



Figura n.1 Regione: Emilia Romagna - Provincia: Reggio Emilia.

Comune: Correggio - Via: Mandrio n.13.

Latitudine: 44°47'07" Nord - Longitudine: 10°47'57" Est - Quota altimetrica: 28 m s.l.m.

Carta tecnica regionale in scala 1: 5.000 - Elemento n.201021 "Mandrio".

Ubicazione dell'area di interesse.



Figura n.2 Regione: Emilia Romagna - Provincia: Reggio Emilia.

Comune: Correggio - Via: Mandrio n.13.

Latitudine: 44°47'07" Nord - Longitudine: 10°47'57" Est - Quota altimetrica: 28 m s.l.m.

Carta geologica regionale progetto C.A.R.G. in scala 1:10.000 - Ubicazione dell'area di interesse.

AES8a = Unità di Modena (Pleistocene superiore - Olocene). Argille limose e/o argille sabbiose con contenuto in sabbia compreso tra il 20% ed il 30%; si presentano in strati sottili, spesso mal visibili; al tetto si rinvengono suoli a basso grado di alterazione dello spessore massimo di 80 cm. Lo spessore complessivo dell'Unità è di circa 20,00 m. Si tratta di depositi di piana alluvionale (rotta fluviale). L'età radiometrica della base dell'Unità è di circa 300.000 anni. Lo stato di consistenza e/o di addensamento del terreno aumenta generalmente con la profondità in ragione anche della pressione geostatica efficace; si tratta di terreni normalconsolidati con un leggero stato di sovraconsolidazione a profondità maggiori di -10,00 m dalla quota del p.c.

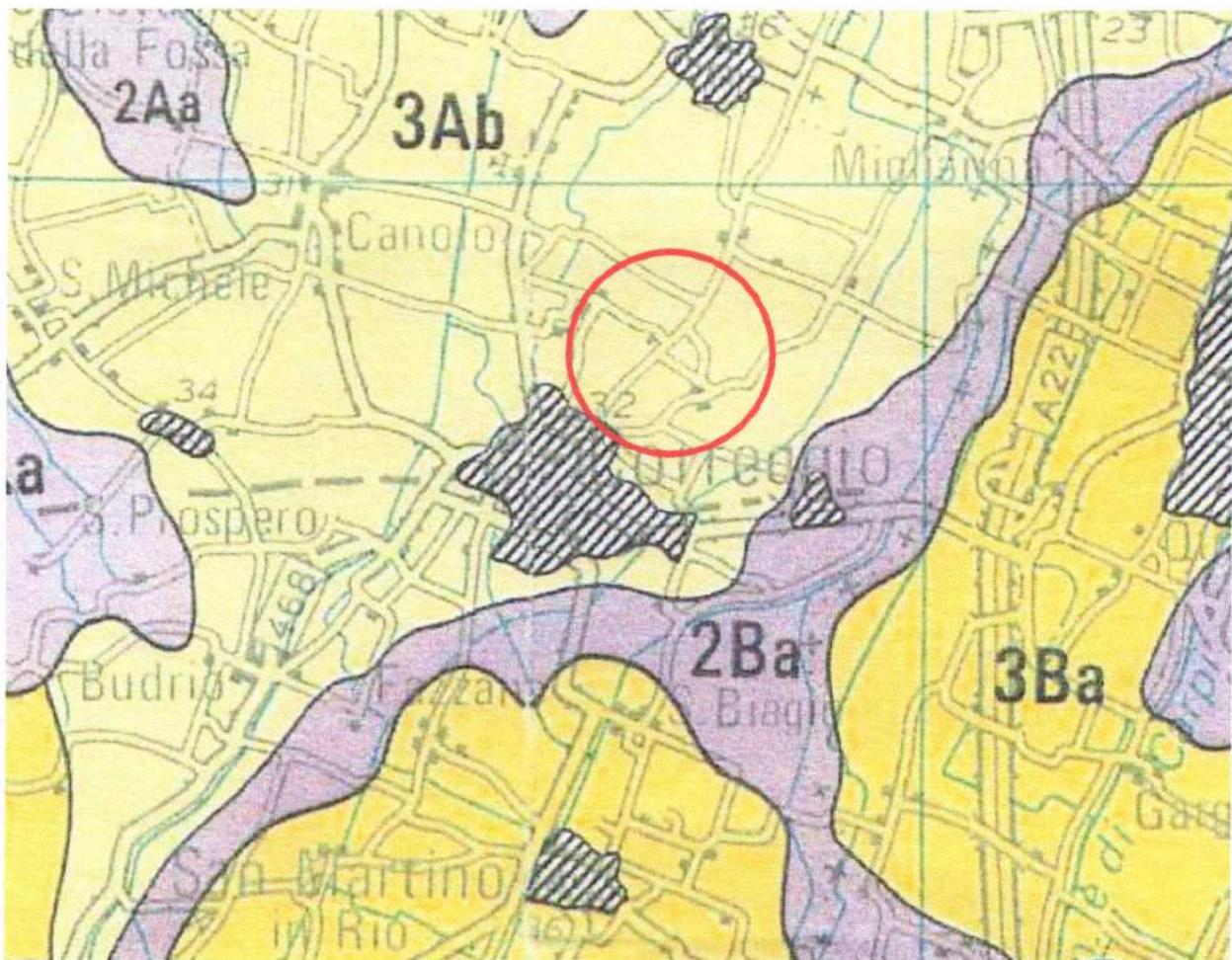


Figura n.3 Regione: Emilia Romagna - Provincia: Reggio Emilia.

Comune: Correggio - Via: Mandrio n.13.

Latitudine: 44°47'07" Nord - Longitudine: 10°47'57" Est - Quota altimetrica: 28 m s.l.m.

Ubicazione dell'area di interesse.

Unità di suolo affiorante 3Ab: suolo pianeggiante con pendenza che varia tipicamente da 0,1% a 0,3%; molto profondo; a tessitura sabbiosa; a buona disponibilità di ossigeno; calcareo; moderatamente alcalino.

Si è formato in sedimenti fluviali a tessitura sabbiosa; rientra nei *Calcaric Cambisols* secondo la legenda FAO. L'uso attuale è prevalentemente a seminativo semplice, con colture orticole a pieno campo e vigneto.

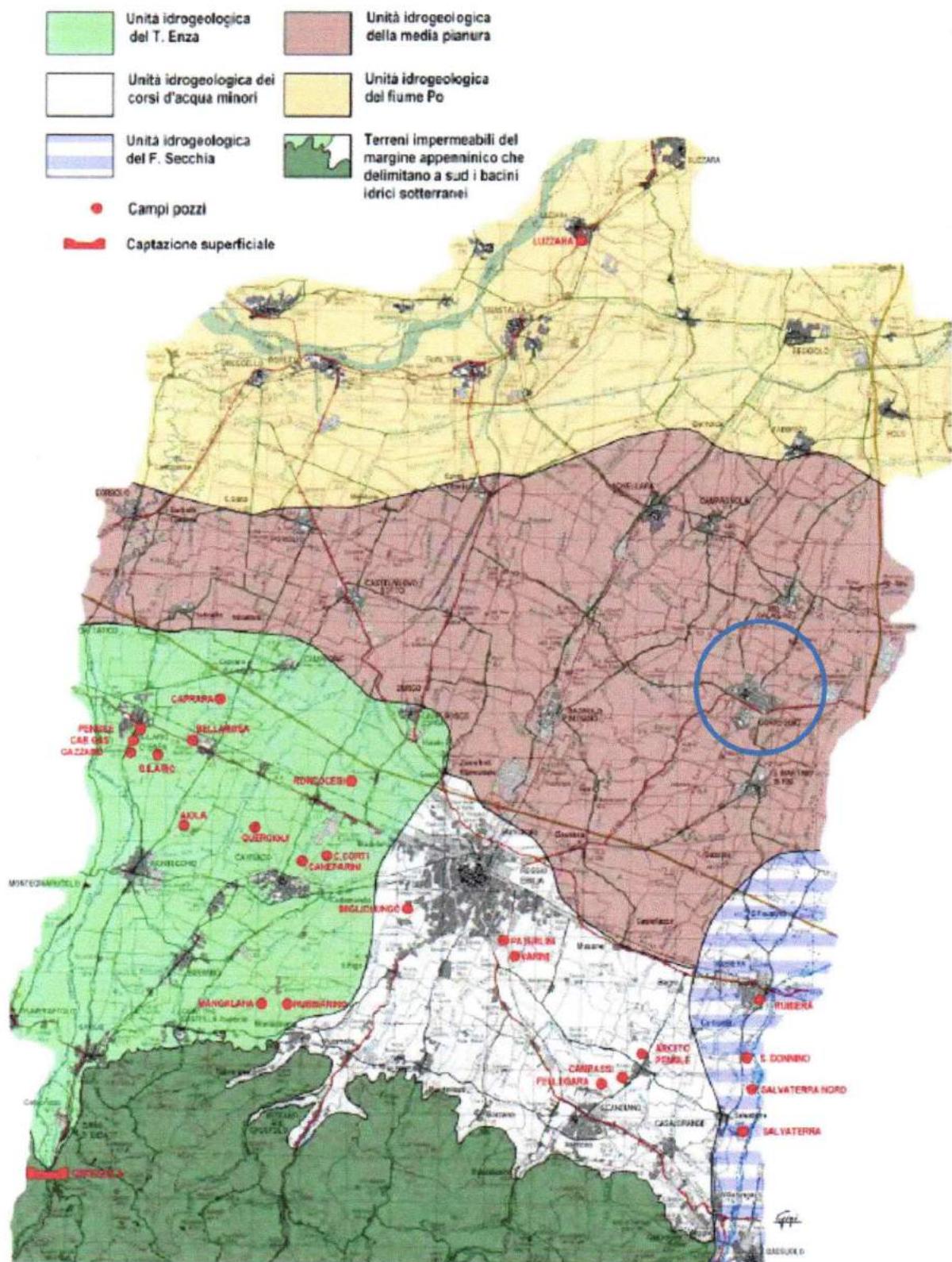


Figura n.4 Distribuzione delle unità idrogeologiche della pianura reggiana. Il territorio comunale di Correggio (RE) ricade nell'unità idrogeologica della media pianura.

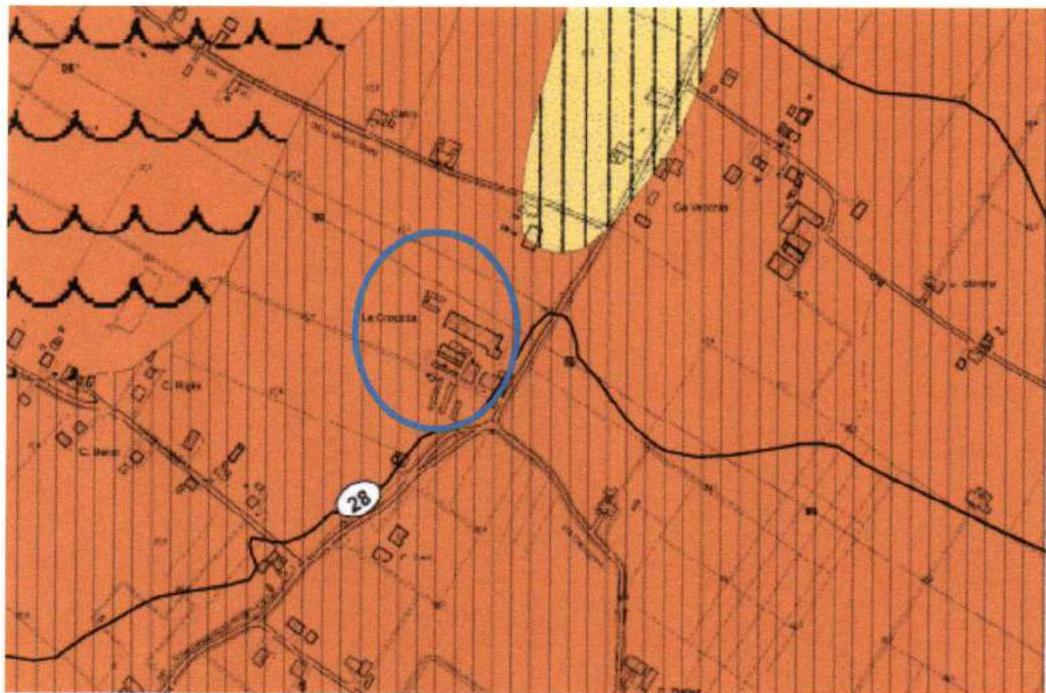


Figura n.5 Regione: Emilia Romagna - Provincia: Reggio Emilia - Comune: Correggio - Via: Mandrio n.13.

Latitudine: 44°47'07" Nord - Longitudine: 10°47'57" Est - Quota altimetrica: 28 m s.l.m.

Carta geologico - tecnica in scala 1:10.000 (Microzonazione sismica Comune di Correggio - Tavola 1.2 Nord Est - 2013). Ubicazione dell'area di interesse.

## Legenda

## Terreni di copertura

	SM es - Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
	SC dl - Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla
	ML dl - Limi organici, argille inorganiche di media - bassa plasticità, argille limose magre, sabbie fini limose o argillose, limi argilosì di bassa plasticità
	CL dl - Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille inorganiche di media - bassa plasticità, argille limose magre, argille limose, argille magre
	CH dl - Argille inorganiche di alta plasticità, argille inorganiche di alta plasticità
	OH dl - Argille organiche di media-alta plasticità, limi organici

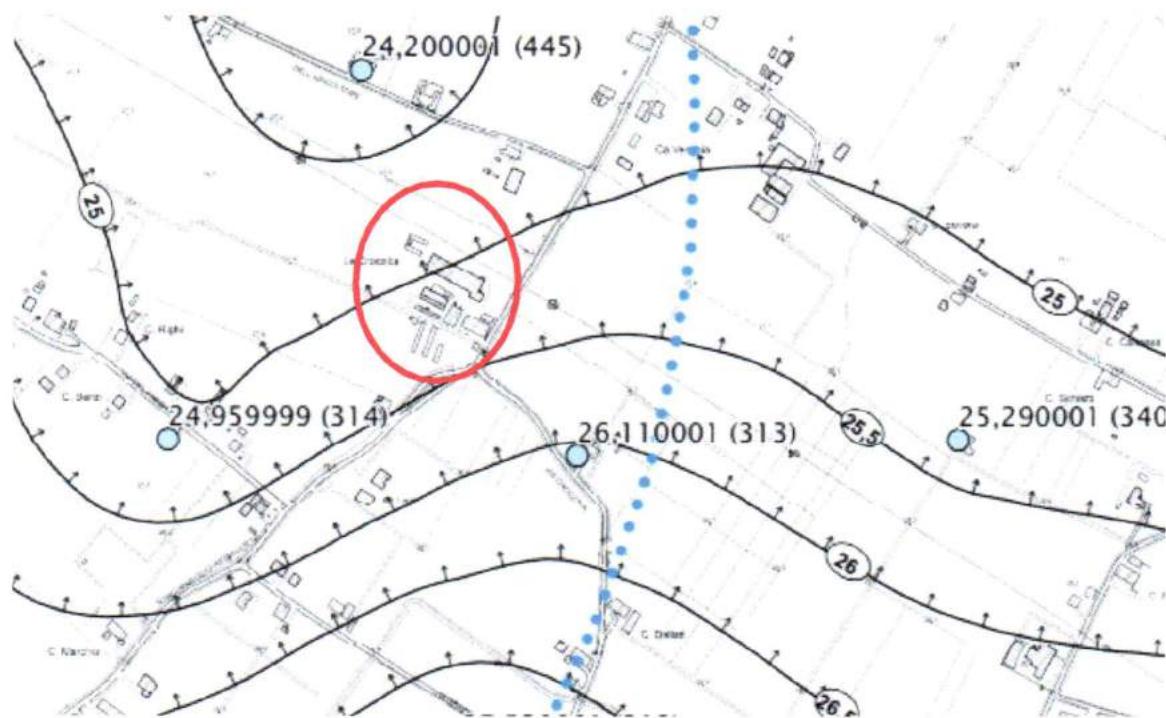


Figura n.6 Regione: Emilia Romagna - Provincia: Reggio Emilia - Comune: Correggio - Via: Mandrio n.13. Latitudine: 44°47'07" Nord - Longitudine: 10°47'57" Est - Quota altimetrica: 28 m s.l.m. Carta delle isopieze del primo acquifero in scala 1:10.000 (Microzonazione sismica Comune di Correggio - Tavola 1.3 Nord Est - 2013). Ubicazione dell'area di interesse.

## Legenda

### Elementi geologici e idrogeologici

25,17 (91)

○ Piezometria della falda (metri sul livello del mare) e numero d'ordine

✓ (22) Isopieze della falda (metri sul livello del mare) con direzione del flusso idrico sotterraneo

••••• Fascia di spartiacque idrico sotterraneo

◀▶◀▶◀▶◀ Fascia di drenaggio idrico sotterraneo

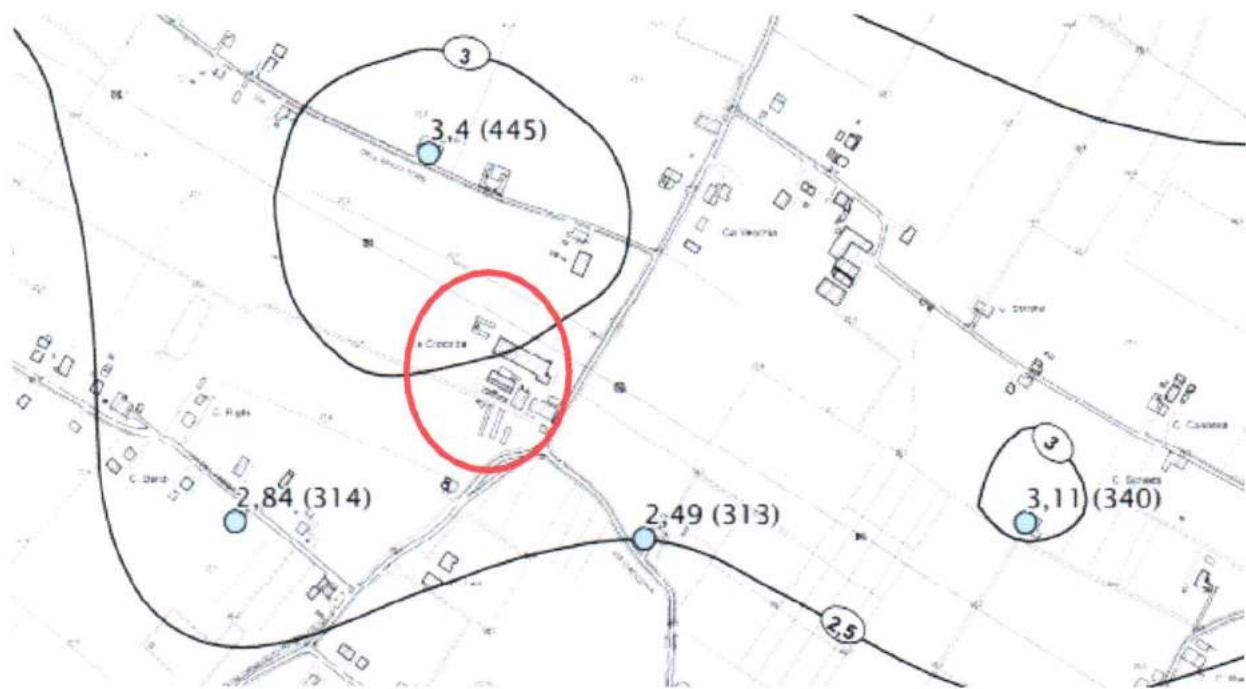


Figura n.7 Regione: Emilia Romagna - Provincia: Reggio Emilia - Comune: Correggio - Via: Mandrio n.13.  
 Latitudine: 44°47'07" Nord - Longitudine: 10°47'57" Est - Quota altimetrica: 28 m s.l.m.  
 Carta della soggiacenza del primo acquifero in scala 1:10.000 (Microzonazione sismica Comune di Correggio - Tavola 1.4 Nord Est - 2013). Ubicazione dell'area di interesse.

## Legenda

### Elementi geologici e idrogeologici

2,14 (411)

○ Soggiacenza della falda (metri dal piano di campagna) e numero d'ordine

~~(1,5) Soggiacenza della falda (metri dal piano di campagna)

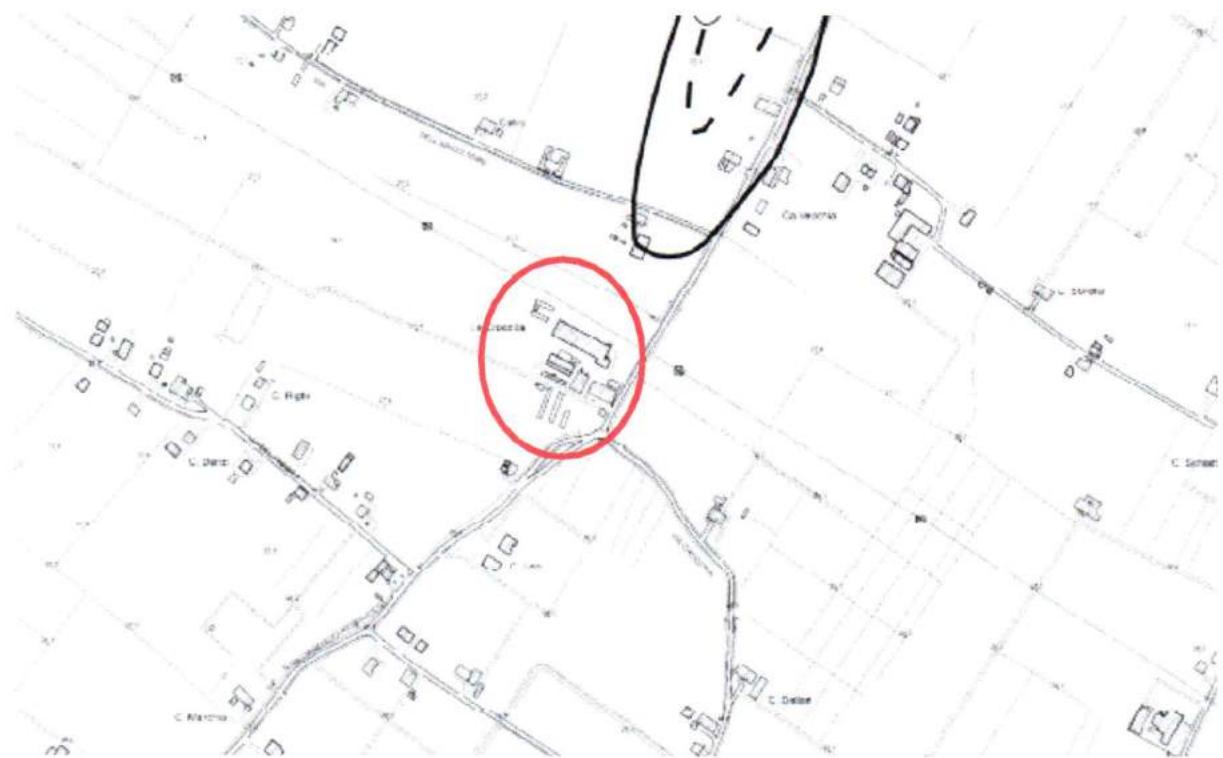


Figura n.8 Regione: Emilia Romagna - Provincia: Reggio Emilia - Comune: Correggio - Via: Mandrio n.13. Latitudine: 44°47'07" Nord - Longitudine: 10°47'57" Est - Quota altimetrica: 28 m s.l.m. Carta del tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido in scala 1:10.000 (Microzonazione sismica Comune di Correggio - Tavola 1.5 Nord Est - 2013). Ubicazione dell'area di interesse.

## Legenda

### Elementi geologici e idrogeologici

- 5 Profondità tetto delle sabbie (metri dal piano di campagna)
- 12 Letto del corpo sabbioso (metri dal piano di campagna)
- 30 Isobate del substrato a comportamento rigido bedrock sismico: (metri dal piano campagna)

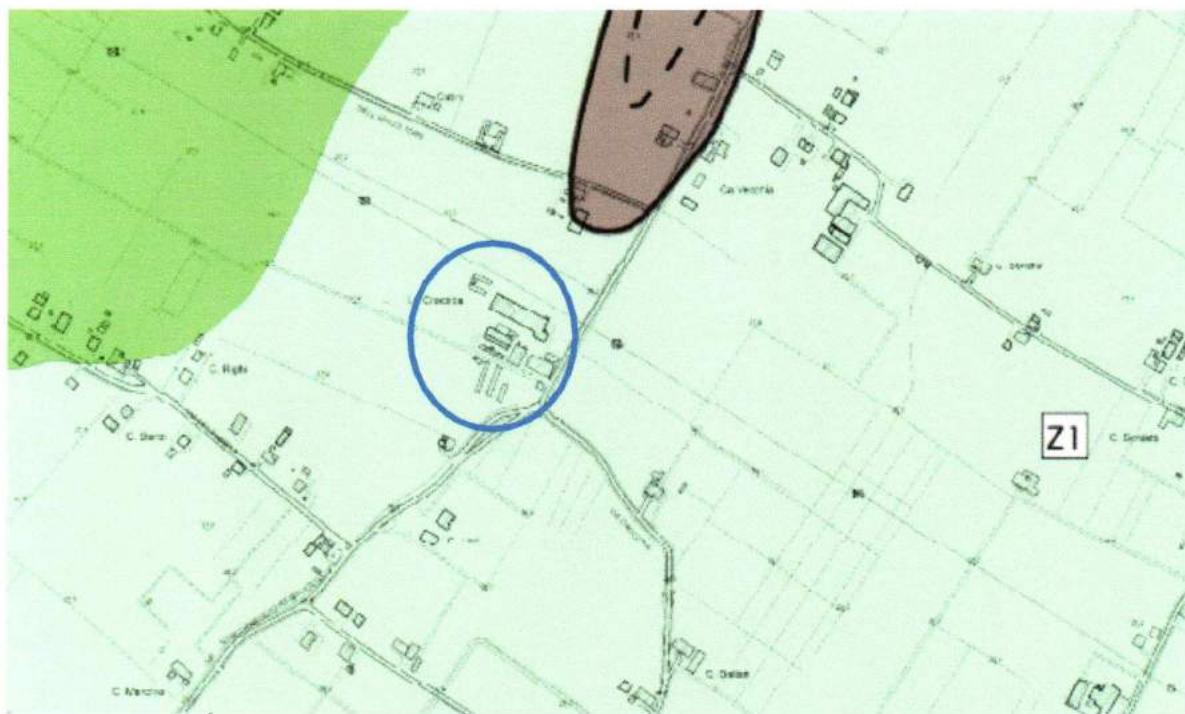


Figura n.9 Regione: Emilia Romagna - Provincia: Reggio Emilia - Comune: Correggio - Via: Mandrio n.13.  
Latitudine: 44°47'07" Nord - Longitudine: 10°47'57" Est - Quota altimetrica: 28 m s.l.m.

Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica in scala 1:10.000 (Microzonazione sismica Comune di Correggio - Tavola 1.6 Nord Est - 2013).

Ubicazione dell'area di interesse.

## Legenda

### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- ZONA 1 Limi - limi argillosi - argille limose, moderatamente consistenti (ML/CL-24) contenenti sottili corpi lentiformi sabbioso limosi argillosi con spessore tra 1,0 e 2,0 metri moderatamente addensati (SM -12).  
Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.  
Approfondimenti di II° livello.
- ZONA 2 Argille - argille limose, moderatamente consistenti (CL-24), sino a -5/-6 m. p.c., con intercalati subordinati corpi lentiformi limoso argillosi, moderatamente consistenti (ML-24) e sabbioso limosi moderatamente addensati (SM-12).  
Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.  
Approfondimenti di II° livello.
- ZONA 3 Argille limose - argille, moderatamente consistenti (CH/CL-24), sino a -4/-5 m. p.c., con intercalati subordinati corpi lentiformi limoso argillosi, moderatamente consistenti (ML-24) e sabbioso limosi poco addensati (SM-13).  
Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.  
Approfondimenti di II° livello.

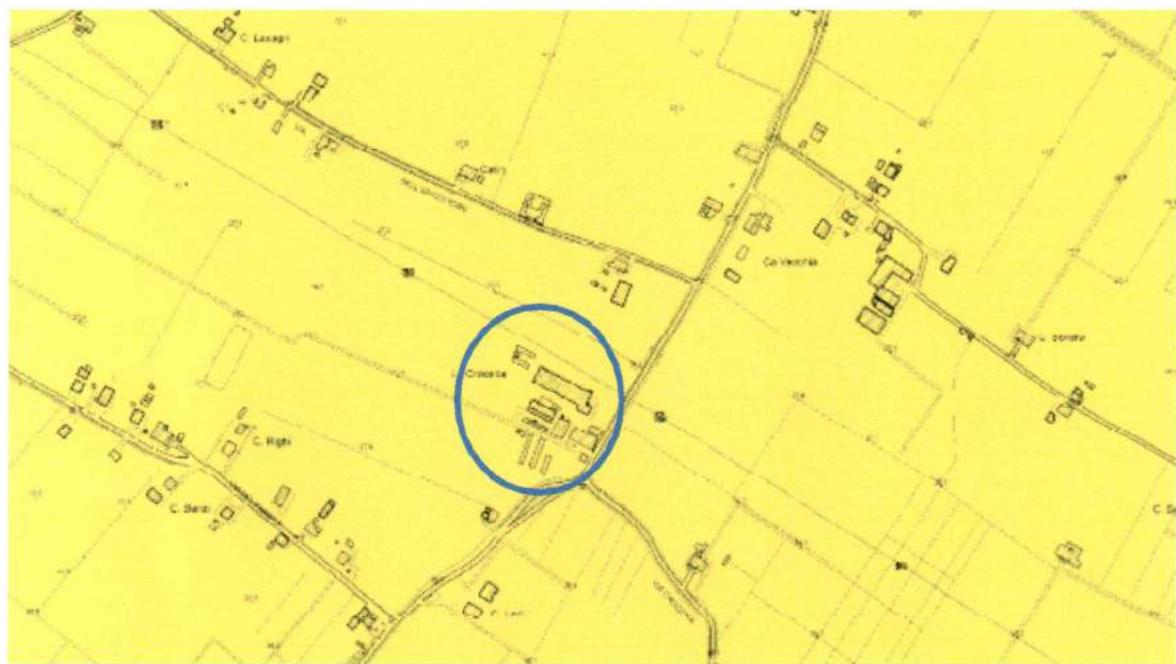


Figura n.10 Regione: Emilia Romagna - Provincia: Reggio Emilia - Comune: Correggio - Via: Mandrio n.13.  
Latitudine: 44°47'07" Nord - Longitudine: 10°47'57" Est - Quota altimetrica: 28 m s.l.m.  
Carta delle frequenze naturali dei terreni in scala 1:10.000 (Microzonazione sismica Comune di Correggio -  
Tavola 1.7 Nord Est - 2013).  
Ubicazione dell'area di interesse.

## Legenda

## Frequenze fondamentali dei terreni (Hz)

-   $0,5 \leq F_0 < 0,8 \text{ Hz}$
  -   $0,8 \leq F_0 < 1 \text{ Hz}$

## Aampiezza

- $1.5 \leq A < 2$
  - $2 \leq A < 3$
  - $A \geq 3$

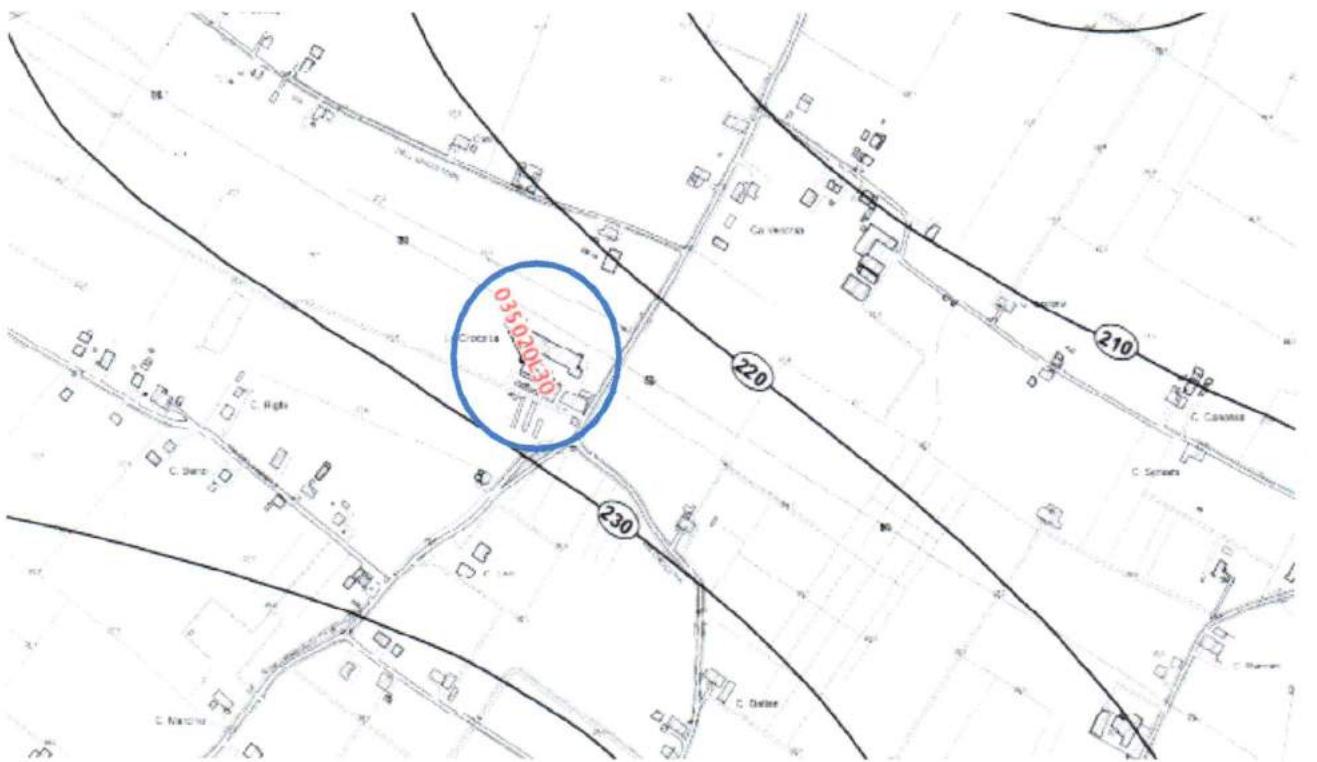


Figura n.11 Regione: Emilia Romagna - Provincia: Reggio Emilia - Comune: Correggio - Via: Mandrio n.13.

Latitudine: 44°47'07" Nord - Longitudine: 10°47'57" Est - Quota altimetrica: 28 m s.l.m.

Carta delle velocità delle onde di taglio  $V_s$  nei primi 30,00 m dalla quota del p.c. [ $V_{s30}$ ] in scala 1:10.000 (Microzonazione sismica Comune di Correggio - Tavola 2.2 Nord Est - 2013).

Ubicazione dell'area di interesse.

## Legenda

### Indagini

R01 (213)

Stendimento sismico attivo/passivo Re.Mi. o MASW

MW101 (226)

MASW

### Elementi geologici e idrogeologici

Velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri del sottosuolo  $V_{s30}$

280

Isovalori di  $V_{s30}$  (m/sec)

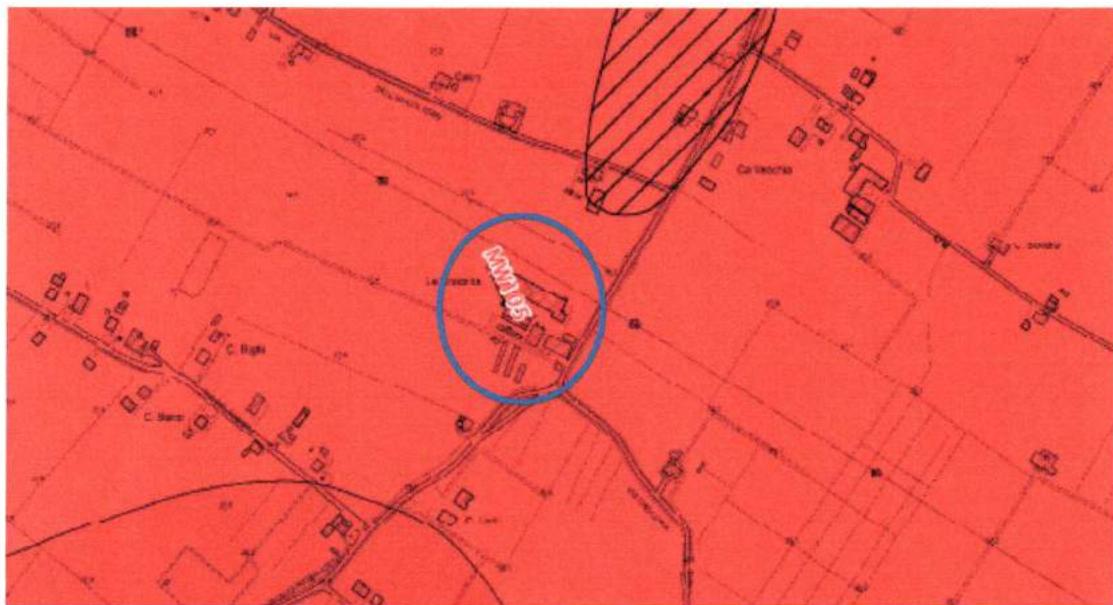


Figura n.12 Regione: Emilia Romagna - Provincia: Reggio Emilia - Comune: Correggio - Via: Mandrio n.13.

Latitudine: 44°47'07" Nord - Longitudine: 10°47'57" Est - Quota altimetrica: 28 m s.l.m.

Carta di microzonazione sismica di livello 3 - F.A. P.G.A. in scala 1:10.000 (Microzonazione sismica Comune di Correggio - Tavola 3.1 Nord Est - 2013).

Ubicazione dell'area di interesse.

#### Legenda

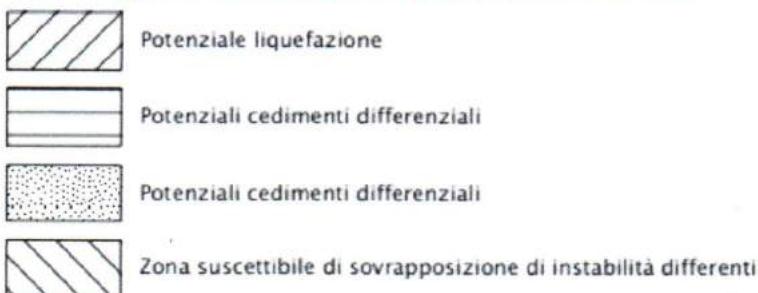
### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

#### Fattori di amplificazione della P.G.A.



### Zone suscettibili di instabilità

#### Arene soggette ad approfondimenti di III° livello



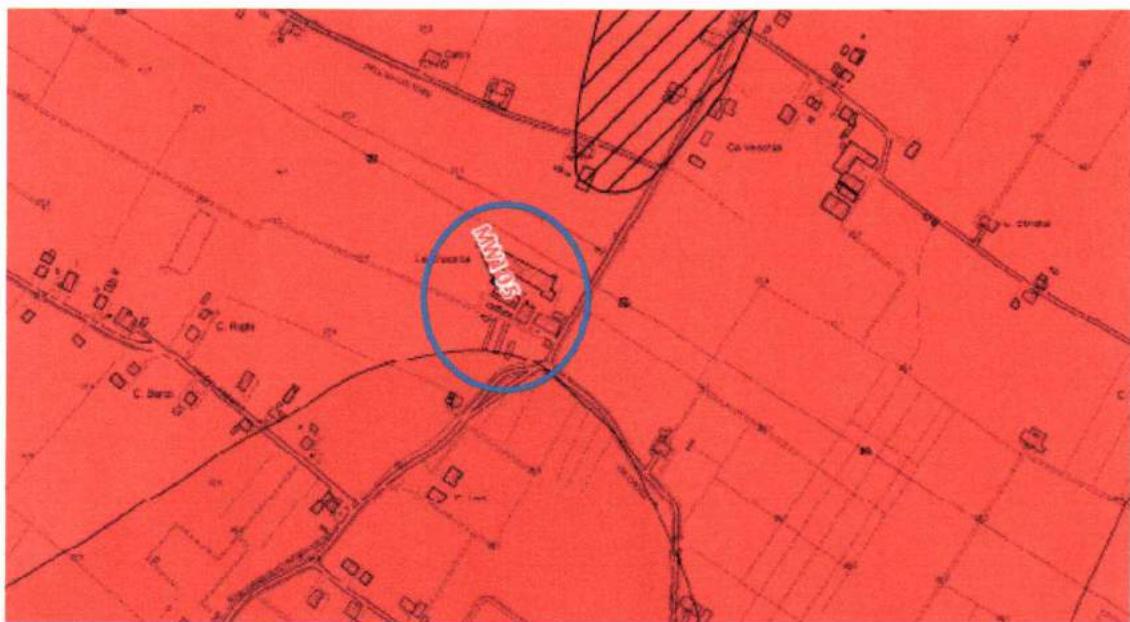


Figura n.13 Regione: Emilia Romagna - Provincia: Reggio Emilia - Comune: Correggio - Via: Mandrio n.13.

Latitudine: 44°47'07" Nord - Longitudine: 10°47'57" Est - Quota altimetrica: 28 m s.l.m.

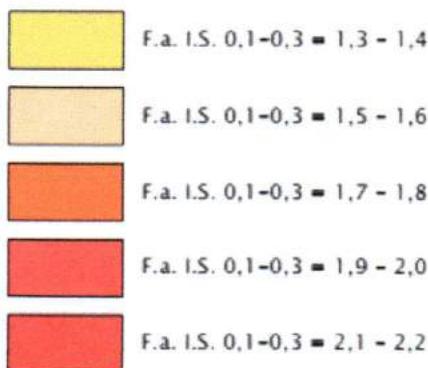
Carta di microzonazione sismica di livello 3 - F.A. I.S. 0,1 sec. - 0,3 sec. - in scala 1:10.000 (Microzonazione sismica Comune di Correggio - Tavola 3.2 Nord Est - 2013).

Ubicazione dell'area di interesse.

#### Legenda

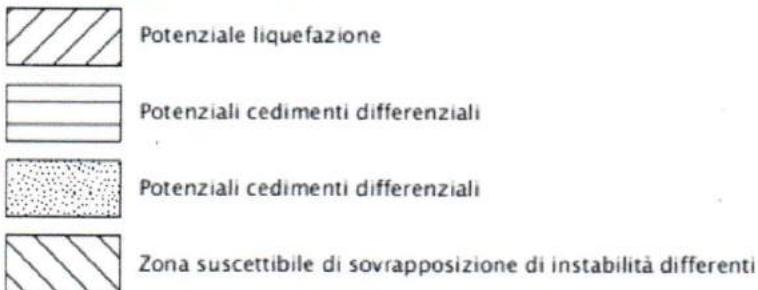
### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Fattori di amplificazione di intensità sismica Housner nei periodi tra 0,1 – 0,3 sec.



### Zone suscettibili di instabilità

Aree soggette ad approfondimenti di III° livello



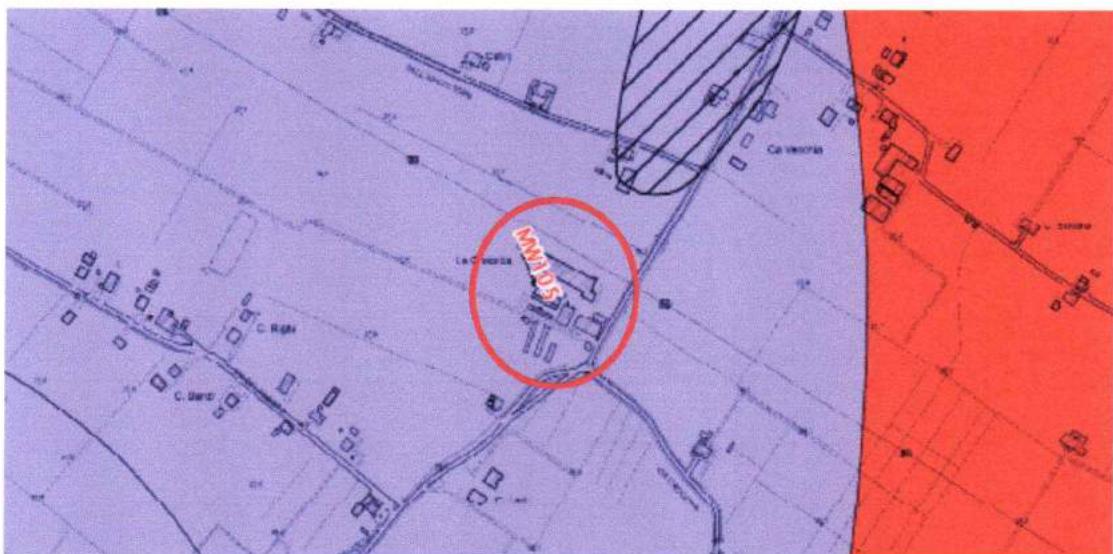


Figura n.14 Regione: Emilia Romagna - Provincia: Reggio Emilia - Comune: Correggio - Via: Mandrio n.13.

Latitudine: 44°47'07" Nord - Longitudine: 10°47'57" Est - Quota altimetrica: 28 m s.l.m.

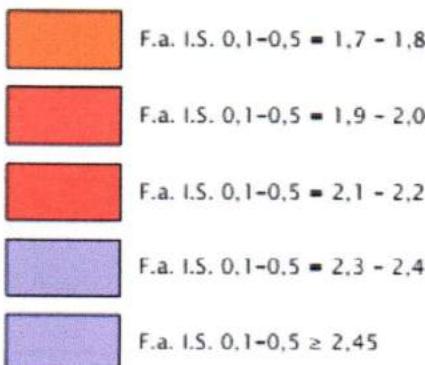
Carta di microzonazione sismica di livello 3 - F.A. I.S. 0,1 sec. - 0,5 sec. - in scala 1:10.000 (Microzonazione sismica Comune di Correggio - Tavola 3.3 Nord Est - 2013).

Ubicazione dell'area di interesse.

#### Legenda

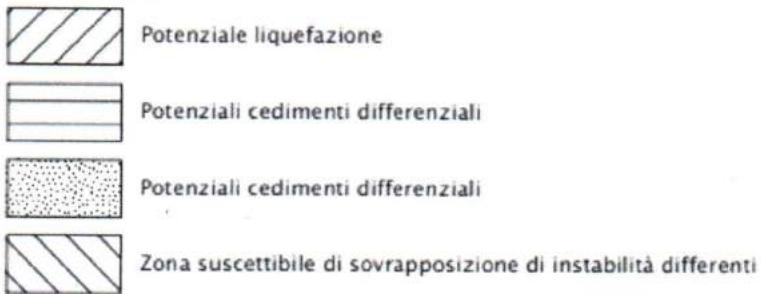
### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Fattori di amplificazione di intensità sismica Housner nei periodi tra 0,1 – 0,5 sec.



### Zone suscettibili di instabilità

#### Aree soggette ad approfondimenti di III° livello



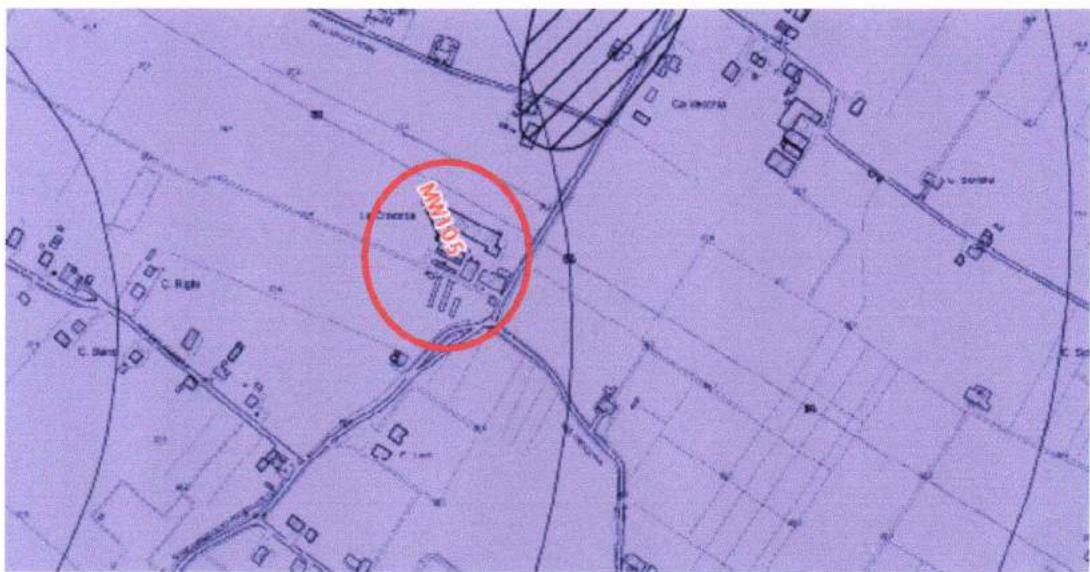


Figura n.15 Regione: Emilia Romagna - Provincia: Reggio Emilia - Comune: Correggio - Via: Mandrio n.13. Latitudine: 44°47'07" Nord - Longitudine: 10°47'57" Est - Quota altimetrica: 28 m s.l.m.

Carta di microzonazione sismica di livello 3 - F.A. I.S. 0,3 sec. - 0,5 sec. - in scala 1:10.000 (Microzonazione sismica Comune di Correggio - Tavola 3.4 Nord Est - 2013).

Ubicazione dell'area di interesse.

#### Legenda

### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Fattori di amplificazione di intensità sismica Housner nei periodi tra 0,3 – 0,5 sec.

	F.a. I.S. 0,3-0,5 = 1,7 - 1,8
	F.a. I.S. 0,3-0,5 = 1,9 - 2,0
	F.a. I.S. 0,3-0,5 = 2,1 - 2,2
	F.a. I.S. 0,3-0,5 = 2,3 - 2,4
	F.a. I.S. 0,3-0,5 ≥ 2,45

### Zone suscettibili di instabilità

Arene soggette ad approfondimenti di III° livello

	Potenziale liquefazione
	Potenziali cedimenti differenziali
	Potenziali cedimenti differenziali
	Zona suscettibile di sovrapposizione di instabilità differenti

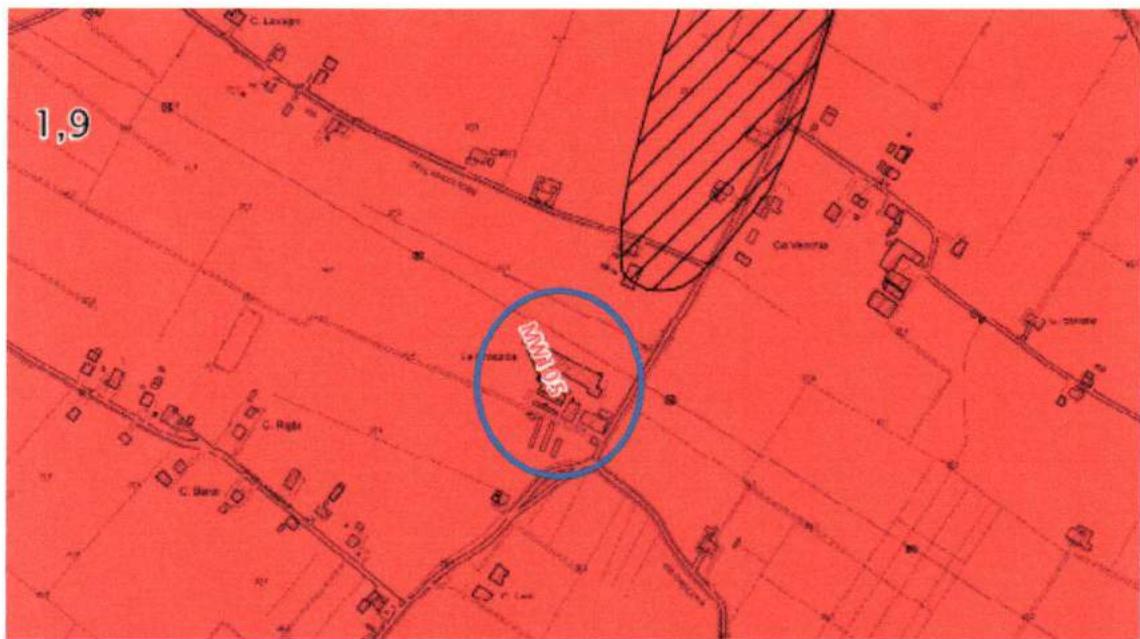


Figura n.16 Regione: Emilia Romagna - Provincia: Reggio Emilia - Comune: Correggio - Via: Mandrio n.13.

Latitudine: 44°47'07" Nord - Longitudine: 10°47'57" Est - Quota altimetrica: 28 m s.l.m.

Carta di microzonazione sismica di livello 3 - F.A. I.S. 0,5 sec. - 1,0 sec. - in scala 1:10.000 (Microzonazione sismica Comune di Correggio - Tavola 3.5 Nord Est - 2013).

Ubicazione dell'area di interesse.

#### Legenda

### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Fattori di amplificazione di intensità sismica Housner nei periodi tra 0,5 – 1,0 sec.

	F.a. I.S. 0,5-1,0 = 1,7 - 1,8
	F.a. I.S. 0,5-1,0 = 1,9 - 2,0
	F.a. I.S. 0,5-1,0 = 2,1 - 2,2
	F.a. I.S. 0,5-1,0 = 2,3 - 2,4

### Zone suscettibili di instabilità

#### Aree soggette ad approfondimenti di III° livello

	Potenziale liquefazione
	Potenziali sedimenti differenziali
	Potenziali sedimenti differenziali
	Zona suscettibile di sovrapposizione di instabilità differenti

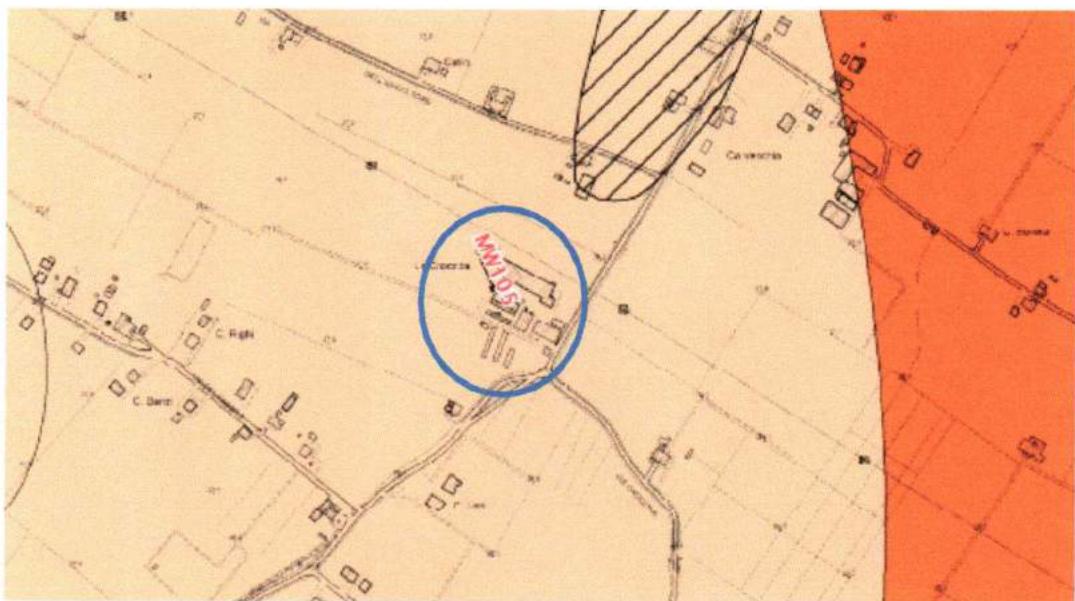
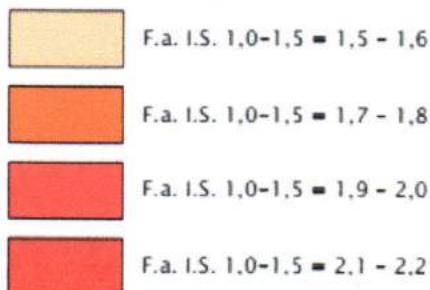


Figura n.17 Regione: Emilia Romagna - Provincia: Reggio Emilia - Comune: Correggio - Via: Mandrio n.13.  
 Latitudine: 44°47'07" Nord - Longitudine: 10°47'57" Est - Quota altimetrica: 28 m s.l.m.  
 Carta di microzonazione sismica di livello 3 - F.A. I.S. 1,0 sec. - 1,5 sec. - in scala 1:10.000 (Microzonazione sismica Comune di Correggio - Tavola 3.6 Nord Est - 2013).  
 Ubicazione dell'area di interesse.

#### Legenda

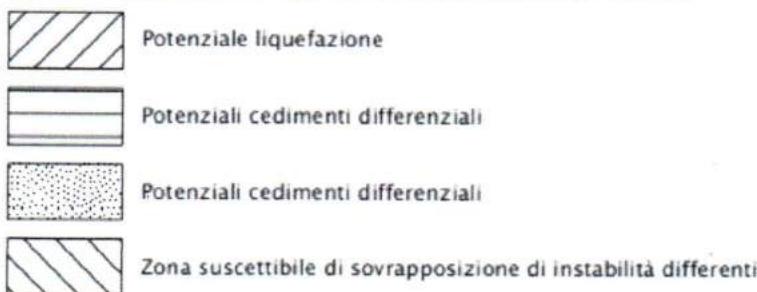
### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Fattori di amplificazione di intensità sismica Housner nei periodi tra 1,0 – 1,5 sec.



### Zone suscettibili di instabilità

Aree soggette ad approfondimenti di III° livello



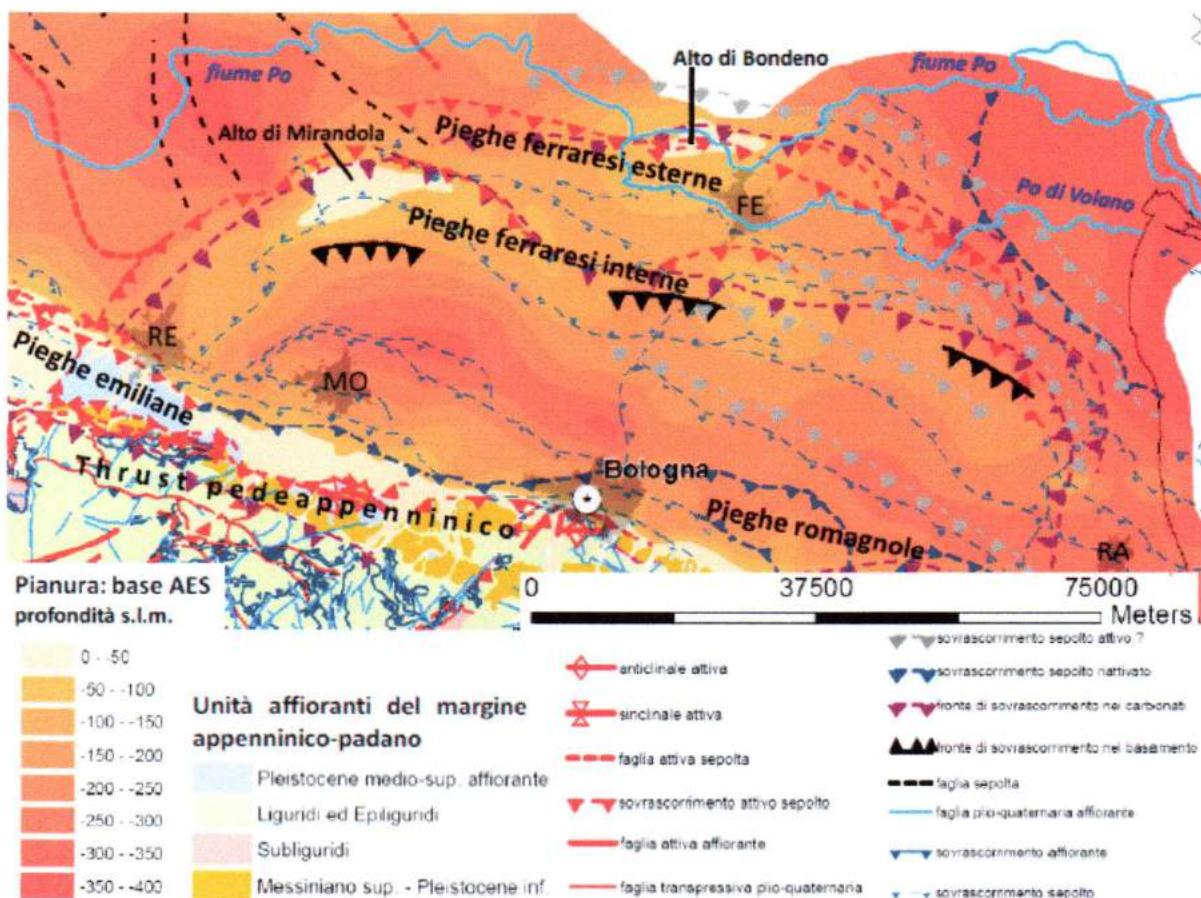


Figura n.18 Schema tettonico dell'area appenninico - padana (da Martelli, 2011).

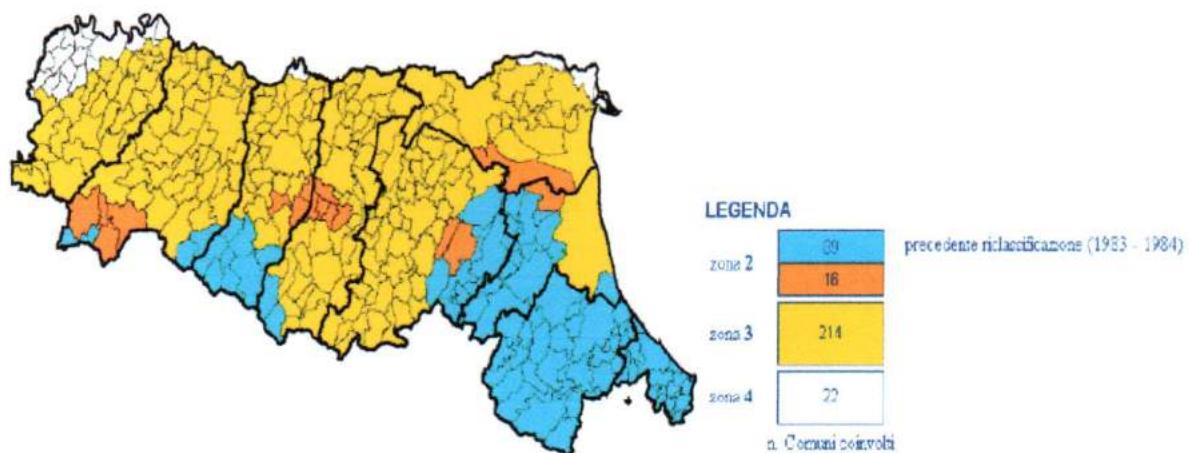


Figura n.19 Classificazione sismica della Regione Emilia Romagna - O.P.C.M. n.3274/2003 (Allegato 1, punto 3 - "prima applicazione"). Il territorio comunale di Correggio (RE) ricade in zona sismica 3.

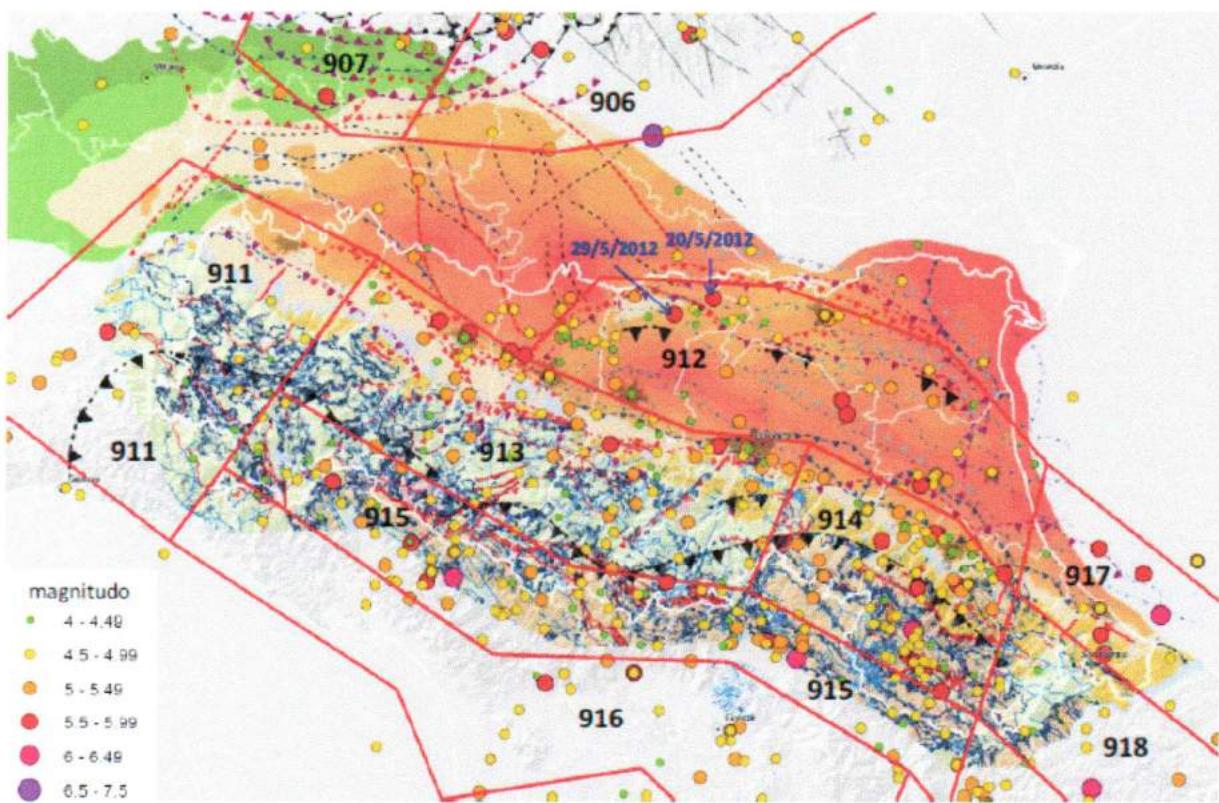


Figura n.20 Schema tectonico dell'Appennino emiliano - romagnolo e della Pianura Padana centrale (Martelli, 2011) con zone sismogenetiche da ZS9 (Meletti e Valensise, 2004), aree con limiti rossi, e localizzazione dei principali terremoti che hanno interessato l'Emilia-Romagna (dati I.N.G.V.). Il territorio comunale di Correggio (RE) ricade nella zona sismogenetica 912.

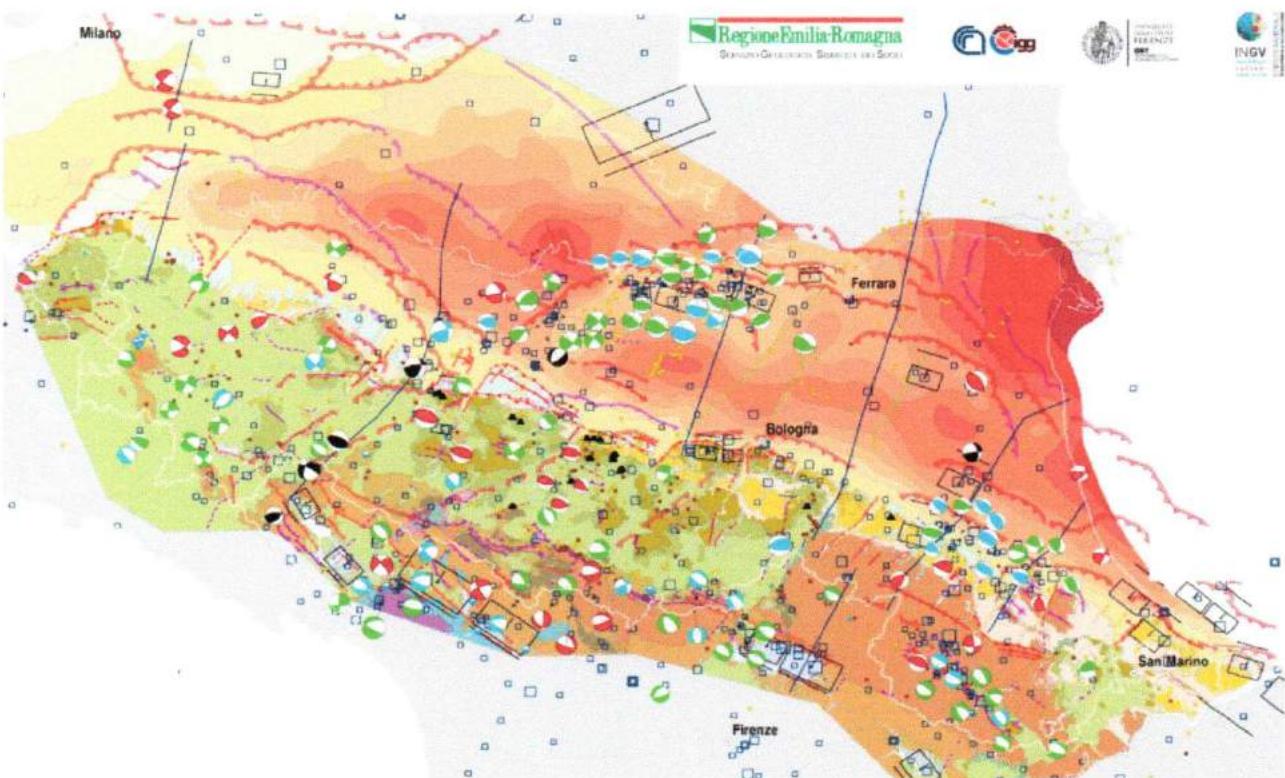


Figura n.21 Carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna e aree limitrofe in scala 1.250.000 (Servizio Geologico Sismico Regione Emilia Romagna - C.N.R. - Istituto di Geoscienze e di Georisorse sezione di Firenze - 2017).

Seismic history of	Correggio
PlaceID	IT_37489
Coordinates (lat, lon)	44.771, 10.779
Municipality (ISTAT 2015)	Correggio
Province	Reggio nell'Emilia
Region	Emilia-Romagna

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
5	1920 09 07 05 55 40.00	Garfagnana	750	10	6,53
3	1923 06 28 15 12	Modenese	22	6	5,04
5	1928 06 13 08	Carpi	35	6	4,67
4	1932 07 13 03 42	Reggiano	8	4-5	3,86
3	1939 10 15 14 05	Garfagnana	62	6-7	4,96
6	1953 08 22 05 26	Reggiano	6	6	4,73
NF	1965 11 09 15 35	Appennino reggiano	32	5	4,17
4-5	1967 04 03 16 36 18.00	Reggiano	45	5	4,44
5-6	1971 09 11 23 18 12.00	Pianura emiliana	15	5	4,19
4	1972 10 25 21 56 11.31	Appennino settentrionale	198	5	4,87
6	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	850	6-7	5,04
NF	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	709	7	5,62
2	1986 12 06 17 07 19.77	Ferrarese	604	6	4,43
6	1987 04 24 02 30 27.04	Reggiano	54	6	4,64
6	1987 05 02 20 43 53.32	Reggiano	802	6	4,71
6	1988 03 15 12 03 16.17	Reggiano	160	6	4,57
3	1995 10 10 06 54 21.72	Lunigiana	341	7	4,82
7	1996 10 15 09 55 59.95	Pianura emiliana	135	7	5,38
5	1996 10 26 04 56 54.10	Pianura emiliana	63	5-6	3,94
5	1996 10 26 06 50 26.94	Pianura emiliana	35	5-6	3,63
4-5	1996 11 25 19 47 53.85	Pianura emiliana	65	5-6	4,29
4-5	1996 12 16 09 09 53.08	Pianura emiliana	115	5-6	4,06
4	1997 05 12 22 13 52.50	Pianura emiliana	56	4-5	3,68
5	1998 02 21 02 21 13.30	Pianura emiliana	104	5	3,93
3-4	1998 03 26 16 26 17.03	Appennino umbro-marchigiano	409		5,26
5	2000 06 18 07 42 07.68	Pianura emiliana	304	5-6	4,4
NF	2002 06 18 22 23 38.10	Frignano	186	4	4,3
4	2003 09 14 21 42 53.18	Appennino bolognese	133	6	5,24
F	2008 12 23 15 24 21.77	Parmense	291	6-7	5,36

Tabella n.1 Database dei terremoti, accaduti dal 1920 fino al 2008, per il territorio comunale di Correggio (CPTI15 - DBMI15 - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macroscismico Italiano 2015 - I.N.G.V. 2017 - [https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query\\_place/](https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/)).

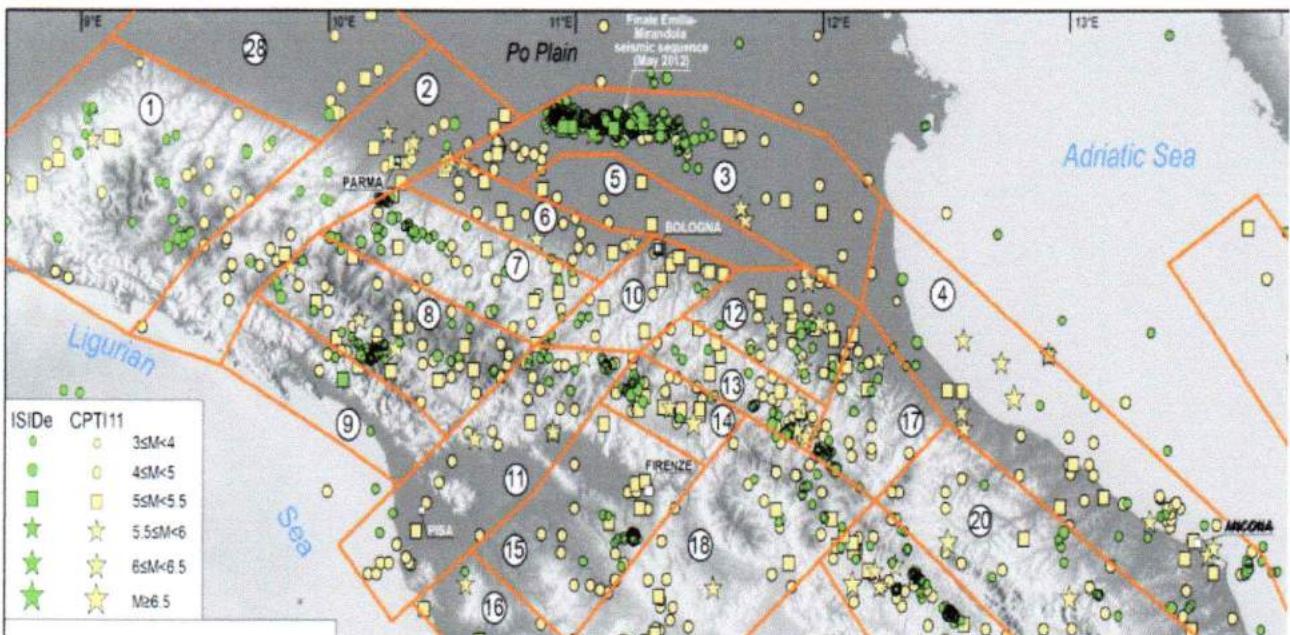


Figura n.22 Nuova mappa di zonazione sismogenetica riguardante l'Appennino Settentrionale, il margine Appenninico - Padano e la Pianura Padana (Servizio Geologico Sismico Regione Emilia Romagna - C.N.R. Firenze - Università di Firenze - 2017).

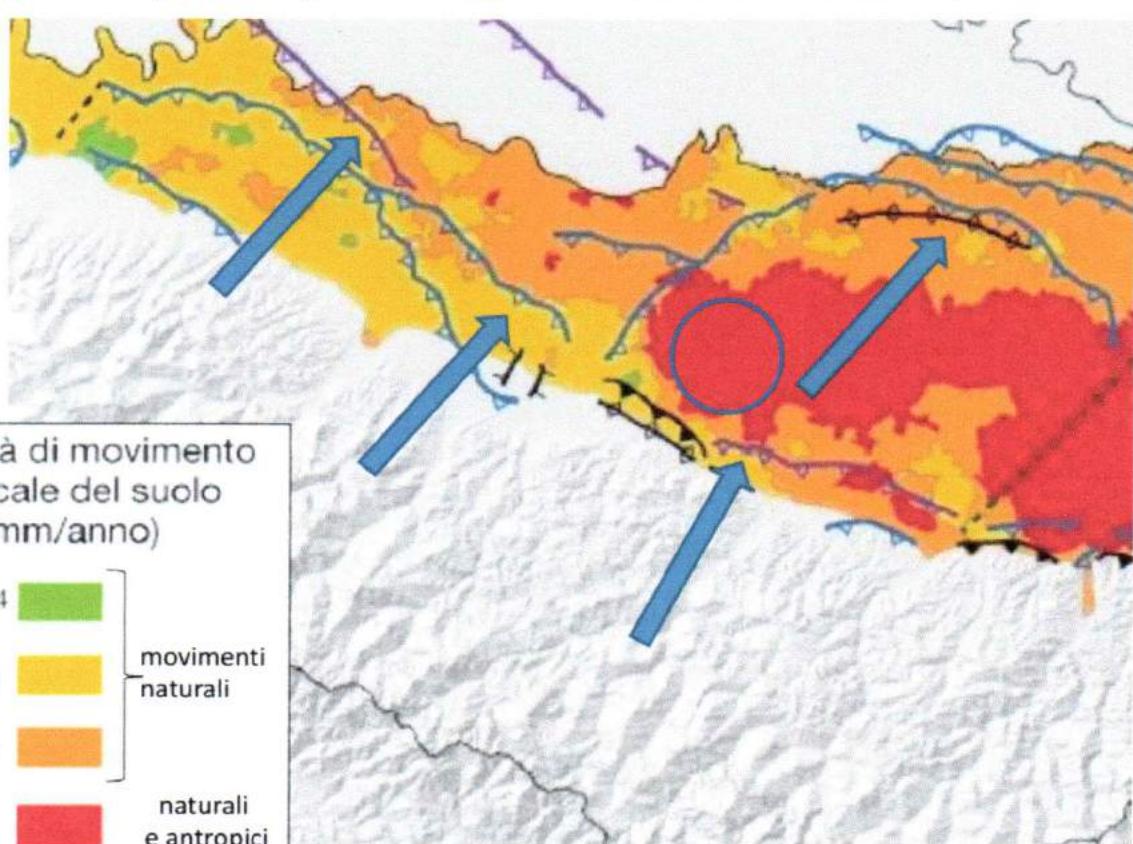


Figura n.23 Mappa di confronto tra le velocità di movimento verticale del suolo per il periodo 2006-2011 per la Regione Emilia Romagna (ARPA 2012) e le principali strutture tettoniche attive riconosciute, con ubicazione del territorio comunale di Correggio (RE). Si evince che la subsidenza è dovuta sia a cause naturali (compattazione dei sedimenti per il peso proprio, tettonica) che a cause antropiche (estrazioni di fluidi dal sottosuolo) con velocità di movimento verticale del suolo maggiori di 2,5 mm/anno. Alcune strutture attive sepolte della carta sismotettonica coincidono con i limiti tra settori della pianura con diversa velocità di subsidenza naturale o di sollevamento ciò confermerebbe l'effettiva attività di queste strutture tettoniche.

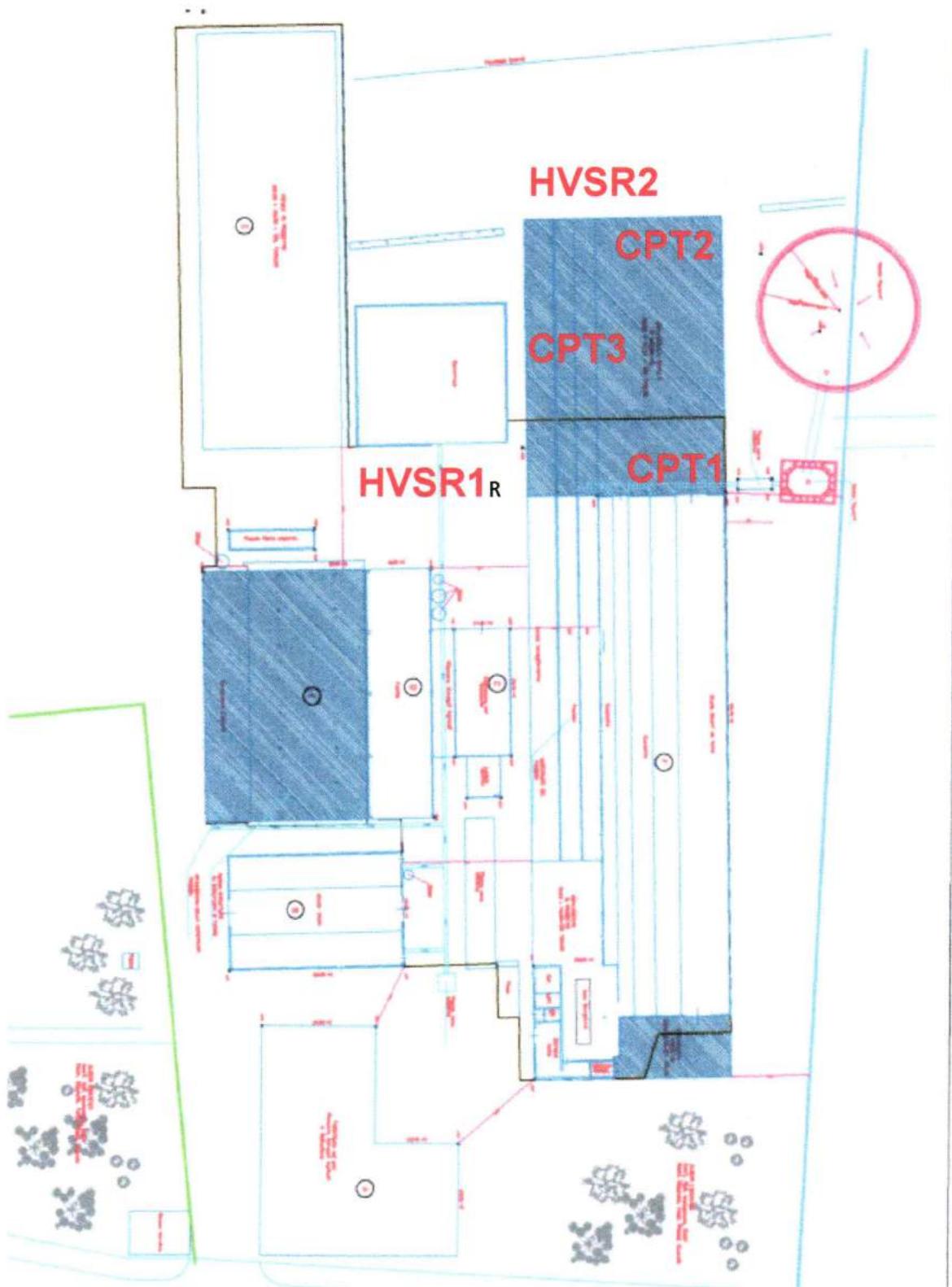


Figura n.24 Regione: Emilia Romagna - Provincia: Reggio Emilia - Comune: Correggio - Via: Mandrio n.13.

Latitudine: 44°47'07" Nord - Longitudine: 10°47'57" Est - Quota altimetrica: 28 m s.l.m.

Planimetria generale di progetto fuori scala con ubicazione delle indagini geognostiche.

CPT1/CPT2/CPT3 = prove penetrometriche statiche CPT con punta meccanica tipo "Begemann".

HVS1/HVS2 = prove di stratigrafia sismica passiva a stazione singola.

***INDAGINI H.V.S.R.***

***INDAGINI DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA***

***PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT***

***TABELLE VALORI DI RESISTENZA***

***DIAGRAMMI DI RESISTENZA***

***VALUTAZIONI LITOLOGICHE***

***TABELLE PARAMETRI GEOTECNICI***

**INDAGINE GEOFISICA**  
**STRATIGRAFIA SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA**

Committente: Azienda Agricola Borciani Laura

Via: Mandrio n.13 - Comune: Correggio (RE)

Lavoro: "Piano di sviluppo aziendale. Permesso di costruire per la realizzazione di stalla in aderenza a fabbricato esistente".

*Sommario*

<b>PREMESSA.....</b>	1
<b>METODOLOGIA DI INDAGINE PER IL CALCOLO DEL MOTO SISMICO IN SUPERFICIE.....</b>	1
<b>TECNICHE D'ACQUISIZIONE IN SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA.....</b>	1
<b>ACQUISIZIONE E ANALISI DEI DATI.....</b>	2

## Premessa

Nel mese di ottobre 2018, su commissione dell'azienda agricola Borciani Laura sono state effettuate n.2 (due) misure di rumore sismico in via Mandrio n.13, in territorio comunale di Correggio (RE). Le prove sono indicate come HVSR1 e HVSR2 sulla planimetria delle indagini geognostiche allegata (figura n.24). Esse sono state eseguite al fine della classificazione sismica del sottosuolo secondo NTC2018 e al fine di determinare la frequenza naturale principale di vibrazione del terreno.

Per eseguire l'indagine di stratigrafia sismica passiva a stazione singola è stato utilizzato un tromografo digitale denominato commercialmente GEMINI2®, commercializzato dalla Società P.A.S.I. di Torino, ed è stata eseguita un'analisi dei dati misurati con software WinHVSR®, prodotto dalla Società Eliosoft.

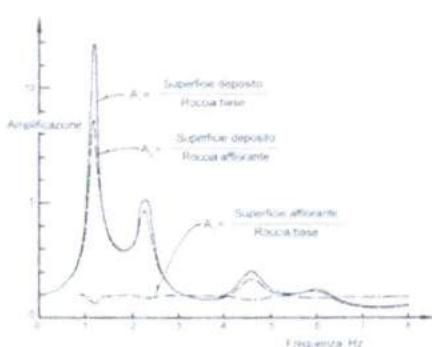
## Metodologia di indagine per il calcolo del moto sismico in superficie

Nel caso semplificato di un terreno omogeneo, di spessore  $H$ , che poggia su di un substrato roccioso soggetto ad onde di taglio con direzione di propagazione verticale, è possibile assumere che il terreno del deposito che ricopre il bedrock abbia un comportamento elastico lineare con densità ( $\rho$ ), velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) e fattore di smorzamento  $D$  indipendenti dal livello di deformazione. Mentre i rispettivi parametri, riferiti al basamento (bedrock o bedrock like), siano  $\rho_B$  e  $V_B$  e per semplicità si assume  $D_B=0$ .

In tal caso durante un'eccitazione sismica si generano onde di taglio sinusoidali, con frequenza " $f$ " differente a seconda che quest'ultima venga misurata al basamento od alla superficie del deposito e con accelerazione la cui ampiezza max è anch'essa differente se misurata al bedrock  $a_{MAXR}$  oppure in superficie  $a_{MAXS}$ .

Il rapporto fra  $a_{MAXS} / a_{MAXR}$  prende il nome di fattore di amplificazione  $A$  e dipende dalla frequenza ( $f$ ) dell'eccitazione armonica, dal fattore di smorzamento del terreno e dal rapporto tra impedenza sismica del basamento ( $\rho_B V_B$ ) e del deposito di copertura ( $\rho_s V_s$ )

La variazione del fattore di amplificazione con la frequenza definisce la funzione di amplificazione  $A(f)$  del deposito.



Come indicato nella figura accanto (che rappresenta il caso di un deposito ad 8 strati con spessore totale di circa 40 m) il moto sismico può essere amplificato, in corrispondenza di determinate frequenze, che corrispondono alle frequenze naturali  $f_N$  (o dei periodi naturali  $T_N$ ) di vibrazione del deposito in oggetto, che nel caso esemplificato di uno strato omogeneo di spessore  $H$  poggiante sul substrato la  $f$ , può essere assunta:

$$f_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{V_s}{4H}$$

Ove

$f_1$  = prima frequenza naturale di vibrazione del deposito denominata "frequenza fondamentale"

$T_1$  = primo periodo naturale di vibrazione del deposito o "periodo fondamentale"

Importante è comunque sottolineare che quando si considerano eccitazioni intense (come in caso di sisma) e si voglia tenere conto in maniera realistica del comportamento non lineare del terreno, i valori max della funzione di amplificazione e le frequenze di risonanza, possono risultare frequentemente anche notevolmente inferiori a quelle determinate in base alle supposizioni semplicistiche che tengono conto di ipotesi di comportamento lineare, poiché l'energia di eccitazione del suolo viene in parte spesa in attrito interno e in deformazioni permanenti.

## Tecniche d'acquisizione in sismica passiva a stazione singola

In occasione della scossa principale del terremoto abruzzese sia a L'Aquila città sia in numerosi centri minori della valle del F. Aterno nel 2009, ma anche in occasione delle scosse sismiche del Molise (S. Giuliano di Puglia 2002) ed ancora in precedenza nel terremoto di Città del Messico (1985), si sono osservate sensibili disomogeneità nel danneggiamento di edifici posti anche a breve distanza.

Tale aspetto, di non secondaria importanza, da allora ed ancora attualmente molto studiato, è imputabile al verificarsi in alcune zone colpite dal sisma (caratterizzate ad es. da una stessa classe di categoria di suolo - A, B, C, D, E secondo NTC08) di fenomeni di amplificazione sismica locale dovuti a particolari condizioni geologiche e/o topografiche presenti nel sottosuolo del sito d'interesse e/o al verificarsi dei cosiddetti fenomeni di "doppia risonanza", cioè quella situazione particolare e molto pericolosa in cui la FREQUENZA FONDAMENTALE ( $f_1$ ) propria di ogni sottosuolo si avvicina o corrisponde al 1° modo di vibrare di ogni singolo edificio.

La frequenza fondamentale del suolo è definibile in base alle caratteristiche proprie (spessore degli strati e valore di  $V_s$  di ogni singolo strato sino al raggiungimento del bedrock sismico) e si misura mediante indagini sismiche con tecnica passiva (cioè senza energizzare il suolo) sfruttando il "rumore sismico" ambientale sempre presente in natura (onde oceaniche, onde di battigia, vento - variazioni atmosferiche ed attività antropiche) che alle volte può disturbare le normali acquisizioni in sismica attiva (cioè quelle ove si energizza artificialmente il suolo nel punto di misura).

La misura diretta di  $f_1$  può consentire quindi, di rilevare eventuali picchi di frequenza propri del sottosuolo in esame, cioè individuare le frequenze cui può vibrare il suolo in caso di sisma, quindi sapere a priori (prima dell'evento) se la struttura in progetto (caratterizzata a sua volta da una frequenza propria data dalla geometria e morfologia strutturale) è caratterizzata da frequenze che sono vicine o uguali a quelle fondamentali del suolo.

Per contro se l'edificio è preesistente, se ne può verificare la frequenza, mediante misure strutturali di frequenza dirette, che comparate a quelle del suolo, possono indicare se sono eventualmente possibili fenomeni di "doppia risonanza", che in caso di sisma, possono determinare danni strutturali anche rilevanti.

Fisicamente si misura l'amplificazione delle onde sismiche dovuta alla risonanza delle coltri sedimentarie. Sono comunque sempre necessari studi integrativi ed aggiuntivi per consentire di valutare gli eventuali effetti topografici e/o di amplificazione di tipo bidimensionale. Il metodo in sintesi si basa sull'analisi delle curve H/V che all'approssimarsi del PERIODO FONDAMENTALE (di un deposito) per le onde S, la componente verticale (V) del moto si annulla, così il rapporto fra componente orizzontale e verticale del moto (H/V ratio) diventa molto grande (teoricamente tende a  $\infty$ ). In tal modo individuando il maggior rapporto H/V, dai grafici di acquisizione in sismica passiva, si desume il PERIODO FONDAMENTALE del sottosuolo da misure di rumore sismico.

### Acquisizione e analisi dei dati

Per l'acquisizione dei dati di rumore sismico o microtremore sismico, è stato utilizzato uno degli strumenti più diffusi e certificati per l'acquisizione di dati in sismica passiva a stazione singola, denominato "GEMINI2"® coperto da brevetto internazionale.

Tale strumentazione appositamente progettata e costruita da *P.A.S.I. s.p.a.*, rappresenta la nuova generazione di strumenti digitali per la misura ad alta risoluzione del rumore sismico ambientale ed anche per la misura delle vibrazioni su strutture (norma Din 4150 e UNI 9916).

Il Gemini 2 è un acquisitore dati HVSR costituito da una terna di geofoni con frequenza di risonanza di 2 Hz, accoppiati sia meccanicamente che elettricamente e da un acquisitore di dati a 24 bit reali appositamente progettato. Per il suo funzionamento in campagna il Gemini 2 viene collegato ad un computer portatile tramite un'interfaccia USB.

I tre geofoni interni sono orientati secondo una terna di assi cartesiani, assumendo la convenzione descritta nelle linee guida del Progetto SESAME: l'asse Z corrisponde al geofono verticale (direzione Up-Down), l'asse X e l'asse Y corrispondono rispettivamente al geofono orizzontale (direzione Est - Ovest) e al geofono orizzontale (direzione Nord - Sud).

Tecnicamente è un sismografo appositamente studiato per il rilievo del microtremore sismico, nell'intervallo di frequenze fra 0,1 e 512 Hz, mediante l'impiego di masse strumentali molto ridotte, con una struttura rigida non risonante e costruita con materiali non diffangenti.

I sensori sono costituiti da una terna di velocimetri smorzati che trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore e dinamica  $\geq 23$  bit. Queste caratteristiche strumentali consentono una elevata accuratezza nella misura dei dati, maggiore di  $10^{-4}$ , sulle componenti spettrali maggiori/uguali a 0,1 Hz.

Praticamente si tratta di installare solidalmente al suolo la strumentazione e di misurare il tremore sismico, con durata di registrazione adeguata alla frequenza minima di interesse per il sito in analisi.

Per l'area in esame si ipotizza di misurare la frequenza della coltre sedimentaria, di copertura del bedrock sismico (quindi con spessore max ipotizzabile non superiore a 300 m), da ciò ne deriva una stima (in prima approssimazione) della frequenza dell'ordine di circa 0.5 Hz, che equivale ad un periodo  $T = 2$  sec.

Pertanto per poter "osservare" e registrare con lo strumento queste frequenze, si tratta di mantenere in acquisizione lo strumento per una durata minima teorica di almeno 2 sec. Poiché poi il metodo si basa su tecniche di risoluzione spettrale elevata, il segnale viene acquisito su finestre temporali di almeno 10 volte più lunghe.

È opportuna, ed indispensabile, anche una ridondanza statistica (30-40 ripetizioni), che consente di mediare opportunamente le registrazioni, per evitare di interpretare rumori "locali" random.

In sintesi, per ottenere un'acquisizione di rumore sismico (microtremore) a scopi stratigrafici anche profondi, si devono quindi analizzare dati con durata di acquisizione  $> 15-20$  min (nel caso in esame la durata dell'acquisizione è stata di 30 minuti pari ad una frequenza di 200 Hz).

Il risultato della acquisizione eseguita nel sito in esame è quindi analizzato mediante il software di calcolo WinHVSR che consente di archiviare, analizzare e permettere la revisione del segnale misurato in sito.

Tale software consente di realizzare approfondite analisi spettrali di base e procedure per analisi HVSR secondo procedure codificate dal progetto di ricerca SESAME (2004).

I passi principali sono:

- Uso di strumentazione certificata e/o verificata da opportune commissioni (tecnico - scientifiche);
- Analisi dettagliata dello spettro di Fourier delle componenti verticali del segnale per individuare ed eliminare componenti "monocromatiche" (possibile rumore antropico);
- Eliminare (in genere la sequenza completa è di suddividere l'acquisizione in sottofinestre di 20 sec) le sottofinestre con contenuti TRANSIENTI, cioè le porzioni di segnale contenenti transienti legati a sorgenti vicine al sensore (cioè passi o passaggi di autoveicoli);

Calcolo H/V per ogni sottofinestra selezionata mediante:

- Eliminazione segnale di eventuali offset;
- Calcolo spettri di Fourier;
- Smoothing degli spettri Fourier per minimizzare effetti d'instabilità numerica del computo dei rapporti, ottimizzando caso x caso la % di smoothing, per evitare di alterare le caratteristiche dello spettro intrinseco e quindi della curva H/V che ne deriva;
- Calcolo delle curve H/V in componente N-S - E-O - verticale;
- Stima del valore medio dei rapporti spettrali per ciascuna sottofinestra e definizione deviazione standard
- Identificazione curve H/V dei picchi statisticamente più significativi e stima indice di affidabilità da opportuni test statistici che permettono di definire l'affidabilità della curva H/V ed identificare il picco più significativo su criteri quantitativi.
- Se l'acquisizione viene eseguita in diverse condizioni d'acquisizione: es. esecuzione in diverse ore del giorno, diverso processing dei dati, diverse condizioni atmosferiche ecc., i risultati della curva H/V devono risultare paragonabili.

## HVSRI - VIA: MANDRIO N.13 - COMUNE: CORREGGIO (RE)

Il risultato dell'elaborazione è la curva dei rapporti spettrali della componente orizzontale su quella verticale delle onde di superficie (figura I), il profilo dell'andamento delle velocità delle onde di taglio con la profondità (figura II), la stratigrafia sismica del primo sottosuolo (tabella A - figura IV) e la tabella riassuntiva dei parametri ricavati dall'indagine sismica eseguita (tabella B). Nella figura III sono riportate le curve velocità/frequenze delle onde sismiche da microtremore, secondo le tre componenti tra loro ortogonali.

Nel caso in esame si tratta di una registrazione che rispetta i criteri di validazione SESAME (Tabella D). La registrazione (figura I) mostra un chiaro picco di frequenza ( $f$ ) a circa  $f_6 \approx 0,7$  Hertz (6° sismostrato) che corrisponde ad un periodo di oscillazione caratteristico del sito desumibile dallo spettro HVSR pari a  $T \approx 1,42$  secondi. Questo picco può essere messo in relazione ad un forte contrasto litologico che si individua a circa -100,00 m dalla quota del piano di campagna. Esso è riferibile al *bedrock sismico locale di base* cioè a quello strato basale del sottosuolo nel quale la velocità delle onde di taglio risulta essere pari a circa pari a  $V_s \approx 500$  m/s. Altri picchi secondari sono presenti rispettivamente alle frequenze di circa  $f_1 \approx 15,0$  Hertz (1° sismostrato),  $f_2 \approx 7,3$  Hertz (2° sismostrato),  $f_3 \approx 3,0$  Hertz (3° sismostrato),  $f_4 \approx 1,9$  Hertz (4° sismostrato),  $f_5 \approx 1,0$  Hertz (5° sismostrato). La velocità delle onde di taglio nel sottosuolo tende praticamente ad aumentare con la profondità.

L'ampiezza del picco di frequenza fondamentale del sottosuolo, che è risultata essere pari ad  $A \approx 3,0$ , è una stima dell'intensità del contrasto di rigidità del sottosuolo (si tratta di un contrasto di moderata intensità - tabella D).

1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	4° STRATO	5° STRATO	6° STRATO	7° STRATO
$V_s = 120$ m/s	$V_s = 180$ m/s	$V_s = 220$ m/s	$V_s = 210$ m/s	$V_s = 280$ m/s	$V_s = 380$ m/s	$V_s = 560$ m/s
$d = 2,00$ m	$d = 3,00$ m	$d = 11,00$ m	$d = 10,00$ m	$d = 30,00$ m	$d = 60,00$ m	<i>bedrock sismico locale di base</i>

Tabella A Stratigrafia sismica del sottosuolo del sito di progetto di via Mandrio n.13 a Correggio (RE) in corrispondenza di HVSR1.

La valutazione del valore  $V_{s30}$  è stata ottenuta mediante l'utilizzo della seguente relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n}^{vi} hi}$$

Dove:

$hi$  = spessore dello strato iesimo espresso in metri;

$vi$  = velocità onde di taglio strato iesimo espressa in m/s;

Ottenendo:

$$V_{s30} \approx 207 \text{ m/s}$$

Il valore equivalente della velocità delle onde di taglio riscontrato nei primi 30 metri di sottosuolo a partire dal presunto piano di fondazione ( $V_{s30}$ ) rientra nell'intervallo di valori che permette al suolo di fondazione di essere ascritto alla categoria C.

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

## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

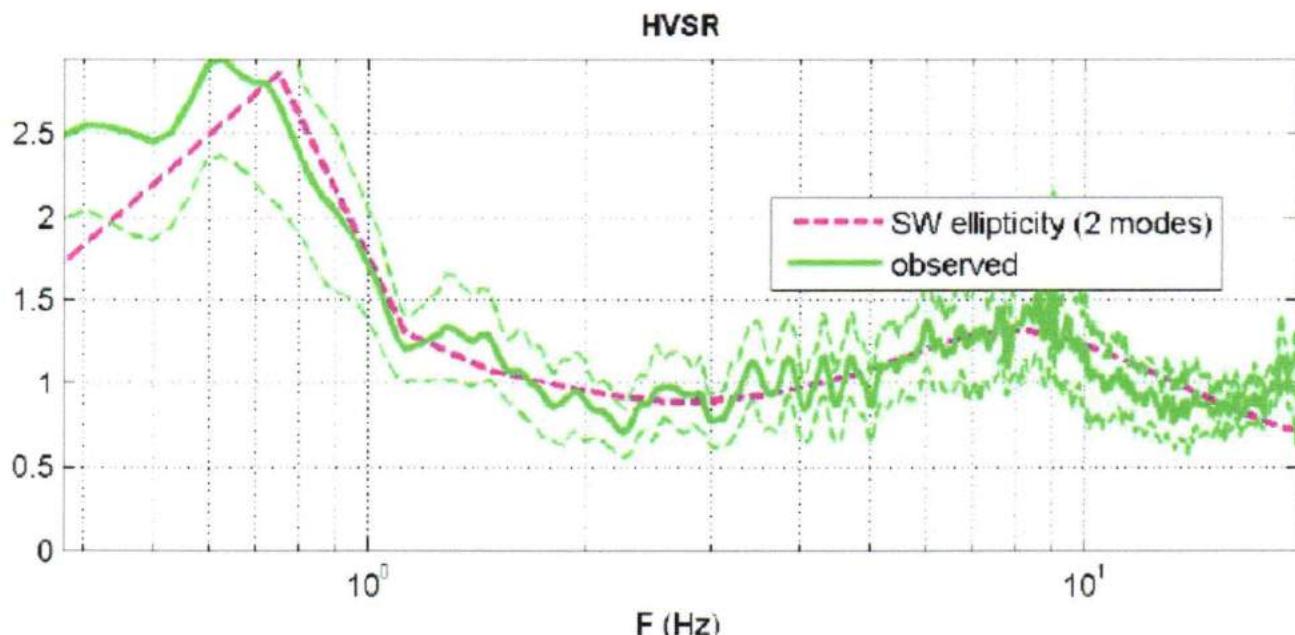


Figura I - Curva H/V registrata sul sito di progetto di via Mandrio n.13 a Correggio (RE) in corrispondenza di HVSR1.

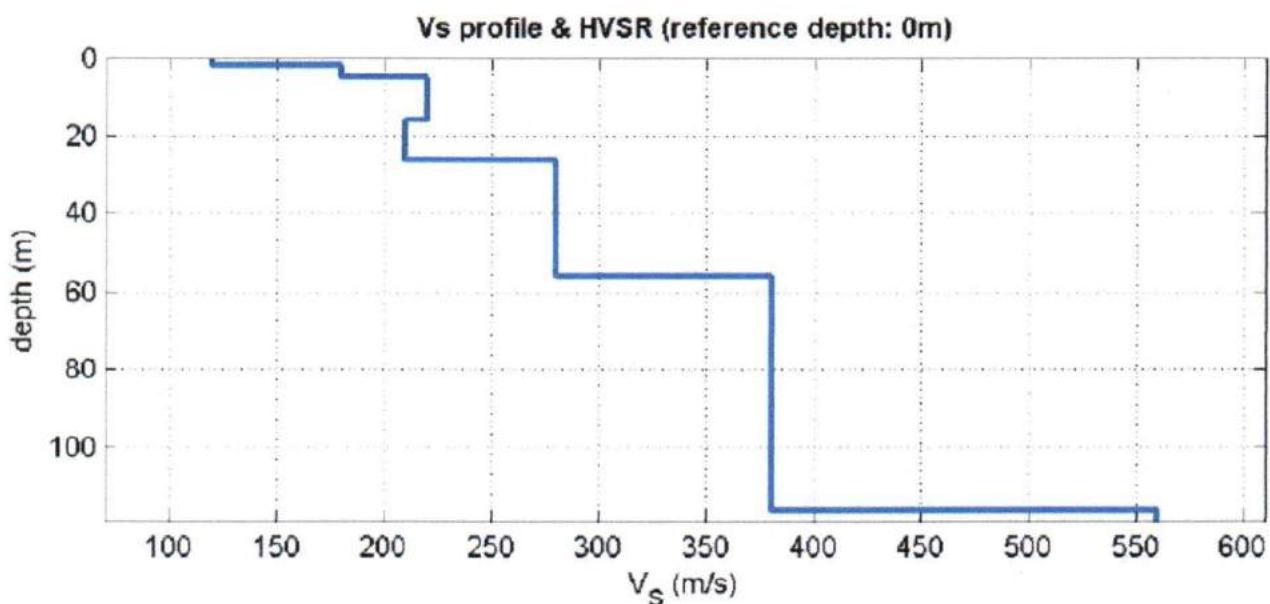


Figura II - Profilo dell'andamento delle velocità delle onde di taglio con la profondità nel sottosuolo di via Mandrio n.13 a Correggio (RE) in corrispondenza di HVSR1.

V <sub>s</sub> (m/s): 120; 180; 220; 210; 280; 380; 560; (valori delle onde di taglio)
Strati (m): 2.0; 3.0; 11.0; 10.0; 30.0; 60.0; (spessore dei sismostrati)
Densità (g/cm <sup>3</sup> ) (valori approssimati): 1.72; 1.82; 1.86; 1.85; 1.92; 2.00; 2.09;
Modulo di taglio (MPa) (valori approssimati): 25; 59; 90; 82; 151; 288; 656;
V <sub>p</sub> (m/s): 250; 375; 458; 437; 583; 791; 1166; (valori delle onde di compressione)
Coefficiente di Poisson: 0.35; 0.35; 0.35; 0.35; 0.35; 0.35; 0.35;
<b>V<sub>s30</sub> (m/s): 207</b>

Tabella B Tabella riassuntiva delle velocità delle onde di taglio, delle velocità delle onde di compressione, di alcuni parametri elasticci e del V<sub>s30</sub> del sottosuolo del sito di progetto di via Mandrio n.13 a Correggio (RE) relativa all'indagine HVSR1.

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

Tabella C Classificazione del tipo di suolo secondo le “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” D.M. 17/01/2018 (G.U. n.42 del 20/02/2018). Tabella 3.2.II (categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato).

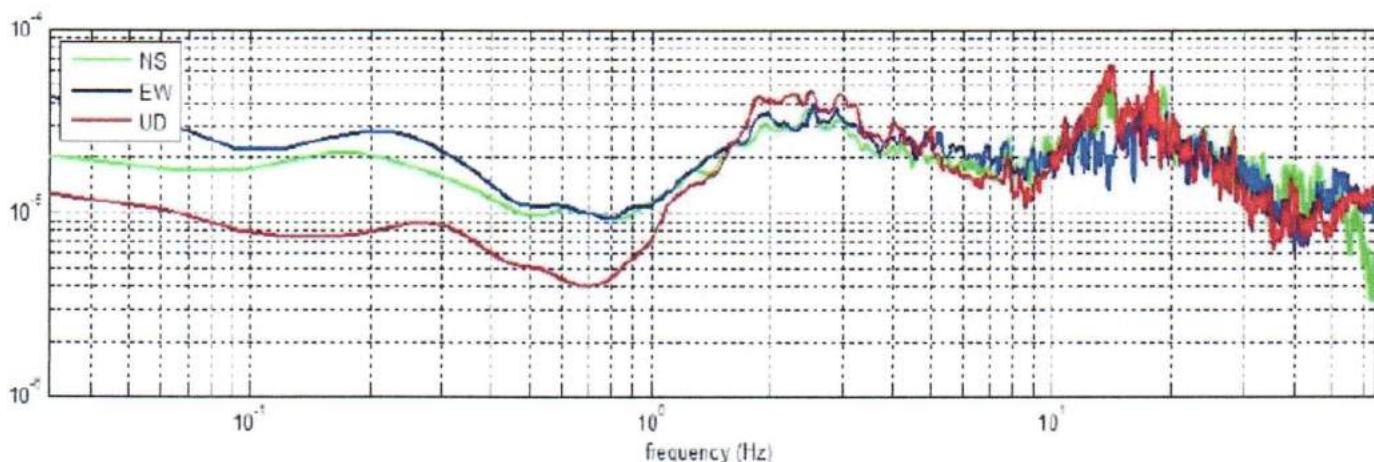
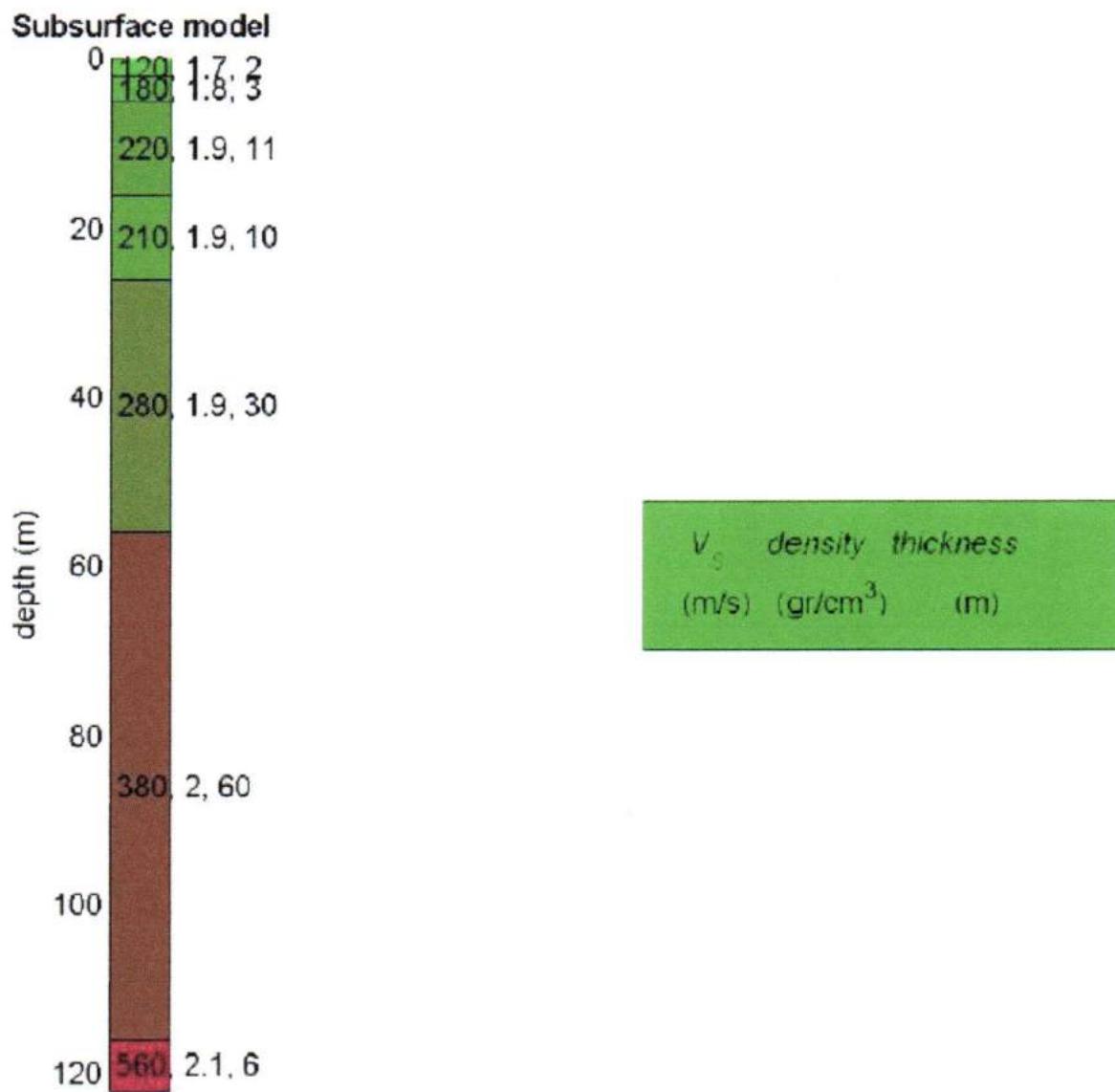


Figura III Curve velocità/frequenze delle onde sismiche da microtremore, secondo le tre componenti tra loro ortogonali, registrate sul sito di progetto di via Mandrio n.13 a Correggio (RE) in corrispondenza di HVS1.



**Figura IV** Stratigrafia sismica del sottosuolo di via Mandrio n.13 a Correggio (RE) in corrispondenza dell'indagine di stratigrafia sismica passiva a stazione singola HVS1.

```

Date: 27 10 2018
Time: 14 50
Dataset: SITE_20181027_1021 Correggio1 - Via Mandrio.SAF
Sampling frequency (Hz): 128
Window length (sec): 20
Length of analysed temporal sequence (min): 16.7
Tapering (%): 10
=====
In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range
Peak frequency (Hz): 0.7 (±4.8)
Peak HVS1 value: 3.0 (±0.6)
==== Criteria for a reliable H/V curve ====
#1. [f0 > 10/Lw]: 0.7 > 0.5 (OK)
#2. [nc > 200]: 1287 > 200 (OK)
#3. [f0>0.5Hz; sigmaA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0] (OK)
==== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fullfilled) ====
#1. [exists f- in the range [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0/2]: (OK)
#2. [exists f+ in the range [f0, 4f0] | AH/V(f+) < A0/2]: yes, at frequency 1.1Hz (OK)
#3. [A0 > 2]: 3.0 > 2 (OK)
#4. [peak[Ah/v(f) ± sigmaA(f)] = f0 ± 5%]: (OK)
#5. [sigmaf < epsilon(f0)]: 4.805 > 0.098 (NO)
#6. [sigmaA(f0) < theta(f0)]: 0.591 < 2 (OK)

```

Tabella D Parametri di impostazione dell'indagine HVS1.

## HVS2 - VIA: MANDRIO N.13 - COMUNE: CORREGGIO (RE)

Il risultato dell'elaborazione è la curva dei rapporti spettrali della componente orizzontale su quella verticale delle onde di superficie (figura V), il profilo dell'andamento delle velocità delle onde di taglio con la profondità (figura VI), la stratigrafia sismica del primo sottosuolo (tabella E - figura VIII) e la tabella riassuntiva dei parametri ricavati dall'indagine sismica eseguita (tabella F). Nella figura VII sono riportate le curve velocità/frequenze delle onde sismiche da microtremore, secondo le tre componenti tra loro ortogonali.

Nel caso in esame si tratta di una registrazione che rispetta i criteri di validazione SESAME (Tabella H). La registrazione (figura V) mostra un chiaro picco di frequenza ( $f$ ) a circa  $f_6 \approx 0,8$  Hertz (6° sismostrato) che corrisponde ad un periodo di oscillazione caratteristico del sito desumibile dallo spettro HVS2 pari a  $T \approx 1,25$  secondi. Questo picco può essere messo in relazione ad un contrasto litologico che si individua a circa -100,00 m dalla quota del piano di campagna. Esso è riferibile al *bedrock sismico locale di base* cioè a quello strato basale del sottosuolo nel quale la velocità delle onde di taglio risulta essere pari a circa pari a  $V_s \approx 500$  m/s. Altri picchi secondari sono presenti rispettivamente alle frequenze di circa  $f_1 \approx 16,5$  Hz (1° sismostrato),  $f_2 \approx 7,1$  Hertz (2° sismostrato),  $f_3 \approx 2,8$  Hertz (3° sismostrato),  $f_4 \approx 1,9$  Hertz (4° sismostrato),  $f_5 \approx 1,1$  Hertz (5° sismostrato). La velocità delle onde di taglio nel sottosuolo tende praticamente ad aumentare con la profondità.

L'ampiezza del picco di frequenza fondamentale del sottosuolo, che è risultata essere pari ad  $A \approx 2,5$ , è una stima dell'intensità del contrasto di rigidità del sottosuolo (si tratta di un contrasto di moderata intensità - tabella H).

1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	4° STRATO	5° STRATO	6° STRATO	7° STRATO
$V_s = 200$ m/s	$V_s = 250$ m/s	$V_s = 210$ m/s	$V_s = 230$ m/s	$V_s = 330$ m/s	$V_s = 380$ m/s	$V_s = 580$ m/s
$d = 3,00$ m	$d = 5,00$ m	$d = 11,00$ m	$d = 10,00$ m	$d = 30,00$ m	$d = 50,00$ m	<i>bedrock sismico locale di base</i>

**Tabella E Stratigrafia sismica del sottosuolo del sito di progetto di via Mandrio n.13 a Correggio (RE) in corrispondenza di HVS2.**

La valutazione del valore  $V_{s30}$  è stata ottenuta mediante l'utilizzo della seguente relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n}^{vi} hi}$$

Dove:

$hi$  = spessore dello strato iesimo espresso in metri;

$vi$  = velocità onde di taglio strato iesimo espressa in m/s;

Ottenendo:

$$V_{s30} \approx 224 \text{ m/s}$$

Il valore equivalente della velocità delle onde di taglio riscontrato nei primi 30 metri di sottosuolo a partire dal presunto piano di fondazione ( $V_{s30}$ ) rientra nell'intervallo di valori che permette al suolo di fondazione di essere ascritto alla categoria **C**.

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

## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

### HVSR

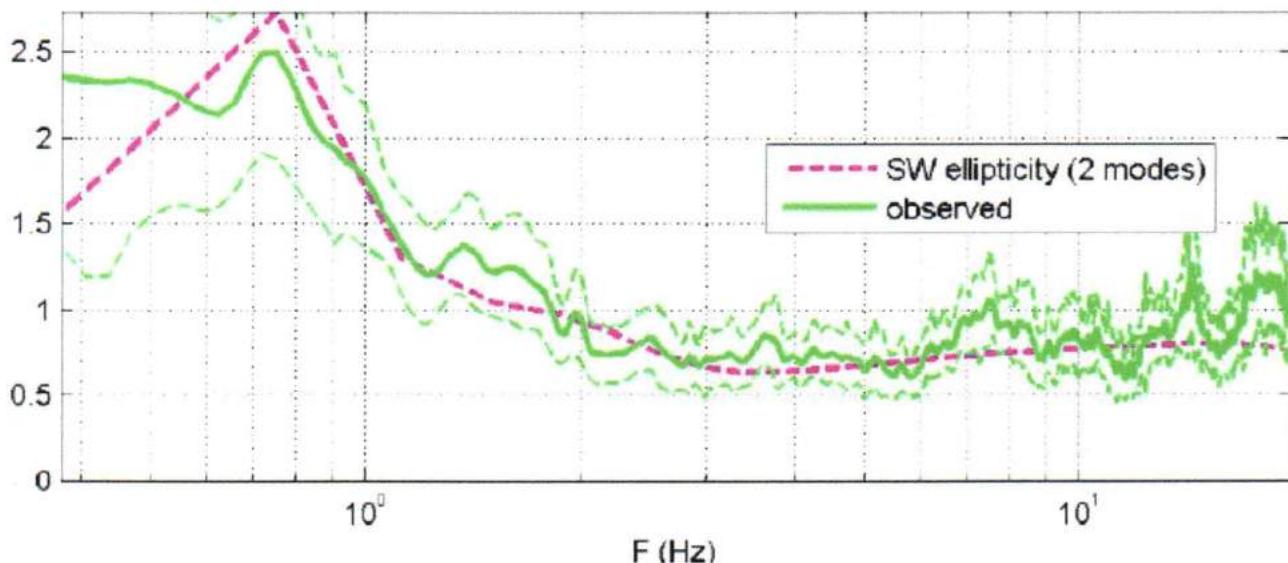


Figura V - Curva H/V registrata sul sito di progetto di via Mandrio n.13 a Correggio (RE) in corrispondenza di HVSR2.

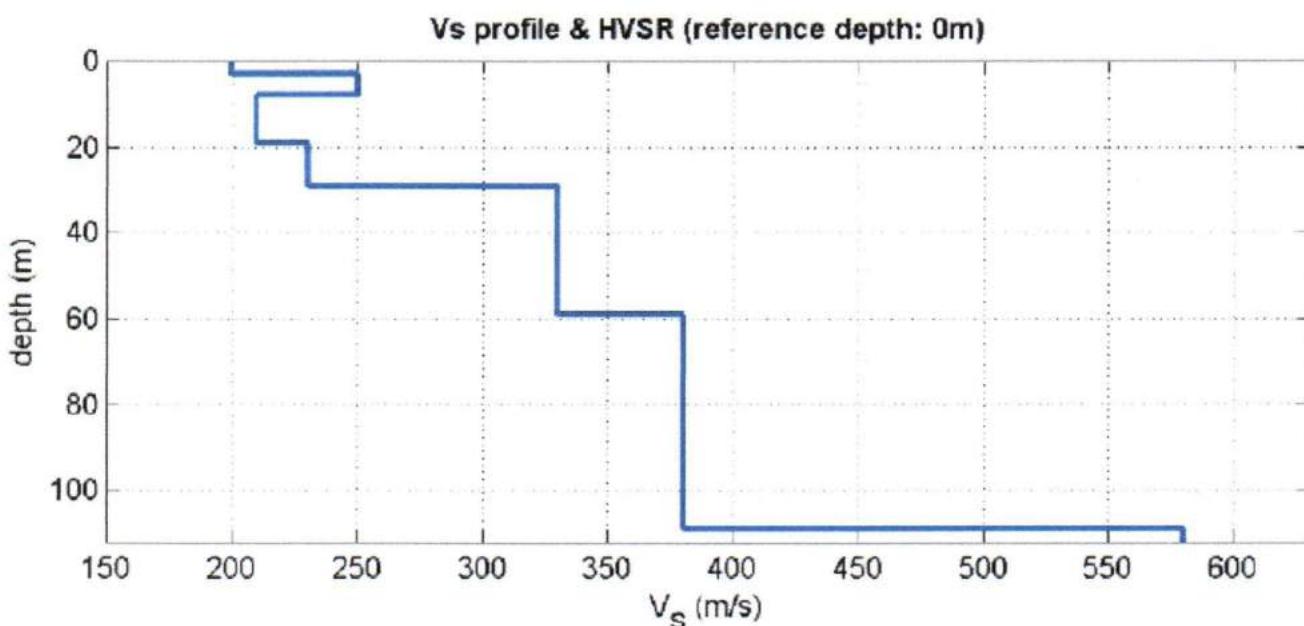


Figura VI - Profilo dell'andamento delle velocità delle onde di taglio con la profondità nel sottosuolo di via Mandrio n.13 a Correggio (RE) in corrispondenza di HVSR2.

$V_s$ (m/s): 200; 250; 210; 230; 330; 380; 580; (valori delle onde di taglio)
Strati (m): 3.0; 5.0; 11.0; 10.0; 30.0; 50.0; (spessore dei sismostrati)
Densità ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) (valori approssimati): 1.84; 1.90; 1.85; 1.88; 1.96; 2.00; 2.10;
Modulo di taglio (MPa) (valori approssimati): 74; 119; 82; 99; 214; 288; 706;
$V_p$ (m/s): 416; 521; 437; 479; 687; 791; 1208; (valori delle onde di compressione)
Coefficiente di Poisson: 0.35; 0.35; 0.35; 0.35; 0.45; 0.35; 0.35;
$V_{s30}$ (m/s): 224

Tabella F Tabella riassuntiva delle velocità delle onde di taglio, delle velocità delle onde di compressione, di alcuni parametri elasticci e del  $V_{s30}$  del sottosuolo del sito di progetto di via Mandrio n.13 a Correggio (RE) relativa all'indagine HVSR2.

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

Tabella G Classificazione del tipo di suolo secondo le “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” D.M. 17/01/2018 (G.U. n.42 del 20/02/2018). Tabella 3.2.II (categorie di sottosuolo che permettono l’utilizzo dell’approccio semplificato).

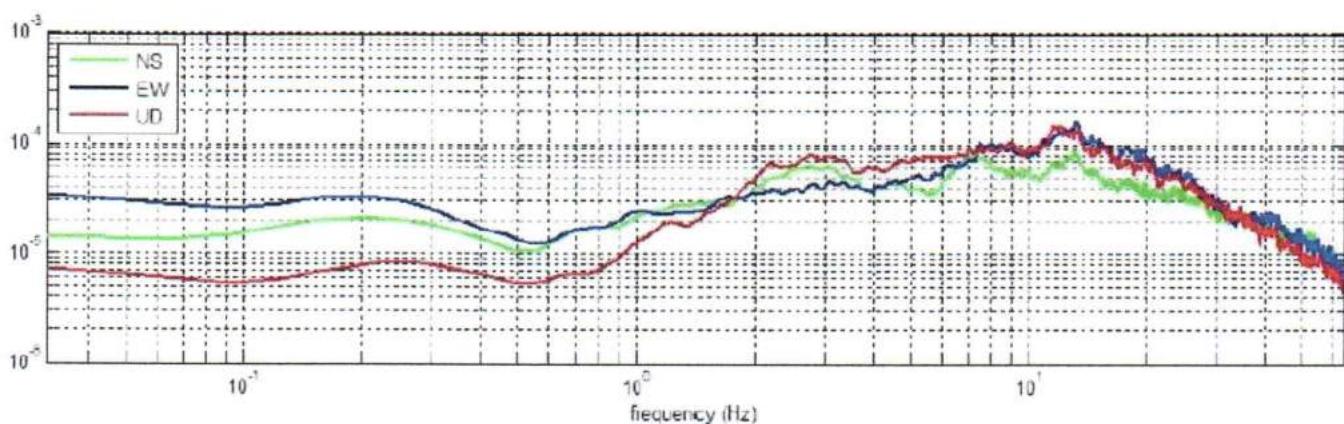
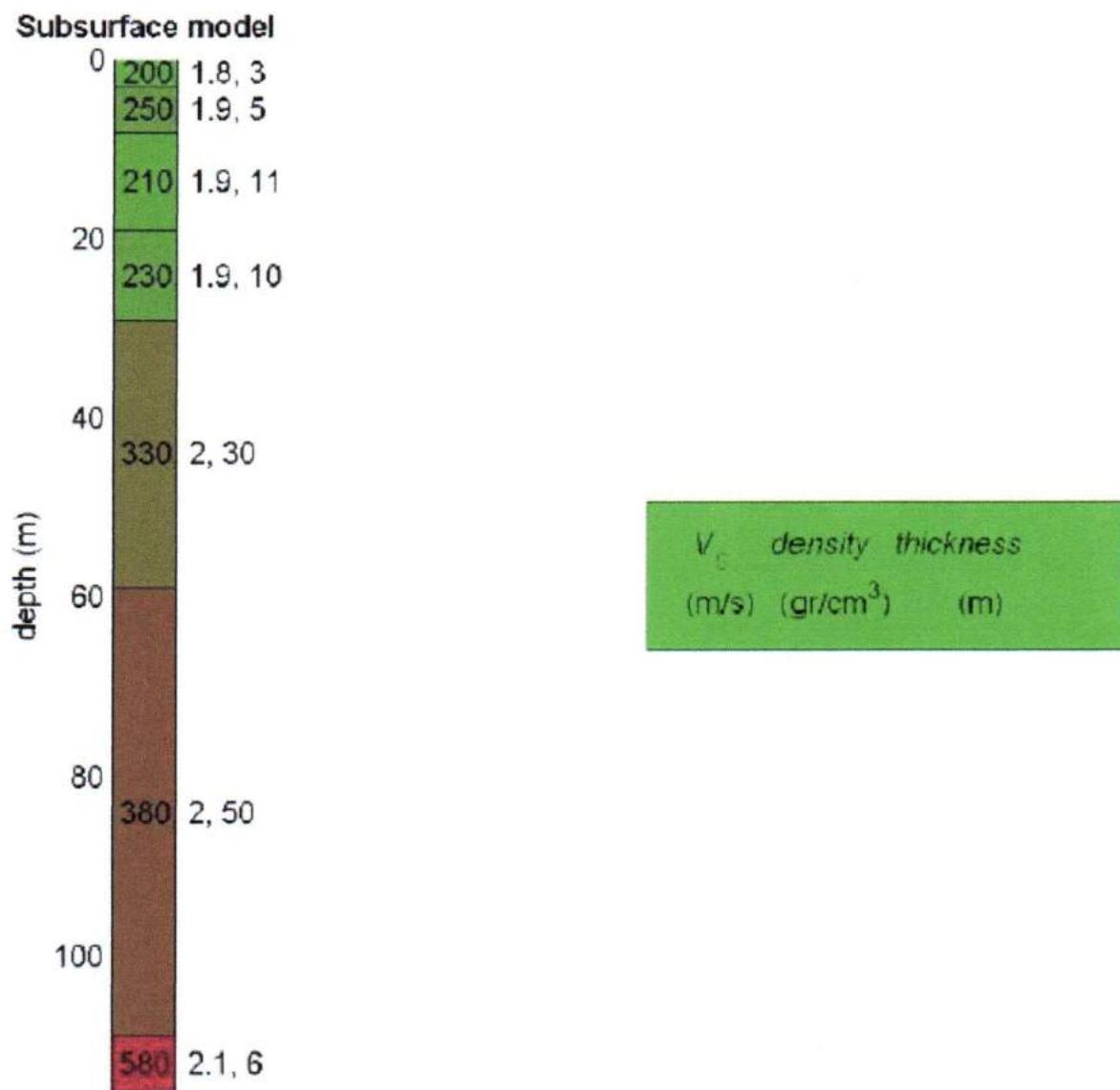


Figura VII Curve velocità/frequenze delle onde sismiche da microtremore, secondo le tre componenti tra loro ortogonali, registrate sul sito di progetto di via Mandrio n.13 a Correggio (RE) in corrispondenza HVSR2.



**Figura VIII Stratigrafia sismica del sottosuolo di via Mandrio n.13 a Correggio (RE) in corrispondenza dell'indagine di stratigrafia sismica passiva a stazione singola HVSR2**

```

Date: 27 10 2018
Time: 17 10
Dataset: SITE_20171027_1024 Correggio2 - Via Mandrio.SAF
Sampling frequency (Hz): 128
Window length (sec): 20
Length of analysed temporal sequence (min): 20.0
Tapering (%): 10
=====
In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range
Peak frequency (Hz): 0.8 (±7.7)
Peak HVSR value: 2.5 (±0.6)
==== Criteria for a reliable H/V curve =====
#1. [f0 > 10/Lw]: 0.8 > 0.5 (OK)
#2. [nc > 200]: 1829 > 200 (OK)
#3. [f0>0.5Hz; sigmaA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0] (OK)
==== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fullfilled) =====
#1. [exists f- in the range [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0/2]: (NO)
#2. [exists f+ in the range [f0, 4f0] | AH/V(f+) < A0/2]: yes, at frequency 1.2Hz (OK)
#3. [A0 > 2]: 2.5 > 2 (OK)
#4. [peak[Ah/v(f) ± sigmaA(f)] = f0 ± 5%]: (OK)
#5. [sigmaaf < epsilon(f0)]: 7.685 > 0.117 (NO)
#6. [sigmaA(f0) < theta(f0)]: 0.613 < 2 (OK)

```

Tabella H Parametri di impostazione dell'indagine HVSR2.

## LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato

### PENETROMETRO STATICO

Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing 35.7$  mm, angolo di apertura  $\alpha = 60^\circ$  - ( area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$  )
- manico laterale di attrito tipo 'Begemann' (  $\varnothing 35.7$  mm - h 133 mm - sup. lat. Am. =  $150 \text{ cm}^2$  )
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm/sec}$  ( $\pm 0,5 \text{ cm/sec}$ )
- spinta  $S_{max}$  nominale dello strumento  $S_{max}$  variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett.  $\Rightarrow$  Spinta)  $C_t = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$

$$\text{fase 1 - resistenza alla punta} \quad R_p (\text{Kg/cm}^2) = (\text{L. punta}) \cdot C_t / 10$$

$$\text{fase 2 - resistenza laterale locale} \quad R_L (\text{Kg/cm}^2) = [(\text{L. laterale}) - (\text{L. punta})] \cdot C_t / 150$$

$$\text{fase 3 - resistenza totale} \quad R_t (\text{Kg}) = (\text{L. totale}) \cdot C_t$$

$$R_p / R_L = \text{'rapporto Begemann'}$$

$$- \text{L. punta} = \text{lettura di campagna durante l'infissione della sola punta} \quad (\text{fase 1})$$

$$- \text{L. laterale} = \text{lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manico} \quad (\text{fase 2})$$

$$- \text{L. totale} = \text{lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne} \quad (\text{fase 3})$$

N.B. : la spinta  $S$  (Kg), corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna  $L$  per la costante di trasformazione  $C_t$ .

N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa), fra il manico laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale  $R_L$  viene computata 20 cm sopra la punta.

## CONVERSIONI

$$1 \text{ kN} (\text{kiloNewton}) = 1000 \text{ N} \approx 100 \text{ kg} = 0,1 \text{ t} - 1 \text{ MN} (\text{megaNewton}) = 1000 \text{ kN} = 1000000 \text{ N} \approx 100 \text{ t}$$

$$1 \text{ kPa} (\text{kiloPascal}) = 1 \text{ kN/m}^2 = 0,001 \text{ MN/m}^2 = 0,001 \text{ MPa} \approx 0,1 \text{ t/m}^2 = 0,01 \text{ kg/cm}^2$$

$$1 \text{ MPa} (\text{MegaPascal}) = 1 \text{ MN/m}^2 = 1000 \text{ kN/m}^2 = 1000 \text{ kPa} \approx 100 \text{ t/m}^2 = 10 \text{ kg/cm}^2$$

$$1 \text{ kg/cm}^2 = 10 \text{ t/m}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MN/m}^2 = 0,1 \text{ MPa}$$

$$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} \approx 10 \text{ kN}$$

## LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto:  $F = (Rp / RL)$

( Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977 )

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = Rp / RL$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F < 15$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 < F \leq 30$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 < F \leq 60$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di Rp e di  $FR = (RL / Rp) \%$  :

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$  di quello misurato, per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato), per depositi coesivi.

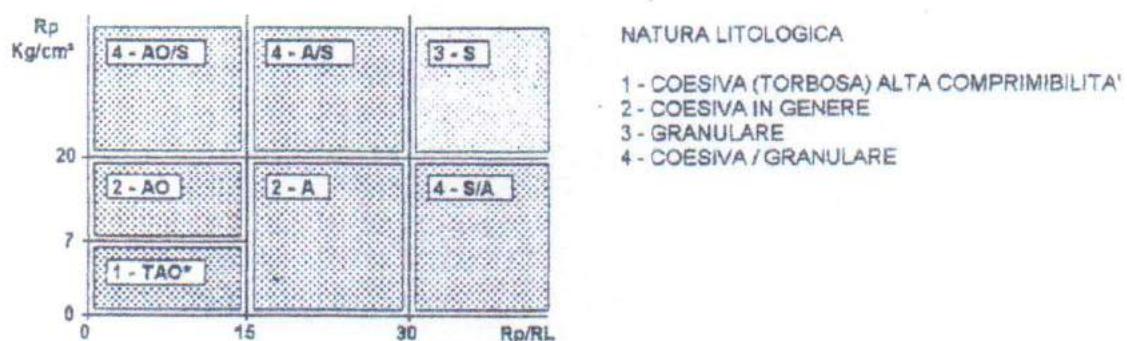
## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

### SCELTE LITOLOGICHE ( validità orientativa )

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto  $R_p / RL$   
( Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977 ), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$R_p \leq 20 \text{ kg/cm}^2$  : possibili terreni COESIVI anche se  $(R_p / RL) > 30$

$R_p \geq 20 \text{ kg/cm}^2$  : possibili terreni GRANULARI anche se  $(R_p / RL) < 30$



### PARAMETRI GEOTECNICI ( validità orientativa ) - simboli - correlazioni - bibliografia

- $\gamma'$  = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [ correlazioni :  $\gamma'$  -  $R_p$  - natura ]  
 (Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982 )  
 $\sigma'vo$  = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno ( valutata in base ai valori di  $\gamma'$  )  
 $Cu$  = coesione non drenata (terreni coesivi) [ correlazioni :  $Cu$  -  $R_p$  ]  
 $OCR$  = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [ correlazioni :  $OCR$  -  $Cu$  -  $\sigma'vo$  ]  
 (Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983 )  
 $Eu$  = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [ correl. :  $Eu$  -  $Cu$  -  $OCR$  -  $Ip$  ]  
 $Ip$  = ind.plast.  
 $Eu50$  -  $Eu25$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976 )  
 $E'$  = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [ correlazioni :  $E'$  -  $R_p$  ]  
 $E'50$  -  $E'25$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza  $F = 2 - 4$  rispettivamente )  
 (Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et.al. 1983 )  
 $Mo$  = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [ correl. :  $Mo$  -  $R_p$  - natura ]  
 (Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973 )  
 $Dr$  = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati)  
 [ correlazioni :  $Dr$  -  $R_p$  -  $\sigma'vo$  ] (Schmertmann 1976 )  
 $\phi'$  = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C. ) [ correl. :  $\phi'$  -  $Dr$  -  $R_p$  -  $\sigma'vo$  ]  
 (Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976 )  
 $\phi'1s$  - (Schmertmann) sabbia fine uniforme       $\phi'2s$  - sabbia media unif./ fine ben gradata  
 $\phi'3s$  - sabbia grossa unif./ media ben gradata       $\phi'4s$  - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.  
 $\phi'dm$  - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C.       $\phi'my$  - (Meyerhof) sabbie limose  
 $A_{max}$  = accelerazione al suolo che può causare liquefazione ( terreni granulari )  
 (g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976 ) [ correlazioni :  $(A_{max}/g)$  -  $Dr$  ]

**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ  
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

**CPT 1**

2.0105-139

- committente : azienda agricola Borciani Laura  
- lavoro : ampliamento stalla esistente  
- località : via Mandrio n.13 - Correggio (RE)  
- assist. cantiere :

- data : 26/10/2018  
- quota inizio : piano area cortiliva  
- falda : 0,90 da quota inizio  
- data emiss. : 26/10/2018

prf m	L1 -	L2 -	qc Kg/cm <sup>2</sup>	fs Kg/cm <sup>2</sup>	qc/fs -	prf m	L1 -	L2 -	qc Kg/cm <sup>2</sup>	fs Kg/cm <sup>2</sup>	qc/fs -
0,20	17,0	34,0	34,0	1,80	19,0	10,20	9,5	17,0	19,0	1,20	16,0
0,40	13,5	27,0	27,0	1,07	25,0	10,40	11,5	20,5	23,0	1,27	18,0
0,60	7,0	15,0	14,0	3,33	4,0	10,60	10,0	19,5	20,0	0,93	21,0
0,80	15,0	40,0	30,0	2,40	12,0	10,80	10,0	17,0	20,0	0,67	30,0
<b>1,00</b>	<b>14,0</b>	<b>32,0</b>	<b>28,0</b>	<b>2,27</b>	<b>12,0</b>	<b>11,00</b>	<b>9,0</b>	<b>14,0</b>	<b>18,0</b>	<b>0,80</b>	<b>22,0</b>
1,20	13,0	30,0	26,0	2,20	12,0	11,20	6,0	12,0	12,0	1,00	12,0
1,40	14,5	31,0	29,0	3,13	9,0	11,40	7,5	15,0	15,0	0,27	56,0
1,60	14,5	38,0	29,0	1,47	20,0	11,60	20,0	22,0	40,0	1,33	30,0
1,80	12,0	23,0	24,0	1,47	16,0	11,80	13,0	23,0	26,0	1,27	21,0
<b>2,00</b>	<b>11,0</b>	<b>22,0</b>	<b>22,0</b>	<b>1,27</b>	<b>17,0</b>	<b>12,00</b>	<b>9,0</b>	<b>18,5</b>	<b>18,0</b>	<b>0,80</b>	<b>22,0</b>
2,20	5,5	15,0	11,0	1,07	10,0	12,20	7,0	13,0	14,0	0,80	17,0
2,40	7,0	15,0	14,0	1,07	13,0	12,40	6,0	12,0	12,0	0,80	15,0
2,60	8,0	16,0	16,0	1,00	16,0	12,60	5,0	11,0	10,0	0,60	17,0
2,80	5,5	13,0	11,0	1,07	10,0	12,80	7,0	11,5	14,0	1,00	14,0
<b>3,00</b>	<b>5,5</b>	<b>13,5</b>	<b>11,0</b>	<b>1,00</b>	<b>11,0</b>	<b>13,00</b>	<b>7,5</b>	<b>15,0</b>	<b>15,0</b>	<b>1,07</b>	<b>14,0</b>
3,20	5,5	13,0	11,0	1,13	10,0	13,20	5,0	13,0	10,0	0,53	19,0
3,40	5,5	14,0	11,0	1,07	10,0	13,40	6,0	10,0	12,0	0,60	20,0
3,60	5,0	13,0	10,0	0,93	11,0	13,60	5,0	9,5	10,0	0,53	19,0
3,80	7,5	14,5	15,0	1,07	14,0	13,80	5,0	9,0	10,0	0,73	14,0
<b>4,00</b>	<b>9,0</b>	<b>17,0</b>	<b>18,0</b>	<b>1,27</b>	<b>14,0</b>	<b>14,00</b>	<b>7,0</b>	<b>12,5</b>	<b>14,0</b>	<b>1,07</b>	<b>13,0</b>
4,20	8,0	17,5	16,0	1,27	13,0	14,20	5,0	13,0	10,0	0,67	15,0
4,40	8,5	18,0	17,0	1,20	14,0	14,40	5,0	10,0	10,0	0,67	15,0
4,60	7,0	16,0	14,0	1,07	13,0	14,60	6,0	11,0	12,0	0,80	15,0
4,80	6,0	14,0	12,0	0,93	13,0	14,80	6,5	12,5	13,0	0,93	14,0
<b>5,00</b>	<b>5,0</b>	<b>12,0</b>	<b>10,0</b>	<b>0,93</b>	<b>11,0</b>	<b>15,00</b>	<b>7,0</b>	<b>14,0</b>	<b>14,0</b>	<b>1,07</b>	<b>13,0</b>
5,20	4,5	11,5	9,0	0,80	11,0	15,20	8,0	16,0	16,0	1,07	15,0
5,40	4,5	10,5	9,0	0,93	10,0	15,40	8,0	16,0	16,0	1,33	12,0
5,60	8,0	15,0	16,0	0,73	22,0	15,60	10,0	20,0	20,0	0,93	21,0
5,80	4,0	9,5	8,0	0,67	12,0	15,80	7,0	14,0	14,0	1,47	10,0
<b>6,00</b>	<b>12,0</b>	<b>17,0</b>	<b>24,0</b>	<b>0,60</b>	<b>40,0</b>	<b>16,00</b>	<b>10,5</b>	<b>21,5</b>	<b>21,0</b>	<b>1,07</b>	<b>20,0</b>
6,20	3,0	7,5	6,0	0,33	18,0	16,20	8,0	16,0	16,0	1,73	9,0
6,40	2,5	5,0	5,0	0,27	19,0	16,40	12,0	25,0	24,0	1,33	18,0
6,60	4,0	6,0	8,0	0,53	15,0	16,60	10,0	20,0	20,0	0,67	30,0
6,80	4,5	8,5	9,0	0,53	17,0	16,80	6,0	11,0	12,0	2,27	5,0
<b>7,00</b>	<b>4,5</b>	<b>8,5</b>	<b>9,0</b>	<b>0,60</b>	<b>15,0</b>	<b>17,00</b>	<b>15,0</b>	<b>32,0</b>	<b>30,0</b>	<b>1,93</b>	<b>16,0</b>
7,20	3,0	7,5	6,0	0,47	13,0	17,20	20,0	34,5	40,0	2,13	19,0
7,40	4,5	8,0	9,0	0,67	13,0	17,40	16,0	32,0	32,0	2,00	16,0
7,60	4,0	9,0	8,0	0,53	15,0	17,60	15,0	30,0	30,0	2,53	12,0
7,80	3,5	7,5	7,0	0,73	10,0	17,80	18,0	37,0	36,0	2,00	18,0
<b>8,00</b>	<b>6,5</b>	<b>12,0</b>	<b>13,0</b>	<b>0,93</b>	<b>14,0</b>	<b>18,00</b>	<b>15,0</b>	<b>30,0</b>	<b>30,0</b>	<b>1,33</b>	<b>22,0</b>
8,20	7,0	14,0	14,0	0,93	15,0	18,20	10,0	20,0	20,0	1,13	18,0
8,40	9,0	16,0	18,0	1,20	15,0	18,40	8,0	16,5	16,0	1,20	13,0
8,60	10,0	19,0	20,0	1,20	17,0	18,60	9,0	18,0	18,0	0,93	19,0
8,80	11,0	20,0	22,0	1,53	14,0	18,80	7,0	14,0	14,0	0,87	16,0
<b>9,00</b>	<b>14,5</b>	<b>26,0</b>	<b>29,0</b>	<b>2,07</b>	<b>14,0</b>	<b>19,00</b>	<b>6,0</b>	<b>12,5</b>	<b>12,0</b>	<b>1,40</b>	<b>9,0</b>
9,20	12,5	28,0	25,0	1,13	22,0	19,20	10,0	20,5	20,0	1,87	11,0
9,40	11,5	20,0	23,0	1,20	19,0	19,40	13,0	27,0	26,0	1,73	15,0
9,60	9,0	18,0	18,0	0,80	22,0	19,60	12,0	25,0	24,0	2,13	11,0
9,80	9,0	15,0	18,0	0,93	19,0	19,80	15,0	31,0	30,0	2,00	15,0
<b>10,00</b>	<b>10,0</b>	<b>17,0</b>	<b>20,0</b>	<b>1,00</b>	<b>20,0</b>	<b>20,00</b>	<b>20,0</b>	<b>35,0</b>	<b>40,0</b>	<b>—</b>	<b>—</b>

- PENETROMETRO STATICO tipo da 15 t - (senza anello allungatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann ø = 35,7 mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

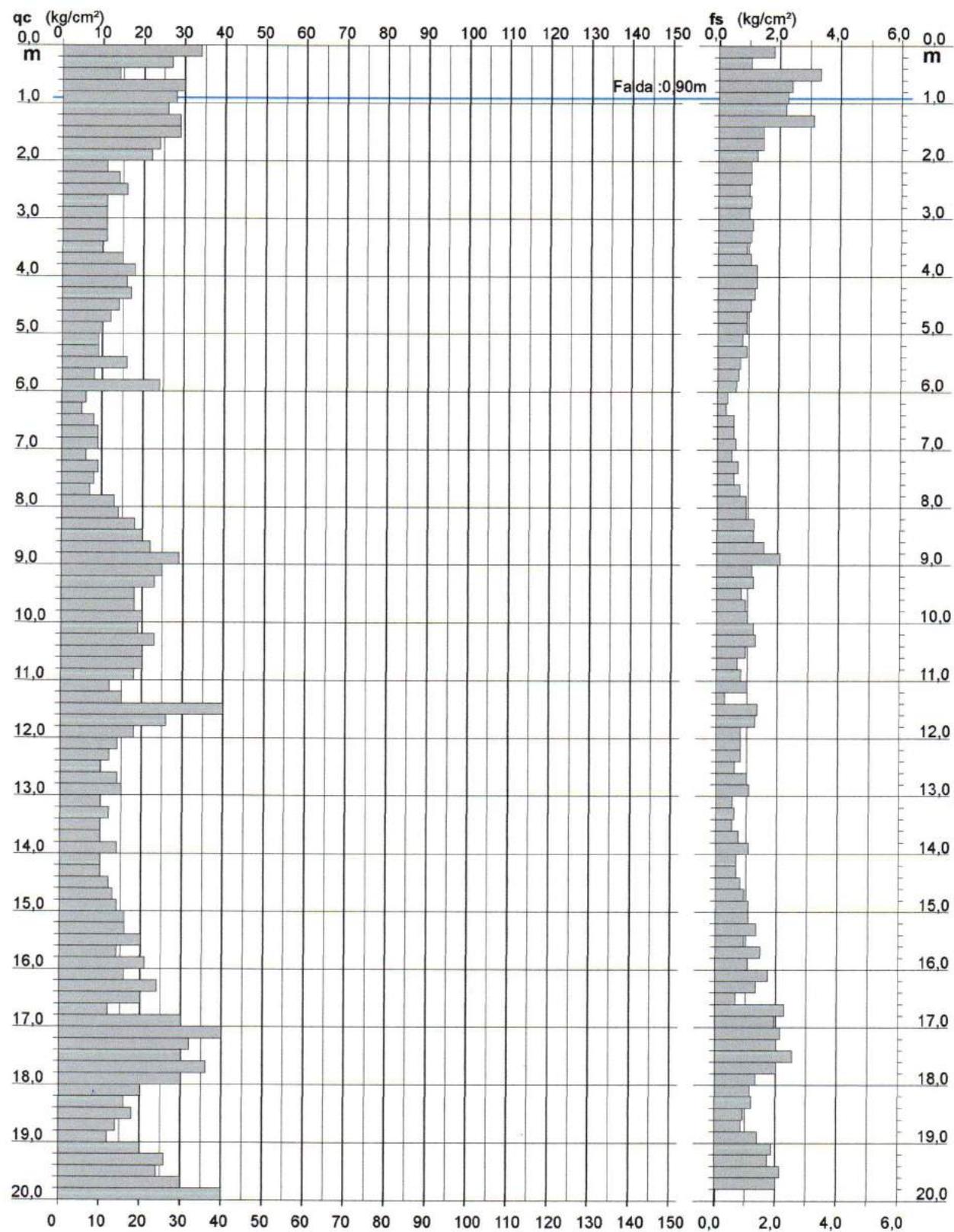
**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ  
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

**CPT 1**

2.0105-139

- committente : azienda agricola Borciani Laura  
- lavoro : ampliamento stalla esistente  
- località : via Mandrio n.13 - Correggio (RE)  
- assist. cantiere :

- data : 26/10/2018  
- quota inizio : piano area cortiliva  
- falda : 0,90 da quota inizio  
- data emiss. : 26/10/2018



**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ  
VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

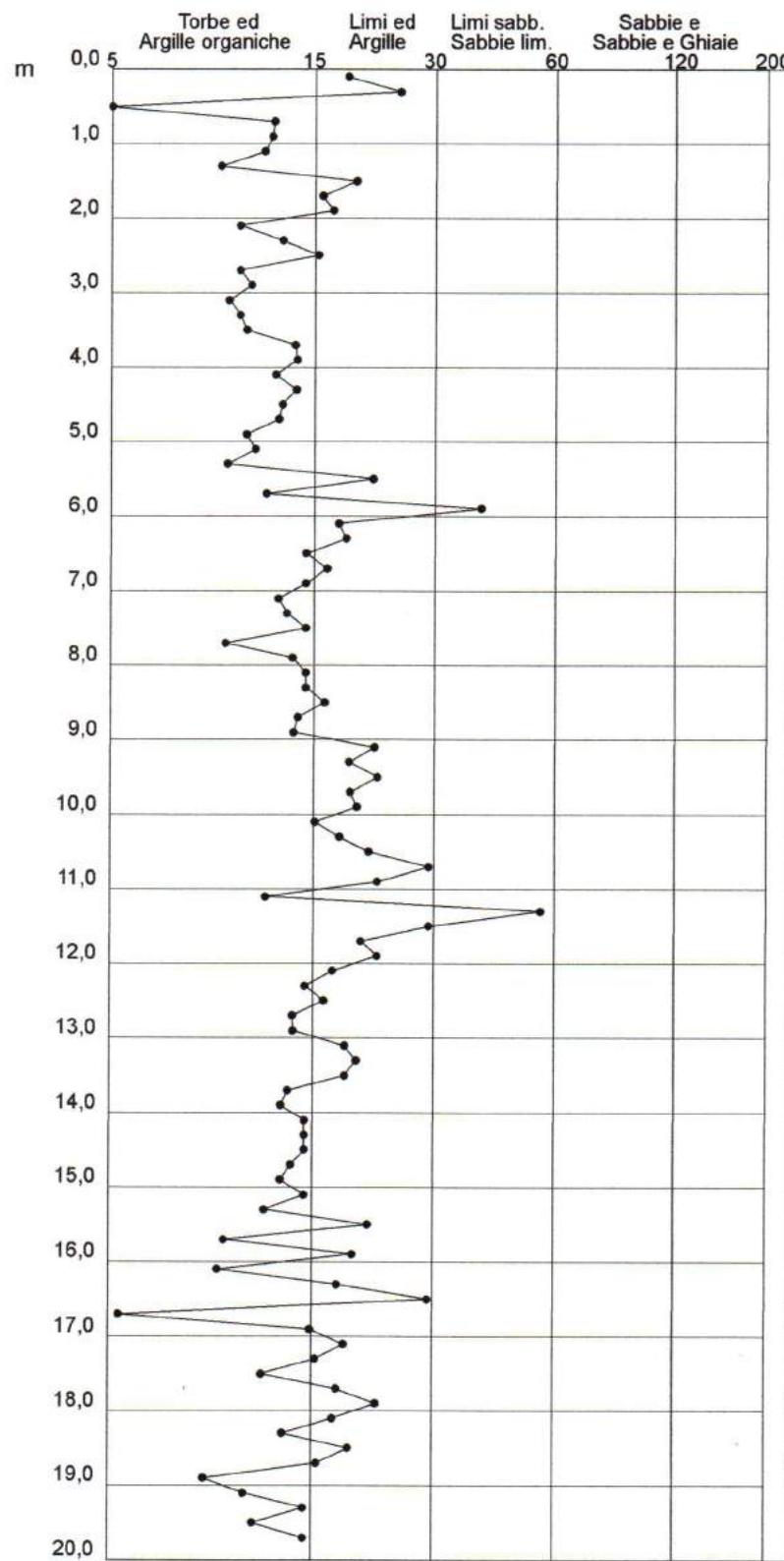
**CPT 1**

2.0105-139

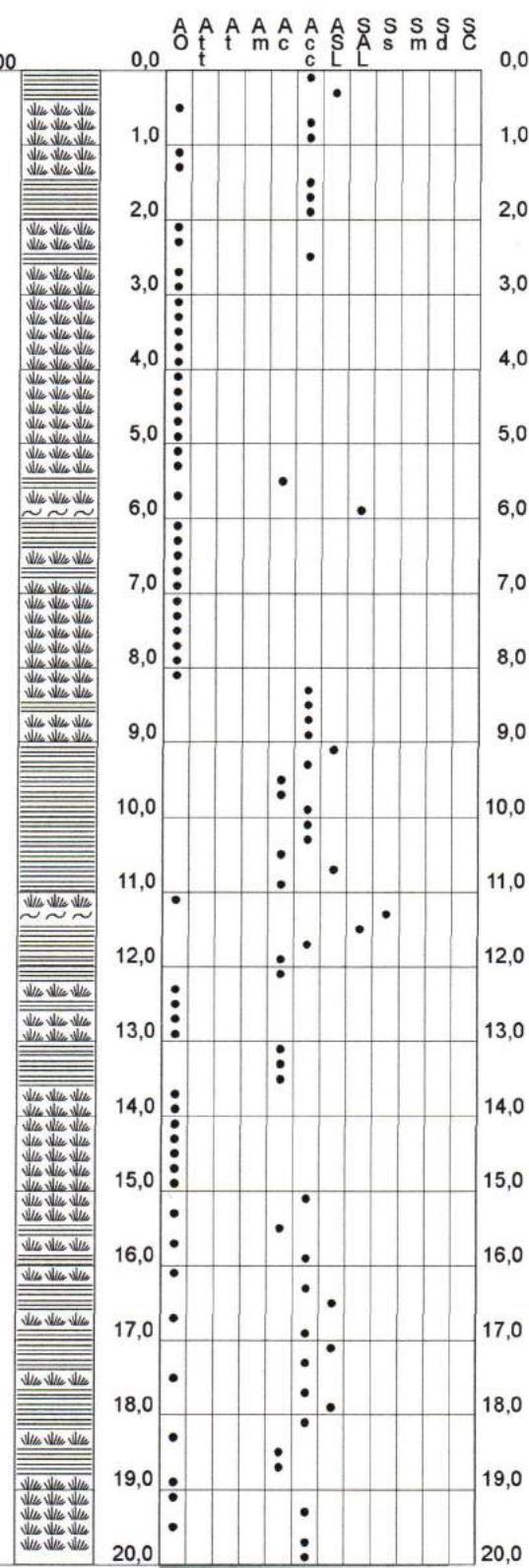
- committente : azienda agricola Borciani Laura  
- lavoro : ampliamento stalla esistente  
- località : via Mandrio n.13 - Correggio (RE)  
- assist. cantiere :

- data : 26/10/2018  
- quota inizio : piano area cortiliva  
- falda : 0,90 da quota inizio  
- data emiss. : 26/10/2018

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)



qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ**  
**TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

**CPT 1**

2.0105-139

- committente : azienda agricola Borciani Laura  
- lavoro : ampliamento stalla esistente  
- località : via Mandrio n.13 - Correggio (RE)  
- assist. cantiere :

- data : 26/10/2018  
- quota inizio : piano area cortiliva  
- falda : 0,90 da quota inizio  
- data emiss. : 26/10/2018

Prof. m	qc kg/cm²	qc/f.s (-)	NATURA COESIVA						NATURA GRANULARE													
			Natura Litolo.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (")	ø2s (")	ø3s (")	ø4s (")	ødm (")	ømy (")	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²	
0,20	34	19	4/1:	1,85	0,04	1,13	99,9	193	289	102	100	42	43	45	46	45	29	0,258	57	85	102	
0,40	27	25	4/1:	1,85	0,07	0,95	99,9	161	242	81	91	41	42	44	45	43	28	0,225	45	68	81	
0,60	14	4	2///	1,85	0,11	0,64	55,7	108	162	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,80	30	12	4/1:	1,85	0,15	1,00	68,4	170	255	90	77	39	41	42	44	40	29	0,181	50	75	90	
1,00	28	12	4/1:	0,98	0,17	0,97	56,2	164	246	84	72	38	40	42	44	39	28	0,165	47	70	84	
1,20	26	12	4/1:	0,95	0,19	0,93	46,8	158	237	78	78	67	37	39	41	43	39	28	0,149	43	65	78
1,40	29	9	4/1:	0,96	0,21	0,98	44,5	167	251	87	68	38	39	41	43	39	29	0,153	48	73	87	
1,60	29	20	4/1:	0,96	0,22	0,98	39,8	167	251	87	66	37	39	41	43	38	29	0,147	48	73	87	
1,80	24	16	4/1:	0,94	0,24	0,89	31,7	151	227	72	57	36	38	40	43	37	28	0,123	40	60	72	
2,00	22	17	4/1:	0,93	0,26	0,85	27,2	144	216	66	53	35	38	40	42	36	28	0,111	37	55	66	
2,20	11	10	2///	0,91	0,28	0,54	14,2	91	137	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2,40	14	13	2///	0,94	0,30	0,64	16,1	108	162	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2,60	16	16	2///	0,96	0,32	0,70	16,7	118	177	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2,80	11	10	2///	0,91	0,34	0,54	11,3	91	137	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3,00	11	11	2///	0,91	0,35	0,54	10,5	91	137	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3,20	11	10	2///	0,91	0,37	0,54	9,9	91	137	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3,40	11	10	2///	0,91	0,39	0,54	9,3	93	140	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3,60	10	11	2///	0,90	0,41	0,50	8,1	98	147	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3,80	15	14	2///	0,95	0,43	0,67	10,9	113	170	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4,00	18	14	2///	0,98	0,45	0,75	12,0	128	191	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4,20	16	13	2///	0,96	0,47	0,70	10,3	118	177	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4,40	17	14	2///	0,97	0,49	0,72	10,3	123	184	54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4,60	14	13	2///	0,94	0,50	0,64	8,4	120	180	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4,80	12	13	2///	0,92	0,52	0,57	7,0	131	197	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5,00	10	11	2///	0,90	0,54	0,50	5,7	145	218	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5,20	9	11	2///	0,88	0,56	0,45	4,8	155	233	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5,40	9	10	2///	0,88	0,58	0,45	4,6	161	241	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5,60	16	22	2///	0,96	0,60	0,70	7,6	145	218	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5,80	8	12	2///	0,86	0,61	0,40	3,7	173	259	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6,00	24	40	3::	0,86	0,63	—	—	—	—	—	34	33	35	38	41	32	28	0,067	40	80	72	
6,20	6	18	2///	0,82	0,65	0,30	2,4	161	241	29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6,40	5	19	2///	0,80	0,66	0,25	1,9	142	213	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6,60	8	15	2///	0,86	0,68	0,40	3,2	189	284	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6,80	9	17	2///	0,88	0,70	0,45	3,6	197	295	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7,00	9	15	2///	0,88	0,71	0,45	3,5	202	302	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7,20	6	13	1**	0,46	0,72	0,30	2,1	36	53	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7,40	9	13	2///	0,88	0,74	0,45	3,4	208	312	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7,60	8	15	2///	0,86	0,76	0,40	2,8	203	304	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7,80	7	10	1**	0,46	0,77	0,35	2,4	40	60	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
8,00	13	14	2///	0,93	0,79	0,60	4,5	219	329	47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
8,20	14	15	2///	0,94	0,81	0,64	4,7	224	336	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
8,40	18	15	2///	0,98	0,83	0,75	5,6	223	334	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
8,60	20	17	4/1:	0,93	0,84	0,80	5,9	225	337	60	21	31	34	37	40	29	27	0,040	33	50	60	
8,80	22	14	4/1:	0,93	0,86	0,85	6,1	227	340	66	24	31	34	37	40	29	28	0,045	37	55	66	
9,00	29	14	4/1:	0,96	0,88	0,98	7,2	219	328	87	33	33	35	38	41	31	29	0,063	48	73	87	
9,20	25	22	4/1:	0,94	0,90	0,91	6,4	234	351	75	27	32	34	37	40	30	28	0,051	42	63	75	
9,40	23	19	4/1:	0,94	0,92	0,87	5,8	245	368	69	24	31	34	37	40	29	28	0,045	38	58	69	
9,60	18	22	2///	0,98	0,94	0,75	4,7	261	391	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
9,80	18	19	2///	0,98	0,96	0,75	4,6	267	400	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10,00	20	20	4/1:	0,93	0,98	0,80	4,9	270	406	60	17	30	33	36	39	27	27	0,033	33	50	60	
10,20	19	16	2///	0,99	1,00	0,78	4,6	278	416	58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10,40	23	18	4/1:	0,94	1,02	0,87	5,2	279	418	69	21	31	34	37	40	29	28	0,040	38	58	69	
10,60	20	21	4/1:	0,93	1,03	0,80	4,6	288	432	60	16	30	33	36	39	28	27	0,030	33	50	60	
10,80	20	30	4/1:	0,93	1,05	0,80	1,9	294	440	60	15	30	33	36	39	28	27	0,030	33	50	60	
11,00	18	22	2///	0,98	1,07	0,75	4,0	299	448	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
11,20	12	12	2///	0,92	1,09	0,57	2,8	291	436	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
11,40	15	56	4/1:	0,89	1,11	0,67	3,3	311	466	50	4	29	32	35	38	26	27	0,011	25	38	45	
11,60	40	30	4/1:	1,00	1,13	1,33	7,7	273	410	120	38	33	36	38	41	31	30	0,074	67	100	120	
11,80	26	21	4/1:	0,95	1,15	0,93	4,8	318	477	78	22	31	34	37	40	29	28	0,042	43	65	78	
12,00	18	22	2///	0,98	1,17	0,75	3,6	329	494	56	—	—	—	—								

**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ  
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

**CPT 2**

2.0105-139

- committente : azienda agricola Borciani Laura  
- lavoro : ampliamento stalla esistente  
- località : via Mandrio n.13 - Correggio (RE)  
- assist. cantiere :

- data : 26/10/2018  
- quota inizio : piano area cortiliva  
- falda : 0,90 da quota inizio  
- data emiss. : 26/10/2018

prf m	L1 -	L2 -	qc Kg/cm <sup>2</sup>	fs Kg/cm <sup>2</sup>	qc/fs -	prf m	L1 -	L2 -	qc Kg/cm <sup>2</sup>	fs Kg/cm <sup>2</sup>	qc/fs -
0,20	12,0	20,0	24,0	0,87	28,0	10,20	11,0	13,0	22,0	0,53	41,0
0,40	11,5	18,0	23,0	1,33	17,0	10,40	7,0	11,0	14,0	0,53	26,0
0,60	9,0	19,0	18,0	0,80	22,0	10,60	6,0	10,0	12,0	0,53	22,0
0,80	6,0	12,0	12,0	0,87	14,0	10,80	5,0	9,0	10,0	0,47	21,0
<b>1,00</b>	<b>5,5</b>	<b>12,0</b>	<b>11,0</b>	<b>0,67</b>	<b>16,0</b>	<b>11,00</b>	<b>5,5</b>	<b>9,0</b>	<b>11,0</b>	<b>0,60</b>	<b>18,0</b>
1,20	3,5	8,5	7,0	0,27	26,0	11,20	7,0	11,5	14,0	0,80	17,0
1,40	4,0	6,0	8,0	0,33	24,0	11,40	8,0	14,0	16,0	0,73	22,0
1,60	3,5	6,0	7,0	0,27	26,0	11,60	6,5	12,0	13,0	0,80	16,0
1,80	4,0	6,0	8,0	0,33	24,0	11,80	5,0	11,0	10,0	0,60	17,0
<b>2,00</b>	<b>2,5</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>0,20</b>	<b>25,0</b>	<b>12,00</b>	<b>8,0</b>	<b>12,5</b>	<b>16,0</b>	<b>0,93</b>	<b>17,0</b>
2,20	5,0	6,5	10,0	0,20	50,0	12,20	10,0	17,0	20,0	1,33	15,0
2,40	5,0	6,5	10,0	0,27	37,0	12,40	11,0	21,0	22,0	1,33	16,0
2,60	3,0	5,0	6,0	0,40	15,0	12,60	11,0	21,0	22,0	0,53	41,0
2,80	5,0	8,0	10,0	0,40	25,0	12,80	9,0	13,0	18,0	0,53	34,0
<b>3,00</b>	<b>4,5</b>	<b>7,5</b>	<b>9,0</b>	<b>0,20</b>	<b>45,0</b>	<b>13,00</b>	<b>13,0</b>	<b>17,0</b>	<b>26,0</b>	<b>0,87</b>	<b>30,0</b>
3,20	5,5	7,0	11,0	0,40	27,0	13,20	8,5	15,0	17,0	1,13	15,0
3,40	3,0	6,0	6,0	0,40	15,0	13,40	7,5	16,0	15,0	0,93	16,0
3,60	8,0	11,0	16,0	0,33	48,0	13,60	7,0	14,0	14,0	0,67	21,0
3,80	6,5	9,0	13,0	0,33	39,0	13,80	6,0	11,0	12,0	0,80	15,0
<b>4,00</b>	<b>4,5</b>	<b>7,0</b>	<b>9,0</b>	<b>0,47</b>	<b>19,0</b>	<b>14,00</b>	<b>6,0</b>	<b>12,0</b>	<b>12,0</b>	<b>0,93</b>	<b>13,0</b>
4,20	4,5	8,0	9,0	0,33	27,0	14,20	7,0	14,0	14,0	1,07	13,0
4,40	4,0	6,5	8,0	0,33	24,0	14,40	8,0	16,0	16,0	0,80	20,0
4,60	5,0	7,5	10,0	0,27	37,0	14,60	6,5	12,5	13,0	1,40	9,0
4,80	8,0	10,0	16,0	0,40	40,0	14,80	10,0	20,5	20,0	1,07	19,0
<b>5,00</b>	<b>4,0</b>	<b>7,0</b>	<b>8,0</b>	<b>0,40</b>	<b>20,0</b>	<b>15,00</b>	<b>8,0</b>	<b>16,0</b>	<b>16,0</b>	<b>0,80</b>	<b>20,0</b>
5,20	6,0	9,0	12,0	0,40	30,0	15,20	6,5	12,5	13,0	0,93	14,0
5,40	7,0	10,0	14,0	0,27	52,0	15,40	7,0	14,0	14,0	1,07	13,0
5,60	4,0	6,0	8,0	0,40	20,0	15,60	8,0	16,0	16,0	0,73	22,0
5,80	5,0	8,0	10,0	0,33	30,0	15,80	6,0	11,5	12,0	1,20	10,0
<b>6,00</b>	<b>5,5</b>	<b>8,0</b>	<b>11,0</b>	<b>0,47</b>	<b>24,0</b>	<b>16,00</b>	<b>8,0</b>	<b>17,0</b>	<b>16,0</b>	<b>0,80</b>	<b>20,0</b>
6,20	4,5	8,0	9,0	0,53	17,0	16,20	6,0	12,0	12,0	0,60	20,0
6,40	3,5	7,5	7,0	0,40	17,0	16,40	7,0	11,5	14,0	1,33	10,0
6,60	3,5	6,5	7,0	0,40	17,0	16,60	10,0	20,0	20,0	0,93	21,0
6,80	3,0	6,0	6,0	0,40	15,0	16,80	9,0	16,0	18,0	1,07	17,0
<b>7,00</b>	<b>3,0</b>	<b>6,0</b>	<b>6,0</b>	<b>0,53</b>	<b>11,0</b>	<b>17,00</b>	<b>9,0</b>	<b>17,0</b>	<b>18,0</b>	<b>1,60</b>	<b>11,0</b>
7,20	4,0	8,0	8,0	0,40	20,0	17,20	11,0	23,0	22,0	1,47	15,0
7,40	3,0	6,0	6,0	0,20	30,0	17,40	12,0	23,0	24,0	1,47	16,0
7,60	4,0	5,5	8,0	0,40	20,0	17,60	11,0	22,0	22,0	1,33	16,0
7,80	7,5	10,5	15,0	0,40	37,0	17,80	10,0	20,0	20,0	1,33	15,0
<b>8,00</b>	<b>10,0</b>	<b>13,0</b>	<b>20,0</b>	<b>0,53</b>	<b>37,0</b>	<b>18,00</b>	<b>9,0</b>	<b>19,0</b>	<b>18,0</b>	<b>1,07</b>	<b>17,0</b>
8,20	13,0	17,0	26,0	0,53	49,0	18,20	8,5	16,5	17,0	1,47	12,0
8,40	8,0	12,0	16,0	0,80	20,0	18,40	10,0	21,0	20,0	1,73	12,0
8,60	12,5	18,5	25,0	0,40	62,0	18,60	14,0	27,0	28,0	1,40	20,0
8,80	10,0	13,0	20,0	0,67	30,0	18,80	10,0	20,5	20,0	1,20	17,0
<b>9,00</b>	<b>8,0</b>	<b>13,0</b>	<b>16,0</b>	<b>0,60</b>	<b>27,0</b>	<b>19,00</b>	<b>9,0</b>	<b>18,0</b>	<b>18,0</b>	<b>1,73</b>	<b>10,0</b>
9,20	6,5	11,0	13,0	0,53	24,0	19,20	13,0	26,0	26,0	2,27	11,0
9,40	6,5	10,5	13,0	0,67	19,0	19,40	16,0	33,0	32,0	2,00	16,0
9,60	5,0	10,0	10,0	0,53	19,0	19,60	19,0	34,0	38,0	2,40	16,0
9,80	4,0	8,0	8,0	0,53	15,0	19,80	18,0	36,0	36,0	1,47	25,0
<b>10,00</b>	<b>6,0</b>	<b>10,0</b>	<b>12,0</b>	<b>0,27</b>	<b>45,0</b>	<b>20,00</b>	<b>20,0</b>	<b>31,0</b>	<b>40,0</b>	<b>---</b>	<b>---</b>

- PENETROMETRO STATICO tipo da 15 t - (senza anello allungatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann ø = 35,7 mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

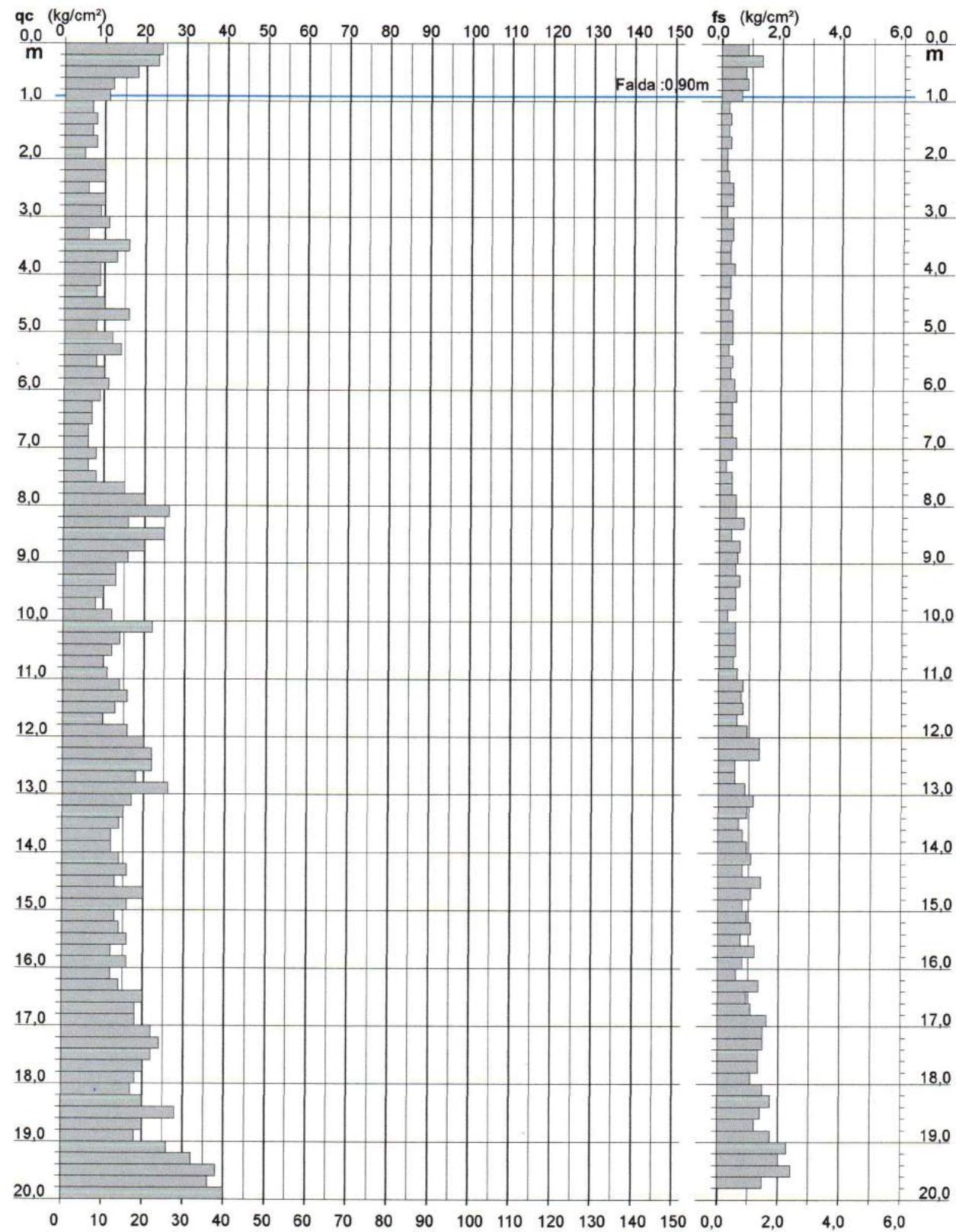
**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ  
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

**CPT 2**

2.0105-139

- committente : azienda agricola Borciani Laura  
- lavoro : ampliamento stalla esistente  
- località : via Mandrio n.13 - Correggio (RE)  
- assist. cantiere :

- data : 26/10/2018  
- quota inizio : piano area cortiliva  
- falda : 0,90 da quota inizio  
- data emiss. : 26/10/2018



**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ  
VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

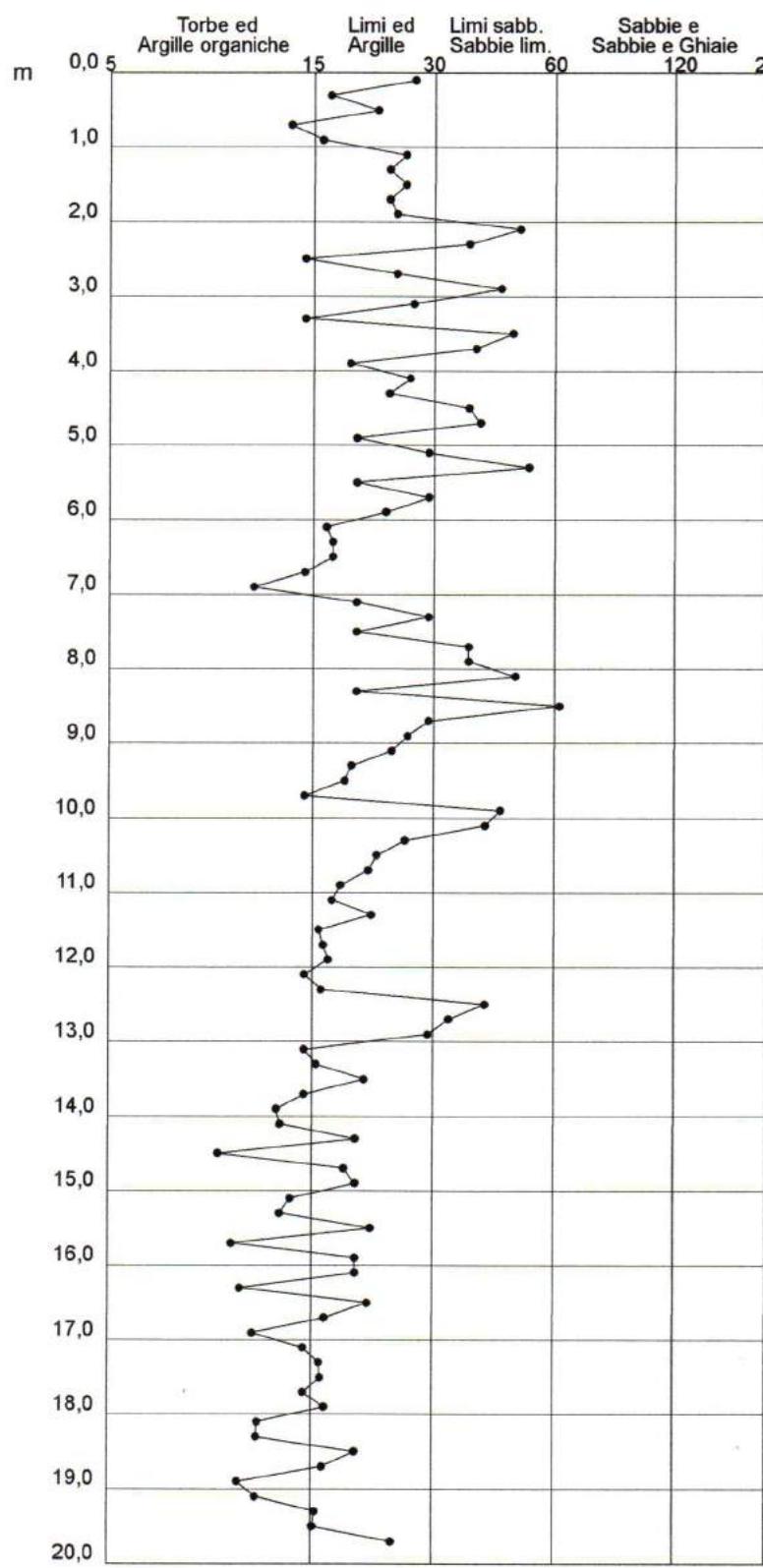
**CPT 2**

2.0105-139

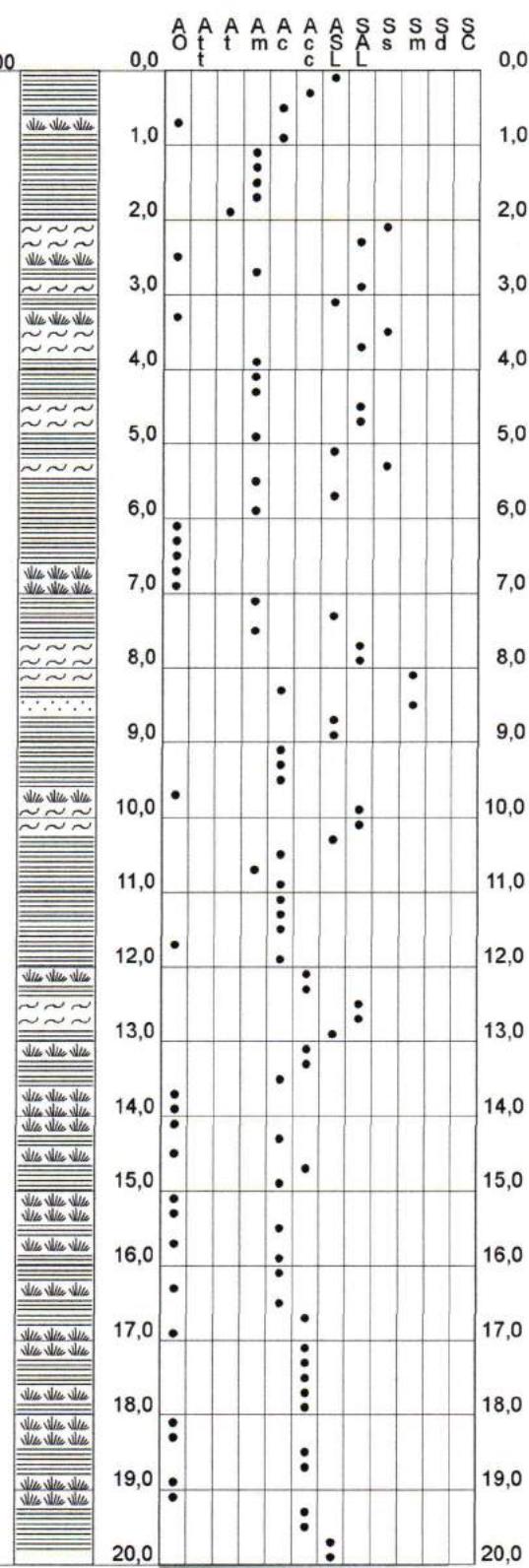
- committente : azienda agricola Borciani Laura  
- lavoro : ampliamento stalla esistente  
- località : via Mandrio n.13 - Correggio (RE)  
- assist. cantiere :

- data : 26/10/2018  
- quota inizio : piano area cortiliva  
- falda : 0,90 da quota inizio  
- data emiss. : 26/10/2018

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)



qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ**  
**TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

**CPT 2**

2.0105-139

- committente : azienda agricola Borciani Laura  
- lavoro : ampliamento stalla esistente  
- località : via Mandrio n.13 - Correggio (RE)  
- assist. cantiere :

- data : 26/10/2018  
- quota inizio : piano area cortiliva  
- falda : 0,90 da quota inizio  
- data emiss. : 26/10/2018

Prof. m	qc kg/cm²	qc/f.s (-)	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										CPT 2			
			Natura Litolo.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (")	ø2s (")	ø3s (")	ø4s (")	ødm (")	ømy (")	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	24	28	4/J:	1,85	0,04	0,89	99,9	151	227	72	100	42	43	45	46	45	28	0,258	40	60	72
0,40	23	17	4/J:	1,85	0,07	0,87	99,9	148	221	69	85	40	41	43	45	42	28	0,206	38	58	69
0,60	18	22	2/II:	1,85	0,11	0,75	68,4	128	191	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,80	12	14	2/II:	1,85	0,15	0,57	34,0	97	146	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,00	11	16	2/II:	0,91	0,17	0,54	27,2	91	137	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,20	7	26	2/II:	0,84	0,18	0,35	14,1	59	89	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,40	8	24	2/II:	0,86	0,20	0,40	14,9	68	102	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,60	7	26	2/II:	0,84	0,22	0,35	11,4	59	89	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,80	8	24	2/II:	0,86	0,23	0,40	12,3	68	102	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,00	5	25	2/II:	0,80	0,25	0,25	6,3	65	98	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,20	10	50	4/J:	0,86	0,27	0,50	13,7	85	128	40	25	32	34	37	40	31	26	0,048	17	25	30
2,40	10	37	4/J:	0,86	0,28	0,50	12,7	85	128	40	24	31	34	37	40	31	26	0,045	17	25	30
2,60	6	15	1***	0,46	0,29	0,30	6,4	16	24	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,80	10	25	2/II:	0,90	0,31	0,50	11,3	85	128	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,00	9	45	4/J:	0,85	0,33	0,45	9,3	78	118	38	16	30	33	36	39	30	26	0,031	15	23	27
3,20	11	27	2/II:	0,91	0,35	0,54	10,8	91	137	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,40	6	15	1***	0,46	0,36	0,30	5,1	19	28	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,60	16	48	4/J:	0,90	0,37	0,70	13,6	118	177	52	33	33	35	38	41	32	27	0,064	27	40	48
3,80	13	39	4/J:	0,88	0,39	0,60	10,8	103	154	47	25	31	34	37	40	31	26	0,047	22	33	39
4,00	9	19	2/II:	0,88	0,41	0,45	7,1	102	154	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,20	9	27	2/II:	0,88	0,43	0,45	6,7	109	163	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,40	8	24	2/II:	0,86	0,44	0,40	5,5	120	181	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,60	10	37	4/J:	0,86	0,46	0,50	6,9	116	174	40	12	30	33	36	39	28	26	0,023	17	25	30
4,80	16	40	4/J:	0,90	0,48	0,70	10,0	118	177	52	27	32	34	37	40	31	27	0,051	27	40	48
5,00	8	20	2/II:	0,86	0,50	0,40	4,8	138	207	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,20	12	30	4/J:	0,88	0,51	0,57	7,2	128	192	45	15	30	33	36	39	29	26	0,030	20	30	36
5,40	14	52	4/J:	0,89	0,53	0,64	7,9	128	193	48	20	31	34	37	40	30	26	0,038	23	35	42
5,60	8	20	2/II:	0,86	0,55	0,40	4,2	153	230	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,80	10	30	4/J:	0,86	0,57	0,50	5,4	154	231	40	7	29	32	35	39	27	26	0,015	17	25	30
6,00	11	24	2/II:	0,91	0,58	0,54	5,6	157	236	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,20	9	17	2/II:	0,88	0,60	0,45	4,4	168	252	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,40	7	17	2/II:	0,84	0,62	0,35	3,1	170	256	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,60	7	17	2/II:	0,84	0,64	0,35	3,0	173	260	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,80	6	15	1***	0,46	0,65	0,30	2,4	34	51	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,00	6	11	1***	0,46	0,65	0,30	2,4	34	51	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,20	8	20	2/II:	0,86	0,67	0,40	3,3	188	282	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,40	6	30	4/J:	0,82	0,69	0,30	2,2	164	246	29	-	28	31	35	38	25	26	-	10	15	18
7,60	8	20	2/II:	0,86	0,71	0,40	3,1	194	292	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,80	15	37	4/J:	0,89	0,72	0,67	5,7	194	292	50	15	30	33	36	39	28	27	0,028	25	38	45
8,00	20	37	4/J:	0,93	0,74	0,80	6,9	187	280	60	24	31	34	37	40	30	27	0,046	33	50	60
8,20	26	49	3...:	0,87	0,76	-	-	-	-	-	32	33	35	38	41	31	28	0,063	43	65	78
8,40	16	20	2/II:	0,96	0,78	0,70	5,5	211	317	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8,60	25	62	3...:	0,86	0,80	-	-	-	-	-	30	32	35	38	40	31	28	0,058	42	63	75
8,80	20	30	4/J:	0,93	0,81	0,80	6,1	214	321	60	22	31	34	37	40	29	27	0,041	33	50	60
9,00	16	27	2/II:	0,96	0,83	0,70	5,0	230	345	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9,20	13	24	2/II:	0,93	0,85	0,60	4,1	238	357	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9,40	13	19	2/II:	0,93	0,87	0,60	4,0	243	364	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9,60	10	19	2/II:	0,90	0,89	0,50	3,1	244	366	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9,80	8	15	2/II:	0,86	0,91	0,40	2,3	218	327	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,00	12	45	4/J:	0,88	0,92	0,57	3,4	260	390	45	1	28	31	35	38	26	26	0,003	20	30	36
10,20	22	41	3...:	0,86	0,94	-	-	-	-	-	21	31	34	37	40	29	28	0,041	37	55	66
10,40	14	26	2/II:	0,94	0,96	0,64	3,8	270	405	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,60	12	22	2/II:	0,92	0,98	0,57	3,2	272	408	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,80	10	21	2/II:	0,90	1,00	0,50	2,7	260	389	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,00	11	18	2/II:	0,91	1,01	0,54	2,8	272	407	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,20	14	17	2/II:	0,94	1,03	0,64	3,4	290	436	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,40	16	22	2/II:	0,96	1,05	0,70	3,7	296	445	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,60	13	16	2/II:	0,93	1,07	0,60	3,1	295	442	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,80	10	17	2/II:	0,90	1,09	0,50	2,4	269	404	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12,00	16	17	2/II:	0,96	1,11	0,70	3,5	312	468	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12,20	20	15	4/J:	0,93	1,13	0,80	4,1	314	471	60	14	30	33	36	39	27	27	0,027	33	50	60
12,40	22	16	4/J:	0,93	1,14	0,85	4,3	320	479	66	17	30	33	36	39	28	28	0,032	37	55	66
12,60	22	41	3...:	0,86	1,16	-	-	-	-	-	16	30	33	36	39	28	28				

**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ  
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

**CPT 3**

2.0105-139

- committente : azienda agricola Borciani Laura  
- lavoro : ampliamento stalla esistente  
- località : via Mandrio n.13 . Correggio (RE)  
- assist. cantiere :

- data : 26/10/2018  
- quota inizio : piano area cortiliva  
- falda : 0,90 da quota inizio  
- data emiss. : 26/10/2018

prf m	L1 -	L2 -	qc Kg/cm <sup>2</sup>	fs Kg/cm <sup>2</sup>	qc/fs -	prf m	L1 -	L2 -	qc Kg/cm <sup>2</sup>	fs Kg/cm <sup>2</sup>	qc/fs -
0,20	8,0	10,0	16,0	0,53	30,0	10,20	9,0	12,0	18,0	0,93	19,0
0,40	11,0	15,0	22,0	0,93	24,0	10,40	7,0	14,0	14,0	0,67	21,0
0,60	8,0	15,0	16,0	1,07	15,0	10,60	6,0	11,0	12,0	0,67	18,0
0,80	7,0	15,0	14,0	0,80	17,0	10,80	6,0	11,0	12,0	0,53	22,0
<b>1,00</b>	<b>6,0</b>	<b>12,0</b>	<b>12,0</b>	<b>0,53</b>	<b>22,0</b>	<b>11,00</b>	<b>8,0</b>	<b>12,0</b>	<b>16,0</b>	<b>1,07</b>	<b>15,0</b>
1,20	5,0	9,0	10,0	0,40	25,0	11,20	8,0	16,0	16,0	1,07	15,0
1,40	5,0	8,0	10,0	0,27	37,0	11,40	10,0	18,0	20,0	1,07	19,0
1,60	4,0	6,0	8,0	0,40	20,0	11,60	8,0	16,0	16,0	0,80	20,0
1,80	4,0	7,0	8,0	0,40	20,0	11,80	7,0	13,0	14,0	0,73	19,0
<b>2,00</b>	<b>4,0</b>	<b>7,0</b>	<b>8,0</b>	<b>0,27</b>	<b>30,0</b>	<b>12,00</b>	<b>9,0</b>	<b>14,5</b>	<b>18,0</b>	<b>1,07</b>	<b>17,0</b>
2,20	3,0	5,0	6,0	0,27	22,0	12,20	10,0	18,0	20,0	1,27	16,0
2,40	3,0	5,0	6,0	0,40	15,0	12,40	13,0	22,5	26,0	1,73	15,0
2,60	3,0	6,0	6,0	0,20	30,0	12,60	14,0	27,0	28,0	0,80	35,0
2,80	3,5	5,0	7,0	0,27	26,0	12,80	7,0	13,0	14,0	0,93	15,0
<b>3,00</b>	<b>3,0</b>	<b>5,0</b>	<b>6,0</b>	<b>0,27</b>	<b>22,0</b>	<b>13,00</b>	<b>12,0</b>	<b>19,0</b>	<b>24,0</b>	<b>1,20</b>	<b>20,0</b>
3,20	4,0	6,0	8,0	0,27	30,0	13,20	10,0	19,0	20,0	1,07	19,0
3,40	5,0	7,0	10,0	0,40	25,0	13,40	10,0	18,0	20,0	0,80	25,0
3,60	3,5	6,5	7,0	0,53	13,0	13,60	7,0	13,0	14,0	0,80	17,0
3,80	4,0	8,0	8,0	0,40	20,0	13,80	6,0	12,0	12,0	0,60	20,0
<b>4,00</b>	<b>4,0</b>	<b>7,0</b>	<b>8,0</b>	<b>0,53</b>	<b>15,0</b>	<b>14,00</b>	<b>6,0</b>	<b>10,5</b>	<b>12,0</b>	<b>0,80</b>	<b>15,0</b>
4,20	5,0	9,0	10,0	0,67	15,0	14,20	7,0	13,0	14,0	0,93	15,0
4,40	6,0	11,0	12,0	0,53	22,0	14,40	8,0	15,0	16,0	0,93	17,0
4,60	4,0	8,0	8,0	0,40	20,0	14,60	6,0	13,0	12,0	0,80	15,0
4,80	5,0	8,0	10,0	0,40	25,0	14,80	5,5	11,5	11,0	0,80	14,0
<b>5,00</b>	<b>6,0</b>	<b>9,0</b>	<b>12,0</b>	<b>0,40</b>	<b>30,0</b>	<b>15,00</b>	<b>6,0</b>	<b>12,0</b>	<b>12,0</b>	<b>0,67</b>	<b>18,0</b>
5,20	7,0	10,0	14,0	0,53	26,0	15,20	5,0	10,0	10,0	0,87	12,0
5,40	6,0	10,0	12,0	0,53	22,0	15,40	6,5	13,0	13,0	1,07	12,0
5,60	3,0	7,0	6,0	0,53	11,0	15,60	8,0	16,0	16,0	1,13	14,0
5,80	5,0	9,0	10,0	0,67	15,0	15,80	7,0	15,5	14,0	1,07	13,0
<b>6,00</b>	<b>5,0</b>	<b>10,0</b>	<b>10,0</b>	<b>0,60</b>	<b>17,0</b>	<b>16,00</b>	<b>9,0</b>	<b>17,0</b>	<b>18,0</b>	<b>1,33</b>	<b>13,0</b>
6,20	4,5	9,0	9,0	0,53	17,0	16,20	7,0	17,0	14,0	1,20	12,0
6,40	5,0	9,0	10,0	0,53	19,0	16,40	9,0	18,0	18,0	1,07	17,0
6,60	4,0	8,0	8,0	0,40	20,0	16,60	6,0	14,0	12,0	1,07	11,0
6,80	5,0	8,0	10,0	0,33	30,0	16,80	8,0	16,0	16,0	0,93	17,0
<b>7,00</b>	<b>4,5</b>	<b>7,0</b>	<b>9,0</b>	<b>0,53</b>	<b>17,0</b>	<b>17,00</b>	<b>7,0</b>	<b>14,0</b>	<b>14,0</b>	<b>0,87</b>	<b>16,0</b>
7,20	5,0	9,0	10,0	0,53	19,0	17,20	6,5	13,0	13,0	0,67	19,0
7,40	5,0	9,0	10,0	0,53	19,0	17,40	11,0	16,0	22,0	1,33	16,0
7,60	5,5	9,5	11,0	0,53	21,0	17,60	20,0	30,0	40,0	1,60	25,0
7,80	8,0	12,0	16,0	0,80	20,0	17,80	21,0	33,0	42,0	1,40	30,0
<b>8,00</b>	<b>8,0</b>	<b>14,0</b>	<b>16,0</b>	<b>0,80</b>	<b>20,0</b>	<b>18,00</b>	<b>10,0</b>	<b>20,5</b>	<b>20,0</b>	<b>1,07</b>	<b>19,0</b>
8,20	7,0	13,0	14,0	0,67	21,0	18,20	10,0	18,0	20,0	1,07	19,0
8,40	13,0	18,0	26,0	0,93	28,0	18,40	11,0	19,0	22,0	1,87	12,0
8,60	7,0	14,0	14,0	0,47	30,0	18,60	13,0	27,0	26,0	2,00	13,0
8,80	9,0	12,5	18,0	0,60	30,0	18,80	15,0	30,0	30,0	1,93	16,0
<b>9,00</b>	<b>7,5</b>	<b>12,0</b>	<b>15,0</b>	<b>0,60</b>	<b>25,0</b>	<b>19,00</b>	<b>16,0</b>	<b>30,5</b>	<b>32,0</b>	<b>2,00</b>	<b>16,0</b>
9,20	6,5	11,0	13,0	0,53	24,0	19,20	16,0	31,0	32,0	1,47	22,0
9,40	6,0	10,0	12,0	0,67	18,0	19,40	20,0	31,0	40,0	1,67	24,0
9,60	4,0	9,0	8,0	0,53	15,0	19,60	20,5	33,0	41,0	1,47	28,0
9,80	11,0	15,0	22,0	0,40	55,0	19,80	23,0	34,0	46,0	1,67	28,0
<b>10,00</b>	<b>13,0</b>	<b>16,0</b>	<b>26,0</b>	<b>0,40</b>	<b>65,0</b>	<b>20,00</b>	<b>22,0</b>	<b>34,5</b>	<b>44,0</b>	<b>---</b>	<b>---</b>

- PENETROMETRO STATICO tipo da 15 t - (senza anello allungatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann ø = 35,7 mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

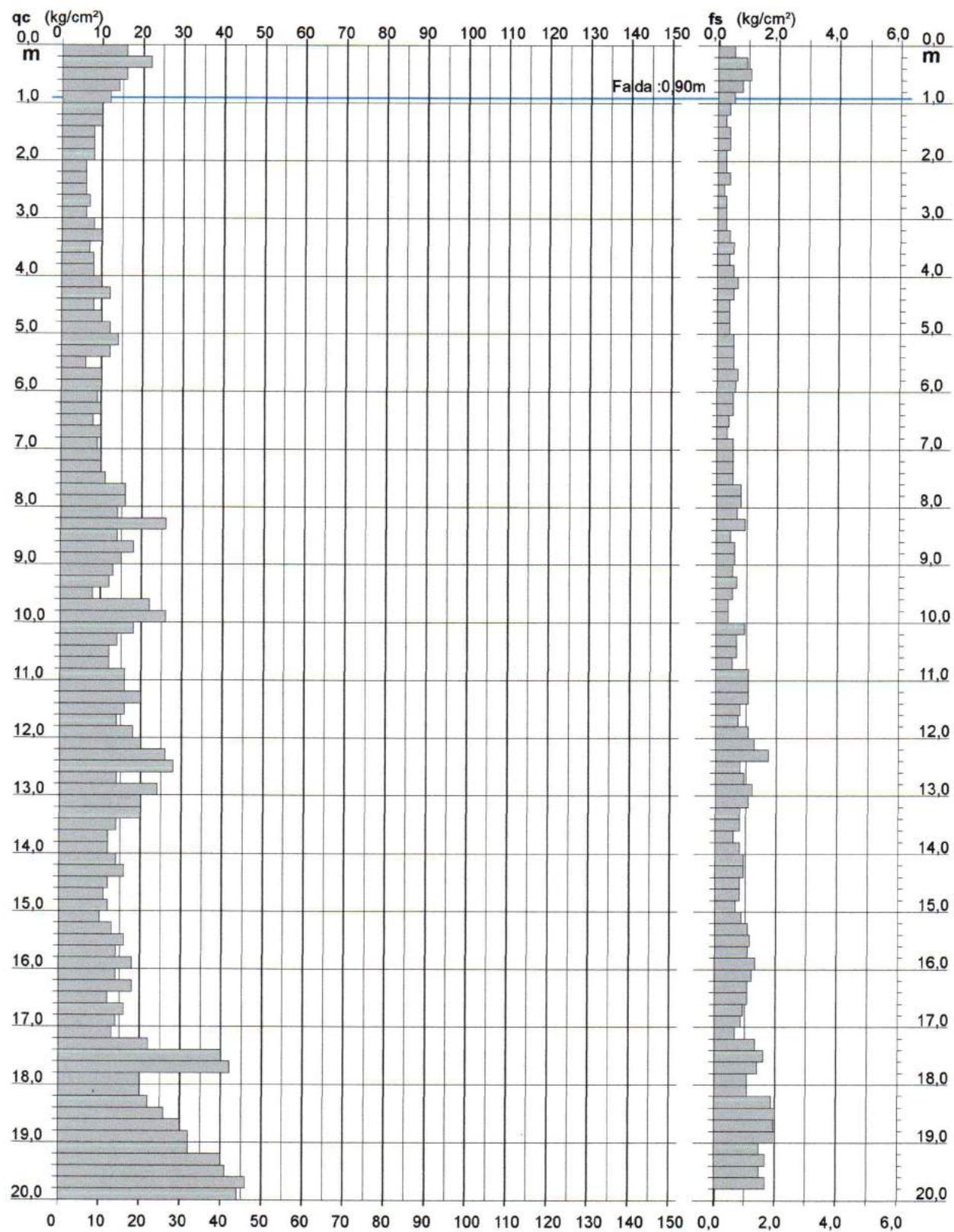
**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ  
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

**CPT 3**

2.0105-139

- committente : azienda agricola Bocchini Laura  
- lavoro : ampliamento stalla esistente  
- località : via Mandrio n.13 . Correggio (RE)  
- assist. cantiere :

- data : 26/10/2018  
- quota inizio : piano area cortiliva  
- falda : 0,90 da quota inizio  
- data emiss. : 26/10/2018



**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ  
VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

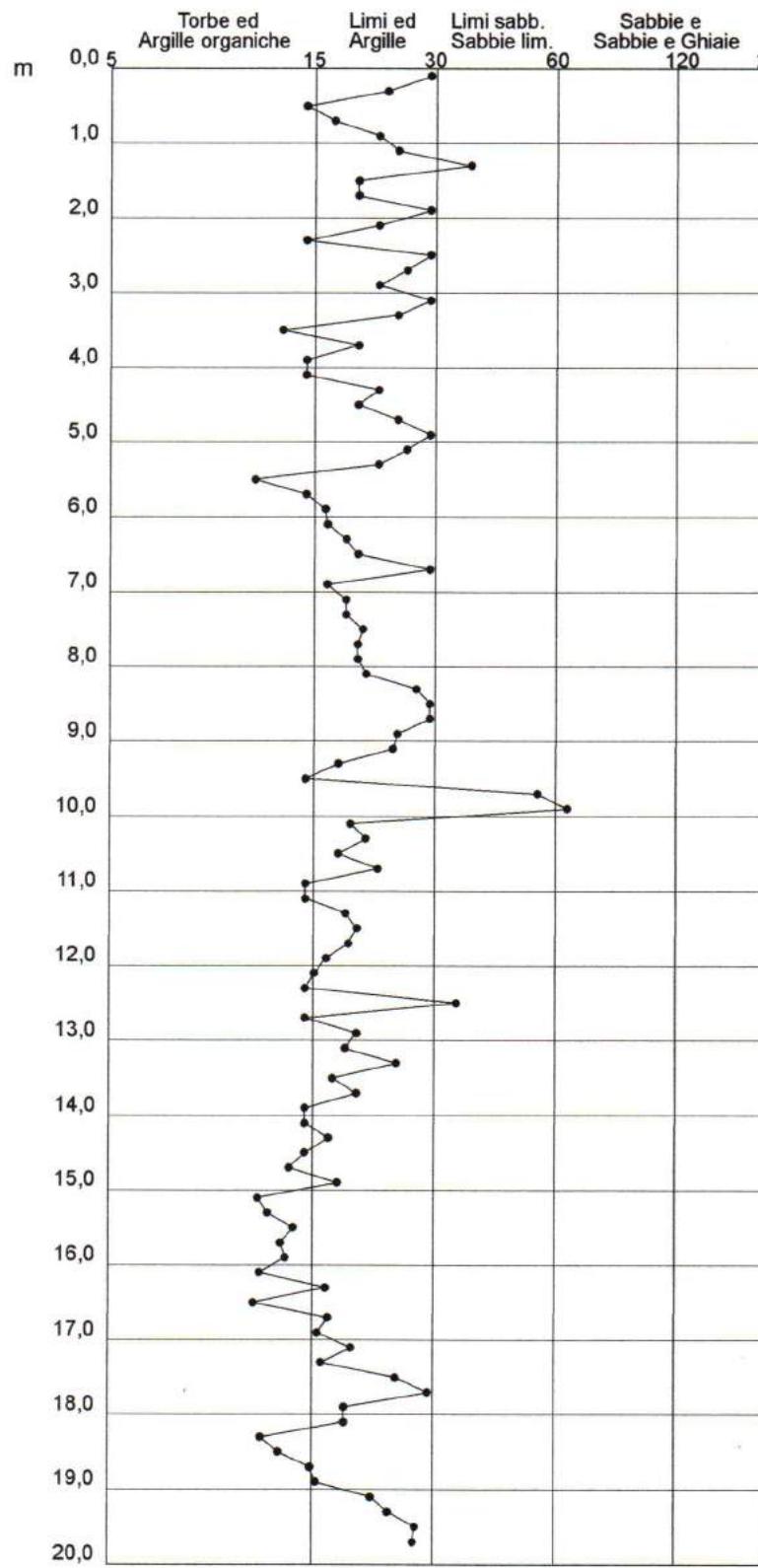
**CPT 3**

2.0105-139

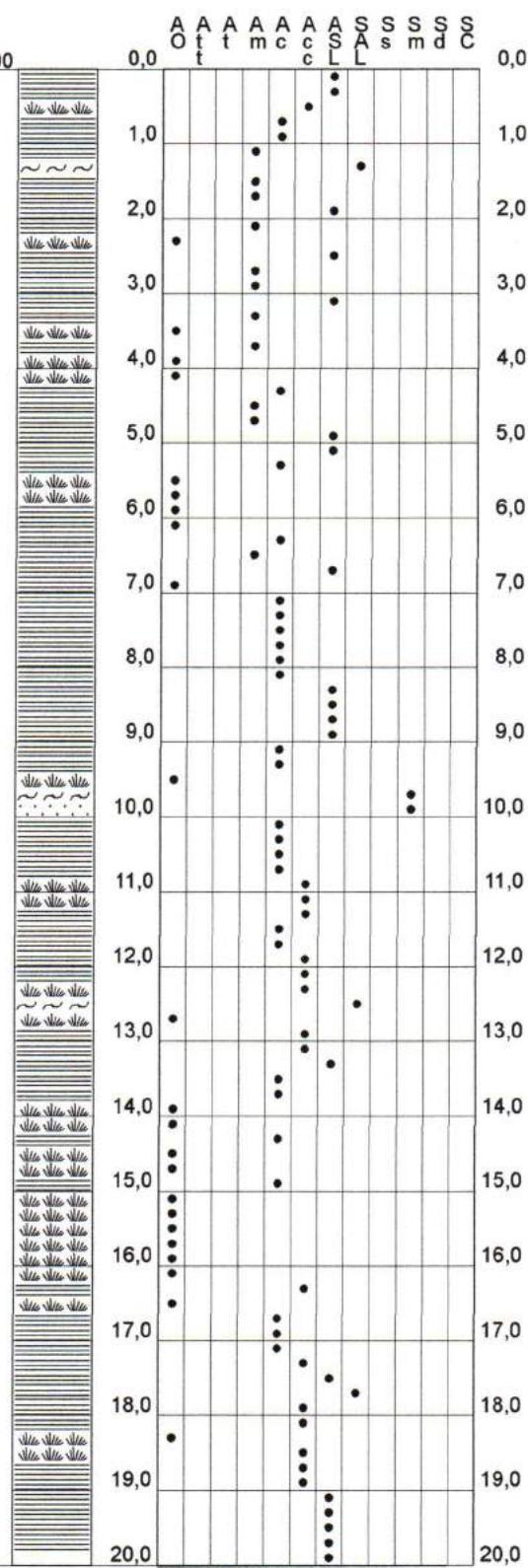
- committente : azienda agricola Borciani Laura  
- lavoro : ampliamento stalla esistente  
- località : via Mandrio n.13 . Correggio (RE)  
- assist. cantiere :

- data : 26/10/2018  
- quota inizio : piano area cortiliva  
- falda : 0,90 da quota inizio  
- data emiss. : 26/10/2018

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)



qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



## PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

## CPT 3

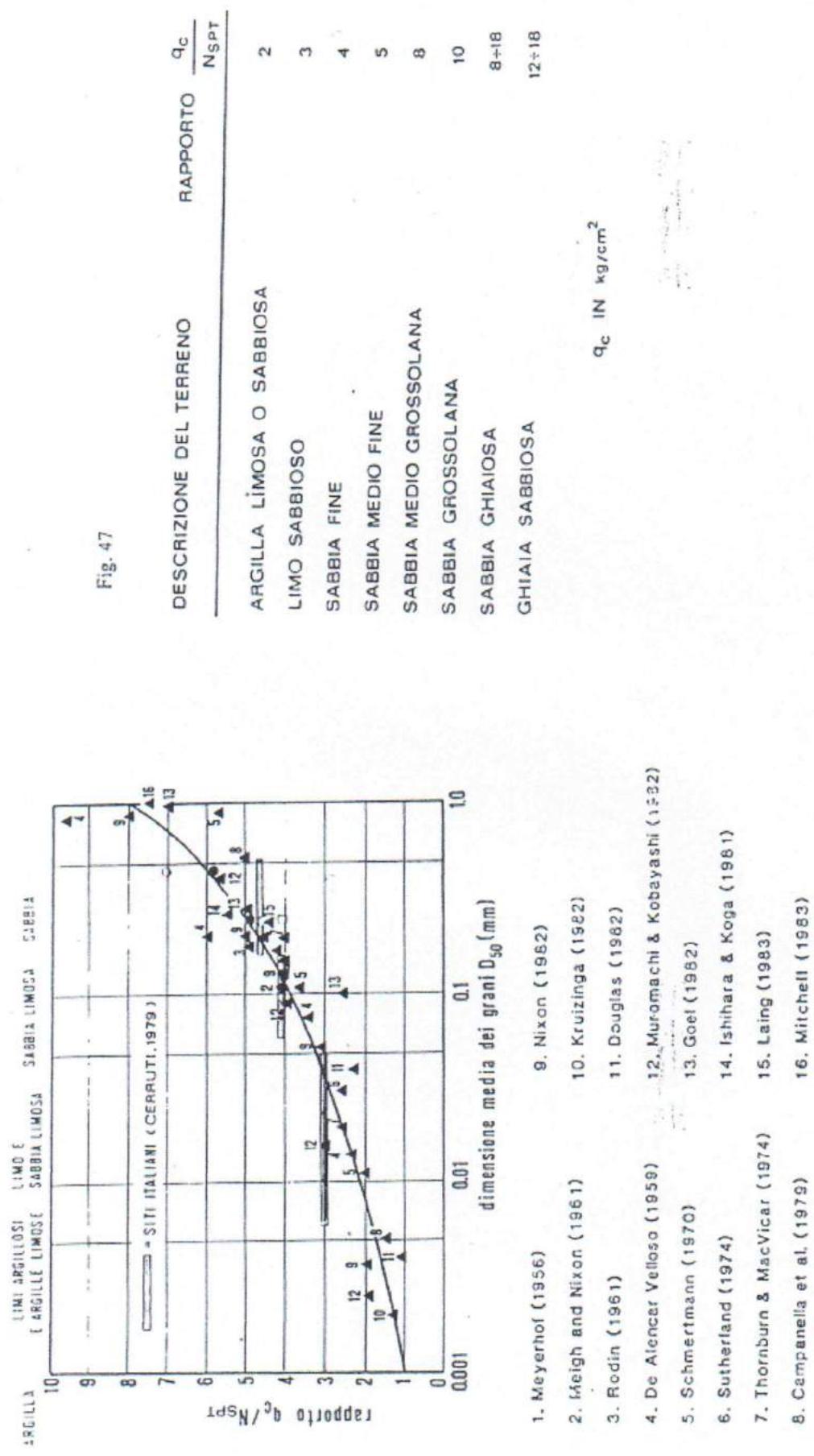
2.0105-139

- committente : azienda agricola Borciani Laura  
- lavoro : ampliamento stalla esistente  
- località : via Mandrio n.13 . Correggio (RE)  
- assist. cantiere :

- data : 26/10/2018  
- quota inizio : piano area cortiliva  
- falda : 0,90 da quota inizio  
- data emiss. : 26/10/2018

NATURA COESIVA										NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc kg/cm²	qc/f s (-)	Natura Litol.	Y' kg/m²	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (")	ø2s (")	ø3s (")	ø4s (")	adm (")	ømy (")	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	16	30	4/3:	1,85	0,04	0,70	99,9	118	177	52	89	41	42	44	45	43	27	0,221	27	40	48
0,40	22	24	4/3:	1,85	0,07	0,85	99,9	144	216	66	83	40	41	43	45	42	28	0,201	37	55	66
0,60	16	15	2/3/	1,85	0,11	0,70	62,3	118	177	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,80	14	17	2/3/	1,85	0,15	0,64	38,9	108	162	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,00	12	22	2/3/	0,92	0,17	0,57	29,3	97	146	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,20	10	25	2/3/	0,90	0,18	0,50	21,8	85	128	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,40	10	37	4/3:	0,86	0,20	0,50	19,5	85	128	40	32	32	35	38	41	33	26	0,062	17	25	30
1,60	8	20	2/3/	0,86	0,22	0,40	13,3	68	102	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,80	8	20	2/3/	0,86	0,24	0,40	12,1	68	102	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,00	8	30	4/3:	0,84	0,25	0,40	11,1	68	102	35	19	31	33	36	39	31	26	0,036	13	20	24
2,20	6	22	2/3/	0,82	0,27	0,30	7,2	67	100	29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,40	6	15	1***	0,46	0,28	0,30	6,9	15	23	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,60	6	30	4/3:	0,82	0,29	0,30	6,4	76	114	29	5	29	32	35	38	28	26	0,013	10	15	18
2,80	7	26	2/3/	0,84	0,31	0,35	7,3	77	116	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,00	6	22	2/3/	0,82	0,33	0,30	5,6	88	133	29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,20	8	30	4/3:	0,84	0,34	0,40	7,6	84	126	35	11	30	33	36	39	29	26	0,022	13	20	24
3,40	10	25	2/3/	0,90	0,36	0,50	9,4	87	130	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,60	7	13	1***	0,46	0,37	0,35	5,8	20	30	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,80	8	20	2/3/	0,86	0,39	0,40	6,5	100	151	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,00	8	15	2/3/	0,86	0,41	0,40	6,2	107	160	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,20	10	15	2/3/	0,90	0,42	0,50	7,7	103	154	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,40	12	22	2/3/	0,92	0,44	0,57	8,6	105	157	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,60	8	20	2/3/	0,86	0,46	0,40	5,3	126	189	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,80	10	25	2/3/	0,90	0,48	0,50	6,6	122	183	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,00	12	30	4/3:	0,88	0,50	0,57	7,5	121	182	45	16	30	33	36	39	29	26	0,031	20	30	36
5,20	14	26	2/3/	0,94	0,51	0,64	8,2	123	184	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,40	12	22	2/3/	0,92	0,53	0,57	6,9	135	202	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,60	6	11	1***	0,46	0,54	0,30	3,0	30	45	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,80	10	15	2/3/	0,90	0,56	0,50	5,5	152	228	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,00	10	17	2/3/	0,90	0,58	0,50	5,2	158	237	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,20	9	17	2/3/	0,88	0,60	0,45	4,4	166	249	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,40	10	19	2/3/	0,90	0,61	0,50	4,9	170	255	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,60	8	20	2/3/	0,86	0,63	0,40	3,6	178	267	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,80	10	30	4/3:	0,86	0,65	0,50	4,5	181	271	40	3	28	32	35	38	27	26	0,009	17	25	30
7,00	9	17	2/3/	0,88	0,67	0,45	3,8	187	281	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,20	10	19	2/3/	0,90	0,68	0,50	4,2	191	286	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,40	10	19	2/3/	0,90	0,70	0,50	4,1	196	294	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,60	11	21	2/3/	0,91	0,72	0,54	4,3	201	301	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,80	16	20	2/3/	0,96	0,74	0,70	5,8	197	296	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,00	16	20	2/3/	0,96	0,76	0,70	5,6	204	306	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,20	14	21	2/3/	0,94	0,78	0,64	4,9	215	323	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,40	26	28	4/3:	0,95	0,80	0,93	7,6	194	291	78	31	32	35	38	41	31	28	0,060	43	65	78
8,60	14	30	4/3:	0,89	0,81	0,64	4,6	227	340	48	9	29	32	35	39	27	26	0,020	23	35	42
8,80	18	30	4/3:	0,91	0,83	0,75	5,5	225	338	56	18	30	33	36	39	28	27	0,033	30	45	54
9,00	15	25	2/3/	0,95	0,85	0,67	4,6	237	355	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,20	13	24	2/3/	0,93	0,87	0,60	4,0	243	364	47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,40	12	18	2/3/	0,92	0,89	0,57	3,6	251	376	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,60	8	15	2/3/	0,86	0,91	0,40	2,3	218	327	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,80	22	55	3::	0,86	0,92	—	—	—	—	—	22	31	34	37	40	29	28	0,042	37	55	66
10,00	26	65	3::	0,87	0,94	—	—	—	—	—	27	32	35	37	40	30	28	0,052	43	65	78
10,20	18	19	2/3/	0,98	0,96	0,75	4,6	267	401	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10,40	14	21	2/3/	0,94	0,98	0,64	3,7	276	414	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10,60	12	18	2/3/	0,92	1,00	0,57	3,1	276	413	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10,80	12	22	2/3/	0,92	1,01	0,57	3,1	279	419	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11,00	16	15	2/3/	0,96	1,03	0,70	3,8	291	436	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11,20	16	15	2/3/	0,96	1,05	0,70	3,7	297	446	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11,40	20	19	4/3:	0,93	1,07	0,80	4,4	299	449	60	15	30	33	36	39	28	27	0,029	33	50	60
11,60	16	20	2/3/	0,96	1,09	0,70	3,6	308	462	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11,80	14	19	2/3/	0,94	1,11	0,64	3,1	307	460	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12,00	18	17	2/3/	0,98	1,13	0,75	3,8	318	477	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12,20	20	16	4/3:	0,93	1,15	0,80	4,0	320	480	60	13	30	33	36	39	27	27	0,026	33	50	60
12,40	26	15	4/3:	0,95	1,17	0,93	4,7	324	486	78	22	31	34	37	40	29	28	0,046	47	70	84
12,80	14	15	2/3/	0,94	1,20	0,64	2,8	322	483	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13,00	24	20	4/3:	0,94	1,22	0,89	4,2	341	512	72	18	31	33	36	39	28	28	0,034	40	60	72
13,20	20	19	4/3:	0,93	1,24	0,80	3,6	350	525	60	11	30	33	36	39	27	27	0,023	33	50	60
13,40	20	25	4/3:	0,93	1,26	0,80	3,6	355	533	60	11	30	33	36	39	27	27	0,022	33	50	60
13,60	14	17	2/3/	0,94	1,28	0,64	2,6	332	498	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13,80	12	20	2/3/	0,92	1,30	0,57	2,3	312	468	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14,00	12	15	2/3/	0,92	1,31	0,57	2,2	313	470	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14,20	14	15	2/3/	0,94	1,33	0,64	2,5	338	506	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14,40	16	17	2/3/	0,96	1,35	0,70	2,7	357	536	52	—										

$$q_c = \text{kg/cm}^2 \quad N_{SPT} = \text{colpi / 30 cm}$$



**RELAZIONE TRA RESISTENZA ALLA PUNTA  $q_c$  E STATO DI CONSISTENZA PER TERRENI COESIVI (LIMI E ARGILLE)  
PENETROMETRO STATICO 100 kN**

$q_c < 2,5 \text{ kg/cm}^2$	INCONSISTENTE
$2,5 \text{ kg/cm}^2 < q_c < 5,0 \text{ kg/cm}^2$	POCO CONSISTENTE
$5,0 \text{ kg/cm}^2 < q_c < 10,0 \text{ kg/cm}^2$	MODERATAMENTE CONSISTENTE
$10,0 \text{ kg/cm}^2 < q_c < 20,0 \text{ kg/cm}^2$	CONSISTENTE
$20,0 \text{ kg/cm}^2 < q_c < 40,0 \text{ kg/cm}^2$	MOLTO CONSISTENTE
$q_c > 40,0 \text{ kg/cm}^2$	ESTREMAMENTE CONSISTENTE

Tabella I

**RELAZIONE TRA RESISTENZA ALLA PUNTA  $q_c$  E STATO DI ADDENSAMENTO PER TERRENI GRANULARI (SABBIE E GHIAIE)  
PENETROMETRO STATICO 100 kN**

$q_c < 20,0 \text{ kg/cm}^2$	SCIOLTO
$20,0 \text{ kg/cm}^2 < q_c < 40,0 \text{ kg/cm}^2$	POCO ADDENSATO
$40,0 \text{ kg/cm}^2 < q_c < 120,0 \text{ kg/cm}^2$	MODERATAMENTE ADDENSATO
$120,0 \text{ kg/cm}^2 < q_c < 200,0 \text{ kg/cm}^2$	ADDENSATO
$q_c > 200,0 \text{ kg/cm}^2$	MOLTO ADDENSATO

Tabella II

**CORRELAZIONE TRA RESISTENZA ALLA PUNTA  $q_c$  DELLA PROVA CPT E LA DENSITA' RELATIVA,  $N_{spt}$  E L'ANGOLO DI ATTRITO INTERNO**

$q_c$ (MPa)	Descrizione	$N_{spt}$	Dr (%)	$\Phi$ (°)
< 2	Molto sciolta	< 4	< 20	< 30
2 - 4	Sciolta	4 - 10	20 - 40	30 - 35
4 - 12	Media	10 - 30	40 - 60	35 - 40
12 - 20	Densa	30 - 50	60 - 80	40 - 45
> 20	Molto densa	> 50	> 80	> 45

Tabella III

**CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI IN BASE AL RAPPORTO TRA RESISTENZA ALLA PUNTA  $q_c$  E LA RESISTENZA DI ATTRITO LATERALE LOCALE  $f_s$**

Terreno	$F = q_c/f_s$
Torbe ed argille organiche	< 15
Limi ed argille	15 - 30
Limi sabbiosi e sabbie limose	30 - 60
Sabbie e sabbie con ghiaia	> 60

Tabella IV