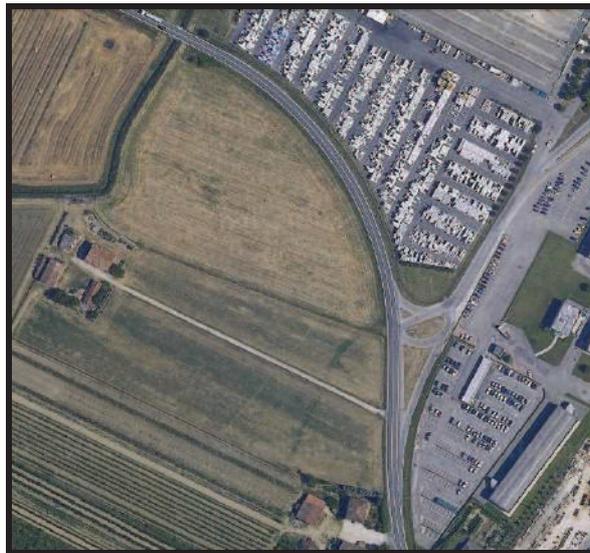


# **RELAZIONE GEOLOGICA 2021**

**RELAZIONE GEOLOGICA ESEGUITA IN COMUNE DI  
FAENZA PER STABILIRE LE CARATTERISTICHE DI  
EDIFICABILITA' DI UN'AREA POSTA IN VIA PANA**



**COMMITTENTE:**

**I.P.A. srl**

**FAENZA (Ra)**



**ANDREATTA Dr. GIANCARLO**

**Studio di Geologia Tecnica**

**Via XXV Aprile, 140**

**CASTELBOLOGNESE (RA)**

**Tel. 0546/656362-333/2209149**

**e-mail: [andreattag@libero.it](mailto:andreattag@libero.it)**

## INDICE

a. <i>PREMESSA</i>	<i>pag. 3</i>
b. <i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO</i>	<i>pag. 3</i>
c. <i>INDAGINI "IN SITU" E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE</i>	<i>pag. 5</i>
- <i>Stratigrafia, 5</i>	
- <i>Prove penetrometriche, 6</i>	
d. <i>STRATIGRAFIA PROFONDA</i>	<i>pag. 7</i>
e. <i>CARATTERISTICHE SISMICHE</i>	<i>pag. 10</i>
- <i>Sorgenti sismogenetiche</i>	
- <i>Microzonazione sismica</i>	
f. <i>VALUTAZIONE DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA PER LE ANALISI DI SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO E PER LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI TOPOGRAFICI (DGR630/2019)</i>	<i>pag. 19</i>
g. <i>EFFETTI DELLA TOPOGRAFIA</i>	<i>pag. 21</i>
h. <i>COMPATIBILITA' SISMICA: POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (DGR Emilia Romagna n° 630/2019)</i>	<i>pag. 23</i>
i. <i>COMPATIBILITA' EDIFICATORIA DELL'INTERVENTO</i>	<i>pag. 26</i>
i. <i>Area - "Via PANA": Prescrizioni conclusive</i>	<i>pag. 27</i>

## ALLEGATI:

- <i>MASW PSC e classificazione del sito (verifica alla liquefazione)</i>	
- <i>Calcolo del Potenziale di liquefazione</i>	
- <i>Caratterizzazione sismica dei terreni ed effetti della topografia</i>	
- <i>Calcolo capacità portante delle fondazioni</i>	
- <i>Grafici prove geofisiche HVSR</i>	
- <i>Carta effetti di sito attesi</i>	<i>scala 1:1.000</i>
- <i>Carta della edificabilità</i>	<i>scala 1:1.000</i>
- <i>Carta geologica</i>	<i>scala 1:5.000</i>
- <i>Planimetria Catastale</i>	<i>scala 1:2.000</i>
- <i>Carta delle isobate freatiche</i>	<i>scala 1:10.000</i>
- <i>Carta delle isofreatiche</i>	<i>scala 1:10.000</i>
- <i>Carta dei valori ASI/0,4s</i>	
- <i>Sezione geotecnica</i>	<i>scala 1:500/1:200</i>
- <i>Carta delle indagini geognostiche</i>	<i>scala 1:2.500</i>
- <i>Grafici penetrometrici e correlazioni geotecniche</i>	
- <i>Grafico sondaggio</i>	
- <i>Procva CARG CPTU</i>	

## **a. PREMESSA**

Su richiesta della **I.P.A. srl** di Faenza (Ra), è stata eseguita un'indagine geologica e caratterizzazione geotecnica del sottosuolo in via Pana comune di **Faenza** per **n° 1 area di espansione sviluppo urbanistico**. Per questo studio vengono utilizzati anche dati di precedenti analisi di aree adiacenti prendendo in considerazione le caratteristiche geologiche, idrologiche, idrogeologiche, idromorfologiche e geotecniche e le implicazioni sismiche che ne derivano, i cui dati vengono di seguito riportati. Lo studio è stato effettuato in ottemperanza alle normative di legge e/o direttive di interesse ed in particolare:

- D.M. 17/01/2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”
- Del.Reg.1677/2005 indicazioni norme tecniche per le costruzioni in zona sismica
- Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell’art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 “Indirizzi per gli studi di microzonizzazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione urbanistica”
- Delibera di Giunta Regionale n° 630 del 29/04/2019 "Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (art. 22 e 49. L.R. n° 24/201 7)"
- Al Piano Strutturale del Comune di Faenza 2009.
- Studi di microzonazione sismica - approfondimenti di livello 3 (Sangiorgi S. 2015) eseguiti per il Comune di Faenza e certificati dalla Regione Emilia-Romagna

Per la realizzazione dello studio in oggetto si è proceduto alla raccolta e selezione critica di dati bibliografici riguardanti il territorio di interesse ed un adeguato intorno; tali dati sono stati successivamente integrati tramite indagini in situ. Inoltre sono state analizzate le caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche del sottosuolo del territorio oggetto di studio, in modo da determinare una serie di considerazioni sui possibili rischi geologici dell’area oggetto di inserimento e dei relativi approfondimenti necessari per completare il quadro geologico, geotecnico e idrogeologico.

## **b. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO**

L'area destinata alla nuova edificazione e quelle circostanti, sono interessate esclusivamente da Formazioni sedimentarie oloceniche e sono caratterizzate, sotto l'aspetto litologico-stratigrafico, da terreni appartenenti alle "Alluvioni di pianura" che si presentano di natura limoso-argilloso-sabbiosa, di colore nocciola, a granulometria

omogenea su tutta la superficie. I litotipi alluvionali presentano andamento lenticolare, con variazioni in profondità riguardo lo spessore e le proporzioni riguardanti le caratteristiche granulometriche e di addensamento.

La zona è attualmente coltivata e destinata a seminativo semplice. La granulometria degli elementi litologici in superficie è abbastanza omogenea, sebbene localmente si rinvengono aree più o meno limose e/o sabbiose; risulta estremamente difficoltoso delineare tali differenziazioni granulometriche sia perché il passaggio non è netto ma graduale sia per i lavori agricoli.

Nell'ambito dell'insieme geomeccanico terreno-sedimenti non si notano segni premonitori di dissesto nei fabbricati presenti sull'area per cui la zona interessata si può considerare, dal punto di vista geostatico, stabile.

L'area oggetto di studio ed in quelli adiacenti di possibile influenza, non vi sono elementi morfologici ed idromorfologici di differenziazione. Allo stato attuale l'erosione sull'area è praticamente inesistente. Dall'insieme di questi fenomeni ne è derivato un piano inclinato verso Nord-Est con pendenza molto debole. L'elemento idrologico più importante è rappresentato dal Canale Vecchio che scorre in adiacenza l'area in zona Ovest. L'alveo risulta ben delineato e non rappresenta pericolo per eventuali inondazioni e/o instabilità delle scarpate e non vi sono testimonianze nel tempo che possano far prevedere eventuali problematiche ambientali che possano interferire con l'area interessata. Si consiglia comunque di mantenere una distanza di rispetto di almeno ml. 10 dalle costruzioni future.

Nella zona interessata non esistono processi degradatori prevalenti correlati alla litologia, alla struttura, all'acclività, all'intensità delle precipitazioni, alle attività antropiche, ecc. Ne consegue pertanto un'area completamente stabile.

L'area oggetto di studio risulta pianeggiante e l'apporto idrico superficiale è notevolmente limitato ed è ridotto praticamente alle sole acque meteoriche che cadono sull'area. La regimazione delle acque superficiali è garantita da una rete di fossi di scolo che convergono nei canali consorziali posti ai lati delle strade principali. Il deflusso è reso efficiente dalla baulatura longitudinale, classica sistemazione dei terreni di bonifica, con scoline fiancheggianti gli appezzamenti che permettono un buon drenaggio.

Ai fini della presente indagine, fra tutte le strutture acquifere esistenti nel sottosuolo, vengono prese in considerazione solo le falde più superficiali che hanno una particolare incidenza sulle caratteristiche dei terreni di fondazione.

Per individuare l'idrologia di profondità nella zona direttamente interessata all'intervento, si è eseguita una serie di misurazioni del livello statico della falda nei pozzi presenti, correlandole con quella realizzata all'atto della relazione allegata allo studio della falda idrica nel faentino. Si sono quindi ricavate:

**1) Carta delle isofreatiche;****2) Carta delle isobate della superficie freatica dal p.c.**

proposte in allegato. Si è quindi potuto appurare la presenza di falda idrica con livello statico posto 2,80-3,00 nella zona considerata (vedi cartografia tematica allegata) con escursione stagionale pari a m. 1,00-1,50 circa. In allegato viene riportata anche la carta delle isopieze dell'area in esame che evidenzia un flusso idrico con direzione Est e Nord.

**c. INDAGINI "IN SITU" E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE**

Dovendo inserire la zona di lottizzazione nella cartografia di zonizzazione del P.R.G. vigente del comune di Faenza come compatibile alla destinazione di espansione, tenuto conto delle conoscenze geotecniche acquisite in zone contermini con le medesime caratteristiche geo-litologiche, sono state eseguite prove "in situ" utili alla caratterizzazione geotecnica dei litotipi.

**Stratigrafia.**

E' stato utilizzato un sondaggio con aste elicoidali del diametro di mm. 76 e prelievo di due campioni indisturbati mediante campionatore semplice. La testa rotante, incorporata nel Penetrometro tipo "Sunda" da 200 kN montato su cingolato, consente di raggiungere una coppia massima pari a 250 kgm. La stratigrafia viene riportata in allegato e l'ubicazione è indicata in planimetria con un quadrato rosso. Al termine dei sondaggi è stata verificata presenza di acqua di falda nel foro con quota dal p.c.: **S1 = m. -2,80.**

Considerate le caratteristiche dei terreni e la profondità del piano di posa delle fondazioni, si è prelevato un campione indisturbato di terreno alla profondità di m. 1,60 nel sondaggio n° 1 (**C1**), eseguendo prove di laboratorio (densità, umidità, porosità, prova di taglio con scatola di Casagrande) i cui risultati vengono riassunti qui di seguito:

		C1
- Peso unità di volume	kN/mc.	17,78
- Densità secca	kN/mc.	15,18
- Umidità	%	17,40
- Porosità	%	44,82
- Coesione	daN/cm <sup>2</sup> .	0,61
- Angolo attrito interno	gradi	14°30'

## **Prova penetrometrica statica con punta elettrica**

Al fine di una caratterizzazione geotecnica e litologica dei terreni nell'area di lottizzazione e di accertare la presenza e profondità di falde idriche, è stata effettuata n° 1 prova penetrometrica statica con punta elettrica e penetrometro da **200 kN**, da spingersi fino a profondità utile per la dissipazione dei futuri carichi.

L'ubicazione della prova indicata con un cerchietto rosso, è riportata in planimetria allegata unitamente ai grafici.

L'uso della **punta elettrica "TECNOSENTA"** permette di superare diversi inconvenienti rispetto alla punta meccanica:

- la lettura manometrica non va depurata del peso delle astine interne
- non vi è accorciamento elastico delle astine e la lettura non viene influenzata dai vari attriti fra parti meccaniche (astine-aste cave, movimenti punta Begemann)
- La misura avviene nella zona di punta ed è continua permettendo di conoscere il dato meccanico nell'intervallo desiderato
- le operazioni di taratura sono più celeri e precise. La punta è dotata di un sensore inclinometrico per controllare le deviazioni delle aste dalla verticale.

Un'indicazione dei terreni indagati è fornita dal rapporto tra resistenza all'infissione statica della punta ( $R_p$ ) e la resistenza di attrito laterale locale ( $R_{al}$ ) che il materiale sviluppa sul manicotto utilizzato con la punta elettrica che rileva i dati in continuità registrandoli tramite computer ogni **cm. 5**.

## **Prove penetrometriche dinamiche leggere**

Per completare l'indagine geotecnica sono state eseguite n° 3 prove penetrometriche dinamiche leggere. L'ubicazione delle prove è riportata in planimetria allegata indicata con un cerchio blu, unitamente ai grafici.

### **Caratteristiche strumentazione dinamica DPL30.**

- *Penetrometro dinamico leggero*
- *Peso del maglio 30 daN*
- *Altezza di caduta del maglio cm. 20*
- *Peso delle aste di Kg 3,0*

I dati, rappresentati come numero di colpi necessari per determinare una penetrazione di **cm. 10**, vengono riportati in allegato. Dalla resistenza alla punta riscontrata nelle prove, applicando la nota "formula degli Olandesi" :

$$Q_d = \frac{M^2 * H}{e * (P + M) * A}$$

dove :

**M** = massa del maglio

**H** = altezza di caduta del maglio

**P** = peso delle aste

**e** = penetrazione della punta per un colpo di maglio cadente da altezza H

**A** = sezione della punta (cmq. 10).

si ottiene la resistenza dinamica in daN/cmq. Si sono diagrammati i valori dei carichi dinamici corretti con **coefficiente di sicurezza 20** da cui si ottiene direttamente il carico ammissibile.

Come risulta dall'elaborato cartografico, le penetrometrie ed i sondaggi sono stati ubicati in modo da investigare le caratteristiche dell'area in esame. Si è accertato che la zona presenta terreni superficiali rimaneggiati fino alla profondità di m. 1,00-1,40 cui seguono litotipi alluvionali stratificati dapprima argillosi leggermente sovraconsolidati (Rpm = 20-30 daN/cmq) quindi maggiormente limoso-sabbiosi con resistenza alla penetrazione medio-bassa (Rpm = 8-15 daN/cmq) fino a m. 3,50-4,00 di profondità dove sottosuolo indagato risulta costituito da sabbie-argillose e limi-sabbiosi in sottili spessori consistenti (Rpm = 25-35 daN/cmq) fino alla profondità di m. 9,00 dove la componente argillosa aumenta e la resistenza alla punta diminuisce (Rpm = 13-15 daN/cmq) per uno spessore di circa m. 2. Seguono sabbie e intercalazioni sottili limoso argillose, addensate (Rpm = 25-45 daN/cmq) fino alla massima profondità investigata pari a m. 20,0 dal p.c. L'addensamento risulta essere buono in tutte le prove ed è stata riscontrata presenza di falda idrica con livello posto a m. 2,80-3,00 dal p.c. attuale con escursione stagionale di m. 1,00-1,50 circa.

Al fine di evitare cedimenti differenziali elevati occorre innestare le fondazioni entro litotipi alluvionali con caratteristiche geomeccaniche omogenee posti al disotto del terreno rimaneggiato.

#### **d. STRATIGRAFIA PROFONDA**

La stratigrafia profonda è stata osservata tramite visione delle prove archivio CARG E/R qui di seguito elencate:

Prova n° 239070P644 (pozzo artesiano profondità ml. 62)

Prova n° 239070P645 (pozzo artesiano profondità ml. 135)

Prova n° 239070P605 (pozzo artesiano profondità ml. 290)

Prova n° 239070U512 (prova penetrometrica con punta elettrica)

Prova n° 239070U505 (prova penetrometrica con punta elettrica)

Prova n° 239070U513 (prova penetrometrica con punta elettrica)

realizzate in aree adiacenti al fine di investigare lo spessore dei terreni alluvionali e di eventuali spessori sabbiosi profondi, la presenza delle argille consistenti; in allegato si riporta la prova cptu513 ritenuta più significativa per l'area in esame.

**CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI (Normative di riferimento: D.M. 14/09/05**

**- Circolare n°617/2009 -Circ.LL.PP.) - D.M.17/01/18. Committente: IPA**

**CONDIZIONE STRATIGRAFICA.**

Il Decreto Ministeriale 14.09.2005 ed il successivo D.M. 17.01.2018 contengono nuove disposizioni in materia di classificazione sismica e di normativa tecnica.

Il numero delle zone sismiche viene riportato qui di seguito unitamente ai valori di accelerazione orizzontale (ag/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico:

Zona 2003	Valore di ag	Comune: <b>FAENZA</b>
1	0.35	1. Accel.max orizz.RER: 0.209
2	0.25	(Rischio Sismico E/R - 2015)
3	0.15	Zona sismica 2005: 2
4	0.05	2. Accelerazione orizz.: 0.25

Ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto, vengono definite 5 categorie di profili stratigrafici del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano posa delle fondazioni):

Tab. 3.2.II - Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato:

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

La classificazione del sito si ottiene sulla base dei valori di Vs,eq (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio (in m/s) definita dalla seguente espressione:

$$V_{s,eq} = H / \text{Somma } N-i=1 \text{ } h_i/V_{s,i}$$

dove:

- $h_i$  = spessore dello strato  $i$ -esimostrati (m.)  
 $V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nello  $i$ -esimo strato (m/sec)  
 $N$  = numero di strati  
 $H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiori a 800 m/s

N.B. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m. la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro VS30 ottenuto ponendo  $H = 30$  m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a 30 metri di profondità.

**Metodo di calcolo delle  $V_{s,eq}$ : STAZIONE SISMICA SINGOLA (tromografo)**

Si ottiene la misura diretta delle  $V_s$  mediante stazione sismica singola (tromografo), previa acquisizione con apparecchiatura "HVSr - TROMINO" per gli strati investigati:

LITOTIPO	Spessore strati " $h_i$ " (ml.)	$V_s'$ in sito (m/s)	$h_i/V_s'$ ( $V_s$ mis.) (sec)
<i>h1. Limi e sabbie</i>	3	210	0.014
<i>h2. Sabbie</i>	2	330	0.006
<i>h3. Argille limose</i>	21	280	0.075
<i>h4. Argille e sabbie</i>	200	290	0.690
<i>h5. Argille grigie</i>	226 ml Profondità substrato sismico	650	
		Somma $h_i/V_{s,i}$	0.785

$$V_{s,eq} = 30 / \text{Somma } N-i=1 \text{ } h_i/V_{s,i} \quad 274.88 \quad \text{m/sec}$$

dove:

- $h_i$  = spessore dello strato  $i$ -esimostrati (m.)  
 $V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nello  $i$ -esimo strato (m/sec)  
 $N$  = numero di strati  
 $H$  = 30 m

**Occorre immettere delle informazioni a carattere geologico-stratigrafico:**

LITOTIPO	Spessore strati " $h_i$ " (ml.)	Fattore geologico	Periodo Olocene - Pleistocene
<i>h1. Limi e sabbie</i>	3		O
<i>h2. Sabbie</i>	2	Dove:	O
<i>h3. Argille limose</i>	21	- Depositi recenti e terreni Olocene-Pleist. = O	O
<i>h4. Argille e sabbie</i>	200	- Terreni del Terziario (substrato) = P	O
<i>h5. Argille grigie</i>	substrato		P

Metodi di calcolo delle $V_{s,eq}$	$V_{s,eq}$ (m/sec)	Terreno liquefacibile Inserire SI o NO	CATEGORIA SUOLO
Misure in sito con indagini Dirette con tromografo	274.88	NO	C

che viene così definita dal D.M. 17.01.18:

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

Ne consegue una velocità delle onde sismiche secondarie  $V_{s30}$  pari a **m/s 274** che corrisponde ad una **categoria di suolo di fondazione tipo C**.

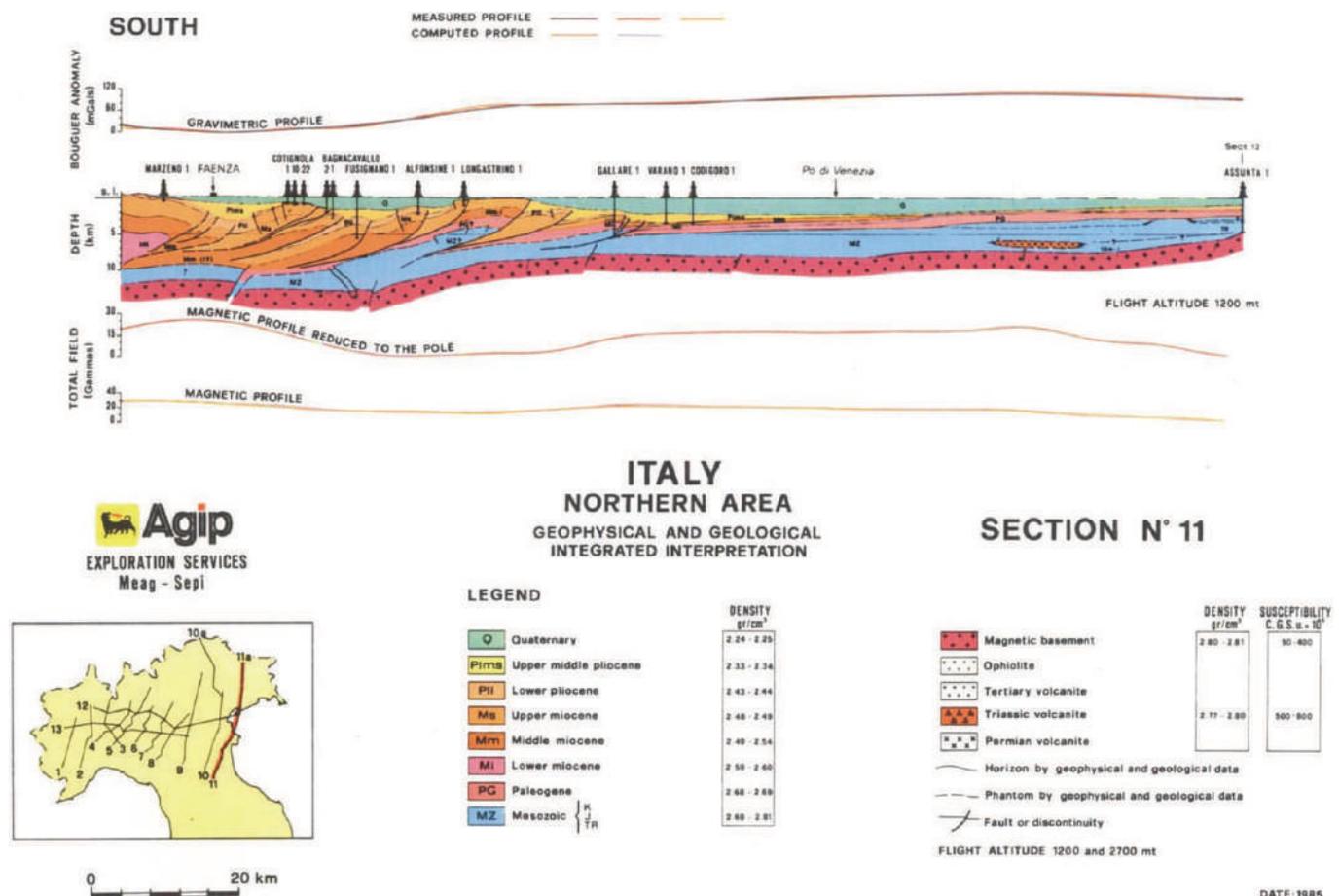
## e. CARATTERISTICHE SISMICHE

Negli indirizzi di microzonazione della Regione Emilia-Romagna (anno 2007) per il comune di Faenza viene indicata una accelerazione orizzontale massima di 0,209. Sulla base di quanto sopra, si è reso necessario inserire nello studio geologico-geotecnico a corredo dell'area "via Pana", un capitolo che focalizzi lo studio macrosismico della zona interessata all'urbanizzazione.

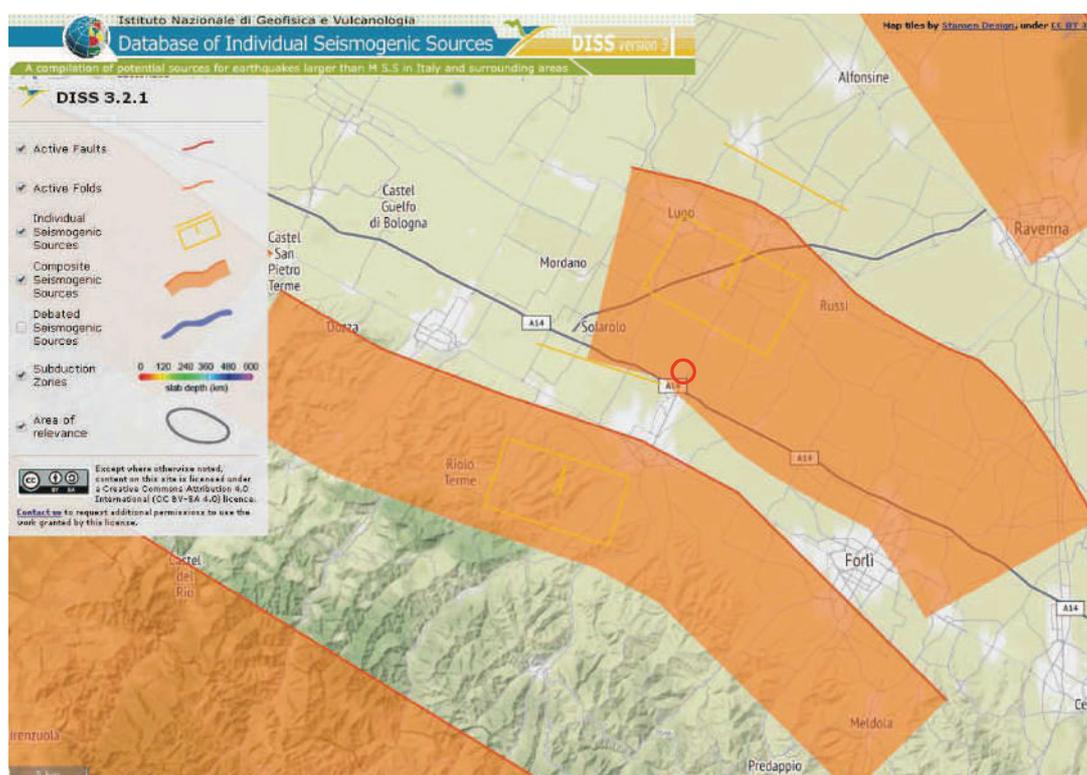
### Sorgenti sismogenetiche

La sismicità di un territorio è strettamente connessa al suo contesto tettonico-strutturale e dunque alla presenza di strutture geologicamente "attive".

Si riporta la sezione geologica dell'industria petrolifera AGIP dove la sorgente di Bagnacavallo è interna rispetto al fronte di spinta ferrarese più esterno. I depositi quaternari non sembrano essere coinvolti nella deformazione (da Cassano et al. [1986]).



L'attività sismica che caratterizza la zona d'interesse risulta connessa all'attività orogenetica appenninica e definita nell'ambito di specifiche sorgenti sismogenetiche composite (DISS Working Group, 2015), che derivano dal sistema di faglie del margine avanzato e sepolto dell'arco appenninico.



Il sito in oggetto risulta collocato all'interno della **fascia sismogenica ITCS011 “Ascensione-Armaia”**, che comprende la fascia collinare pedeappenninica storicamente sede di terremoti con magnitudo massima **Mw = 6.0**.

### GENERAL INFORMATION

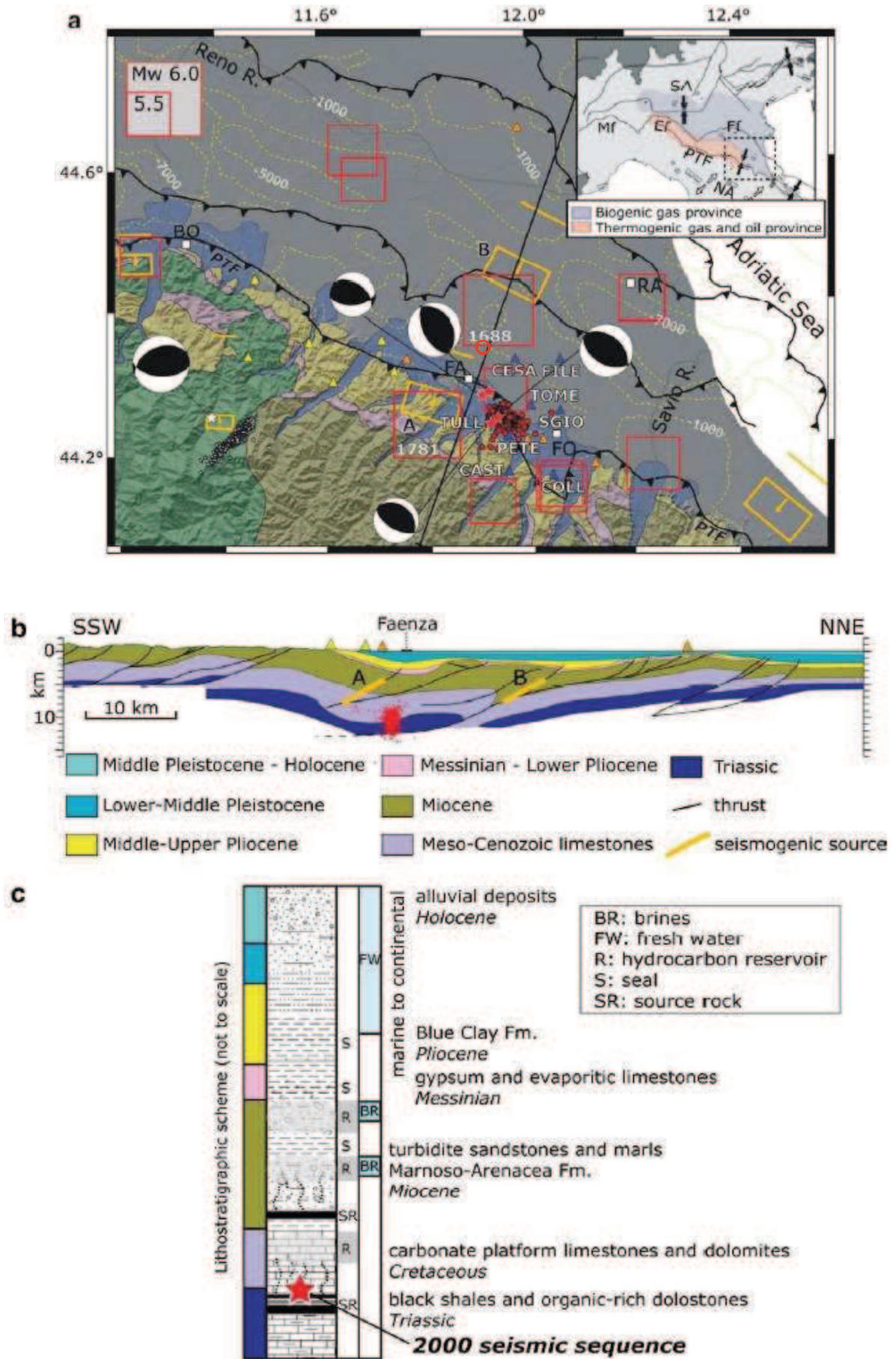
DISS-ID ITCS011 - Ascensione-Armaia

### INFORMAZIONI PARAMETRICHE

PARAMETRO	QUALITÀ	PROVA	
Profondità minima [km]	2.0	LD	Basato su dati geologici di vari Autori
Profondità massima [km]	10.0	LD	Basato su dati geologici di vari Autori.
Strike [gradi] min - max	110-140	LD	Basato su dati geologici di vari Autori.
Dip [gradi] min - max	25- 45	LD	Basato su dati geologici di vari Autori
Rastrello [gradi] min - max	80-100	EJ	Derivato da dati geologici regionali.
Velocità di scorrimento [mm / a] min- max	0,15-0,33	LD	Sulla base di dati geologici regionali (al.(2015)).
Magnitudine massima [Mw]	6.0	EJ	Sulla base di dati di un forte terremoto avvenuto in zona.

LD = DATI DI LETTERATURA; OD = DATI ORIGINALI; ER = RELAZIONE EMPIRICA; AR = RELAZIONE ANALITICA; EJ = GIUDIZIO ESPERTO;

Mappa sismotettonica della Pianura Padana orientale, che mostra in mappa e in sezione l'ubicazione della sequenza sismica Faenza 2000 (Mmax 4.3) (da Calderoni et al. [2009]).

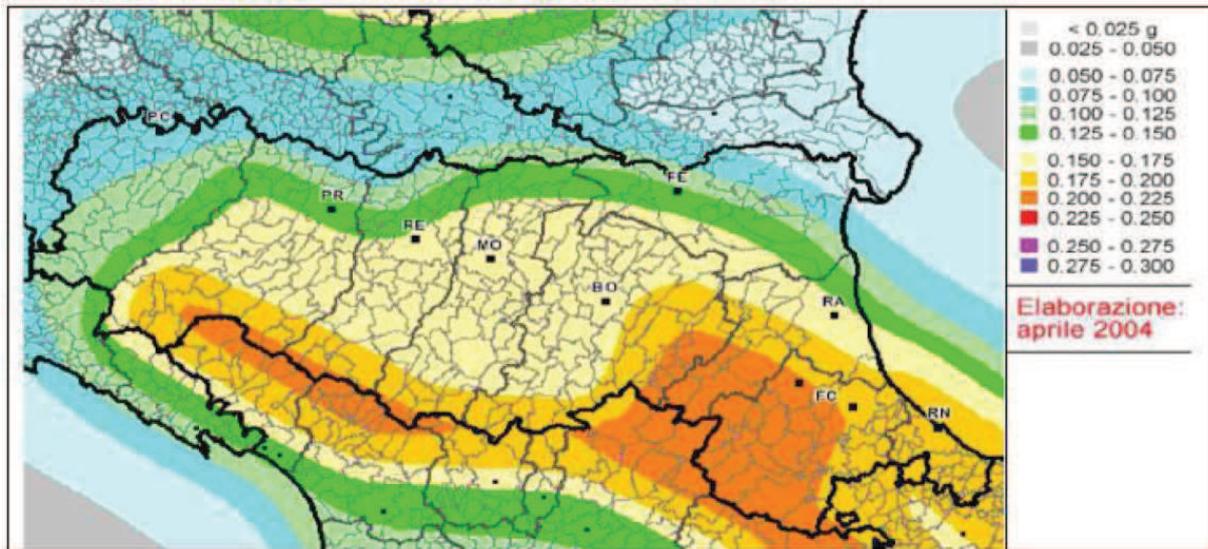


Questa Fonte Composita si trova a cavallo della regione a sinistra della bassa valle del Savio R., tra le città di Ravenna (a nord-est) e Forlì (a sud), formando una parte del fronte di spinta dell'Arco ferrarese. Questo sistema di faglie è l'arco interno tendente a NE nel settore nord-orientale della catena dell'Appennino settentrionale, tra la pedemontana romagnola e la pianura padana. Cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano una sismicità intermedia sparsa ( $4,5 < M_w < 5,0$ ) nella regione, con notevole eccezione il terremoto dell'11 aprile 1688 ( $M_w 5.9$ , Romagna) del pozzo all'interno dell'area, e quello del 725 d.C. ( $M_w 5.6$ , Classe-Ravenna), a nord-est della regione. Si potrebbe includere anche l'evento del 10 luglio 1570 ( $M_w 5.2$ , Forlì). Appena a sud-est dell'area si è verificato l'evento dell'11 agosto 1483 ( $M_w 5.7$ , Romagna Meridionale).

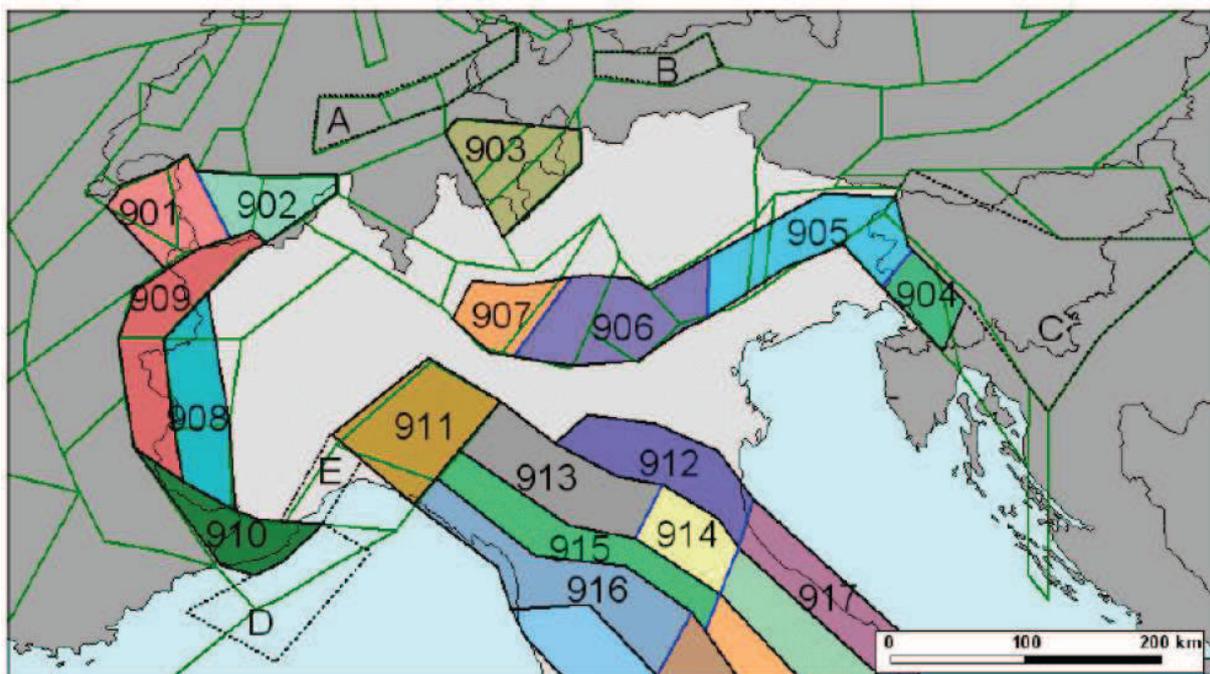
I dati del sottosuolo (Pieri e Groppi, 1981; Cassano et al., 1986) e l'evidenza di una deformazione attiva apparentemente rapida alla superficie descritta da numerosi autori, suggeriscono l'attività tettonica delle anticlinali sepolte nella parte posteriore dell'Arco di Ferrara. Un segmento di questa sorgente è stato associato al terremoto della Romagna del 1688. Rappresenta la pura spinta, desunta dalle osservazioni geologiche. La profondità minima e massima sono state basate su osservazioni geologiche e su considerazioni geometriche riguardanti la geometria della spinta. Lo slittamento è stato calcolato dai dati geologici del sottosuolo. La magnitudo massima si è basata sul più forte terremoto avvenuto nella regione.

Gli indirizzi regionali per gli studi di microzonazione sismica sono stati elaborati sulla scorta degli esiti delle indagini sismiche che la Regione ha effettuato a partire dagli anni '70 del secolo scorso e assumendo come riferimento, per gli studi applicati alla pianificazione territoriale, la pericolosità di base elaborata da INGV (O.P.C.M. 3519/2006). Tali indirizzi forniscono dati fondamentali per la valutazione semplificata dell'amplificazione locale e per valutazioni più approfondite della risposta sismica. Sulla base di questi dati è possibile calcolare, per ogni Comune, gli accelerogrammi e lo spettro di risposta riferito ad un periodo di ritorno di 475 anni e ad uno smorzamento pari al 5%, nonché i valori di PGA normalizzati e riferiti al suolo rigido. Per il Comune di Faenza la PGA di riferimento su suolo rigido attribuita dalla Regione (Allegato A4 D.A.L. 112/2007) risulta **0,205g**. Questo valore unico è calcolato mediando i dati di INGV alla scala nazionale (Gruppo di lavoro MPS04, 2004), sintetizzati nella Mappa di Pericolosità sismica nazionale MPS04 che descrive anch'essa la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa su suolo rigido e pianeggiante, con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, i cui valori però sono riferiti ad ogni punto di una griglia di

calcolo costruita sul territorio nazionale con una densità di circa un punto ogni 5 km. Tale mappa è diventata riferimento ufficiale per il territorio nazionale con l'O.P.C.M. 3519/2006.



L'attività sismica del territorio in esame risulta connessa all'attività orogenetica appenninica e definita nell'ambito di specifiche zone sismogenetiche, nelle quali gli eventi possono ritenersi circoscritti o definiti in relazione all'assetto tettonico del territorio. Recenti studi hanno messo in luce il legame sismogenetico tra la Pianura Padana e il fronte della catena appenninica. Con riferimento alla zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata ZS9, prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Gruppo di Lavoro INGV 2004), l'area in esame appartiene alla **zona sismogenetica 914**, per la quale la Tab. 6 del suddetto studio indica un valore di Magnitudo **M<sub>wmax</sub> pari a 6,14**.



### **Microzonazione sismica**

Per il Comune di Faenza il contributo è stato destinato all'elaborazione di approfondimenti di “livello 3” (dott. Sangiorgi S. 2015) e a un complessivo aggiornamento del precedente studio di microzonazione del PSC 2009:

- “Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 3.0”, redatto dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica (Commissione tecnica per la microzonazione sismica, 2013);
- “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica”, approvato dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni (Gruppo di lavoro MS, 2008; AA.VV., 2011).

Gli studi di microzonazione sismica di “livello 3” relativi al Comune di Faenza sono già stati ultimati e recentemente hanno ottenuto il certificato di conformità dal SGSS regionale. Si precisa che tali studi sono basati sui dati di sottosuolo pregressi e su ulteriori e specifiche indagini geognostiche e geofisiche (campagna misure di microtremore a stazione singola, prove ESAC e “Down-Hole, penetrometrie CPTU, prove di laboratorio su campioni di sedimenti indisturbati prelevati da sondaggio a carotaggio, ecc.), per un totale di 373 indagini, archiviate in apposito database che costituisce l'archivio aggiornato delle indagini per il Comune di Faenza, a cui vanno aggiunti i dati numerici a disposizione relativi alle penetrometrie CPTU eseguite dalla RER nell'ambito del “Progetto Carta Geologica d'Italia”.

I dati di sottosuolo hanno consentito di espletare importanti approfondimenti relativamente ai seguenti effetti cosismici:

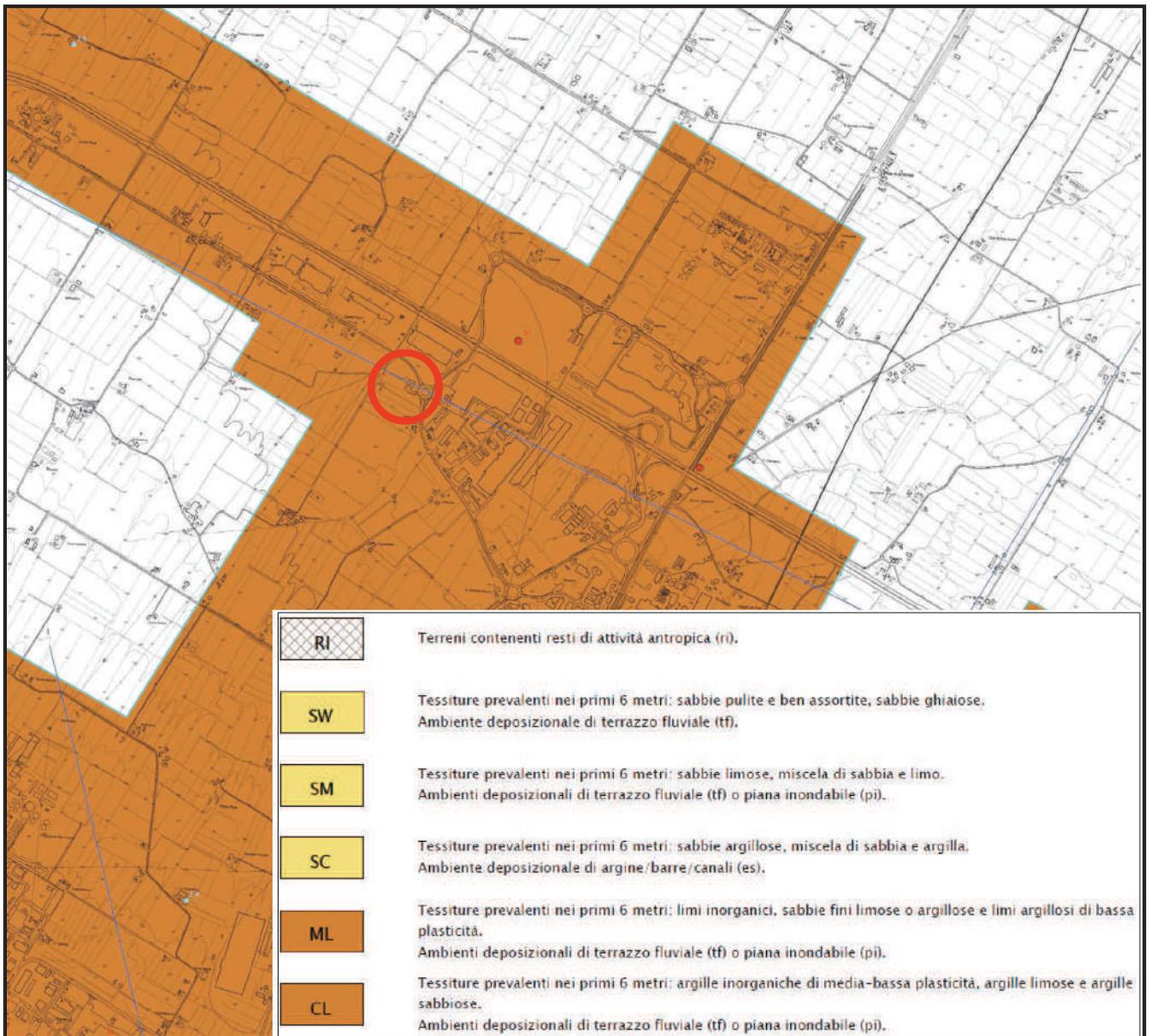
- risposta sismica locale (amplificazione) → attraverso l'elaborazione di modelli numerici monodimensionali di RSL elaborati con il noto software SHAKE 2000;
- verifiche della liquefacibilità dei sedimenti granulari e poco coesivi saturi mediante approcci semplificati da prove penetrometriche CPTU (Idriss & Boulanger, 2008) e prove dinamiche di laboratorio (taglio semplice ciclico).

Nell'ambito dello studio di microzonazione sismica per il Comune di Faenza sono stati prodotti i seguenti elaborati cartografici:

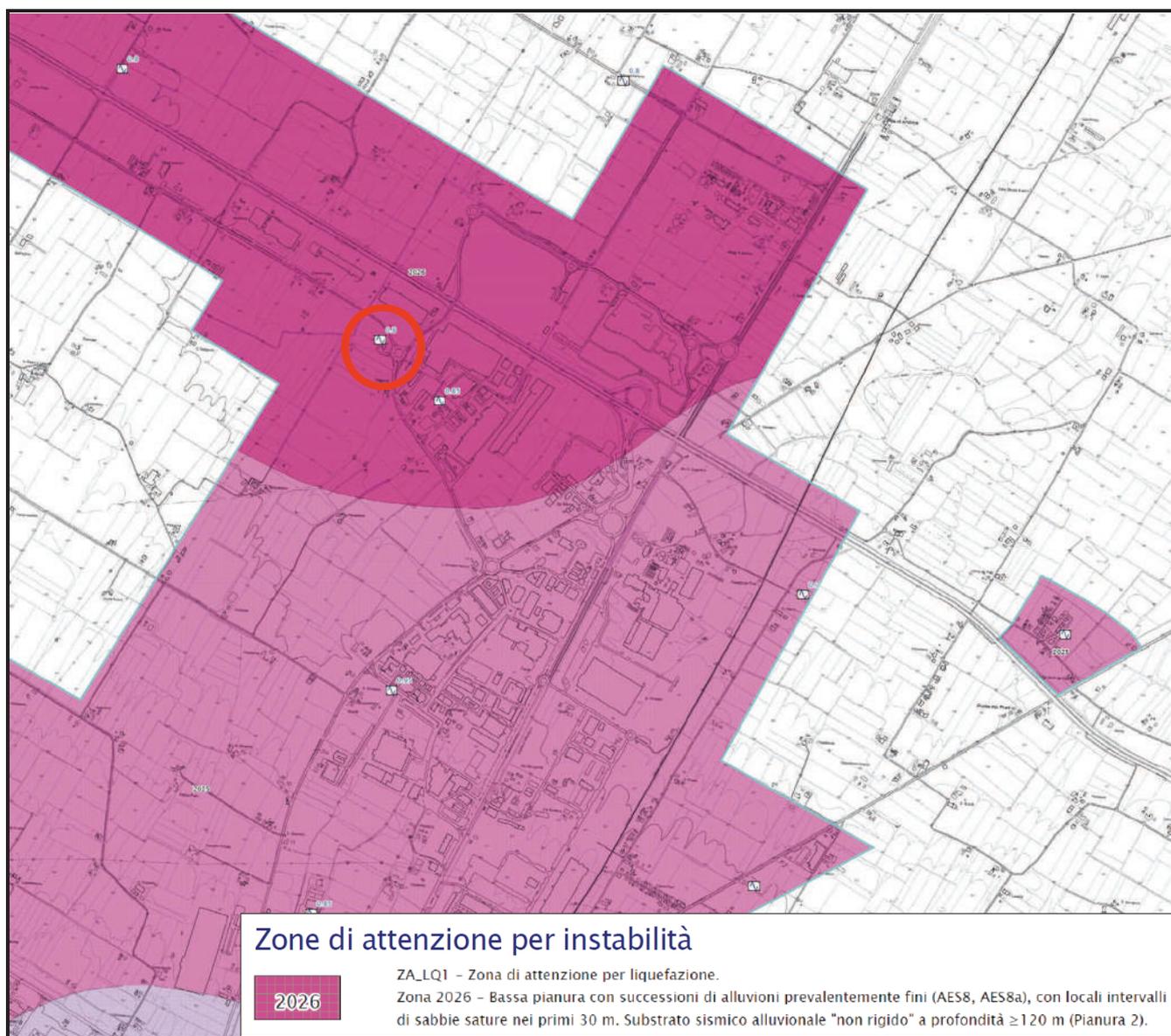
- Carta delle indagini
- Carta delle frequenze naturali dei terreni
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – MOPS

- Carta delle velocità delle onde di taglio Vs
- Carta della microzonazione sismica.

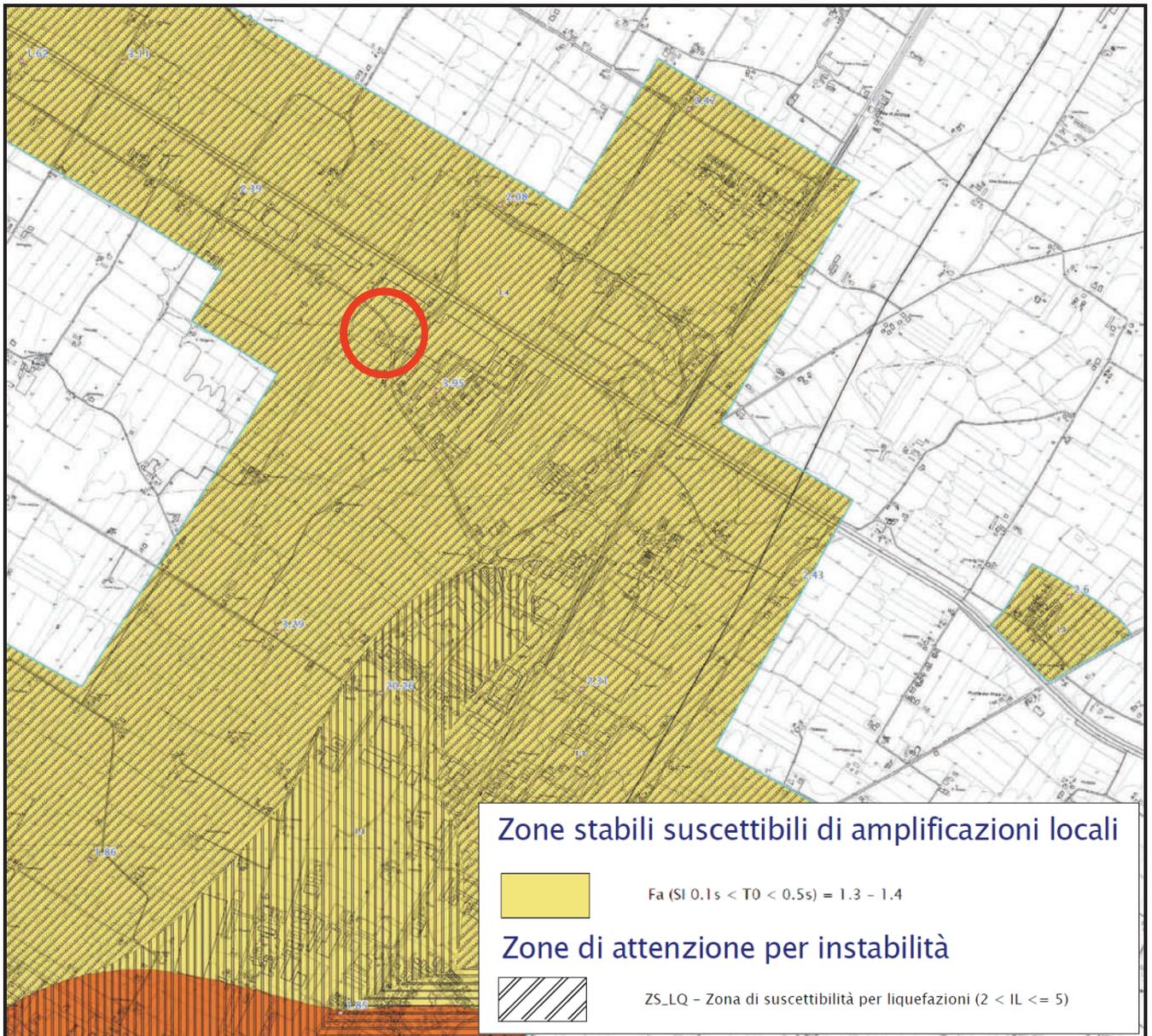
Nelle pagine seguenti è indicata l'ubicazione dell'area di via Pana in esame rispetto alle zonizzazioni prodotte nell'ambito degli studi di microzonazione sismica (III livello di approfondimento).



Carta geologico-tecnica del Comune di Faenza (fonte: studio di microzonazione sismica – terzo livello di approfondimento, Sangiorgi S., Righini T., Milioto A., 2015, Tav2d1).



Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – MOPS del Comune di Faenza (fonte: studio di microzonazione sismica – terzo livello di approfondimento, Sangiorgi S., Righini T., Milioto A., 2015, Tav4\_d1\_MS\_01).



*Carta di microzonazione sismica – livello 3 Fa (PGA) del Comune di Faenza (fonte: studio di microzonazione sismica – terzo livello di approfondimento, Sangiorgi S., Righini T., Milioto A., 2015, Tav6\_d1\_MS\_03).*

Di seguito sono riassunti i **dati di MZS III livello** relativi alla zona in cui ricade l'area "**San Andrea**" in esame:

#### **CLASSIFICAZIONE GEOLOGICO-TECNICA:**

CL pi – Tessiture prevalenti nei primi 6 metri: argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille limose e argille sabbiose. Ambienti deposizionali di piana inondabile (pi)..

**MICROZONE SISMICHE OMOGENEE (MOPS):**

ZA\_LQ1 - Zona di attenzione per liquefazione.

Zona 2026 - Bassa pianura con successioni di alluvioni prevalentemente fini (AES8, AES8a), con locali intervalli di sabbie sature nei primi 30 m. Substrato sismico alluvionale "non rigido" a profondità  $\geq 120$  m (Pianura 2).

**PARAMETRI DI MICROZONAZIONE SISMICA:**

Vs30: 210-220 m/s (categoria di sottosuolo di fondazione tipo C)

VsH15: < 300 m/s

Frequenze di amplificazione H/V: 0.80÷0.85

Amplificazioni HVSR significative 2.47-2.08 Hz

Amplificazione da abachi:

- Fa (PGA) = 1,2

- Fa (S11 0.1s <T 0<0.5s) = 1,4

- Fa (S12 0.5s <T 0<1.0s) = 2.7

Liquefacibilità dei terreni: da verificare.

**f. VALUTAZIONE DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA PER LE ANALISI DI SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO E PER LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI TOPOGRAFICI (DGR630/2019)**

Per calcolare i Fattori di Amplificazione (F.A.) richiesti nell'analisi di secondo livello di approfondimento sono state realizzate indagini geotecniche e geofisiche che hanno permesso di definire lo spessore H del deposito di copertura e la velocità equivalente delle onde di taglio. Per copertura si intende una coltre detritica di origine continentale (alluvionale, eluvio-colluviale, gravitativa, ecc.) o di alterazione presente sulla superficie al tetto del substrato geologico per un intervallo  $H > 3$  metri. Quindi H è lo spessore della copertura o profondità del substrato rigido, ovvero del bedrock sismico.

- Spessore del deposito di copertura e profondità del substrato rigido (H)
- Velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato (VsH e Vs30) del deposito di copertura secondo le formule:

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N h_i / V_{s_i}}$$

dove:

- N = Numero di strati del profilo sismico corrispondenti alla copertura
- H = spessore totale dei terreni di copertura o profondità del tetto substrato rigido
- h<sub>i</sub> = spessore strati (m.) fino al substrato rigido
- V<sub>s<sub>i</sub></sub> = velocità delle onde di taglio dello strato (m/sec) fino al substrato rigido

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^M h_i / V_{s_i}}$$

dove:

- M = Numero di strati del profilo sismico fino alla profondità di m. 30
- h<sub>i</sub> = spessore strati (m.) fino alla profondità di m. 30
- V<sub>s<sub>i</sub></sub> = velocità delle onde di taglio dello strato (m/sec) fino alla profondità di m. 30

Nel nostro caso si ha:

- Terreni di copertura H = ml. 226.00
- Substrato marino V<sub>s</sub> = m/sec 650.00
- V<sub>s30</sub> = m/sec 275
- V<sub>sH</sub> = m/sec 288
- CATEGORIA di SUOLO **C**

Le tabelle per il calcolo dei coefficienti di amplificazione sismica (II° livello di approfondimento) vengono divise a secondo della zona geologica e successione stratigrafica. Poiché siamo in presenza di sedimenti fini limoso-argilloso-sabbiosi fino alla profondità di m. 34-35 cui seguono sedimenti argilloso e sabbiosi presenti con intercalazioni più fini fino a circa m. 220-230 di profondità dove si riscontra il substrato marino delle Argille sabbiose (vedi sezione MZS-PSC) l'area in esame viene localizzata nell'ambito:

**PIANURA 2:** settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c. e dal tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c.;

V <sub>s30</sub> (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

V <sub>s30</sub> (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5
SA2	2,7	2,7	2,4	2,1	1,9	1,8
SA3	3,3	3,2	2,8	2,5	2,3	2,1
SA4	3,3	3,1	2,7	2,4	2,1	1,9

Fattori di Amplificazione **SA1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ), **SA2** ( $0,4s \leq T \leq 0,8s$ ), **SA3** ( $0,7s \leq T \leq 1,1s$ ), **SA4** ( $0,5s \leq T \leq 1,5s$ )

V <sub>s30</sub> (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	3,1	3,0	2,7	2,4	2,1	2,0
SI3	3,6	3,3	2,9	2,5	2,2	2,0

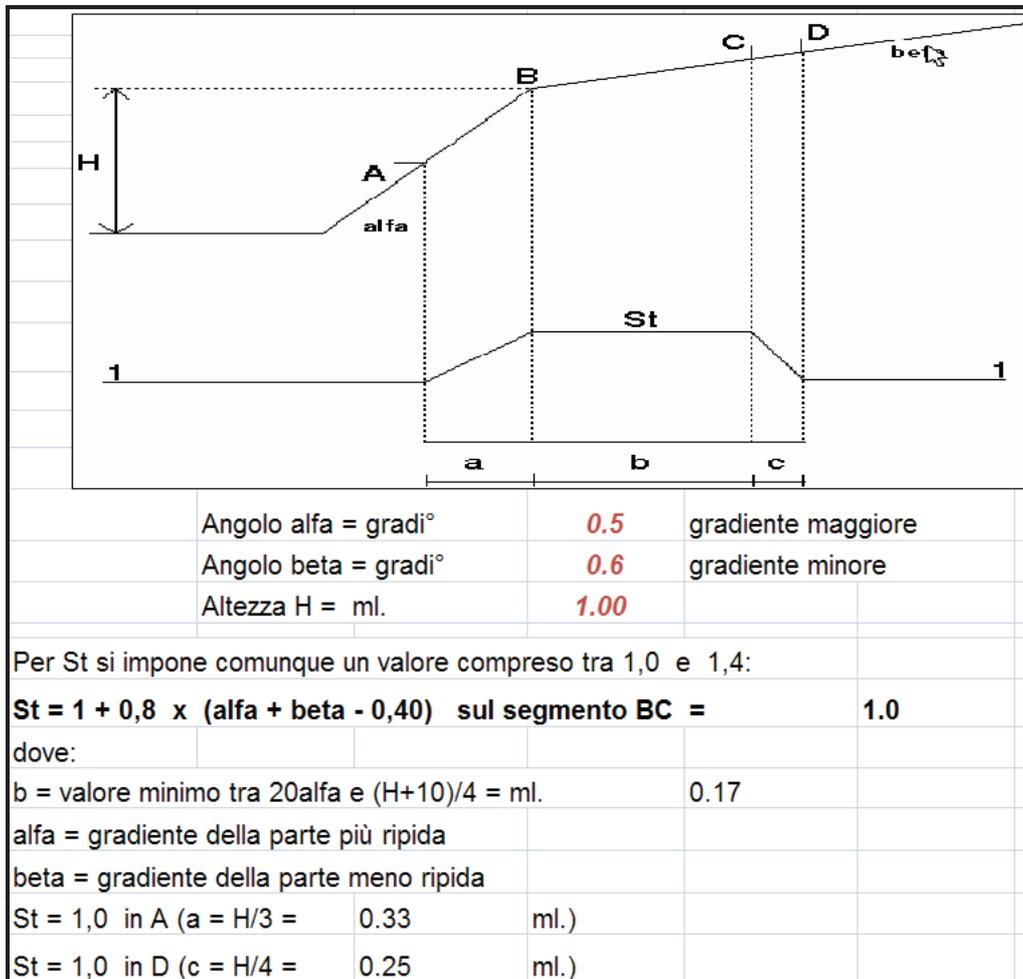
Fattori di Amplificazione **SI1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ), **SI2** ( $0,5s \leq T \leq 1,0s$ ), **SI3** ( $0,5s \leq T \leq 1,5s$ )

Considerando una V <sub>s30</sub> pari a: 274.88 e uno spessore H = ml. 226.00		si ottengono seguenti F.A.:	
- accelerazione di picco orizzontale (PGA) <sup>1</sup> ;		F.A. P.G.A.	<b>1.6</b>
- intensità spettrale $SA = \int_{T_1}^{T_2} A(T, \zeta) dT$		F.A. SA1	
dove $A$ è lo spettro di risposta in accelerazione, $T$ è il periodo proprio e $\zeta$ è lo smorzamento <sup>2</sup> ; sono stati considerati quattro intervalli di periodo proprio $T$ ottenendo quattro valori di intensità spettrale:		0,1s < T < 0,5s	<b>1.8</b>
		F.A. SA2	
		0,4s < T < 0,8s	<b>2.3</b>
		F.A. SA3	
		0,7s < T < 1,1s	<b>2.7</b>
		F.A. SA4*	
		0,5s < T < 1,5s	<b>2.6</b>
- intensità spettrale $SI = \int_{T_1}^{T_2} V(T, \zeta) dT$		F.A. SI1	
dove $V$ è lo spettro di risposta in velocità, $T$ è il periodo proprio e $\zeta$ è lo smorzamento <sup>3</sup> ; sono stati considerati tre intervalli di periodo proprio $T$ ottenendo tre valori di intensità spettrale:		0,1s < T < 0,5s	<b>1.9</b>
		F.A. SI2	
		0,5s < T < 1,0s	<b>2.5</b>
		F.A. SI3*	
*I fattori di amplificazione SA4 e SI3 sono richiesti per studi in aree di pianura e di costa.		0,5s < T < 1,5s	<b>2.7</b>

## g. EFFETTI DELLA TOPOGRAFIA

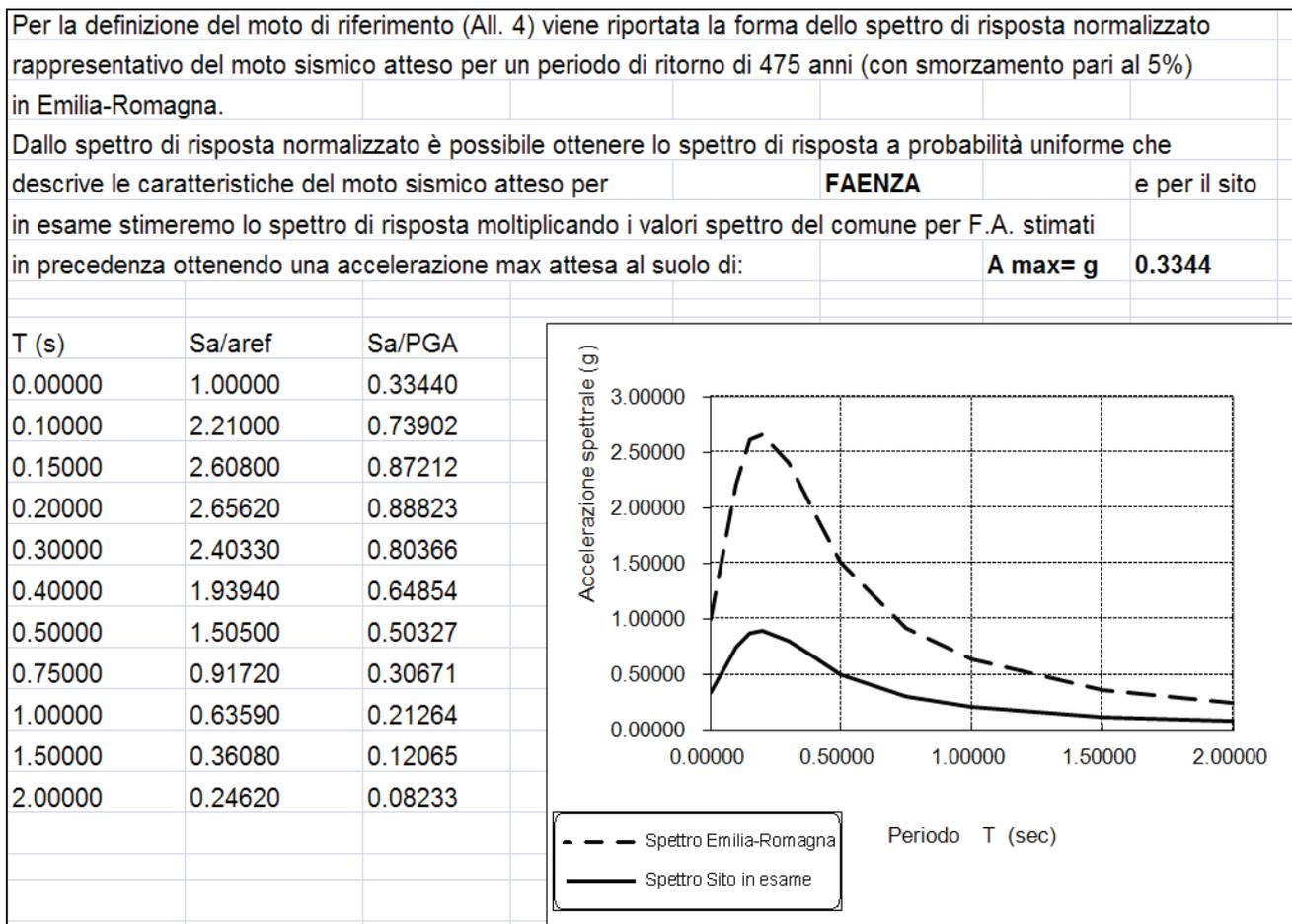
Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15°. Devono essere calcolati in caso di configurazioni geometriche bidimensionali e tridimensionali (cocuzzolo, cresta, dorsale allungata) di altezza  $H > 30$  metri.

Per pendii con inclinazione maggiore di 15° la risposta sismica locale deve essere moltiplicata per un fattore  $St$  (coefficiente di amplificazione topografica) calcolato nel seguente modo:



Riassumendo per il territorio preso in esame si ha:

	<b>Comune:</b>		<b>FAENZA</b>	
	<b>Zona sismica 2003:</b>		<b>2</b>	
	<b>Accelerazione max orizz.: Arefg</b>		<b>0.209</b>	(Indirizzi microzonazione E-R; L.R.2015)
	<b>Vs30 (m/sec)</b>		<b>274.88</b>	
	<b>Categoria di Suolo</b>		<b>C</b>	(D.M. 17.01.2018)
(PGA/PGAo)	<b>F.A. P.G.A.</b>		<b>1.6</b>	(da tab. D.GR. Em.Romagna n° 630/2019)
(SA/SAo)	<b>F.A. SA1</b>	0,1s<T<0,5s	<b>1.8</b>	
(SA/SAo)	<b>F.A. SA2</b>	0,4s<T<0,8s	<b>2.3</b>	
(SA/SAo)	<b>F.A. SA3</b>	0,7s<T<1,1s	<b>2.7</b>	
(SA/SAo)	<b>F.A. SA4*</b>	0,5s<T<1,5s	<b>2.6</b>	
(SI/SIo)	<b>F.A. SI1</b>	0,1s<T<0,5s	<b>1.9</b>	(intervalli di periodo per l'intensità di Housner per strutture basse max. 4-5 piani, regolari e rigide)
(SI/SIo)	<b>F.A. SI2</b>	0,5s<T<1,0s	<b>2.5</b>	(intervalli di periodo per l'intensità di Housner per strutture più alte e flessibili)
(SI/SIo)	<b>F.A. SI3*</b>	0,5s<T<1,5s	<b>2.7</b>	
	<b>HSM (0.1-0.5) = cm/sec2</b>		<b>784.80</b>	(da D.GR. Em.Romagna n° 630/2019)
	<b>FATTORE St</b>		<b>1</b>	(coefficiente amplificazione topografica)



## h. COMPATIBILITA' SISMICA: POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (DGR Emilia Romagna n° 630/2019).

Tiene conto anche della magnitudo del terremoto nel rapporto di sforzo ciclico indotto, tramite una modifica della nota espressione di Seed ed Idriss, introducendo un fattore correttivo funzione della Magnitudo (Adottato dal C.N.R. nel 1985).

### SISMA DI PROGETTO (cenni teorici)

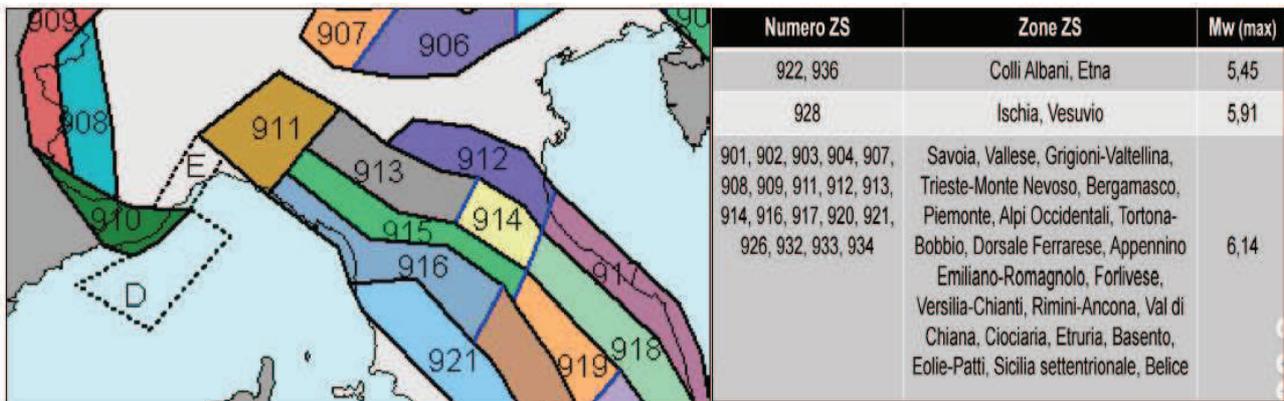
Nella zona si sono verificati numerosi terremoti per un raggio di Km. **20** centrato su **Faenza**. Si apprende di una serie di eventi con intensità massima del **8** ° grado della Scala Mercalli mod. e con ipocentri localizzati a circa Km. **10** di profondità (R = distanza dal fuoco). In prima approssimazione la magnitudo della scala Richter (M) è ricavabile dalle seguenti espressioni :

$$M = 0,6 * I + \log R + 0,4 = 6.20$$

$$M = 0,53 * I + 0,96 = 5.20$$

Considerando la zona sismogenetica: Zs = 912

per la verifica assumiamo una magnitudo di riferimento **Mw = 6.14** (INGV Zonazione sismogenetica Z9)



Per la valutazione delle accelerazioni massime riferite al suolo vengono proposte le correlazioni utilizzate da Kawashima (1981). I depositi vengono distinti in base al grado di consolidazione :

- 1 ) Depositi consolidati  
 2 ) Depositi medio-consolidati  
 3 ) Depositi soffici

Nel nostro caso possiamo considerare : > **Distanza dall'epicentro 5 Km.**  
 3 ) **Depositi soffici**

Si ha quindi :  $a_{max} = 402,8 \cdot 10^{-0,265M} / (\text{dist. epicentro} + 30)^{1,218} = \text{cm/secq } 208.44$

#### - INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE ( Metodo Boulanger e Idriss, 2014 - Seed e Idriss, 1983 ).

Il Decreto Ministeriale 14.09.2005 ed il successivo D.M. 17.01.2018 contengono nuove disposizioni in materia di classificazione sismica e di normativa tecnica.

Il numero delle zone sismiche viene riportato qui di seguito unitamente ai valori di accelerazione orizzontale (ag/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico:

Zona 2003	Valore di ag	Comune: <b>FAENZA</b>
1	0.35	Zona sismica 2003: 2
2	0.25	<b>1. Accel.max orizz.RER: 0.209</b>
3	0.15	(Rischio Sismico E/R - 2016)
4	0.05	2. Accelerazione orizz.: 0.25

Considerando il fattore di amplificazione F.PGA relativo alla zona in esame del comune di: FAENZA come emerge dagli studi di microzonazione sismica (terzo livello di approfondimento) approvati dalla Regione Emilia-Romagna LR 77/2009 (consultabili all'indirizzo: <http://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/pnsrs>), si ha:

$$F_a (PGA) = 1.70$$

$$a_{max} = \text{accelerazione massima al suolo} * F.A. = 355.30$$

da adottare per l'area considerata.

A questo punto si ricava il fattore di resistenza alla liquefazione : **FL liq.=R/L** che deve risultare maggiore di 1,0 onde verificare la non liquefacibilità dello strato considerato.

$$L = a_{max} / g * \sigma_v / \sigma'_v * r_d * r_n$$

$$R = 0,45 * 0,57 * [(16 * (N_2 + DN_f)^{0,5}) / 100 + [(16 * (N_2 + DN_f)^{0,5} / 75)^{14}]$$

Dove :

- rd** = coeff. di smorzamento in funzione della profondità =  $1-0,015 \cdot z$
- rn** = coeff. correttivo in funzione della magnitudo =  $0,1 \cdot (M-1)$
- N1** =  $(1,7 / (\sigma'v + 0,7)) \cdot N_{spt}$
- DNf** = "2" per le sabbie poco limose a spigoli arrotondati

Prova	CPT	1	Prof.falda idrica ml.		3.00			
Profondità strato (ml)	Sigma v daN/cm <sup>2</sup>	Sigma' v daN/cm <sup>2</sup>	Rp kg/cm <sup>2</sup>	N1	rd	rn	DNf	Possibilità liquefazione
8	1.120	0.920	32	11	0.88	0.51	2	POSSIBILE
11.2	1.568	1.240	16	5	0.83	0.51	2	POSSIBILE
12.8	1.792	1.400	38	10	0.81	0.51	2	POSSIBILE
13.6	1.904	1.480	40	10	0.80	0.51	2	POSSIBILE
14.8	2.072	1.600	48	12	0.78	0.51	2	POSSIBILE

Per tener conto della **frazione argillosa** Ishihara (1985), elaborando i risultati di prove triassiali cicliche, ha fornito la seguente correlazione (per C>10%) :

$$Rp2 = Rp1 + 26 \text{ Log FC} *$$

- Dove : **FC** = peso della frazione argillosa (passante #200) = **10** %  
**Rp1** = (Nspt\*Alfa); dove Alfa è il coeff. usato per la correlazione con Rp pari a 3-4=

L'indice del potenziale di liquefazione viene valutato con la relazione:  $IL = da\ 0\ a\ 20 - F(z) \cdot w(z) \cdot dz$ :

con:  $w(z) = 200 / Z_{crit} \cdot (1 - Z / Z_{crit})$  con Z=profondità strato e  $Z_{crit} = 20$  metri. La variabile F(z) vale (Sonmez, 2003):

$F(z) = 0$  per  $FL \geq 1.2$  -  $F(z) = 2 \cdot 10^{-6} \cdot \exp(-18.427 \cdot FL)$  per  $1.2 > FL > 0.95$  - con  $FL < 0.95$ :  $F(z) = 1 - FL$

Prof. z (ml.)	FL	F(z)	w(z)	IL	da cui deriva il rischio di liquefazione
8.00	0.83	0.368	6.00	2.2	MODERATO
11.20	0.57	0.625	4.40	2.8	MODERATO
12.80	0.82	0.384	3.60	1.4	BASSO
13.60	0.83	0.369	3.20	1.2	BASSO
14.80	0.92	0.280	2.60	0.7	BASSO

(Microzonazione Sismica Regione Emilia-Romagna DGR 630/2019)

\* FC è il contenuto di fine espresso in %. In assenza di dati specifici per il sito, FC può essere stimato con l'espressione empirica:  $FC = 80 \cdot I_c - 137$  in cui  $I_c$  è l'indice di classificazione del terreno da prova CPT proposto da Robertson (1990):

$$I_c = \sqrt{(\log F + 1.22)^2 + (\log Q_n - 3.47)^2}$$

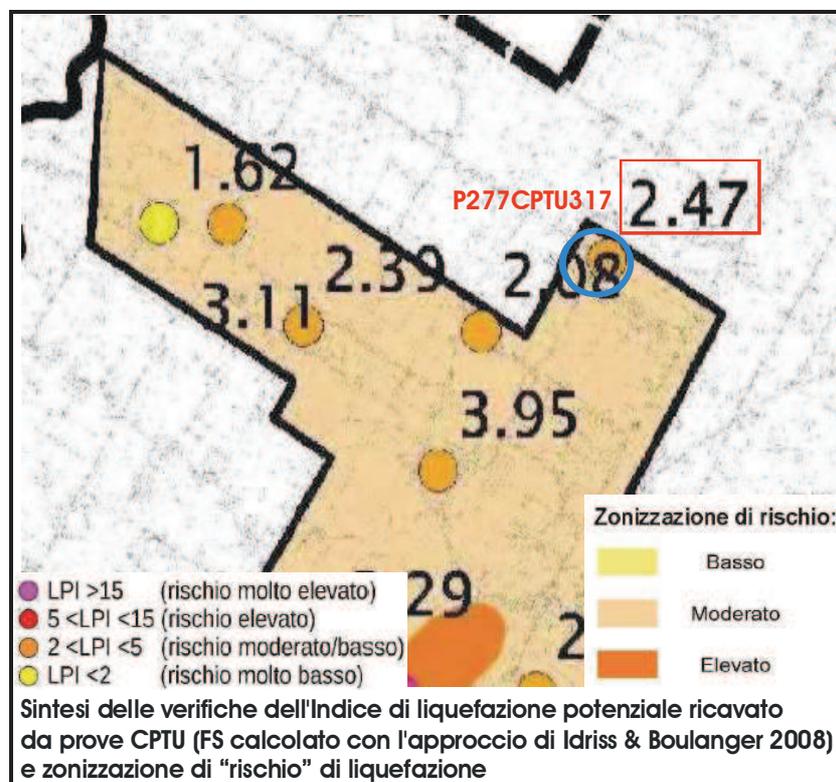
$$F = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}} \cdot 100 \quad Q_n = \left( \frac{q_c - \sigma_{v0}}{p_a} \right) \cdot \left( \frac{p_a}{\sigma'_{v0}} \right)^m$$

In base al valore stimato dell'indice del potenziale di liquefazione IL si definiscono le seguenti classi di pericolosità (Sonmez, 2003):

- $I_L = 0$  Non liquefacibile ( $FL \geq 1.2$ )
- $0 < I_L \leq 2$  Potenziale basso
- $2 < I_L \leq 5$  Potenziale moderato
- $5 < I_L \leq 15$  Potenziale alto
- $15 < I_L$  Potenziale molto alto



Il deposito alluvionale di pianura analizzato nella sua componente sabbiosa immersa in falda dimostra come il sedimento presenti un **rischio di liquefazione da MODERATO a BASSO**. L'analisi del potenziale di liquefazione degli spessori sabbiosi dell'area "VIA PANA" identificati con le prove "in situ" viene confermata anche dal calcolo eseguito nello studio del dott. Sangiorgi (3 livello di approfondimento) e qui di seguito si riporta la sintesi:



## i. COMPATIBILITA' EDIFICATORIA DELL'INTERVENTO

Lo studio svolto tramite indagini dirette e da informazioni acquisite per inquadrare il territorio di FAENZA interessato sia dal punto di vista geomorfologico che geotecnico **non ha evidenziato emergenze o caratteristiche geologiche tali da condizionare le scelte urbanistiche future.**

Quindi, al fine di approntare una valutazione sulle classi di edificabilità si può distinguere unicamente: **Zone normalmente edificabili**. Infatti i vari diagrammi penetrometrici analizzati, il sondaggio ed il rilievo geomorfologico eseguito non hanno evidenziato differenza tali da giustificare un ulteriore divisione. Gli orizzonti geotecnici **risultano sufficientemente consistenti ed adatti a sopportare eventuali nuovi carichi derivanti dall'edificazione.**

Essendo in una fase preliminare dove non vengono indicate le ipotesi edificatorie, sulla base dei dati ricavati, onde indicare la portanza dei terreni, sono stati utilizzati l'angolo d'attrito e la coesione ricavati dalle correlazioni con le prove penetrometriche e dal

campione **C1**, utilizzando i valori meccanici più scadenti e quindi cautelativi. Considerando che alla profondità supposta del piano di posa pari a **m. 1,20** i terreni risultano essenzialmente argilloso-limosi, per il calcolo della **pressione ultima di rottura "qr"** si impongono condizioni non drenate.

Si suppone cioè che la dissipazione delle pressioni interstiziali in fase di consolidamento avvenga con velocità inferiore rispetto a quella di applicazione dei carichi strutturali. In tali condizioni si considera che la sovrappressione interstiziale annulli la componente frizionale della resistenza al taglio (**Phi° = 0**) e che il terreno si opponga ai fenomeni di rottura con le sole forze coesive del terreno ed in questo caso vengono utilizzate le due coesioni caratteristiche per il litotipo interessato:

$$C1 = 0,50 \text{ daN/cm}^2 \quad C2 = 0,30 \text{ daN/cm}^2$$

Dal calcolo allegato il **carico limite rispetto alla rottura localizzata del terreno** (corrispondente alla resistenza di progetto riferita all'approccio 1 – combinazione 1). Per il calcolo indicativo dei cedimenti si sono utilizzate le pressioni ammissibili con **coefficiente di sicurezza 3** da cui si ricavano cedimenti accettabili; qui di seguito vengono riportati i dati ricavati dai calcoli:

Coesione	Peso terreno	Klim.	Kamm	cedimenti
daN/cm <sup>2</sup>	daN/m <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	cm.
0,30	1.700	2,05	0,68	1,449
0,50	1.780	3,30	1,10	2,757

## I. Lottizzazione "Via PANA": Prescrizioni conclusive

Dalle prove penetrometriche e dalle stratigrafie utilizzate per l'area interessata si è riscontrato nei primi metri di profondità, la presenza depositi alluvionali di pianura dapprima limoso-argillosi normalconsolidati cui seguono litotipi a componente essenzialmente sabbioso-limosa addensata con livelli sottili argilloso-limosi, dotati di buona consistenza fino alla massima profondità investigata pari a m. 20 per cui:

1. Occorre innestare le fondazioni nei litotipi alluvionali omogenei dal punto di vista geomeccanico al fine di evitare cedimenti differenziali elevati, da valutare rispetto al piano posa, al tipo di fondazioni ed alla geometria della stratificazione argilloso-limoso-sabbiosa. Verificare quindi lo spessore e l'uniformità geo-meccanica del terreno limoso-

argilloso-sabbioso superficiale riscontrato nei primi metri di profondità eseguendo apposita indagine geotecnica (distinzione tra sovraconsolidato-normalconsolidato).

2. Le fondazioni devono essere innestate entro il litotipo intatto, in posto, inalterato, omogeneo e stabile sismicamente; in particolare si dovrà evitare di realizzare fondazioni su o in materiali di riporto o terreni rimaneggiati. Innestando le fondazioni entro i litotipi alluvionali omogenei si può indicativamente adottare un piano di posa posto ad almeno **m. 1,20-1,40** di profondità dove i terreni risultano essenzialmente argilloso-limosi, per il calcolo della **pressione ultima di rottura "qr"** si impongono condizioni non drenate.
3. Come verificato nel corso delle prove utilizzate per l'area interessata, **l'idrologia di profondità** è correlata allo spessore limoso-sabbioso profondo dove, al contatto con il litotipo argilloso impermeabile, presenta un **livello statico di m. 2,80-3,00** dal piano campagna. Questa falda idrica presenta una escursione stagionale di m. 1,00-1,50 correlata essenzialmente al periodo di precipitazioni e deve essere tenuta in considerazione nel caso di opere con presenza di seminterrato.
4. La natura litologica e granulometrica dei litotipi interessati dal bulbo di carico, l'omogeneità e il sufficiente grado di addensamento dei terreni limoso-sabbiosi posti nei primi 20 metri profondità che contiene la falda idrica **limita la possibilità di liquefazione** in caso di evento sismico. Il deposito alluvionale di pianura analizzato nella sua componente sabbiosa immersa in falda dimostra come il sedimento presenti un **rischio di liquefazione da MODERATO a BASSO**.
5. La **caratterizzazione sismica dei terreni alla luce del D.M. 17.01.2018** presenta un coefficiente di amplificazione topografico pari a **st = 1,0** ed una **Vseq = 274 m/sec** da cui si ricava la categoria del suolo di fondazione:  

**C.** *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a m. 30, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità Equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s*
6. Lo **STUDIO DEGLI EFFETTI DI SITO ATTESI** non evidenzia caratteristiche fisiche dei terreni e/o di addensamento che possano determinare amplificazione considerando l'ottima uniformità litologica e di addensamento riscontrata su tutta l'area in esame.

(vedi planimetria allegata). E' stata verificata l'assenza di **paleomorfologie sepolte (paleovalvei)**, di depositi di palude e/o disomogeneità litostratigrafiche per cui si escludono rischi sismici, geotecnici e/o idrogeologici mediante interazione con le strutture di fondazione e le strutture in elevazione. Avendo riscontrato sull'intera area caratteristiche geotecniche/geomeccaniche omogenee sia in orizzontale che in verticale, si valuta in modo uniforme il comportamento meccanico e sismico dei terreni sottoposti ai carichi strutturali futuri. Per questo motivo non si riporta la carta di zonizzazione geotecnica.

CastelBolognese 11.11.2021

Dott.Geol. Andreatta Giancarlo



**CLASSIFICAZIONE DEL SITO NTC 2008**

Data 31/08/09

Località Borgo Liverani, Faenza (RA)

Metodo di indagine MASW Attivo e Passivo (misura Vr)

Strumentazione utilizzata Sismografo ABEM RAS-24, 24 canali, 24 bits

Metodo di energizzazione Rumore naturale+10 kg

Geometria stendimento: 12 geofoni - interasse 5 m

**RISPOSTA SISMICA LOCALE**

(si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori del coeff. Cc e del coeff. amplificazione S)

**Categorie di suolo di fondazione**

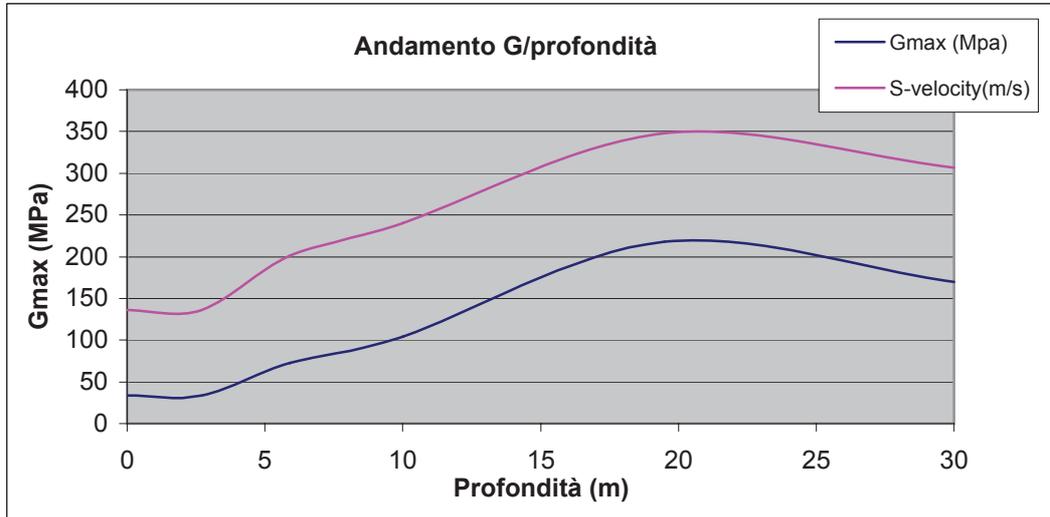
		Ss	Cc	S=S <sub>s</sub> *S <sub>T</sub>
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di <b>Vs30</b> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	1.00
<b>B</b>	Rocce 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 <b>Vs30</b> compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT <sub>30</sub> > 50 nei terreni a grana grossa e Cu <sub>30</sub> > 250 kPa nei terreni a grana fina).	<b>1.19</b>	<b>1.40</b>	1.19
<b>C</b>	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 <b>Vs30</b> compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT <sub>30</sub> < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < Cu <sub>30</sub> < 250 kPa nei terreni a grana fina).	<b>1.39</b>	<b>1.56</b>	1.39
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di 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 <b>Vs30</b> inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT <sub>30</sub> < 15 nei terreni a grana grossa e Cu <sub>30</sub> < 70 kPa nei terreni a grana fina).	<b>1.63</b>	<b>2.27</b>	1.63
<b>E</b>	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con <b>Vs30</b> > 800 m/s).	<b>1.43</b>	<b>1.85</b>	1.43
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < Cu <sub>30</sub> < 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.	Servono studi speciali		
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

I parametri a/g, F<sub>0</sub> e T<sub>c</sub> vengono forniti dalla normativa**Categorie Topografiche:**

		St	
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$	1	
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1.2	valore alla sommità del pendio
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2	valore della cresta del rilievo
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4	valore della cresta del rilievo

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

Depth(m)	S-velocity(m/s)	Gmax (Mpa)	$\rho$ (t/mc)
0.0	136	33	1.80
2.7	136	33	1.80
5.9	201	73	1.80
10.0	240	104	1.80
19.5	348	218	1.80
30.0	307	170	1.80

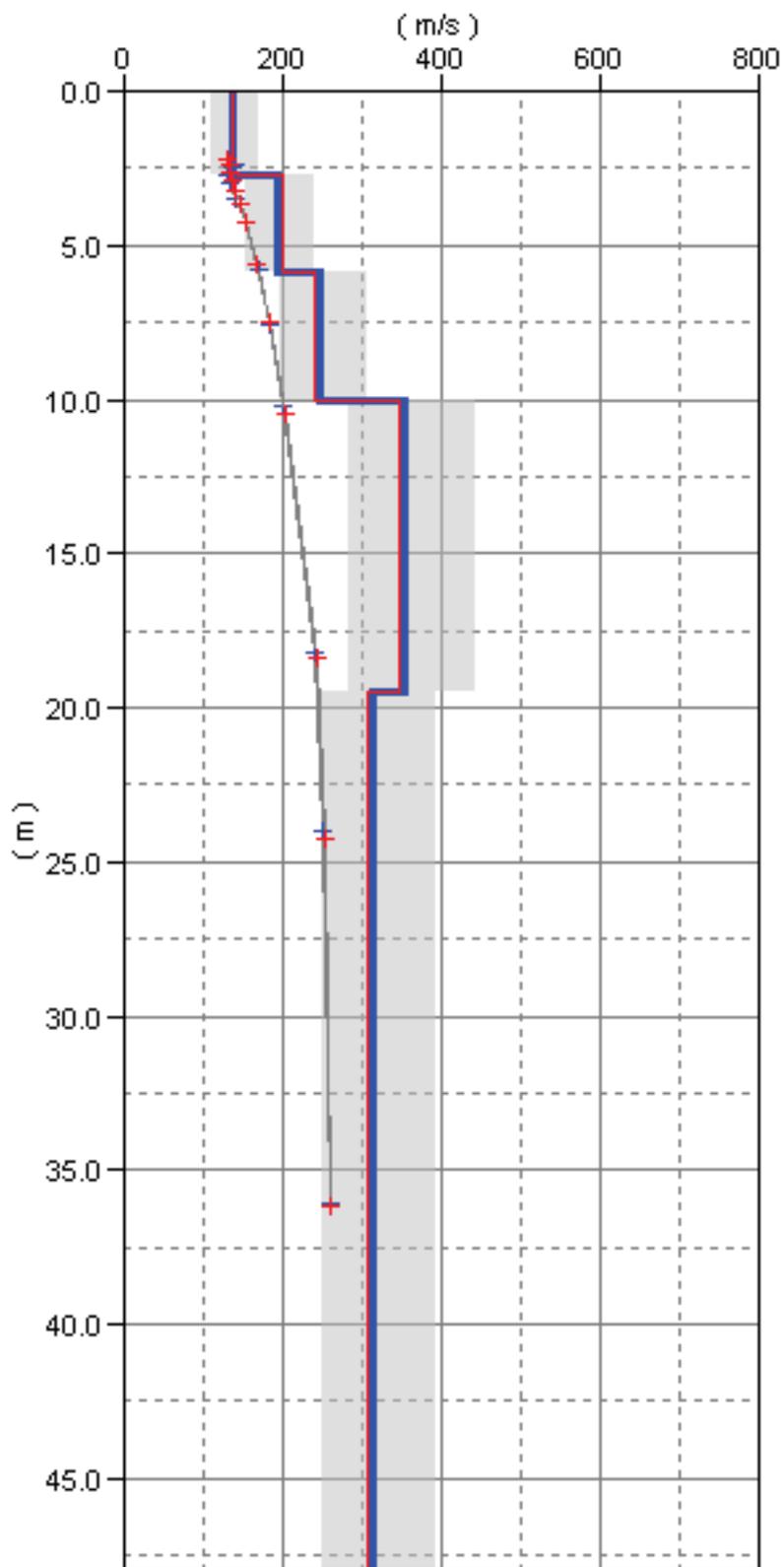


**Vs30 (m/s) = 262**

# Modello interpretativo Vs

Masw n° 19  
Vs30 = 262 m/s

## Models



**SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO @ 5% SMORZAMENTO - COMP. ORIZZONTALE (NTC 2008)**  
**Possibilità di superamento del 10% in 50 ann**

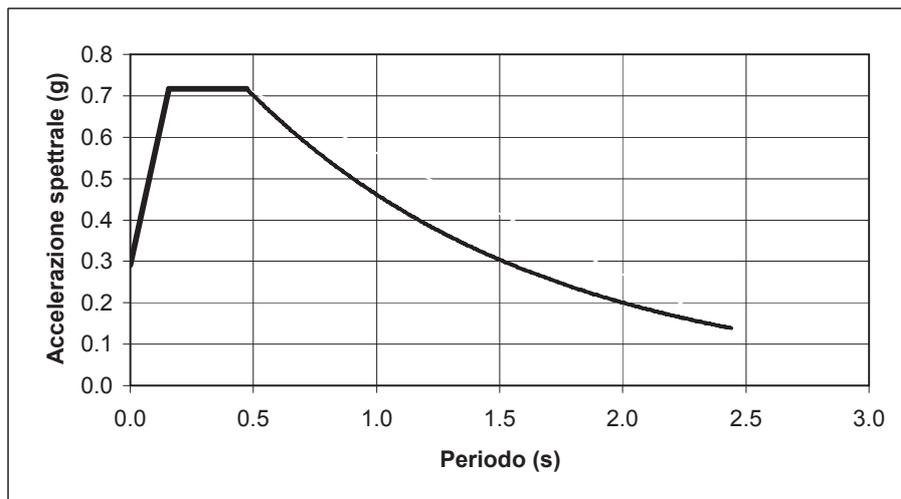
$$T_0 = agxS$$

$$T_b = T_c/3$$

$$T_c = C_c * T_c^*$$

$$T_d = 4.0x a_y/g + 1.6$$

Ascisse (s)	Ordinate
0.0000	0.2919
0.1576	0.7166
0.4727	0.7166
2.4400	0.1388



**CLASSIFICAZIONE DEL SITO 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 classificazione territoriale e urbanistica**

**Località** Borgo Liverani, Faenza (RA)  
**Metodo di indagine** MASW Attivo e Passivo  
(misura Vr)  
**Strumentazione utilizzata** Sismografo ABEM RAS-24, 24 canali, 24 bits  
**Metodo di energizzazione** Rumore naturale+10 kg  
**Geometria stendimento:** 12 geofoni - interasse 5 m

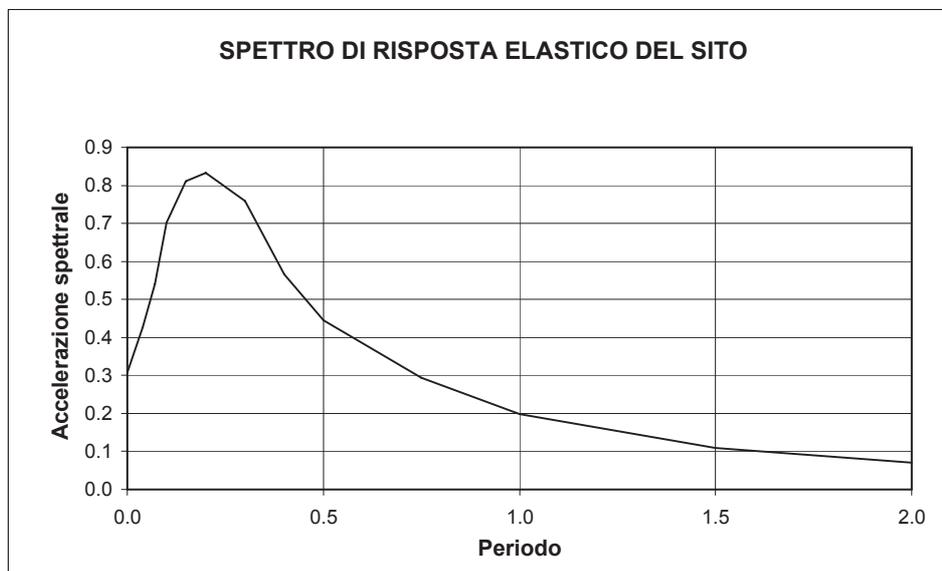
**Valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo  $a_{refg}$**  0.205

**Tabella per il calcolo dei coefficienti di amplificazione sismica (PIANURA 2)**

Vs30	F.A.
200	1.5
250	1.5
300	1.5
350	1.4
400	1.4
450	1.4
500	1.3
600	1.1
700	1.0
800	1.0

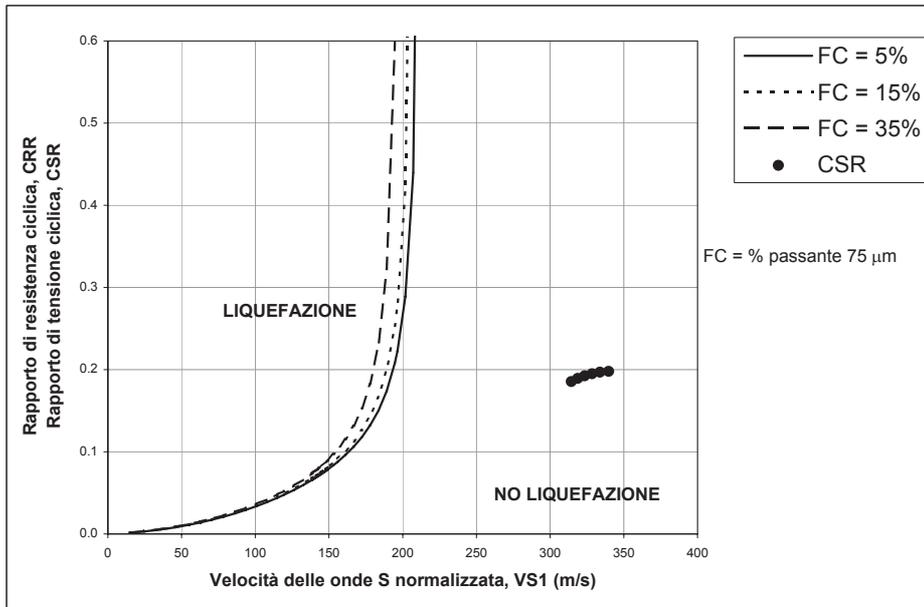
**SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO @ 5% SMORZAMENTO - COMP. ORIZZONTALE**  
**Possibilità di superamento del 10% in 50 anni**  
**Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L.R. 20/2000**  
**per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la**  
**classificazione territoriale e urbanistica"**

T (s)	Sa/a <sub>ref</sub>	Sa/a <sub>g</sub>
0.000	1.000	0.308
0.040	1.389	0.427
0.070	1.759	0.541
0.100	2.283	0.702
0.150	2.637	0.811
0.200	2.707	0.833
0.300	2.466	0.758
0.400	1.840	0.566
0.500	1.445	0.444
0.750	0.955	0.294
1.000	0.645	0.198
1.500	0.355	0.109
2.000	0.231	0.071



## VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

profondità (m)	V <sub>s</sub>	V <sub>s1</sub>	CSR	F <sub>s</sub> = CRR <sub>7.5</sub> /CSR <sub>7.5</sub>
10.0	348	340	0.198	1.69
11.0	348	334	0.197	1.62
12.0	348	328	0.195	1.57
13.0	348	323	0.192	1.53
14.0	348	319	0.189	1.49
15.0	348	314	0.186	1.46



La velocità delle onde sismiche viene ricondotta ad un valore V<sub>s1</sub>, ovvero ad un valore normalizzato ad una tensione efficace p<sub>a</sub> = 100 kPa attraverso la:

$$V_{S1} = C_V \cdot V_S = V_S \cdot (p_a / \sigma'_v)^{0.25}$$

RAPP. TENSIONALE CICLICO  $CSR = \tau_{media} / \sigma' = 0.65 \cdot (a_{max} / g) \cdot (\sigma_v / \sigma'_v) \cdot r_d$

a<sub>max</sub> = accelerazione di picco al piano campagna

g = accelerazione di gravità

σ<sub>v</sub>/σ'<sub>v</sub> = tensione totale ed efficace nel sottosuolo

r<sub>d</sub> = coefficiente riduttivo dell'azione sismica alla profondità d'interesse che tiene conto della deformabilità del sottosuolo

COEFFICIENTE DI SICUREZZA ALLA LIQUEFAZIONE  $F_s = CRR_{7.5} / CSR_{7.5}$

CSR riferito ad terremoto di magnitudo 7.5  $(CSR)_{M=7.5} = (CSR)_M / MSF$

fattore di scala per la magnitudo  $MSF = 6.9 \cdot \exp(-M/4) - 0.058$

RAPP. DI RESISTENZA CICLICA (riferito a M = 7.5)  $CRR_{7.5} = 0.022x(V_{S1}/100)^2 + 2.8x(1/(V_{S1}^* - V_{S1}) - 1/V_{S1}^*)$

**- POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE ( DGR Emilia Romagna n° 630/2019 - DM 17.01.2018).**

Tiene conto anche della magnitudo del terremoto nel rapporto di sforzo ciclico indotto, tramite una modifica della nota espressione di Seed ed Idriss, introducendo un fattore correttivo funzione della Magnitudo (Adottato dal C.N.R. nel 1985).

**SISMA DI PROGETTO (cenni teorici)**

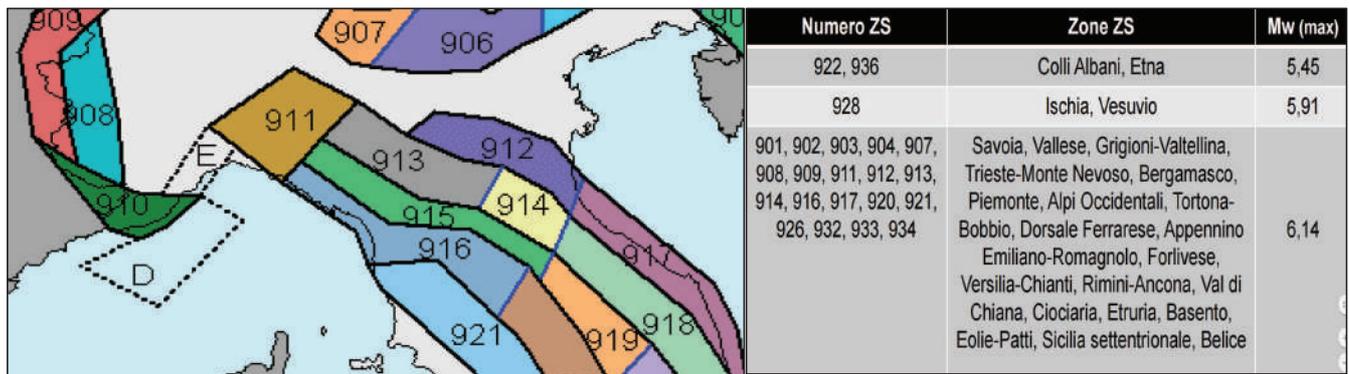
Nella zona si sono verificati numerosi terremoti per un raggio di Km. **10** centrato su **Faenza**. Si apprende di una serie di eventi con intensità massima del **7** ° grado della Scala Mercalli mod. e con ipocentri localizzati a circa Km. **5** di profondità ( R = distanza dal fuoco ). In prima approssimazione la magnitudo della scala Richter (M) è ricavabile dalle seguenti espressioni :

$$M = 0,6 * I + \log R + 0,4 = 5.30$$

$$M = 0,53 * I + 0,96 = 4.67$$

Considerando la zona sismogenetica: Zs = **914**

per la verifica assumiamo una magnitudo di riferimento **Mw = 6.14** (INGV Zonazione sismogenetica Z9)



Per la valutazione delle accelerazioni massime riferite al suolo vengono proposte le correlazioni utilizzate da Kawashima (1981). I depositi vengono distinti in base al grado di consolidazione :

- 1 ) Depositi consolidati
- 2 ) Depositi medio-consolidati
- 3 ) Depositi soffici

Nel nostro caso possiamo considerare : **> Distanza dall'epicentro 9 Km.**  
**2 ) Depositi medio-consolidati**

Si ha quindi :  $a_{max} = 232,5 * 10^{-0,313M} / (\text{dist.epicentro} + 30)^{1,218} = \text{cm/sec}^2 \ 209.24$

**- INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE ( Metodo Boulanger e Idriss, 2014 - Seed e Idriss, 1983 ).**

Il Decreto Ministeriale 14.09.2005 ed il successivo D.M. 17.01.2018 contengono nuove disposizioni in materia di classificazione sismica e di normativa tecnica.

Il numero delle zone sismiche viene riportato qui di seguito unitamente ai valori di accelerazione orizzontale (ag/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico:

Zona 2003	Valore di ag	Comune: <b>FAENZA</b>
1	0.35	Zona sismica 2003: 2
2	0.25	<b>1. Accel.max orizz.RER: 0.209</b>
3	0.15	(Rischio Sismico E/R - 2016)
4	0.05	2. Accelerazione orizz.: 0.25

Considerando il fattore di amplificazione F.PGA relativo alla zona in esame del comune di: FAENZA come emerge dagli studi di microzonazione sismica (terzo livello di approfondimento) approvati dalla Regione Emilia-Romagna LR 77/2009 (consultabili all'indirizzo: <http://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/pnsrs>), si ha:

## Carta di microzonazione sismica

### Livello 3

#### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

	Fa (PGA) = 1,1 - 1,2
	Fa (PGA) = 1,3 - 1,4
	Fa (PGA) = 1,5 - 1,6

**Fa (PGA) = 1.60** (DA dgr630/2019)  
**a max = accelerazione massima al suolo \* F.A. = 334.40**  
 da adottare per l'area considerata.

#### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



**FL liq=CRR/CSR** che deve

A questo punto si ricava il fattore di resistenza alla liquefazione :  
 risultare maggiore di 1,0 onde verificare la non liquefacibilità dello strato considerato.

**CSR =** a max/g\*sigma v/sigma' v \* rd \* rn

**CRR =** 0,45\*0,57\*[(16\*(N1+DNf)^0,5)/100 + [(16\*(N1+DNf)^0,5/75)^14]

Dove :

**rd** = coeff. di smorzamento in funzione della profondità = 1-0,015\*z

**rn** = coeff. correttivo in funzione della magnitudo = 0,1\*(M-1)

**N1** = (1,7/(sigma'v+0,7))\* Nspt

**DNf** = "2" per le sabbie poco limose a spigoli arrotondati

Prova **CPTÉ** **1** Prof.falda idrica ml. **3.00**

Profondità strato (ml)	Sigma v daN/cm <sup>2</sup>	Sigma' v daN/cm <sup>2</sup>	Rp kg/cm <sup>2</sup>	N1	rd	rn	DNf	Possibilità liquefazione	FL liq
<b>8</b>	1.120	0.920	<b>32</b>	11	0.88	0.51	<b>2</b>	POSSIBILE	<b>0.83</b>
<b>11.2</b>	1.568	1.240	<b>16</b>	5	0.83	0.51	2	POSSIBILE	<b>0.57</b>
<b>12.8</b>	1.792	1.400	<b>38</b>	10	0.81	0.51	2	POSSIBILE	<b>0.82</b>
<b>13.6</b>	1.904	1.480	<b>40</b>	10	0.80	0.51	2	POSSIBILE	<b>0.83</b>
<b>14.8</b>	2.072	1.600	<b>48</b>	12	0.78	0.51	2	POSSIBILE	<b>0.92</b>

Per tener conto della **frazione argillosa** Ishihara (1985), elaborando i risultati di prove triassiali cicliche, ha fornito la seguente correlazione (per C>10%) :

**Rp2 = Rp1 +26 Log FC \***

Dove : **FC** = peso della frazione argillosa (passante #200) = **10** %  
**Rp1** = (Nspt\*Alfa); dove Alfa è il coeff. usato per la correlazione con Rp pari a 3-4= **4**

L'indice del potenziale di liquefazione viene valutato con la relazione: IL = da 0 a 20 - F(z) \* w(z) \* dz:  
 con: w(z)=200/Zcrit x (1-Z/Zcrit) con Z=profondità strato e Zcrit=20 metri. La variabile F(z) vale (Sonmez, 2003):  
 F(z)=0 per FL>=1.2 - F(z)=2 x 10<sup>6</sup> x exp(-18.427xFL) per 1.2>FL>=0.95 - con FL<0.95: F(z)= 1-FL

Prof. z (ml.)	FL	F(z)	w(z)	IL	da cui deriva il rischio di liquefazione
8.00	0.83	0.368	6.00	<b>2.2</b>	<b>MODERATO</b>
11.20	0.57	0.625	4.40	<b>2.8</b>	<b>MODERATO</b>
12.80	0.82	0.384	3.60	<b>1.4</b>	<b>BASSO</b>
13.60	0.83	0.369	3.20	<b>1.2</b>	<b>BASSO</b>
14.80	0.92	0.280	2.60	<b>0.7</b>	<b>BASSO</b>

(Microzonazione Sismica Regione Emilia-Romagna DGR 630/2019)

\* FC è il contenuto di fine espresso in %. In assenza di dati specifici per il sito, FC può essere stimato con l'espressione empirica:  $FC = 80 \cdot I_c - 137$  in cui  $I_c$  è l'indice di classificazione del terreno da prova CPT proposto da Robertson (1990):

$$I_c = \sqrt{(\log F + 1.22)^2 + (\log Q_n - 3.47)^2}$$

con

$$F = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}} \cdot 100 \quad Q_n = \left( \frac{q_c - \sigma_{v0}}{P_a} \right) \cdot \left( \frac{P_a}{\sigma'_{v0}} \right)^m$$

In base al valore stimato dell'indice del potenziale di liquefazione  $I_L$  si definiscono le seguenti classi di pericolosità (Sonmez, 2003):

$I_L = 0$	Non liquefacibile ( $F_L \geq 1.2$ )	
$0 < I_L \leq 2$	Potenziale basso	
$2 < I_L \leq 5$	Potenziale moderato	
$5 < I_L \leq 15$	Potenziale alto	
$15 < I_L$	Potenziale molto alto	

## MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI - DECRETO 17 gennaio 2018.

### Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».

#### 7.11.3.4 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

##### 7.11.3.4.1 Generalità

Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.

##### 7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione

La verifica a liquefazione **può essere omessa** quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)60 > 30$  oppure  $qc1N > 180$  dove  $(N1)60$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc1N$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

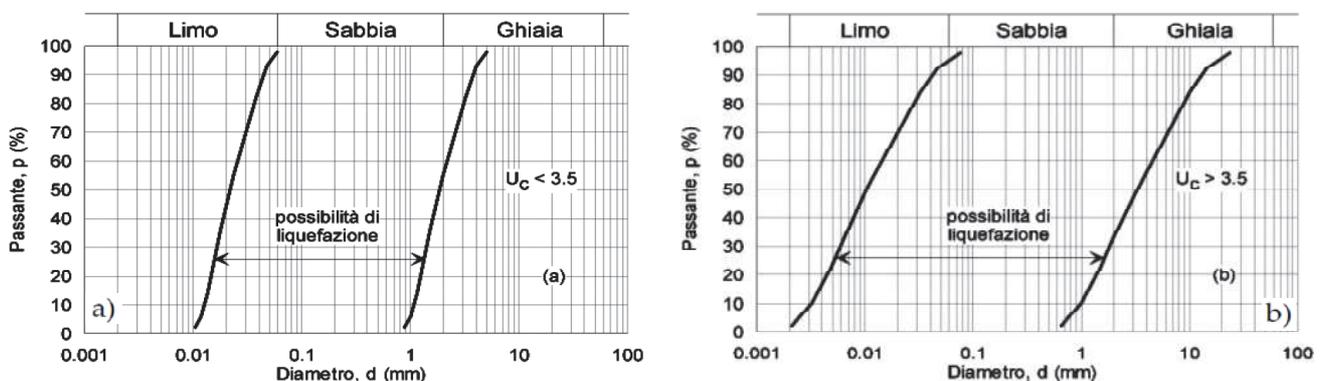


Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Quando la condizione 1 non risulti soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4.

#### **7.11.3.4.3 Metodi di analisi**

Quando nessuna delle condizioni del § 7.11.3.4.2 risulti soddisfatta e il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

Salvo utilizzare procedure di analisi avanzate, la verifica può essere effettuata con metodologie di tipo storico-empirico in cui il **coefficiente di sicurezza** viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto. La resistenza alla liquefazione può essere valutata sulla base dei risultati di prove in sito o di prove cicliche di laboratorio. La sollecitazione indotta dall'azione sismica è stimata attraverso la conoscenza dell'accelerazione massima attesa alla profondità di interesse.

L'adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della liquefazione deve essere valutata e motivata dal progettista.

**CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI (Normative di riferimento: D.M. 14/09/05**

**- Circolare n°617/2009 -Circ.LL.PP.) - D.M.17/01/18. Committente: IPA**

**CONDIZIONE STRATIGRAFICA.**

Il Decreto Ministeriale 14.09.2005 ed il successivo D.M. 17.01.2018 contengono nuove disposizioni in materia di classificazione sismica e di normativa tecnica.

Il numero delle zone sismiche viene riportato qui di seguito unitamente ai valori di accelerazione orizzontale (ag/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico:

Zona 2003	Valore di ag	Comune: <b>FAENZA</b>
1	0.35	1. Accel.max orizz.RER: 0.209 (Rischio Sismico E/R - 2015)
2	0.25	Zona sismica 2005: 2
3	0.15	2. Accelerazione orizz.: 0.25
4	0.05	

Ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto, vengono definite 5 categorie di profili stratigrafici del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano posa delle fondazioni):

Tab. 3.2.II - Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato:

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

La classificazione del sito si ottiene sulla base dei valori di Vs,eq (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio (in m/s) definita dalla seguente espressione:

$$V_{s,eq} = H / \text{Somma } N-i=1 \text{ } h_i/V_{s,i}$$

dove:

hi = spessore dello strato i-esimostrati (m.)

Vs,i = velocità delle onde di taglio nello i-esimo strato (m/sec)

N = numero di strati

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

N.B. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m. la velocità equivalente delle onde di taglio Vs,eq è definita dal parametro VS30 ottenuto ponendo H = 30 m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a 30 metri di profondità.

**Metodo di calcolo delle Vs,eq: STAZIONE SISMICA SINGOLA (tromografo)**

Si ottiene la misura diretta delle Vs mediante stazione sismica singola (tromografo), previa acquisizione con apparecchiatura "HVSr - TROMINO" per gli strati investigati:

LITOTIPO	Spessore strati "hi" (ml.)	Vs' in sito (m/s)	hi/Vs' (Vs mis.) (sec)
<i>h1. Limi e sabbie</i>	3	210	0.014
<i>h2. Sabbie</i>	2	330	0.006
<i>h3. Argille limose</i>	21	280	0.075
<i>h4. Argille e sabbie</i>	200	290	0.690
<i>h5. Argille grigie</i>	226 ml Profondità substrato sismico	650	
			Somma hi/Vs,i 0.785

$$Vs,eq = 30 / \text{Somma } N-i=1 \text{ hi/Vs,i} = 274.88 \text{ m/sec}$$

dove:

hi = spessore dello strato i-esimo strati (m.)  
 Vs,i = velocità delle onde di taglio nello i-esimo strato (m/sec)  
 N = numero di strati  
 H = 30 m

**Occorre immettere delle informazioni a carattere geologico-stratigrafico:**

LITOTIPO	Spessore strati "hi" (ml.)	Fattore geologico	Periodo Olocene - Pleistocene
h1. Limi e sabbie	3		O
h2. Sabbie	2	Dove:	O
h3. Argille limose	21	- Depositi recenti e terreni Olocene-Pleist. = O	O
h4. Argille e sabbie	200	- Terreni del Terziario (substrato) = P	O
h5. Argille grigie	substrato		P

Metodi di calcolo delle Vs,eq	Vs,eq (m/sec)	Terreno liquefacibile	CATEGORIA SUOLO
Misure in sito con indagini Dirette con tromografo	274.88	Inserire SI o NO <b>NO</b>	C

che viene così definita dal D.M. 17.01.18:

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

**VALUTAZIONE DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA PER LE ANALISI DI SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO E PER LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI TOPOGRAFICI (Atto di indirizzo e coordinamento tecnico L.R.20/2000 - Aggiornamento DGR2193/2015 - DGR630/2019)**

Per calcolare i Fattori di Amplificazione (F.A.) richiesti nell'analisi di secondo livello di approfondimento sono state realizzate indagini geotecniche e geofisiche che hanno permesso di definire lo spessore H del deposito di copertura e la velocità equivalente delle onde di taglio.

Per copertura si intende una coltre detritica di origine continentale (alluvionale, eluvio-colluviale, gravitativa, ecc.) o di alterazione presente sulla superficie al tetto del substrato geologico per un intervallo H > 3 metri. Quindi H è lo spessore della copertura o profondità del substrato rigido, ovvero del bedrock sismico.

- Spessore del deposito di copertura e profondità del substrato rigido (H)
- Velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato ( $V_{sH}$  e  $V_{s30}$ ) del deposito di copertura secondo le formule:

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N h_i / V_{s_i}}$$

dove:

- N = Numero di strati del profilo sismico corrispondenti alla copertura
- H = spessore totale dei terreni di copertura o profondità del tetto substrato rigido
- $h_i$  = spessore strati (m.) fino al substrato rigido
- $V_{s_i}$  = velocità delle onde di taglio dello strato (m/sec) fino al substrato rigido

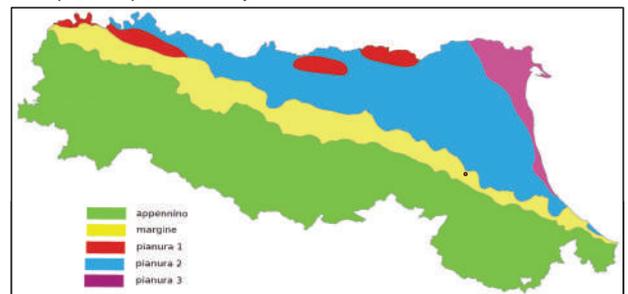
$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^M h_i / V_{s_i}}$$

dove:

- M = Numero di strati del profilo sismico fino alla profondità di m. 30
- $h_i$  = spessore strati (m.) fino alla profondità di m. 30
- $V_{s_i}$  = velocità delle onde di taglio dello strato (m/sec) fino alla profondità di m. 30

Nel nostro caso si ha:

Terreni di copertura H =	ml.	226.00
Substrato marino $V_s$ =	m/sec	650.00
$V_{s30}$ =	m/sec	274.88
$V_{sH}$ =	m/sec	287.90
CATEGORIA di SUOLO		<b>C</b>



Le tabelle per il calcolo dei coefficienti di amplificazione sismica (II° livello di approfondimento) vengono divise a secondo della zona geologica e successione stratigrafica.

Poiché siamo in presenza di sedimenti fini limoso-argilloso-sabbiosi fino alla profondità di m. 34-35 cui seguono sedimenti argilloso e sabbiosi presenti con intercalazioni più fini fino a circa m. 220-230 di profondità dove si riscontra il substrato marino delle Argille grigie Pliocene(vedi sezione MZS-PSC) l'area in esame viene localizzata nell'ambito:

**MARGINE:** settore di transizione tra la zona collinare (Appennino) e la pianura, o la costa, caratterizzato da terreni alluvionali prevalentemente fini (argille, limi, sabbie) sovrastanti orizzonti grossolani (ghiaie, ghiaie sabbiose, sabbie ghiaiose); il substrato geologico è generalmente costituito da sabbie marine o transizionali pleistoceniche (Sabbie Gialle) o dalla successione pelitica plio-pleistocenica (Argille Azzurre); il tetto del substrato geologico è a profondità indicativamente comprese tra 50 e 100 m; questo settore è suddiviso in:

**MARGINE di tipo B:** caratterizzato da spessore dei terreni superficiali fini o grossolani poco consolidati superiore a 30 m; la successione sottostante è costituita da alternanze di orizzonti grossolani e orizzonti fini;

$V_{s30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

$V_{s30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,5
SA2	2,6	2,6	2,3	2,1	1,9	1,7
SA3	3,1	2,9	2,7	2,4	2,3	2,1
SA4	3,0	2,9	2,6	2,3	2,1	1,9

Fattori di Amplificazione **SA1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ), **SA2** ( $0,4s \leq T \leq 0,8s$ ), **SA3** ( $0,7s \leq T \leq 1,1s$ ) e **SA4** ( $0,5s \leq T \leq 1,5s$ )

V <sub>S30</sub> (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	2,9	2,8	2,5	2,3	2,1	2,0
SI3	3,3	3,1	2,7	2,4	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** (0,1s<T<0,5s), **SI2** (0,5s<T<1,0s), **SI3** (0,5s<T<1,5s)

Considerando una Vs30 pari a: 274.88 e uno spessore H = ml. 226.00 si ottengono seguenti F.A.:

- accelerazione di picco orizzontale (PGA)<sup>1</sup>:

$$- \text{intensità spettrale } SA = \int_{T_1}^{T_2} A(T, \zeta) dT$$

dove A è lo spettro di risposta in accelerazione, T è il periodo proprio e ζ è lo smorzamento<sup>2</sup>; sono stati considerati quattro intervalli di periodo proprio T ottenendo quattro valori di intensità spettrale:

F.A. P.G.A.	<b>1.6</b>
F.A. SA1 0,1s<T<0,5s	<b>1.8</b>
F.A. SA2 0,4s<T<0,8s	<b>2.3</b>
F.A. SA3 0,7s<T<1,1s	<b>2.7</b>
F.A. SA4* 0,5s<T<1,5s	<b>2.6</b>
F.A. SI1 0,1s<T<0,5s	<b>1.9</b>
F.A. SI2 0,5s<T<1,0s	<b>2.5</b>
F.A. SI3* 0,5s<T<1,5s	<b>2.7</b>

$$- \text{intensità spettrale } SI = \int_{T_1}^{T_2} V(T, \zeta) dT$$

dove V è lo spettro di risposta in velocità, T è il periodo proprio e ζ è lo smorzamento<sup>3</sup>; sono stati considerati tre intervalli di periodo proprio T ottenendo tre valori di intensità spettrale:

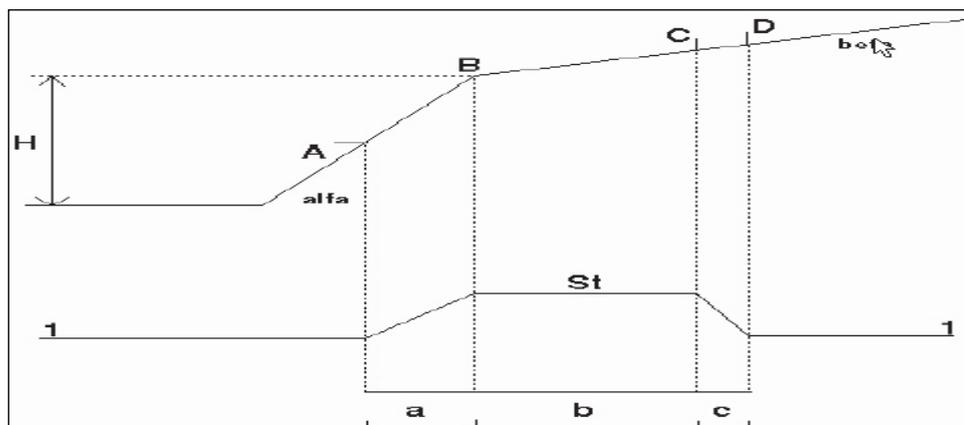
\*I fattori di amplificazione SA4 e SI3 sono richiesti per studi in aree di pianura e di costa.

## EFFETTI DELLA TOPOGRAFIA

Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15°.

Devono essere calcolati in caso di configurazioni geometriche bidimensionali e tridimensionali (cocuzzolo, cresta, dorsale allungata) di altezza H > 30 metri.

Per pendii con inclinazione maggiore di 15° la risposta sismica locale deve essere moltiplicata per un fattore St (coefficiente di amplificazione topografica) calcolato nel seguente modo:



Angolo alfa = gradi°      **0.5**      gradiente maggiore  
 Angolo beta = gradi°      **0.6**      gradiente minore  
 Altezza H = ml.      **1.00**

Per St si impone comunque un valore compreso tra 1,0 e 1,4:

$$St = 1 + 0,8 \times (\text{alfa} + \text{beta} - 0,40) \text{ sul segmento BC} = 1.0$$

dove:

b = valore minimo tra 20alfa e (H+10)/4 = ml. 0.17  
 alfa = gradiente della parte più ripida  
 beta = gradiente della parte meno ripida  
 St = 1,0 in A (a = H/3 = 0.33 ml.)  
 St = 1,0 in D (c = H/4 = 0.25 ml.)

La DGR 630/2019 richiede inoltre il calcolo del parametro H<sub>SM</sub> che esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in cm/sec<sup>2</sup>) ed è dato dal prodotto del parametro Acceleration Spectrum Intensity (ASIUHS), valore integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi 0,1s≤T≤0,5s, diviso per ΔT (in questo caso pari a 0,4s) e moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodo:

$$H_{SM} = \frac{ASI_{UHS}}{\Delta T} \times FA$$

I valori di ASI<sub>UHS</sub>/T, calcolati per ogni punto della griglia INGV, sono riportati in un file all\_4\_coord.kmz (cartella Allegato\_4.zip) disponibile nella pagina web dedicata agli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica a cura del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli dell'Emilia Romagna. Per il sito in esame si ottiene, attraverso un'interpolazione lineare dei dati, un valore di: ASI<sub>UHS</sub>/DT = **436.00** cm/sec<sup>2</sup>  
 per cui essendo: F.A. SA1 (0,1-0,5) = 1.80 si ottiene: **HSM (0.1-0.5) = cm/sec<sup>2</sup> 784.80**

Riassumendo per il territorio preso in esame si ha:

<b>Comune:</b>			<b>FAENZA</b>	
<b>Zona sismica 2003:</b>			<b>2</b>	
<b>Accelerazione max orizz.: Arefg</b>			<b>0.209</b>	(Indirizzi microzonazione E-R; L.R.2015)
<b>Vs30 (m/sec)</b>			<b>274.88</b>	
<b>Categoria di Suolo</b>			<b>C</b>	(D.M. 17.01.2018)
(PGA/PGAo) <b>F.A. P.G.A.</b>			<b>1.6</b>	(da tab. D.GR. Em.Romagna n° 630/2019)
(SA/SAo) <b>F.A. SA1</b>	0,1s<T<0,5s		<b>1.8</b>	
(SA/SAo) <b>F.A. SA2</b>	0,4s<T<0,8s		<b>2.3</b>	
(SA/SAo) <b>F.A. SA3</b>	0,7s<T<1,1s		<b>2.7</b>	
(SA/SAo) <b>F.A. SA4*</b>	0,5s<T<1,5s		<b>2.6</b>	
(SI/SIo) <b>F.A. SI1</b>	0,1s<T<0,5s		<b>1.9</b>	(intervalli di periodo per l'intensità di Housner per strutture basse max. 4-5 piani, regolari e rigide)
(SI/SIo) <b>F.A. SI2</b>	0,5s<To<1,0s		<b>2.5</b>	(intervalli di periodo per l'intensità di Housner per strutture più alte e flessibili)
(SI/SIo) <b>F.A. SI3*</b>	0,5s<To<1,5s		<b>2.7</b>	
<b>HSM (0.1-0.5) = cm/sec<sup>2</sup></b>			<b>784.80</b>	(da D.GR. Em.Romagna n° 630/2019)
<b>FATTORE St</b>			<b>1</b>	(coefficiente amplificazione topografica)

Per la definizione del moto di riferimento (All. 4) viene riportata la forma dello spettro di risposta normalizzato rappresentativo del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni (con smorzamento pari al 5%) in Emilia-Romagna.

Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per **FAENZA** e per il sito in esame stimeremo lo spettro di risposta moltiplicando i valori spettro del comune per F.A. stimati in precedenza ottenendo una accelerazione max attesa al suolo di: **A max= g 0.3344**

## - CAPACITA' PORTANTE PER FONDAZIONI SUPERFICIALI PLINTO/PLATEA

Dati di progetto :	terreno considerato	prevalentemente	coerente
1) Profondità piano di posa	$D_f = \text{cm.}$	120	
2) Larghezza fondazione	$B = \text{cm.}$	200	
3) Lunghezza fondazione	$L = \text{cm.}$	200	
4) Coesione efficace	$c = \text{daN/cm}^2$	0,5	
5) Angolo attrito efficace	$P^\circ = \text{gradi}$	0	
6) Peso di volume terreno sopra falda	$Y = \text{daN/cm}^3$	0,00178	
7) Peso di volume terreno immerso	$Y' = \text{daN/cm}^3$	0,00078	
8) Profondità falda idrica dal p.c.	$D_w = \text{cm.}$	300	

### A) Calcolo della pressione di rottura (TERZAGHI-MAJERHOF): terreni densi o compatti

$$q_r = (1 + 0,2 \cdot B/L) \cdot c \cdot N_c + Y \cdot D_f \cdot N_q + (1 - 0,2 \cdot B/L) \cdot Y \cdot B/2 \cdot N_y = 3,30 \text{ daN/cm}^2$$

dove :  $N_c, N_q$  e  $N_y$  = fattori di capacità portante funzioni dell'angolo di attrito.

Adottando un coeff. di sicurezza pari a  $F_s = 3,0$  si ha il carico ammissibile :

$$q_a = q_r / F_s = 1,0992 \text{ daN/cm}^2$$

La profondità della zona di taglio al disotto della fondazione nella quale si risente l'eventuale presenza della falda idrica è data da :

$$H_w = 0,5 \cdot B \cdot \tan(45 + P^\circ/2) = 100,00 \text{ cm.} \quad D_f + H_w = 220,00 \text{ cm.}$$

Quindi si ha :  $D_f + H_w < D_w$  si può ignorare l'effetto della falda.

### B) Verifica alle prime plasticizzazioni del terreno (carico critico) :

I primi fenomeni di plasticizzazione si manifestano in prossimità dei bordi della fondazione con rigonfiamento e rifluimento laterale del terreno.

Il carico critico  $P_{oc}$  rappresenta il carico massimo sopportabile oltre cui si producono deformazioni plastiche del suolo sotto il piano di fondazione ed è dato dalla formula di Frölich :

$$P_{oc} = N_{qcrit} \cdot (Y_e \cdot D_f + c \cdot \cotg P^\circ) = 2,704 \text{ daN/cm}^2$$

Il coefficiente  $N_{qcrit}$  dipende dall'angolo di attrito interno  $P^\circ = 15$

In questo caso il valore di  $P^\circ$  si deduce, seppur in modo approssimato, dalla natura del materiale argilloso assumendo  $P^\circ = 8^\circ - 10^\circ$  per argille grasse,  $P^\circ = 11^\circ - 15^\circ$  per argille normali e  $P^\circ = 16^\circ - 20^\circ$  per argille limose e/o sabbiose.

Il grado di sicurezza in condizioni di esercizio è definito dal rapporto tra il carico critico  $P_{oc}$  ed il carico ammissibile e deve essere maggiore di 1 (come da normativa vigente). Quindi risulta che :

$$F_s = P_{oc} / q_a = 2,46 \quad q_{amm} = 1,10 \text{ daN/cm}^2$$

### C) Calcolo dei cedimenti.

Per una valutazione orientativa dei cedimenti, si è impostato il calcolo considerando la teoria del Boussinesq in relazione ad una fondazione quadrata che sovraccarica il terreno al piano di appoggio :

$$K_t = q_{amm} \cdot (D_f \cdot Y_e) = 0,89 \text{ daN/cm}^2$$

Per il calcolo analitico dei cedimenti si è utilizzata la ben nota relazione :  $H' = D_H \cdot P' \cdot m_v$   
Dove :

- $H'$  = Cedimento dello strato
- $D_H$  = Spessore dello strato
- $P'$  = Incremento di carico in corrispondenza dello strato considerato
- $m_v$  = coefficiente di compressibilità volumetrica (ricavato dalle correlazioni con natura del terreno e resistenza alla punta del penetrometro)

Si è pertanto suddiviso il substrato in livelli omogenei dal punto di vista della resistenza meccanica, sulla base delle risultanze delle penetrometrie eseguite.

Il calcolo, a tutto vantaggio della sicurezza, è stato eseguito utilizzando i dati della prova n° 3 che ha evidenziato i più bassi valori di portanza, con inizio dei conteggi da : - m. 1,20 dalla quota della prova dal p. c.

<b>Prova n° 3</b>						
<b>Prof. dal p.c.</b> cm	<b>Spessore strato</b> cm	<b>Profondità Z mezz. strato</b> cm	<b>Rpm</b> daN/cm <sup>2</sup>	<b>mv</b>	<b>P'</b> daN/cm <sup>2</sup>	<b>H'</b> cm
250	130	65	19	0,0154	0,765	1,532
400	150	205	13	0,0166	0,293	0,730
550	150	355	28	0,0136	0,126	0,257
650	100	480	34	0,0124	0,075	0,093
800	150	605	48	0,0107	0,050	0,080
1000	200	780	50	0,0105	0,031	0,065
<b>Totale cedimenti calcolati</b>					<b>H' = cm.</b>	<b>2,757</b>

## - CAPACITA' PORTANTE PER FONDAZIONI SUPERFICIALI PLINTO/PLATEA

Dati di progetto :	terreno considerato	prevalentemente	coerente
1) Profondità piano di posa	$D_f = \text{cm.}$	120	
2) Larghezza fondazione	$B = \text{cm.}$	200	
3) Lunghezza fondazione	$L = \text{cm.}$	200	
4) Coesione efficace	$c = \text{daN/cmq}$	0,3	
5) Angolo attrito efficace	$P^\circ = \text{gradi}$	0	
6) Peso di volume terreno sopra falda	$Y = \text{daN/cm}$	0,00170	
7) Peso di volume terreno immerso	$Y' = \text{daN/cm}$	0,00070	
8) Profondità falda idrica dal p.c.	$D_w = \text{cm.}$	300	

### A) Calcolo della pressione di rottura (TERZAGHI-MAJERHOF) : terreni densi o compatti

$$q_r = (1 + 0,2 \cdot B/L) \cdot c \cdot N_c + Y \cdot D_f \cdot N_q + (1 - 0,2 \cdot B/L) \cdot Y \cdot B/2 \cdot N_y = 2,05 \text{ daN/cm}^2$$

dove :  $N_c, N_q$  e  $N_y$  = fattori di capacità portante funzioni dell'angolo di attrito.

Adottando un coeff. di sicurezza pari a  $F_s = 3,0$  si ha il carico ammissibile :

$$q_a = q_r / F_s = 0,6848 \text{ daN/cm}^2$$

La profondità della zona di taglio al disotto della fondazione nella quale si risente l'eventuale presenza della falda idrica è data da :

$$H_w = 0,5 \cdot B \cdot \tan(45 + P^\circ/2) = 100,00 \text{ cm.} \quad D_f + H_w = 220,00 \text{ cm.}$$

Quindi si ha :  $D_f + H_w < D_w$  si può ignorare l'effetto della falda.

### B) Verifica alle prime plasticizzazioni del terreno (carico critico) :

I primi fenomeni di plasticizzazione si manifestano in prossimità dei bordi della fondazione con rigonfiamento e rifluimento laterale del terreno.

Il carico critico  $P_{oc}$  rappresenta il carico massimo sopportabile oltre cui si producono deformazioni plastiche del suolo sotto il piano di fondazione ed è dato dalla formula di Frölich :

$$P_{oc} = N_{qcrit} \cdot (Y_e \cdot D_f + c \cdot \cotg P^\circ) = 2,142 \text{ daN/cm}^2$$

Il coefficiente  $N_{qcrit}$  dipende dall'angolo di attrito interno  $P^\circ = 18$

In questo caso il valore di  $P^\circ$  si deduce, seppur in modo approssimato, dalla natura del materiale argilloso assumendo  $P^\circ = 8^\circ - 10^\circ$  per argille grasse,  $P^\circ = 11^\circ - 15^\circ$  per argille normali e  $P^\circ = 16 - 20$  per argille limose e/o sabbiose.

Il grado di sicurezza in condizioni di esercizio è definito dal rapporto tra il carico critico  $P_{oc}$  ed il carico ammissibile e deve essere maggiore di 1 (come da normativa vigente). Quindi risulta che :

$$F_s = P_{oc} / q_a = 3,13 \quad q_{amm} = 0,68 \text{ daN/cm}^2$$

### C) Calcolo dei cedimenti.

Per una valutazione orientativa dei cedimenti, si è impostato il calcolo considerando la teoria del Boussinesq in relazione ad una fondazione quadrata che sovraccarica il terreno al piano di appoggio :

$$K_t = q_{amm} - (D_f \cdot Y_e) = 0,48 \text{ daN/cm}^2$$

Per il calcolo analitico dei cedimenti si è utilizzata la ben nota relazione :  $H' = D_H \cdot P' \cdot m_v$

Dove :

- $H'$  = Cedimento dello strato
- $D_H$  = Spessore dello strato
- $P'$  = Incremento di carico in corrispondenza dello strato considerato
- $m_v$  = coefficiente di compressibilità volumetrica (ricavato dalle correlazioni con natura del terreno e resistenza alla punta del penetrometro)

Si è pertanto suddiviso il substrato in livelli omogenei dal punto di vista della resistenza meccanica, sulla base delle risultanze delle penetrometrie eseguite.

Il calcolo, a tutto vantaggio della sicurezza, è stato eseguito utilizzando i dati della prova n° 1 che ha evidenziato i più bassi valori di portanza, con inizio dei conteggi da : - m. 1,20 dalla quota della prova dal p. c.

Prova n° 1						
Prof. dal p.c. cm	Spessore strato cm	Profondità Z mezz. strato cm	Rpm daN/cm <sup>2</sup>	mv	P' daN/cm <sup>2</sup>	H' cm
200	80	40	30	0,0132	0,460	0,486
350	150	155	7	0,0184	0,225	0,622
500	150	305	34	0,0124	0,088	0,163
600	100	430	26	0,0140	0,049	0,069
850	250	605	44	0,0111	0,027	0,075
1000	150	805	25	0,0142	0,016	0,034
<b>Totale cedimenti calcolati</b>					<b>H' = cm.</b>	<b>1,449</b>

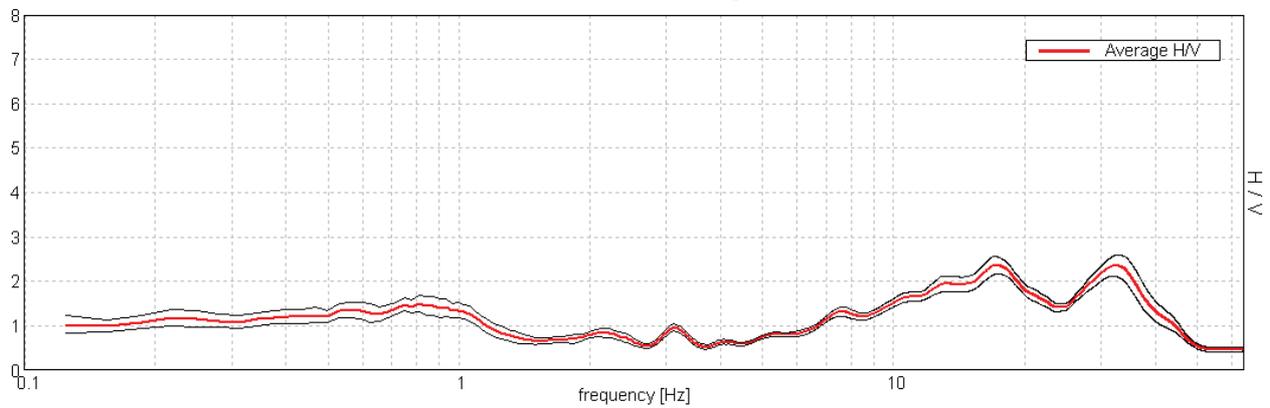
## FAENZA AGROEDIL, VIA PANA 2 LOTTIZZAZIONE

Start recording: 12/11/10 13:33:30      End recording: 12/11/10 13:53:31  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS data not available

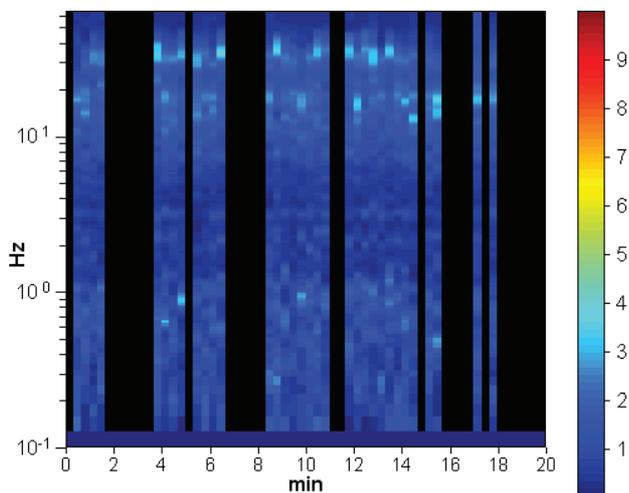
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 55% trace (manual window selection)  
Sampling frequency: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing window: Triangular window  
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

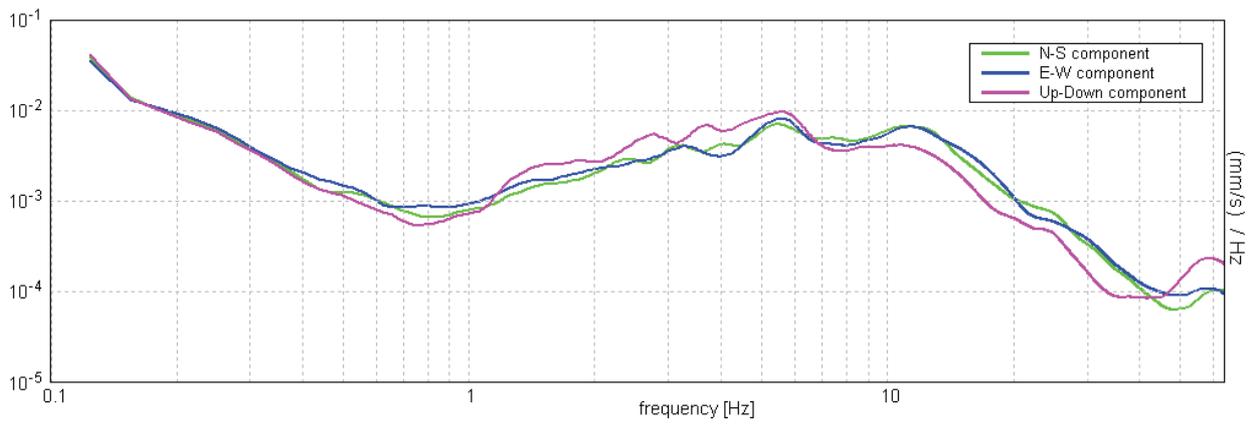
Max. H/V at  $17.16 \pm 4.95$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



### H/V TIME HISTORY

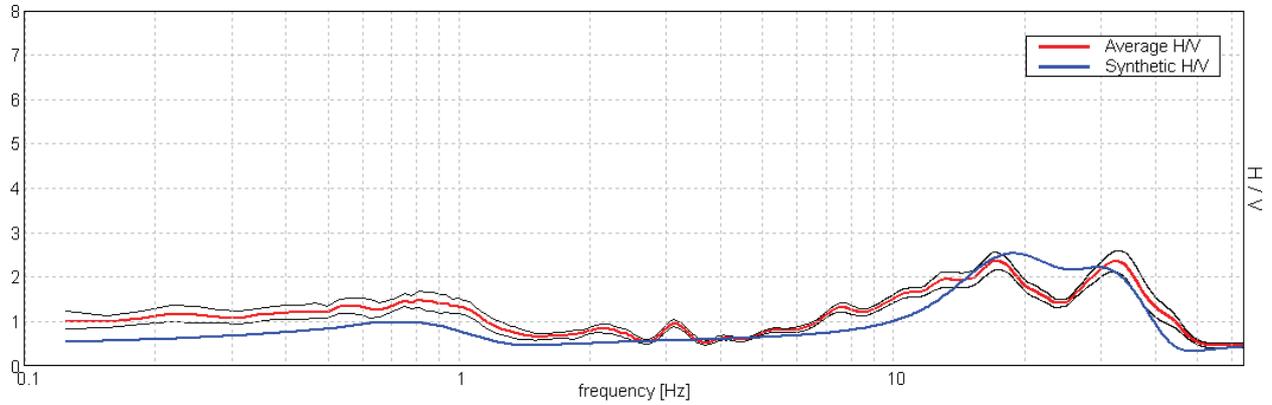


SINGLE COMPONENT SPECTRA



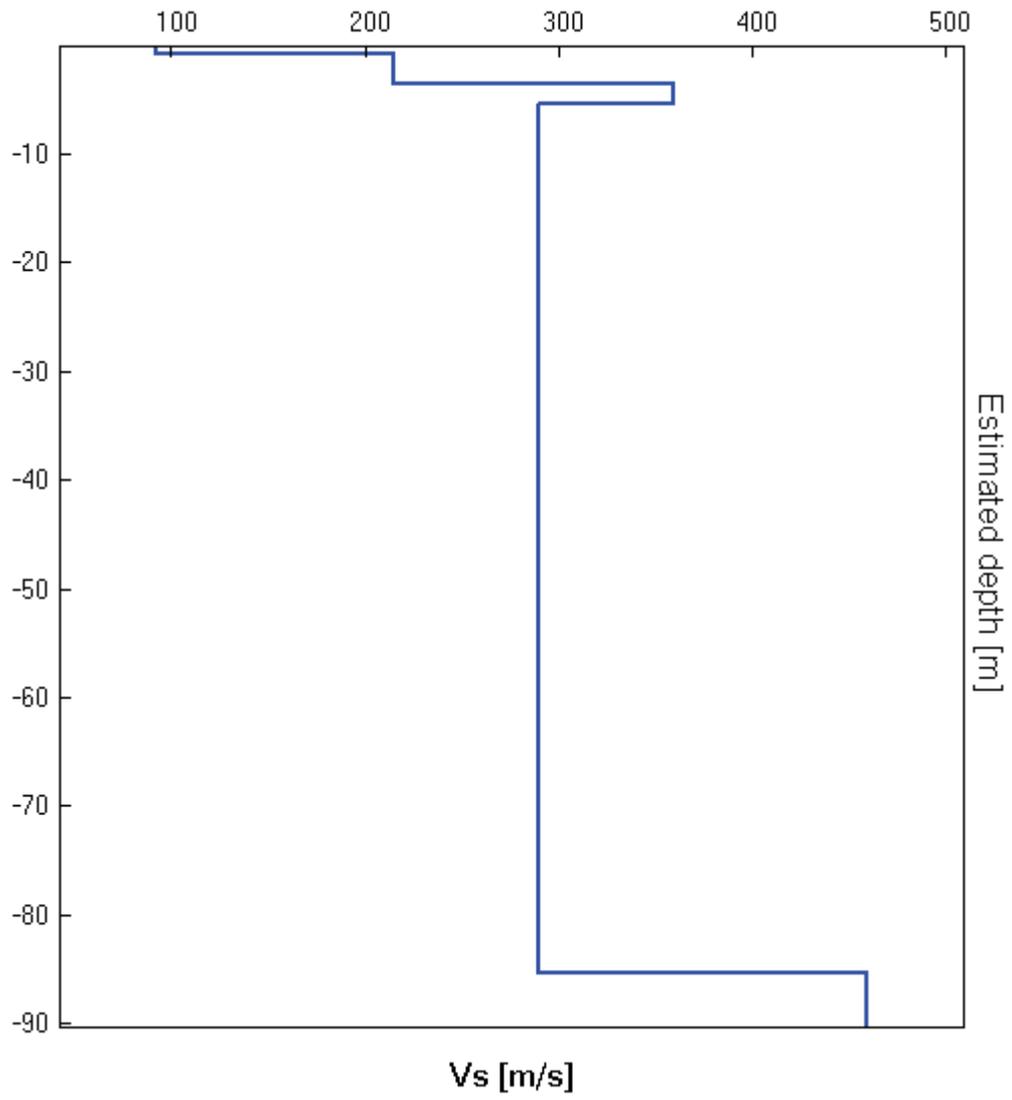
EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at  $17.16 \pm 4.95$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
0.80	0.80	92
3.60	2.80	215
5.40	1.80	360
85.40	80.00	290
inf.	inf.	460

$V_s(0.8-30.8)=284\text{m/s}$



[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 17.16 ± 4.95 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable HVSR curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	17.16 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	11323.1 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 824 times	OK	

**Criteria for a clear HVSR peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	7.063 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	41.938 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.36 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.13943  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.39204 < 0.85781		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.0973 < 1.58	OK	

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

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

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

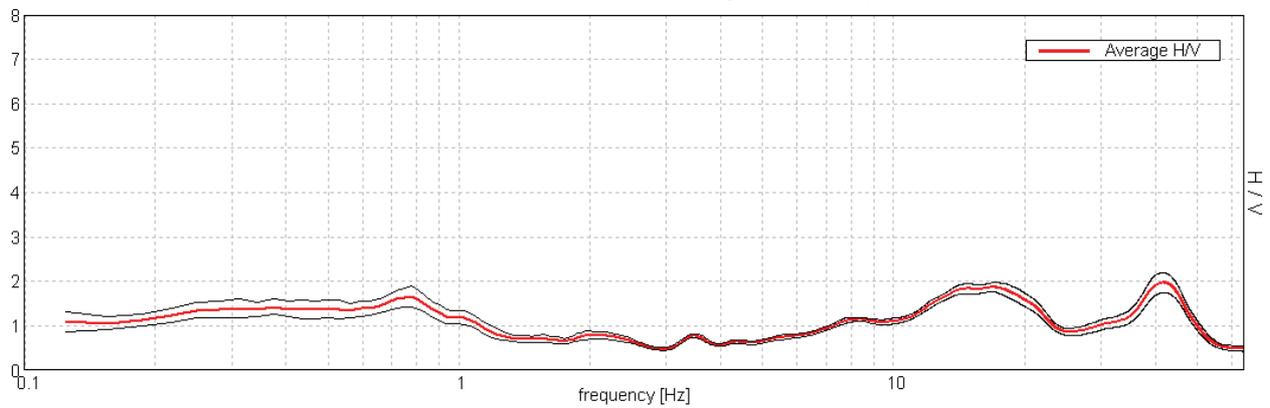
## FAENZA AGROEDIL, VIA PANA 1 LOTTIZZAZIONE

Start recording: 12/11/10 13:10:42      End recording: 12/11/10 13:30:43  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS data not available

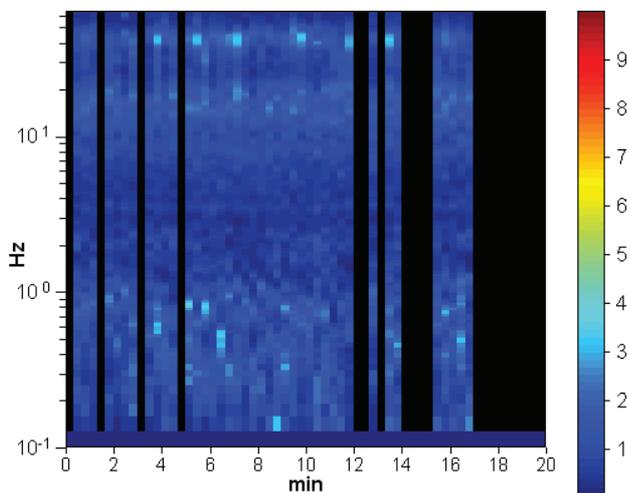
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 67% trace (manual window selection)  
Sampling frequency: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing window: Triangular window  
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

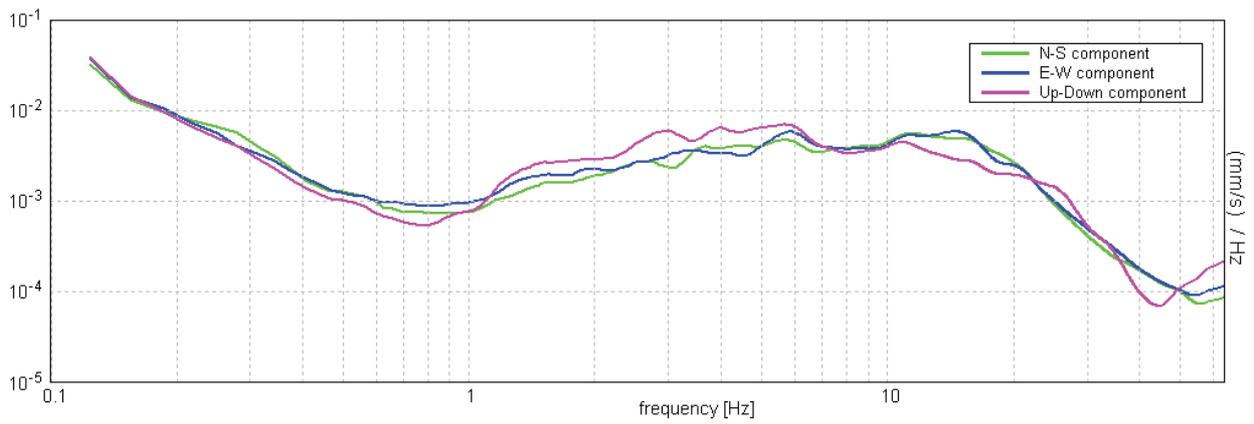
Max. H/V at  $41.75 \pm 4.8$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



### H/V TIME HISTORY

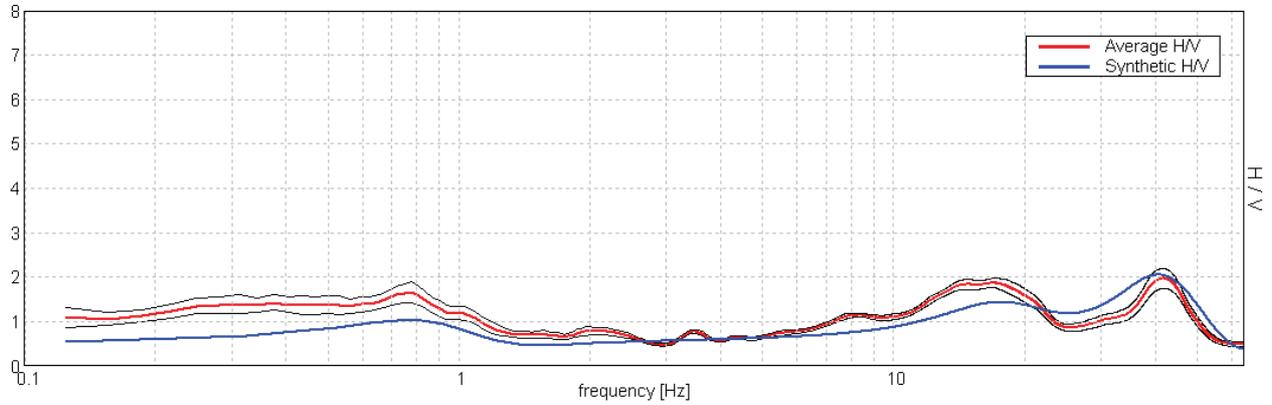


SINGLE COMPONENT SPECTRA



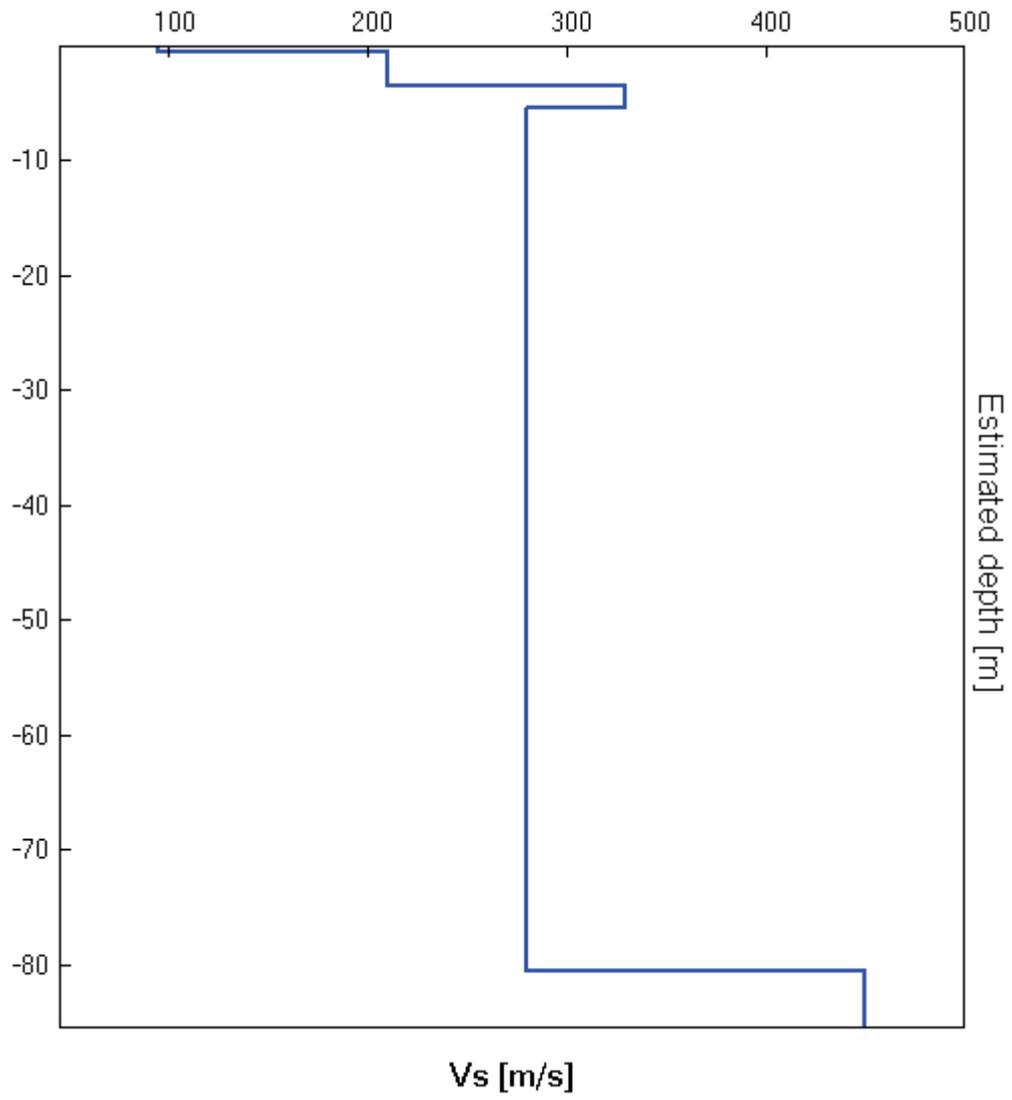
EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at  $41.75 \pm 4.8$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
0.60	0.60	95
3.50	2.90	210
5.50	2.00	330
80.50	75.00	280
inf.	inf.	450

Vs(0.6-30.6)=274m/s



[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 41.75 ± 4.8 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable HVSR curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	41.75 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	33400.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1381 times	OK	

**Criteria for a clear HVSR peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	29.25 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	50.125 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.97 > 2		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.05613  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.34332 < 2.0875		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.109 < 1.58	OK	

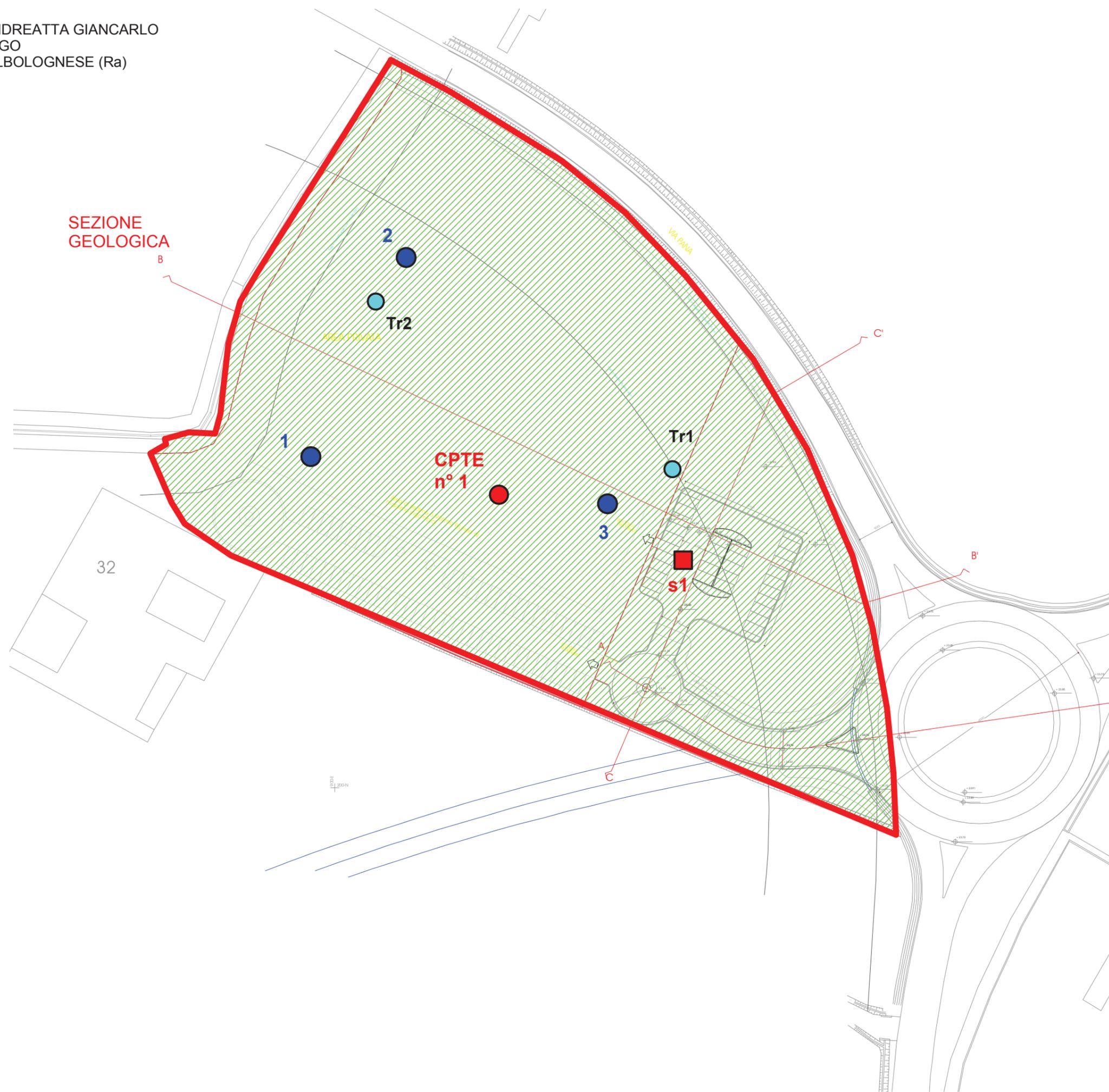
$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$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

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

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

CARTA DEGLI  
EFFETTI DI  
SITO ATTESI

scala 1:1.000



0LEGENDA:

 Perimetro area di nuovo inserimento in oggetto

Categorie suolo (OPCM 17.01.2018)

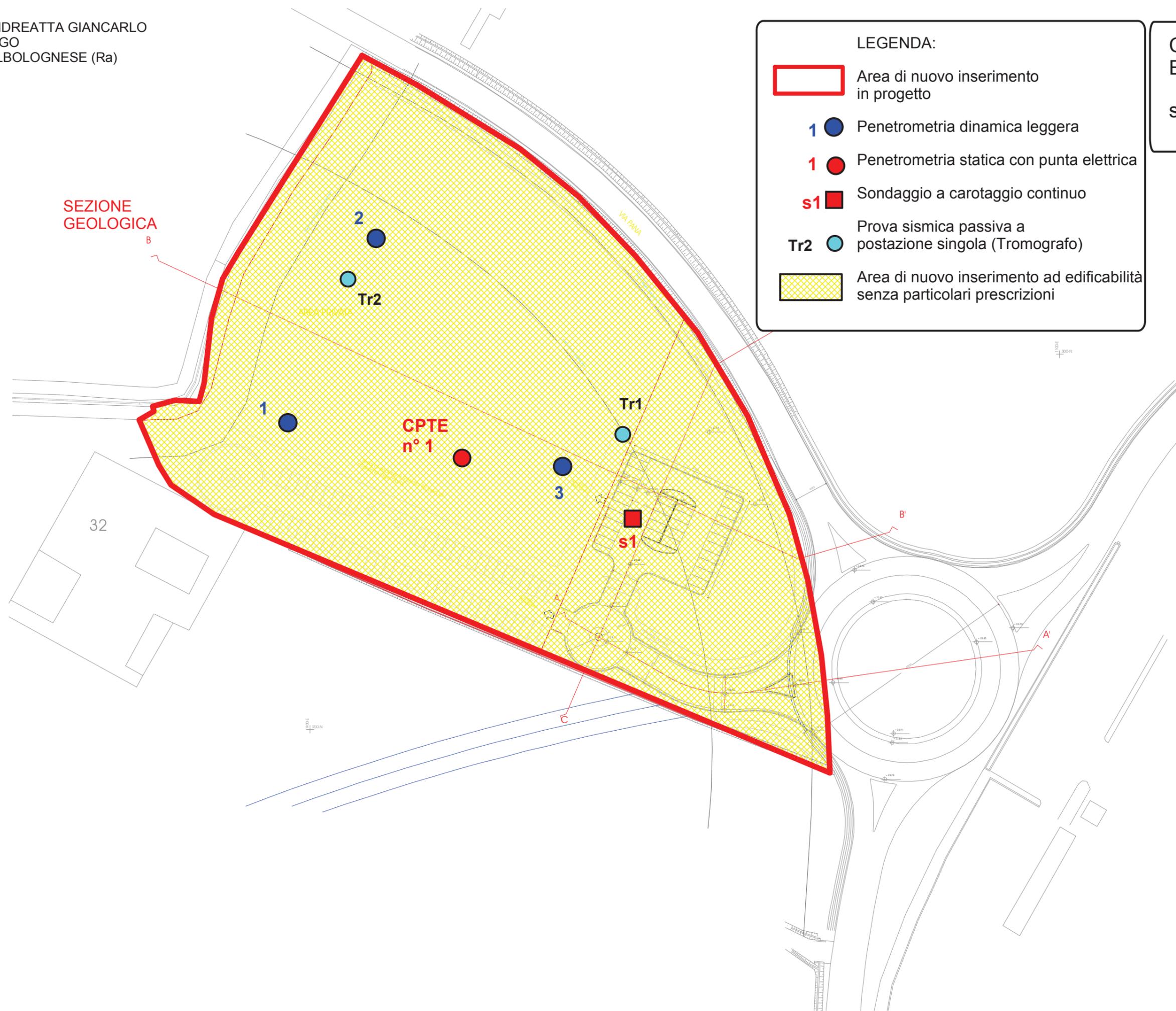
Categoria "C":  
Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a m. 30, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità Equivalente compresi tra 180 m/s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

VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DI SITO:

 Non vi sono caratteristiche geomorfologiche, litologiche, di addensamento, ecc. che possono determinare effetti di sito.

LEGENDA:

-  Area di nuovo inserimento in progetto
-  Penetrometria dinamica leggera
-  Penetrometria statica con punta elettrica
-  Sondaggio a carotaggio continuo
-  Prova sismica passiva a postazione singola (Tromografo)
-  Area di nuovo inserimento ad edificabilità senza particolari prescrizioni



SEZIONE  
GEOLOGICA

B

2

Tr2

1

CPTE  
n° 1

Tr1

3

s1

32

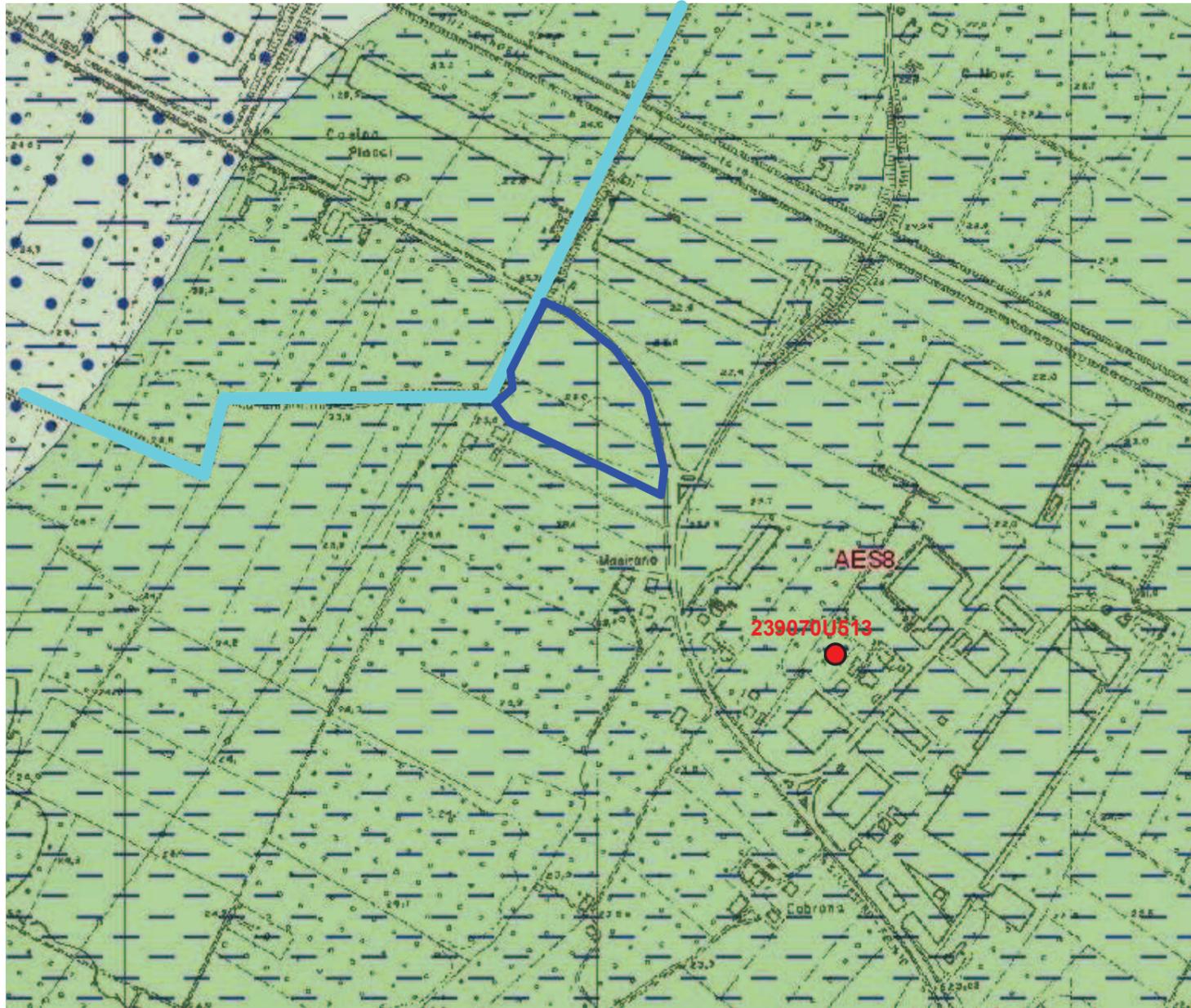
B'

A'

200N

C

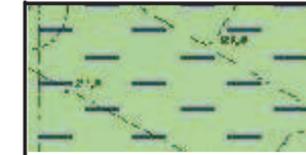
AREA LOTTIZZAZIONE  
VIA PANA



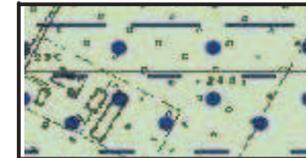
LEGENDA:



Area di proprietà IPA srl  
LOTTIZZAZIONE VIA Pana



Alluvioni di pianura oloceniche:  
Facies limoso-argillosa



Alluvioni di pianura oloceniche:  
facies limoso-sabbiosa



Alveo Canale  
Vecchio

239070U513



Prova penetrometrica  
progetto CARG

LEGENDA:

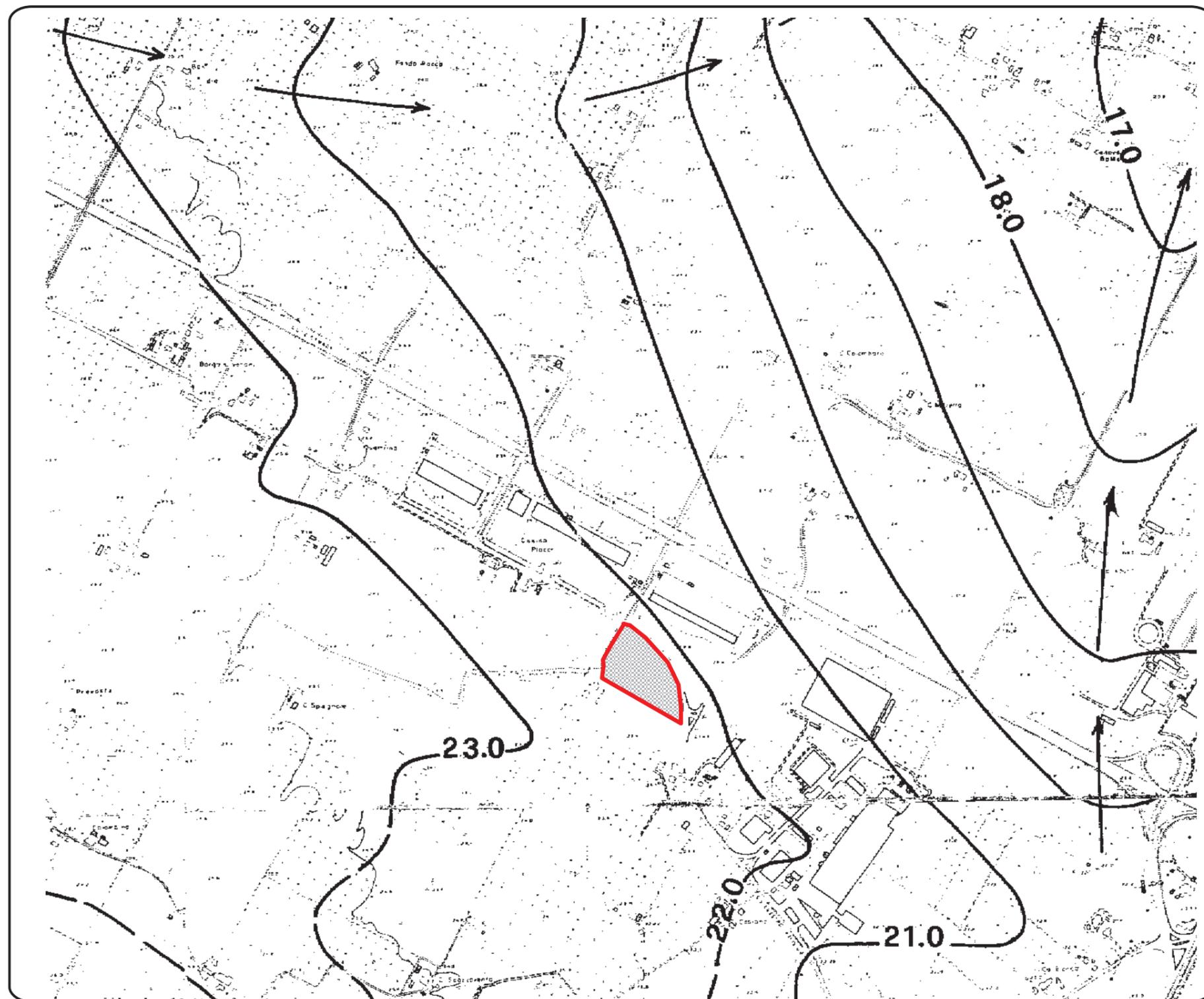


Area in esame



CARTA DELLE  
ISOPIEZE

scala 1:10.000



LEGENDA:



Area in esame



Isofreatiche e quota  
relativa



Direzione di  
flusso

Dott. ANDREATTA GIANCARLO  
GEOLOGO  
CASTELBOLOGNESE (Ra)

CARTA DELLE  
ISOBATE DELLA  
SUPERFICIE FREATICA  
DAL PIANO CAMPAGNA

scala 1:10.000

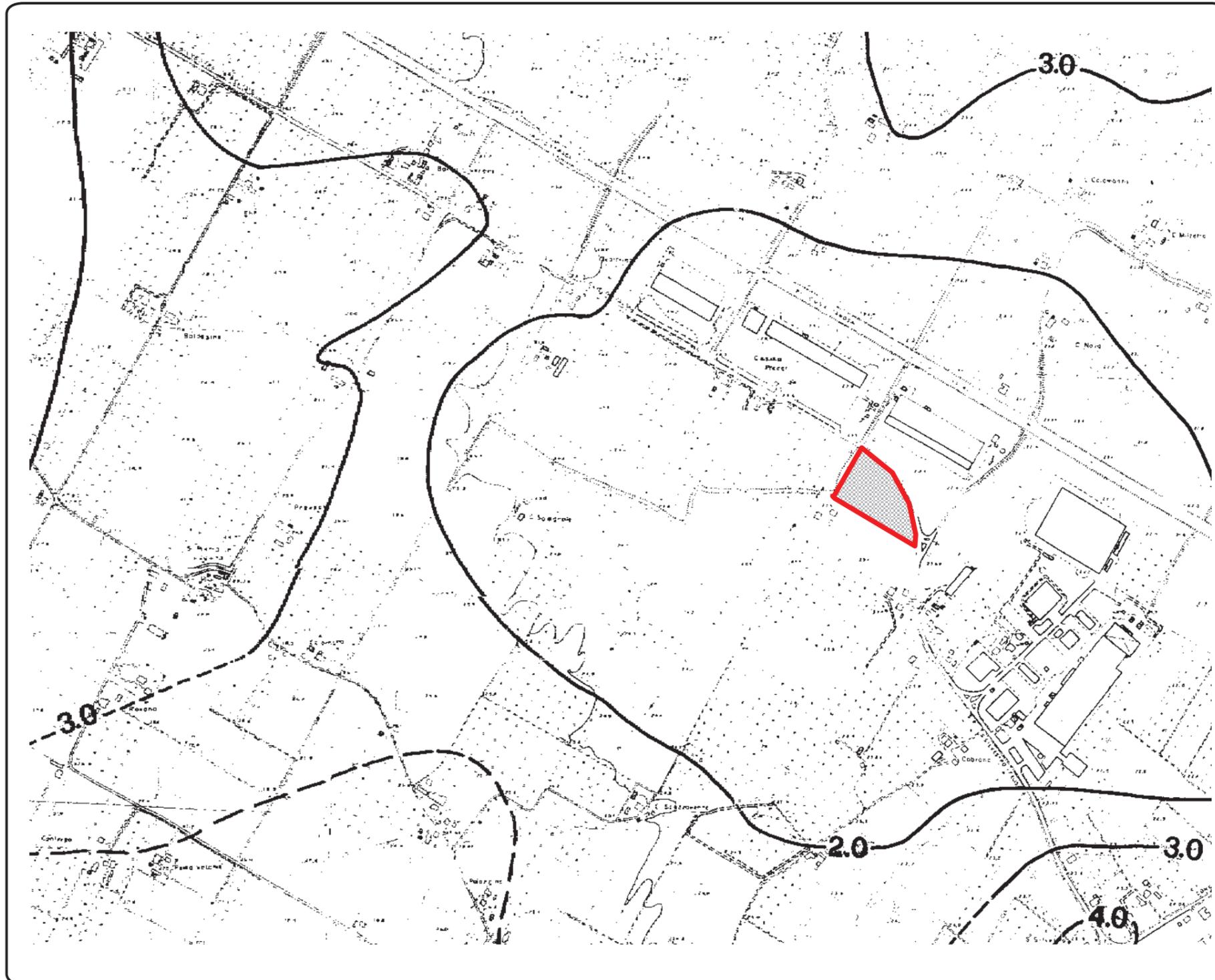
LEGENDA:

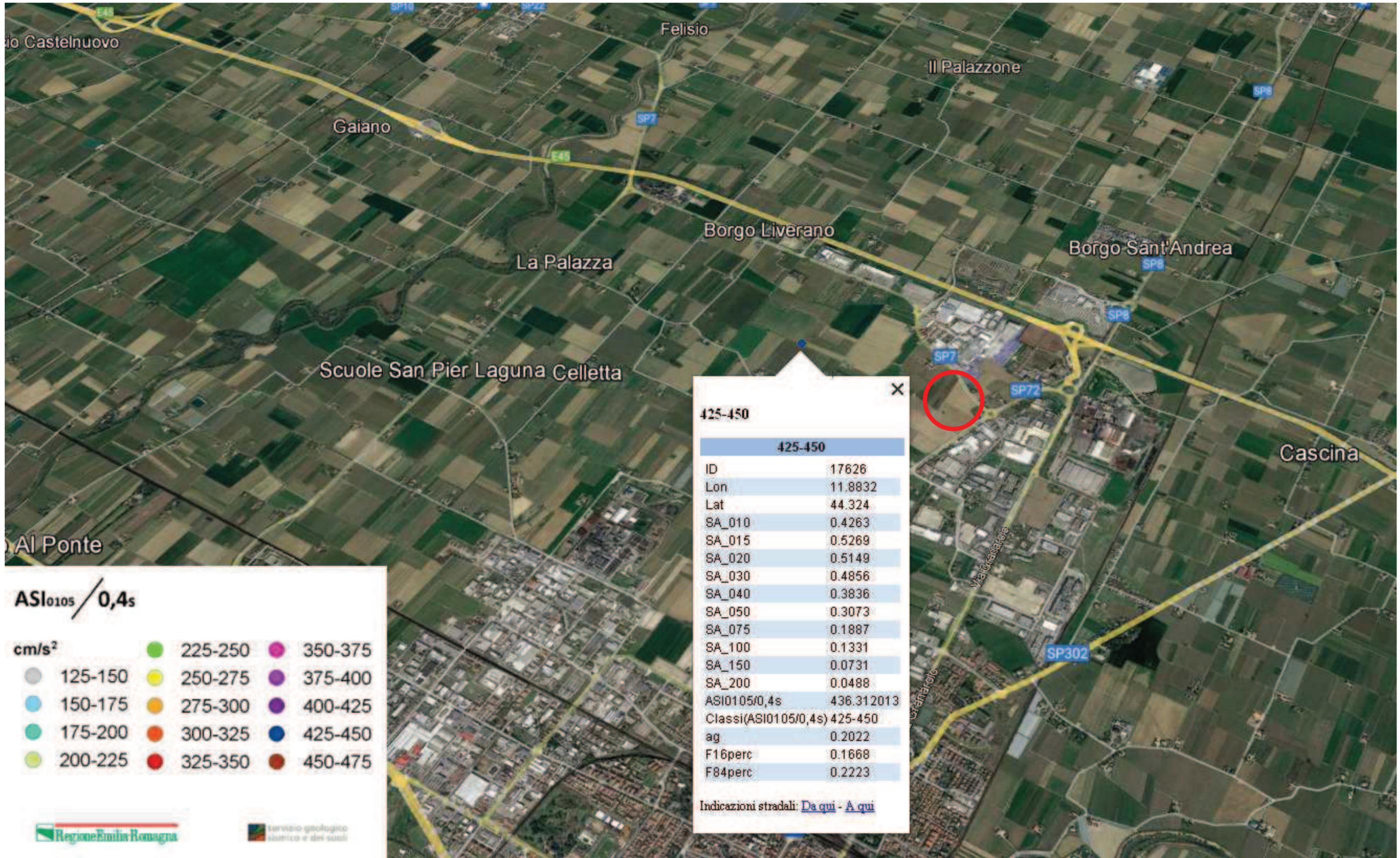


Area in esame



Isobate della superficie  
freatica dal p.c.





DOTT. ANDREATTA GIANCARLO  
GEOLOGO  
CASTELBOLOGNESE (Ra)

LEGENDA:



Terreno rimaneggiato



Sabbia limosa giallastra sciolta



Argilla limoso-sabbiosa consistente



Intercalazioni limoso-argille e sabbiose, consistenti

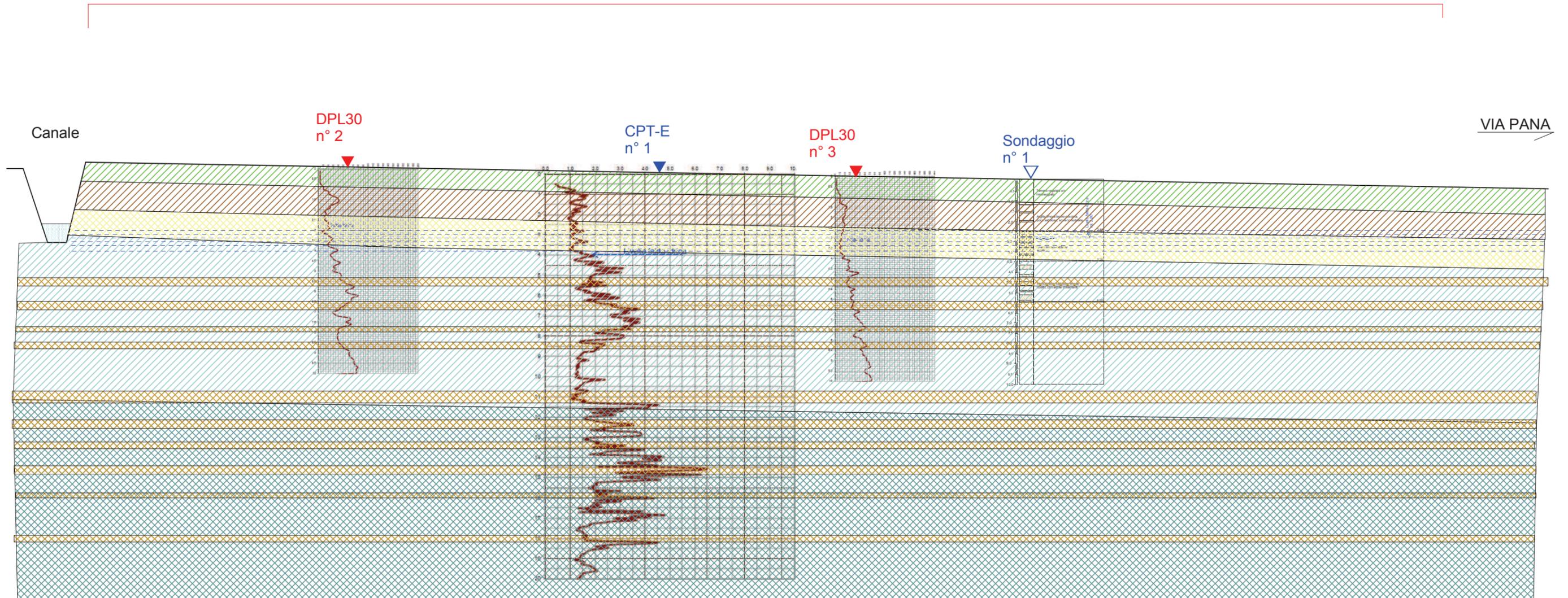


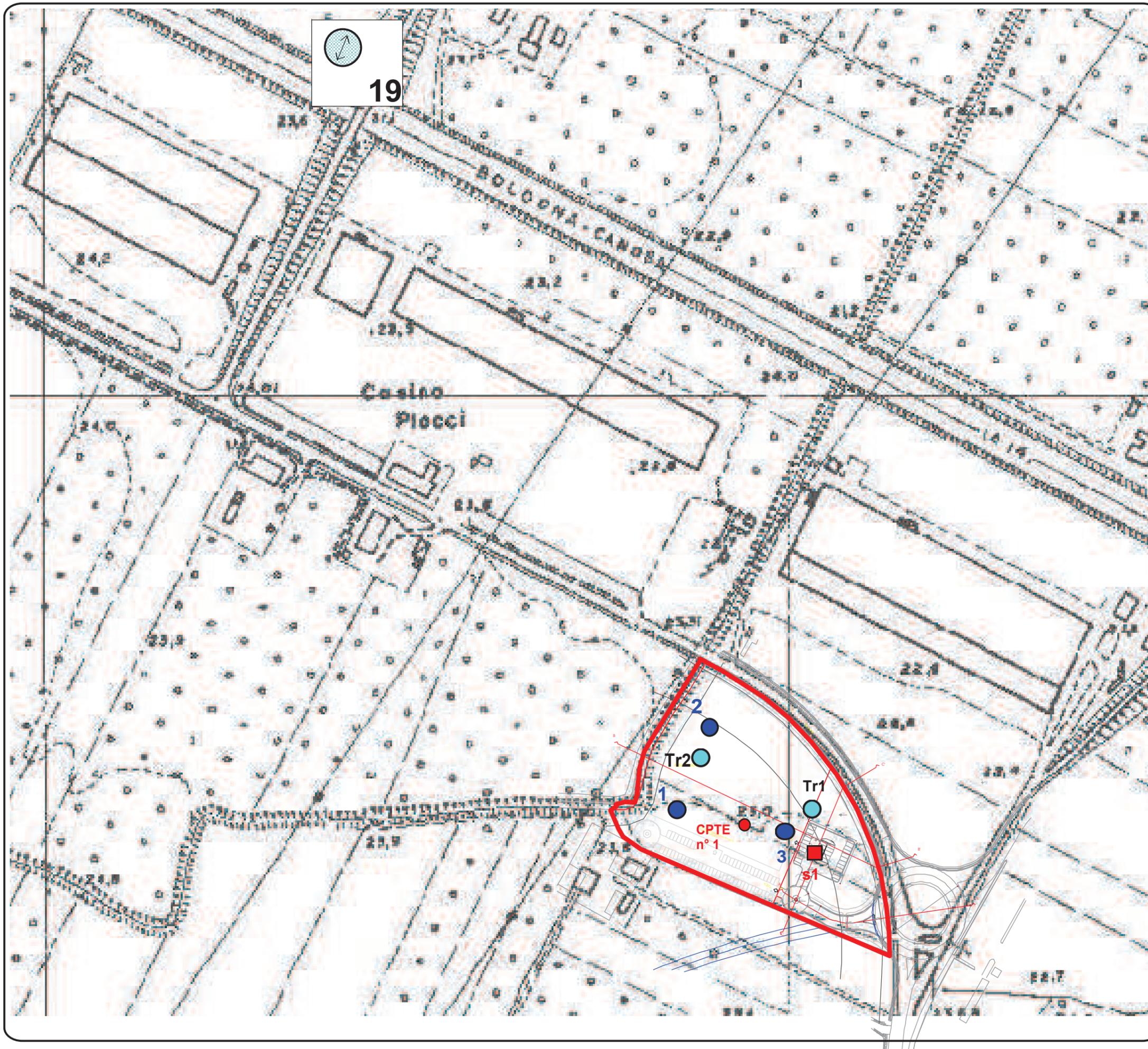
Intercalazioni sabbioso-limose e argillose, addensate

SEZIONE  
GEOLOGICA  
AREA VIA PANA

Scala orizzontale 1:500  
Scala verticale 1:200

AREA PIANO PARTICOLAREGGIATO IN ESAME





CARTA DELLE  
INDAGINI  
GEOGNOSTICHE

Scala 1:2.500

LEGENDA:

- Area di nuovo inserimento in progetto
- 1 ● Penetrometria dinamica leggera
- 1 ● Penetrometria statica con punta elettrica
- s1 ■ Sondaggio a carotaggio continuo
- Tr2 ● Prova sismica passiva a postazione singola (Tromografo)
- ↗ 19 Prova MASW n° 19 (da PSC2009)

Dott. ANDREATTA GIANCARLO  
GEOLOGO  
CASTELBOLOGNESE (Ra)

**PROVA penetrometrica statica C.P.T.E. n° 1**

Punta elettrica - acquisizione continua controllata in tempo reale (A.S.T.M. D 5778)

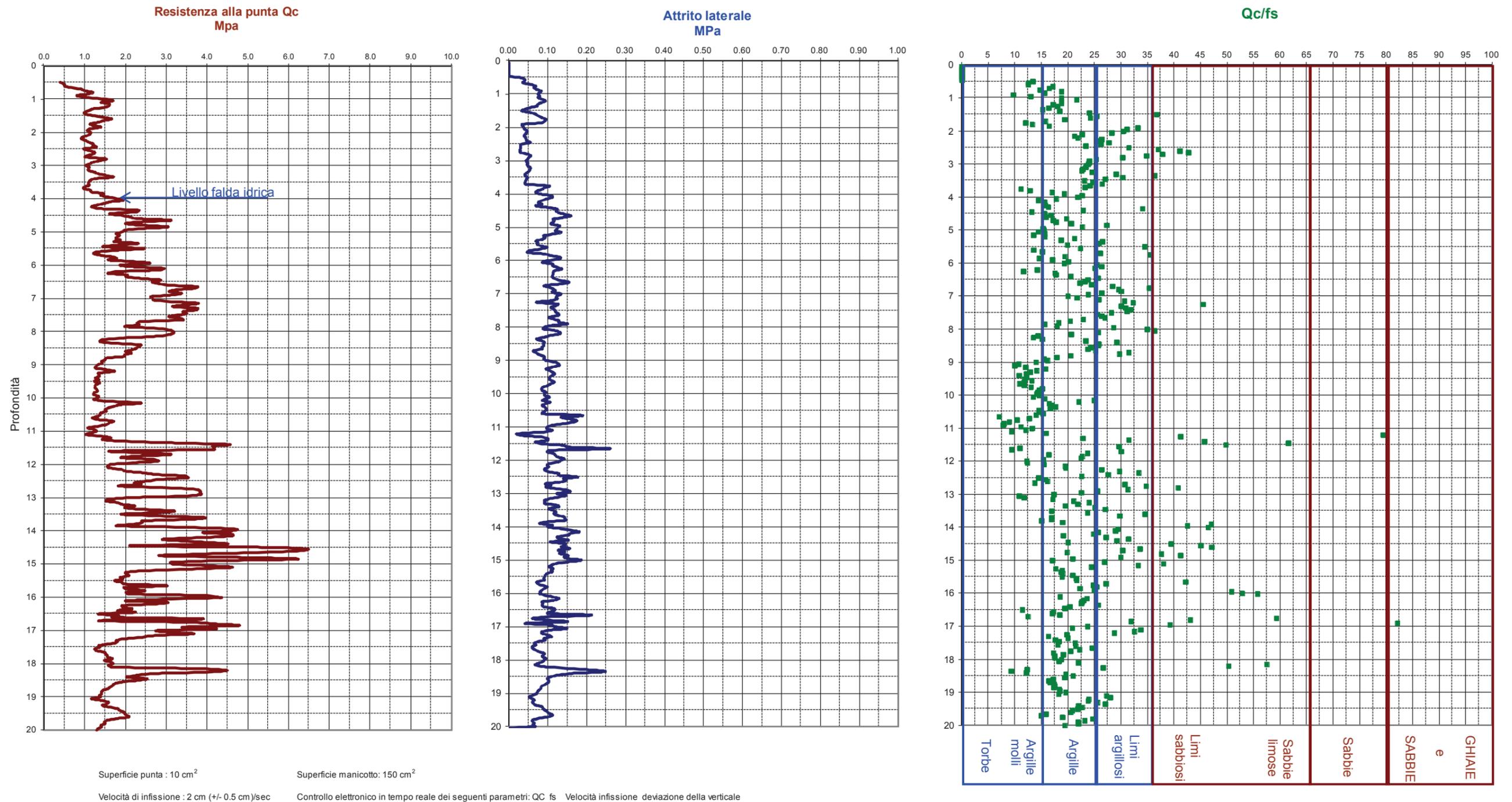
Committente: AGROEDIL

**CPT-E n° 1**

Località: via Pana-FAENZA

Data: 12.11.2010

Profondità falda dal p.c. prova: 3.00 ml.



Prof. ml.	Rp daN/cm <sup>2</sup>	RI	STRATIGRAFIA Schmertmann mod.	Colonna stratigrafica	Falda idrica	ADDENSAMENTO (sabbia) CONSISTENZA (argilla)	Y't daN/mc	Densità e indice di consistenza	Phi°-coesione (Benassi)	Kw daN/cm <sup>2</sup>	Kh
0											
0.2											
0.4											
0.6	5	0.408	Argilla organica			Mediamente consistente	1650	0.31 Molle-plastica	0.3663 daN/cm <sup>2</sup>	2.5	0.5
0.8	12	0.653	Argilla			Mediamente consistente	1780	0.5 Molle-plastica	0.7519 daN/cm <sup>2</sup>	4.0	1.2
1	14	0.762	Argilla			Consistente (compatta)	1803	0.53 Plastica	0.8424 daN/cm <sup>2</sup>	4.5	1.4
1.2	16	0.952	Argilla			Consistente (compatta)	1823	0.57 Plastica	0.9259 daN/cm <sup>2</sup>	5.0	1.6
1.4	10	0.555	Argilla			Mediamente consistente	1753	0.37 Molle-plastica	0.6536 daN/cm <sup>2</sup>	3.0	1.0
1.6	17	0.700	Argilla limosa			Consistente (compatta)	1829	0.53 Plastica	0.9498 daN/cm <sup>2</sup>	4.5	1.7
1.8	12	0.934	Argilla organica			Consistente (compatta)	1782	0.64 Plastica	0.7589 daN/cm <sup>2</sup>	7.0	1.2
2	11	0.382	Limo argilloso			Mediamente consistente	1773	0.37 Molle-plastica	0.7227 daN/cm <sup>2</sup>	3.0	1.1
2.2	9	0.429	Argilla limosa			Mediamente consistente	1741	0.31 Molle-plastica	0.6119 daN/cm <sup>2</sup>	2.5	0.9
2.4	12	0.469	Limo argilloso			Mediamente consistente	1781	0.37 Molle-plastica	0.7542 daN/cm <sup>2</sup>	3.0	1.2
2.6	12	0.308	LIMO SABBIOSO	::::=::: ::::=::		POCO ADDENSATA	1550	19 %	29 °	1.5	0.7
2.8	15	0.511	Limo argilloso			Mediamente consistente	1815	0.5 Molle-plastica	0.8907 daN/cm <sup>2</sup>	4.0	1.5
3	10	0.440	Argilla limosa		<H2O==	Mediamente consistente	757	0.31 Molle-plastica	0.6677 daN/cm <sup>2</sup>	2.5	1.0
3.2	12	0.552	Argilla limosa			Mediamente consistente	783	0.37 Molle-plastica	0.7623 daN/cm <sup>2</sup>	3.0	1.2
3.4	12	0.418	Limo argilloso			Mediamente consistente	786	0.37 Molle-plastica	0.772 daN/cm <sup>2</sup>	3.0	1.2
3.6	11	0.426	Limo argilloso			Mediamente consistente	768	0.37 Molle-plastica	0.7058 daN/cm <sup>2</sup>	3.0	1.1
3.8	12	0.926	Argilla organica			Consistente (compatta)	775	0.61 Plastica	0.7329 daN/cm <sup>2</sup>	6.0	1.2
4	18	0.838	Argilla limosa			Consistente (compatta)	840	0.53 Plastica	1.0015 daN/cm <sup>2</sup>	4.5	1.8
4.2	13	0.839	Argilla organica			Consistente (compatta)	789	0.64 Plastica	0.7867 daN/cm <sup>2</sup>	7.0	1.3
4.4	23	1.015	Argilla limosa			Consistente (compatta)	876	0.64 Plastica	1.1662 daN/cm <sup>2</sup>	7.0	2.3
4.6	23	1.455	Argilla organica			Molto consistente	875	0.89 Solido-plastica	1.1615 daN/cm <sup>2</sup>	11.0	2.3
4.8	24	1.183	Argilla			Consistente (compatta)	883	0.75 Plastica	1.2018 daN/cm <sup>2</sup>	8.0	2.4
5	19	1.275	Argilla organica			Molto consistente	851	0.83 Solido-plastica	1.0489 daN/cm <sup>2</sup>	10.0	1.9
5.2	18	1.148	Argilla organica			Molto consistente	838	0.79 Solido-plastica	0.9883 daN/cm <sup>2</sup>	9.0	1.8
5.4	18	0.708	Argilla limosa			Consistente (compatta)	840	0.53 Plastica	1.0015 daN/cm <sup>2</sup>	4.5	1.8
5.6	13	0.992	Argilla organica			Consistente (compatta)	794	0.68 Plastica	0.8048 daN/cm <sup>2</sup>	8.0	1.3
5.8	18	0.935	Argilla			Consistente (compatta)	839	0.61 Plastica	0.9959 daN/cm <sup>2</sup>	6.0	1.8
6	19	0.989	Argilla			Consistente (compatta)	847	0.64 Plastica	1.0291 daN/cm <sup>2</sup>	7.0	1.9
6.2	17	1.254	Argilla organica			Molto consistente	836	0.79 Solido-plastica	0.9826 daN/cm <sup>2</sup>	9.0	1.7
6.4	23	1.154	Argilla			Consistente (compatta)	879	0.75 Plastica	1.1819 daN/cm <sup>2</sup>	8.0	2.3
6.6	30	1.391	Argilla limosa			Molto consistente	919	0.77 Solido-plastica	1.3786 daN/cm <sup>2</sup>	9.0	3.0
6.8	31	1.063	Limo argilloso			Molto consistente	921	0.79 Solido-plastica	1.3884 daN/cm <sup>2</sup>	9.0	3.1
7	27	1.360	Argilla			Molto consistente	899	0.79 Solido-plastica	1.2802 daN/cm <sup>2</sup>	9.0	2.7
7.2	34	1.092	Limo argilloso			Molto consistente	938	0.83 Solido-plastica	1.4753 daN/cm <sup>2</sup>	10.0	3.4
7.4	34	1.091	Limo argilloso			Molto consistente	936	0.81 Solido-plastica	1.4665 daN/cm <sup>2</sup>	9.0	3.4
7.6	34	1.299	Limo argilloso			Molto consistente	934	0.81 Solido-plastica	1.4542 daN/cm <sup>2</sup>	9.0	3.4
7.8	23	1.305	Argilla			Consistente (compatta)	879	0.75 Plastica	1.1834 daN/cm <sup>2</sup>	8.0	2.3
8	32	0.927	LIMO SABBIOSO	::::=::: ::::=::		MEDIAMENTE ADDENSATA	750	41 %	32 °	4.5	1.8
8.2	19	1.330	Argilla organica			Molto consistente	846	0.81 Solido-plastica	1.0273 daN/cm <sup>2</sup>	9.0	1.9
8.4	24	0.831	Limo argilloso			Consistente (compatta)	882	0.68 Plastica	1.1972 daN/cm <sup>2</sup>	8.0	2.4
8.6	20	0.859	Argilla limosa			Consistente (compatta)	857	0.61 Plastica	1.0753 daN/cm <sup>2</sup>	6.0	2.0
8.8	15	0.756	Argilla			Consistente (compatta)	816	0.57 Plastica	0.8933 daN/cm <sup>2</sup>	5.0	1.5
9	13	0.966	Argilla organica			Consistente (compatta)	795	0.68 Plastica	0.807 daN/cm <sup>2</sup>	8.0	1.3
9.2	17	1.119	Argilla organica			Molto consistente	835	0.79 Solido-plastica	0.9769 daN/cm <sup>2</sup>	9.0	1.7
9.4	13	1.192	Argilla organica			Consistente (compatta)	788	0.64 Plastica	0.7798 daN/cm <sup>2</sup>	7.0	1.3
9.6	13	1.105	Argilla organica			Consistente (compatta)	789	0.64 Plastica	0.7844 daN/cm <sup>2</sup>	7.0	1.3
9.8	13	0.883	Argilla organica			Consistente (compatta)	793	0.68 Plastica	0.8025 daN/cm <sup>2</sup>	8.0	1.3
10	13	0.923	Argilla organica			Consistente (compatta)	794	0.68 Plastica	0.8048 daN/cm <sup>2</sup>	8.0	1.3
10.2	19	0.868	Argilla limosa			Consistente (compatta)	847	0.57 Plastica	1.0309 daN/cm <sup>2</sup>	5.0	1.9
10.4	15	0.934	Argilla			Consistente (compatta)	816	0.57 Plastica	0.8953 daN/cm <sup>2</sup>	5.0	1.5
10.6	12	0.867	Argilla organica			Consistente (compatta)	778	0.61 Plastica	0.7448 daN/cm <sup>2</sup>	6.0	1.2
10.8	15	1.770	Argilla organica			Consistente (compatta)	818	0.75 Plastica	0.9036 daN/cm <sup>2</sup>	8.0	1.5
11	13	0.994	Argilla organica			Consistente (compatta)	791	0.64 Plastica	0.7935 daN/cm <sup>2</sup>	7.0	1.3
11.2	16	0.211	SABBIA MEDIA	.....		POCO ADDENSATA	550	19 %	29 °	1.5	0.9
11.4	45	1.012	SABBIA LIMOSA	.....		MEDIAMENTE ADDENSATA	800	48 %	33 °	5.5	2.6
11.6	16	1.539	Argilla organica			Molto consistente	828	0.77 Solido-plastica	0.9458 daN/cm <sup>2</sup>	9.0	1.6
11.8	19	1.179	Argilla			Consistente (compatta)	848	0.64 Plastica	1.0364 daN/cm <sup>2</sup>	7.0	1.9
12	16	1.362	Argilla organica			Molto consistente	826	0.77 Solido-plastica	0.9379 daN/cm <sup>2</sup>	9.0	1.6
12.2	20	1.041	Argilla			Consistente (compatta)	856	0.68 Plastica	1.0735 daN/cm <sup>2</sup>	8.0	2.0
12.4	35	1.310	Limo argilloso			Molto consistente	942	0.83 Solido-plastica	1.4937 daN/cm <sup>2</sup>	10.0	3.5
12.6	24	1.501	Argilla			Consistente (compatta)	882	0.75 Plastica	1.1972 daN/cm <sup>2</sup>	8.0	2.4
12.8	38	0.960	LIMO SABBIOSO	::::=::: ::::=::		MEDIAMENTE ADDENSATA	800	46 %	33 °	5.0	2.2
13	21	1.251	Argilla			Consistente (compatta)	865	0.72 Plastica	1.116 daN/cm <sup>2</sup>	8.0	2.1
13.2	19	0.926	Argilla limosa			Consistente (compatta)	850	0.57 Plastica	1.0435 daN/cm <sup>2</sup>	5.0	1.9
13.4	32	1.301	Argilla limosa			Molto consistente	927	0.79 Solido-plastica	1.4173 daN/cm <sup>2</sup>	9.0	3.2
13.6	40	1.166	LIMO SABBIOSO	::::=::: ::::=::		MEDIAMENTE ADDENSATA	800	46 %	33 °	5.0	2.3
13.8	22	1.490	Argilla organica			Consistente (compatta)	870	0.87 Solido-plastica	1.139 daN/cm <sup>2</sup>	10.0	2.2
14	46	1.006	SABBIA LIMOSA	.....		MEDIAMENTE ADDENSATA	800	48 %	33 °	5.5	2.6
14.2	39	1.590	Argilla limosa			Molto consistente	955	0.87 Solido-plastica	1.5604 daN/cm <sup>2</sup>	10.0	3.9
14.4	45	1.557	Limo argilloso			Molto consistente	976	0.93 Solido-plastica	1.6693 daN/cm <sup>2</sup>	11.0	4.5
14.6	63	1.363	SABBIA LIMOSA	.....		MEDIAMENTE ADDENSATA	850	58 %	34 °	7.0	3.6
14.8	48	1.314	LIMO SABBIOSO	::::=::: ::::=::		MEDIAMENTE ADDENSATA	850	54 %	34 °	6.0	2.8
15	32	1.889	Argilla			Molto consistente	925	0.87 Solido-plastica	1.4078 daN/cm <sup>2</sup>	10.0	3.2
15.2	25	1.045	Argilla limosa			Consistente (compatta)	890	0.68 Plastica	1.2331 daN/cm <sup>2</sup>	8.0	2.5
15.4	19	1.004	Argilla			Consistente (compatta)	847	0.64 Plastica	1.0291 daN/cm <sup>2</sup>	7.0	1.9
15.6	20	0.924	Argilla limosa			Consistente (compatta)	854	0.57 Plastica	1.0613 daN/cm <sup>2</sup>	5.0	2.0
15.8	25	0.998	Argilla limosa			Consistente (compatta)	889	0.68 Plastica	1.2287 daN/cm <sup>2</sup>	8.0	2.5
16	43	0.831	SABBIA LIMOSA	.....		MEDIAMENTE ADDENSATA	800	46 %	33 °	5.0	2.5
16.2	27	1.191	Argilla limosa			Consistente (compatta)	901	0.72 Plastica	1.2871 daN/cm <sup>2</sup>	8.0	2.7
16.4	18	0.905	Argilla			Consistente (compatta)	841	0.64 Plastica	1.0052 daN/cm <sup>2</sup>	7.0	1.8
16.6	17	1.004	Argilla			Consistente (compatta)	830	0.61 Plastica	0.9556 daN/cm <sup>2</sup>	6.0	1.7
16.8	42	0.989	LIMO SABBIOSO	::::=::: ::::=::		MEDIAMENTE ADDENSATA	800	48 %	33 °	5.5	2.4
17	28	1.198	Argilla limosa			Consistente (compatta)	906	0.75 Plastica	1.3129 daN/cm <sup>2</sup>	8.0	2.8
17.2	24	0.855	Limo argilloso			Consistente (compatta)	884	0.68 Plastica	1.2078 daN/cm <sup>2</sup>	8.0	2.4
17.4	16	0.945	Argilla			Consistente (compatta)	826	0.57 Plastica	0.9379 daN/cm <sup>2</sup>	5.0	1.6
17.6	13	0.606	Argilla limosa			Mediamente consistente	789	0.43 Molle-plastica	0.7867 daN/cm <sup>2</sup>	3.5	1.3
17.8	16	0.921	Argilla			Consistente (compatta)	819	0.57 Plastica	0.9077 daN/cm <sup>2</sup>	5.0	1.6
18	17	0.920	Argilla			Consistente (compatta)	831	0.61 Plastica	0.9615 daN/cm <sup>2</sup>	6.0	1.7
18.2	45	0.912	SABBIA LIMOSA	.....		MEDIAMENTE ADDENSATA	800	48 %	33 °	5.5	2.6
18.4	20	1.708	Argilla organica			Molto consistente	859	0.85 Solido-plastica	1.0856 daN/cm <sup>2</sup>	10.0	2.0
18.6	17	1.029	Argilla			Consistente (compatta)	835	0.61 Plastica	0.9788 daN/cm <sup>2</sup>	6.0	1.7
18.8	14	0.844	Argilla			Consistente (compatta)	808	0.53 Plastica	0.8617 daN/cm <sup>2</sup>	4.5	1.4
19	14	0.723	Argilla			Consistente (compatta)	802	0.53 Plastica	0.8358 daN/cm <sup>2</sup>	4.5	1.4
19.2	16	0.664	Argilla limosa			Mediamente consistente	819	0.5 Molle-plastica	0.9077 daN/cm <sup>2</sup>	4.0	1.6
19.4	19	0.860	Argilla limosa			Consistente (compatta)	845	0.57 Plastica	1.0218 daN/cm <sup>2</sup>	5.0	1.9
19.6	21	1.037	Argilla			Consistente (compatta)	863	0.68 Plastica	1.1043 daN/cm <sup>2</sup>	8.0	2.1
19.8	15	0.619	Argilla limosa			Mediamente consistente	813	0.5 Molle-plastica	0.8829 daN/cm <sup>2</sup>	4.0	1.5
20	13	0.680	Argilla			Mediamente consistente	792	0.5 Molle-plastica	0.7958 daN/cm <sup>2</sup>	4.0	1.3

# Prova Penetrometrica dinamica DPL30 n°

1

## CARATTERISTICHE STRUMENTALI:

Massa battente = 30 kg.  
Altezza caduta = 20 cm.  
Sezione punta = 10 cmq

Committente:

AGROEDIL

Località:

via Pana

Comune:

FAENZA

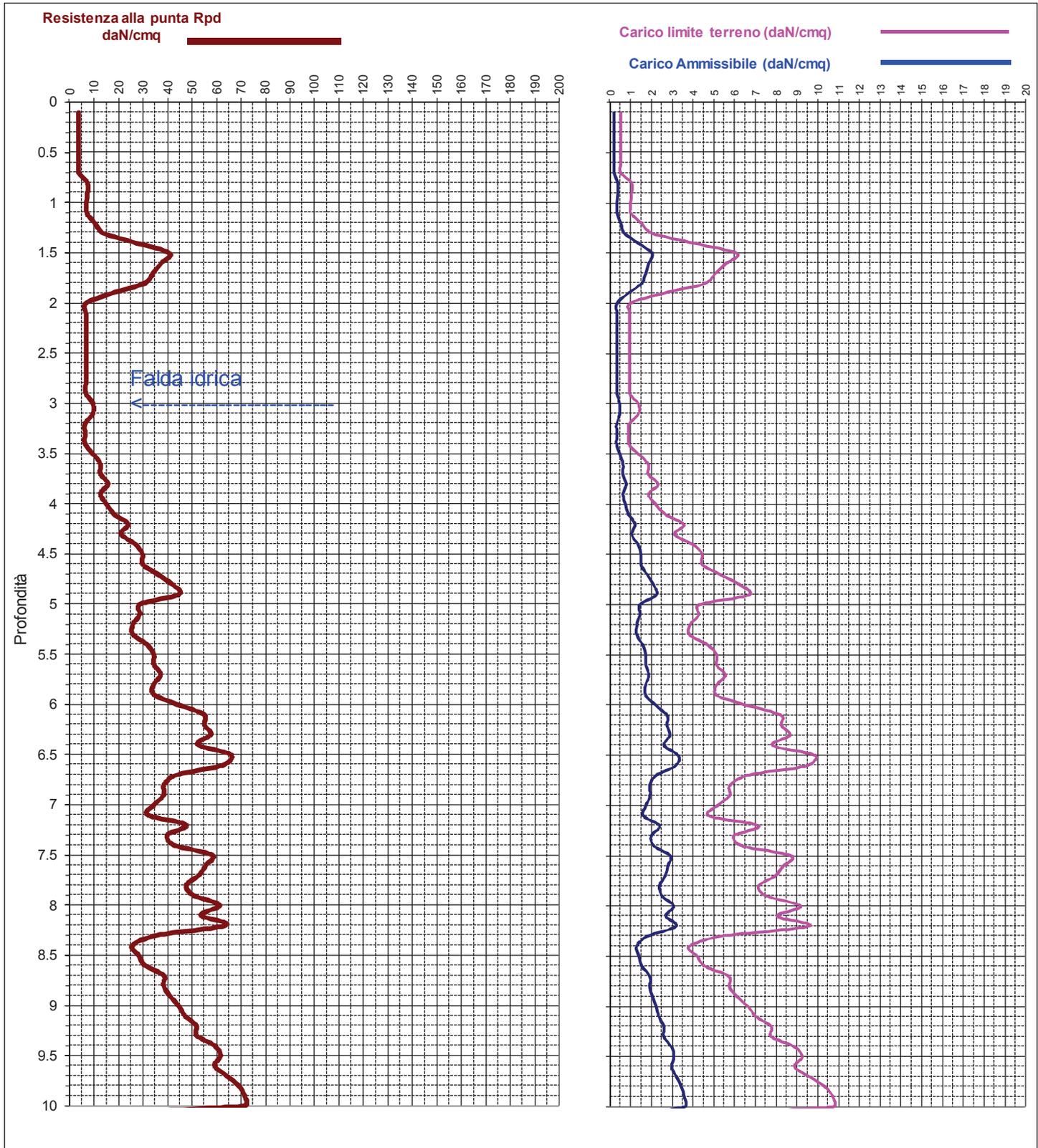
Data:

12.11.2010

- Coeff. di sicurezza = 20

Profondità Falda: ml.

3.00



# Prova Penetrometrica dinamica DPL30 n°

2

## CARATTERISTICHE STRUMENTALI:

Massa battente = 30 kg.  
Altezza caduta = 20 cm.  
Sezione punta = 10 cmq

Committente:

AGROEDIL

Località:

via Pana

Comune:

FAENZA

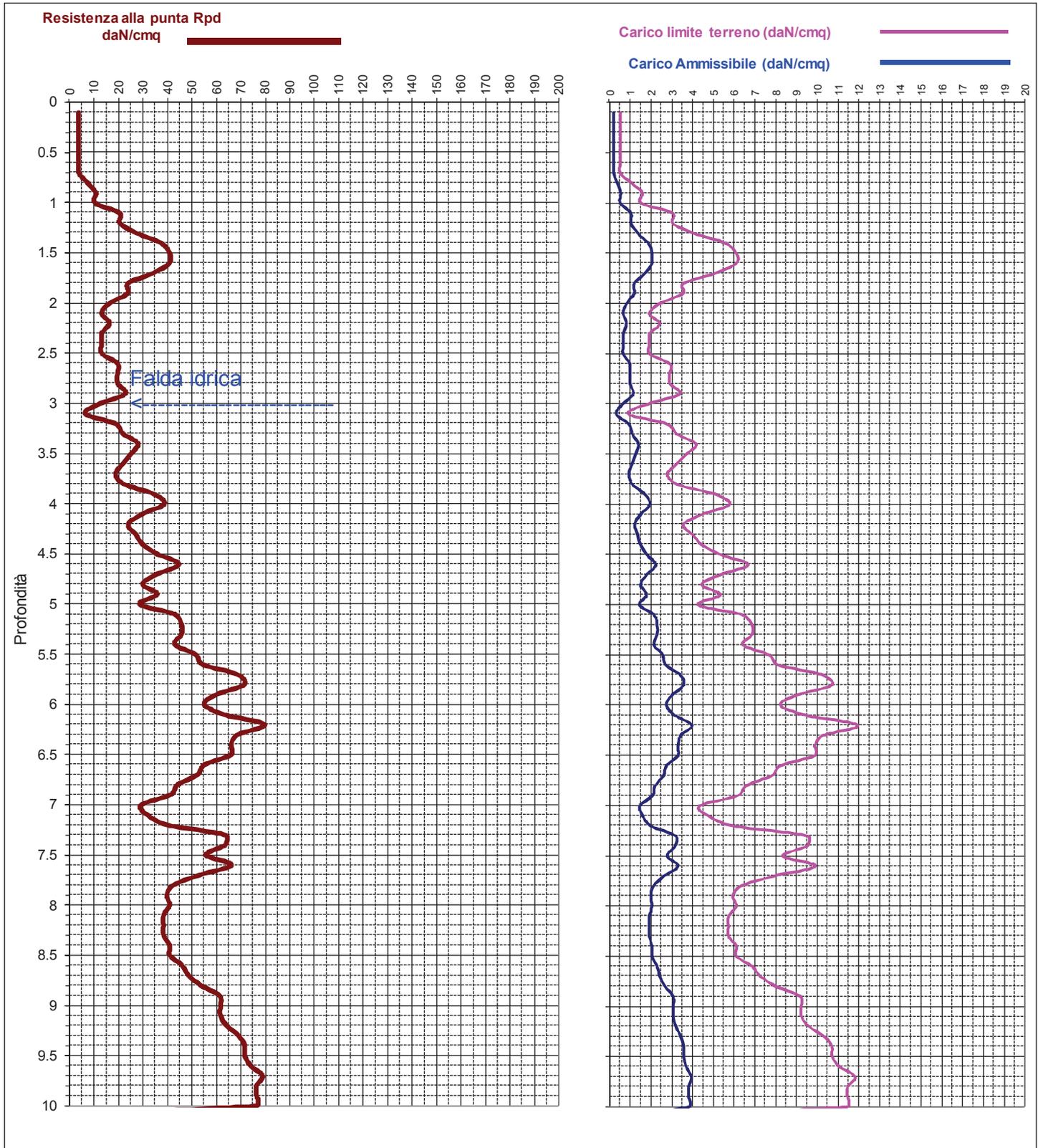
Data:

12.11.2010

- Coeff. di sicurezza = 20

Profondità Falda: ml.

3.00

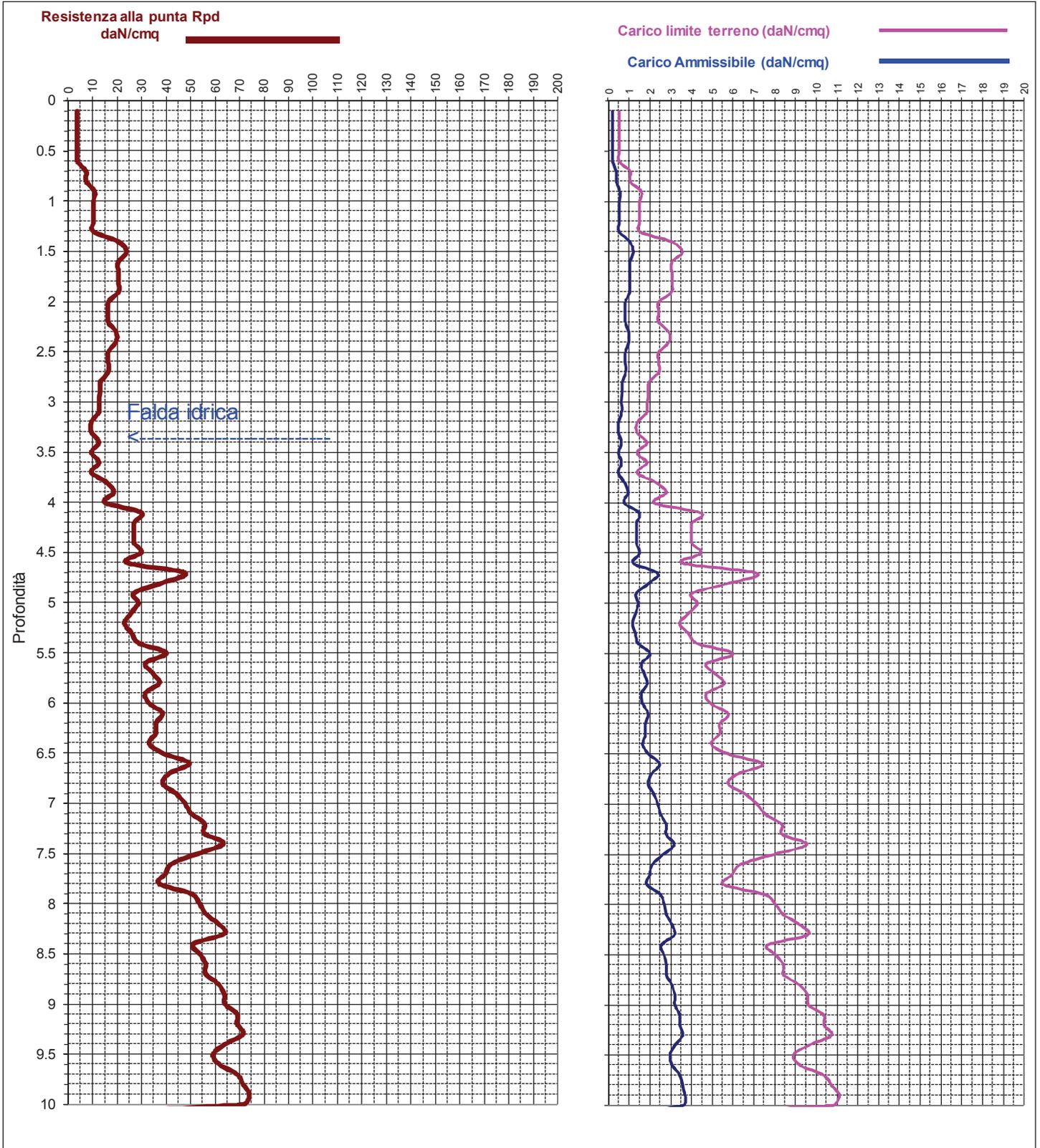


**CARATTERISTICHE STRUMENTALI:**

Massa battente = 30 kg.  
 Altezza caduta = 20 cm.  
 Sezione punta = 10 cmq

Committente: AGROEDIL  
 Località: via Pana  
 Comune: FAENZA  
 Data: 12.11.2010  
 Profondità Falda: ml. 3.40

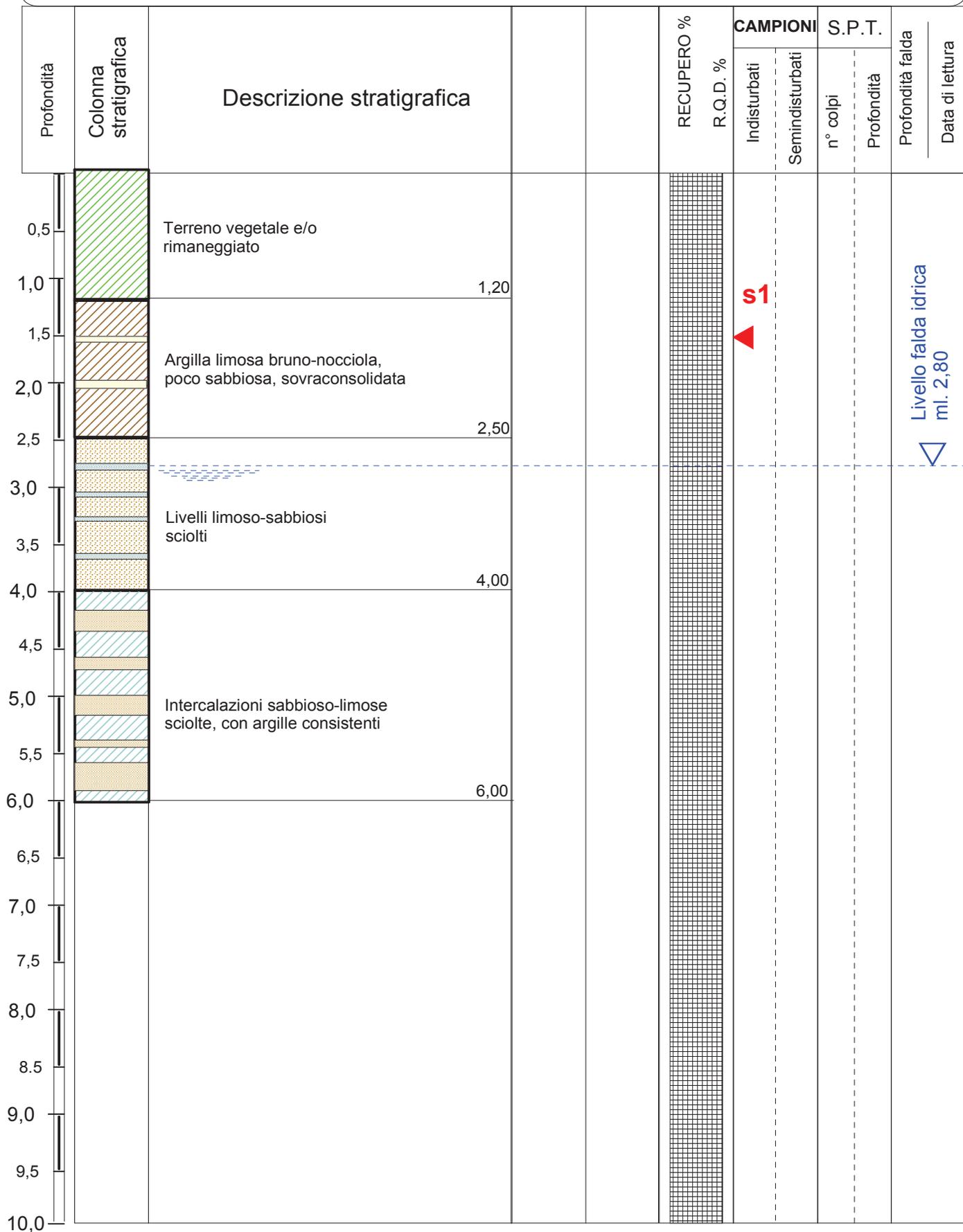
- Coeff. di sicurezza = 20



ANDREATTA dott. GIANCARLO - GEOLOGO -										PARAMETRI GEOTECNICI				DPL30		N°		I	
Via XXV Aprile n° 140 - Tel. 0546-656362. CastelBolognese (Ra)																			
Committ.: AGROEDIL FAENZA										Loc.: via Pana				Data: 12.11.2010		Prof.acqua: ml.		3	
Prof. ml.	N10	Rp din. daN/cm <sup>2</sup>	Y' t	Y' t	Angolo		Dr % Sabb.	Addensamento (SABBIA)	Kw (SABBIA) daN/cm <sup>2</sup>	Kh	Cu da SPT daN/cm <sup>2</sup>	Consistenza (ARGILLA)	Cu1		Kw	Kh			
			(Sabb.) daN/mc	(Arg.) daN/mc	Corr. Rdin.	Attrito Corr. N <sub>opt</sub>							TERZAGHI daN/cm <sup>2</sup>	(ARGILLA) daN/cm <sup>2</sup>					
0																			
0.1	1	3.56	1500	1495	40	27	15	Molto sciolta	1	0.2	0.20	Fluido-plastica	0.16	0.11	1	0.36			
0.2	1	3.56	1500	1495	37	27	15	Molto sciolta	1	0.2	0.20	Fluido-plastica	0.16	0.11	1	0.36			
0.3	1	3.56	1500	1495	35	27	15	Molto sciolta	1	0.2	0.20	Fluido-plastica	0.16	0.11	1	0.36			
0.4	1	3.56	1500	1495	33	27	15	Molto sciolta	1	0.2	0.20	Fluido-plastica	0.16	0.11	1	0.36			
0.5	1	3.56	1500	1495	32	27	15	Molto sciolta	1	0.2	0.20	Fluido-plastica	0.16	0.11	1	0.36			
0.6	1	3.56	1500	1495	32	27	15	Molto sciolta	1	0.2	0.20	Fluido-plastica	0.16	0.11	1	0.36			
0.7	1	3.56	1500	1495	31	27	15	Molto sciolta	1	0.2	0.20	Fluido-plastica	0.16	0.11	1	0.36			
0.8	2	7.13	1500	1598	33	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.32	0.22	1	0.71			
0.9	2	7.13	1500	1598	33	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.32	0.22	1	0.71			
1	2	6.79	1500	1591	32	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.30	0.22	1	0.68			
1.1	2	6.79	1500	1591	32	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.30	0.22	1	0.68			
1.2	3	10.19	1550	1651	33	29	18	Molto sciolta	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.45	0.34	3	1.02			
1.3	4	13.58	1550	1694	34	30	19	Sciolti	2	0.8	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.36			
1.4	8	27.17	1650	1798	37	32	35	Sciolti	3	1.6	0.67	Plastica	0.86	0.90	8	2.72			
1.5	12	40.75	1750	1859	39	33	41	Media	5	2.3	1.10	Plastica	1.23	1.29	10	4.08			
1.6	11	37.36	1750	1846	38	33	39	Media	4	2.1	1.00	Plastica	1.19	1.20	9	3.74			
1.7	10	33.96	1700	1831	37	33	37	Media	4	1.9	0.83	Plastica	1.08	1.09	9	3.40			
1.8	9	30.57	1700	1816	36	32	36	Media	4	1.7	0.74	Plastica	0.97	0.99	8	3.06			
1.9	5	16.98	1600	1728	33	31	23	Sciolti	2	1.0	0.35	Molle-plastica	0.57	0.56	5	1.70			
2	2	6.49	1500	1584	29	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.29	0.22	1	0.65			
2.1	2	6.49	1500	1584	29	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.29	0.22	1	0.65			
2.2	2	6.49	1500	1584	29	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.29	0.22	1	0.65			
2.3	2	6.49	1500	1584	29	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.29	0.22	1	0.65			
2.4	2	6.49	1500	1584	28	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.29	0.22	1	0.65			
2.5	2	6.49	1500	1584	28	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.29	0.22	1	0.65			
2.6	2	6.49	1500	1584	28	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.29	0.22	1	0.65			
2.7	2	6.49	1500	1584	28	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.29	0.22	1	0.65			
2.8	2	6.49	1500	1584	28	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.29	0.22	1	0.65			
2.9	2	6.49	1500	1584	28	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.29	0.22	1	0.65			
3	3	9.31	550	638	29	29	18	Molto sciolta	1	0.5	0.28	Fluido-plastica	0.41	0.34	3	0.93			
3.1	3	9.31	550	638	29	29	18	Molto sciolta	1	0.5	0.28	Fluido-plastica	0.41	0.34	3	0.93			
3.2	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62			
3.3	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62			
3.4	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62			
3.5	3	9.31	550	638	29	29	18	Molto sciolta	1	0.5	0.28	Fluido-plastica	0.41	0.34	3	0.93			
3.6	4	12.41	550	681	30	30	19	Sciolti	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.49	0.45	4	1.24			
3.7	4	12.41	550	681	30	30	19	Sciolti	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.49	0.45	4	1.24			
3.8	5	15.52	600	714	31	31	23	Sciolti	2	0.9	0.35	Molle-plastica	0.52	0.56	5	1.55			
3.9	4	12.41	550	681	30	30	19	Sciolti	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.49	0.45	4	1.24			
4	5	14.88	600	708	30	31	23	Sciolti	2	0.9	0.35	Molle-plastica	0.52	0.56	5	1.49			
4.1	6	17.85	600	735	31	31	27	Sciolti	3	1.0	0.51	Molle-plastica	0.60	0.67	7	1.79			
4.2	8	23.80	650	778	32	32	35	Sciolti	3	1.4	0.67	Plastica	0.79	0.90	8	2.38			
4.3	7	20.83	650	758	32	32	31	Sciolti	3	1.2	0.59	Plastica	0.69	0.78	8	2.08			
4.4	9	26.78	700	796	33	32	36	Media	4	1.5	0.74	Plastica	0.85	1.01	8	2.68			
4.5	10	29.75	700	812	33	33	37	Media	4	1.7	0.83	Plastica	0.94	1.09	9	2.98			
4.6	10	29.75	700	812	33	33	37	Media	4	1.7	0.83	Plastica	0.94	1.09	9	2.98			
4.7	12	35.70	750	839	34	33	41	Media	5	2.0	1.10	Plastica	1.13	1.29	10	3.57			
4.8	14	41.65	800	862	34	34	45	Media	5	2.4	1.26	Solido-plastica	1.26	1.47	10	4.17			
4.9	15	44.63	800	872	35	34	46	Media	5	2.6	1.26	Solido-plastica	1.35	1.48	10	4.46			
5	10	28.57	700	805	33	33	37	Media	4	1.6	0.83	Plastica	0.91	1.09	9	2.86			
5.1	10	28.57	700	805	33	33	37	Media	4	1.6	0.83	Plastica	0.91	1.09	9	2.86			
5.2	9	25.71	700	790	32	32	36	Media	4	1.5	0.74	Plastica	0.86	1.01	8	2.57			
5.3	9	25.71	700	790	32	32	36	Media	4	1.5	0.74	Plastica	0.86	1.01	8	2.57			
5.4	11	31.43	750	820	33	33	39	Media	4	1.8	1.00	Plastica	1.00	1.20	9	3.14			
5.5	12	34.29	750	833	33	33	41	Media	5	2.0	1.10	Plastica	1.09	1.29	10	3.43			
5.6	12	34.29	750	833	33	33	41	Media	5	2.0	1.10	Plastica	1.09	1.29	10	3.43			
5.7	13	37.14	800	845	33	33	43	Media	5	2.1	1.18	Solido-plastica	1.18	1.38	10	3.71			
5.8	12	34.29	750	833	33	33	41	Media	5	2.0	1.10	Plastica	1.09	1.29	10	3.43			
5.9	12	34.29	750	833	33	33	41	Media	5	2.0	1.10	Plastica	1.09	1.29	10	3.43			
6	16	43.97	800	870	34	34	46	Media	5	2.5	1.26	Solido-plastica	1.33	1.49	10	4.40			
6.1	20	54.96	800	903	35	34	52	Media	6	3.1	1.49	Solido-plastica	1.59	1.68	11	5.50			
6.2	20	54.96	800	903	35	34	52	Media	6	3.1	1.49	Solido-plastica	1.59	1.68	11	5.50			
6.3	21	57.71	850	910	35	35	54	Media	6	3.3	1.56	Solido-plastica	1.60	1.76	11	5.77			
6.4	19	52.21	800	896	35	34	50	Media	6	3.0	1.42	Solido-plastica	1.51	1.60	11	5.22			
6.5	24	65.95	850	930	36	35	57	Media	7	3.8	1.74	Solido-plastica	1.76	2.02	12	6.60			
6.6	23	63.21	850	924	35	35	55	Media	7	3.6	1.68	Solido-plastica	1.69	1.93	12	6.32			
6.7	16	43.97	800	870	34	34	46	Media	5	2.5	1.26	Solido-plastica	1.33	1.49	10	4.40			
6.8	14	38.47	800	850	33	34	45	Media	5	2.2	1.26	Solido-plastica	1.17	1.47	10	3.85			
6.9	14	38.47	800	850	33	34	45	Media	5	2.2	1.26	Solido-plastica	1.17	1.47	10	3.85			
7	13	34.41	800	833	32	33	43	Media	5	2.0	1.18	Solido-plastica	1.09	1.38	10	3.44			
7.1	12	31.76	750	821	32	33	41	Media	5	1.8	1.10	Plastica	1.01	1.29	10	3.18			
7.2	18	47.65	800	882	34	34	50	Media	6	2.7	1.34	Solido-plastica	1.38	1.51	11	4.76			
7.3	15	39.71	800	855	33	34	46	Media	5	2.3	1.26	Solido-plastica	1.20	1.48	10	3.97			
7.4	16	42.35	800	864	33	34	46	Media	5	2.4	1.26	Solido-plastica	1.28	1.49	10	4.24			
7.5	22	58.24	850	912	35	35	55	Media	7	3.3	1.62	Solido-plastica	1.62	1.85	12	5.82			
7.6	21	55.59	800	905	34	35	54	Media	6	3.2	1.56	Solido-plastica	1.54	1.76	11	5.56			
7.7	20	52.94	800	898	34	34	52	Media	6	3.0	1.49	Solido-plastica	1.53	1.68	11	5.29			
7.8	18	47.65	800	882	33	34	50	Media	6	2.7	1.34	Solido-plastica	1.38	1.51	11	4.76			
7.9	19	50.29	800	890	34	34	50	Media	6	2.9	1.42	Solido-plastica	1.46	1.60	11	5.03			
8	24	61.28	850	919	35	35	57	Media	7	3.5	1.74	Solido-plastica	1.70	2.02	12	6.13			
8.1	21	53.62	850	899	34	35	54	Media	6	3.1	1.56	Solido-plastica	1.55	1.76	11	5.36			
8.2	25	63.83	850	926	35	35	57	Media	7	3.6	1.80	Solido-plastica	1.70	2.10	12	6.38			
8.3	14	35.74	800	839	32	34	45	Media	5	2.0	1.26	Solido-plastica	1.13	1.47	10	3.57			
8.4	10	25.53	700	789	31	33	37	Media	4	1.5	0.83	Plastica	0.85	1.09	9	2.55			
8.5	11	28.09</																	

ANDREATTA dott. GIANCARLO - GEOLOGO -										PARAMETRI GEOTECNICI				DPL30		N°		2	
Via XXV Aprile n° 140 - Tel. 0546-656362. CastelBolognese (Ra)																			
Committ.: AGROEDIL FAENZA										Loc.: via Pana				Data: 12.11.2010		Prof.acqua: ml.		3	
Prof. ml.	N10	Rp din. daN/cm <sup>2</sup>	Y' t	Y' t	Angolo		Dr % Sabb.	Addensamento (SABBIA)	Kw (SABBIA) daN/cm <sup>2</sup>	Kh	Cu da SPT daN/cm <sup>2</sup>	Consistenza (ARGILLA)	Cu1		Kw	Kh			
			(Sabb.) daN/mc	(Arg.) daN/mc	Corr. Rdin.	Attrito Nept							TERZAGHI daN/cm <sup>2</sup>	Cu2			(ARGILLA) daN/cm <sup>2</sup>		
0																			
0.1	1	3.56	1500	1495	40	27	15	Molto sciolta	1	0.2	0.20	Fluido-plastica	0.16	0.11	1	0.36			
0.2	1	3.56	1500	1495	37	27	15	Molto sciolta	1	0.2	0.20	Fluido-plastica	0.16	0.11	1	0.36			
0.3	1	3.56	1500	1495	35	27	15	Molto sciolta	1	0.2	0.20	Fluido-plastica	0.16	0.11	1	0.36			
0.4	1	3.56	1500	1495	33	27	15	Molto sciolta	1	0.2	0.20	Fluido-plastica	0.16	0.11	1	0.36			
0.5	1	3.56	1500	1495	32	27	15	Molto sciolta	1	0.2	0.20	Fluido-plastica	0.16	0.11	1	0.36			
0.6	1	3.56	1500	1495	32	27	15	Molto sciolta	1	0.2	0.20	Fluido-plastica	0.16	0.11	1	0.36			
0.7	1	3.56	1500	1495	31	27	15	Molto sciolta	1	0.2	0.20	Fluido-plastica	0.16	0.11	1	0.36			
0.8	2	7.13	1500	1598	33	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.32	0.22	1	0.71			
0.9	3	10.69	1550	1659	35	29	18	Molto sciolta	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.48	0.34	3	1.07			
1	3	10.19	1550	1651	34	29	18	Molto sciolta	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.45	0.34	3	1.02			
1.1	6	20.38	1600	1755	37	31	27	Scioltta	3	1.2	0.51	Molle-plastica	0.68	0.67	7	2.04			
1.2	6	20.38	1600	1755	36	31	27	Scioltta	3	1.2	0.51	Molle-plastica	0.68	0.67	7	2.04			
1.3	8	27.17	1650	1798	37	32	35	Scioltta	3	1.6	0.67	Plastica	0.86	0.90	8	2.72			
1.4	11	37.36	1750	1846	39	33	39	Media	4	2.1	1.00	Plastica	1.19	1.20	9	3.74			
1.5	12	40.75	1750	1859	39	33	41	Media	5	2.3	1.10	Plastica	1.23	1.29	10	4.08			
1.6	12	40.75	1750	1859	38	33	41	Media	5	2.3	1.10	Plastica	1.23	1.29	10	4.08			
1.7	10	33.96	1700	1831	37	33	37	Media	4	1.9	0.83	Plastica	1.08	1.09	9	3.40			
1.8	7	23.77	1650	1778	35	32	31	Scioltta	3	1.4	0.59	Plastica	0.79	0.78	8	2.38			
1.9	7	23.77	1650	1778	35	32	31	Scioltta	3	1.4	0.59	Plastica	0.79	0.78	8	2.38			
2	5	16.22	1600	1721	33	31	23	Scioltta	2	0.9	0.35	Molle-plastica	0.54	0.56	5	1.62			
2.1	4	12.97	1550	1688	32	30	19	Scioltta	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.51	0.45	4	1.30			
2.2	5	16.22	1600	1721	32	31	23	Scioltta	2	0.9	0.35	Molle-plastica	0.54	0.56	5	1.62			
2.3	4	12.97	1550	1688	31	30	19	Scioltta	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.51	0.45	4	1.30			
2.4	4	12.97	1550	1688	31	30	19	Scioltta	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.51	0.45	4	1.30			
2.5	4	12.97	1550	1688	31	30	19	Scioltta	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.51	0.45	4	1.30			
2.6	6	19.46	1600	1748	32	31	27	Scioltta	3	1.1	0.51	Molle-plastica	0.65	0.67	7	1.95			
2.7	6	19.46	1600	1748	32	31	27	Scioltta	3	1.1	0.51	Molle-plastica	0.65	0.67	7	1.95			
2.8	6	19.46	1600	1748	32	31	27	Scioltta	3	1.1	0.51	Molle-plastica	0.65	0.67	7	1.95			
2.9	7	22.70	1650	1771	33	32	31	Scioltta	3	1.3	0.59	Plastica	0.76	0.78	8	2.27			
3	4	12.41	500	681	30	30	19	Scioltta	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.49	0.45	4	1.24			
3.1	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62			
3.2	6	18.62	600	742	32	31	27	Scioltta	3	1.1	0.51	Molle-plastica	0.62	0.67	7	1.86			
3.3	7	21.72	650	765	32	32	31	Scioltta	3	1.2	0.59	Plastica	0.72	0.78	8	2.17			
3.4	9	27.93	700	802	33	32	36	Media	4	1.6	0.74	Plastica	0.89	1.01	8	2.79			
3.5	8	24.83	650	784	33	32	35	Scioltta	3	1.4	0.67	Plastica	0.83	0.90	8	2.48			
3.6	7	21.72	650	765	32	32	31	Scioltta	3	1.2	0.59	Plastica	0.72	0.78	8	2.17			
3.7	6	18.62	600	742	31	31	27	Scioltta	3	1.1	0.51	Molle-plastica	0.62	0.67	7	1.86			
3.8	7	21.72	650	765	32	32	31	Scioltta	3	1.2	0.59	Plastica	0.72	0.78	8	2.17			
3.9	11	34.14	750	832	34	33	39	Media	4	2.0	1.00	Plastica	1.08	1.20	9	3.41			
4	13	38.68	800	851	34	33	43	Media	5	2.2	1.18	Solido-plastica	1.17	1.38	10	3.87			
4.1	10	29.75	700	812	33	33	37	Media	4	1.7	0.83	Plastica	0.94	1.09	9	2.98			
4.2	8	23.80	650	778	32	32	35	Scioltta	3	1.4	0.67	Plastica	0.79	0.90	8	2.38			
4.3	9	26.78	700	796	33	32	36	Media	4	1.5	0.74	Plastica	0.85	1.01	8	2.68			
4.4	10	29.75	700	812	33	33	37	Media	4	1.7	0.83	Plastica	0.94	1.09	9	2.98			
4.5	12	35.70	750	839	34	33	41	Media	5	2.0	1.10	Plastica	1.13	1.29	10	3.57			
4.6	15	44.63	800	872	35	34	46	Media	5	2.6	1.26	Solido-plastica	1.35	1.48	10	4.46			
4.7	12	35.70	750	839	34	33	41	Media	5	2.0	1.10	Plastica	1.13	1.29	10	3.57			
4.8	10	29.75	700	812	33	33	37	Media	4	1.7	0.83	Plastica	0.94	1.09	9	2.98			
4.9	12	35.70	750	839	34	33	41	Media	5	2.0	1.10	Plastica	1.13	1.29	10	3.57			
5	10	28.57	700	805	32	33	37	Media	4	1.6	0.83	Plastica	0.91	1.09	9	2.86			
5.1	15	42.86	800	866	34	34	46	Media	5	2.4	1.26	Solido-plastica	1.30	1.48	10	4.29			
5.2	16	45.71	800	876	34	34	46	Media	5	2.6	1.26	Solido-plastica	1.39	1.49	10	4.57			
5.3	16	45.71	800	876	34	34	46	Media	5	2.6	1.26	Solido-plastica	1.39	1.49	10	4.57			
5.4	15	42.86	800	866	34	34	46	Media	5	2.4	1.26	Solido-plastica	1.30	1.48	10	4.29			
5.5	18	51.43	800	893	35	34	50	Media	6	2.9	1.34	Solido-plastica	1.49	1.59	11	5.14			
5.6	19	54.29	800	901	35	34	50	Media	6	3.1	1.42	Solido-plastica	1.57	1.60	11	5.43			
5.7	24	68.57	850	936	36	35	57	Media	7	3.9	1.74	Solido-plastica	1.83	2.02	12	6.86			
5.8	25	71.43	850	942	36	35	57	Media	7	4.1	1.80	Solido-plastica	1.90	2.10	12	7.14			
5.9	21	60.00	850	916	35	35	54	Media	6	3.4	1.56	Solido-plastica	1.67	1.76	11	6.00			
6	20	54.96	800	903	35	34	52	Media	6	3.1	1.49	Solido-plastica	1.59	1.68	11	5.50			
6.1	23	63.21	850	924	35	35	55	Media	7	3.6	1.68	Solido-plastica	1.69	1.93	12	6.32			
6.2	29	79.69	850	959	37	36	63	Media	8	4.6	2.00	Solido-plastica	2.04	2.44	12	7.97			
6.3	25	68.70	850	936	36	35	57	Media	7	3.9	1.80	Solido-plastica	1.83	2.10	12	6.87			
6.4	24	65.95	850	930	35	35	57	Media	7	3.8	1.74	Solido-plastica	1.76	2.02	12	6.60			
6.5	24	65.95	850	930	35	35	57	Media	7	3.8	1.74	Solido-plastica	1.76	2.02	12	6.60			
6.6	20	54.96	800	903	35	34	52	Media	6	3.1	1.49	Solido-plastica	1.59	1.68	11	5.50			
6.7	19	52.21	800	896	34	34	50	Media	6	3.0	1.42	Solido-plastica	1.51	1.60	11	5.22			
6.8	16	43.97	800	870	33	34	46	Media	5	2.5	1.26	Solido-plastica	1.33	1.49	10	4.40			
6.9	15	41.22	800	860	33	34	46	Media	5	2.4	1.26	Solido-plastica	1.25	1.48	10	4.12			
7	11	29.12	750	808	32	33	39	Media	4	1.7	1.00	Plastica	0.92	1.20	9	2.91			
7.1	12	31.76	750	821	32	33	41	Media	5	1.8	1.10	Plastica	1.01	1.29	10	3.18			
7.2	15	39.71	800	855	33	34	46	Media	5	2.3	1.26	Solido-plastica	1.20	1.48	10	3.97			
7.3	24	63.53	850	925	35	35	57	Media	7	3.6	1.74	Solido-plastica	1.69	2.02	12	6.35			
7.4	24	63.53	850	925	35	35	57	Media	7	3.6	1.74	Solido-plastica	1.69	2.02	12	6.35			
7.5	21	55.59	850	905	34	35	54	Media	6	3.2	1.56	Solido-plastica	1.54	1.76	11	5.56			
7.6	25	66.18	850	931	35	35	57	Media	7	3.8	1.80	Solido-plastica	1.76	2.10	12	6.62			
7.7	20	52.94	800	898	34	34	52	Media	6	3.0	1.49	Solido-plastica	1.53	1.68	11	5.29			
7.8	16	42.35	800	864	33	34	46	Media	5	2.4	1.26	Solido-plastica	1.28	1.49	10	4.24			
7.9	15	39.71	800	855	32	34	46	Media	5	2.3	1.26	Solido-plastica	1.20	1.48	10	3.97			
8	16	40.85	800	859	33	34	46	Media	5	2.3	1.26	Solido-plastica	1.24	1.49	10	4.09			
8.1	15	38.30	800	849	32	34	46	Media	5	2.2	1.26	Solido-plastica	1.16	1.48	10	3.83			
8.2	15	38.30	800	849	32	34	46	Media	5	2.2	1.26	Solido-plastica	1.16	1.48	10	3.83			
8.3	15	38.30	800	849	32	34	46	Media	5	2.2	1.26	Solido-plastica	1.16	1.48	10	3.83			
8.4	16	40.85	800	859	32	34	46	Media	5	2.3	1.26	Solido-plastica	1.24	1.49	10	4.09			
8.5	16	40.85	800																

## SONDAGGIO n° 1



cptu 513

CTR: 239070

04/10/1998

Prof. falda: 1,65 m

