm 0,017$ Hz

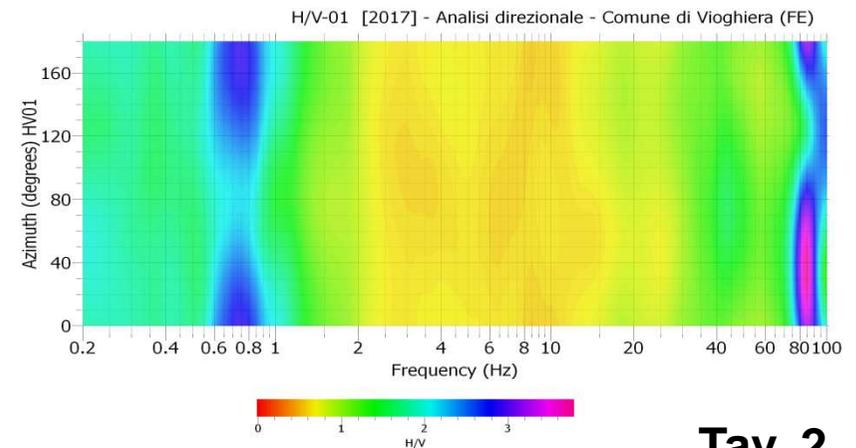
$T_0: 1,29$ secondi



spettri di Fourier normalizzati



analisi direzione



Tav. 2

Coordinate geografiche

prova: HV02

44.757660°N

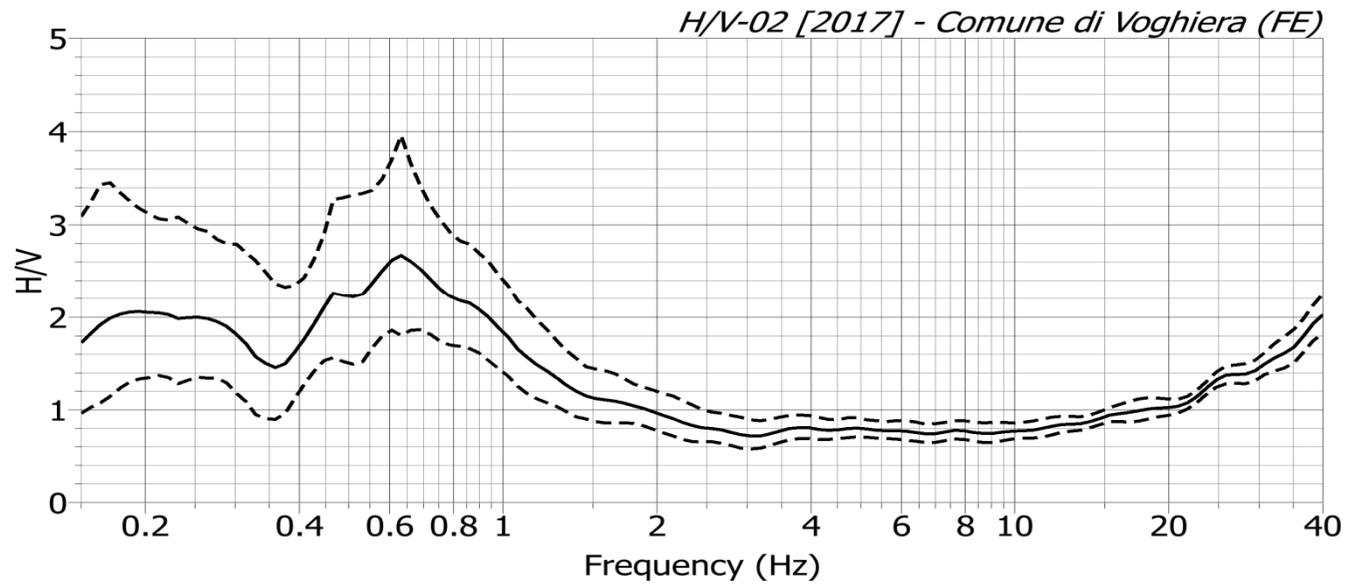
11.750977°E

n. finestre: 81

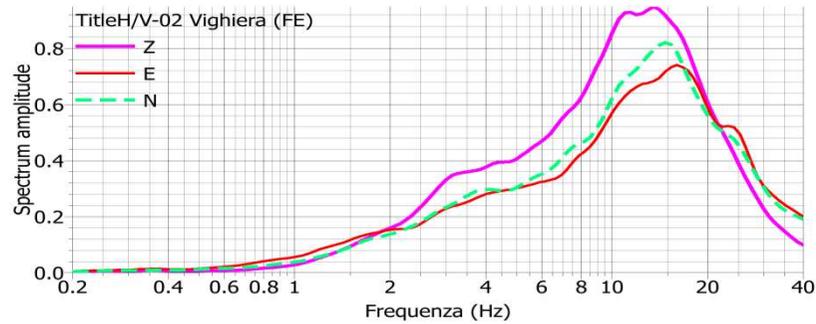
L. finestra: 30 sec

$F_0: 0,651 \pm 0,021$ Hz

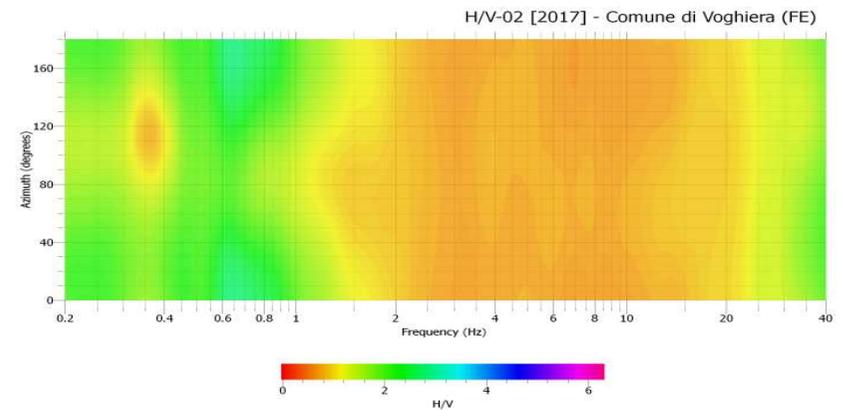
$T_0: 1,54$ secondi



spettri di Fourier normalizzati



analisi direzione



Tav. 3



Possessione Bassetta

Possessione Savino

Stazione di Montesanto

one Granda

Possessione Cervetta

Serbatoio

Montesanto

HN3 MZ

Villa Gullinelli

Possessione Chiesa

Scuole

Piane Montagna

Possessione Fossa

2.4

2.6

2.6

2.2

1.9

2.2

2.0

1.3

1.9

2.0

1.9

2.2

2.0

1.9

1.9

1.9

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

2.4

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

2.0

Coordinate geografiche

prova: HV03

44.730183°N

11.728628°E

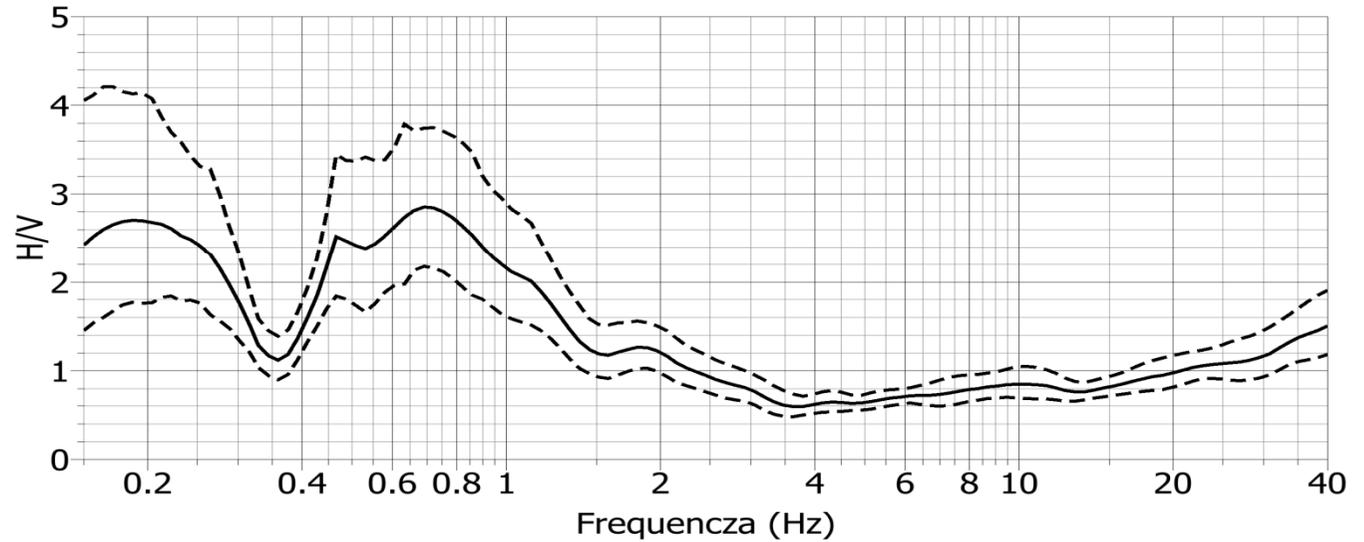
n. finestre: 87

L. finestra: 30 sec

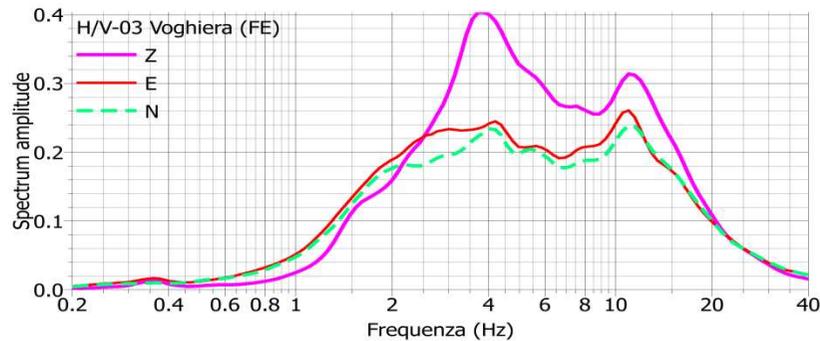
F₀:0,711±0,015 Hz

T₀:1,41 secondi

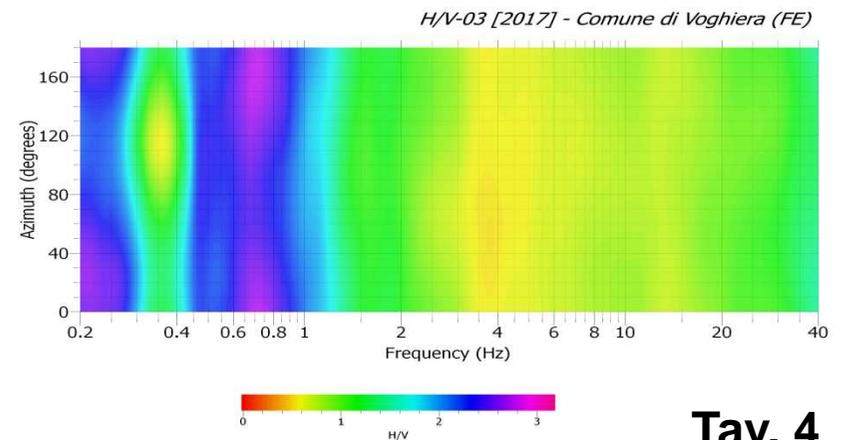
H/V-03 [2017] - Comune di Voghiera (FE)



spettri di Fourier normalizzati



analisi direzione



Tav. 4



Coordinate geografiche

prova: HV04

44.789261°N

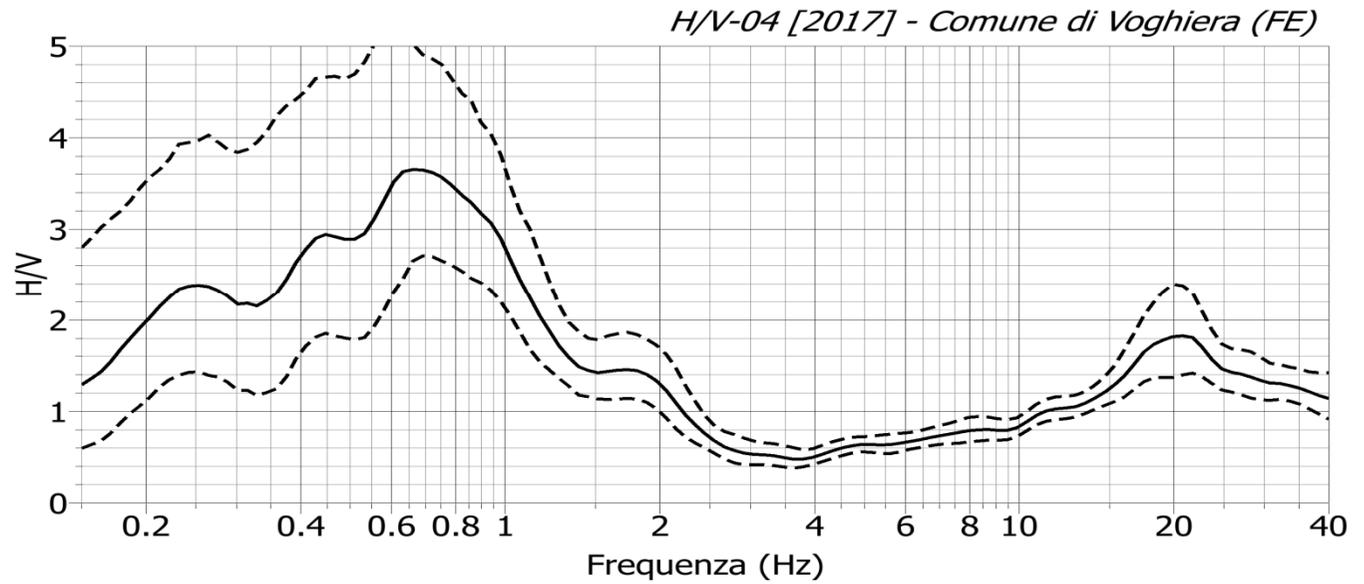
11.727864°E

n. finestre: 78

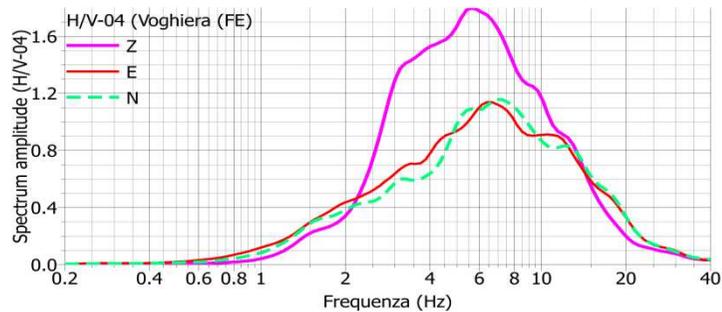
L. finestra: 30 sec

F₀:0,699±0,024 Hz

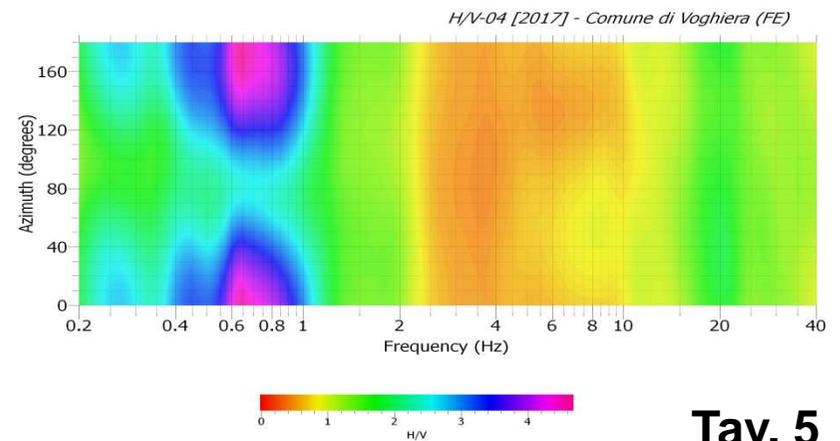
T₀:1,43 secondi



spettri di Fourier normalizzati



analisi direzione



Tav. 5

**RELAZIONE SULLE INDAGINI
SISMICHE**

**Regione EMILIA-ROMAGNA
Provincia di FERRARA
Comune di Voghiera**

**Indagine sismica con la tecnica della sismica
passiva: ESAC e H/V per la determinazione
del profilo profondo di Vs e della frequenza di
risonanza dei terreni in alcuni siti nel Comune
di Voghiera (FE)**

Gennaio 2017

Committente: Studio Geologo Veronese

Tecnico: Dr. Nasser Abu Zeid

Indagine sismica con la tecnica della sismica passiva: ESAC e H/V per la determinazione del profilo profondo di Vs e della frequenza di risonanza dei terreni in alcuni siti nel Comune di Voghiera (FE)



- Relazione Geofisica -

Gennaio 2018

Teamgeofisica.ceg (centro elaborazione dati geofisici)

Via G. Fabbri, 342 - 44124 FERRARA (FE)

Tel./Fax 0532-8748912

Mail: teamgeofisica.ceg@gmail.com

INDICE

1.	PREMESSA	1
2.	TECNICHE D'INDAGINE	1
2.1.	Sismica passiva (Enhanced Spatial autocorrelation "ESAC")	1
2.2.	Rapporti spettrali (H/V)	3
2.2.1.	Il metodo HVSR (Horizontal Vertical Spectral Ratio)	4
3.	ACQUISIZIONE DATI	6
3.1.	Dati ESAC	6
3.2.	Dati H/V	8
4.	ANALISI DATI	8
4.1.	Dati ESAC	8
4.2.	Dati rapporti spettrali (H/V)	10
5.	RISULTATI	10
5.1.	Prova ESAC	10
5.1.	Prove dei rapporti spettrali (H/V)	12
6.	CONCLUSIONI	14
7.	BIBLIOGRAFIA	16

ELENCO DELLE FIGURE E TABELLE

Figura 1: modello di sottosuolo ad un grado di libertà (SDOF).....	4
Figura 2a. Esempi di sismogrammi sperimentali acquisiti lungo il profilo sismico. Le linee verticali rappresentano il treno d'onda registrato da ciascun geofono.....	7
Figura 2b. Geometria delle antenne sismiche utilizzate. Colore blu: profilo sismico.....	7
Figura 3. Confronto curve di dispersione sperimentali (punti) e teoriche delle onde Rayleigh (linea) del profilo sismico ESAC01. Errore RMS=1%.....	9
Figura 4. Sismogramma del data set di rumore sismico acquisito in campo libero a Voghiera (HV01). Z: componente verticale, N: componente orizzontale in direzione N-S e E: componente orizzontale in direzione E-W. Le barre verticali colorate indicano le finestre considerate nell'analisi dei dati.	10
Figura 5. Il profilo verticale VS ottenuto per l'area indagata dal profilo sismico. In base al modello sismico è stata determinata la VS30 che risulta pari a 183 m/s \pm 3 m/s (RMS=1.0%).	11
Figura 6. Il profilo verticale G_{max} (μ : modulo di rigidità dinamico) dell'area indagata dal profilo sismico, ottenuto dal profilo di velocità (V_s) mediante l'equazione $\mu = \rho * V_s^2$	12
Figura 7. Spettro medio dei rapporti spettrali (H/V) effettuate in campo libero della prova n. 01 acquisita nella vicinanza del sito della prova ESAC. Le frecce indica la frequenza di risonanza fondamentale (F0) tipica dei terreni investigati. F0:.....	13
Figura 8: relazione tra frequenza di risonanza di edifici in c.a. e n. di piani degli stessi.	14
Tabella 1. Dati tecnici dei profili sismici. _____	6
Tabella 2: elenco delle prove HVSR effettuate per la determinazione della(e) frequenza(e) di risonanza del terreno. (per l'ubicazione si rimanda all'Allegato 0 Tav. 1). _____	8
Tabella 3. Modello sismico (Onde S) del sottosuolo investigato. In appendice A sono riportati i valori numerici del profilo completo. _____	11
Tabella 4: elenco delle frequenze di risonanze ottenute dalle prove HVSR.	13

Avvertenze

I dati forniti nella presente relazione si riferiscono esclusivamente alla situazione esistente al periodo di indagine.

La precisione dei metodi impiegati è limitata dagli errori sistematici delle procedure di indagine.

L'autore della presente relazione garantisce la riservatezza dei dati e delle informazioni contenute e si riserva, previa autorizzazione del committente dell'indagine, il diritto esclusivo della loro pubblicazione su riviste scientifiche nazionali ed internazionali.

1. PREMESSA

Su incarico dello studio Geologico Veronese di Codigoro (FE) è stata effettuata nel periodo dicembre 2017 - gennaio 2018 una campagna d'indagine geofisica nel territorio del Comune di Voghiera (FE). Scopo dell'indagine è quello di determinare sia la velocità di propagazione delle onde di taglio fino al substrato simico eventualmente raggiungibile, oltre alla determinazione della frequenza di risonanza dei terreni. A tale fine è stata impiegata la tecnica della sismica passiva ESAC per la determinazione della sequenza sismica delle onde di taglio lungo uno profilo sismico (Tav. 1), mentre è stata impiegata la tecnica dei rapporti spettrali H/V per la determinazione della frequenza (o periodo) di risonanza dei terreni.

2. TECNICHE D'INDAGINE

2.1. SISMICA PASSIVA (ENHANCED SPATIAL AUTOCORRELATION "ESAC")

La risposta dinamica dei terreni sottoposti a sollecitazioni può essere ottenuta mediante l'analisi delle onde elastiche che si trasmettono nel sottosuolo. Come è noto, le sollecitazioni dinamiche generano diversi tipi di onde riconducibili a:

- a) onde di volume (P ed S) e
- b) onde superficiali (Rayleigh "R" e Love "L").

Le onde di maggiore interesse nella soluzione di molti problemi geotecnici legati al sistema sottosuolo-fondazione-struttura sono quelle comunemente indicate come onde di taglio di tipo "S", "R" e "L". Tali tipi di onde producono vibrazioni nelle particelle dei materiali costituenti il sottosuolo che al passaggio del treno d'onda risultano polarizzate lungo un piano perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione dell'onda stessa. Ciò comporta la comparsa di sforzi di taglio successivamente trasmissibili alle

strutture in superficie ed, in alcuni casi, ad un conseguente danno alle stesse.

Il D.M. del 14 gennaio 2008 dal titolo “Norme tecniche per le costruzioni”, impone di classificare i terreni, su cui saranno eseguite opere edili di una certa rilevanza, sulla base del parametro V_{s30} . La classificazione dei terreni riporta cinque categorie, definite con simbologia alfanumerica da A ad E e successive integrazioni S1 e S2, a cui corrisponde una valutazione quantitativa della risposta sismica dei terreni sottoposti ad una accelerazione sismica attesa, predefinita per ciascuna classe. Il parametro V_{s30} rappresenta la media ponderata dei valori delle velocità dell’onda di taglio “S” nei primi 30 m di sottosuolo indagato, matematicamente espressa da (eq. 1);

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{v_i}} \quad eq.1$$

dove,

V_{s30} : velocità media ponderata delle onde di taglio “S”,

h_i : spessore dello strato i esimo,

v_i : velocità delle onde di taglio “S” nello strato i esimo.

Le tecniche geofisiche comunemente utilizzate per la determinazione di tale parametro sono essenzialmente di tre tipi:

- 1) prove in foro singolo (Down-Hole) o doppio (Cross-Hole),
- 2) sismica di superficie (rifrazione e riflessione) con energizzazione di onde polarizzate (SH),
- 3) tecniche mediante onde superficiali “R” e “L” (SASW, MASW e Microtremori Re.Mi., SPAC, MSPAC ed ESAC).

Le prime richiedono l’esecuzione di un sondaggio per permettere la determinazione del parametro. Le seconde, più costose, forniscono risultati

di elevata qualità ma sono facilmente influenzate da rumori antropici che ne degradano le caratteristiche. Le ultime sono realizzate, ad eccezione della tecnica SASW, con procedure operative simili a quelle impiegate nella sismica a rifrazione.

La prova geofisica adottata per questa indagine appartiene alla terza categoria ed è consistita nell'applicazione della tecnica dei microtremori (Autocorrelazione Spaziale Migliorato "ESAC") che permette di ottenere con minor costo di processo il profilo verticale della velocità media delle onde di taglio "S" e contemporaneamente di raggiungere profondità superiori a 30 m favorendo in alcuni casi il raggiungimento del bedrock sismico - così come definito dalla normativa ($V_s > 800$ m/s) - coadiuvando contemporaneamente l'interpretazione delle eventuali variazioni di rigidità sismica ($V_s^2 \times \rho$) dei terreni investigati.

Attraverso l'analisi delle onde superficiali "tipo Rayleigh R", che costituiscono un particolare tipo di onde superficiali trasmesse sulla superficie libera di un mezzo omogeneo ed isotropo, si ricava indirettamente la velocità delle onde di taglio "S" secondo l'equazione

$$V_R = \left(\frac{0.862 + 1.14\nu}{1 + \nu} \right) \times V_S \quad eq.2$$

$$V_R \cong 0.92 V_S$$

dove,

V_R : velocità di fase dell'onda Rayleigh

V_S : velocità di propagazione dell'onda di taglio

ν : rapporto di Poisson

2.2. RAPPORTI SPETTRALI (H/V)

La risposta dinamica dei terreni sottoposti a sollecitazioni può essere ottenuta mediante l'analisi delle onde elastiche che si trasmettono nel sottosuolo. Come è noto, le sollecitazioni dinamiche generano diversi tipi di onde riconducibili a:

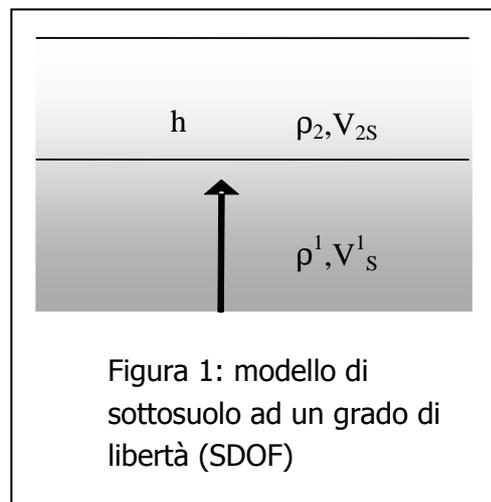
- c) onde di volume (P ed S) e
- d) onde superficiali (Rayleigh "R" e Love "L").

Le onde di maggiore interesse nella soluzione di molti problemi geotecnici legati al sistema sottosuolo-fondazione-struttura sono quelle comunemente indicate come onde di taglio di tipo "S", "R" e "L". Tali tipi di onde producono vibrazioni nelle particelle dei materiali costituenti il sottosuolo che al passaggio del treno d'onda risultano polarizzate lungo un piano perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione dell'onda stessa. Ciò comporta la comparsa di sforzi di taglio successivamente trasmissibili alle strutture in superficie ed, in alcuni casi, ad un conseguente danno alle stesse.

Siccome la frequenza di risonanza propria dei terreni dipende dalla sequenza dei contrasti di impedenza acustica presenti nel sottosuolo è possibile utilizzare la tecnica dei rapporti spettrali per risalire a tale parametro. Il lavoro fondamentale su questa specifica procedura fu pubblicato da Nakamura nel 1989; per questo motivo è chiamato anche "metodo di Nakamura" (Nakamura, 1989).

2.2.1. Il metodo HVSR (Horizontal Vertical Spectral Ratio)

È ben noto che quando un'onda elastica che si propaga nel sottosuolo passando da un mezzo con impedenza acustica $Z_1 = \rho_1 v_1$ (dove ρ è la densità e v la velocità di un'onda di volume -P o S-) ad un mezzo con impedenza acustica $Z_2 = \rho_2 v_2$, se $Z_2 < Z_1$ l'ampiezza dell'onda trasmessa nel secondo mezzo aumenta. Questo fenomeno dipende soltanto dall'angolo d'incidenza e non dalla frequenza per le onde P, cioè tutte le singole componenti sinusoidali dell'onda



vengono amplificate nella stessa misura. Per le onde S si dimostra invece che ha luogo un fenomeno di risonanza. Dato un sottosuolo formato da una copertura omogenea elastica di spessore h , poggiante su un substrato rigido (nella pratica un substrato è considerato rigido quando la sua V_{1S} supera 800 m/s), come in Figura 1, tali frequenze di risonanza sono date da (v. p. es. Lanzo e Silvestri, 1999):

$$f_n = \frac{V_{2S}(2n-1)}{4h}, n = 1, 2, \dots, \infty .$$

Ad esempio, per una copertura elastica spessa 50 m con V_{2S} di 200 m/s (velocità tipica di un sedimento sciolto), $f_1=1$ Hz, $f_2= 3$ Hz e così via. Si tratta di campi di frequenze coincidenti con quelli delle costruzioni. L'ampiezza di oscillazione alle frequenze di risonanza tende all'infinito per un mezzo puramente elastico. È da notare che ciò non avviene mai nella pratica in quanto tutti i mezzi materiali hanno un comportamento visco-elastico. Ciò comporta uno smorzamento progressivo dell'ampiezza trasmessa $A(f_n)$ alla frequenza di risonanza, al crescere di questa, secondo la relazione:

$$A(f) = \frac{2}{(2n-1)} \cdot \frac{G}{\pi^2 \eta f},$$

dove, G è il modulo di rigidità e η il coefficiente di viscosità.

Poiché sia le onde di Love che la componente orizzontale delle onde di Rayleigh si formano per interferenza costruttiva delle onde S, quanto detto vale con ottima approssimazione anche per tali onde, purché il sottosuolo sia tabulare, cioè a strati piano/paralleli. Questo è un fatto particolarmente fortunato perché significa che basta registrare il rumore sismico ambientale, dove è ampiamente prevalente l'energia associata alle onde superficiali, per avere un'informazione precisa (nei limiti summenzionati) delle frequenze di risonanza. Questa infatti si ottiene con 3 semplici passaggi:

1. registrando in un punto per un certo tempo le 3 componenti del moto delle particelle del terreno (la verticale $V(t)$ e due orizzontali ortogonali tra loro: $NS(t)$, $EW(t)$) con un sismometro a frequenza propria inferiore al campo di frequenze di interesse;

2. calcolandone i rispettivi spettri di Fourier $V(f)$, $EW(f)$ e $NS(f)$ ¹

$$\frac{\sqrt{|NS(f)|^2 + |EW(f)|^2}}{|V(f)|}$$

3. facendo il rapporto detto per l'appunto HVSR, acronimo di Horizontal over Vertical Signal Ratio.

Si richiama l'attenzione del lettore su due fatti:

1. che non è possibile, conoscendo soltanto la frequenza di risonanza, determinare contemporaneamente la V_S dello strato elastico e la profondità h del substrato rigido: questi due parametri del sottosuolo compaiono in un prodotto, e quindi la loro determinazione è impossibile senza informazioni di altra origine;
2. trattandosi di un metodo statistico, l'ampiezza alla frequenza di risonanza può essere affetta da un ampio margine di incertezza. L'ampiezza effettiva può essere stimata solo utilizzando un segnale deterministico, come quello di un terremoto.

3. ACQUISIZIONE DATI

3.1. DATI ESAC

Il sito oggetto di indagine è stato investigato in data 12/01/2018 mediante l'esecuzione di n.1 profilo sismico tipo "ESAC" (**Tav. 1**) della lunghezza complessiva di 172,5m (Tabella 1).

Tabella 1. Dati tecnici dei profili sismici.

Sigla	Lunghezza (m)	Passo intergeofonico (m)	Orientazione
Profilo 1	172,5*	7,5	44.759667°N 11.749553°E ENE-----SSW
*geometria a forma di L. Coordinate piane: Ed50_X, 717694.414, Ed50_Y 4960130.291			

¹ È d'uso indicare con la stessa lettera maiuscola la trasformata di Fourier di una funzione, indicata con la lettera minuscola.

Per l'acquisizione dei dati è stato impiegato un sismografo digitale RAS 24 – Seistronix (ABEM) con 24 geofoni verticali con frequenza naturale pari a 4,5 Hz, equidistanziati 7.5 m. La lunghezza temporale di ogni registrazione è stata pari a 32 secondi con passo di campionamento di 2 ms. In Figura (2a) è riportato uno esempi di acquisizione composto da 24 tracce sismiche seconda la geometria delle due antenne sismiche utilizzate (Fig. 2b).

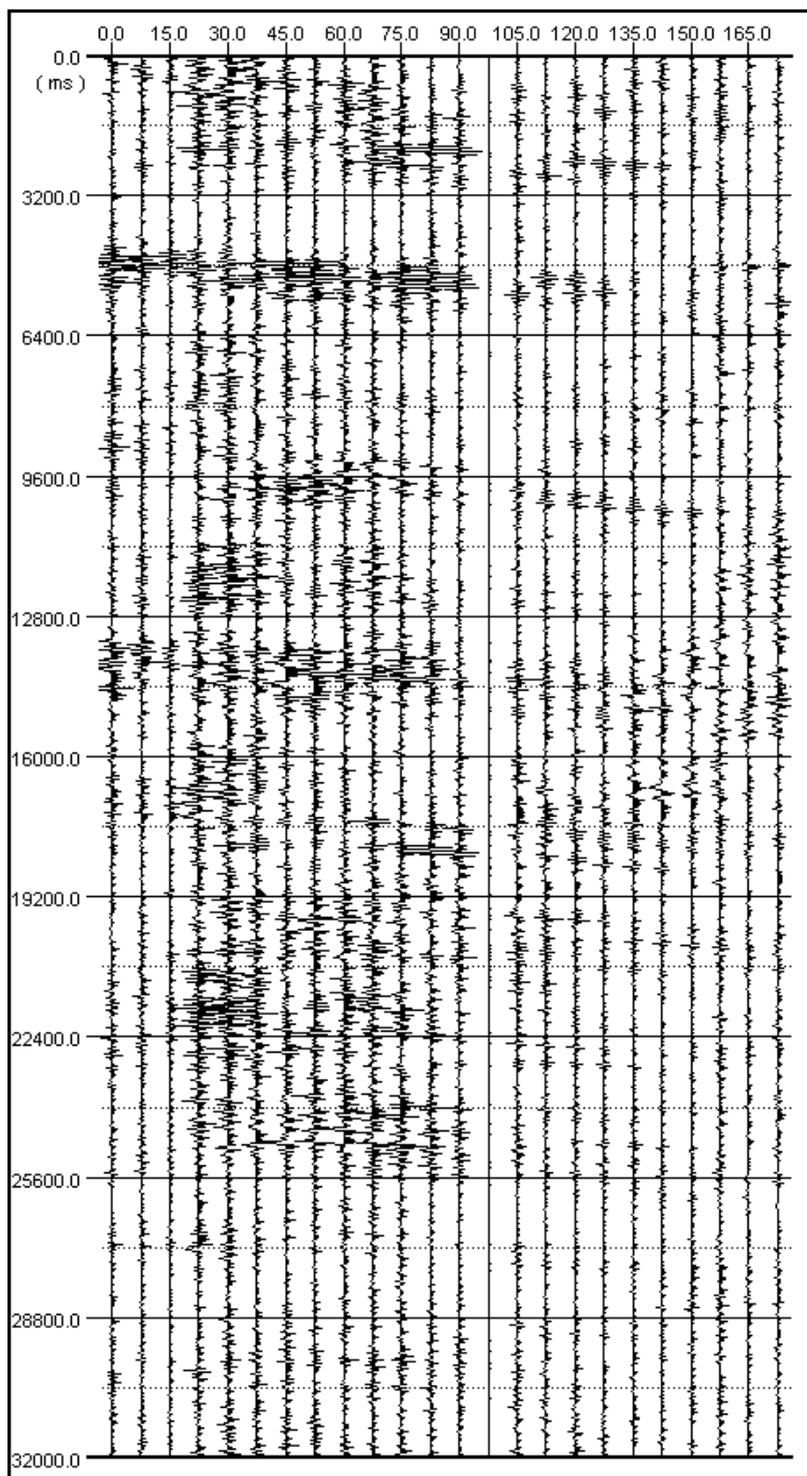


Figura 2a. Esempi di sismogrammi sperimentali acquisiti lungo il profilo sismico. Le linee verticali rappresentano il treno d'onda registrato da ciascun geofono.

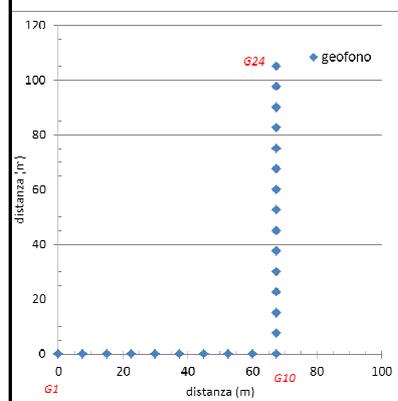


Figura 2b. Geometria delle antenne sismiche utilizzate. Colore blu: profilo sismico.

3.2. DATI H/V

L'area oggetto di indagine è stata investigata nel periodo ottobre 2017 mediante l'esecuzione di n.4 prove H/V (TAV-1).

Per l'acquisizione dati è stato impiegato una data logger a 24 bit collegato ad un sismometro 3D modello Sensor (S3S2, M.A.E. Apparecchiature Elettroniche srl. di Frosolone, Molise). La lunghezza temporale di ogni registrazione pari a 60 minuti con passo di campionamento di 250 Hz (in figura 5 si illustra un esempio di acquisizione). In Tabella 2 si riportano i dettagli tecnici delle prove H/V eseguite.

Tabella 2: elenco delle prove HVSR effettuate per la determinazione della(e) frequenza(e) di risonanza del terreno. (per l'ubicazione si rimanda all'Allegato 0 e Tav. 1).

ID prova HVSR	durata acq. (minuti)	Ed50_X (m)	Ed50_Y (m)	Lat. (geografica)	Long. (geografica)
Territorio del Comune di Voghiera (FE)					
H/V-1	60	4960118.198	717721.368	44.759550	11.749888
H/V-2	60	4959911.165	717814.656	44.757660	11.750977
H/V-3	60	4956799.351	716148.196	44.730183	11.728628
H/V-4	60	4963359.894	715867.424	44.789261	11.727864

4. ANALISI DATI

4.1. DATI ESAC

L'analisi delle tracce sismiche registrate è basata sull'impiego della tecnica di analisi denominata "autocorrelazione spaziale migliorata (ESAC)". Tale tecnica considera il rumore sismico di essere generato da una distribuzione uniforme di sorgenti (cioè non esistono sorgenti dominanti).

La procedura di analisi è basata sulla teoria elaborata da Aki (1959) secondo il quale la funzione di correlazione media fra le registrazioni di un rumore isotropo effettuate su sensori verticali distribuiti nelle diverse direzioni a parità distanza r da un sensore di riferimento, ha una forma simile a quella della funzione di Bessel di ordine 0. Egli deduce che tale forma (equazione 3)

è funzione del valore della velocità di fase (VR) per ogni copia di frequenza e distanza:

$$\rho(r, \omega_0) = J_0 \left(\frac{\omega r}{c(\omega_0)} \right) \quad eq.3$$

dove,

J_0	: coefficiente di autocorrelazione
$\rho(r, \omega_0)$: funzione di Bessel di tipo I ed ordine zero
$C(\omega_0)$: velocità di fase delle onde Rayleigh in funzione della frequenza

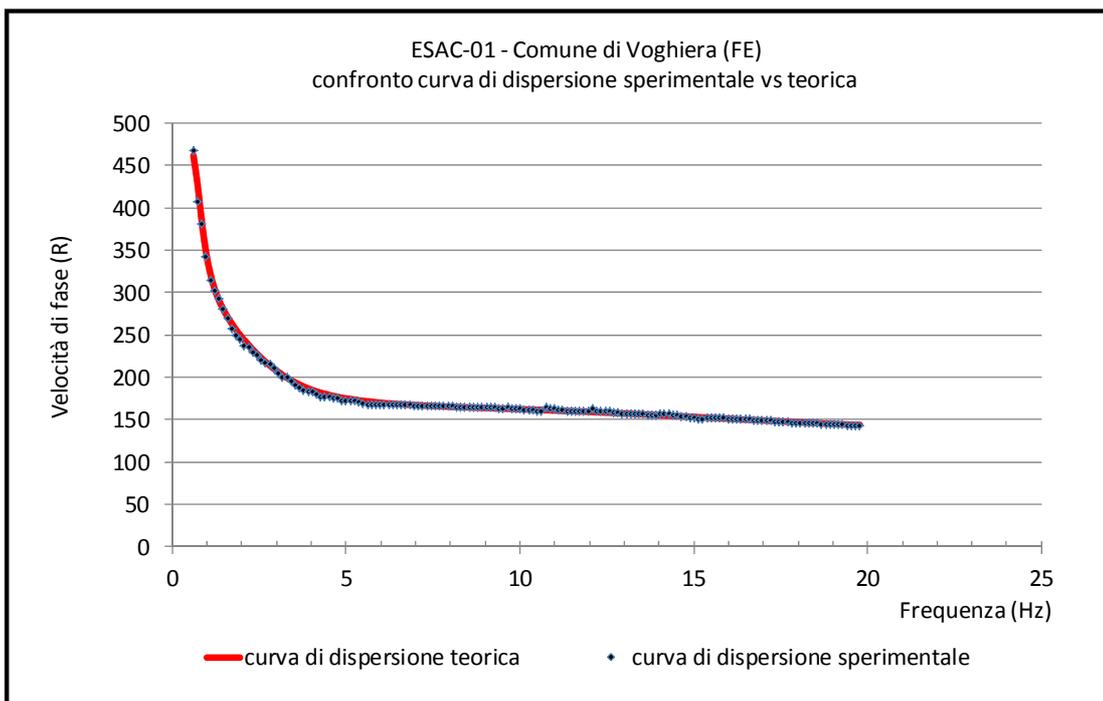


Figura 3. Confronto curve di dispersione sperimentali (punti) e teoriche delle onde Rayleigh (linea) del profilo sismico ESAC01. Errore RMS=1%.

Il risultato di tale analisi rappresenta il cosiddetto spettro di potenza da cui si ottiene la curva di dispersione sperimentale delle onde "R" (figura 3) e successivamente, attraverso una procedura di modellazione numerica, la determinazione delle velocità delle onde di taglio "S" (figura 5).

4.2. DATI RAPPORTI SPETTRALI (H/V)

L'analisi delle serie temporali è proceduta seguendo i punti 2 e 3 del paragrafo 2.2.1. Le figura 4 illustra esempio di sismogramma 3C registrato presso il sito n. 1 (H/V-01) in campo libero. I sismogrammi delle altre prove sono riportati in Allegato 2.

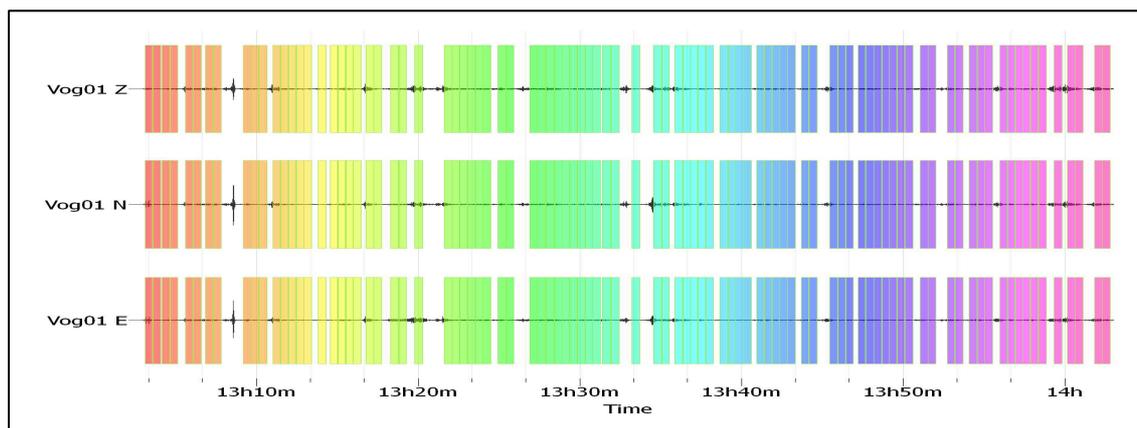


Figura 4. Sismogramma del data set di rumore sismico acquisito in campo libero a Voghiera (HV01). Z: componente verticale, N: componente orizzontale in direzione N-S e E: componente orizzontale in direzione E-W. Le barre verticali colorate indicano le finestre considerate nell'analisi dei dati.

5. RISULTATI

5.1. PROVA ESAC

Il modello sismico V_S ottenuto dall'interpretazione quantitativa della curva di dispersione (figura 3) e riportata in figura 5. Il modello numerico fino a 30 metri è riportato in Tabella 3 mentre quello completo fino a 250 m è riportato in Appendice A. Il modello sismico così ottenuto non ha raggiunta valori di $V_S \geq 800$ m/s anzi il valore massimo di V_S ottenuto alla massima profondità raggiunta risulta essere pari a 550 m/s. I valori di " V_S " del profilo sismico ottenuto per l'area in oggetto sono risultati essere compresi tra 138 m/s e 552 m/s.

In figura (6) si riporta l'andamento del profilo di rigidità dinamica (G_0 o G_{max}) con la profondità.

I valori V_{S30} determinati per il sito, secondo l'eq.1, risultano pari a **183 m/s** \pm 3 m/s collocando il sottosuolo in **CLASSE C** (D.M. 14 gennaio 2008).

Tabella 3. Modello sismico (Onde S) del sottosuolo investigato. In appendice A sono riportati i valori numerici del profilo completo.

Sismo-strato	PROFILO sismico fino a 30 metri (modello numerico fino a 255 metri è riportato in Appendice A)		
	Velocità (m/s)	Profondità letto (m)	Spessore (m)
1	3.0	138.0	0.0
2	6.3	167.1	3.3
3	9.6	184.9	3.3
4	13.0	177.6	3.4
5	16.6	174.2	3.6
6	20.3	185.2	3.7
7	24.1	203.2	3.8
8	28.1	221.7	4.0
9	32.1	234.4	4.1

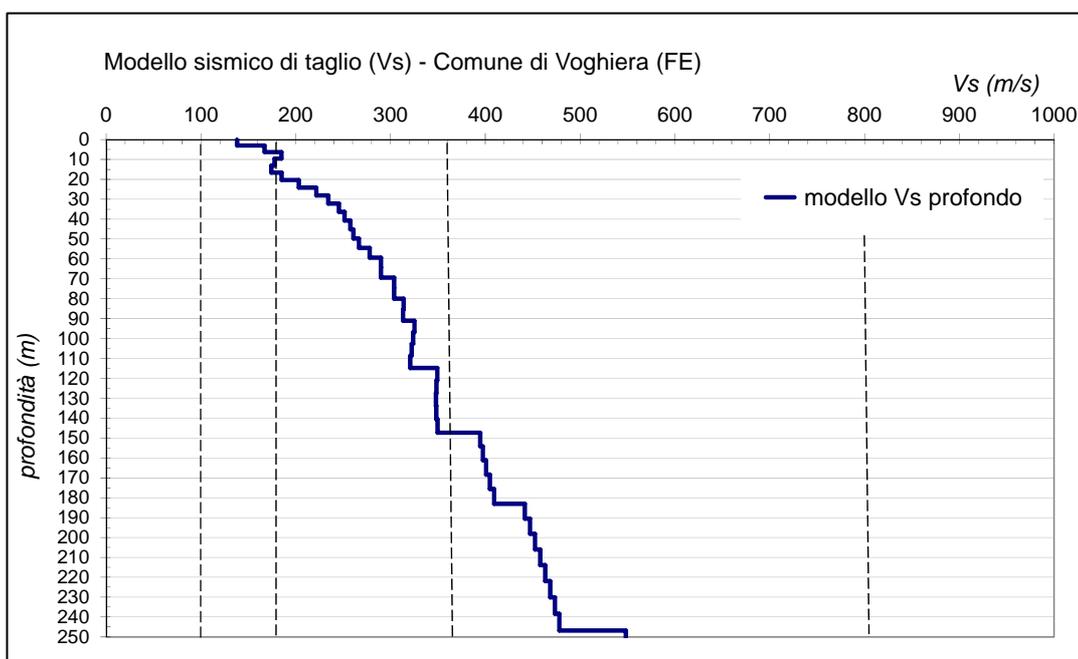


Figura 5. Il profilo verticale VS ottenuto per l'area indagata dal profilo sismico. In base al modello sismico è stata determinata la VS30 che risulta pari a 183 m/s \pm 3 m/s (RMS=1.0%).

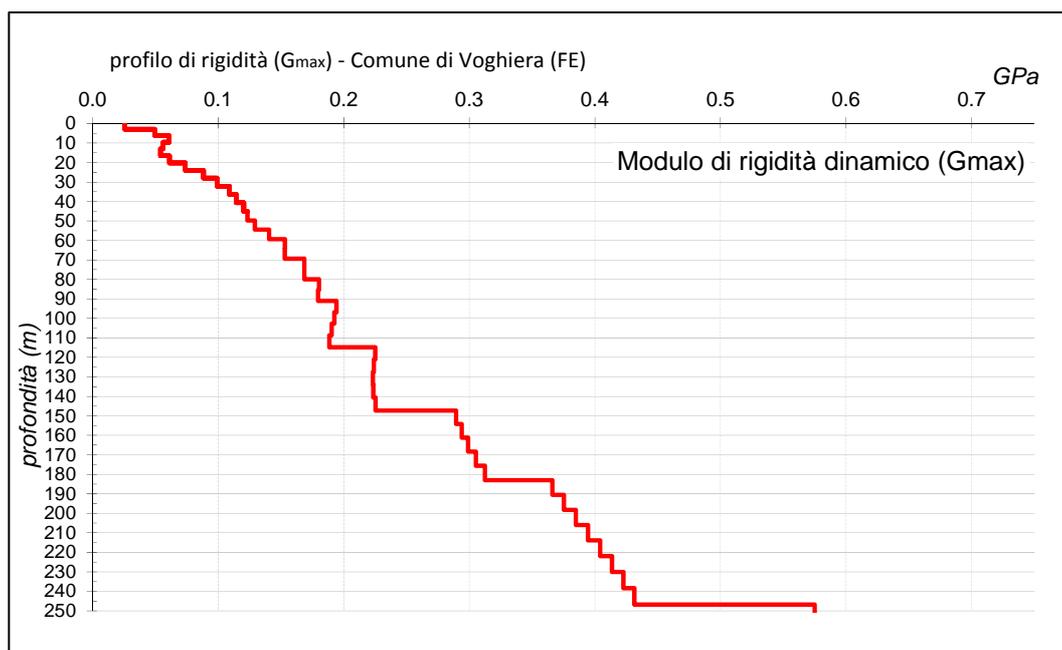


Figura 6. Il profilo verticale G_{max} (μ : modulo di rigidità dinamico) dell'area indagata dal profilo sismico, ottenuto dal profilo di velocità (V_s) mediante l'equazione $\mu = \rho \cdot V_s^2$.

5.1. PROVE DEI RAPPORTI SPETTRALI (H/V)

In Figura 7 si riporta un esempio dei risultati dell'analisi spettrale delle prove H/V ottenuti utilizzando il codice di calcolo Geopsy (vers. 2.9, 2016). Il resto delle curve medie dei rapporti spettrali sono riportati nell'Allegato 3. Mentre le frequenze di risonanze ottenute sono riportate in Tabella 3.

I risultati ottenuti permettono di formulare quanto segue:

1. la frequenza di risonanza con rapporto H/V intorno/superiore a 2, denominata F_0 (Tabella 4), risulta essere compresa tra 0,651 Hz – 0,773 Hz con valore medio pari a **0,709 Hz**. Questo valore corrisponde ad un periodo medio di risonanza intorno a **1,42** secondi e suggerisce la presenza di discontinuità acustica collocata a profondità compresa tra **185m e 250m** come risulta dal modello sismico di V_s (Fig. 5),

Tabella 4: elenco delle frequenze di risonanze ottenute dalle prove HVSR.

prova H/V	Frequenza (Hz)	Valore Frequenza	Periodo T_0 (sec)	Ampiezza (A)
HV01	F_0	$0,773 \pm 0,0169$	1,29	2,69
HV02	F_0	$0,651 \pm 0,021$	1,54	2,63
HV03	F_0	$0,711 \pm 0,015$	1,41	2,85
HV04	F_0	$0,699 \pm 0,024$	1,43	3,72
	Media F_0	$0,709 \pm 0,073$	1,42	2,97

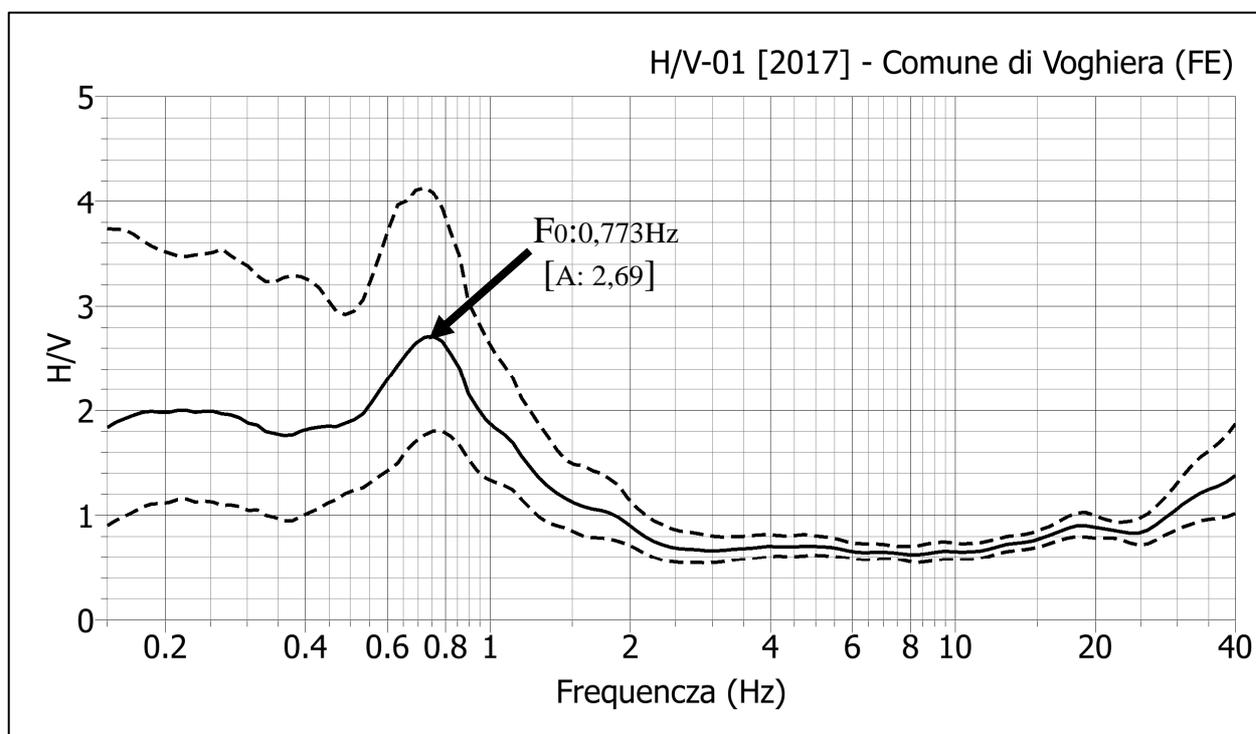


Figura 7. Spettro medio dei rapporti spettrali (H/V) effettuate in campo libero della prova n. 01 acquisita nella vicinanza del sito della prova ESAC. Le freccia indica la frequenza di risonanza fondamentale (F_0) tipica dei terreni investigati. F_0 :

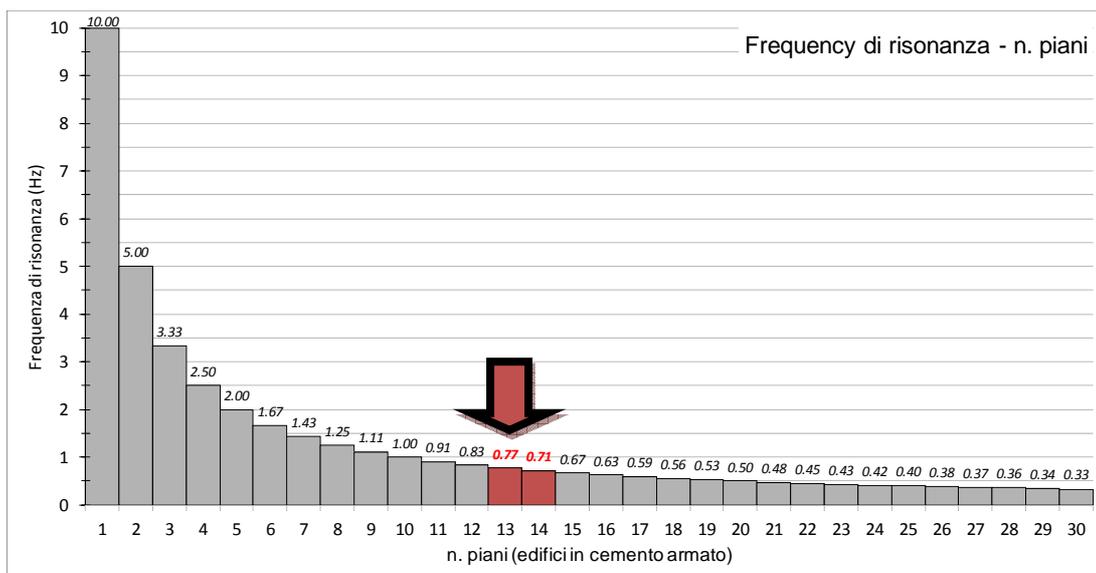


Figura 8: relazione tra frequenza di risonanza di edifici in c.a. e n. di piani degli stessi.

Si ritiene utile ricordare il lettore dell'importanza della determinazione della frequenza di risonanza dei terreni di fondazione per la pianificazione urbanistica/progettazione. A questo proposito si riporta in Figura 8 la relazione semplificata tra il numero dei piani di edifici costruiti in C.A. e la frequenza di risonanza degli stessi. Se la frequenza di risonanza dei terreni di fondazione coincide con quella dei fabbricati avviene il fenomeno della doppia risonanza che può portare al loro collasso se non propriamente progettate.

6. CONCLUSIONI

Le indagini geofisiche effettuate nel periodo ottobre 2017 – gennaio 2018 con le tecniche dei microtremori “ESAC” e rapporti spettrali (H/V), ha consentito di ricostruire il quadro sismico del sottosuolo dell'area indagata fino alla massima profondità d'indagine raggiunta (255 m) e di determinare la frequenza di risonanza fondamentale del terreno in 4 punti di misura. L'analisi del modello sismico evidenzia la presenza di numerosi sismo-strati con andamento crescenti dei valori di V_s che risultano essere compresi tra

138 m/s e 552 m/s. L'indagine sismica non ha raggiunto il substrato sismico, definito come $V_s \geq 800$ m/s.

Dal modello sismico ottenuto è stata anche determinata la velocità V_{S30} risultata pari a **183 m/s $\pm 3,0$ m/s** che colloca il sottosuolo in **classe C** dei terreni di fondazione.

In Figura (6) si riporta la variazione del modulo di rigidità dinamico (G_{max} o G_0) ricavato dal corrispondente profilo sismico di taglio (valori di densità utilizzate sono compresi tra 1.800,0 kg/m³ e 1.900,00 per tutti i sismostri ad accessione del primo ove il valore è pari a 1.450,0 kg/m³).

L'indagine dei microtremiti dei rapporti spettrali (H/V) "Nakamura" ha consentito di determinare la frequenza (F_0) tipica di risonanza dei terreni investigati che risultata essere compresa tra 0,651 Hz ($T=1,54$ sec) e 0,773 Hz ($T=1,29$ sec). Il valore medio della frequenza di risonanza risulta essere pari 0,709 Hz ($T=1,42$ sec). I valori della frequenza di risonanza determinate per l'area in oggetto sono incompatibili con costruzioni in c.a. di edifici con un numero di piani compreso tra 12-15.

Tecnico:

Dr. Nasser ABU ZEID



7. BIBLIOGRAFIA

Matlab, 2007b: Codice di calcolo numerico, Mathworks, USA.

Nakamura Y., 1989: A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. QR Railway Technical Research Institute, 30, 25-33.

McMechan, G. A. e Yedlin, M. J., 1981. *In situ shear wave velocities from spectral analysis of dispersive waves by wave field transformation*. Geophysics, v. 46:869-874.

Lanzo G., Silvestri F., 1999: Risposta sismica locale. Hevelius edizioni, Benevento, pp. 159.

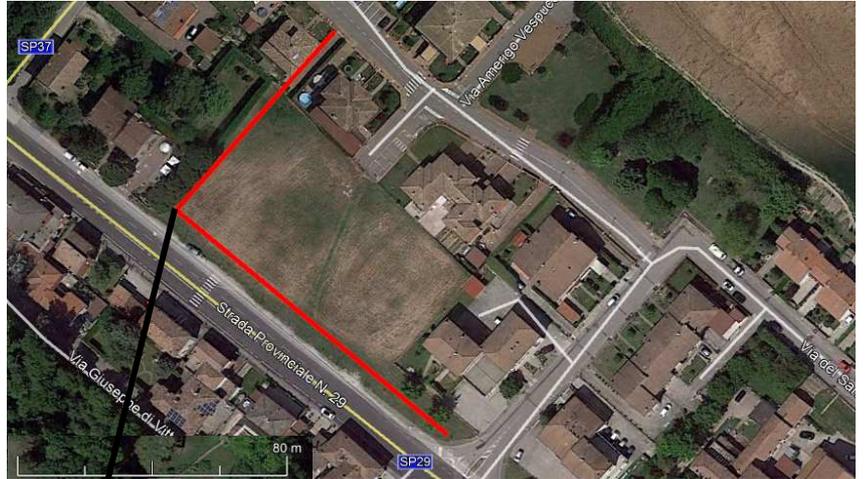
SeisOpt® ReMi, 2006. ReMiv4.0 user's manual. Optim, Inc., N. Virginia, USA, 85 p.

Appendice A1

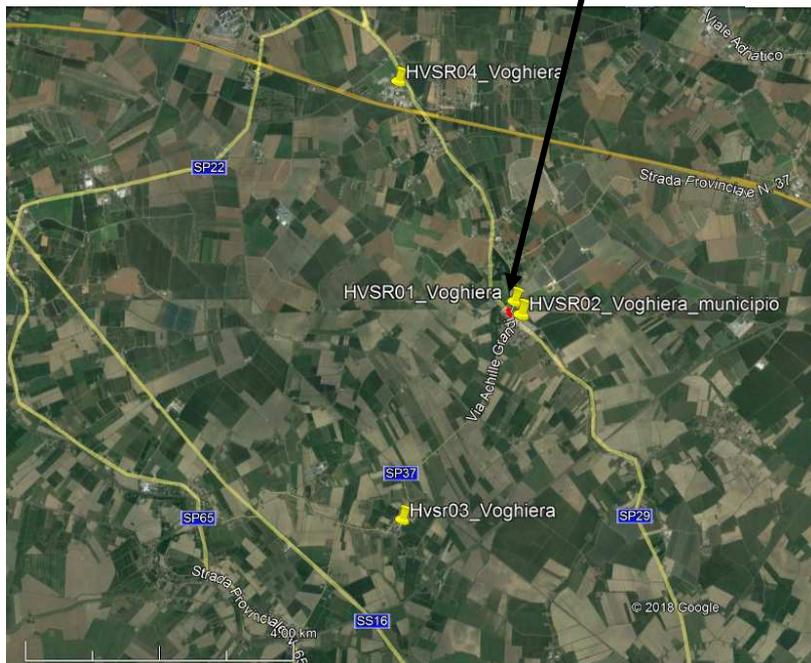
ESAC01	PROFILO sismico fino a 250 metri		
Sismo-strato	Profondità letto (m)	Velocità (m/s)	Spessore (m)
1	3.0	138.0	0.0
2	6.3	167.1	3.3
3	9.6	184.9	3.3
4	13.0	177.6	3.4
5	16.6	174.2	3.6
6	20.3	185.2	3.7
7	24.1	203.2	3.8
8	28.1	221.7	4.0
9	32.1	234.4	4.1
10	36.4	245.6	4.2
11	40.7	251.4	4.3
12	45.2	257.7	4.5
13	49.7	260.8	4.6
14	54.5	266.8	4.7
15	59.3	278.0	4.8
16	64.3	289.9	5.0
17	69.4	289.8	5.1
18	74.6	303.8	5.2
19	80.0	303.8	5.4
20	85.5	313.8	5.5
21	91.1	313.2	5.6
22	96.8	325.3	5.7
23	102.7	323.8	5.9
24	108.7	322.2	6.0
25	114.8	320.7	6.1

PROFILO sismico cont.,,

Sismo-strato	Profondità letto (m)	Velocità (m/s)	Spessore (m)
26	121.0	349.4	6.3
27	127.4	348.5	6.4
28	133.9	348.0	6.5
29	140.6	348.2	6.6
30	147.3	349.5	6.8
31	154.2	394.6	6.9
32	161.2	397.5	7.0
33	168.4	400.8	7.1
34	175.6	404.7	7.3
35	183.0	409.3	7.4
36	190.6	441.8	7.5
37	198.2	447.1	7.7
38	206.0	452.5	7.8
39	213.9	457.9	7.9
40	221.9	463.2	8.0
41	230.1	468.4	8.2
42	238.4	473.4	8.3
43	246.8	478.0	8.4
44	255.4	548.4	8.5
45	264.0	551.2	-



Ubicazione prova sismica ESAC



Ubicazione prove H/V