



REGIONE EMILIA ROMAGNA  
PROVINCIA DI MODENA

**CITTÀ DI CASTELFRANCO EMILIA**

PIANO  
OPERATIVO  
COMUNALE

POC2  
**VARIANTE**

Adottato con Deliberazione di Consiglio Comunale n° -- del --/--/2017  
Approvato con Deliberazione di Consiglio Comunale n° -- del --/--/----

**Sindaco**

Stefano Reggianini

**Assessore all'Urbanistica**

Massimiliano Vigarani

**Responsabile del procedimento**

**Dirigente Settore Tecnico e Sviluppo del Territorio**

Arch. Bruno Marino

**Gruppo di Lavoro**

**Ufficio Pianificazione Territoriale e Urbanistica**

Arch. Valeria Ventura

Ing. Stefania Comini

Arch. Claudia Stanzani

P.O.C. Approvato con Del. C.C. n° 216 del 15/10/2010 (decaduto il 01/11/2015)

P.O.C. 1 approvato con Del. C.C. n° 53 del 06/04/2011

P.O.C. 3 approvato con Del. C.C. n° 123 del 30/10/2012

P.O.C. 2 approvato con Del. C.C. n° 59 del 28/03/2014

P.O.C. 5 adottato con Del. C.C. n° 271 del 23/12/2014

Variante ex art.14bis L.R.20/2000 al P.O.C. approvata con Del. C. C. n° 10 del 29/01/2015

P.O.C. 7 adottato con Del. C.C. n° 42 del 25/05/2017

**L1**

**INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE  
GEOLOGICA, GEOTECNICA E  
SISMICA**

**ambiti 32.1 APC.b e 73 AN**





## **INDICE**

- STRUTTURA DEL DOCUMENTO p. 1
- PARTE A – ambito 32.1 APC.b p. 3
- PARTE B – ambito 73 AN p.161



## STRUTTURA DEL DOCUMENTO

Il presente documento raccoglie le Relazioni geologico–geotecnico–sismiche e la Relazione idraulica redatte da professionisti incaricati dalle proprietà degli ambiti 32.1 APC.b e 73 AN, che costituiscono aggiornamento ed integrazione delle analisi illustrate nella Relazione geologica, geotecnica e sismica – elaborato L) della 2^ variante – Il stralcio – al Piano Operativo Comunale, approvato con Deliberazione di Consiglio Comunale n° 59 del 28/03/2014.

Il sottoscritto Arch. Bruno Marino, Dirigente del Settore Tecnico e Sviluppo del Territorio, in qualità di Responsabile del Procedimento, dichiara che i capitoli costitutivi del presente documento sono conformi agli originali trasmessi in formato digitale e digitalmente sottoscritti dai professionisti che li hanno redatti, assunti agli atti del Comune di Castelfranco Emilia ai protocolli di seguito elencati:

- a) prot. 28829 del 27/06/2017 – Relazione geologico–geotecnico–sismica e Relazione idraulica redatte dal Dott. Geol. Dallari Pier Luigi – ambito APC.b 32.1;
- b) prot. 28851 del 27/06/2017 – Relazione geologica, geotecnica e sismica redatta dal Dott. Geol. Masotti Giorgio – ambito 73 AN.

Il Dirigente del  
Settore Tecnico e Sviluppo del Territorio  
**Dott. Arch. Bruno MARINO**

---

Documento elaborato in formato PDF/A, firmato digitalmente ed inviato a mezzo PEC ai sensi delle normative vigenti in materia.



# Comune di Castelfranco Emilia

## Provincia di Modena

RELAZIONE GEOLOGICA inerente le indagini eseguite, la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (G.2.1. DM 14/01/08)

RELAZIONE GEOTECNICA basata sulle indagini geognostiche effettuate, al fine della caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno del sito (G.2.2. DM 14/01/08)

Relazione concernente la "RISPOSTA SISMICA DEL SITO" (D.M. 14/01/08 - NNTC) la verifica a possibili fenomeni di liquefazione (D.M. 14/01/2008)

Relazione contenente lo studio di "MICROZONAZIONE SISMICA DEL SITO" (ai sensi della DGR 2193/2015 RER) con verifica del coefficiente di amplificazione del moto sismico secondo approccio descritto nella normativa della Regione Emilia Romagna e verifica dei fenomeni di liquefazione



### OGGETTO:

**Studio del terreno di fondazione  
di un lotto di terreno,  
sito in Via Emilia Ovest angolo Via Cartiera  
nel Comune di Castelfranco Emilia (MO)**



Dott. Geol. Pier Luigi Dallari  
Giugno 2017  
Rif. 346/17

ASSOCIATO



**GEO GROUP s.r.l.**  
Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA  
Tel. 059/3967169 Fax. 059/5332019  
E-mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)  
P.IVA e C.F. 02981500362  
[www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)



**AZIENDA CON SISTEMA  
DI GESTIONE QUALITÀ  
CERTIFICATO DA DNV  
= ISO 9001 =**

## **Relazione Tecnica** comprendente:

**RELAZIONE GEOLOGICA** inerente le indagini geognostiche eseguite, la definizione delle unità litotecniche, gli eventuali processi geomorfici al fine della modellazione geologica del sito (6.2.1. DM 14/01/08)

**RELAZIONE GEOTECNICA** basata sulle indagini eseguite, fornisce tutti i dati geotecnici necessari per il progetto, la caratterizzazione e la modellazione del volume significativo di terreno interessato (6.2.2. DM 14/01/08)

Relazione concernente la “**RISPOSTA SISMICA DEL SITO**” (*ai sensi del D. M. 14/01/2008 NNTC*), la verifica agli Stati Limiti Ultimi (SLU) (6.4 del D.M. 14/01/08) e la verifica a possibili fenomeni di liquefazione, al fine della progettazione per azioni sismiche

Relazione contenente lo studio di “**MICROZONAZIONE SISMICA DEL SITO**” (*ai sensi della DGR 2193/2015 RER*) con verifica del coefficiente di amplificazione del moto sismico secondo approccio descritto nella normativa della Regione Emilia Romagna e verifica dei fenomeni di liquefazione

## **Oggetto:**

**Studio del terreno di fondazione di un lotto di terreno,  
sito in Via Emilia Ovest angolo Via Cartiera nel Comune  
di Castelfranco Emilia (MO).**

## Indice del contenuto

1.	PREMESSE .....	3
1.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	3
2.	RELAZIONE GEOLOGICA.....	4
2.1	MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO – GEOLOGIA .....	4
2.2	INDAGINI GEOGNOSTICHE .....	5
3.	INDAGINI GEOTECNICHE .....	5
3.1	Prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono CPTU .....	6
3.1.1	Caratteristiche geotecniche e litostratigrafiche del terreno di fondazione – CPTU .....	8
3.2	Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT .....	9
3.2.1	Caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche del terreno di fondazione – CPT.....	12
3.	RELAZIONE GEOTECNICA.....	13
3.1	INDAGINI GEOTECNICHE .....	13
3.2	MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO.....	13
4.	INDAGINI GEOFISICHE.....	15
4.1	Indagine sismica con metodo Re.Mi.....	15
4.2	Indagine sismica con metodo MASW .....	17
4.3	Indagini sismiche Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) – Metodo di Nakamura....	18
5.	CLASSIFICAZIONE e CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO .....	20
5.1	SISMICITÀ DELL’AREA – APPROCCIO SEMPLIFICATO .....	20
5.2	STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (III LIVELLO DI APPROFONDIMENTO) .....	23
5.4	Verifica della suscettività del sito al fenomeno di liquefazione.....	30
6.	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....	31

## Tavole

<b>Tav. n. 1:</b>	“Carta Corografica”	scala 1: 25.000
<b>Tav. n. 2:</b>	“Carta Topografica”	scala 1: 10.000
<b>Tav. n. 3:</b>	“Ripresa fotografica generale dell’area di interesse”	scala grafica
<b>Tav. n. 4:</b>	“Carta della litologia di superficie”	scala 1: 5.000
<b>Tav. n. 5:</b>	“Indagini geognostiche”	scala grafica

## Allegati

<b>ALL. n. 1:</b>	Prove penetrometriche statiche CPTU e CPT corredate di interpretazione geotecnica
<b>ALL. n. 2:</b>	Indagini sismiche
<b>ALL. n. 3:</b>	Verifica alla liquefazione

## 1. PREMESSE

Nel mese di Giugno 2017 è stata eseguita la presente relazione geologica, geotecnica e sismica relativa allo studio del terreno di fondazione di un lotto di terreno, sito in Via Emilia Ovest angolo Via Cartiera nel Comune di Castelfranco Emilia (MO).



Fig. 1.1: Inquadramento geografico dell'area di interesse; immagine tratta da Google Maps.

### 1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in esame è sita a ovest del comune di Castelfranco Emilia (MO), come illustrato nella "Carta corografica", tavole CTR n. 220\_SO e 202\_NE alla scala 1: 25.000 (**tav. n. 1**); nella "Carta topografica" sezione n°202130 alla scala 1: 10.000, (**tav. n. 2**) e nella "Ripresa fotografica generale dell'area di interesse" (**tav. n. 3**), riportate in allegato.

Le coordinate geografiche relative al sito in oggetto, calcolate mediante apposito software ed utilizzando la maglia di punti riportata in figura 1.2 sono le seguenti:



Fig. 1.2: Maglia di punti che identificano l'area di interesse.



Per ottemperare alle richieste del **D.M. 14/01/2008** il succitato studio verrà suddiviso nei seguenti ambiti:

- 1) **RELAZIONE GEOLOGICA** riguardante le indagini geognostiche eseguite, la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1. D.M. 14/01/08);
- 2) **RELAZIONE GEOTECNICA** basata sulle indagini eseguite, fornisce la caratterizzazione e la modellazione del volume significativo di terreno interessato (6.2.2. D.M. 14/01/08);
- 3) Relazione concernente la **“RISPOSTA SISMICA DEL SITO”** (ai sensi del D.M. 14/01/2008 NNTC), la verifica dello Stato Limite Ultimo (SLU) (par. 6.4 del D.M. 14/01/08) e la verifica a possibili fenomeni di liquefazione (D.M. 14 /01/2008);
- 4) Relazione contenente lo studio di **“MICROZONAZIONE SISMICA DEL SITO”** (ai sensi della DGR 2193/2015 RER) con verifica del coefficiente di amplificazione del moto sismico secondo approccio descritto nella normativa della Regione Emilia Romagna e verifica dei fenomeni di liquefazione.

---

## **2. RELAZIONE GEOLOGICA**

---

### **2.1 MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO – GEOLOGIA**

---

L'area oggetto di studio è posta a ovest del comune di Castelfranco Emilia (MO). Da quanto si evince dalla “Carta della litologia di superficie” allegata (**tav. n. 4**), tratta dal “Progetto CARG” della Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico Sismico e del Suolo, nell'area oggetto di studio affiora la seguente litologia:

#### SUCCESSIONE NEOGENICO-QUATERNARIA DEL MARGINE APPENNINICO PADANO

##### **AES8 – Subsistema di Ravenna**

Ghiaie e ghiaie sabbiose, passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. A tetto suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente fino a 150 cm e parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. Contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. Potenza fino a oltre 25 m. Olocene (età radiometrica della base: 11.000 - 8.000 anni). Litofacies: limo-argillosa.

L'area oggetto di studio è posta nella pianura modenese, in una zona pianeggiante alla quota topografica media di circa 38.50 m s.l.m..

---

## 2.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

---

In relazione alla litologia presente nell'area e in base alla tipologia di interventi in progetto, la campagna geognostica è stata espletata mediante le seguenti indagini geognostiche:

- ***n. 1 prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono CPTU, eseguita in data 14/06/17;***
- ***n. 1 prova penetrometrica statica con meccanica CPT, eseguita in data 14/06/17;***
- ***n. 1 indagine sismica con metodologia Re.Mi., eseguita in data 13/06/17;***
- ***n. 1 indagine sismica con metodologia MASW, eseguita in data 13/06/17;***
- ***n. 2 indagini sismiche passive HVSR, eseguite in data 13/06/17.***

L'ubicazione delle indagini geognostiche è illustrata nella **tav. n. 5**, riportata in allegato, mentre i diagrammi relativi alle prove penetrometriche CPTU e CPT eseguite, dotati d'interpretazione geotecnica, sono presenti nell'**allegato n. 1**. Nell'**allegato n. 3** sono visibili i grafici e i risultati delle indagini sismiche.

Inoltre sono state da Noi rielaborate le prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT realizzate dalla Ditta Intergeo negli anni 2001 e 2009, riportate in allegato.

---

## 3. INDAGINI GEOTECNICHE

---

In relazione alla litologia presente nell'area e in base alla tipologia di intervento in progetto, sono state eseguite le seguenti indagini geotecniche:

- ***n. 1 prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono CPTU, eseguita in data 14/06/17;***
- ***n. 1 prova penetrometrica statica con meccanica CPT, eseguita in data 14/06/17.***

L'ubicazione delle indagini geotecniche è illustrata nella **tav. n. 5**, riportate in allegato, mentre i diagrammi delle prove penetrometriche CPTU e CPT, dotati d'interpretazione geotecnica, sono presenti nell'**allegato n. 1**.

### 3.1 Prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono CPTU

La prova penetrometrica statica con punta elettrica (CPTE/U), consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica standard, connessa all'estremità inferiore di una batteria di aste cave, che viene infissa a pressione e velocità costante nel terreno tramite un dispositivo di spinta idraulico che agisce alla sommità delle aste.

La punta elettrica è strumentata con sensori elettrici e un sistema di trasmissione dei dati in superficie via cavo, che permette l'acquisizione e la registrazione dei dati quasi in continuo, ogni centimetro. I dati misurati durante la prova sono la resistenza totale alla penetrazione  $Q_t$ , la resistenza alla penetrazione della punta  $Q_c$  e la resistenza laterale del manicotto  $F_s$ ; è possibile inoltre monitorare, durante l'esecuzione della prova, alcuni parametri di controllo, quali l'inclinazione rispetto alla verticalità e la velocità di penetrazione del cono.

Una punta elettrica particolare, detta "piezocono", è dotata anche di un dispositivo di misura della pressione, attraverso il quale viene misurata la pressione dell'acqua nei pori del terreno  $u$  (CPTU). La pressione che viene misurata è la pressione  $u = u_0 + \Delta u$ , dove  $u_0$  è la pressione dovuta al livello idrostatico e  $\Delta u$  quella generata dallo sforzo alla penetrazione nel terreno.

Il piezocono Pagani, con sistema di acquisizione TGAS07, è dotato di un dispositivo di misura della pressione costituito da un cilindro metallico saturato con grasso, situato poco al di sopra della punta conica. Si riportano di seguito, la composizione dell'attrezzatura di prova ed il collegamento con il sistema di acquisizione dei dati digitale TGAS07 e le caratteristiche del piezocono.

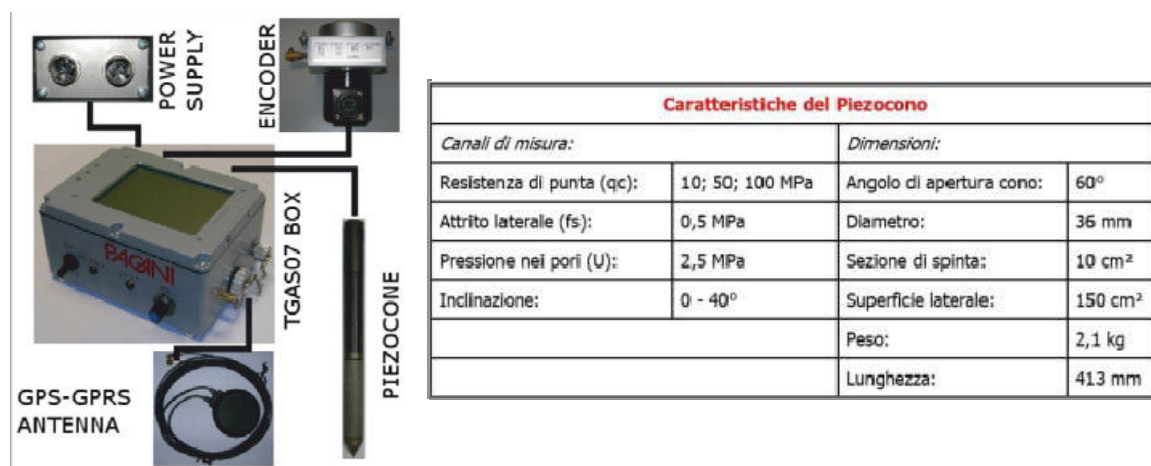
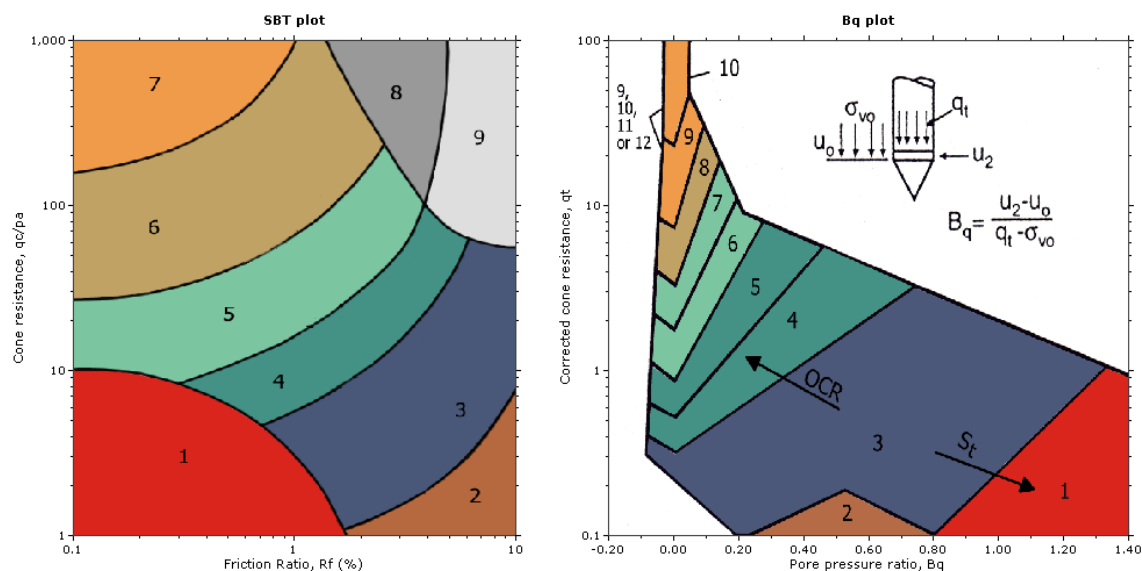


Fig. 3.1: Caratteristiche del Piezocono Pagani.

I dati acquisiti sono stati elaborati con software CPeT – IT v. 1.7.4.13 prodotto da GeoLogisMiki – Geotechnical Software. I report, in cui sono riportati su grafici i dati di

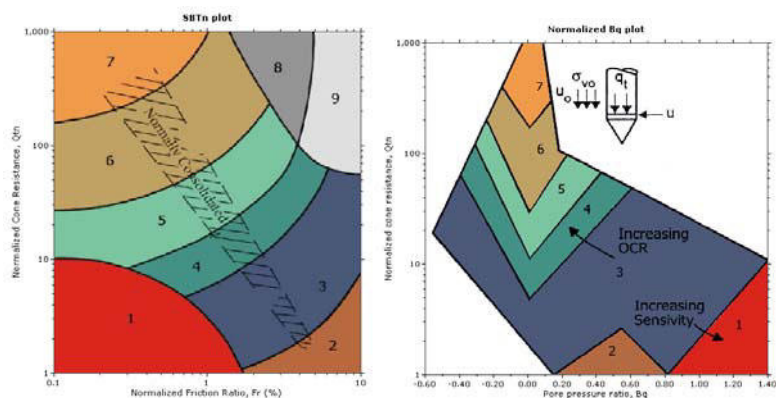
resistenza e pressione interstiziale misurati ed illustrata l'interpretazione litostratigrafica e geotecnica della prova, sono riportati in **allegato n. 1**.

La caratterizzazione litostratigrafica del terreno è stata effettuata in funzione delle carte proposte da Robertson, in cui il tipo di comportamento del terreno è definito da tre parametri:  $q_t$ , resistenza alla punta corretta,  $R_f$ ,  $B_q$ , nella prima carta (1986) e con i parametri normalizzati nella seconda (1990).



**SBT legend**

- |  |   |   |
|--|---|---|
| <span style="color: red;">■</span> 1. Sensitive fine grained | <span style="color: teal;">■</span> 4. Clayey silt to silty clay      | <span style="color: orange;">■</span> 7. Gravely sand to sand         |
| <span style="color: brown;">■</span> 2. Organic material     | <span style="color: lightgreen;">■</span> 5. Silty sand to sandy silt | <span style="color: grey;">■</span> 8. Very stiff sand to clayey sand |
| <span style="color: blue;">■</span> 3. Clay to silty clay    | <span style="color: tan;">■</span> 6. Clean sand to silty sand        | <span style="color: lightgrey;">■</span> 9. Very stiff fine grained   |



**SBTn legend**

- |  |   |   |
|--|---|---|
| <span style="color: red;">■</span> 1. Sensitive fine grained | <span style="color: teal;">■</span> 4. Clayey silt to silty clay      | <span style="color: orange;">■</span> 7. Gravely sand to sand         |
| <span style="color: brown;">■</span> 2. Organic material     | <span style="color: lightgreen;">■</span> 5. Silty sand to sandy silt | <span style="color: grey;">■</span> 8. Very stiff sand to clayey sand |
| <span style="color: blue;">■</span> 3. Clay to silty clay    | <span style="color: tan;">■</span> 6. Clean sand to silty sand        | <span style="color: lightgrey;">■</span> 9. Very stiff fine grained   |

La ricerca e la disponibilità di numerosi dati ottenuti in camera di calibrazione e in campagna ha prodotto numerose correlazioni tra i dati misurati in sito e il valore dei

parametri geotecnici caratteristici dei terreni. Il software utilizzato per l'elaborazione delle prove utilizza le correlazioni riportate nello schema seguente.

<p><b>:: Unit Weight, <math>g</math> (kN/m<sup>3</sup>) ::</b>  <math>g = g_w \cdot \left( 0.27 \cdot \log(R_f) + 0.36 \cdot \log\left(\frac{q_t}{P_s}\right) + 1.236 \right)</math>                      where <math>g_w</math> = water unit weight</p> <p><b>:: Permeability, <math>k</math> (m/s) ::</b>  <math>I_c &lt; 3.27</math> and <math>I_c &gt; 1.00</math> then <math>k = 10^{0.952 - 3.04 \cdot I_c}</math>  <math>I_c \leq 4.00</math> and <math>I_c &gt; 3.27</math> then <math>k = 10^{-4.52 - 1.37 \cdot I_c}</math></p> <p><b>:: <math>N_{60}</math> (blows per 30 cm) ::</b>  <math>N_{60} = \left( \frac{q_t}{P_s} \right) \cdot \frac{1}{10^{1.1260 - 0.2817 \cdot I_c}}</math>  <math>N_{100} = Q_{tn} \cdot \frac{1}{10^{1.1260 - 0.2817 \cdot I_c}}</math></p> <p><b>:: Young's Modulus, <math>E_s</math> (MPa) ::</b>  <math>(q_t - \sigma_v) \cdot 0.015 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c - 1.68}</math>                      (applicable only to <math>I_c &lt; I_{c,limit}</math>)</p> <p><b>:: Relative Density, <math>D_r</math> (%) ::</b>  <math>100 \cdot \sqrt{\frac{Q_{tn}}{K_{DR}}}</math> (applicable only to SBT: 5, 6, 7 and 8 or <math>I_c &lt; I_{c,limit}</math>)</p> <p><b>:: State Parameter, <math>\psi</math> ::</b>  <math>\psi = 0.56 - 0.33 \cdot \log(Q_{tn,ca})</math></p> <p><b>:: Peak drained friction angle, <math>\phi</math> (°) ::</b>  <math>\phi = 17.60 + 11 \cdot \log(Q_{tn})</math>                      (applicable only to SBT: 5, 6, 7 and 8)</p> <p><b>:: 1-D constrained modulus, <math>M</math> (MPa) ::</b>                      If <math>I_c &gt; 2.20</math>  <math>\alpha = 14</math> for <math>Q_{tn} &gt; 14</math>  <math>\alpha = Q_{tn}</math> for <math>Q_{tn} \leq 14</math>  <math>M_{CPT} = \alpha \cdot (q_t - \sigma_v)</math>                      If <math>I_c \leq 2.20</math>  <math>M_{CPT} = (q_t - \sigma_v) \cdot 0.0188 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c - 1.68}</math></p>	<p><b>:: Small strain shear Modulus, <math>G_0</math> (MPa) ::</b>  <math>G_0 = (q_t - \sigma_v) \cdot 0.0188 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c - 1.68}</math></p> <p><b>:: Shear Wave Velocity, <math>V_s</math> (m/s) ::</b>  <math>V_s = \left( \frac{G_0}{\rho} \right)^{0.50}</math></p> <p><b>:: Undrained peak shear strength, <math>S_u</math> (kPa) ::</b>  <math>N_{1t} = 10.50 + 7 \cdot \log(F_1)</math> or user defined  <math>S_u = \frac{(q_t - \sigma_v)}{N_{1t}}</math>                      (applicable only to SBT: 1, 2, 3, 4 and 9 or <math>I_c &gt; I_{c,limit}</math>)</p> <p><b>:: Remolded undrained shear strength, <math>S_u(rem)</math> (kPa) ::</b>  <math>S_{u(rem)} = f_5</math> (applicable only to SBT: 1, 2, 3, 4 and 9 or <math>I_c &gt; I_{c,limit}</math>)</p> <p><b>:: Overconsolidation Ratio, OCR ::</b>  <math>k_{OCR} = \left[ \frac{Q_{tn}^{0.20}}{0.25 \cdot (10.50 + 7 \cdot \log(F_1))} \right]^{-1.25}</math> or user defined  <math>OCR = k_{OCR} \cdot Q_{tn}</math>                      (applicable only to SBT: 1, 2, 3, 4 and 9 or <math>I_c &gt; I_{c,limit}</math>)</p> <p><b>:: In situ Stress Ratio, <math>K_0</math> ::</b>  <math>K_0 = 0.1 \cdot \left( \frac{q_t - \sigma_v}{\sigma_{vo}} \right)</math>                      (applicable only to SBT: 1, 2, 3, 4 and 9 or <math>I_c &gt; I_{c,limit}</math>)</p> <p><b>:: Soil Sensitivity, <math>S_t</math> ::</b>  <math>S_t = \frac{N_{1t}}{F_1}</math>                      (applicable only to SBT: 1, 2, 3, 4 and 9 or <math>I_c &gt; I_{c,limit}</math>)</p> <p><b>:: Effective Stress Friction Angle, <math>\phi'</math> (°) ::</b>  <math>\phi' = 29.5 \cdot B_q^{0.121} \cdot (0.256 + 0.336 \cdot B_q + \log Q_{t1})</math>                      (applicable for <math>0.10 &lt; B_q &lt; 1.00</math>)</p>
---	--

Fig. 3.3: Correlazioni utilizzate per la stima dei parametri geotecnici.

### 3.1.1 Caratteristiche geotecniche e litostratigrafiche del terreno di fondazione – CPTU

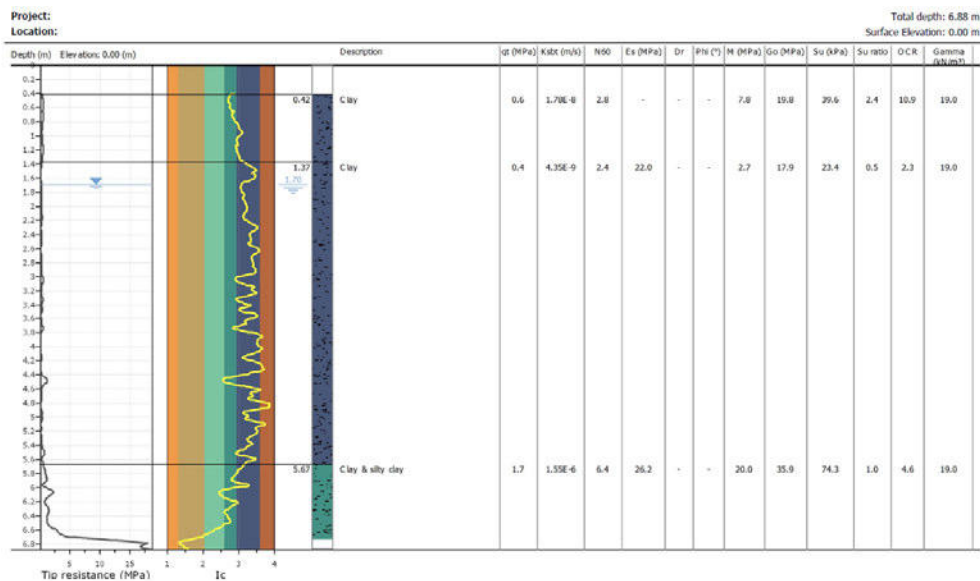
Nell'area oggetto di studio è stata eseguita, in data 14/06/17, **n. 1 prova penetrometrica statica con piezocono CPTU**, spinta fino alle seguenti profondità:

INDAGINI	PROFONDITÀ	LIVELLO FALDA FREATICA
CPTU 1	-6.88 m da p.c.	-1.70 m da p.c.

Dall'esecuzione della prova penetrometrica statica elettrica con piezocono CPTU, la cui elaborazione è riportata in **allegato n.1**, sono stati ottenuti i parametri geotecnici e la litostratigrafia del sottosuolo, visibili nello stesso allegato.

Al termine della prova penetrometrica statica con piezocono CPTU è stata rilevata la soggiacenza della falda freatica mediante l'utilizzo di un freatometro elettroacustico. Il livello della falda freatica è riportato nella tabella soprastante.

## CPTU 1



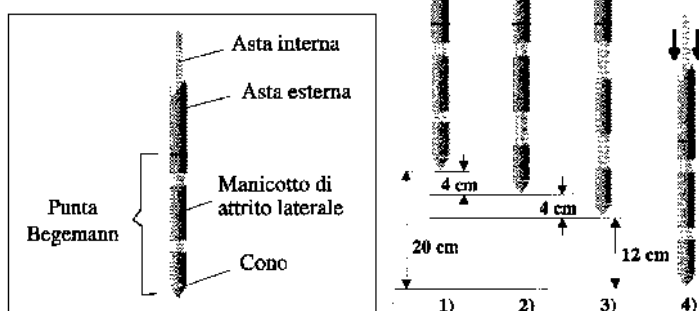
### 3.2 Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT

Nell'area di interesse è stata eseguita, in data 14/06/17, **n. 1 prova penetrometrica statica CPT**, spinta fino alla profondità pari a -10.00 m da p.c.. Nell'**Allegato n. 1** sono riportati i grafici e le tabelle riguardanti la prova eseguita, corredate dell'elaborazione geotecnica e litostratigrafica.

Le caratteristiche tecniche dello strumento impiegato sono le seguenti:

Punta meccanica	<b>Begemann</b>
Spinta	<b>200 kN</b>
Intervalli di misura	<b>20 cm</b>
Parametri registrati	<b>Rp (resistenza alla punta)</b>
	<b>RI (resistenza attrito laterale)</b>
Area punta	<b>10 cm<sup>2</sup></b>
Angolo alla punta	<b>60°</b>

Fig. 3.2: Punta Begemann (a) e schema di avanzamento (b).



La prova penetrometrica statica CPT (*Cone Penetration Test*) viene realizzata infiggendo nel terreno, alla velocità di 2 cm/sec, la punta meccanica Begemann (fig. 3.2). La punta presenta alla sua estremità inferiore un cono avente un angolo al vertice di 60°, un diametro alla base di 36 mm e quindi un'area di base di 10 cm<sup>2</sup>. Esso supporta lungo il suo stelo un manicotto d'attrito, la cui superficie laterale è di 150 cm<sup>2</sup>. I valori degli sforzi di reazione che il suolo oppone alla penetrazione della punta, allo scorrimento del manicotto laterale e all'avanzamento dell'insieme punta più aste, verranno registrati ogni 20 cm di avanzamento in profondità.

L'esecuzione della prova avviene tramite il seguente schema di avanzamento (fig. 3.2):

- 1) posizione di riposo con punta completamente chiusa;
- 2) spinta esercitata sulle aste interne con avanzamento di 4 cm del solo cono; visualizzazione dello sforzo di punta ( $R_p$ );
- 3) spinta esercitata sulle aste interne con avanzamento di 4 cm di cono + manicotto; visualizzazione dello sforzo di punta + attrito laterale ( $R_l$ );
- 4) spinta esercitata sulle aste esterne con avanzamento di 12 cm e ritorno alla posizione di riposo con punta completamente chiusa; visualizzazione dello sforzo di punta + attrito + attrito della batteria di aste ( $R_t$ ).

Nella fase d'avanzamento in cui viene letta la resistenza alla punta, il display restituisce automaticamente il carico unitario di resistenza ( $R_p$ ) tenuto conto della superficie di infissione di circa 10 cm<sup>2</sup>. Nella fase di avanzamento in cui viene letta la somma delle resistenze alla punta ed al manicotto di frizione il display visualizza il carico assoluto espresso in kg diviso per 10 ( $R_l$ ).

Ad ogni profondità di misura ( $x$ ), i valori reali della resistenza alla penetrazione della punta " $q_c$ " e dell'attrito laterale locale " $f_s$ " possono essere calcolati tramite le seguenti formule:

$$q_c(x) = R_p(x) \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

dove:

$$AP \text{ (Area Punta)} = 10 \text{ cm}^2$$

$$AM \text{ (Area Manicotto Laterale)} = 150 \text{ cm}^2$$

$$f_s(X) = (RI(x+1) - Rp(x+1)) \cdot (AP/AM) = (RI(x+1) - Rp(x+1)) / 15$$

La particolare punta utilizzata per la perforazione *Friction Jacket Cone* è servita a determinare, oltre al carico di rottura, anche la litologia dei terreni investigati: dal rapporto tra la resistenza penetrometrica alla punta e la resistenza laterale locale è infatti possibile risalire, attraverso l'esperienza di **Begemann**, modificata da **Schmertmann** (di seguito descritti), alla granulometria, e di conseguenza alla litologia, dei terreni attraversati dall'indagine.

### Metodo di Begemann:

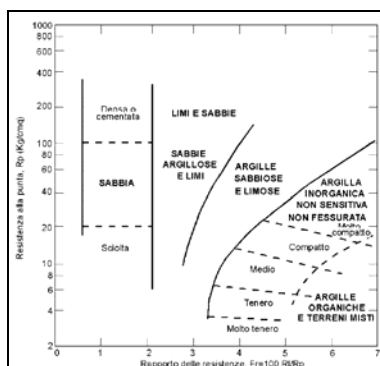
Il metodo di BEGEMANN considera il **rapporto tra Rp e RI** come parametro indicativo delle variazioni litologiche. In particolare l'Autore suggerisce le seguenti correlazioni:

Rapporto Rp/RI	Litologia
$Rp/RI < 15$	Argilla organica e torba
$15 < Rp/RI < 20$	Limo e/o argilla inorganica
$30 < Rp/RI < 60$	Limo sabbioso e sabbia limosa
$Rp/RI > 60$	Sabbie o sabbia più ghiaia

Va ricordato che tali correlazioni sono valide solo per terreni immersi in falda.

### Metodo di Schmertmann:

Il metodo di SCHMERTMANN considera come indicativo della litologia della verticale indagata il rapporto delle resistenze **Fr** (con  $Fr\% = 100 \cdot RI/Rp$ ), secondo il grafico seguente:





---

### 3.2.1 Caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche del terreno di fondazione – CPT

---

Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione geotecnica e litostratigrafica della prova penetrometrica eseguita, illustrati nell'**allegato n. 1**, si può riassumere quanto segue:

- al di sotto del primo strato di terreno vegetale, le prove penetrometriche eseguite hanno rilevato la presenza di uno strato di **argilla limosa a scarsa consistenza** ( $0.29 \text{ MPa} < R_p < 1.37 \text{ MPa}$ ) fino alla quota di  $-7.00 \text{ m}$  da p.c.; seguito, fino alla massima profondità investigata, da un livello di **ghiaia sabbiosa addensata** ( $52 \% \text{ MPa} < D_r < 100 \%$ ).
- Al termine della prova penetrometrica statica CPT è stata rilevata la soggiacenza della falda freatica; la misura è stata eseguita mediante un freatimetro elettroacustico ed è risultata pari a  $D_w = -1.70 \text{ m}$  da p.c..

### 3. RELAZIONE GEOTECNICA

#### 3.1 INDAGINI GEOTECNICHE

In relazione alla litologia presente nell'area e in base alla tipologia di intervento in progetto, sono state eseguite le seguenti indagini geotecniche:

- **n. 1 prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono CPTU, eseguita in data 14/06/17;**
- **n. 1 prova penetrometrica statica con meccanica CPT, eseguita in data 14/06/17.**

L'ubicazione delle indagini geotecniche è illustrata nella **tav. n. 5**, riportata in allegato, mentre i diagrammi delle prove penetrometriche CPTU e CPT, dotati d'interpretazione geotecnica, sono presenti nell'**allegato n. 1**.

#### 3.2 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione geotecnica e litostratigrafica delle indagini geotecniche eseguite in sito, illustrate nell'**allegato n. 1** e precedentemente descritte, si può riassumere il seguente modello geotecnico schematico del terreno investigato:

Strato	Profondità	Falda	Litotipo	Parametri geotecnici	
<b>1</b>	0.0 – 1.40 m da p.c.		Argilla o argilla limosa poco consistente	$\gamma$	1750 kg/m <sup>3</sup> ≈ 17.50 kN/m <sup>3</sup>
				$\gamma'$	2050 kg/m <sup>3</sup> ≈ 20.50 kN/m <sup>3</sup>
				$C_{uk}$	0.40 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 40.0 kN/m <sup>2</sup>
				$C'_k$	0.04 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 4.0 kN/m <sup>2</sup>
				$M_0$	40.0 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 4000 kN/m <sup>2</sup>
				$E_s$	56.0 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 5600 kN/m <sup>2</sup>
				$\phi_k$	20°
				$\nu$	0.50
<b>2</b>	1.40 – 5.60 m da p.c.	-1.70 m da p.c.	Argilla o argilla limosa poco consistente	$\gamma$	1700 kg/m <sup>3</sup> ≈ 17.00 kN/m <sup>3</sup>
				$\gamma'$	2000 kg/m <sup>3</sup> ≈ 20.00 kN/m <sup>3</sup>
				$C_{uk}$	0.23 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 23.0 kN/m <sup>2</sup>
				$C'_k$	0.023 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 2.3 kN/m <sup>2</sup>
				$M_0$	25.0 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 2500 kN/m <sup>2</sup>
				$E_s$	32.0 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 3200 kN/m <sup>2</sup>
				$\phi_k$	18°
				$\nu$	0.50
<b>3</b>	5.60 – 7.00 m da p.c.		Argilla o argilla limosa a media consistenza	$\gamma$	1800 kg/m <sup>3</sup> ≈ 18.00 kN/m <sup>3</sup>
				$\gamma'$	2100 kg/m <sup>3</sup> ≈ 21.00 kN/m <sup>3</sup>
				$C_{uk}$	0.60 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 60.0 kN/m <sup>2</sup>
				$C'_k$	0.06 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 6.0 kN/m <sup>2</sup>
				$M_0$	45.0 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 4500 kN/m <sup>2</sup>

				$E_s$	$84.0 \text{ kg/cm}^2 \approx 8400 \text{ kN/m}^2$
				$\phi_k$	$23^\circ$
				$v$	0.40
4	7.00 – 14.60 m da p.c.		Ghiaia con sabbia addensata	$\gamma$	$1850 \text{ kg/m}^3 \approx 18.50 \text{ kN/m}^3$
				$\gamma'$	$2150 \text{ kg/m}^3 \approx 21.50 \text{ kN/m}^3$
				$Dr$	75 %
				$E_s$	$500.0 \text{ kg/cm}^2 \approx 50000 \text{ kN/m}^2$
				$\phi_k$	$32^\circ$
				$v$	0.35
5	14.60 – 22.60 m da p.c.		Argilla o argilla limosa a media consistenza	$\gamma$	$1800 \text{ kg/m}^3 \approx 18.00 \text{ kN/m}^3$
				$\gamma'$	$2100 \text{ kg/m}^3 \approx 21.00 \text{ kN/m}^3$
				$C_{uk}$	$0.50 \text{ kg/cm}^2 \approx 50.0 \text{ kN/m}^2$
				$C'_k$	$0.05 \text{ kg/cm}^2 \approx 5.0 \text{ kN/m}^2$
				$M_0$	$50.0 \text{ kg/cm}^2 \approx 5000 \text{ kN/m}^2$
				$E_s$	$70.0 \text{ kg/cm}^2 \approx 7000 \text{ kN/m}^2$
				$\phi_k$	$23^\circ$
				$v$	0.40
6	22.60 – 26.40 m da p.c.		Ghiaia con sabbia addensata	$\gamma$	$1850 \text{ kg/m}^3 \approx 18.50 \text{ kN/m}^3$
				$\gamma'$	$2150 \text{ kg/m}^3 \approx 21.50 \text{ kN/m}^3$
				$Dr$	75 %
				$E_s$	$500.0 \text{ kg/cm}^2 \approx 50000 \text{ kN/m}^2$
				$\phi_k$	$32^\circ$
				$v$	0.35
7	26.40 – 30.00 m da p.c.		Argilla o argilla limosa a medio- elevata consistenza	$\gamma$	$1850 \text{ kg/m}^3 \approx 18.50 \text{ kN/m}^3$
				$\gamma'$	$2150 \text{ kg/m}^3 \approx 21.50 \text{ kN/m}^3$
				$C_{uk}$	$0.70 \text{ kg/cm}^2 \approx 70.0 \text{ kN/m}^2$
				$C'_k$	$0.07 \text{ kg/cm}^2 \approx 7.0 \text{ kN/m}^2$
				$M_0$	$60.0 \text{ kg/cm}^2 \approx 6000 \text{ kN/m}^2$
				$E_s$	$98.0 \text{ kg/cm}^2 \approx 9800 \text{ kN/m}^2$
				$\phi_k$	$24^\circ$
				$v$	0.38
<b>Legenda</b>			$\gamma$ =	peso specifico terreno naturale	
			$\gamma'$ =	peso specifico terreno saturo	
			$C_{uk}$ =	coesione non drenata caratteristica	
			$C'_k$ =	coesione efficace caratteristica	
			$Dr$ =	densità relativa	
			$M_0$ =	modulo di deformazione edometrico	
			$E_s$ =	modulo elastico	
$\phi_k$ =	angolo d'attrito caratteristico				

Si riportano di seguito le referenze bibliografiche e le correlazioni utilizzate per la determinazione dei parametri geotecnici sopra riportati:

$\gamma'$  = peso dell'unità di volume (efficace) del terreno [Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982]

$C_{uk}$  = coesione non drenata (terreni coesivi) [Formula di Lunne & Eide]

$Dr$  = densità relativa (terreni granulari) [Schmertmann 1976]

$M_0$  = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973]

$E_s$  = modulo elastico (terreni coesivi) [Trofimemkov 1974]

$\phi_k$  = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari) [Meyerhof 1956/1976, sabbie limose]

$\phi_k$  = angolo di attrito interno efficace (terreni coesivi) [prove di laboratorio CID da Noi eseguite su analoghi litotipi presso Nostro laboratorio certificato dal "Ministero delle infrastrutture e dei trasporti n.1845" per l'esecuzione e certificazione di prove su terre e rocce, categoria A]

---

#### 4. INDAGINI GEOFISICHE

---

Per la classificazione sismica dell'area di studio sono state eseguite in sito le seguenti indagini geofisiche:

- **n. 1 indagine sismica con metodo Re.Mi., eseguita in data 13/06/17;**
- **n. 1 indagine sismica con metodo MASW, eseguita in data 13/06/17;**
- **n. 2 indagini sismiche passive HVSR, eseguite in data 13/06/17.**

L'ubicazione delle indagini eseguite è riportata nella **tav. n. 5**; in **allegato n. 3** sono presenti i grafici relativi ai risultati ottenuti dall'elaborazione delle indagini sismiche eseguite in sito.

---

##### 4.1 Indagine sismica con metodo Re.Mi.

---

Per estendere la caratterizzazione sismica del sottosuolo e raggiungere un'elevata coerenza dei dati acquisiti, sono state svolte acquisizioni di rumore sismico ambientale utilizzando un array 2D. Tale tecnica permette di campionare le frequenze più basse, caratterizzanti le porzioni più profonde del sottosuolo. In generale le tecniche sfruttano la capacità di poter mettere in relazione le velocità di fase e le frequenze, relative alle onde di taglio, con le forme di dispersione delle onde di superficie. I microtremori sismici naturali determinano, in corrispondenza della superficie, la formazione di onde superficiali di Rayleigh.

Si utilizzano dunque i microtremori naturali come sorgente sismica, i quali vengono misurati attraverso geofoni verticali disposti secondo array lineari. L'analisi avviene grazie a un passaggio delle registrazioni ottenute, attraverso la trasformata di Fourier, da un dominio spazio/tempo a un dominio frequenza/inverso della velocità. Il risultato dell'analisi è l'identificazione dello spettro energetico del segnale, in funzione della frequenza e dell'inverso della velocità. Dato che i livelli energetici possono variare significativamente alle diverse frequenze, lo spettro durante la fase di elaborazione viene normalizzato.

##### Modalità operative

L'indagine sismica è stata eseguita in sito utilizzando 24 geofoni verticali, distanziati di 2 m, con frequenza naturale di 4.5 Hz fissati al terreno ad intervalli regolari.

I dati sono stati registrati mediante un sismografo *GEODE Geometrics 24 bit* con filtri disinseriti, velocità di campionamento (sample rate) di 4 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di 30 secondi.

Classificazione del terreno in base alle  $V_{s,30}$  – D.M. 14/01/2008

L'elaborazione (**allegato n. 3**) restituisce un grafico che riporta la curva di dispersione attraverso un'immagine a colori che mostra il profilo delle velocità delle onde di Rayleigh come velocità di fase e frequenza. Analizzando tale grafico si ottiene un modello teorico dell'andamento delle  $V_s$  con la profondità fino ad una quota di -30.00 m dal piano di posa delle fondazioni, attraverso la formula:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_i \frac{h_i}{V_{si}}}$$

A seguito dell'elaborazione dell'indagine Re.Mi. eseguita è stato ottenuto un valore di  $V_{s,30}$  pari a:

<b>Re.Mi.</b>	<b><math>V_{s,30} = 252 \text{ m/s}</math></b>
---------------	--

Pertanto, secondo la classificazione del suolo imposta dalle NNTC 2008, si definisce il terreno di fondazione dell'area studiata come appartenente alla **CATEGORIA [C]**, corrispondente a *depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < C_{u,30} < 250 \text{ kPa}$  nei terreni a grana fina).*

## 4.2 Indagine sismica con metodo MASW

Per misurare le velocità delle onde di taglio si possono eseguire prospezioni sismiche mediante stendimenti superficiali, utilizzando geofoni verticali da 4,5 Hz ed acquisendo attivamente i segnali delle onde rifratte alla superficie mediante una sorgente artificialmente provocata. Questa tecnica, nota con la sigla **MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves), permette di ricostruire il profilo verticale delle Vs con procedimenti di modellazione diretta delle velocità di fase delle onde, rifratte alla superficie. Partendo dal sismogramma registrato mediante sorgente energizzante in asse con lo stendimento, viene eseguita un'analisi spettrale che ha consentito di elaborare un'immagine della distribuzione del segnale di velocità sismica in funzione delle diverse frequenze che lo compongono. Da tale elaborazione, tramite una fase di "picking" del segnale ad elevata intensità è stata ottenuta la "curva di dispersione", dalla cui inversione è stato calcolato il **modello sismo-stratigrafico** espresso in termini di velocità delle onde di taglio (Vs). I dati sono stati registrati mediante un sismografo *Geode Geometrics* 24 bit con filtri disinseriti, velocità di campionamento (sample rate) di 0.25 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di 2 secondi. Si effettuano battute poste ad offset diversi mediante grave da 8.0 kg di massa.

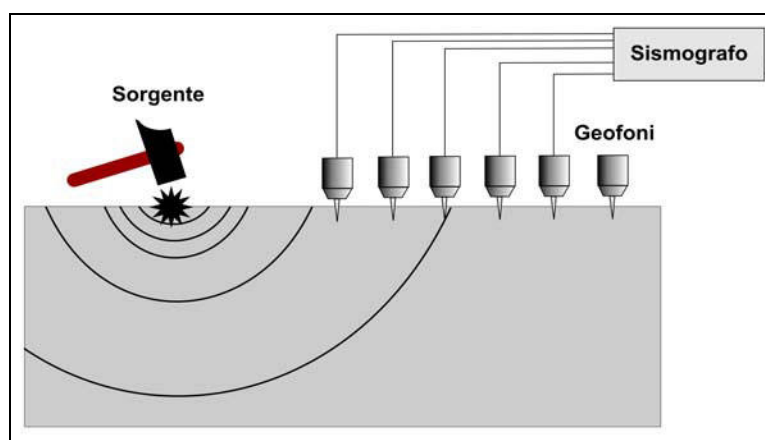


Fig. 4.2: Schema di Array lineare e punto energizzante.

Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh,  $V(\text{fase})/\text{freq.}$ , può essere convertito nel profilo Vs/profondità. Tale metodo non è univoco e quindi il modello che ne scaturisce è un modello teorico; per questo motivo è preferibile operare in presenza di dati di taratura (come nel caso specifico) onde ricavare il modello reale.

L'indagine eseguita ha permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle Vs fino a circa 35 m di profondità. Dall'indagine è stata ricavata la  $V_{s30}$  desunta dalla formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

Tale valore, nell'area indagata, per la classificazione sismica dei terreni di fondazione seguendo le indicazioni del **D.M. 14/01/2008**, è risultata pari a **254 m/s**. Pertanto secondo la classificazione del suolo, si definisce il terreno di fondazione dell'area studiata come appartenente alla **categoria C**, *corrispondente a depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).*

---

#### 4.3 Indagini sismiche Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR) – Metodo di Nakamura

---

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di **indagine sismica passiva HVSR** (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura*) è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito. Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso. L'utilizzo di algoritmi di calcolo finalizzati ad una modellizzazione sintetica dello spettro H/V, permette di correlare ogni picco spettrale con le discontinuità presenti nel sottosuolo (per esempio i cambi litologici). I dati che si possono ricavare sono spessori, profondità e velocità di propagazione delle onde di taglio all'interno del sismo-strato individuato. Tramite l'elaborazione di moti superiori e l'analisi dell'andamento delle tre componenti del moto, è possibile distinguere i picchi di origine naturale da quelli generati dai moti superiori o da artefatti, al fine di garantire una corretta interpretazione dello spettro sismico registrato. La tecnica dei rapporti spettrali (HVSR) trova la sua massima applicazione negli studi di microzonazione sismica poiché fornisce un parametro fondamentale (frequenza propria di risonanza di sito) per una corretta progettazione di edifici antisismici. Negli ultimi anni si è affermata anche per la sua versatilità poiché si è dimostrato come lo spettro sismico può rappresentare un modello sismo – stratigrafico del sottosuolo.

La tecnica **HVSR** è totalmente **non invasiva, molto rapida**, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un “velocimetro triassiale” conforme alle norme SESAME.

I risultati che si possono ottenere da indagini sismiche HVSR sono:

- La **frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto **dimensionamento degli edifici antisismici**. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare strutture aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno, per evitare l'effetto di "**doppia risonanza**", fenomeno estremamente pericoloso per la stabilità delle costruzioni.
- La **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se, in caso di sisma, la costruzione potrà essere o meno a rischio.
- La **velocità media delle onde di taglio Vs** calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'**affidabilità del risultato**, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, etc.) e riconoscibile nella **curva H/V**. È possibile calcolare la **Vs30** e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008.
- La **stratigrafia del sottosuolo** con un *range* di indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità, anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la tecnica **HVSR**, in termini di **stratigrafia del sottosuolo**, è rappresentato dalla definizione di strato, inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un **contrasto d'impedenza**, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Dai dati ottenuti dall'elaborazione delle indagini sismiche HVSR eseguite è stato riscontrato un picco di frequenza caratteristico del sito; nella tabella seguente sono riportati i valori ottenuti:

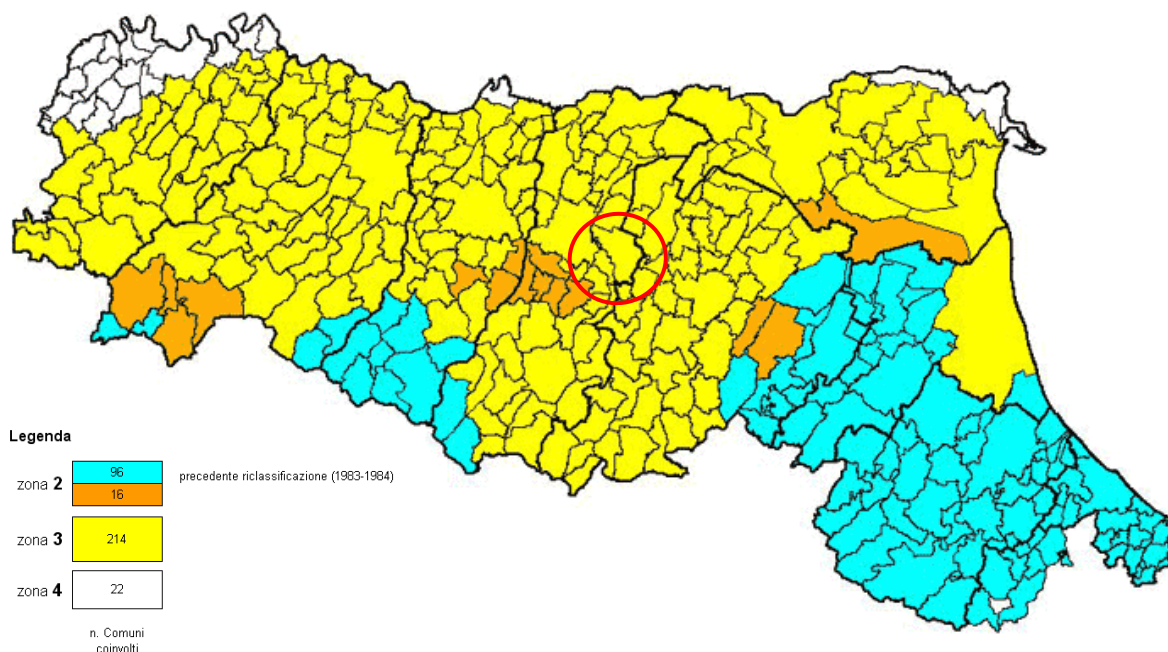
<b>HVSR 1</b>	Peak frequency (Hz): 1.6
<b>HVSR 2</b>	Peak frequency (Hz): 3.3



## 5. CLASSIFICAZIONE e CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

### 5.1 SISMICITÀ DELL'AREA – APPROCCIO SEMPLIFICATO

Con l'entrata in vigore del **D.M. 14/01/2008** recante “Nuove Norme tecniche per le costruzioni”, il Comune di Castelfranco Emilia è stato classificato in **classe di sismicità 3** (fig. 5.1).



**Fig. 5.1:** Classificazione sismica vigente dei comuni della regione Emilia-Romagna ed ubicazione del territorio comunale di Castelfranco Emilia (MO).

Sulla base della nuova normativa sismica per gli edifici (**D.M. 14 Gennaio 2008**), secondo le indagini geofisiche eseguite in sito si classifica il terreno di fondazione del lotto in oggetto, come appartenente alla **categoria C**, corrispondente a *depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine di media consistenza con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u30} < 250$  KPa nei terreni a grana fine).*

Sulla base dei contenuti del **D.M. 14/01/2008** “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” è stato definito un parametro di accelerazione massima attesa  $a_g$  in relazione ad un tempo di riferimento  $T_R$  stimato di 475 anni, considerando una classe d’uso pari a II e una vita nominale di 50 anni. Per l’area in oggetto, identificata dalle seguenti coordinate geografiche (ED50): Latitudine: 44.603926° e Longitudine: 11.032838°, tale parametro è risultato pari ad  **$a_{g\text{ attesa}} = 0.164g$** .

(1)\* Coordinate WGS84 (°)

Latitudine  Longitudine

---

(1)\* Coordinate ED50 (°)

Latitudine  Longitudine

---

Classe dell'edificio

**Cu = 1**

Vita nominale (Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)

Interpolazione

Stato Limite	Tr [anni]	a <sub>g</sub> [g]	F <sub>0</sub>	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0,050	2,481	0,255
Danno (SLD)	50	0,061	2,510	0,270
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,164	2,417	0,291
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,215	2,412	0,295
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

L'accelerazione orizzontale di picco attesa  $a_g$  è definita in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (suolo categoria A) e con superficie topografica orizzontale. L'accelerazione  $a_g$  rappresenta uno dei parametri principali che definisce la **pericolosità sismica di base**, insieme ai parametri  $F_0$  e  $Tc^*$  dello spettro di risposta elastico, desumibili nelle tabelle riportate sopra.

Ai fini della definizione dell'azione sismica, determinata la pericolosità sismica di base, occorre valutare gli **effetti di sito** mediante specifiche analisi di risposta sismica locale.

Per la definizione dell'azione sismica, sulla base di quanto previsto dalle N.N.T.C., si può fare riferimento ad un approccio semplificato che **si basa sull'individuazione della categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche del sito**, in funzione delle quali si definiscono l'entità dell'amplificazione stratigrafica e topografica.

Sulla base delle "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" (D.M. 14 Gennaio 2008), e tenendo conto dei dati ottenuti **dall'indagine geofisica eseguita in sito**, si **classifica** il terreno di fondazione in oggetto, come appartenente alla **categoria C**, corrispondente a "DEPOSITI DI TERRENI A GRANA GROSSA MEDIAMENTE ADDENSATI O TERRENI A GRANA FINA MEDIAMENTE CONSISTENTI CON SPESSORI SUPERIORI A 30 METRI, CARATTERIZZATI DA UN GRADUALE MIGLIORAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE CON LA PROFONDITÀ E DA VALORI DI  $V_{s30}$  COMPRESI TRA **180 M/S** E **360 M/S** (OVVERO CON VALORI DI  $15 < N_{SPT,30} > 50$  NEI TERRENI A GRANA GROSSA E  $70 < C_{u30} > 250$  KPA NEI TERRENI A GRANA FINA)".

Si ricava quindi il **fattore stratigrafico  $S_s$** , caratteristico del sito secondo le N.N.T.C. - D.M. 14/01/2008, mediante la seguente relazione, valida suoli in classe **C**:

$$1.00 \leq S_s = 1.70 - (0.60 \cdot F_0 \cdot a_g/g) \leq 1.50 \quad (4.1.1)$$

dove:

- $F_0$  = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2; per il sito oggetto di studio tale valore, calcolato mediante l'utilizzo di apposito software, risulta pari a **2.417**;
- $a_g/g$  = accelerazione orizzontale del sito, con tempo di ritorno pari a **475 anni**/accelerazione di gravità;
- $S_s$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica o fattore stratigrafico, calcolato tramite la relazione 4.1.1; per il sito oggetto di studio risulta pari a **1.46**.

Successivamente, sulla base delle condizioni topografiche del sito studiato, si calcola il fattore topografico  $S_T$  dalla seguente tabella:

Categoria topografica	Ubicazione opera/intervento	$S_T$
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$	<b>1.0</b>
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$	<b>1.2</b>
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	<b>1.2</b>
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $> 30^\circ$	<b>1.4</b>

Per l'area studiata, sita, come suddetto in una zona di pianura e appartenente, quindi alla categoria topografica **T1**, si ottiene un fattore topografico  $S_T$  pari a **1.0**.

In base a tali valori del fattore stratigrafico  $S_s$  e del fattore topografico  $S_T$  si procede al calcolo dell' accelerazione massima orizzontale  $A_{max}$ :

$$A_{max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g = 1.46 \cdot 1.0 \cdot 0.164 g = 0.239 g$$

## 5.2 STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (III LIVELLO DI APPROFONDIMENTO)

Alla luce di quanto esposto nel § 3.2.2 del D.M. 14/01/2008 e in accordo con quanto esposto nella D.A.L 112/2007 e successiva D.G.R. 2193/2015 della Regione Emilia Romagna, sono stati definiti i fattori di amplificazione dell'accelerazione e delle velocità spettrali secondo uno **studio di risposta sismica locale, secondo III livello di approfondimento**. Per ottemperare ai riferimenti normativi citati l'analisi è stata svolta secondo quanto indicato al § 7.11.3 del D.M. 14/01/2008, attraverso analisi numerica monodimensionale in campo lineare equivalente. Per fare ciò è stato utilizzato come strumento di lavoro il software di calcolo STRATA (University of Texas - Austin).

Ai fini della restituzione degli spettri di accelerazione, relativi allo stato limite SLV, è stata svolta la verifica dell'amplificazione del sito mediante l'utilizzo di un modello simulato in campo lineare equivalente.

Utilizzando un modello lineare equivalente è possibile ottenere una soluzione di un modello non lineare, attraverso analisi lineari complete nelle quali, al termine di ogni interazione vengono aggiornati i parametri di **rigidezza** e **smorzamento** che sono dipendenti dallo stato di deformazione del terreno. Attraverso un'iterazione di calcoli si raggiunge una convergenza prefissata a monte della fase di computazione.

Il software STRATA è in grado di valutare la risposta sismica di un deposito di terreno, considerando un profilo monodimensionale in cui si propagano linearmente le onde sismiche, in funzione dei parametri dinamici attribuiti al terreno. Il terreno viene schematizzato come un sistema di  $N$  strati orizzontali omogenei, isotropi e visco-elastici, sovrastanti un semispazio uniforme, attraversati da un treno di onde di taglio che incidono verticalmente le superfici. Ogni strato è descritto per mezzo dello spessore  $H$ , del modulo di taglio massimo  $G_{max}$  o dalla corrispondente velocità massima  $V_{max}$ , dal valore dello smorzamento  $D$ , dal peso dell'unità di volume  $\gamma$  e dalle curve di decadimento del modulo di rigidezza a taglio normalizzato ( $G / G_0 - \gamma$ ) e le corrispondenti curve dello smorzamento ( $D - \gamma$ ) con la deformazione di taglio  $\gamma$ . Il modello lineare visco-elastico fa riferimento al modello reologico di Kelvin-Voigt, costituito da una molla e uno smorzatore viscoso in parallelo. Tale modello è descritto quindi dalla rigidezza (**G**) e dallo smorzamento (**D**). L'onda monodimensionale viene descritta dall'equazione in cui lo spostamento provocato ( $u$ ) è funzione della profondità ( $z$ ) e del tempo ( $t$ ):

$$u(z, t) = A \exp [i (\omega t + k^* z)] + B \exp [i (\omega t - k^* z)]$$

Nell'equazione appena presentata A e B rappresentano le corrispettive amplificazioni del tetto e della base dello strato considerato. Il fattore  $k^*$  risulta dipendente dal modulo di taglio ( $G$ ), dal grado di smorzamento ( $D$ ) e dalla densità del terreno ( $\rho$ ). Le relazioni sono le seguenti:

$$k^* = \frac{\omega}{v_s^*}$$

$$v_s^* = \sqrt{\frac{G^*}{\rho}}$$

$$G^* = G(1 - 2D^2 + i2D\sqrt{1 - D^2}) \approx G(1 + i2D)$$

Dove  $G^*$  e  $v_s^*$  rappresentano il modulo di taglio e la velocità di taglio.

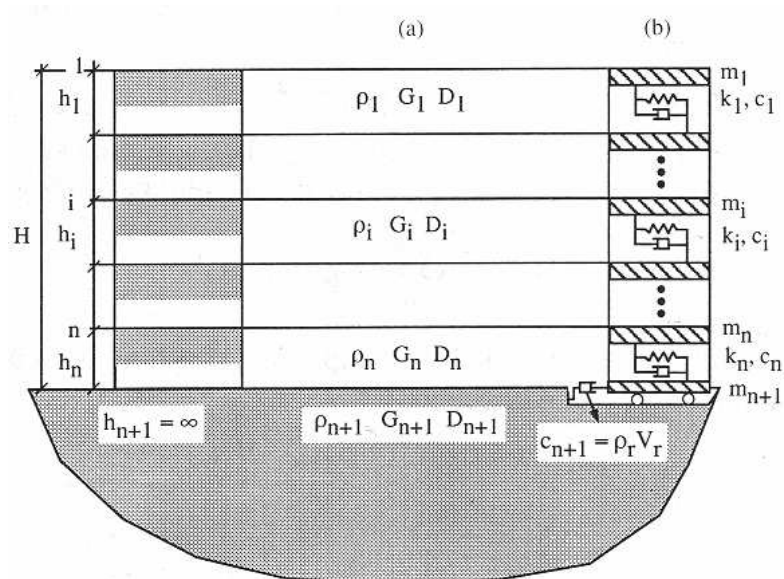


Fig. 5.2: Modello a strati continui adottato per la simulazione con il codice di calcolo STRATA.

## MODELLO SIMULATO

Il modello simulato deriva dai dati ottenuti dalle prove che compongono la campagna geognostica eseguita in sito. Tale profilo approssima il comportamento del sottosuolo, dal punto di vista sismico, in corrispondenza dell'area studiata. Il profilo considerato deriva dall'interpolazione dei dati provenienti dalle indagini geofisiche eseguite e i dati, di natura bibliografica, disponibili per il sito di riferimento.

Per descrivere il comportamento dinamico dei terreni costituenti il modello sono state considerate curve di decadimento dei moduli di rigidità e smorzamento, al variare della deformazione percentuale  $\gamma(\%)$ . Si riportano successivamente le curve di decadimento considerate per l'esecuzione del calcolo di risposta sismica locale:

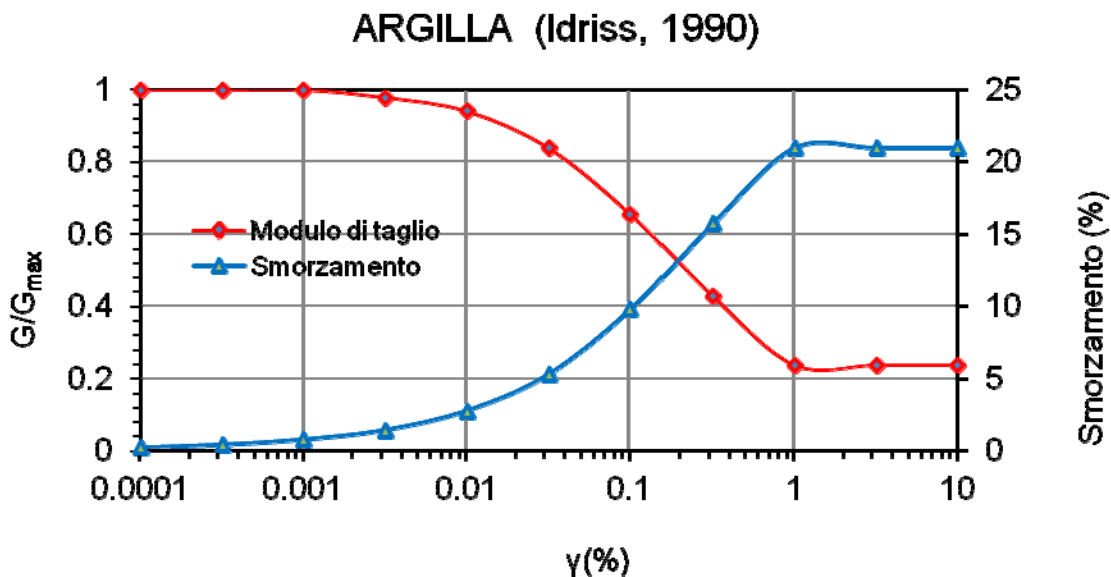


Fig. 5.3: Curva di decadimento dei moduli  $G/G_{max}$  e  $D$ , utilizzata per descrivere il comportamento dei materiali coesivi che compongono il sottosuolo in oggetto.

Trattandosi di una verifica a monte di una fase di verifica urbanistica, in accordo con quanto esposto nella D.G.R. 2193/15, l'analisi RSL in oggetto è stata svolta adottando come input sismico 3 accelerogrammi, corrispondenti allo stato limite SLV. I segnali di riferimento sono stati successivamente scalati per il valore di  $PGA_0$  atteso al suolo rigido in corrispondenza dell'areale oggetto di analisi. Per fare ciò è stata considerata l'interpolazione spaziale dei valori di  $PGA_0$  proposta da INGV per il territorio nazionale e resi disponibili per il territorio regionale sui punti di una griglia con passo 0.05 gradi.

Per il sito in oggetto, come rappresentato nella figura successivamente illustrata, tale valore è pari a **0.164 g**.

### RISULTATI OTTENUTI

Sulla scorta delle verifiche svolte mediante software STRATA, in riferimento al modello considerato, è stato possibile definire, nel dominio delle frequenze, la funzione TF (Funzione di trasferimento) e rapporto spettrale di amplificazione associato. Per via grafica si inserisce successivamente la funzione di trasferimento TF ottenuta a seguito dell'analisi RSL in oggetto. Attraverso tale funzione è possibile definire il campo di frequenze entro il quale il sottosuolo, in corrispondenza del sito in oggetto, amplifica il segnale sismico, oltre che a quantificare l'amplificazione stessa.

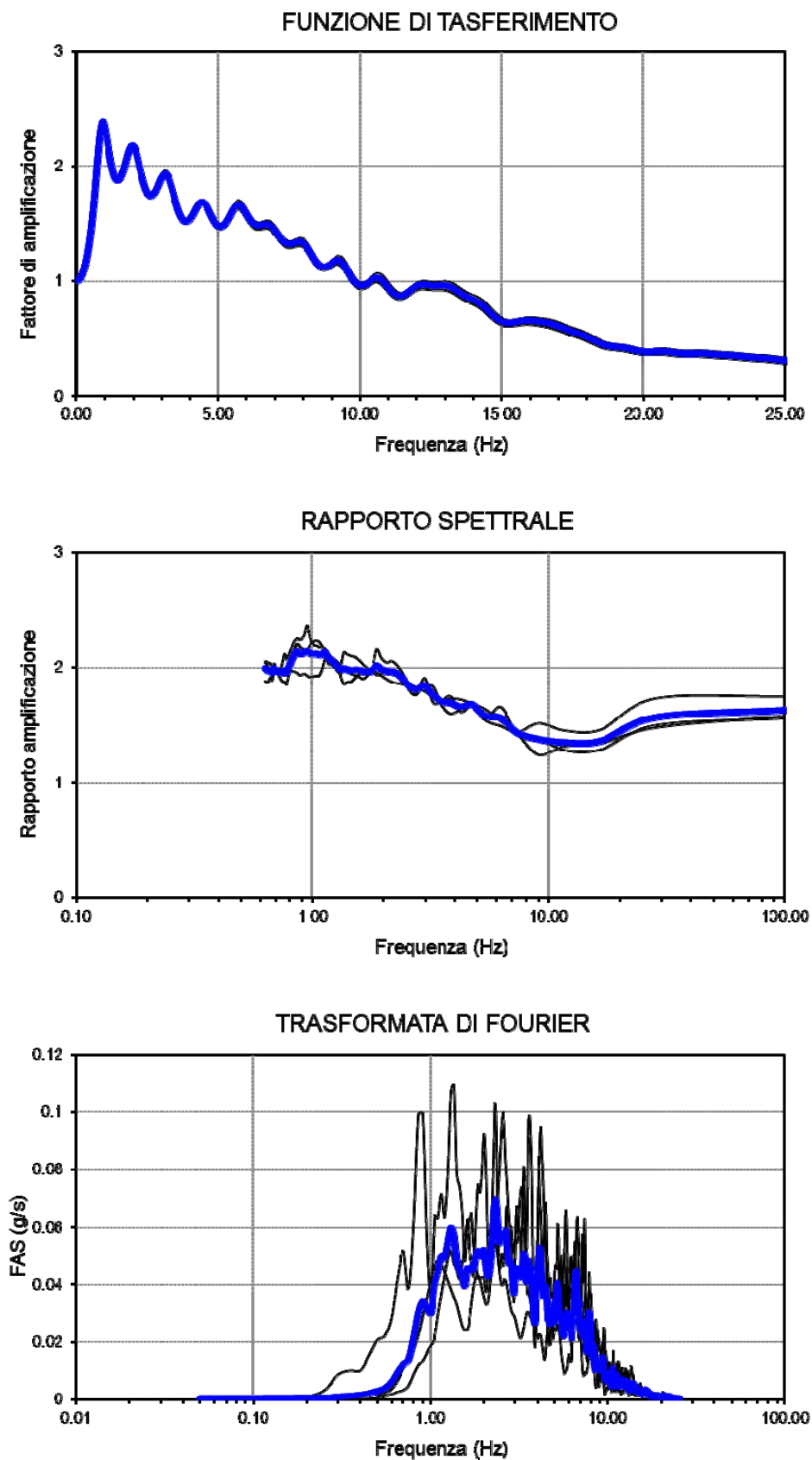


Fig. 5.4: In alto: funzione FTT, funzione FT e rapporto spettrale di amplificazione.



Definiti i parametri che descrivono il comportamento del sottosuolo nel campo elastico lineare equivalente e descritti gli accelerogrammi su suolo rigido validi per il sito in oggetto, attraverso il software STRATA sono state definite le seguenti forme spettrali, in termini accelerazione e velocità alla superficie:

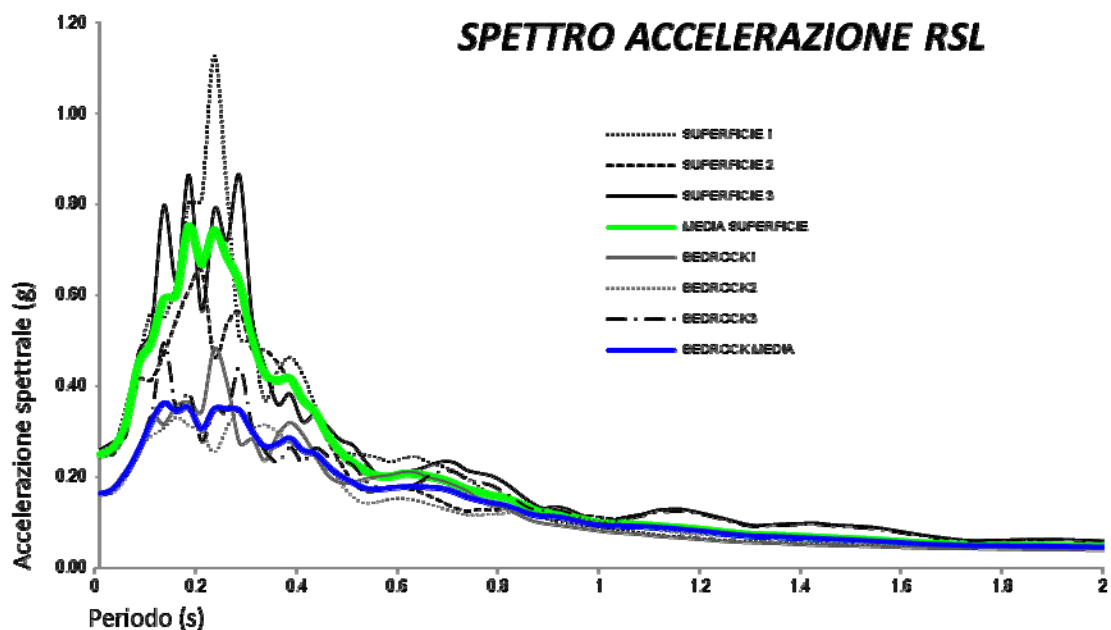


Fig. 5.5: Accelerazioni spettrali relative a un periodo di ritorno pari a 475 anni (SLV).

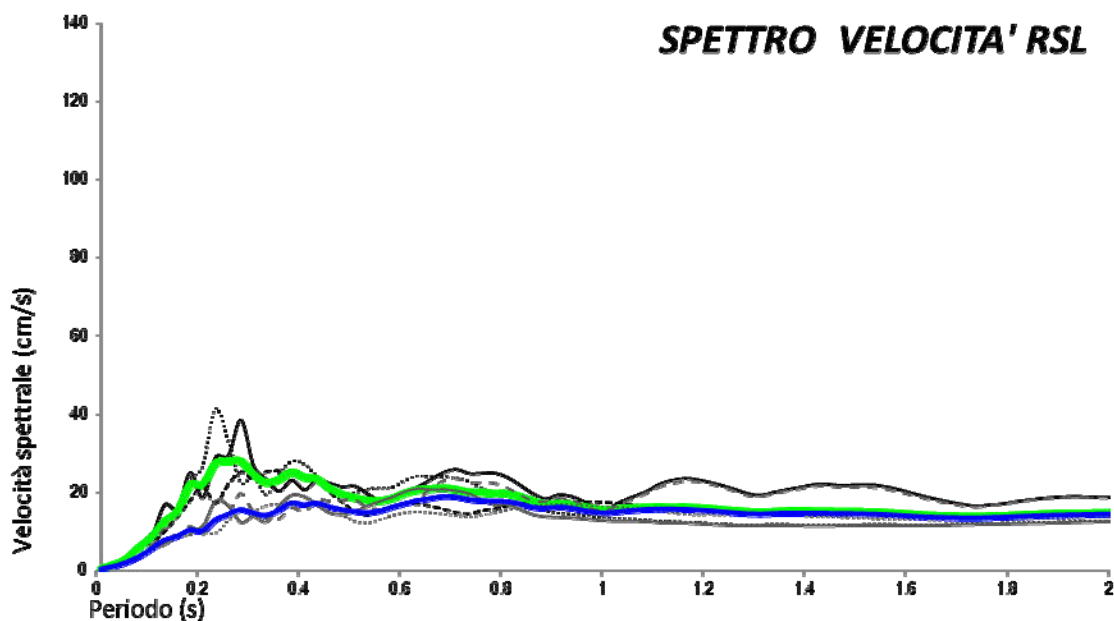


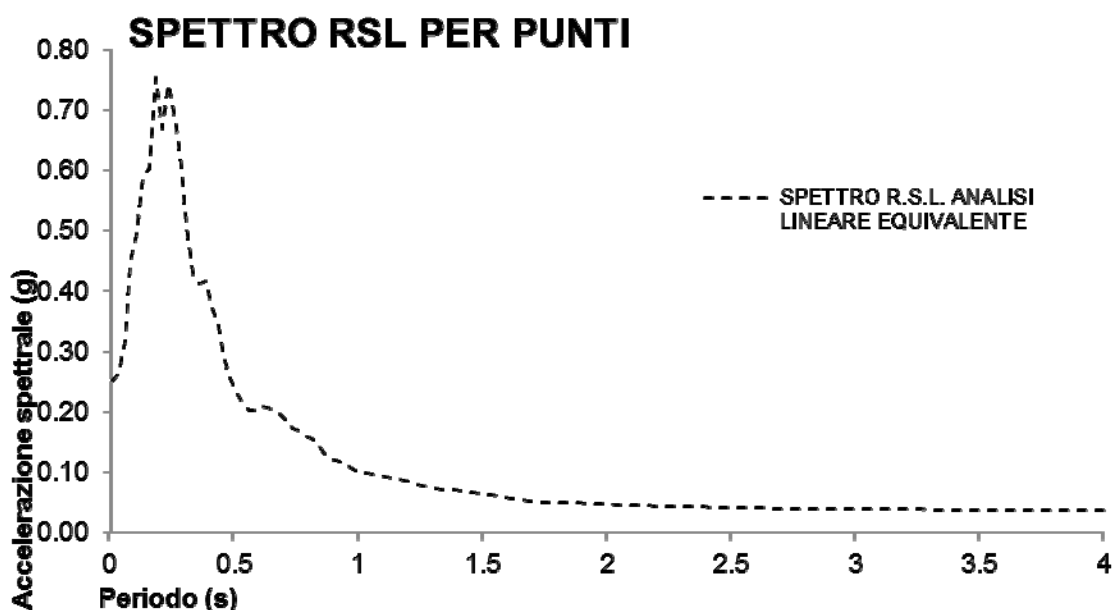
Fig. 5.6: Velocità spettrali relative a un periodo di ritorno pari a 475 anni (SLV).



A seguito delle risultanze dello studio RSL svolto si definiscono i seguenti parametri sismici caratteristici del sito analizzato:

SLV	F.A. S.I.					PGA <sub>MAX</sub>
	PGA <sub>0</sub>	F.A. PGA	(0.00 < T(s) < 0.50)	(0.50 < T(s) < 1.00)	(0.50 < T(s) < 1.50)	
	0.164	1.53	1.33	1.07	1.04	0.250

Tab. 5.1: Parametri che identificano lo spettro normalizzato (SLV - Tr 475), derivato dall'analisi mediante il software di calcolo STRATA;



T (s)	Ag	T (s)	Ag	T (s)	Ag	T (s)	Ag	T (s)	Ag
0.01	0.250	1.04	0.098	2.07	0.046	3.09	0.038	4.12	0.036
0.04	0.265	1.06	0.097	2.09	0.046	3.12	0.038	4.15	0.036
0.06	0.317	1.09	0.095	2.12	0.045	3.14	0.038	4.17	0.036
0.09	0.449	1.11	0.093	2.14	0.045	3.17	0.038	4.20	0.036
0.11	0.495	1.14	0.091	2.17	0.045	3.19	0.038	4.22	0.036
0.14	0.591	1.16	0.089	2.19	0.044	3.22	0.038	4.25	0.036
0.16	0.603	1.19	0.086	2.22	0.044	3.24	0.038	4.27	0.036
0.19	0.753	1.21	0.084	2.24	0.044	3.27	0.038	4.30	0.036
0.21	0.669	1.24	0.080	2.27	0.044	3.29	0.038	4.32	0.035
0.24	0.744	1.26	0.077	2.29	0.043	3.32	0.038	4.35	0.035
0.26	0.685	1.29	0.075	2.32	0.043	3.35	0.038	4.37	0.035
0.29	0.626	1.31	0.073	2.34	0.043	3.37	0.038	4.40	0.035
0.31	0.508	1.34	0.072	2.37	0.043	3.40	0.038	4.42	0.035
0.34	0.428	1.36	0.071	2.39	0.043	3.42	0.038	4.45	0.035
0.36	0.413	1.39	0.070	2.42	0.042	3.45	0.037	4.47	0.035
0.39	0.418	1.41	0.069	2.44	0.042	3.47	0.037	4.50	0.035
0.41	0.371	1.44	0.067	2.47	0.042	3.50	0.037	4.52	0.035
0.44	0.343	1.46	0.066	2.49	0.042	3.52	0.037	4.55	0.035

0.46	0.292	1.49	0.065	2.52	0.041	3.55	0.037	4.57	0.035
0.49	0.256	1.51	0.063	2.54	0.041	3.57	0.037	4.60	0.035
0.51	0.232	1.54	0.062	2.57	0.041	3.60	0.037	4.62	0.035
0.54	0.213	1.56	0.061	2.59	0.041	3.62	0.037	4.65	0.035
0.56	0.203	1.59	0.059	2.62	0.041	3.65	0.037	4.67	0.035
0.59	0.202	1.61	0.057	2.64	0.040	3.67	0.037	4.70	0.035
0.61	0.208	1.64	0.055	2.67	0.040	3.70	0.037	4.72	0.035
0.64	0.208	1.66	0.054	2.69	0.040	3.72	0.037	4.75	0.035
0.66	0.202	1.69	0.053	2.72	0.040	3.75	0.036	4.77	0.035
0.69	0.196	1.72	0.052	2.74	0.040	3.77	0.036	4.80	0.035
0.71	0.186	1.74	0.051	2.77	0.040	3.80	0.036	4.82	0.035
0.74	0.174	1.77	0.050	2.79	0.040	3.82	0.036	4.85	0.035
0.76	0.168	1.79	0.050	2.82	0.040	3.85	0.036	4.87	0.035
0.79	0.160	1.82	0.050	2.84	0.040	3.87	0.036	4.90	0.035
0.81	0.155	1.84	0.050	2.87	0.040	3.90	0.036	4.92	0.035
0.84	0.144	1.87	0.049	2.89	0.040	3.92	0.036	4.95	0.035
0.86	0.132	1.89	0.049	2.92	0.039	3.95	0.036	4.97	0.035
0.89	0.122	1.92	0.049	2.94	0.039	3.97	0.036	5.00	0.035
0.91	0.120	1.94	0.048	2.97	0.039	4.00	0.036		
0.94	0.115	1.97	0.048	2.99	0.039	4.02	0.036		
0.96	0.108	1.99	0.047	3.02	0.039	4.05	0.036		
0.99	0.102	2.02	0.047	3.04	0.039	4.07	0.036		
1.01	0.098	2.04	0.047	3.07	0.039	4.10	0.036		

#### 5.4 Verifica della suscettività del sito al fenomeno di liquefazione

In accordo con la nuova normativa regionale DGR 2193/2015 si è proceduto alla verifica della liquefazione per le verticali di prova, secondo la metodologia di calcolo proposta da **Robertson e Wride**. Per le specifiche della procedura di calcolo adottata si faccia riferimento all'allegato A2.2 della predetta normativa.

Le verifiche sono state svolte considerando una magnitudo di riferimento **M = 6.14**, una accelerazione massima al suolo **A<sub>max</sub> = 0.250 g** (Approccio DGR 2193/15 III livello di approfondimento).

A seguito delle verifiche eseguite si sono ottenuti i seguenti indici LPI (Indice potenziale liquefazione):

INDAGINE	INDICE DI LIQUEFAZIONE LPI
CPTU 1	1.27
CPT 1	0.0

In base al valore di IL ottenuto è possibile fornire un'indicazione del rischio di liquefazione. In considerazione delle linee guida emesse dalla Regione Emilia Romagna, a seguito degli eventi sismici di Maggio e Giugno 2012, si considera la classificazione di rischio definita da **Sonmez 2003**:

LPI	Potenziale di liquefazione
0	Non liquefacibile (FSL ≥ 1.2)
0 < LPI ≤ 2	Basso
2 < LPI ≤ 5	Moderato
5 < LPI ≤ 15	Alto
15 < LPI	Molto alto

## 6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente relazione è stata redatta al fine di fornire lo studio del terreno di fondazione di un lotto di terreno, sito in Via Emilia Ovest angolo Via Cartiera nel Comune di Castelfranco Emilia (MO).

Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione delle indagini eseguite nell'area di interesse da Noi e dalla Ditta Intergeo, è stato sintetizzato il modello geotecnico riportato nel paragrafo 3.2. Dai dati geotecnici desunti da tale modello si consiglia di realizzare fondazioni dirette superficiali impostate su plinti in c.a. approfondite alla quota di  $D = -1.0$  m da p.c., dimensionate in modo da trasmettere al terreno un carico massimo pari a  $\Delta P = 0.60 \text{ kg/cm}^2$ . Nel caso in cui il carico trasmesso sia maggiore, allora si consiglia di realizzare fondazioni profonde impostate su pali in c.a..

In base alla nuova classificazione sismica, redatta al fine di definire un sistema normativo per la progettazione antisismica e acquisire dei criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale, il Comune di Castelfranco Emilia ricade in **classe 3**.

Per effettuare, invece, la caratterizzazione sismica del terreno sono state eseguite n. 1 indagine sismica con metodo *Re.Mi.* e n.1 indagine sismica con metodo *MASW* da cui si sono ricavati i risultati esposti di seguito.

Re.Mi.	Vs30 = 252 m/s	categoria C
MASW	Vs30 = 254 m/s	

Secondo la classificazione del suolo della nuova normativa sismica per gli edifici (**D.M. 14 Gennaio 2008**) si classifica il terreno di fondazione come appartenente alla **categoria C**, corrispondente a *depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine di media consistenza con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u30} < 250 \text{ KPa}$  nei terreni a grana fine).*

Sulla base dei contenuti del **D.M. 14/01/2008** "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" è stato definito un parametro di accelerazione massima attesa  $a_g$  in relazione ad un tempo di riferimento  $T_R$  stimato di 475 anni, considerando una classe d'uso pari a III e una vita nominale di 50 anni. Per l'area in oggetto, identificata dalle seguenti coordinate geografiche (ED50): Latitudine: 44.603926° e Longitudine: 11.032838°, tale parametro è risultato pari ad  **$a_{g \text{ attesa}} = 0.164_g$** .

Quindi, secondo l'approccio semplificato (D.M. 14/01/2008), dopo gli opportuni calcoli, si ottiene il seguente valore di  $A_{max} = 0.239g$ .

Inoltre, è stato eseguito uno studio di RSL per il sito in oggetto secondo l'approccio DGR 2193/15 – III livello di approfondimento. Tale studio, anche se non richiesto, è stato redatto utilizzando dati bibliografici. Dall'analisi RSL eseguita (approccio DGR 2193/15 – III livello di approfondimento), è stato derivato un valore di  $A_{max} = 0.250g$ , superiore a quello derivabile secondo approccio semplificato NNTC 14/01/2008.

Infine, è stata eseguita la verifica alla liquefazione sulle verticali di prova eseguite in sito, utilizzando il valore di accelerazione massima al suolo pari a  $A_{max} = 0.250g$  (approccio DGR 2193/15 – III livello di approfondimento). Dalle verifiche eseguite per l'area in oggetto sono stati ottenuti valori di LPI indici di un rischio molto basso e basso.

A disposizione per ulteriori chiarimenti cogliamo l'occasione per porgere distinti saluti.

**Modena, 16 giugno 2017**

**Dott. Geol. Pier Luigi Dallari**



## **GEO GROUP s.r.l.**

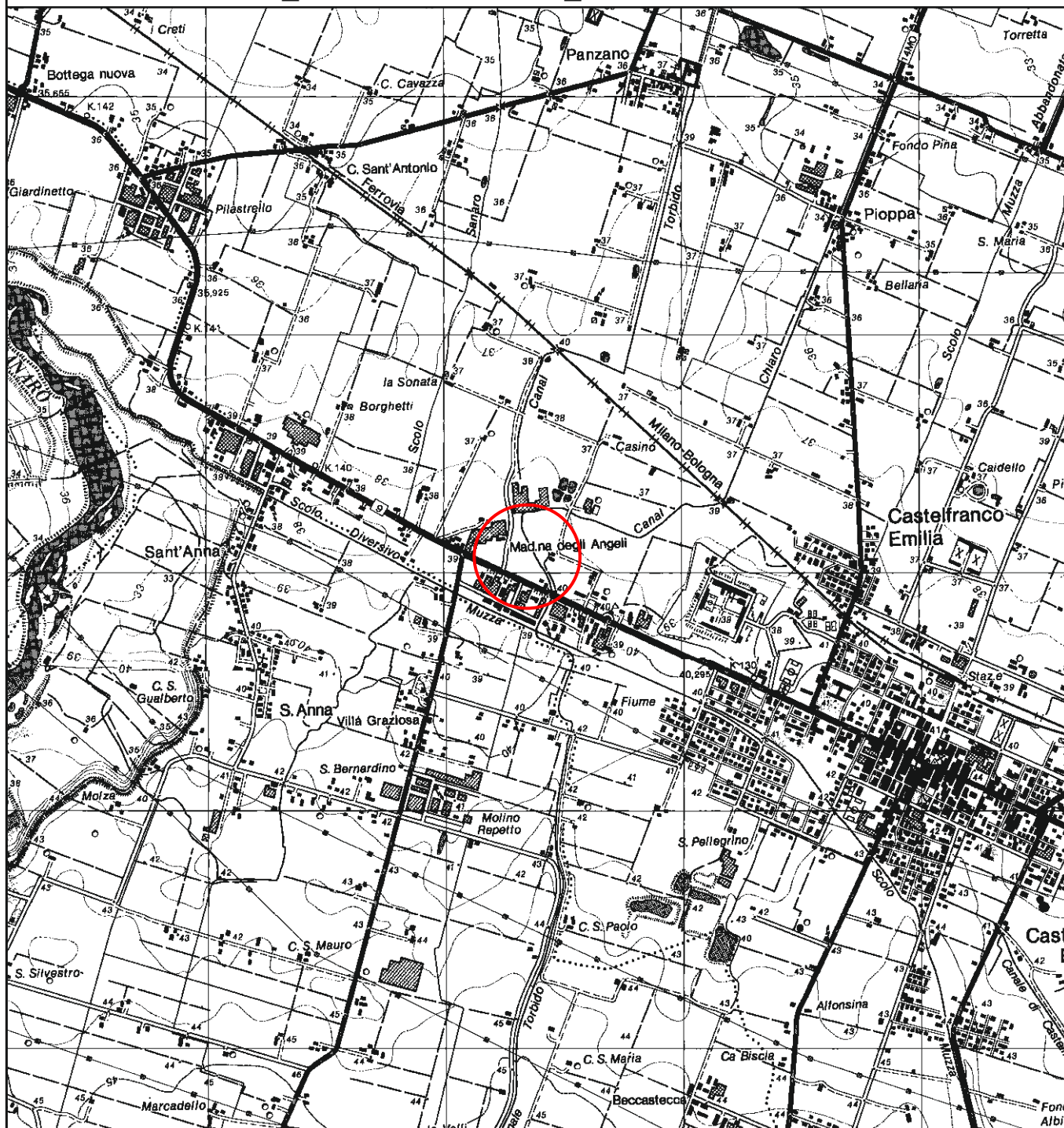
**Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia  
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche**

# ***TAVOLE***

# GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche  
182, via C. Costa 41123 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5960176 - E-mail: info@geogroupmodena.it

## Tavole C.T.R. n. 220\_SO Nonantola e 202\_NE Castelfranco Emilia



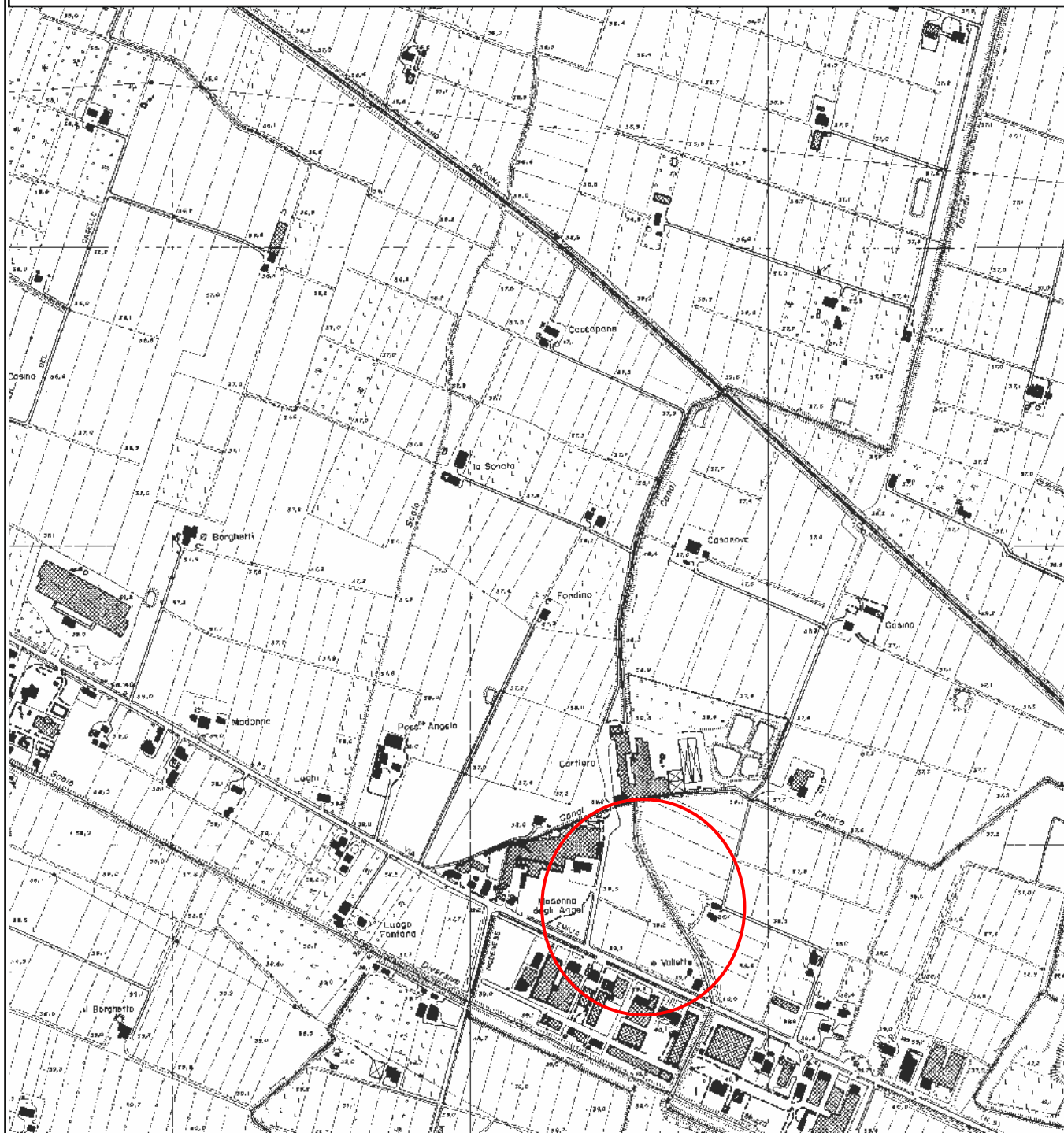
Tav. n. 1 "Carta Corografica"  
Scala 1: 25000



Area di interesse



Sezioni C.T.R. n. 202130 Gaggio



Tav. n. 2 "Carta topografica"

Scala 1: 10000



Area di interesse



## **GEO GROUP s.r.l.**

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche  
182, via C. Costa 41123 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5960176 - E-mail: info@geogroupmodena.it



### Tav. n. 3 “Ripresa fotografica generale dell’area di interesse”

(tratta da “Google Mappe”)  
Scala grafica

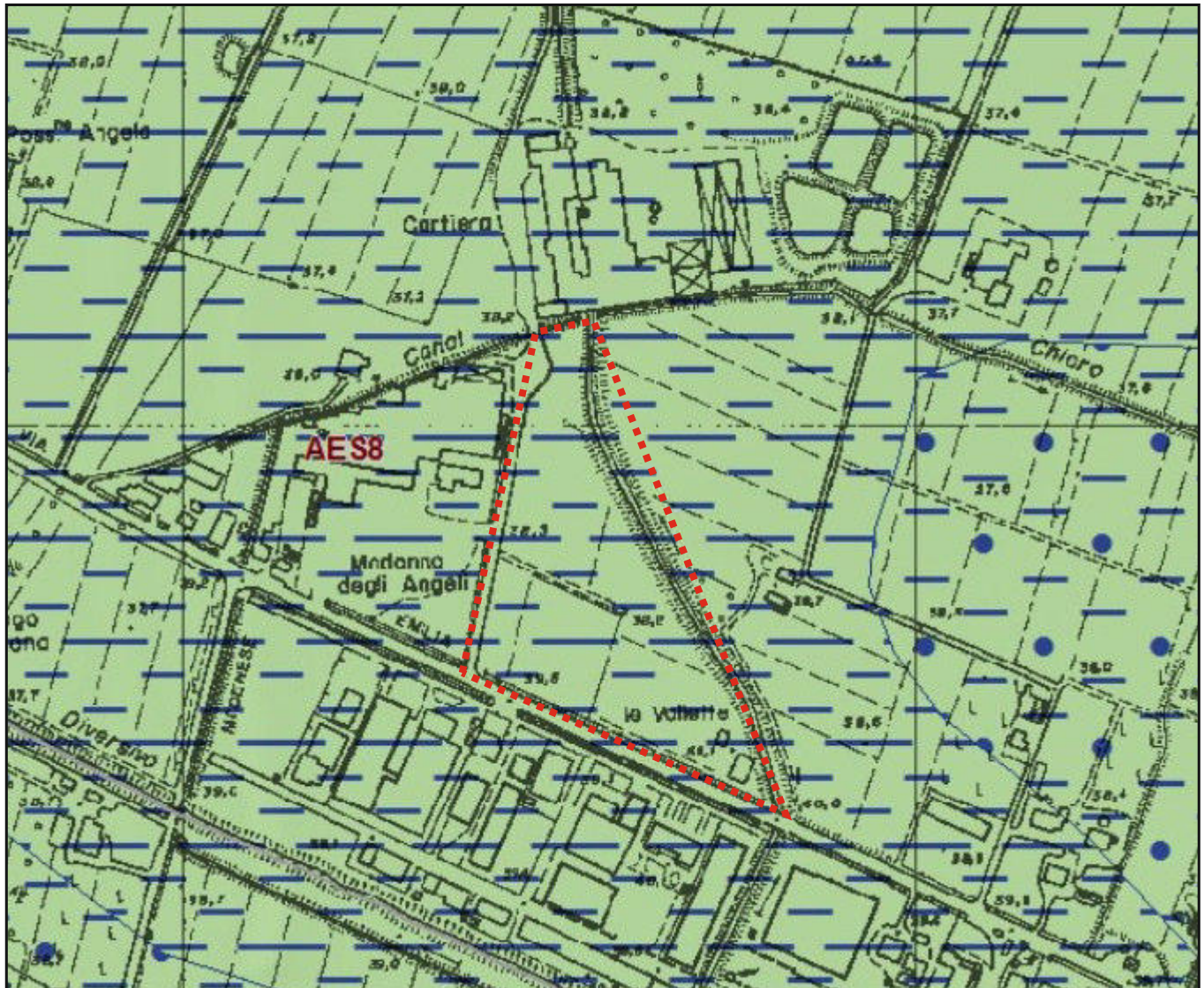


Area oggetto di studio



# GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche  
182, via C. Costa 41123 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5960176 - E-mail: info@geogroupmodena.it



## Tav. n. 4 "Carta della litologia di superficie" Scala 1: 5.000

### Legenda



#### Coperture quaternarie



AES8 - Subsistema di Ravenna  
litofacies limo-argillosa

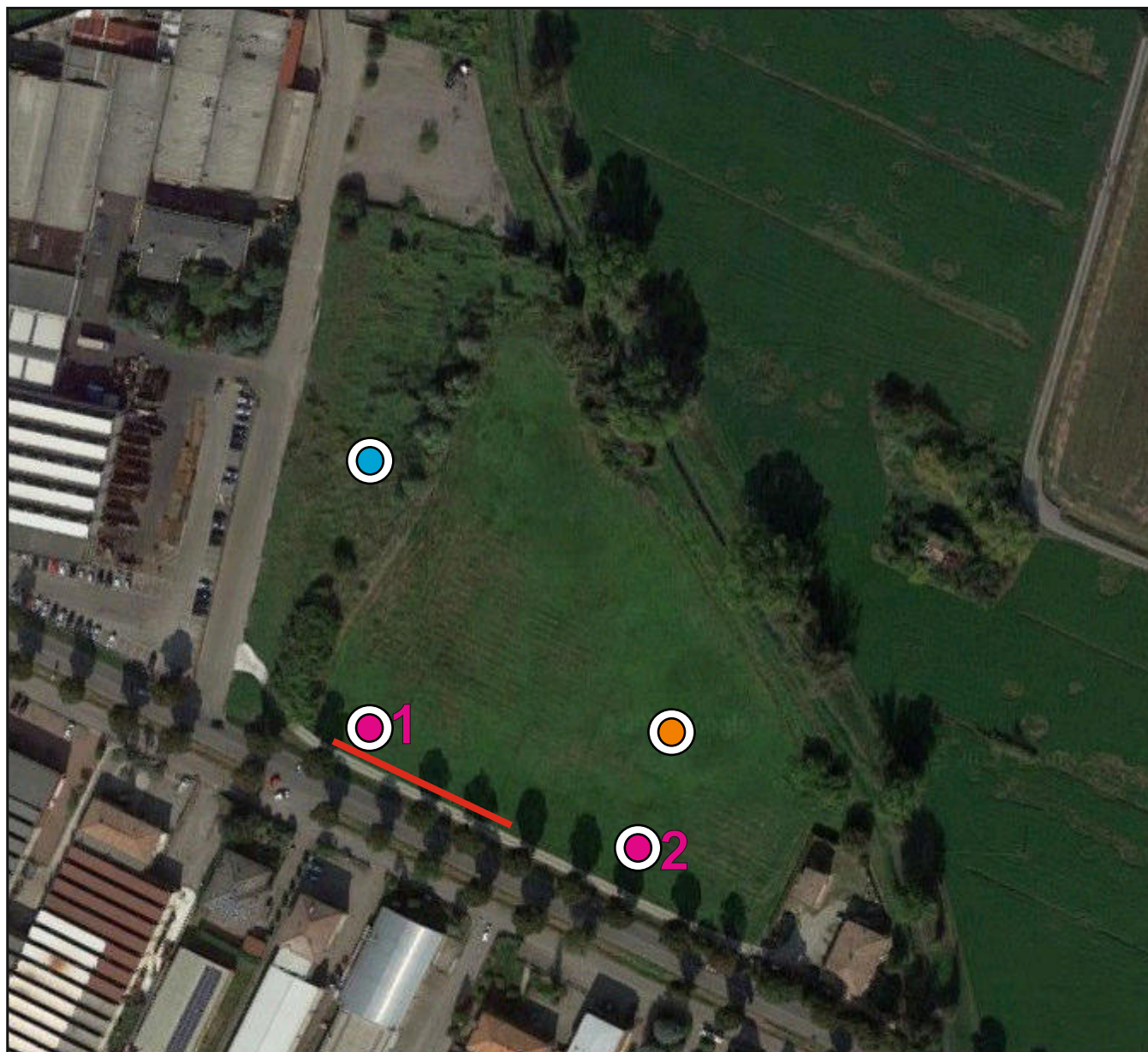


Area di interesse



## GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche  
182, via C. Costa 41123 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5960176- E-mail: info@geogroupmodena.it



### Tav. n. 5 “Indagini geognostiche”

(tratta da “Google Maps”)

Scala grafica

#### Legenda



Prove penetrometriche CPT



Prove penetrometriche CPTU



Indagine sismica HVSR



Stendimento sismico Re.Mi./MASW

## **GEO GROUP s.r.l.**

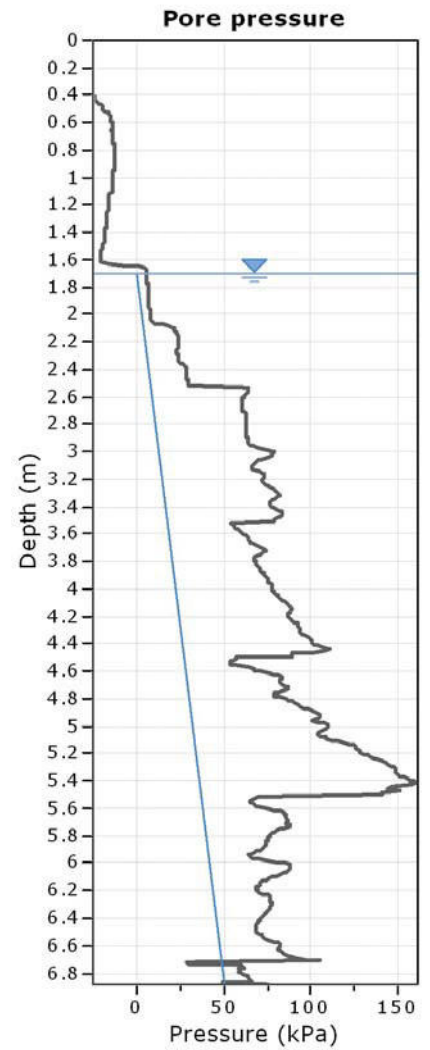
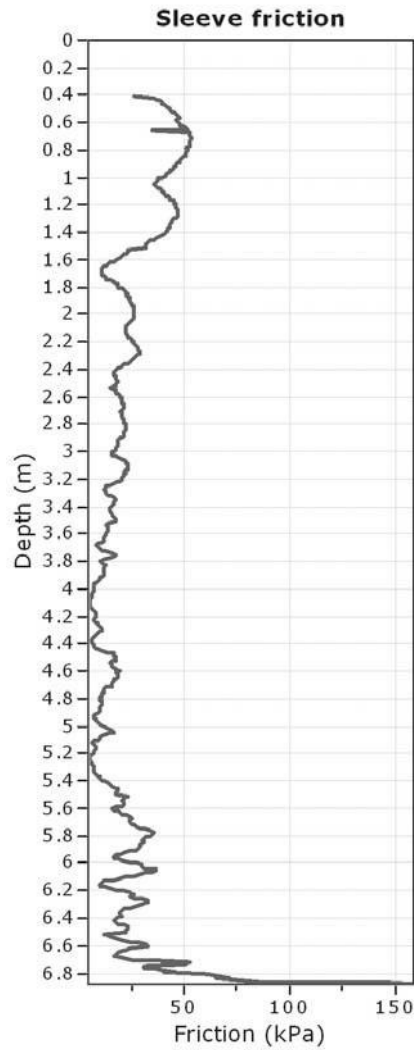
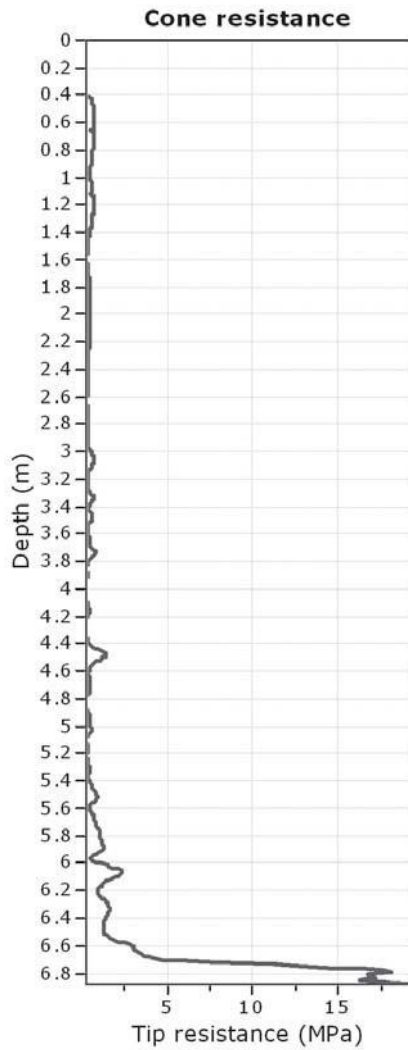
Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia  
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

### ***ALLEGATO N° 1***

## ***Prove penetrometriche statiche CPT e CPTU corredate di interpretazione geotecnica***

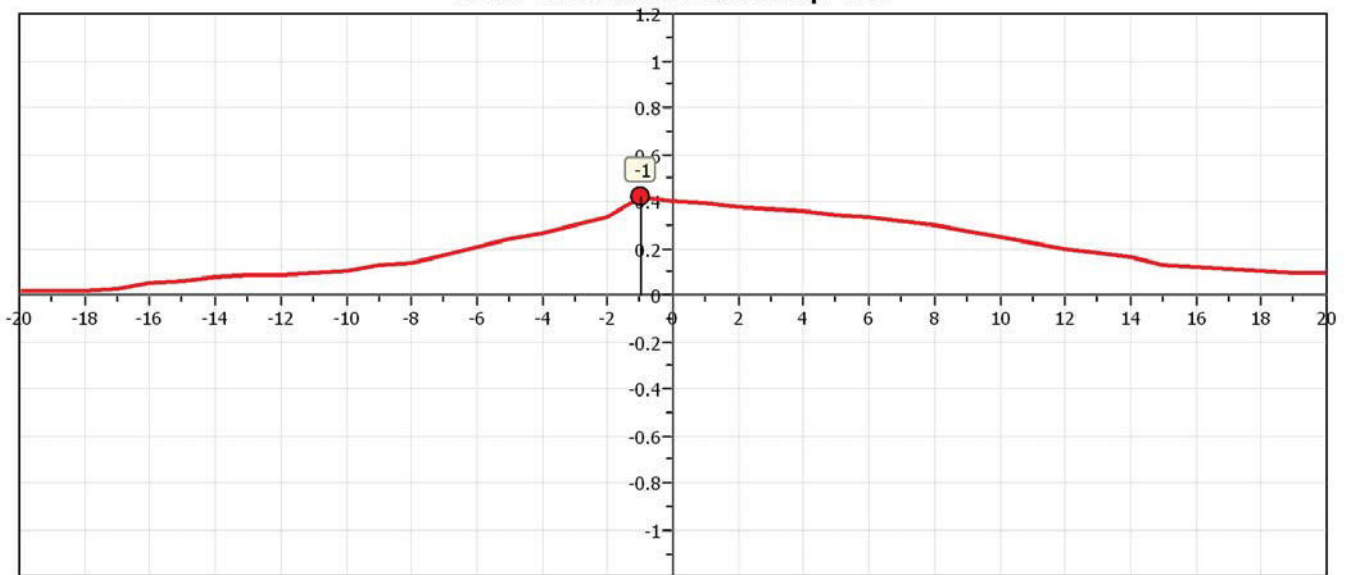
**Project:**

**Location:**

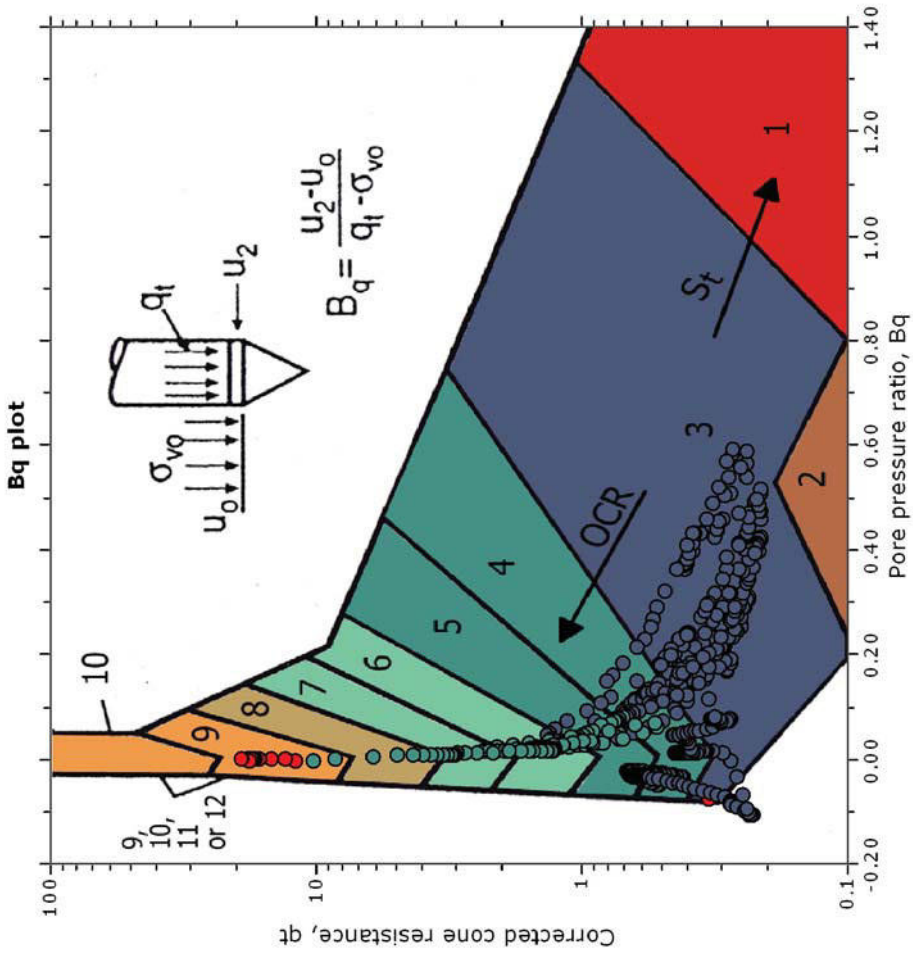
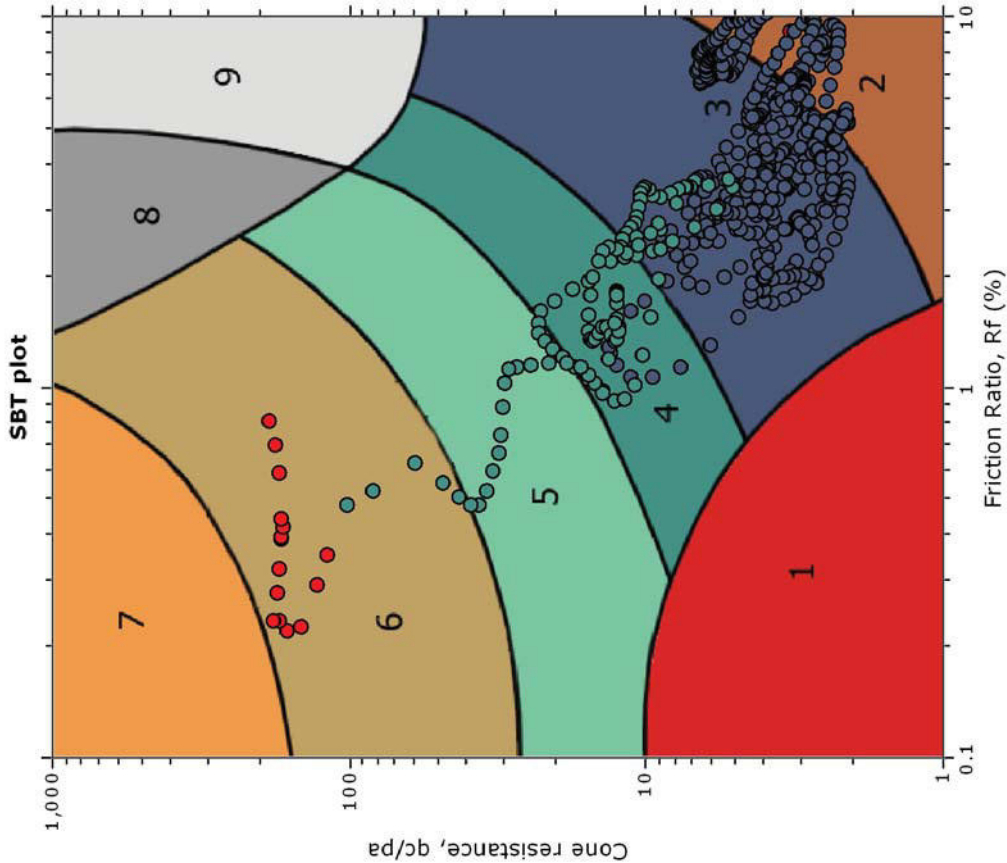


The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw  $q_c$  and  $f_s$  values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

**Cross correlation between  $q_c$  &  $f_s$**



**SBT - Bq plots**

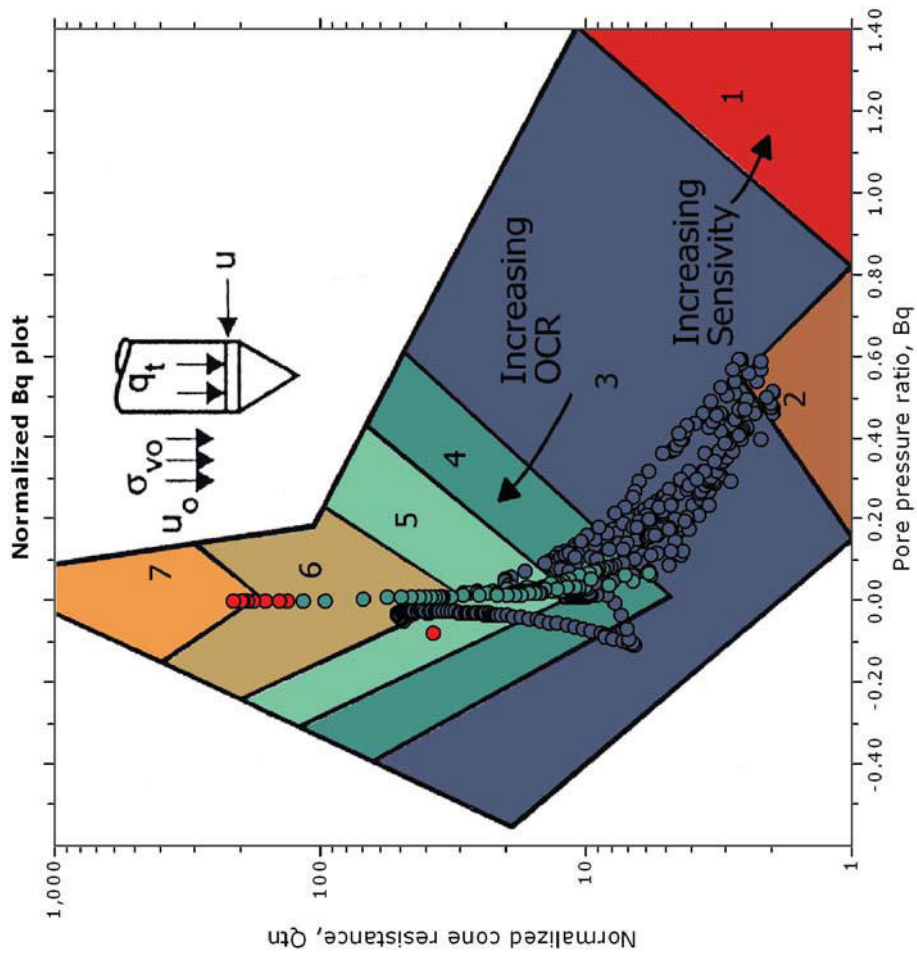
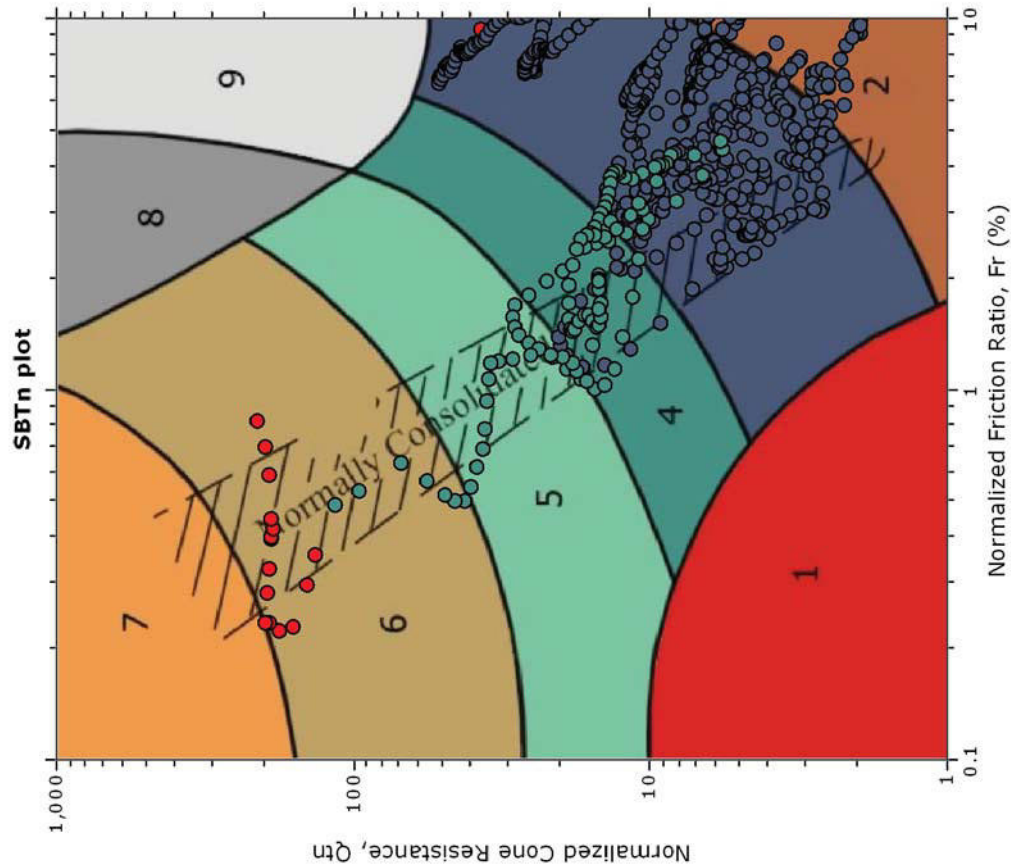


**SBT legend**

- 1. Sensitive fine grained
- 2. Organic material
- 3. Clay to silty clay
- 4. Clayey silt to silty clay
- 5. Silty sand to sandy silt
- 6. Clean sand to silty sand
- 7. Gravely sand to sand
- 8. Very stiff sand to clayey sand
- 9. Very stiff fine grained

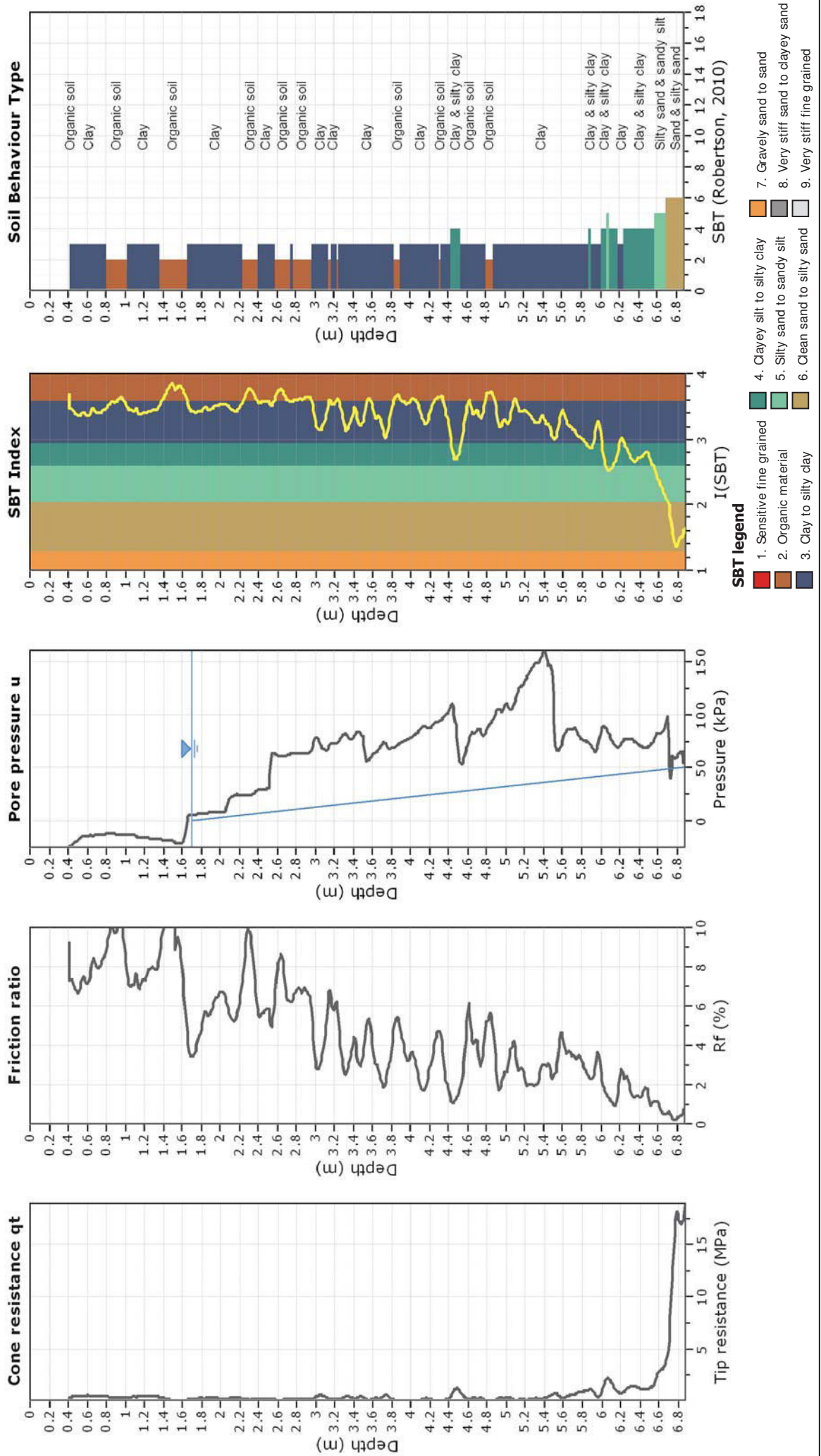


**SBT - Bq plots (normalized)**

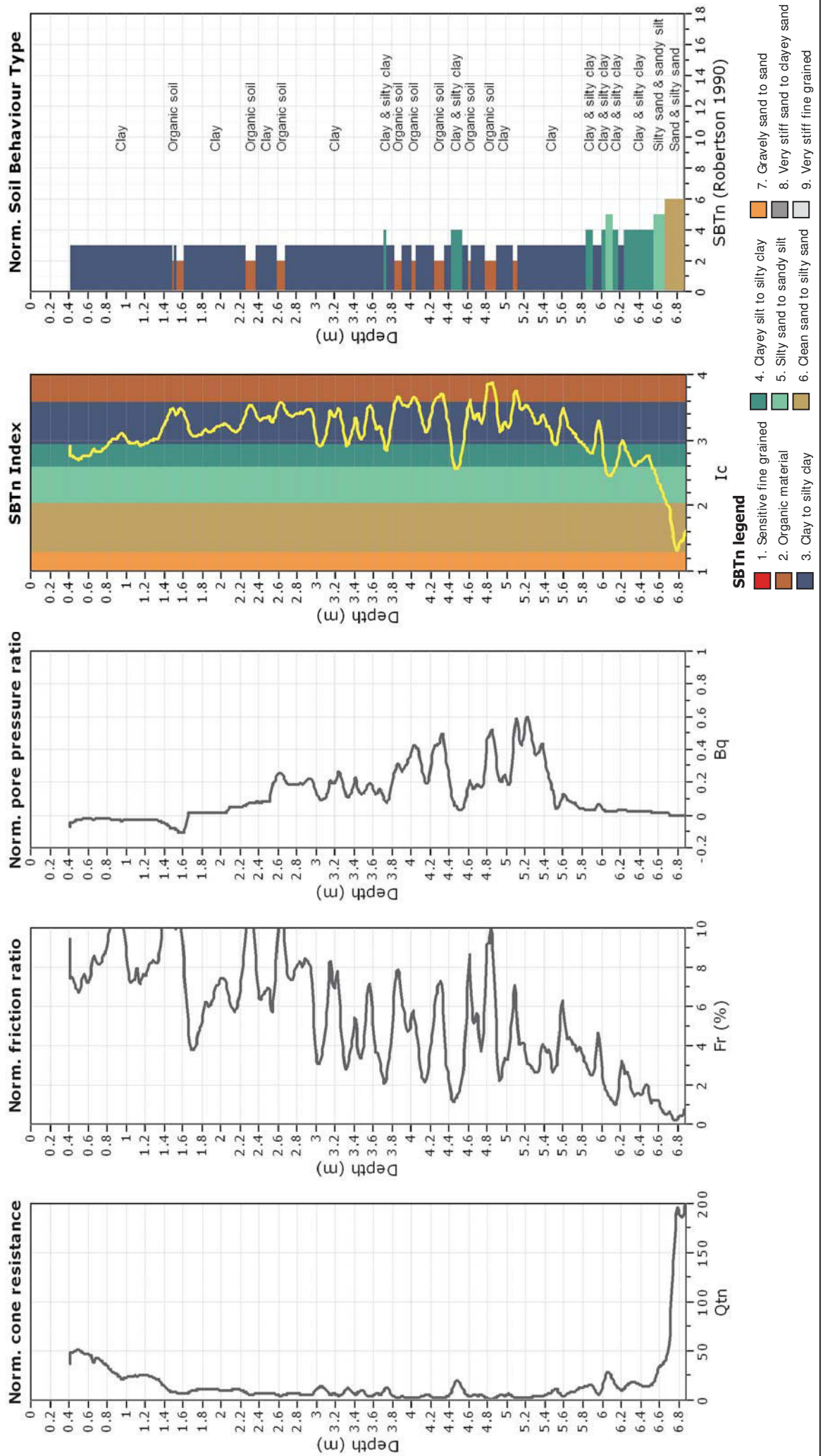


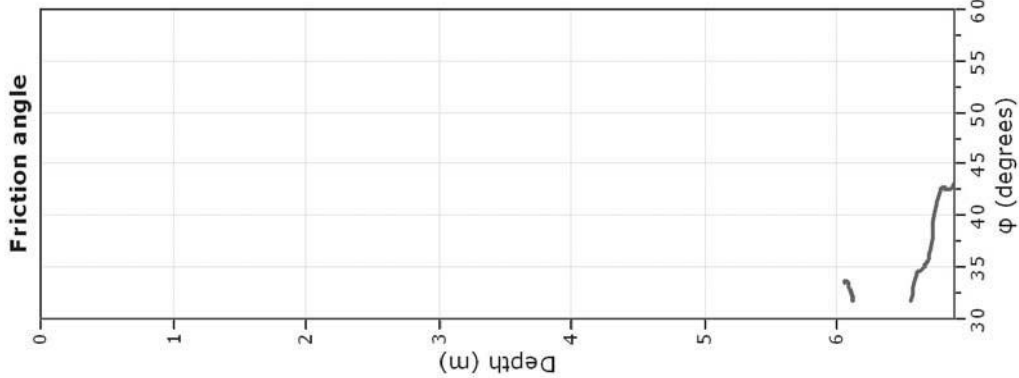
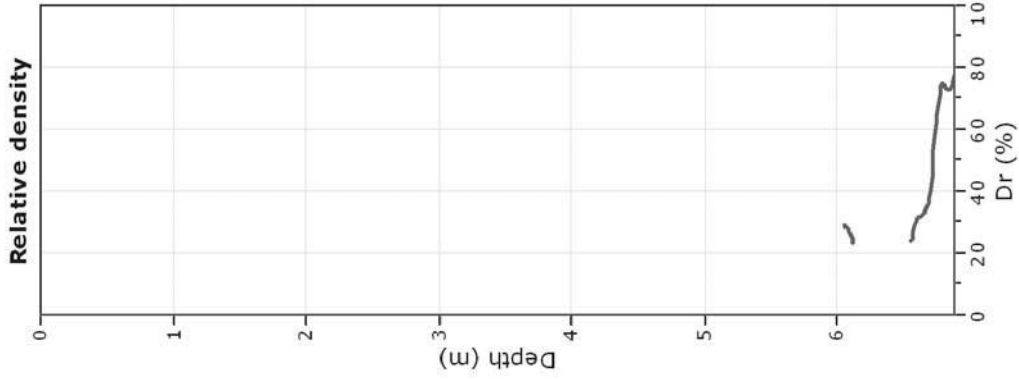
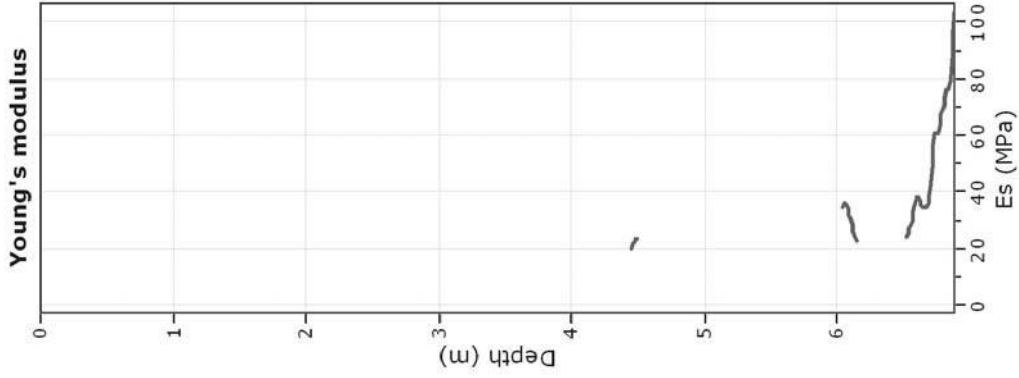
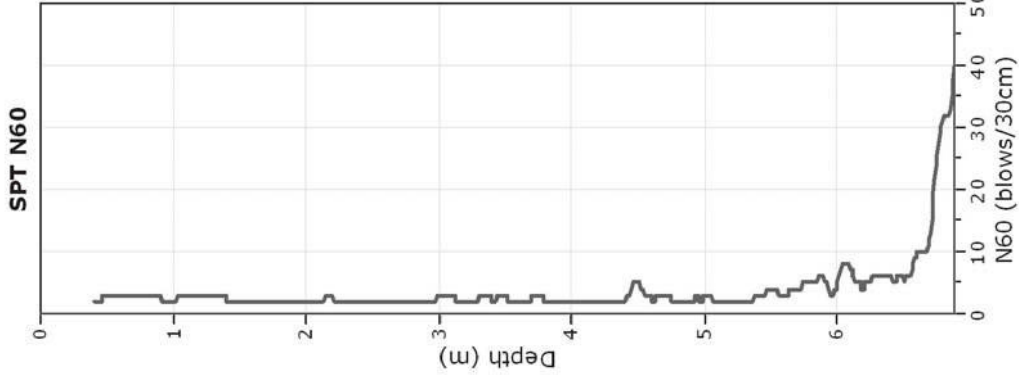
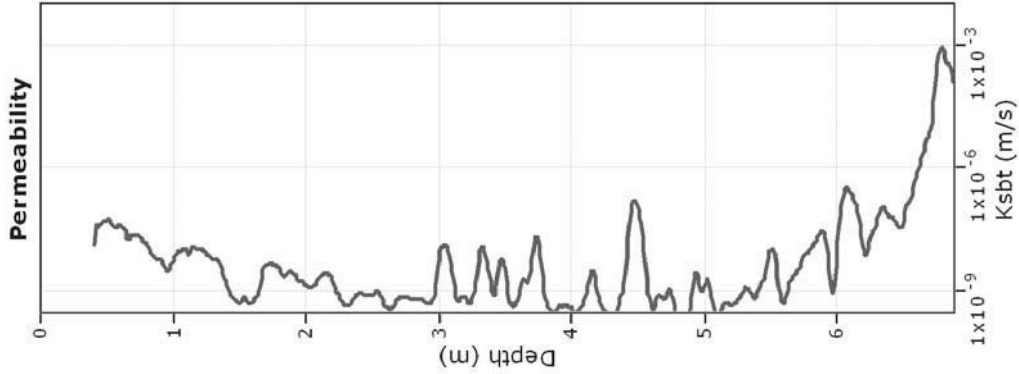
**SBTn legend**

- 1. Sensitive fine grained
- 2. Organic material
- 3. Clay to silty clay
- 4. Clayey silt to silty clay
- 5. Silty sand to sandy silt
- 6. Clean sand to silty sand
- 7. Gravely sand to sand
- 8. Very stiff sand to clayey sand
- 9. Very stiff fine grained



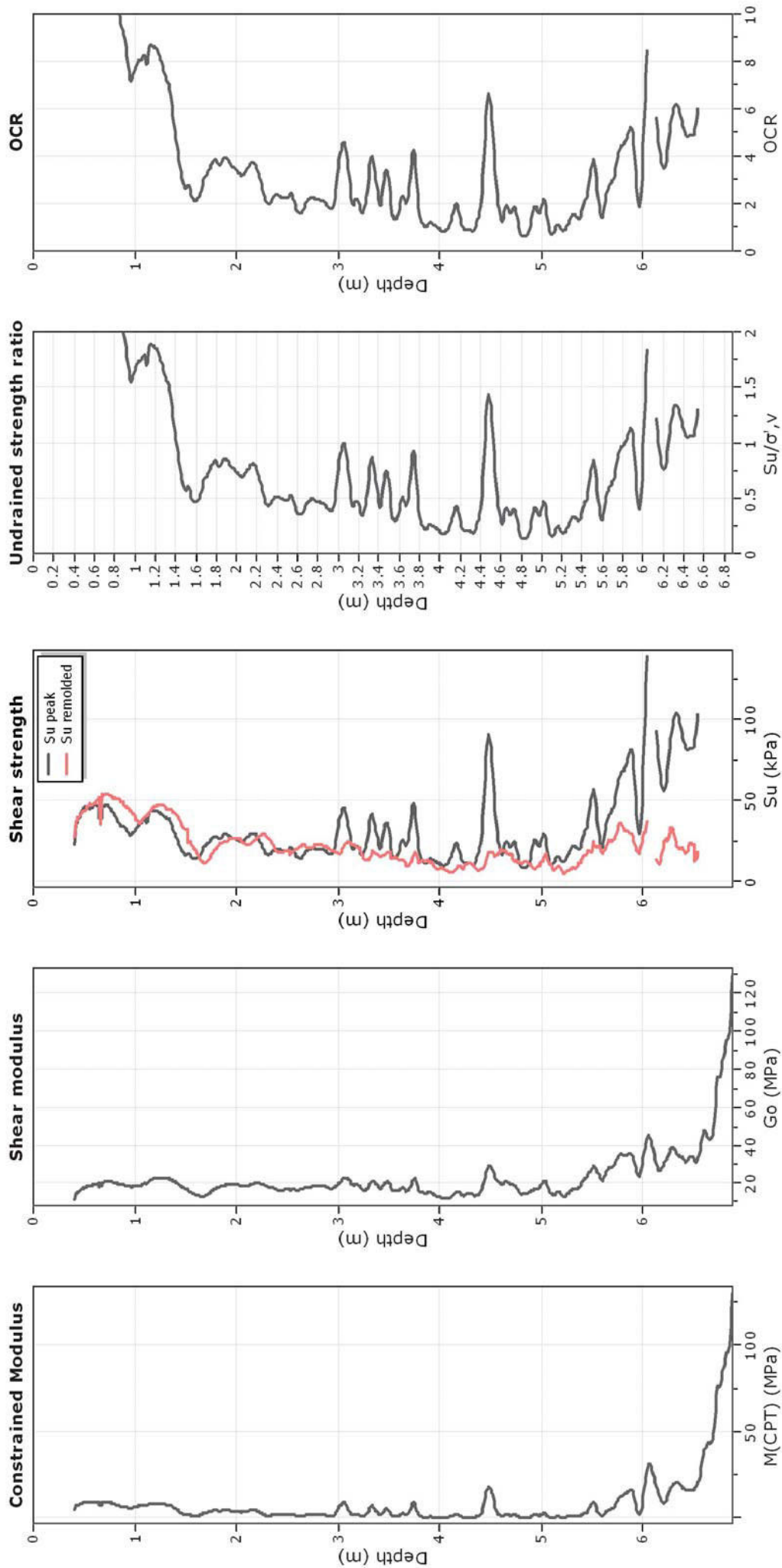






**Calculation parameters**

Permeability: Based on  $SBT_n$   
SPT  $N_{60}$ : Based on  $I_c$  and  $q_t$   
Young's modulus: Based on variable alpha using  $I_c$  (Robertson, 2009) Relative density constant,  $C_{Dr}$ : 350.0  
Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990) Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)  
User defined estimation data User defined estimation data



**Calculation parameters**

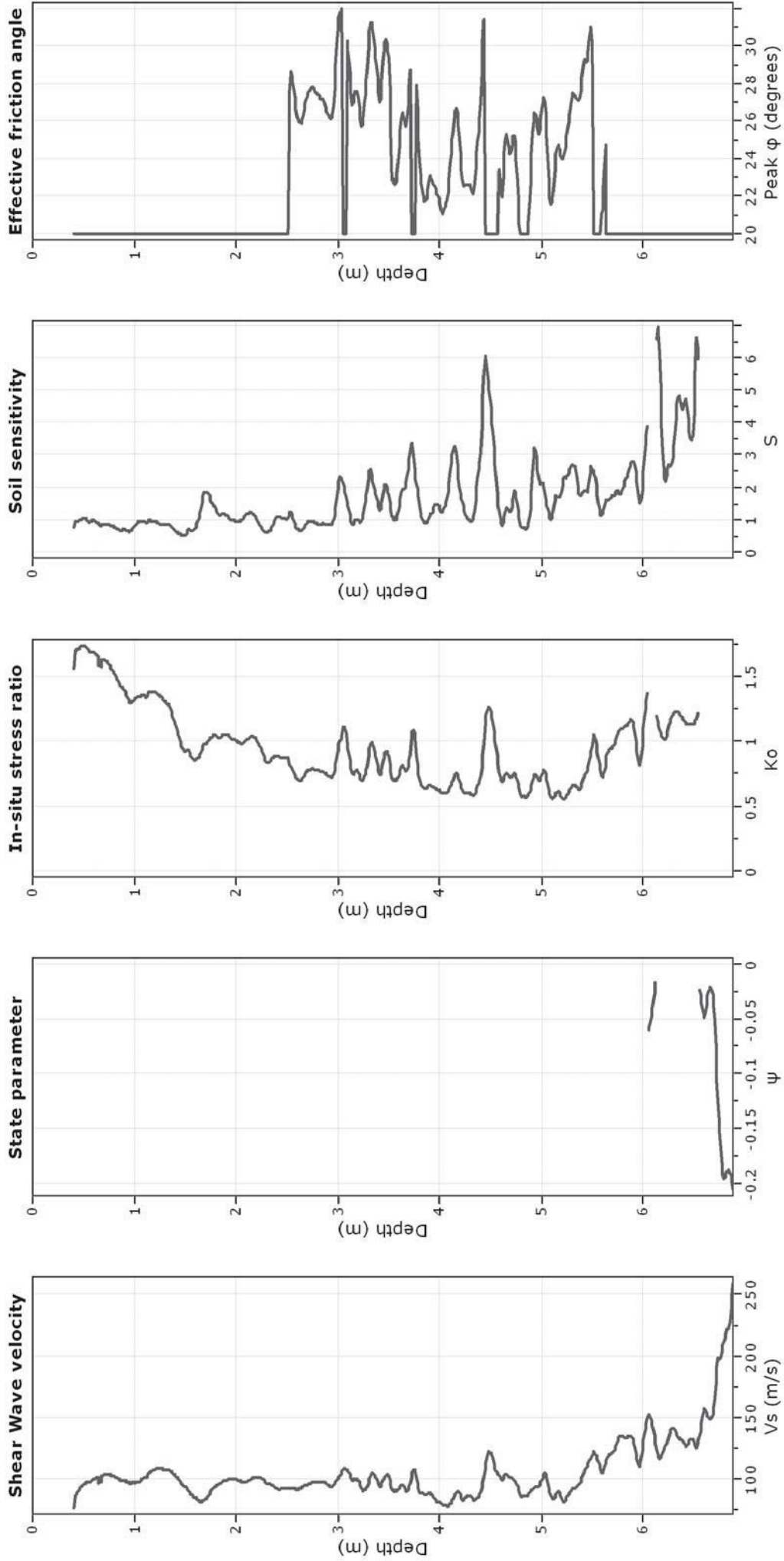
Constrained modulus: Based on variable  $\alpha/\beta$  using  $I_c$  and  $Q_{ln}$  (Robertson, 2009)

Go: Based on variable  $\alpha/\beta$  using  $I_c$  (Robertson, 2009)

Undrained shear strength cone factor for clays,  $N_{kt}$ : 14

OCR factor for clays,  $N_{kt}$ : 0.33

● User defined estimation data



**Calculation parameters**

Soil Sensitivity factor,  $N_s$ : 7.00

● User defined estimation data



## LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:  
GOUDA 200 kN -

Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing$  35.7 mm, area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura:  $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ( $\varnothing = 35.7 \text{ mm} - h = 133 \text{ mm} - A_m = 150 \text{ cm}^2$ )
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm/sec}$  ( $\pm 0,5 \text{ cm / sec}$ )
- spinta max nominale dello strumento  $S_{max}$  variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione  $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$   
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta:  $q_c \text{ (MPa)} = (L_1) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale:  $f_s \text{ (kPa)} = [(L_2) - (L_1)] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale:  $R_t \text{ (kPa)} = (L_t) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l'infissione della sola punta (fase 1)
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (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  $CT$ .

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

### CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N  $\approx$  100 kg = 0,1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N  $\approx$  100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m<sup>2</sup> = 0,001 MN/m<sup>2</sup> = 0,001 MPa  $\approx$  0,1 t/m<sup>2</sup> = 0,01 kg/cm<sup>2</sup>

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m<sup>2</sup> = 1.000 kN/m<sup>2</sup> = 1000 kPa  $\approx$  100 t/m<sup>2</sup> = 10 kg/cm<sup>2</sup>

1 kg/cm<sup>2</sup> = 10 t/m<sup>2</sup>  $\approx$  100 kN/m<sup>2</sup> = 100 kPa = 0,1 MN/m<sup>2</sup> = 0,1 MPa

1 t = 1000 kg  $\approx$  10 kN

## LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

Valutazioni in base al rapporto:  $F = (q_c / f_s)$

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 1470 \text{ kPa}$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$1470 \text{ kPa} < F \leq 2940 \text{ kPa}$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$2940 \text{ kPa} < F \leq 5880 \text{ kPa}$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 5880 \text{ kPa}$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

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

- 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.

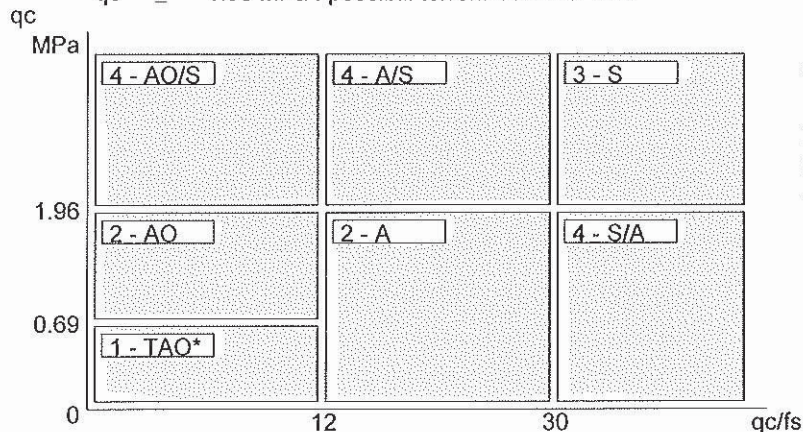


## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

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

$q_c \leq 1.96 \text{ MPa}$  : possibili terreni COESIVI  
 $q_c \geq 1.96 \text{ MPa}$  : possibili terreni GRANULARI

anche se  $(q_c / f_s) > 30$   
anche se  $(q_c / f_s) < 30$



NATURA LITOLOGICA  
1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIM.  
2 - COESIVA IN GENERE  
3 - GRANULARE  
4 - COESIVA / GRANULARE

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

- $\gamma'$  = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [ correlazioni :  $\gamma'$  -  $q_c$  - natura ] ( Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982 )
- $\sigma'_{vo}$  = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno ( valutata in base ai valori di  $\gamma'$  )
- $C_u$  = coesione non drenata (terreni coesivi ) [ correlazioni :  $C_u$  -  $q_c$  ]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi ) [ correlazioni : OCR -  $C_u$  -  $\sigma'_{vo}$  ] ( Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983 )
- $E_u$  = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [ correl. :  $E_u$  -  $C_u$  - OCR -  $I_p$   $I_p$ = ind.plast.]  
 $E_{u50}$  -  $E_{u25}$  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 :  $E'$  -  $q_c$  ]  
 $E'_{50}$  -  $E'_{25}$  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 ed altri 1983 )
- $M_o$  = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [ correl. :  $M_o$  -  $q_c$  - natura ]  
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973 )
- $D_r$  = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)  
[ correlazioni :  $D_r$  -  $R_p$  -  $\sigma'_{vo}$  (Schmertmann 1976 ) ]
- $\emptyset'$  = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C. ) [ correl. :  $\emptyset'$  -  $D_r$  -  $q_c \sigma'_{vo}$  )  
 $\emptyset'_{Ca}$  - Caquot (1948)  $\emptyset'_{Ko}$  - Koppejan (1948)  
 $\emptyset'_{DB}$  - De Beer (1965)  $\emptyset'_{Sc}$  - Schmertmann (1978)  
 $\emptyset'_{DM}$  - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.)  $\emptyset'_{Me}$  - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione ( terreni granulari )  
(  $g$  = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976 ) [ correlazioni : ( $A_{max}/g$ ) -  $D_r$  ]
- $V_s$  = velocità di propagazione delle onde sismiche ( Iyisan 1996 )

<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>CPT</b>	<b>1</b>
	riferimento	<b>857-2017</b>
	certificato n°	7988

Committente: <b>studio tecnico</b>	U.M.: <b>MPa</b>	Data esec.: <b>15/06/2017</b>
Cantiere: <b>studio del terreno di fondazione</b>	Pagina: <b>1/4</b>	Data certificato: <b>15/06/2017</b>
Località: <b>Castelfranco svincolo via Emilia, via Cartiera</b>	Elaborato:	Falda: <b>-1.70 m da p.c.</b>

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.00	0.00		0.00	133.00	0									
0.40	90.00	110.00		8.82	227.00	40	2.5								
0.60	40.00	74.00		3.92	240.00	17	6.0								
0.80	43.00	79.00		4.21	107.00	40	2.5								
1.00	14.00	30.00		1.37	73.00	19	5.2								
1.20	11.00	22.00		1.08	93.00	12	8.5								
1.40	10.00	24.00		0.98	53.00	19	5.3								
1.60	8.00	16.00		0.78	33.00	24	4.1								
1.80	5.00	10.00		0.49	40.00	13	8.0								
2.00	5.00	11.00		0.49	33.00	15	6.6								
2.20	6.00	11.00		0.59	40.00	15	6.7								
2.40	8.00	14.00		0.78	47.00	17	5.9								
2.60	7.00	14.00		0.69	47.00	15	6.7								
2.80	7.00	14.00		0.69	13.00	54	1.9								
3.00	3.00	5.00		0.29	13.00	23	4.3								
3.20	2.00	4.00		0.20	13.00	15	6.5								
3.40	3.00	5.00		0.29	20.00	15	6.7								
3.60	3.00	6.00		0.29	13.00	23	4.3								
3.80	2.00	4.00		0.20	20.00	10	10.0								
4.00	3.00	6.00		0.29	27.00	11	9.0								
4.20	4.00	8.00		0.39	27.00	15	6.8								
4.40	4.00	8.00		0.39	20.00	20	5.0								
4.60	5.00	8.00		0.49	33.00	15	6.6								
4.80	5.00	10.00		0.49	33.00	15	6.6								
5.00	5.00	10.00		0.49	20.00	25	4.0								
5.20	4.00	7.00		0.39	40.00	10	10.0								
5.40	6.00	12.00		0.59	20.00	30	3.3								
5.60	4.00	7.00		0.39	20.00	20	5.0								
5.80	4.00	7.00		0.39	27.00	15	6.8								
6.00	8.00	12.00		0.78	27.00	30	3.4								
6.20	8.00	12.00		0.78	40.00	20	5.0								
6.40	10.00	16.00		0.98	67.00	15	6.7								
6.60	10.00	20.00		0.98	40.00	25	4.0								
6.80	8.00	14.00		0.78	47.00	17	5.9								
7.00	9.00	16.00		0.88	53.00	17	5.9								
7.20	36.00	44.00		3.53	160.00	23	4.4								
7.40	76.00	100.00		7.45	100.00	76	1.3								
7.60	80.00	95.00		7.84	127.00	63	1.6								
7.80	56.00	75.00		5.49	93.00	60	1.7								
8.00	21.00	35.00		2.06	200.00	11	9.5								
8.20	200.00	230.00		19.60	267.00	75	1.3								
8.40	160.00	200.00		15.68	140.00	114	0.9								
8.60	50.00	71.00		4.90	120.00	42	2.4								
8.80	50.00	68.00		4.90	113.00	44	2.3								
9.00	20.00	37.00		1.96	200.00	10	10.0								
9.20	170.00	200.00		16.66	333.00	51	2.0								
9.40	250.00	300.00		24.50	200.00	125	0.8								
9.60	290.00	320.00		28.42	333.00	87	1.1								
9.80	300.00	350.00		29.40	333.00	90	1.1								
10.00	350.00	400.00		34.30											

H = profondità  
L1 = prima lettura (punta)  
L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
Lt = terza lettura (totale)  
CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta  
fs = resistenza laterale calcolata  
0.20 m sopra quota qc  
F = rapporto Begemann (qc / fs)  
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100



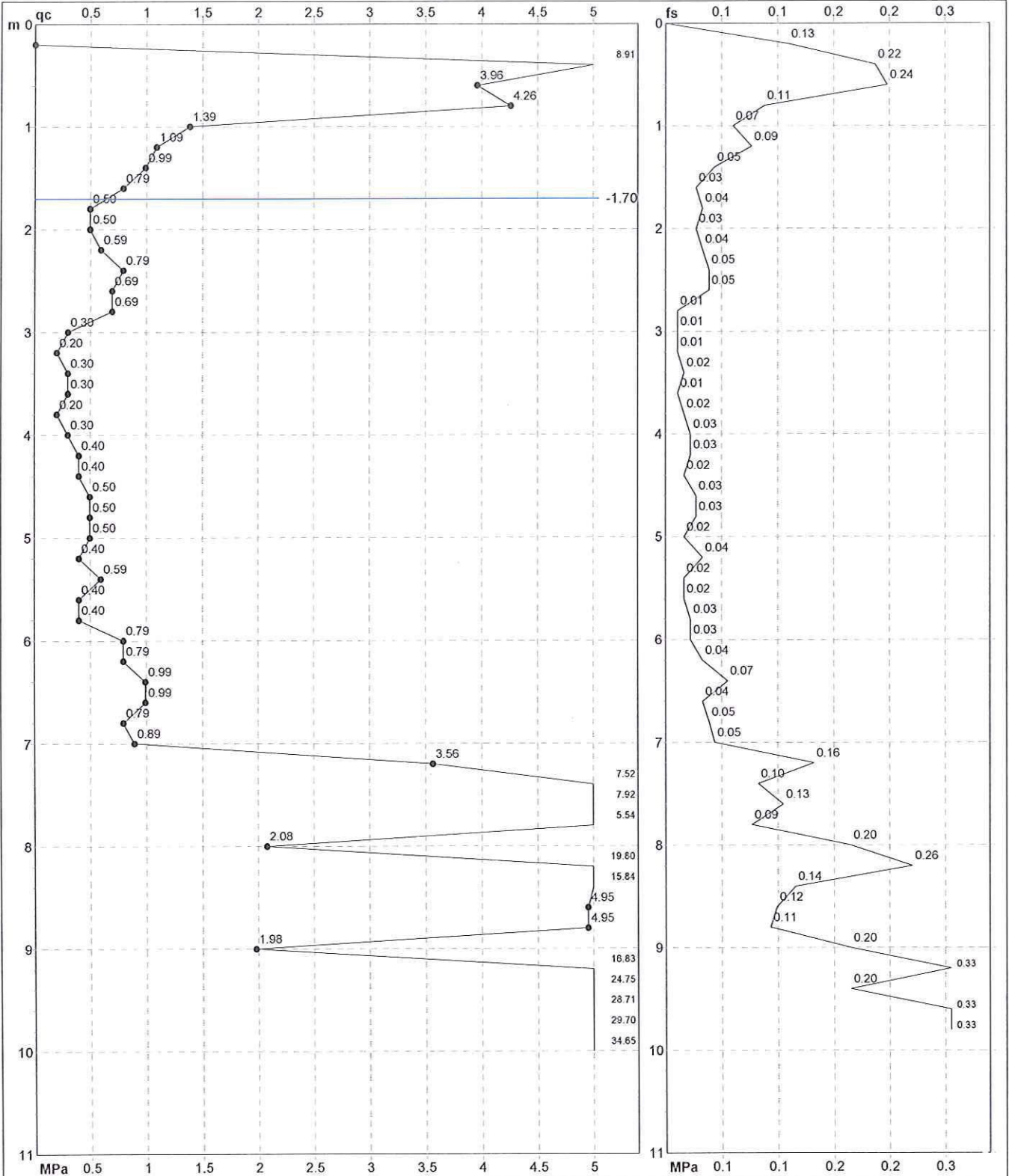
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

<b>CPT</b>	<b>1</b>
riferimento	857-2017
certificato n°	7988

Committente: studio tecnico  
Cantiere: studio del terreno di fondazione  
Località: Castelfranco svincolo via Emilia, via Cartiera

U.M.: MPa      Data exec.: 15/06/2017  
Scala: 1:55  
Pagina: 2/4      Data collaudo: 15/06/2017  
Elaborato:      Falda: -1.70 m da p.c.



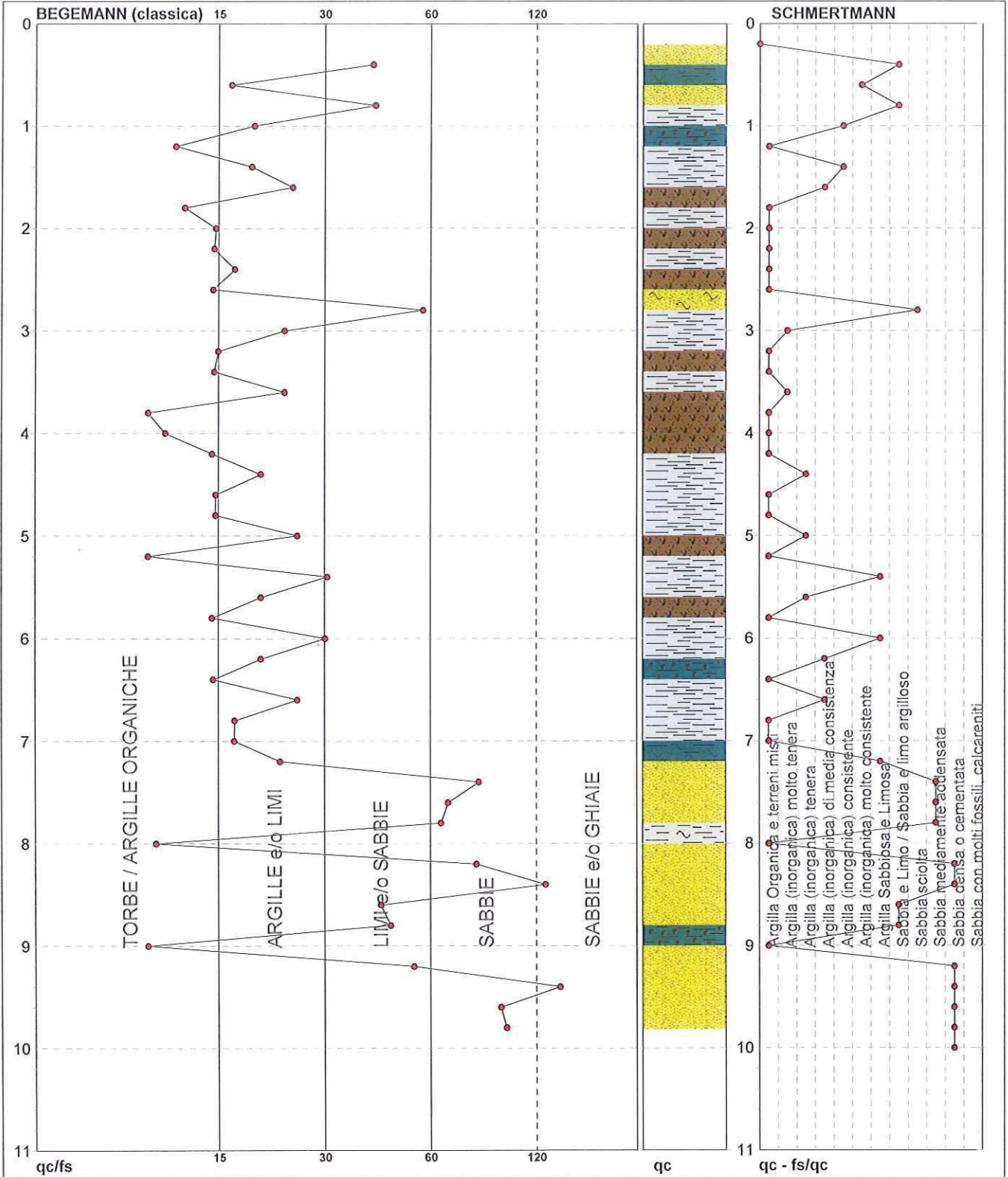
Penetrometro: GOUDA 200 kN	Preforo: -0.20 m
Responsabile:	Corr.astine: kN/ml
Assistente:	Cod. punta:

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIAGRAMMI LITOLOGIA**

<b>CPT</b>	<b>1</b>
riferimento	<b>857-2017</b>
certificato n°	7988

Committente: studio tecnico  
Cantiere: studio del terreno di fondazione  
Località: Castelfranco svincolo via Emilia, via Cartiera

U.M.: MPa      Data exec.: 15/06/2017  
Scala: 1:55  
Pagina: 3/4      Data certificato: 15/06/2017  
Elaborato:      Falda: -1.70 m da p.c.



Torbe / Argille org :	14 punti, 25.93%	Argilla Organica e terreni misti:	20 punti, 37.04%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	3 punti, 5.56%
Argille e/o Limi :	21 punti, 38.89%	Argilla (inorganica) molto tenera:	2 punti, 3.70%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg :	4 punti, 7.41%
Limi e/o Sabbie :	6 punti, 11.11%	Argilla (inorganica) tenera:	3 punti, 5.56%	Sabbia sciolta:	1 punto, 1.85%
Sabbie:	7 punti, 12.96%	Argilla (inorganica) media consist.:	3 punti, 5.56%	Sabbia mediamente addensata:	3 punti, 5.56%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punto, 1.85%	Argilla (inorganica) consistente:	2 punti, 3.70%	Sabbia densa o cementata:	6 punti, 11.11%
		Argilla (inorganica) molto consist.:	1 punto, 1.85%		





## **GEO GROUP s.r.l.**

Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia  
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

### ***Prove penetrometriche statiche CPT realizzate dalla Ditta Intergeo***

## LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:  
TG63-200 - Pagani - Piacenza

Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing$  35.7 mm, area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura:  $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ( $\varnothing = 35.7 \text{ mm} - h = 133 \text{ mm} - A_m = 150 \text{ cm}^2$ )
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm/sec}$  ( $\pm 0,5 \text{ cm / sec}$ )
- spinta max nominale dello strumento  $S_{max}$  variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione  $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$   
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta:  $q_c \text{ (MPa)} = (L_1) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale:  $f_s \text{ (kPa)} = [(L_2) - (L_1)] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale:  $R_t \text{ (kPa)} = (L_t) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta ( fase 1 )
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto ( fase 2 )
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne ( 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  $CT$  .

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

### CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N  $\approx$  100 kg = 0,1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N  $\approx$  100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m<sup>2</sup> = 0,001 MN/m<sup>2</sup> = 0,001 MPa  $\approx$  0,1 t/m<sup>2</sup> = 0,01 kg/cm<sup>2</sup>

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m<sup>2</sup> = 1.000 kN/m<sup>2</sup> = 1000 kPa  $\approx$  100 t/m<sup>2</sup> = 10 kg/cm<sup>2</sup>

1 kg/cm<sup>2</sup> = 10 t/m<sup>2</sup>  $\approx$  100 kN/m<sup>2</sup> = 100 kPa = 0,1 MN/m<sup>2</sup> = 0,1 MPa

1 t = 1000 kg  $\approx$  10 kN

## LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

Valutazioni in base al rapporto:  $F = (q_c / f_s)$

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 1470 \text{ kPa}$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$1470 \text{ kPa} < F \leq 2940 \text{ kPa}$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$2940 \text{ kPa} < F \leq 5880 \text{ kPa}$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 5880 \text{ kPa}$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

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

- 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.







**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

<b>CPT</b>	<b>1</b>
riferimento	<b>854-2017</b>
certificato n°	7982

Committente:		U.M.:	MPa	Data esec.:	18/03/2009
Cantiere:	studio del terreno di fondazione	Pagina:	1/4	Data certificato:	13/06/2017
Località:	castelfranco Via emilia	Elaborato:		Falda:	Assente

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	MPa	kPa	-	%	m	-	-	-	MPa	kPa	-	%
0.20	0.00	0.00		0.00	0.00			15.20	12.00	18.00		1.18	53.00	23	4.4
0.40	0.00	0.00		0.00	0.00			15.40	10.00	18.00		0.98	53.00	19	5.3
0.60	0.00	0.00		0.00	67.00	0		15.60	8.00	16.00		0.78	53.00	15	6.6
0.80	40.00	50.00		3.92	80.00	50	2.0	15.80	8.00	16.00		0.78	53.00	15	6.6
1.00	30.00	42.00		2.94	93.00	32	3.1	16.00	12.00	20.00		1.18	53.00	23	4.4
1.20	18.00	32.00		1.76	93.00	19	5.2	16.20	14.00	22.00		1.37	67.00	21	4.8
1.40	14.00	28.00		1.37	80.00	18	5.7	16.40	10.00	20.00		0.98	53.00	19	5.3
1.60	12.00	24.00		1.18	93.00	13	7.8	16.60	10.00	18.00		0.98	53.00	19	5.3
1.80	12.00	26.00		1.18	67.00	18	5.6	16.80	12.00	20.00		1.18	53.00	23	4.4
2.00	10.00	20.00		0.98	53.00	19	5.3	17.00	10.00	18.00		0.98	53.00	19	5.3
2.20	10.00	18.00		0.98	53.00	19	5.3	17.20	8.00	16.00		0.78	53.00	15	6.6
2.40	12.00	20.00		1.18	53.00	23	4.4	17.40	8.00	16.00		0.78	53.00	15	6.6
2.60	10.00	18.00		0.98	40.00	25	4.0	17.60	10.00	18.00		0.98	67.00	15	6.7
2.80	8.00	14.00		0.78	40.00	20	5.0	17.80	12.00	22.00		1.18	80.00	15	6.7
3.00	8.00	12.00		0.59	27.00	22	4.5	18.00	14.00	26.00		1.37	67.00	21	4.8
3.20	6.00	10.00		0.59	27.00	22	4.5	18.20	12.00	22.00		1.18	80.00	15	6.7
3.40	4.00	8.00		0.39	27.00	15	6.8	18.40	14.00	26.00		1.37	67.00	21	4.8
3.60	6.00	10.00		0.59	27.00	22	4.5	18.60	12.00	22.00		1.18	53.00	23	4.4
3.80	8.00	12.00		0.78	27.00	30	3.4	18.80	10.00	18.00		0.98	67.00	15	6.7
4.00	8.00	12.00		0.78	27.00	30	3.4	19.00	10.00	20.00		0.98	67.00	15	6.7
4.20	4.00	8.00		0.39	27.00	15	6.8	19.20	14.00	24.00		1.37	107.00	13	7.6
4.40	6.00	10.00		0.59	27.00	22	4.5	19.40	16.00	32.00		1.57	93.00	17	5.8
4.60	4.00	8.00		0.39	27.00	15	6.8	19.60	18.00	32.00		1.76	147.00	12	8.2
4.80	6.00	10.00		0.59	27.00	22	4.5	19.80	24.00	46.00		2.35	147.00	16	6.1
5.00	6.00	10.00		0.59	27.00	22	4.5	20.00	26.00	48.00		2.55	213.00	12	8.2
5.20	4.00	8.00		0.39	27.00	15	6.8	20.20	32.00	64.00		3.14	160.00	20	5.0
5.40	6.00	10.00		0.59	27.00	22	4.5	20.40	28.00	52.00		2.74	147.00	19	5.3
5.60	8.00	12.00		0.78	40.00	20	5.0	20.60	20.00	42.00		1.96	133.00	15	6.7
5.80	10.00	16.00		0.98	40.00	25	4.0	20.80	16.00	36.00		1.57	93.00	17	5.8
6.00	8.00	14.00		0.78	53.00	15	6.6	21.00	14.00	28.00		1.37	80.00	18	5.7
6.20	10.00	18.00		0.98	67.00	15	6.7	21.20	12.00	24.00		1.18	87.00	14	7.3
6.40	12.00	22.00		1.18	53.00	23	4.4	21.40	12.00	25.00		1.18	80.00	15	6.7
6.60	12.00	20.00		1.18	53.00	23	4.4	21.60	16.00	28.00		1.57	107.00	15	6.7
6.80	14.00	22.00		1.37	67.00	21	4.8	21.80	24.00	40.00		2.35	107.00	22	4.5
7.00	14.00	24.00		1.37	67.00	21	4.8	22.00	20.00	36.00		1.96	107.00	19	5.4
7.20	16.00	26.00		1.57	80.00	20	5.0	22.20	16.00	32.00		1.57	120.00	13	7.5
7.40	18.00	30.00		1.76	120.00	15	6.7	22.40	18.00	36.00		1.76	120.00	15	6.7
7.60	20.00	38.00		1.96	120.00	17	6.0	22.60	24.00	42.00		2.35	120.00	20	5.0
7.80	24.00	42.00		2.35	93.00	26	3.9	22.80	32.00	50.00		3.14	80.00	40	2.5
8.00	26.00	40.00		2.55	93.00	28	3.6	23.00	60.00	72.00		5.88	107.00	56	1.8
8.20	20.00	34.00		1.96	80.00	25	4.0	23.20	84.00	100.00		8.23	133.00	63	1.6
8.40	18.00	30.00		1.76	80.00	23	4.4	23.40	100.00	120.00		9.80	133.00	75	1.3
8.60	20.00	32.00		1.96	80.00	25	4.0	23.60	140.00	160.00		13.72	133.00	105	1.0
8.80	24.00	36.00		2.35	100.00	24	4.2	23.80	180.00	200.00		17.64	267.00	67	1.5
9.00	30.00	45.00		2.94	53.00	57	1.8	24.00	200.00	240.00		19.60	133.00	150	0.7
9.20	32.00	40.00		3.14	53.00	60	1.7	24.20	200.00	220.00		19.60	67.00	299	0.3
9.40	40.00	48.00		3.92	40.00	100	1.0	24.40	150.00	160.00		14.70	133.00	113	0.9
9.60	30.00	36.00		2.94	27.00	111	0.9	24.60	140.00	160.00		13.72	133.00	105	1.0
9.80	40.00	44.00		3.92	40.00	100	1.0	24.80	100.00	120.00		9.80	133.00	75	1.3
10.00	50.00	56.00		4.90	80.00	63	1.6	25.00	180.00	200.00		17.64	133.00	135	0.7
10.20	32.00	44.00		3.14	80.00	40	2.5	25.20	200.00	220.00		19.60	133.00	150	0.7
10.40	60.00	72.00		5.88	133.00	45	2.2	25.40	200.00	220.00		19.60	133.00	150	0.7
10.60	80.00	100.00		7.84	93.00	86	1.2	25.60	100.00	120.00		9.80	120.00	83	1.2
10.80	38.00	52.00		3.72	40.00	95	1.1	25.80	82.00	100.00		8.04	160.00	51	2.0
11.00	44.00	50.00		4.31	120.00	37	2.7	26.00	36.00	60.00		3.53	120.00	30	3.3
11.20	82.00	100.00		8.04	133.00	62	1.6	26.20	24.00	42.00		2.35	53.00	45	2.2
11.40	100.00	120.00		9.80	133.00	75	1.3	26.40	16.00	24.00		1.57	80.00	20	5.0
11.60	120.00	140.00		11.76	133.00	90	1.1	26.60	20.00	32.00		1.96	120.00	17	6.0
11.80	180.00	200.00		17.64	267.00	67	1.5	26.80	24.00	42.00		2.35	133.00	18	5.5
12.00	200.00	240.00		19.60	133.00	150	0.7	27.00	20.00	40.00		1.96	120.00	17	6.0
12.20	240.00	260.00		23.52	133.00	180	0.6	27.20	18.00	36.00		1.76	93.00	19	5.2
12.40	180.00	200.00		17.64	267.00	67	1.5	27.40	14.00	28.00		1.37	80.00	18	5.7
12.60	140.00	180.00		13.72	133.00	105	1.0	27.60	12.00	24.00		1.18	53.00	23	4.4
12.80	100.00	120.00		9.80	133.00	75	1.3	27.80	10.00	18.00		0.98	80.00	13	8.0
13.00	180.00	200.00		17.64	133.00	135	0.7	28.00	16.00	28.00		1.57	93.00	17	5.8
13.20	240.00	260.00		23.52	267.00	90	1.1	28.20	16.00	30.00		1.57	93.00	17	5.8
13.40	200.00	240.00		19.60	133.00	150	0.7	28.40	14.00	28.00		1.37	107.00	13	7.6
13.60	140.00	160.00		13.72	133.00	105	1.0	28.60	16.00	32.00		1.57	93.00	17	5.8
13.80	100.00	120.00		9.80	133.00	75	1.3	28.80	20.00	34.00		1.96	120.00	17	6.0
14.00	120.00	140.00		11.76	133.00	90	1.1	29.00	22.00	40.00		2.16	80.00	28	3.6
14.20	80.00	100.00		7.84	160.00	50	2.0	29.20	22.00	34.00		2.16	93.00	24	4.2
14.40	72.00	96.00		7.06	53.00	136	0.7	29.40	26.00	40.00		2.55	120.00	22	4.6
14.60	24.00	32.00		2.35	80.00	30	3.3	29.60	22.00	40.00		2.16	107.00	21	4.9
14.80	12.00	24.00		1.18	40.00	30	3.3	29.80	20.00	36.00		1.96	93.00	22	4.7
15.00	10.00	16.00		0.98	40.00	25	4.0	30.00	18.00	32.00		1.76			

H = profondità  
L1 = prima lettura (punta)  
L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
Lt = terza lettura (totale)  
CT = 10.00 costante di trasformazione

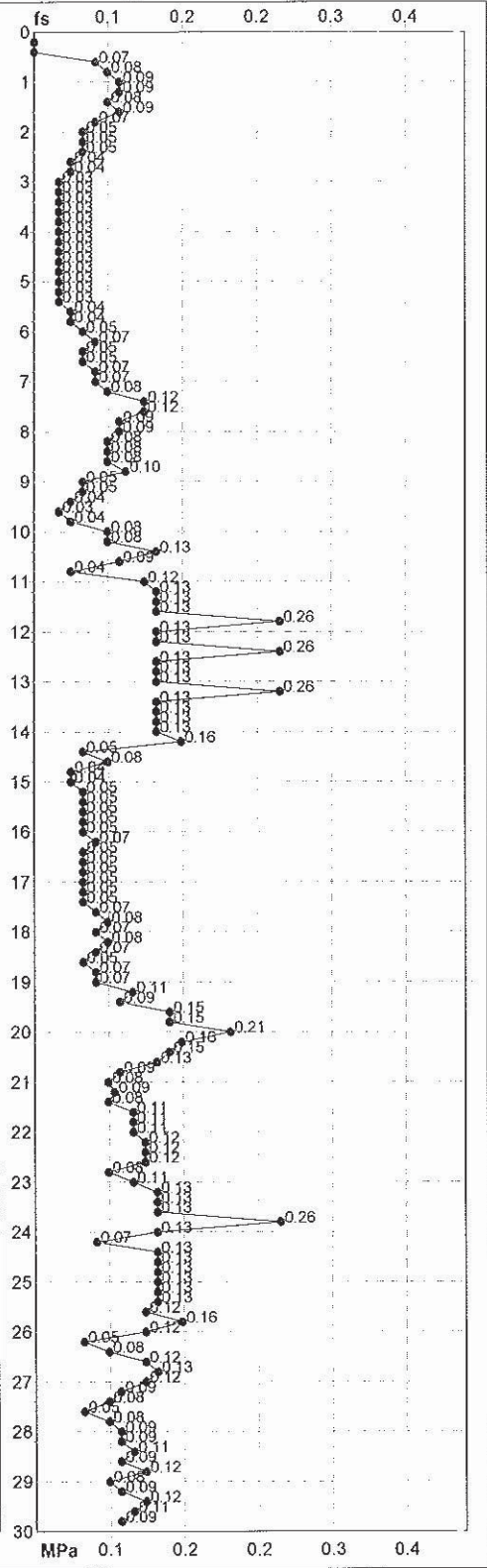
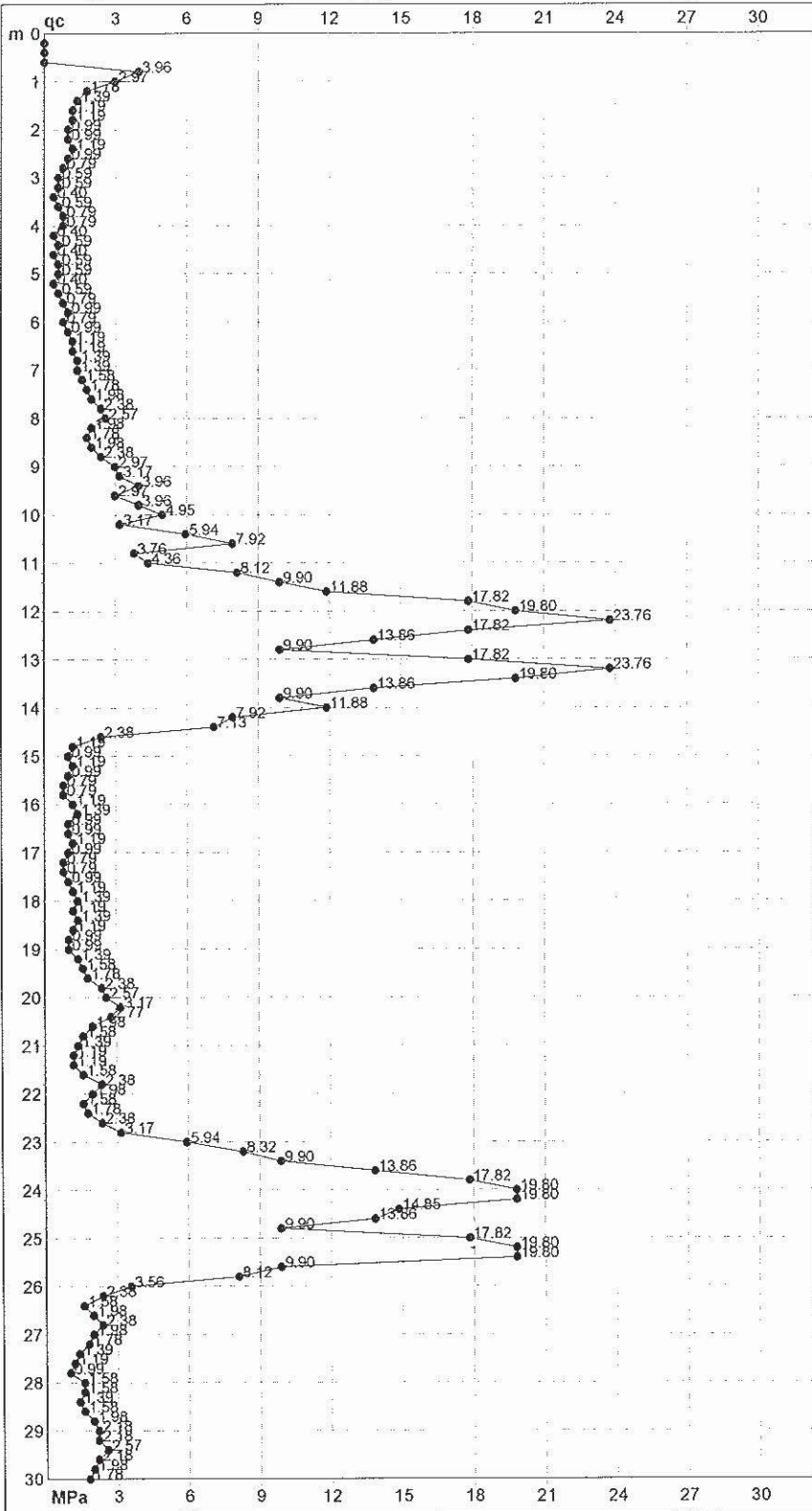
qc = resistenza di punta  
fs = resistenza laterale calcolata  
0.20 m sopra quota qc  
F = rapporto Begemann (qc / fs)  
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100



**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

<b>CPT</b>	<b>1</b>
riferimento	<b>854-2017</b>
certificato n°	7982

Committente:		U.M.:	MPa	Data exec.:	18/03/2009
Cantiere:	studio del terreno di fondazione	Scala:	1:150	Data certificato:	13/06/2017
Località:	castelfranco Via emilia	Pagina:	2/4	Falda:	Assente
		Elaborato:			



	Penetrometro: TG63-200	Preforo: -0.60 m
	Responsabile:	Corr.astine: kN/ml
	Assistente:	Cod. punta:

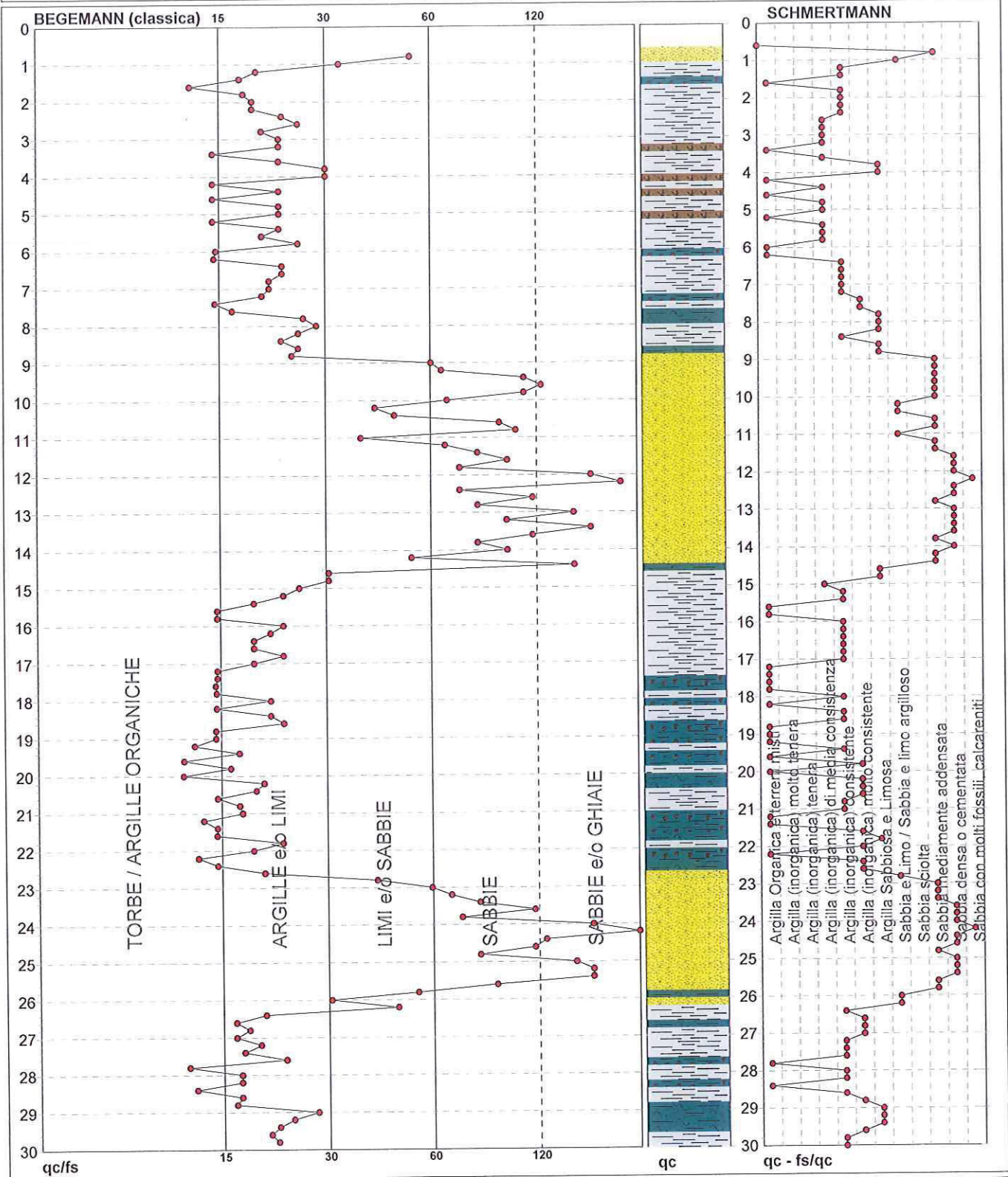
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>1</b>
riferimento	854-2017
certificato n°	7982

Committente:  
Cantiere: studio del terreno di fondazione  
Località: castelfranco Via emilia

U.M.: MPa      Data eseg.: 18/03/2009  
Scala: 1:150  
Pagina: 3/4      Data certificato: 13/06/2017  
Elaborato:      Falda: Assente



Torbe / Argille org. :	25 punti, 16.78%	Argilla Organica e terreni misti:	24 punti, 16.11%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	13 punti, 8.72%
Argille e/o Limi :	77 punti, 51.68%	Argilla (inorganica) media consist.:	12 punti, 8.05%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	7 punti, 4.70%
Limi e/o Sabbie :	11 punti, 7.38%	Argilla (inorganica) consistente:	34 punti, 22.82%	Sabbia mediamente addensata:	21 punti, 14.09%
Sabbie:	26 punti, 17.45%	Argilla (inorganica) molto consist.:	15 punti, 10.07%	Sabbia densa o cementata:	18 punti, 12.08%
Sabbie e/o Ghiaie :	10 punti, 6.71%			Sabbia con molti fossili, calcareniti:	2 punti, 1.34%



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## PARAMETRI GEOTECNICI

<b>CPT</b>	<b>1</b>
riferimento	854-2017
certificato n°	7982

Committente:		U.M.:	MPa	Data exec.:	18/03/2009
Cantiere:	studio del terreno di fondazione	Pagina:	4/4	Data certificato:	13/06/2017
Località:	castelfranco Via emilia	Elaborato:		Falda:	Assente

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' Um³	σ'vo kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE					F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	
							Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	σSc (°)	σCa (°)	σKo (°)	σDB (°)					σDM (°)
0.20	--	--		1.85	3.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
0.40	--	--		1.85	7.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
0.60	--	--		1.85	10.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
0.80	3.92	50.00		1.90	14.6	222	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
1.00	2.94	32.26		1.88	18.3	199	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	6.5	9.8	11.8		
1.20	1.76	19.35		1.98	22.2	184	73.5	28.1	12.5	18.7	5.5	--	--	--	--	--	4.9	7.4	8.8		
1.40	1.37	17.50		1.94	26.0	150	62.4	18.8	10.6	15.9	4.7	87	45	38	35	33	--	--	--		
1.60	1.18	12.90		1.92	29.7	141	56.0	13.9	9.5	14.3	4.4	72	44	35	32	30	--	--	--		
1.80	1.18	17.91		1.92	33.5	141	56.0	11.9	9.5	14.3	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--		
2.00	0.98	18.87		1.90	37.2	132	49.0	8.9	8.8	13.2	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--		
2.20	0.98	18.87		1.90	40.9	132	49.0	7.9	9.9	14.8	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--		
2.40	1.18	22.64		1.92	44.7	141	56.0	8.3	10.6	16.0	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--		
2.60	0.98	25.00		1.90	48.4	132	49.0	6.4	12.6	18.9	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--		
2.80	0.78	20.00		1.86	52.1	121	39.2	4.4	14.5	21.8	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--		
3.00	0.59	22.22		1.82	55.6	109	29.4	2.8	14.9	22.3	2.8	--	--	--	--	--	--	--	--		
3.20	0.59	22.22		1.82	59.2	109	29.4	2.6	15.3	23.0	2.8	--	--	--	--	--	--	--	--		
3.40	0.39	14.81		1.46	62.1	93	19.6	1.5	2.5	3.7	0.6	--	--	--	--	--	--	--	--		
3.60	0.59	22.22		1.82	65.6	109	29.4	2.3	16.0	23.9	2.8	--	--	--	--	--	--	--	--		
3.80	0.78	29.63		1.86	69.3	121	39.2	3.1	19.1	28.6	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--		
4.00	0.78	29.63		1.86	72.9	121	39.2	2.9	19.7	29.5	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--		
4.20	0.39	14.81		1.46	75.8	93	19.6	1.2	2.5	3.8	0.6	--	--	--	--	--	--	--	--		
4.40	0.59	22.22		1.82	79.4	109	29.4	1.8	16.7	25.1	2.8	--	--	--	--	--	--	--	--		
4.60	0.39	14.81		1.46	82.2	93	19.6	1.0	2.5	3.8	0.6	--	--	--	--	--	--	--	--		
4.80	0.59	22.22		1.82	85.8	109	29.4	1.6	17.0	25.5	2.8	--	--	--	--	--	--	--	--		
5.00	0.59	22.22		1.82	89.3	109	29.4	1.6	17.1	25.6	2.8	--	--	--	--	--	--	--	--		
5.20	0.39	14.81		1.46	92.2	93	19.6	0.9	2.5	3.8	0.6	--	--	--	--	--	--	--	--		
5.40	0.59	22.22		1.82	95.8	109	29.4	1.4	17.2	25.8	2.8	--	--	--	--	--	--	--	--		
5.60	0.78	20.00		1.86	99.4	121	39.2	2.0	22.0	33.0	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--		
5.80	0.98	25.00		1.90	103.1	132	49.0	2.5	26.0	39.1	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--		
6.00	0.78	15.09		1.86	106.8	121	39.2	1.8	22.4	33.5	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--		
6.20	0.98	14.93		1.90	110.5	132	49.0	2.3	26.7	40.0	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--		
6.40	1.18	22.64		1.92	114.3	141	56.0	2.6	29.4	44.1	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--		
6.60	1.18	22.64		1.92	118.0	141	56.0	2.5	29.8	44.7	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--		
6.80	1.37	20.90		1.94	121.8	150	62.4	2.7	32.1	49.2	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--		
7.00	1.37	20.90		1.94	125.6	150	62.4	2.6	32.6	49.8	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--		
7.20	1.57	20.00		1.96	129.5	157	68.2	2.8	34.6	51.9	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--		
7.40	1.76	15.00		1.98	133.4	164	73.5	3.0	36.4	54.6	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--		
7.60	1.96	16.67		1.93	137.1	171	78.4	3.1	37.9	56.9	5.9	8	39	23	20	19	26	27	3.3	4.9	5.9
7.80	2.35	25.81		1.94	140.9	183	87.1	3.4	39.7	59.5	7.1	14	39	24	20	19	27	28	3.9	5.9	7.1
8.00	2.55	27.95		1.95	144.8	189	91.0	3.5	40.8	61.2	7.6	16	39	24	21	20	27	28	4.2	6.4	7.6
8.20	1.96	25.00		1.93	148.5	171	78.4	2.8	39.7	59.6	5.9	7	39	23	19	18	26	27	3.3	4.9	5.9
8.40	1.76	22.50		1.98	152.4	164	73.5	2.5	38.8	58.3	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.60	1.96	25.00		1.93	156.2	171	78.4	2.7	40.7	61.1	5.9	5	38	22	19	18	25	27	3.3	4.9	5.9
8.80	2.35	24.00		1.94	160.0	183	87.1	2.9	43.4	65.1	7.1	11	39	23	20	19	26	28	3.9	5.9	7.1
9.00	2.94	56.60		1.88	163.7	199	--	--	--	--	--	18	39	24	21	20	27	29	4.9	7.4	8.8
9.20	3.14	60.38		1.90	167.3	204	--	--	--	--	--	20	40	24	21	20	28	29	5.2	7.8	9.4
9.40	3.92	100.00		1.90	171.1	222	--	--	--	--	--	27	40	25	22	21	29	30	6.5	9.8	11.8
9.60	2.94	111.11		1.88	174.7	199	--	--	--	--	--	17	39	24	20	19	27	29	4.9	7.4	8.8
9.80	3.92	100.00		1.90	178.5	222	--	--	--	--	--	26	40	25	22	21	29	30	6.5	9.8	11.8
10.00	4.90	62.50		1.92	182.2	242	--	--	--	--	--	33	41	26	23	22	30	31	8.2	12.3	14.7
10.20	3.14	40.00		1.86	185.9	204	--	--	--	--	--	17	39	24	20	19	27	29	5.2	7.8	9.4
10.40	5.88	45.11		1.93	189.7	259	--	--	--	--	--	38	41	27	24	22	30	32	9.8	14.7	17.6
10.60	7.84	86.02		1.97	193.6	289	--	--	--	--	--	48	42	28	25	24	32	33	13.1	19.6	23.5
10.80	3.72	95.00		1.90	197.3	218	--	--	--	--	--	22	40	24	21	20	28	30	6.2	9.3	11.2
11.00	4.31	36.67		1.91	201.0	230	--	--	--	--	--	26	40	25	22	20	28	31	7.2	10.8	12.9
11.20	8.04	61.65		1.97	204.9	291	--	--	--	--	--	47	42	28	25	23	32	33	13.4	20.1	24.1
11.40	9.80	75.19		2.00	208.8	314	--	--	--	--	--	54	42	29	26	24	33	34	16.3	24.5	29.4
11.60	11.76	90.23		2.03	212.8	336	--	--	--	--	--	59	43	30	27	25	34	35	19.6	29.4	35.3
11.80	17.64	67.42		2.12	216.9	392	--	--	--	--	--	73	44	32	29	27	36	37	29.4	44.1	52.9
12.00	19.60	150.38		2.15	221.1	408	--	--	--	--	--	76	44	32	29	27	36	38	32.7	49.0	58.8
12.20	23.52	180.45		2.15	225.3	437	--	--	--	--	--	82	45	33	30	28	37	39	39.2	58.8	70.6
12.40	17.64	67.42		2.12	229.5	392	--	--	--	--	--	82	45	31	28	27	36	37	29.4	44.1	52.9
12.60	13.72	105.26		2.06	233.5	356	--	--	--	--	--	71	44	31	28	27	36	37	22.9	34.3	41.2
12.80	9.80	75.19		2.00	237.5	314	--	--	--	--	--	62	43	30	27	25	34	36	16.3	24.5	29.4
13.00	17.64	135.34		2.12	241.6	392	--	--	--	--	--	70	44	31	28	26	35	37	29.4	44.1	52.9
13.20	23.52	89.89		2.15	245.8	437	--	--	--	--	--	80	44	32	30	28	37	39	39.2	58.8	70.6
13.40	19.60	150.38		2.15	250.0	408	--	--	--	--	--	73	44	31	28	27	36	38	32.7	49.0	58.8
13.60	13.72	105.26		2.06	254.1	356	--	--	--	--	--	60	43	30	27	25	34	36	22.9	34.3	41.2
13.80	9.80	75.19		2.00	258.0	314	--	--	--	--	--	48	42	28	25	23	32	34	16.3	24.5	29.4
14.00	11.76	90.23		2.03	262.0	336	--	--	--	--	--	54	42	29	26	24	33	35	19.6	29.4	35.3
14.20	7.84	50.00		1.97	265.8	289	--	--	--	--	--	40	41	27	23	22	30	33	13.1	19.6	23.5
14.40	7.06	135.85		1.95	269.7	277	--	--	--	--	--	36	41	26	23	21	29	32	11.8	17.6	21.2
14.60	2.35	30.00		1.94	273.5	183	87.1	1.5	50.8	76.2	7.1	--	38	20	17	16	25	28	3.9	5.9	7.1
14.80	1.18	30.00		1.88	277.1	141	56.0	0.9	33.6	50.4	4.4	--	38	17	13	13	25	26	2.0	2.9	3.5
15.00	0.98																				



**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**PARAMETRI GEOTECNICI**

<b>CPT</b>	<b>1</b>
riferimento	854-2017
certificato n°	7982

Committente:		U.M.:	MPa	Data eseg.:	18/03/2009
Cantiere:	studio del terreno di fondazione	Pagina:	4/4	Data certificato:	13/06/2017
Località:	castelfranco Via emilia	Elaborato:		Falda:	Assente

Prof. m	qc U.M	qc/fs	zone	$\gamma'$ U/m <sup>3</sup>	$\sigma'_{vo}$ kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										
							Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M	Eu25 U.M	Mo U.M	Dr %	$\sigma_{Sc}$ (°)	$\sigma_{Ca}$ (°)	$\sigma_{Ko}$ (°)	$\sigma_{DB}$ (°)	$\sigma_{DM}$ (°)	$\sigma_{Me}$ (°)	F.L.	E'50 U.M	E'25 U.M	Mo U.M
20.00	2.55	12.21		1.95	378.4	189	91.0	1.1	54.5	81.7	7.6	--	38	19	16	15	25	28	--	4.2	6.4	7.6
20.20	3.14	20.00		1.97	382.3	204	104.5	1.2	62.0	92.9	9.4	--	38	20	17	16	25	29	--	5.2	7.8	9.4
20.40	2.74	19.05		1.96	386.1	194	94.6	1.1	56.6	84.8	8.2	--	38	20	16	15	25	28	--	4.6	6.9	8.2
20.60	1.96	15.04		1.93	389.9	171	78.4	0.8	47.0	70.6	5.9	--	38	18	14	14	25	27	--	3.3	4.9	5.9
20.80	1.57	17.20		1.95	393.8	157	68.2	0.7	40.9	61.4	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21.00	1.37	17.50		1.94	397.6	150	62.4	0.6	37.4	56.1	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21.20	1.18	13.79		1.92	401.3	141	56.0	0.5	33.6	50.4	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21.40	1.18	15.00		1.92	405.1	141	56.0	0.5	33.6	50.4	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21.60	1.57	14.95		1.95	408.9	157	68.2	0.7	40.9	61.4	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21.80	2.35	22.43		1.94	412.7	183	87.1	0.9	52.3	78.4	7.1	--	38	18	15	14	25	28	--	3.9	5.9	7.1
22.00	1.96	18.69		1.93	416.5	171	78.4	0.8	47.0	70.6	5.9	--	38	17	14	13	25	27	--	3.3	4.9	5.9
22.20	1.57	13.33		1.96	420.3	157	68.2	0.6	40.9	61.4	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22.40	1.76	15.00		1.98	424.2	164	73.5	0.7	44.1	68.2	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22.60	2.35	20.00		1.94	428.0	183	87.1	0.9	52.3	78.4	7.1	--	38	18	15	14	25	28	--	3.9	5.9	7.1
22.80	3.14	40.00		1.88	431.7	204	--	--	--	--	--	--	38	20	16	15	25	29	--	5.2	7.8	9.4
23.00	5.88	56.07		1.93	435.5	259	--	--	--	--	--	18	39	23	19	18	26	32	--	9.8	14.7	17.6
23.20	8.23	63.16		1.97	439.4	294	--	--	--	--	--	29	40	24	21	20	28	33	--	13.7	20.6	24.7
23.40	9.80	75.19		2.00	443.3	314	--	--	--	--	--	35	41	25	22	21	29	34	--	16.3	24.5	29.4
23.60	13.72	105.26		2.06	447.3	356	--	--	--	--	--	47	42	27	24	22	30	36	--	22.9	34.3	41.2
23.80	17.64	67.42		2.12	451.5	392	--	--	--	--	--	55	42	28	25	23	32	37	--	29.4	44.1	52.9
24.00	19.60	150.38		2.15	455.7	408	--	--	--	--	--	58	43	28	25	24	32	38	--	32.7	49.0	58.8
24.20	19.60	298.51		2.15	459.9	408	--	--	--	--	--	58	43	28	25	24	32	38	--	32.7	49.0	58.8
24.40	14.70	112.78		2.08	464.0	366	--	--	--	--	--	48	42	27	24	22	31	36	--	24.5	36.8	44.1
24.60	13.72	105.26		2.06	468.0	356	--	--	--	--	--	45	42	27	23	22	30	36	--	22.9	34.3	41.2
24.80	9.80	75.19		2.00	471.9	314	--	--	--	--	--	34	41	25	22	20	28	34	--	16.3	24.5	29.4
25.00	17.64	135.34		2.12	476.1	392	--	--	--	--	--	54	42	28	25	23	31	37	--	29.4	44.1	52.9
25.20	19.60	150.38		2.15	480.3	408	--	--	--	--	--	57	43	28	25	24	32	38	--	32.7	49.0	58.8
25.40	19.60	150.38		2.15	484.5	408	--	--	--	--	--	57	43	28	25	24	32	38	--	32.7	49.0	58.8
25.60	9.80	83.33		2.00	488.4	314	--	--	--	--	--	33	41	25	21	20	28	34	--	16.3	24.5	29.4
25.80	8.04	51.25		1.97	492.3	291	--	--	--	--	--	26	40	24	20	19	27	33	--	13.4	20.1	24.1
26.00	3.53	30.00		1.99	496.2	214	117.6	1.0	70.4	105.7	10.6	--	38	20	16	15	25	30	--	5.9	8.8	10.6
26.20	2.35	45.28		1.86	499.8	183	--	--	--	--	--	--	38	17	14	13	25	28	--	3.9	5.9	7.1
26.40	1.57	20.00		1.96	503.7	157	68.2	0.5	40.9	61.4	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
26.60	1.96	16.67		1.93	507.5	171	78.4	0.6	47.0	70.6	5.9	--	38	17	13	12	25	27	--	3.3	4.9	5.9
26.80	2.35	18.05		1.94	511.3	183	87.1	0.7	52.3	78.4	7.1	--	38	17	14	13	25	28	--	3.9	5.9	7.1
27.00	1.96	16.67		1.93	515.0	171	78.4	0.6	47.0	70.6	5.9	--	38	16	13	12	25	27	--	3.3	4.9	5.9
27.20	1.76	19.35		1.98	518.9	164	73.5	0.5	44.1	66.2	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
27.40	1.37	17.50		1.94	522.7	150	62.4	0.4	37.4	56.1	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
27.60	1.18	22.64		1.92	526.5	141	56.0	0.4	33.6	50.4	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
27.80	0.98	12.50		1.90	530.2	132	49.0	0.3	29.4	44.1	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
28.00	1.57	17.20		1.96	534.0	157	68.2	0.5	40.9	61.4	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
28.20	1.57	17.20		1.96	537.9	157	68.2	0.5	40.9	61.4	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
28.40	1.37	13.08		1.94	541.7	150	62.4	0.4	37.4	56.1	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
28.60	1.57	17.20		1.96	545.5	157	68.2	0.5	40.9	61.4	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
28.80	1.96	16.67		1.93	549.3	171	78.4	0.6	47.0	70.6	5.9	--	38	16	12	12	25	27	--	3.3	4.9	5.9
29.00	2.16	27.50		1.93	553.1	177	82.9	0.6	49.8	74.6	6.5	--	38	17	13	12	25	28	--	3.6	5.4	6.5
29.20	2.16	23.66		1.93	556.9	177	82.9	0.6	49.8	74.6	6.5	--	38	17	13	12	25	28	--	3.6	5.4	6.5
29.40	2.55	21.67		1.95	560.7	189	91.0	0.6	54.6	81.9	7.6	--	38	17	14	13	25	28	--	4.2	6.4	7.6
29.60	2.16	20.56		1.93	564.5	177	82.9	0.6	49.8	74.6	6.5	--	38	16	13	12	25	28	--	3.6	5.4	6.5
29.80	1.96	21.51		1.93	568.3	171	78.4	0.5	47.0	70.6	5.9	--	38	16	12	12	25	27	--	3.3	4.9	5.9
30.00	1.76	--		1.85	571.9	164	--	--	--	--	--	--	38	15	12	11	25	27	--	2.9	4.4	5.3

<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>CPT</b>	<b>1</b>
	riferimento	853-2017
	certificato n°	7978

Committente:		U.M.:	MPa	Data esec.:	03/10/2001
Cantiere:	studio del terreno di fondazione	Pagina:	1/4	Data certificato:	13/06/2017
Località:	castelfranco via Emilia	Elaborato:		Falda:	Assente

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	MPa	kPa	-	%	m	-	-	-	MPa	kPa	-	%
0.20	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.40	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.60	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.80	0.00	0.00		0.00	400.00										
1.00	140.00	200.00		13.72	213.00	66	1.5								
1.20	52.00	84.00		5.10	173.00	30	3.3								
1.40	26.00	52.00		2.55	80.00	33	3.1								
1.60	14.00	26.00		1.37	80.00	18	5.7								
1.80	10.00	22.00		0.98	80.00	13	8.0								
2.00	10.00	22.00		0.98	73.00	14	7.3								
2.20	9.00	20.00		0.88	67.00	13	7.4								
2.40	8.00	18.00		0.78	67.00	12	8.4								
2.60	8.00	18.00		0.78	67.00	12	8.4								
2.80	8.00	18.00		0.78	67.00	12	8.4								
3.00	8.00	18.00		0.78	27.00	30	3.4								
3.20	6.00	10.00		0.59	27.00	22	4.5								
3.40	4.00	8.00		0.39	27.00	15	6.8								
3.60	6.00	10.00		0.59	27.00	22	4.5								
3.80	6.00	10.00		0.59	27.00	22	4.5								
4.00	4.00	8.00		0.39	27.00	15	6.8								
4.20	6.00	10.00		0.59	13.00	46	2.2								
4.40	4.00	8.00		0.39	13.00	31	3.3								
4.60	6.00	8.00		0.59	13.00	46	2.2								
4.80	4.00	6.00		0.39	13.00	31	3.3								
5.00	6.00	8.00		0.59	40.00	15	6.7								
5.20	6.00	12.00		0.59	20.00	30	3.3								
5.40	7.00	10.00		0.69	27.00	26	3.9								
5.60	28.00	32.00		2.74	40.00	70	1.4								
5.80	20.00	26.00		1.96	67.00	30	3.4								
6.00	22.00	32.00		2.16	27.00	81	1.2								
6.20	32.00	36.00		3.14	80.00	40	2.5								
6.40	10.00	22.00		0.98	53.00	19	5.3								
6.60	48.00	56.00		4.70	27.00	178	0.6								
6.80	24.00	28.00		2.35	40.00	60	1.7								
7.00	22.00	28.00		2.16	53.00	42	2.4								
7.20	42.00	50.00		4.12	13.00	323	0.3								
7.40	22.00	24.00		2.16	53.00	42	2.4								
7.60	10.00	18.00		0.98	53.00	19	5.3								
7.80	24.00	32.00		2.35	40.00	60	1.7								
8.00	38.00	44.00		3.72	667.00	6	17.6								
8.20	300.00	400.00		29.40	333.00	90	1.1								
8.40	350.00	400.00		34.30	333.00	105	1.0								
8.60	400.00	450.00		39.20	333.00	120	0.8								
8.80	400.00	450.00		39.20	333.00	120	0.8								
9.00	400.00	450.00		39.20											

H = profondità  
L1 = prima lettura (punta)  
L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
Lt = terza lettura (totale)  
CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta  
fs = resistenza laterale calcolata  
0.20 m sopra quota qc  
F = rapporto Begemann (qc / fs)  
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

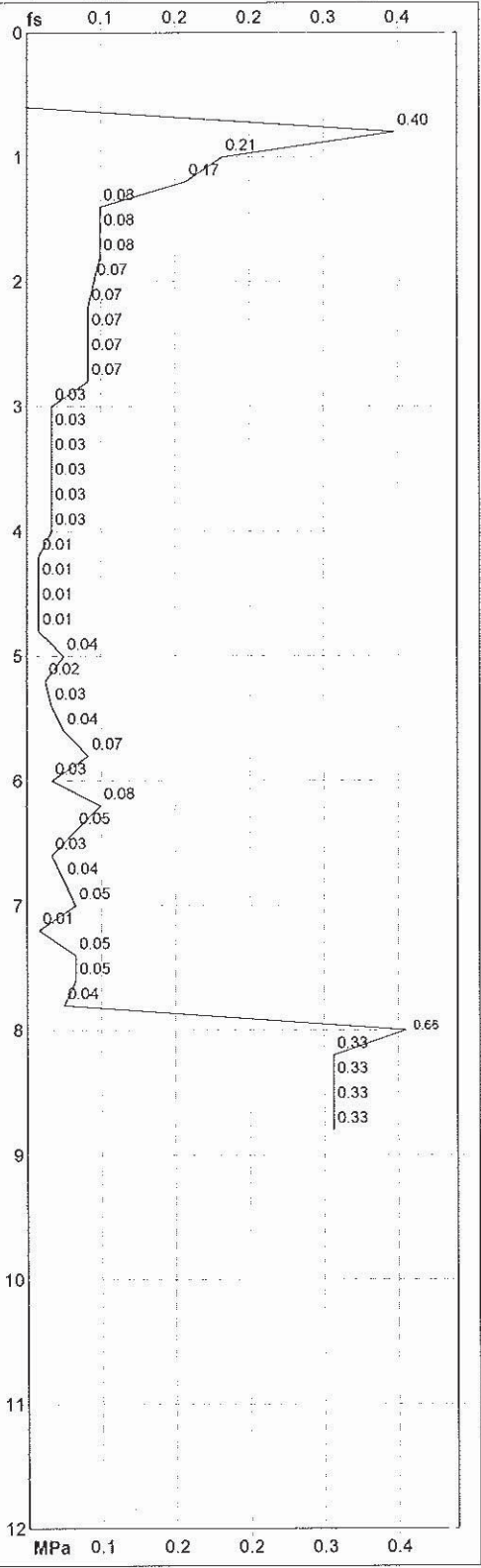
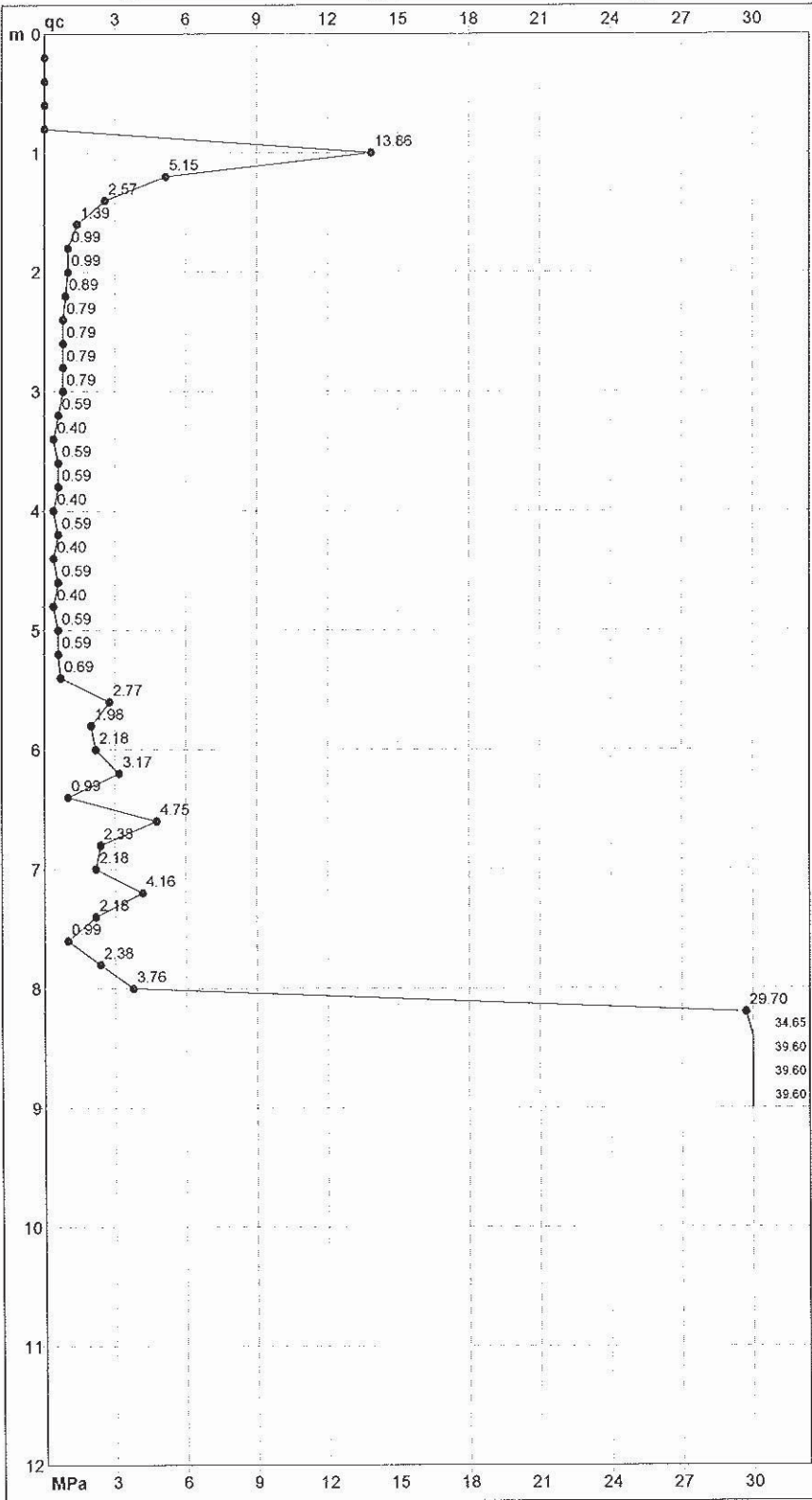


# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

<b>CPT</b>	<b>1</b>
riferimento	853-2017
certificato n°	7978

Committente:		U.M.:	MPa	Data exec.:	03/10/2001
Cantiere:	studio del terreno di fondazione	Scala:	1:60	Data certificato:	13/06/2017
Località:	castelfranco via Emilia	Pagina:	2/4	Falda:	Assente
Elaborato:					



Penetrometro:	TG63-200	Preforo:	-0.80 m
Responsabile:		Corr.astine:	kN/ml
Assistente:		Cod. punta:	

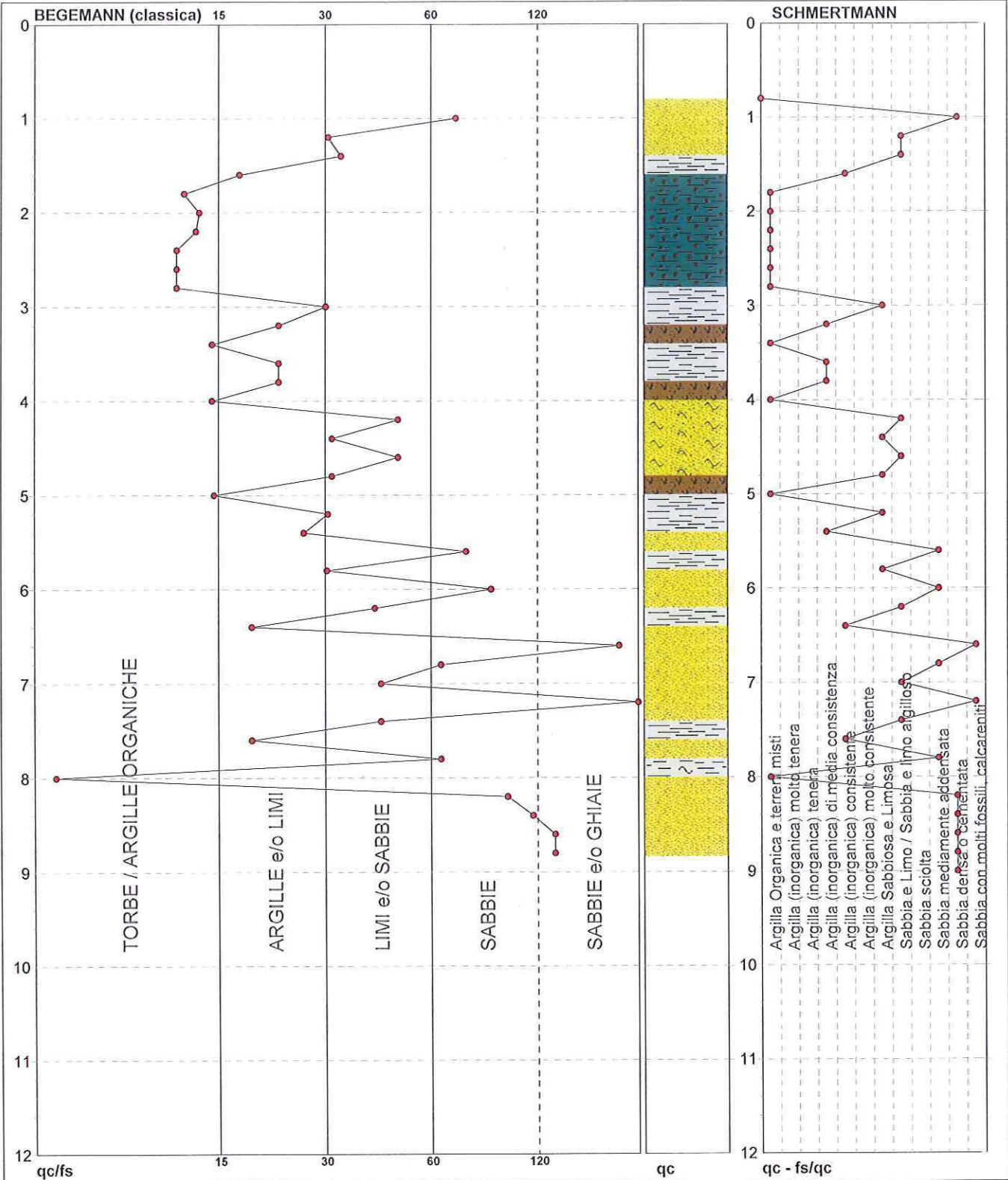
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>1</b>
riferimento	<b>853-2017</b>
certificato n°	7978

Committente:  
Cantiere: **studio del terreno di fondazione**  
Località: **castelfranco via Emilia**

U.M.: **MPa**      Data exec.: **03/10/2001**  
Scala: **1:60**  
Pagina: **3/4**      Data certificato: **13/06/2017**  
Elaborato:      Falda: **Assente**



Torbe / Argille org. :	14 punti, 23.73%	Argilla Organica e terreni misti:	10 punti, 16.95%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg. :	7 punti, 11.86%
Argille e/o Limi :	10 punti, 16.95%	Argilla (inorganica) media consist.:	4 punti, 6.78%	Sabbia mediamente addensata:	4 punti, 6.78%
Limi e/o Sabbie :	11 punti, 18.64%	Argilla (inorganica) consistente:	3 punti, 5.08%	Sabbia densa o cementata:	5 punti, 8.47%
Sabbie:	5 punti, 8.47%			Sabbia con molti fossili, calcareniti:	2 punti, 3.39%
Sabbie e/o Ghiaie :	4 punti, 6.78%				



<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>PARAMETRI GEOTECNICI</b>	<b>CPT</b>	<b>1</b>
	riferimento	<b>853-2017</b>
	certificato n°	7978

Committente:	U.M.: MPa	Data eseg.: 03/10/2001
Cantiere: studio del terreno di fondazione	Pagina: 4/4	Data certificato: 13/06/2017
Località: castelfranco via Emilia	Elaborato:	Falda: Assente

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' U/m³	σ'vo kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA				NATURA GRANULARE						F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	
							Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	σSc (°)	σCa (°)	σKo (°)	σDB (°)					σDM (°)
0.20	--	--		1.85	3.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
0.40	--	--		1.85	7.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
0.60	--	--		1.85	10.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
0.80	--	--		1.85	14.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
1.00	13.72	65.73		2.06	18.5	358	--	--	--	--	100	46	43	40	37	45	36	22.9	34.3	41.2	
1.20	5.10	30.06		1.92	22.3	245	--	--	--	--	86	45	37	34	32	41	31	8.5	12.7	15.3	
1.40	2.55	32.50		1.87	26.0	189	--	--	--	--	58	43	33	30	28	37	28	4.2	6.4	7.6	
1.60	1.37	17.50		1.94	29.8	150	62.4	15.8	10.6	15.9	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1.80	0.98	12.50		1.90	33.5	132	49.0	10.1	8.3	12.5	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.00	0.98	13.70		1.90	37.2	132	49.0	8.9	8.8	13.2	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.20	0.88	13.43		1.88	40.9	127	44.1	6.9	10.3	15.5	3.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.40	0.78	11.94		1.86	44.5	121	39.2	5.4	12.1	18.2	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.60	0.78	11.94		1.86	48.2	121	39.2	4.9	13.4	20.0	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.80	0.78	11.94		1.86	51.8	121	39.2	4.4	14.5	21.7	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.00	0.78	29.63		1.86	55.5	121	39.2	4.1	15.5	23.2	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.20	0.59	22.22		1.82	59.0	109	29.4	2.6	15.3	23.0	2.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.40	0.39	14.81		1.46	61.9	93	19.6	1.5	2.5	3.7	0.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.60	0.59	22.22		1.82	65.5	109	29.4	2.3	15.9	23.9	2.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.80	0.59	22.22		1.82	69.0	109	29.4	2.2	16.2	24.3	2.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.00	0.39	14.81		1.46	71.9	93	19.6	1.2	2.5	3.8	0.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.20	0.59	45.15		1.82	75.5	109	29.4	1.9	16.6	24.9	2.8	--	38	20	16	16	25	26	1.0	1.5	1.8
4.40	0.39	30.77		1.80	79.0	93	19.6	1.1	11.7	17.6	2.0	--	38	18	14	14	25	25	0.7	1.0	1.2
4.60	0.59	45.15		1.82	82.6	109	29.4	1.7	16.9	25.3	2.8	--	38	20	16	15	25	26	1.0	1.5	1.8
4.80	0.39	30.77		1.80	86.1	93	19.6	1.0	11.8	17.6	2.0	--	38	17	14	13	25	25	0.7	1.0	1.2
5.00	0.59	15.00		1.46	88.9	109	29.4	1.6	3.7	5.5	0.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.20	0.59	30.00		1.82	92.5	109	29.4	1.5	17.2	25.7	2.8	--	38	19	15	15	25	26	1.0	1.5	1.8
5.40	0.69	25.93		1.84	96.1	115	34.3	1.7	19.7	29.5	3.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.60	2.74	70.00		1.87	99.8	194	--	--	--	--	--	28	40	26	23	22	30	28	4.6	6.9	8.2
5.80	1.96	29.85		1.93	103.5	171	78.4	4.4	28.9	43.3	5.9	15	39	24	21	20	28	27	3.3	4.9	5.9
6.00	2.16	81.48		1.86	107.2	177	--	--	--	--	--	18	39	25	21	20	28	28	3.6	5.4	6.5
6.20	3.14	40.00		1.88	110.9	204	--	--	--	--	--	30	40	26	23	22	30	29	5.2	7.8	9.4
6.40	0.98	18.87		1.90	114.6	132	49.0	2.2	27.0	40.5	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.60	4.70	177.78		1.91	118.3	238	--	--	--	--	--	42	41	28	25	23	32	31	7.8	11.8	14.1
6.80	2.35	60.00		1.86	122.0	183	--	--	--	--	--	18	39	24	21	20	28	28	3.9	5.9	7.1
7.00	2.16	41.51		1.86	125.6	177	--	--	--	--	--	14	39	24	21	19	27	28	3.6	5.4	6.5
7.20	4.12	323.08		1.90	129.4	226	--	--	--	--	--	35	41	27	24	22	31	30	6.9	10.3	12.3
7.40	2.16	41.51		1.86	133.0	177	--	--	--	--	--	13	39	24	20	19	27	28	3.6	5.4	6.5
7.60	0.98	18.87		1.90	136.7	132	49.0	1.7	28.1	42.1	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.80	2.35	60.00		1.86	140.4	183	--	--	--	--	--	14	39	24	20	19	27	28	3.9	5.9	7.1
8.00	3.72	5.70		1.99	144.3	218	124.1	5.2	39.6	59.3	11.2	29	40	26	23	21	29	30	6.2	9.3	11.2
8.20	29.40	90.09		2.15	148.5	475	--	--	--	--	--	100	46	36	33	31	40	40	49.0	73.5	88.2
8.40	34.30	105.11		2.15	152.7	503	--	--	--	--	--	100	46	37	34	32	41	40	57.2	85.8	102.9
8.60	39.20	120.12		2.15	156.9	529	--	--	--	--	--	100	46	37	35	32	41	40	65.3	98.0	117.6
8.80	39.20	120.12		2.15	161.1	529	--	--	--	--	--	100	46	37	34	32	41	40	65.3	98.0	117.6
9.00	39.20	--		2.15	165.3	529	--	--	--	--	--	100	46	37	34	32	41	40	65.3	98.0	117.6



**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

<b>CPT</b>	<b>2</b>
riferimento	853-2017
certificato n°	7979

Committente:		U.M.:	MPa	Data esec.:	03/10/2001
Cantiere:	studio del terreno di fondazione	Pagina:	1/4	Data certificato:	13/06/2017
Località:	castelfranco via Emilia	Elaborato:		Falda:	Assente

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	MPa	kPa	-	%	m	-	-	-	MPa	kPa	-	%
0.20	0.00	0.00													
0.40	0.00	0.00													
0.60	0.00	0.00			133.00										
0.80	80.00	100.00		7.84	173.00	46	2.2								
1.00	28.00	54.00		2.74	147.00	19	5.3								
1.20	30.00	52.00		2.94	173.00	17	5.8								
1.40	20.00	46.00		1.96	147.00	14	7.4								
1.60	16.00	38.00		1.57	133.00	12	8.3								
1.80	12.00	32.00		1.18	133.00	9	11.1								
2.00	14.00	34.00		1.37	73.00	19	5.2								
2.20	9.00	20.00		0.88	80.00	11	8.9								
2.40	14.00	26.00		1.37	93.00	15	6.6								
2.60	12.00	26.00		1.18	80.00	15	6.7								
2.80	10.00	22.00		0.98	47.00	21	4.7								
3.00	7.00	14.00		0.69	27.00	26	3.9								
3.20	6.00	10.00		0.59	40.00	15	6.7								
3.40	6.00	12.00		0.59	27.00	22	4.5								
3.60	8.00	12.00		0.78	40.00	20	5.0								
3.80	6.00	12.00		0.59	27.00	22	4.5								
4.00	8.00	12.00		0.78	27.00	30	3.4								
4.20	4.00	8.00		0.39	13.00	31	3.3								
4.40	6.00	8.00		0.59	27.00	22	4.5								
4.60	6.00	10.00		0.59	27.00	22	4.5								
4.80	4.00	8.00		0.39	27.00	15	6.8								
5.00	6.00	10.00		0.59	27.00	22	4.5								
5.20	6.00	10.00		0.59	27.00	22	4.5								
5.40	4.00	8.00		0.39	27.00	15	6.8								
5.60	6.00	10.00		0.59	27.00	22	4.5								
5.80	4.00	8.00		0.39	27.00	15	6.8								
6.00	6.00	10.00		0.59	40.00	15	6.7								
6.20	12.00	18.00		1.18	40.00	30	3.3								
6.40	14.00	20.00		1.37	40.00	35	2.9								
6.60	12.00	18.00		1.18	40.00	30	3.3								
6.80	16.00	22.00		1.57	53.00	30	3.3								
7.00	22.00	30.00		2.16	27.00	81	1.2								
7.20	16.00	20.00		1.57	67.00	24	4.2								
7.40	30.00	40.00		2.94	40.00	75	1.3								
7.60	26.00	32.00		2.55	27.00	96	1.0								
7.80	36.00	40.00		3.53	27.00	133	0.8								
8.00	24.00	28.00		2.35	40.00	60	1.7								
8.20	18.00	24.00		1.76	27.00	67	1.5								
8.40	16.00	20.00		1.57	27.00	59	1.7								
8.60	22.00	26.00		2.16	53.00	42	2.4								
8.80	24.00	32.00		2.35	27.00	89	1.1								
9.00	30.00	34.00		2.94	27.00	111	0.9								
9.20	40.00	44.00		3.92	27.00	148	0.7								
9.40	32.00	36.00		3.14	27.00	119	0.8								
9.60	42.00	46.00		4.12	27.00	156	0.6								
9.80	38.00	42.00		3.72	27.00	141	0.7								
10.00	44.00	48.00		4.31	13.00	338	0.3								
10.20	34.00	36.00		3.33	27.00	126	0.8								
10.40	28.00	32.00		2.74	333.00	8	11.9								
10.60	100.00	150.00		9.80	67.00	149	0.7								
10.80	80.00	90.00		7.84	67.00	119	0.8								
11.00	72.00	82.00		7.06	67.00	107	0.9								
11.20	90.00	100.00		8.82	67.00	134	0.7								
11.40	140.00	150.00		13.72	333.00	42	2.4								
11.60	200.00	250.00		19.60	67.00	299	0.3								
11.80	110.00	120.00		10.78	133.00	83	1.2								
12.00	120.00	140.00		11.76											

H = profondità  
L1 = prima lettura (punta)  
L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
Lt = terza lettura (totale)  
CT =10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta  
fs = resistenza laterale calcolata alla stessa quota di qc  
F = rapporto Begemann (qc / fs)  
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

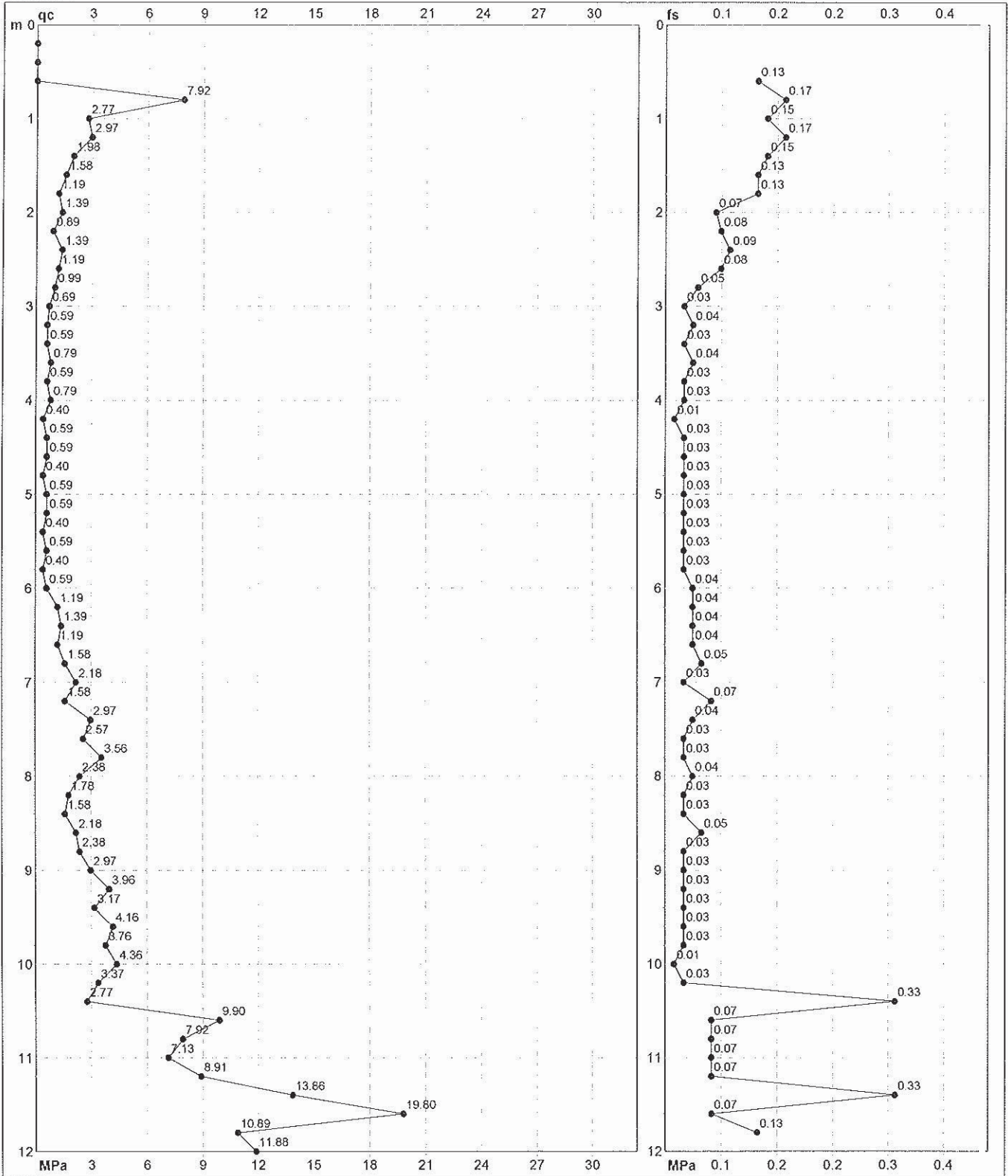
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

<b>CPT</b>	<b>2</b>
riferimento	853-2017
certificato n°	7979

Committente:  
Cantiere: studio del terreno di fondazione  
Località: castelfranco via Emilia

U.M.: MPa  
Scala: 1:60  
Pagina: 2/4  
Elaborato:  
Data esecuzione: 03/10/2001  
Data certificato: 13/06/2017  
Falda: Assente



Penetrometro: TG63-200	Preforo: -0.60 m
Responsabile:	Corr.astine: kN/ml
Assistente:	Cod. punta:



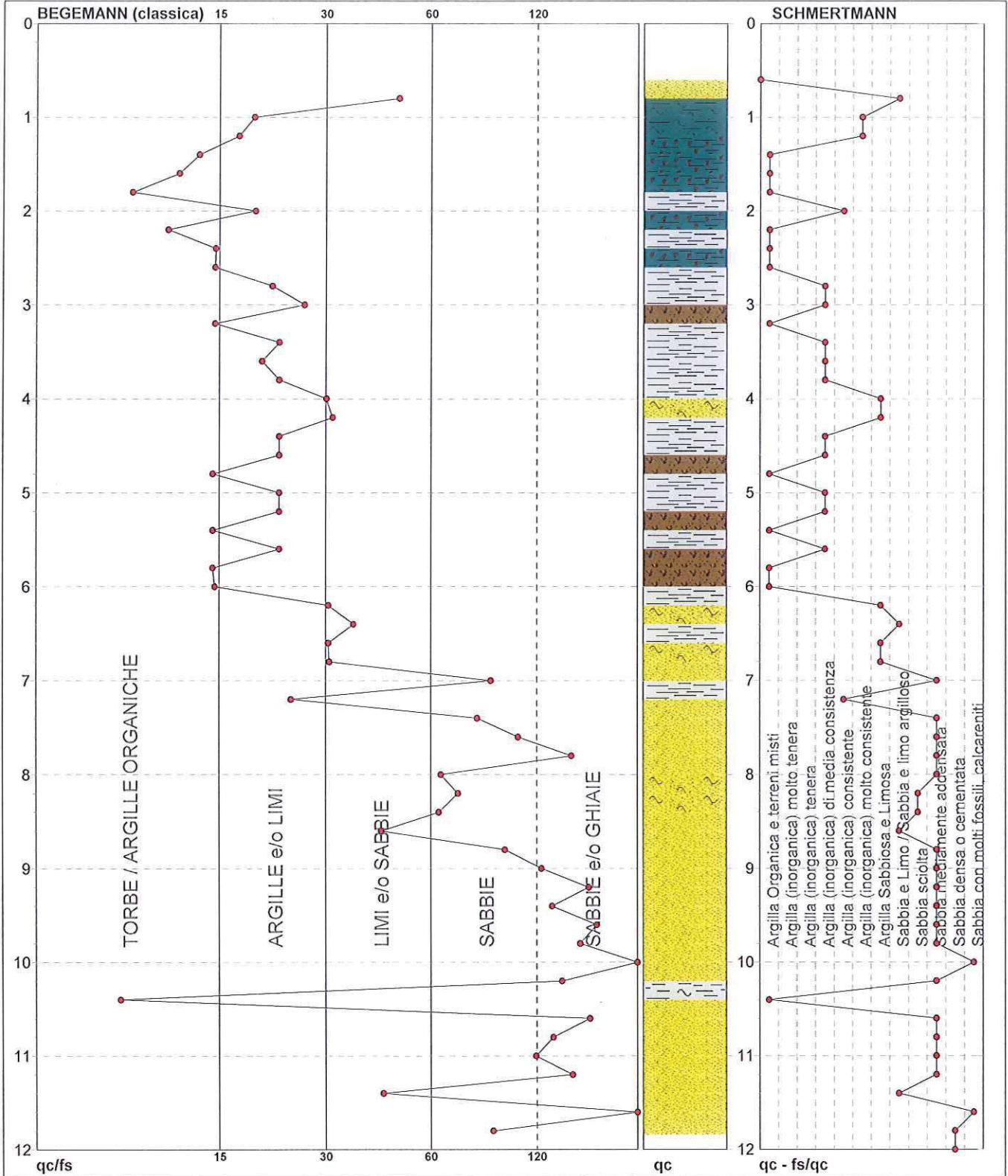
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>2</b>
riferimento	<b>853-2017</b>
certificato n°	7979

Committente:  
Cantiere: studio del terreno di fondazione  
Località: castelfranco via Emilia

U.M.: MPa      Data exec.: 03/10/2001  
Scala: 1:60  
Pagina: 3/4      Data certificato: 13/06/2017  
Elaborato:      Falda: Assente



Torbe / Argille org. :	14 punti, 23.73%	Argilla Organica e terreni misti:	12 punti, 20.34%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	5 punti, 8.47%
Argille e/o Limi :	18 punti, 30.51%	Argilla (inorganica) media consist.:	10 punti, 16.95%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg :	4 punti, 6.78%
Limi e/o Sabbie :	8 punti, 13.56%	Argilla (inorganica) consistente:	2 punti, 3.39%	Sabbia sciolta:	2 punti, 3.39%
Sabbie:	10 punti, 16.95%	Argilla (inorganica) molto consist.:	2 punti, 3.39%	Sabbia mediamente addensata:	16 punti, 27.12%
Sabbie e/o Ghiaie :	9 punti, 15.25%			Sabbia densa o cementata:	1 punti, 1.69%
				Sabbia con molti fossili, calcareniti:	2 punti, 3.39%

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**PARAMETRI GEOTECNICI**

<b>CPT</b>	<b>2</b>
riferimento	<b>853-2017</b>
certificato n°	7979

Committente:	U.M.: <b>MPa</b>	Data esec.: <b>03/10/2001</b>
Cantiere: <b>studio del terreno di fondazione</b>	Pagina: <b>4/4</b>	Data certificato: <b>13/06/2017</b>
Località: <b>castelfranco via Emilia</b>	Elaborato:	Falda: <b>Assente</b>

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' U/m³	σ'vo kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.		
							Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	σSc (°)	σCa (°)	σKo (°)	σDB (°)	σDM (°)					σMe (°)	
0.20	11.76	--		2.03	4.0	336	--	--	--	--	100	46	49	47	44	45	35	--	19.6	29.4	35.3		
0.40	11.76	--		2.03	8.0	336	--	--	--	--	100	46	46	44	41	45	35	--	19.6	29.4	35.3		
0.60	11.76	90.23		2.03	11.9	336	--	--	--	--	100	46	44	42	39	45	35	--	19.6	29.4	35.3		
0.80	7.84	48.24		1.97	15.8	289	--	--	--	--	100	46	41	38	35	44	33	--	13.1	19.6	23.5		
1.00	2.74	19.05		1.96	19.6	194	94.6	44.9	16.1	24.1	8.2	67	43	34	31	29	38	28	--	4.6	6.9	8.2	
1.20	2.94	17.34		1.93	23.5	199	98.0	37.5	16.7	25.0	8.8	65	43	34	31	29	38	29	--	4.9	7.4	8.8	
1.40	1.96	13.61		1.93	27.2	171	78.4	23.5	13.3	20.0	5.9	48	42	31	28	26	35	27	--	3.3	4.9	5.9	
1.60	1.57	12.03		1.96	31.1	157	68.2	16.8	11.6	17.4	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1.80	1.18	9.02		1.92	34.8	141	56.0	11.4	9.5	14.3	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.00	1.37	19.18		1.94	38.6	150	62.4	11.4	10.6	15.9	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.20	0.88	11.25		1.88	42.3	127	44.1	6.6	10.8	16.3	3.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.40	1.37	15.05		1.94	46.1	150	62.4	9.2	11.0	16.4	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.60	1.18	15.00		1.92	49.9	141	56.0	7.3	12.4	18.5	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.80	0.98	21.28		1.90	53.6	132	49.0	5.6	14.5	21.7	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.00	0.69	25.93		1.84	57.2	115	34.3	3.3	16.0	24.0	3.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.20	0.59	15.00		1.46	60.1	109	29.4	2.6	3.2	4.8	0.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.40	0.59	22.22		1.82	63.7	109	29.4	2.4	15.8	23.7	2.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.60	0.78	20.00		1.86	67.3	121	39.2	3.2	18.7	28.1	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.80	0.59	22.22		1.82	70.9	109	29.4	2.1	16.3	24.5	2.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.00	0.78	29.63		1.86	74.5	121	39.2	2.8	19.9	29.9	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.20	0.39	30.77		1.80	78.0	93	19.6	1.1	11.7	17.5	2.0	--	38	18	14	14	25	25	--	0.7	1.0	1.2	
4.40	0.59	22.22		1.82	81.6	109	29.4	1.8	16.8	25.2	2.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.60	0.59	22.22		1.82	85.2	109	29.4	1.7	17.0	25.4	2.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.80	0.39	14.81		1.46	88.0	93	19.6	1.0	2.5	3.8	0.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.00	0.59	22.22		1.82	91.6	109	29.4	1.5	17.1	25.7	2.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.20	0.59	22.22		1.82	95.2	109	29.4	1.4	17.2	25.8	2.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.40	0.39	14.81		1.46	98.0	93	19.6	0.8	2.5	3.8	0.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.60	0.59	22.22		1.82	101.6	109	29.4	1.3	17.3	26.0	2.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.80	0.39	14.81		1.46	104.4	93	19.6	0.8	2.5	3.8	0.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.00	0.59	15.00		1.46	107.3	109	29.4	1.2	3.8	5.7	0.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.20	1.18	30.00		1.88	111.0	141	56.0	2.7	29.0	43.5	4.4	--	38	22	18	17	25	26	--	2.0	2.9	3.5	
6.40	1.37	35.00		1.89	114.7	150	62.4	2.9	31.1	46.7	4.7	1	38	22	19	18	25	26	--	2.3	3.4	4.1	
6.60	1.18	30.00		1.88	118.4	141	56.0	2.5	29.8	44.7	4.4	--	38	21	18	17	25	26	--	2.0	2.9	3.5	
6.80	1.57	30.19		1.90	122.1	157	68.2	3.0	33.5	50.2	5.1	4	38	22	19	18	26	27	--	2.6	3.9	4.7	
7.00	2.16	81.48		1.86	125.7	177	--	--	--	--	--	--	14	39	24	21	19	27	28	--	3.6	5.4	6.5
7.20	1.57	23.88		1.96	129.6	157	68.2	2.8	34.6	51.9	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.40	2.94	75.00		1.88	133.2	199	--	--	--	--	--	23	40	25	22	21	29	29	--	4.9	7.4	8.8	
7.60	2.55	96.30		1.87	136.9	189	--	--	--	--	--	18	39	24	21	20	28	28	--	4.2	6.4	7.6	
7.80	3.53	133.33		1.89	140.6	214	--	--	--	--	--	28	40	26	23	21	29	30	--	5.9	8.8	10.6	
8.00	2.35	60.00		1.86	144.2	183	--	--	--	--	--	14	39	24	20	19	27	28	--	3.9	5.9	7.1	
8.20	1.76	66.67		1.91	148.0	164	73.5	2.6	38.4	57.5	5.5	3	38	22	19	18	25	27	--	2.9	4.4	5.3	
8.40	1.57	59.26		1.90	151.7	157	68.2	2.3	37.0	55.4	5.1	--	38	21	18	17	25	27	--	2.6	3.9	4.7	
8.60	2.16	41.51		1.86	155.3	177	--	--	--	--	--	9	39	23	19	18	26	28	--	3.6	5.4	6.5	
8.80	2.35	88.89		1.86	159.0	183	--	--	--	--	--	11	39	23	20	19	26	28	--	3.9	5.9	7.1	
9.00	2.94	111.11		1.88	162.7	199	--	--	--	--	--	18	39	24	21	20	27	29	--	4.9	7.4	8.8	
9.20	3.92	148.15		1.90	166.4	222	--	--	--	--	--	28	40	25	22	21	29	30	--	6.5	9.8	11.8	
9.40	3.14	118.52		1.88	170.1	204	--	--	--	--	--	19	40	24	21	20	28	29	--	5.2	7.8	9.4	
9.60	4.12	155.56		1.90	173.8	226	--	--	--	--	--	28	40	25	22	21	29	30	--	6.9	10.3	12.3	
9.80	3.72	140.74		1.90	177.5	218	--	--	--	--	--	24	40	25	22	20	28	30	--	6.2	9.3	11.2	
10.00	4.31	338.46		1.91	181.3	230	--	--	--	--	--	29	40	26	22	21	29	31	--	7.2	10.8	12.9	
10.20	3.33	125.93		1.89	184.9	209	--	--	--	--	--	19	40	24	21	20	27	29	--	5.6	8.3	10.0	
10.40	2.74	8.41		1.96	188.8	194	94.6	2.6	49.2	73.8	8.2	12	39	23	20	19	26	28	--	4.6	6.9	8.2	
10.60	9.80	149.25		2.00	192.7	314	--	--	--	--	--	55	42	29	26	25	33	34	--	16.3	24.5	29.4	
10.80	7.84	119.40		1.97	196.5	289	--	--	--	--	--	47	42	28	25	23	32	33	--	13.1	19.6	23.5	
11.00	7.06	107.46		1.95	200.4	277	--	--	--	--	--	43	41	27	24	23	31	32	--	11.8	17.6	21.2	
11.20	8.82	134.33		1.98	204.3	302	--	--	--	--	--	50	42	28	25	24	32	33	--	14.7	22.1	26.5	
11.40	13.72	42.04		2.06	208.3	356	--	--	--	--	--	65	43	31	28	26	35	36	--	22.9	34.3	41.2	
11.60	19.60	298.51		2.15	212.5	408	--	--	--	--	--	77	44	32	29	27	37	38	--	32.7	49.0	58.8	
11.80	10.78	82.71		2.02	216.5	325	--	--	--	--	--	56	42	29	26	25	33	34	--	18.0	27.0	32.3	
12.00	11.76	--		2.03	220.5	336	--	--	--	--	--	58	43	30	26	25	33	35	--	19.6	29.4	35.3	



**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA  
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

<b>CPT</b>	<b>3</b>
riferimento	853-2017
certificato n°	7980

Committente:		U.M.:	MPa	Data esec.:	03/10/2001
Cantiere:	studio del terreno di fondazione	Pagina:	1/4	Data certificato:	13/06/2017
Località:	castelfranco via Emilia	Elaborato:		Falda:	Assente

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	MPa	kPa	-	%	m	-	-	-	MPa	kPa	-	%
0.20	0.00	0.00													
0.40	0.00	0.00			27.00										
0.60	6.00	10.00		0.59	40.00	15	6.7								
0.80	8.00	14.00		0.78	67.00	12	8.4								
1.00	10.00	20.00		0.98	53.00	19	5.3								
1.20	6.00	14.00		0.59	53.00	11	8.8								
1.40	6.00	14.00		0.59	53.00	11	8.8								
1.60	6.00	14.00		0.59	53.00	11	8.8								
1.80	8.00	16.00		0.78	60.00	13	7.5								
2.00	9.00	18.00		0.88	40.00	23	4.4								
2.20	8.00	14.00		0.78	33.00	24	4.1								
2.40	7.00	12.00		0.69	27.00	26	3.9								
2.60	6.00	10.00		0.59	27.00	22	4.5								
2.80	6.00	10.00		0.59	33.00	18	5.5								
3.00	7.00	12.00		0.69	27.00	26	3.9								
3.20	5.00	9.00		0.49	27.00	19	5.4								
3.40	6.00	10.00		0.59	13.00	46	2.2								
3.60	4.00	6.00		0.39	13.00	31	3.3								
3.80	4.00	6.00		0.39	13.00	31	3.3								
4.00	6.00	8.00		0.59	13.00	46	2.2								
4.20	6.00	8.00		0.59	13.00	46	2.2								
4.40	4.00	6.00		0.39	13.00	31	3.3								
4.60	4.00	6.00		0.39	20.00	20	5.0								
4.80	3.00	6.00		0.29	27.00	11	9.0								
5.00	6.00	10.00		0.59	20.00	30	3.3								
5.20	4.00	7.00		0.39	13.00	31	3.3								
5.40	6.00	8.00		0.59	20.00	30	3.3								
5.60	6.00	9.00		0.59	13.00	46	2.2								
5.80	8.00	10.00		0.78	27.00	30	3.4								
6.00	8.00	12.00		0.78	13.00	62	1.6								
6.20	4.00	6.00		0.39	13.00	31	3.3								
6.40	4.00	6.00		0.39	13.00	31	3.3								
6.60	3.00	5.00		0.29	13.00	23	4.3								
6.80	3.00	5.00		0.29	27.00	11	9.0								
7.00	6.00	10.00		0.59	13.00	46	2.2								
7.20	4.00	6.00		0.39	40.00	10	10.0								
7.40	8.00	14.00		0.78	13.00	62	1.6								
7.60	4.00	6.00		0.39	13.00	31	3.3								
7.80	18.00	20.00		1.76	27.00	67	1.5								
8.00	16.00	20.00		1.57	27.00	59	1.7								
8.20	20.00	24.00		1.96	27.00	74	1.4								
8.40	20.00	24.00		1.96	13.00	154	0.7								
8.60	24.00	26.00		2.35	13.00	185	0.5								
8.80	22.00	24.00		2.16	27.00	81	1.2								
9.00	30.00	34.00		2.94	40.00	75	1.3								
9.20	34.00	40.00		3.33	53.00	64	1.6								
9.40	56.00	64.00		5.49	133.00	42	2.4								
9.60	180.00	200.00		17.64	67.00	269	0.4								
9.80	140.00	150.00		13.72	267.00	52	1.9								
10.00	200.00	240.00		19.60	133.00	150	0.7								
10.20	240.00	260.00		23.52	67.00	358	0.3								
10.40	200.00	210.00		19.60	133.00	150	0.7								
10.60	140.00	160.00		13.72	133.00	105	1.0								
10.80	180.00	200.00		17.64	133.00	135	0.7								
11.00	140.00	160.00		13.72	133.00	105	1.0								
11.20	140.00	160.00		13.72	133.00	105	1.0								
11.40	180.00	200.00		17.64	200.00	90	1.1								
11.60	250.00	280.00		24.50	333.00	75	1.3								
11.80	300.00	350.00		29.40	267.00	112	0.9								
12.00	360.00	400.00		35.28											

H = profondità  
L1 = prima lettura (punta)  
L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
Lt = terza lettura (totale)  
CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta  
fs = resistenza laterale calcolata alla stessa quota di qc  
F = rapporto Begemann (qc / fs)  
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

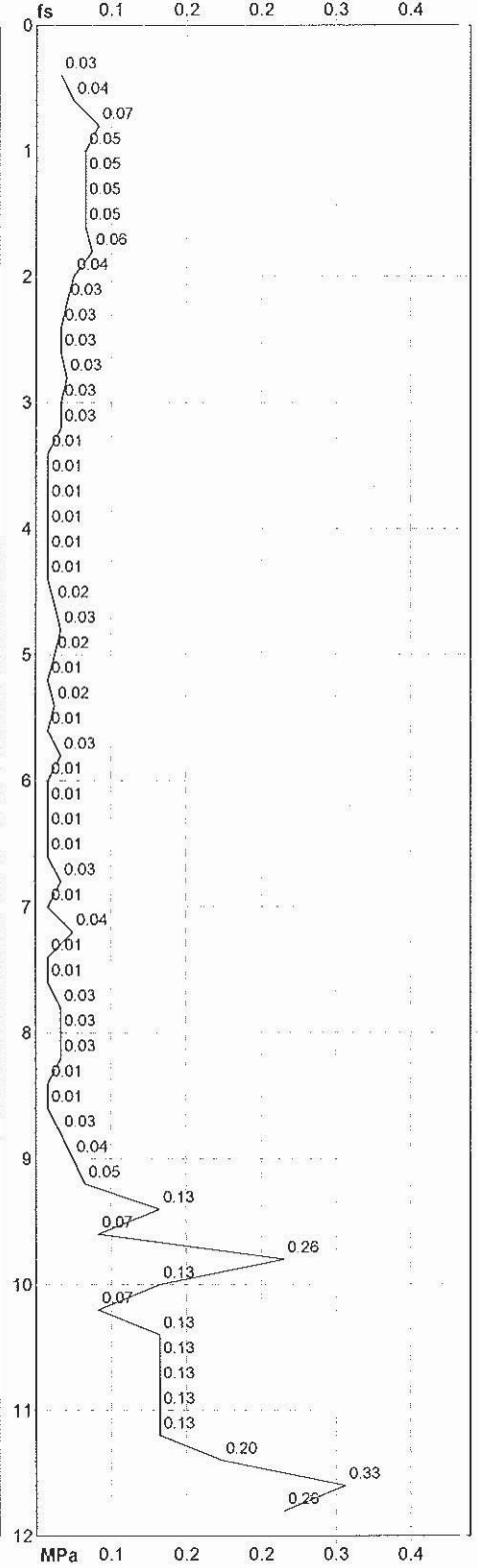
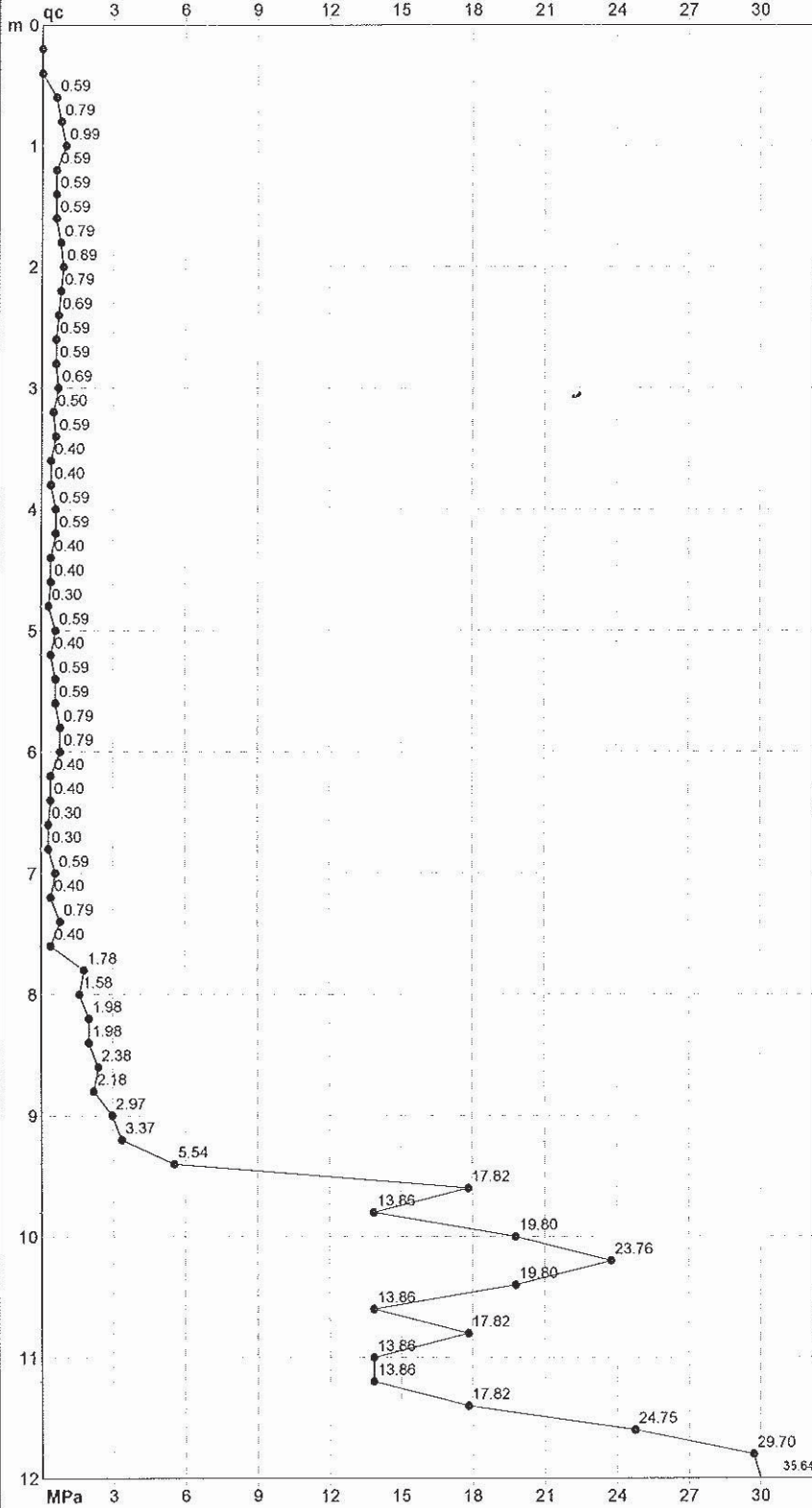


**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

<b>CPT</b>	<b>3</b>
riferimento	<b>853-2017</b>
certificato n°	7980

Committente:  
 Cantiere: **studio del terreno di fondazione**  
 Località: **castelfranco via Emilia**

U.M.: **MPa**      Data eseg.: **03/10/2001**  
 Scala: **1:60**  
 Pagina: **2/4**      Data certificato: **13/06/2017**  
 Elaborato:      Falda: **Assente**



Penetrometro: <b>TG63-200</b>	Preforo: <b>-0.40 m</b>
Responsabile:	Corr.astine: <b>kN/ml</b>
Assistente:	Cod. punta:

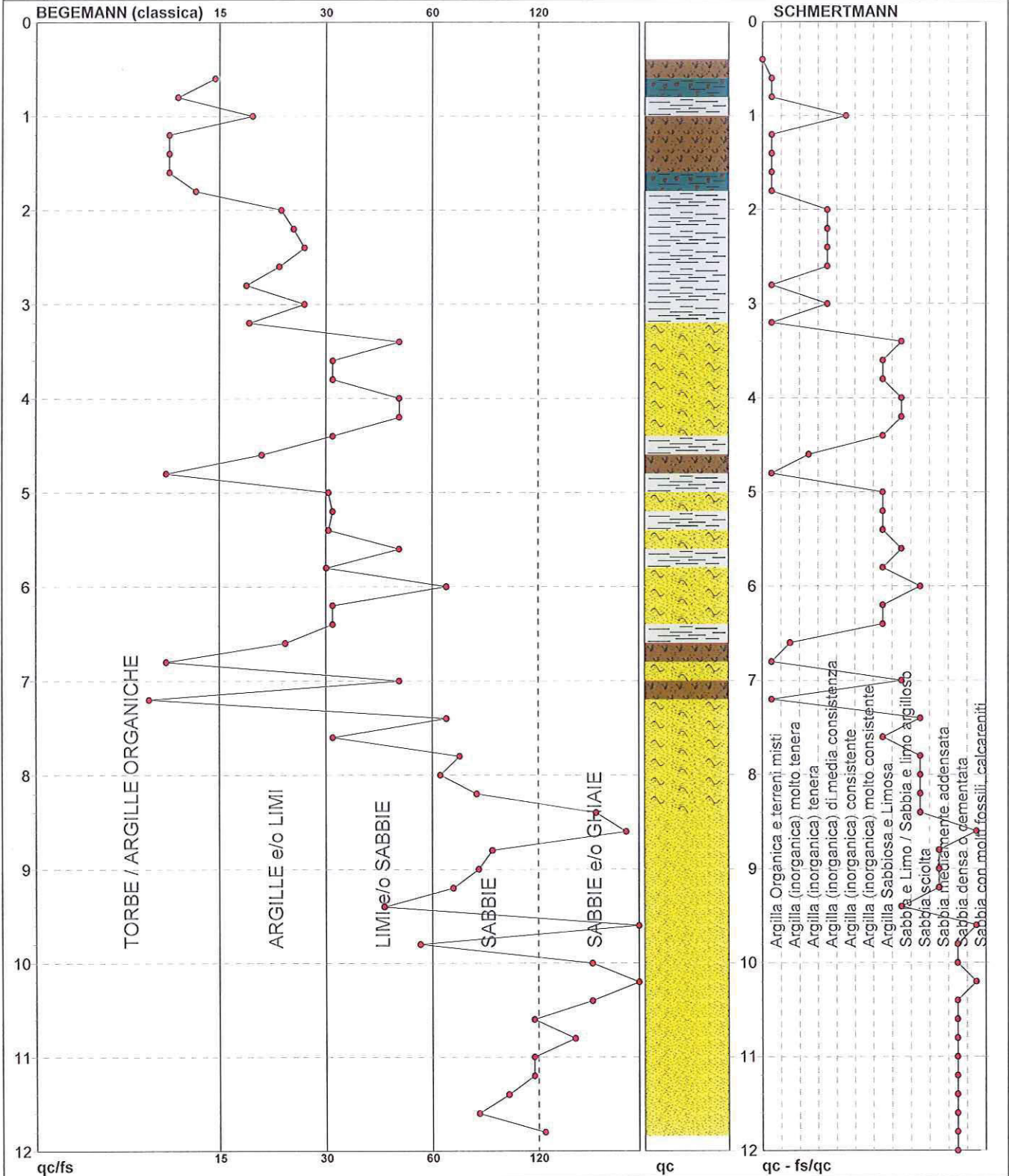
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>3</b>
riferimento	<b>853-2017</b>
certificato n°	7980

Committente:  
Cantiere: studio del terreno di fondazione  
Località: castelfranco via Emilia

U.M.: MPa  
Scala: 1:60  
Pagina: 3/4  
Elaborato:  
Data exec.: 03/10/2001  
Data certificato: 13/06/2017  
Falda: Assente



Torbe / Argille org. :	11 punti, 18.64%	Argilla Organica e terreni misti:	11 punti, 18.64%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	6 punti, 10.17%
Argille e/o Limi :	13 punti, 22.03%	Argilla (inorganica) molto tenera:	1 punti, 1.69%	Sabbia sciolta:	6 punti, 10.17%
Limi e/o Sabbie :	15 punti, 25.42%	Argilla (inorganica) tenera:	1 punti, 1.69%	Sabbia mediamente addensata:	3 punti, 5.08%
Sabbie:	13 punti, 22.03%	Argilla (inorganica) media consist.:	5 punti, 8.47%	Sabbia densa o cementata:	10 punti, 16.95%
Sabbie e/o Ghiaie :	7 punti, 11.86%	Argilla (inorganica) consistente:	1 punti, 1.69%	Sabbia con molti fossili, calcareniti:	3 punti, 5.08%



**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**PARAMETRI GEOTECNICI**

<b>CPT</b>	<b>3</b>
riferimento	<b>853-2017</b>
certificato n°	<b>7980</b>

Committente:		U.M.:	MPa	Data eseg.:	03/10/2001
Cantiere:	studio del terreno di fondazione	Pagina:	4/4	Data certificato:	13/06/2017
Località:	castelfranco via Emilia	Elaborato:		Falda:	Assente

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma'$ t/m <sup>3</sup>	$\sigma'_{vo}$ kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE							F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	
							Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	$\sigma_{Sc}$ (°)	$\sigma_{Ca}$ (°)	$\sigma_{Ko}$ (°)	$\sigma_{DB}$ (°)	$\sigma_{DM}$ (°)	$\sigma_{Me}$ (°)					
0.20	35.28	--		2.15	4.2	509	--	--	--	--	--	100	46	55	53	49	45	40	--	58.8	88.2	105.8	
0.40	35.28	1333.33		2.15	8.4	509	--	--	--	--	--	100	46	51	49	46	45	40	--	58.8	88.2	105.8	
0.60	0.59	15.00		1.46	11.3	109	29.4	20.8	1.2	1.8	0.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
0.80	0.78	11.94		1.86	14.9	121	39.2	21.0	6.7	10.0	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1.00	0.98	18.87		1.90	18.7	132	49.0	21.0	8.3	12.5	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1.20	0.59	11.32		1.46	21.5	109	29.4	9.3	1.2	1.8	0.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1.40	0.59	11.32		1.46	24.4	109	29.4	7.9	1.3	2.0	0.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1.60	0.59	11.32		1.46	27.2	109	29.4	6.9	1.5	2.2	0.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1.80	0.78	13.33		1.86	30.9	121	39.2	8.5	7.3	11.0	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.00	0.88	22.50		1.88	34.6	127	44.1	8.5	8.2	12.3	3.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.20	0.78	24.24		1.86	38.2	121	39.2	6.5	9.9	14.8	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.40	0.69	25.93		1.84	41.8	115	34.3	4.9	11.6	17.4	3.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.60	0.59	22.22		1.82	45.4	109	29.4	3.6	12.8	19.2	2.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.80	0.59	18.18		1.82	49.0	109	29.4	3.3	13.7	20.6	2.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.00	0.69	25.93		1.84	52.6	115	34.3	3.7	14.8	22.3	3.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.20	0.49	18.52		1.80	56.1	101	24.5	2.2	13.4	20.1	2.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.40	0.59	46.15		1.82	59.7	109	29.4	2.6	15.4	23.1	2.8	--	38	21	18	17	25	26	--	1.0	1.5	1.8	
3.60	0.39	30.77		1.80	63.2	93	19.6	1.5	11.5	17.2	2.0	--	38	19	15	15	25	25	--	0.7	1.0	1.2	
3.80	0.39	30.77		1.80	66.7	93	19.6	1.4	11.5	17.3	2.0	--	38	19	15	14	25	25	--	0.7	1.0	1.2	
4.00	0.59	46.15		1.82	70.3	109	29.4	2.1	16.3	24.4	2.8	--	38	20	17	16	25	26	--	1.0	1.5	1.8	
4.20	0.59	46.15		1.82	73.8	109	29.4	2.0	16.5	24.7	2.8	--	38	20	17	16	25	26	--	1.0	1.5	1.8	
4.40	0.39	30.77		1.80	77.4	93	19.6	1.1	11.7	17.5	2.0	--	38	18	14	14	25	25	--	0.7	1.0	1.2	
4.60	0.39	20.00		1.78	80.8	93	19.6	1.1	11.7	17.6	2.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.80	0.29	11.11		1.46	83.7	84	14.7	0.7	1.9	2.9	0.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.00	0.59	30.00		1.82	87.3	109	29.4	1.6	17.0	25.5	2.8	--	38	19	16	15	25	26	--	1.0	1.5	1.8	
5.20	0.39	30.77		1.80	90.8	93	19.6	0.9	11.8	17.6	2.0	--	38	17	13	13	25	25	--	0.7	1.0	1.2	
5.40	0.59	30.00		1.82	94.4	109	29.4	1.5	17.2	25.8	2.8	--	38	19	15	15	25	26	--	1.0	1.5	1.8	
5.60	0.59	46.15		1.82	97.9	109	29.4	1.4	17.3	25.9	2.8	--	38	19	15	14	25	26	--	1.0	1.5	1.8	
5.80	0.78	29.63		1.86	101.6	121	39.2	1.9	22.1	33.2	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.00	0.78	61.54		1.84	105.2	121	39.2	1.8	22.3	33.4	3.4	--	38	20	16	15	25	26	--	1.3	2.0	2.4	
6.20	0.39	30.77		1.80	108.7	93	19.6	0.7	11.8	17.6	2.0	--	38	16	12	12	25	25	--	0.7	1.0	1.2	
6.40	0.39	30.77		1.80	112.2	93	19.6	0.7	11.8	17.6	2.0	--	38	16	12	12	25	25	--	0.7	1.0	1.2	
6.60	0.29	23.08		1.76	115.7	84	14.7	0.5	8.8	13.2	1.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.80	0.29	11.11		1.46	118.5	84	14.7	0.5	1.9	2.9	0.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.00	0.59	46.15		1.82	122.1	109	29.4	1.1	17.6	26.4	2.8	--	38	18	14	13	25	26	--	1.0	1.5	1.8	
7.20	0.39	10.00		1.46	125.0	93	19.6	0.6	2.5	3.8	0.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.40	0.78	61.54		1.84	128.6	121	39.2	1.4	23.0	34.5	3.4	--	38	19	15	15	25	26	--	1.3	2.0	2.4	
7.60	0.39	30.77		1.80	132.1	93	19.6	0.6	11.8	17.6	2.0	--	38	15	11	11	25	25	--	0.7	1.0	1.2	
7.80	1.76	66.67		1.91	135.8	164	73.5	2.9	36.8	55.1	5.5	--	5	38	23	19	18	26	27	--	2.9	4.4	5.3
8.00	1.57	59.26		1.90	139.5	157	68.2	2.6	35.8	53.8	5.1	--	0	38	22	18	17	25	27	--	2.6	3.9	4.7
8.20	1.96	74.07		1.93	143.3	171	78.4	3.0	39.0	58.4	5.9	--	7	39	23	19	18	26	27	--	3.3	4.9	5.9
8.40	1.96	153.85		1.93	147.1	171	78.4	2.9	39.5	59.3	5.9	--	7	39	23	19	18	26	27	--	3.3	4.9	5.9
8.60	2.35	184.62		1.86	150.7	183	--	--	--	--	--	--	12	39	23	20	19	27	28	--	3.9	5.9	7.1
8.80	2.16	81.48		1.86	154.4	177	--	--	--	--	--	--	9	39	23	20	18	26	28	--	3.6	5.4	6.5
9.00	2.94	75.00		1.88	158.0	199	--	--	--	--	--	--	19	40	24	21	20	28	29	--	4.9	7.4	8.8
9.20	3.33	64.15		1.89	161.7	209	--	--	--	--	--	--	23	40	25	22	20	28	29	--	5.6	8.3	10.0
9.40	5.49	42.11		1.93	165.5	252	--	--	--	--	--	--	39	41	27	24	23	31	31	--	9.1	13.7	16.5
9.60	17.64	288.66		2.12	169.7	392	--	--	--	--	--	--	79	44	33	30	28	37	37	--	29.4	44.1	52.9
9.80	13.72	52.43		2.06	173.7	356	--	--	--	--	--	--	70	44	31	29	27	36	36	--	22.9	34.3	41.2
10.00	19.60	150.38		2.15	177.9	408	--	--	--	--	--	--	81	45	33	30	28	38	38	--	32.7	49.0	58.8
10.20	23.52	358.21		2.15	182.1	437	--	--	--	--	--	--	87	45	34	31	29	38	39	--	39.2	58.8	70.6
10.40	19.60	150.38		2.15	186.3	408	--	--	--	--	--	--	80	44	33	30	28	37	38	--	32.7	49.0	58.8
10.60	13.72	105.26		2.06	190.4	356	--	--	--	--	--	--	67	43	31	28	26	35	36	--	22.9	34.3	41.2
10.80	17.64	135.34		2.12	194.5	392	--	--	--	--	--	--	75	44	32	29	27	36	37	--	29.4	44.1	52.9
11.00	13.72	105.26		2.06	198.6	356	--	--	--	--	--	--	66	43	31	28	26	35	36	--	22.9	34.3	41.2
11.20	13.72	105.26		2.06	202.6	356	--	--	--	--	--	--	66	43	31	28	26	35	36	--	22.9	34.3	41.2
11.40	17.64	90.00		2.12	206.8	392	--	--	--	--	--	--	74	44	32	29	27	36	37	--	29.4	44.1	52.9
11.60	24.50	75.08		2.15	211.0	443	--	--	--	--	--	--	85	45	33	31	29	38	39	--	40.8	61.3	73.5
11.80	29.40	112.36		2.15	215.2	475	--	--	--	--	--	--	91	45	34	31	29	39	40	--	49.0	73.5	88.2
12.00	35.28	--		2.15	219.4	509	--	--	--	--	--	--	96	46	35	32	30	39	40	--	58.8	88.2	105.8

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

**CPT**

**4**

riferimento **853-2017**

certificato n° **7981**

Committente:

Cantiere: **studio del terreno di fondazione**

Località: **castelfranco via Emilia**

U.M.: **MPa**

Data eseg.: **03/10/2001**

Pagina: **1/4**

Data certificato: **13/06/2017**

Elaborato:

Falda: **Assente**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.00	0.00		0.00	0.00										
0.40	0.00	0.00		0.00	40.00		0								
0.60	6.00	12.00		0.59	53.00		11	8.8							
0.80	6.00	14.00		0.59	67.00		9	11.2							
1.00	8.00	18.00		0.78	80.00		10	10.0							
1.20	8.00	20.00		0.78	53.00		15	6.6							
1.40	8.00	16.00		0.78	13.00		62	1.6							
1.60	6.00	8.00		0.59	27.00		22	4.5							
1.80	6.00	10.00		0.59	40.00		15	6.7							
2.00	8.00	14.00		0.78	40.00		20	5.0							
2.20	6.00	12.00		0.59	40.00		15	6.7							
2.40	6.00	12.00		0.59	33.00		18	5.5							
2.60	5.00	10.00		0.49	27.00		19	5.4							
2.80	6.00	10.00		0.59	27.00		22	4.5							
3.00	6.00	10.00		0.59	27.00		22	4.5							
3.20	4.00	8.00		0.39	13.00		31	3.3							
3.40	4.00	6.00		0.39	13.00		31	3.3							
3.60	4.00	6.00		0.39	13.00		31	3.3							
3.80	6.00	8.00		0.59	27.00		22	4.5							
4.00	6.00	10.00		0.59	13.00		46	2.2							
4.20	6.00	8.00		0.59	33.00		18	5.5							
4.40	9.00	14.00		0.88	27.00		33	3.0							
4.60	8.00	12.00		0.78	27.00		30	3.4							
4.80	6.00	10.00		0.59	40.00		15	6.7							
5.00	10.00	16.00		0.98	13.00		77	1.3							
5.20	6.00	8.00		0.59	13.00		46	2.2							
5.40	4.00	6.00		0.39	13.00		31	3.3							
5.60	4.00	6.00		0.39	20.00		20	5.0							
5.80	9.00	12.00		0.88	27.00		33	3.0							
6.00	10.00	14.00		0.98	27.00		37	2.7							
6.20	46.00	50.00		4.51	13.00		354	0.3							
6.40	38.00	40.00		3.72	27.00		141	0.7							
6.60	30.00	34.00		2.94	133.00		23	4.4							
6.80	240.00	260.00		23.52	333.00		72	1.4							
7.00	350.00	400.00		34.30											

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta

fs = resistenza laterale calcolata

0.20 m sopra quota qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

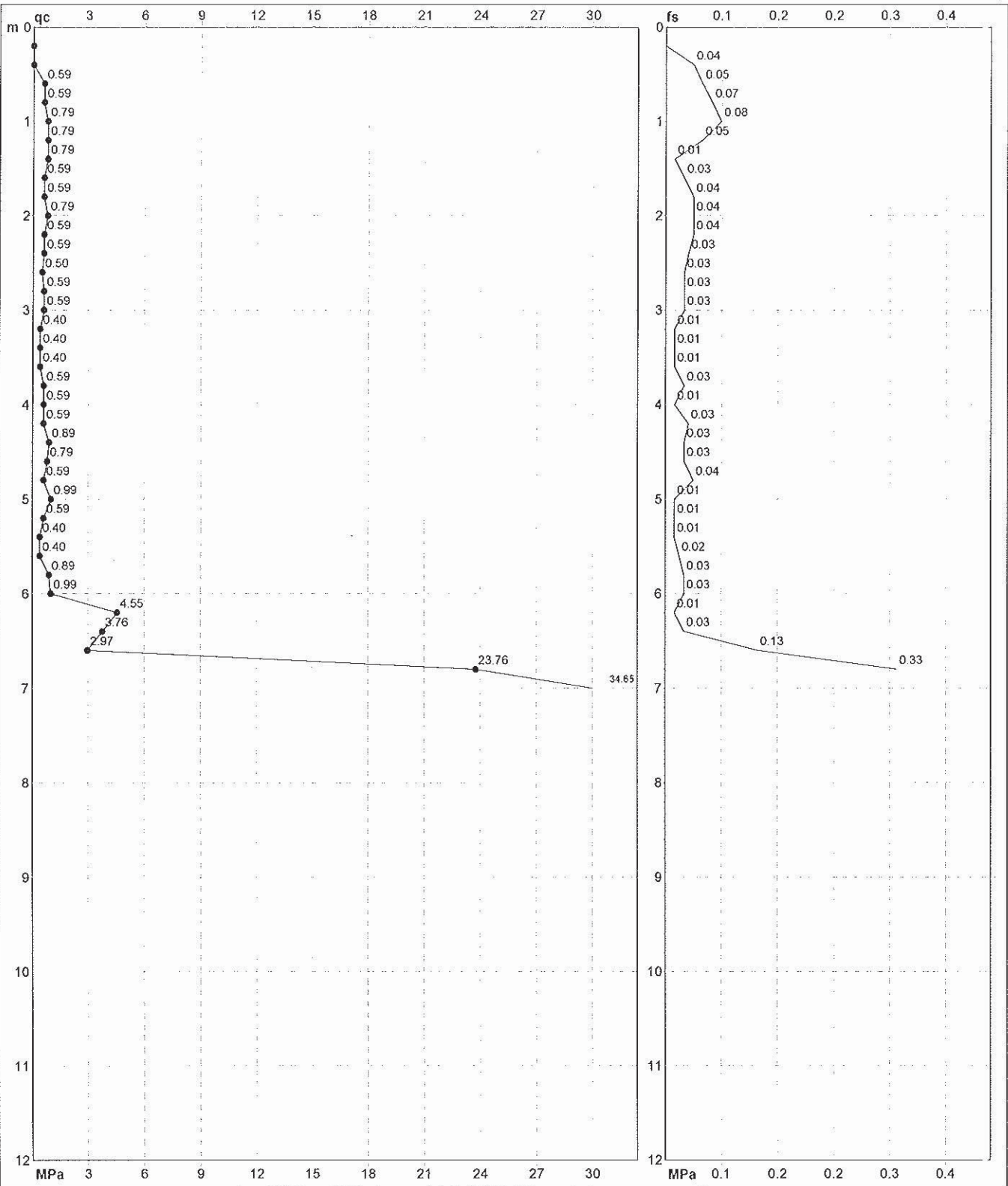
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

<b>CPT</b>	<b>4</b>
riferimento	853-2017
certificato n°	7981

Committente:		U.M.: MPa	Data exec.: 03/10/2001
Cantiere:	studio del terreno di fondazione	Scala: 1:60	Data certificato: 13/06/2017
Località:	castelfranco via Emilia	Pagina: 2/4	Falda: Assente
		Elaborato:	



	Penetrometro: TG63-200	Preforo: -0.40 m
	Responsabile:	Corr.astline: KN/ml
	Assistente:	Cod. punta:



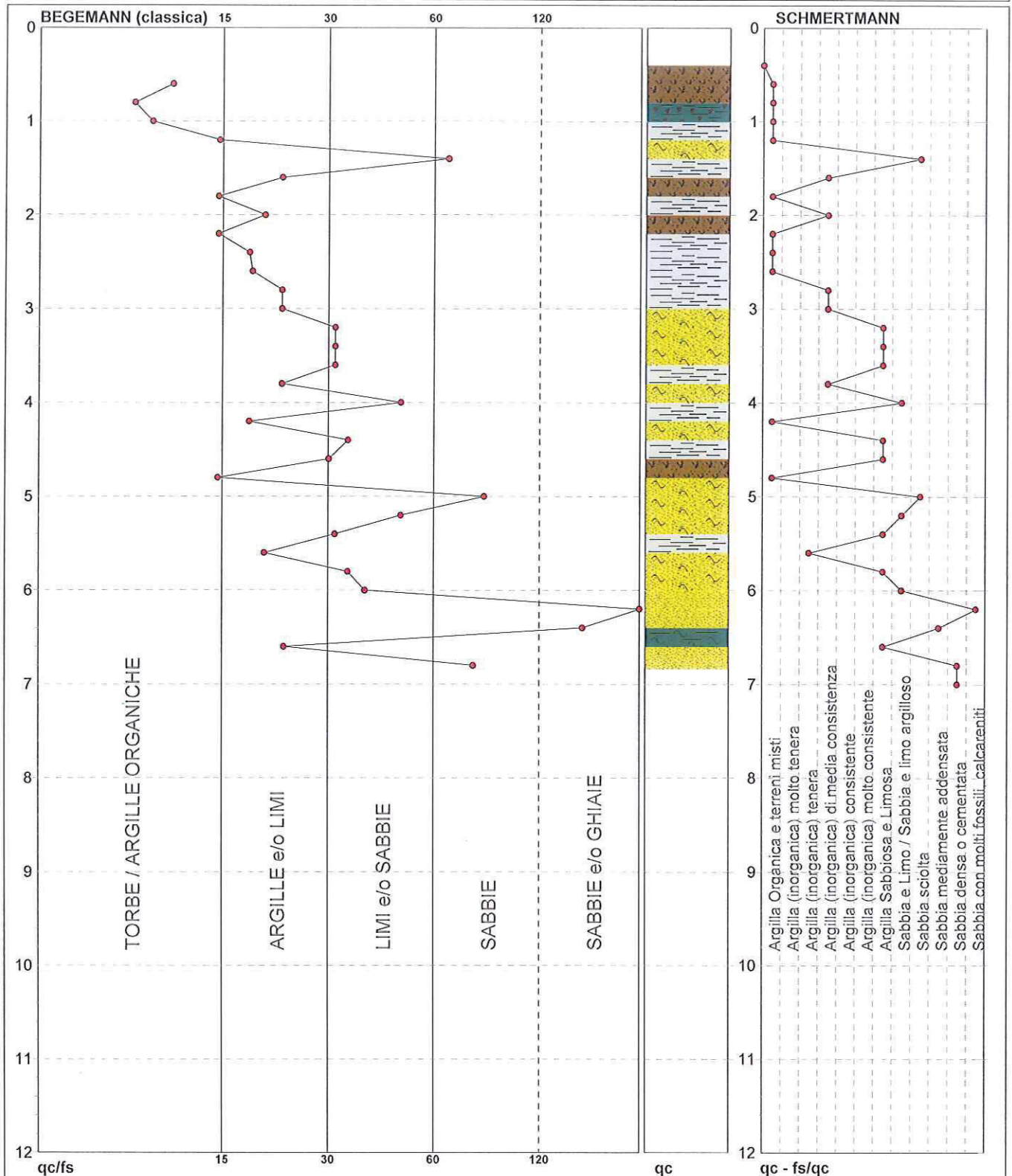
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>4</b>
riferimento	853-2017
certificato n°	7981

Committente:  
Cantiere: studio del terreno di fondazione  
Località: castelfranco via Emilia

U.M.: MPa      Data eseg.: 03/10/2001  
Scala: 1:60  
Pagina: 3/4      Data certificato: 13/06/2017  
Elaborato:      Falda: Assente



Torbe / Argille org. :	8 punti, 13.56%	Argilla Organica e terreni misti:	10 punti, 16.95%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	3 punti, 5.08%
Argille e/o Limi :	12 punti, 20.34%	Argilla (inorganica) tenera:	1 punto, 1.69%	Sabbia sciolta:	2 punti, 3.39%
Limi e/o Sabbie :	9 punti, 15.25%	Argilla (inorganica) media consist.:	5 punti, 8.47%	Sabbia mediamente addensata:	1 punto, 1.69%
Sabbie:	3 punti, 5.08%			Sabbia densa o cementata:	1 punto, 1.69%
Sabbie e/o Ghiaie :	2 punti, 3.39%			Sabbia con molti fossili, calcareniti:	1 punto, 1.69%



## **GEO GROUP s.r.l.**

Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia  
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

### ***ALLEGATO N° 2***

### ***Indagini sismiche***





## GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax. 059-59.60.176

p. IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)

## ANALISI SISMICA DI SITO SECONDO METODOLOGIA Re.Mi

**Cantiere:** Castelfranco Emilia, Via Emilia angolo Via Cartiera

**Operatori :** Dott. Alessandro Berti e Dott. Luca Pattuzzi

**Lavoro:** Studio del terreno di fondazione

**Data:** 14/06/17

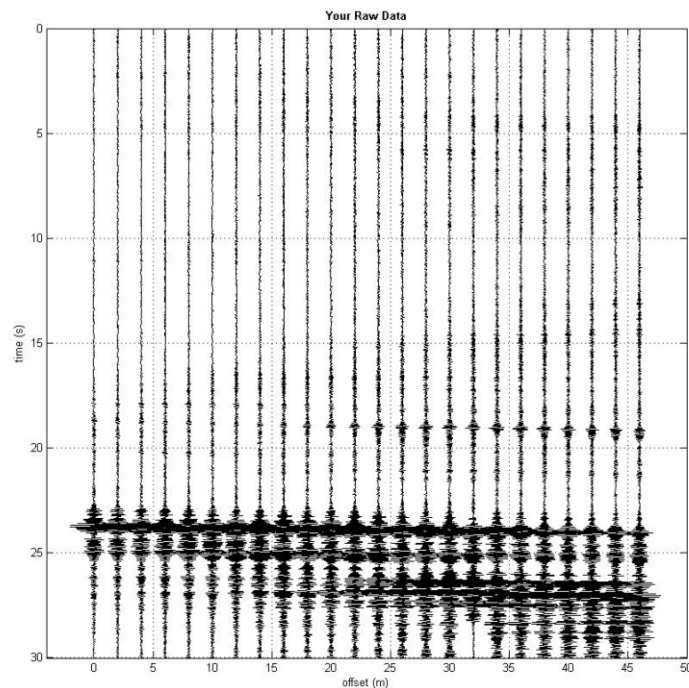
**Elaborazione:** Dott. Luca Pattuzzi

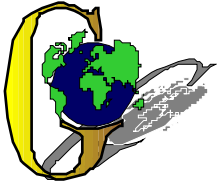
**Responsabile:** Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

Re.Mi.  
Rif. 346/17



UBICAZIONE DELLO STENDIMENTO SISMICO IMPIEGATO





**GEO GROUP s.r.l.**

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

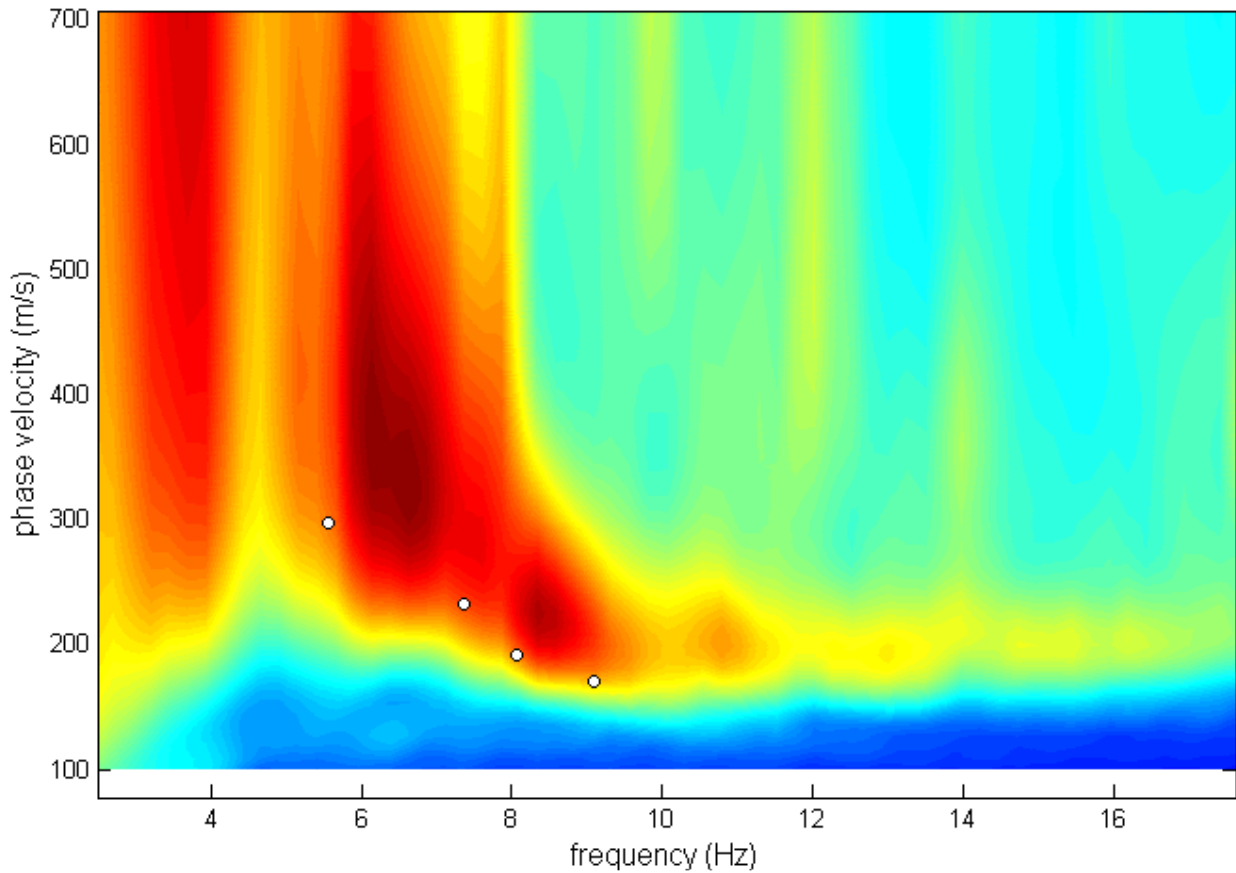
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax. 059-59.60.176

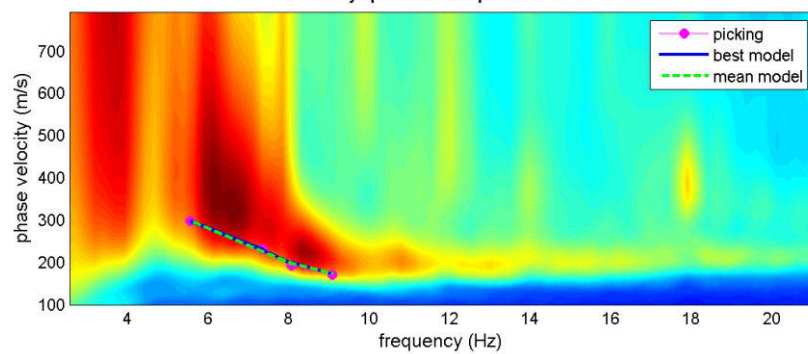
p. IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)

## SPETTRO RELATIVO ALLE VELOCITA' DI FASE, REGISTRATE NEL DOMINIO DELLE FREQUENZE

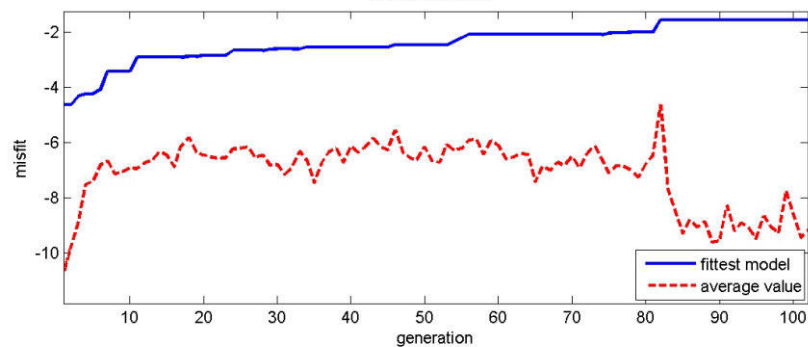
velocity spectrum (spettro)



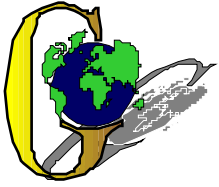
velocity spectrum & dispersion curve



misfit evolution







**GEO GROUP s.r.l.**

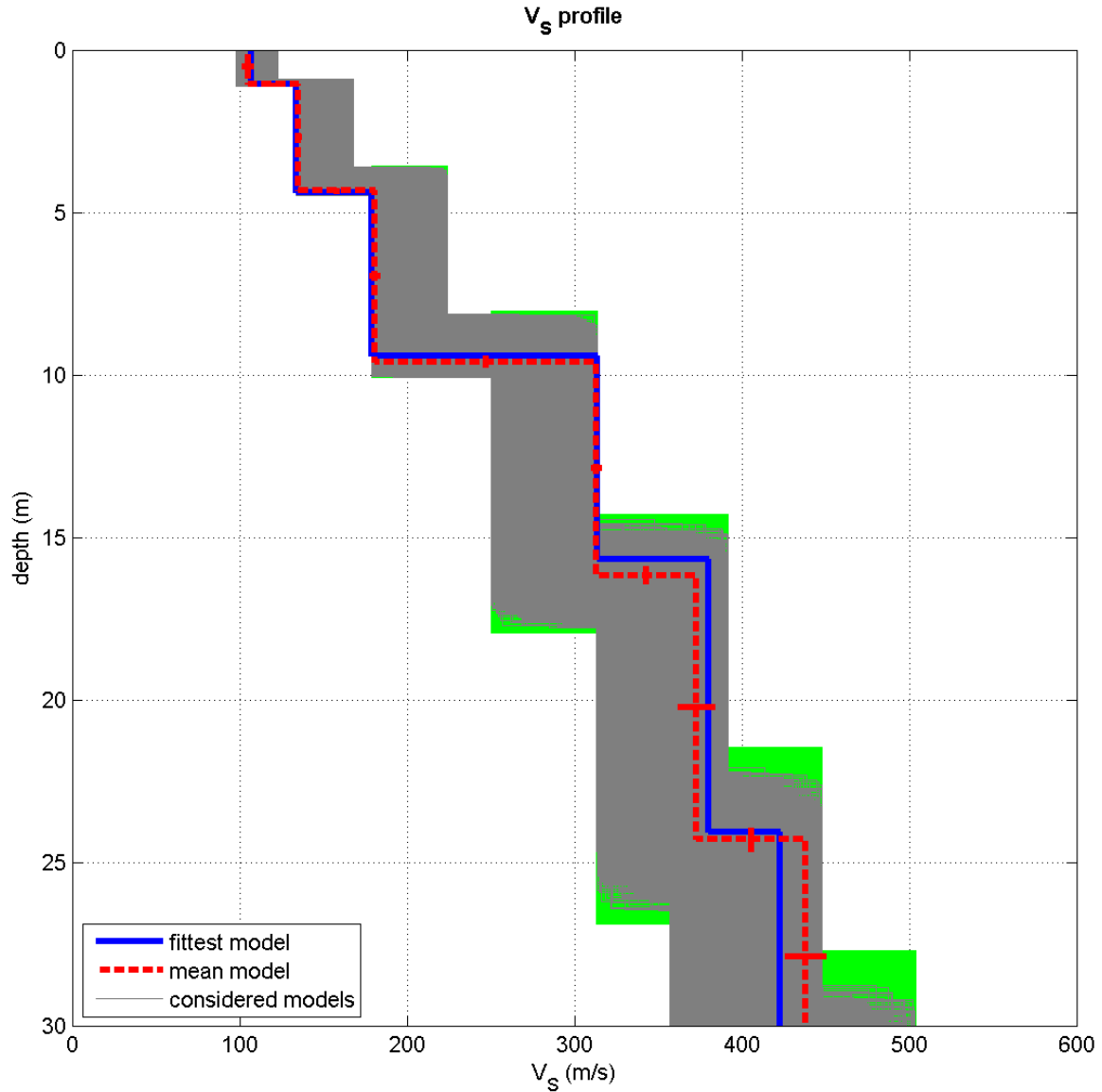
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax. 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)

## MODELLO Vs30 DERIVATO DALL'INDAGINE Re.Mi. ESEGUITA



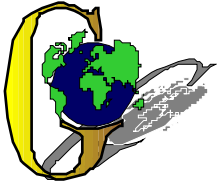
dataset: spettro.mat

dispersion curve: pick.cdp

Vs30 (best model): 252 m/s

Vs30 (mean model): 252 m/s

**BEST MODEL**  
 **$V_{s30} = 252$  m/s**



## GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax. 059-59.60.176

p. IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)

## ANALISI SISMICA DI SITO SECONDO METODOLOGIA M.A.S.W.

**Cantiere:** Castelfranco Emilia, Via Emilia angolo Via Cartiera

**Operatori :** Dott. Alessandro Berti e Dott. Luca Pattuzzi

**Lavoro:** Studio del terreno di fondazione

**Data:** 14/06/17

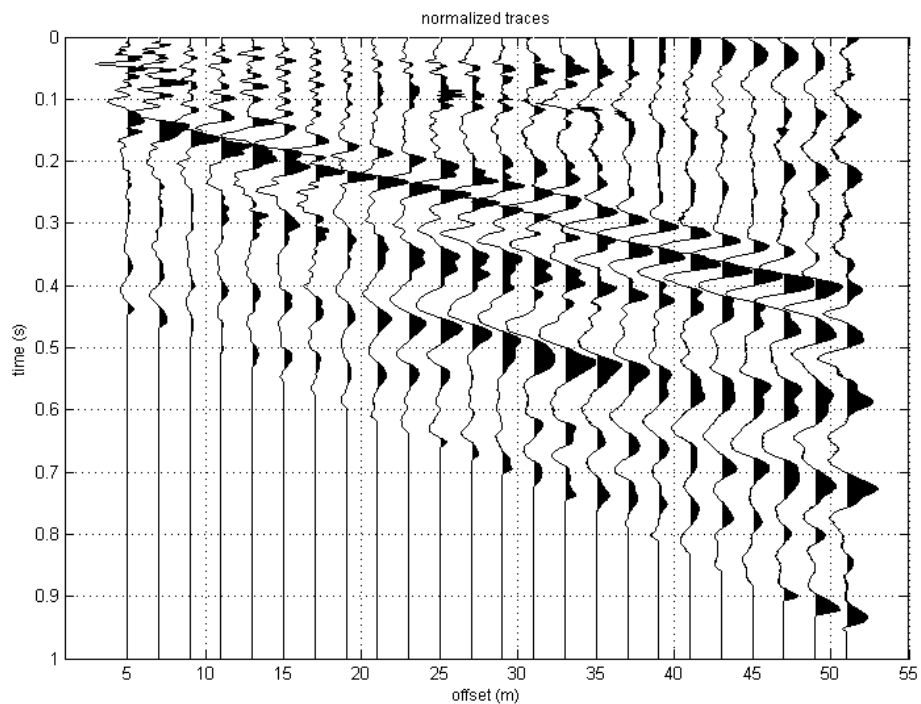
**Elaborazione:** Dott. Luca Pattuzzi

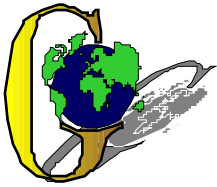
**Responsabile:** Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

**MASW**  
**Rif. 346/17**



UBICAZIONE DELLO STENDIMENTO SISMICO IMPIEGATO





**GEO GROUP s.r.l.**

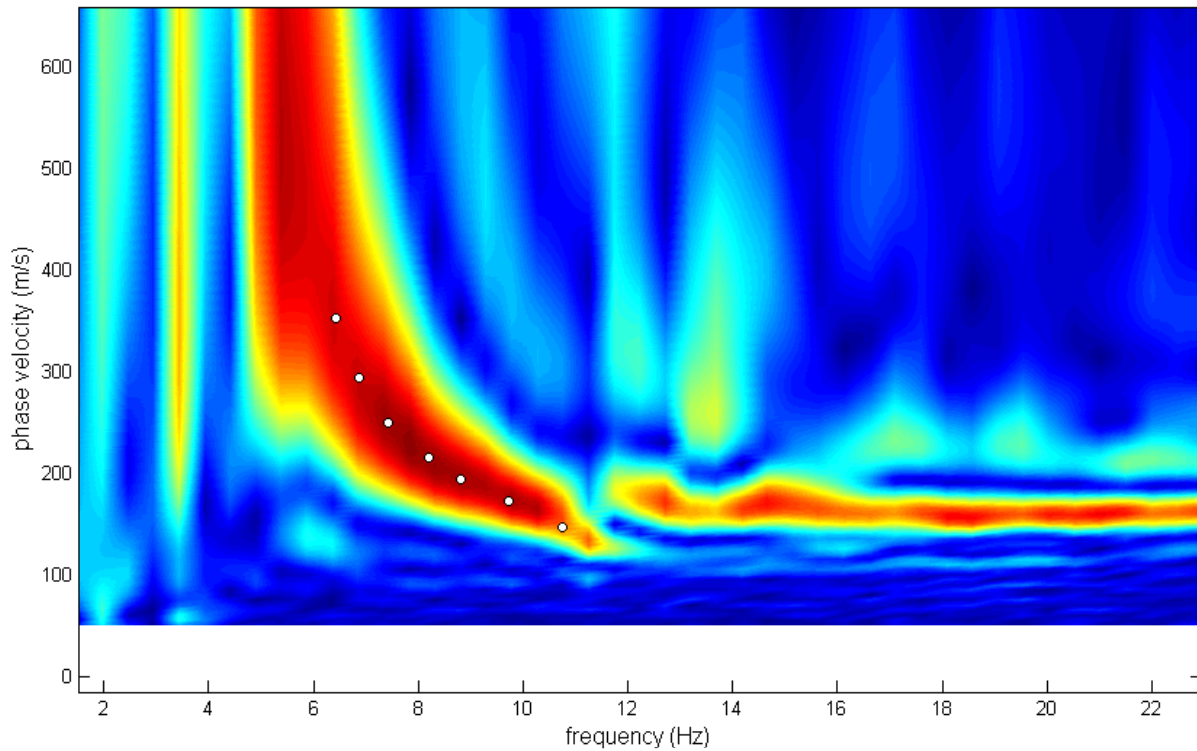
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

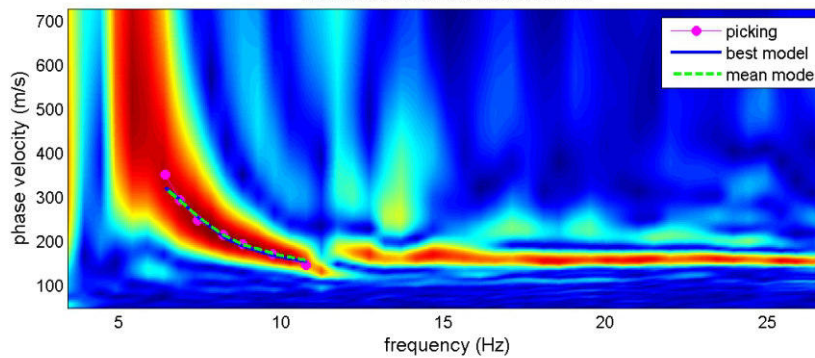
Tel. 059-39.67.169 - Fax. 059-59.60.176

p. IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)

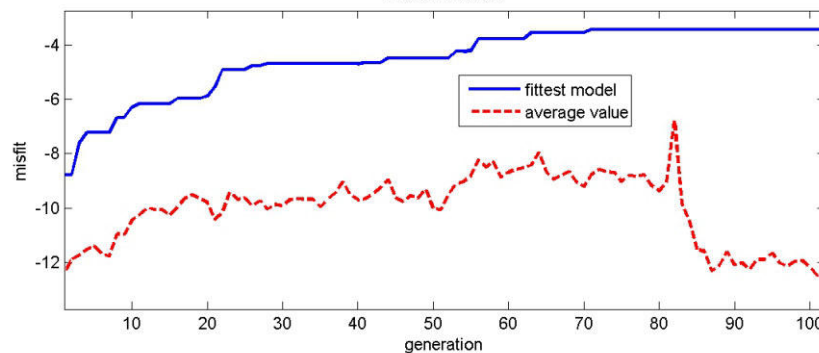
## SPETTRO RELATIVO ALLE VELOCITA' DI FASE, REGISTRATE NEL DOMINIO DELLE FREQUENZE

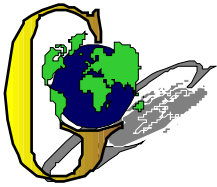


velocity spectrum & dispersion curve



misfit evolution





**GEO GROUP s.r.l.**

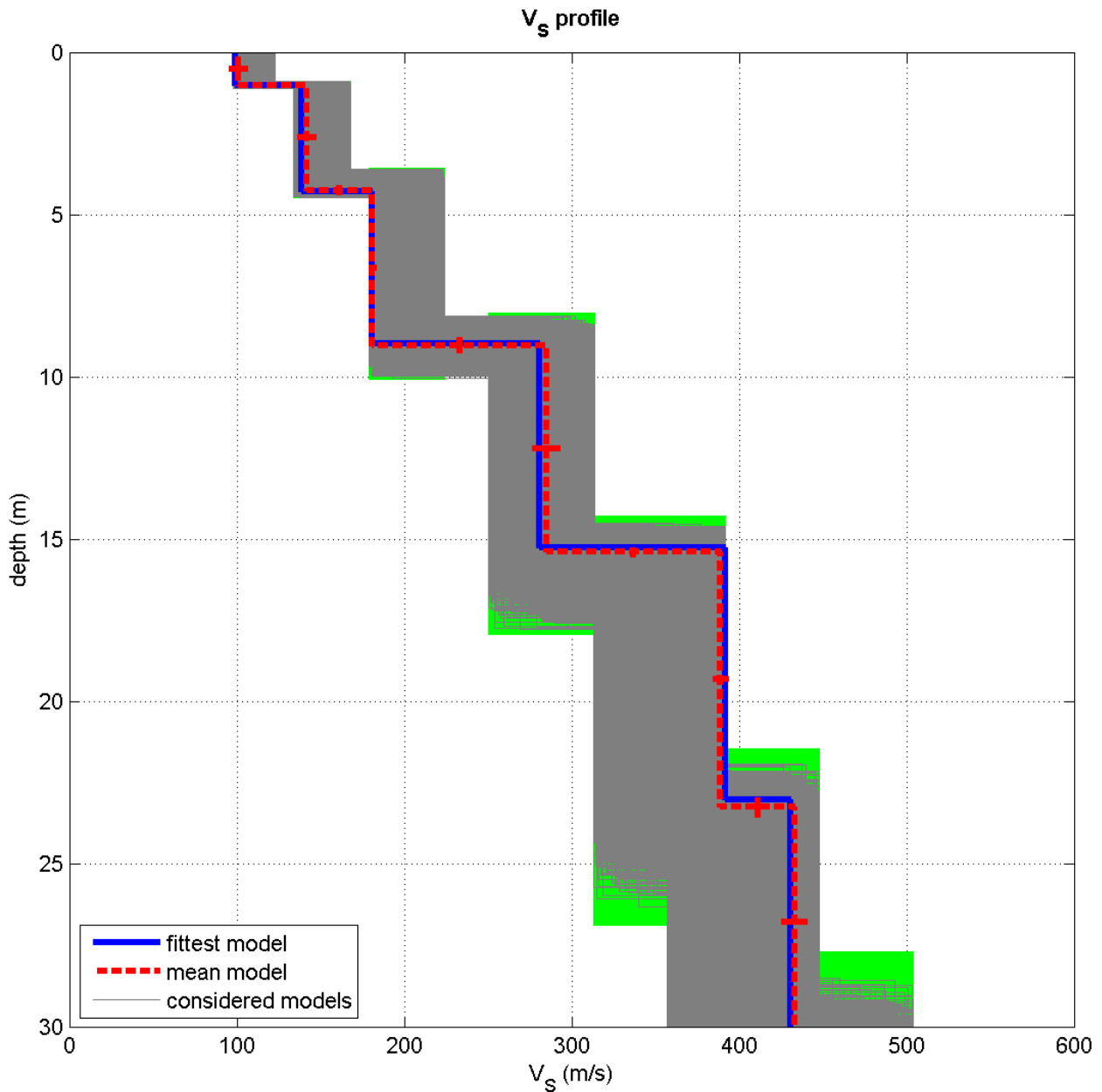
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax. 059-59.60.176

p. IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)

## MODELLO Vs30 DERIVATO DALL'INDAGINE MASW ESEGUITA



dataset: 243.dat

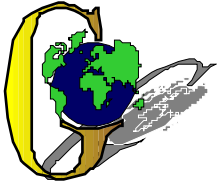
dispersion curve: pick.cdp

Vs30 (best model): 254 m/s

Vs30 (mean model): 256 m/s

**BEST MODEL**  
**Vs30 = 254 m/s**





## GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: info@geogroupmodena.it

# ANALISI SISMICA DI SITO SECONDO METODOLOGIA HVSR

**Cantiere:** Castelfranco Emilia, Via Emilia angolo Via Cartiera

**Operatori :** Dott. Alessandro Berti e Dott. Luca Pattuzzi

**Lavoro:** Studio del terreno di fondazione

**Data:** 14/06/17

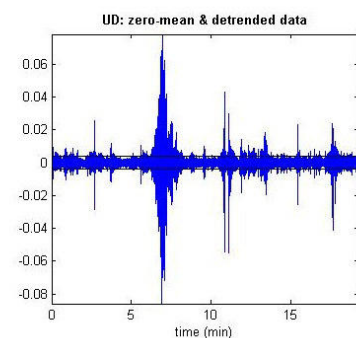
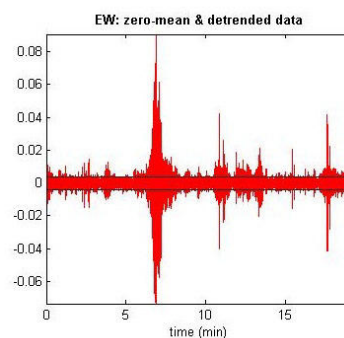
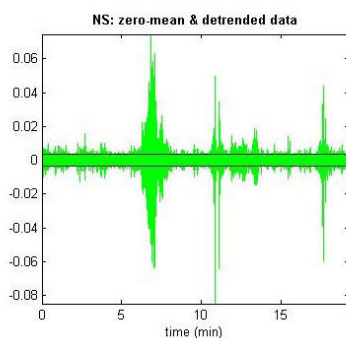
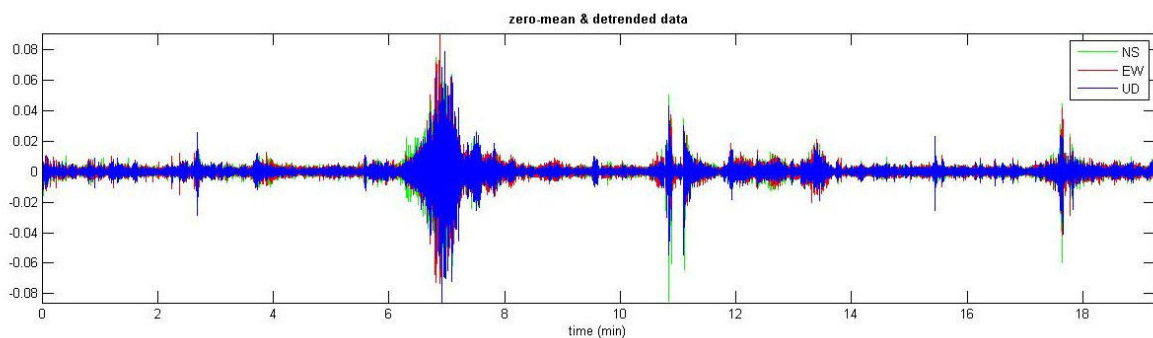
**Elaborazione:** Dott. Luca Pattuzzi

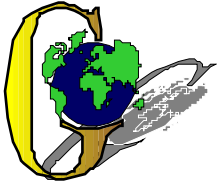
**Responsabile:** Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

**HVSR 1**  
**Rif. 346/17**



UBICAZIONE DELLA STAZIONE DI MISURA





## GEO GROUP s.r.l.

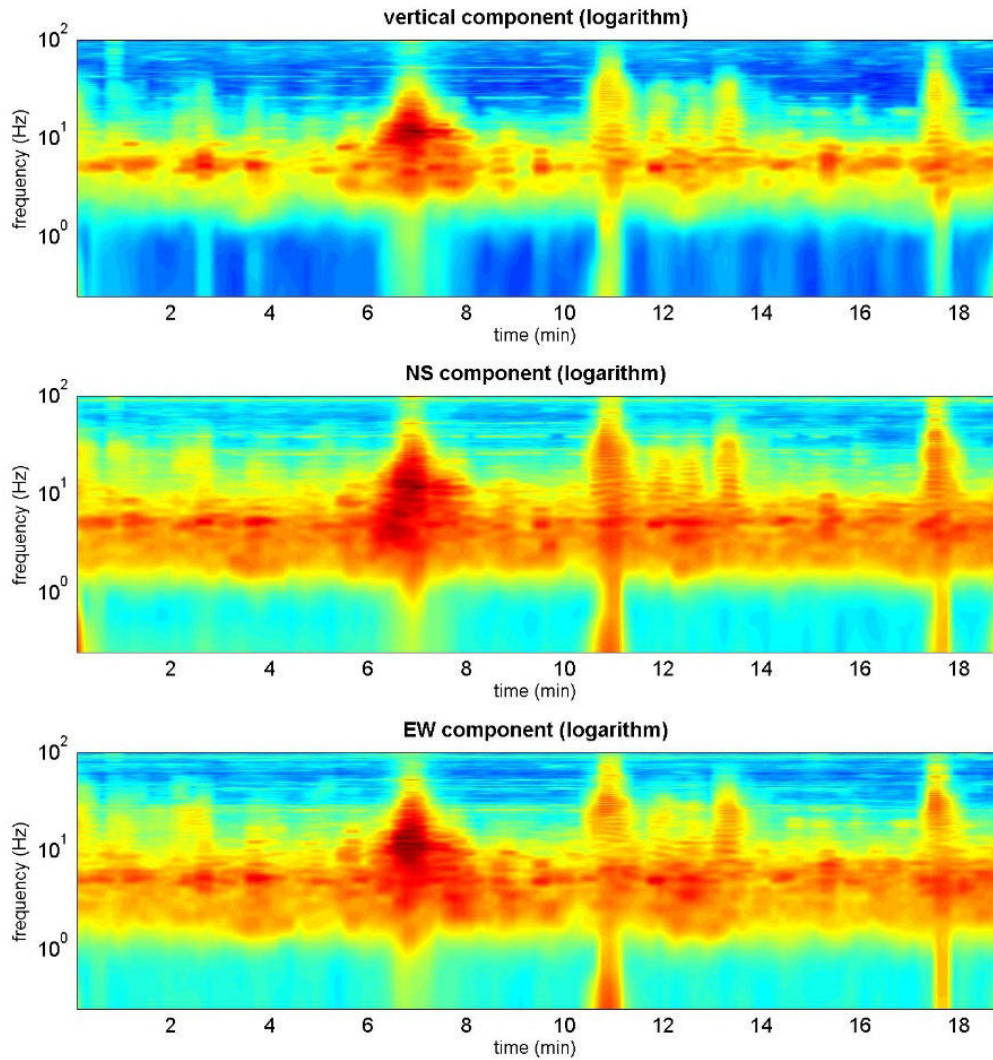
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

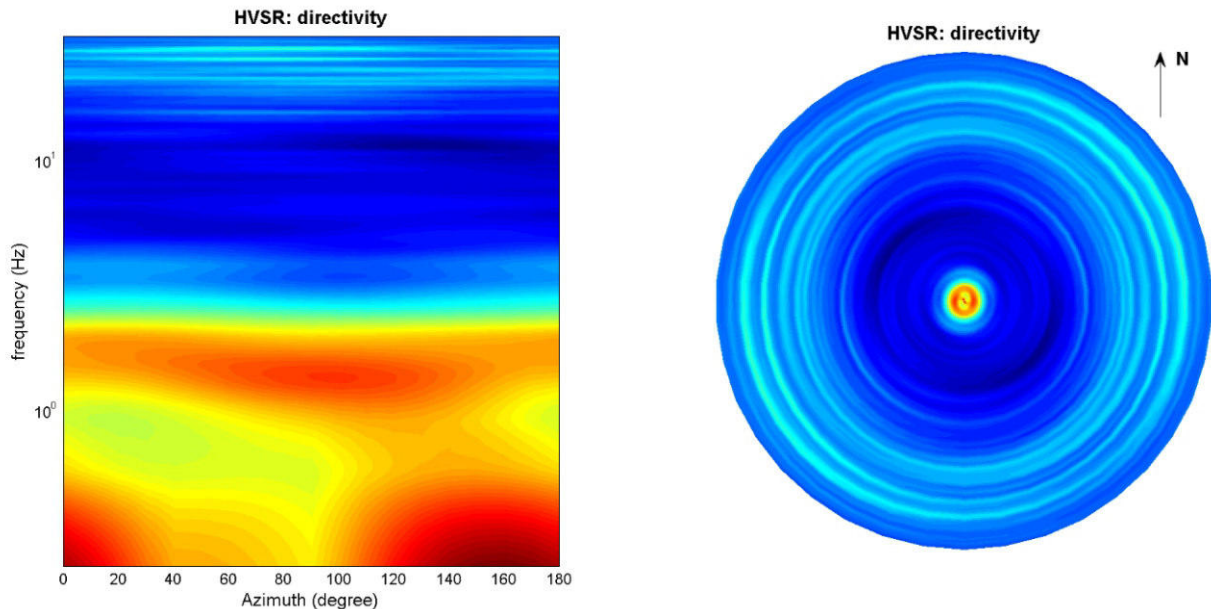
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: info@geogroupmodena.it

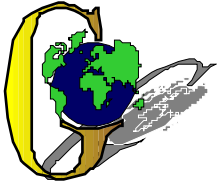
## PERSISTENZA HVSR



## DIREZIONALITA' HVSR







## GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

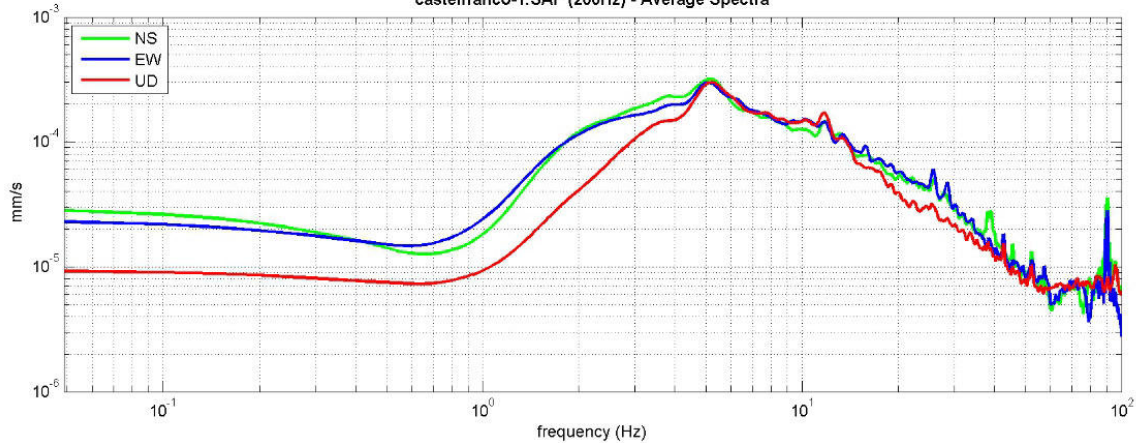
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: info@geogroupmodena.it

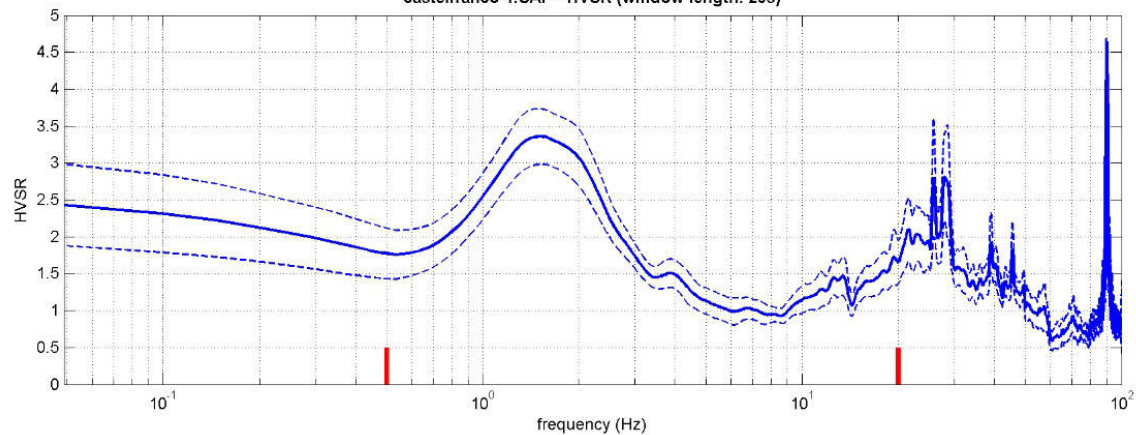
### VELOCITA' SPETTRALI

castelfranco-1.SAF (200Hz) - Average Spectra



### RAPPORTO HVSR DERIVATO DALL'ACQUISIZIONE ESEGUITA

castelfranco-1.SAF - HVSR (window length: 20s)



### FREQUENZA DERIVATA

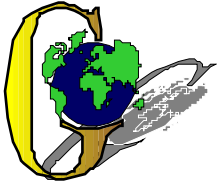
**Frequenza caratteristica del sito: 1.6 +/- 3.9 Hz.**

#### Criteria for a reliable H/V curve

- #1.  $[f_0 > 10/L_w]$ :  $1.563 > 0.5$  (OK)
- #2.  $[n_c > 200]$ :  $3533 > 200$  (OK)
- #3.  $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$  (OK)

#### Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)

- #1.  $[\text{exists } f\text{- in the range } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f\text{-}) < A_0/2]$ : yes (considering standard deviations), at frequency 0.5Hz (OK)
- #2.  $[\text{exists } f\text{+ in the range } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f\text{+}) < A_0/2]$ : yes, at frequency 1.6Hz (OK)
- #3.  $[A_0 > 2]$ :  $3.4 > 2$  (OK)
- #4.  $[f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$ : (OK)
- #5.  $[\sigma_A < \epsilon(f_0)]$ :  $3.908 > 0.156$  (NO)
- #6.  $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$ :  $0.376 < 1.78$  (OK)



## GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: info@geogroupmodena.it

# ANALISI SISMICA DI SITO SECONDO METODOLOGIA HVSR

**Cantiere:** Castelfranco Emilia, Via Emilia angolo Via Cartiera

**Operatori :** Dott. Alessandro Berti e Dott. Luca Pattuzzi

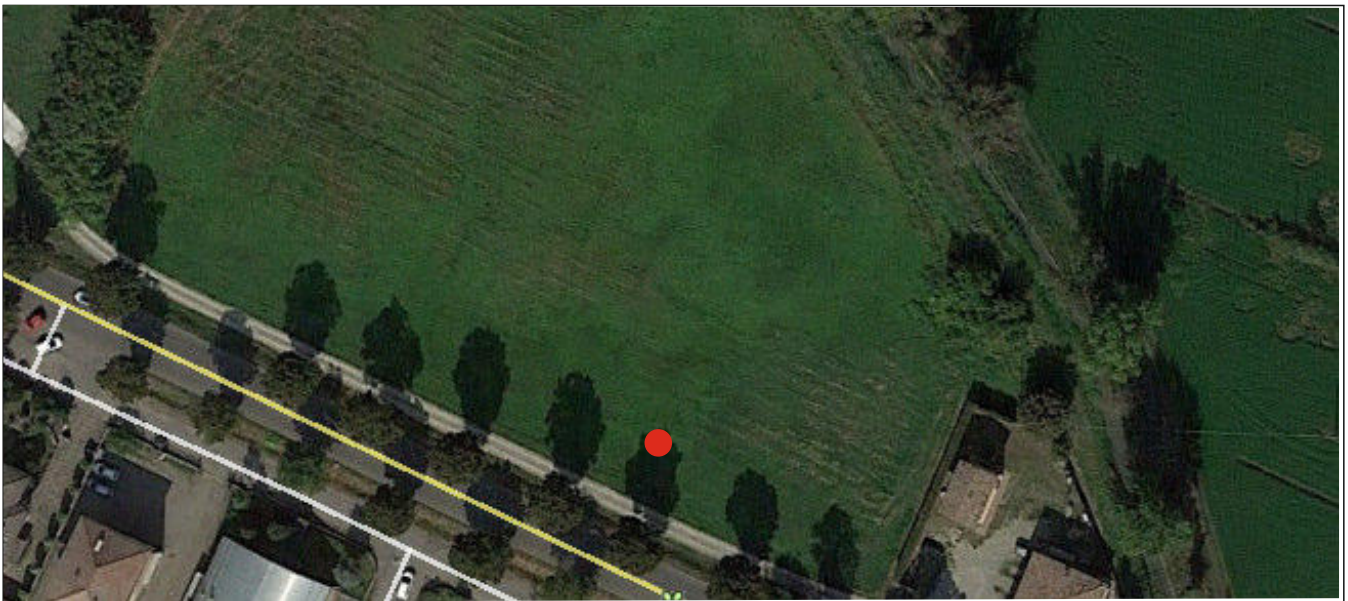
**Lavoro:** Studio del terreno di fondazione

**Data:** 14/06/17

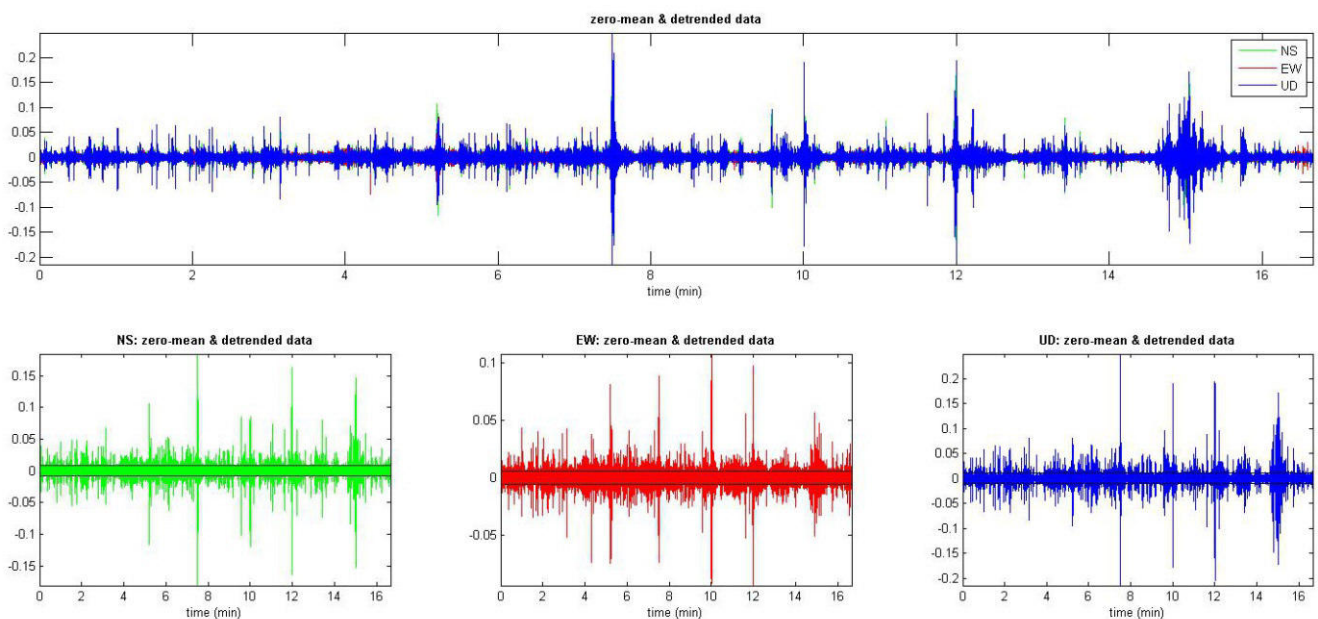
**Elaborazione:** Dott. Luca Pattuzzi

**Responsabile:** Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

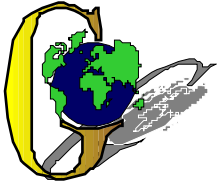
**HVSR 2**  
**Rif. 346/17**



UBICAZIONE DELLA STAZIONE DI MISURA







## GEO GROUP s.r.l.

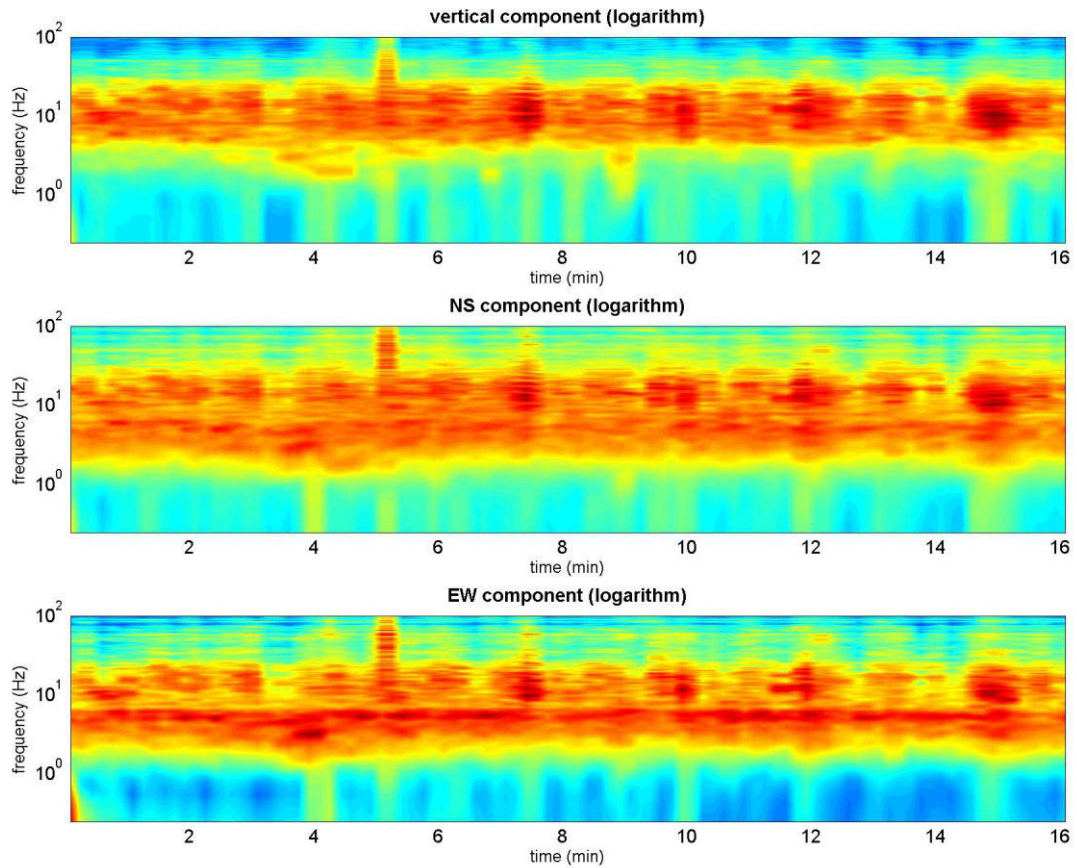
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

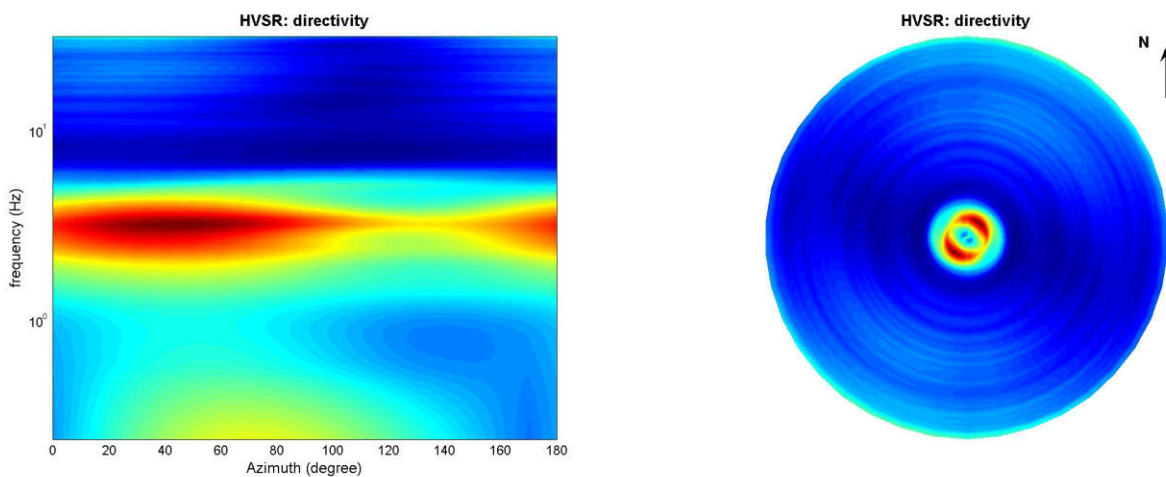
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

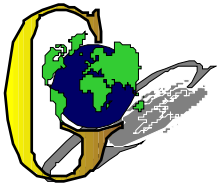
p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: info@geogroupmodena.it

## PERSISTENZA HVSR



## DIREZIONALITA' HVSR





## GEO GROUP s.r.l.

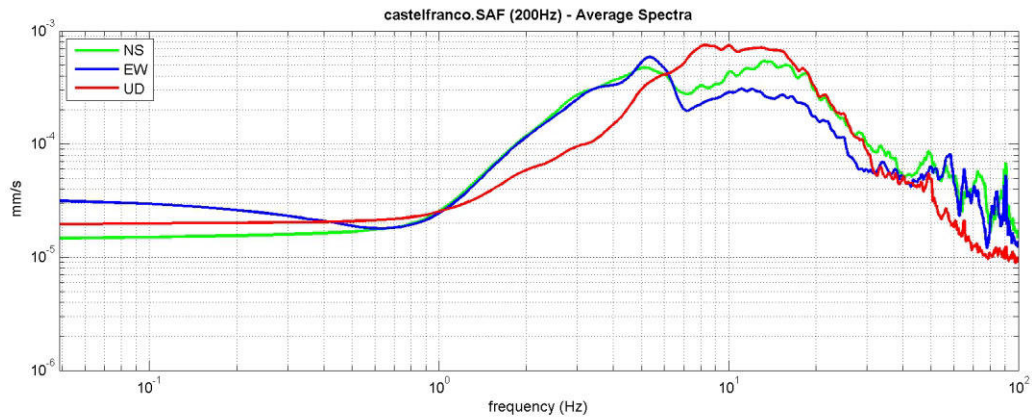
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

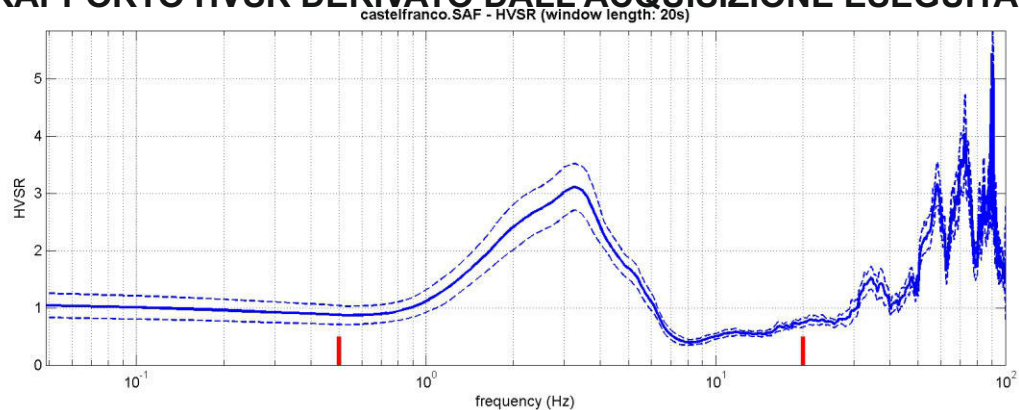
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: info@geogroupmodena.it

### VELOCITA' SPETTRALI



### RAPPORTO HVSR DERIVATO DALL'ACQUISIZIONE ESEGUITA



### FREQUENZA DERIVATA Peak frequency (Hz): 3.3

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

- #1.  $[f_0 > 10/Lw]$ :  $3.322 > 0.5$  (OK)
- #2.  $[nc > 200]$ :  $6445 > 200$  (OK)
- #3.  $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$  (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1.  $[\text{exists } f^- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f^-) < A_0/2]$ : yes, at frequency 0.9Hz (OK)
- #2.  $[\text{exists } f^+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f^+) < A_0/2]$ : yes, at frequency 3.3Hz (OK)
- #3.  $[A_0 > 2]$ :  $3.1 > 2$  (OK)
- #4.  $[f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \text{ \& } \sigma_A(f)] = f_0 \text{ \& } 5\%]$ : (OK)
- #5.  $[\sigma_{\text{maf}} < \text{epsilon}(f_0)]$ :  $0.713 > 0.166$  (NO)
- #6.  $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$ :  $0.405 < 1.58$  (OK)

## **GEO GROUP s.r.l.**

Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia  
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

### ***ALLEGATO N° 3***

### ***Verifica alla liquefazione***

**LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT**

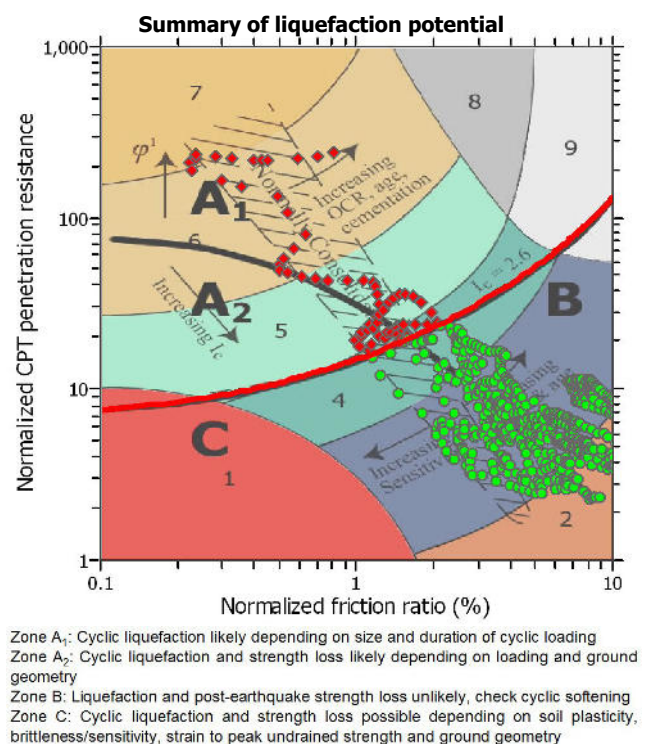
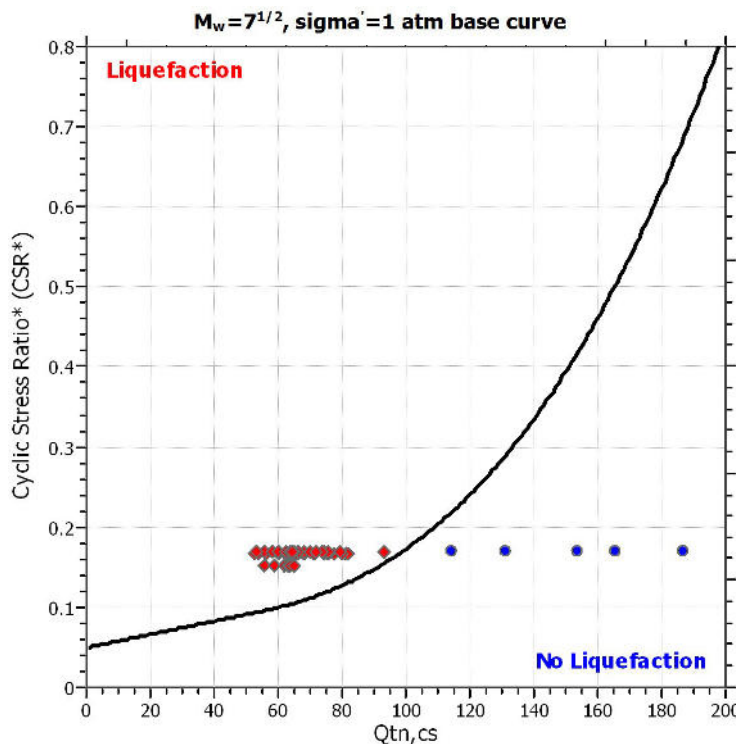
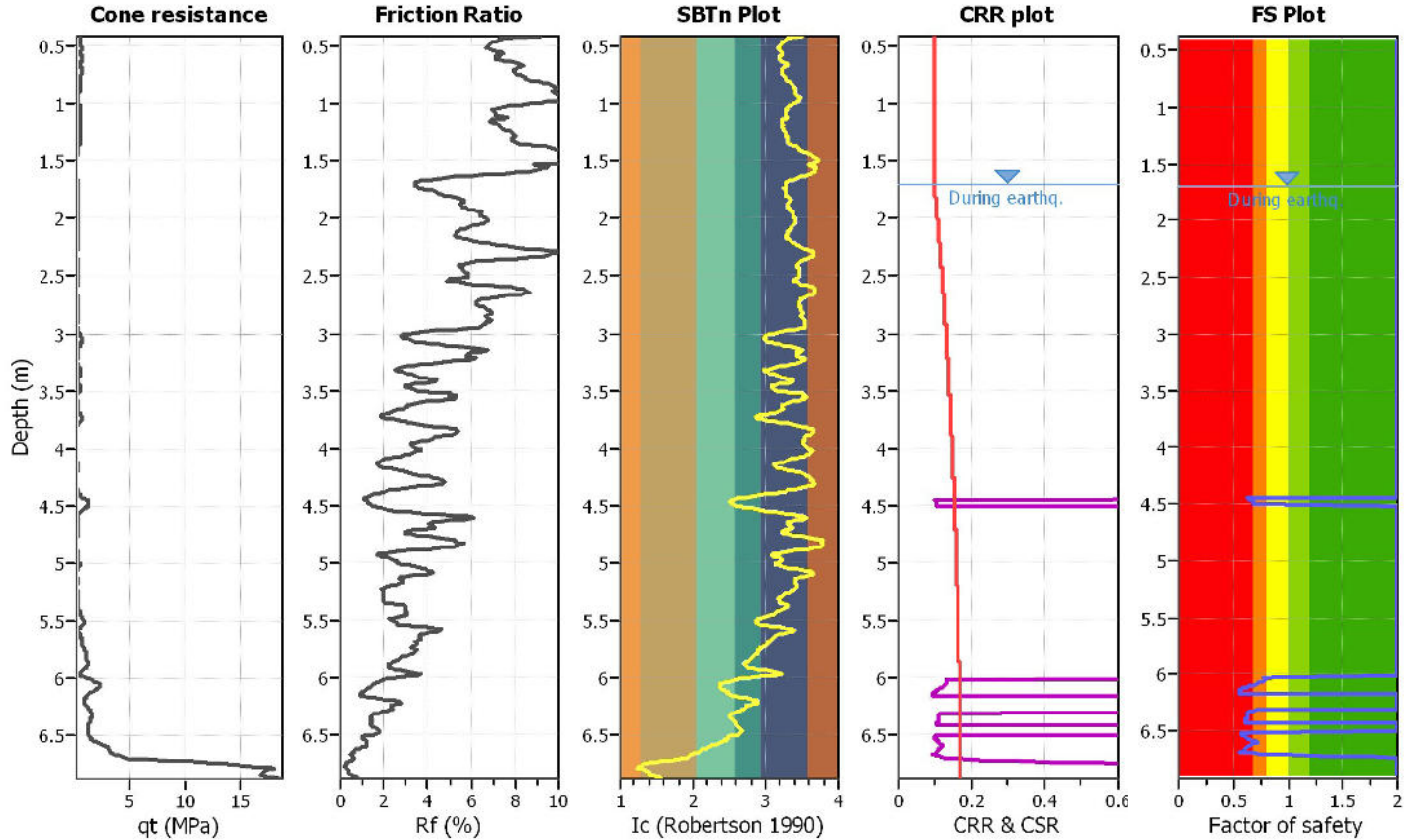
**Project title :**

**Location :**

**CPT file : cptu**

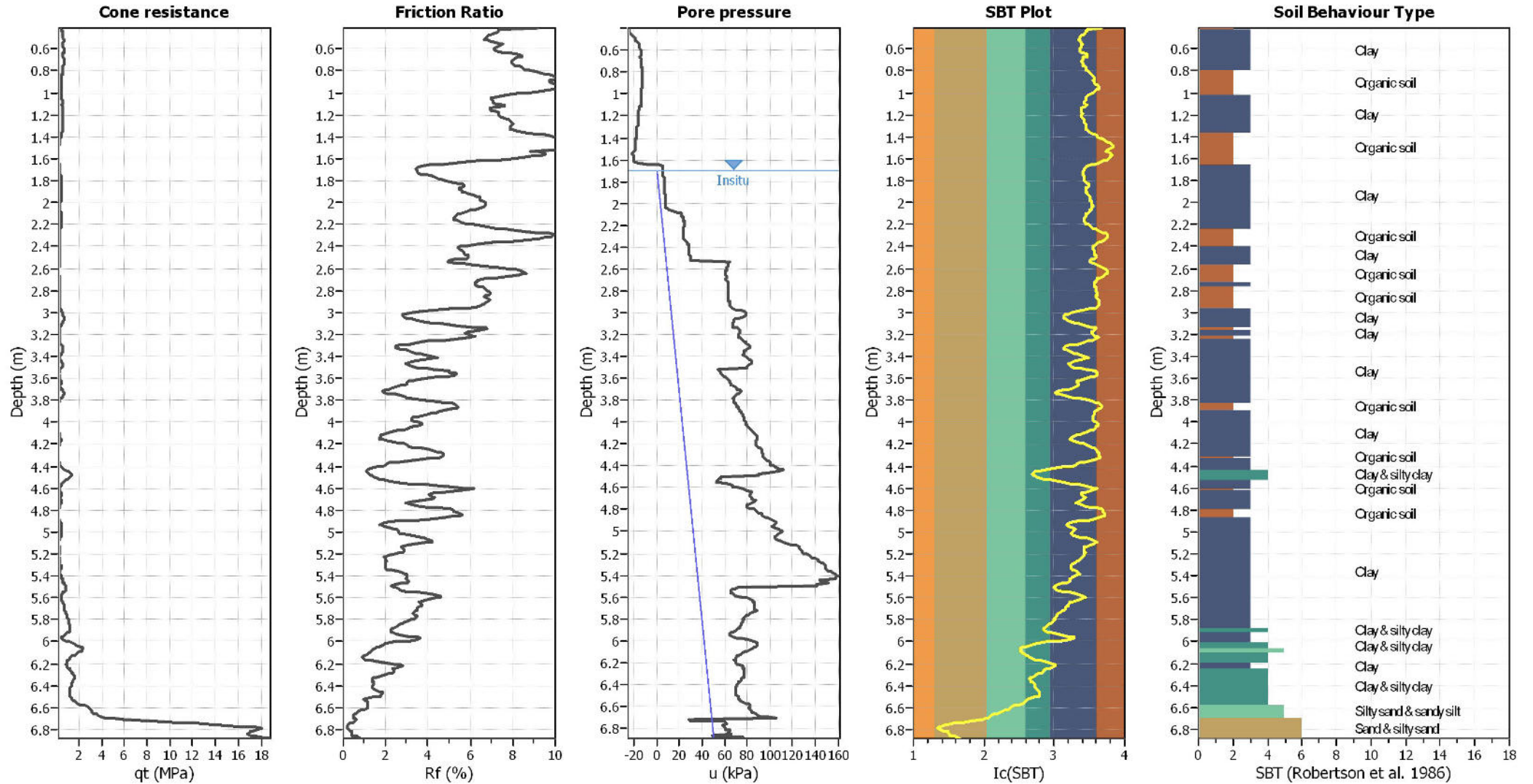
**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	1.70 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	Sands only
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	1.70 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	N/A
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.25	Unit weight calculation:	Based on SBT	$K_s$ applied:	Yes		





### CPT basic interpretation plots



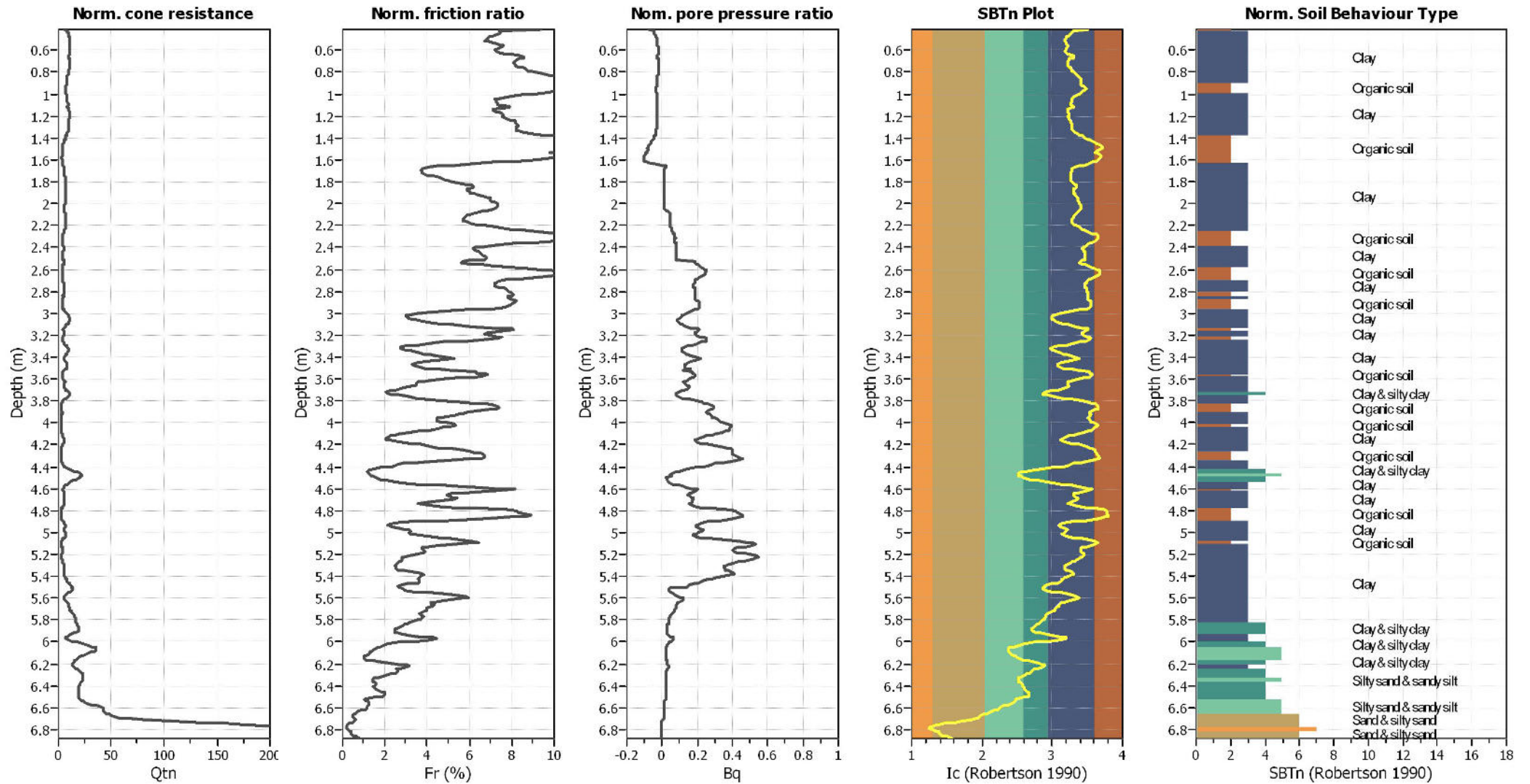
#### Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	1.70 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	$K_v$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.25	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.70 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

#### SBT legend

1. Sensitive fine grained	4. Clayey silt to silty	7. Gravely sand to sand
2. Organic material	5. Silty sand to sandy silt	8. Very stiff sand to
3. Clay to silty clay	6. Clean sand to silty sand	9. Very stiff fine grained

### CPT basic interpretation plots (normalized)



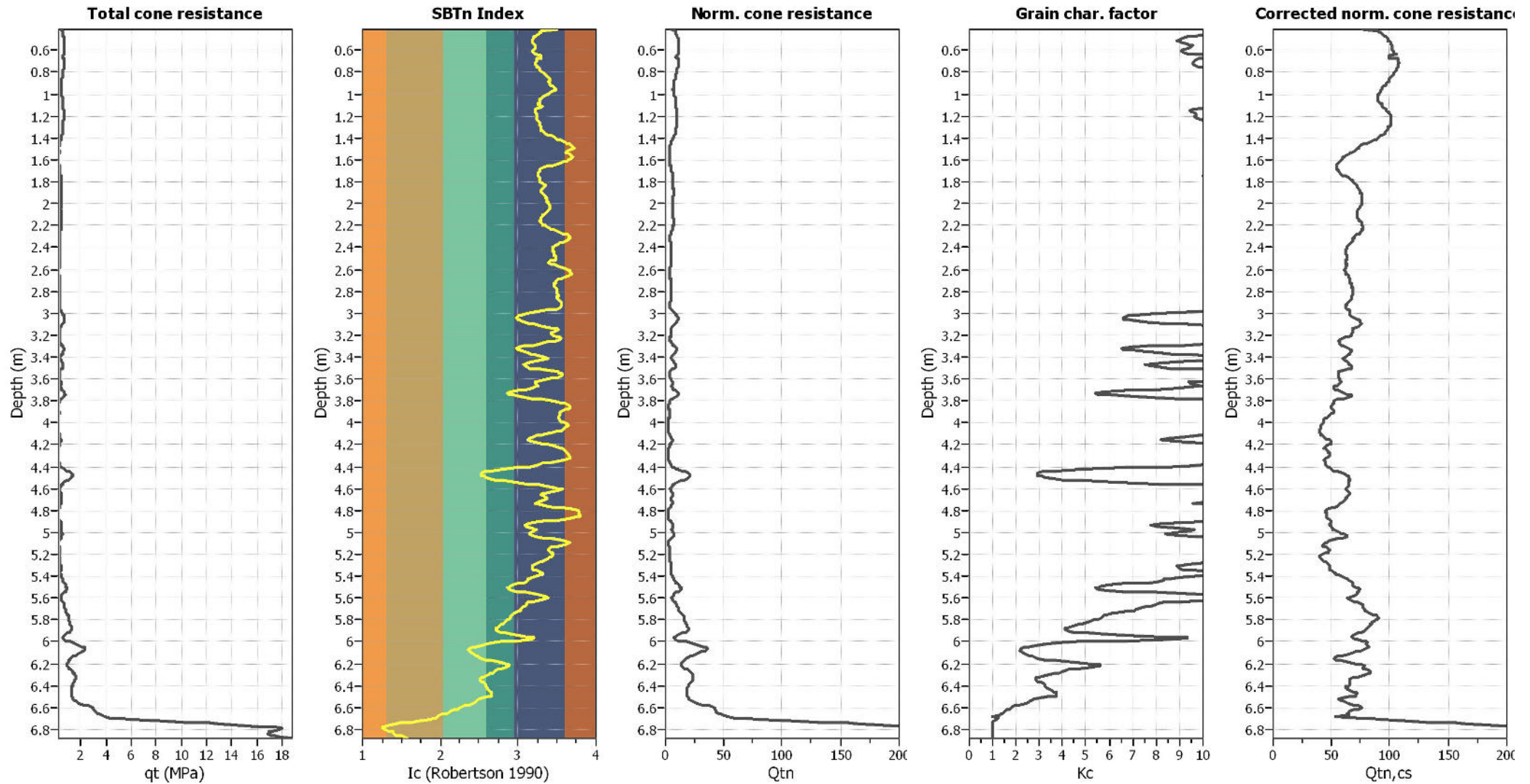
#### Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	1.70 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	$K_v$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.25	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.70 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

#### SBTn legend

1. Sensitive fine grained	4. Clayey silt to silty	7. Gravely sand to sand
2. Organic material	5. Silty sand to sandy silt	8. Very stiff sand to
3. Clay to silty clay	6. Clean sand to silty sand	9. Very stiff fine grained

### Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)

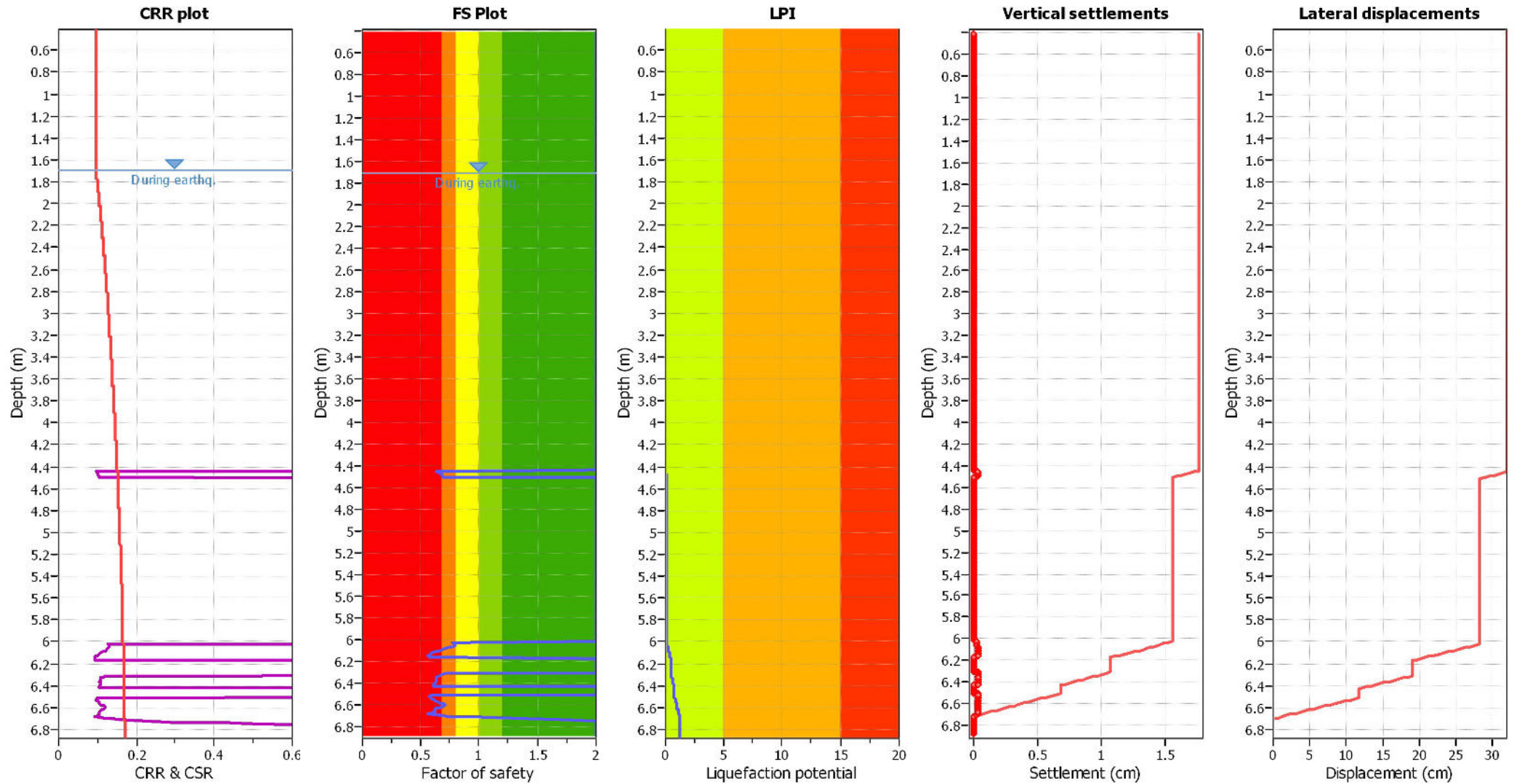


#### Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	1.70 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K <sub>c</sub> applied:	Yes
Earthquake magnitude M <sub>w</sub> :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.25	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.70 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A



### Liquefaction analysis overall plots



**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	1.70 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	$K_v$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.25	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.70 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

**F.S. color scheme**

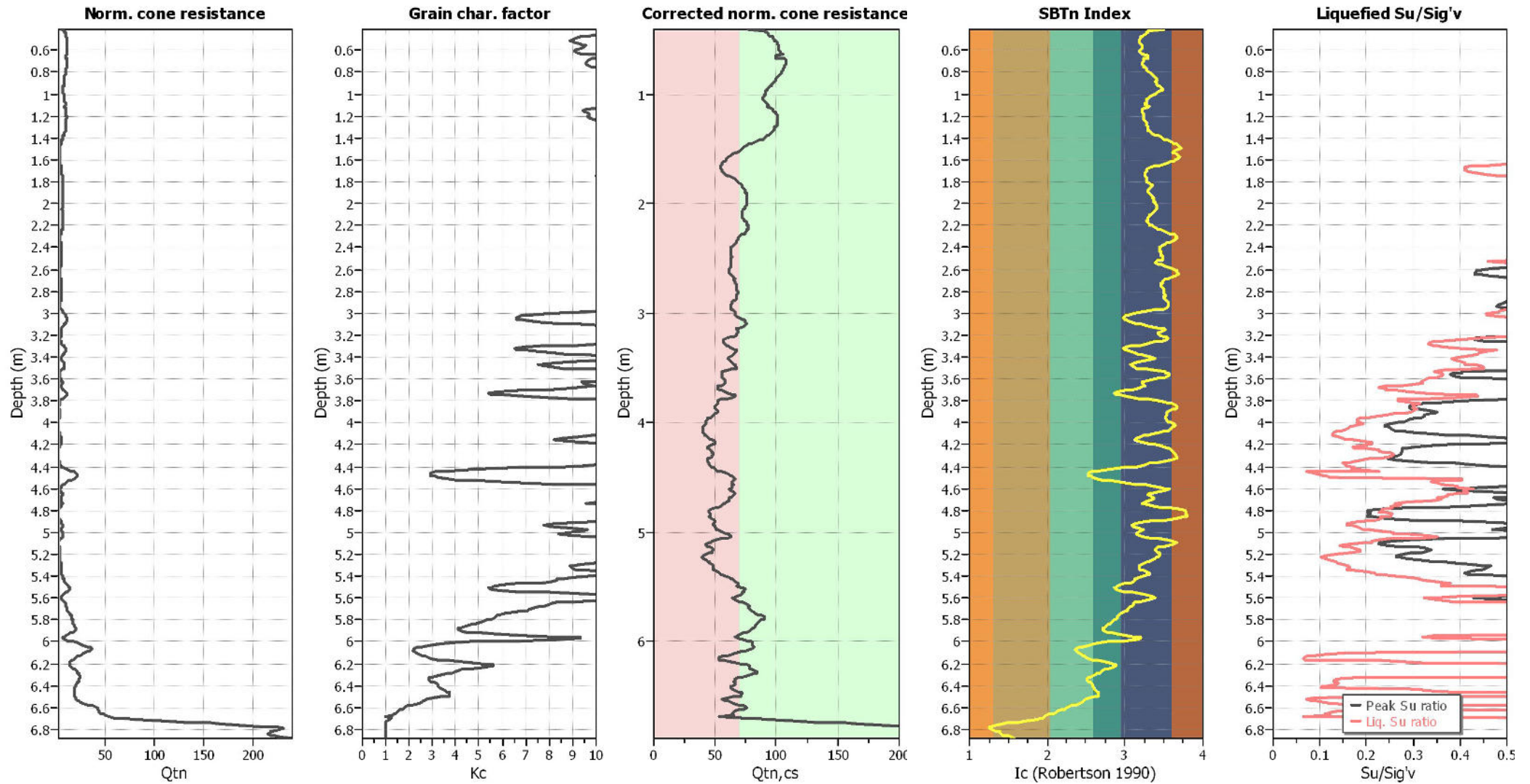
- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

**LPI color scheme**

- Very high risk
- High risk
- Low risk



### Check for strength loss plots (Robertson (2010))

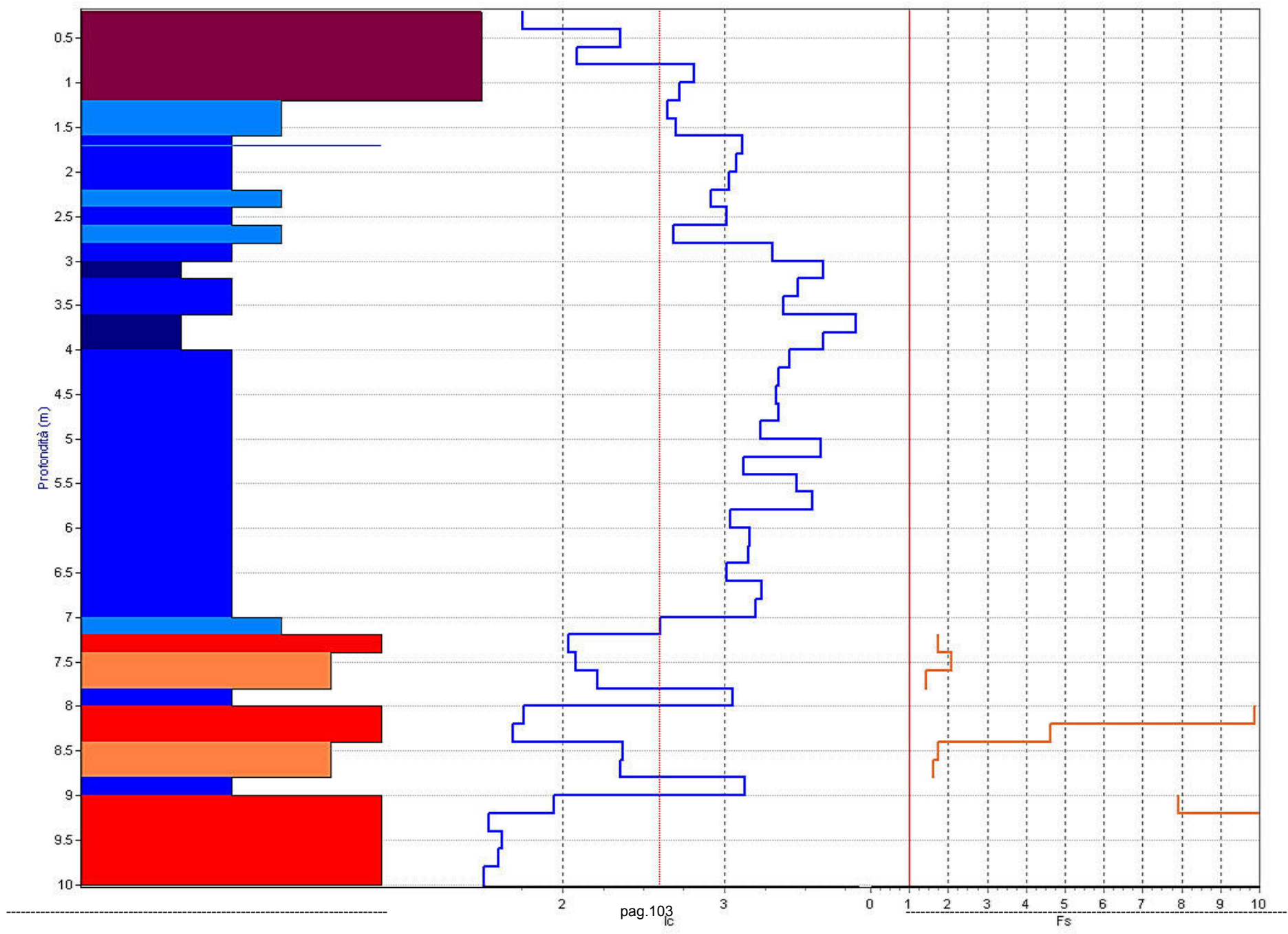


#### Input parameters and analysis data

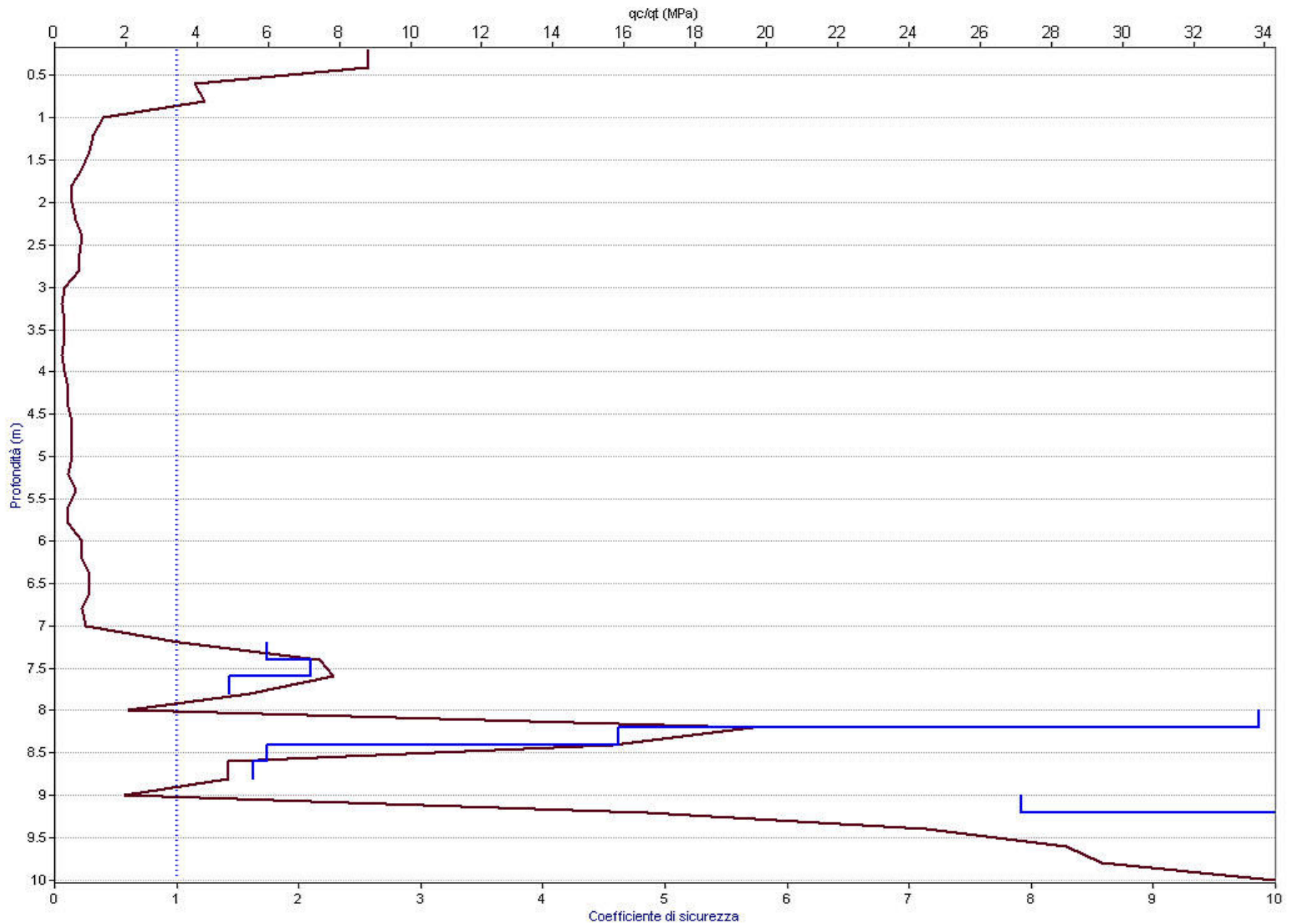
Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	1.70 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K <sub>v</sub> applied:	Yes
Earthquake magnitude M <sub>w</sub> :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.25	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.70 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

Andamento di  $l_c$  e  $F_s$

$l_c$       $F_s$      Falda      $l_c$  limite      $F_s$  limite

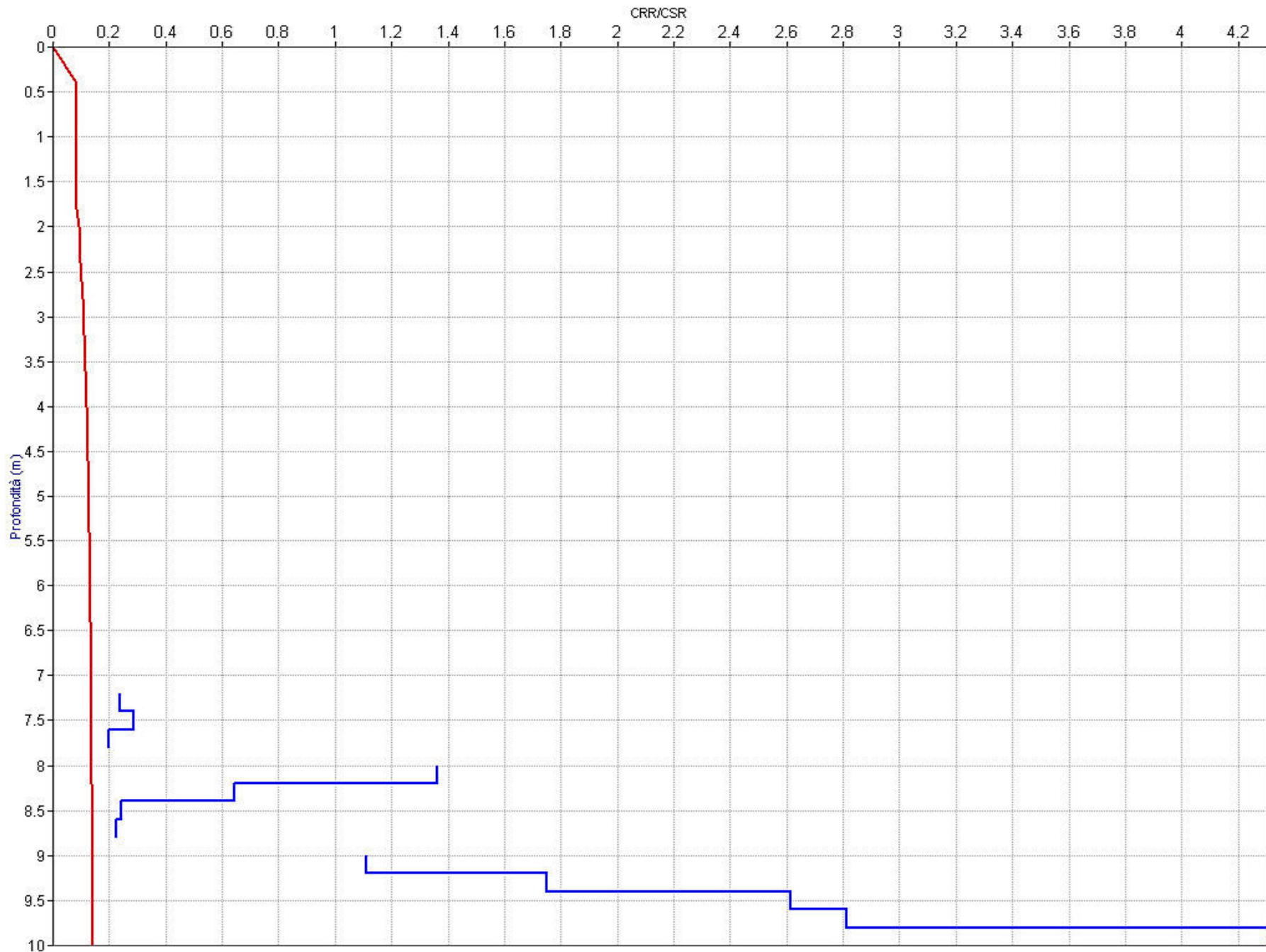


☑ — Profilo qc/qt ☑ — Fs ☑ ···· Fs limite



Indice di liquefazione=0.0 rischio molto basso

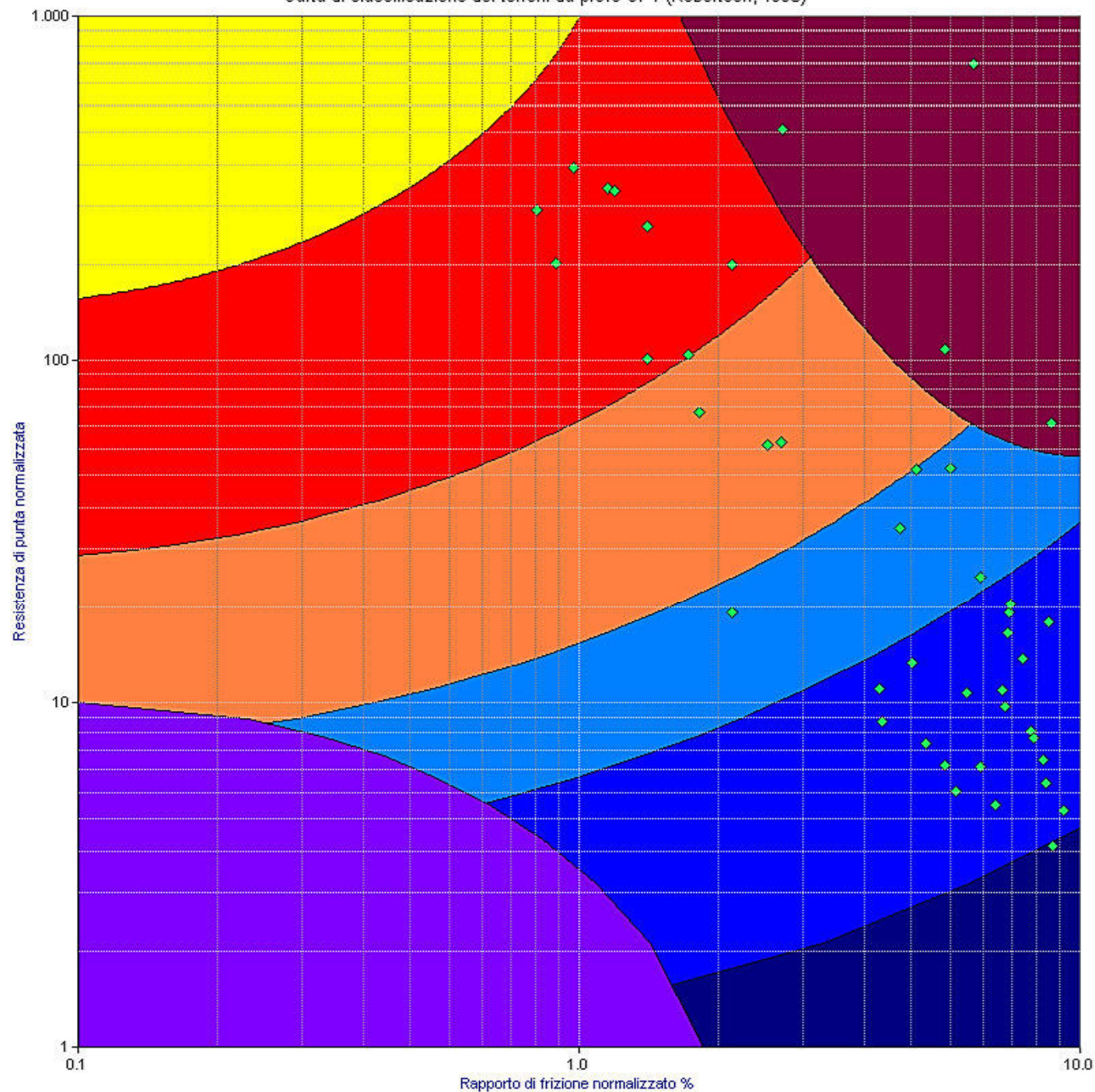
☑ - CRR ☑ - CSR





Carta di classificazione dei terreni da prove CPT (Robertson, 1990)

- Terreni con  $OCR > 5$
- Da sabbie ghiaiose a sabbie
- Da sabbie a sabbie limose
- Da sabbie limose a limi sabbiosi
- Da limi argillosi a argille limose
- Da argille a argille limose
- Torbe
- Terreni fini sensibili
- misura





**GEO GROUP s.r.l.** P.IVA 02981500362  
Sede Legale: Via C. Costa, 182 - 41123 Modena  
Uffici: Via Per Modena, 12 - 41051 Castelnovo R. (MO)  
Tel. 059/3967169 Fax. 059/5332019  
info@geogroupmodena.it - www.geogroupmodena.it



1

## RELAZIONE IDRAULICA INERENTE REALIZZAZIONE DI COMPARTO A CARATTERE COMMERCIALE SITO TRA VIA EMILIA OVEST E VIA CARTIERA IN COMUNE DI CASTELFRANCO EMILIA (MO).



Giugno 2017

Rif. 359/17

## Sommario

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO, IDROGRAFICO E LITOLOGICO DELL'AREA .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 RIFERIMENTI NORMATIVI DI CARATTERE IDRAULICO .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 VALUTAZIONE DELLE MISURE DI RIDUZIONE DELLA VULNERABILITA' .....</b>	<b>22</b>
<b>3.2. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE DEL RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA "RSP" .....</b>	<b>25</b>
<b>3.3. CALCOLO DEL VOLUME DELLE PRECIPITAZIONI MEDIE ANNUE (V).....</b>	<b>29</b>
<b>3.4. PORTATA MEDIA ANNUA NATURALE .....</b>	<b>29</b>
<b>4. VALUTAZIONE DELLE MISURE VOLTE AL PRINCIPIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA .....</b>	<b>40</b>
4.1. Computo dei volumi di compensazione per l'invarianza idraulica .....	43
<b>5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....</b>	<b>47</b>

2

## Tavole

<b>Tav. n°1 - "Carta corografica" .....</b>	<b>Scala 1: 25.000</b>
<b>Tav. n°2 - "Carta topografica" .....</b>	<b>Scala 1: 10.000</b>
<b>Tav. n°3 - "Carta topografica a grande scala" .....</b>	<b>Scala 1: 5.000</b>
<b>Tav. n°4 - "Carta della litologia di superficie" .....</b>	<b>Scala 1: 100.000</b>



## 1. PREMESSA

Su incarico della proprietà ed in accordo con il tecnico, nel mese di Giugno 2017 è stato eseguito il presente studio idraulico inerente la realizzazione di nuovo comparto a carattere commerciale da ubicarsi tra Via Cartiera e Via Emilia Ovest in Comune di Castelfranco Emilia, Provincia di Modena (*figure 1.1 e 1.2*).

Scopo del lavoro è stato quello di verificare, da un punto di vista idraulico, la fattibilità dell'intervento in progetto.

La presente relazione è stata eseguita in conformità a quanto prescritto dalla Delibera Regionale **GPG/2016/1405 del 01/08/2016 "Prime disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni con particolare riguardo alla pianificazione di emergenza, territoriale ed urbanistica, ai sensi dell'art. 58 dell'Elaborato n. 7 (Norme di Attuazione) e dell'art. 22 dell'Elaborato n. 5 (Norme di Attuazione) del "Progetto di Variante al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) e al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del Delta del fiume Po (PAI Delta)", adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po, con deliberazione n. 5 del 17/12/2015"**.

L'ubicazione dell'area di interesse è illustrata nella "Carta corografica in scala 1:25.000" (**Tav. n. 1**), nella "Carta topografica in scala 1:10.000" (**Tav. n. 2**) e nella "Carta topografica in scala 1:5.000" (**Tav. n. 3**) riportate in allegato.



Fig. 1.1 – Ubicazione su piccola scala dell'area d'interesse – tratta da Google Earth





Fig. 1.2 – Ubicazione su grande scala dell'area d'interesse – tratta da Google Earth

## 2. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO, IDROGRAFICO E LITOLOGICO DELL'AREA

L'area d'interesse risulta ubicata a Nord - Ovest rispetto al centro abitato di Castelfranco Emilia (MO) e ricade ad una quota topografica di circa **39 m s.l.m.**

Il lotto studiato è ricompreso all'interno dell' Unità di Paesaggio 15 - Paesaggio dell'Alta Pianura di Castelfranco Emilia e S.Cesario sul Panaro, non molto distante dall'Unità di Paesaggio 9 - Media pianura di Nonantola e Nord di Castelfranco Emilia. (figura 2.1)

**L'Unità di Paesaggio 15 - Paesaggio dell'Alta Pianura di Castelfranco Emilia e S. Cesario sul Panaro** risulta caratterizzata da campagna coltivata e da presenza di vegetazione spontanea.

La presenza di alcuni fontanili rappresenta una testimonianza nel territorio di quella che fino a non molti anni fa era una delle principali caratteristiche della pianura.

La morfologia si presenta pianeggiante e risulta maggiormente mossa nel settore meridionale in corrispondenza della conoide del fiume Panaro; alcuni dossi sono riconoscibili nella porzione Nord orientale dell'unità di paesaggio.

La rete idrografica comprende pochi canali principali (Canal Torbido, Torrente Samoggia) e un reticolo di fossati a uso irriguo e di scolo. L'orientamento produttivo dominante è quello frutticolo-viticolo; tuttavia è rilevante anche la presenza di allevamenti zootecnici, in particolare suinicoli.

L'elevata specializzazione produttiva delle aziende è caratterizzata dalla presenza di strutture edilizie di servizio agricolo, quali magazzini, ricovero attrezzi e magazzini di primo stoccaggio dei

prodotti frutticoli, oltrech , in taluni casi, da un modesto impianto di trasformazione (cantina aziendale).

Per quanto concerne il sistema insediativo principale si ricordano i centri urbani di Castelfranco Emilia, S. Cesario sul Panaro (parte) e Piumazzo; sono inoltre presenti strutture di interesse storico testimoniale come C  Solimei, Villa Graziosa e Villa Boschetti.

Relativamente alle principali zone di tutela ai sensi del Piano Paesistico, il territorio della U.P.15   interamente tutelato ai sensi dell'art. 12 in quanto l'ambito settentrionale si presenta particolarmente ricco di falde idriche, mentre l'ambito meridionale   caratterizzato da una zona di alimentazione degli acquiferi sotterranei. Permangono inoltre la tutela della viabilit  storica nei pressi degli abitati di Castelfranco Emilia e Piumazzo (art. 44 A) delle fasce fluviali (art. 9) e un modesto ambito di tutela dell'impianto storico della centuriazione (art. 41 B).

5

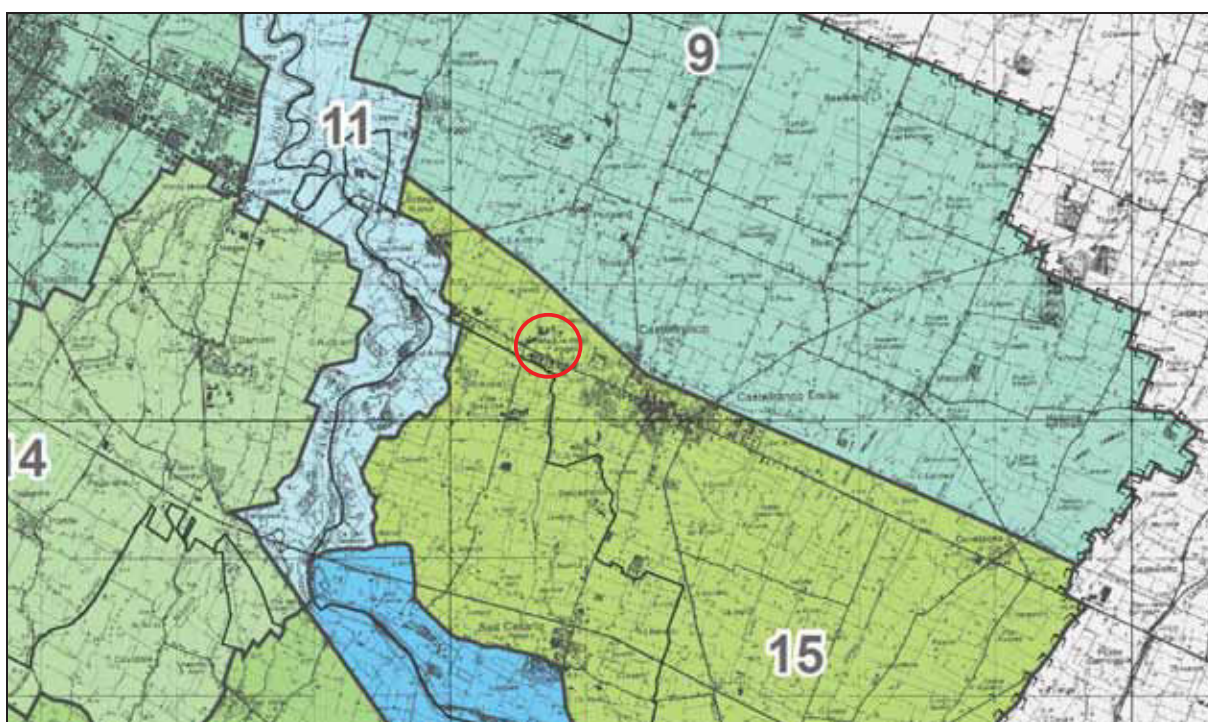
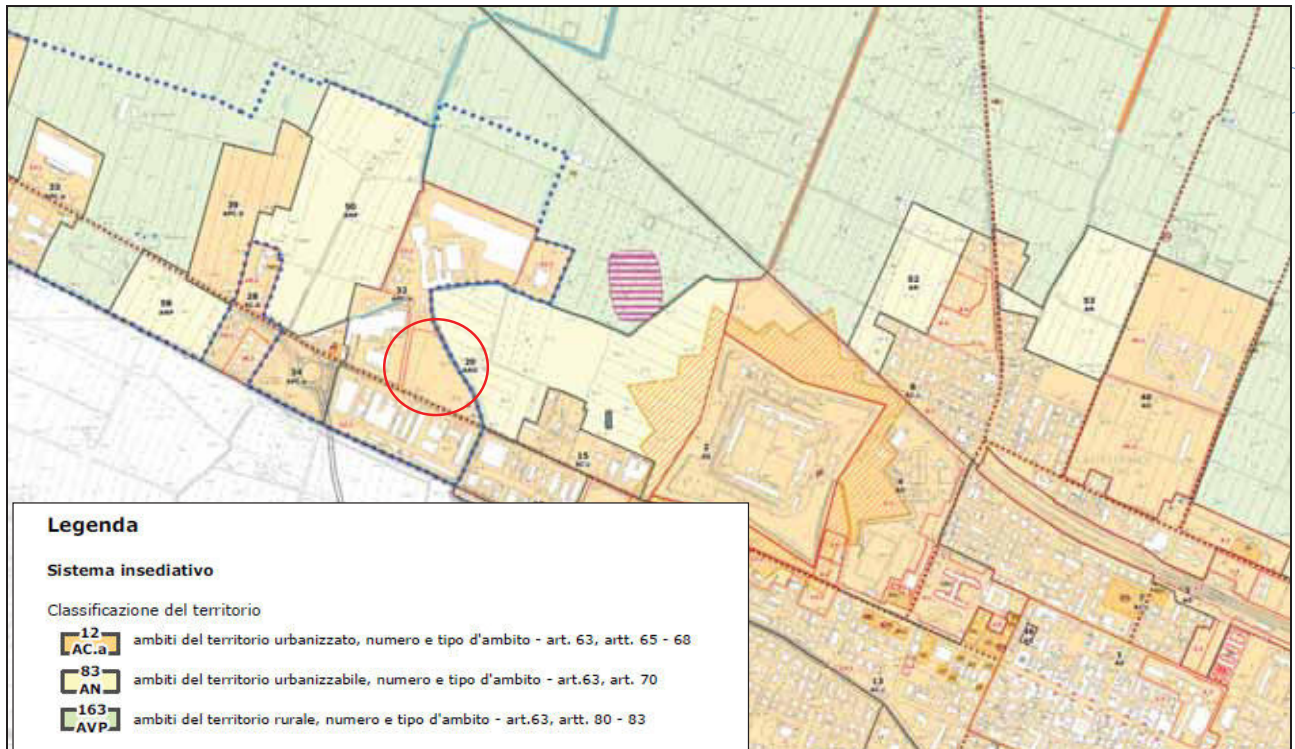


Fig. 2.1 – Individuazione del lotto all'interno della "Carta delle unit  di Paesaggio" tratta dal PTCP della Provincia di Modena.

Per quanto riguarda la litologia di superficie, la consultazione del sito *interattivo "CARG - Emilia Romagna"* ha permesso di individuare il sito di interesse entro l'Unit  **AES8 - Subsistema di Ravenna**, caratterizzata dalla presenza di ghiaie e ghiaie sabbiose passanti a sabbie e limi, organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Si rilevano limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. Sono inoltre frequentemente presenti reperti archeologici dell'et  del Bronzo, del Ferro e Romana (**Tav. n. 4**).

Dalla consultazione della **Tavola 3.1 "Sistema insediativo storico"** tratta dal PSC del Comune di Castelfranco Emilia, si evince come il sito di interesse sia classificato entro gli ambiti del territorio urbanizzato (figura 2.2).



**Fig. 2.2** – Tavola 2 "Sistema insediativo storico", tratta dal PSC del Comune di Castelfranco Emilia

Come illustrato nelle immagini che seguono, dal punto di vista idraulico l'area d'interesse è gestita dal Consorzio della Bonifica di Burana (**fig. 2.3**) e appartiene alla cosiddetta area di bonifica "Destra Panaro" (**fig. 2.4**).

L'area d'interesse ricade inoltre nel bacino delle "Acque Alte" che scolano, mediante il Canale Diversivo di Burana, nel Fiume Panaro, in località S. Bianca.

Localmente i bacini superficiali principali sono suddivisi in microbacini che, tramite una fitta rete di fossi e scoli convogliano i deflussi idrici, relativi alle acque che non si infiltrano nel sottosuolo, nei collettori principali che solcano il territorio.



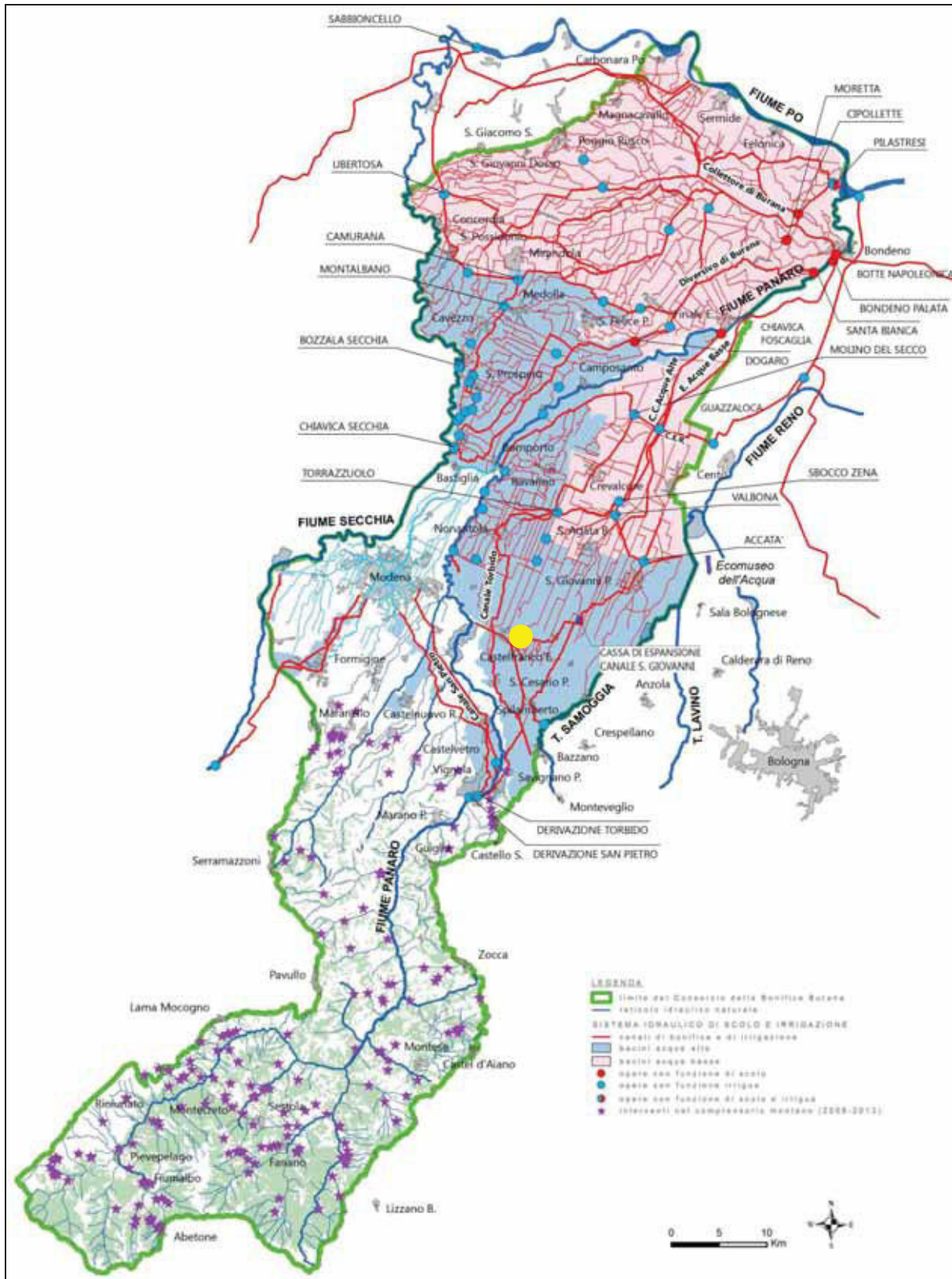


Fig. 2.3 – Carta generale delle aree appartenenti al Consorzio di Bonifica di Burana. Il cerchio giallo indica l'ubicazione dell'area d'interesse



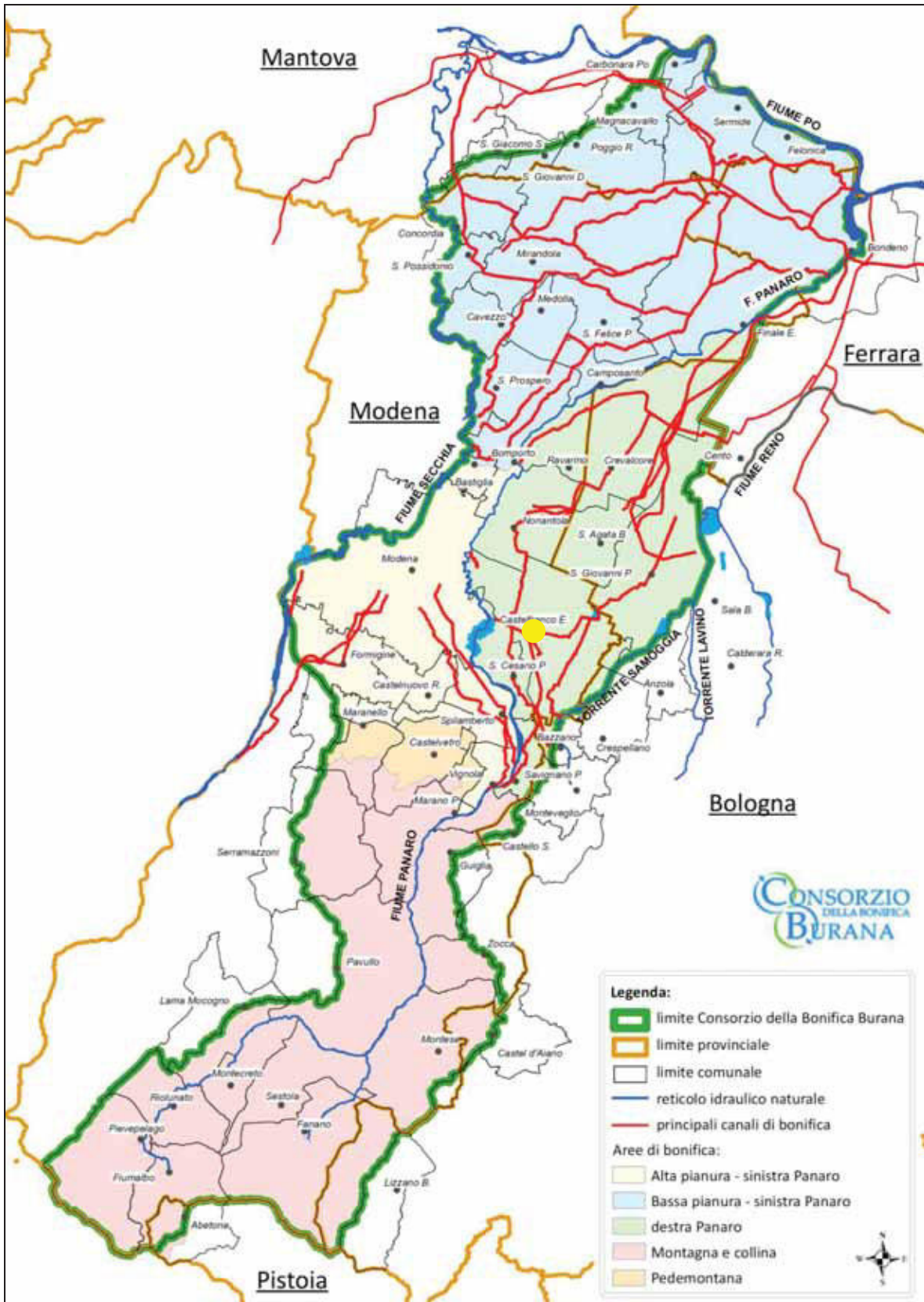


Fig. 2.4 – Carta delle Aree di Bonifica gestite dal Consorzio di Bonifica di Burana. Il cerchio giallo indica l'ubicazione dell'area d'interesse

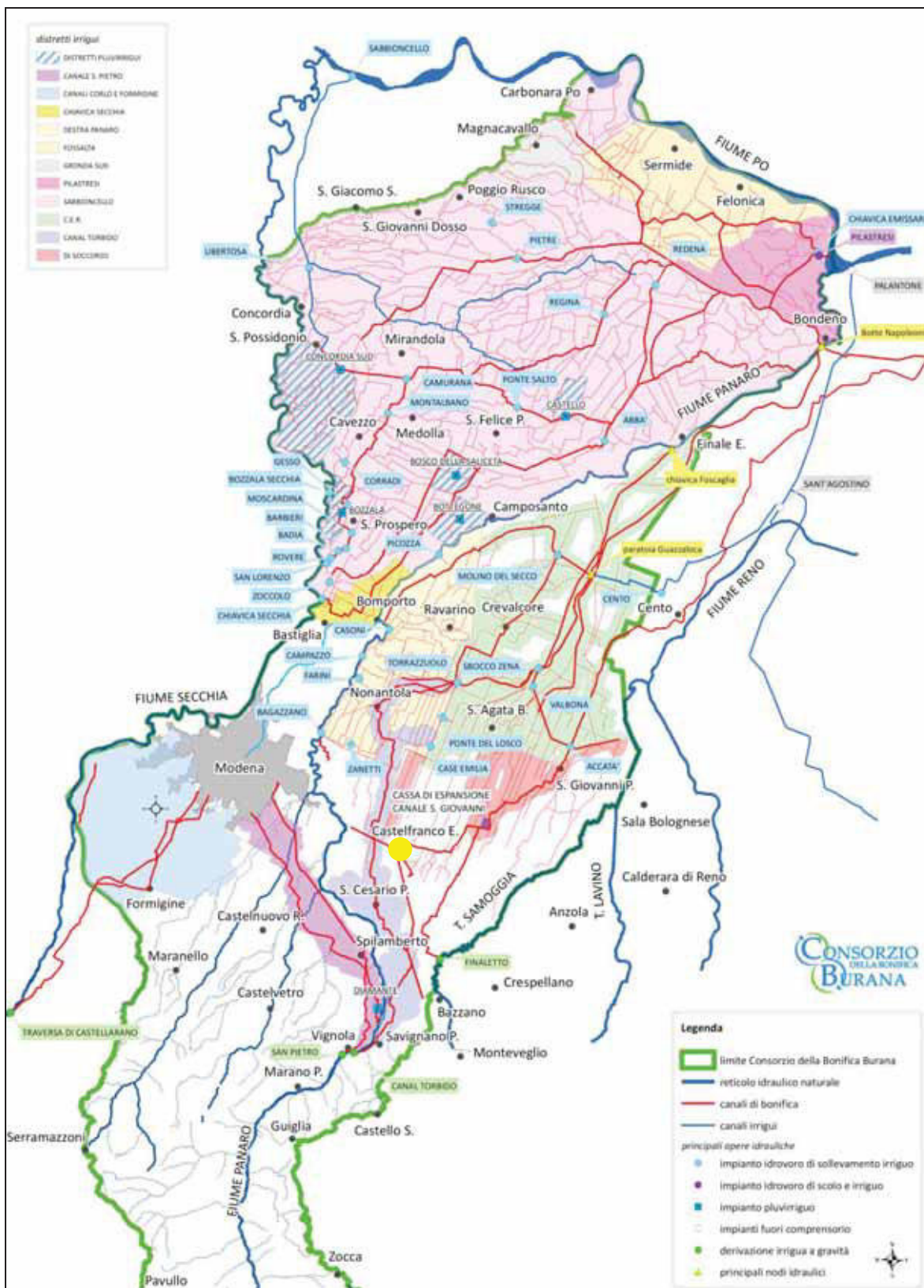


Fig. 2.5 – Carta dei Distretti Irrigui gestiti dal Consorzio di Bonifica di Burana. Il cerchio giallo indica l'ubicazione dell'area d'interesse



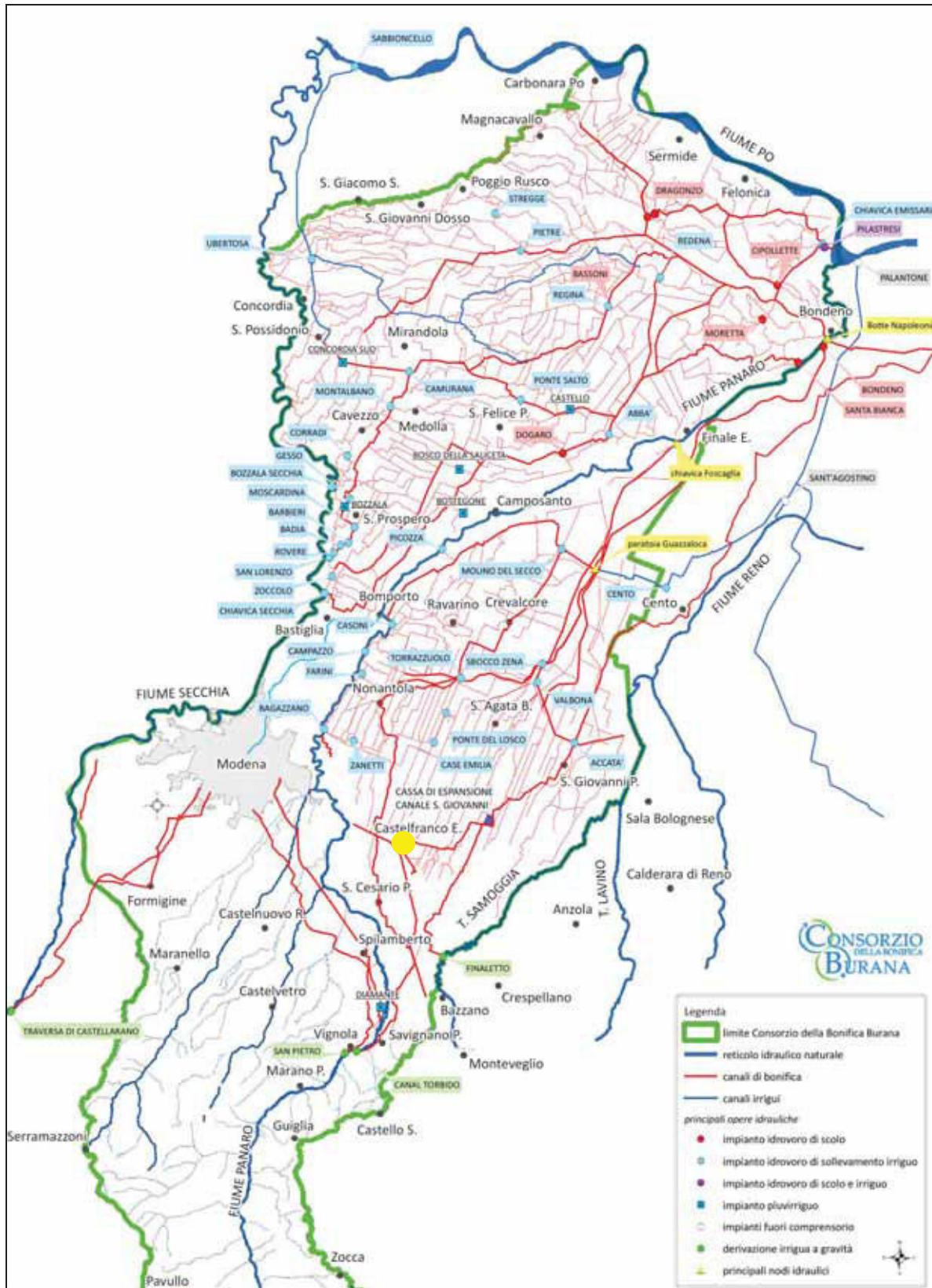


Fig. 2.6 – Carta delle principali opere idrauliche presenti nel territorio del Consorzio di Bonifica di Burana

## 2.1 Riferimenti normativi di carattere idraulico

Dalla consultazione del **PTCP della Provincia di Modena** ed in particolare della **Tavola 2\_3\_01 "Rischio idraulico"** l'area ricade in corrispondenza di una "zona bianca" a ridosso di un sito caratterizzato da paleodossi si accertato interesse ( Art. 23A, Comma 2, Lettera a).

Il sito rientra comunque entro il limite delle aree soggette a criticità idraulica (Art. 11 PTCP 2009) come si evidenzia nella sottostante **figura 2.1.1**.

Sono state poi consultate le **"Mappe della Pericolosità e del Rischio Alluvioni (Det. 3757/2011 e DGR 1244/2014)"** del **PGRA (Piano Gestione Rischio Alluvioni)** con particolare riferimento sia al **Reticolo Principale e Secondario montano (RP\_RSCM)** sia al **Reticolo Secondario di pianura (RSP)**.

Per quanto concerne il Reticolo Principale e Secondario Montano si può osservare come il sito di interesse rientri in un'area bianca non classificata prossima allo scenario di pericolosità **"P1 - L Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi "**. Anche in relazione al rischio, il sito ricade in una zona non classificata ma attigua alla Classe di Rischio R1 **"Rischio moderato o nullo" (figura 2.1.2)**.

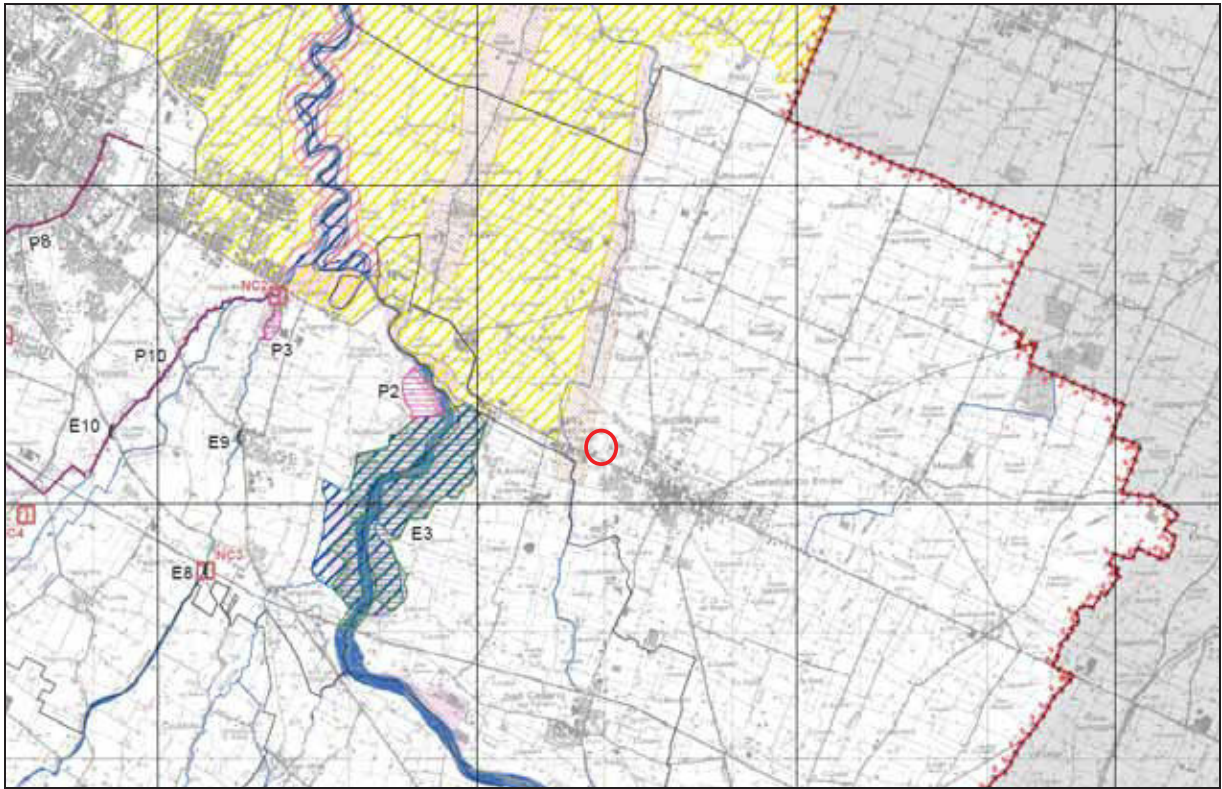
Relativamente al Reticolo secondario di pianura l'area studiata ricade nello scenario di pericolosità **"P2 - M Alluvioni poco frequenti - Media probabilità"** e a cavallo tra lo scenario di rischio **"R1 - Rischio moderato o nullo"** e **"R2 - Rischio medio"** (**figura 2.1.3**).

Infine, dall'analisi della **Tavola 1.1 "Sistema Ambientale"**, tratta dal PSC del Comune di Castelfranco Emilia (MO), riportata nella sottostante **figura 2.1.4**, si osserva come il sito di interesse non rientri entro alcun ambito di criticità idraulica.

L'area oggetto di studio ricade invece all'interno di un'area caratterizzata da **Paleodossi di accertato interesse idraulico** (Art. 15).

Di seguito vengono analizzati nel dettaglio i riferimenti normativi sopra citati.













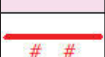
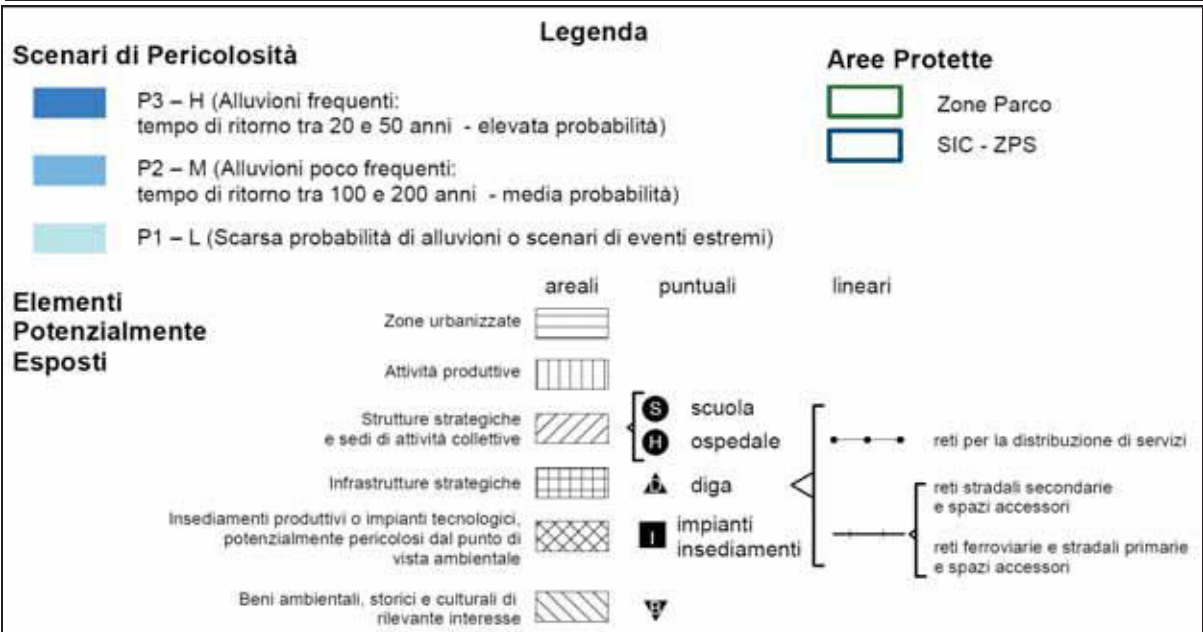
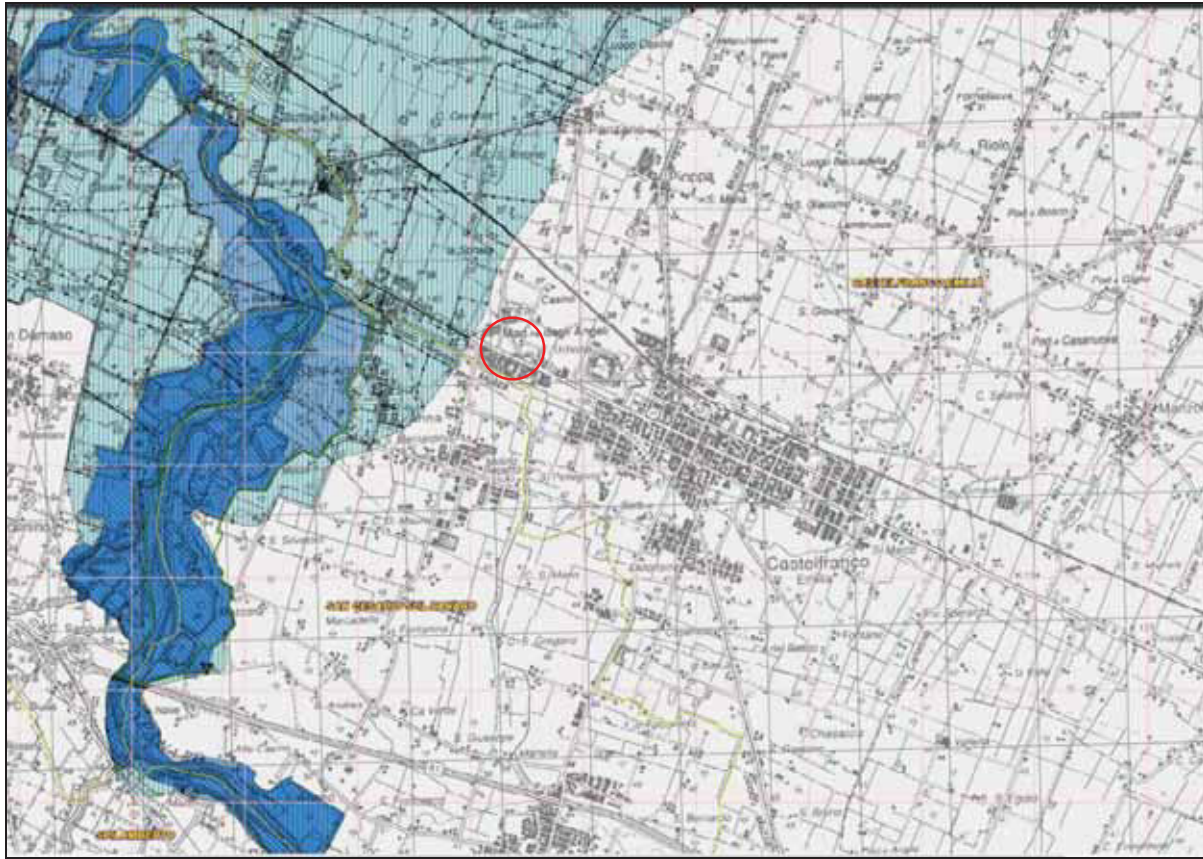
Aree a differente pericolosità e/o criticità idraulica	
	A1 - Aree ad elevata pericolosità idraulica (Art.11)
	A2 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica con possibilità di permanenza dell'acqua a livelli maggiori di 1 metro (Art.11)
	A3 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica aree a rapido scorrimento ad elevata criticità idraulica (Art.11)
	A4 - Aree a media criticità idraulica con bassa capacità di scorrimento (Art.11)
	Aree golenali naturali ed artificiali
	Paleodossi di accertato interesse (Art.23A, comma 2, lettera a)
	Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art.10)
	Fasce di espansione inondabili (Art.9, comma 2, lettera a)
	Limite delle aree soggette a criticità idraulica (Art.11)

Fig. 2.1.1 – Estratto dalla Tavola 2\_3\_01 del PTCP della Provincia di Modena "Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica"





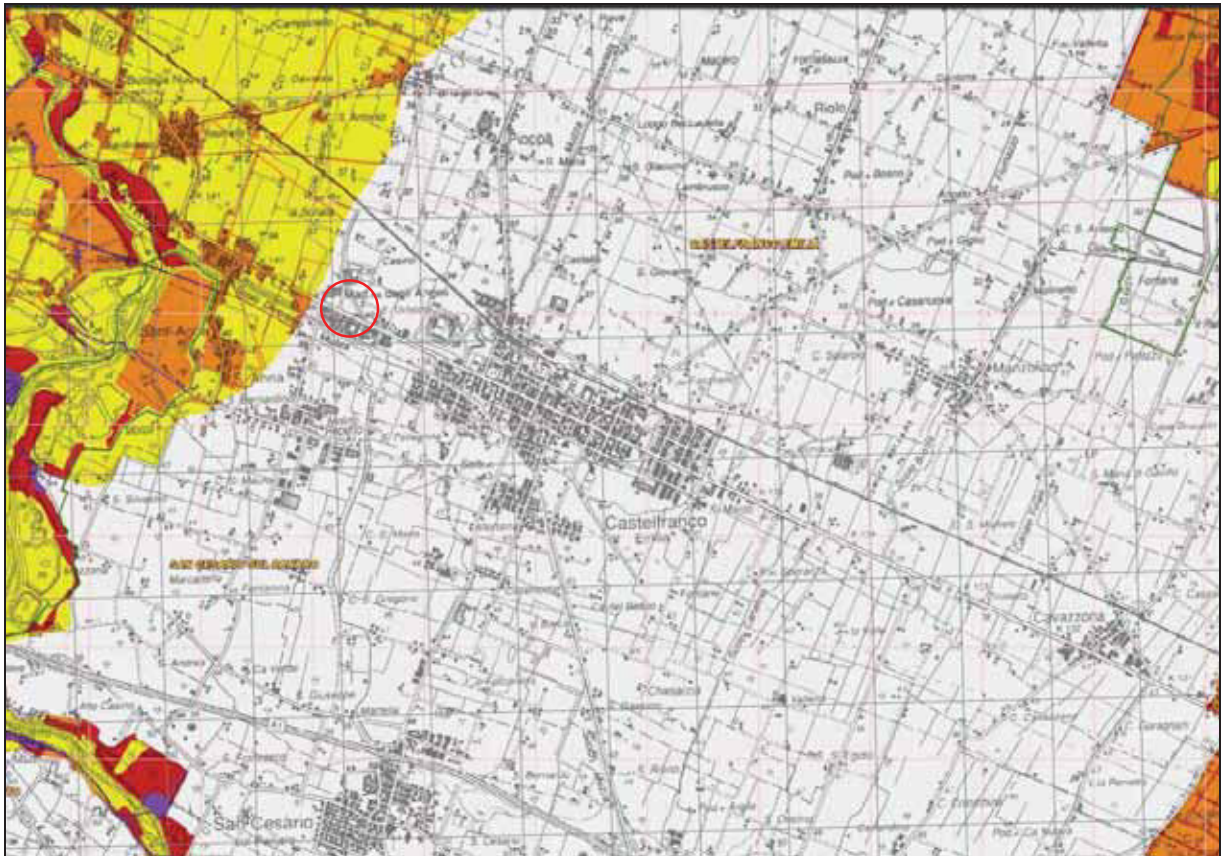


Fig. 2.1.2 – Estratto dalla Mappa della Pericolosità e del Rischio Alluvioni (Det. 3757/2011 e DGR 1244/2014) in riferimento al Reticolo Principale e Secondario montano.

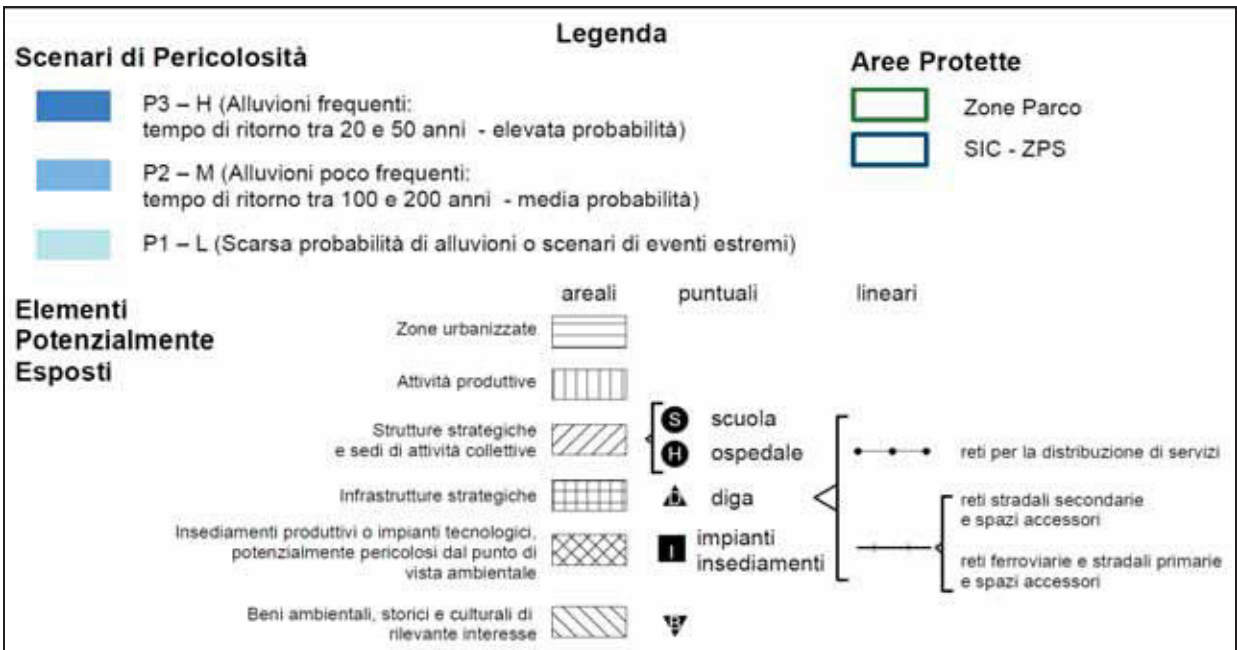
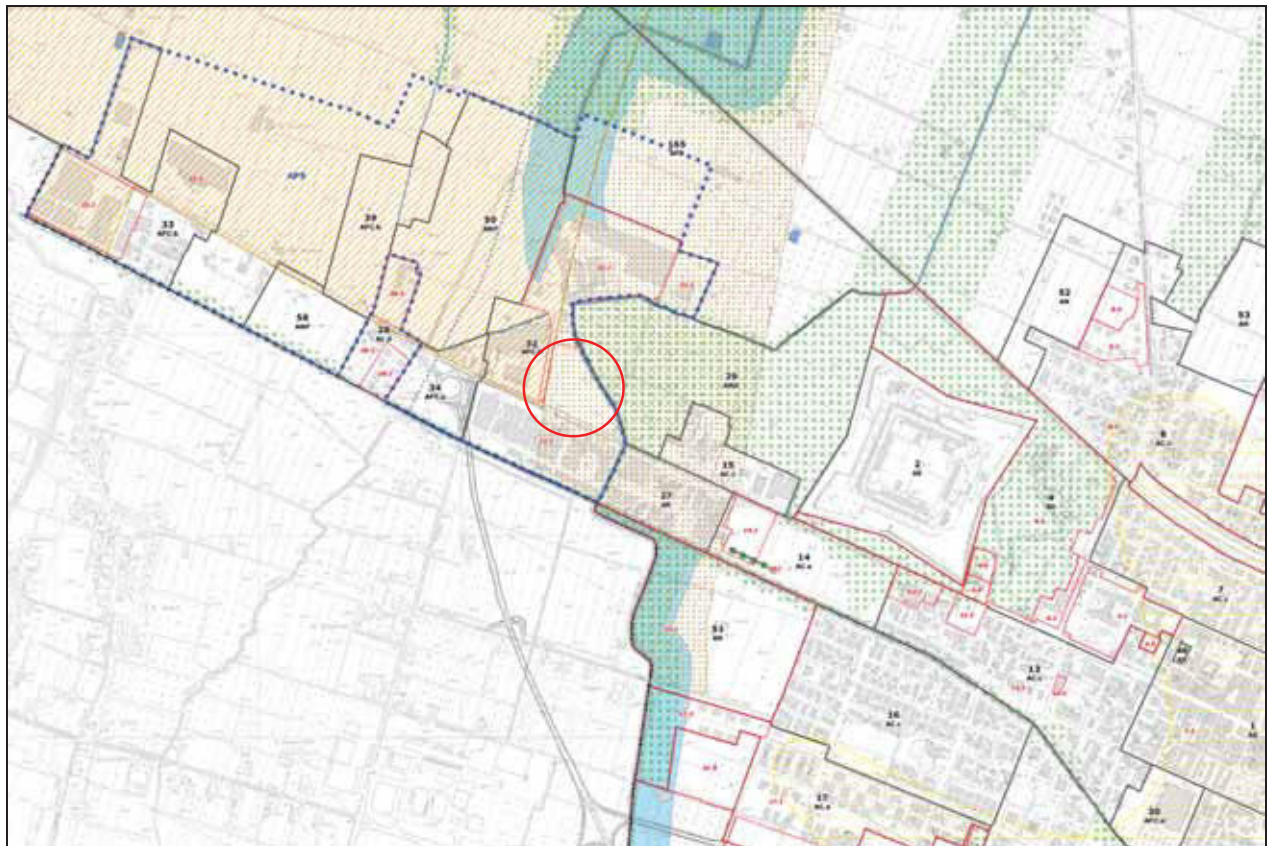






Fig. 2.1.3 – Estratto dalla Mappa della Pericolosità e del Rischio Alluvioni (Det. 3757/2011 e DGR 1244/2014) in riferimento al Reticolo Secondario.



17



Fig. 2.1.4 – Estratto della Tavola 1.1 "Sistema ambientale", tratta dal PSC del Comune di Castelfranco Emilia.

Sulla base di quanto indicato nel PTCP della Provincia di Modena, l'area d'interesse ricade entro un'area bianca non classificata, pur ricadendo comunque entro il limite delle Aree soggette a criticità idraulica.

Si riporta pertanto nel seguito l'**Art. 11** di riferimento.

#### **ART. 11 del PTCP - Sostenibilità degli insediamenti rispetto alla criticità idraulica del territorio**

1. (D) Ferme restando le norme di cui agli articoli 9 e 10 del presente Piano, ai fini dell'applicazione delle direttive e degli indirizzi di cui ai seguenti commi si definiscono i seguenti ambiti in riferimento alla suddivisione del territorio di pianura in aree a differente pericolosità e/o criticità idraulica, riportate nella Carta n. 2.3 del presente Piano:

**A1. aree ad elevata pericolosità idraulica** rispetto alla piena cinquantennale corrispondenti alle fasce di rispetto individuate in base alle diverse altezze arginali; in tale area un'onda di piena disalveata compromette gravemente il sistema insediativo, produttivo e infrastrutturale interessato;

**A2. aree depresse ad elevata criticità idraulica di tipo A**, con possibilità di permanenza dell'acqua a livelli maggiori di 1 m.; tali aree si trovano in comparti morfologici allagabili e sono caratterizzate da condizioni altimetriche e di drenaggio particolarmente critiche;

**A3. aree depresse ad elevata criticità idraulica di tipo B**, situate in comparti morfologici allagabili, ma caratterizzate da condizioni altimetriche meno critiche della classe precedente, aree caratterizzate da scorrimento rapido e buona capacità di smaltimento, ad elevata criticità idraulica poiché situate in comparti allagabili;

**A4. aree depresse a media criticità idraulica con bassa capacità di smaltimento** situate in comparti non immediatamente raggiungibili dall'acqua, ma caratterizzate da condizioni altimetriche che ne determinano la difficoltà di drenaggio e tempi lunghi di permanenza.

I **Piani Strutturali Comunali** possono eventualmente pervenire ad ulteriori specificazioni solo qualora derivanti da studi e approfondimenti di maggior dettaglio, i quali in tal caso sostituiscono le delimitazioni della Carta n. 2.3 "Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica" del presente Piano.

2. (D) All'interno dell'**ambito A1** di cui al precedente punto i Comuni in sede di adeguamento dei rispettivi strumenti urbanistici:

- a. procedono ad una verifica del livello di pericolosità idraulica e vulnerabilità in rapporto al sistema insediativo presente e di progetto;
- b. definiscono in relazione al livello di pericolosità e vulnerabilità individuato di cui al punto a. gli utilizzi ammissibili e le limitazioni relative agli interventi edilizi ed urbanistici con particolare riferimento alle zone di nuova urbanizzazione;
- c. definiscono con elaborati adeguati le misure di controllo in atto o da adottare al fine di rendere compatibili gli interventi di trasformazione del suolo e delle destinazioni d'uso previste;
- d. procedono alla verifica di cui alla lettera a. anche per le aree di cui al comma 3, art. 9 del PTCP - attuazione del PTPR.

3. (D) Negli **ambiti A1 e A2** di cui al precedente comma 1 i Comuni attraverso i **Regolamenti Urbanistico-Edilizi** definiscono norme edilizie atte a diminuire la pericolosità per le persone che risiedono negli edifici di tali aree quali: la presenza di scale interne di collegamento tra il piano dell'edificio potenzialmente allagabile e gli altri piani, la limitazione di vani interrati quali garage o taverne, ecc..

4. (D) Negli **ambiti A1, A2 e A3** i Comuni attivano una puntuale pianificazione dell'emergenza finalizzata alla limitazione del rischio per la popolazione residente.



5. (D) Negli **ambiti A2, A3, A4**, con particolare riferimento alle aree interessate da rilevanti nuovi insediamenti produttivi, gli strumenti urbanistici comunali indicano gli interventi tecnici da adottare sia per ridurre l'effetto della impermeabilizzazione delle superfici nei confronti dell'incremento dei tempi di corrivazione dei deflussi idrici superficiali sia per mantenere una ottimale capacità di smaltimento del reticolo di scolo legato al sistema della rete dei canali di bonifica. Deve essere previsto il drenaggio totale delle acque meteoriche con il sistema duale, cioè un sistema minore, costituito dai collettori fognari destinati allo smaltimento delle acque nere e di parte di quelle bianche, e un sistema maggiore, costituito dalle vie di acque superficiali (anche vasche volano, taratura delle bocche delle caditoie, estensione delle aree verdi) che si formano in occasione di precipitazioni più intense di quelle compatibili con la rete fognaria.

Nell'**Appendice 1** della Relazione di Piano viene fornito un metodo per il calcolo dell'incremento teorico di superficie impermeabilizzabile date le caratteristiche del bacino di scolo.

6. (I) Negli **ambiti A1, A2, A3, A4** gli strumenti urbanistici comunali si dotano di uno studio idrologico-idraulico che definisca gli ambiti soggetti ad inondazioni per tempi di ritorno prefissati e che permettano di verificare il grado di pericolosità e di criticità individuato nel presente Piano esaminando un tratto di corso d'acqua significativo che abbia riferimento con l'area di intervento.

Lo studio deve inoltre verificare gli eventuali fenomeni di ristagno per le diverse aree di intervento.

Nelle **aree soggette ad inondazione** per piene con tempi di ritorno prefissati e **soggette a fenomeni di ristagno** gli strumenti urbanistici comunali o i loro strumenti attuativi individuano gli interventi necessari a riportare ad un livello accettabile il rischio di inondazione e il rischio di ristagno. Essi devono essere compatibili con la situazione idraulica dell'ambito territorialmente adiacente alle zone di intervento.

7. (I) Nella **Carta 2.3 "Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica"** del presente Piano viene rappresentato il limite delle **aree soggette a criticità idraulica**, per il quale la riduzione delle condizioni di rischio generate da eventi a bassa probabilità di inondazione e l'obiettivo di garantire un grado di sicurezza accettabile alla popolazione è affidato alla predisposizione di programmi di prevenzione e protezione civile ai sensi della L. 225/1992 e s.m.i. Tali programmi e i piani di emergenza per la difesa della popolazione e del territorio investono anche i territori di cui agli articoli 9, 10 del presente Piano.

8. (D) Nei territori che ricadono all'interno del limite delle **aree soggette a criticità idraulica**, di cui al comma 7, il Comune nell'ambito della elaborazione del PSC dispone l'adozione di misure volte alla prevenzione del rischio idraulico ed alla corretta gestione del ciclo idrico. In particolare sulla base di un bilancio relativo alla sostenibilità delle trasformazioni urbanistiche e infrastrutturali sul sistema idrico esistente, entro ambiti territoriali definiti dal Piano, il Comune prevede:

- per i nuovi insediamenti e le infrastrutture - l'applicazione del principio di invarianza idraulica (o udometrica) attraverso la realizzazione di un volume di invaso atto alla laminazione delle piene ed idonei dispositivi di limitazione delle portate in uscita o l'adozione di soluzioni alternative di pari efficacia per il raggiungimento delle finalità sopra richiamate;
- per gli interventi di recupero e riqualificazione di aree urbane l'applicazione del principio di attenuazione idraulica attraverso la riduzione della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa, attraverso una serie di interventi urbanistici, edilizi, e infrastrutturali in grado di ridurre la portata scaricata al recapito rispetto alla situazione preesistente.

9. (I) Per la gestione del rischio idraulico attraverso l'applicazione dei **principi di invarianza e attenuazione idraulica**, di cui al comma precedente, il Comune può procedere sulla base della metodologia riportata a titolo esemplificativo nell'Appendice 1 della Relazione di Piano. In fase di prima applicazione si individua

come parametro di riferimento per l'invarianza idraulica a cui i Comuni possono attenersi il valore di 300-500 mc/ha di volume di laminazione per ogni ettaro impermeabilizzato. Per i Comuni che ricadono nell'ambito di competenza dell'Autorità di Bacino del Reno i sistemi di applicazione del principio di invarianza idraulica possono essere anche previsti negli strumenti urbanistici come interventi complessivi elaborati d'intesa con l'Autorità idraulica competente. Le caratteristiche funzionali di tali sistemi sono stabilite dall'Autorità idraulica competente con la quale devono essere preventivamente concordati i criteri di gestione.

**10.(I)** Nel **territorio rurale di pianura**, che ricade all'interno del suddetto limite delle **aree soggette a criticità idraulica**, l'adozione di nuovi sistemi di drenaggio superficiale che riducano sensibilmente il volume specifico d'invaso, modificando quindi i regimi idraulici, è subordinata all'attuazione di interventi finalizzati all'invarianza idraulica, consistenti nella realizzazione

di un volume d'invaso compensativo, il cui calcolo sia fornito sulla base di un'idonea documentazione.

**11.(I)** Per gli interventi nel territorio rurale di cui al precedente comma, l'Autorità idraulica responsabile dello scolo di quel bacino esercitano l'attività di controllo e la Provincia interviene anche attraverso accordi territoriali per coordinare la gestione di tali attività.

**12.(D)** Nella **Carta 2.3 "Rischio idraulico: carta della pericolosità e criticità idraulica"** sono rappresentate le infrastrutture per la sicurezza idraulica del territorio [...]. Tali infrastrutture sono da considerarsi strategiche e quindi prioritarie ai fini della sicurezza e della prevenzione del rischio idraulico nel territorio provinciale.

Per quanto concerne la pianificazione a livello comunale, si riporta un estratto dell'Art. 15 - Paleodossi di accertato interesse idraulico- tratto dalle Norme del PSC del Comune di Castelfranco Emilia, approvato con Del. C.C. n° 75 del 08/04/2009.

Come riportato precedentemente in **fig. 2.1.4** l'area interessata dal nuovo intervento edificatorio risulta ubicata in corrispondenza di paleodossi di accertato interesse idraulico. Questi ultimi rappresentano morfostrutture che, per consistenza fisica, costituiscono elementi di significativa rilevanza idraulica ed influiscono sui comportamenti delle acque in esondazione.

In particolare l'Art. 15, Comma 2 riporta che nelle aree interessate da paleodossi di accertato interesse idraulico gli interventi di nuova edificazione sono ammissibili purchè compatibili con la struttura idraulica, in modo da preservare:

- Il suolo da ulteriori significative impermeabilizzazioni;
- L'assetto morfologico ed il microlievio originario salvaguardando le caratteristiche altimetriche dei dossi al fine di non pregiudicarne la funzione di contenimento idraulico.

In queste ultime aree il RUE prevede idonee prescrizioni per l'esecuzione dei lavori.

La presente relazione è stata eseguita in conformità a quanto prescritto dalla **Delibera Regionale GPG/2016/1405 del 01/08/2016** "Prime disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni con particolare riguardo alla pianificazione di emergenza, territoriale ed urbanistica, ai sensi dell'art. 58 dell'Elaborato n. 7 (Norme di Attuazione) e dell'art. 22 dell'Elaborato n. 5 (Norme di Attuazione) del "Progetto di Variante al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) e al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico

del Delta del fiume Po (PAI Delta)", adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po, con deliberazione n. 5 del 17/12/2015".

Sulla base di tale delibera, l'area di interesse risulta appartenere sia al "Reticolo Principale e Secondario montano" sia al "Reticolo Secondario di Pianura", nel quale la perimetrazione delle aree potenzialmente allagabili è stata effettuata con riferimento agli scenari di alluvione frequente (P3) e poco frequente (P2) previsti dalla Direttiva.

Per quanto concerne il Reticolo Principale e Secondario Montano si è catalogato il sito di interesse entro un'area bianca non classificata, prossima allo scenario di pericolosità "P1 - L Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi" ed in un ambito di rischio non classificato ma non lontano dallo Scenario R1 "Rischio moderato o nullo" (**figura 2.1.2**).

Relativamente al Reticolo Secondario di Pianura l'area ricade nello scenario di pericolosità "P2 - M Alluvioni poco frequenti - Media probabilità" e a cavallo tra lo scenario di rischio "R1 - Rischio moderato o nullo" e "R2 - Rischio medio" (**figura 2.1.3**).

Il metodo di individuazione delle aree soggette ad alluvioni è stato di tipo sia storico - inventariale sia di modellazione idrologico – idraulica.

Ne è derivato che l'estensione delle aree interessate da **alluvioni rare (P1)**, è ricompresa, di fatto, nello scenario **P2 - alluvioni poco frequenti**.

Per quanto riguarda gli interventi edilizi nel seguito dettagliati si fa riferimento alle disposizioni specifiche sotto riportate.

In relazione alle caratteristiche di pericolosità e rischio descritte nel paragrafo precedente, nelle aree perimetrate a pericolosità P3 e P2 dell'ambito Reticolo Secondario di Pianura, laddove negli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica non siano già vigenti norme equivalenti (come nel nostro caso), si deve garantire l'applicazione:

- di misure di **riduzione della vulnerabilità** dei beni e delle strutture esposte, anche ai fini della tutela della vita umana: a tal fine la quota minima del primo piano utile degli edifici deve essere all'altezza sufficiente a ridurre la vulnerabilità del bene esposto ed adeguata al livello di pericolosità ed esposizione; è da evitare le realizzazione di piani interrati o seminterrati, non dotati di sistemi di autoprotezione; è necessario favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione). Questo aspetto verrà trattato al **Capitolo 3** della presente relazione;
- di misure volte al rispetto del **principio dell'invarianza idraulica**, finalizzate a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e a contribuire alla difesa idraulica del territorio. Questo aspetto verrà trattato al **Capitolo 4** della presente relazione.



### 3.1 VALUTAZIONE DELLE MISURE DI RIDUZIONE DELLA VULNERABILITA'

L'area d'interesse ricade in una zona caratterizzata da numerosi corsi d'acqua di scolo e di irrigazione afferenti al Consorzio della Bonifica di Burana. In particolare si tratta di canali primari e/o secondari (*Canale Torbido, Condotto Muzza, Canale San Giovanni, Scolo Finaletto, Scolo Sonara, Cavo Limpido, Scolo Muzza abbandonata*) facenti parte dell'ambito territoriale compreso tra il Fiume Panaro ed il Torrente Samoggia, ambito che si sviluppa nelle Province di Modena e Bologna.

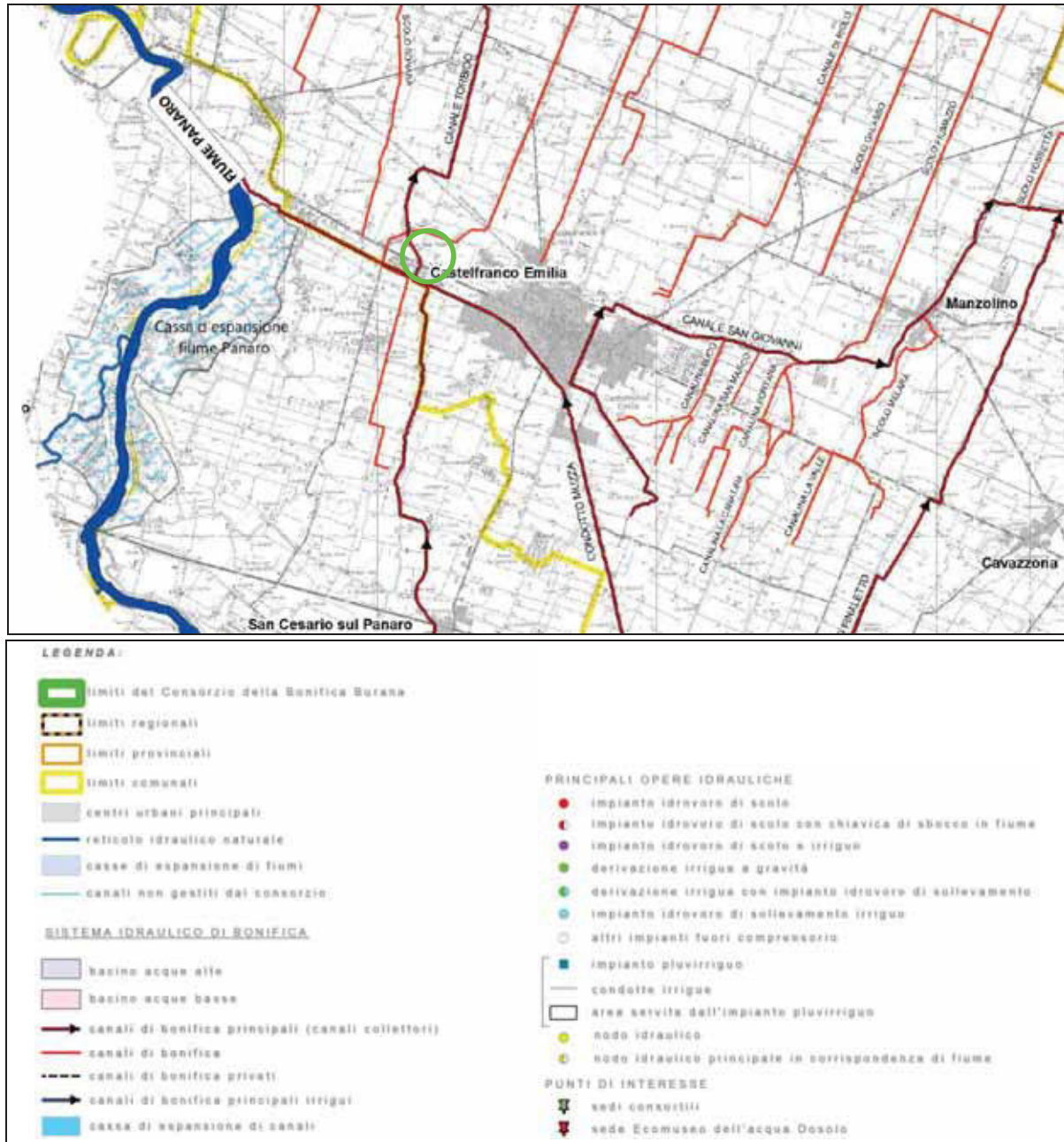


Fig. 3.1 – Inquadramento idrografico e ubicazione dell'area d'interesse (cerchiata in verde).

Questo ambito territoriale presenta peculiari caratteristiche morfologiche e climatologiche che modificano i parametri idrologici connessi alla formazione ed al deflusso delle piene. La particolare caratteristica dei corsi d'acqua di bonifica risiede proprio nella loro funzionalità e negli usi a cui sono preposti; l'ambivalenza delle funzioni di scolo ed irrigazione rende non poco difficile l'analisi idrologica in quanto essi vanno studiati sotto il profilo della funzione di drenaggio delle acque meteoriche ma tuttavia sono utilizzati, soprattutto nelle stagioni primaverili ed estive, anche per irrigazione, mantenendo alti i livelli in alveo e riducendo la capacità di assorbimento di eventi pluviometrici importanti.

23

**Ai fini della riduzione del rischio idraulico**, il Consorzio, consapevole dell'importanza di dover controllare e monitorare in tempo reale i livelli idrometrici transitanti nella propria rete idraulica, dispone di una rete di telecontrollo dei dati idrometrici e pluviometrici (costituita attualmente da 67 stazioni di telerilevamento dislocate nei punti idraulicamente nevralgici del proprio comprensorio) per controllare e gestire le piene interne (**Figura 3.2**).

Gli idrometri presenti nelle stazioni sono prevalentemente ad ultrasuoni e sono situati nei punti nevralgici da idrometri lineari a lettura diretta facenti parte della infrastruttura idraulica, così da permettere al personale consortile dislocato sul territorio di controllare visivamente tali strumentazioni durante le necessarie manovre di regolazione idraulica.

Le centrali di elaborazione e controllo sono ubicate nella sede centrale consortile di Modena ed in quelle periferiche di Mirandola, Bondeno e San Giovanni Persiceto.

Il sistema informatico consente sia di "comandare" in remoto il funzionamento degli impianti sia di verificare le quote idrometriche e pluviometriche anche mediante l'utilizzo di smartphone e tablet (tramite sistemi WEB).

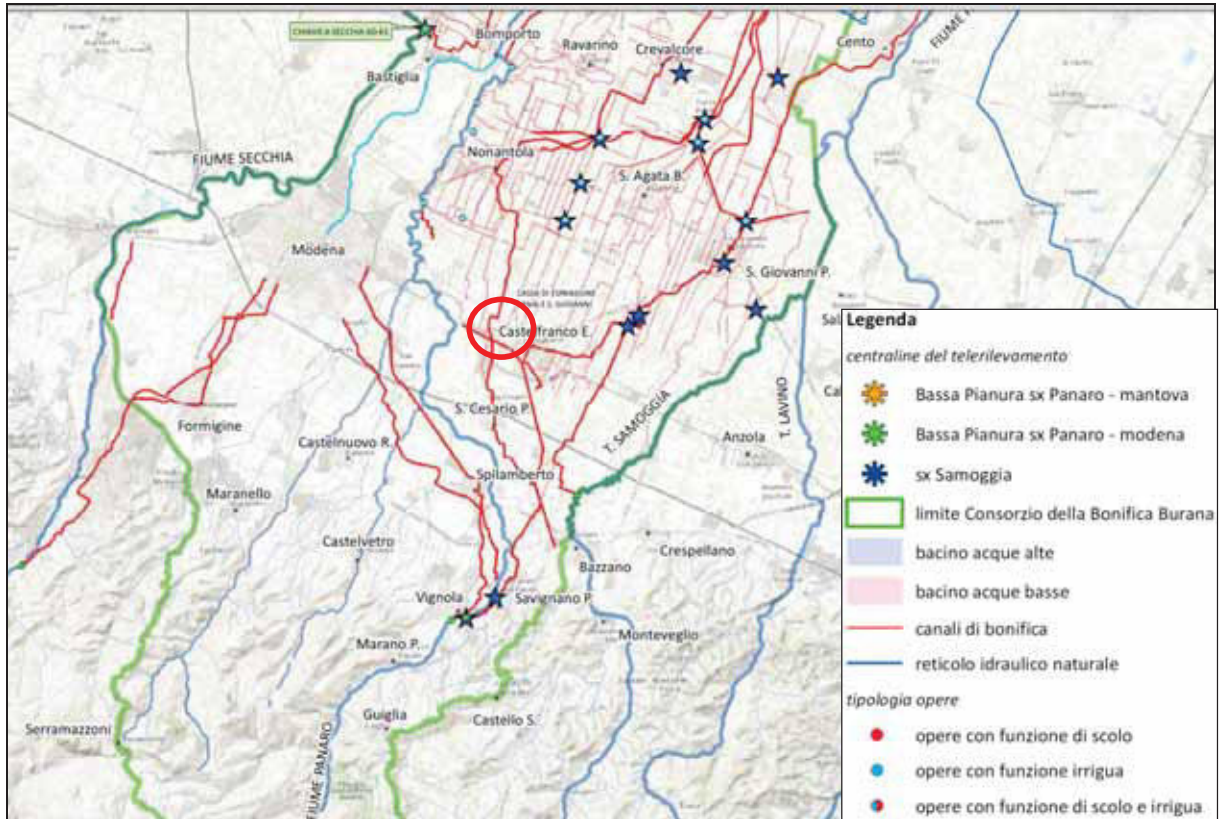


Fig. 3.2: Ubicazione delle stazioni di telerilevamento.



### 3.2. Caratteristiche idrografiche del Reticolo Secondario di Pianura "RSP"

Per quanto riguarda le caratteristiche del Reticolo Secondario di Pianura "RSP", l'area di interesse appartiene al bacino idrografico del **Canale Torbido**.

Il bacino imbrifero del Canale Torbido in corrispondenza della sezione di chiusura presenta una superficie complessiva pari a **S = 10.90 km<sup>2</sup>**. Nella seguente tabella vengono esposte le principali caratteristiche fisiche del bacino chiuso alla sezione corrispondente al lotto in oggetto:

- Superficie: 10.90 km<sup>2</sup>
- Lunghezza asta principale fino alla sezione di chiusura: 10.0 km
- Quota massima del bacino: 63.0 m s.l.m.
- Quota alla sezione di chiusura considerata: 37.0 m s.l.m.

Il Canale Torbido ha origine dalla sponda destra del Fiume Panaro, in località "Doccia" presso il Comune di Savignano sul Panaro (MO) ed è alimentato dalle acque derivate dal Panaro stesso attraverso un'opera di presa posta immediatamente a monte della "traversa di Vignola" a valle del ponte.

Il Canale scorre sempre in destra idraulica del Fiume e, lungo il suo percorso di circa 47 chilometri, attraversa i territori di Savignano s/P, Bazzano, San Cesario s/P, Castelfranco Emilia, Nonantola, Ravarino ed in ultimo Crevalcore, dove si immette nella *Fossa Rangona* contribuendo ad alimentare il Canale Collettore delle Acque Alte, il cui recapito ultimo è nuovamente il Panaro, attraverso la chiavica Fosaglia a Finale Emilia (**fig. 3.2.1**).

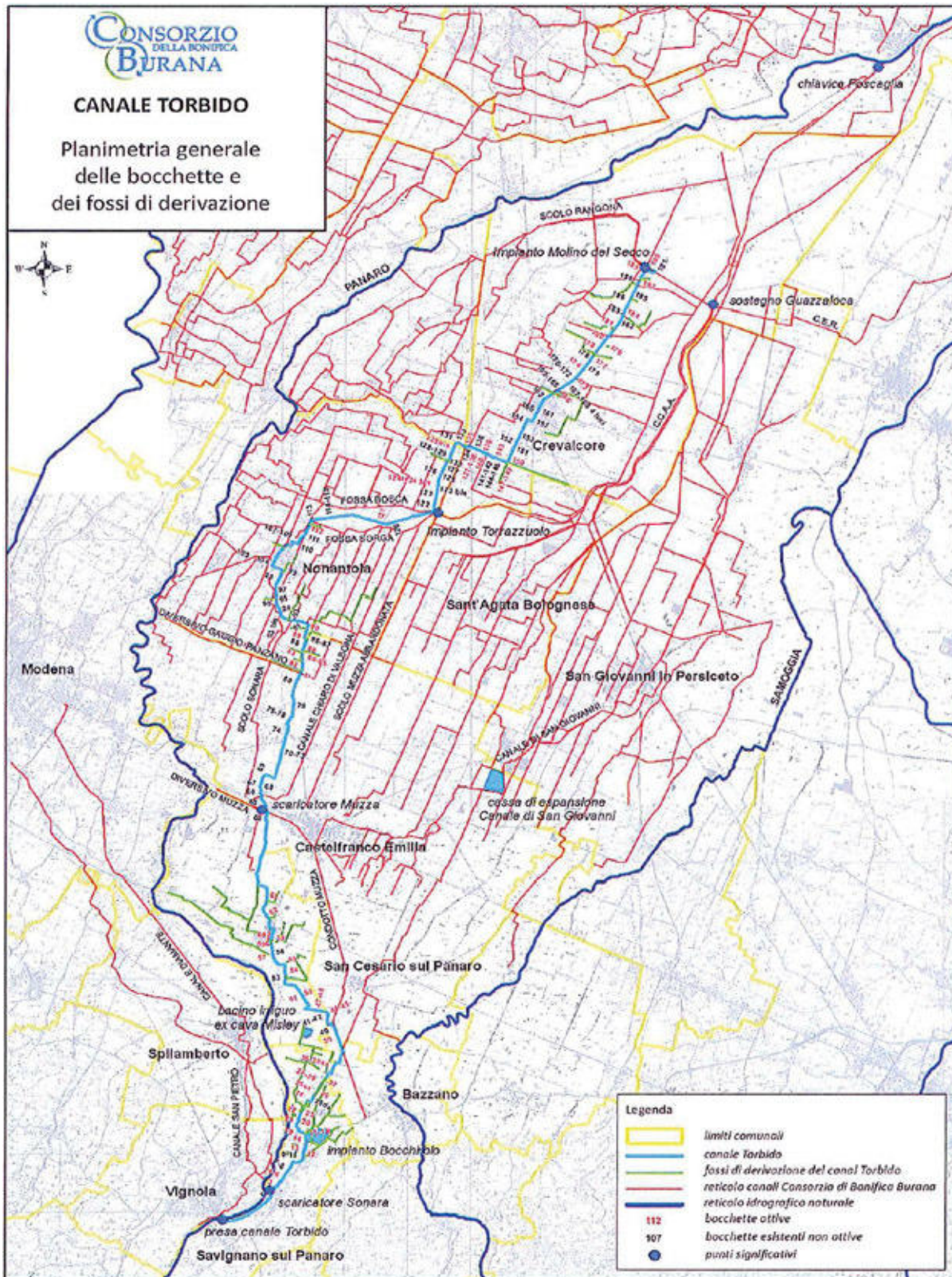


Fig. 3.2.1 – Percorso del Canale Torbido tratto dalle carte del Consorzio della Bonifica di Burana.



E' riportato di seguito il tratto del Canale Torbido considerato nella presente relazione idraulica (**fig. 3.2.2**) ed il bacino imbrifero sotteso alla sezione di chiusura (**fig. 3.2.3**).

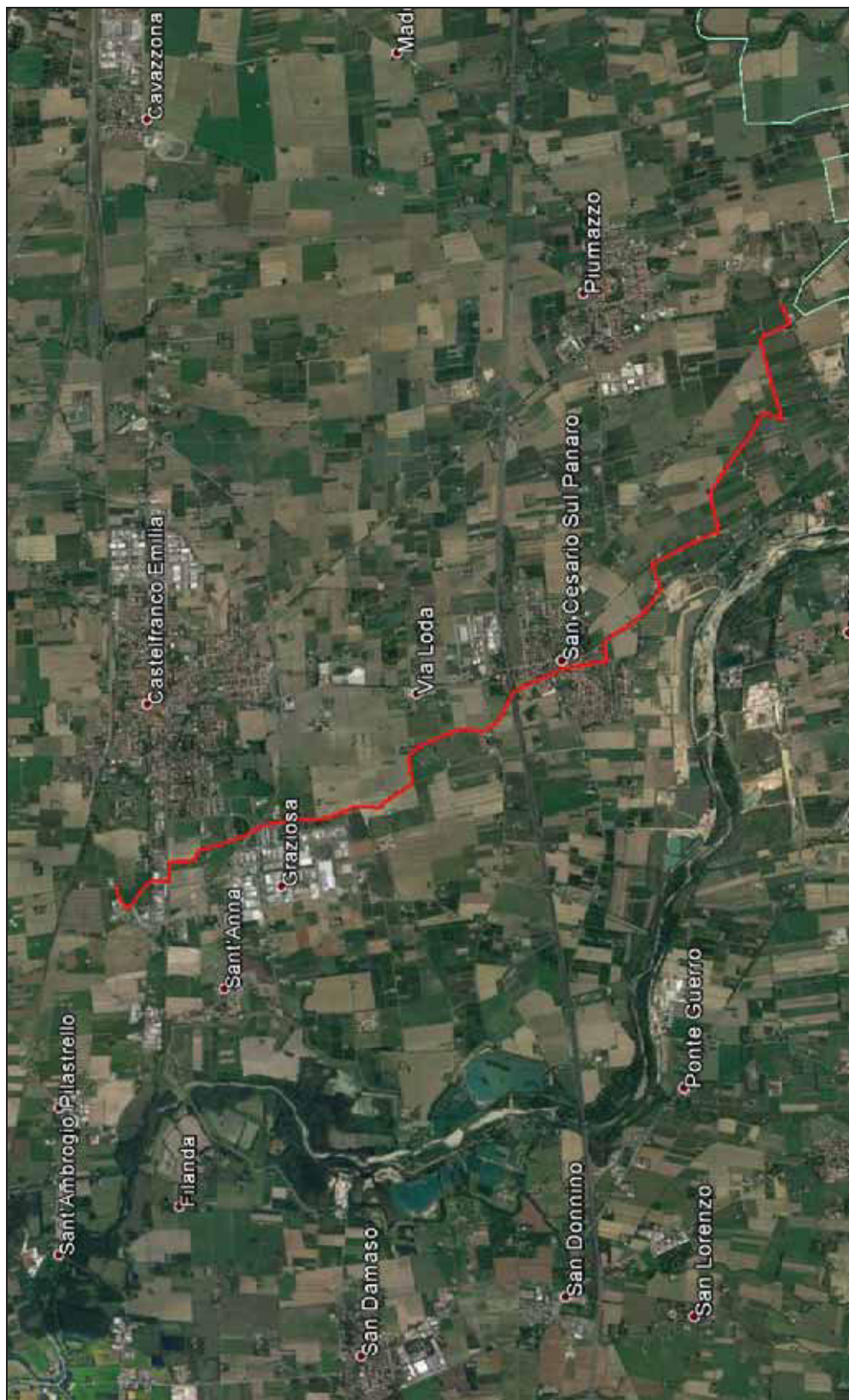


Fig. 3.2.2 – Tratto del Canale Torbido considerato.

**GEO GROUP SRL – Geologia e Ambiente – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)**

SEDE: Via Cesare Costa n° 182 - 41123 Modena. Tel. 059/ 82.83.67

UFFICI: Via Per Modena n° 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (Mo).  
Tel. 059/ 39.67.169, Fax. 059/ 5960176, e-mail: [geo.group@libero.it](mailto:geo.group@libero.it)



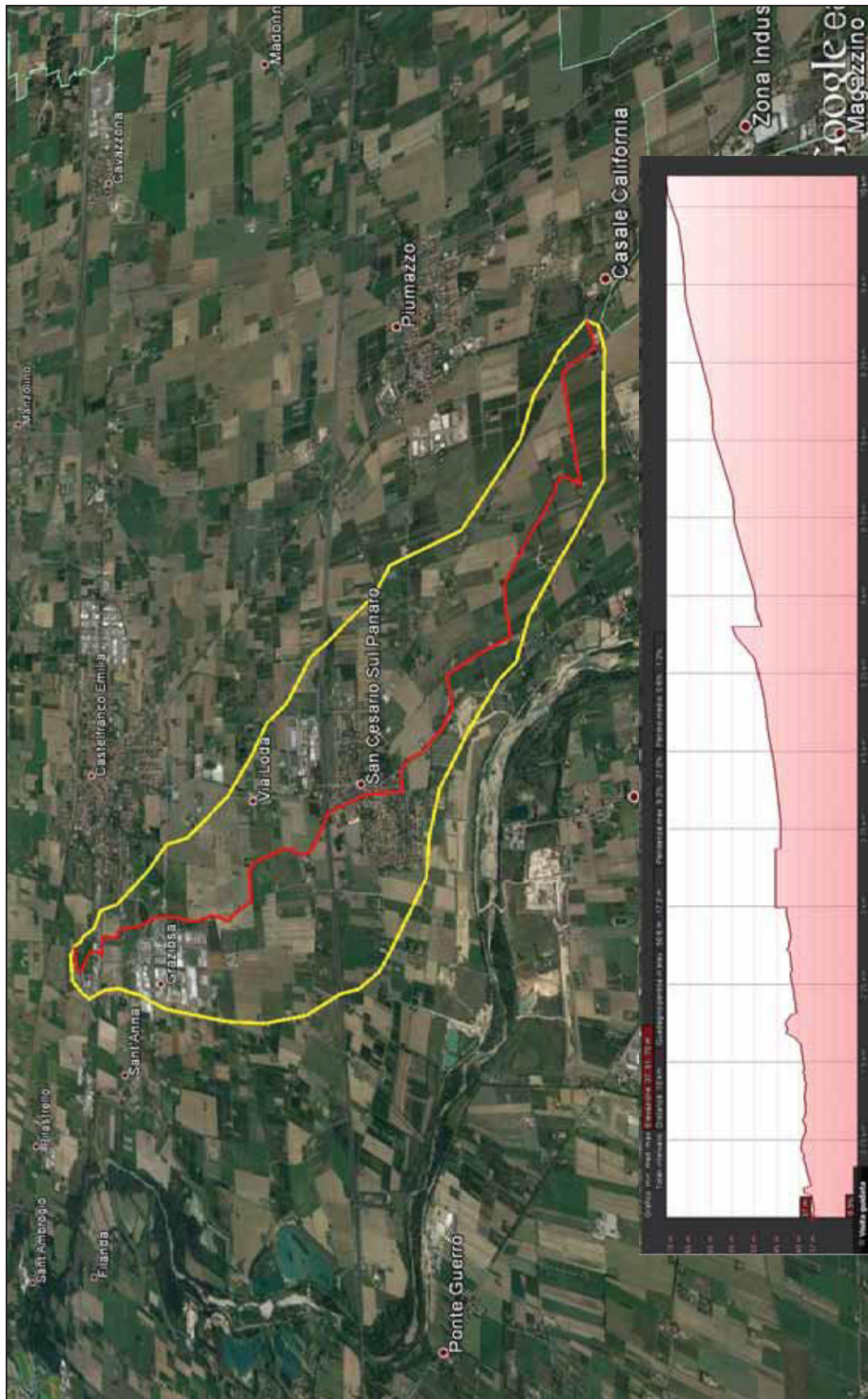


Fig. 3.2.3 – Bacino imbrifero considerato per lo specifico caso di studio e profilo in elevazione del Canale Torbido.

**GEO GROUP SRL – Geologia e Ambiente – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)**

SEDE: Via Cesare Costa n° 182 - 41123 Modena. Tel. 059/ 82.83.67

UFFICI: Via Per Modena n° 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (Mo).

Tel. 059/ 39.67.169, Fax. 059/ 5960176, e-mail: [geo\\_group@libero.it](mailto:geo_group@libero.it)

---

### 3.3. Calcolo del Volume delle precipitazioni medie annue (V)

---

Nella zona in esame, il clima è caratterizzato da precipitazioni prevalenti nei mesi primaverili e in quelli autunnali, e da un periodo siccitoso estivo. La temperatura è rigida nei mesi invernali mentre nei mesi estivi è elevata ed è spesso associata ad un'alta umidità dell'aria.

Tale andamento di precipitazioni e di temperatura ricorda sia i climi continentali dell'Europa centrale, caratterizzati da forti escursioni termiche, che quelli delle regioni mediterranee.

Dalla consultazione degli Annali Idrologici, a cura dell'**Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente (ARPA - Regione Emilia Romagna) - Servizio Idrometeorologico**, ed in riferimento alle stazioni pluviometriche di Modena (35 m s.l.m.), Anzola nell'Emilia (40 m s.l.m.), Spilamberto (69 m s.l.m.), Castelnuovo Rangone (76 m s.l.m.) e Marano s/P (139 m s.l.m.), il valore della precipitazione media annua può essere assunto pari a **P = 660 mm/anno**.

Il **volume V delle precipitazioni** sul bacino considerato (di superficie  $S = 10.90 \text{ km}^2$ ), risulta dunque:

$$V = 7'194'000 \text{ m}^3/\text{anno}.$$

---

### 3.4. Portata media annua naturale

---

Per calcolare la portata media annuale naturale  $Q_m$  è necessario definire il **coefficiente di deflusso**  $c_d$  del corso d'acqua relativo al bacino sotteso.

Per quanto riguarda il bacino considerato, l'area è caratterizzata dai seguenti coefficienti di deflusso:

- superfici asfaltate, tetti  $\varphi = 0.90$
- scarpate stradali  $\varphi = 0.50$
- superfici a verde  $\varphi = 0.30$

In linea generale per bacini di piccola e media estensione, come in questo caso, è opportuno fare riferimento all'uso del suolo e alla litologia, assegnando ad ogni tipologia/combinazione di tali parametri il valore più appropriato del coefficiente di deflusso valutando attraverso la media ponderata sull'area il coefficiente di deflusso globale.

Nel caso in esame, trattandosi di un bacino poco edificato e con buona copertura vegetale, è stato ottenuto il seguente valore di **coefficiente di deflusso medio ponderato**:

$$c_{d \text{ med}} = 0.38$$

Risulta di conseguenza che la **portata media annuale  $Q_m$**  nel punto di chiusura del bacino (ovvero nel punto più a valle) vale:

$$Q_m = c_d \cdot V/T = 0.38 \cdot 7'194'000 / 31'536'000 = 0.087 \text{ m}^3/\text{s} = 87 \text{ l/s}$$

essendo  $T = 31'536'000$  s il tempo annuale.

La portata annuale media naturale  $Q_m = 87$  l/s è quella presente nel bacino considerato, alla sezione di chiusura considerata.

La **portata specifica media annua  $q_{medA}$  per  $km^2$**  vale:

$$q_{medA} = Q_m/S = (87 \text{ l/s}) / (10.9 \text{ km}^2) = 7.98 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2.$$

30

---

### 3.5. Calcolo della portata di massima piena

---

La verifica idraulica è stata svolta seguendo la letteratura tecnica di Settore e le indicazioni dell'autorità di bacino del Fiume Po contenute nel ***Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del fiume Po*** (Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6ter).

La portata di piena  $Q_c$  di progetto è stata desunta dalle "Indicazioni per il calcolo delle portate di piena sui bacini idrografici di piccole dimensioni" riportate nelle norme di attuazione.

Secondo il metodo razionale della corrivazione citato dalla normativa, la portata può essere calcolata come:

$$Q_c = 0.278 c i A$$

Dove:

$Q_c$  = portata al colmo in  $m^3/s$ ,

$c$  = coefficiente di deflusso adimensionale = 0.38

$i$  = intensità di pioggia in mm/h

$A$  = superficie del bacino in  $km^2 = 10.90 \text{ km}^2$

Il metodo considera il bacino idrografico come una singola unità e stima il valore al colmo della portata con le seguenti assunzioni:

- a) la precipitazione è uniformemente distribuita sul bacino,
- b) la portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno  $T$  di quello dell'intensità di pioggia,
- c) il tempo di formazione del colmo di piena è pari a quello della fase di riduzione;
- d) l'intensità di pioggia ha una durata pari a quella del *tempo di corrivazione* tc. Il tempo di corrivazione è definito in via teorica come il tempo che impiega la precipitazione che cade nella parte più distante del bacino a raggiungere la sezione terminale; una definizione forse migliore è che esso rappresenta l'intervallo di tempo dall'inizio della precipitazione oltre al quale tutto il bacino contribuisce al deflusso nella sezione terminale.



### Tempo di corrivazione $t_c$

Il tempo di corrivazione del bacino è normalmente calcolato con formule empiriche; tra esse molto usata è quella di *Giandotti (1934, 1937)*:

$$t_c = (4 (A)^{0,5} + 1,5 L) / (0,8 (H_m - H_0)^{0,5}) \quad (\text{ore})$$

dove:

L = lunghezza del percorso idraulicamente più lungo del bacino (km) = 10 km

$H_m$  = altitudine media del bacino (m s.l.m.)  $(63.0+37.0)/2 = 50$  m s.l.m.

$H_0$  = altitudine della sezione di chiusura (m s.l.m.) = 37.0 m s.l.m.

A = superficie del bacino in  $\text{km}^2 = 10.9 \text{ km}^2$

da cui:

$$t_c = (4 (10.90)^{0,5} + 1,5 \cdot 10) / (0,8 \cdot (50 - 37)^{0,5}) = 9.78 \text{ ore} = 35'203 \text{ sec}$$

A tale tempo di corrivazione corrisponde una velocità media di deflusso sul bacino a monte del lotto d'interesse:

$$V_m = L/T_c = 10'000 \text{ m} / 35'203 \text{ sec} = 0.28 \text{ m/s}$$

### Curva di probabilità pluviometrica

La curva di probabilità pluviometrica, con tempo di ritorno di 100 anni, nella sua forma generale è la seguente:

$$h = a t^n$$

con

h = altezza della pioggia in millimetri;

t = durata di pioggia in ore;

a (mm/h) n (adimensionale);

I coefficienti a e n sono ricavabili dalla **Griglia di discretizzazione delle Piogge Intense**: (Cfr. Allegato n.3 della Direttiva n.2 PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume PO) da cui la cella significativa di calcolo risulta la **FY132**:

Cella	Coordinate Est UTM cella di calcolo	Coordinate Nord UTM cella di calcolo	a Tr 20	n Tr 20	a Tr 100	n Tr 100	a Tr 200	n Tr 200	a Tr 500	n Tr 500
FY132	661000.00000	4937000.00000	45.33	0.284	58.70	0.281	64.38	0.279	71.92	0.27

Si può così calcolare l'altezza critica di pioggia per un tempo di ritorno di 100 anni:

Tempo di ritorno	Altezza di pioggia $h(t_c)$ (mm)
Tr=100 anni	$h_{c(100)} = 58.70 * 9.78^{0.281} = 111.41 \text{ mm}$

Adottando il coefficiente di deflusso medio ponderato calcolato  $C=0.38$  si può determinare la portata al colmo  $Q_c$  relativa ai tempi di ritorno considerati:

$$Q_c = 0.278 \cdot C \cdot A \cdot i = 0.278 \cdot C \cdot A \cdot h(tc)/tc$$

Tempo di ritorno	Portata al colmo $Q_c$ (m <sup>3</sup> /sec)
Tr=100 anni	$Q_{c(100)} = 0.278 \cdot 0.38 \cdot 10.60 \cdot 114.05 / 9.84 = 13.11$ m <sup>3</sup> /sec

32

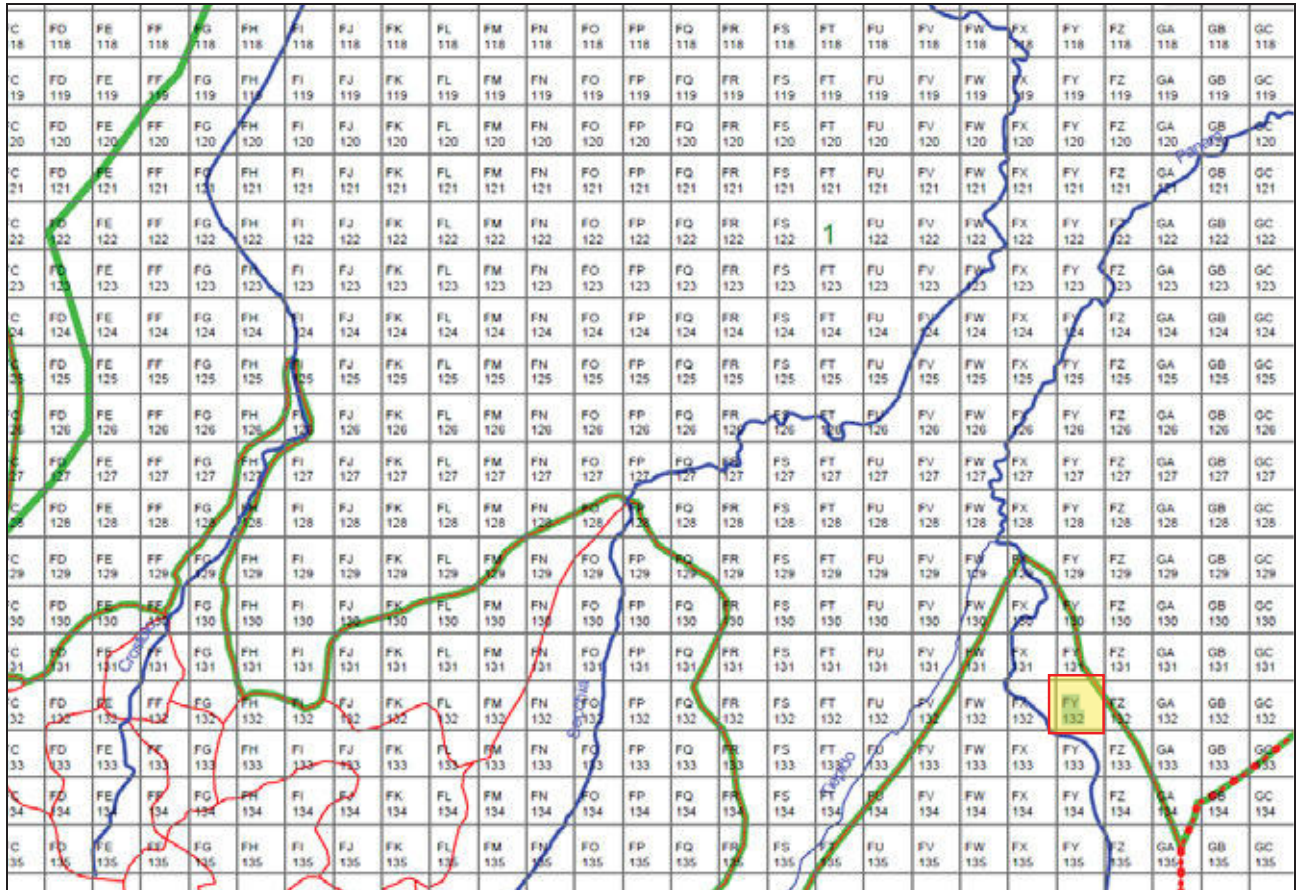


Fig. 3.5.1 – Ubicazione della cella FY132.

### 3.6. Stima del livello di piena in corrispondenza dell'area d'interesse

Di seguito si provvede a verificare che la sezione utile del Canale Torbido in corrispondenza dell'area di interesse sia in grado di far defluire l'intera portata di piena, stimata pari a:

$$Q_{C(100)} = 13.11 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

La portata transitante in una sezione si calcola con la formula:

$$Q = v \cdot \omega$$

in cui:

v = velocità media;

$\omega$  = sezione idraulica.

Il valore della velocità media (v) dipende da diversi fattori:

- Pendenza longitudinale del canale (i).
- Raggio idraulico (R).
- Scabrezza delle pareti ( $\beta$ ).

Si devono innanzitutto definire l'area ( $\omega$ ) e il contorno bagnato (C). Queste due grandezze sono legate dal Raggio idraulico medio:  $R = \omega/C$

Le relazioni che legano assieme la velocità media alla sezione trasversale sono varie diverse.

Nel nostro caso abbiamo utilizzato la **Formola di Gauckler-Strickler**:

$$Q = K_{STR} \cdot R^{3/2} \cdot \omega \cdot i^{1/2}$$

dove:

R = raggio idraulico

i = pendenza del canale; nel nostro caso  $i = 0,0025$

Kstr = coefficiente di scabrezza, compreso tra 10 e 200 (si veda **tabella 3.5.I**). Per il caso in esame è stato utilizzato il valore di **Kstr = 25**.

Valori dell'indice di scabrezza di Gauckler-Strickler	
Natura delle pareti	$k_s$ ( $m^{1/3}/s$ )
<b>Corsi d'acqua naturali</b>	
piccoli corsi d'acqua di pianura, puliti, dritti e senza ristagni d'acqua	30-40
piccoli corsi d'acqua di pianura, puliti, sinuosi e senza ristagni d'acqua	22-30
tratti lenti con erbacce e stagni profondi	13-20
tratti molto erbosi con stagni profondi, ostacolati da alberi e macchie	7-13
fiumi di montagna, con fondo in ghiaia, ciottoli e pochi massi e lati ripidi	20-33
fiumi di montagna, con fondo in ciottoli e grossi massi, lati ripidi	14-25
<b>Golene</b>	
con erba	20-40
con aree coltivate	20-50
con sottobosco	14-29
con molti alberi	8-13
<b>Grandi fiumi (larghezza in superficie maggiore di 30 m)</b>	
sezione regolare, senza massi o vegetazione	17-40
sezione irregolare	10-29

Tabella 3.6.I – Coefficienti di scabrezza di Gauckler-Strickler.



Le verifiche idrauliche sono state eseguite in corrispondenza della "sezione Z" del Canale Torbido, illustrata in **figura 3.6.1** e in **figura 3.6.2**.

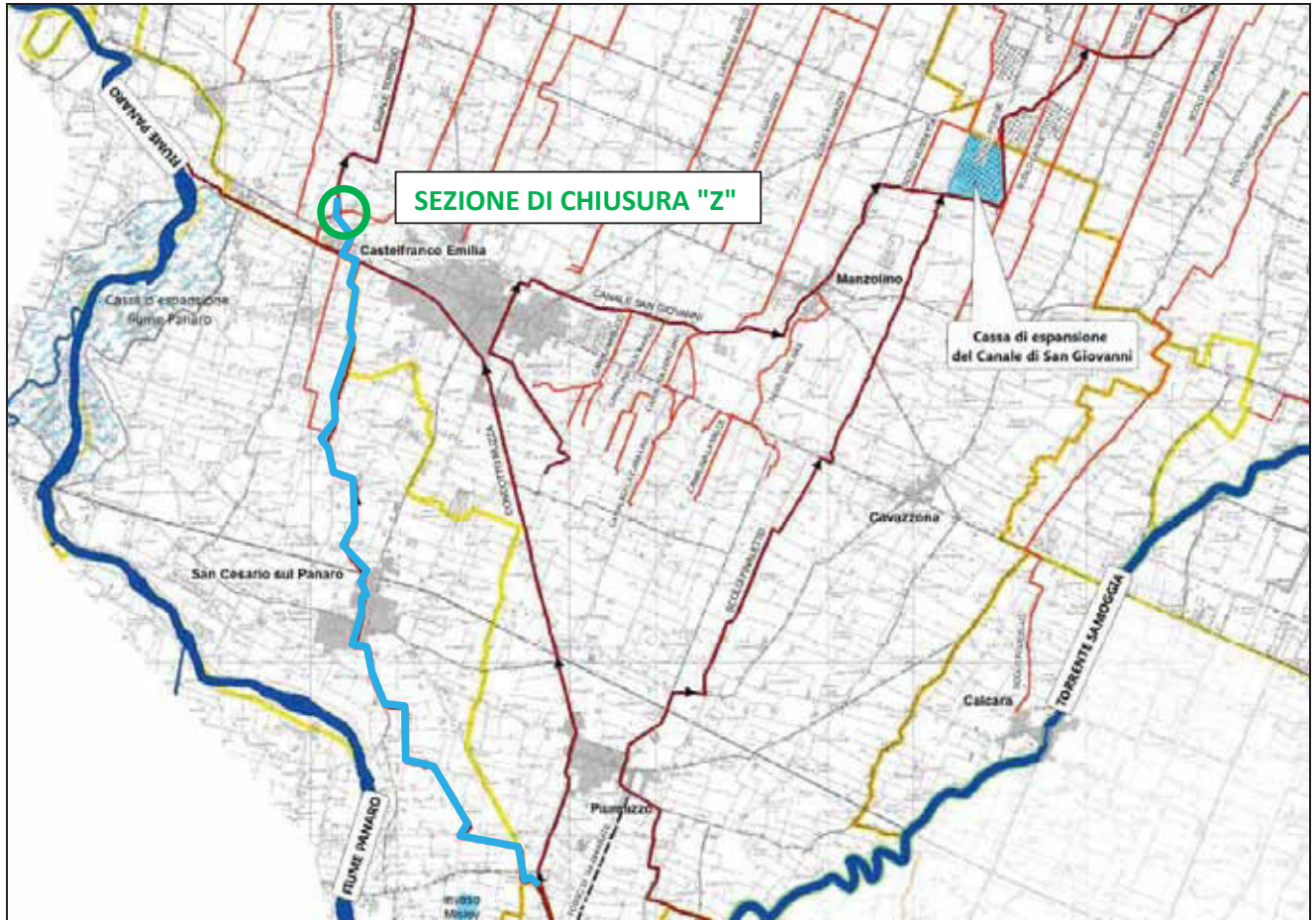


Fig. 3.6.1 - Ubicazione della "Sezione Z" del Canale Torbido lungo la quale sono state eseguite le verifiche idrauliche.

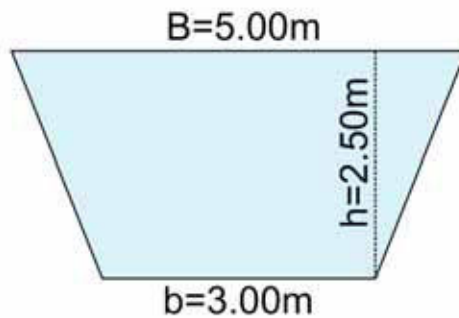


Fig. 3.6.2 - "Sezione Z" del corso d'acqua Canale Torbido.

In corrispondenza di tale **sezione Z** si ha:

$\omega$  = area della sezione, risulta  $\omega = 10 \text{ m}^2$

C = contorno bagnato, considerando la sezione completamente bagnata, si ha  $C = 8.4 \text{ m}$

R = raggio idraulico, considerando la sezione completamente bagnata, risulta  $R = 10/8.40 = 1.20$

i = pendenza del canale che in moto permanente coincide con la cadente piezometrica: nel nostro caso  $i = 0.0025$ .

Kstr = coefficiente di scabrezza, compreso tra 10 e 200 (si veda **tabella 3.5.I**). Nel nostro caso è stato utilizzato il valore cautelativo di  $Kstr = 25$ .

Facendo gli opportuni calcoli ne deriva che la **sezione utile considerata "Sezione Z"** è in grado di far defluire una portata:

$$Q_{\text{Sez.Z}} = 14.11 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Sulla base delle verifiche effettuate, ne consegue che la sezione considerata per il corso irriguo Canale Torbido permette il deflusso della portata critica centennale.

Tuttavia, dal momento che la portata garantita dalla sezione di tale corso irriguo ( $Q_{\text{Sez.Z}} = 14.11 \text{ m}^3/\text{sec}$ ) risulta molto prossima al valore critico  $Q_{C(100)} = 13.11 \text{ m}^3/\text{s}$ , al fine di ridurre la vulnerabilità dell'edificio in esame, si consigliano i seguenti accorgimenti.

#### TIPOLOGIA STRUTTURALE E MATERIALI

La massima attenzione è da porre nella forma dell'oggetto che in caso di piena sarà investito dalle acque: il lato direttamente investito dalla corrente dovrà essere il più breve possibile, in modo da offrire una piccola superficie all'impatto dei detriti e alla spinta idrodinamica. In questo modo verrebbe limitato anche l'eventuale scalzamento delle fondazioni.

Eventuali ambienti al di sotto del livello del pavimento del piano terra dovranno essere destinati a deposito di materiali non deperibili se bagnati, oppure come accesso all'edificio. Questi ambienti dovranno essere ispezionabili per permettere la pulizia e l'aerazione a fine evento, ed essere provvisti di aperture per permettere l'ingresso dell'acqua in modo da contrastare la pressione idrostatica.

Si deve porre attenzione al drenaggio all'esterno dell'edificio, in modo da favorire un veloce ritiro dell'acqua.

Particolare cura dovrà inoltre essere posta nella scelta dei materiali da utilizzare.

Conviene comunque spostare a livello del soffitto gli impianti elettrici. Le tracce in cui passano le canalette dovrebbero avere una pendenza tale da favorire una veloce asciugatura dell'impianto, e si consiglia di mettere in salvo su rialzi, o meglio ancora ai piani alti, gli elettrodomestici o l'arredo danneggiabili in caso di piena.

#### VANI INTERRATI

Si suggerisce di non creare cantine oppure spazi completamente interrati. Se esistono già, è bene verificare la presenza di aperture tipo bocche di lupo o griglie di aerazione in modo da permettere

l'ingresso della acqua di piena all'interno dei vani per impedire che la differenza di pressione tra interno ed esterno metta in crisi la struttura portante.

Questi luoghi non dovranno essere utilizzati come deposito di beni deteriorabili, né come superficie abitabile.

Si consiglia di non prosciugare i suddetti vani se non dopo che il livello dell'acqua contenuta nel terreno non sia sufficientemente basso, se no il divario di pressione tra interno ed esterno potrebbe compromettere la stabilità dell'edificio.

Un metodo per sapere se è possibile prosciugare il locale consiste nel vuotarlo osservando a distanza di qualche giorno se il muro asciugandosi mostri il segno umido del livello dell'acqua nel terreno, e nel caso, aspettando che l'acqua si abbassi ancora prima di procedere oltre.

36

## MURATURE

I muri devono respirare per poter seccare senza conservare umidità: l'eventuale impermeabilizzazione di un muro deve quindi avvenire solo su di un lato, nella parte interrata verso l'esterno, in quella fuori terra verso l'interno. Se necessario eliminare gli intonaci troppo impermeabili.

L'acqua provoca degrado di ogni sorta (fessure, muffe dovute alla presenza prolungata) che appaiono anche molto tempo dopo la piena.

Più le mura sono spesse e antiche, più a lungo ritengono l'acqua.

I tramezzi composti da materiali degradabili quali gesso cartone legno e colla sono molto fragili in quanto non sono pensati per resistere alla pressione dell'acqua: meglio utilizzare blocchi di gesso idrorepellente.

## SOLETTE

Le sollecitazioni sulle solette poste al di sotto del livello di massima piena sono di due tipi:

- se la soletta è a contatto col terreno impregnato d'acqua, subisce una spinta di galleggiamento dal basso verso l'alto che rischia di mettere in crisi la stabilità della struttura fino a far inarcare il pavimento o addirittura a farlo saltare;
- se il vano sottostante il pavimento non ha aperture di ventilazione, e l'acqua esterna monta al di sopra della soletta, l'aria intrappolata si comprime e può sollecitare nello stesso modo la soletta fino alla rottura.

Quindi si suggerisce, nel caso della soletta appoggiata al terreno, di prevedere giunti o intercapedini di scorrimento tra la struttura portante e la soletta.

Se invece la soletta è stata creata su di un vespaio areato, assicurarsi che le aperture arrivino fino all'intradosso per evitare che l'aria intrappolata sotto il pavimento non si comprima e si trovi nuove vie di fuga.

Se si deve rifare la soletta, approfittarne per creare un vespaio ben ventilato; nel caso si abbia poco spazio, usare un cassero a perdere tipo di cartone alveolare degradabile che sarà distrutto in seguito alla piena.



Se non si può fare un vespaio bisogna fare in modo che la nuova soletta non sia galleggiante sul terreno, che disponga di punti di ancoraggio regolari, e che il livello di pavimentazione sia superiore a quello del suolo.

Per facilitare l'evacuazione delle acqua di piena e del fango che inevitabilmente entrano nell'edificio in caso di alluvione, si consiglia di costruire la pavimentazione della soletta al di sotto del livello di massima piena con una pendenza del 2% e di prevedere canali di scolo all'esterno dell'edificio.

Un drenaggio sul perimetro della costruzione permetterà l'evacuazione più rapida dell'acqua piovana e di piena ed eviterà il rischio di sacche d'acqua sotto la soletta.

37

## RIVESTIMENTI

Si consiglia l'utilizzo di rivestimenti permeabili in modo da permettere l'evaporazione dell'acqua.

Materiali che possono impregnarsi, deformarsi o scollarsi dal supporto vengono sconsigliati.

Non va considerato soltanto il rivestimento in sé, ma anche il collante: materiali perfettamente in grado di resistere all'acqua possono risultare inadeguati se incollati con una sostanza idrosolubile.

Intonaci composti da molti strati sottili di calce permettono un lento assorbimento dell'acqua e al contempo una facile evaporazione una volta passata piena.

Si sconsiglia di posare: parquet incollati, moquettes (si sporcano), pavimenti galleggianti (si deformano e ritengono l'acqua) e pavimenti in plastica (si scollano e si gonfiano).

Sono da consigliare le piastrelle.

Il tavolato in legno sopporta bene il passaggio dell'acqua a condizione che si asciughi bene (il tempo di asciugatura è normalmente dell'ordine di 6 mesi).

## PORTE E SERRAMENTI

Normalmente sconsiglia di difendere l'edificio dall'ingresso dell'acqua esclusivamente prevedendo sistemi di barriere a ghigliottina da approntarsi in caso di emergenza davanti a finestre e porte: questo perché si crea una differenza di pressione tra interno ed esterno dovuta alla presenza dell'acqua contro le pareti, che se supera il metro d'altezza può causare gravi danni alla stabilità dell'edificio.

Tuttavia se il livello di massima piena non supera il metro si può pensare a questo sistema come efficace solo se effettivamente stagno, e se esiste la concreta possibilità di sistemare i pannelli in tempo utile prima dell'inondazione.

## IMPIANTI

### Impianto igienico sanitario

Particolare attenzione deve essere posta nella costruzione e nella progettazione dell'impianto igienico sanitario: le pressioni che possono agire a livello di pozzo nero, fognature e canali di scolo, possono derivare non solo dalle azioni dell'acqua intorno all'edificio ma anche da situazioni di sovraccarico che possono verificarsi anche molto lontano dalla struttura in questione.

E' sempre bene prevedere valvole che impediscano all'acqua di uscire dai sanitari per evitare disagi che possono prolungarsi ben oltre la fine dell'emergenza.

La parte di impianto che collega la casa alla rete pubblica può essere parzialmente ostruita o deteriorata, inoltre il materiale trasportato dall'inondazione può intasare le diverse parti del sistema (tubature, canali, filtri, fossa settica...).

Per tale motivo si consiglia di installare una valvola antiriflusso ispezionabile all'uscita delle acque luride per evitare il ritorno di queste all'interno dell'edificio.

38

### **Impianto elettrico**

Nelle zone più basse dell'edificio si consiglia di far correre le tracce e le canaline elettriche il più in alto possibile dando loro una leggera pendenza in modo da favorire l'evacuazione dell'acqua ad inondazione conclusa.

L'impianto elettrico è un passaggio per l'acqua durante l'inondazione ma anche un posto dove questa si ferma e ristagna. La difficoltà di accedere alle scatole di derivazione e ai tubi rende problematica l'asciugatura che invece è essenziale per la rimessa in funzione dell'impianto.

Non si deve tentare di rimettere l'impianto in funzione prima di aver chiamato un tecnico.

Il contatore e i pannelli elettrici vanno posti fuori portata dell'acqua e i tubi dei fili seguiranno un percorso discendente dal soffitto al pavimento per favorire lo scolo delle acque.

Le prese elettriche potranno essere rimontate a una quota compatibile al loro uso il più possibile in alto, massimo 1,2 m.

Attrezzare il sistema elettrico esistente con dispositivi di sicurezza per le persone (Separatori differenziali ad alta sensibilità 30mA). Un impianto elettrico rimesso in funzione troppo presto può causare incendi.

### **Impianti di riscaldamento, condizionamento e trattamento dell'aria**

Solitamente il locale in cui si trovano bruciatori e impianti si trova in cantina o comunque al piano terra. Se non è possibile delocalizzare gli impianti in luogo sicuro, soluzione preferibile, occorre creare barriere stagne per impedire all'acqua di compromettere definitivamente le macchine in questione.

Attenzione a posizionare le valvole per la chiusura del gas in posti accessibili e corredati da istruzioni di facile e immediata comprensione.

Nel caso di bruciatori non collegati alla rete di distribuzione si deve trattare il problema delle bombole e dei contenitori di combustibile che, se interrati, possono essere sollevati a causa delle spinte di galleggiamento, e se esterni possono sganciarsi dalla sede e essere portati via dalla corrente inquinando o travolgendo oggetti interferenti a valle.

Si deve rimettere subito l'impianto di riscaldamento in grado di funzionare, anche per contribuire a asciugare gli ambienti, ma si deve considerare l'insieme che costituisce l'impianto di riscaldamento: i generatori e le riserve individuali che sono da proteggere direttamente dall'acqua, le reti e tubature che possono essere danneggiate e devono essere ispezionate prima di riprendere a funzionare.

Verificare l'ancoraggio delle cisterne suscettibili di essere portate via dall'acqua, spostare definitivamente caldaia e generatori fuori dalla portata dell'acqua.

Per loro natura i radiatori elettrici sono vulnerabili all'acqua, anche perché sono posti in basso, saranno quindi da preferire quelli amovibili rispetto a quelli fissi per poterli porre in salvo prima della piena.

### **Contenitori di idrocarburi**

Taniche e bombole non interrato possono essere portate via dalla piena, possono sfondarsi o essere bucate con conseguente inquinamento, possono essere strappate dai sostegni e diventare oggetti galleggianti pericolosi.

Quindi saranno da verificare gli ancoraggi, ponendo quelle troppo esposte fuori dal pericolo.

### **Taniche e cisterne esterne**

È importante calcolare la resistenza degli agganci e farli verificare, e assicurarsi della stabilità dei sostegni. Taniche e cisterne interne vanno sistemate in locali non inondabili con accesso stagno.

Il pozzetto di accesso non deve lasciar passare l'acqua né essere strappato dalla corrente.

### **ZONA RIFUGIO**

È bene prevedere una zona ai piani alti in cui si possano aspettare i soccorsi in caso di emergenza. Deve essere accessibile sia dall'interno che dall'esterno dell'edificio.

La finestra di questo locale deve avere dimensione sufficiente per l'evacuazione di una persona disabile in carrozzina.



#### 4. VALUTAZIONE DELLE MISURE VOLTE AL PRINCIPIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA

Nel presente capitolo si intende verificare il rispetto del principio di invarianza idraulica per l'intervento in progetto. Quest'ultimo consiste, come precedentemente accennato, nella realizzazione di un nuovo comparto a carattere commerciale sito in Comune di Castelfranco Emilia (MO) tra Via Emilia Ovest e Via Cartiera.

Nelle sottostanti **figure 4.1, 4.2 e 4.3** sono riportate rispettivamente: una ripresa fotografica aerea allo stato di fatto, l'inquadramento catastale del sito ed una planimetria raffigurante gli interventi in progetto.

40



**Fig. 4.1** - Perimetrazione dell'area ubicata a Castelfranco Emilia (MO) che sarà interessata dalla realizzazione di nuove opere.



Fig. 4.2 - Individuazione dell'area su mappa catastale.



Fig. 4.3 - Stato di progetto: nuovo comparto a carattere commerciale previsto.

Si riportano di seguito le scelte metodologiche e progettuali adottate per il rispetto del “**principio di invarianza idraulica**”: in particolare verrà verificato che le trasformazioni previste presso l’area in oggetto non provochino un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall’area stessa.

Nelle trasformazioni urbanistiche che comportano parziali impermeabilizzazioni del territorio, sarà necessario predisporre dei volumi di invaso di compensazione. Tali volumi andranno riempiti prima che si verifichi il deflusso delle aree stesse, garantendo l’effettiva invarianza del picco di piena. Gli invasi andranno poi svuotati entro le 24 ore successive all’evento.

La portata al colmo di piena risultante dal drenaggio di quell’area rimarrà così costante prima e dopo la trasformazione dell’uso del suolo, garantendo il principio di invarianza idraulica.

Dal momento che l’intervento di ricostruzione della struttura demolita avverrà sulla stessa area di sedime e con medesimo ingombro planivolumetrico, i valori allo stato di fatto e progetto risulteranno uguali.



La situazione idraulica dello **STATO DI FATTO** è la seguente:

<b>STATO DI FATTO</b>	Verde	14'405.0 m <sup>2</sup>
	<b>Totale pavimentazione permeabile</b>	<b>14'405.0 m<sup>2</sup></b>
	Strada esistente	595.0 m <sup>2</sup>
	<b>Totale pavimentazione impermeabile</b>	<b>595.0 m<sup>2</sup></b>
	<b><u>SUPERFICIE TOTALE DEL LOTTO</u></b>	<b><u>15'000 m<sup>2</sup></u></b>

43

La situazione idraulica dello **STATO DI PROGETTO** è la seguente:

<b>STATO DI PROGETTO</b>	Verde	3'561 m <sup>2</sup>
	<b>Totale pavimentazione permeabile</b>	<b>3'561 m<sup>2</sup></b>
	Edifici, strade e parcheggi in progetto	11'439.0 m <sup>2</sup>
	<b>Totale pavimentazione impermeabile</b>	<b>11'439.0 m<sup>2</sup></b>
	<b><u>SUPERFICIE TOTALE DEL LOTTO</u></b>	<b><u>15'000 m<sup>2</sup></u></b>

#### 4.1. Computo dei volumi di compensazione per l'invarianza idraulica

Il principio dell'invarianza idraulica sancisce che la portata al colmo di piena risultante dal drenaggio di un'area debba essere costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo in quell'area.

Di fatto, l'unico modo per garantire l'invarianza idraulica delle trasformazioni è quello di prevedere volumi per lo stoccaggio temporaneo dei deflussi e la riduzione dell'infiltrazione che sono un effetto inevitabile di ogni trasformazione del suolo da non-urbano ad urbano.

Il **volume minimo da invasare W** dovuto ad un'urbanizzazione totale di un ettaro di territorio agricolo si ricava applicando la *formula dei "Bacini Romagnoli"*:

$$w = w^{\circ} (\Phi / \Phi^{\circ})^{1/(1-n)} - 15 \cdot I - w^{\circ} \cdot P^*$$

essendo  $w^{\circ} = 50$  mc/ha,

$\Phi$  = coefficiente di deflusso **dopo** la trasformazione,

$\Phi^{\circ}$  = coefficiente di deflusso **prima** della trasformazione,

$n = 0,48$  (esponente delle curve di possibilità climatica di durata inferiore all'ora, stimato nell'ipotesi che le percentuali della pioggia oraria cadute nei 5', 15' e 30' siano rispettivamente il 30%, 60% e 75%, come risulta plausibile da numerosi studi sperimentali citati in letteratura – si veda ad es. Paoletti, 1996),

$I$  = percentuale di terreno impermeabile dopo la trasformazione o percentuale di area che viene trasformata,

**P** = percentuale di terreno permeabile dopo la trasformazione o percentuale di area che rimane invariata.

$$(I + P = 100\%)$$

Il volume così ricavato **w** è espresso in mc/ha e deve essere moltiplicato per l'area totale dell'intervento, a prescindere dalla quota P che viene lasciata inalterata.

Per la stima dei coefficienti di deflusso  $\Phi$  e  $\Phi^\circ$  si fa riferimento alla relazione convenzionale:

$$\Phi^\circ = 0.9 \text{ Imp}^\circ + 0.2 \text{ Per}^\circ$$

$$\Phi = 0.9 \text{ Imp} + 0.2 \text{ Per}$$

dove: **Imp** e **Per** sono rispettivamente le frazioni dell'area totale da ritenersi impermeabile e permeabile, prima della trasformazione (se connotati con l'apice °) o dopo (se non c'è l'apice °).

In linea generale, si dovrà ritenere permeabile ogni superficie non rivestita con pavimentazioni di alcun genere, mentre per pavimentazioni dal carattere semipermeabile si dovrà valutare caso per caso in sede di concessione edilizia anche sulla base delle specifiche tecnologiche dei prodotti impiegati.

E' da notare che anche le aree che non vengono pavimentate con la trasformazione, ma vengono sistemate e regolarizzate, devono essere incluse a computare la quota **I**.

La quota **P** dell'area in trasformazione è costituita solo da quelle parti che non vengono significativamente modificate, mediante regolarizzazione del terreno o altri interventi anche non impermeabilizzanti, dalla trasformazione.

Verranno di seguito analizzate le condizioni dell'area prima dell'intervento e dopo la trasformazione, quindi analizzati i parametri necessari alla procedura di calcolo dei volumi di invarianza idraulica.

Si procede dunque ad applicare la formula dei "Bacini Romagnoli"  $w = w^\circ (\Phi / \Phi^\circ) 1/(1-n) - 15 I - w^\circ P$  ai fini di valutare il volume minimo da invasare a seguito della trasformazione dell'area.

Il **volume minimo di invaso W** per il rispetto dell'invarianza idraulica è stato calcolato/verificato sulla base dei seguenti dati:

- Superficie fondiaria **S = 15'000 mq**;
- Superfici impermeabili esistenti: 595.0 mq  $\rightarrow I^\circ = 3.97 \%$ ;
- Superfici permeabili esistenti: 14'405 mq  $\rightarrow P^\circ = 96.03 \%$ ;
- $I^\circ + P^\circ = 100\%$ ;
- Superfici impermeabili di progetto: 11'439.0 mq  $\rightarrow I = 76.26 \%$ ;
- Superfici permeabili di progetto: 3'561 mq  $\rightarrow P = 23.74 \%$ ;
- $I + P = 100\%$ ;
- Frazioni di area totale impermeabile prima della trasformazione: **Imp<sup>°</sup> = I<sup>°</sup>/S = 0.04**;
- Frazioni di area totale permeabile prima della trasformazione: **Per<sup>°</sup> = P<sup>°</sup>/S = 0.96**;

- $Imp^\circ + Per^\circ = 1$
- Frazioni di area totale impermeabile dopo la trasformazione:  **$Imp = I/S = 0.76$** ;
- Frazioni di area totale permeabile dopo la trasformazione:  **$Per = P/S = 0.24$** ;
- $Imp + Per = 1$
- Esponente della curva di possibilità climatica  **$n = 0.48$** ;
- $w^\circ = 50 \text{ mc/ha}$

**Calcolo del coefficiente di deflusso esistente:**

$$\Phi^\circ = 0.9 Imp^\circ + 0.2 Per^\circ = 0.9 \cdot 0.04 + 0.2 \cdot 0.96 = \mathbf{0.228}.$$

**Calcolo del coefficiente di deflusso di progetto:**

$$\Phi = 0.9 Imp + 0.2 Per = 0.9 \cdot 0.76 + 0.2 \cdot 0.24 = \mathbf{0.732}.$$

**Calcolo del volume minimo di invaso:**

$$w = w^\circ (\Phi / \Phi^\circ)^{1/(1-n)} - 15 I - w^\circ P$$

$$w = 50 (0.732/0.228)^{1.923} - 15 \cdot 0.76 - 50 \cdot 0.24$$

$$w = 471.10 - 11.4 - 12$$

**$w = 447.7 \text{ mc/ha}$  (volume specifico per ettaro di superficie)**

Il volume così ricavato **w** è espresso in **mc/ha** e deve essere moltiplicato per l'area totale dell'intervento (in questo caso **S = 15'000 mq = 1.5 ha**), a prescindere dalla quota P che viene lasciata inalterata, dunque:

$$W = w \cdot \text{Superficie fondiaria (ha)}$$

$$W = 447.7 \text{ mc/ha} \cdot 1.5 \text{ ha}$$

**$W = 671.55 \text{ mc}$  (volume per l'invarianza idraulica)**

**E' stato così ottenuto un volume minimo di invaso pari a 671.55 m<sup>3</sup>.**

Per procedere allo stoccaggio del volume minimo di invaso computato appena sopra, garantendo così il rispetto del principio di invarianza idraulica, i progettisti intendono procedere alla realizzazione di una vasca di laminazione, opportunamente dimensionata, da collocarsi al di sotto dell'area destinata a parcheggio pubblico sita lungo Via Cartiera come mostrato in figura sottostante (**fig. 4.4**).



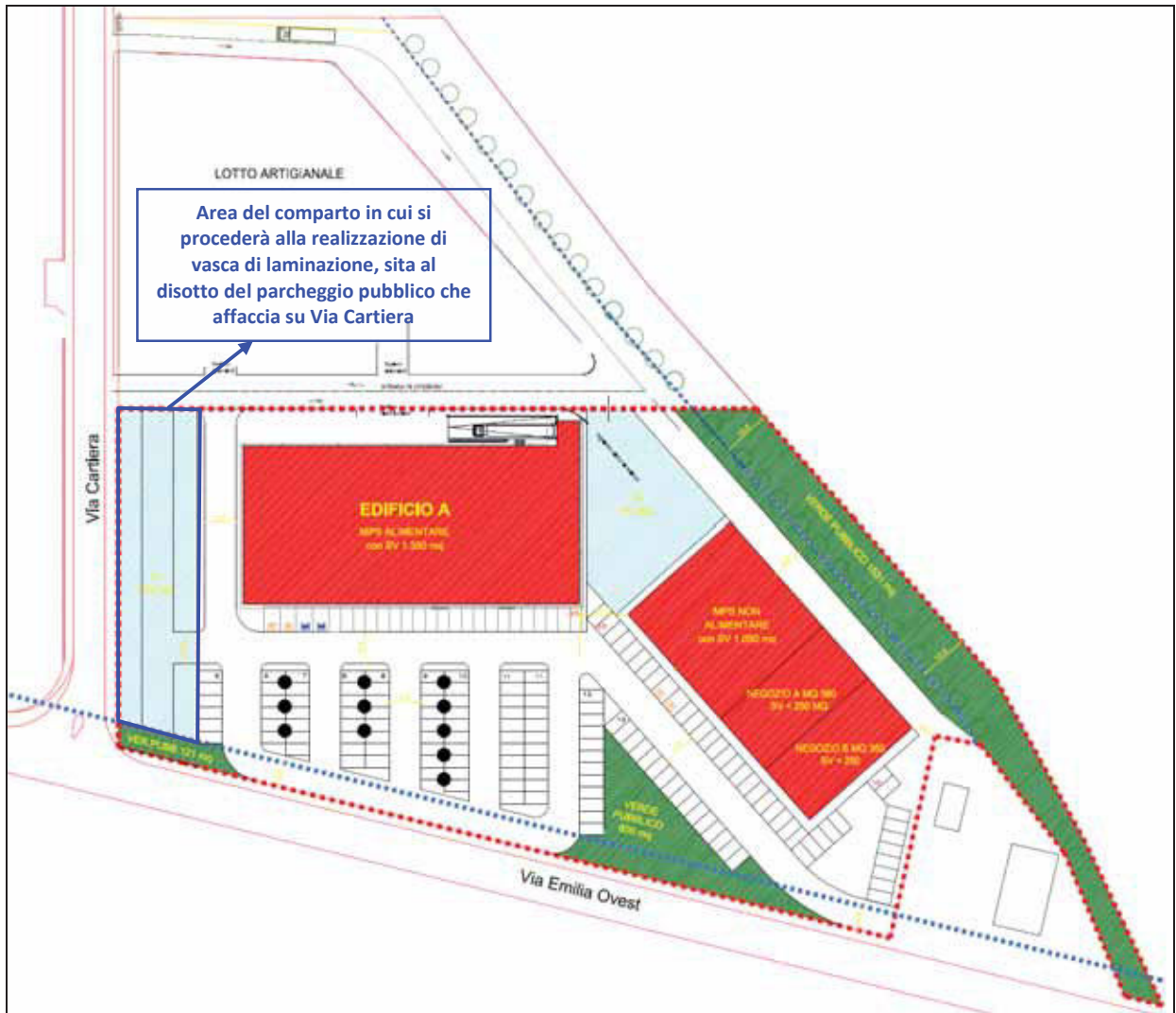


Fig. 4.4 - Individuazione (in blu) dell'area del comparto in cui si intende localizzare opportuna vasca di laminazione .

## 5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Su incarico della proprietà ed in accordo con il Tecnico, nel mese di Giugno 2017 è stato eseguito il presente studio idraulico inerente l'intervento di realizzazione di nuovo comparto a carattere commerciale in Comune di Castelfranco Emilia (MO), tra Via Emilia Ovest e Via Cartiera. (**figure 1.1 e 1.2**).

Scopo del lavoro è stato quello di verificare, da un punto di vista idraulico, la fattibilità dell'intervento in progetto.

La presente relazione è stata eseguita in conformità a quanto prescritto dalla Delibera Regionale GPG/2016/1405 del 01/08/2016 "Prime disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni con particolare riguardo alla pianificazione di emergenza, territoriale ed urbanistica, ai sensi dell'art. 58 dell'Elaborato n. 7 (Norme di Attuazione) e dell'art. 22 dell'Elaborato n. 5 (Norme di Attuazione) del "Progetto di Variante al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) e al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del Delta del fiume Po (PAI Delta)", adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po, con deliberazione n. 5 del 17/12/2015".

Le verifiche effettuate hanno evidenziato come la sezione considerata per il corso irriguo Canale Torbido permetta il deflusso della portata critica centennale.

Tuttavia, dal momento che la portata garantita dalla sezione di tale corso ( $Q_{\text{sez.z}} = 14.11 \text{ m}^3/\text{sec}$ ) risulta molto prossima al valore critico ( $Q_{C(100)} = 13.11 \text{ m}^3/\text{s}$ ), al fine di ridurre la vulnerabilità dell'edificio in esame, si consigliano gli accorgimenti di cui al **Capitolo 3**.

Sulla base delle verifiche effettuate non si riscontrano dunque problematiche particolari dal punto di vista idraulico, ad ogni modo ogni intervento di sopraelevazione del primo piano di calpestio degli edifici sarà comunque migliorativo.

Per quanto riguarda infine, le misure volte al rispetto del **principio dell'invarianza idraulica**, finalizzate a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e a contribuire alla difesa idraulica del territorio, l'intervento in progetto prevede superfici impermeabili superiori a quelle dello stato di fatto.

Il **volume minimo di invaso** per l'invarianza idraulica è risultato, in particolare, pari a **W= 671.55 m<sup>3</sup>**.

Per procedere allo stoccaggio del volume minimo di invaso computato, garantendo così il rispetto del principio di invarianza idraulica, i progettisti intendono procedere alla realizzazione di una vasca di laminazione, opportunamente dimensionata, da collocarsi al di sotto dell'area destinata a parcheggio pubblico sita lungo Via Cartiera.

A disposizione per ulteriori chiarimenti, cogliamo l'occasione di porgere distinti saluti.

Modena, 23 Giugno 2017

GEO GROUP SRL

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari



48



## **GEO GROUP s.r.l.**

Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia  
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

# ***TAVOLE***

# GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche  
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it

Tavola CTR n. 202\_SO Nonantola e n. 220\_NO Castelfranco Emilia



Tav. n. 1 "Carta Corografica"

Scala 1: 25000



Legenda

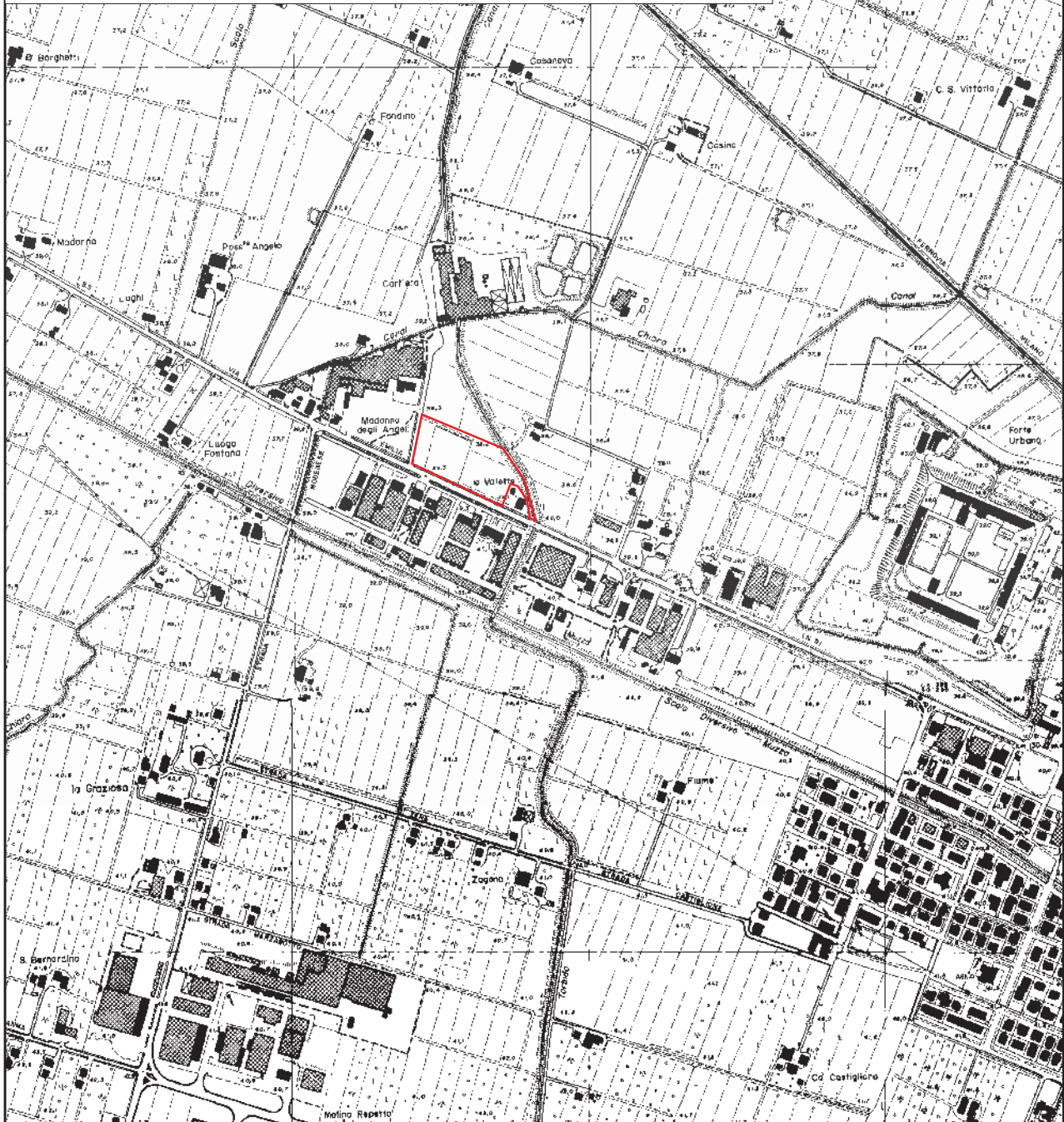


Area di interesse

# GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche  
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019 - E-mail: geo.group@libero.it

Sezione CTR n. 202130 Gaggio e n. 220010 Castelfranco Emilia



Tav. n. 2 "Carta topografica"

Scala 1: 10000



Legenda



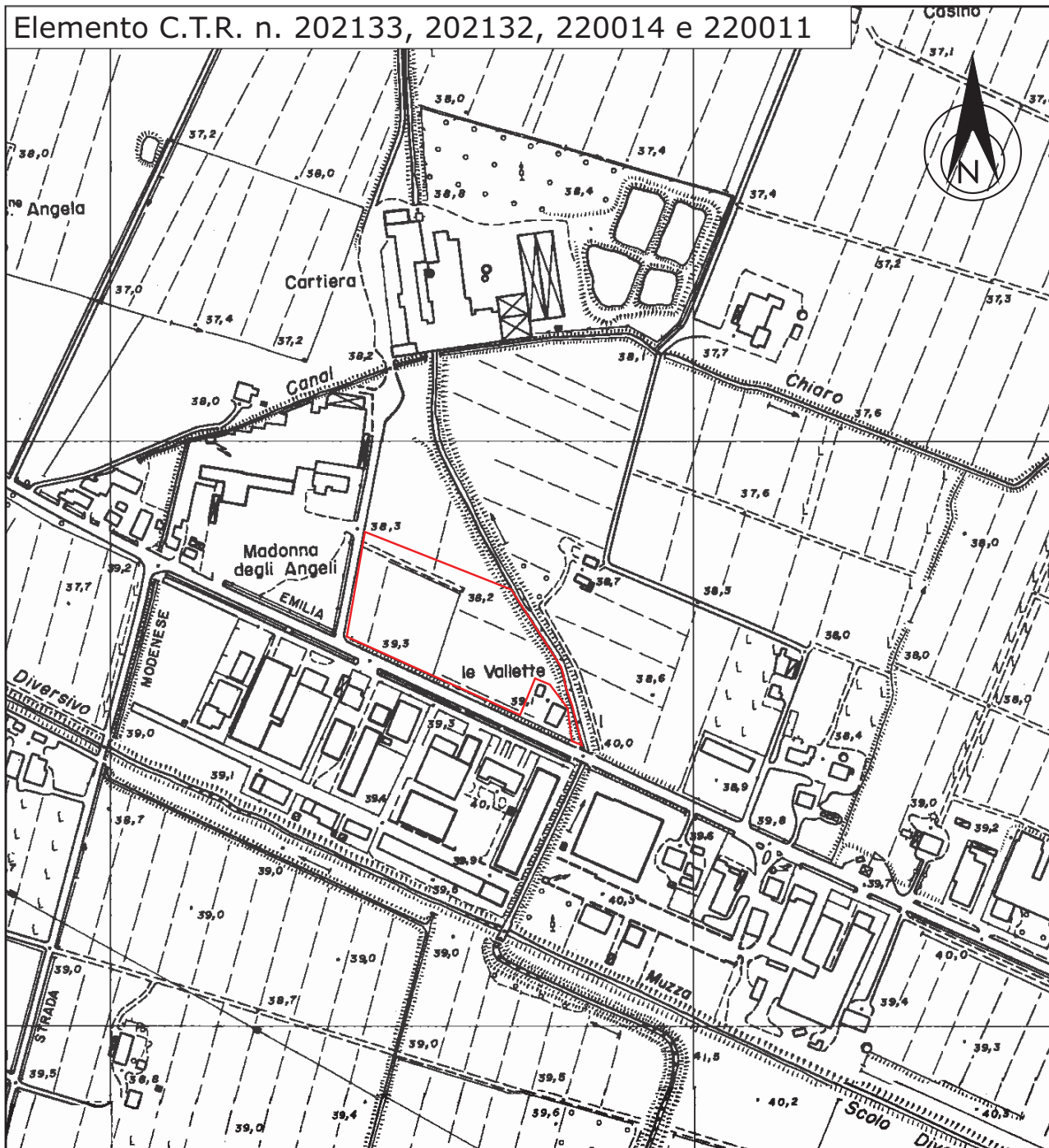
Area di interesse



# GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche  
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it

Elemento C.T.R. n. 202133, 202132, 220014 e 220011



Tav. n. 3 "Carta topografica a grande scala"

Scala 1: 5000

Legenda



Area di interesse



# GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche

182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it



## Tav. n. 4 "Carta litologia della superficie"

Scala 1: 5000

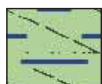


Area di interesse

### Legenda



AES8 - Subsistema di Ravenna



AES8 - Subsistema di Ravenna

Tessitura

Limo Sabbioso

Limo Argilloso



**PROPRIETA'**

COO.PRO.CON. BUILDING Srl  
 ALLEANZA COOP 3.0 S.C.

**TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO**

**PIANO OPERATIVO COMUNALE (P.O.C.)**

**AMBITO 73 AN "PIUMAZZO KIWI"**

**PROPOSTA DI MODIFICA DEL COMPARTO RISPETTO ALL'ASSETTO URBANISTICO DEFINITO  
 DALLA SECONDA VARIANTE DI P.O.C. (DELIBERAZIONE DI CONSIGLIO COMUNALE NR. 94 DEL  
 12/05/2011)**

**OGGETTO DELL'ELABORATO**

**RELAZIONE GEOLOGICA - IDROGEOLOGICA  
 GEOMORFOLOGICA E SISMICA**

**LOCALIZZAZIONE**

STATO	ITALIA
REGIONE	EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA	MODENA
COMUNE	CASTELFRANCO EMILIA
INDIRIZZO	FRAZ. PIUMAZZO – "73AN PIUMAZZO-KIWI"

**CODIFICA GENERALE ELABORATO**

CODICE INTERNO	VERSIONE	DATA	AREA DI PROGETTAZIONE	TIPO DI DOCUMENTO	NUMERAZIONE ELABORATO
<b>2854</b>	<b>2</b>	<b>24/06/2017</b>	<b>A</b>	<b>REL</b>	<b>1</b>

**Il Tecnico**

Dott. Geol. Giorgio Masotti  
 Via di Mezzo, 90  
 41058 Vignola (MO)



**La Committenza**

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO</b> .....	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>CARATTERI GEOLOGICI - IDROGEOLOGICI – GEOMORFOLOGICI DEL TERRITORIO DI CASTELFRANCO EMILIA</b> .....	<b>11</b>
5.1	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO-IDROLOGICO .....	14
5.2	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE LOCALI.....	14
5.3	IDROLOGIA .....	15
<b>6</b>	<b>VINCOLI E ZONIZZAZIONI DI TUTELA SULLA BASE DEL P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA</b> .....	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>SISMICITA'</b> .....	<b>26</b>
7.1	SISMICITA' STORICA .....	26
7.2	ZONIZZAZIONE SISMICA NAZIONALE E REGIONALE .....	27
<b>8</b>	<b>MICROZONAZIONE SISMICA</b> .....	<b>30</b>
<b>9</b>	<b>INDAGINI IN SITO</b> .....	<b>34</b>
<b>10</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE DI TIPO PENETROMETRICO AD INFISSIONE DINAMICA</b> .....	<b>35</b>
<b>11</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE DEL TIPO A CAROTAGGIO CONTINUO</b> .....	<b>38</b>
<b>12</b>	<b>INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO</b> .....	<b>39</b>
12.1	INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO A RIFRAZIONE.....	39
12.2	INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO MASW.....	39
12.3	INDAGINI GEOFISICHE HVSR .....	40
<b>13</b>	<b>AZIONE SISMICA DA N.T.C. 2008</b> .....	<b>43</b>
13.1	AREA A DESTINAZIONE COMMERCIALE.....	45
13.2	AREA A DESTINAZIONE RESIDENZIALE .....	48
<b>14</b>	<b>MODELLO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA</b> .....	<b>51</b>
<b>15</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>52</b>

## INDICE DEGLI ALLEGATI

FIGURA 1:	ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. N. 220-NO "CASTELFRANCO EMILIA" - SCALA 1:25.000.....	6
FIGURA 2:	ESTRATTO DI CARTA TECNICA REGIONALE N. 220050 "SPILAMBERTO" - SCALA 1:10.000 .....	7
FIGURA 3:	ESTRATTO DI CARTA TECNICA REGIONALE N. 220051 "PIUMAZZO" - SCALA 1:5.000 .....	8
FIGURA 4:	IMMAGINE SATELLITARE DELL'AREA OGGETTO DELL'INTERVENTO (1:5.000).....	9
FIGURA 5:	PREVISIONI DEL PUA (SCALA 1:2.000) .....	10
FIGURA 6:	CONOIDE FIUME PANARO .....	11
FIGURA 7:	CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE.....	12
FIGURA 8:	ESTRATTO DI CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE E ISOBATE DEL TETTO DEL PRIMO LIVELLO GHIAIOSO (PROVINCIA DI MODENA, 1988) .....	12
FIGURA 9:	ESTRATTO DI CARTA GEOLOGICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA .....	13
FIGURA 10:	ANDAMENTO DELLA PIEZOMETRIA (M.S.L.M.) - MEDIA ANNO 2012.....	14
FIGURA 11:	ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 1.1 – TUTELA DELLE RISORSE PAESISTICHE E STORICO-CULTURALI .....	17
FIGURA 12:	ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 1.2 – TUTELA DELLE RISORSE NATURALI, FORESTALI E DELLA BIODIVERSITÀ DEL TERRITORIO.....	18
FIGURA 13:	ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 2.2 – RISCHIO SISMICO: CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI .....	19
FIGURA 14:	ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 2.3 – RISCHIO IDRAULICO: CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DELLA CRITICITA' IDRAULICA .....	20



FIGURA 15: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.1 – RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: VULNERABILITA' ALL'INQUINAMENTO DELL'ACQUIFERO PRINCIPALE.....	21
FIGURA 16: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.2 – RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: ZONE DI PROTEZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE DESTINATE AL CONSUMO UMANO – SCALA 1:25.000 ..	22
FIGURA 17: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.3 – RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: ZONE VULNERABILI DA NITRATI DI ORIGINE AGRICOLA E ASSIMILATE.....	23
FIGURA 18: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 6 – CARTA FORESTALE ATTIVITA' ESTRATTIVE – SCALA 1:25.000 .....	24
FIGURA 19: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 7 – CARTA DELLE UNITA' DI PAESAGGIO .....	25
FIGURA 20: DIAGRAMMA RAPPRESENTANTE LA STORIA SISMICA DEL COMUNE DI CASTELFRANCO EMILIA .....	27
FIGURA 21: ZONIZZAZIONE SISMOGENETICA ZS9 .....	27
FIGURA 22: CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA ESPRESSA IN ACCELERAZIONE ORIZZONTALE DI PICCO PGA CON TEMPO DI RITORNO 475 ANNI .....	28
FIGURA 23: MAPPA DELLA RICLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA – ORDINANZA DEL PCM N. 3247/2003.....	29
FIGURA 24: MAPPA DELLE MASSIME INTENSITA' MACROSISMICHE OSSERVATE NEI COMUNI ITALIANI - PARTICOLARE DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA.....	30
FIGURA 25: ESTRATTO CARTA GEOLOGICO-TECNICA - AMBITO A_5 PIUMAZZO.....	30
FIGURA 26: ESTRATTO CARTA DELLE MICROZONE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS) - AMBITO A_5 PIUMAZZO.....	31
FIGURA 27: ESTRATTO CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA LIVELLO 2 - F <sub>PGA</sub> - AMBITO A_5 PIUMAZZO .....	31
FIGURA 28: ESTRATTO CARTA DELL'INTENSITA' DI HOUSNER FA <sub>IS0.1-0.5S</sub> - AMBITO A_5 PIUMAZZO .....	31
FIGURA 29: ESTRATTO CARTA DELL'INTENSITA' DI HOUSNER FA <sub>IS0.5-1.0S</sub> - AMBITO A_5 PIUMAZZO .....	32
FIGURA 30: INDIVIDUAZIONE SETTORE "MARGINE".....	33
FIGURA 31: TABELLA "MARGINE" TIPO A SECONDO LA DELIBERA 2193/2015.....	33
FIGURA 32: UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE IN SITO (SCALA 1:2.000).....	34
FIGURA 33: ISOBATE DEL TETTO DELLE GHIAIE (SCALA 1:2.000).....	37
FIGURA 34: SEZIONE INTERPRETATIVA .....	39
FIGURA 35: TABELLA DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO E CARATTERISTICHE DEGLI STRATI IN PROFONDITA'.....	39
FIGURA 36: ANDAMENTO DELLE ONDA DI TAGLIO IN PROFONDITA' .....	39
FIGURA 37: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA INDAGINI HVSR .....	40
FIGURA 38: UBICAZIONE INDAGINI HVSR .....	41
FIGURA 39: HORIZONTAL TO VERTICAL RATIO.....	43
FIGURA 40: TABELLA VITA NOMINALE DELL'OPERA (DA N.T.C. 2008) .....	43
FIGURA 41: TABELLA CLASSI D'USO DELLE COSTRUZIONE (DA N.T.C. 2008) .....	43
FIGURA 42: TABELLA COEFFICIENTI D'USO (DA N.T.C. 2008) .....	43
FIGURA 43: SPETTRI DI RISPOSTA COMPONENTE ORIZZONTALE (Tr 712 ANNI).....	47
FIGURA 44: SPETTRI DI RISPOSTA COMPONENTE ORIZZONTALE (Tr 475 ANNI).....	50
FIGURA 45: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE .....	120
FIGURA 46: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,50 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO.....	120
FIGURA 47: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO.....	121
FIGURA 48: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE.....	121
FIGURA 49: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO.....	122
FIGURA 50: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 0,50 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO.....	122
FIGURA 51: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE .....	125
FIGURA 52: ANDAMENTO DELL'ANALISI SPETTRALE.....	125
FIGURA 53: TABELLA RIPORTANTE I VALORI DELLA CURVA DI DISPERSIONE .....	126
FIGURA 54: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE .....	126
FIGURA 55: ANDAMENTO DELLA CURVA OTTENUTA CON IL PROCESSO DI INVERSIONE .....	126
FIGURA 56: ANDAMENTO IN PROFONDITA' DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO .....	127
FIGURA 57: ANDAMENTO DELLA FUNZIONE DI TRASFERIMENTO .....	128
FIGURA 58: ANDAMENTO DEL FATTORE DI DISADATTAMENTO .....	128
FIGURA 59: TABELLA DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO E CARATTERISTICHE DEGLI STRATI IN PROFONDITA'.....	128

---

## 1 PREMESSA

---

Per incarico ricevuto dagli studi tecnici delegati per la progettazione ed in accordo con la Committenza, il sottoscritto **Dott. Giorgio Masotti**, Geologo libero professionista, regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna con il numero 588-Sez.A, in qualità di consulente tecnico della ditta Geo-Xpert Italia snc, con sede in Vignola (MO) – Via di Mezzo, 90, ha provveduto alla stesura della presente relazione geologica-geognostica finalizzata alla proposta di modifica dell'Ambito 73 AN "Piumazzo-Kiwi" rispetto all'assetto urbanistico definito dalla seconda variante di P.O.C. del Comune di Castelfranco Emilia sito ubicato in **via delle Grazie** presso la **frazione di Piumazzo**.

Allo scopo sono stati condotti in sito i seguenti approfondimenti:

- rilievo sismico a rifrazione con tecnica MASW;
- rilievo sismico passivo (HVSR);
- indagini geognostiche di tipo penetrometrico ad infissione dinamica;
- indagini geognostiche del tipo a carotaggio continuo con inserimento di piezometro;
- indagini SPT in foro;
- rilievo del livello di falda all'interno del foro di sondaggio;

---

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

---

La presente relazione è stata redatta con riferimento ai seguenti strumenti normativi:

Normativa Nazionale

- R.D. 30 Dicembre 1923 n. 3267

Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani

- R.D. 16 maggio 1926 n. 1126

Regolamento per l'applicazione de R.D. 30 dicembre 1923, n. 3267

- Legge 25.11.1962

Provvedimenti per l'edilizia, con particolari prescrizioni per le zone sismiche (pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 22.12.1962, n. 326 – Supplemento Ordinario n. 1);

- Legge 02.02.1974, n. 64

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche (G.U. 21.03.1974, n. 76);

- Decreto Legge 27.06.1985, n. 312

Disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale (G.U. 29.06.1985, n. 152);

- Legge 08.08.1985, n. 431

Conversione in legge con modificazioni del D.L. 27.06.1985, n. 312, concernente disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale (G.U. 08.08.1985, n. 431);

- Decreto Ministeriale 11.03.1988

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione (G.U. 01.06.1988, n. 127);

- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici del 24.09.1988, n.30483

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione (G.U. 01.06.1988, n. 127);

- Decreto Ministero LL.PP. del 14.02.1992

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche (G.U. 18.03.1992, n. 65);

- D.M. 09.01.1996

Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche (G.U. 05.02.1996, n. 29);

- Circolare Ministero LL. PP. del 09.01.1996, n. 218

Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica (G.U. 29.01.1996, n. 50)

- D.M. 16.01.1996

Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi;

- Decreto Ministero LL.PP. 16.01.1996

Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche (G.U. 05.02.1996, n.29 – S.O. n. 19);

- Circolare Ministero LL.PP. 15.10.1996, n. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 09.01.1996;

- Circolare Ministero LL. PP. del 10.04.1997, n. 65/AA.GG – prot. n. 0

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16.01.1996 (G.U. 28.04.1997, n.97);

- Eurocodice7 del 30.04.1997

Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;

- Eurocodice8 del 28.02.1998

Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;

- Decreto del Presidente della Repubblica del 06.06.2001, n. 380

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia (Testo A) (G.U. 20.10.2001 n. 245 – S.O. n. 239);

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20.03.2003, n. 3274

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (G.U. 08.05.2003, n. 105 – S.O. n. 72);

- Ordinanza P.C.M. del 02.10.2003, n. 3316

Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274 (G.U. 10.10.2003, n. 236);

- Decreto P.C.M. 21.10.2003, n. 3316

Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell'Ordinanza P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274 (G.U. 29.10.2003, n. 252);

- Ordinanza del P.C.M. del 03.05.2005, n. 3431

Ulteriori modifiche ed integrazioni all'Ordinanza P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274 (G.U. 10.05.2005, n. 107);

- Decreto Ministeriale del 14.09.2005

Norme tecniche per le costruzioni (G.U. 23.09.2005, n. 222 – S.O. n. 159);

- Ordinanza del P.C.M. del 28.04.2006, n. 3519

Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone;

- Decreto Ministeriale del 14.01.2008

Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni (G.U. 04.02.2008, n. 29 – S.O. n. 30);

### **Normativa Regionale**

- Legge Regionale Emilia-Romagna del 24.03.2000, n. 20

Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio;

- Delibera della Giunta Regionale Emilia-Romagna del 24.10.2005 n. 1677

Prime indicazioni applicative in merito al D.M. 14.09.2005 recante "Norme tecniche per le costruzioni";

- Delibera Assemblea legislativa Regione Emilia-Romagna del 02.05.2007 progr. n. 112 – oggetto n. 3121

Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L. R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica";

- Delibera di Giunta Regionale del 21.12.2015 n. 2193

Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della LR 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"

#### **Normativa Provinciale**

- Deliberazione di Consiglio Provinciale della Provincia di Modena n. 46 del 18/03/09

Approvazione del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Modena in vigore dal 08.04.2009

### **3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

La zona oggetto d'intervento si colloca nell'ambito del territorio comunale di **Castelfranco Emilia (MO)** nella **frazione di Piumazzo** in **via delle Grazie**.

Geograficamente, l'area in esame risulta compresa all'interno della seguente documentazione cartografica:

Cartografia Regionale

- Carta topografica R.E.R. n. 220-NO denominata "CASTELFRANCO EMILIA" (scala 1:25.000)
- Sezione R.E.R. n. 220050 denominata "SPILAMBERTO" (scala 1:10.000)
- Elemento R.E.R. n. 220051 denominata "PIUMAZZO" (scala 1:5.000)

**Figura 1: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. N. 220-NO "CASTELFRANCO EMILIA" - SCALA 1:25.000**

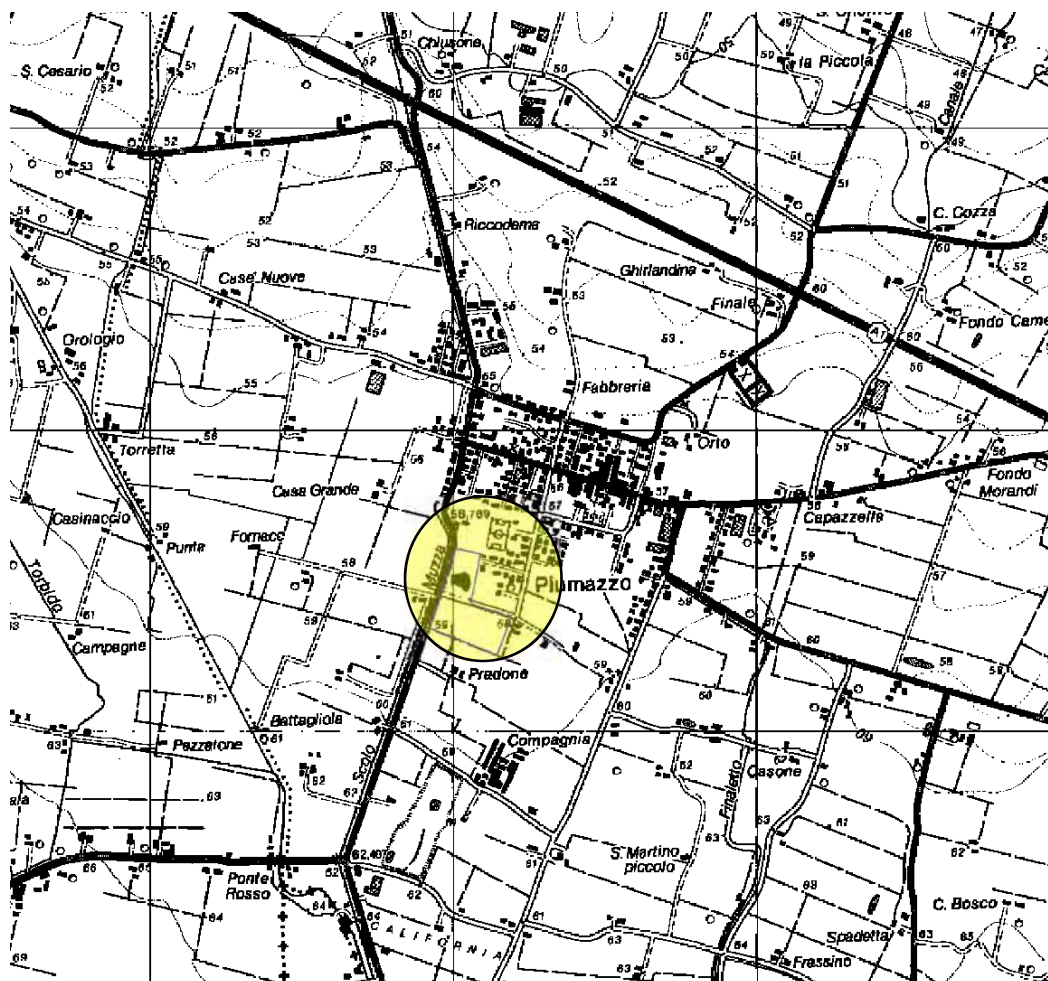




Figura 2: ESTRATTO DI CARTA TECNICA REGIONALE N. 220050 "SPILAMBERTO" - SCALA 1:10.000

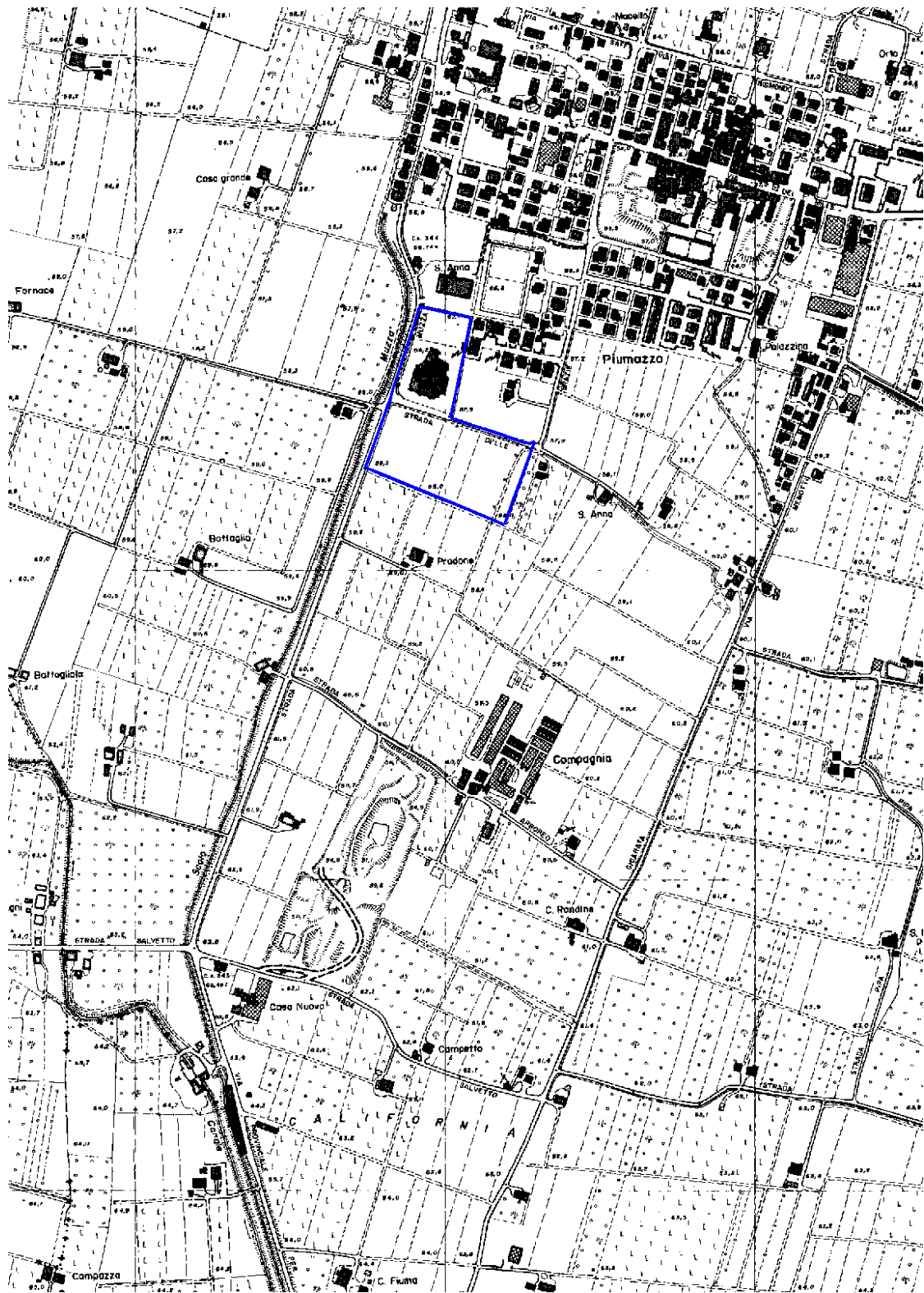


Figura 3: ESTRATTO DI CARTA TECNICA REGIONALE N. 220051 "PIUMAZZO" - SCALA 1:5.000

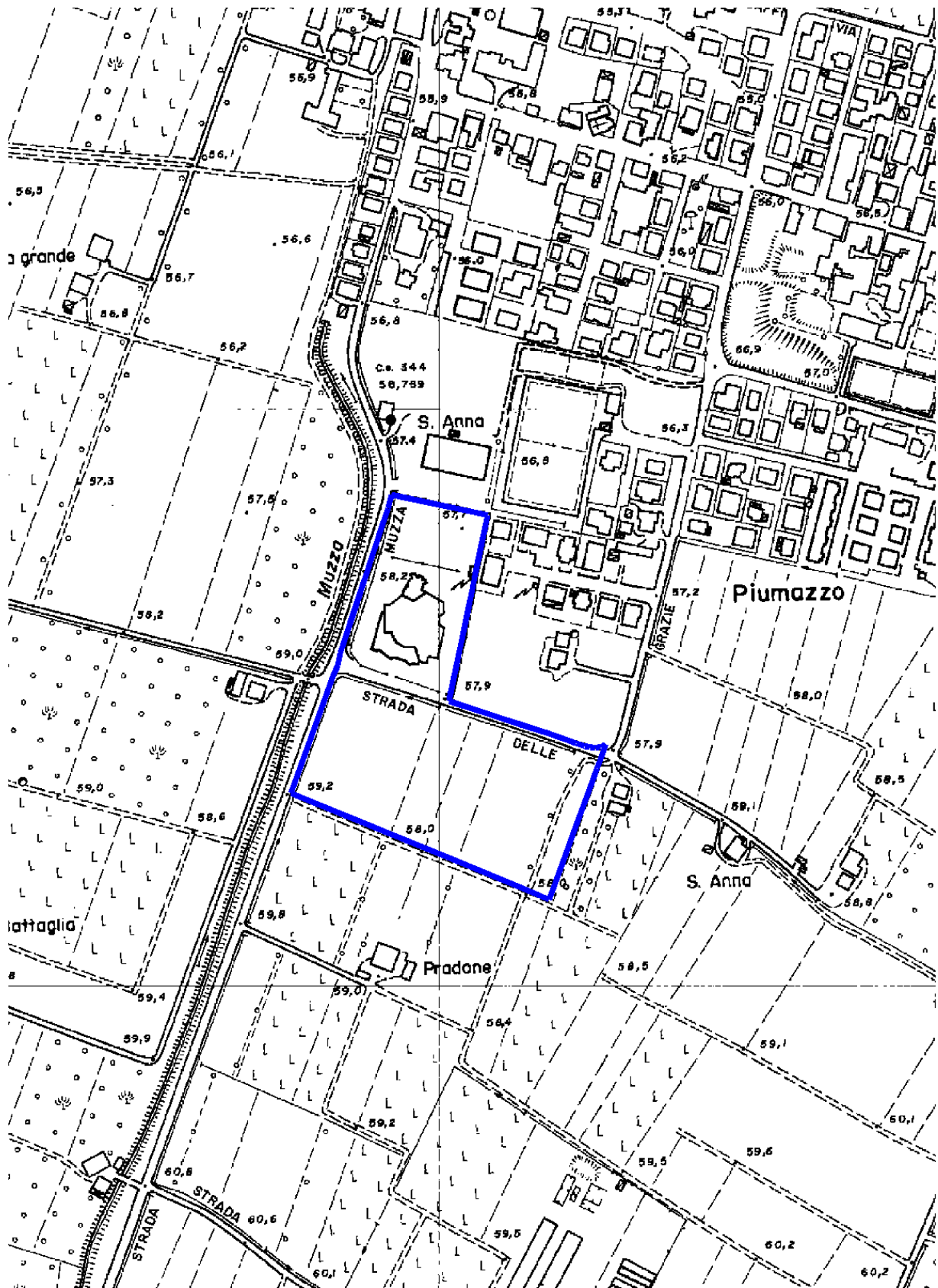




Figura 4: IMMAGINE SATELLITARE DELL'AREA OGGETTO DELL'INTERVENTO (1:5.000)



## 4 CARATTERISTICHE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO

Il piano urbanistico in esame interessa l'ambito 73 AN denominato "Piumazzo - Kiwi" che consiste nella trasformazione urbanistica dell'area con una zona centro meridionale a destinazione d'uso commerciale mentre per l'area Nord ed Est è stata identificata una destinazione residenziale. Sono inoltre previste le previste la realizzazione della viabilità di accesso, installazione dei sottoservizi consistenti nelle reti tecnologiche acqua, gas, scarico, fognatura e telefonia, come riportato nell'estratto del progetto.

**Figura 5: PREVISIONI DEL PUA (SCALA 1:2.000)**





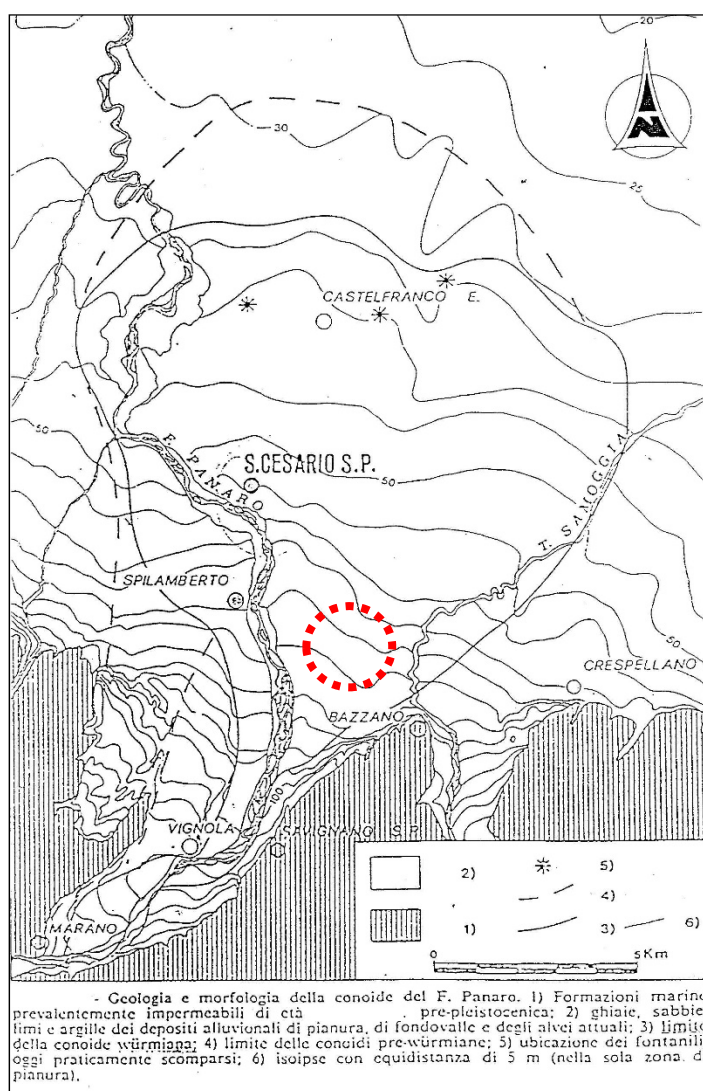
## 5 CARATTERI GEOLOGICI - IDROGEOLOGICI - GEOMORFOLOGICI DEL TERRITORIO DI CASTELFRANCO EMILIA

L'area in esame è ubicata, dal punto di vista geografico, nell'alta pianura modenese all'interno della conoide del fiume Panaro, come rappresentato di seguito che si presenta morfologicamente di forma sub-triagonolare con l'apice che si raccorda con il solco vallivo alla quota di 130-150 m (Vignola - Marano). Tale conoide risulta quasi tutta spostata sulla destra idrografica dell'attuale corso del fiume e si chiude poi rapidamente a Nord di Castelfranco Emilia (30 m s.l.m.).

Ad Est il limite della conoide è segnato dall'attuale corso del torrente Samoggia che scorre attualmente al margine della propria conoide per poi deviare, a Nord di Bazzano, verso Est e proseguire, successivamente, fino a confluire con il Torrente Lavino mentre il fiume Panaro attualmente incide la conoide nel suo lato più occidentale.

In realtà la conoide è il risultato della sovrapposizione di più corpi sedimentari alluvionali di diversa età, con i più recenti (Olocenici) che ricoprono per la quasi totalità i sottostanti (età fino Pleistocene medio e superiore).

**Figura 6: CONOIDE FIUME PANARO**



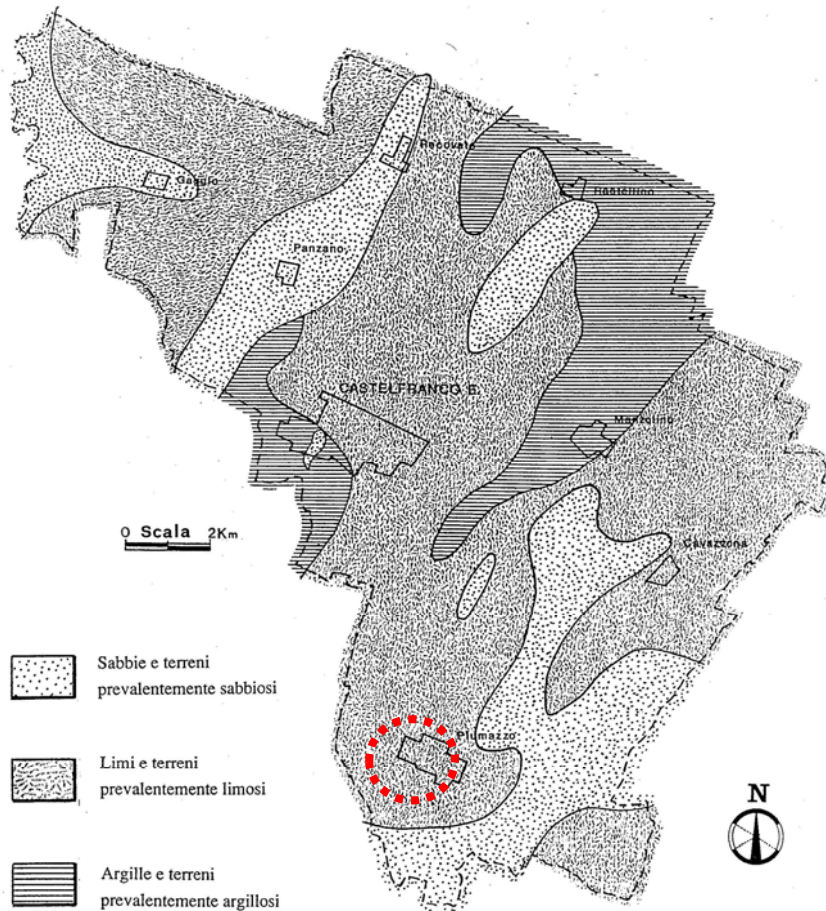
Lungo la superficie dell'area in esame, che risulta pianeggiante ed assume una pendenza compresa tra il 3 e il 4 %, affiorano sedimenti alluvionali di età Olocenica composti, dal punto di vista granulometrico, da miscele di limi sabbiosi ed argille.

Lo spessore di questo strato superficiale posto a copertura del substrato ghiaioso, in corrispondenza della località in esame, risulta variabile da - 1.00 a - 3.00 metri; infatti a partire da tale profondità sono presenti ghiaie costituite da clasti prevalentemente calcareo - marnosi eterometrici, immersi in una matrice limo-sabbiosa.

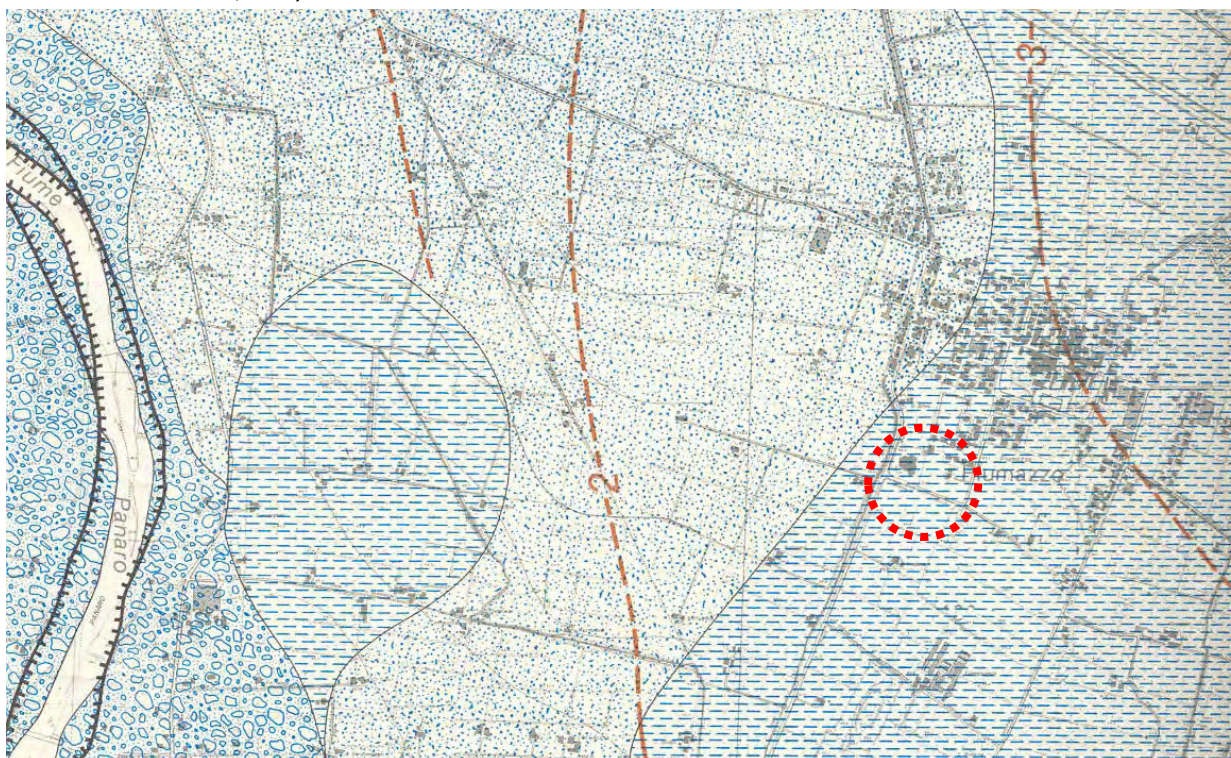


Per quanto concerne la litologia superficiale i terreni affioranti superficialmente che sono in prevalenza rappresentati da depositi limosi. Le ghiaie sono generalmente presenti a poca profondità in quasi tutta l'area esaminata.

**Figura 7: CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE**



**Figura 8: ESTRATTO DI CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE E ISOBATE DEL TETTO DEL PRIMO LIVELLO GHIAIOSO (PROVINCIA DI MODENA, 1988)**





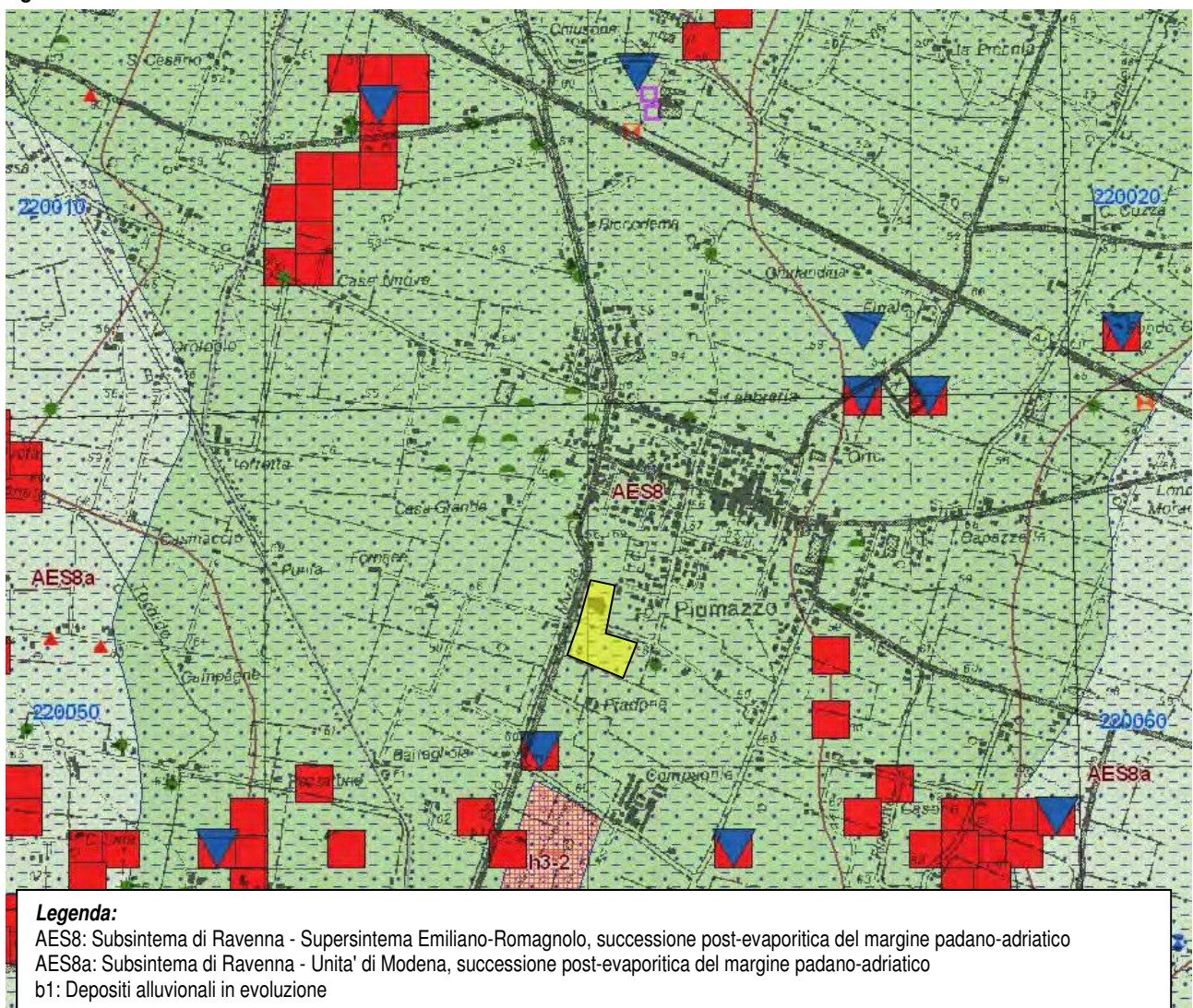
I terreni ghiaiosi presenti fino alla profondità di oltre 50 m dal piano di campagna sono costituiti da ciottoli poligenici di varie forme e dimensioni, con diametri massimi di circa 20 cm, immersi in una matrice sabbiosa generalmente grossolana ma con anche una componente limo - argillosa.

La morfologia benché impercettibile può essere analizzata nelle forme tipiche della piana alluvionale, anche se spesso largamente obliterate dalla modellazione antropica.

Queste si riassumono principalmente nella morfologia d'alveo fluviale, nella presenza di microdepressioni dovute all'abbandono di canale e più a nord, nella distribuzione dei meandri abbandonati. Inoltre vanno citate le modellazioni antropiche dei corsi d'acqua come le aree golenali tra l'alveo e le arginature e le modificazioni artificiali del tracciato fluviale come avviene in corrispondenza del drizzano di Ponte S. Ambrogio pochi km a ovest del sito di oggetto di studio.

Le aree più rialzate della zona al di fuori delle arginature fluviali sono caratteri tipici del territorio e definiti "paleodossi"; questi traggono origine dalla dinamica deposizionale fluviale del passato e la loro importanza è ritenuta fondamentale per la protezione naturale che offrono all'estensione delle lame di esondazione del Fiume conseguenti alla rotta degli argini, nel caso di cedimento di tratti degli stessi. L'area indagata mostra altezze medie riferite al livello del mare che eccedono di uno-due metri quelle relative a zone adiacenti. In linea di massima può essere riscontrata l'assenza di fenomeni di pericolosità geologico-ambientale di rilevanza.

**Figura 9: ESTRATTO DI CARTA GEOLOGICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA**



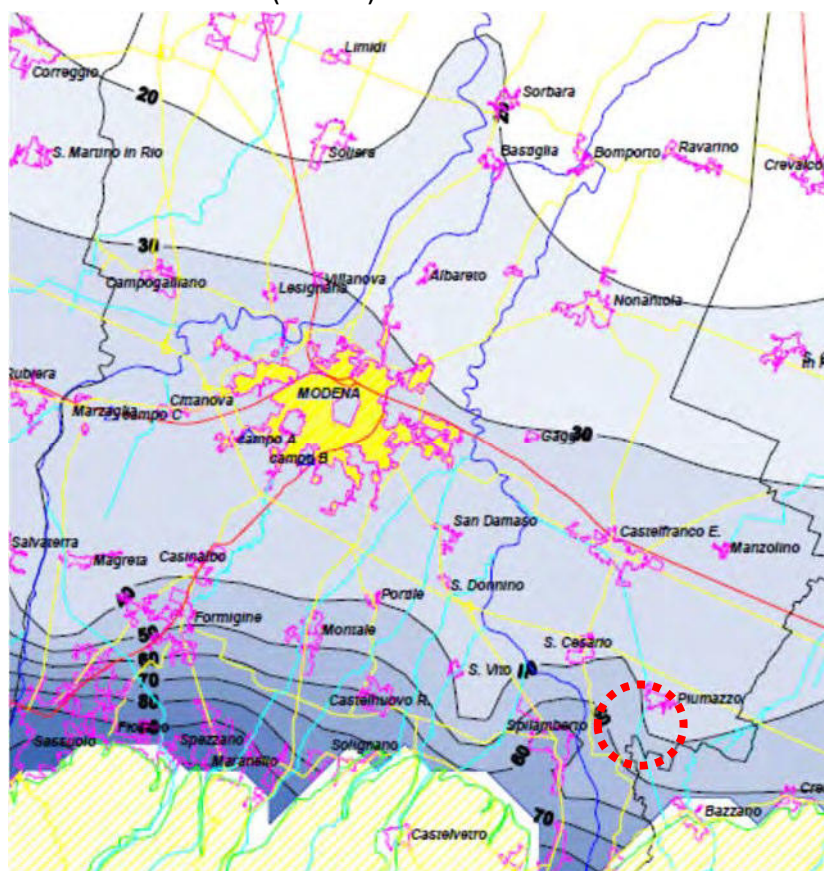


## 5.1 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO-IDROLOGICO

A grande scala le caratteristiche idrogeologiche dell'area sono state evidenziate soprattutto grazie alle recenti ed estese indagini condotte da Regione Emilia-Romagna (1999) in collaborazione con AGIP, sulla base delle quali è possibile schematizzare un modello idrostratigrafico del sottosuolo del bacino padano, costituito da tre maggiori gruppi acquiferi (Gruppo acquifero "A", Gruppo acquifero "B" e Gruppo acquifero "C"), coincidenti con i depositi grossolani afferenti alle più recenti sequenze deposizionali a prevalente carattere continentale del Quaternario, le quali risultano poggianti in discordanza (ed in profondità nell'asse della pianura) sulle sequenze più antiche del Pliocene superiore. I gruppi acquiferi sono sede di importanti falde idriche che risultano interconnesse e di tipo freatico nella fascia delle conoidi appenniniche, mentre divengono in pressione (confinata) e relativamente compartimentalizzate spostandosi dal margine pedecollinare verso l'asse della pianura. In quest'ultimo ambito i tre gruppi sono suddivisi da barriere di permeabilità, ad estensione regionale. Il gruppo acquifero "A" rappresenta l'unità idrostratigrafica più prossima alla superficie. Esso risulta sub-affiorante nei settori meridionali del territorio comunale di Castelfranco (zona di Piumazzo, confine comunale di Bazzano), immergendosi verso sud al di sotto di depositi fini limoso-argillosi. Nell'area della zona indagata il tetto delle ghiaie si trova a profondità variabili da 1.2 a 2.7 m dal piano campagna, come è stato possibile riscontrare dai risultati delle indagini geognostiche eseguite. I depositi ad elevata trasmissività che lo costituiscono sono, in questa zona, direttamente connessi alla deposizione di ghiaie e sabbie da parte della conoide del Fiume Panaro la quale si interdigita con quella del T. Samoggia più ad est, come è stato illustrato nella sezione precedente. Lo spessore di questi depositi è variabile da 20-40 mt nelle zone più prossime alla fascia pedecollinare sino ad oltre 70-80 m a nord del capoluogo.

Il livello statico si attesta, nella zona studiata, a circa 37-40 mt. s.l.m. con una soggiacenza che risulta superiore a 18 m dal piano campagna, che esclude la possibilità di una interferenza diretta con gli edifici in progetto.

**Figura 10: ANDAMENTO DELLA PIEZOMETRIA (M.S.L.M.) - MEDIA ANNO 2012**



## 5.2 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE LOCALI

Oltre ai complessi idrogeologici regionali, possono essere menzionati gli acquiferi minori che in questo settore della pianura possono coincidere con falde sospese, vale a dire depositi relativamente permeabili quali locali lenti di sabbia in connessione con aree di



ricarica ma isolate da barriere di permeabilità sia nella direzione orizzontale sia in quella verticale. Oltre a queste, è importante ai fini della caratterizzazione idrogeologica dell'intervento, menzionare le manifestazioni idriche più o meno connesse al complesso idrogeologico superficiale del gruppo "A", il quale come prima evidenziato passa da condizioni freatiche a condizioni in pressione proprio attraverso il territorio comunale di Castelfranco. Le condizioni piezometriche consentono all'acqua di dare luogo a condizioni di flusso lungo le vene limo-sabbiose intercalate nel materasso alluvionale di superficie, creando vie preferenziali per l'acqua che in determinate condizioni di portata e gradiente idraulico può emergere in superficie incontrando barriere di permeabilità; questo fenomeno è assai diffuso nelle adiacenze del capoluogo di Castelfranco e noto con la peculiarità dei fontanili i quali si raggruppano laddove è possibile una connessione idraulica di queste vene idriche con la superficie. Infatti, il livello della falda nella zona si osserva a profondità medie di circa -15 mt. dal piano campagna dimostrando come l'immediato sottosuolo presenti una attiva circolazione idrica differenziata dall'acquifero principale, che può spiegarsi nella presenza di vene idriche, anche in leggera pressione, ospitate negli strati a maggior porosità e permeabilità limo-sabbiosi o sabbiosi, per la maggior parte non più spessi di alcune decine di cm, che si intercalano nelle argille e argille limose che ricoprono l'acquifero principale.

### 5.3 IDROLOGIA

L'idrografia dell'area è piuttosto complessa definendo oltre al Fiume Panaro, il cui alveo scorre ad ovest dell'area oggetto d'intervento, e la presenza di fossi minori, più o meno interconnessi, i cui percorsi sono il prodotto di modificazioni sia artificiali che naturali, a diversa funzionalità, utilizzati a scopo o puramente irriguo, o esclusivamente di scolo, o ad uso promiscuo.

Senza entrare nel dettaglio di una analisi esaustiva del sistema scolante della zona, ai fini della caratterizzazione dell'area si menziona unicamente la presenza del Canal Torbido il cui tracciato segna grosso modo il confine ovest dell'area "A". Quest'ultimo rappresenta un canale irriguo, le cui acque sono derivate dal fiume Panaro nelle adiacenze di Savignano, più precisamente in località Doccia, diversi km a sud dell'area studiata. Di origine quindi artificiale (probabilmente scavato anteriormente al XII secolo), ha un bacino di scolo arealmente piuttosto limitato, stimabile in circa 7,5 Km<sup>2</sup>, che sottende una stretta fascia allungata da Savignano fino a San Cesario. A valle di questo abitato il canale ha un corso invece pensile. Si ritiene poco probabile una eccessiva pericolosità dal punto di vista strettamente idraulico anche dal momento che nelle immediate adiacenze del sito il canale mostra arginature almeno in apparenza abbastanza efficaci, e la portata al colmo di piena risente di un tempo di corrivazione piuttosto elevato dovuto alle caratteristiche altimetriche del bacino di scolo.

Il Fiume Panaro, l'asta idrograficamente più importante nella zona, costituisce anche l'elemento di maggiore criticità sia per il territorio comunale di Modena sia per quello di Castelfranco Emilia. A sud del territorio comunale il suo alveo presenta caratteristiche di canale tipo braided con una larghezza piuttosto ampia e tipiche canalizzazioni intrecciate da barre longitudinali. In concomitanza con la brusca diminuzione del gradiente topografico presente poco a sud di Castelfranco l'alveo si restringe notevolmente assumendo la configurazione di canale meandrizato e pensile, con imponenti arginature realizzate per impedirne la divagazione. La piana in questo settore è caratterizzata dalle strutture morfologiche rialzate, che coincidono sia con le aree golenali e le arginature del fiume, sia con i paleodossi originati dalla dinamica fluviale medio-olocenica. In quest'ottica, attraverso l'analisi della distribuzione altimetrica di dette zone è possibile determinare con sufficiente approssimazione le aree che risultano a rischio di esondazione in coincidenza con episodi di rotta fluviale, determinati da eventi di piena eccezionale. Queste aree sono state individuate grazie a studi effettuati a cura dell'Ing. A. Pagotto finalizzati all'istruzione del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale ed a quella del Piano Strutturale Comunale del Comune di Castelfranco Emilia (MO). Da questi studi è stata estrapolata la carta del rischio idraulico la quale mostra che l'area indagata si trova al di fuori della zona di probabile inondazione a seguito di evento di piena con un tempo di ritorno pari a 200 anni. Ciò appare dovuto alla presenza dei sopraccitati paleodossi ed alle caratteristiche topografiche del sito. Infatti, le quote medie dell'area di intervento risultano superiori di almeno 8 mt. rispetto all'altezza media dell'area golenale nel tratto d'alveo all'incirca corrispondente, e di almeno cinque metri rispetto alle zone depresse ubicate a nord-ovest ed indicate come ad alto rischio nella carta di sintesi.

La zona oggetto di indagine si colloca in una zona di alta pianura, in destra idrografica del Fiume Panaro, che rappresenta anche l'elemento morfologico più importante.

Attualmente non esiste nell'area specifica e nelle zone circostanti alcun tipo di dissesto in atto e/o pregresso e non se ne prevedono in futuro, salvo i fenomeni di instabilità che potrebbero eventualmente interessare le opere di progetto.

Morfologicamente, l'area è ricompresa all'interno della conoide del F. Panaro che presenta la classica forma sub-triagonale con l'apice che si raccorda con il solco vallivo alla quota di 130 – 150 m (Vignola – Marano), la quale risulta quasi tutta spostata sulla destra idrografica dell'attuale corso del fiume e si chiude poi rapidamente a Nord di Castelfranco Emilia (30 m s.l.m.).

Ad Est il limite della conoide è segnato dall'attuale corso del Torrente Samoggia che scorre attualmente al margine del territorio comunale di Castelfranco Emilia, e successivamente, fino a confluire con il Torrente Lavino mentre il Fiume Panaro attualmente incide la conoide nel suo lato più occidentale. La conoide è il risultato della sovrapposizione di più corpi sedimentari alluvionali di diversa età, con i più recenti (Olocenici) che ricoprono per la quasi totalità i sottostanti (giungenti fino al Pleistocene medio e superiore). Lungo la superficie dell'area in esame, che risulta pianeggiante ed assume una pendenza compresa tra il 3 e il 4 ‰, affiorano sedimenti alluvionali di età Olocenica composti, dal punto di vista granulometrico, da miscele di limi sabbiosi ed argille. I terreni alluvionali recenti ed attuali sono costituiti prevalentemente da potenti banchi di ghiaie eterometriche con matrice solitamente sabbioso – limosa, in cui si intercalano livelli argilloso – limosi.

---

## **6 VINCOLI E ZONIZZAZIONI DI TUTELA SULLA BASE DEL P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA**

---

Con riferimento alla cartografia allegata al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Modena approvato con DCP n.46 del 18/03/2009 ed in vigore dal 08/04/2009, l'area oggetto di studio risulta essere compresa all'interno delle seguenti cartografie tematiche:

### ***TAV. 1.1 – TUTELA DELLE RISORSE PAESISTICHE E STORICO-CULTURALI***

L'area in oggetto risulta esterna a zonizzazione di vincoli e tutele

### ***TAV. 1.2 – TUTELA DELLE RISORSE NATURALI, FORESTALI E DELLA BIODIVERSITA' DEL TERRITORIO***

L'area in oggetto risulta esterna a zonizzazione di vincoli e tutele in quanto parzialmente interna a zonizzazione del territorio insediato all'anno 2006 e in parte ad area a destinazione agricola

### ***TAV. 2.2 – RISCHIO SISMICO: CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI***

La zona in oggetto risulta all'interno di area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche.

### ***TAV. 2.3 – RISCHIO IDRAULICO: CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DELLA CRITICITA' IDRAULICA***

L'area in oggetto non risulta all'interno di un'area soggetta a criticità idraulica (Art. 11).

### ***TAV. 3.1 – RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: VULNERABILITA' ALL'INQUINAMENTO DELL'ACQUIFERO PRINCIPALE***

L'area di intervento si colloca in un'area con grado di vulnerabilità medio (M) all'inquinamento dell'acquifero principale.

### ***TAV. 3.2 – RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: ZONE DI PROTEZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE DESTINATE AL CONSUMO UMANO***

L'area in oggetto risulta compresa all'interno del settore di ricarica tipo A - zona di ricarica diretta della falda (Art. 12A).

### ***TAV. 3.3 – RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: ZONE VULNERABILI DA NITRATI DI ORIGINE AGRICOLA E ASSIMILATE***

In relazione al rischio di inquinamento delle acque, la zona in oggetto risulta essere vulnerabile ai nitrati di origine agricola (Art. 13B).

### ***TAV. 6 – CARTA FORESTALE ATTIVITA' ESTRATTIVE***

L'area in oggetto non risulta soggetta a vincoli di tutela.

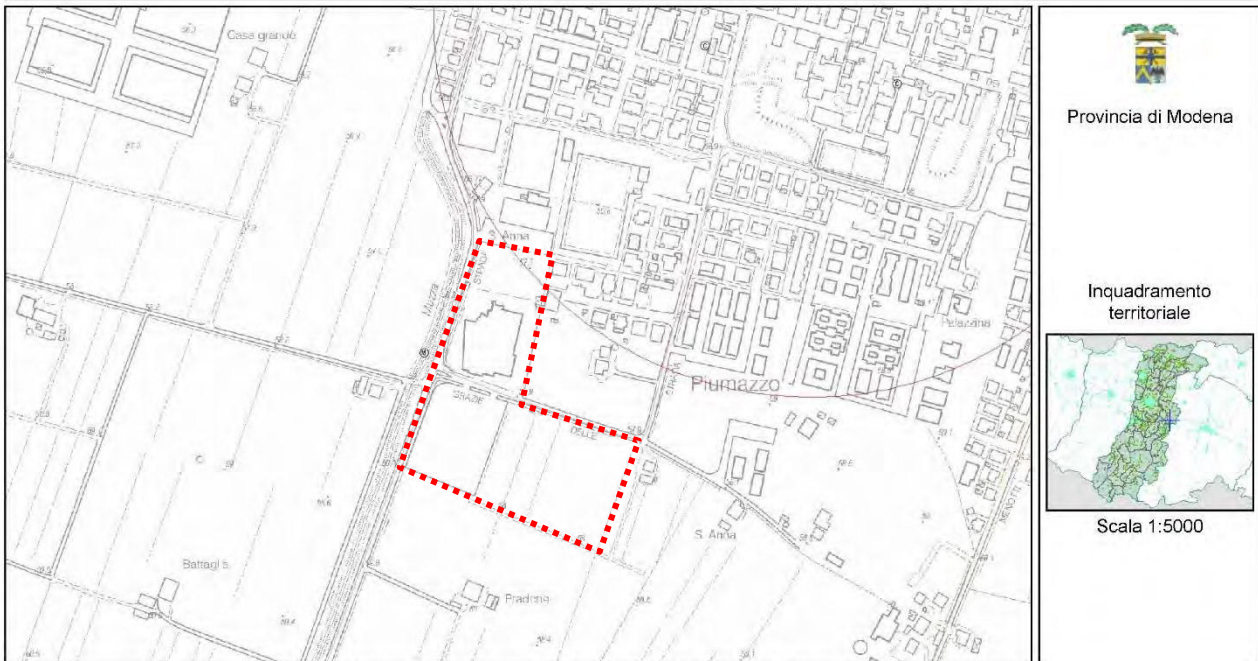
### ***TAV. 7 – CARTA DELLE UNITA' DI PAESAGGIO***

L'area in oggetto risulta identificata come paesaggio dell'alta pianura di Castelfranco Emilia e San Cesario sul Panaro (Zona 15).

Figura 11: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 1.1 – TUTELA DELLE RISORSE PAESISTICHE E STORICO-CULTURALI

## Provincia di Modena

Estratto di mappa



SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

## Provincia di Modena


Estratto di mappa

Legenda

### Carta 1.1-Tutela paesaggistica e

-  Elementi di tutela dell'impianto storico della centuriazione (Art. 41B, comma 2, lettera b)
-  Strutture di interesse storico testimoniale (Art. 44D): M = tabernacolo
-  Viabilità storica (Art. 44B)
-  Zona di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei (Art. 12)
-  Insediamenti urbani storici e strutture insediative storiche non urbane (Art. 42)
-  Strutture di interesse storico testimoniale (Art. 44D): C = chiesa

1:25.000 (1985-1986)

 Carta Topografica Regionale 1: 25.000

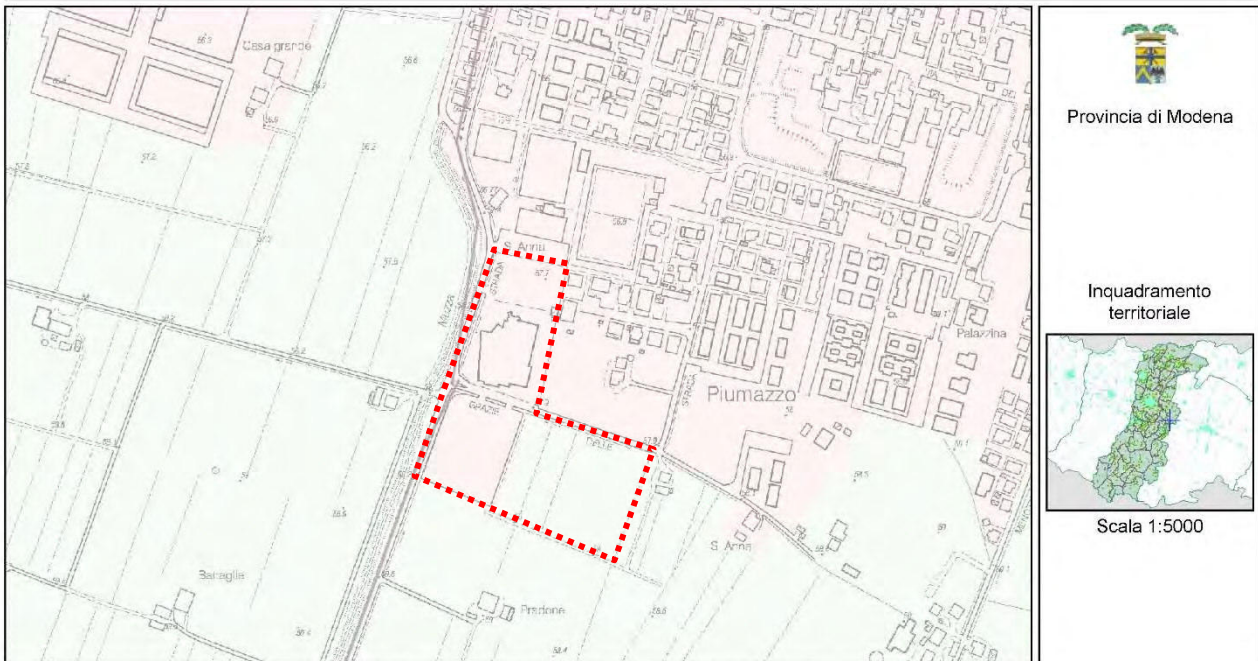
SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena



Figura 12: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 1.2 – TUTELA DELLE RISORSE NATURALI, FORESTALI E DELLA BIODIVERSITÀ DEL TERRITORIO

### Provincia di Modena

Estratto di mappa






SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

### Provincia di Modena


Estratto di mappa

Legenda

Carta 1.2 - Tutela delle risorse

-  Territorio insediato al 2006
-  Connettivo ecologico diffuso (Art. 28)
-  Infrastrutture viarie esistenti

1:25.000 (1985-1986)

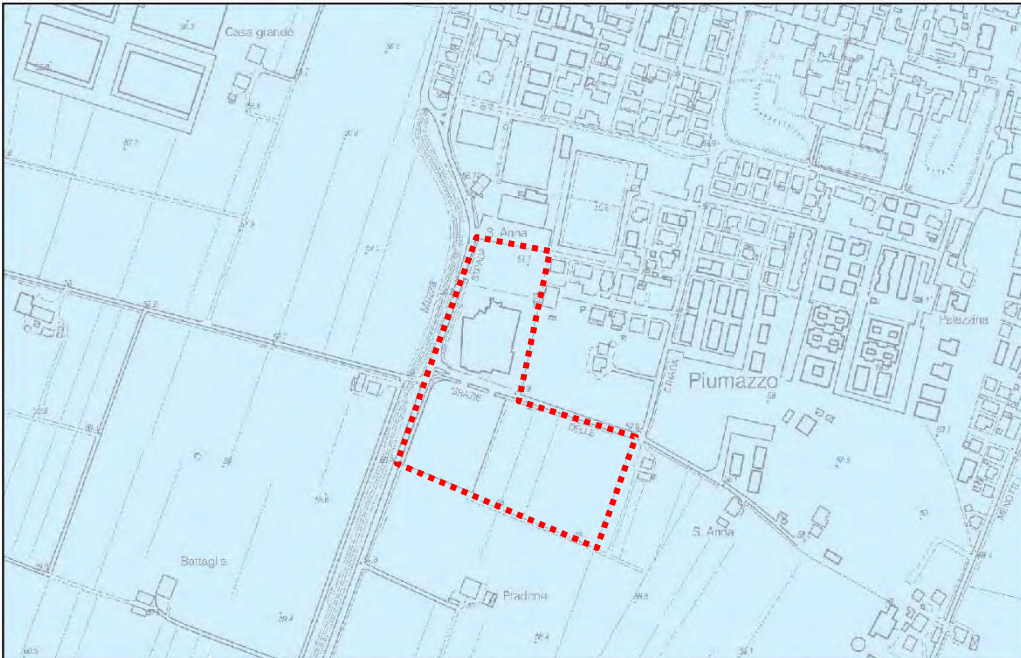
-  Carta Topografica Regionale 1: 25.000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

**Figura 13: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 2.2 – RISCHIO SISMICO: CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI**

**Provincia di Modena**

Estratto di mappa



  
Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000


SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

**Provincia di Modena**


Estratto di mappa

Legenda

Carta 2.2 - Rischio sismico: effetti

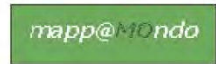
 Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche

1:25.000 (1985-1986)

 Carta Topografica Regionale 1: 25.000

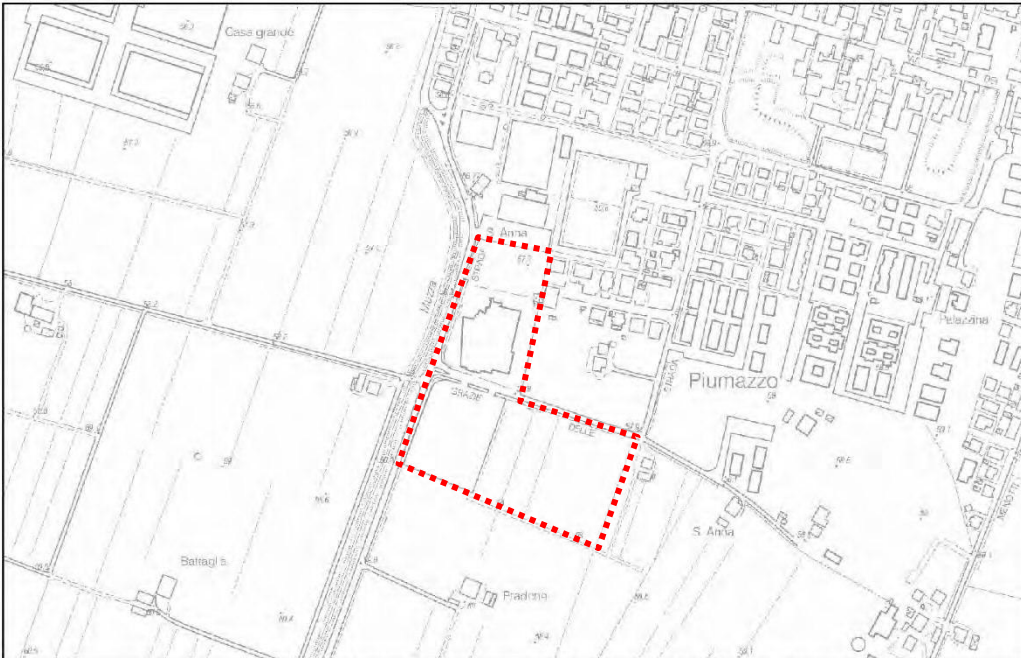
SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

**Figura 14: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 2.3 – RISCHIO IDRAULICO: CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DELLA CRITICITA' IDRAULICA**



### Provincia di Modena

Estratto di mappa




Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000


SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena



### Provincia di Modena

Estratto di mappa

**Legenda**

- 
 Limite delle aree soggette a criticita' idraulica (art.11)
  - 
 Carta Topografica Regionale 1: 25.000
- 1:25.000 (1985-1986)

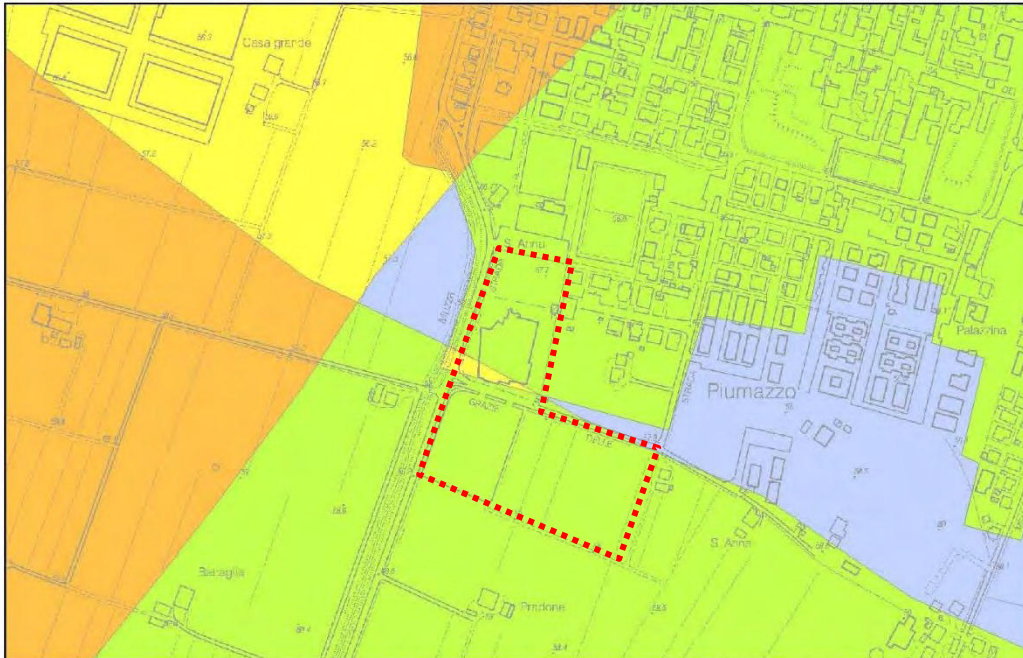
SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena



**Figura 15: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.1 – RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: VULNERABILITA' ALL'INQUINAMENTO DELL'ACQUIFERO PRINCIPALE**

**Provincia di Modena**

Estratto di mappa



  
Provincia di Modena

Inquadramento territoriale








Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

**Provincia di Modena**

Estratto di mappa

Legenda

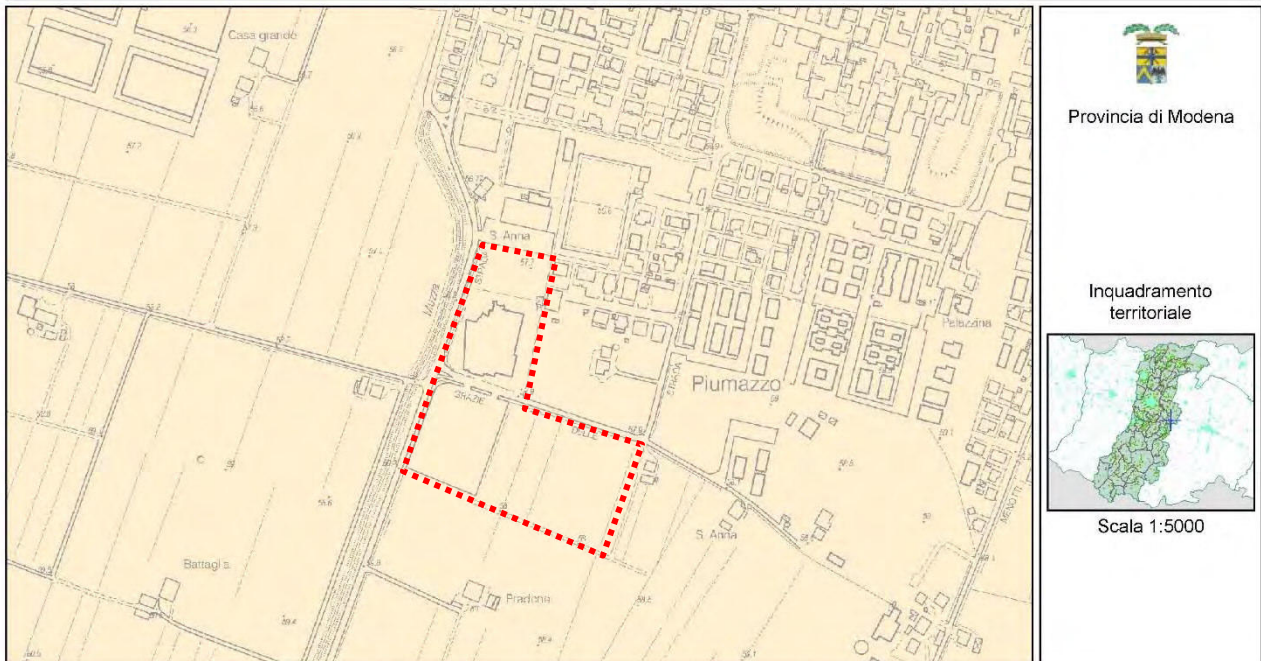
- Carta 3.1 - Vulnerabilità'
-  M - grado di vulnerabilità' medio
  -  A - grado di vulnerabilità' alto
  -  E - grado di vulnerabilità' elevato
  -  B - grado di vulnerabilità' basso
- 1:25.000 (1985-1986)
-  Carta Topografica Regionale 1: 25.000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

**Figura 16: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.2 – RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: ZONE DI PROTEZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE DESTINATE AL CONSUMO UMANO – SCALA 1:25.000**

**Provincia di Modena**

Estratto di mappa



SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

**Provincia di Modena**

Estratto di mappa

**Legenda**

- Carta 3.2 - Zone di protezione delle
- Settori di ricarica di tipo B - aree di ricarica indiretta della falda (Art.12A)
- 1:25.000 (1985-1986)
- Carta Topografica Regionale 1: 25.000

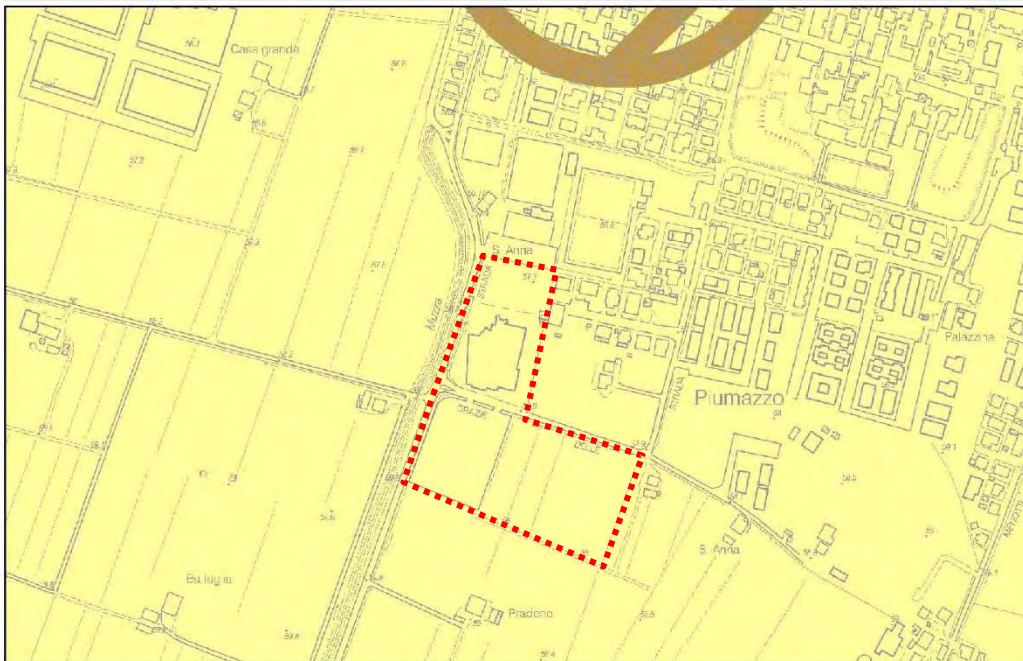
SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena



Figura 17: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.3 – RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: ZONE VULNERABILI DA NITRATI DI ORIGINE AGRICOLA E ASSIMILATE

### Provincia di Modena

Estratto di mappa



  
Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

### Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

- Carta 3.3 - Vulnerabilità ai nitrati
-  Zone vulnerabili da nitrati di origine agricola assimilate (Art. 13B)
  -  Zone vulnerabili da nitrati di origine agricola (Art. 13B)
- 1:25.000 (1985-1986)
-  Carta Topografica Regionale 1: 25 000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

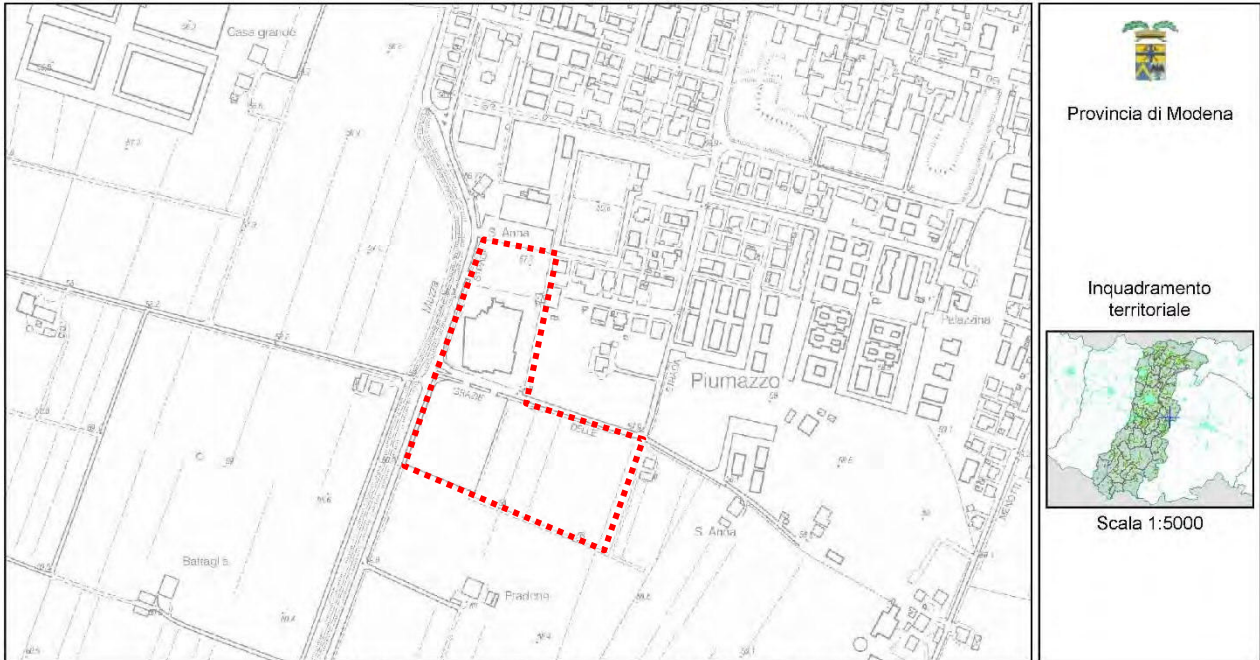


Figura 18: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 6 – CARTA FORESTALE ATTIVITA' ESTRATTIVE –  
SCALA 1:25.000



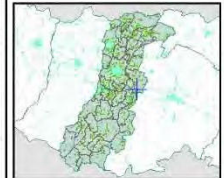
### Provincia di Modena

Estratto di mappa



Provincia di Modena

Inquadramento  
territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena



### Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda



SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 19: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 7 – CARTA DELLE UNITA' DI PAESAGGIO

Provincia di Modena

Estratto di mappa



  
Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

- Carta 7 Carta delle Unità' di Paesaggio
- 15 Paesaggio dell'alta pianura di Castelfranco Emilia e San Cesario sul Panaro
- 1:25.000 (1985-1986)
- CTR 25 000 Carta Topografica Regionale 1: 25.000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

## 7 SISMICITA'

### 7.1 SISMICITA' STORICA

La sismicità storica del **Comune Castelfranco Emilia** è stata desunta mediante la consultazione del database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15 (Fonte di riferimento: *Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>*)

Il database è stato realizzato nell'ambito delle attività del TTC (Tema Trasversale Coordinato) "Banche dati e metodi macrosismici" dell'INGV, con il contributo parziale del Dipartimento della Protezione Civile.

Nella successiva tabella e diagramma sono elencate le osservazioni caratterizzate dalla maggiore intensità sismica disponibili per il territorio comunale.

#### Castelfranco Emilia

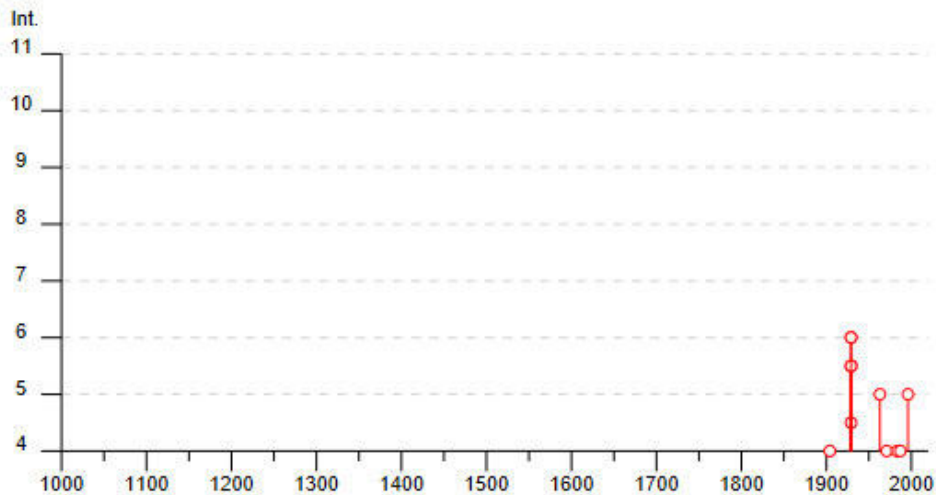


PlaceID	IT_38230
Coordinate (lat, lon)	44.595, 11.052
Comune (ISTAT 2015)	Castelfranco Emilia
Provincia	Modena
Regione	Emilia-Romagna
Numero di eventi riportati	30

Effetti	In occasione del terremoto del										
	Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
F	<a href="#">1885</a>	02	26	20	48			Pianura Padana	78	6	5.01
3	<a href="#">1898</a>	03	04	21	05			Parmense	313	7-8	5.37
4	<a href="#">1904</a>	02	25	18	47	5		Reggiano	62	6	4.81
NF	<a href="#">1904</a>	11	17	05	02			Pistoiese	204	7	5.10
NF	<a href="#">1912</a>	09	12	21	15			Carpi	13	4	3.76
NF	<a href="#">1913</a>	11	25	20	55			Appennino parmense	73	4-5	4.65
2	<a href="#">1922</a>	05	24	21	17	2		Ferrarese	7	4	3.70
3	<a href="#">1923</a>	06	28	15	12			Modenese	22	6	5.04
4-5	<a href="#">1929</a>	04	19	04	16			Bolognese	82	6-7	5.13
5-6	<a href="#">1929</a>	04	20	01	10			Bolognese	109	7	5.36
6	<a href="#">1929</a>	04	22	08	26			Bolognese	41	6-7	5.10
5-6	<a href="#">1929</a>	04	22	14	19			Bolognese	12	5-6	4.61
6	<a href="#">1929</a>	04	29	18	36			Bolognese	45	6	5.20
3	<a href="#">1929</a>	08	17	04	25			Bolognese	10	4-5	3.89
2	<a href="#">1931</a>	06	10	17	02			Modenese	14	4	4.59
3	<a href="#">1934</a>	09	18	09	37			Vignola	6	4	3.95
5	<a href="#">1963</a>	11	04	15	46			Bassa modenese	5	5	4.16
2	<a href="#">1967</a>	04	03	16	36	1		Reggiano	45	5	4.44
4	<a href="#">1971</a>	07	15	01	33	2		Parmense	228	8	5.51
NF	<a href="#">1971</a>	09	11	23	18	1		Pianura emiliana	15	5	4.19
4	<a href="#">1983</a>	11	09	16	29	5		Parmense	850	6-7	5.04
3-4	<a href="#">1986</a>	12	06	17	07	1		Ferrarese	604	6	4.43
4	<a href="#">1987</a>	05	02	20	43	5		Reggiano	802	6	4.71
NF	<a href="#">1988</a>	03	15	12	03	1		Reggiano	160	6	4.57
NF	<a href="#">1992</a>	04	17	11	59	0		Appennino bolognese	56	4-5	4.11
5	<a href="#">1996</a>	10	15	09	55	5		Pianura emiliana	135	7	5.38
NF	<a href="#">1998</a>	02	21	02	21	1		Pianura emiliana	104	5	3.93
3-4	<a href="#">1999</a>	07	07	17	16	1		Frignano	32	5	4.67
3	<a href="#">2000</a>	06	18	07	42	0		Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	<a href="#">2002</a>	06	08	20	13	0		Frignano	115	4	4.23



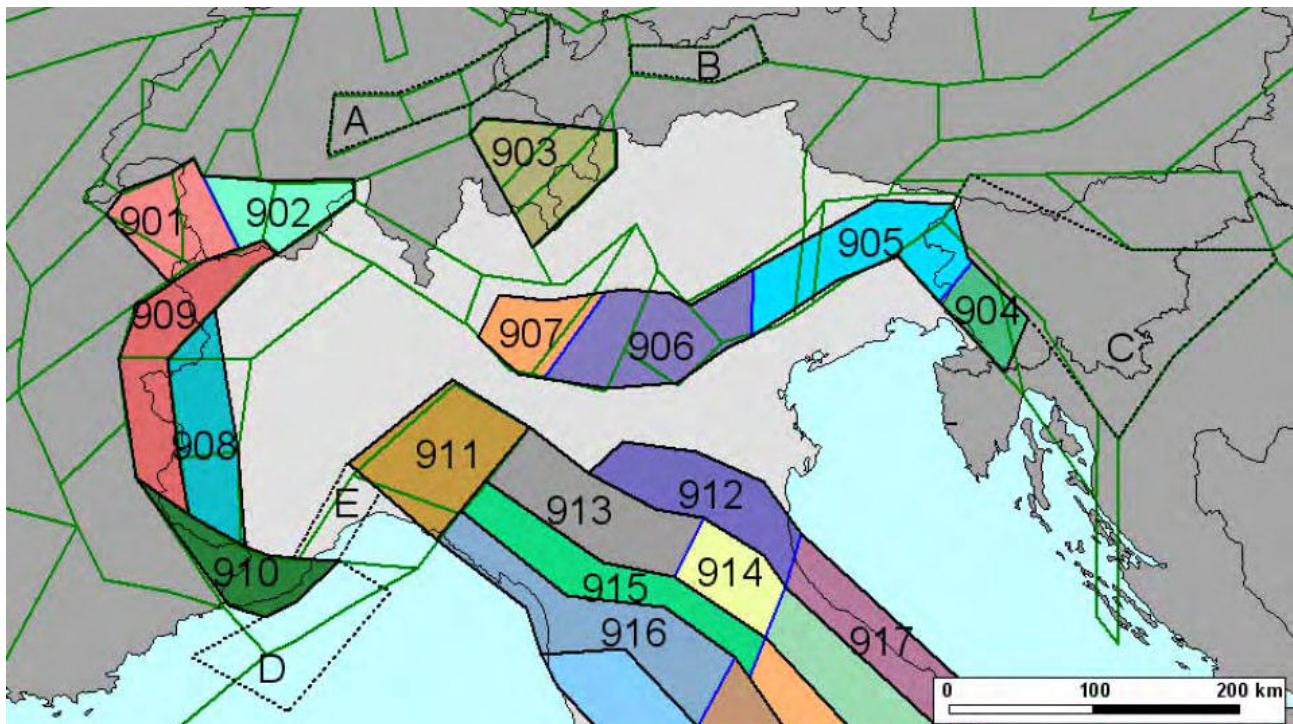
Figura 20: DIAGRAMMA RAPPRESENTANTE LA STORIA SISMICA DEL COMUNE DI CASTELFRANCO EMILIA



## 7.2 ZONIZZAZIONE SISMICA NAZIONALE E REGIONALE

Negli ultimi anni il punto di riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica è stato rappresentato dalla zonazione sismogenetica ZS9 (Scandone et al. 1996 - 2000) che rappresenta la traduzione operativa del modello sismotettonico riassunto in Meletti et al. (2000). In seguito all'emanazione dell'O.P.C.M. 20.3.2003, n. 3274 è stato redatto a cura di un gruppo di lavoro dell'INGV un documento denominato "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall' O.P.C.M. 20-3-2003, n. 3274. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici".

Figura 21: ZONIZZAZIONE SIMOGENETICA ZS9



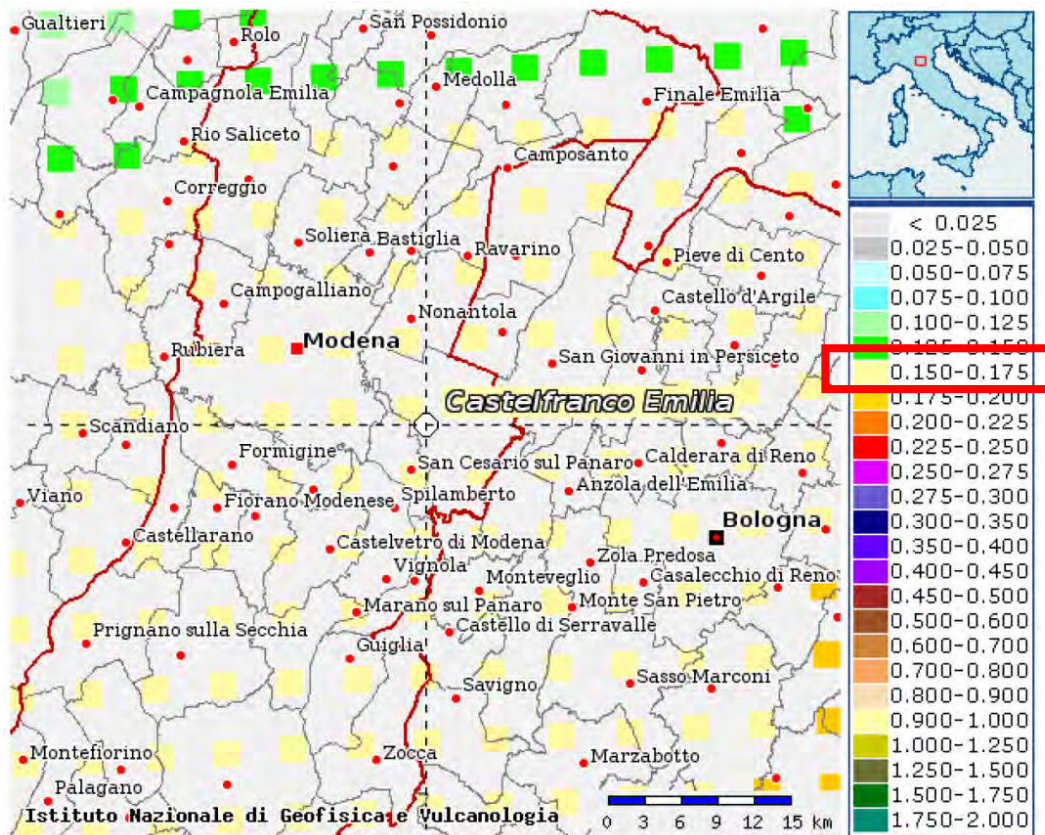
Tale modello ha utilizzato come base di partenza la precedente zonazione, con inserimento delle nuove conoscenze relative alla tettonica attiva della penisola italiana con anche le indicazioni derivanti da episodi sismici più recenti. La zonizzazione è stata costruita, pertanto, mediante l'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il confronto tra le informazioni hanno fornito come risultato la costruzione della carta I modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la carta nazionale delle zone sismogenetiche. Per il reperimento

dei dati relativi alla sismicità osservata è stato considerato il catalogo storico contenente 2.488 eventi degli ultimi 1.000 anni con intensità epicentrali maggiore o uguale al V – VI grado MCS la cui magnitudo è maggiore o uguale a 4.

La zona che interessa l'area in esame è la **nr. 913**, che fa parte del complesso "Appennino settentrionale e centrale"

Per ogni zona sismogenetica è stata effettuata la caratterizzazione da un definito modello cinematico basato sulle relazioni di attenuazioni stimate delle misure accelerometriche rilevate sia sul territorio nazionale che europeo, con conseguente sviluppo delle carte di pericolosità sismica. In dettaglio la Zona Sismogenetica 913 presenta un valore di magnitudo massima pari a  $M_{wmax} = 5,91$ . Il risultato finale, per ogni comune italiano, è rappresentato da una stima del rischio sismico espresso in termini probabilistici. Il valore della pericolosità sismica di riferimento, PGA (Peak Ground Acceleration), ipotizza un substrato omogeneo in roccia con associato un periodo di ritorno di 475 anni, valore convenzionale in quanto rappresenta l'accelerazione associata alla probabilità del 90% di non superamento considerato un tempo di ritorno di 50 anni.

**Figura 22: CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA ESPRESSA IN ACCELERAZIONE ORIZZONTALE DI PICCO PGA CON TEMPO DI RITORNO 475 ANNI**



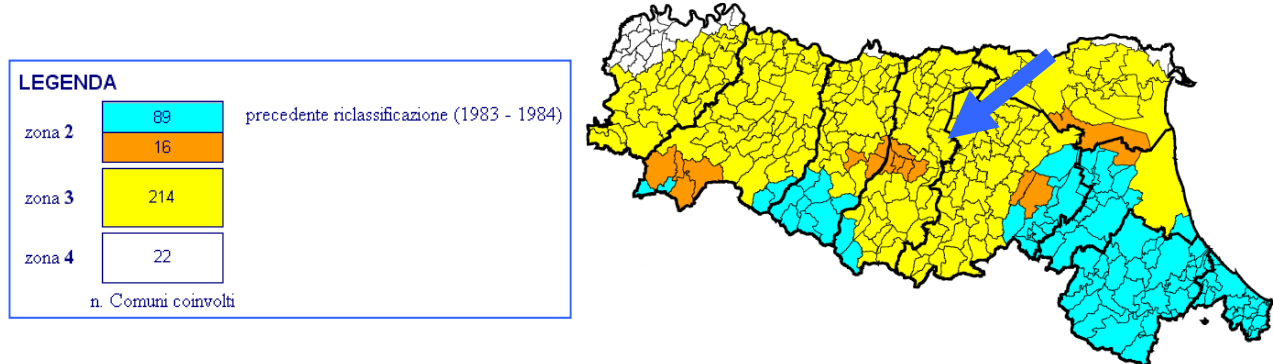
In base all'O.P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modifiche (O.P.C.M. del 02.10.2003 n. 3316 e O.P.C.M. del 03.05.2005 n. 3431) e all'O.P.C.M. del 28.04.2006 n. 3519, si definiscono i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche. In relazione alle "Norme tecniche" si suddivide il territorio nazionale in 4 zone sismiche, caratterizzate da 4 diversi valori di accelerazione ( $a_g$ ) orizzontale massima convenzionale su suolo di tipo A, ai quali ancorare lo spettro di risposta elastico. Ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s,30} > 800$  m/sec.

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni $[a_g]$	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico $[a_g]$
1	$0,25 < a_g \leq 0,35$ g	0,35 g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g
4	$\leq 0,05$ g	0,05 g



Di seguito si riporta la zonizzazione relativa al territorio della Regione Emilia Romagna

**Figura 23: MAPPA DELLA RICLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA – ORDINANZA DEL PCM N. 3247/2003**



**Allegato A - CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI DELL'EMILIA-ROMAGNA**

Codice ISTAT 2001	Provincia	COMUNE	Anno di			Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti fino al 1984)	Categoria secondo la proposta del GdL del 1998	Zona ai sensi del presente documento (2003)
			prima classificazione	declassificazione	riclassificazione			
<b>Zona 2</b>								
8036008	MO	CASTELVETRO DI MODENA	2003			N.C.	II	2
8036013	MO	FIORANO MODENESE	2003			N.C.	II	2
8036015	MO	FORMIGINE	2003			N.C.	II	2
8036016	MO	FRASSINORO	1927	1937	1983	II	III	2
8036019	MO	MARANELLO	2003			N.C.	II	2
8036031	MO	PIEVEPELAGO	1927	1937	1983	II	III	2
8036040	MO	SASSUOLO	2003			N.C.	II	2
<b>Zona 3</b>								
8036001	MO	BASTIGLIA	2003			N.C.	III	3
8036002	MO	BOMPORTO	2003			N.C.	III	3
8036003	MO	CAMPOGALLIANO	2003			N.C.	III	3
8036004	MO	CAMPOSANTO	2003			N.C.	III	3
8036005	MO	CARRI	2003			N.C.	III	3
8036006	MO	CASTELFRANCO EMILIA	2003			N.C.	III	3
8036007	MO	CASTELNUOVO RANGONE	2003			N.C.	III	3
8036009	MO	CAVEZZO	2003			N.C.	III	3
8036010	MO	CONCORDIA SULLA SECCHIA	2003			N.C.	III	3
8036011	MO	FANANO	1927	1937	2003	N.C.	III	3
8036012	MO	FINALE EMILIA	2003			N.C.	III	3
8036014	MO	FIUMALBO	1927	1937	2003	N.C.	III	3
8036017	MO	GUIGLIA	2003			N.C.	III	3
8036018	MO	LAMA MOCOGNO	1927	1937	2003	N.C.	III	3
8036020	MO	MARANO SUL PANARO	2003			N.C.	III	3
8036021	MO	MEDOLLA	2003			N.C.	III	3
8036022	MO	MIRANDOLA	2003			N.C.	III	3
8036023	MO	MODENA	2003			N.C.	III	3
8036024	MO	MONTECRETO	1927	1937	2003	N.C.	III	3
8036025	MO	MONTEFIORINO	1927	1937	2003	N.C.	III	3
8036026	MO	MONTESE	2003			N.C.	III	3
8036027	MO	NONANTOLA	2003			N.C.	III	3
8036028	MO	NOVI DI MODENA	2003			N.C.	III	3
8036029	MO	PALAGANO	2003			N.C.	III	3
8036030	MO	PAVULLO NEL FRIGNANO	2003			N.C.	III	3
8036032	MO	POLINAGO	2003			N.C.	III	3
8036033	MO	PRIGNANO SULLA SECCHIA	2003			N.C.	III	3
8036034	MO	RAVARINO	2003			N.C.	III	3
8036035	MO	RIOLUNATO	1927	1937	2003	N.C.	III	3
8036036	MO	SAN CESARIO SUL PANARO	2003			N.C.	III	3
8036037	MO	SAN FELICE SUL PANARO	2003			N.C.	III	3
8036038	MO	SAN POSSIDONIO	2003			N.C.	III	3
8036039	MO	SAN PROSPERO	2003			N.C.	III	3
8036041	MO	SAVIGNANO SUL PANARO	2003			N.C.	III	3
8036042	MO	SERRAMAZZONI	2003			N.C.	III	3
8036043	MO	SESTOLA	1927	1937	2003	N.C.	III	3
8036044	MO	SOLIERA	2003			N.C.	III	3
8036045	MO	SPILAMBERTO	2003			N.C.	III	3
8036046	MO	VIGNOLA	2003			N.C.	III	3
8036047	MO	ZOCCA	2003			N.C.	III	3

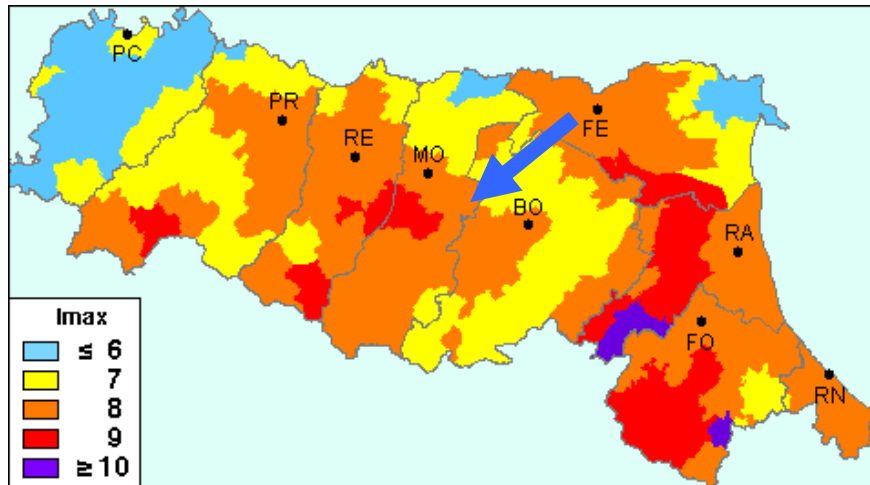
In base all'O.P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274 il **Comune di Castelfranco Emilia (MO)** ricade in **zona sismica 3**.

In base all'O.P.C.M. del 28.04.2006 n. 3519 al **Comune di Castelfranco Emilia (MO)** è attribuito un valore di pericolosità sismica compreso tra **0,150** e **0,175**.

Per quanto riguarda l'aspetto macrosismico della zona in esame, dallo studio effettuato da D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise (1996) per conto del Dipartimento della Protezione Civile, realizzato utilizzando la banca dati del GNDT e il Catalogo dei Forti Terremoti Italiani di ING/SGA, si può notare che il **Comune di Castelfranco Emilia (MO)** presenta un'intensità macrosismica I<sub>max</sub> pari a **8**.



**Figura 24: MAPPA DELLE MASSIME INTENSITA' MACROSISMICHE OSSERVATE NEI COMUNI ITALIANI - PARTICOLARE DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA**

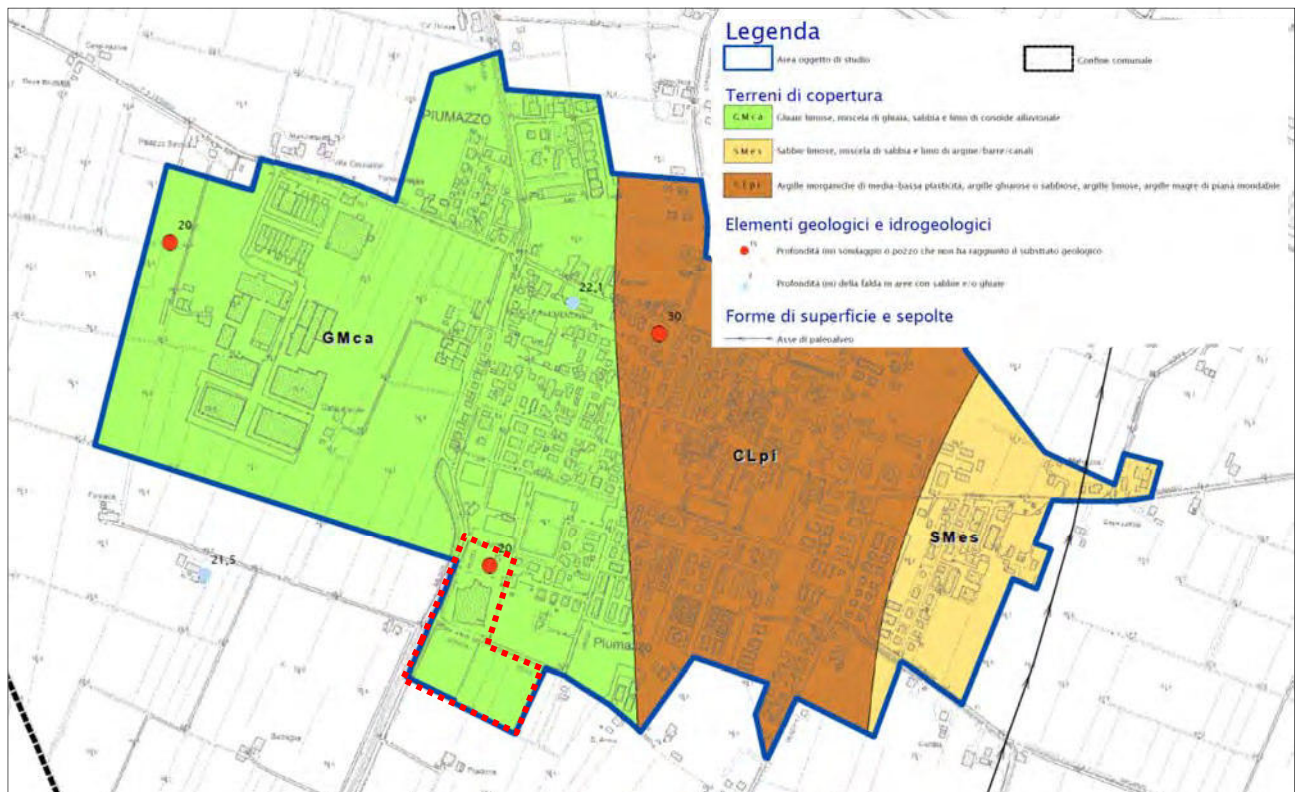


## 8 MICROZONAZIONE SISMICA

Il Comune di Castelfranco Emilia ha stipulato con la Provincia un Accordo di Programma relativo a "Adeguamento in materia di sicurezza del territorio" finalizzato al recepimento degli Studi di Microzonazione Sismica del territorio e dell'Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza in variante al Piano Strutturale Comunale (P.S.C.) del Comune di Castelfranco Emilia (Atto del Presidente della Provincia di Modena n. 57 del 20/03/2017). La Variante è in vigore dal 05/04/2017.

La microzonazione sismica riporta una carta geologico tecnica del territorio che evidenzia come l'area in esame ricade in un settore caratterizzato da terreni di copertura costituiti da ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbie a limo di conoide alluvionale.

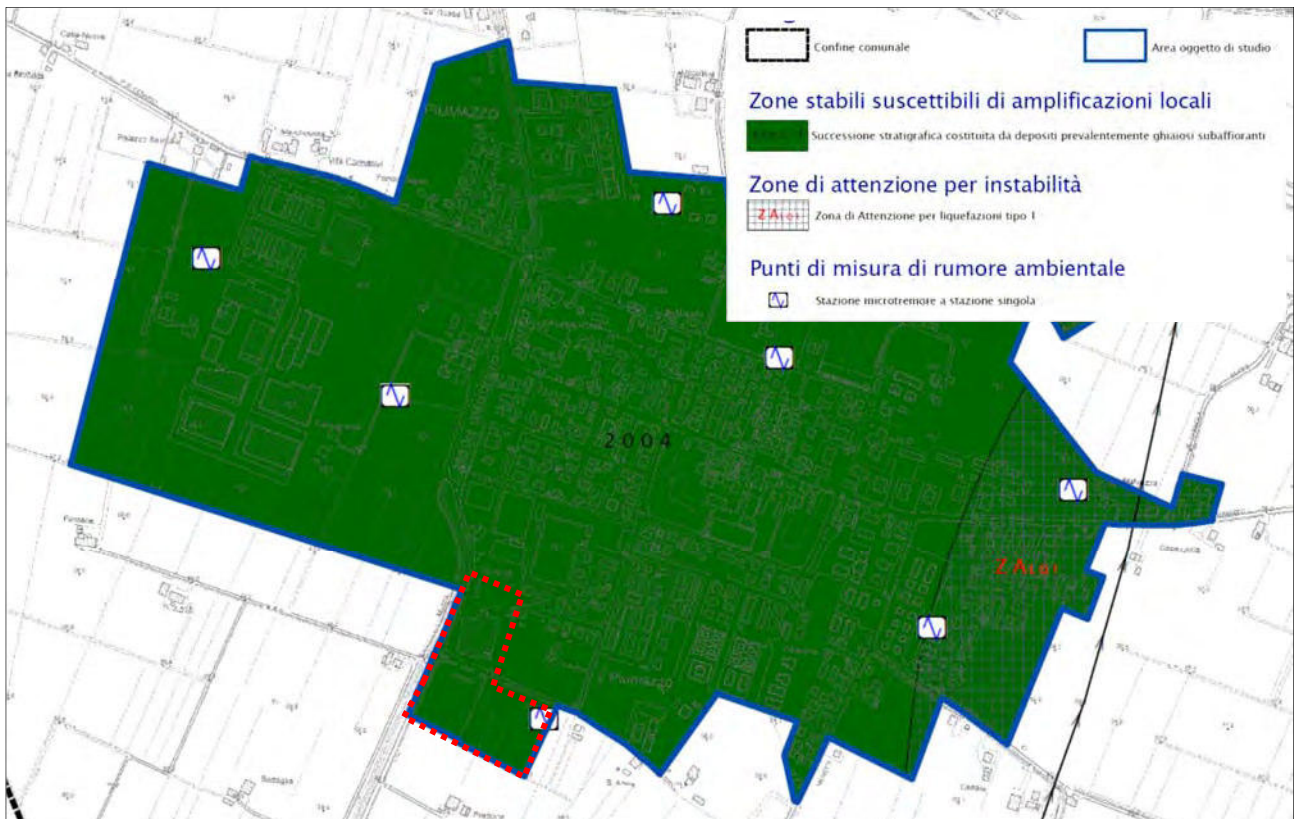
**Figura 25: ESTRATTO CARTA GEOLOGICO-TECNICA - AMBITO A\_5 PIUMAZZO**



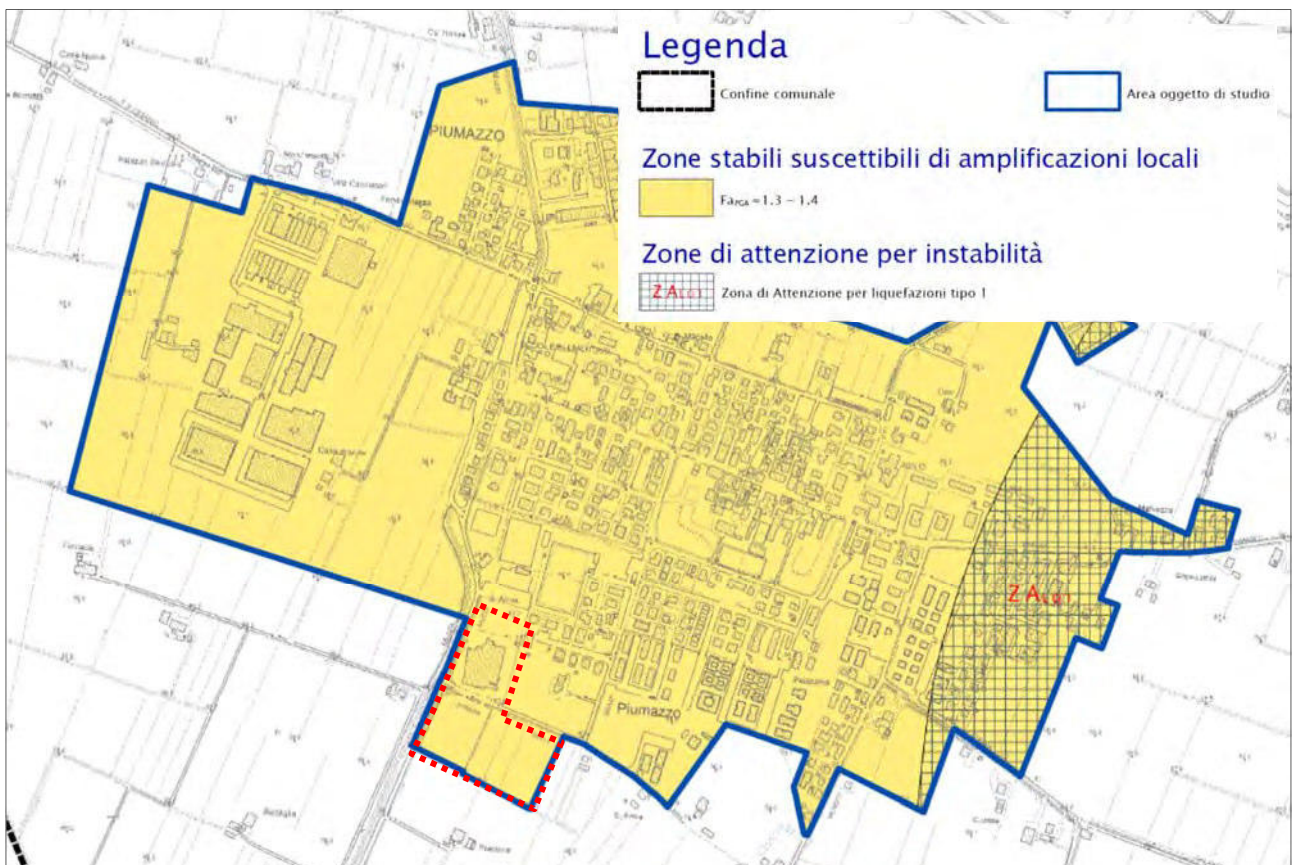
La cartografia delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MPOS) ricomprende l'area in studio tra le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, ed in particolare nella zona identificata dal numero 4, caratterizzata da una successione stratigrafica costituita da depositi prevalentemente ghiaiosi subaffioranti, tipica dell'estremità meridionale del territorio comunale.

Lo studio di livello 2 ha poi identificato nell'area d'intervento valori del fattore di amplificazione della PGA pari a 1.3 - 1.4 (Studio di livello 2), e dell'intensità di Housner, tra 0.1-0.5 s e 0.5-1s, pari 1.5-1.6.

**Figura 26: ESTRATTO CARTA DELLE MICROZONE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS) - AMBITO A\_5 PIUMAZZO**

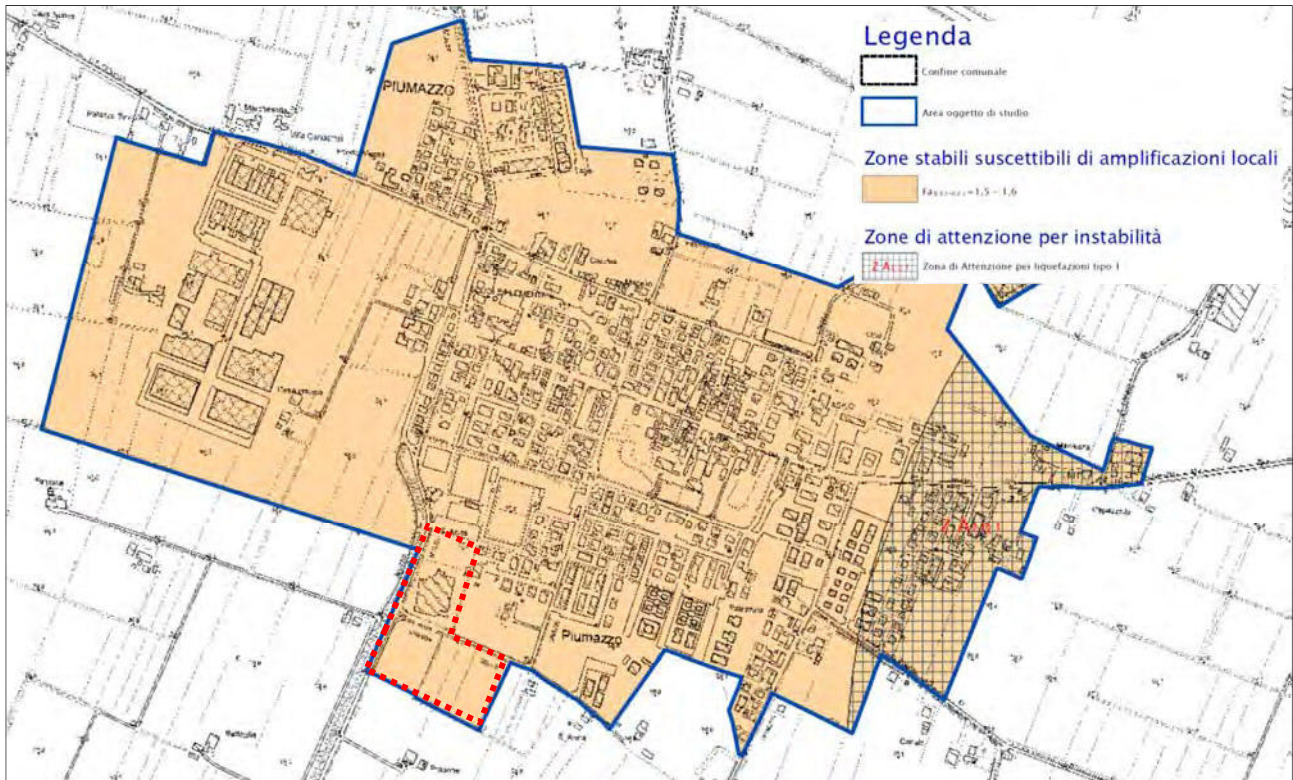


**Figura 27: ESTRATTO CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA LIVELLO 2 - FA<sub>PGA</sub> - AMBITO A\_5 PIUMAZZO**

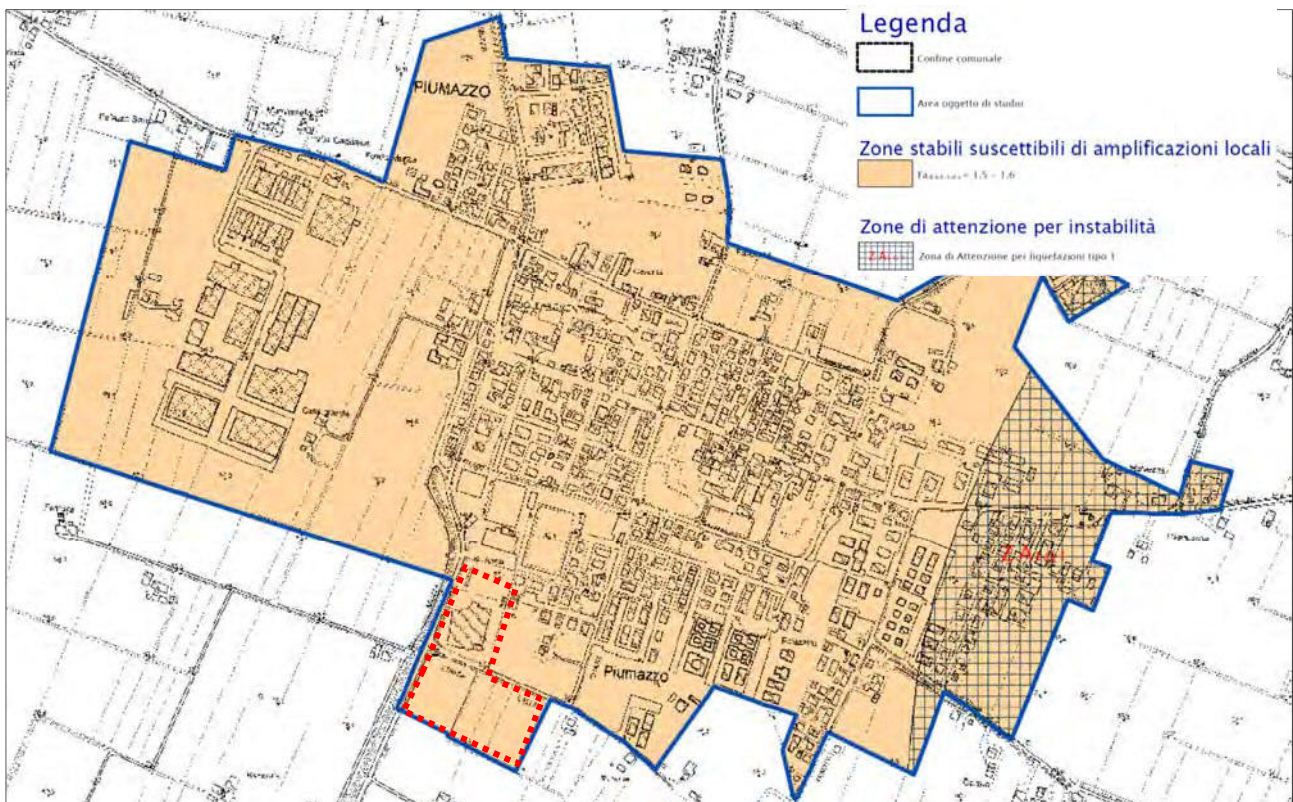




**Figura 28: ESTRATTO CARTA DELL'INTENSITA' DI HOUSNER FA<sub>IS 0.1-0.5 S</sub>- AMBITO A\_5 PIUMAZZO**



**Figura 29: ESTRATTO CARTA DELL'INTENSITA' DI HOUSNER FA<sub>IS 0.5-1.0 S</sub>- AMBITO A\_5 PIUMAZZO**

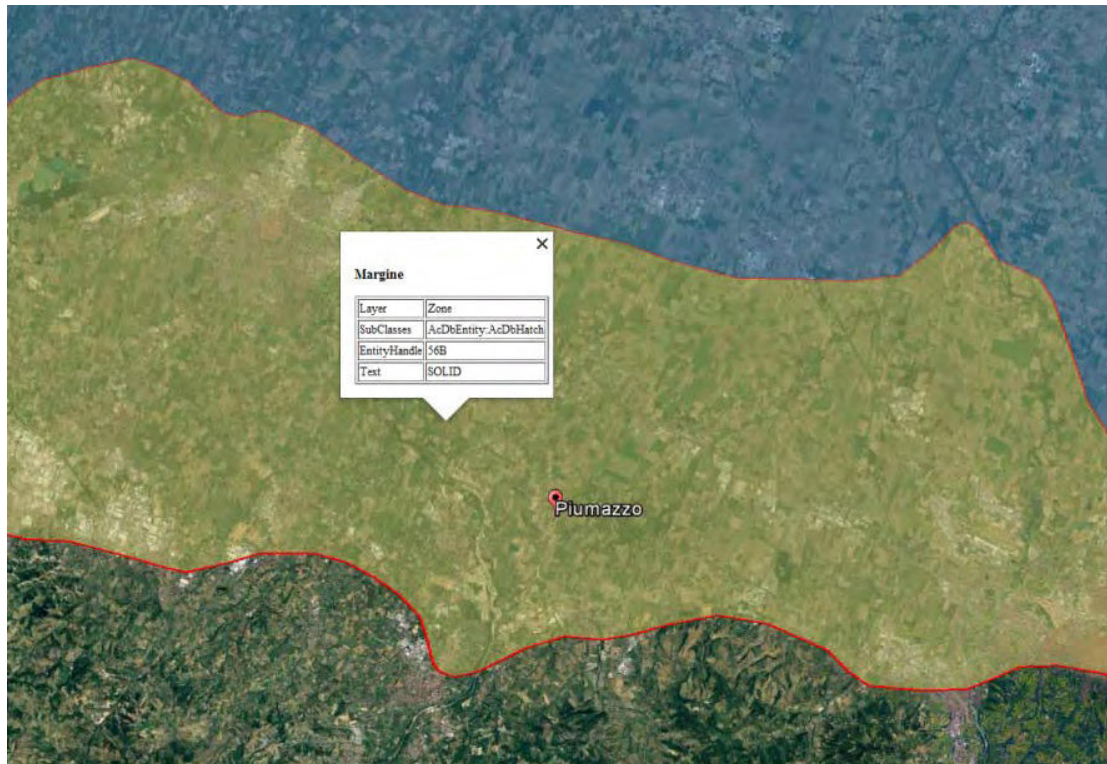


Si evidenzia come la microzonazione di livello 2 del territorio fa riferimento per la valutazione dei fattori di amplificazione alle tabelle desunte dalla Delibera 112/2007, ed in particolare per l'area in esame a quelle definite per un profilo stratigrafico di PIANURA 1, che prendono a riferimento il valore di velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di profondità ( $V_{s30}$ ).



Con la Delibera di Giunta Regionale n°2193/2015, sono apportate alcune modifiche alle tabelle ed individuato una nuova tipologia di area denominata "MARGINE" che ricomprende il settore di transizione tra la zona collinare e la pianura caratterizzato da terreni prevalentemente fini sovrastanti orizzonti grossolani, ed all'interno della quale ricade l'area in studio.

**Figura 30: INDIVIDUAZIONE SETTORE "MARGINE"**



L'area in esame, in relazione alla presenza di una copertura limo-sabbiosa al substrato ghiaioso con spessori inferiori a 3 metri e con l'orizzonte grossolano di spessore superiore a 50 metri, appartiene al settore denominato A, in cui i fattori di amplificazione da tabella risultano correlati allo spessore di copertura dei depositi grossolani e della loro velocità ( $V_{SH}$ ).

**Figura 31: TABELLA "MARGINE" TIPO A SECONDO LA DELIBERA 2193/2015**

	150	200	250	300	350	400
5	2.3	2.1	1.8	1.5		
10	2.3	2.2	2.0	1.8		
15	2.1	2.1	2.0	1.8		
20	2.1	2.1	2.0	1.9		
25	2.0	2.0	2.0	1.9		
30	1.9	1.9	1.9	1.9		

Fattori di Amplificazione PGA. Colonna 1  $H(m)$ , riga 1  $V_{SH}(m/s)$

	150	200	250	300	350	400
5	2.2	1.9	1.7	1.6		
10	2.6	2.4	2.0	1.8		
15	2.6	2.5	2.2	1.9		
20	2.5	2.5	2.3	2.0		
25	2.3	2.3	2.2	2.1		
30	2.1	2.1	2.1	2.0		

Fattori di Amplificazione SII ( $0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$ ). Colonna 1  $H(m)$ , riga 1  $V_{SH}(m/s)$

	150	200	250	300	350	400
5	1.8	1.7	1.6	1.6		
10	2.3	2.0	1.8	1.7		
15	3.2	2.6	2.1	2.0		
20	3.5	3.1	2.5	2.1		
25	3.7	3.4	2.8	2.4		
30	3.6	3.5	3.0	2.6		

Fattori di Amplificazione SII ( $0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$ ). Colonna 1  $H(m)$ , riga 1  $V_{SH}(m/s)$

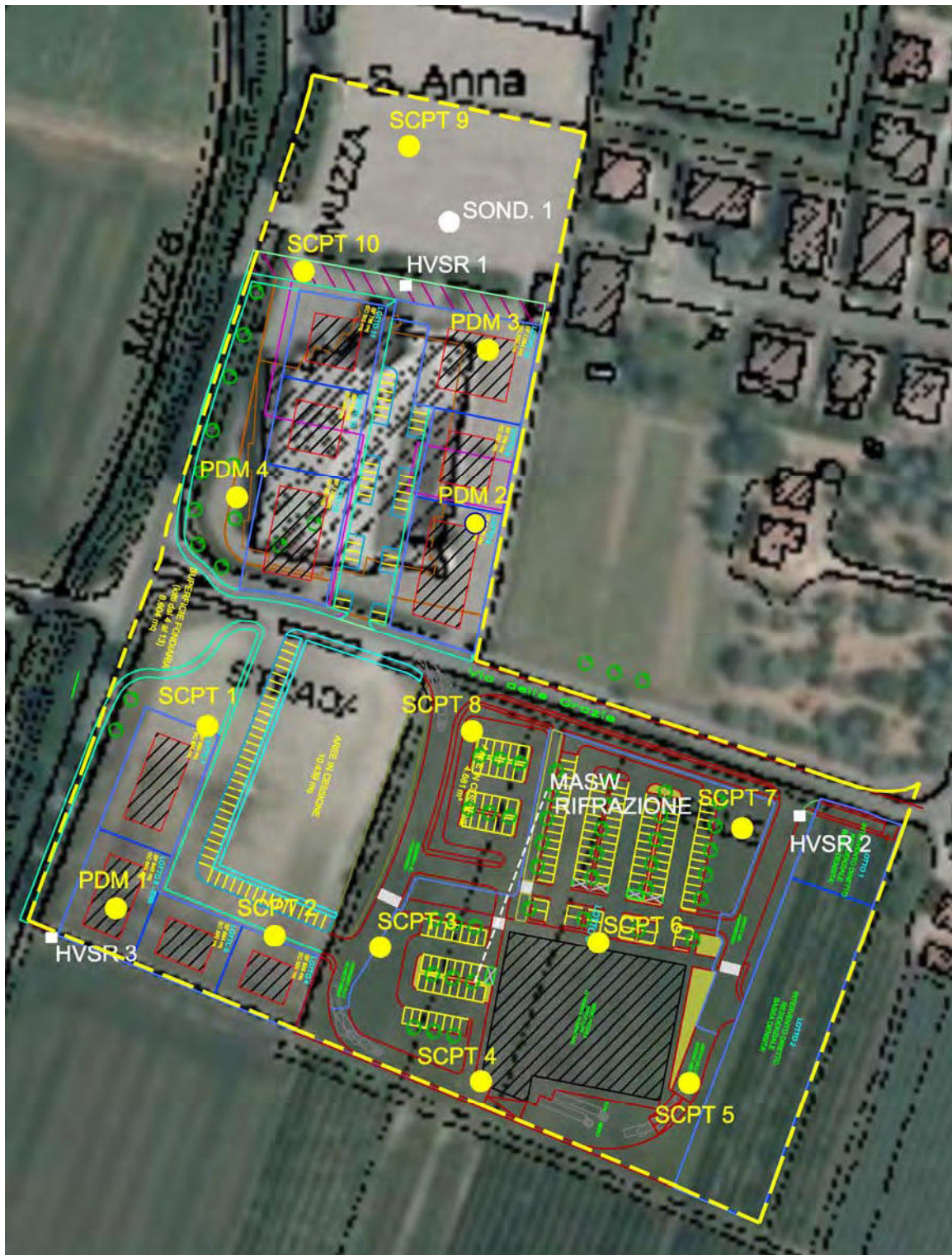
Come riportato in seguito per l'area in esame le coperture presentano velocità medie di circa 275 m/s, e quindi ciò comporta un valore del FA della PGA variabile da 1.5 a 1.8, e dell'intensità di Housner, tra 0.1-0.5 s, variabile da 1.6 a 1.7, e nell'intervallo tra 0.5-1.0 s pari 1.6.

## 9 INDAGINI IN SITO

Considerate le tipologie delle opere di progetto, sono stati condotti in sito i seguenti approfondimenti:

- esecuzione di n° 10 indagini penetrometriche di tipo dinamico pesante (2011) denominate SCPT, e n° 4 Prove penetrometriche di tipo dinamico medio (2017) denominate PDM;
- esecuzione di sondaggio geognostico a carotaggio continuo (2011):
- esecuzione di indagini geofisiche di tipo sismico a rifrazione e MASW (2011) e 3 prove HVSR (2017).

**Figura 32: UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE IN SITO (scala 1:2.000)**





## 10 INDAGINI GEOGNOSTICHE DI TIPO PENETROMETRICO AD INFSSIONE DINAMICA

Come già accennato l'area in esame è stata indagata attraverso l'esecuzione di n° 14 prove penetrometriche dinamiche che sono state approfondite fino al tetto dei depositi ghiaioso-sabbiosi ad elevato addensamento, collocati ad una profondità variabile da 1.2 a 3 metri dal piano di campagna, che hanno determinato l'arresto all'avanzamento del sistema per avvenuto raggiungimento dei limiti strumentali.

Il software utilizzato per le elaborazione delle indagini geognostiche di tipo penetrometrico ad infissione dinamica commercializzato dalla ditta Geostru denominato Dynamic Probing effettua il calcolo del rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981) che permettono di ricavare i principali parametri geomeccanici dei terreni basati sulle correlazioni tecniche presenti in letteratura.

Si riporta di seguito l'elaborazione sintetica delle indagini eseguite mentre in allegato 1 viene riportata la elaborazione completa.

SCPT 1							
Strato n°	Profondità strato		Natura	Peso di Volume	Cu	$\varphi'$	Med
	da ml	a ml		[t/m <sup>3</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0.00	0.60	Riporto	/	/	/	/
2	0.60	1.50	coesiva	1.9	0.54	/	36.9
3	1.50	2.70	Granulare	2.06	/	47.8	172.7

SCPT 2							
Strato n°	Profondità strato		Natura	Peso di Volume	Cu	$\varphi'$	Med
	da ml	a ml		[t/m <sup>3</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0.00	0.30	Riporto	/	/	/	/
2	0.30	2.40	coesiva	1.84	0.41	/	30.14
3	2.40	3.30	Granulare	2.06	/	44.4	147.9

SCPT 3							
Strato n°	Profondità strato		Natura	Peso di Volume	Cu	$\varphi'$	Med
	da ml	a ml		[t/m <sup>3</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0.00	0.60	Terreno vegetale	/	/	/	/
2	0.60	1.50	coesiva	1.76	0.31	/	22.9
3	1.50	2.40	Granulare	2.31	/	45.5	155.8

SCPT 4							
Strato n°	Profondità strato		Natura	Peso di Volume	Cu	$\varphi'$	Med
	da ml	a ml		[t/m <sup>3</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0.00	0.60	Terreno vegetale	/	/	/	/
2	0.60	1.20	coesiva	1.66	0.22	/	15.8
3	1.20	2.10	Granulare	2.28	/	44.5	370.15

SCPT 5							
Strato n°	Profondità strato		Natura	Peso di Volume	Cu	$\varphi'$	Med
	da ml	a ml		[t/m <sup>3</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0.00	0.60	Terreno vegetale	/	/	/	/
2	0.60	2.40	coesiva	1.79	0.5	/	25.5
3	2.40	3.30	Granulare	2.4	/	47.54	170.8

SCPT 6							
Strato n°	Profondità strato		Natura	Peso di Volume	Cu	$\varphi'$	Med
	da ml	a ml		[t/m <sup>3</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0.00	0.60	Terreno vegetale	/	/	/	/
2	0.60	1.20	coesiva	1.7	0.25	/	18.49
3	1.20	2.40	Granulare	2.3	/	45.07	152.7



SCPT 7							
Strato	Profondità strato		Natura	Peso di Volume	Cu	$\varphi'$	Med
	da ml	a ml		[t/m <sup>3</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0.00	0.60	Terreno vegetale	/	/	/	/
2	0.60	1.20	coesiva	1.74	0.29	/	21.11
3	1.20	2.10	Granulare	2.34	/	46.5	162.9

SCPT 8							
Strato	Profondità strato		Natura	Peso di Volume	Cu	$\varphi'$	Med
	da ml	a ml		[t/m <sup>3</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0.00	0.60	Terreno vegetale	/	/	/	/
2	0.60	2.10	coesiva	1.8	0.36	/	26.4
3	2.10	2.70	Granulare	2.5	/	50.7	195.2

SCPT 9							
Strato	Profondità strato		Natura	Peso di Volume	Cu	$\varphi'$	Med
	da ml	a ml		[t/m <sup>3</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0.00	0.30	Asfalto	/	/	/	/
2	0.30	0.90	Terreno vegetale	/	/	/	/
3	0.90	2.40	coesiva	1.88	0.47	/	34.8

SCPT 10							
Strato	Profondità strato		Natura	Peso di Volume	Cu	$\varphi'$	Med
	da ml	a ml		[t/m <sup>3</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0.00	0.30	Asfalto	/	/	/	/
2	0.30	0.60	Terreno vegetale	/	/	/	/
3	0.60	2.10	coesiva	1.83	0.4	/	30

DPM 1							
Strato	Profondità strato		Natura	Peso di Volume	Cu	$\varphi'$	Med
	da ml	a ml		[t/m <sup>3</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0.00	0.30	Riporto	/	/	/	/
2	0.30	1.30	coesiva	2	0.76	/	116.81
3	1.30	1.40	Granulare	1.78	/	27.1	270.75

DPM 2							
Strato	Profondità strato		Natura	Peso di Volume	Cu	$\varphi'$	Med
	da ml	a ml		[t/m <sup>3</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0.00	0.40	Preforo	/	/	/	/
2	0.40	3.00	coesiva	1.78	0.33	/	56.16
3	3.00	3.10	Granulare	1.78	/	27.1	107.88

DPM 3							
Strato	Profondità strato		Natura	Peso di Volume	Cu	$\varphi'$	Med
	da ml	a ml		[t/m <sup>3</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0.00	0.50	Preforo	/	/	/	/
2	0.50	2.10	coesiva	1.91	0.56	/	86.65
3	2.10	2.20	Granulare	1.78	/	27.1	107.88

DPM 4							
Strato	Profondità strato		Natura	Peso di Volume	Cu	$\varphi'$	Med
	da ml	a ml		[t/m <sup>3</sup> ]	[kg/cm <sup>2</sup> ]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0.00	1.00	Preforo	/	/	/	/
2	1.00	1.70	coesiva	1.72	0.27	/	45.14
3	1.70	1.80	Granulare	1.78	/	27.1	107.88

Da un punto di vista geotecnico si evidenziano quindi nel complesso caratteristiche di resistenza variabili per i terreni prevalentemente coesivi di copertura ai depositi ghiaiosi, con questi ultimi che presentano invece ottime caratteristiche di capacità portante.

Sulla base dei dati raccolti si è eseguita una cartografia delle isobate del tetto delle ghiaie riportata nella figura seguente, che evidenzia come quest'ultimo sia collocato, nel settore centrale, ad una profondità compresa tra 2 e 3 metri dal piano di campagna attuale, mentre lateralmente la profondità è prevalentemente compresa tra 1 e 2 metri.

**Figura 33: ISOBATE DEL TETTO DELLE GHIAIE (SCALA 1:2.000)**



## 11 INDAGINI GEOGNOSTICHE DEL TIPO A CAROTAGGIO CONTINUO

Nel settore nord dell'area di indagine è stata eseguita nel 2011 dalla ditta Intergeo S.r.l. di Modena un carotaggio continuo spinto alla profondità di 20 metri dal piano di campagna con lo scopo di verificare le caratteristiche litostratigrafiche e geologiche dei terreni presenti nel sottosuolo. L'esecuzione del sondaggio geognostico è stato eseguito mediante l'utilizzo di una sonda Atlas Copco A65, montata su Camion Iveco Magirus 330-36H ed impiegando per la perforazione, che è stata del tipo a carotaggio continuo, carotieri semplici del diametro di 101 mm, seguiti per l'intero sviluppo da tubi di rivestimento provvisori, del diametro di 127 mm per impedire franamenti nel foro di sondaggio.

L'indagine (Allegato 2) ha evidenziato la presenza di circa 0.90 metri di terreni ghiaiosi di riporto, seguiti sino alla profondità di 2.70 metri da terreni prevalentemente limosi. I terreni ghiaiosi sottostanti sono risultati costituiti da ghiaie poligeniche ed eterometriche da fini a grossolane rilevate sino alla profondità di 18.15 m, con la presenza di alcuni livelli decimetrici metri di limi, limi-sabbiosi e sabbie. Alla profondità compresa tra 18.15 e 20.0 metri è presente un livello limoso a tratti argilloso..

Durante le operazioni di perforazione, in avanzamento, è stato prelevato, nei terreni coesivi, un campione indisturbato utilizzando un campionatore standard di tipo Shelby.

La quota di prelievo del campione indisturbato è risultata la seguente:

Sondaggio n°	Campioni n°	Profondità (m dal p.c.)
S1	CI 1	2,00 ÷ 2,50

Il campione indisturbato è stato immediatamente sigillato e consegnato allo scrivente per eventuali analisi di laboratorio, che in questa fase non sono state effettuate.

Sempre nel corso delle operazioni di perforazione e sempre in avanzamento, sono stati eseguiti, come concordato, un totale di 2 Prove Standard Penetration Test utilizzando campionatori Standard Raymond.

Le quote di ciascuna delle prove S.P.T. ed i risultati ottenuti sono i seguenti:

Sondaggio n°	Prova SPT n°	Profondità m da p.c.	N <sub>SPT</sub> colpi/piede
S1	1	4.50	50 R (11 cm)
S1	2	9.00	54

 		<b>S.P.T.</b> Standard Penetration Test	
Committente: c/o Dott. Masotti Giorgio		Certificato n. 223/11	
Località: Via delle Grazie Piumazzo di Castelfranco E.		Data emissione: 02/03/2011	
Cantiere: Piumazzo		Sondaggio: S1	
Impresa esecutrice: Intergeo S.r.l.			
Il Direttore del laboratorio Dott. Geol. Rino Guadagnini		Lo Sperimentatore Dott. Geol. Marco Vagnarelli	

S.P.T. N.	PUNTA A (aperta) C (chiusa)	PROFONDITÀ	N <sub>SPT</sub> colpi/piede	Data esecuzione
1	C	4,50÷4,61	Rif. (11 cm)	01-02/03/2011
2	C	9,00÷9,45	54	01-02/03/2011

Il sondaggio S1 è stato attrezzato con piezometro del tipo Norton da 2 pollici, cieco da p.c. a -14,00 m e fenestrato da -14,00 m a -20,00 m; piezometro al fine di potere monitorare la soggiacenza della falda idrica superficiale e la sua escursione temporale. Il livello della falda durante il sondaggio è risultata collocata a -1510 m dal piano di campagna.



La testa del piezometro è stata protetta da un pozzetto in cemento con chiusino in ghisa carrabile, all'interno del quale si trova un chiusino cilindrico in ferro munito di lucchetto; lo schema costruttivo è allegato alla litostratigrafia.

Tutti i campioni di terreno prelevati (carote) sono stati posti in apposite cassette catalogatrici in plastica a scomparti che sono state consegnate agli scriventi per la loro conservazione.

## 12 INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO

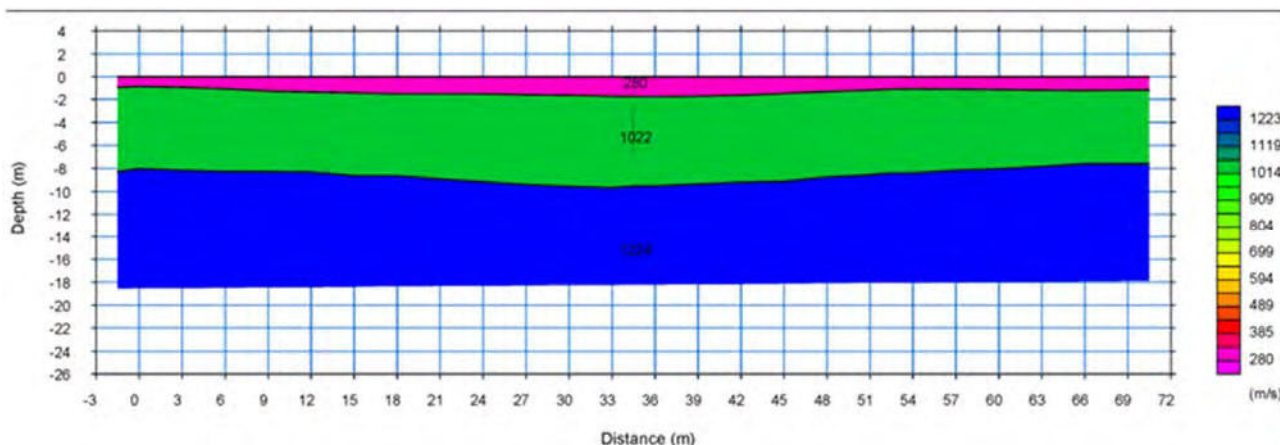
### 12.1 INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO A RIFRAZIONE

Al fine di determinare le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dalle opere di progetto, in data **09/03/2011** è stata eseguita **nr. 1 base sismica** a rifrazione con sistema di acquisizione a 24 canali.

Si riporta in allegato 3 l'elaborazione condotta e le caratteristiche dello stendimento sismico effettuato.

L'indagine ha evidenziato la presenza dello strato superficiale di copertura dei depositi ghiaiosi con velocità delle onde P pari mediamente a 280 m/s, seguito in profondità da due livelli con velocità medie nettamente superiori pari a 1022 e 1224 m/s, che corrispondono ai depositi ghiaiosi.

**Figura 34: SEZIONE INTERPRETATIVA**



### 12.2 INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO MASW

La determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio ( $V_s$ ) è stata effettuata mediante elaborazione con il metodo MASW. I risultati, riportati per esteso in allegato 3, evidenziano velocità delle  $V_s$  per i terreni di copertura alle ghiaie variabili da 243 a 312 m/s, mentre si registrano valori nettamente superiori per i depositi prevalentemente ghiaiosi sottostanti superiori a 405 m/s.

**Figura 35: TABELLA DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO E CARATTERISTICHE DEGLI STRATI IN PROFONDITA'**

G0: Modulo di deformazione al taglio (\*);

Ed: Modulo edometrico (\*);

M0: Modulo di compressibilità volumetrica (\*);

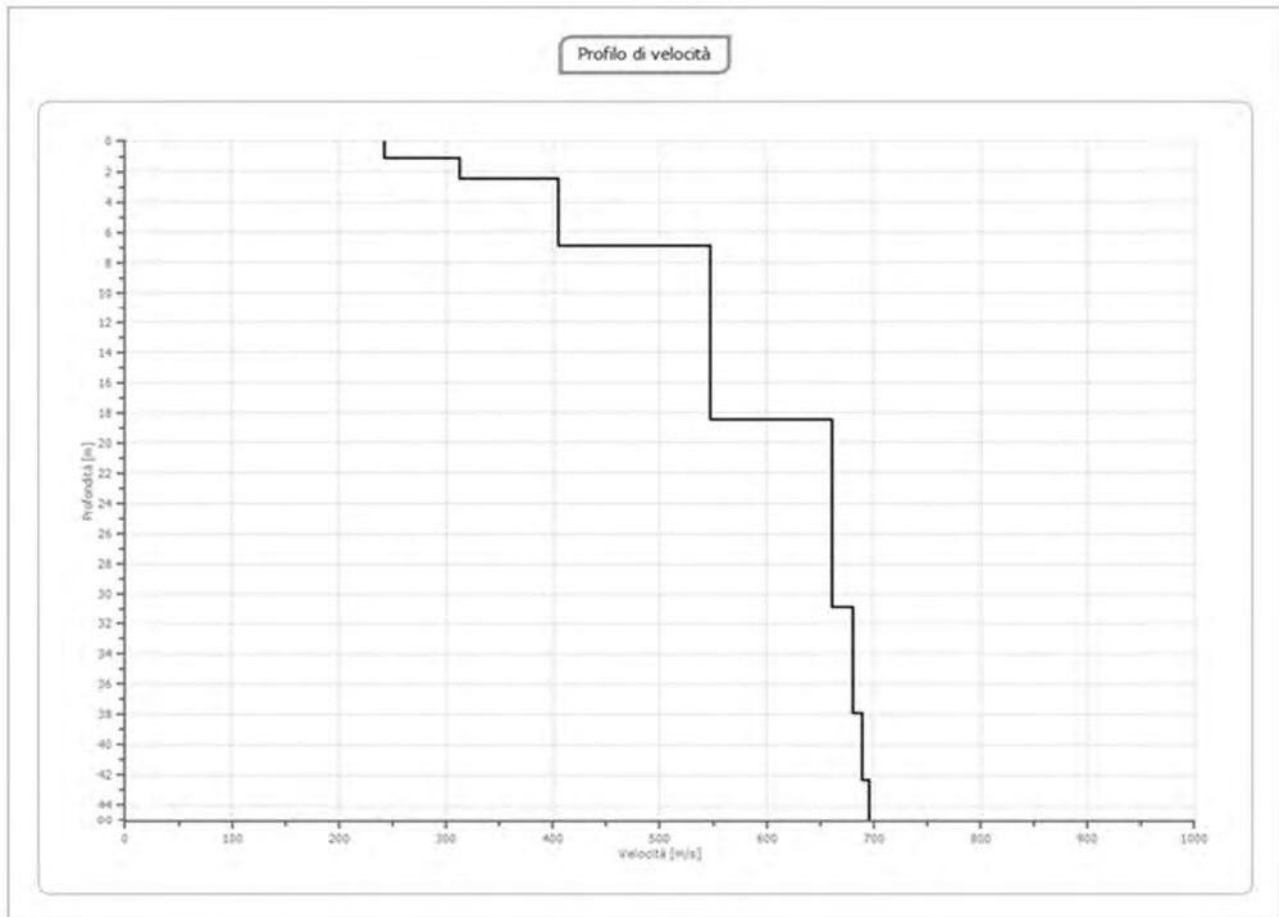
Ey: Modulo di Young (\*);

\*) Valori validi per piccolissime deformazioni comprese nel tratto lineare elastico del legame costitutivo dei materiali (deformazioni tangenziali inferiori alla soglia elastica).

N.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	densità [Kg/cm <sup>3</sup> ]	Coefficiente di Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.17	1.17	242.7	505.22	1800	0.35	106.03	459.44	318.08	286.27	N/A	2010.88
2	2.53	1.37	312.42	650.36	1810	0.35	176.67	765.56	530	477	N/A	N/A
3	6.94	4.41	405.12	661.55	1900	0.2	311.83	831.54	415.77	748.39	N/A	N/A
4	18.49	11.54	546.92	893.12	1910	0.2	571.33	1523.55	761.77	1371.19	N/A	N/A
5	30.9	12.41	661.47	1080.18	1920	0.2	840.09	2240.23	1120.11	2016.21	N/A	N/A
6	37.96	7.06	680.73	1111.62	1930	0.2	894.34	2384.91	1192.45	2146.42	N/A	N/A
7	42.37	4.41	688.86	1124.9	1940	0.2	920.57	2454.86	1227.43	2209.38	N/A	N/A
8	∞	∞	695.88	1136.36	1950	0.2	944.28	2518.07	1259.03	2266.26	0	N/A

Il profilo delle  $V_s$  ottenuto viene riportato nella figura seguente.

**Figura 36: ANDAMENTO DELLE ONDA DI TAGLIO IN PROFONDITA'**



In base al profilo delle Vs si è determinato un valore  $V_{s30}$  pari a **512 m/s** che determina una categoria di suolo di fondazione dell'area in esame ai sensi delle NTC2008 di **tipo B**: "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $cu_{,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).

### 12.3 INDAGINI GEOFISICHE HVSR

Al fine di valutare le caratteristiche sismiche dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area in esame sono state eseguite in data 22/06/2017 n° 3 registrazioni dei microtremori mediante tromografo digitale, denominate HVSR1, HVSR2 e HVSR3.

**Figura 37: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA INDAGINI HVSR**



**Figura 38: UBICAZIONE INDAGINI HVSR**



Lo strumento utilizzato è in grado di acquisire il rumore sismico, presente ovunque sulla superficie terrestre, e che risulta generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Il rumore, convenzionalmente suddiviso in microsisma (frequenze < 1Hz, sorgenti naturali lontane) e microtremore (frequenze > 1Hz, sorgenti antropiche locali) è costituito sia da onde di volume (onde P e onde S) sia da onde superficiali in proporzione variabile. Il microsisma è prevalentemente costituito da onde di Rayleigh mentre il microtremore oltre alle onde di volume contiene sia onde di Love sia onde di Rayleigh. I metodi che si basano sull'acquisizione del rumore sismico si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio nella sismica attiva. Nel tragitto dalla sorgente "s" al sito "x" le onde elastiche (sia di terremoto che di microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamento per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica di "ray tracing", è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore. Questa informazione è però "sepolta" all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune.

La tecnica maggiormente sfruttata per lo studio dei microtremori è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale e conosciuta come HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio). In breve la metodologia dei rapporti spettrali H/V permette di valutare la variazione di ellitticità dell'onda di Rayleigh in funzione della frequenza, permettendo così di ricavare la frequenza fondamentale di un sito. Tale parametro risulta essere legato alla presenza di una superficie di discontinuità con un sufficiente contrasto di impedenza sismica.

Il valore del picco rilevabile dalla curva H/V risulta essere inversamente proporzionale alla profondità dell'interfaccia e direttamente proporzionale alla velocità di propagazione delle onde S dei materiali sovrastanti l'interfaccia mediante la relazione:

$$f_0 = \frac{V_s}{4H}$$



Questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità che è solitamente disponibile almeno a livello di massima, è in grado di fornire previsioni sullo spessore  $h$  degli strati.

Le registrazioni del rumore sismico ambientale sono state effettuate mediante tromografo digitale della Micromed S.p.A. "Tromino", il quale permette sia l'acquisizione digitale in alta risoluzione in modo passivo e non intrusivo sia il pre-processing dei dati. È costituito da tre sensori elettrodinamici (velocimetri) ortogonali (N-S, E-W e in senso verticale) con autobloccaggio in fase di non acquisizione. Considerando il suolo come un corpo visco-elastico risulta possibile effettuare la misurazione delle frequenze proprie di oscillazione, riconosciute come funzioni delle proprietà meccaniche dei materiali e della morfologia attorno al sito in esame.

Le principali note tecniche di questo tromografo digitale sono di seguito esposte:

#### CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

<b>Voltaggio interno:</b> +3.3 V, +3.6 V per la sezione analogica
<b>Numero di canali:</b> 3+1 analogici
<b>Amplificatori:</b> tutti canali con input differenziali
<b>Rumore:</b> < 0.5 $\mu$ V r.m.s. @128 Hz sampling
<b>Impedenza dell'input:</b> 106 Ohm
<b>Range di frequenze:</b> DC - 360 Hz
<b>Frequenza di campionamento:</b> 16384 Hz per canale
<b>Frequenze di sovracampionamento:</b> 32x, 64x, 128x
<b>Conversione A/D:</b> equivalente a 24 bit
<b>Massimo input analogico:</b> 51.2 mV (781 nV/digit)
<b>Orologio:</b> interno, permanente con datario e allarme, può essere visualizzato anche durante l'acquisizione
<b>Livella:</b> a bolla d'aria, elevata precisione orizzontale, sensibilità 5' d'arco (0.083°)
<b>Conessioni:</b> porta USB, tipo B
<b>Registrazione dati:</b> memoria interna, standard 512 Mb, opzionale fino a 2 Gb
<b>Accoppiamento col terreno:</b> su punte e cuscinetto reologico
<b>Condizioni operative:</b> temperatura - 10 / +70°C, umidità 0-90% senza condensa
<b>Impermeabilità</b> indice di protezione IP = 65 (resistente alla polvere, resistente agli spruzzi)
<b>Sensori:</b> 3 velocimetri elettrodinamici ortogonali ad alta risoluzione autobloccaggio quando non in acquisizione

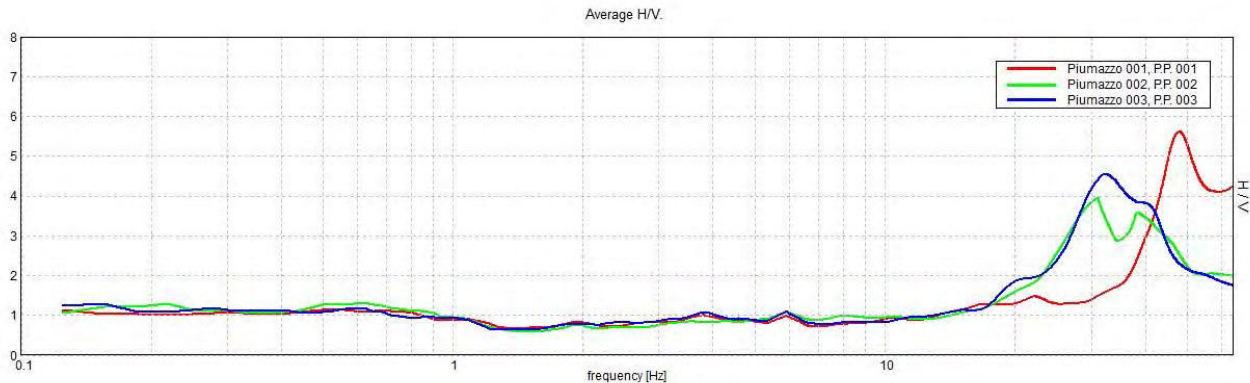
I risultati dell'analisi presentati in questo lavoro sono stati ottenuti col software Grilla in dotazione a TROMINO. In sintesi, il segnale dei velocimetri è acquisito in ciascun sito per un tempo  $t$  (20 min), e digitalizzato a 24 bit.

Il software Grilla, per ciascuna delle 3 componenti del moto:

1. divide il tracciato acquisito in finestre di lunghezza  $L$  (in questo lavoro generalmente 30 s),
2. elimina il trend da ciascuna finestra,
3. ne fa il "taper" con una finestra Bartlett,
4. fa il "pad" di ciascuna finestra con degli zero,
5. calcola la trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra,
6. calcola lo spettro di ampiezza per ciascuna finestra,
7. liscia lo spettro di ogni finestra secondo la funzione di lisciamento  $f$ , e calcola il rapporto spettrale HVSR ad ogni frequenza, per ciascuna finestra.

La funzione HVSR finale è data dalle media degli HVSR di ciascuna finestra. Per produrre l'HVSR finale le componenti orizzontali sono mediate tra loro con la media quadratica e vengono poi divise per la componente verticale. Tutti i grafici presentati in questo lavoro sono stati ottenuti con lisciamento secondo finestre triangolari con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale.

I risultati ottenuti sono riportati in allegato 4.

**Figura 39: HORIZONTAL TO VERTICAL RATIO**


Le indagini tomografiche n° 2 e 3, hanno rilevato la presenza di un contrasto di impedenza alle frequenze di 31.06 e 32.19 Hz, associabile al contatto tra i depositi superficiali ed il substrato ghiaioso che raggiunge ampiezze anche superiori a 4. Per frequenze minori il rapporto H/V rimane pari a circa 1, evidenziano un incremento lineare delle velocità delle onde S in profondità.

L'indagine n° 1 ha fornito risultati scadenti e non elaborabili probabilmente per interferenze di natura elettromagnetica.

### 13 AZIONE SISMICA DA N.T.C. 2008

Il D.M. del 14.01.2008 prescrive che le azioni sismiche su ciascuna struttura sono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_r$ , ricavato moltiplicando la vita nominale dell'opera  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ , definito al variare della classe d'uso dell'opera stessa.

**Figura 40: TABELLA VITA NOMINALE DELL'OPERA (DA N.T.C. 2008)**

Tipi di costruzione		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

**Figura 41: TABELLA CLASSI D'USO DELLE COSTRUZIONE (DA N.T.C. 2008)**

<i>Classe I:</i>	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II:</i>	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in <i>Classe d'uso III</i> o in <i>Classe d'uso IV</i> , reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<i>Classe III:</i>	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in <i>Classe d'uso IV</i> . Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
<i>Classe IV:</i>	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

**Figura 42: TABELLA COEFFICIENTI D'USO (DA N.T.C. 2008)**

 Tabella 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$ 

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0.7	1	1.5	2

La presente normativa stabilisce che gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso. Gli stati limite di esercizio sono lo Stato Limite di Operatività (SLO) e lo Stato Limite di Danno (SLD), mentre gli stati limite ultimi sono lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) e lo Stato Limite di Collasso (SLC). Il D.M. 14.01.2008 stabilisce che ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa

sulle categorie di sottosuolo di riferimento e sulle condizioni topografiche del sito. Ai fini dell'identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si essere effettua in base ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,30}$  entro i primi 30 m di profondità. Nei casi in cui tale determinazione non sia possibile, la classificazione può essere effettua in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test)  $N_{SPT,30}$  nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente  $c_{u,30}$  nei terreni prevalentemente a grana fina.

La velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,30}$  è definita dall'espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [m/s]$$

la resistenza penetrometrica dinamica equivalente  $N_{SPT,30}$  è definita dall'espressione:

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{N_{SPT,i}}}$$

la resistenza non drenata equivalente  $c_{u,30}$  è definita dall'espressione:

$$c_{u,30} = \frac{\sum_{i=1,K} h_i}{\sum_{i=1,K} \frac{h_i}{c_{u,i}}}$$

dove  $h_i$ ,  $V_{s,i}$ ,  $N_{SPT,i}$  e  $c_{u,i}$  sono rispettivamente lo spessore, la velocità delle onde di taglio  $V_s$ , il numero di colpi  $N_{SPT}$  e la resistenza non drenata  $c_u$  nell' $i$ -esimo strato compreso nei primi **30 m di profondità**.

Le categorie di sottosuolo di riferimento sono:

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

La normativa prevede due categorie aggiuntive di sottosuolo per le quali è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno:

S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30} < 100$ m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili a liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Per quanto riguarda le condizioni topografiche, per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Ai fini della normativa, l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti trasversali, due orizzontali e una verticale, da considerarsi tra di loro indipendenti. Queste componenti possono essere descritte mediante accelerazione massima attesa in superficie, accelerazione massima e relativo spettro di risposta atteso in superficie, accelerogrammi. Lo spettro di risposta elastica in accelerazione è espresso da una forma spettrale riferita a uno smorzamento del 5%, moltiplicata per l'accelerazione orizzontale massima  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale.



Lo spettro di risposta elastico orizzontale è definito in base al valore dell'accelerazione  $a_g$  relativa alla zona indagata, moltiplicata per un coefficiente S che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche.

Per un determinato sito il moto sismico è definito da uno spettro di risposta elastico la cui espressione dipende, tramite opportuni coefficienti numerici, dall'accelerazione orizzontale massima al sito ( $a_g$ ), dal valore massimo di accelerazione dello spettro orizzontale ( $F_0$ ) e dal periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale ( $T_C^*$ ). Questi tre coefficienti variano secondo le coordinate del sito, dalla vita di riferimento della struttura e dalla probabilità di superamento della vita di riferimento.

Sulla base del reticolo sismico di riferimento nazionale sono stati calcolati, mediante apposito software, i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_r$  associati a ciascun periodo di ritorno di riferimento e stato limite.

Più precisamente è stata suddivisa l'area in due settori come si seguito riportato:

Area a destinazione commerciale

Area a destinazione residenziale

Si riportano di seguito le verifiche secondo la suddivisione riportata in precedenza.

### 13.1 AREA A DESTINAZIONE COMMERCIALE

Per la determinazione delle azioni sismiche di progetto è necessario definire la pericolosità sismica di base. Il D.M. 14/01/2008 al punto 3.2 "Azione sismica" definisce che la pericolosità sismica locale è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido e con superficie topografica orizzontale (suolo di tipo A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$ , nel periodo di riferimento  $V_R$ .

Per il lotto in esame a destinazione commerciale, le forme spettrali dovranno essere definite, per ciascuna delle Probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , per i vari Periodi di ritorno  $T_R$ .

Nel caso in esame si può attribuire una classe d'uso III e di conseguenza un coefficiente d'uso della costruzione ( $c_u$ ) pari a 1.5, stabilendo una vita nominale della costruzione ( $V_n$ ) pari a 50 anni; pertanto il Periodo di riferimento  $V_R$  ( $V_n \cdot c_u$ ) risulta pari a 75 anni.

Di seguito viene riportata la tabella che individua, per i diversi stati limite, le probabilità di superamento nel Periodo di riferimento  $V_R$ .

Stati limite		DEFINIZIONE	$P_{VR}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;	81%
	SLD	Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature	63%
Stati limite ultimi	SLV	Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;	10%
	SLC	Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.	5%

Sulla base delle Probabilità di superamento  $P_{VR}$  individuate da normativa per ogni stato limite considerato e riportate nella tabella precedente, sono stati calcolati i valori del tempo di ritorno  $T_R$  ed i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C$  associati a ciascuno stato limite.

Partendo dai valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C$  e considerando la categoria del suolo di fondazione di tipo B ed una categoria topografica

T1, sono stati calcolati i parametri utilizzati per la costruzione dello Spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale per i diversi stati limite.

<b>Sito in esame</b>			
Latitudine (ED50): 44,542659		Longitudine (ED50) : 11.065531	
Classe: 3		Vita nominale: 75	
<b>Siti di riferimento</b>			
Sito 1	ID: 16504	Lat: 44,5595Lon: 11,0353	Distanza: 3039,412
Sito 2	ID: 16505	Lat: 44,5609Lon: 11,1054	Distanza: 3756,007
Sito 3	ID: 16726	Lat: 44,5110Lon: 11,1073	Distanza: 4838,268
Sito 4	ID: 16727	Lat: 44,5095Lon: 11,0373	Distanza: 4309,778
<b>Parametri sismici</b>			
Categoria sottosuolo: B		Categoria topografica: T1	
Periodo di riferimento: 50 anni		Coefficiente cu: 1.5	
<b>Stati limite</b>	<b>Probabilità di superamento</b>		<b>Tempo di ritorno (anni)</b>
SLO	81%		45
SLD	63%		75
SLV	10%		712
SVC	5%		1462

#### **Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLO
$a_g$	0.061 g
$F_0$	2.499
$T_c$	0.267 s
$S_s$	1.200
$C_c$	1.433
$S_T$	1.000
$q$	1.000

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0.076 g
$F_0$	2.482
$T_c$	0.276 s
$S_s$	1.200
$C_c$	1.423
$S_T$	1.000
$q$	1.000

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.187 g
$F_0$	2.390
$T_c$	0.309 s
$S_s$	1.200
$C_c$	1.391
$S_T$	1.000
$q$	1.000

STATO LIMITE	SLC
$a_g$	0.236 g
$F_0$	2.421
$T_c$	0.317 s
$S_s$	1.172
$C_c$	1.385
$S_T$	1.000
$q$	1.000

#### **Parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

STATO LIMITE	SLO
S	1.200
$\eta$	1.000
$T_B$	0.127 s
$T_c$	0.382 s
$T_D$	1.843 s

STATO LIMITE	SLD
S	1.200
$\eta$	1.000
$T_B$	0.131 s
$T_c$	0.393 s
$T_D$	1.903 s

STATO LIMITE	SLV
S	1.200
$\eta$	1.000
$T_B$	0.143 s
$T_c$	0.430 s
$T_D$	2.347 s

STATO LIMITE	SLD
S	1.172
$\eta$	1.000
$T_B$	0.146 s
$T_c$	0.438 s
$T_D$	2.544 s

#### **Coefficienti sismici**

STATO LIMITE	SLO
$K_h$	0.015
$K_v$	0.007
A max	0.073
Beta	0.200

STATO LIMITE	SLD
$K_h$	0.018
$K_v$	0.009
A max	0.091
Beta	0.200

STATO LIMITE	SLV
$K_h$	0.057
$K_v$	0.027
A max	0.224
Beta	0.240

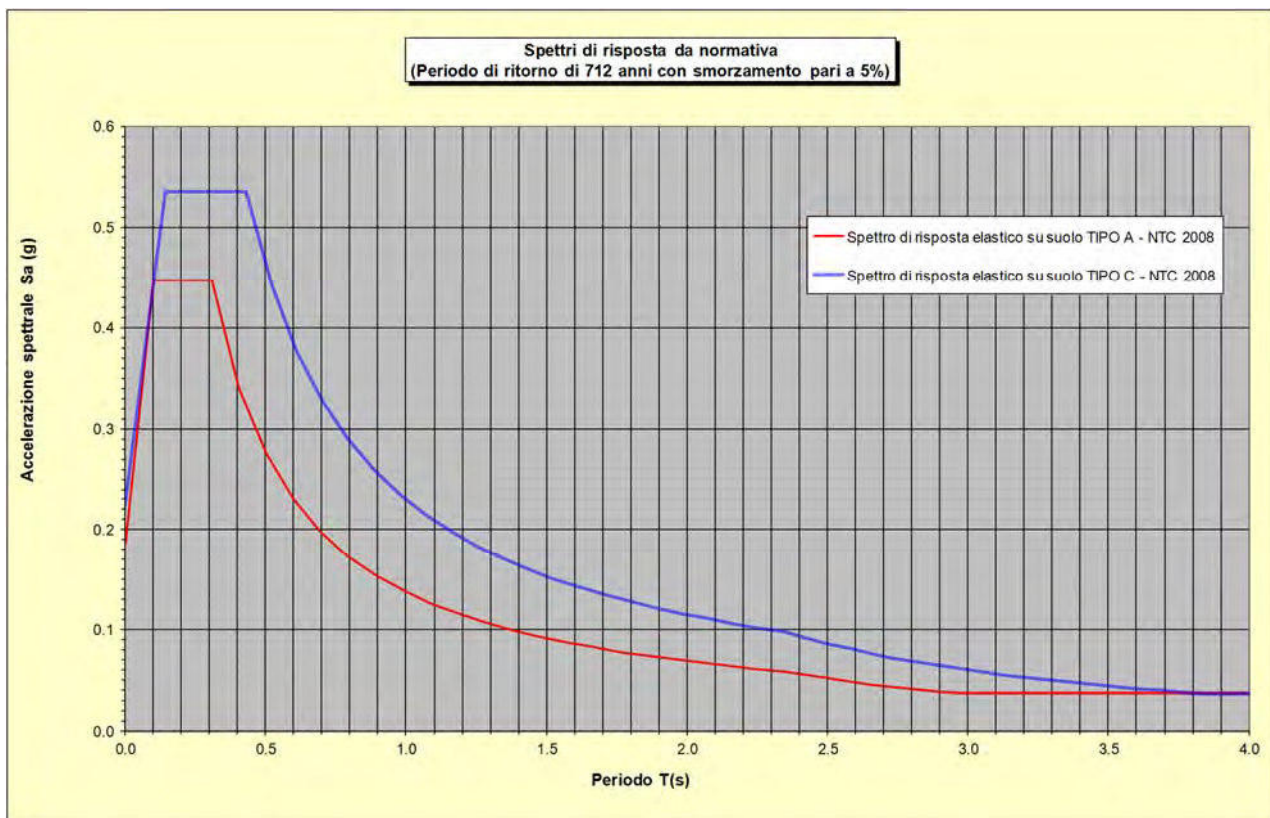
STATO LIMITE	SLD
$K_h$	0.077
$K_v$	0.039
A max	0.276
Beta	0.280

Dove  $K_h$  e  $K_v$  sono i coefficienti sismici, orizzontale e verticale, per il sito in esame, calcolati, nei diversi stati limite, mediante il coefficiente di riduzione sismica Beta (funzione della categoria di suolo). Noti i parametri di pericolosità sismica si possono calcolare gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti orizzontali delle azioni sismiche di progetto per il sito in esame, ai sensi del D.M. 14/01/2008, e riportati nella figura sottostante e riferiti allo stato limite SLV.

**Figura 43: SPETTRI DI RISPOSTA COMPONENTE ORIZZONTALE (Tr 712 ANNI)**

Spettro di risposta elastico su suolo TIPO A - NTC 2008		Spettro di risposta elastico su suolo TIPO B - NTC 2008	
0.000	0.187	0.000	0.224
0.103	0.447	0.143	0.536
0.309	0.447	0.430	0.536
0.406	0.340	0.521	0.442
0.503	0.274	0.612	0.376
0.600	0.230	0.704	0.327
0.697	0.198	0.795	0.290
0.794	0.174	0.886	0.260
0.891	0.155	0.978	0.236
0.988	0.140	1.069	0.215
1.085	0.127	1.160	0.198
1.182	0.117	1.252	0.184
1.280	0.108	1.343	0.171
1.377	0.100	1.434	0.161
1.474	0.094	1.526	0.151
1.571	0.088	1.617	0.142
1.668	0.083	1.708	0.135
1.765	0.078	1.800	0.128
1.862	0.074	1.891	0.122
1.959	0.070	1.982	0.116
2.056	0.067	2.073	0.111
2.153	0.064	2.165	0.106
2.250	0.061	2.256	0.102
2.347	0.059	2.347	0.098
2.426	0.055	2.426	0.092
2.505	0.052	2.505	0.086
2.584	0.048	2.584	0.081
2.662	0.046	2.662	0.076
2.741	0.043	2.741	0.072
2.820	0.041	2.820	0.068
2.898	0.039	2.898	0.064
2.977	0.037	2.977	0.061
3.056	0.037	3.056	0.058
3.134	0.037	3.134	0.055
3.213	0.037	3.213	0.052
3.292	0.037	3.292	0.050
3.370	0.037	3.370	0.048
3.449	0.037	3.449	0.045
3.528	0.037	3.528	0.043
3.607	0.037	3.607	0.042
3.685	0.037	3.685	0.040
3.764	0.037	3.764	0.038
3.843	0.037	3.843	0.037
3.921	0.037	3.921	0.037
4.000	0.037	4.000	0.037





La PGA attesa al sito è pari a 0,224 g con un fattore di amplificazione di natura stratigrafica pari a 1,20.

### 13.2 AREA A DESTINAZIONE RESIDENZIALE

Per la determinazione delle azioni sismiche di progetto è necessario definire la pericolosità sismica di base. Il D.M. 14/01/2008 al punto 3.2 "Azione sismica" definisce che la pericolosità sismica locale è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido e con superficie topografica orizzontale (suolo di tipo A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$ , nel periodo di riferimento  $V_R$ .

A titolo di esempio viene considerato il settore residenziale collocato a ovest dell'area.

Nel caso in esame si può attribuire una classe d'uso II e di conseguenza un coefficiente d'uso della costruzione ( $c_u$ ) pari a 1, stabilendo una vita nominale della costruzione ( $V_n$ ) pari a 50 anni; pertanto il Periodo di riferimento  $V_R$  ( $V_n \cdot c_u$ ) risulta pari a 50 anni.

Di seguito viene riportata la tabella che individua, per i diversi stati limite, le probabilità di superamento nel Periodo di riferimento  $V_R$ .

Sulla base delle Probabilità di superamento  $P_{VR}$  individuate da normativa per ogni stato limite considerato e riportate nella tabella precedente, sono stati calcolati i valori del tempo di ritorno  $T_R$  ed i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c$  associati a ciascuno stato limite. Partendo dai valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c$  e considerando la categoria del suolo di fondazione di tipo B ed una categoria topografica T1, sono stati calcolati i parametri utilizzati per la costruzione dello Spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale per i diversi stati limite.

<b>Sito in esame</b>			
Latitudine (ED50): 44,543316		Longitudine (ED50) : 11,064222	
Classe: 2		Vita nominale: 50	
Siti di riferimento			
Sito 1	ID: 16504	Lat: 44,5595 Lon: 11,0353	Distanza: 2912,680
Sito 2	ID: 16505	Lat: 44,5609 Lon: 11,1054	Distanza: 3805,454
Sito 3	ID: 16726	Lat: 44,5110 Lon: 11,1073	Distanza: 4962,655
Sito 4	ID: 16727	Lat: 44,5095 Lon: 11,0373	Distanza: 4320,198
Parametri sismici			
Categoria sottosuolo:	B	Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	50 anni	Coefficiente $c_u$ :	1

Stati limite	Probabilità di superamento	Tempo di ritorno (anni)
SLO	81%	30
SLD	63%	50
SLV	10%	475
SVC	5%	975

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
ag	0.051 g
F0	2.486
Tc	0.256 s
Ss	1.200
Cc	1.445
ST	1.000
q	1.000

STATO LIMITE	SLD
ag	0.064 g
F0	2.502
Tc	0.270 s
Ss	1.200
Cc	1.429
ST	1.000
q	1.000

STATO LIMITE	SLV
ag	0.163 g
F0	2.369
Tc	0.304 s
Ss	1.200
Cc	1.396
ST	1.000
q	1.000

STATO LIMITE	SLC
ag	0.208 g
F0	2.407
Tc	0.312 s
Ss	1.200
Cc	1.388
ST	1.000
q	1.000

### Parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

STATO LIMITE	SLO
S	1.200
$\eta$	1.000
T <sub>B</sub>	0.123 s
T <sub>C</sub>	0.370 s
T <sub>D</sub>	1.806 s

STATO LIMITE	SLD
S	1.200
$\eta$	1.000
T <sub>B</sub>	0.129 s
T <sub>C</sub>	0.386 s
T <sub>D</sub>	1.855 s

STATO LIMITE	SLV
S	1.200
$\eta$	1.000
T <sub>B</sub>	0.141 s
T <sub>C</sub>	0.424 s
T <sub>D</sub>	2.251 s

STATO LIMITE	SLD
S	1.200
$\eta$	1.000
T <sub>B</sub>	0.145 s
T <sub>C</sub>	0.434 s
T <sub>D</sub>	2.432 s

### Coefficienti sismici

STATO LIMITE	SLO
K <sub>h</sub>	0.012
K <sub>v</sub>	0.006
A max	0.062
Beta	0.200

STATO LIMITE	SLD
K <sub>h</sub>	0.015
K <sub>v</sub>	0.008
A max	0.076
Beta	0.200

STATO LIMITE	SLV
K <sub>h</sub>	0.047
K <sub>v</sub>	0.023
A max	0.195
Beta	0.240

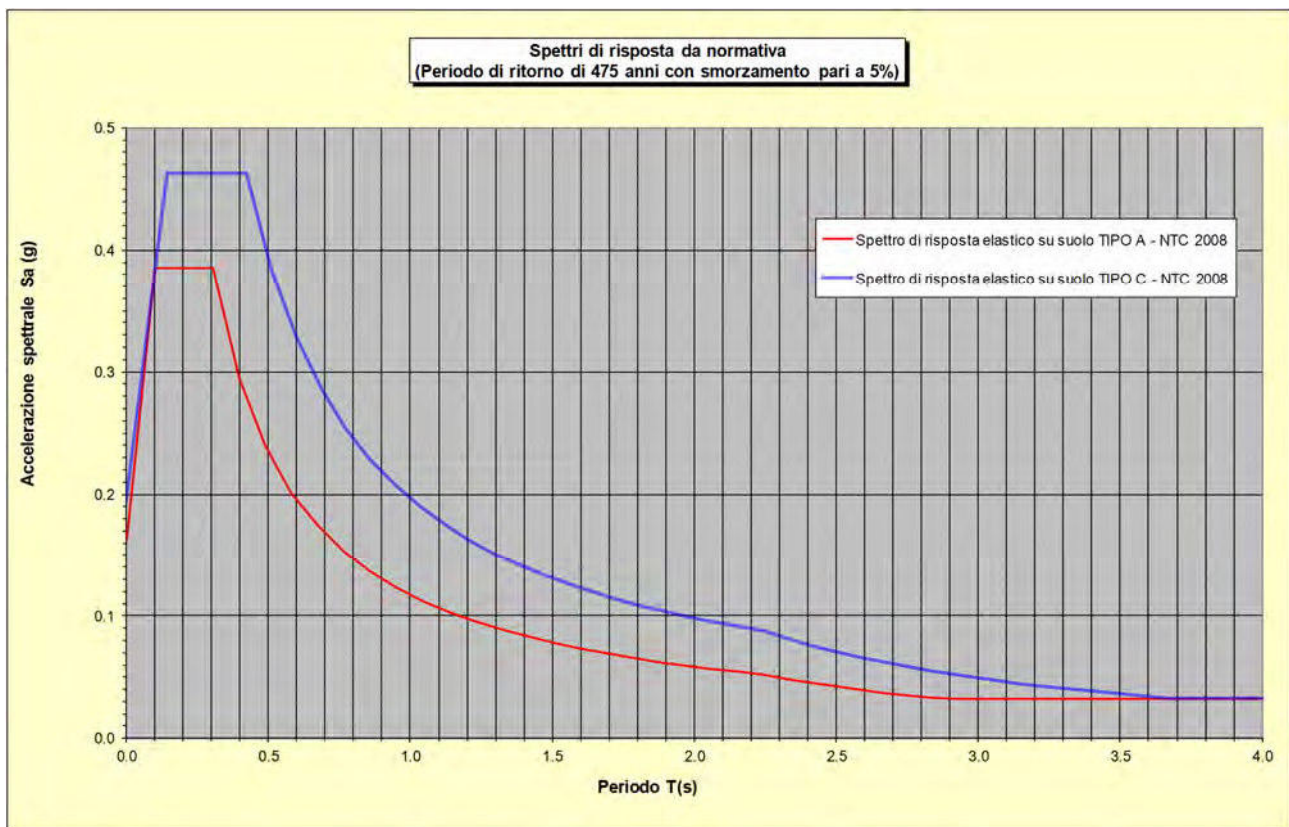
STATO LIMITE	SLD
K <sub>h</sub>	0.070
K <sub>v</sub>	0.035
A max	0.249
Beta	0.280

Dove K<sub>h</sub> e K<sub>v</sub> sono i coefficienti sismici, orizzontale e verticale, per il sito in esame, calcolati, nei diversi stati limite, mediante il coefficiente di riduzione sismica Beta (funzione della categoria di suolo). Noti i parametri di pericolosità sismica si possono calcolare gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti orizzontali delle azioni sismiche di progetto per il sito in esame, ai sensi del D.M. 14/01/2008, e riportati nella figura sottostante e riferiti allo stato limite SLV.

**Figura 44: SPETTRI DI RISPOSTA COMPONENTE ORIZZONTALE (Tr 475 ANNI)**

Spettro di risposta elastico su suolo TIPO A - NTC 2008		Spettro di risposta elastico su suolo TIPO B - NTC 2008	
0.000	0.163	0.000	0.195
0.101	0.386	0.141	0.463
0.304	0.386	0.424	0.463
0.397	0.296	0.511	0.384
0.489	0.240	0.598	0.328
0.582	0.201	0.685	0.287
0.675	0.174	0.772	0.254
0.768	0.153	0.859	0.229
0.860	0.136	0.946	0.207
0.953	0.123	1.033	0.190
1.046	0.112	1.120	0.175
1.138	0.103	1.207	0.163
1.231	0.095	1.294	0.152
1.324	0.089	1.381	0.142
1.417	0.083	1.468	0.134
1.509	0.078	1.555	0.126
1.602	0.073	1.642	0.120
1.695	0.069	1.729	0.114
1.788	0.066	1.816	0.108
1.880	0.062	1.903	0.103
1.973	0.059	1.990	0.099
2.066	0.057	2.077	0.095
2.158	0.054	2.164	0.091
2.251	0.052	2.251	0.087
2.334	0.048	2.334	0.081
2.418	0.045	2.418	0.076
2.501	0.042	2.501	0.071
2.584	0.040	2.584	0.066
2.668	0.037	2.668	0.062
2.751	0.035	2.751	0.058
2.834	0.033	2.834	0.055
2.917	0.033	2.917	0.052
3.001	0.033	3.001	0.049
3.084	0.033	3.084	0.046
3.167	0.033	3.167	0.044
3.251	0.033	3.251	0.042
3.334	0.033	3.334	0.040
3.417	0.033	3.417	0.038
3.500	0.033	3.500	0.036
3.584	0.033	3.584	0.034
3.667	0.033	3.667	0.033
3.750	0.033	3.750	0.033
3.833	0.033	3.833	0.033
3.917	0.033	3.917	0.033
4.000	0.033	4.000	0.033





La PGA attesa al sito è pari a 0,195 g con un fattore di amplificazione di natura stratigrafica pari a 1,20.

## 14 MODELLO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Sulla base delle indagini geognostiche di tipo penetrometrico dinamico correlate con le indagini geofisiche di tipo sismico a rifrazione è stato redatto il modello litostratigrafico locale, tenendo anche in considerazione delle numerose indagini di cui si dispone effettuate nella zona.

Litologicamente si è evidenziata la presenza di un modesto strato avente uno spessore massimo pari a 3.00 ml. di terreni in parte coesivi di natura argilloso-limosa a copertura di un banco ghiaioso estremamente addensato arealmente continuo e di spessore pari a circa superiore ai 50 metri, con intercalazioni di alcuni livelli limosi e limo.

Da un punto di vista geotecnico lo strato di copertura si è rivelato ben drenato e consistente, anche a causa dell'opera di essiccazione comportata dalla presenza di alberature ad alto fusto con valori di Rd (resistenza dinamica alla punta) pari o superiori a 30 kg/cm<sup>2</sup> seguiti in profondità dai terreni granulari grossolani rappresentati da ghiaie in matrice prevalentemente costituita da sabbie più o meno grossolane con limi ed subordinatamente argille, caratterizzati da una resistenza alla punta sempre molto elevata e tendenzialmente crescente con la profondità, evidenziandosi valori di Rd superiore a 300 kg/cm<sup>2</sup> già al tetto dello strato.

Dalla situazione rilevata si evince che da un punto di vista geotecnico non sussistono controindicazioni alle previsioni di progetto, con la necessità comunque di opportuni approfondimenti geognostici nelle specifiche aree d'intervento, soprattutto in corrispondenza delle strutture esistenti che saranno demolite.

All'interno del foro penetrometrico le aste sono risultate asciutte, è pertanto non è stato possibile la misura diretta della falda freatica presente che comunque è stata possibile l'effettuazione di una misura all'interno della tubazione piezometrica posata in corrispondenza del sondaggio geognostico che si è riscontrato che la falda si attesta a profondità di circa 15,10 m da p.c. escludendo quindi interazione con l'intervento edilizio pur considerando la massima escursione prevedibile.

Si riportano di seguito alcune indicazioni preliminari relative alle eventuali opere edilizie:

- Le scarpate di scavo per la realizzazione di opere interrato dovranno presentare pendenze non superiori a 45°;

- a piano di sbancamento e livellamento ultimato sarà necessario accertare la litologia dei terreni di fondazione, finalizzata all'effettiva valutazione della capacità portante dei terreni, con esecuzione di indagini di dettaglio
- le strutture di fondazione nel caso di raggiungimento degli strati ghiaiosi rilevati durante le fasi di indagine geognostica/geofisica potranno essere del tipo superficiale dimensionate in via preliminare con valori massimi non superiori a 140 kN/m<sup>2</sup>, anche se non si escludono valori di carico trasmessi alle fondazioni superiori, previa verifica da parte del tecnico calcolatore delle geometrie di fondazione dei cedimenti assoluti e/o differenziali.
- durante i lavori di scavo si dovranno realizzare le corrette pendenze in modo da evitare la formazione di ristagni d'acqua, al fine di garantire il corretto deflusso delle acque superficiali
- raccolta con condotte a tenuta di tutte le acque reflue e loro convogliamento a collettore fognario al fine di evitare fenomeni di inquinamento della falda.

## 15 CONCLUSIONI

La presente relazione è stata redatta dallo scrivente ed è finalizzata a verificare la fattibilità geologica, geotecnica, idrogeologica e sismica della proposta di modifica dell'ambito 73 AN "PIUMAZZO KIWI" rispetto all'assetto urbanistico definito dalla seconda variante al P.O.C. del Comune di Castelfranco Emilia.

Con riferimento a quanto reperito durante le fasi di ricerca bibliografica integrate successivamente con il rilievo geologico/geomorfológico e con le indagini geognostiche e geofisiche eseguite sul lotto in esame, si esprime **parere positivo** per quanto di competenza relativamente agli interventi di variante urbanistica secondo quanto riportato nei capitoli precedenti della presente relazione

Durante le fasi di progettazione esecutiva degli interventi è necessario provvedere alla redazione delle relazioni geologiche-geotecniche da parte di professionista abilitato a corredo del progetto esecutivo.

Nello studio geologico-geotecnico esecutivo potrà essere comunque valutata la possibilità di adottare tipologie di fondazioni diverse da quelle indicate in questa sede.

La presente relazione è stata redatta ai sensi della Circolare Regionale n. 1288 dell'11 Febbraio 1983, della Circolare regionale n° 3891/AT.SU del 21 Marzo 1974, della Delibera di Giunta Regionale n. 1667 del 24 Ottobre 2005, e di quanto previsto, per quel che concerne gli aspetti sismici, dal D.M. 14/01/2008 e dalla Delibera di Giunta Regionale n° 2193/2015.

A Vs. disposizione per ogni chiarimento e/o informazione si porgono distinti saluti.

Vignola, 24/06/2017

(Dott. Geol. Giorgio Masotti)



**PIANO OPERATIVO COMUNALE (P.O.C.)**

**AMBITO 73 AN "PIUMAZZO KIWI"**

**PROPOSTA DI MODIFICA DEL COMPARTO RISPETTO ALL'ASSETTO URBANISTICO DEFINITO DALLA  
SECONDA VARIANTE DI P.O.C. (DELIBERAZIONE DI CONSIGLIO COMUNALE NR. 94 DEL 12/05/2011)**

**ALLEGATO 1**

**ELABORAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE DI TIPO  
PENETROMETRICO AD INFISSIONE DINAMICA**



## INDAGINI PENETROMETRICHE AD INFISSIONE DINAMICA

Committente: Building Srl - Alleanza Coop 3.0 Cantiere: Castelfranco Emilia Località: Piumazzo	
--	--

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	72.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	6 Kg
Diametro punta conica	50.46 mm
Area di base punta	20 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	7 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1.15
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DMP 3020 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0.20 m
Peso sistema di battuta	15.25 Kg
Diametro punta conica	35.68 mm
Area di base punta	10 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2.4 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0.783
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

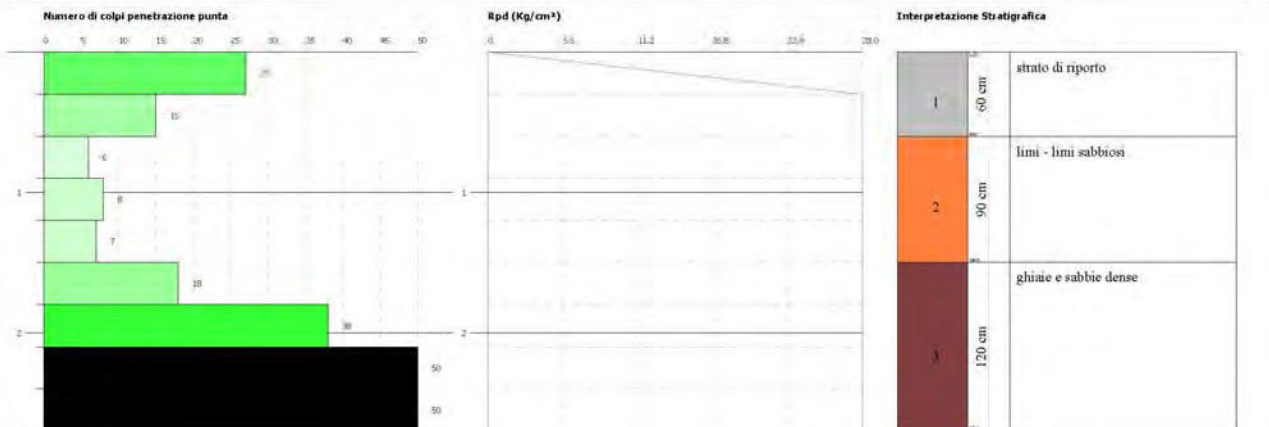
**PROVA ...SCPT 1**

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 09/03/2011  
 Profondità prova 2.70 mt  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 1**  
 Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

 Committente: Building Srl - Alcega Coop 3.0  
 Cantiere: Castelluccio Emilia  
 Località: Piumazzo

Data: 09/03/2011



Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.30	27	0.753	156.17	207.48	7.81	10.37
0.60	15	0.797	91.87	115.27	4.59	5.76
0.90	6	0.842	35.86	42.62	1.79	2.13
1.20	8	0.836	47.52	56.82	2.38	2.84
1.50	7	0.831	41.33	49.72	2.07	2.49
1.80	18	0.776	99.26	127.85	4.96	6.39
2.10	38	0.672	168.53	250.93	8.43	12.55
2.40	90	0.617	366.77	594.30	18.34	29.71
2.70	100	0.613	404.67	660.33	20.23	33.02

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.6	21	161.38	Incoerente	0	2.06	2.47	0.06	1.15	24.15	strato di riporto
1.5	7	49.71999	Coesivo	0	1.9	1.91	0.21	1.15	8.05	limi - limi sabbiosi
2.7	61.5	408.35	Incoerente	0	2.41	2.5	0.44	1.15	70.72	ghiaie e sabbie dense

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SCPT 1**  
**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato (2) limi - limi sabbiosi	8.05	0.60-1.50	Terzaghi-Peck	0.54

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	8.05	0.60-1.50	Robertson (1983)	16.10

**Modulo Edometrico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	8.05	0.60-1.50	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	83.90

**Modulo di Young**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	8.05	0.60-1.50	Apollonia	80.50

**Classificazione AGI**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (2) limi - limi sabbiosi	8.05	0.60-1.50	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	8.05	0.60-1.50	Meyerhof	1.90

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	8.05	0.60-1.50	Meyerhof	1.91

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) limi - limi sabbiosi	8.05	0.60-1.50	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	99.06

**TERRENI INCOERENTI**
**Densità relativa**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) strato di riporto	24.15	0.00-0.60	24.15	Meyerhof 1957	100
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	70.72	1.50-2.70	70.72	Meyerhof 1957	100

**Angolo di resistenza al taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) strato di riporto	24.15	0.00-0.60	N1,60=0	Wolff (1989) N160	27.1
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	70.72	1.50-2.70	N1,60=0	Wolff (1989) N160	27.1



**Modulo di Young**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) strato di riporto	24.15	0.00-0.60	24.15	Bowles (1982) Sabbia Media	195.75
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	70.72	1.50-2.70	70.72	Bowles (1982) Sabbia Media	428.60

**Modulo Edometrico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) strato di riporto	24.15	0.00-0.60	24.15	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	77.07
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	70.72	1.50-2.70	70.72	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	172.73

**Classificazione AGI**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) strato di riporto	24.15	0.00-0.60	24.15	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	70.72	1.50-2.70	70.72	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

**Peso unità di volume**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) strato di riporto	24.15	0.00-0.60	24.15	Meyerhof ed altri	1.64
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	70.72	1.50-2.70	70.72	Meyerhof ed altri	1.94

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) strato di riporto	24.15	0.00-0.60	24.15	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.02
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	70.72	1.50-2.70	70.72	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.21

**Modulo di Poisson**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) strato di riporto	24.15	0.00-0.60	24.15	(A.G.I.)	0.31
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	70.72	1.50-2.70	70.72	(A.G.I.)	0.21

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) strato di riporto	24.15	0.00-0.60	24.15	Ohsaki (Sabbie pulite)	1296.75
Strato (3)	70.72	1.50-2.70	70.72	Ohsaki (Sabbie)	3560.27

ghiaie e sabbie dense					pulite)
-----------------------	--	--	--	--	---------

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) strato di riporto	24.15	0.00-0.60	24.15	Ohta & Goto (1978) Limi	94.07
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	70.72	1.50-2.70	70.72	Ohta & Goto (1978) Limi	164.92

**Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \sigma_H / P_0$** 

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$K_0$
Strato (1) strato di riporto	24.15	0.00-0.60	24.15	Navfac 1971-1982	4.74
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	70.72	1.50-2.70	70.72	Navfac 1971-1982	11.93

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) strato di riporto	24.15	0.00-0.60	24.15	Robertson 1983	48.30
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	70.72	1.50-2.70	70.72	Robertson 1983	141.44

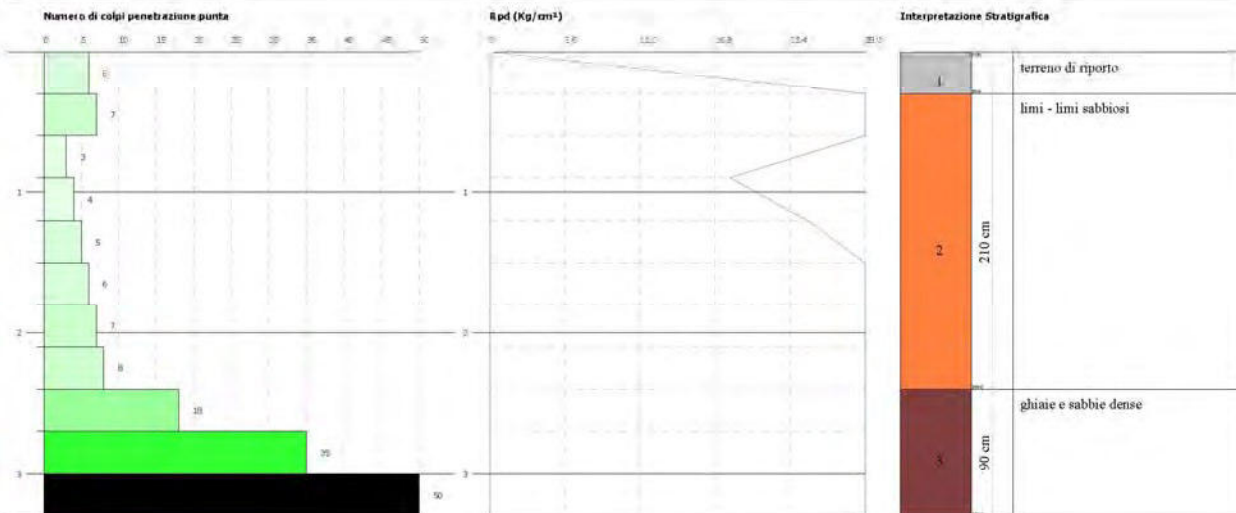
**PROVA ...SPT 2**

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 09/03/2011  
 Profondità prova 3.30 mt  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SPT 2**  
**Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)**

 Committente: Building Srl - Alleanza Coop 2.0  
 Cantiere: Castell'Alcino Emilia  
 Località: Piumazzo

Data: 09/03/2011



Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.30	6	0.853	39.32	46.11	1.97	2.31
0.60	7	0.847	45.56	53.79	2.28	2.69
0.90	3	0.842	17.93	21.31	0.90	1.07
1.20	4	0.836	23.76	28.41	1.19	1.42
1.50	5	0.831	29.52	35.52	1.48	1.78
1.80	6	0.826	35.22	42.62	1.76	2.13
2.10	7	0.822	37.98	46.22	1.90	2.31
2.40	8	0.817	43.17	52.83	2.16	2.64
2.70	18	0.763	90.67	118.86	4.53	5.94
3.00	35	0.659	142.22	215.93	7.11	10.80
3.30	100	0.605	373.05	616.93	18.65	30.85

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.3	6	46.11	Incoerente	0	1.62	1.9	0.02	1.15	6.9	terreno di riporto
2.4	5.71	40.1	Coesivo	0	1.84	1.89	0.24	1.15	6.57	limi - limi sabbiosi
3.3	51	317.24	Incoerente	0	2.28	2.5	0.54	1.15	58.65	ghiaie e sabbie dense



**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SCPT 2**
**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	6.57	0.30-2.40	Terzaghi-Peck	0.41

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	6.57	0.30-2.40	Robertson (1983)	13.14

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	6.57	0.30-2.40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	68.80

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	6.57	0.30-2.40	Apollonia	65.70

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (2) limi - limi sabbiosi	6.57	0.30-2.40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	6.57	0.30-2.40	Meyerhof	1.84

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	6.57	0.30-2.40	Meyerhof	1.89

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) limi - limi sabbiosi	6.57	0.30-2.40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	100.4

**TERRENI INCOERENTI**

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) terreno di riporto	6.9	0.00-0.30	6.9	Meyerhof 1957	64.82
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	58.65	2.40-3.30	58.65	Meyerhof 1957	100

**Angolo di resistenza al taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) terreno di riporto	6.9	0.00-0.30	N1,60=0	Wolff (1989) N160	27.1
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	58.65	2.40-3.30	N1,60=0	Wolff (1989) N160	27.1

**Modulo di Young**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno di riporto	6.9	0.00-0.30	6.9	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	58.65	2.40-3.30	58.65	Bowles (1982) Sabbia Media	368.25

**Modulo Edometrico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno di riporto	6.9	0.00-0.30	6.9	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	41.64
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	58.65	2.40-3.30	58.65	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	147.93

**Classificazione AGI**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) terreno di riporto	6.9	0.00-0.30	6.9	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	58.65	2.40-3.30	58.65	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

**Peso unità di volume**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) terreno di riporto	6.9	0.00-0.30	6.9	Meyerhof ed altri	1.44
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	58.65	2.40-3.30	58.65	Meyerhof ed altri	1.90

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) terreno di riporto	6.9	0.00-0.30	6.9	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.90
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	58.65	2.40-3.30	58.65	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.18

**Modulo di Poisson**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) terreno di riporto	6.9	0.00-0.30	6.9	(A.G.I.)	0.34
Strato (3) ghiaie e sabbie	58.65	2.40-3.30	58.65	(A.G.I.)	0.24

dense					
-------	--	--	--	--	--

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno di riporto	6.9	0.00-0.30	6.9	Ohsaki (Sabbie pulite)	399.42
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	58.65	2.40-3.30	58.65	Ohsaki (Sabbie pulite)	2985.97

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno di riporto	6.9	0.00-0.30	6.9	Ohta & Goto (1978) Limi	66.26
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	58.65	2.40-3.30	58.65	Ohta & Goto (1978) Limi	169.36

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) terreno di riporto	6.9	0.00-0.30	6.9	Navfac 1971-1982	1.42
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	58.65	2.40-3.30	58.65	Navfac 1971-1982	9.63

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno di riporto	6.9	0.00-0.30	6.9	Robertson 1983	13.80
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	58.65	2.40-3.30	58.65	Robertson 1983	117.30

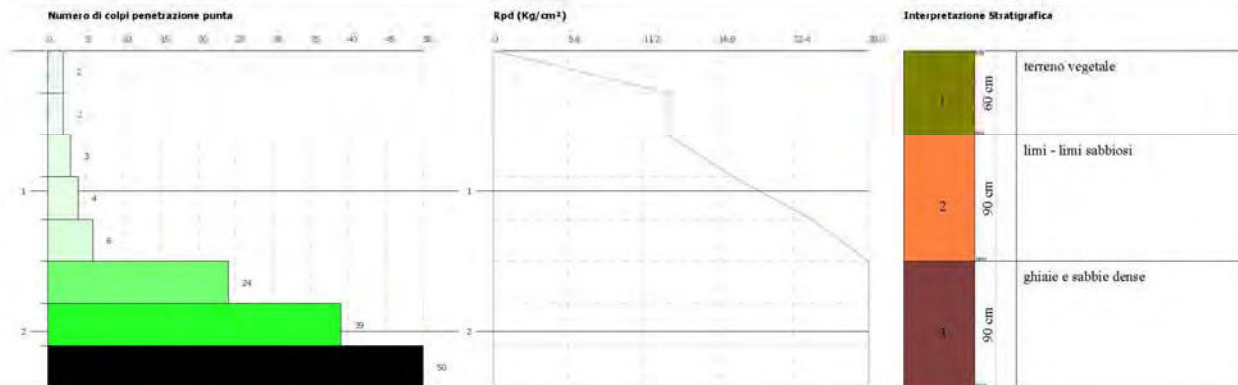
**PROVA ...SPT 3**

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 09/03/2011  
 Profondità prova 2.40 mt  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SPT 3**  
 Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

 Committente: Building Srl - Alleanza Coop 7.0  
 Cantiere: Castelbianco Emilia  
 Località: Pignatone

Data: 09/03/2011



Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.30	2	0.853	13.11	15.37	0.66	0.77
0.60	2	0.847	13.02	15.37	0.65	0.77
0.90	3	0.842	17.93	21.31	0.90	1.07
1.20	4	0.836	23.76	28.41	1.19	1.42
1.50	6	0.831	35.42	42.62	1.77	2.13
1.80	24	0.726	123.82	170.47	6.19	8.52
2.10	39	0.622	160.09	257.53	8.00	12.88
2.40	100	0.617	407.52	660.33	20.38	33.02

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.6	2	15.37	Coesivo	0	1.58	1.85	0.05	1.15	2.3	terreno vegetale
1.5	4.33	30.78	Coesivo	0	1.76	1.88	0.17	1.15	4.98	limi - limi sabbiosi
2.4	54.33	362.7799	Incoerente	0	2.31	2.5	0.36	1.15	62.48	ghiaie e sabbie dense

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SPT 3**  
**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Terzaghi-Peck	0.14
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.98	0.60-1.50	Terzaghi-Peck	0.31



**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Robertson (1983)	4.60
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.98	0.60-1.50	Robertson (1983)	9.96

**Modulo Edometrico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	25.25
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.98	0.60-1.50	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	52.59

**Modulo di Young**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Apollonia	23.00
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.98	0.60-1.50	Apollonia	49.80

**Classificazione AGI**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.98	0.60-1.50	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Meyerhof	1.58
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.98	0.60-1.50	Meyerhof	1.76

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Meyerhof	1.85
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.98	0.60-1.50	Meyerhof	1.88

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	62.63
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.98	0.60-1.50	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	91.17

**TERRENI INCOERENTI**
**Densità relativa**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
-------------	------	------------------	------------	--------------	----------------------

Strato (3) ghiaie e sabbie dense	62.48	1.50-2.40	62.48	Meyerhof 1957	100
--	-------	-----------	-------	---------------	-----

**Angolo di resistenza al taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	62.48	1.50-2.40	N1,60=0	Wolff (1989) N160	27.1

**Modulo di Young**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	62.48	1.50-2.40	62.48	Bowles (1982) Sabbia Media	387.40

**Modulo Edometrico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	62.48	1.50-2.40	62.48	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	155.80

**Classificazione AGI**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	62.48	1.50-2.40	62.48	Classificazione A.G.I.	MOLTO ADDENSATO

**Peso unità di volume**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	62.48	1.50-2.40	62.48	Meyerhof ed altri	1.92

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	62.48	1.50-2.40	62.48	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.19

**Modulo di Poisson**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	62.48	1.50-2.40	62.48	(A.G.I.)	0.23

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	62.48	1.50-2.40	62.48	Ohsaki (Sabbie pulite)	3168.91

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	62.48	1.50-2.40	62.48	Ohta & Goto (1978) Limi	159.13

Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \sigma_H / P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$K_0$
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	62.48	1.50-2.40	62.48	Navfac 1971-1982	10.49

$Q_c$  ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$Q_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	62.48	1.50-2.40	62.48	Robertson 1983	124.96

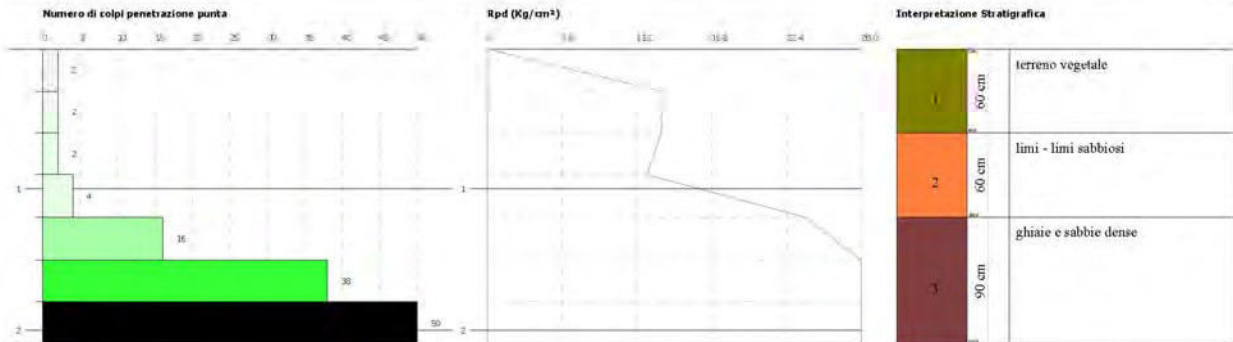
**PROVA ...SPT 4**

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 09/03/2011  
 Profondità prova 2.10 mt  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 4**  
 Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

 Committente: Building Srl - Albarca Coop 1.0  
 Cantiere: Castelluccio Emilia  
 Località: Pianoro

Data: 09/03/2011



Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.30	2	0.853	13.11	15.37	0.66	0.77
0.60	2	0.847	13.02	15.37	0.65	0.77
0.90	2	0.842	11.95	14.21	0.60	0.71
1.20	4	0.836	23.76	28.41	1.19	1.42
1.50	16	0.781	88.78	113.65	4.44	5.68
1.80	38	0.676	182.55	269.92	9.13	13.50
2.10	100	0.622	410.49	660.33	20.52	33.02

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.6	2	15.37	Coesivo	0	1.58	1.85	0.05	1.15	2.3	terreno vegetale
1.2	3	21.31	Coesivo	0	1.66	1.86	0.14	1.15	3.45	limi - limi sabbiosi
2.1	51.33	347.97	Incoerente	0	2.28	2.5	0.3	1.15	59.03	ghiaie e sabbie dense

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SCPT 4**
**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Terzaghi-Peck	0.14
Strato (2) limi - limi sabbiosi	3.45	0.60-1.20	Terzaghi-Peck	0.22

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato	Correlazione	Qc
-------------	------	--------------	--------------	----



		(m)		(Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Robertson (1983)	4.60
Strato (2) limi - limi sabbiosi	3.45	0.60-1.20	Robertson (1983)	6.90

**Modulo Edometrico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	25.25
Strato (2) limi - limi sabbiosi	3.45	0.60-1.20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	36.98

**Modulo di Young**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Apollonia	23.00
Strato (2) limi - limi sabbiosi	3.45	0.60-1.20	Apollonia	34.50

**Classificazione AGI**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2) limi - limi sabbiosi	3.45	0.60-1.20	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Meyerhof	1.58
Strato (2) limi - limi sabbiosi	3.45	0.60-1.20	Meyerhof	1.66

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Meyerhof	1.85
Strato (2) limi - limi sabbiosi	3.45	0.60-1.20	Meyerhof	1.86

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	62.63
Strato (2) limi - limi sabbiosi	3.45	0.60-1.20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	83.05

**TERRENI INCOERENTI**
**Densità relativa**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (3) ghiaie e sabbie	59.03	1.20-2.10	59.03	Meyerhof 1957	100

dense					
-------	--	--	--	--	--

**Angolo di resistenza al taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	59.03	1.20-2.10	N1,60=0	Wolff (1989) N160	27.1

**Modulo di Young**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	59.03	1.20-2.10	59.03	Bowles (1982) Sabbia Media	370.15

**Modulo Edometrico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	59.03	1.20-2.10	59.03	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	148.71

**Classificazione AGI**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	59.03	1.20-2.10	59.03	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

**Peso unità di volume**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	59.03	1.20-2.10	59.03	Meyerhof ed altri	1.90

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	59.03	1.20-2.10	59.03	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.18

**Modulo di Poisson**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	59.03	1.20-2.10	59.03	(A.G.I.)	0.23

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	59.03	1.20-2.10	59.03	Ohsaki (Sabbie pulite)	3004.15

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio

					(m/s)
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	59.03	1.20-2.10	59.03	Ohta & Goto (1978) Limi	152.58

Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \sigma_H / P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$K_0$
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	59.03	1.20-2.10	59.03	Navfac 1971-1982	9.71

$Q_c$  ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$Q_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	59.03	1.20-2.10	59.03	Robertson 1983	118.06

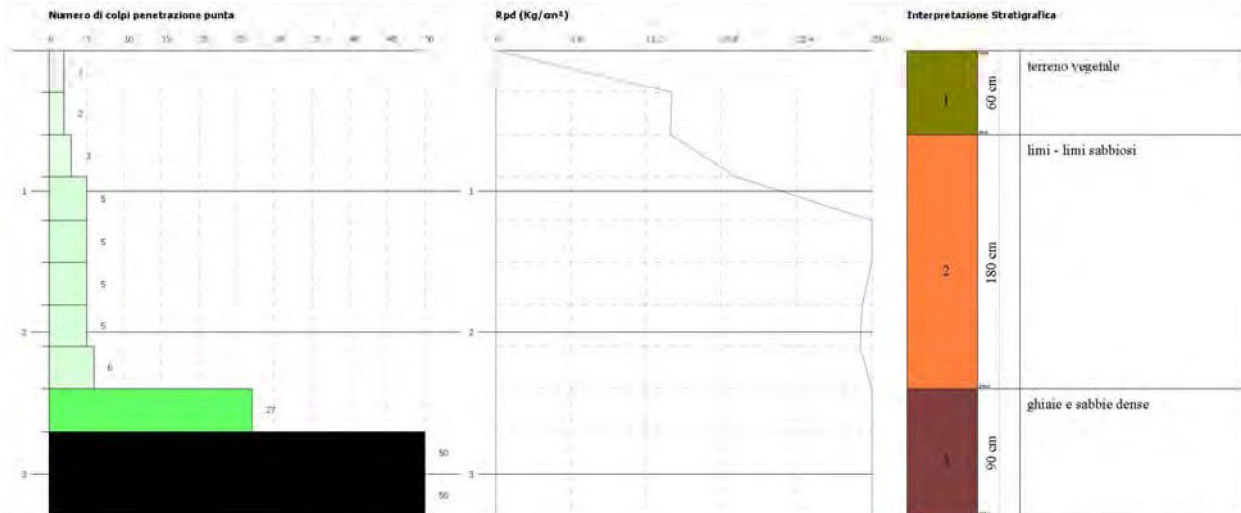
**PROVA ...SPT 5**

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 09/03/2011  
 Profondità prova 3.30 mt  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SPT 5**  
 Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

 Committente: Building S1 - Alborata Coop 1.0  
 Cantiere: Casoli/Arco Emilia  
 Località: Pianazzo

Data: 09/03/2011



Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.30	2	0.853	13.11	15.37	0.66	0.77
0.60	2	0.847	13.02	15.37	0.65	0.77
0.90	3	0.842	17.93	21.31	0.90	1.07
1.20	5	0.836	29.70	35.52	1.49	1.78
1.50	5	0.831	29.52	35.52	1.48	1.78
1.80	5	0.826	29.35	35.52	1.47	1.78
2.10	5	0.822	27.13	33.02	1.36	1.65
2.40	6	0.817	32.38	39.62	1.62	1.98
2.70	27	0.713	127.09	178.29	6.35	8.91
3.00	55	0.609	206.53	339.31	10.33	16.97
3.30	100	0.605	373.05	616.93	18.65	30.85

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.6	2	15.37	Coesivo	0	1.58	1.85	0.05	1.15	2.3	terreno vegetale
2.4	4.83	33.41999	Incoerente - coesivo	0	1.79	1.88	0.26	1.15	5.55	limi - limi sabbiosi
3.3	60.67	378.18	Incoerente	0	2.4	2.5	0.53	1.15	69.77	ghiaie e sabbie dense



**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SCPT 5  
 TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Terzaghi-Peck	0.14
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.55	0.60-2.40	Terzaghi-Peck	0.35

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Robertson (1983)	4.60
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.55	0.60-2.40	Robertson (1983)	11.10

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	25.25
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.55	0.60-2.40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	58.40

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Apollonia	23.00
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.55	0.60-2.40	Apollonia	55.50

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.55	0.60-2.40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Meyerhof	1.58
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.55	0.60-2.40	Meyerhof	1.79

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Meyerhof	1.85
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.55	0.60-2.40	Meyerhof	1.88

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1)	2.3	0.00-0.60	Ohta & Goto (1978)	62.63

terreno vegetale				Argille limose e argille di bassa plasticità	
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.55	0.60-2.40		Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	99.51

### TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.55	0.60-2.40	5.55	Meyerhof 1957	50.6
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	69.77	2.40-3.30	69.77	Meyerhof 1957	100

#### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.55	0.60-2.40	N1,60=0	Wolff (1989) N160	27.1
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	69.77	2.40-3.30	N1,60=0	Wolff (1989) N160	27.1

#### Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.55	0.60-2.40	5.55	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	69.77	2.40-3.30	69.77	Bowles (1982) Sabbia Media	423.85

#### Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.55	0.60-2.40	5.55	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	38.86
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	69.77	2.40-3.30	69.77	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	170.77

#### Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.55	0.60-2.40	5.55	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	69.77	2.40-3.30	69.77	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.55	0.60-2.40	5.55	Meyerhof ed altri	1.42
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	69.77	2.40-3.30	69.77	Meyerhof ed altri	1.94

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.55	0.60-2.40	5.55	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.88
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	69.77	2.40-3.30	69.77	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.21

**Modulo di Poisson**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.55	0.60-2.40	5.55	(A.G.I.)	0.34
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	69.77	2.40-3.30	69.77	(A.G.I.)	0.21

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.55	0.60-2.40	5.55	Ohsaki (Sabbie pulite)	325.50
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	69.77	2.40-3.30	69.77	Ohsaki (Sabbie pulite)	3515.30

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.55	0.60-2.40	5.55	Ohta & Goto (1978) Limi	99.51
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	69.77	2.40-3.30	69.77	Ohta & Goto (1978) Limi	174.53

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.55	0.60-2.40	5.55	Navfac 1971-1982	1.11
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	69.77	2.40-3.30	69.77	Navfac 1971-1982	11.93

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.55	0.60-2.40	5.55	Robertson 1983	11.10
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	69.77	2.40-3.30	69.77	Robertson 1983	139.54

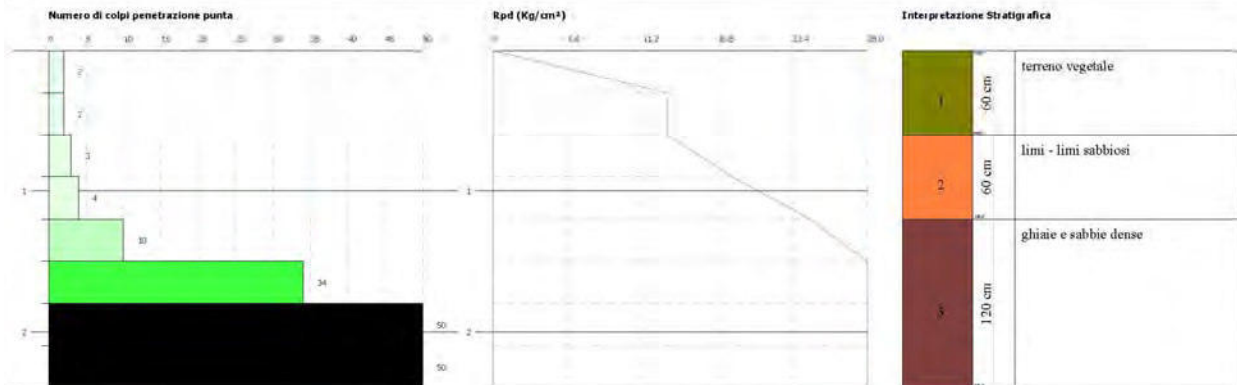
**PROVA ...SCPT 6**

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 09/03/2011  
 Profondità prova 2.40 mt  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 6**  
**Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)**

 Committente: Building S1 - Albeauro Corso 3.0  
 Cantiere: Castelluccio Emilia  
 Località: Piumazzo

Data: 09/03/2011



Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.30	2	0.853	13.11	15.37	0.66	0.77
0.60	2	0.847	13.02	15.37	0.65	0.77
0.90	3	0.842	17.93	21.31	0.90	1.07
1.20	4	0.836	23.76	28.41	1.19	1.42
1.50	10	0.831	59.04	71.03	2.95	3.55
1.80	34	0.676	163.34	241.50	8.17	12.08
2.10	68	0.622	279.13	449.03	13.96	22.45
2.40	100	0.617	407.52	660.33	20.38	33.02

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.6	2	15.37	Coesivo	0	1.58	1.85	0.05	1.15	2.3	terreno vegetale
1.2	3.5	24.86	Coesivo	0	1.7	1.87	0.15	1.15	4.03	limi - limi sabbiosi
2.4	53	355.47	Incoerente	0	2.3	2.5	0.33	1.15	60.95	ghiaie e sabbie dense

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SCPT 6**  
**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Terzaghi-Peck	0.14
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.03	0.60-1.20	Terzaghi-Peck	0.25



**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Robertson (1983)	4.60
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.03	0.60-1.20	Robertson (1983)	8.06

**Modulo Edometrico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	25.25
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.03	0.60-1.20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	42.90

**Modulo di Young**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Apollonia	23.00
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.03	0.60-1.20	Apollonia	40.30

**Classificazione AGI**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.03	0.60-1.20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Meyerhof	1.58
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.03	0.60-1.20	Meyerhof	1.70

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Meyerhof	1.85
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.03	0.60-1.20	Meyerhof	1.87

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	62.63
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.03	0.60-1.20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	85.31

**TERRENI INCOERENTI**
**Densità relativa**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
-------------	------	------------------	------------	--------------	----------------------

Strato (3) ghiaie e sabbie dense	60.95	1.20-2.40	60.95	Meyerhof 1957	100
--	-------	-----------	-------	---------------	-----

**Angolo di resistenza al taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	60.95	1.20-2.40	N1,60=0	Wolff (1989) N160	27.1

**Modulo di Young**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	60.95	1.20-2.40	60.95	Bowles (1982) Sabbia Media	379.75

**Modulo Edometrico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	60.95	1.20-2.40	60.95	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	152.66

**Classificazione AGI**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	60.95	1.20-2.40	60.95	Classificazione A.G.I.	MOLTO ADDENSATO

**Peso unità di volume**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	60.95	1.20-2.40	60.95	Meyerhof ed altri	1.91

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	60.95	1.20-2.40	60.95	Terzaghi-Peck 1948- 1967	2.19

**Modulo di Poisson**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	60.95	1.20-2.40	60.95	(A.G.I.)	0.23

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	60.95	1.20-2.40	60.95	Ohsaki (Sabbie pulite)	3095.91

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	60.95	1.20-2.40	60.95	Ohta & Goto (1978) Limi	156.02

Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \sigma_H / P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$K_0$
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	60.95	1.20-2.40	60.95	Navfac 1971-1982	10.13

$Q_c$  ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$Q_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	60.95	1.20-2.40	60.95	Robertson 1983	121.90

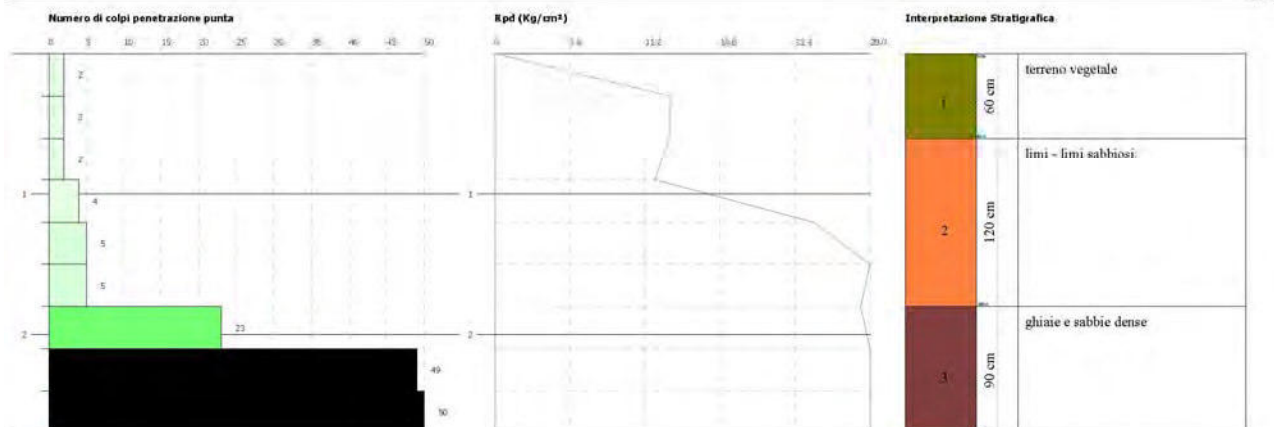
**PROVA ...SCPT 7**

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 09/03/2011  
 Profondità prova 2.70 mt  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 7**  
 Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

 Committente: Building Srl - Alleanza Coop 3.0  
 Cantiere: Castelfranco Emilia  
 Località: Piumazzo

Data: 09/03/2011



Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.30	2	0.853	13.11	15.37	0.66	0.77
0.60	2	0.847	13.02	15.37	0.65	0.77
0.90	2	0.842	11.95	14.21	0.60	0.71
1.20	4	0.836	23.76	28.41	1.19	1.42
1.50	5	0.831	29.52	35.52	1.48	1.78
1.80	5	0.826	29.35	35.52	1.47	1.78
2.10	23	0.722	109.60	151.88	5.48	7.59
2.40	49	0.617	199.69	323.56	9.98	16.18
2.70	100	0.613	404.67	660.33	20.23	33.02

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.6	2	15.37	Coesivo	0	1.58	1.85	0.05	1.15	2.3	terreno vegetale
1.8	4	28.41	Coesivo	0	1.74	1.87	0.2	1.15	4.6	limi - limi sabbiosi
2.7	57.33	378.59	Incoerente	0	2.34	2.5	0.41	1.15	65.93	ghiaie e sabbie dense

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SCPT 7**
**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Terzaghi-Peck	0.14
Strato (2)	4.6	0.60-1.80	Terzaghi-Peck	0.29



limi - limi sabbiosi				
----------------------	--	--	--	--

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Robertson (1983)	4.60
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.6	0.60-1.80	Robertson (1983)	9.20

**Modulo Edometrico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	25.25
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.6	0.60-1.80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	48.71

**Modulo di Young**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Apollonia	23.00
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.6	0.60-1.80	Apollonia	46.00

**Classificazione AGI**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.6	0.60-1.80	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Meyerhof	1.58
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.6	0.60-1.80	Meyerhof	1.74

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Meyerhof	1.85
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.6	0.60-1.80	Meyerhof	1.87

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	62.63
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.6	0.60-1.80	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	92.27

**TERRENI INCOERENTI**

## Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	65.93	1.80-2.70	65.93	Meyerhof 1957	100

## Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	65.93	1.80-2.70	N1,60=0	Wolff (1989) N160	27.1

## Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	65.93	1.80-2.70	65.93	Bowles (1982) Sabbia Media	404.65

## Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	65.93	1.80-2.70	65.93	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	162.89

## Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	65.93	1.80-2.70	65.93	Classificazione A.G.I.	MOLTO ADDENSATO

## Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	65.93	1.80-2.70	65.93	Meyerhof ed altri	1.93

## Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	65.93	1.80-2.70	65.93	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.20

## Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	65.93	1.80-2.70	65.93	(A.G.I.)	0.22

## Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3)	65.93	1.80-2.70	65.93	Ohsaki (Sabbie)	3333.12

ghiaie e sabbie dense				pulite)	
-----------------------	--	--	--	---------	--

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	65.93	1.80-2.70	65.93	Ohta & Goto (1978) Limi	165.12

**Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \text{Sigma}_H / P_0$** 

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$K_0$
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	65.93	1.80-2.70	65.93	Navfac 1971-1982	11.43

 **$Q_c$  ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$Q_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	65.93	1.80-2.70	65.93	Robertson 1983	131.86

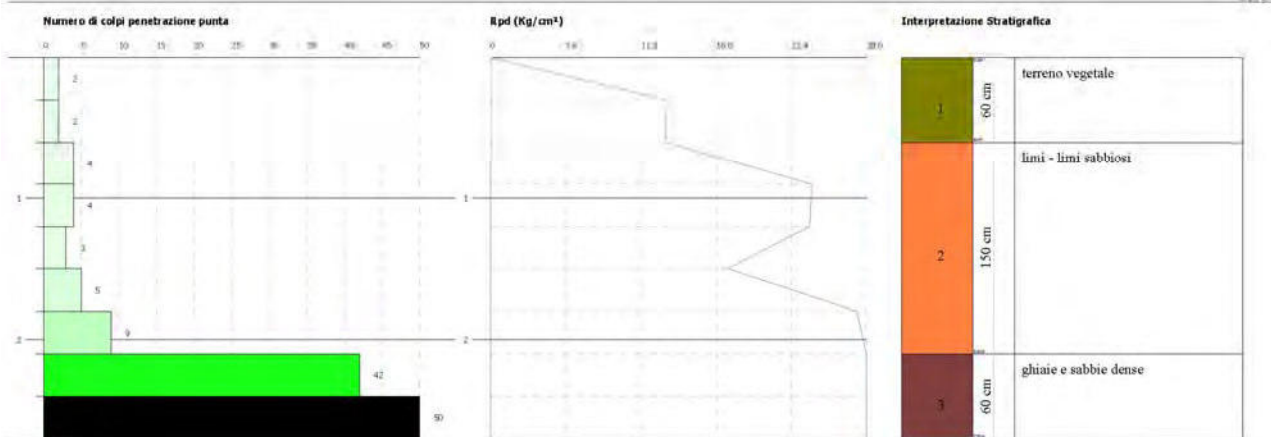
**PROVA ...SCPT 8**

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 09/03/2011  
 Profondità prova 2.70 mt  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 8**  
 Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

 Committente: Building Srl - Alleanza Coop 3.0  
 Cantiere: Casellefranco Emilia  
 Località: Pianuzzo

Data: 09/03/2011



Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.30	2	0.853	13.11	15.37	0.66	0.77
0.60	2	0.847	13.02	15.37	0.65	0.77
0.90	4	0.842	23.91	28.41	1.20	1.42
1.20	4	0.836	23.76	28.41	1.19	1.42
1.50	3	0.831	17.71	21.31	0.89	1.07
1.80	5	0.826	29.35	35.52	1.47	1.78
2.10	9	0.822	48.83	59.43	2.44	2.97
2.40	42	0.617	171.16	277.34	8.56	13.87
2.70	100	0.613	404.67	660.33	20.23	33.02

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.6	2	15.37	Coesivo	0	1.58	1.85	0.05	1.15	2.3	terreno vegetale
2.1	5	34.62	Coesivo	0	1.8	1.88	0.23	1.15	5.75	limi - limi sabbiosi
2.7	71	468.84	Incoerente	0	2.5	2.5	0.44	1.15	81.65	ghiaie e sabbie dense

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SCPT 8**
**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Terzaghi-Peck	0.14
Strato (2)	5.75	0.60-2.10	Terzaghi-Peck	0.36



limi - limi sabbiosi				
----------------------	--	--	--	--

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Robertson (1983)	4.60
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.75	0.60-2.10	Robertson (1983)	11.50

**Modulo Edometrico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	25.25
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.75	0.60-2.10	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	60.44

**Modulo di Young**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Apollonia	23.00
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.75	0.60-2.10	Apollonia	57.50

**Classificazione AGI**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.75	0.60-2.10	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Meyerhof	1.58
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.75	0.60-2.10	Meyerhof	1.80

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Meyerhof	1.85
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.75	0.60-2.10	Meyerhof	1.88

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	2.3	0.00-0.60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	62.63
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.75	0.60-2.10	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	98.11

**TERRENI INCOERENTI**

## Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	81.65	2.10-2.70	81.65	Meyerhof 1957	100

## Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	81.65	2.10-2.70	N1,60=0	Wolff (1989) N160	27.1

## Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	81.65	2.10-2.70	81.65	Bowles (1982) Sabbia Media	483.25

## Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	81.65	2.10-2.70	81.65	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	195.18

## Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	81.65	2.10-2.70	81.65	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

## Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	81.65	2.10-2.70	81.65	Meyerhof ed altri	1.96

## Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	81.65	2.10-2.70	81.65	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.22

## Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	81.65	2.10-2.70	81.65	(A.G.I.)	0.19

## Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3)	81.65	2.10-2.70	81.65	Ohsaki (Sabbie)	4075.23

ghiaie e sabbie dense				pulite)	
-----------------------	--	--	--	---------	--

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	81.65	2.10-2.70	81.65	Ohta & Goto (1978) Limi	173.49

**Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \text{Sigma}_H / P_0$** 

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$K_0$
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	81.65	2.10-2.70	81.65	Navfac 1971-1982	11.93

 **$Q_c$  ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$Q_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	81.65	2.10-2.70	81.65	Robertson 1983	163.30

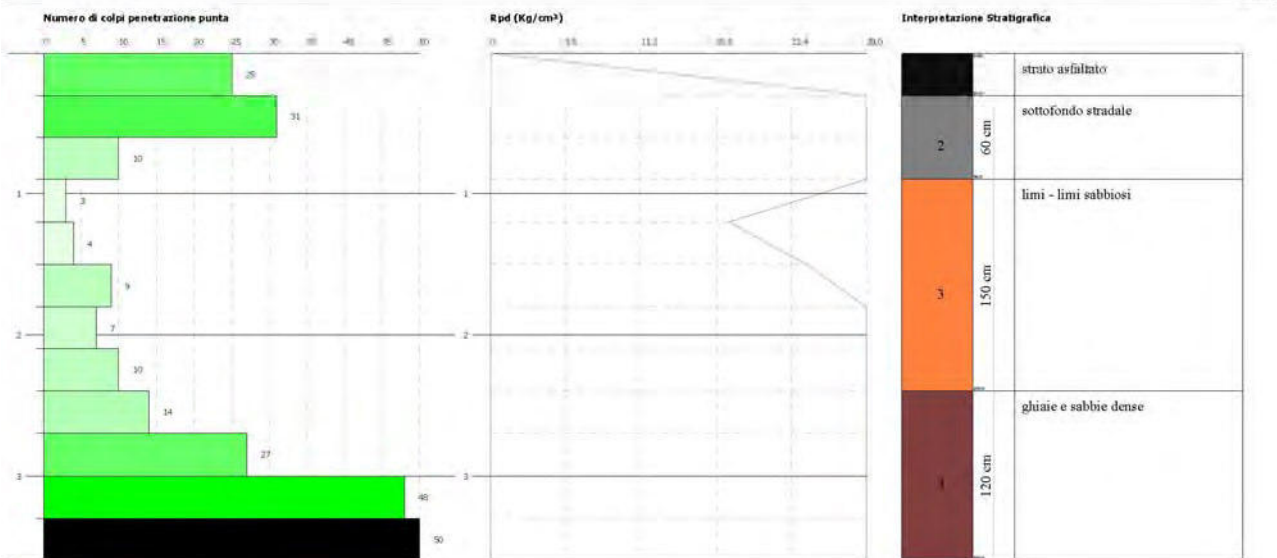
**PROVA ...SCPT 9**

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 09/03/2011  
 Profondità prova 3.60 mt  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 9**  
 Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

 Committente: Building Srl - Alleanza Coop 3.0  
 Cantiere: Casalfranco Emilia  
 Località: Pianuzzo

Data: 09/03/2011



Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.30	25	0.753	144.60	192.11	7.23	9.61
0.60	31	0.697	166.04	238.22	8.30	11.91
0.90	10	0.842	59.77	71.03	2.99	3.55
1.20	3	0.836	17.82	21.31	0.89	1.07
1.50	4	0.831	23.62	28.41	1.18	1.42
1.80	9	0.826	52.82	63.93	2.64	3.20
2.10	7	0.822	37.98	46.22	1.90	2.31
2.40	10	0.817	53.96	66.03	2.70	3.30
2.70	14	0.763	70.52	92.45	3.53	4.62
3.00	27	0.709	118.04	166.57	5.90	8.33
3.30	48	0.605	179.07	296.13	8.95	14.81
3.60	100	0.601	370.70	616.93	18.53	30.85

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.3	25	192.11	Incoerente	0	1.69	2.05	0.03	1.15	28.75	strato asfaltato
0.9	20.5	154.63	Incoerente	0	2.06	2.47	0.11	1.15	23.57	sottofondo stradale
2.4	6.6	45.18	Coesivo	0	1.88	1.9	0.32	1.15	7.59	limi - limi sabbiosi
3.6	47.25	293.0201	Incoerente	0	2.25	2.5	0.59	1.15	54.34	ghiaie e sabbie dense



**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SCPT 9  
 TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) limi - limi sabbiosi	7.59	0.90-2.40	Terzaghi-Peck	0.47

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) limi - limi sabbiosi	7.59	0.90-2.40	Robertson (1983)	15.18

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) limi - limi sabbiosi	7.59	0.90-2.40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	79.21

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) limi - limi sabbiosi	7.59	0.90-2.40	Apollonia	75.90

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (3) limi - limi sabbiosi	7.59	0.90-2.40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (3) limi - limi sabbiosi	7.59	0.90-2.40	Meyerhof	1.88

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (3) limi - limi sabbiosi	7.59	0.90-2.40	Meyerhof	1.90

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (3) limi - limi sabbiosi	7.59	0.90-2.40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	107

**TERRENI INCOERENTI**

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) strato asfaltato	28.75	0.00-0.30	28.75	Meyerhof 1957	100
Strato (2) sottofondo stradale	23.57	0.30-0.90	23.57	Meyerhof 1957	100
Strato (4) ghiaie e sabbie dense	54.34	2.40-3.60	54.34	Meyerhof 1957	100

**Angolo di resistenza al taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) strato asfaltato	28.75	0.00-0.30	N1,60=0	Wolff (1989) N160	27.1
Strato (2) sottofondo stradale	23.57	0.30-0.90	N1,60=0	Wolff (1989) N160	27.1
Strato (4) ghiaie e sabbie dense	54.34	2.40-3.60	N1,60=0	Wolff (1989) N160	27.1

**Modulo di Young**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) strato asfaltato	28.75	0.00-0.30	28.75	Bowles (1982) Sabbia Media	218.75
Strato (2) sottofondo stradale	23.57	0.30-0.90	23.57	Bowles (1982) Sabbia Media	192.85
Strato (4) ghiaie e sabbie dense	54.34	2.40-3.60	54.34	Bowles (1982) Sabbia Media	346.70

**Modulo Edometrico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) strato asfaltato	28.75	0.00-0.30	28.75	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	86.52
Strato (2) sottofondo stradale	23.57	0.30-0.90	23.57	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	75.88
Strato (4) ghiaie e sabbie dense	54.34	2.40-3.60	54.34	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	139.08

**Classificazione AGI**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) strato asfaltato	28.75	0.00-0.30	28.75	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (2) sottofondo stradale	23.57	0.30-0.90	23.57	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (4) ghiaie e sabbie dense	54.34	2.40-3.60	54.34	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

**Peso unità di volume**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) strato asfaltato	28.75	0.00-0.30	28.75	Meyerhof ed altri	1.69
Strato (2) sottofondo stradale	23.57	0.30-0.90	23.57	Meyerhof ed altri	1.63
Strato (4) ghiaie e sabbie dense	54.34	2.40-3.60	54.34	Meyerhof ed altri	1.88

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) strato asfaltato	28.75	0.00-0.30	28.75	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.05

Strato (2) sottofondo stradale	23.57	0.30-0.90	23.57	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.02
Strato (4) ghiaie e sabbie dense	54.34	2.40-3.60	54.34	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.17

**Modulo di Poisson**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) strato asfaltato	28.75	0.00-0.30	28.75	(A.G.I.)	0.3
Strato (2) sottofondo stradale	23.57	0.30-0.90	23.57	(A.G.I.)	0.31
Strato (4) ghiaie e sabbie dense	54.34	2.40-3.60	54.34	(A.G.I.)	0.24

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) strato asfaltato	28.75	0.00-0.30	28.75	Ohsaki (Sabbie pulite)	1527.68
Strato (2) sottofondo stradale	23.57	0.30-0.90	23.57	Ohsaki (Sabbie pulite)	1267.45
Strato (4) ghiaie e sabbie dense	54.34	2.40-3.60	54.34	Ohsaki (Sabbie pulite)	2779.24

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) strato asfaltato	28.75	0.00-0.30	28.75	Ohta & Goto (1978) Limi	84.81
Strato (2) sottofondo stradale	23.57	0.30-0.90	23.57	Ohta & Goto (1978) Limi	107.08
Strato (4) ghiaie e sabbie dense	54.34	2.40-3.60	54.34	Ohta & Goto (1978) Limi	168.8

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) strato asfaltato	28.75	0.00-0.30	28.75	Navfac 1971-1982	5.43
Strato (2) sottofondo stradale	23.57	0.30-0.90	23.57	Navfac 1971-1982	4.65
Strato (4) ghiaie e sabbie dense	54.34	2.40-3.60	54.34	Navfac 1971-1982	8.84

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) strato asfaltato	28.75	0.00-0.30	28.75	Robertson 1983	57.50
Strato (2) sottofondo stradale	23.57	0.30-0.90	23.57	Robertson 1983	47.14
Strato (4) ghiaie e sabbie dense	54.34	2.40-3.60	54.34	Robertson 1983	108.68

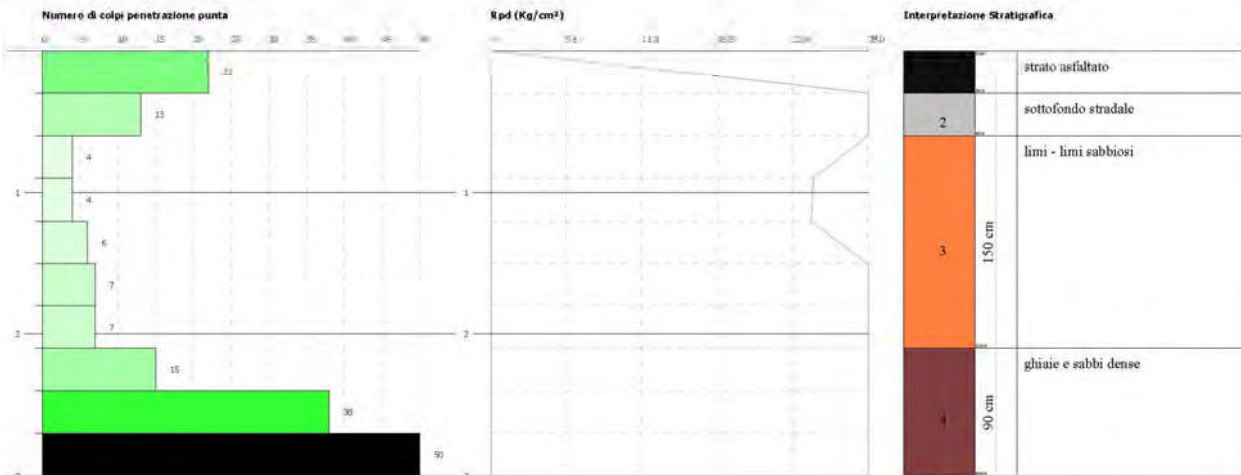
**PROVA ...SCPT 10**

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)  
 Prova eseguita in data 09/03/2011  
 Profondità prova 3.00 mt  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 10**  
 Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Comunità/Byte: Building 51 - Alameda Corp 3.0  
 Cantiere: Coedificativa Epilife  
 Località: Pizzardi

Data: 09/03/2011



Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.30	22	0.753	127.25	169.06	6.36	8.45
0.60	13	0.797	79.62	99.90	3.98	4.99
0.90	4	0.842	23.91	28.41	1.20	1.42
1.20	4	0.836	23.76	28.41	1.19	1.42
1.50	6	0.831	35.42	42.62	1.77	2.13
1.80	7	0.826	41.09	49.72	2.05	2.49
2.10	7	0.822	37.98	46.22	1.90	2.31
2.40	15	0.767	75.99	99.05	3.80	4.95
2.70	38	0.663	166.32	250.93	8.32	12.55
3.00	100	0.609	375.51	616.93	18.78	30.85

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.3	22	169.06	Incoerente	0	1.65	2.03	0.02	1.15	25.3	strato asfaltato
0.6	13	99.9	Incoerente	0	1.88	1.95	0.08	1.15	14.95	sottofondo stradale
2.1	5.6	39.08	Coesivo	0	1.83	1.89	0.24	1.15	6.44	limi - limi sabbiosi
3	51	322.3	Incoerente	0	2.28	2.5	0.48	1.15	58.65	ghiaie e sabbie dense



**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SCPT 10**
**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) limi - limi sabbiosi	6.44	0.60-2.10	Terzaghi-Peck	0.40

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) limi - limi sabbiosi	6.44	0.60-2.10	Robertson (1983)	12.88

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) limi - limi sabbiosi	6.44	0.60-2.10	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	67.48

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) limi - limi sabbiosi	6.44	0.60-2.10	Apollonia	64.40

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (3) limi - limi sabbiosi	6.44	0.60-2.10	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (3) limi - limi sabbiosi	6.44	0.60-2.10	Meyerhof	1.83

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (3) limi - limi sabbiosi	6.44	0.60-2.10	Meyerhof	1.89

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (3) limi - limi sabbiosi	6.44	0.60-2.10	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	100.05

**TERRENI INCOERENTI**

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) strato asfaltato	25.3	0.00-0.30	25.3	Meyerhof 1957	100
Strato (2) sottofondo stradale	14.95	0.30-0.60	14.95	Meyerhof 1957	92.07
Strato (4) ghiaie e sabbie dense	58.65	2.10-3.00	58.65	Meyerhof 1957	100

**Angolo di resistenza al taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) strato asfaltato	25.3	0.00-0.30	N1,60=0	Wolff (1989) N160	27.1
Strato (2) sottofondo stradale	14.95	0.30-0.60	N1,60=0	Wolff (1989) N160	27.1
Strato (4) ghiaie e sabbie dense	58.65	2.10-3.00	N1,60=0	Wolff (1989) N160	27.1

**Modulo di Young**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) strato asfaltato	25.3	0.00-0.30	25.3	Bowles (1982) Sabbia Media	201.50
Strato (2) sottofondo stradale	14.95	0.30-0.60	14.95	Bowles (1982) Sabbia Media	149.75
Strato (4) ghiaie e sabbie dense	58.65	2.10-3.00	58.65	Bowles (1982) Sabbia Media	368.25

**Modulo Edometrico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) strato asfaltato	25.3	0.00-0.30	25.3	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	79.43
Strato (2) sottofondo stradale	14.95	0.30-0.60	14.95	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	58.17
Strato (4) ghiaie e sabbie dense	58.65	2.10-3.00	58.65	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	147.93

**Classificazione AGI**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) strato asfaltato	25.3	0.00-0.30	25.3	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (2) sottofondo stradale	14.95	0.30-0.60	14.95	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (4) ghiaie e sabbie dense	58.65	2.10-3.00	58.65	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

**Peso unità di volume**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) strato asfaltato	25.3	0.00-0.30	25.3	Meyerhof ed altri	1.65
Strato (2) sottofondo stradale	14.95	0.30-0.60	14.95	Meyerhof ed altri	1.54
Strato (4) ghiaie e sabbie dense	58.65	2.10-3.00	58.65	Meyerhof ed altri	1.90

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) strato asfaltato	25.3	0.00-0.30	25.3	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.03
Strato (2) sottofondo stradale	14.95	0.30-0.60	14.95	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.96
Strato (4) ghiaie e sabbie dense	58.65	2.10-3.00	58.65	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.18

**Modulo di Poisson**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) strato asfaltato	25.3	0.00-0.30	25.3	(A.G.I.)	0.3
Strato (2) sottofondo stradale	14.95	0.30-0.60	14.95	(A.G.I.)	0.32
Strato (4) ghiaie e sabbie dense	58.65	2.10-3.00	58.65	(A.G.I.)	0.24

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) strato asfaltato	25.3	0.00-0.30	25.3	Ohsaki (Sabbie pulite)	1354.71
Strato (2) sottofondo stradale	14.95	0.30-0.60	14.95	Ohsaki (Sabbie pulite)	826.18
Strato (4) ghiaie e sabbie dense	58.65	2.10-3.00	58.65	Ohsaki (Sabbie pulite)	2985.97

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) strato asfaltato	25.3	0.00-0.30	25.3	Ohta & Goto (1978) Limi	82.96
Strato (2) sottofondo stradale	14.95	0.30-0.60	14.95	Ohta & Goto (1978) Limi	93.63
Strato (4) ghiaie e sabbie dense	58.65	2.10-3.00	58.65	Ohta & Goto (1978) Limi	165.77

**Coefficiente spinta a Riposo K<sub>0</sub>=SigmaH/P<sub>0</sub>**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K <sub>0</sub>
Strato (1) strato asfaltato	25.3	0.00-0.30	25.3	Navfac 1971-1982	4.92
Strato (2) sottofondo stradale	14.95	0.30-0.60	14.95	Navfac 1971-1982	3.12
Strato (4) ghiaie e sabbie dense	58.65	2.10-3.00	58.65	Navfac 1971-1982	9.63

**Q<sub>c</sub> ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Q <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) strato asfaltato	25.3	0.00-0.30	25.3	Robertson 1983	50.60
Strato (2) sottofondo stradale	14.95	0.30-0.60	14.95	Robertson 1983	29.90
Strato (4) ghiaie e sabbie dense	58.65	2.10-3.00	58.65	Robertson 1983	117.30

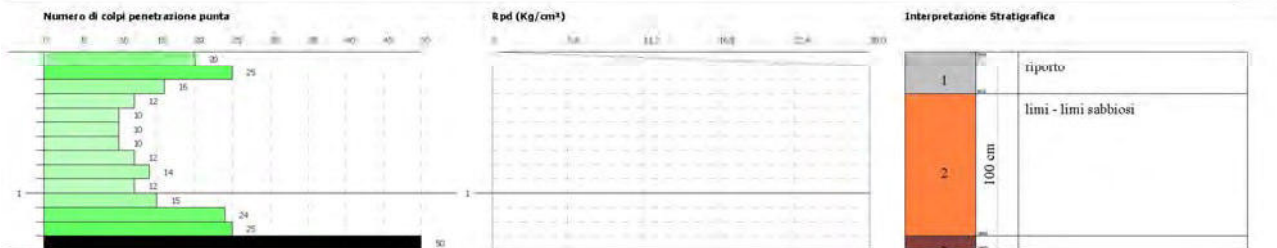
**PROVA ... DPM 1**

Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI  
 Prova eseguita in data 22/06/2017  
 Profondità prova 1.40 mt  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM 1**  
 Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

 Committente: Building S4 - Alliance Coop 3.0  
 Cantieri: Castellonovo Emilia  
 Località: Pianazzo

Data: 22/06/2017



Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.10	20	0.807	60.94	75.55	3.05	3.78
0.20	25	0.755	71.27	94.44	3.56	4.72
0.30	16	0.803	48.52	60.44	2.43	3.02
0.40	12	0.851	38.57	45.33	1.93	2.27
0.50	10	0.849	32.07	37.78	1.60	1.89
0.60	10	0.847	32.00	37.78	1.60	1.89
0.70	10	0.845	31.93	37.78	1.60	1.89
0.80	12	0.843	38.23	45.33	1.91	2.27
0.90	14	0.792	39.85	50.35	1.99	2.52
1.00	12	0.840	36.24	43.16	1.81	2.16
1.10	15	0.788	42.51	53.95	2.13	2.70
1.20	24	0.736	63.55	86.31	3.18	4.32
1.30	25	0.735	66.04	89.91	3.30	4.50
1.40	50	0.633	113.80	179.82	5.69	8.99

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.3	20.33	76.78463	Incoerente	0	1.55	1.96	0.02	0.78	15.92	riporto
1.3	14.4	52.8213	Coesivo	0	2.0	2.2	0.15	0.78	11.28	limi - limi sabbiosi
1.4	50	179.776	Incoerente	0	1.78	2.1	0.26	0.78	39.15	ghiaie e sabbie dense

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPM 1**
**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato (2) limi - limi sabbiosi	11.28	0.30-1.30	Terzaghi-Peck	0.76



**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	11.28	0.30-1.30	Robertson (1983)	22.56

**Modulo Edometrico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	11.28	0.30-1.30	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	116.84

**Modulo di Young**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	11.28	0.30-1.30	Apollonia	112.80

**Classificazione AGI**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (2) limi - limi sabbiosi	11.28	0.30-1.30	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	11.28	0.30-1.30	Meyerhof	2.00

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	11.28	0.30-1.30	Meyerhof	2.20

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) limi - limi sabbiosi	11.28	0.30-1.30	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	99.65

**TERRENI INCOERENTI**
**Densità relativa**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) riporto	15.92	0.00-0.30	15.92	Meyerhof 1957	98.53
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	1.30-1.40	39.15	Meyerhof 1957	100

**Angolo di resistenza al taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) riporto	15.92	0.00-0.30	N1,60=0	Wolff (1989) N160	27.1
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	1.30-1.40	N1,60=0	Wolff (1989) N160	27.1

**Modulo di Young**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) riporto	15.92	0.00-0.30	15.92	Bowles (1982) Sabbia Media	154.60
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	1.30-1.40	39.15	Bowles (1982) Sabbia Media	270.75

**Modulo Edometrico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) riporto	15.92	0.00-0.30	15.92	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	60.16
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	1.30-1.40	39.15	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	107.88

**Classificazione AGI**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) riporto	15.92	0.00-0.30	15.92	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	1.30-1.40	39.15	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

**Peso unità di volume**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) riporto	15.92	0.00-0.30	15.92	Meyerhof ed altri	1.55
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	1.30-1.40	39.15	Meyerhof ed altri	1.78

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) riporto	15.92	0.00-0.30	15.92	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.96
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	1.30-1.40	39.15	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.10

**Modulo di Poisson**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) riporto	15.92	0.00-0.30	15.92	(A.G.I.)	0.32
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	1.30-1.40	39.15	(A.G.I.)	0.28

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) riporto	15.92	0.00-0.30	15.92	Ohsaki (Sabbie pulite)	876.48
Strato (3) ghiaie e sabbie	39.15	1.30-1.40	39.15	Ohsaki (Sabbie pulite)	2042.12

dense					
-------	--	--	--	--	--

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) riporto	15.92	0.00-0.30	15.92	Ohta & Goto (1978) Limi	76.57
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	1.30-1.40	39.15	Ohta & Goto (1978) Limi	136.72

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) riporto	15.92	0.00-0.30	15.92	Navfac 1971-1982	3.30
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	1.30-1.40	39.15	Navfac 1971-1982	6.79

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) riporto	15.92	0.00-0.30	15.92	Robertson 1983	31.84
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	1.30-1.40	39.15	Robertson 1983	78.30

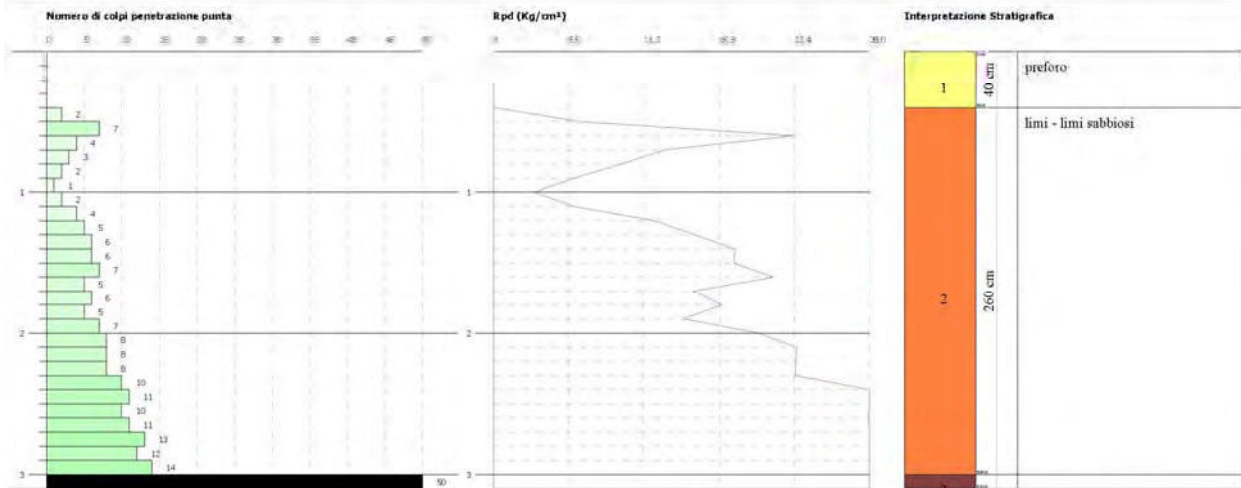
**PROVA ... DPM 2**

Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI  
 Prova eseguita in data 22/06/2017  
 Profondità prova 3.10 mt  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM 2**  
 Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

 Committente: Building Srl - Alleanza Coop 3.0  
 Cantiere: Castelnuovo Emilia  
 Località: Pianazzo

Data: 22/06/2017



Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	0	0.857	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	0	0.855	0.00	0.00	0.00	0.00
0.30	0	0.853	0.00	0.00	0.00	0.00
0.40	0	0.851	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	2	0.849	6.41	7.56	0.32	0.38
0.60	7	0.847	22.40	26.44	1.12	1.32
0.70	4	0.845	12.77	15.11	0.64	0.76
0.80	3	0.843	9.56	11.33	0.48	0.57
0.90	2	0.842	6.05	7.19	0.30	0.36
1.00	1	0.840	3.02	3.60	0.15	0.18
1.10	2	0.838	6.03	7.19	0.30	0.36
1.20	4	0.836	12.03	14.39	0.60	0.72
1.30	5	0.835	15.01	17.98	0.75	0.90
1.40	6	0.833	17.97	21.58	0.90	1.08
1.50	6	0.831	17.94	21.58	0.90	1.08
1.60	7	0.830	20.88	25.17	1.04	1.26
1.70	5	0.828	14.89	17.98	0.74	0.90
1.80	6	0.826	17.83	21.58	0.89	1.08
1.90	5	0.825	14.15	17.16	0.71	0.86
2.00	7	0.823	19.78	24.02	0.99	1.20
2.10	8	0.822	22.56	27.45	1.13	1.37
2.20	8	0.820	22.52	27.45	1.13	1.37
2.30	8	0.819	22.48	27.45	1.12	1.37
2.40	10	0.817	28.04	34.32	1.40	1.72
2.50	11	0.816	30.79	37.75	1.54	1.89
2.60	10	0.814	27.94	34.32	1.40	1.72
2.70	11	0.813	30.68	37.75	1.53	1.89



2.80	13	0.761	33.97	44.61	1.70	2.23
2.90	12	0.810	31.90	39.38	1.59	1.97
3.00	14	0.759	34.86	45.94	1.74	2.30
3.10	50	0.607	99.65	164.08	4.98	8.20

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.4	0	0		0	0.0	0.0	0.0	0.78	0	preforo
3	6.81	23.65742	Coesivo	0	1.78	1.88	0.23	0.78	5.33	limi - limi sabbiosi
3.1	50	164.0723	Incoerente	0	1.78	2.1	0.47	0.78	39.15	ghiaie e sabbie dense

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPM 2

#### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.33	0.40-3.00	Terzaghi-Peck	0.33

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.33	0.40-3.00	Robertson (1983)	10.66

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.33	0.40-3.00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	56.16

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.33	0.40-3.00	Apollonia	53.30

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.33	0.40-3.00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.33	0.40-3.00	Meyerhof	1.78

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.33	0.40-3.00	Meyerhof	1.88

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) limi - limi sabbiosi	5.33	0.40-3.00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	101.23

**TERRENI INCOERENTI**
**Densità relativa**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	3.00-3.10	39.15	Meyerhof 1957	100

**Angolo di resistenza al taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	3.00-3.10	N1,60=0	Wolff (1989) N160	27.1

**Modulo di Young**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	3.00-3.10	39.15	Bowles (1982) Sabbia Media	270.75

**Modulo Edometrico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	3.00-3.10	39.15	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	107.88

**Classificazione AGI**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	3.00-3.10	39.15	Classificazione A.G.I.	ADDENSATO

**Peso unità di volume**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	3.00-3.10	39.15	Meyerhof ed altri	1.78

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	3.00-3.10	39.15	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.10

**Modulo di Poisson**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (3)	39.15	3.00-3.10	39.15	(A.G.I.)	0.28

ghiaie e sabbie dense				
-----------------------	--	--	--	--

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	3.00-3.10	39.15	Ohsaki (Sabbie pulite)	2042.12

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	3.00-3.10	39.15	Ohta & Goto (1978) Limi	160.01

**Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \sigma_H / P_0$** 

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$K_0$
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	3.00-3.10	39.15	Navfac 1971-1982	6.79

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	3.00-3.10	39.15	Robertson 1983	78.30

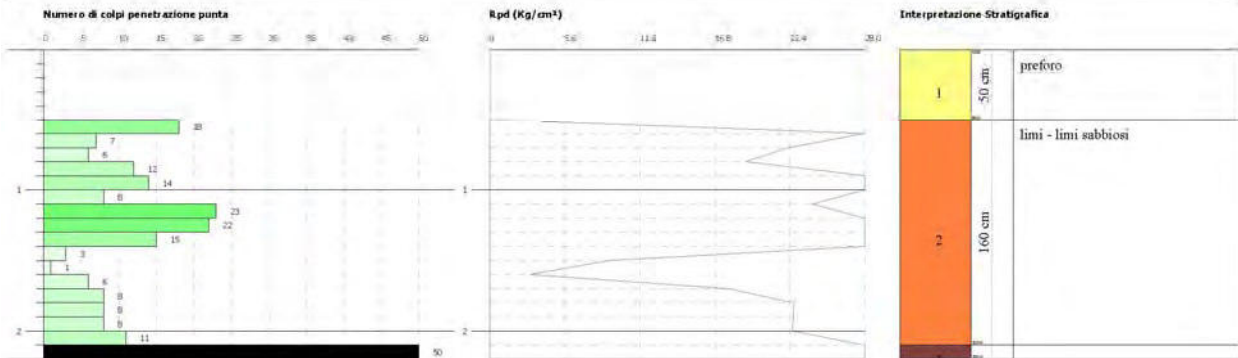
**PROVA ... DPM 3**

Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI  
 Prova eseguita in data 22/06/2017  
 Profondità prova 2.20 mt  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM 3**  
 Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

 Committente: Building Srl - Alunzia Coop 3.0  
 Cantiere: Casellificio Emilia  
 Località: Pianazzo

Data: 22/06/2017



Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.10	0	0.857	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	0	0.855	0.00	0.00	0.00	0.00
0.30	0	0.853	0.00	0.00	0.00	0.00
0.40	0	0.851	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	0	0.849	0.00	0.00	0.00	0.00
0.60	18	0.797	54.19	68.00	2.71	3.40
0.70	7	0.845	22.35	26.44	1.12	1.32
0.80	6	0.843	19.11	22.67	0.96	1.13
0.90	12	0.842	36.32	43.16	1.82	2.16
1.00	14	0.790	39.76	50.35	1.99	2.52
1.10	8	0.838	24.11	28.77	1.21	1.44
1.20	23	0.736	60.90	82.72	3.05	4.14
1.30	22	0.735	58.12	79.12	2.91	3.96
1.40	15	0.783	42.23	53.95	2.11	2.70
1.50	3	0.831	8.97	10.79	0.45	0.54
1.60	1	0.830	2.98	3.60	0.15	0.18
1.70	6	0.828	17.87	21.58	0.89	1.08
1.80	8	0.826	23.77	28.77	1.19	1.44
1.90	8	0.825	22.64	27.45	1.13	1.37
2.00	8	0.823	22.60	27.45	1.13	1.37
2.10	11	0.822	31.02	37.75	1.55	1.89
2.20	50	0.620	106.41	171.59	5.32	8.58

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.5	0	0		0	0.0	0.0	0.0	0.78	0	preforo
2.1	10.62	38.23936	Coesivo	0	1.91	2.1	0.15	0.78	8.32	limi - limi sabbiosi
2.2	50	171.6182	Incoerente	0	1.78	2.1	0.31	0.78	39.15	ghiaie e sabbie dense



**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPM 3**
**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	8.32	0.50-2.10	Terzaghi-Peck	0.56

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	8.32	0.50-2.10	Robertson (1983)	16.64

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	8.32	0.50-2.10	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	86.65

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	8.32	0.50-2.10	Apollonia	83.20

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (2) limi - limi sabbiosi	8.32	0.50-2.10	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	8.32	0.50-2.10	Meyerhof	1.91

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	8.32	0.50-2.10	Meyerhof	2.10

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) limi - limi sabbiosi	8.32	0.50-2.10	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	103.82

**TERRENI INCOERENTI**

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	2.10-2.20	39.15	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito
-------------	------	--------------	------------	--------------	------------------

		(m)			(°)
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	2.10-2.20	N1,60=0	Wolff (1989) N160	27.1

**Modulo di Young**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	2.10-2.20	39.15	Bowles (1982) Sabbia Media	270.75

**Modulo Edometrico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	2.10-2.20	39.15	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	107.88

**Classificazione AGI**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	2.10-2.20	39.15	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

**Peso unità di volume**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	2.10-2.20	39.15	Meyerhof ed altri	1.78

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	2.10-2.20	39.15	Terzaghi-Peck 1948- 1967	2.10

**Modulo di Poisson**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	2.10-2.20	39.15	(A.G.I.)	0.28

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	2.10-2.20	39.15	Ohsaki (Sabbie pulite)	2042.12

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	2.10-2.20	39.15	Ohta & Goto (1978) Limi	149.56

**Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \sigma_H / P_0$** 

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$K_0$
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	2.10-2.20	39.15	Navfac 1971-1982	6.79

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	2.10-2.20	39.15	Robertson 1983	78.30

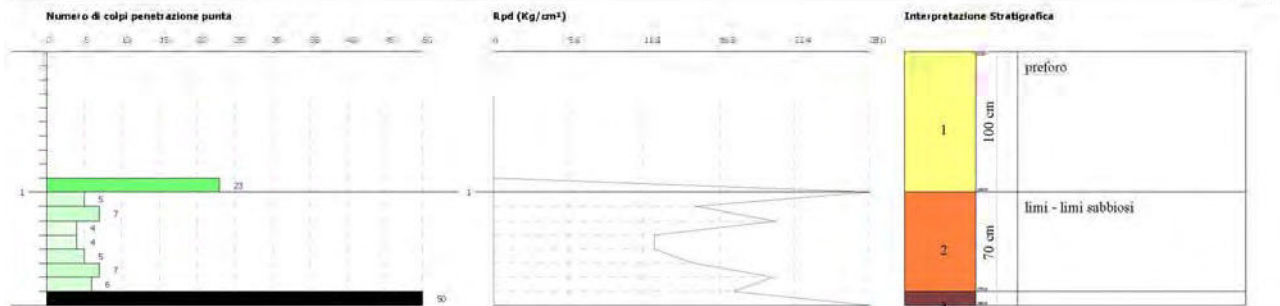
**PROVA ... DPM 4**

Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI  
 Prova eseguita in data 22/06/2017  
 Profondità prova 1.80 mt  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM 4**  
 Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

 Comitato: Building S1 - Alleanza Coop 3.0  
 Cantiere: Casellificio Emilia  
 Località: Fiumazzo

Data: 22/06/2017



Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	0	0.857	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	0	0.855	0.00	0.00	0.00	0.00
0.30	0	0.853	0.00	0.00	0.00	0.00
0.40	0	0.851	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	0	0.849	0.00	0.00	0.00	0.00
0.60	0	0.847	0.00	0.00	0.00	0.00
0.70	0	0.845	0.00	0.00	0.00	0.00
0.80	0	0.843	0.00	0.00	0.00	0.00
0.90	0	0.842	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	23	0.740	61.19	82.72	3.06	4.14
1.10	5	0.838	15.07	17.98	0.75	0.90
1.20	7	0.836	21.05	25.17	1.05	1.26
1.30	4	0.835	12.01	14.39	0.60	0.72
1.40	4	0.833	11.98	14.39	0.60	0.72
1.50	5	0.831	14.95	17.98	0.75	0.90
1.60	7	0.830	20.88	25.17	1.04	1.26
1.70	6	0.828	17.87	21.58	0.89	1.08
1.80	50	0.626	112.63	179.82	5.63	8.99

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1	2.3	8.259701		0	0.0	0.0	0.0	0.78	1.8	preforo
1.7	5.43	19.47658	Coesivo	0	1.72	1.87	0.06	0.78	4.25	limi - limi sabbiosi
1.8	50	179.776	Incoerente	0	1.78	2.1	0.13	0.78	39.15	ghiaie e sabbie dense



**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPM 4  
 TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.25	1.00-1.70	Terzaghi-Peck	0.27

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.25	1.00-1.70	Robertson (1983)	8.50

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.25	1.00-1.70	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	45.14

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.25	1.00-1.70	Apollonia	42.50

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.25	1.00-1.70	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.25	1.00-1.70	Meyerhof	1.72

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.25	1.00-1.70	Meyerhof	1.87

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) limi - limi sabbiosi	4.25	1.00-1.70	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	93.11

**TERRENI INCOERENTI**

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	1.70-1.80	39.15	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
-------------	------	------------------	------------	--------------	----------------------

Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	1.70-1.80	N1,60=0	Wolff (1989) N160	27.1
--	-------	-----------	---------	-------------------	------

**Modulo di Young**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	1.70-1.80	39.15	Bowles (1982) Sabbia Media	270.75

**Modulo Edometrico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	1.70-1.80	39.15	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	107.88

**Classificazione AGI**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	1.70-1.80	39.15	Classificazione A.G.I.	ADDENSATO

**Peso unità di volume**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	1.70-1.80	39.15	Meyerhof ed altri	1.78

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	1.70-1.80	39.15	Terzaghi-Peck 1948- 1967	2.10

**Modulo di Poisson**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	1.70-1.80	39.15	(A.G.I.)	0.28

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	1.70-1.80	39.15	Ohsaki (Sabbie pulite)	2042.12

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	1.70-1.80	39.15	Ohta & Goto (1978) Limi	143.74

**Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \sigma_H / P_0$** 

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$K_0$
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	1.70-1.80	39.15	Navfac 1971-1982	6.79

 **$Q_c$  ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$Q_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) ghiaie e sabbie dense	39.15	1.70-1.80	39.15	Robertson 1983	78.30

**PIANO OPERATIVO COMUNALE (P.O.C.)**

**AMBITO 73 AN "PIUMAZZO KIWI"**

**PROPOSTA DI MODIFICA DEL COMPARTO RISPETTO ALL'ASSETTO URBANISTICO DEFINITO DALLA  
SECONDA VARIANTE DI P.O.C. (DELIBERAZIONE DI CONSIGLIO COMUNALE NR. 94 DEL 12/05/2011)**

## **ALLEGATO 2**

**INDAGINE GEOGNOSTICA DEL TIPO A CAROTAGGIO CONTINUO  
ATTREZZATO A PIEZOMETRO CON PROVE SPT IN FORO**



# STRATIGRAFIA

SCALA 1 : 50 Pagina 1/2

Committente: c/o Dott. Masotti Giorgio		Certificato n°: 222/11
Località: Via delle Grazie "Area Kiwi" - Piumazzo di Castelfranco Emilia		Verbale di accettazione n°:
Il direttore del laboratorio Dott. Geol. Rino Guadagnini		Lo sperimentatore Dott. Geol. Marco Vagnarelli
		Data esecuzione: 01-02/03/2011
		Data emissione: 02/03/2011
		Sondaggio: S1

o mm	R v	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	Prel. % 0 --- 100	Standard Penetration Test			prof. m	DESCRIZIONE	Cass.	
								m	S.P.T.	N	Pt			
			1										Terreno di riporto costituito da ghiaia da fine a grossolana con sabbia a tratti debolmente limosa, umida, color nocciola. Inclusi poligenici, eterometrici, da subarrotondati ad arrotondati, Ø max 8-10 cm.	
			2				2.7 1.7 2.6 2.0 2.0 2.7					Limo debolmente argilloso alterato a limo debolmente sabbioso, da consistente a molto consistente, umido, color grigio.		
					1) She < 2.00 2.50							Prelevato campione indisturbato n. 1.		
			3				4.3 4.2					Limo argilloso debolmente sabbioso, umido, color nocciola. Discreta presenza di inclusi millimetrici sparsi di varia natura.	1	
			4									Ghiaia da fine a grossolana con limo sabbioso debolmente argilloso, leggermente umido, color nocciola. Inclusi poligenici, eterometrici, da subarrotondati ad arrotondati, Ø max 6-7 cm.		
			5					4,5	50/11cm		Rif C	Ghiaia da fine a grossolana con sabbia debolmente limosa a tratti limosa, leggermente umida, color nocciola. Inclusi poligenici, eterometrici, da subarrotondati ad arrotondati, Ø max 6-7 cm.		
			6											
			7											
			8									Ghiaia da fine a grossolana, molto addensata, con limo sabbioso, leggermente umida, color nocciola. Inclusi poligenici, eterometrici, da subarrotondati ad arrotondati, Ø max 7-8 cm.	2	
			9					9,0	29-32-22		54 C			
			10											
			11									Ghiaia da fine a grossolana con sabbia debolmente limosa a tratti limosa, leggermente umida, color nocciola. Inclusi poligenici, eterometrici, da subarrotondati ad arrotondati, Ø max 8-10 cm.	3	
			12											

Committente: c/o Dott. Masotti Giorgio		Certificato n°: 222/11
Località: Via delle Grazie "Area Kiwi" - Piumazzo di Castelfranco Emilia		Verbale di accettazione n°:
Il direttore del laboratorio Dott. Geol. Rino Guadagnini	Lo sperimentatore Dott. Geol. Marco Vagnarelli	Data esecuzione: 01-02/03/2011
		Data emissione: 02/03/2011
		Sondaggio: S1

Ø mm	R v	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	PreL. % 0 --- 100	Standard Penetration Test			prof. m	DESCRIZIONE	Cass.
								S.P.T.	N	Pt			
			13									Ghiaia da fine a grossolana con sabbia debolmente limosa a tratti limosa, leggermente umida, color nocciola. Inclusi poligenici, eterometrici, da subarrotondati ad arrotondati, Ø max 8-10 cm.	3
			14										
			15										
			16									Ghiaia da fine a grossolana con limo sabbioso, umida, color nocciola. Inclusi poligenici, eterometrici, da subarrotondati ad arrotondati, Ø max 7-8 cm.	4
			16.55			2.0						Alternanze millimetriche di limo sabbioso e sabbia fine limosa, umida, color nocciola con sfumature ocra. Presenza di rari inclusi sparsi eterometrici, poligenici, subarrotondati, Ø max 4-5 cm.	
			17									Ghiaia da fine a grossolana con limo sabbioso, umida, color nocciola. Inclusi poligenici, eterometrici, da subarrotondati ad arrotondati, Ø max 7-8 cm.	
			18			1.8						Limo da debolmente sabbioso a sabbioso, umido, nocciola. Inclusi poligenici, eterometrici, da subarrotondati ad arrotondati, Ø max 3-4 cm. Presenza di livelli millimetrici e lenti di colore grigiastro.	
			18.15									Ghiaia da fine a grossolana con sabbia limosa, umida, color nocciola. Inclusi poligenici, eterometrici, da subarrotondati ad arrotondati, Ø max 4-5 cm.	
			19									Limo a tratti argilloso, umido, color bruno-nocciola scuro. Discreta presenza di inclusi millimetrici di colore scuro e calcarei chiari.	
			20			1.7							
101			20				1.8						

Sondatore: Sig. Salvatore Dattolo  
Sonda: Atlas Copco A65

Rilievo del livello dell'acqua nel corso della perforazione

Giorno	02/03/11											
Ora	07.30											
Livello dell'acqua (m)	14,90											
Prof. perforazione(m)	20,00											
Prof. rivestimento(m)	18,00											



## STRATIGRAFIA

Committente: c/o Dott. Masotti Giorgio		Certificato n°: 222/11
Località: Via delle Grazie "Area Kiwi" - Piumazzo di Castelfranco Emilia		Verbale di accettazione n°:
Il direttore del laboratorio Dott. Geol. Rino Guadagnini	Lo sperimentatore Dott. Geol. Marco Vagnarelli	Data esecuzione: 01-02/03/2011
		Data emissione: 02/03/2011
		Sondaggio: S1



Cassa n. 1 da 0.00 m a -5.00 m



Cassa n. 2 da -5.00 m a -10.00 m



## STRATIGRAFIA

Committente: c/o Dott. Masotti Giorgio		Certificato n°: 222/11
Località: Via delle Grazie "Area Kiwi" - Piumazzo di Castelfranco Emilia		Verbale di accettazione n°:
Il direttore del laboratorio Dott. Geol. Rino Guadagnini	Lo sperimentatore Dott. Geol. Marco Vagnarelli	Data esecuzione: 01-02/03/2011
		Data emissione: 02/03/2011
		Sondaggio: S1



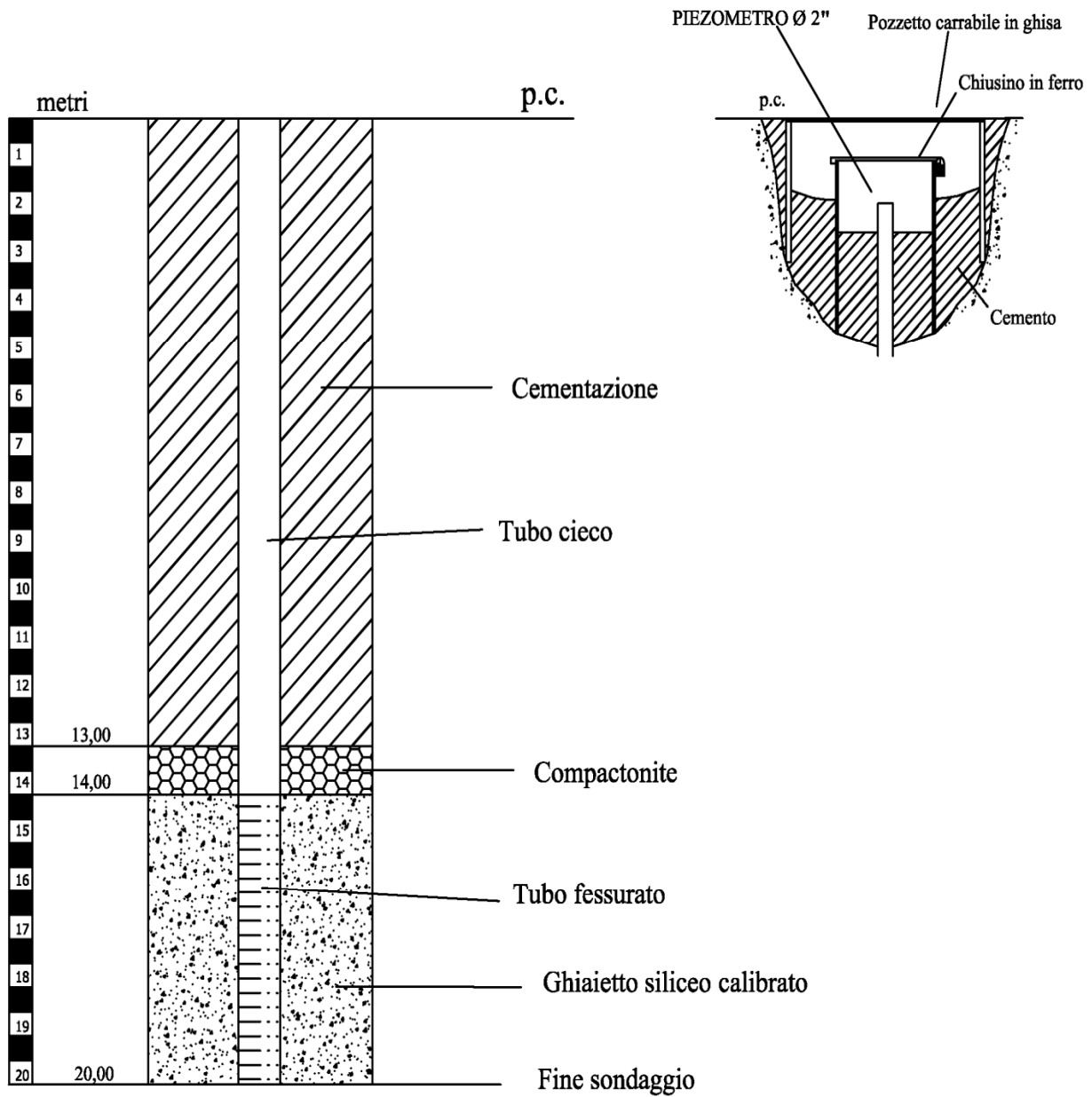
Cassa n. 3 da -10.00 m a -15.00 m



Cassa n. 4 da -15.00 m a -20.00 m



# SCHEMA PIEZOMETRO S1



## PIEZOMETRO S1

Profondità sondaggio a carotaggio continuo -20,00 m

Tubo Piezometrico in P.V.C. tipo NORTON Ø 2 "

Cieco da p.c. a -14,00 m

Fessurato da -14,00 m a -20,00 m

**PIANO OPERATIVO COMUNALE (P.O.C.)**

**AMBITO 73 AN "PIUMAZZO KIWI"**

**PROPOSTA DI MODIFICA DEL COMPARTO RISPETTO ALL'ASSETTO URBANISTICO DEFINITO DALLA  
SECONDA VARIANTE DI P.O.C. (DELIBERAZIONE DI CONSIGLIO COMUNALE NR. 94 DEL 12/05/2011)**

### **ALLEGATO 3**

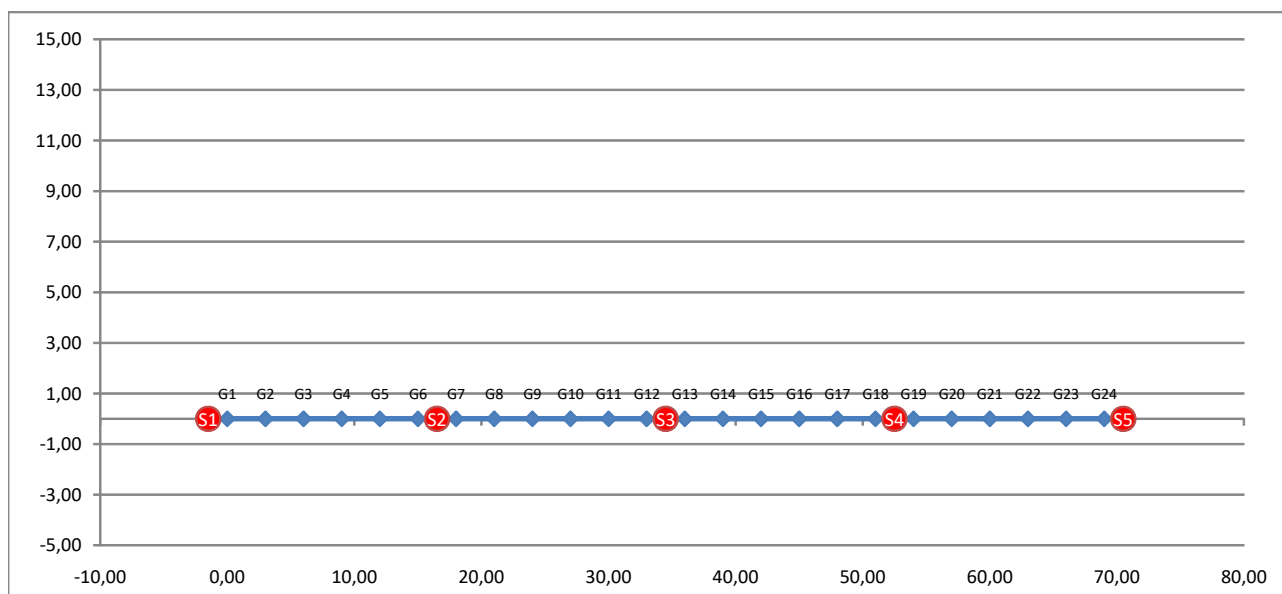
**INDAGINE GEOFISICA DEL TIPO SISMICO A RIFRAZIONE CON  
MISURA STRUMENTALE DELLE ONDE P E DELLE ONDE DI TAGLIO  
CON TECNICA M.A.S.W.**

## ELABORAZIONE ONDE DI COMPRESSIONE – Vp

<b>Strumentazione geofisica utilizzata</b>	PASI mod. 16S24 - s/n 06031086
<b>Sistema di comunicazione a trasmissione del "Tempo zero"</b>	Geofono trigger - 10 Hz
<b>Lunghezza linea sismica</b>	69 m
<b>Interasse geofoni</b>	3 m
<b>Numero punti di energizzazione</b>	5
<b>Numero di trasduttori velocimetrici</b>	24

Riferimento	Files Dati	Campionamento		Risoluzione	Tipologia Geofoni		Note
		Durata	Frequenza		Frequenza	Asse	
1	KIW1.DAT	128 ms	125 µs	16 bit	4,5 Hz	verticale	
2	KIW67.DAT	128 ms	125 µs	16 bit	4,5 Hz	verticale	
3	KIW1213.DAT	128 ms	125 µs	16 bit	4,5 Hz	verticale	
4	KIW1819.DAT	128 ms	125 µs	16 bit	4,5 Hz	verticale	
5	KIW24.DAT	128 ms	125 µs	16 bit	4,5 Hz	verticale	

Coordinate di energizzazione					Metodo di Energizzazione
Sparo	Quota	X	Y	Profondità	
		[m]	[m]	[m]	[m]
1	0,00	-1,50	0,00	-0,40	Fucile sismico con cartuccia industriale calibro 8 mm
2	0,00	16,50	0,00	-0,40	Fucile sismico con cartuccia industriale calibro 8 mm
3	0,00	34,50	0,00	-0,40	Fucile sismico con cartuccia industriale calibro 8 mm
4	0,00	52,50	0,00	-0,40	Fucile sismico con cartuccia industriale calibro 8 mm
5	0,00	70,50	0,00	-0,40	Fucile sismico con cartuccia industriale calibro 8 mm



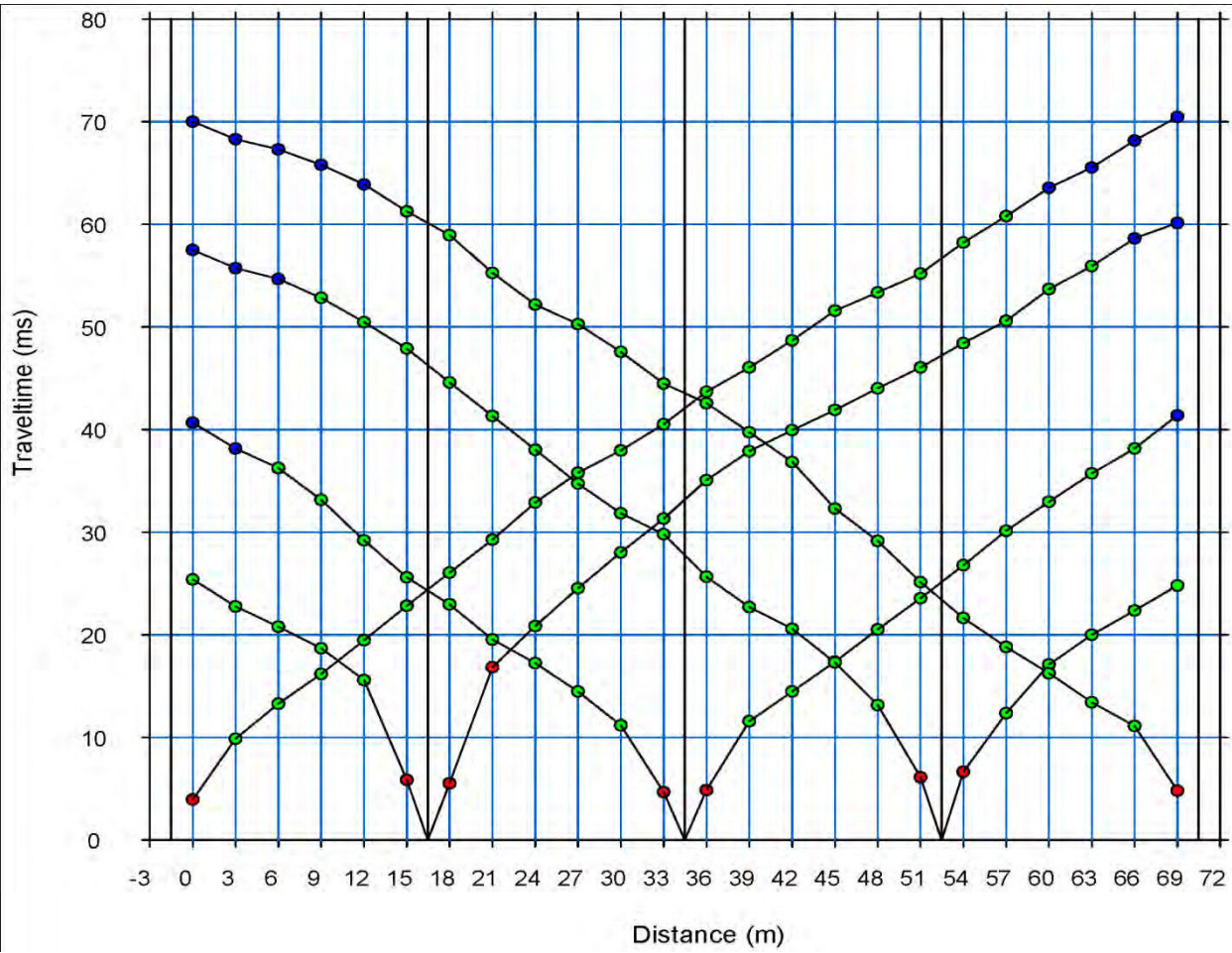
<b>Tempi di Arrivo Geofoni</b>								
<b>Geofono</b>	<b>Quota</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>
	<b>[m]</b>	<b>[m]</b>	<b>[m]</b>	<b>[ms]</b>	<b>[ms]</b>	<b>[ms]</b>	<b>[ms]</b>	<b>[ms]</b>
1	0,00	0,00	0,00	4,00	25,46	40,72	57,50	70,06
2	0,00	3,00	0,00	9,92	22,83	38,19	55,75	68,30
3	0,00	6,00	0,00	13,34	20,81	36,30	54,72	67,34
4	0,00	9,00	0,00	16,24	18,70	33,17	52,85	65,84
5	0,00	12,00	0,00	19,49	15,63	29,23	50,48	63,91
6	0,00	15,00	0,00	22,88	5,88	25,64	47,95	61,28
7	0,00	18,00	0,00	26,07	5,53	23,00	44,66	59,00
8	0,00	21,00	0,00	29,33	16,86	19,58	41,37	55,31
9	0,00	24,00	0,00	32,93	20,89	17,29	38,08	52,24
10	0,00	27,00	0,00	35,82	24,58	14,49	34,79	50,29
11	0,00	30,00	0,00	38,01	28,09	11,24	31,87	47,63
12	0,00	33,00	0,00	40,56	31,38	4,70	29,85	44,51
13	0,00	36,00	0,00	43,72	35,12	4,90	25,72	42,58
14	0,00	39,00	0,00	46,09	37,93	11,59	22,74	39,77
15	0,00	42,00	0,00	48,72	39,95	14,49	20,63	36,87
16	0,00	45,00	0,00	51,63	41,96	17,38	17,31	32,31
17	0,00	48,00	0,00	53,38	44,07	20,53	13,17	29,15
18	0,00	51,00	0,00	55,25	46,09	23,55	6,15	25,20
19	0,00	54,00	0,00	58,25	48,46	26,78	6,67	21,68
20	0,00	57,00	0,00	60,84	50,66	30,19	12,38	18,88
21	0,00	60,00	0,00	63,60	53,73	33,03	17,12	16,25
22	0,00	63,00	0,00	65,58	55,92	35,73	20,02	13,46
23	0,00	66,00	0,00	68,21	58,65	38,19	22,39	11,15
24	0,00	69,00	0,00	70,50	60,14	41,44	24,84	4,83

<b>Profondità Sismostrati</b>					
<b>Geofono</b>	<b>X</b>	<b>Strato 2</b>	<b>Strato 3</b>	<b>Strato 4</b>	<b>Strato 5</b>
	<b>[m]</b>	<b>[m]</b>	<b>[m]</b>	<b>[m]</b>	<b>[m]</b>
1	0,00	0,87	8,03	0,00	0,00
2	3,00	0,96	8,17	0,00	0,00
3	6,00	1,09	8,27	0,00	0,00
4	9,00	1,26	8,27	0,00	0,00
5	12,00	1,36	8,32	0,00	0,00
6	15,00	1,44	8,65	0,00	0,00
7	18,00	1,49	8,66	0,00	0,00
8	21,00	1,49	8,93	0,00	0,00
9	24,00	1,53	9,19	0,00	0,00
10	27,00	1,57	9,41	0,00	0,00
11	30,00	1,63	9,58	0,00	0,00
12	33,00	1,70	9,70	0,00	0,00
13	36,00	1,74	9,52	0,00	0,00
14	39,00	1,69	9,38	0,00	0,00
15	42,00	1,61	9,23	0,00	0,00
16	45,00	1,48	9,13	0,00	0,00
17	48,00	1,32	8,75	0,00	0,00
18	51,00	1,19	8,56	0,00	0,00
19	54,00	1,07	8,41	0,00	0,00
20	57,00	1,09	8,17	0,00	0,00
21	60,00	1,15	8,03	0,00	0,00
22	63,00	1,20	7,84	0,00	0,00
23	66,00	1,22	7,60	0,00	0,00
24	69,00	1,20	7,60	0,00	0,00

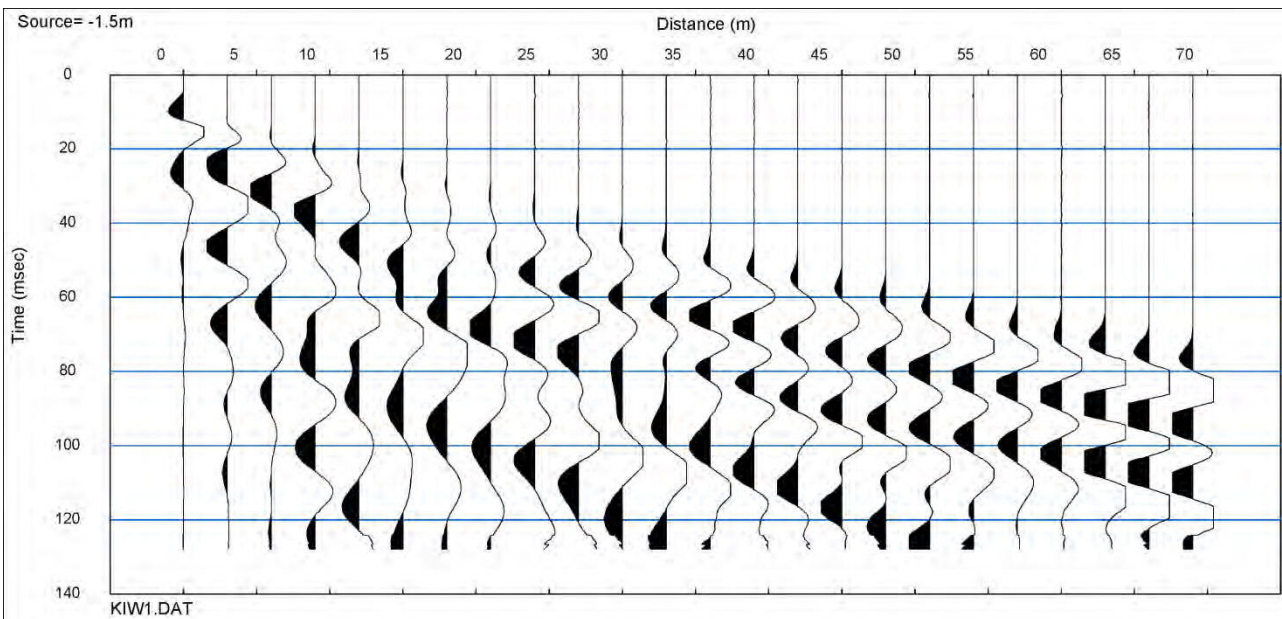
<b>Velocità Sismostrati</b>	
<b>Strato</b>	<b>[m/s]</b>
1	280
2	1022
3	1224
4	
5	



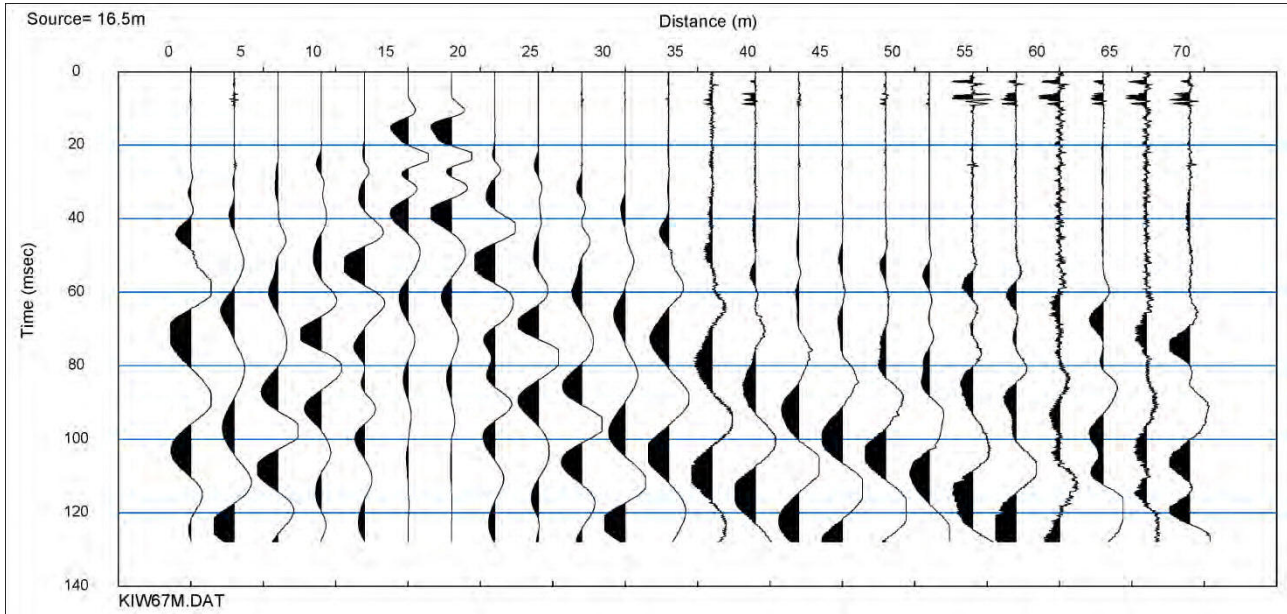
**Figura 45: ANDAMENTO DELLE DROMOCRONE**



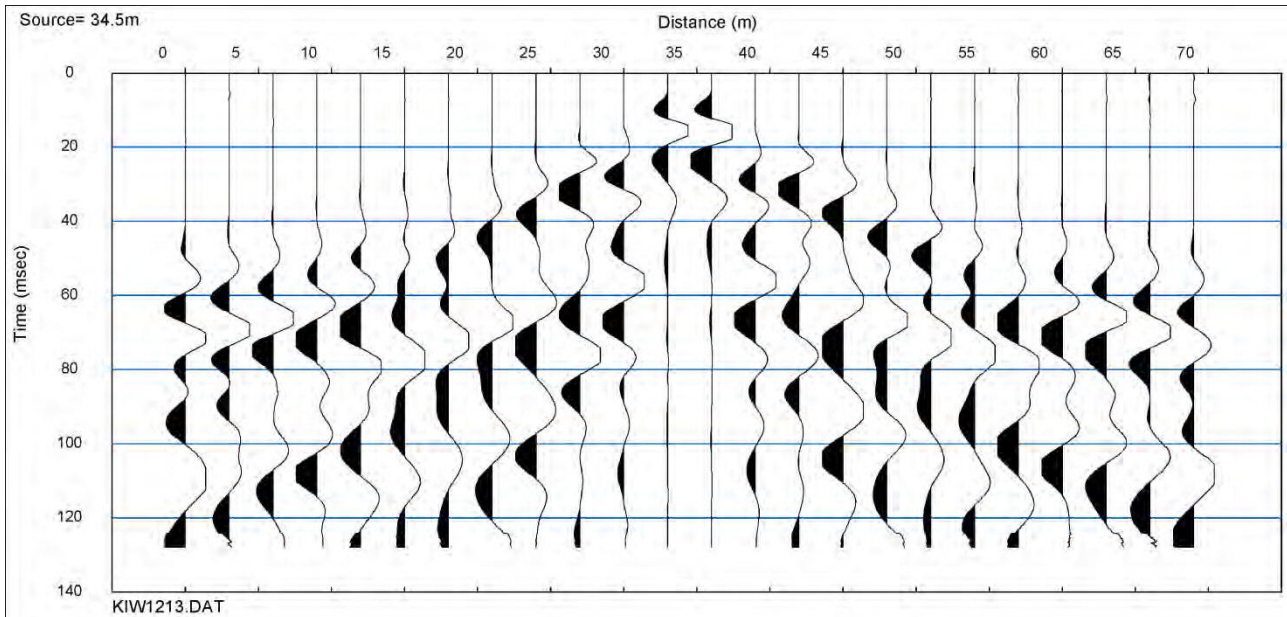
**Figura 46: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 1,50 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 1 IN POSIZIONE DI ESTREMO SINISTRO**



**Figura 47: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 6 E NR. 7 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO SINISTRO**

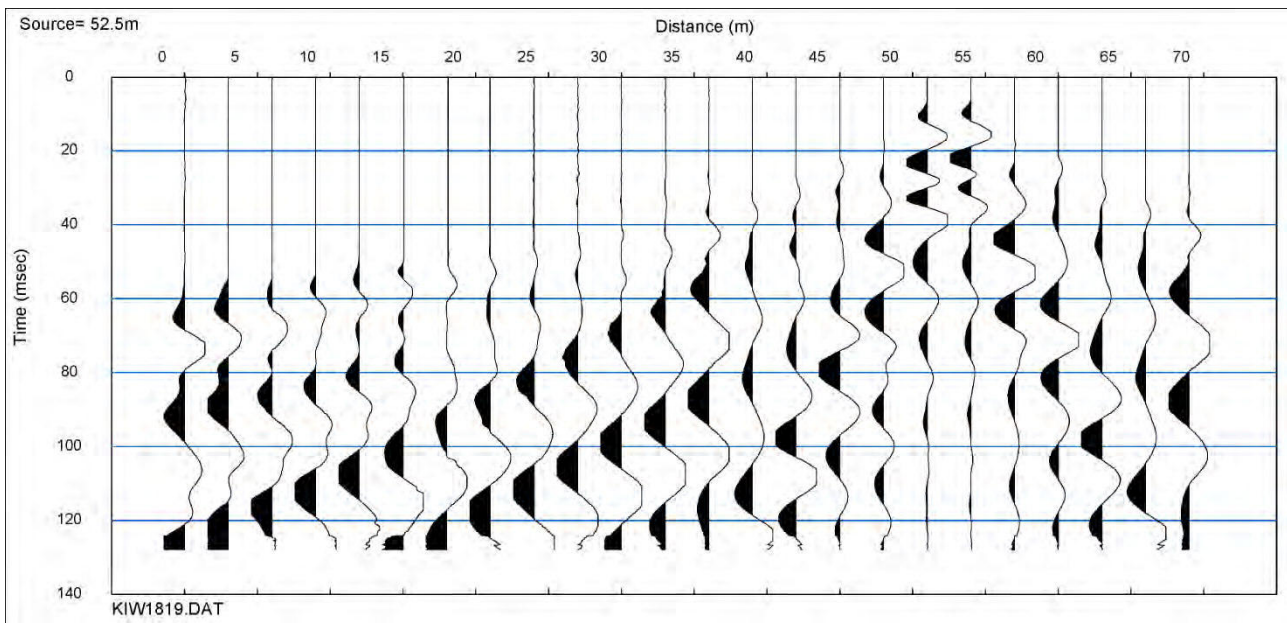


**Figura 48: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 12 E NR. 13 IN POSIZIONE CENTRALE**

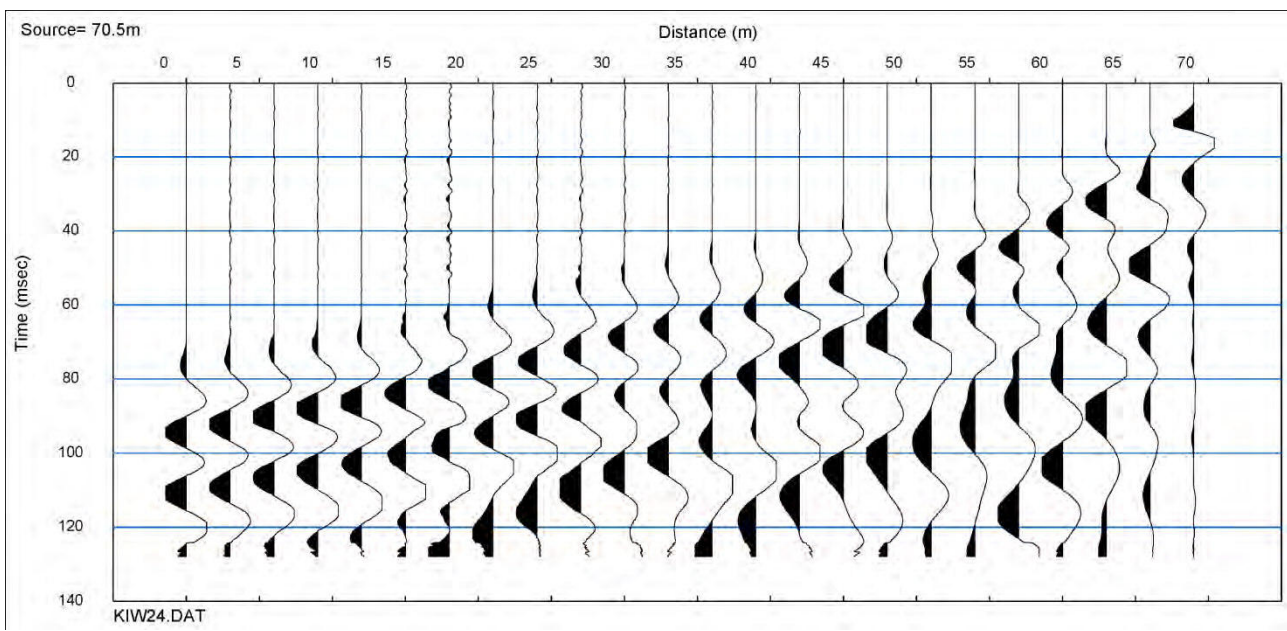


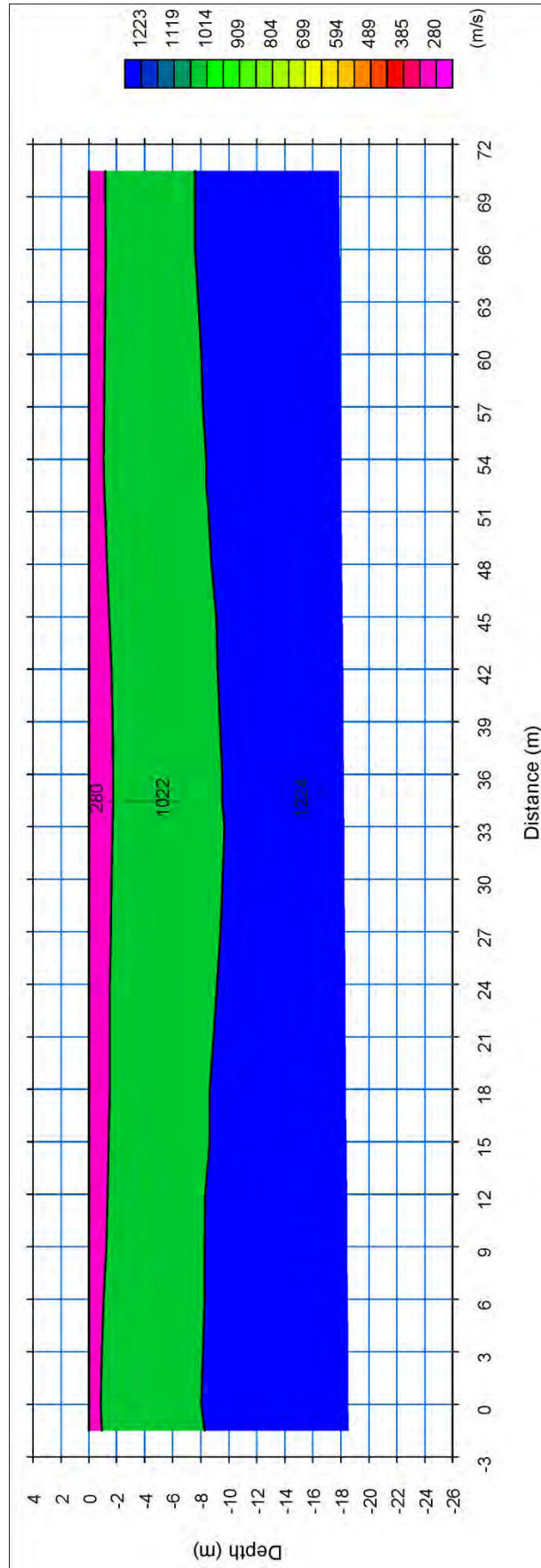


**Figura 49: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA TRA I GEOFONI NR. 18 E NR. 19 IN POSIZIONE DI INTERMEDIO DESTRO**



**Figura 50: TRACCE SISMICHE RILEVATE CON ENERGIZZAZIONE POSTA A ML. 0,50 ESTERNAMENTE AL GEOFONO NR. 24 IN POSIZIONE DI ESTREMO DESTRO**







## ELABORAZIONE ONDE DI TAGLIO – Vs

La determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio ( $V_s$ ) è stata effettuata mediante elaborazione con il metodo MASW, allo scopo di determinare la categoria sismica del terreno (A, B, C, D, E, S1, S2) secondo quanto indicato dalla Nuova Normativa Sismica (Ordinanza P.C.M. 2003 e s.m.i.) e dagli Eurocodici 7 e 8.

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

### Modellizzazione

Con riferimento al modello geotecnico sintetico determinato con le indagini in sito, è stata tracciata una curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times v$$

In seguito i parametri del modello geotecnico preliminare si sono apportate le modifiche necessarie al fine di ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale. Questa fase definita come processo di inversione consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi caratterizzati da valori di rigidità differente.

### Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

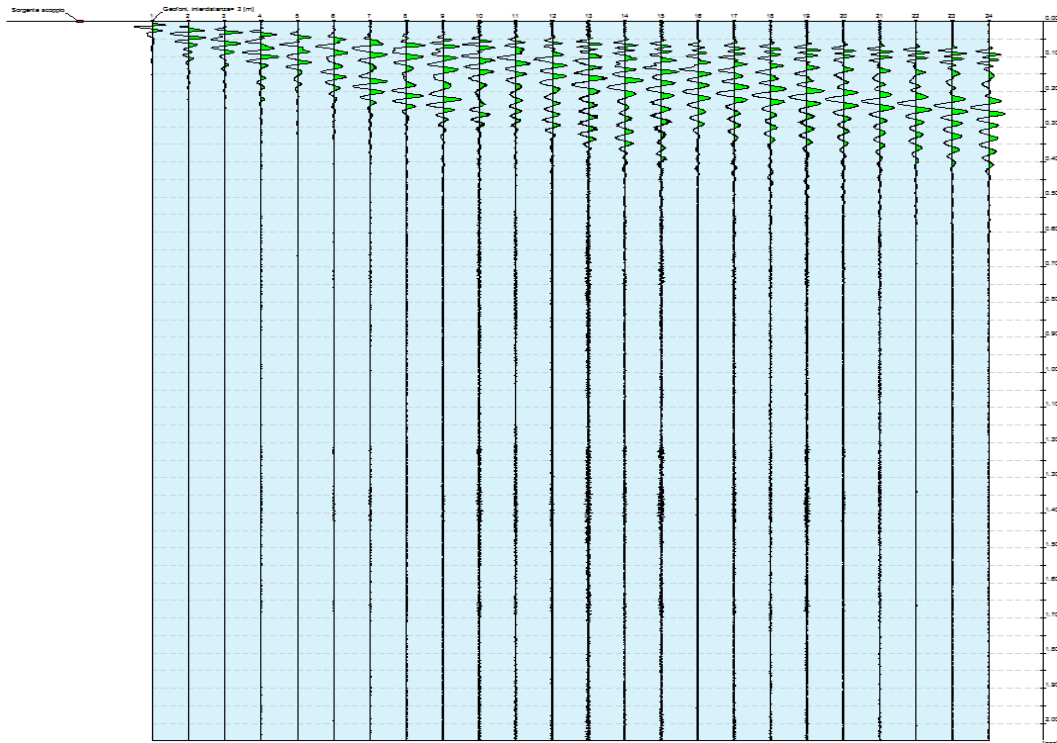
### Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

L'elaborazione ha riguardato l'intero campionamento della registrazione avente durata 1024 mS e una frequenza di campionamento di 500 microS, per la quale si è tenuta in considerazione la traccia sismica rilevata a seguito dell'energizzazione effettuata mediante fucile sismico calibro 8 industriale in posizione di sparo **estremo SINISTRO** rispetto alla base sismica, con uno stendimento avente un interasse geofonico pari a **3,0 ml**.

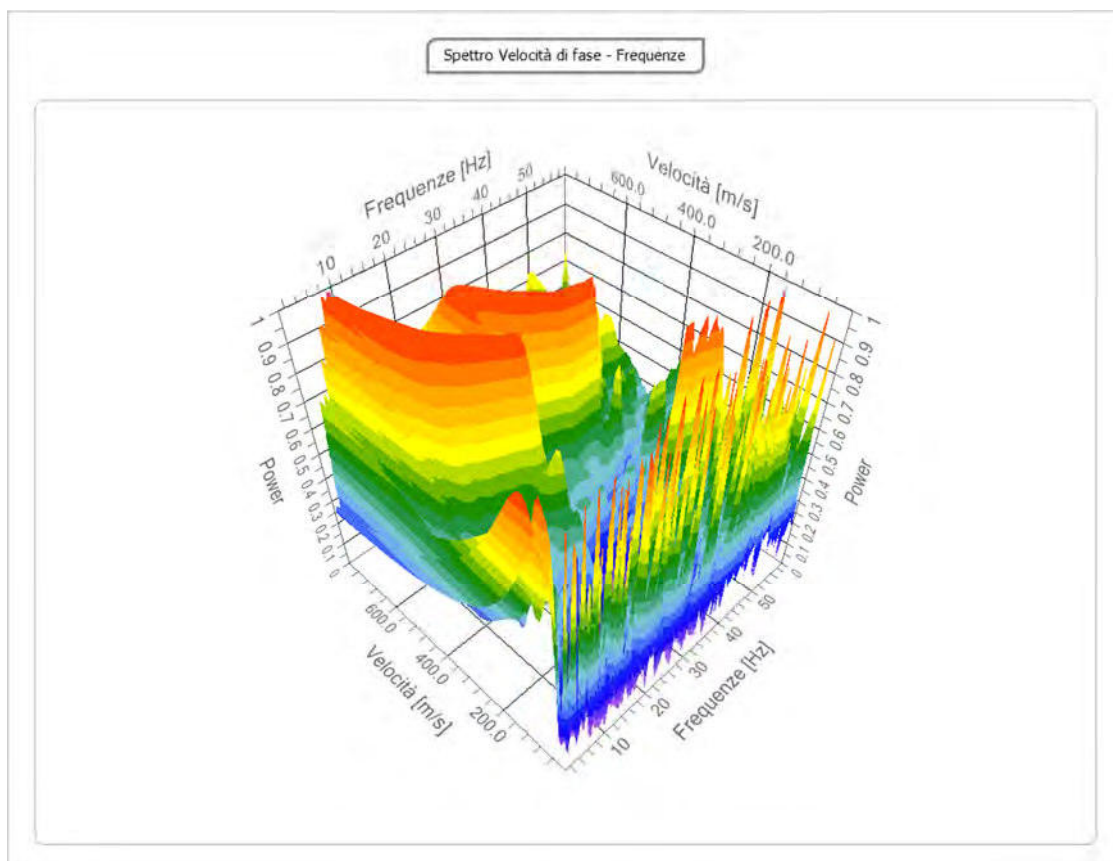
<b>N. tracce</b>	24
<b>Durata acquisizione [ms]</b>	2048.0
<b>Interdistanza geofoni [m]</b>	3.0
<b>Periodo di campionamento [ms]</b>	0.50

**Figura 51: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE**



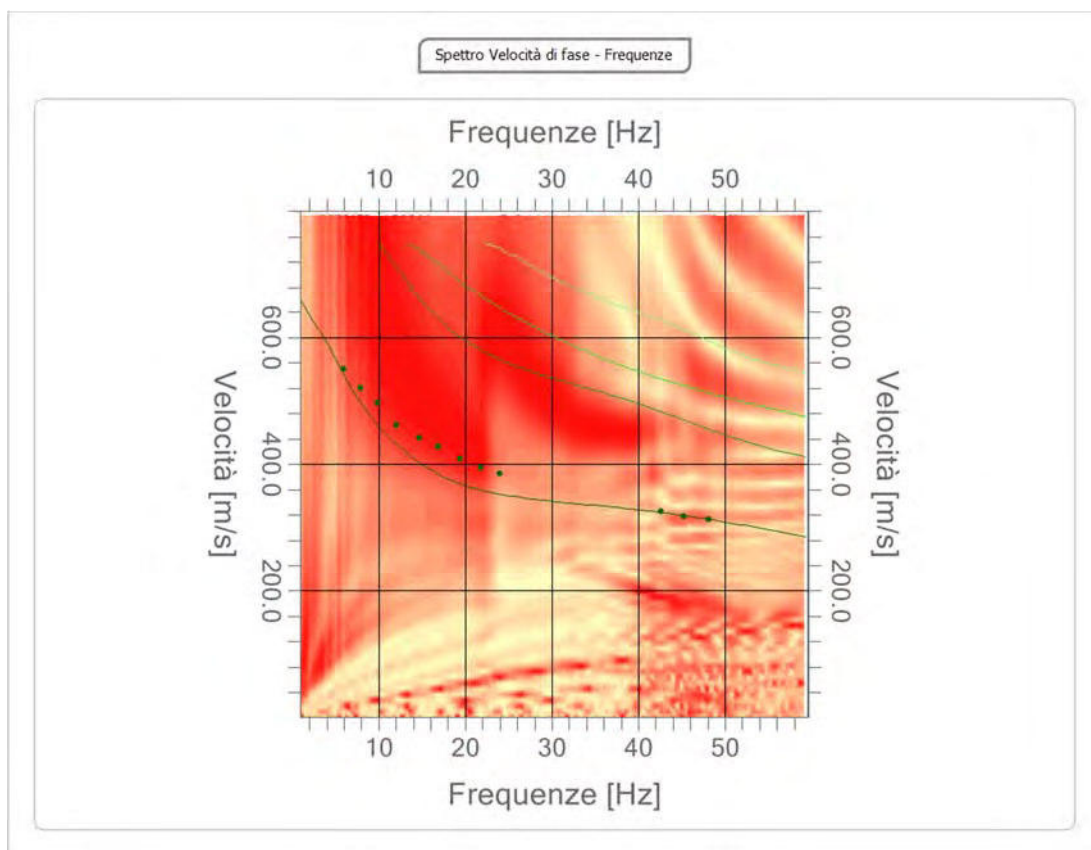
**Figura 52: ANDAMENTO DELL'ANALISI SPETTRALE**

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

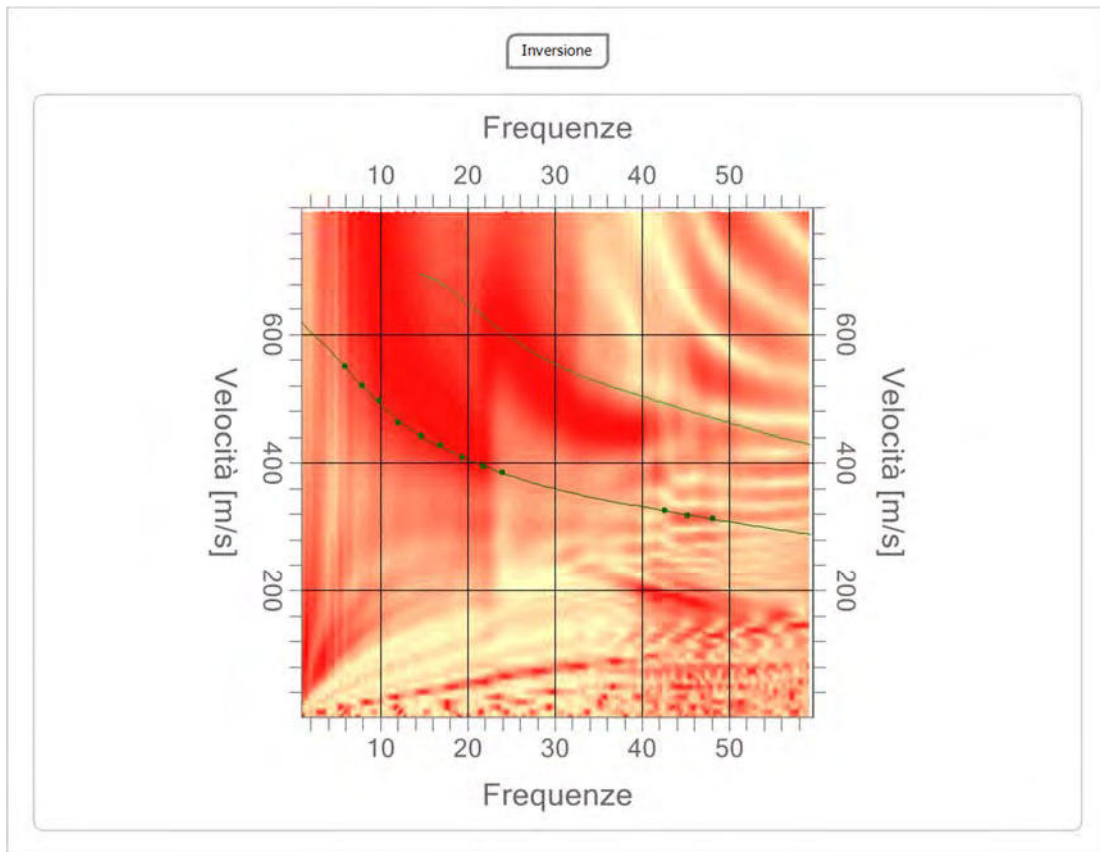


**Figura 53: TABELLA RIPIORTANTE I VALORI DELLA CURVA DI DISPERSIONE**

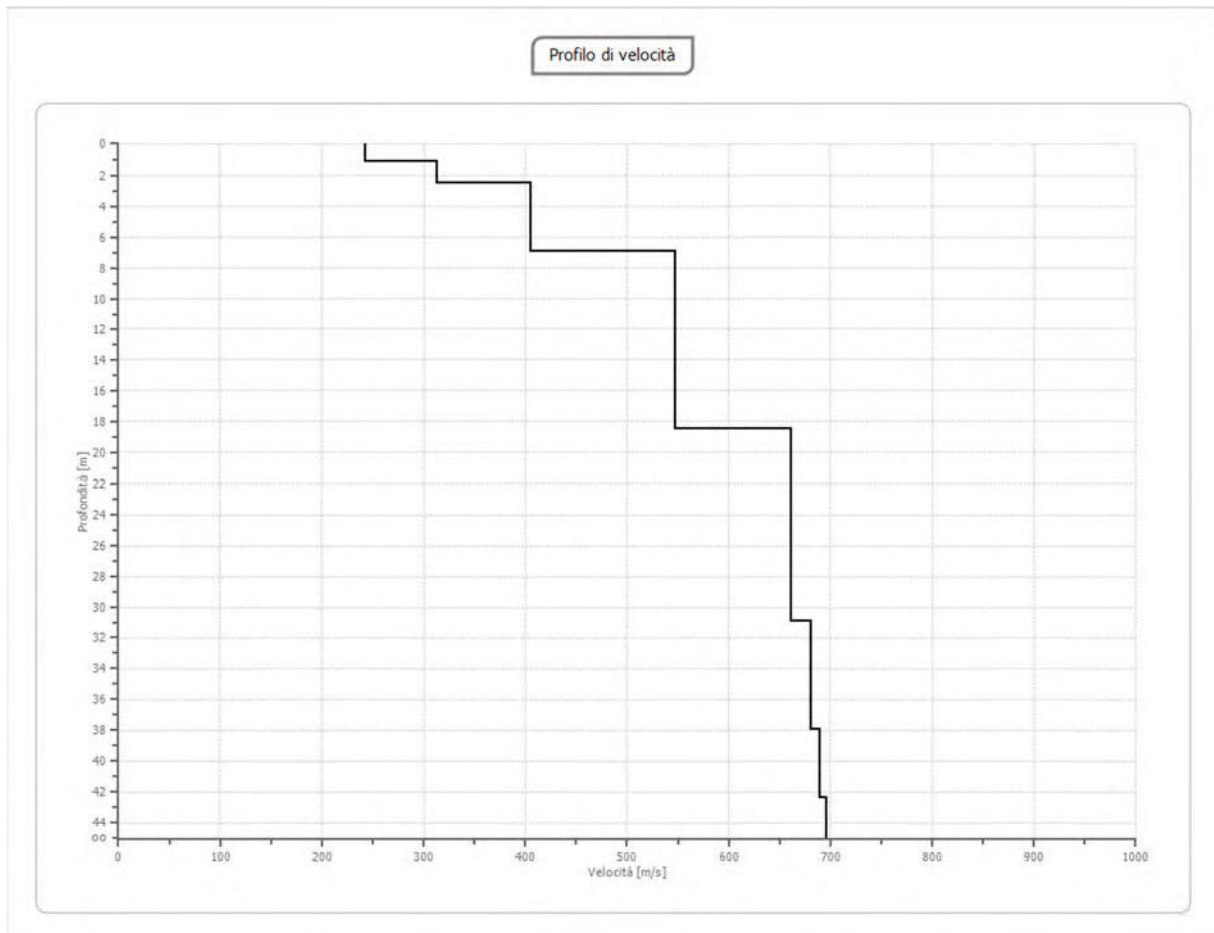
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	5.9	550.0	0
2	7.8	520.6	0
3	9.9	496.1	0
4	12.0	461.8	0
5	14.7	442.2	0
6	16.8	427.5	0
7	19.4	409.5	0
8	21.8	394.8	0
9	23.9	385.0	0
10	42.5	326.2	0
11	45.2	318.0	0
12	48.1	313.1	0

**Figura 54: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE**

**Figura 55: ANDAMENTO DELLA CURVA OTTENUTA CON IL PROCESSO DI INVERSIONE**

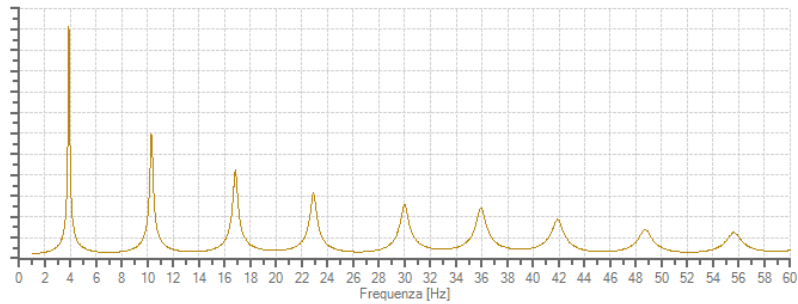
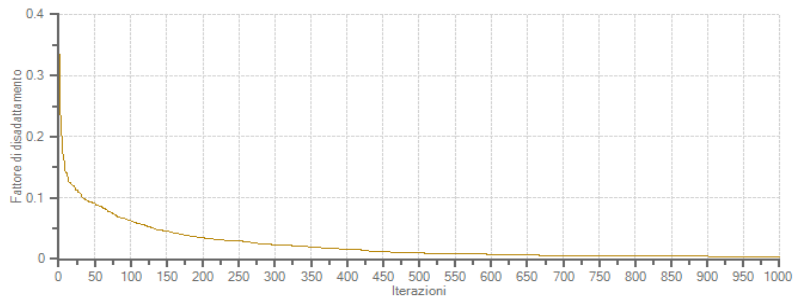
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.17	1.17	1850.0	0.4	No	505.2	242.7
2	2.53	1.37	1860.0	0.4	No	650.4	312.4
3	6.94	4.41	1950.0	0.2	No	661.6	405.1
4	18.49	11.54	1960.0	0.2	No	893.1	546.9
5	30.90	12.41	1970.0	0.2	No	1080.2	661.5
6	37.96	7.06	1980.0	0.2	No	1111.6	680.7
7	42.37	4.41	1990.0	0.2	No	1124.9	688.9
8	oo	oo	2000.0	0.2	No	1136.4	695.9



**Figura 56: ANDAMENTO IN PROFONDITA' DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO**





**Figura 57: ANDAMENTO DELLA FUNZIONE DI TRASFERIMENTO**

**Figura 58: ANDAMENTO DEL FATTORE DI DISADATTAMENTO**


Al termine della elaborazione si è riscontrata una convergenza dei valori (Errore dell'elaborazione) pari a **0,002%**, con un fattore di disadattamento della soluzione pari a **0,004**.

**Figura 59: TABELLA DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO E CARATTERISTICHE DEGLI STRATI IN PROFONDITA'**

G0: Modulo di deformazione al taglio (\*);

Ed: Modulo edometrico (\*);

M0: Modulo di compressibilità volumetrica (\*);

Ey: Modulo di Young (\*);

\*) Valori validi per piccolissime deformazioni comprese nel tratto lineare elastico del legame costitutivo dei materiali (deformazioni tangenziali inferiori alla soglia elastica).

N.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	densità [Kg/cm <sup>3</sup> ]	Coefficiente di Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.17	1.17	242.7	505.22	1800	0.35	106.03	459.44	318.08	286.27	N/A	2010.88
2	2.53	1.37	312.42	650.36	1810	0.35	176.67	765.56	530	477	N/A	N/A
3	6.94	4.41	405.12	661.55	1900	0.2	311.83	831.54	415.77	748.39	N/A	N/A
4	18.49	11.54	546.92	893.12	1910	0.2	571.33	1523.55	761.77	1371.19	N/A	N/A
5	30.9	12.41	661.47	1080.18	1920	0.2	840.09	2240.23	1120.11	2016.21	N/A	N/A
6	37.96	7.06	680.73	1111.62	1930	0.2	894.34	2384.91	1192.45	2146.42	N/A	N/A
7	42.37	4.41	688.86	1124.9	1940	0.2	920.57	2454.86	1227.43	2209.38	N/A	N/A
8	∞	∞	695.88	1136.36	1950	0.2	944.28	2518.07	1259.03	2266.26	0	N/A

**NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (D.M. 14.01.2008)**

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine MASW ha portato alla determinazione degli strati e delle velocità delle onde sismiche trasversali ( $V_s$ ) fino a una profondità di circa **42,37 ml.** dal piano campagna.

Ai sensi del DM 14.01.2008 (GU del 04.02.2008, n. 29 – S.O. n. 30), punto 3.2.2. "Categoria di suolo e condizioni topografiche", il valore della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri ( $V_{s,30}$ ) ottenuto mediante l'indagine M.A.S.W. è risultato, a partire dal p.d.c. attuale pari a **512,13 m/s**, il quale, tenuto in considerazione l'errore derivante dall'elaborazione dei dati, risulta essere compreso tra **512,12** e **512,14 m/s** come evidenziato nella tabella di seguito allegata:

<b>Velocità onde <math>V_s</math> da elaborazione MASW</b>				
Strato	Base strato [m]	$h_i$ [m]	$V_{s,i}$ [m/s]	$h_i / V_{s,i}$ [s]
1	1.17	1.17	243	0.004821
2	2.53	1.36	312	0.004353
3	6.94	4.41	405	0.010886
4	18.49	11.55	547	0.021118
5	30.90	11.51	661	0.017401
6	37.96	0.00	680.73	0.000000
7	42.37	0.00	688.86	0.000000

$V_{s,30}$ calcolato	<b>512.13</b>	[m/s]
Errore strumentale	0.002	[%]
$V_{s,30}$ - Max	<b>512.14</b>	[m/s]
$V_{s,30}$ - Min	<b>512.12</b>	[m/s]

In base al valore di  $V_{s,30}$ , considerato anche l'errore dell'elaborazione, il suolo di fondazione dell'area in esame può essere considerato di **tipo B**: "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $cu_{,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).

<b>Categoria di sottosuolo alla quota di posa delle fondazioni</b>				
<b>Quota di posa delle fondazioni</b>			$V_{s,30}$ - Min	<b>Categoria di Sottosuolo</b>
Fondazioni posate ad una quota di	0.00	ml. da piano campagna	<b>512</b>	<b>TIPO B</b>
Fondazioni posate ad una quota di	0.50	ml. da piano campagna	<b>524</b>	<b>TIPO B</b>
Fondazioni posate ad una quota di	1.00	ml. da piano campagna	<b>536</b>	<b>TIPO B</b>
Fondazioni posate ad una quota di	1.50	ml. da piano campagna	<b>546</b>	<b>TIPO B</b>
Fondazioni posate ad una quota di	2.00	ml. da piano campagna	<b>555</b>	<b>TIPO B</b>
Fondazioni posate ad una quota di	2.50	ml. da piano campagna	<b>564</b>	<b>TIPO B</b>
Fondazioni posate ad una quota di	3.00	ml. da piano campagna	<b>569</b>	<b>TIPO B</b>
Fondazioni posate ad una quota di	3.50	ml. da piano campagna	<b>575</b>	<b>TIPO B</b>

**PIANO OPERATIVO COMUNALE (P.O.C.)**

**AMBITO 73 AN "PIUMAZZO KIWI"**

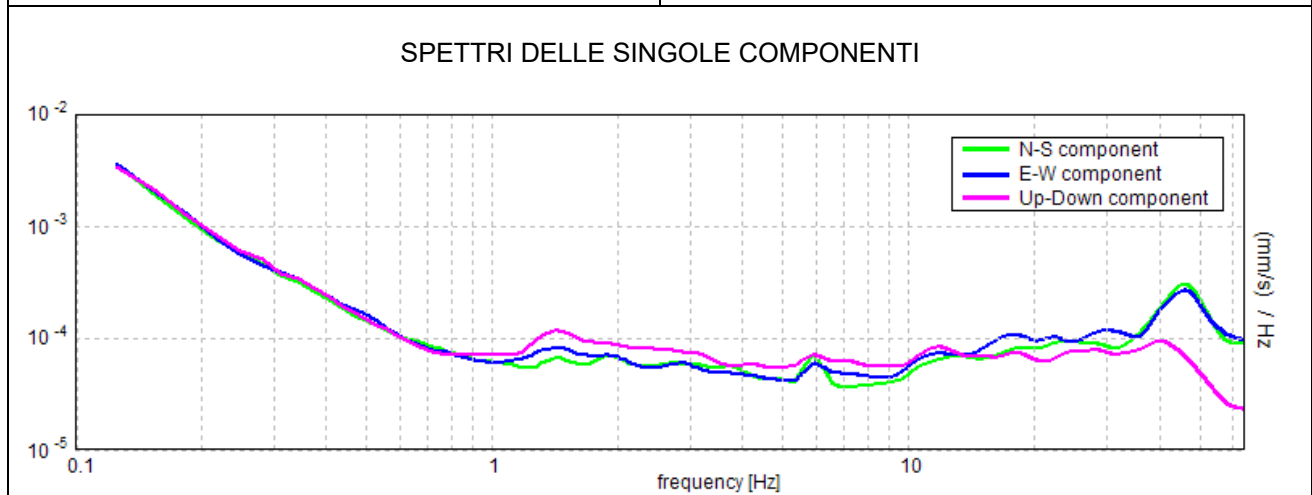
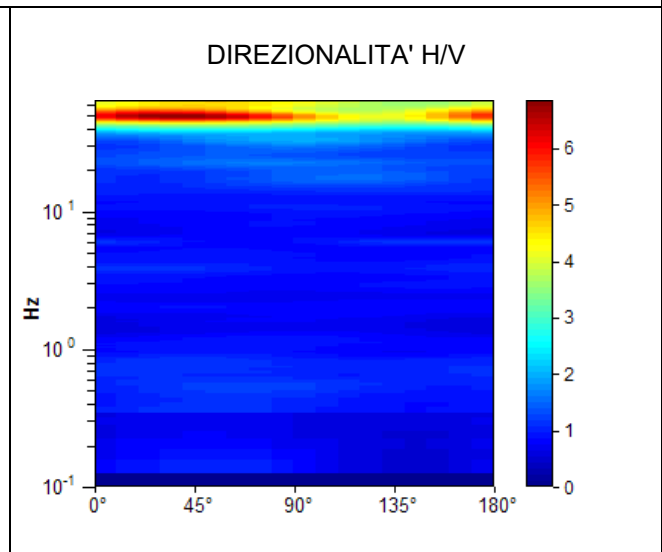
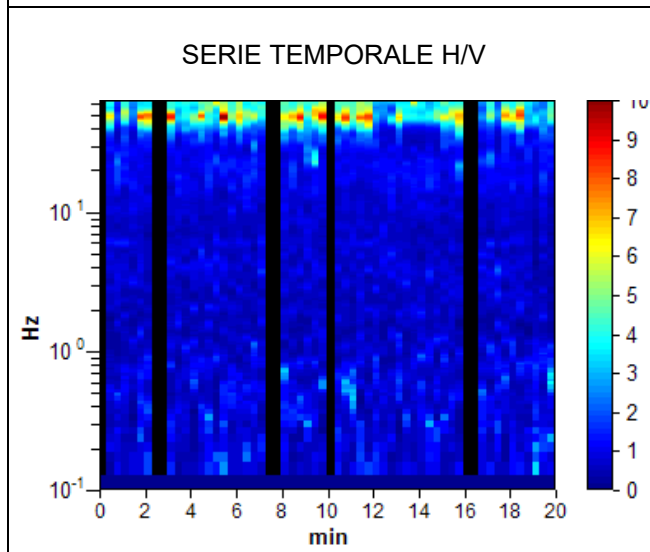
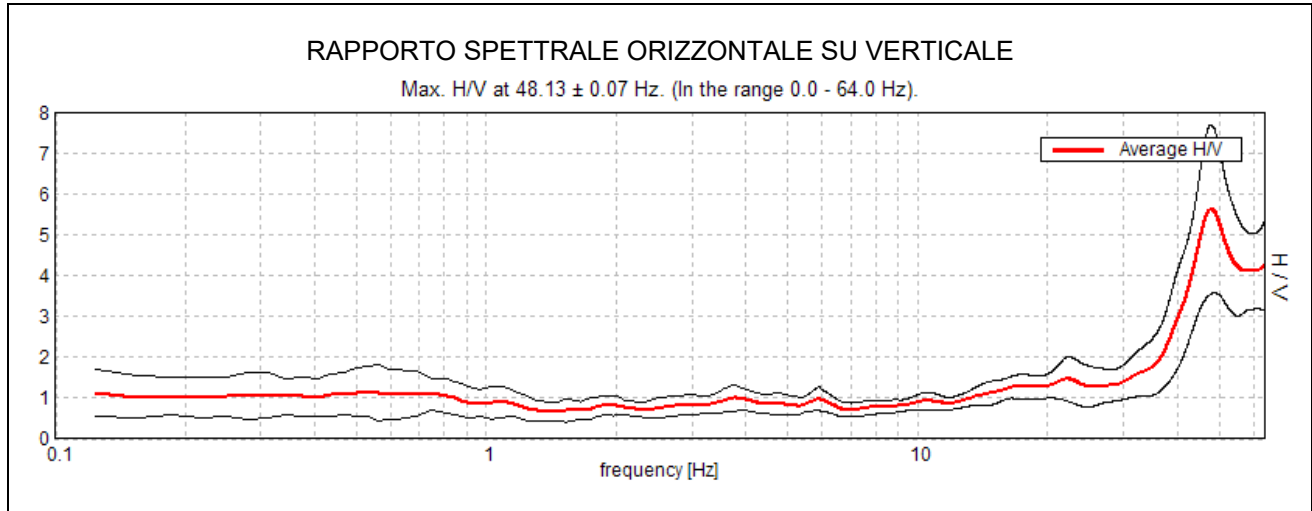
**PROPOSTA DI MODIFICA DEL COMPARTO RISPETTO ALL'ASSETTO URBANISTICO DEFINITO DALLA  
SECONDA VARIANTE DI P.O.C. (DELIBERAZIONE DI CONSIGLIO COMUNALE NR. 94 DEL 12/05/2011)**

## **ALLEGATO 4**

**INDAGINI GEOFISICHE DEL TIPO SISMICO PASSIVO (HVSR)**

**PIUMAZZO HVSR1**

Strumento: TRZ-0010/01-09  
 Inizio registrazione: 22/06/17 10:44:47 Fine registrazione: 22/06/17 11:04:48  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 87% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%





Linee guida SESAME, 2005.

**Picco H/V a  $48.13 \pm 0.07$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

$f_0 > 10 / L_w$	$48.13 > 0.50$	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	$50050.0 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 67 volte su 1279		<b>NO</b>

**Criteri per un picco H/V chiaro**

<b>Esiste <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>	39.594 Hz	<b>OK</b>	
<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>			<b>NO</b>
$A_0 > 2$	$5.61 > 2$	<b>OK</b>	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00076  < 0.05$	<b>OK</b>	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.03659 < 2.40625$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.012 < 1.58$	<b>OK</b>	

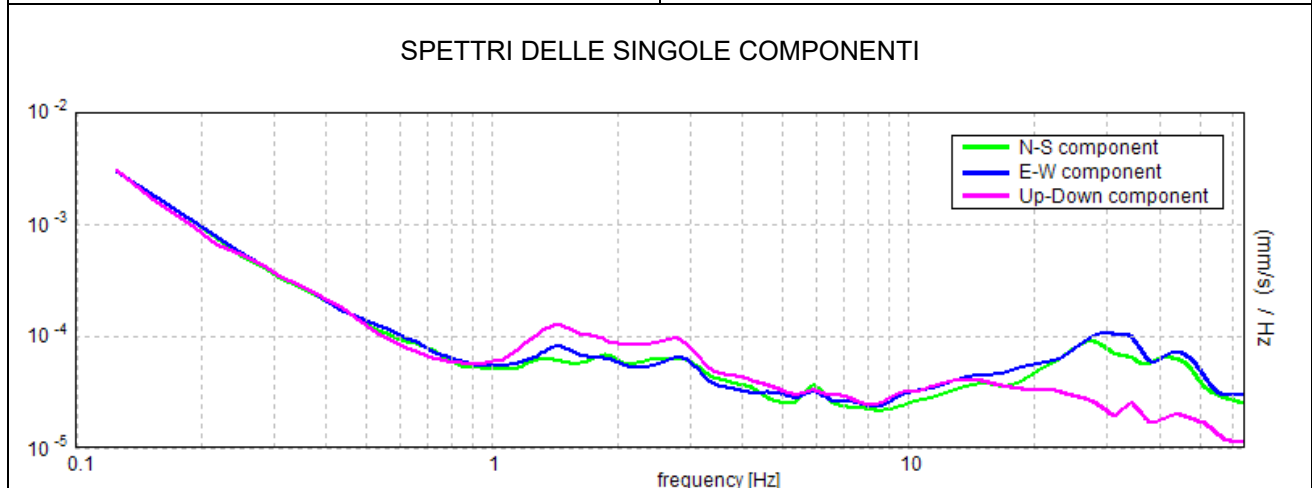
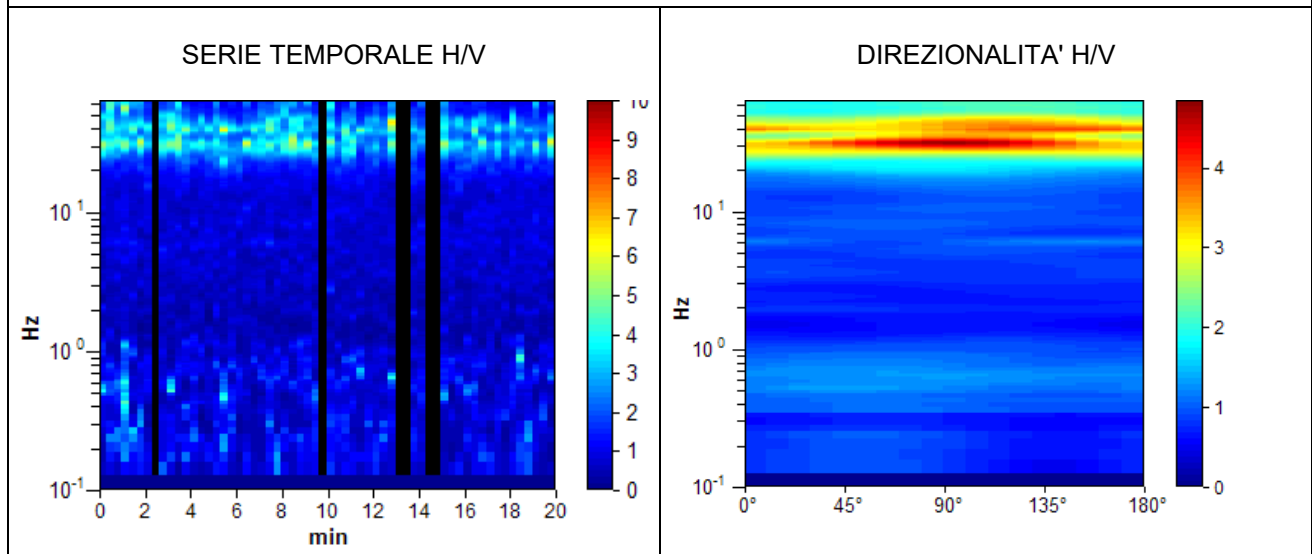
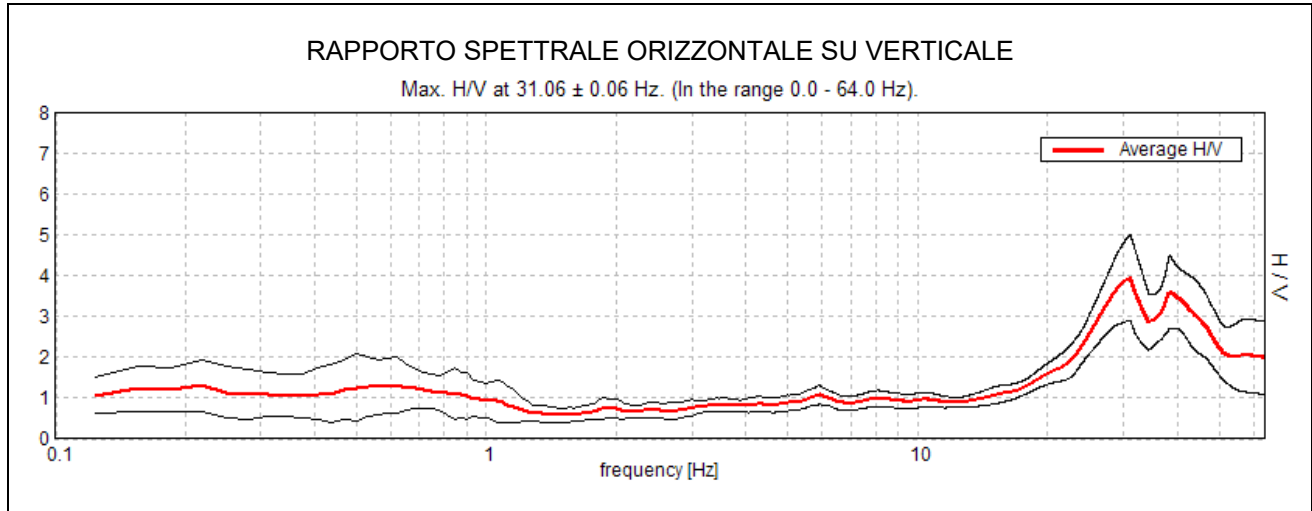
$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$**

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

**PIUMAZZO HVSR 2**

Strumento: TRZ-0010/01-09  
 Inizio registrazione: 22/06/17 11:14:55 Fine registrazione: 22/06/17 11:34:56  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 90% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%



Linee guida SESAME, 2005.

**Picco H/V a  $31.06 \pm 0.06$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

$f_0 > 10 / L_w$	$31.06 > 0.50$	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	$33547.5 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1492	<b>OK</b>	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

<b>Esiste <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>	22.906 Hz	<b>OK</b>	
<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>			<b>NO</b>
$A_0 > 2$	$3.94 > 2$	<b>OK</b>	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00102  < 0.05$	<b>OK</b>	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.03172 < 1.55313$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5126 < 1.58$	<b>OK</b>	

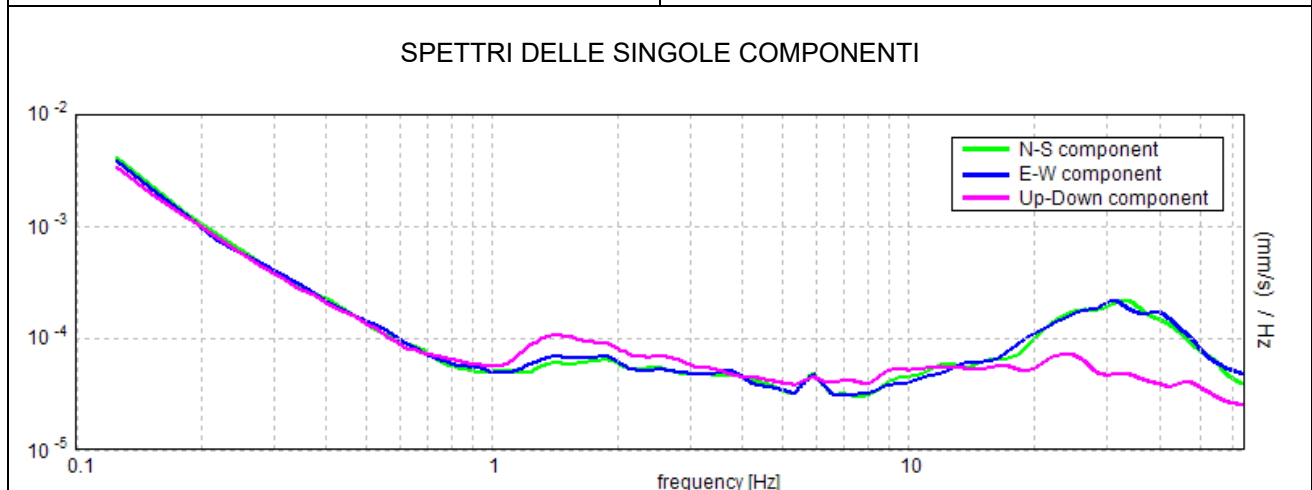
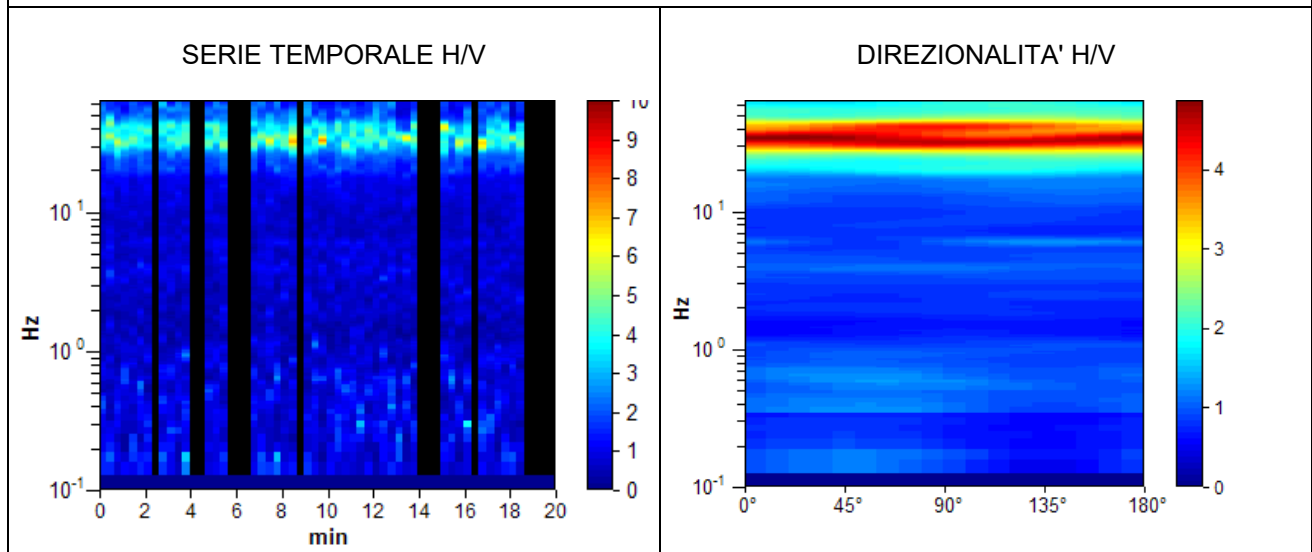
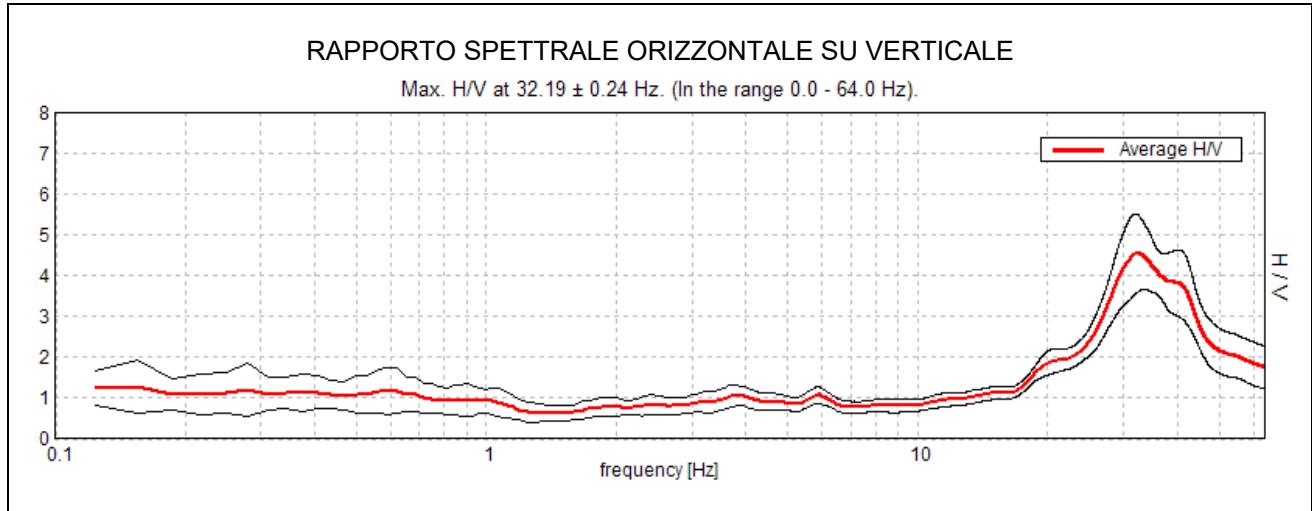
$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$**

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

**PIUMAZZO HVSR 3**

Strumento: TRZ-0010/01-09  
 Inizio registrazione: 22/06/17 11:43:39 Fine registrazione: 22/06/17 12:03:40  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 75% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%





Linee guida SESAME, 2005.

**Picco H/V a  $32.19 \pm 0.24$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

$f_0 > 10 / L_w$	$32.19 > 0.50$	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	$28968.8 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1534	<b>OK</b>	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

<b>Esiste <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>	24.5 Hz	<b>OK</b>	
<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>	48.344 Hz	<b>OK</b>	
<b><math>A_0 &gt; 2</math></b>	$4.54 > 2$	<b>OK</b>	
<b><math>f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math></b>	$ 0.00364  < 0.05$	<b>OK</b>	
<b><math>\sigma_f &lt; \varepsilon(f_0)</math></b>	$0.11716 < 1.60938$	<b>OK</b>	
<b><math>\sigma_A(f_0) &lt; \theta(f_0)</math></b>	$0.4715 < 1.58$	<b>OK</b>	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$**

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