

DOTT. GEOL. GIUSTI ARRIGO
42019 SCANDIANO (R.E.) - VIA CESARI, 18
TEL. (0522) 984819 - (348) 9109596
www.geogiusti.it arrigogiusti@alice.it



COMUNE DI CORREGGIO
(Provincia di Reggio nell'Emilia)

VARIANTE AL PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA PA2
"PARCO AGRICOLO DI VIA ASTROLOGO"



COMMITTENTE : ANDRIA COOPERATIVA DI ABITANTI
SIMONAZZI ANDREA
IMM. G. DA CORREGGIO

RELAZIONE GEOLOGICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

CONSULENZE NEL CAMPO GEOLOGICO GEOTECNICO ED ESTRATTIVO

INDICE

1.	PREMESSA.....	3
2.	MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE.....	4
3.	INQUADRAMENTO TETTONICO E CENNI DI GEOLITOLOGIA.....	5
4.	METODOLOGIA D'INDAGINE	7
5.	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E PARAMETRI GEOTECNICI.....	9
6.	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E LOCALE.....	12
7.	IDROGEOLOGIA DELLA FALDA FREATICA	14
8.	SISMICITÀ DELL'AREA	16
9.	RISPOSTA SISMICA LOCALE SEMPLIFICATA	23
10.	MICROZONAZIONE SISMICA	27
11.	RISPOSTA SISMICA LOCALE APPROFONDITA DI III° LIVELLO.....	28
12.	VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE.....	31
13.	STIMA DEI CEDIMENTI IN CONDIZIONI POSTSISMICHE	32
14.	RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	33

- **ALLEGATI:**

- UBICAZIONE DELLE INDAGINI
- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
- SISMICA A RIFRAZIONE TIPO MASW
- RISPOSTA SISMICA LOCALE DI III° LIVELLO
- VERIFICA A LIQUEFAZIONE

1. PREMESSA

Con riferimento agli accordi intercorsi con l'Architetto Gianluca Marani, della Cooperativa di Abitanti ANDRIA di Correggio (RE), trasmetto la presente relazione geologica e sulla pericolosità sismica di base atta a definire le caratteristiche geomeccaniche e sismiche di un'area, sita in comune di Correggio (RE), su cui è in progetto l'autorizzazione della variante al piano particolareggiato d'iniziativa privata denominato PA2 "Parco Agricolo di Via Astrologo".

Le caratteristiche litologiche, idrogeologiche e sismiche dei terreni sono state determinate sulla base di indagini geognostiche e geofisiche realizzate nell'area in esame e nei suoi pressi. Più precisamente si fa riferimento ad un'indagine da me effettuata in un terreno immediatamente a monte di Via Astrologo, a n° 10 prove penetrometriche eseguite nel marzo 2003 da Geostudio del Dott. Geol. Vittorio Monelli a supporto dello studio di Piano Particolareggiato nonché ad una penetrometria ed un'indagine sismica tipo MASW, entrambe realizzate nel marzo 2012 dal Dott. Geol. Andrea Panzani a supporto della costruzione dello scolmatore interrato del PA2.

Il presente elaborato è stato redatto in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento per il settore geologico e geotecnico e consultando gli strumenti di pianificazione provinciale e di bacino.

Sono qui di seguito elencate le principali normative di riferimento:

- D.M. 14/1/2008 – "Testo unitario - Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 2/2/2009 – "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008";
- Delibera Assemblea Legislativa (DAL) n. 112/2007 Art. 16 c.1 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica";
- "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 (da qui in avanti “ICMS”);

- L. 64/74 - “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- D.M. 11/3/88 - “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Circolare Min. LL.PP. n°30483 24 settembre 1988;
- AGI: raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio e sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche. Giugno 1990;
- Legge regionale 30 ottobre 2008, n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico".

2. MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE

L’area in oggetto di studio, compresa tra le quote 30.7 m e 29.5 m s.l.m., è sita nella periferia orientale dell’abitato di Correggio.

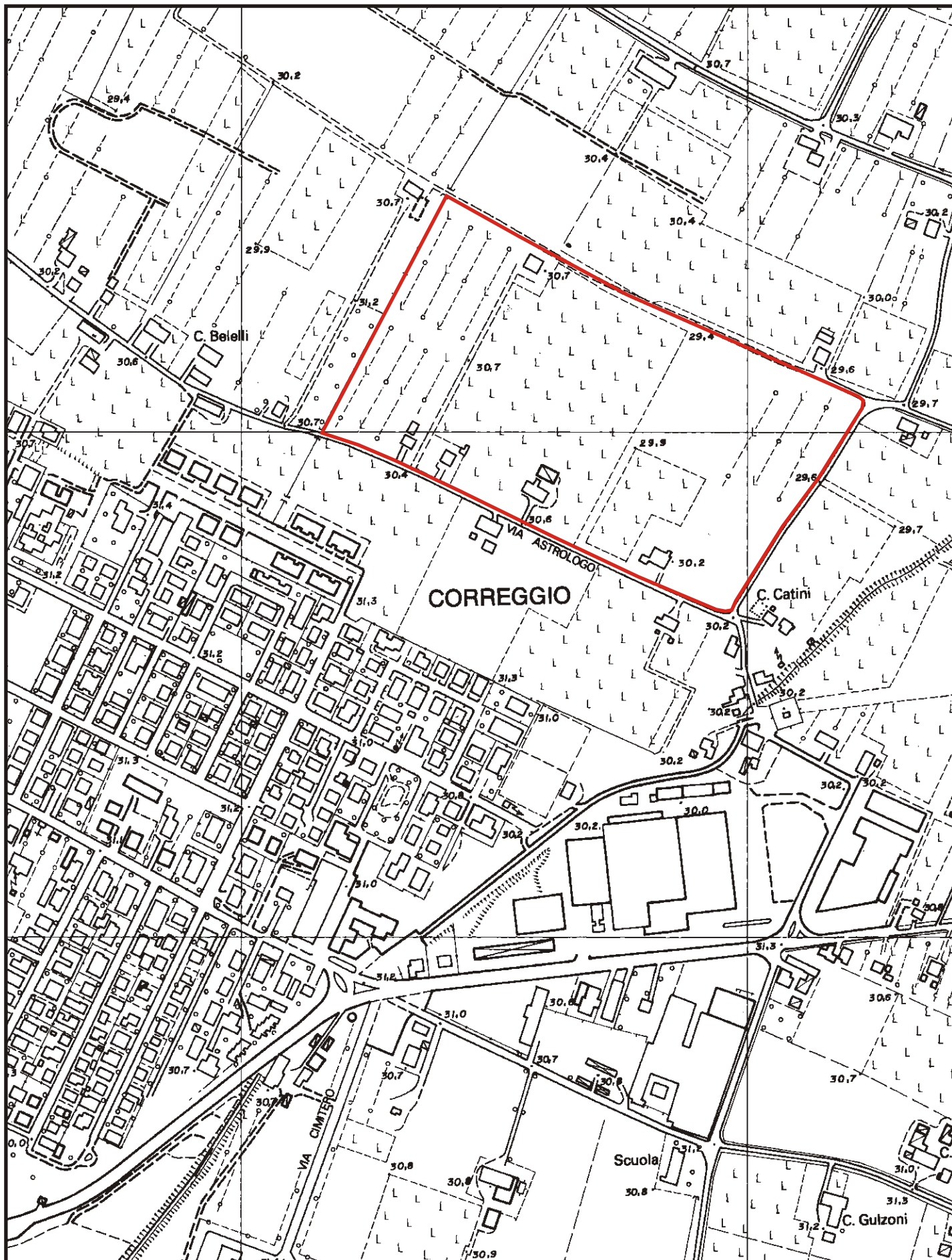
Più precisamente, il terreno in esame, ubicato ad occidente di C. Catini e del Cavo Argine, è delimitato, a sud, da Via Astrologo, a nord, da Via Falegname mentre verso est si estende sino a Via Madonna Quattro Vie (cf. stralcio dalla C.T.R. – elemento n° 201022 – Correggio Est; nonché immagine fotografica proposta sul frontespizio).

La planimetria generale di progetto individua, all’interno del Piano Particolareggiato di Iniziativa Privata, cinque comparti residenziali denominati ”cluster” (Cf. stralcio in allegato in scala 1:2000).

Secondo il Catasto del Comune di Correggio, l’area ricade inoltre nel Foglio 41 mappali 109, 145, 830, 832, 840, 842, 843, 845, 846, 848, 849 di proprietà della ditta Andria Cooperativa di abitanti e mappali 796, 797, 798, 799, 839 di proprietà delle ditte Immobiliare G. da Correggio e Andrea Simonazzi (cf. Estratto di planimetria catastale in scala 1 : 2.000).

STRALCIO DALLA C.T.R. IN SCALA 1: 5000

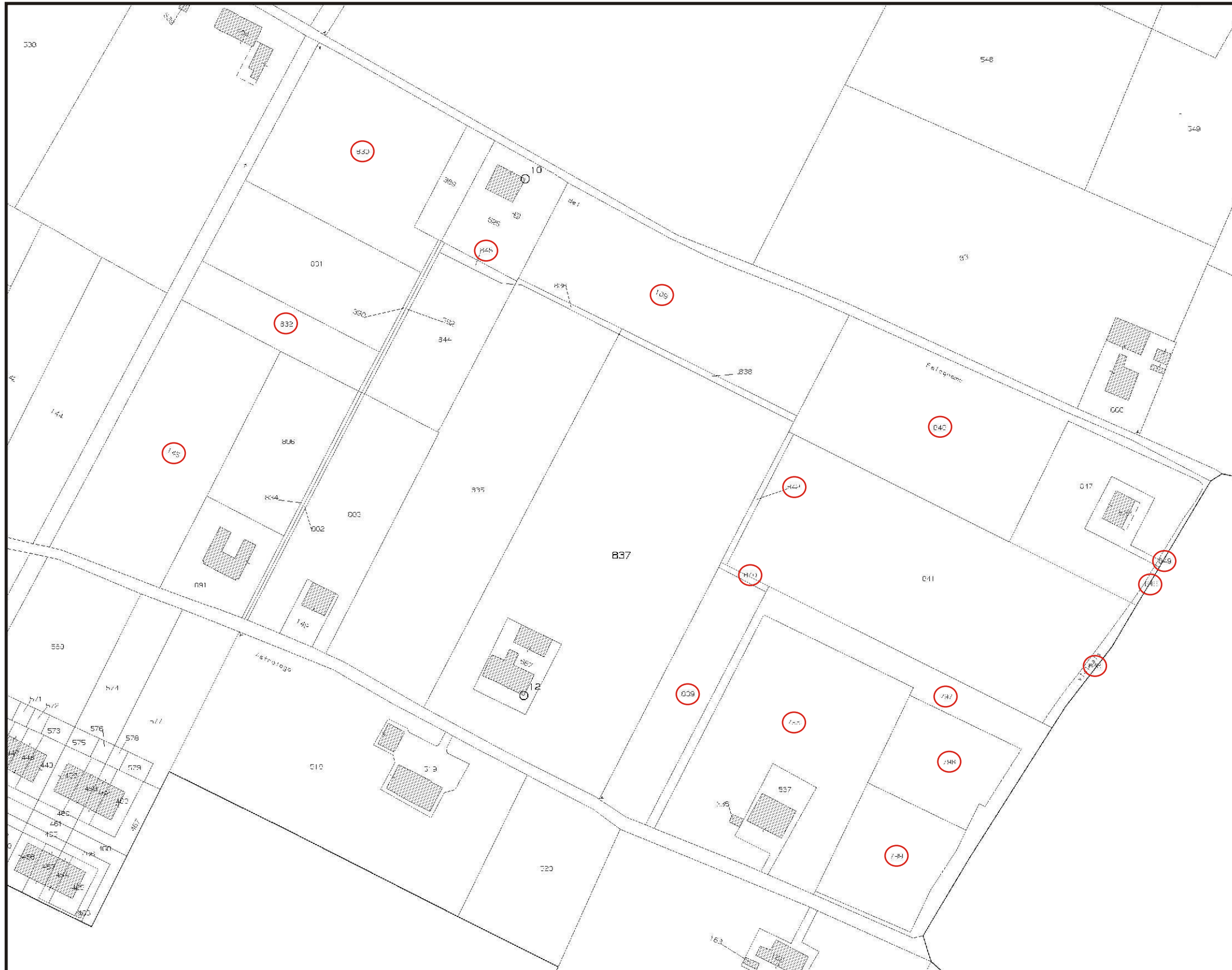
Elemento n° 201022 - Correggio Est



ESTRATTO DI PLANIMETRIA CATASTALE - COMUNE DI CORREGGIO (RE)

(SCALA 1:2000)

- Foglio 41 mappali 109, 145, 830, 832, 840, 842, 843, 845, 846, 848, 849 di proprietà della ditta Andria Cooperativa di abitanti
- Foglio 41 mappali 796, 797, 798, 799, 839 di proprietà delle ditte Immobiliare G. da Correggio e Andrea Simonazzi



PLANIMETRIA GENERALE DI PROGETTO

SCALA 1:2000



I suoli tipici di questa Unità Idrogeologica appartengono all'associazione dei "suoli alluvionali". Si tratta di entisuoli, generalmente calcarei e sub alcalini, a prevalente tessitura limo-argillosa. L'utilizzo originale di questi terreni è a seminativo; la potenzialità, piuttosto elevata, è limitata solamente dalla tessitura particolarmente fine.

Il regime pluviometrico della zona è di tipo continentale. Il valore medio annuo delle precipitazioni è di 683 mm con punte massime di piovosità in primavera (184 mm) ed in autunno (187 mm). La temperatura media mensile annua è di 12.7 °C, con valori medi massimi di 29.8 °C, per il mese di luglio, e minimi di -2.3 °C, per il mese di gennaio. L'escursione annua è quindi di 32.1 °C.

3. INQUADRAMENTO TETTONICO E CENNI DI GEOLITOLOGIA

L'intero territorio del Comune risulta compreso nel bacino subsidente pliocenico-quadernario della Pianura Padana, costituito da un'ampia depressione a stile compressivo colmata da sedimenti mesozoici, terziari e quadernari.

I litotipi che compongono il primo sottosuolo, in relazione alle evoluzioni idrografiche di fiumi e torrenti, hanno un andamento lentiforme, discontinuo, con passaggi laterali e verticali da una componente granulometrica all'altra più o meno gradualmente.

Dal punto di vista stratigrafico, il territorio in esame si presenta quindi di una complessità non trascurabile dovuta a migrazioni di fiumi e torrenti, al costipamento differenziato dei sedimenti fluviali, nonché al massiccio intervento antropico volto alla regimazione dei corsi d'acqua, con tutta una serie di deviazioni, canalizzazioni e bonifiche.

Consultando la cartografia geologica ufficiale, si può facilmente notare come il territorio di Correggio si trovi in prossimità dell'asse di un'anticlinale sepolta che, con direzione SW/NE, costituisce le ultime propaggini della dorsale ferrarese.

In questa località l'Agip Mineraria ha effettuato una serie di trivellazioni per la ricerca di idrocarburi, il più profondo dei quali raggiunge i 2605 m dal p.c.

I dati forniti da queste indagini hanno consentito di quantificare lo spessore dei sedimenti e delle alluvioni quaternarie in circa 1000 m tuttavia, secondo quanto riportato dal “Rilevamento-studio delle risorse idriche sotterranee nel territorio della provincia di Reggio Emilia” edito dall'Amministrazione provinciale, il limite effettivo delle conoscenze stratigrafiche è di 220 m dal piano campagna.

Utilizzando una sezione riportata nello studio in precedenza citato, si nota che, a intervalli regolari, abbiamo numerosi livelli sabbiosi che si alternano alla prevalente massa limo-argillosa.

Caratteristica principale di questi sedimenti è infatti la prevalenza di materiali limo-argillosi rispetto a quelli permeabili.

La carta geologica del Servizio Geologico d'Italia (Foglio n° 74 - Reggio nell'Emilia), evidenzia come il territorio in esame si caratterizzi per la presenza, in superficie, di alluvioni oloceniche prevalentemente argillose.

Secondo le classificazioni adottate su tutto il territorio regionale dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, tutto il territorio in esame ricade all'interno della cosiddetta Unità di Modena, in questa zona caratterizzata da limi sabbiosi.

Studi recenti, che hanno consentito di ricostruire con maggior dettaglio la natura del primo sottosuolo della pianura reggiana (Cf. Carta della Litologia di Superficie in scala 1:25.000), mettono altresì in risalto che la zona in esame ricade su “depositi prevalentemente limosi con lenti sabbiose in subordine” che, verso O/NO, sfumano in “depositi prevalentemente sabbiosi, con scarse lenti di ghiaie fini e/o di limi”e, a Sud, invece in “depositi prevalentemente argillosi o argilloso-limosi”.

4. METODOLOGIA D'INDAGINE

Come anticipato in premessa, le caratteristiche litologiche e geomeccaniche del primo sottosuolo vengono qui di seguito determinate interpretando i dati ricavati da dodici indagini penetrometriche; nella fattispecie, sono state utilizzate una prova penetrometrica da me effettuata in un terreno immediatamente a monte di Via Astrologo, n° 10 prove penetrometriche eseguite nel marzo 2003 dal Dott. Geol. Vittorio Monelli a supporto dello studio di Piano Particolareggiato nonché una penetrometria ed un'indagine sismica tipo MASW, entrambe effettuate nel marzo 2012 dal Dott. Geol. Andrea Panzani per la realizzazione dello scolmatore interrato del PA2.

Le prove penetrometriche statiche CPT, sia l'indagine da me effettuata sia quella realizzata dal Dott. Geol. Andrea Panzani, sono state eseguite rispettivamente avvalendosi di un penetrometro statico tipo Gouda da 10 t ed un penetrometro cingolato statico-dinamico Super-Pesante Pagani Tg 63/200. Entrambe le penetrometrie statiche (di tipo meccanico) consistono essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm/sec} \pm 0.5 \text{ cm/sec}$). La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) opportunamente ancorato al suolo (ovvero zavorrato), che agisce su una batteria doppia di aste (aste esterne cave e aste interne piene coassiali), alla cui estremità inferiore è collegata la punta. Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura, collegato al martinetto idraulico.

La punta conica (di tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante per la misura dell'attrito laterale (punta/manicotto tipo "Begemann").

Le dimensioni della punta/manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro di base del cono $\phi = 35.7 \text{ mm}$
- area della punta conica $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo apertura del cono $\alpha = 60^\circ$
- superficie laterale del manicotto $m = 150 \text{ cm}^2$

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'approfondimento.

Nei diagrammi e tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture di campagna, durante l'infissione dello strumento):

- R_p (Kg/cm^2) = resistenza alla punta (conica)

- R_L (Kg/cm^2) = resistenza laterale (manicotto)

(la resistenza alla punta R_p e la resistenza laterale R_L sono rilevate a intervalli regolari di 20 cm).

Oltre all'elaborazione dei valori di resistenza del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati, in base al rapporto R_p/R_L fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro (Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977), ovvero in base ai valori di R_p e del rapporto $FR = (R_L/R_p) \%$ (esperienze di Schmertmann - 1978). Sempre con riferimento alla prova penetrometrica statica CPT, nelle tavole allegate sono riportate indicazioni concernenti i principali parametri geotecnici (coesione non drenata C_u , angolo di attrito interno efficace ϕ' , densità relativa D_r , modulo edometrico M_o , moduli di deformazione non drenato E_u e drenato E' , peso di volume Y , ecc.).

Le *n° 10 prove penetrometriche*, eseguite dal Dott. Geol. Vittorio Monelli, sono state invece effettuate utilizzando un penetrometro leggero "Dinastar" ad assetto variabile statico-dinamico con acquisizione dei dati mediante punta meccanica "Begemann" (Dutch Mantle Cone standard).

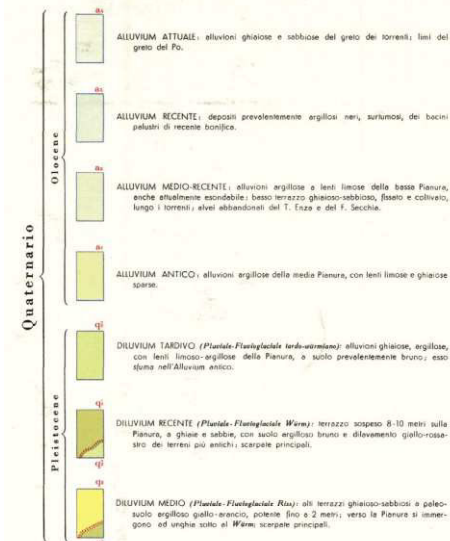
Nelle prove penetrometriche statiche (CPT), l'asta terminante con la punta conica è incamiciata in un manicotto e libera di muoversi rispetto ad esso; l'infissione della punta conica avviene per pressione, mentre il manicotto viene abbassato successivamente per battitura (Dinastar). Questa operazione viene ripetuta ogni 10 cm (Dinastar) e si misurano la pressione sulla punta conica e il numero di colpi necessari alla discesa del manicotto. Questo permette di separare la resistenza alla penetrazione in due componenti, l'una relativa alla resistenza di punta q_c e l'altra relativa all'attrito frizionale lungo il manicotto f_s . La valutazione del rapporto q_c/f_s rende possibile un'interpretazione stratigrafico-granulometrica degli grafici penetrometrici.

CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

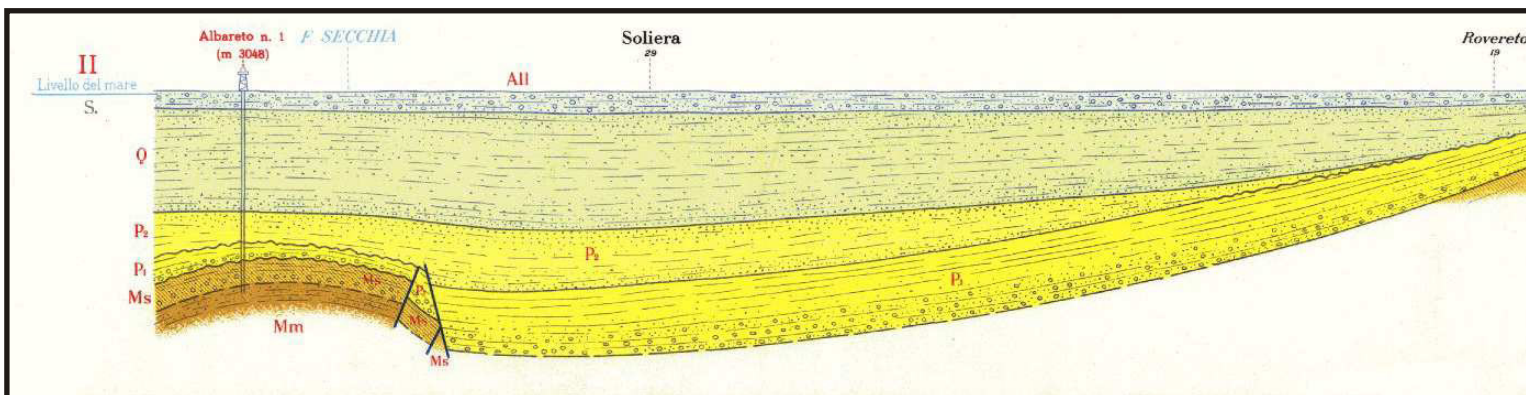
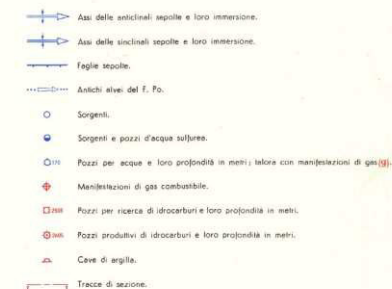
Foglio n° 74 - Reggio nell'Emilia



LEGENDA

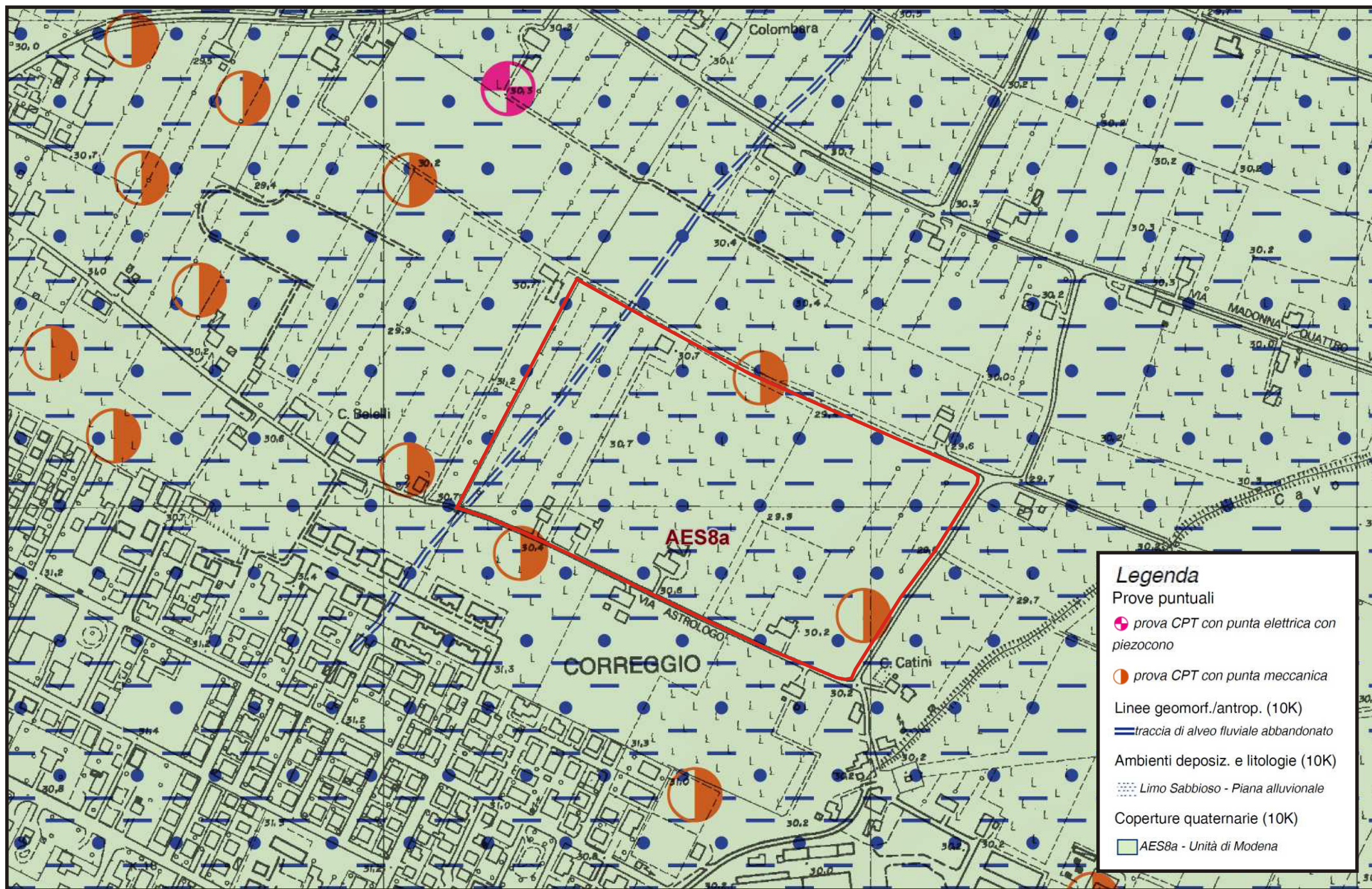


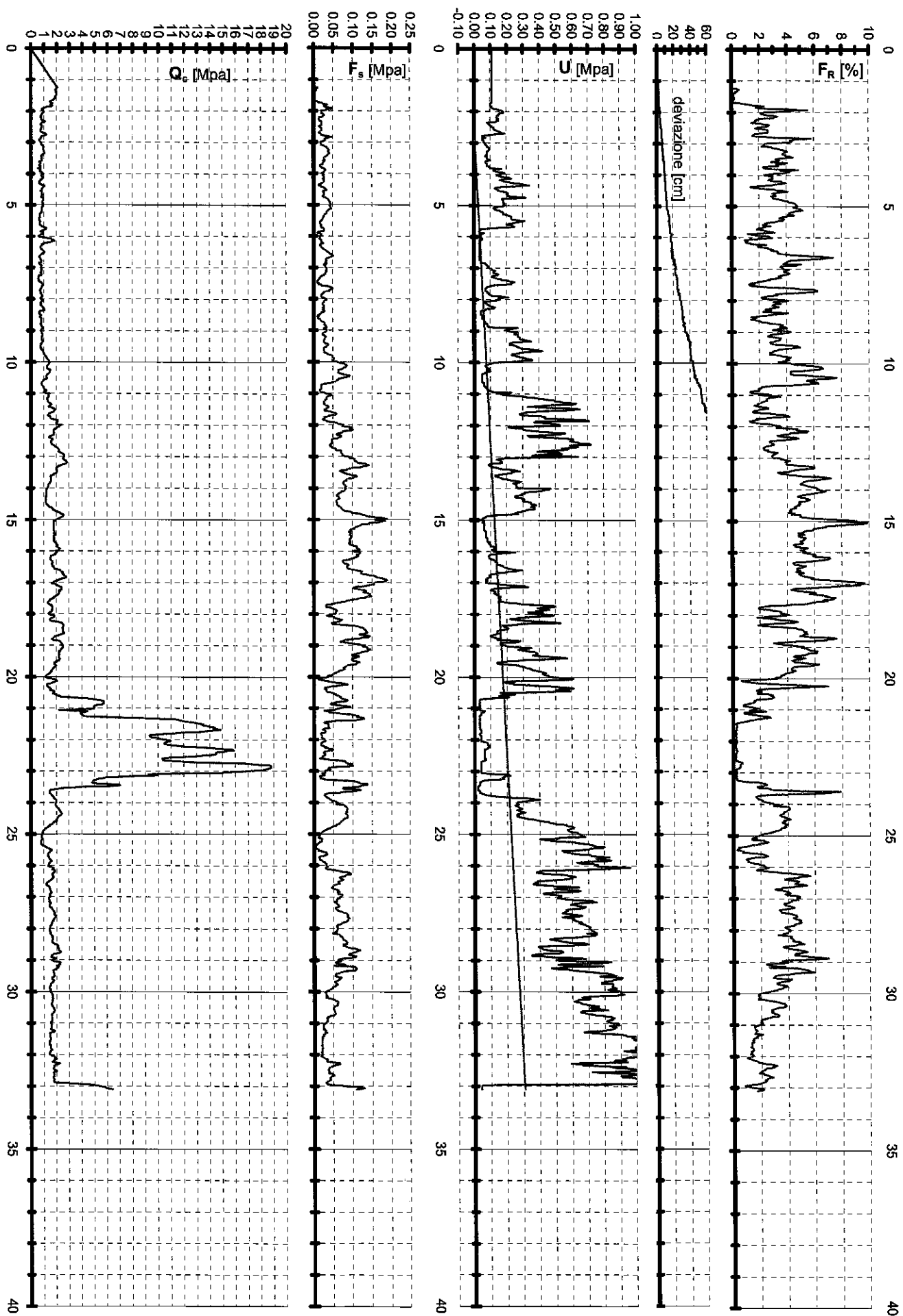
Litologia di superficie delle formazioni quaternarie continentali



CARTA GEOLOGICA DEL PROGETTO CARG DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA

SCALA 1:5000





CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE

(SCALA 1 : 25.000)

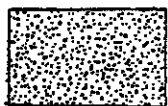
LEGENDA



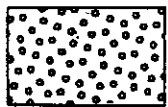
Depositi prevalentemente argillosi o argilloso-limosi.
Olocene



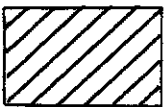
Depositi prevalentemente limosi con lenti sabbiose
in subordine. Olocene



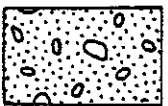
Depositi prevalentemente sabbiosi, con scarse lenti
di ghiaie fini e/o di limi. Pleistocene sup.-Olocene



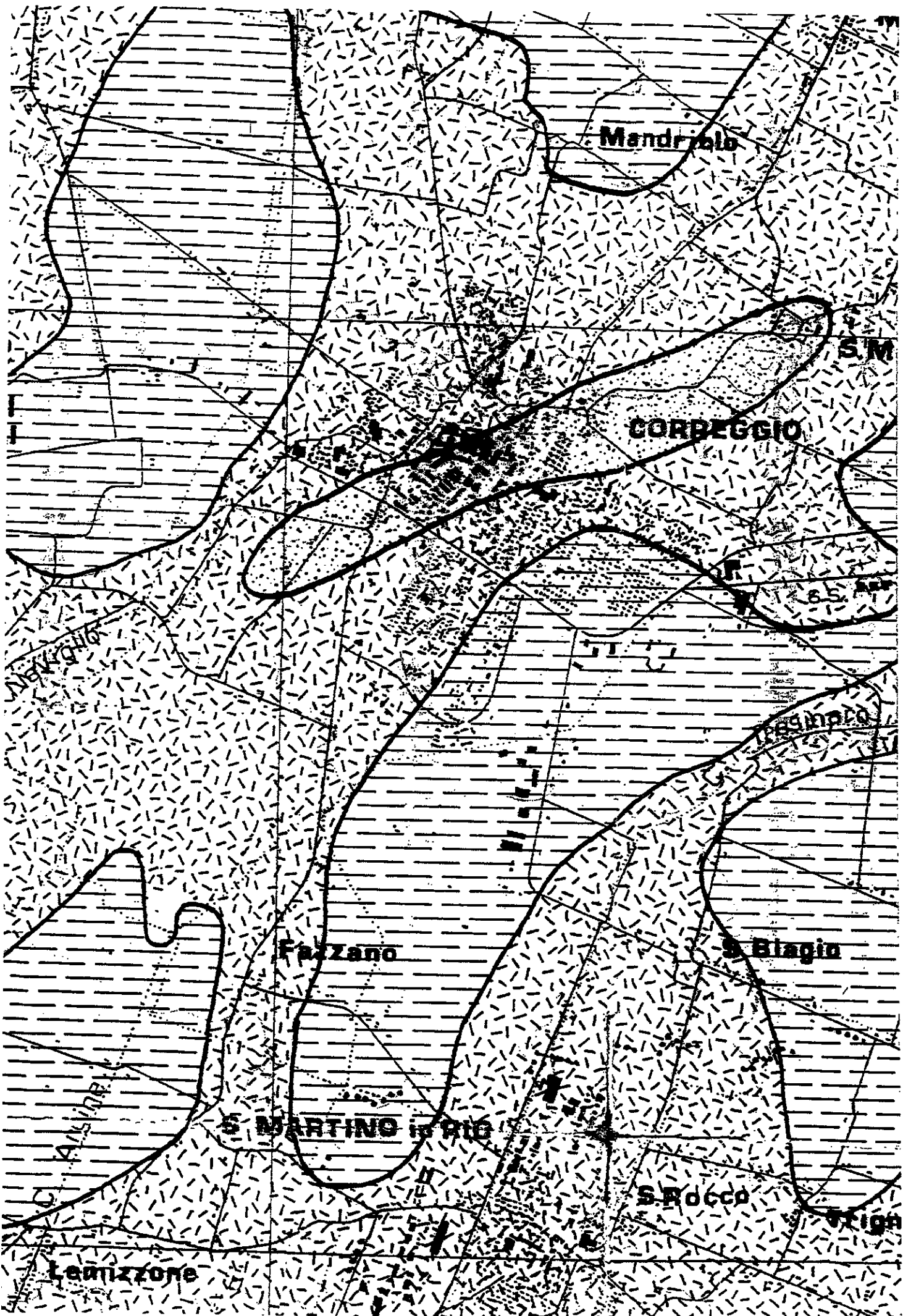
Depositi di ghiaie eterometriche alternati a
livelli con granulometria piu' fine.
Pleistocene sup. (Wurm)-Olocene



Ghiaie grossolane debolmente cementate con lenti
di sabbie e limi sabbiosi. Limi eolici (Loess)
dell' altopiano del Ghiardo. Riss



Conglomerati sabbioso-arenacei con clasti alterati.
Mindel



5. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E PARAMETRI GEOTECNICI

Confermando, così come da bibliografia, la natura di questi terreni, le prove penetrometriche statiche, spinte sino alla profondità massima di 15 m dalla quota dell'attuale piano cortilivo, hanno accertato una preponderanza di limi ed argille, talora ad elevata componente organica e torbosa, a cui, nei primi 4.5 m e tra 7.5 m e 8.5 m, si alternano lenti di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie.

Per l'interpretazione dei dati oltre la profondità di 15 m, ci si è altresì avvalsi delle risultanze di una penetrometria statica con piezocono, spinta sino alla profondità di 35 m, reperibile dal sito del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna. La prova, effettuata a NO del lotto in esame, evidenzia che anche in profondità, appunto oltre i 15, vi è una preponderanza di materiali, di natura prevalentemente coesiva, molto consistenti a cui, tra i 21 m ed i 24 m, si alternano sabbie limose e sabbie ad elevato grado di addensamento.

In sintesi, le indagini consentono di ricostruire, per i vari strati, le caratteristiche litologiche ed i parametri geotecnici caratteristici:

Livello A

Coltre che dal piano campagna, annettendo il preesistente suolo, costituito da argille ad elevata componente organica e torbosa, della potenza di circa un metro, si approfondisce sino a 4.5 m in limi ed argille a cui si alternano sottili livelli di limi sabbiosi e sabbie limose, con valori di:

$$\gamma = 1.85 \text{ t/m}^3 = 18.14 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.95 \text{ t/m}^3 = 19.12 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0.6 \text{ kg/cm}^2 = 58.83 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.15 \text{ kg/cm}^2 = 14.71 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 22 [^\circ]$$

$$M_o = 50 \text{ kg/cm}^2 = 4903 \text{ kPa}$$

$$E = 40 \text{ kg/cm}^2 = 3922 \text{ kPa}$$

Livello B

Da 4.5 m sino a 7.5 m dal p.c., vi è una prevalenza di argille, talora ad elevata componente organica e torbosa, con valori di:

$$\gamma = 1.85 \text{ t/m}^3 = 18.14 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.95 \text{ t/m}^3 = 19.12 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0.5 \text{ kg/cm}^2 = 49 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.1 \text{ kg/cm}^2 = 9.81 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 15 [^\circ]$$

$$M_o = 40 \text{ kg/cm}^2 = 3922 \text{ kPa}$$

$$E = 30 \text{ kg/cm}^2 = 2941 \text{ kPa}$$

Livello C

Banco di sabbie limose e sabbie, che da 7.5 m si approfondisce sino a 8.5 m dal p.c., con valori:

$$\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3 = 18.63 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.95 \text{ t/m}^3 = 19.12 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0 \text{ kg/cm}^2 = 0 \text{ kPa}$$

$$c' = 0 \text{ kg/cm}^2 = 0 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 25 [^\circ]$$

$$M_o = 80 \text{ kg/cm}^2 = 7845 \text{ kPa}$$

$$E = 70 \text{ kg/cm}^2 = 6864 \text{ kPa}$$

Livello D

Da 8.5 m sino a 21 m, vi sono argille ed argille sabbioso limose consistenti con livelli di sabbie limose, con valori di:

$$\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3 = 18.63 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 2.00 \text{ t/m}^3 = 19.61 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0.8 \text{ kg/cm}^2 = 78.45 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.2 \text{ kg/cm}^2 = 19.61 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 22 [^\circ]$$

$$M_o = 80 \text{ kg/cm}^2 = 7845 \text{ kPa}$$

$$E = 70 \text{ kg/cm}^2 = 6864 \text{ kPa}$$

Livello E

Banco di sabbie limose e sabbie, che da 21 m si approfondisce sino a 24 m, con valori di:

$$\gamma = 1.95 \text{ t/m}^3 = 19.12 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 2.00 \text{ t/m}^3 = 19.61 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0 \text{ kg/cm}^2 = 0 \text{ kPa}$$

$$c' = 0 \text{ kg/cm}^2 = 0 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 28 [^\circ]$$

$$M_o = 100 \text{ kg/cm}^2 = 9806 \text{ kPa}$$

$$E = 90 \text{ kg/cm}^2 = 8825 \text{ kPa}$$

Livello F

Oltre 24 m vi sono argille consistenti con livelli di sabbie limose, con valori di:

$$\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3 = 18.63 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 2.00 \text{ t/m}^3 = 19.61 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0.7 \text{ kg/cm}^2 = 68.64 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.15 \text{ kg/cm}^2 = 14.71 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 20 [^\circ]$$

$$M_o = 70 \text{ kg/cm}^2 = 6864 \text{ kPa}$$

$$E = 60 \text{ kg/cm}^2 = 5883 \text{ kPa}$$

dove:

γ = peso di volume; γ_{sat} = peso di volume saturo; C_u = coesione non drenata; c' = coesione efficace;

ϕ' = angolo di attrito; M_o = modulo edometrico; E = modulo elastico.

6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E LOCALE

L'acquifero che si rinviene nel territorio del Comune di Correggio (R.E.) è ascrivibile all'Unità Idrogeologica della Media Pianura. In realtà, quest'ultima è costituita da un insieme di unità idrogeologiche appenniniche, malamente individuabili e suddividibili, che possono essere accumulate in un'unica unità dalle caratteristiche abbastanza omogenee.

I limiti territoriali di questa zona sono infatti molto sfumati verso sud mentre sono abbastanza netti verso nord, a confine con l'Unità idrogeologica del Po.

La caratteristica principale di questa unità è la prevalenza di materiali limo-argillosi impermeabili rispetto a quelli permeabili: si tratta pertanto di una zona povera di acque sotterranee.

I materiali permeabili, acquiferi, sono rappresentati da sabbie (le ghiaie sono quasi assenti) in lenti sottili e discontinue. L'alimentazione delle falde è ancora di provenienza appenninica, dalle falde delle conoidi dell'Enza, del Secchia e dei corsi d'acqua minori; l'infiltrazione diretta, dal suolo, è invece molto limitata. È altresì accertato che, a profondità superiori ai 300 metri, le falde hanno spessore e continuità maggiore, ma cambia sensibilmente il chimismo dell'acqua.

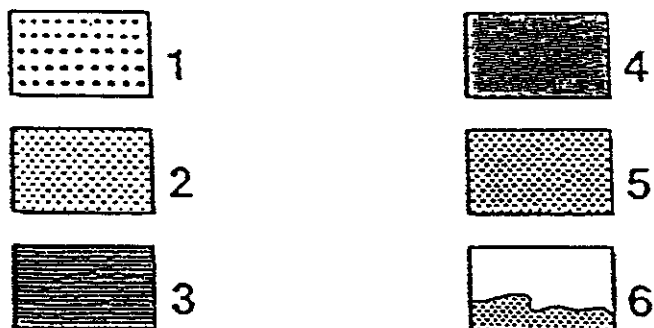
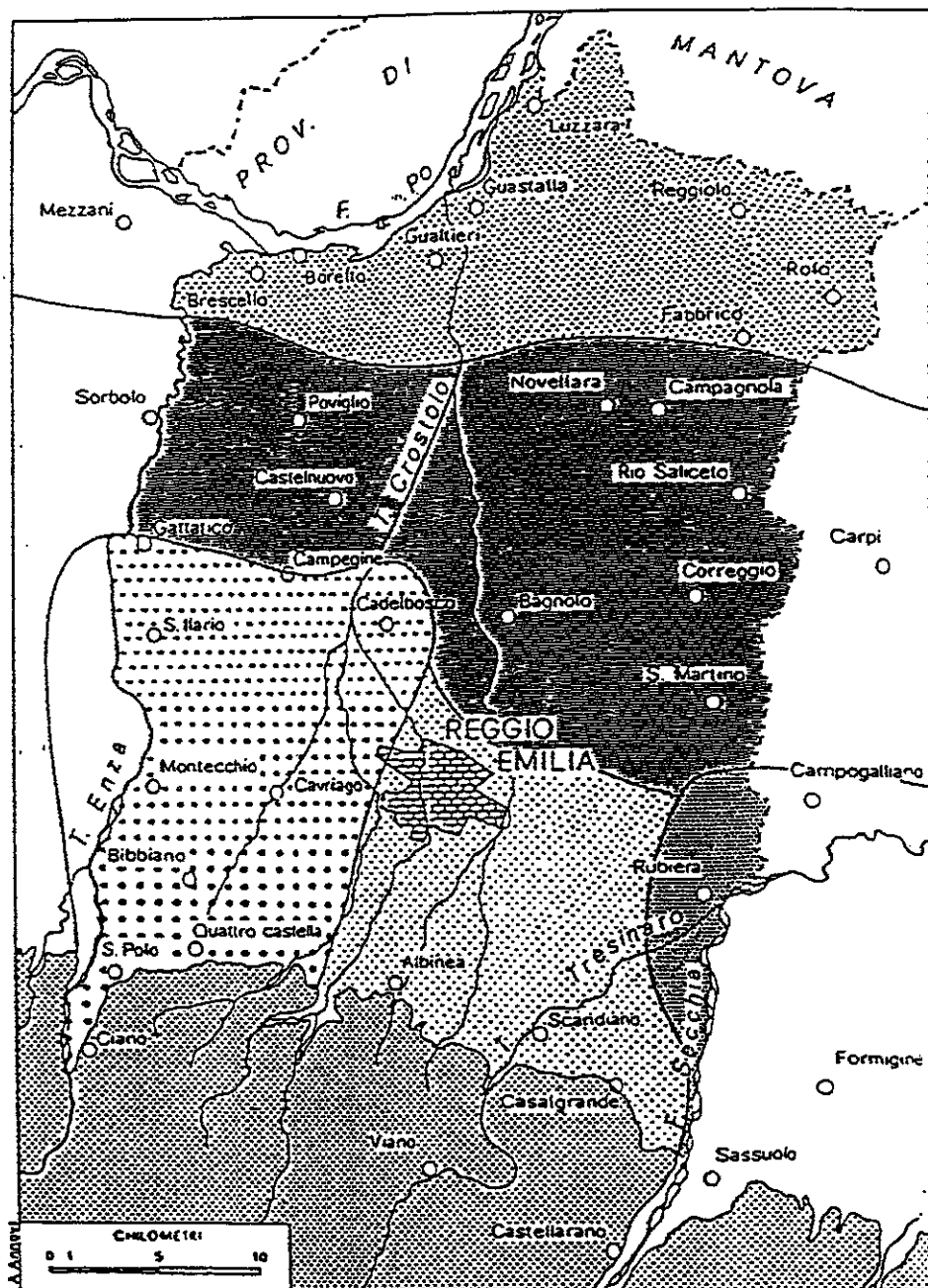
I numerosi dati acquisiti con perforazioni per pozzi idrici e sondaggi geognostici effettuati nel territorio hanno consentito di ricostruire, per i primi 220 metri del sottosuolo, la serie idrogeologica locale. La serie è stata ricreata nell'ambito di studi territoriali quali il "Rilevamento-studio delle risorse idriche sotterranee nel territorio della provincia di Reggio Emilia" - Editto dall'Amministrazione Provinciale di Reggio Emilia e lo "Studio geologico del territorio di media pianura: Comprensorio Carpi-Correggio".

Come in precedenza accennato, nel territorio in esame, l'acquifero si caratterizza per l'alternanza di litotipi argillosi e argilloso-limosi con frequenti lenti di sabbia.

La serie può essere così sintetizzata:

a) orizzonte a litologia variabile, della potenza di 15-20 metri, costituito da un'alternanza di livelli lentiformi formati da argille, torbe e sabbie medio-fini talvolta affioranti; all'interno del suddetto

Figura 1) - Distribuzione delle unità idrogeologiche della pianura reggiana: 1) Unità idrogeologica del T. Enza; 2) Unità idrogeologica dei corsi d'acqua minori; 3) Unità idrogeologica del F. Secchia; 4) Unità idrogeologica della media pianura; 5) Unità idrogeologica del F. Po; 6) Terreni impermeabili del margine appenninico che delimitano a sud i bacini idrici sotterranei.



L'elaborato è tratto da "Indagine sullo stato delle acque sotterranee della pianura reggiana"; 1988 - Amministrazione Provinciale di Reggio nell'Emilia

orizzonte è sempre presente, in livelli sabbiosi di paleoalveo a struttura spiccatamente lentiforme, l'acquifero freatico direttamente interessato da ricarica per infiltrazione dalla superficie;

b) unità sostanzialmente impermeabile formata prevalentemente da limi e argille - potenza da 15 m a 30 m;

c) orizzonte permeabile, formato da sabbie fini, avente uno spessore variabile tra 3 m e 6 m, che di solito si riscontra tra -35 m e -45 m dal p.c.; è questo il primo acquifero artesiano che è tuttavia permeato da acque di qualità scadente;

d) complesso impermeabile, dello spessore di 20/40 m, formato da livelli argillosi più o meno limosi con locali intercalazioni sabbioso fini limose;

e) livello sostanzialmente sabbioso, della potenza di 3/6 metri, rinvenibile mediamente tra -60 m e -80 m dal p.c., permeato da acque dolci;

f) orizzonte impermeabile, della potenza di 25/35 m, che si riscontra tra -80 m e -110 m dal p.c., che ingloba lenti sabbiose - sabbioso fini;

g) unità permeabile sostanzialmente sabbiosa, della potenza di 2/5 m, rilevabile tra 90 m e 120 m dal p.c.;

h) insieme impermeabile, prevalentemente argilloso limoso, posto generalmente tra 120 m e 160 m dal p.c.;

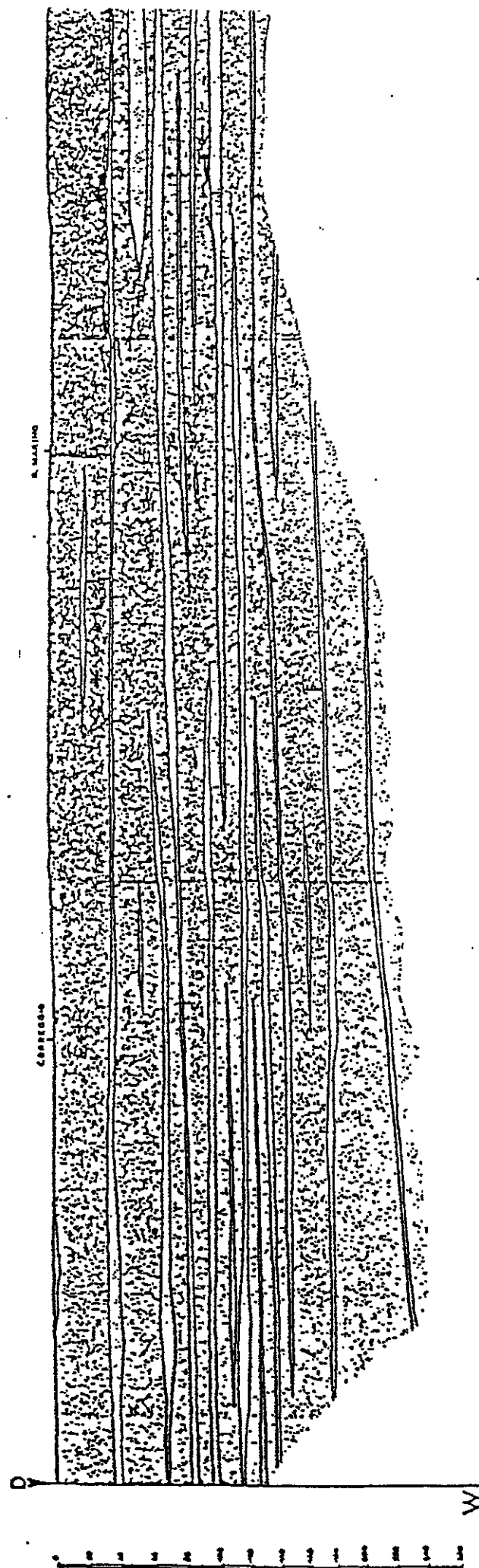
i) livello permeabile, avente uno spessore medio di cinque metri, posto tra 160 m e 190 metri dal p.c.;

l) insieme impermeabile, prevalentemente argilloso limoso, avente uno spessore di 20/30 m, posto tra 180 m e 210 m dal p.c.;

m) livello permeabile, in litotipi prevalentemente sabbiosi, avente uno spessore di 3/8 m, posizionato tra 190 m e 220 m dal p.c.

Come è facilmente intuibile, tale schematizzazione è puramente indicativa, vista l'estrema variabilità laterale e verticale dei depositi in esame.

L'elaborato è tratto da "Studio geologico del territorio di media pianura: Comprensorio Carpi-Correggio"



legenda

 litotipi prevalentemente argillosi e argilloso limosi

 litotipi prevalentemente sabbiosi

7. IDROGEOLOGIA DELLA FALDA FREATICA

Nel territorio di Correggio sono stati effettuati numerosi studi che, tra l'altro, si sono proposti di ricostruire, in dettaglio, l'assetto idrogeologico della falda freatica. La morfologia della superficie freatica è stata pertanto desunta da rilevazioni del livello statico in pozzi a grande diametro.

In tal senso, il Prof. Maurizio Pellegrini, all'epoca Ordinario di Geologia Applicata presso l'Università degli Studi di Modena, nell'indagine geologico-ambientale allegata alla Variante Generale al P.R.G., riprendendo studi precedenti effettuati dal Prof. Sergio Tagliavini, a sua volta per decenni docente di geologia dell'Università degli Studi di Parma, afferma che “Dalla morfologia della superficie freatica, possiamo notare che questa coincide con l'andamento della superficie topografica e presenta quindi un andamento complessivamente Sud/Ovest-Nord/Est, caratteristico di questo tratto della media pianura. I gradienti idraulici sono molto bassi e oscillano attorno a valori dell'1-3%”.

In effetti, la conformazione della falda freatica, oltre che dall'assetto topografico, è condizionata dall'andamento del substrato impermeabile, dai valori di trasmissività dell'acquifero, dal reticolo idrografico superficiale e dai terreni affioranti al piano campagna.

Nel territorio a N/NE di Correggio, l'andamento complessivo della superficie freatica rispecchia quello individuato dal Prof. M. Pellegrini, quindi sostanzialmente SO-NE.

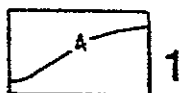
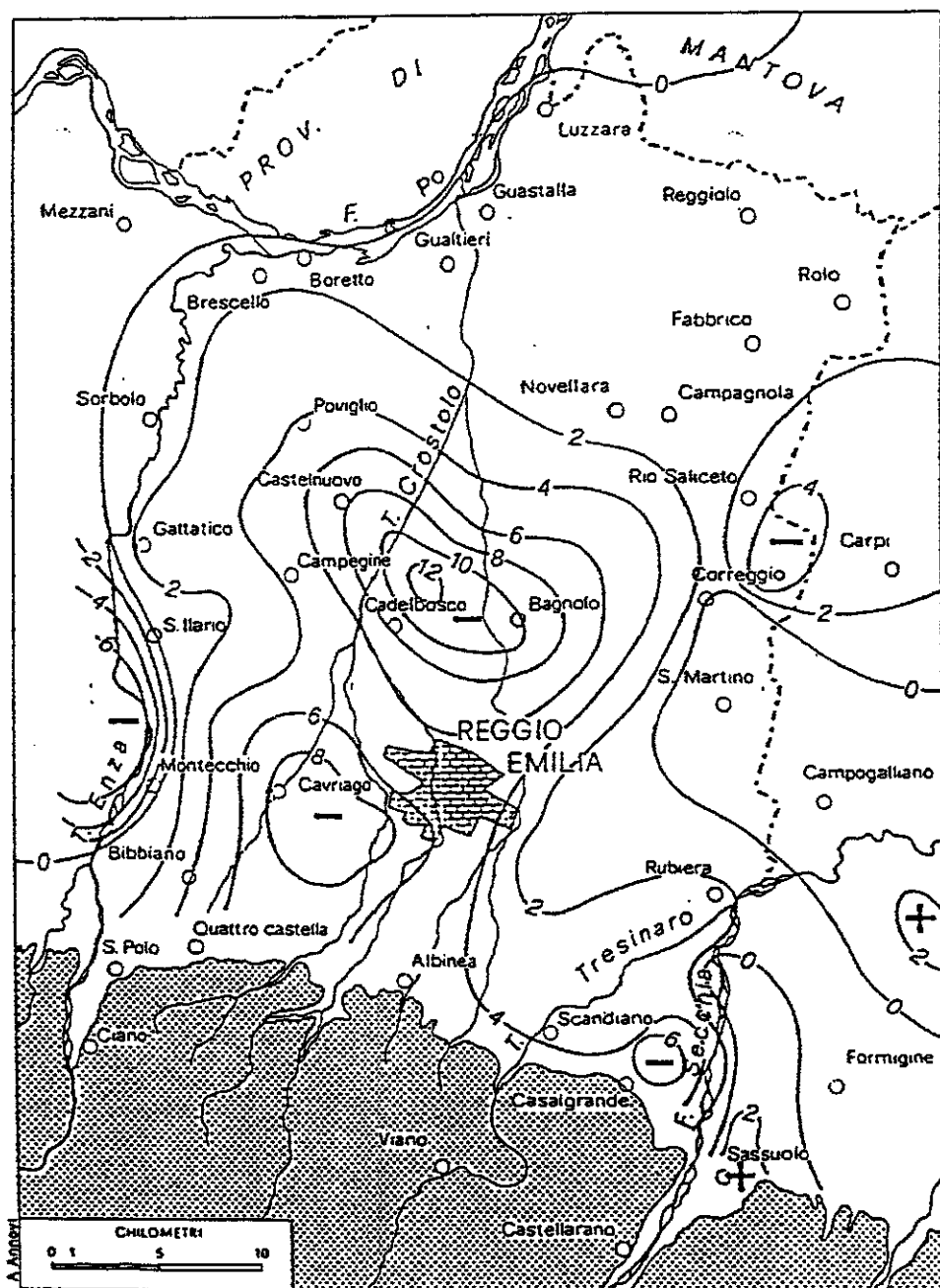
La Carta delle Isopieze della Falda Freatica (cf. stralcio tratto dalla tav. G3 del P.S.C. del Comune di Correggio) visualizza che nella periferia est dell'abitato la superficie freatica defluisce verso un asse di drenaggio sotterraneo principale che affianca uno spartiacque idrico principale che sempre con andamento da SO verso NE attraversa il paese. Il lotto è situato quasi in corrispondenza di questo asse di drenaggio con un deflusso sotterraneo delle acque qui direzionato da SE verso NO.

In carta, il lotto ricade tra le isopieze 28.5 m e 28 m s.l.m., da cui si ricava una profondità della falda tra 2.7 m e 1 m rispetto alla quota del piano campagna. A prescindere dalla penetrometria realizzata il 15 novembre 2012 in cui era stata misurata una profondità di falda di 3.9 m rispetto alla

quota di inizio indagine, valore anomalo in quanto comprensivo di una coltre superficiale di terreno di riporto al di sopra del terreno naturale, le altre misure, effettuate in epoche diverse nei fori d'indagine, rientrano sostanzialmente nel range di variabilità della falda prospettato dalla Carta delle Isopieze della Falda Freatica di P.S.C.

Pur non segnalando le carte tematiche, in tutto il territorio del Comune di Correggio, sostanziali variazioni nel tempo dell'assetto idrogeologico sotterraneo (cf. figura 2 in allegato tratta da "Indagine sullo stato delle acque sotterranee della pianura reggiana") è del resto giustificata nel corso dell'anno una variabilità stagionale. Come riscontrato in occasione di numerosi studi effettuati nel territorio, mentre infatti, durante i mesi estivi, è innegabile un abbassamento del livello dell'acquifero freatico, in concomitanza di prolungati periodi di piogge non è invece da sottovalutare un suo innalzamento a una quota vicina al piano campagna, ~1 m, simile alle profondità misurate nel marzo 2003 da Geostudio del Dott. V. Monelli.

Figura 21 - Curve di uguale variazione del livello statico delle falde sotterranee nel periodo ottobre 1976 - ottobre 1983;
 1) Curve di uguale variazione in metri;
 2) Terreni impermeabili del margine appenninico che delimitano a sud i bacini idrici sotterranei.



1

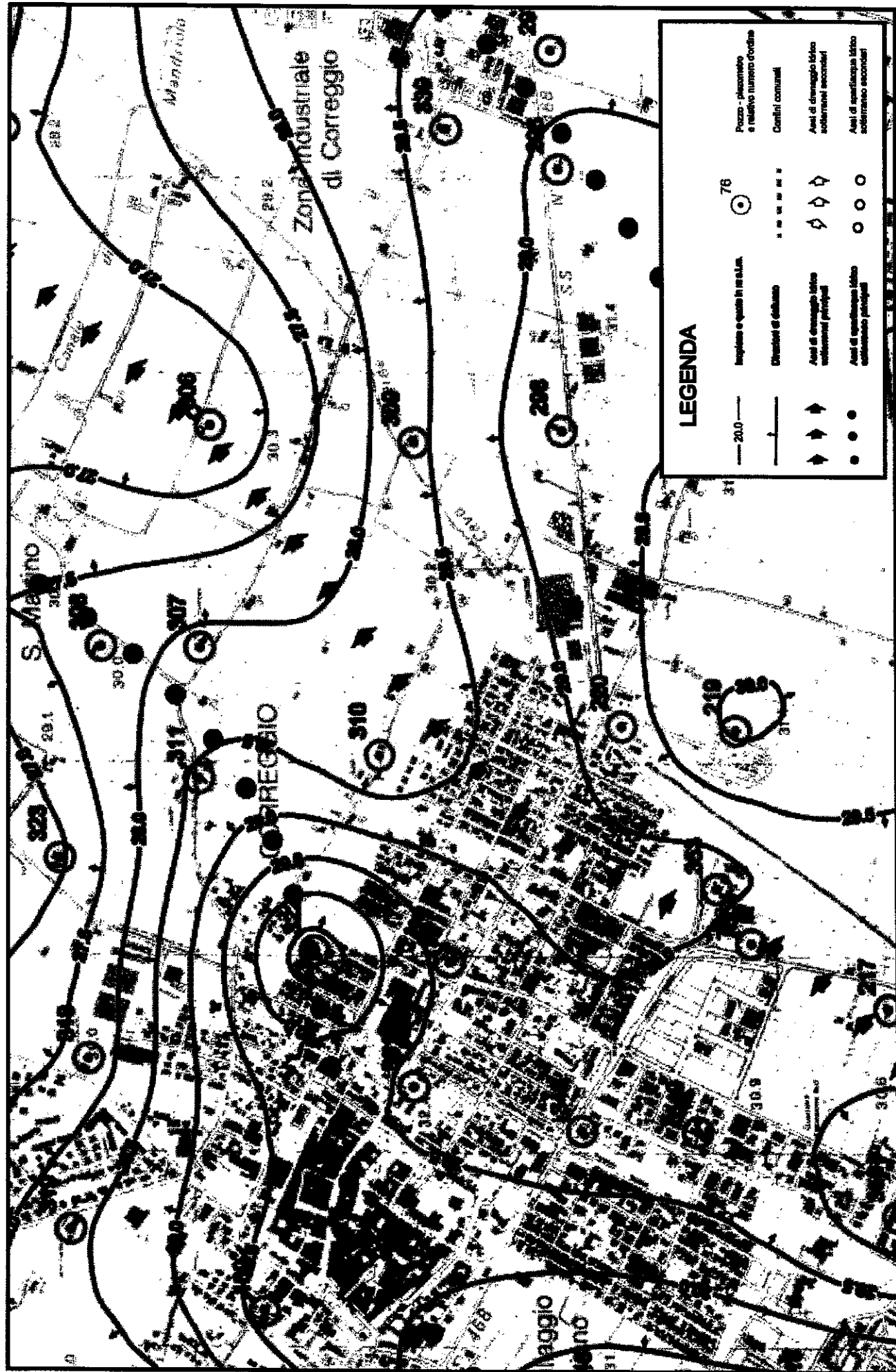


2

L'elaborato è tratto da "Indagine sullo stato delle acque sotterranee della pianura reggiana"; 1988 - Amministrazione Provinciale di Reggio nell'Emilia

CARTA DELLE ISOPIEZE DELLA FALDA FREATICA

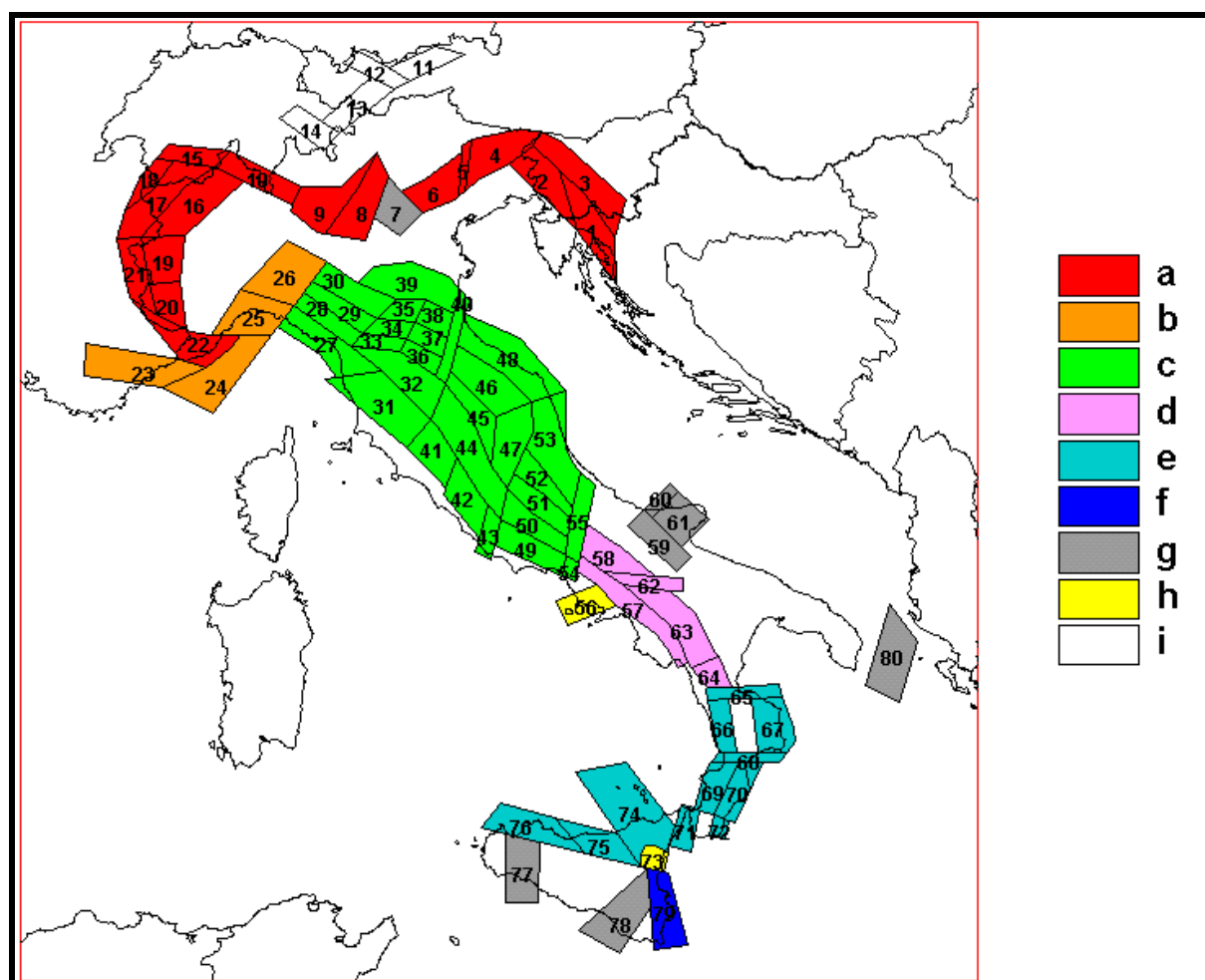
Stralcio tratto dalla tav. G3 del P.S.C. del Comune di Correggio



8. SISMICITÀ DELL'AREA

Per caratterizzare la sismicità dell'area si è fatto riferimento, oltre che alla normativa vigente, ai dati disponibili in letteratura ed in particolare ai lavori svolti dal GNDT del CNR (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti).

Si è presa in considerazione la zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS4 (progetto di P. Scandone e M. Stucchi – marzo 1999 – cf. tav. seg.) che considera 80 sorgenti omogenee dal punto di vista strutturale e sismogenetico. Secondo questa suddivisione l'area oggetto di studio ricade nell'area 39, appartenente alla fascia padano-adriatica in compressione legata allo sprofondamento passivo della litosfera adriatica sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale secondo cui i meccanismi di rottura attesi sono di tipo thrust e strike-slip con assi di subduzione da SW a NE.



Attraverso elaborazioni probabilistiche il GNDT ha prodotto, per un tempo di ritorno di 475 anni (equivalente alla probabilità di superamento nell'arco temporale di 50 anni – vita media di un edificio), la zonazione del territorio italiano, come riportato in figura. Per la zona le accelerazioni orizzontali di picco attese sono state considerate, in accordo con quanto proposto dal GNDT, pari a $PGA = 0.15g$ (Peak Ground Acceleration).

L'intensità massima risentita nella zona, come risulta dai dati del catalogo del Servizio Sismico Nazionale, non ha superato in epoca storica il valore del VII grado MCS (cf. tabelle qui di seguito allegate).

Storia sismica di Correggio (RE)

[44.771, 10.779]

Osservazioni disponibili: 35

Effetti	In occasione del terremoto:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Io	Mw
7	1806	02	12				NOVELLARA	7	5.26
7	1832	03	13	03	30		Reggiano	7-8	5.59
7	1996	10	15	09	55	60	CORREGGIO	7	5.44
6	1796	10	22	04			Emilia orientale	7	5.63
6	1831	09	11	18	15		Reggiano	7-8	5.48
6	1914	10	27	09	22		GARFAGNANA	7	5.79
6	1983	11	09	16	29	52	Parmense	6-7	5.10
6	1987	05	02	20	43	53	REGGIANO	6	5.05
5-6	1818	12	09	18	52		LANGHIRANO	7-8	5.57
5	1828	10	09	02	20		Valle dello Staffora	7-8	5.67
5	1886	10	15	02	20		COLLECCHIO	6	4.83
5	1909	01	13	45			BASSA PADANA	6-7	5.53
5	1920	09	07	05	55	40	Garfagnana	9-10	6.48

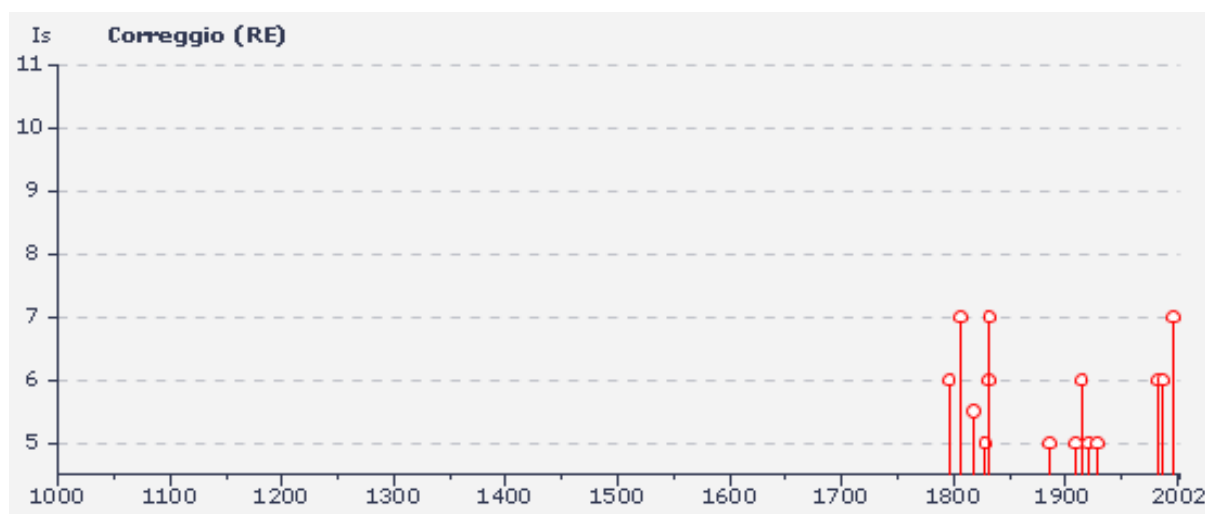
5	1928 06 13 08	CARPI	6-7 4.85
4	1811 07 15 22 44	SASSUOLO	7 5.24
4	1894 11 27	FRANCIACORTA	6-7 4.95
4	1895 04 14 22 17	Slovenia	8 6.25
4	1915 10 10 23 10	REGGIO EMILIA	6 5.01
4	1919 06 29 15 06 13	Mugello	9 6.18
4	1972 10 25 21 56	PASSO CISA	5 4.95
F	1661 03 22 12 45	Appennino romagnolo	9 5.83
F	1887 02 23 05 21 50	Liguria occidentale	9 6.29
F	1891 06 07 01 06 14	Valle d'Ilasi	8-9 5.71
3-4	1802 05 12 09 30	Valle dell'Oglio	8 5.67
3-4	1913 11 25 20 55	VAL DI TARO	5 4.85
3-4	1998 03 26 16 26 17	APPENNINO UMBRO-MARCHIGIANO	6 5.33
3	1834 10 04 19	Bologna	5-6 4.63
3	1923 06 28 15 12	FORMIGINE	6 5.21
3	1939 10 15 14 05	GARFAGNANA	6-7 5.20
3	1995 10 10 06 54 22	LUNIGIANA	7 5.04
2	1986 12 06 17 07 19	BONDENO	6 4.56
NF	1904 11 17 05 02	PISTOIESE	7 5.18
NF	1965 11 09 15 35	ALTA V. SECCHIA	5 5.01
NF	1984 04 29 05 02 59	GUBBIO/VALFABBRICA	7 5.68
NR	1591 05 24	REGGIO EMILIA	6 4.83

Intendendo:

Is = Intensità al sito (MCS)

Io = Intensità epicentrale (MCS)

Mw = Magnitudo



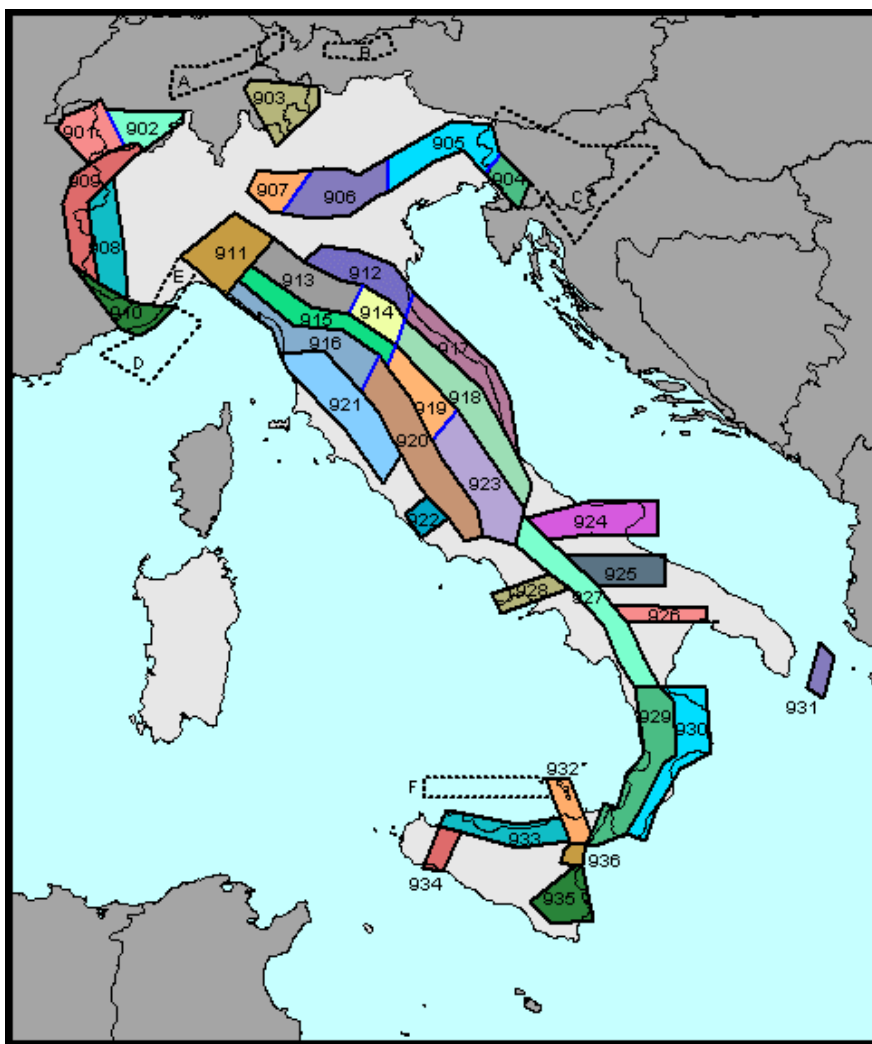
La sovrastante rappresentazione evidenzia, molto semplicemente, gli eventi della precedente tabella nel rapporto tra anni (in ascisse) ed intensità sismica (in ordinate).

L'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003 ha aggiornato la normativa sismica con l'attribuzione, alle diverse località del territorio nazionale, di un valore di scuotimento sismico di riferimento, espresso in termini di incremento di accelerazione al suolo.

Il territorio del comune di Correggio, secondo la nuova zonazione sismogenetica ZS9 (progetto a cura di C. Meletti e G. Valensise del marzo 2004) è incluso nella zona 912, al passaggio, verso sud, con la zona 913 (cf. tavola nella pagina seguente). In base a questa nuova zonazione, il territorio in esame (secondo la precedente classificazione *non classificato*), è stato inserito in zona Z3 a bassa sismicità.

Come espressamente specificato al punto 2.4 della circolare n° 1677/2005 (prot. GEO/05/87449) emanata in data 24/10/2005 dalla Giunta della Regione Emilia Romagna, ai fini della determinazione delle azioni sismiche, può essere assegnato, a zone come questa di bassa sismicità, un valore (a_g/g), di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, pari a 0.15.

Più precisamente, al comune di Correggio, l'allegato 4 dell'Assemblea Legislativa n° 2131 – prot. n° 8511 del 2 maggio 2007, assegna il valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè $T = 0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}), di 0.152.



Zonazione sismogenetica ZS9

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, le modifiche ed integrazioni dell'Ordinanza propongono una caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo. In base alla velocità delle onde di taglio, mediate sui primi 30 metri di terreno (V_{s30}), vengono individuate cinque categorie (A – B – C – D – E), più altre due speciali (S1 e S2).

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, nel marzo 2012 il Dott. Geol. Andrea Panzani, a supporto della realizzazione dello scolmatore interrato del PA2, ha effettuato un'indagine

sismica tipo MASW. La prospezione geofisica è stata eseguita utilizzando un sismografo a 24 canali prodotto dalla Ditta PASI di Torino attrezzato con 24 geofoni orizzontali di ricezione, dotati di preamplificatori di segnale, disposti ad interasse di 2 m l'uno dall'altro.

L'indagine, effettuata mediante sismica a rifrazione applicando il metodo MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves, ha consentito di analizzare, nei primi 30 m, la velocità delle onde di taglio (S). Le onde S, analogamente a quelle di compressione (P), non sono dispersive e si propagano anche in mezzi perfettamente omogenei inducendo deformazioni puramente distorsionali. Gli elementi di volume investiti dall'onda vibrano in direzione perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione.

Nella fattispecie, il sondaggio ha accertato la presenza di quattro strati e ad ognuno di essi, mediante l'ausilio dell'apposito programma di calcolo winMASW 4.1.1 Pro, è stata attribuita la velocità delle onde di taglio S (V_S) ed il rispettivo spessore (d) (cf. tabelle e diagrammi proposti in allegato).

Per ognuno degli strati sono stati rispettivamente ottenuti i seguenti valori:

1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	4° STRATO
$V_S = 166 \text{ m/sec}$	$V_S = 350 \text{ m/sec}$	$V_S = 229 \text{ m/sec}$	$V_S = 283 \text{ m/sec}$
$d = 12.8 \text{ m}$	$d = 3.6 \text{ m}$	$d = 3.4 \text{ m}$	$d = 10.2 \text{ m}$

La valutazione del valore V_{S30} viene quindi ottenuta mediante l'utilizzo della seguente relazione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{v_i}}$$

dove:

h_i = spessore dello strato iesimo, m

v_i = velocità onde di taglio strato iesimo, m/sec

ottenendo:

$$V_{S30} = 217 \text{ m/sec}$$

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, viste le caratteristiche del primo sottosuolo, il suolo di fondazione può essere pertanto assimilato alla categoria C di azione sismica “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*” con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u\ 30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

9. RISPOSTA SISMICA LOCALE SEMPLIFICATA

Il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 recante le “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, che recepisce quanto già riportato nell’Ordinanza 3274 del 20/03/2003 e successive modifiche, definisce i criteri antisismici generali, precisando le azioni che devono essere impiegate in fase progettuale per la sicurezza strutturale delle opere.

L’azione sismica sulle costruzioni è valutata partendo da una “pericolosità sismica di base”, derivata da studi eseguiti a livello nazionale e definita sulla base di condizioni ideali in superficie di suolo rigido e topografia orizzontale.

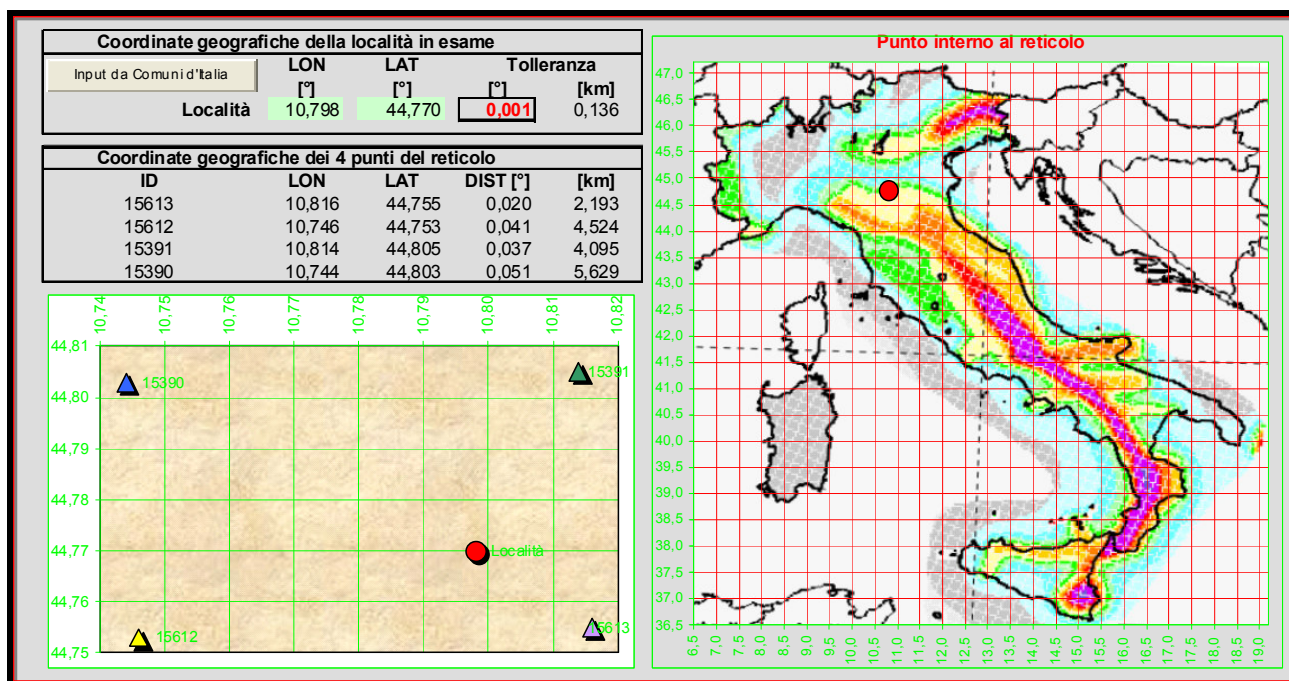
Le Azioni di progetto, per un suolo rigido orizzontale, vengono ricavate in funzione di tre parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima
- F_o = fattore di amplificazione massimo dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_{c^*} = periodo inizio tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri vengono inoltre definiti secondo termini probabilistici differenti, con periodi di ritorno T_R di 30, 50, 475, 975 anni; per tale motivo, ai fini progettuali, occorre fissare la vita di riferimento V_R della costruzione e la probabilità di superamento associata a ciascuno degli stati limite considerati.

I valori dei parametri a_g , F_o e T_{c^*} per la definizione dell’Azione Sismica possono essere calcolati mediante l’utilizzo del programma di calcolo “Calcolo Spettro Sismico”, ideato dagli Ingegneri Red Shift & Afazio, in cui vengono generati accelerogrammi correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

I primi dati ad essere stati introdotti nel programma sono le coordinate geografiche (latitudine e longitudine) del sito di riferimento (vedi figura in allegato).



Come si può visualizzare nella tabella sottostante, per ottenere gli spettri di risposta sismica locale, sono stati inoltre introdotti i valori della vita della struttura e le caratteristiche sismiche del terreno.

VITA DELLA STRUTTURA

Vita nominale V_N **50** [anni]
 Classe d'uso C_U **II**
 Vita di riferimento V_R 50 [anni]

CARATTERISTICHE SISMICHE TERRENO

Topografia **T1**
 Coeff. topografico S_T 1,0
 Categoria suolo **C**

	SL	P_{VR}	T_R	a_g	F_o	T_C^*	S	Tb	T_C	T_D	F_v
sle	Operatività	81%	30	0,432	2,51	0,25	1,50	0,14	0,41	1,77	0,70
sle	Danno	63%	50	0,545	2,50	0,27	1,50	0,14	0,43	1,82	0,79
slu	Salv. Vita	10%	475	1,528	2,55	0,27	1,47	0,15	0,44	2,21	1,34
slu	Collasso	5%	975	2,041	2,52	0,28	1,39	0,15	0,45	2,42	1,54

I valori dei principali parametri sismici (a_g , F_o , T_c^*) riferiti all'area in oggetto al $T_R = 475$ anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita esplicitati sono:

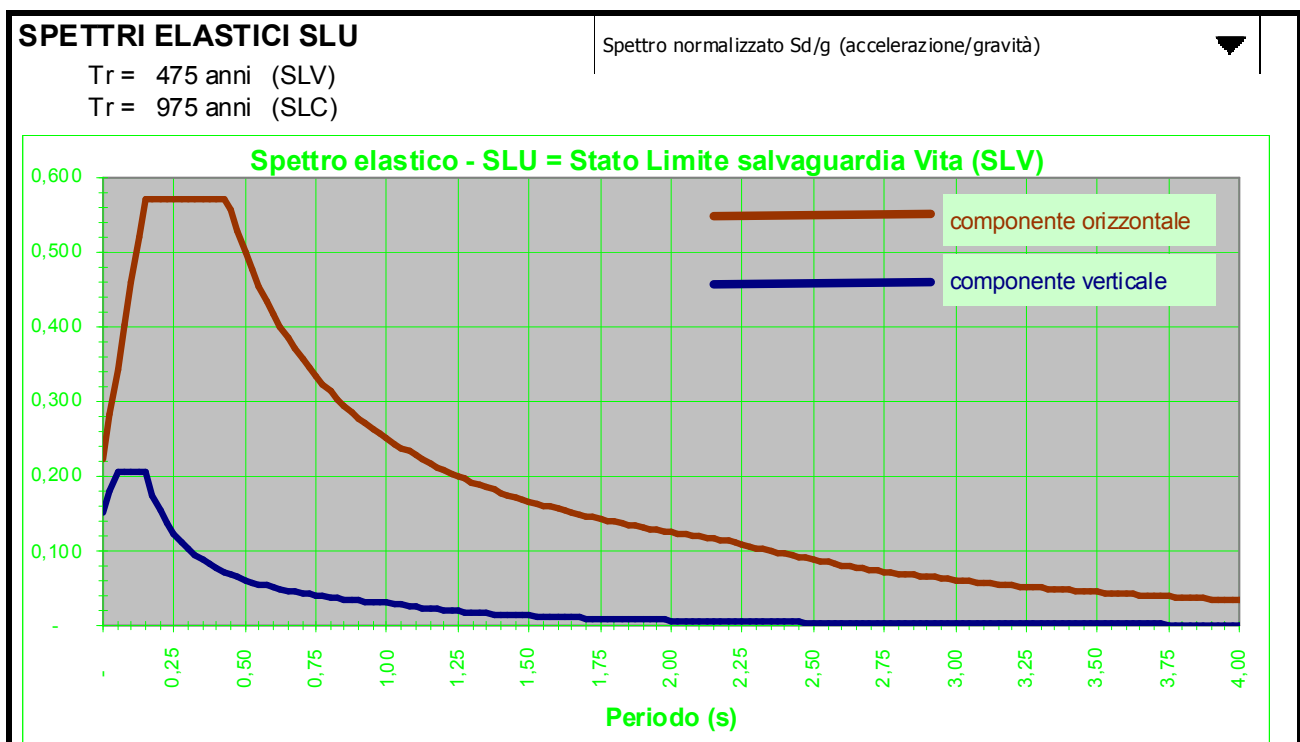
$$a_g = a_g/g = 1.528 / 9.81 = 0.155$$

$$F_o = 2.55$$

$$T_c^* = 0.27$$

Elaborando i dati forniti, il programma di calcolo ha prodotto gli spettri di risposta elastica necessari per definire gli stati limite ultimo.

Nella fattispecie è stato ottenuto il grafico degli spettri elastici SLU:



In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale è possibile valutare l'accelerazione massima attesa al sito mediante la relazione:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

in cui:

S_s = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica;

S_t = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione topografica;

a_g = accelerazione orizzontale massima sul suolo di categoria A.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s

Categoria sottosuolo	S_s
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$

Nel caso in esame potrà essere assunto:

VN 50 anni - Classe d'Uso II

Stato limite SLV e TR = 475 anni (*Paragrafo 7.1 D.M. 14.01.2008*):

$S_s = 1.47$ - Categoria sottosuolo C

$S_t = 1.0$ - Categoria topografica T1

$a_g = 0.155 \cdot g$

Sulla base dei dati sopra riportati risulta pertanto che:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.47 \cdot 1.0 \cdot 0.155 = 0.227 \cdot g.$$

10. MICROZONAZIONE SISMICA

La Delibera Regionale 112/2007, emessa dalla Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna in data 2 Maggio 2007, fornisce i criteri per l'individuazione delle aree che potrebbero essere soggette ad effetti sismici locali (microzonazione sismica) in modo da orientare le scelte di pianificazione verso le aree a minor rischio. La metodologia indicata per tali tipi di studio prevede due fasi di analisi, con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase ha carattere qualitativo ed è diretta ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.).

Essa viene realizzata sulla base di rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati.

La seconda fase ha invece come obiettivo la microzonazione sismica del territorio. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) analisi semplificata (secondo livello di approfondimento); basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologico più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard; essa viene svolta nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività minore o uguale a 15° in cui il deposito ha spessore costante;

b) analisi approfondita (terzo livello di approfondimento), richiesta nei seguenti casi:

- Aree soggette a liquefazione e densificazione;
- Aree instabili e potenzialmente instabili;

- Aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;
- Aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

Secondo quanto riportato dalla Tav. P9b “Rischio Sismico – Carta dei livelli di approfondimento” prodotta a corredo del P.T.C.P. 2010 della Provincia di Reggio nell’Emilia, l’area in esame ricade parzialmente tra quelle che necessitano di analisi approfondita di III° livello.

L’analisi approfondita di terzo livello prevede la valutazione dei fattori di amplificazione F_a sulla base delle velocità medie delle onde di taglio all’interno della copertura (V_{SH}) o nei primi 30 metri dalla superficie (V_{S30}), calcolate secondo le seguenti formule:

$$V_{SH} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{S_i}}} \quad V_{S30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

I fattori stimati esprimono l’amplificazione del moto sismico al passaggio dal bedrock alla superficie. Essi possono essere espressi sia come rapporto di PGA che come rapporto tra le intensità spettrali calcolate sugli spettri di pseudo-velocità all’interno di due intervalli distinti: 0.1-0.5 sec e 0.5-1.0 sec.

11. RISPOSTA SISMICA LOCALE APPROFONDITA DI III° LIVELLO

Come in precedenza detto viene qui di seguito proposta un’analisi sismica di III° livello, in cui vengono definiti i Fattori di Amplificazione di P.G.A. e di Intensità Spettrale secondo Housner.

La modellazione numerica della risposta sismica locale (RSL) è stata effettuata utilizzando il software “RSL III” della ditta Geostru di Bianco (RC), avvalendosi dello specifico codice di calcolo monodimensionale “SHAKE”.

L'elaborazione ha permesso di valutare l'amplificazione dell'impulso sismico al suolo e di quantificare gli spettri di risposta sulla base di terremoti di riferimento (TR 712 anni con smorzamento pari al 5%) forniti dalla Regione Emilia-Romagna, per lo Stato Limite Ultimo SLV.

Il Software RSL III permette di valutare puntualmente l'effettiva amplificazione stratigrafica sfruttando la soluzione dell'equazione differenziale che governa il problema della propagazione di onde di taglio in un solido alla Kelvin-Voigt ed un comportamento dei terreni secondo curve di decadimento per G e lo smorzamento tratte dalla letteratura scientifica e/o normative, o ancora, curve di decadimento personalizzate. La procedura di calcolo utilizzata da RSL III per la risposta sismica locale è di tipo lineare equivalente su un modello di n strati piani e paralleli di estensione orizzontale infinita su un semispazio corrispondente al bedrock.

L'input sismico, rappresentato da più accelerogrammi, viene applicato al bedrock e viene valutato il moto di propagazione delle onde in direzione perpendicolare alla superficie utilizzando l'equazione di equilibrio dinamico in funzione dello spostamento. I valori finali forniti dall'analisi di risposta sismica locale sono gli accelerogrammi e i relativi spettri di risposta, lo spettro medio e quello medio normalizzato da confrontare con lo spettro di normativa.

La verifica monodimensionale dell'amplificazione locale, tramite l'utilizzo di Shake, si compone di due fasi: elaborazione del modello e simulazione degli effetti indotti dal sisma di progetto.

La prima fase consiste nel costruire la colonna di sottosuolo di riferimento, rappresentata da strati (layer) a differente tessitura e da diversi valori delle onde di taglio S (V_s).

Il modello geologico si è basato sulla stratigrafia, redatta sugli esiti delle prove penetrometriche CPT e dello stendimento sismico a rifrazione MASW.

La prova MASW ha consentito di valutare, nei primi trenta metri, la velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio (V_s) in 217 m/s. All'interno del modello geologico utilizzato per l'analisi di RSL sono stati quindi inseriti i sismostrati riportati nel capitolo "Sismicità dell'Area" di suddetta relazione; il bedrock sismico è stato impostato alla profondità di ~110 m dal piano campagna attuale attribuendogli una velocità di 600 m/s.

Occorre poi procedere all'inserimento degli input sismici, desunti dai segnali di riferimento selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motiondatabase" e forniti dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli regionale. Si tratta di tre tipologie di segnali, già "scalati" per il territorio comunale a cui si riferiscono e sono rappresentati dai tre differenti accelerogrammi di progetto:

- 1) impulsivo;
- 2) con ampio contenuto in frequenze;
- 3) con componente predominante alle alte frequenze.

La modellazione consente la valutazione dell'amplificazione locale intesa come rapporto PGA/PGA_0 ossia come rapporto dell' $a_{g_{max}}$ al suolo (calcolata con SHAKE) con quella del suolo rigido. Si rammenta ancora che per il Comune di Correggio la DAL 112/2007 riporta un' $a_{g_{max}}$ al suolo rigido pari a 0,152 g.

In allegato vengono riportate tutte le elaborazioni fornite dal software RSL III, da cui sono stati estrapolati i risultati qui di seguito forniti.

Essi hanno riscontrato che il fattore di amplificazione FA è uguale a 1.7 mentre quello di amplificazione spettrale massima F_0 risulta essere invece di 2.25, da cui ne deriva un a_{max} o PGA al sito pari a 0.259 g.

Suddetto valore di accelerazione dovrà essere adottato per il dimensionamento e le verifiche di miglioramento sismico delle strutture poiché risulta essere maggiore rispetto a quello (0.227 g) calcolato nel capitolo precedente con una risposta sismica semplificata.

Per quanto riguarda la stima dell'intensità spettrale di Housner (SI), intesa come rapporto fra gli spettri PSV al suolo e PSV al pseudo-bedrock, la modellazione espletata con SHAKE ha permesso di ricavare gli esiti negli intervalli temporali rispettivamente di 0,1s ÷ 0,5s e 0,5s ÷ 1,0s, come richiesto dalla DAL 112/2007, pari rispettivamente a F.A. = 1.785 e F.A. = 1.824.

12. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Con il termine liquefazione si intende generalmente la perdita di resistenza dei terreni saturi, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso. Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero.

Questi fenomeni si verificano soprattutto nelle sabbie fini e nei limi saturi di densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

Il capitolo 7.11.3.4 delle NTC 2008 riporta che gli effetti di liquefazione avvengono soprattutto in terreni prevalentemente sabbiosi intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Le indagini penetrometriche hanno riscontrato che vi è una preponderanza di materiali coesivi, materiali di per se stessi stabili nei confronti della liquefazione, a cui tuttavia si alternano livelli di limi sabbiosi, sabbie limose nonché sporadicamente anche sottili lenti di sabbie mediamente addensate. Pur potendo sostanzialmente escludere l'insorgenza di questo fenomeno, in conformità con quanto richiesto dall'allegato A3 del DAL 112/2007 e dai punti 7.11.3.4.2. e C7.11.3.4.2. delle NTC 2008, per la presenza di Magnitudo superiori a 5, si è ritenuto tuttavia opportuno procedere ad apposite verifiche.

Con l'ausilio del programma Liquiter prodotto dalla Ditta Geostru, è stato appurato che il primo sottosuolo presenta un basso rischio alla liquefazione ($IPL = 0.39 \div 1.58$).

Le verifiche (cf. tabelle, diagrammi e profili proposti in allegato) sono state effettuate con il metodo di "Robertson e Wride – 1997" che utilizza le prove penetrometriche statiche.

13. STIMA DEI CEDIMENTI IN CONDIZIONI POSTSISMICHE

In conformità con quanto richiesto dall'Allegato A3 del DAL 112/2007 si ritiene altresì opportuno procedere alla valutazione dei cedimenti in condizioni postsismiche.

Il calcolo viene effettuato utilizzando il programma CEDIM prodotto dalla Dario Flaccovio Editore.

Il semplice programma di calcolo analizza l'interazione terreno struttura sulla base della magnitudo e dell'accelerazione orizzontale al suolo dovuta al terremoto, così come in precedenza quantificata nelle valutazioni effettuate per la risposta sismica locale.

Nel calcolo, in cui è stata segnalata presenza d'acqua alla profondità di ~5 m, entra inoltre in gioco il numero di colpi normalizzato (N1)₆₀ del penetrometro dinamico alle varie profondità.

È stato ottenuto un incremento del cedimento, pari a 0.6 cm; il programma evidenzia pertanto che l'azione di un terremoto può comportare un ulteriore seppur modesto abbassamento del terreno a livello fondale rispetto a quelli che si possono nel tempo verificare in relazione all'entità dei carichi e delle singole caratteristiche delle stesse, dei cui effetti se ne dovrà tenere in debita considerazione nel calcolo strutturale.

CEDIMENTI POSTSISMICI

COMUNE	:	Correggio
COMMITTENTE	:	Andria ed altri
LOCALITA'	:	Via Astrologo
DATA	:	agosto 2016
LAVORO	:	Variante al PP2

VERIFICA N°	1	MAGNITUDO	6.14	CARICO (kPa)	
AREA	1	ACCELERAZIONE MAX.	0.259	PROFONDITA' DEL CARICO (m)	
PROFONDITA' FALDA (m)	3				

DATI SULLA STRATIGRAFIA

STRATO N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Profondità (m)	4.5	7.5	8.5	21											
Densità (kN/mc)	18.14	18.14	18.63	18.63											
Classificazione USBR	CL	CH	SM	CL											
(N)60	6	5	8	9											
% Fini	70	85	15	75											

CEDIMENTI

Prova N°	Prof. (m)	Spess. (m)	% Fini	(N)60	Pt (kPa)	Pe (kPa)	CN	(N1)60	(N1)60cs	Rd	MSF	CSR	CSRmsf	Ec (%)	Cedim. (cm)
1	4.5	4.5	70	6	81.63	66.92	1.18	7	13	0.969	1.25	0.118	0.093	0	0
2	7.5	3	85	5	136.05	91.92	1.04	5	11	0.943	1.25	0.139	0.11	0.15	0.45
3	8.5	1	15	8	154.68	100.743	1	8	11	0.93	1.25	0.142	0.112	0.15	0.15
4	21	12.5	75	9	387.555	211.035	0.67	6	12	0.598	1.25	0.109	0.086	0	0
CEDIMENTO TOTALE (cm)															0.6

LEGENDA

Prof.	Profondità dello strato dal p.c.	Yeff	Sforzo di taglio ciclico effettivo
Spess.	Spessore dello strato	Dr	Densità relativa
(N)60	Resistenza penetrometrica misurata nella prova SPT	Ec,75	Sforzo volumetrico in percento (magnitudo 7.5)
(N1)60	Resistenza penetrometrica (N)60 corretta	Ec,eq	Sforzo volumetrico corretto (magnitudo<>7.5)
(N1)60cs	Resistenza penetrometrica (N1)60 corretta	% Fini	Contenuto in fini
Pe	Tensione verticale litostatica efficace	CN	Fattore correttivo per la tensione efficace alla profondità di prova
Pt	Tensione verticale litostatica totale	MSF	Fattore di scala della magnitudo per CSR
Phi	Angolo di resistenza al taglio del terreno	CSR	Sforzo di taglio indotto dal sisma
Pm	Tensione verticale litostatica efficace media	CRSmsf	CSR corretto per un magnitudo<> 7.5
rd	Coefficiente di riduzione delle tensioni	CRR7.5	Resistenza al taglio mobilitata per un terremoto di magnitudo 7.5
Gmax	Modulo dinamico di taglio massimo	Ec	Sforzo volumetrico in percento
Geff/Gmax	Rapporto tra il modulo di taglio e Gmax	Cedim.	Cedimento dello strato

14. RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le prove penetrometriche eseguite all'interno dell'area e in sua vicinanza hanno riscontrato che il sottosuolo si caratterizza per una preponderanza di limi ed argille, talora ad elevata componente organica e torbosa, a cui, nei primi 4.5 m e tra 7.5 m e 8.5 m, si alternano livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie, talora anche in lenti di modesto spessore.

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, viste le caratteristiche del primo sottosuolo, sulla scorta altresì di un sondaggio sismico a rifrazione tipo MASW in base al quale è stato ottenuto un valore della velocità di 217 m/sec, il suolo di fondazione può essere assimilato alla categoria C di azione sismica “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*” con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u\ 30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Mediante l'utilizzo di un apposito programma per il “Calcolo dello Spettro Sismico”, ideato dagli Ingegneri Red Shift & Afazio, in cui vengono generati accelerogrammi correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito, si è proceduto poi al calcolo del valore dei parametri a_g , F_0 e T_c^* per la definizione dell'Azione Sismica locale. Riferiti all'area in oggetto, al $T_R = 475$ anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita, sono stati ottenuti i seguenti valori: $a_g = a_g/g = 1.528 / 9.81 = 0.155$; $F_0 = 2.55$; $T_c^* = 0.27$.

Elaborando i dati, il programma ha prodotto gli spettri elastici SLU; è stata inoltre calcolata l'accelerazione massima attesa al sito di $a_{max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.47 \cdot 1.0 \cdot 0.155 = 0.227 \cdot g$.

Secondo quanto riportato dalla Tav. P9b “Rischio Sismico – Carta dei livelli di approfondimento” prodotta a corredo del P.T.C.P. 2010 della Provincia di Reggio nell'Emilia, l'area in esame ricade parzialmente tra quelle che necessitano di analisi approfondita di III° livello.

In base ad essa è stato ottenuto un fattore di amplificazione FA pari a 1.7 con un fattore di amplificazione spettrale massima F_0 di 2.25, da cui un a_{max} o PGA al sito pari a 0.259 g. Suddetto valore di accelerazione dovrà essere adottato per il dimensionamento e le verifiche di miglioramento sismico delle strutture poiché risulta essere maggiore rispetto a quello (0.227 g) calcolato con una valutazione di risposta sismica semplificata.

Per quanto riguarda la stima dell'intensità spettrale di Housner (SI), intesa come rapporto fra gli spettri PSV al suolo e PSV al pseudo-bedrock, la modellazione espletata con SHAKE ha permesso di ricavare gli esiti negli intervalli temporali rispettivamente di 0,1s ÷ 0,5s e 0,5s ÷ 1,0s, come richiesto dalla DAL 112/2007, pari rispettivamente a F.A. = 1.785 e F.A. = 1.824.

In conformità con richiesto dall'allegato A3 del DAL 112/2007 e con quanto prescritto dai punti 7.11.3.4.2. e C7.11.3.4.2. delle NTC 2008, per la presenza di Magnitudo superiori a 5, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno. Con l'ausilio del programma Liquiter prodotto dalla Ditta Geostru, è stato appurato che il primo sottosuolo presenta un basso rischio alla liquefazione ($IPL = 0.39 \div 1.58$).

Le verifiche sono state effettuate con il metodo di "Robertson e Wride – 1997" che utilizza le prove penetrometriche statiche.

Sulla base dei parametri geomeccanici del terreno acquisiti con le indagini si è infine proceduto alla valutazione del peso di volume (γ), dell'angolo di attrito interno (ϕ), della coesione non drenata (C_u), della coesione efficace (c'), del modulo edometrico (M_o) e del modulo elastico (E) per gli strati che caratterizzano il primo sottosuolo. In conformità con quanto prescritto dal D.M. 14/01/2008, suddetti valori potranno essere utilizzati per il dimensionamento strutturale delle fondazioni.

All'interno dell'area di piano sono state riscontrate profondità di falda che sostanzialmente rientrano nel range di variabilità prospettato dalla Carta delle Isopieze della Falda Freatica di P.S.C., 2.7 m e 1 m rispetto alla quota del piano campagna.

Pur non segnalando le carte tematiche, in tutto il territorio del Comune di Correggio, sostanziali variazioni nel tempo dell'assetto idrogeologico sotterraneo, è infatti giustificata nel corso dell'anno una variabilità stagionale. Come riscontrato in occasione di numerosi studi effettuati nel territorio, mentre infatti, durante i mesi estivi, è innegabile un abbassamento del livello dell'acquifero freatico, in concomitanza di prolungati periodi di piogge non è invece da sottovalutare un suo innalzamento a una quota vicina al piano campagna, ~1 m, simile alle profondità misurate nel marzo 2003 da Geostudio del Dott. V. Monelli.

Nel rispetto di quanto in precedenza esposto e delle disposizioni delle leggi vigenti, siano esse nazionali che regionali (D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni") che prescrivono un'attenta verifica dell'idoneità delle strutture in funzione delle caratteristiche del primo sottosuolo, si attesta l'idoneità del terreno all'attuazione degli interventi edilizi in progetto e si concede quindi parere geologico favorevole.

Scandiano, agosto 2016

ALLEGATI



A) UBICAZIONE INDAGINI

B) PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

- N°1 EFFETTUATA CON PENETROMETRO STATICO TIPO GOUDA DA 10 T
- N° 1 REALIZZATA CON PENETROMETRO STATICO/DINAMICO TG63-200 kN
- N° 10 ESEGUITE CON PENETROMETRO LEGGERO "DINASTAR" AD ASSETTO VARIABILE STATICO/DINAMICO

C) SISMICA A RIFRAZIONE PER LA DETERMINAZIONE DEL V_{s30}

(effettuata dal Dott. Geol. Andrea Panzani applicando
il metodo MASW con sismografo PASI 16SG24)

D) RISPOSTA SISMICA LOCALE DI 3° LIVELLO (svolta con il programma RLS III della Ditta GEOSTRU)

E) VERIFICA A LIQUEFAZIONE (eseguita con il programma Liquiter della Geostru)

UBICAZIONE INDAGINI

SCALA 1:2000

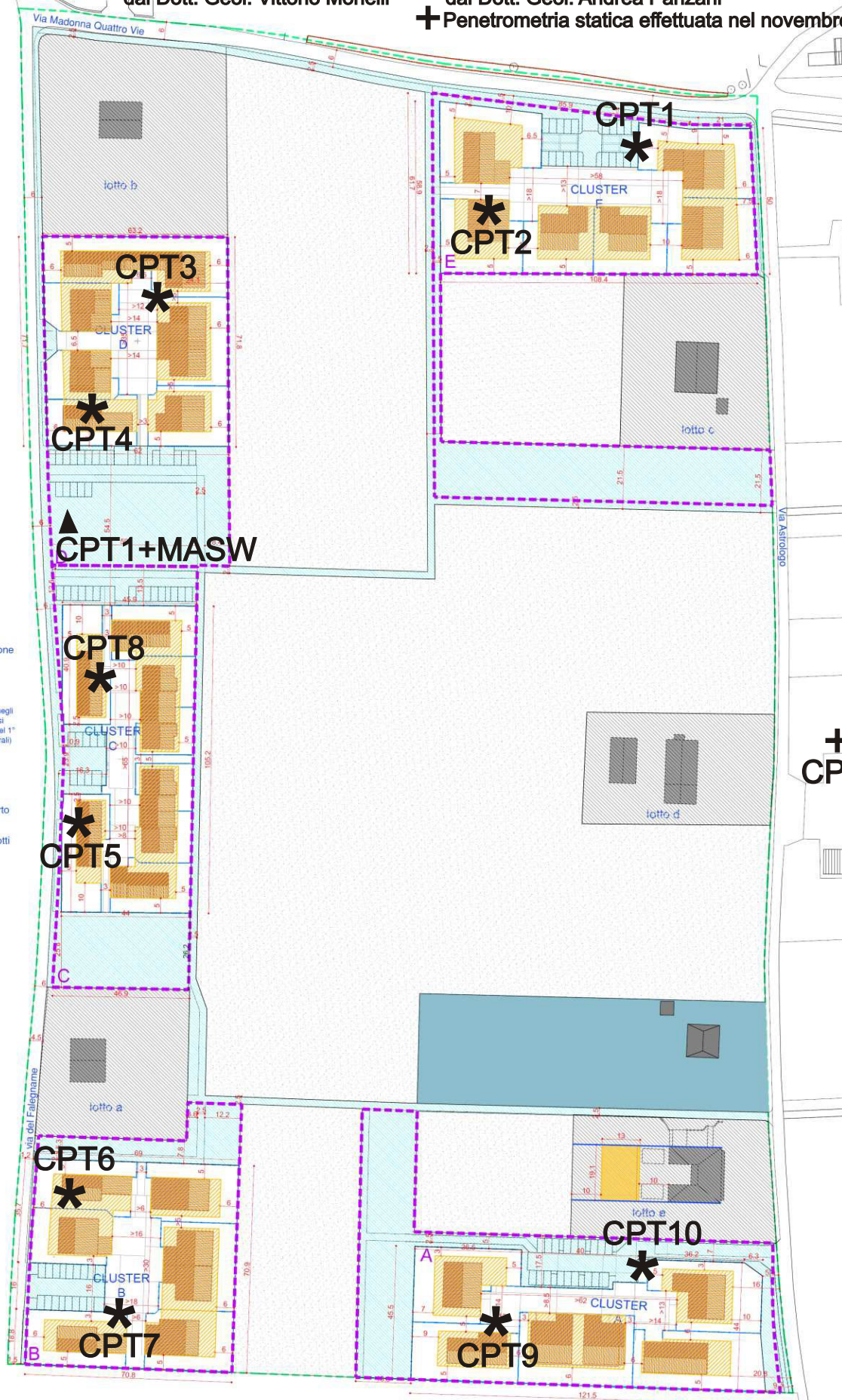
* Penetrometrie statiche
realizzate nel marzo 2003
dal Dott. Geol. Vittorio Monelli

▲ Penetrometria statica ed indagine sismica
a rifrazione MASW effettuate nel marzo 2012
dal Dott. Geol. Andrea Panzani

+ Penetrometria statica effettuata nel novembre 2011

LEGENDA

-  fabbricati esistenti
-  aree di cessione
-  fascia di edificabilità
-  ipotesi pavimentazione corti interne
-  stralcio di attuazione
(le aree non individuate negli stralci dei singoli cluster si intendono facenti parte del 1° stralcio delle opere generali)
-  stralcio di futura attuazione
-  perimetro di comparto
-  individuazione dei lotti



PROVA PENETROMETRICA STATICA



realizzata nel Novembre 2012

STRUMENTO: PENETROMETRO STATICO TIPO GOUDA DA 10 t

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-059

- committente : Pantaleoni Luciano - Cassinadri Loredana
 - lavoro : Costruzione di un'autorimessa
 - località : Via Astrologo, 28 - Correggio (RE)
 - note :

- data : 15/11/2012
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 3,90 m da quota inizio
 - pagina : 1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	4,0	---	8,0	0,20	40,0	7,80	18,0	21,0	36,0	0,40	90,0
0,40	3,5	5,0	7,0	0,47	15,0	8,00	16,0	19,0	32,0	0,53	60,0
0,60	2,5	6,0	5,0	0,47	11,0	8,20	30,0	34,0	60,0	0,33	180,0
0,80	2,0	5,5	4,0	0,47	9,0	8,40	22,5	25,0	45,0	0,87	52,0
1,00	4,0	7,5	8,0	0,47	17,0	8,60	6,5	13,0	13,0	0,53	24,0
1,20	6,0	9,5	12,0	0,13	90,0	8,80	6,0	10,0	12,0	0,60	20,0
1,40	24,0	25,0	48,0	1,13	42,0	9,00	7,0	11,5	14,0	0,93	15,0
1,60	13,5	22,0	27,0	1,00	27,0	9,20	11,0	18,0	22,0	1,07	21,0
1,80	7,5	15,0	15,0	0,80	19,0	9,40	12,0	20,0	24,0	1,27	19,0
2,00	8,0	14,0	16,0	0,67	24,0	9,60	14,0	23,5	28,0	1,20	23,0
2,20	9,0	14,0	18,0	0,20	90,0	9,80	14,0	23,0	28,0	1,40	20,0
2,40	10,0	11,5	20,0	0,67	30,0	10,00	15,0	25,5	30,0	1,60	19,0
2,60	12,0	17,0	24,0	0,73	33,0	10,20	15,0	27,0	30,0	1,47	20,0
2,80	8,0	13,5	16,0	0,47	34,0	10,40	15,0	26,0	30,0	1,67	18,0
3,00	6,5	10,0	13,0	0,53	24,0	10,60	12,5	25,0	25,0	1,73	14,0
3,20	9,0	13,0	18,0	0,53	34,0	10,80	13,0	26,0	26,0	1,27	21,0
3,40	8,0	12,0	16,0	0,73	22,0	11,00	8,5	18,0	17,0	1,20	14,0
3,60	4,0	9,5	8,0	0,53	15,0	11,20	11,0	20,0	22,0	1,07	21,0
3,80	4,0	8,0	8,0	0,60	13,0	11,40	9,0	17,0	18,0	1,00	18,0
4,00	10,0	14,5	20,0	0,53	37,0	11,60	9,0	16,5	18,0	1,13	16,0
4,20	5,0	9,0	10,0	0,80	12,0	11,80	11,5	20,0	23,0	1,20	19,0
4,40	9,0	15,0	18,0	0,53	34,0	12,00	9,0	18,0	18,0	1,60	11,0
4,60	9,5	13,5	19,0	0,67	28,0	12,20	14,0	26,0	28,0	1,27	22,0
4,80	6,0	11,0	12,0	0,53	22,0	12,40	10,0	19,5	20,0	0,73	27,0
5,00	5,0	9,0	10,0	0,67	15,0	12,60	13,0	18,5	26,0	0,93	28,0
5,20	7,0	12,0	14,0	0,67	21,0	12,80	10,5	17,5	21,0	0,93	22,0
5,40	3,5	8,5	7,0	0,53	13,0	13,00	10,0	17,0	20,0	1,07	19,0
5,60	3,0	7,0	6,0	0,33	18,0	13,20	14,0	22,0	28,0	0,87	32,0
5,80	3,5	6,0	7,0	0,33	21,0	13,40	14,5	21,0	29,0	0,93	31,0
6,00	4,5	7,0	9,0	0,53	17,0	13,60	11,0	18,0	22,0	0,87	25,0
6,20	7,5	11,5	15,0	0,87	17,0	13,80	10,0	16,5	20,0	1,00	20,0
6,40	7,5	14,0	15,0	0,93	16,0	14,00	10,0	17,5	20,0	1,27	16,0
6,60	6,0	13,0	12,0	0,73	16,0	14,20	10,5	20,0	21,0	1,00	21,0
6,80	7,5	13,0	15,0	1,00	15,0	14,40	13,5	21,0	27,0	1,07	25,0
7,00	5,5	13,0	11,0	0,67	16,0	14,60	15,0	23,0	30,0	1,47	20,0
7,20	10,0	15,0	20,0	0,87	23,0	14,80	16,0	27,0	32,0	2,00	16,0
7,40	7,0	13,5	14,0	0,93	15,0	15,00	18,0	33,0	36,0	---	---
7,60	5,0	12,0	10,0	0,40	25,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - (con anello allargatore) -
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

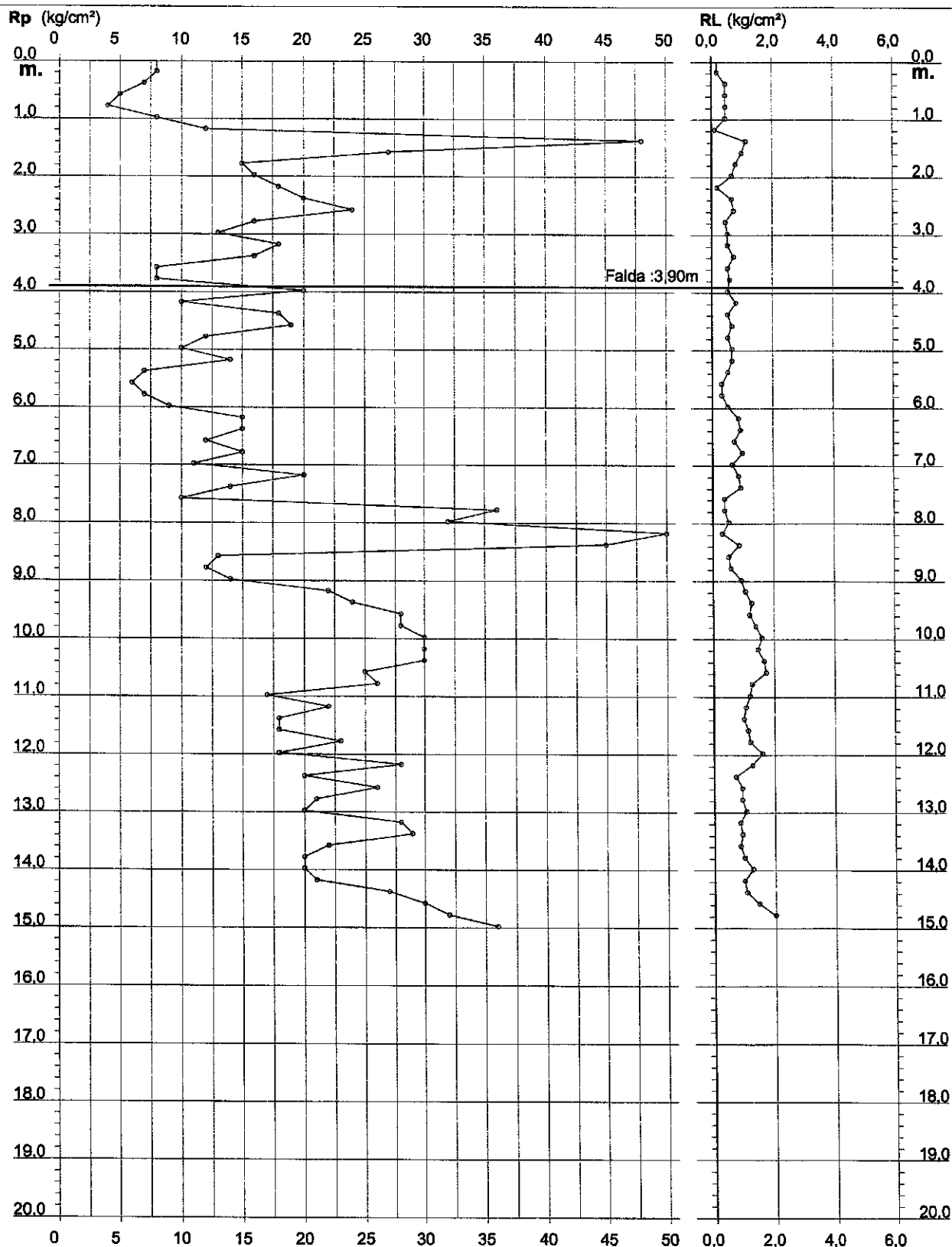
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-059

- committente : Pantaleoni Luciano - Cassinadri Loredana
- lavoro : Costruzione di un'autorimessa
- località : Via Astrologo, 28 - Correggio (RE)

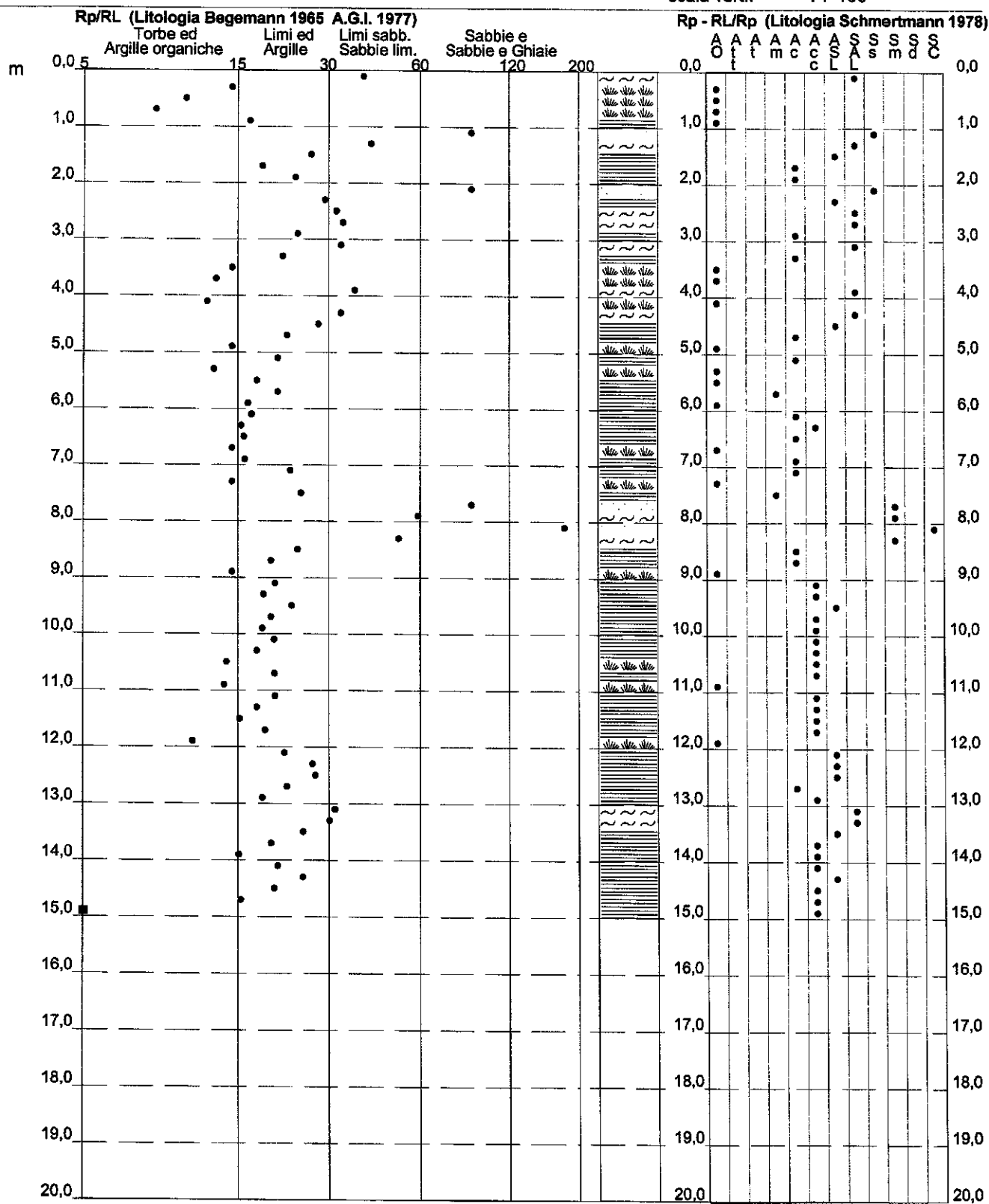
- data : 15/11/2012
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 3,90 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



CPT 1

2.010496-059

- data : 15/11/2012
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 3,90 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.010498-059

- committente : Pantaleoni Luciano - Cassinadi Loredana
- lavoro : Costruzione di un'autorimessa
- località : Via Astrologo, 28 - Correggio (RE)
- note :

- data : 15/11/2012
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 3,90 m da quota inizio
- pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Ri (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	8	40	4/1	1,85	0,04	0,40	99,9	68	102	35	66	37	39	41	43	40	26	0,146	13	20	24
0,40	7	15	1***	1,85	0,07	0,35	43,8	14	21	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,60	5	11	1***	1,85	0,11	0,25	17,3	10	15	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,80	4	9	1***	1,85	0,15	0,20	9,1	8	13	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,00	8	17	2/III	1,85	0,19	0,40	16,5	68	102	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,20	12	90	4/1	1,85	0,22	0,57	20,5	97	146	45	36	33	36	38	41	34	26	0,070	20	30	36
1,40	48	42	3***	1,85	0,26	-	-	-	-	-	80	39	41	43	44	40	31	0,189	80	120	144
1,60	27	27	4/1	1,85	0,30	0,95	26,9	181	242	81	57	36	38	40	43	36	28	0,121	45	68	81
1,80	15	19	2/III	1,85	0,33	0,67	15,0	113	170	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,00	16	24	2/III	1,85	0,37	0,70	13,8	118	177	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,20	18	90	4/1	1,85	0,41	0,75	13,5	128	191	56	35	33	35	38	41	32	27	0,068	30	45	54
2,40	20	30	4/1	1,85	0,44	0,80	13,1	136	204	60	36	33	36	38	41	33	27	0,072	33	50	60
2,60	24	33	3***	1,85	0,48	-	-	-	-	-	41	34	36	39	41	33	28	0,082	40	60	72
2,80	16	34	4/1	1,85	0,52	0,70	9,1	123	184	52	25	32	34	37	40	30	27	0,048	27	40	48
3,00	13	24	2/III	1,85	0,55	0,60	7,0	139	209	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,20	18	34	4/1	1,85	0,59	0,75	8,4	141	211	56	26	32	34	37	40	30	27	0,049	30	45	54
3,40	16	22	2/III	1,85	0,63	0,70	7,1	157	235	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,60	8	15	2/III	1,85	0,67	0,40	3,3	187	280	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,80	8	13	2/III	1,85	0,70	0,40	3,1	194	291	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,00	20	37	4/1	0,93	0,72	0,80	7,1	180	270	60	25	31	34	37	40	30	27	0,047	33	50	60
4,20	10	12	2/III	0,90	0,74	0,50	3,8	208	312	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,40	18	34	4/1	0,91	0,76	0,75	6,2	199	298	56	20	31	34	37	40	29	27	0,038	30	45	54
4,60	19	28	2/III	0,99	0,78	0,78	6,3	203	305	58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,80	12	22	2/III	0,92	0,80	0,57	4,1	222	333	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,00	10	15	2/III	0,90	0,81	0,50	3,4	229	343	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,20	14	21	2/III	0,94	0,83	0,64	4,5	232	348	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,40	7	13	1***	0,46	0,84	0,35	2,1	41	62	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,60	6	18	2/III	0,82	0,86	0,30	1,7	173	259	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,80	7	21	2/III	0,84	0,88	0,35	2,0	196	294	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,00	9	17	2/III	0,88	0,89	0,45	2,7	233	350	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,20	15	17	2/III	0,95	0,91	0,67	4,2	255	382	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,40	15	16	2/III	0,95	0,93	0,67	4,1	260	390	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,60	12	16	2/III	0,92	0,95	0,57	3,3	266	399	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,80	15	15	2/III	0,95	0,97	0,67	3,9	271	407	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,00	11	16	2/III	0,91	0,99	0,54	2,9	268	401	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,20	20	23	4/1	0,93	1,00	0,80	4,7	279	419	60	17	30	33	36	39	28	27	0,032	33	50	60
7,40	14	15	2/III	0,94	1,02	0,64	3,5	288	433	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,60	10	25	2/III	0,90	1,04	0,50	2,5	285	397	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,80	36	90	3***	0,89	1,06	-	-	-	-	-	35	33	36	38	41	31	30	0,070	60	90	108
8,00	32	60	3***	0,88	1,08	-	-	-	-	-	31	32	35	38	40	30	29	0,060	53	80	96
8,20	40	180	3***	0,93	1,10	-	-	-	-	-	52	35	38	40	42	34	32	0,110	100	150	180
8,40	45	52	3***	0,91	1,11	-	-	-	-	-	42	34	36	39	41	32	31	0,084	75	113	135
8,60	13	24	2/III	0,93	1,13	0,60	2,9	305	457	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8,80	12	20	2/III	0,92	1,15	0,57	2,6	298	447	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9,00	14	15	2/III	0,94	1,17	0,64	2,9	317	476	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9,20	22	21	4/1	0,93	1,19	0,85	4,1	332	498	66	16	30	33	36	39	28	28	0,030	37	55	66
9,40	24	19	4/1	0,94	1,21	0,89	4,3	337	506	72	18	31	33	36	39	28	28	0,035	40	60	72
9,60	28	23	4/1	0,96	1,23	0,97	4,7	341	512	84	23	31	34	37	40	29	28	0,044	47	70	84
9,80	28	20	4/1	0,96	1,25	0,97	4,6	347	521	84	23	31	34	37	40	29	28	0,043	47	70	84
10,00	30	19	4/1	0,96	1,26	1,00	4,7	352	528	90	25	31	34	37	40	29	28	0,047	50	75	90
10,20	30	20	4/1	0,96	1,28	1,00	4,6	358	536	90	25	31	34	37	40	29	28	0,047	50	75	90
10,40	30	18	4/1	0,96	1,30	1,00	4,5	363	545	90	24	31	34	37	40	29	28	0,046	50	75	90
10,60	25	14	4/1	0,94	1,32	0,91	3,9	370	555	75	18	30	33	36	39	28	28	0,033	42	63	75
10,80	26	21	4/1	0,95	1,34	0,93	4,0	375	562	78	19	31	33	36	39	28	28	0,035	43	65	78
11,00	17	14	2/III	0,97	1,36	0,72	2,9	365	548	54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,20	22	21	4/1	0,93	1,38	0,85	3,4	388	582	66	12	30	33	36	39	27	28	0,024	37	55	66
11,40	18	18	2/III	0,98	1,40	0,75	2,9	377	565	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,60	18	16	2/III	0,98	1,42	0,75	2,8	380	570	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,80	23	19	4/1	0,94	1,44	0,87	3,3	403	604	69	13	30	33	36	39	27	28	0,025	38	58	69
12,00	18	11	2/III	0,98	1,46	0,75	2,7	385	577	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12,20	28	22	4/1	0,96	1,48	0,97	3,7	416	625	84	19	31	33	36	39	28	28	0,036	47	70	84
12,40	20	27	4/1	0,93	1,49	0,80	2,9	402	604	60	7	29	32	35	39	26	27	0,015	33	50	60
12,60	26	28	4/1	0,95	1,51	0,93	3,4	426	638	78	16	30	33	36	39	27	28	0,030	43	65	78
12,80	21	22	4/1	0,93	1,53	0,82	2,9	413	620	63	8	29	32	35	39	26	27	0,017	35	53	63
13,00	20	19	4/1	0,93	1,55	0,80	2,7	410	615	60	6	29	32	35	38	26	27	0,014	33	50	60
13,20	28	32	3***	0,87	1,57	-	-	-	-	-	17	30	33	36	39	27	28	0,033	47	70	84
13,40	29	31	3***	0,87	1,58	-	-	-	-	-	18	31	33	36	39	27	29	0,035	48	73	87
13,60	22	25	4/1	0,93	1,60	0,85	2,8	429	644	66	8	29	32	35	39	26	28	0,018	37	56	66
13,80	20	20	4/1	0,93	1,62	0,80	2,6	419	628	60</											

PROVA PENETROMETRICA STATICA



realizzata nel Febbraio 2012 dal Dott. Geol. Andrea Panzani

STRUMENTO: PENETROMETRO STATICO/DINAMICO MOD. TG 200/63

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

n° 1
inferimento 001-12
certificato n°

Committente: UNIECO S.C.
Cantiere: Via Falegname
Località: CORREGGIO (RE) 42015 [EMILIA ROMAGNA]

U.M.: kg/cm² Data esec.: 22/02/2012
Pagina: 1 Data certificato: 02/03/2012
Elaborato: Preforo: m
Falda: -3,00 piano campagna

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Fr	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Fr
m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%	m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%
0,20	13,0	25,0		13,0	0,80	16	6,2								
0,40	13,0	25,0		13,0	1,27	10	9,8								
0,60	9,0	28,0		9,0	0,60	15	6,7								
0,80	8,0	17,0		8,0	0,40	20	5,0								
1,00	13,0	19,0		13,0	0,40	33	3,1								
1,20	19,0	25,0		19,0	0,93	20	4,9								
1,40	14,0	28,0		14,0	0,93	15	6,6								
1,60	15,0	29,0		15,0	0,73	21	4,9								
1,80	12,0	23,0		12,0	0,67	18	5,6								
2,00	14,0	24,0		14,0	0,60	23	4,3								
2,20	14,0	23,0		14,0	0,60	23	4,3								
2,40	14,0	23,0		14,0	0,33	42	2,4								
2,60	12,0	17,0		12,0	0,40	30	3,3								
2,80	15,0	21,0		15,0	0,80	19	5,3								
3,00	8,0	20,0		8,0	0,40	20	5,0								
3,20	17,0	23,0		17,0	0,53	32	3,1								
3,40	12,0	20,0		12,0	0,73	16	6,1								
3,60	11,0	22,0		11,0	0,60	18	5,5								
3,80	15,0	24,0		15,0	0,33	45	2,2								
4,00	12,0	17,0		12,0	0,80	20	5,0								
4,20	14,0	23,0		14,0	0,60	23	4,3								
4,40	15,0	24,0		15,0	0,60	25	4,0								
4,60	9,0	18,0		9,0	0,33	27	3,7								
4,80	7,0	12,0		7,0	0,40	18	5,7								
5,00	7,0	13,0		7,0	0,33	21	4,7								
5,20	12,0	17,0		12,0	0,67	18	5,6								
5,40	11,0	21,0		11,0	0,47	23	4,3								
5,60	10,0	17,0		10,0	0,47	21	4,7								
5,80	8,0	15,0		8,0	0,47	17	5,9								
6,00	10,0	17,0		10,0	0,60	17	6,0								
6,20	15,0	24,0		15,0	0,80	19	5,3								
6,40	17,0	29,0		17,0	0,80	21	4,7								
6,60	18,0	30,0		18,0	0,87	21	4,8								
6,80	13,0	26,0		13,0	0,73	18	5,6								
7,00	11,0	22,0		11,0	0,47	23	4,3								
7,20	9,0	16,0		9,0	0,47	19	5,2								
7,40	13,0	20,0		13,0	0,67	19	5,2								
7,60	13,0	23,0		13,0	0,67	19	5,2								
7,80	10,0	20,0		10,0	1,20	8	12,0								
8,00	11,0	29,0		11,0	0,87	13	7,9								
8,20	15,0	28,0		15,0	1,13	13	7,5								
8,40	20,0	37,0		20,0	1,07	19	5,4								
8,60	20,0	36,0		20,0	1,00	20	5,0								
8,80	22,0	37,0		22,0	1,33	17	6,0								
9,00	18,0	38,0		18,0	0,87	21	4,8								
9,20	16,0	29,0		16,0	0,93	17	5,8								
9,40	12,0	26,0		12,0	0,60	20	5,0								
9,60	15,0	24,0		15,0	0,60	25	4,0								
9,80	17,0	26,0		17,0	0,80	21	4,7								
10,00	13,0	25,0		13,0	0,67	19	5,2								
10,20	14,0	24,0		14,0	0,67	21	4,8								
10,40	16,0	26,0		16,0	0,73	22	4,6								
10,60	16,0	27,0		16,0	0,87	18	5,4								
10,80	16,0	29,0		16,0	0,80	20	5,0								
11,00	17,0	29,0		17,0	0,87	20	5,1								
11,20	12,0	25,0		12,0	0,67	18	5,6								
11,40	9,0	18,0		9,0	0,53	17	5,9								
11,60	7,0	15,0		7,0	0,47	15	6,7								
11,80	8,0	15,0		8,0	0,40	20	5,0								
12,00	9,0	15,0		9,0	0,47	19	5,2								
12,20	10,0	17,0		10,0	0,60	17	6,0								
12,40	11,0	20,0		11,0	0,73	15	6,6								
12,60	14,0	25,0		14,0	0,80	18	5,7								
12,80	18,0	30,0		18,0	0,80	23	4,4								
13,00	20,0	32,0		20,0	1,13	18	5,7								
13,20	17,0	34,0		17,0	1,20	14	7,1								
13,40	19,0	37,0		19,0	1,33	14	7,0								
13,60	22,0	42,0		22,0	1,47	15	6,7								
13,80	30,0	52,0		30,0	2,00	15	6,7								
14,00	27,0	57,0		27,0	2,13	13	7,9								
14,20	26,0	58,0		26,0	1,87	14	7,2								
14,40	25,0	53,0		25,0	1,87	13	7,6								
14,60	24,0	52,0		24,0	2,00	12	8,3								
14,80	26,0	56,0		26,0	1,93	13	7,4								
15,00	25,0	54,0		25,0											

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10,00 costante di trasformazione
qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0,20 m sopra quota di qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Fr = rapporto Schmertmann (fs / qc)

Zona sismica: 3 Acq 07 12

FON000

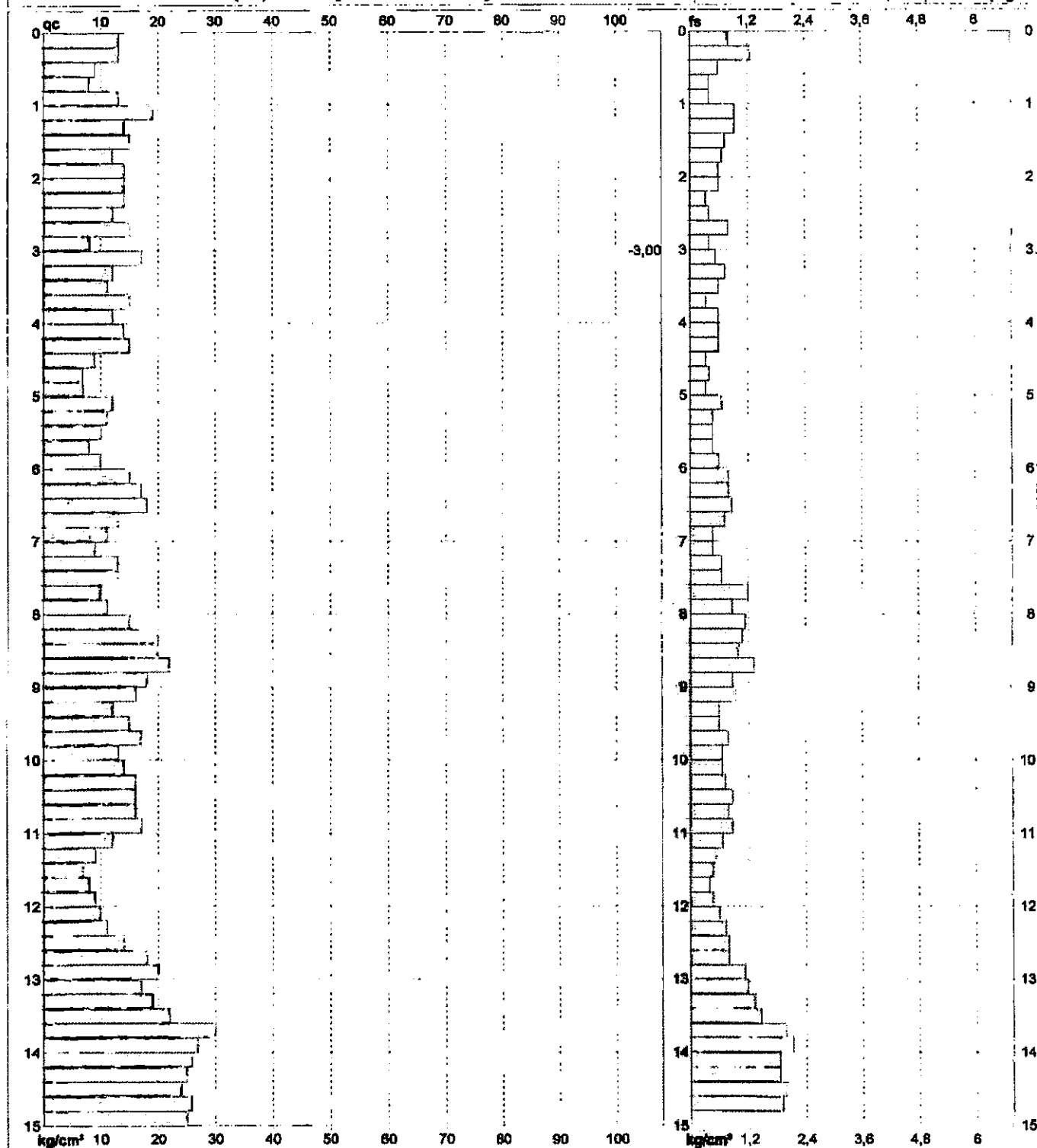
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

n° **1**
riferimento
certificato n° **001-12**

Committente: **UNIECO S.C.**
Cantiere: **Via Falegname**
Località: **CORREGGIO (RE) 42015 [EMILIA ROMAGNA]**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: **1:75**
Pagina: **1**
Elaborato:
Data esec.: **22/02/2012**
Data certificato: **02/03/2012**
Profondità: **m**
Falda: **-3,00 m piano campagna**



Coord. Relative	Coord. Geografiche	Penetrometro: TG83-200	Quota ass.:
Xr: m	Xg:	Responsabile:	Corr.asline: kg/ml
Yr: m	Yg:	Assistente:	Cod.ISTAT: 035020
Zr: m	Zg:		

Zona sismica: 3 Acq 07 12

FON000

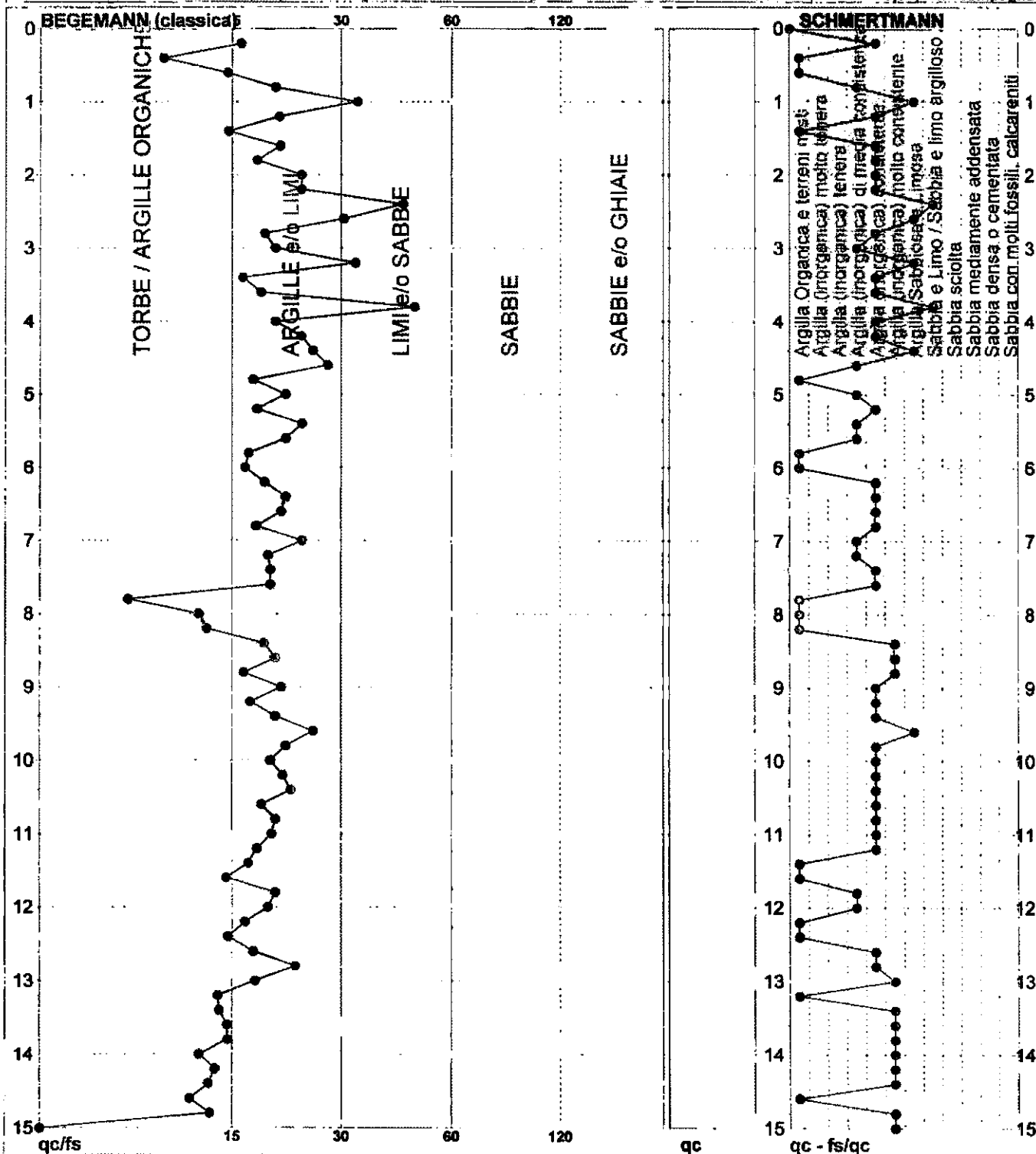
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

n°	1
referimento	001-12
certificato n°	

Committente: UNIECO S.C.
Cantiere: Via Falegname
Località: CORREGGIO (RE) 42015 [EMILIA ROMAGNA]

U.M.: kg/cm² Data esec.: 22/02/2012
Scala: 1:75 Data certificato: 02/03/2012
Pagina: 1 Preforo: m
Elaborato: Falda: -3,00 piano campagna



Torbe / Argille organiche: 5 punti,	Argilla Organica e terreni misti: 15 punti,	Argilla Sabbiosa e Limosa: 5 punti,
Argille e/o Limi: 55 punti,	Argilla (inorganica) molto tenera: 0 punti,	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso: 0 punti,
Limi e/o Sabbie: 4 punti,	Argilla (inorganica) tenera: 0 punti,	Sabbia sciolta: 0 punti,
Sabbie: 0 punti,	Argilla (inorganica) media consistente: 0 punti,	Sabbia mediamente addensata: 0 punti,
Sabbie e/o Ghiaie: 0 punti,	Argilla (inorganica) consistente: 31 punti,	Sabbia densa o cementata: 0 punti,
	Argilla (inorganica) molto consistente: 0 punti,	Sabbia con molti fossili, calcareniti: 0 punti,

Zona sismica: 3 Acq 07 12

FON000

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI

n° 1
riferimento 001-12
certificato n°

Committente: UNIECO S.C.
Cantiere: Via Falegname
Località: CORREGGIO (RE) 42015 [EMILIA ROMAGNA]

U.M.: kg/cm² Data esec.: 22/02/2012
Pagina: 1 Data certificato: 02/03/2012
Elaborato: Preforo: m Falda: -3,00 m piano campagna

Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs	zone	γ t/m³	σ'vo kg/cm²	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										
							Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	σSc	σCa	σKo	σDB	σDM	σMe	F.L.	E'50	E'25	Mo
							kg/cm²	%	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²
0.20	13.0	18.3		1.93	0.04	145	0.60	99.9	103	154	53											
0.40	13.0	10.2		1.93	0.08	145	0.60	82.3	103	154	53											
0.60	9.0	15.0		1.88	0.11	127	0.45	34.6	77	115	43											
0.80	8.0	20.0		1.86	0.15	121	0.40	21.0	68	102	40											
1.00	13.0	32.5		1.88	0.19	145	0.60	21.0	103	154	53	42	38	31	28	26	35	28		22	33	39
1.20	19.0	20.4		1.99	0.23	168	0.76	28.8	132	198	67											
1.40	14.0	15.1		1.94	0.27	150	0.64	18.5	108	162	55											
1.60	15.0	20.5		1.95	0.31	154	0.67	16.5	113	170	57											
1.80	12.0	17.9		1.92	0.35	141	0.57	11.8	97	146	51											
2.00	14.0	23.3		1.94	0.38	150	0.64	11.8	108	162	55											
2.20	14.0	23.3		1.94	0.42	150	0.64	10.5	108	162	55											
2.40	14.0	42.4		1.89	0.46	150	0.64	9.4	110	165	57	23	34	27	24	22	30	26		23	35	42
2.60	12.0	30.0		1.88	0.50	141	0.57	7.4	122	183	61	18	34	28	22	21	28	26		20	30	36
2.80	15.0	18.8		1.95	0.54	154	0.67	6.2	128	192	67											
3.00	8.0	20.0		0.86	0.55	121	0.40	4.2	155	232	40											
3.20	17.0	32.1		0.91	0.57	161	0.72	6.0	136	204	62	25	34	27	23	22	30	27		28	43	51
3.40	12.0	16.4		0.82	0.59	141	0.57	6.0	128	234	51											
3.60	11.0	18.3		0.81	0.61	137	0.54	5.4	166	249	49											
3.80	15.0	45.5		0.89	0.63	154	0.67	5.8	159	236	56	18	33	26	22	21	29	27		25	38	45
4.00	12.0	20.0		0.82	0.65	141	0.57	5.4	176	264	51											
4.20	14.0	26.2		0.84	0.66	150	0.64	5.8	176	264	51											
4.40	15.0	26.2		0.86	0.68	154	0.67	5.1	180	270	57											
4.60	9.0	27.2		0.86	0.70	127	0.45	3.6	188	297	43											
4.80	7.0	21.3		0.84	0.72	115	0.35	2.6	184	276	37											
5.00	7.0	21.2		0.84	0.73	115	0.35	2.6	186	279	37											
5.20	12.0	17.9		0.82	0.75	141	0.57	4.4	210	315	51											
5.40	11.0	23.4		0.81	0.77	137	0.54	4.0	215	323	49											
5.60	10.0	21.3		0.80	0.79	132	0.50	3.5	223	334	46											
5.80	8.0	17.0		0.88	0.81	121	0.40	2.6	209	313	40											
6.00	10.0	16.7		0.90	0.82	132	0.50	3.4	231	347	46											
6.20	15.0	18.8		0.95	0.84	154	0.67	4.7	235	352	57											
6.40	17.0	21.3		0.97	0.86	161	0.72	5.0	238	357	62											
6.60	18.0	20.7		0.98	0.88	164	0.75	5.1	243	364	65											
6.80	13.0	17.8		0.93	0.90	145	0.60	3.8	254	380	53											
7.00	11.0	23.4		0.91	0.92	137	0.54	3.2	256	384	49											
7.20	9.0	18.1		0.88	0.94	127	0.45	2.5	238	357	43											
7.40	13.0	18.4		0.93	0.96	145	0.60	3.5	270	404	53											
7.60	13.0	19.4		0.93	0.97	145	0.60	3.5	274	412	53											
7.80	10.0	8.3		0.90	0.99	132	0.50	2.7	259	389	48											
8.00	11.0	12.8		0.91	1.01	137	0.54	2.6	271	407	49											
8.20	15.0	13.7		0.95	1.03	154	0.67	3.6	291	436	57											
8.40	20.0	13.7		0.93	1.05	171	0.80	4.5	292	438	58	16	33	24	21	20	28	27		33	50	60
8.60	20.0	20.0		0.93	1.07	171	0.80	4.4	298	446	59	15	33	24	21	20	28	27		33	50	60
8.80	22.0	16.3		0.93	1.08	177	0.85	4.8	302	453	78	18	33	25	21	20	28	28		37	55	66
9.00	20.0	20.7		0.98	1.10	184	0.75	3.9	310	465	65											
9.20	18.0	17.2		0.96	1.12	157	0.70	3.4	316	476	60											
9.40	12.0	20.0		0.92	1.14	141	0.57	2.8	287	448	51											
9.60	15.0	25.0		0.92	1.16	154	0.67	3.1	321	482	57											
9.80	17.0	21.3		0.97	1.18	161	0.72	3.4	332	498	62											
10.00	13.0	18.4		0.93	1.20	145	0.60	2.7	313	470	53											
10.20	14.0	21.9		0.94	1.22	150	0.64	2.8	324	496	60											
10.40	16.0	20.7		0.96	1.24	157	0.70	3.1	340	510	60											
10.60	18.0	20.4		0.98	1.26	157	0.70	3.0	348	520	60											
10.80	16.0	19.8		0.97	1.28	161	0.72	3.0	355	533	62											
11.00	12.0	17.0		0.92	1.31	141	0.57	2.2	313	468	51											
11.20	9.0	17.0		0.88	1.33	127	0.45	1.6	260	390	43											
11.40	8.0	14.8		0.86	1.36	115	0.35	1.2	235	353	40											
11.60	20.0	18.7		0.88	1.37	127	0.45	1.6	262	392	43											
11.80	9.0	15.1		0.90	1.39	132	0.50	1.7	266	430	48											
12.00	10.0	17.6		0.91	1.41	137	0.54	1.9	304	456	49											
12.20	14.0	22.5		0.94	1.43	150	0.64	2.3	346	519	55											
12.40	18.0	17.7		0.88	1.45	164	0.75	2.8	384	576	65											
12.60	20.0	14.2		0.83	1.47	171	0.80	2.9	388	598	69	7	32	23	19	18	26	27		33	50	60
12.80	17.0	14.2		0.87	1.49	161	0.72	2.5	381	571	62											
13.00	19.0	14.3		0.99	1.51	188	0.78	2.7	398	597	67											
13.20	30.0	15.0		0.93	1.53	177	0.85	3.0	417	626	78	10	32	23	20	19	26	28		37	55	66
13.40	27.0	12.7		0.95	1.56	182	0.95	3.4	439	658	93	16	33	24	21	19	27	28		45	68	81
13.60	25.0	13.4		0.95	1.58	189	0.93	3.2	441	661	90	14	33	24	20	19	27	28		43	65	78
13.80	25.0	13.0		0.94	1.60	186	0.91	3.1	442	663	86	13	33	23	20	19	27	28		42	63	75
14.00	24.0	13.0		0.94	1.62	183	0.89	3.0	441	662	83	11	33	23	20	19	27	28		40	60	72
14.20	26.0	13.0		0.95	1.64	189	0.93	3.1	452	678	90	14	33	24	20	19	27	28		43	65	78
14.40	25.0			0.95	1.66	188						12	33	23	20	19	26	28		42	63	75

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE



realizzate nel Marzo 2003 dal Dott. Geol. Vittorio Monelli

STRUMENTO: PENETROMETRO LEGGERO DINASTAR

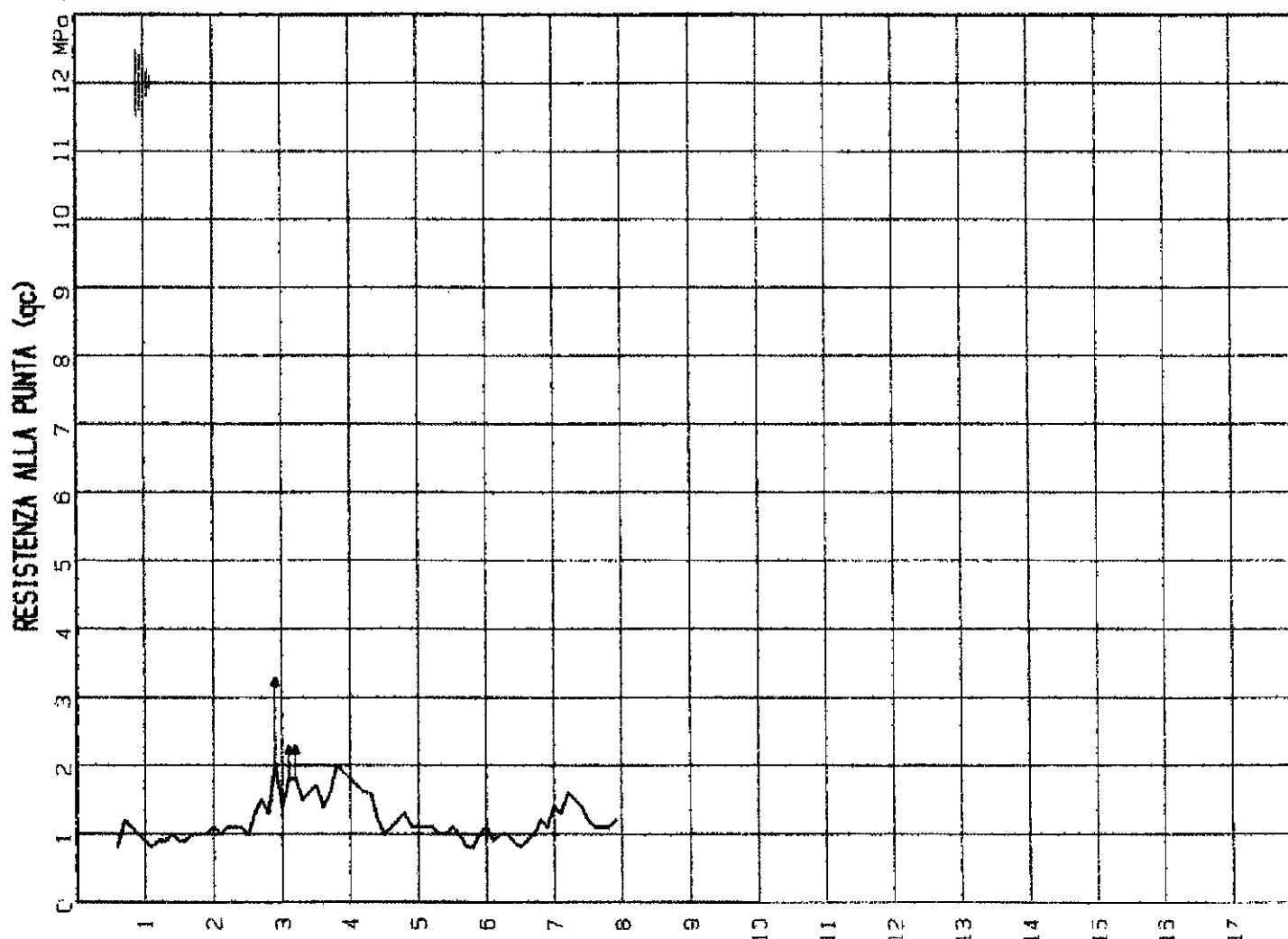
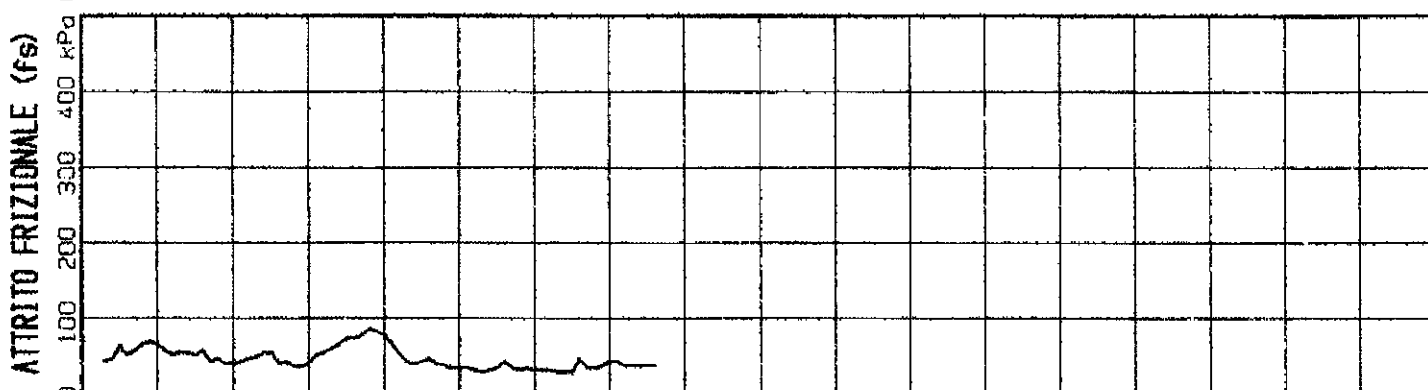
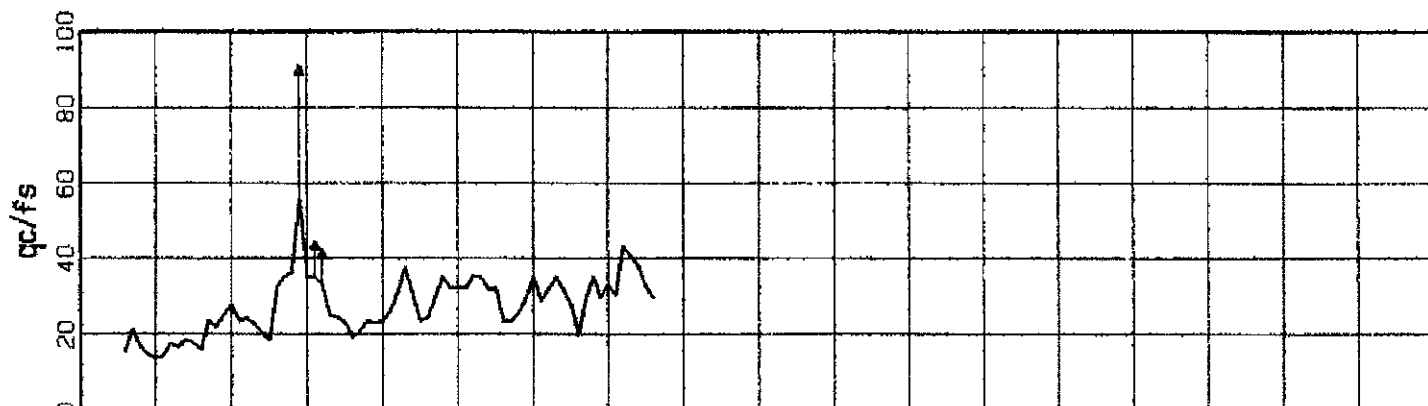
GHOSTUDIO

via Franceschini, 26

tel. / fax 0522 811948

Castelnovo ne' Monti (RE)

CPT N. 1	ESECUTORE: GHOSTUDIO Geologi Associati	DATA: 18/03/03
COMMITTENTE: Laboratorio Architettura	LOCALITA': CORREGGIO (RE)	
CANTIERE: Via Astrologo	D.L.: dr. Monelli	TAV. 3



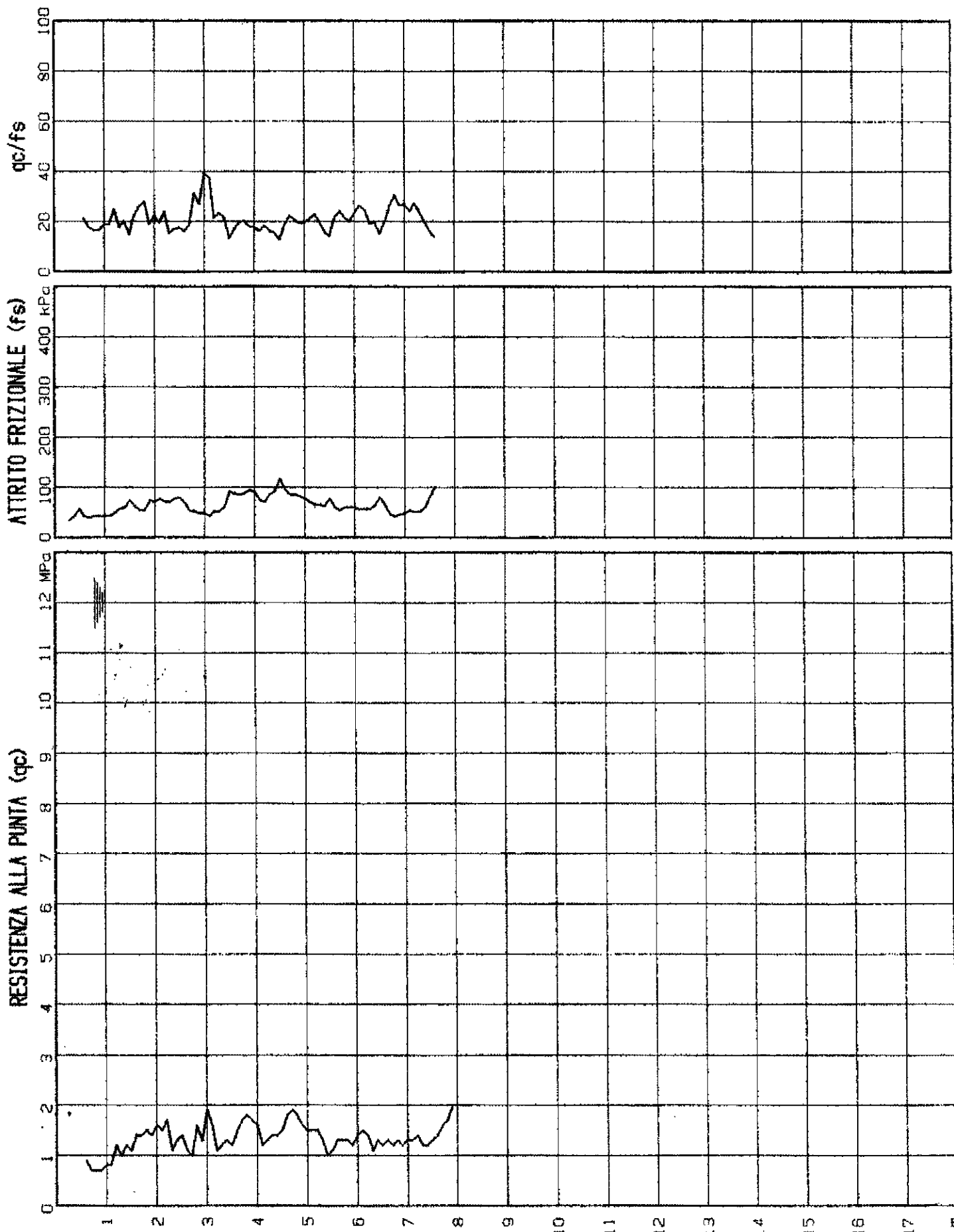
GEOSTUDIO

via Franceschini, 26

tel. / fax 0522 811948

Castelnovo ne' Monti (RE)

CPT N. 2	ESECUTORE: <i>GEOSTUDIO Geologi Associati</i>	DATA: 18/03/03
COMITENTE: <i>Laboratorio Architettura</i>	LOCALITA': <i>CORREGGIO (RE)</i>	
CANTIERE: <i>Via Astrologo</i>	D.L.: <i>dr. Monelli</i>	TAV. 4



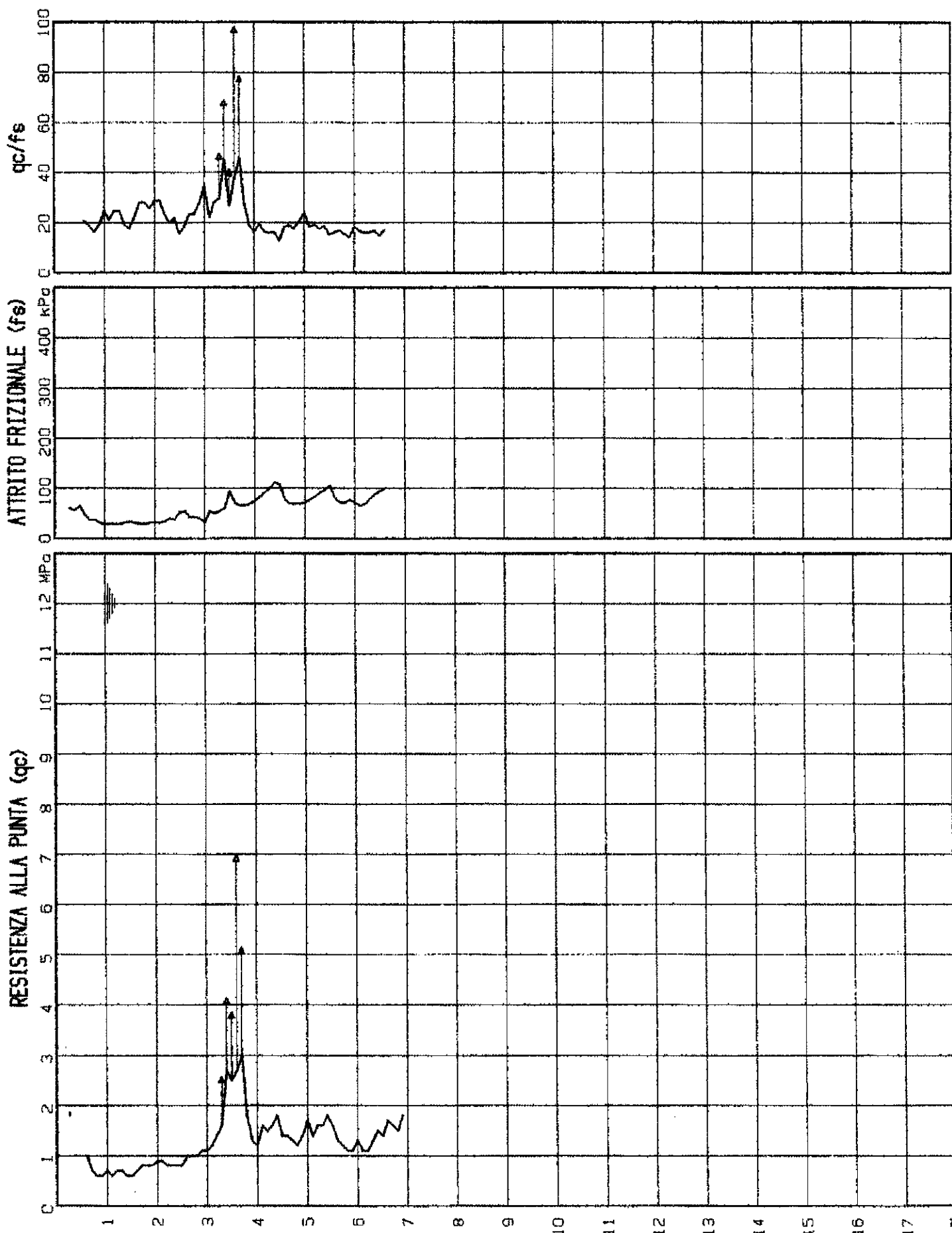
GHOSTUDIO

via Franceschini, 26

tel. / fax 0522 811948

Castelnovo ne' Monti (RE)

CPT N. 3	ESECUTORE: GHOSTUDIO Geologi Associati	DATA: 18/03/03
COMMITTENTE: Laboratorio Architettura	LOCALITA': CORREGGIO (RE)	
CANTIERE: Via Astrologo	D.L.: dr. Monelli	TAV. 5



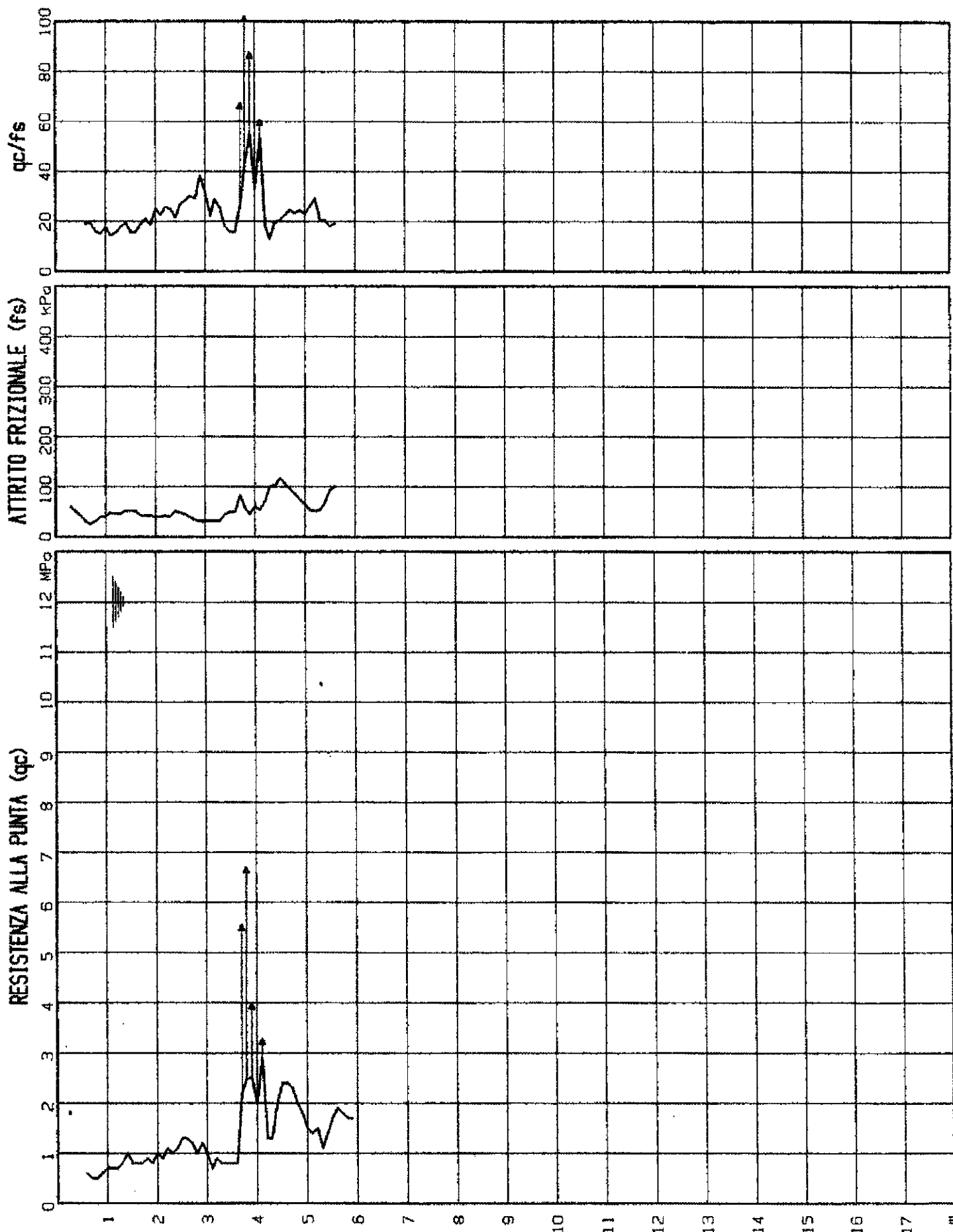
GHOSTUDIO

via Franceschini, 26

tel. / fax 0522 811948

Castelnovo ne' Monti (RE)

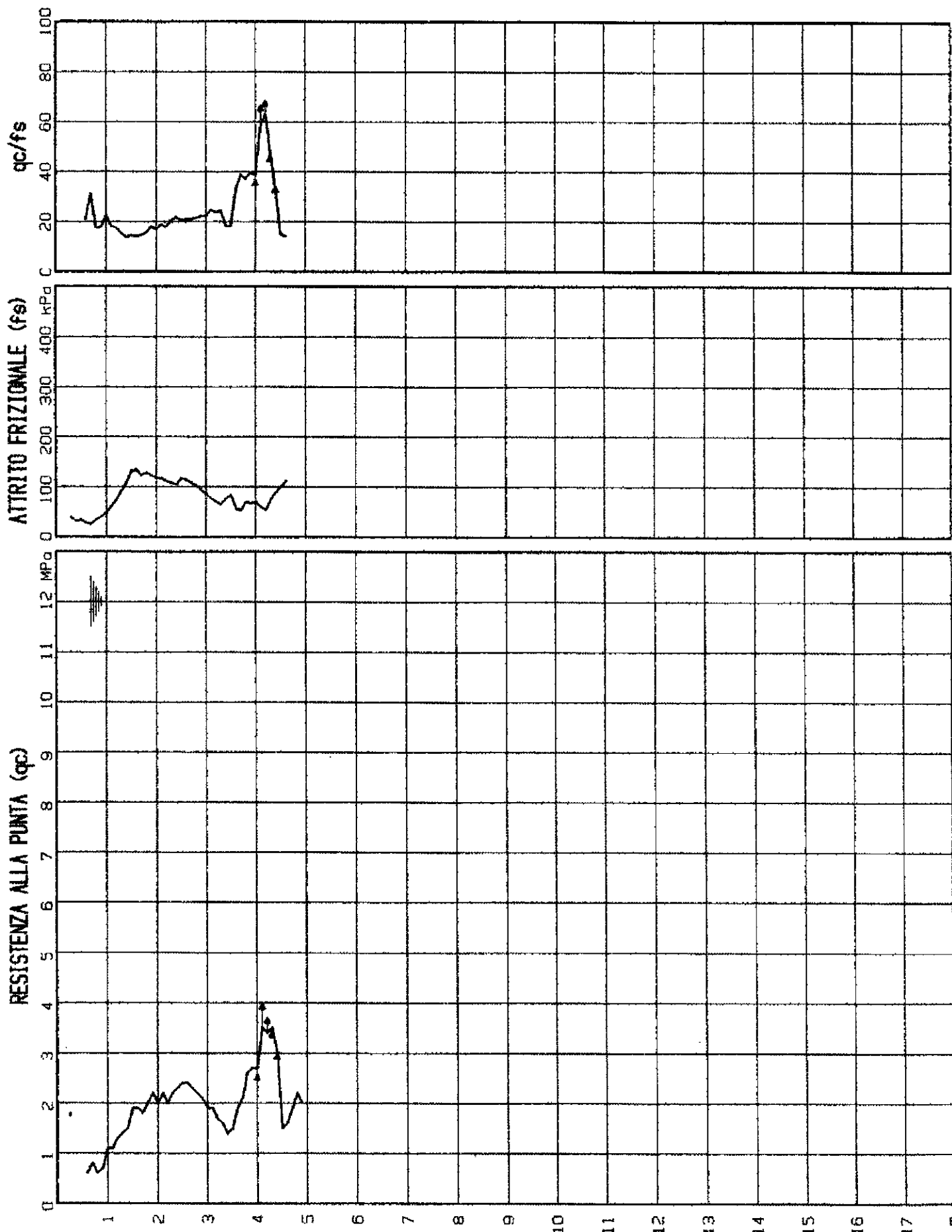
CPT N. 4	ESECUTORE: GHOSTUDIO Geologi Associati	DATA: 18/03/03
COMMITTENTE: Laboratorio Architettura	LOCALITA': CORREGGIO (RE)	
CANTIERE: Via Astrologo	D.L.: dr. Monelli	TAV. 6



GEOSTUDIO

via Franceschini, 26
tel. / fax 0522 811948
Castelnovo ne' Monti (RE)

CPT N. 5	ESECUTORE: <i>GEOSTUDIO Geologi Associati</i>	DATA: 18/03/03
COMMITTENTE: <i>Laboratorio Architettura</i>	LOCALITA': <i>CORREGGIO (RE)</i>	
CANTIERE: <i>Via Astrologo</i>	D.L.: <i>dr. Monelli</i>	TAV. 7



GEOSTUDIO

via Franceschini, 26

tel. / fax 0522 811948

Castelnovo ne' Monti (RE)

CPT N. 6

ESECUTORE: GEOSTUDIO Geologi Associati

DATA: 18/03/03

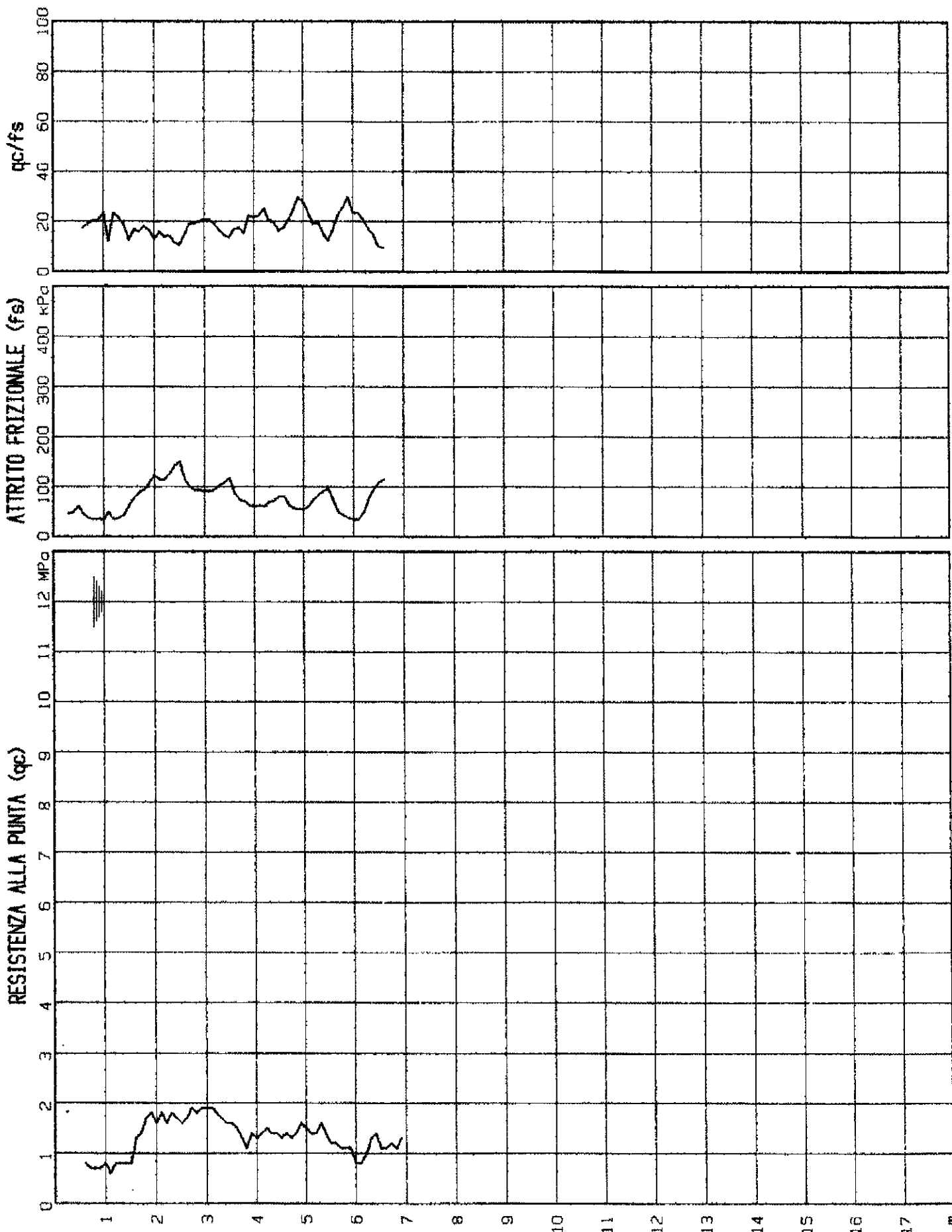
COMMITTENTE: Laboratorio Architettura

LOCALITA': CORREGGIO (RE)

CANTIERE: Via Astrologo

D.L.: dr. Monelli

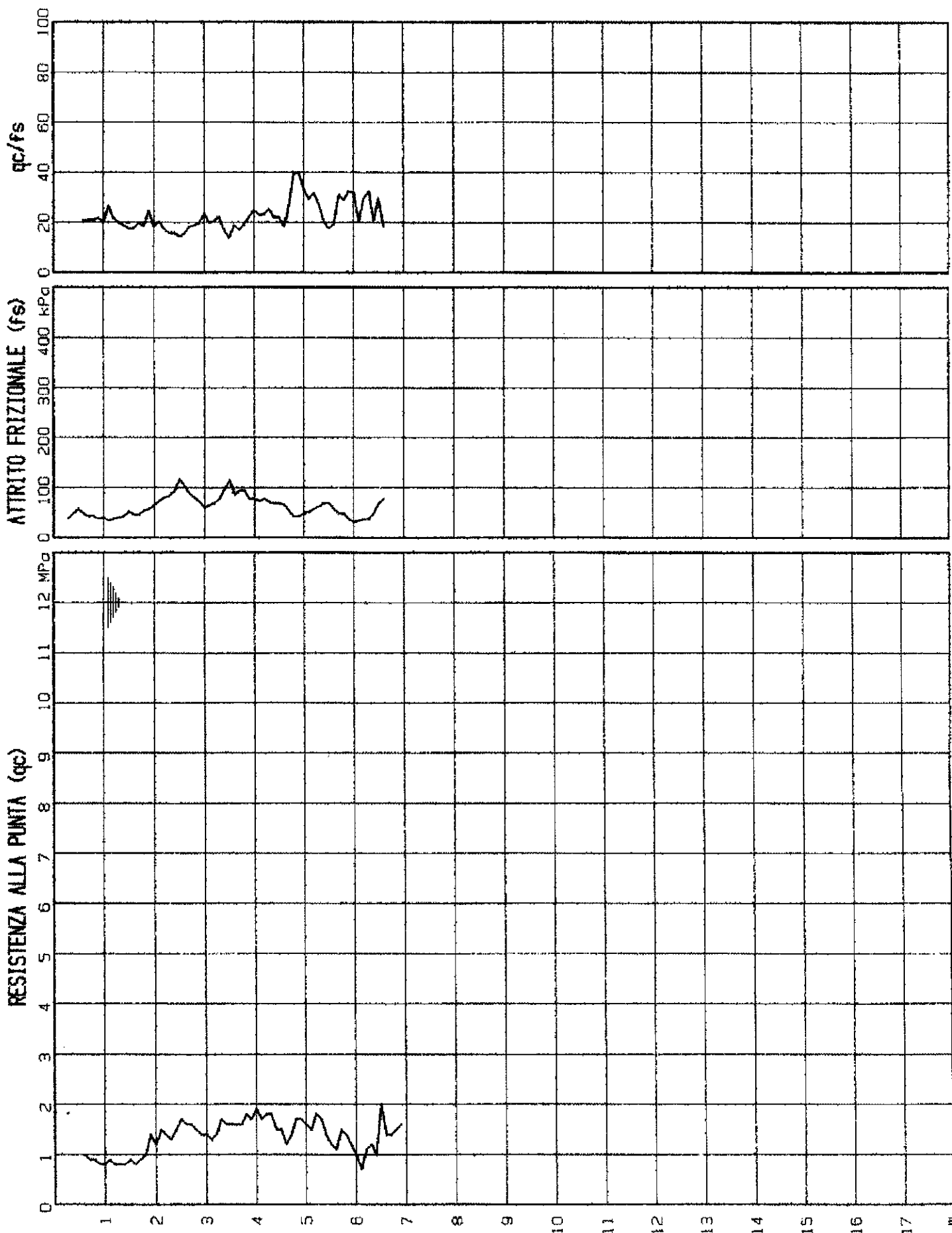
TAV. 8



GEOSTUDIO

via Franceschini, 26
tel. / fax 0522 811948
Castelnovo ne' Monti (RE)

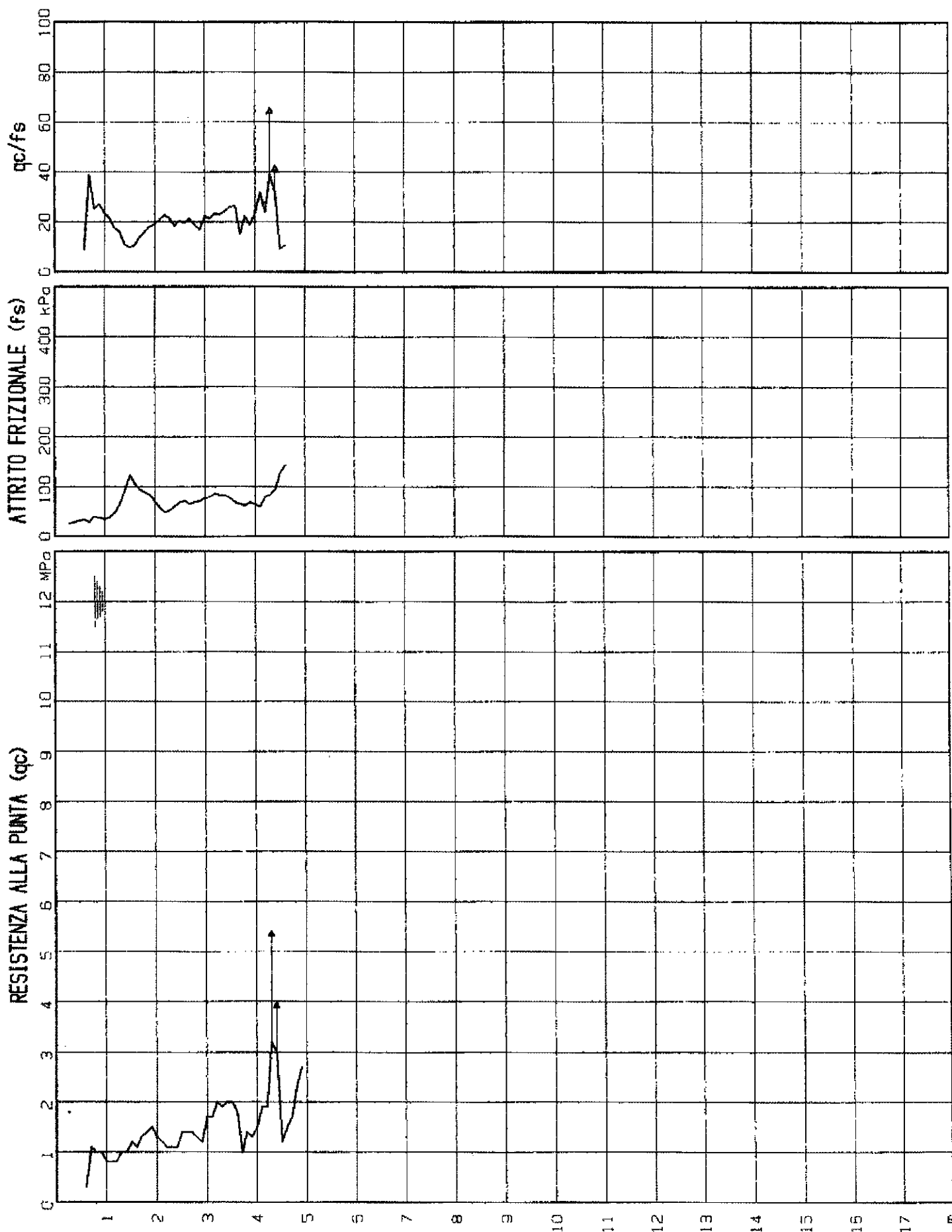
CPT N. 7	ESECUTORE: <i>GEOSTUDIO Geologi Associati</i>	DATA: 18/03/03
COMMITTENTE: <i>Laboratorio Architettura</i>	LOCALITA': <i>CORREGGIO (RE)</i>	
CANTIERE: <i>Via Astrologo</i>	D.L.: <i>dr. Monelli</i>	TAV. 9



GEOSTUDIO

via Franceschini, 26
tel. / fax 0522 811948
Castelnovo ne' Monti (RE)

CPT N. 8	ESECUTORE: <i>GEOSTUDIO Geologi Associati</i>	DATA: 18/03/03
COMMITTENTE: <i>Laboratorio Archilettura</i>	LOCALITA': <i>CORREGGIO (RE)</i>	
CANTIERE: <i>Via Astrologo</i>	D.L.: <i>dr. Monelli</i>	TAV. 10



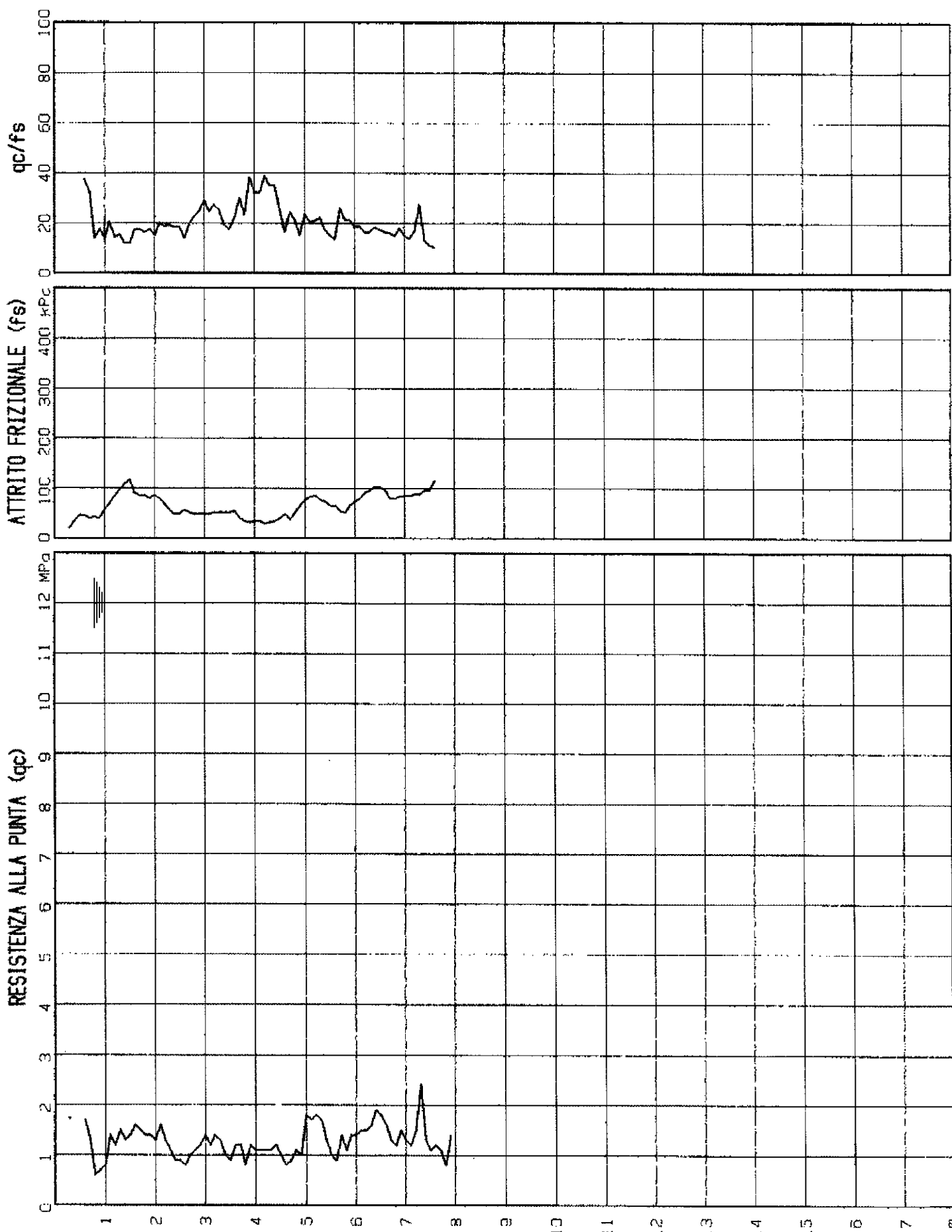
GHOSTUDIO

via Franceschini, 26

tel. / fax 0522 811948

Castelnovo ne' Monti (RE)

CPT N. 9	ESECUTORE: GHOSTUDIO Geologi Associati	DATA: 18/03/03
COMMITTENTE: Laboratorio Architettura	LOCALITA': CORREGGIO (RE)	
CANTIERE: Via Astrologo	D.L.: dr. Monelli	TAV. 11



GHOSTUDIO

via Franceschini, 26

tel. / fax 0522 811948

Castelnovo ne' Monti (RE)

CPT N. 10

ESECUTORE: GHOSTUDIO Geologi Associati

DATA: 18/03/03

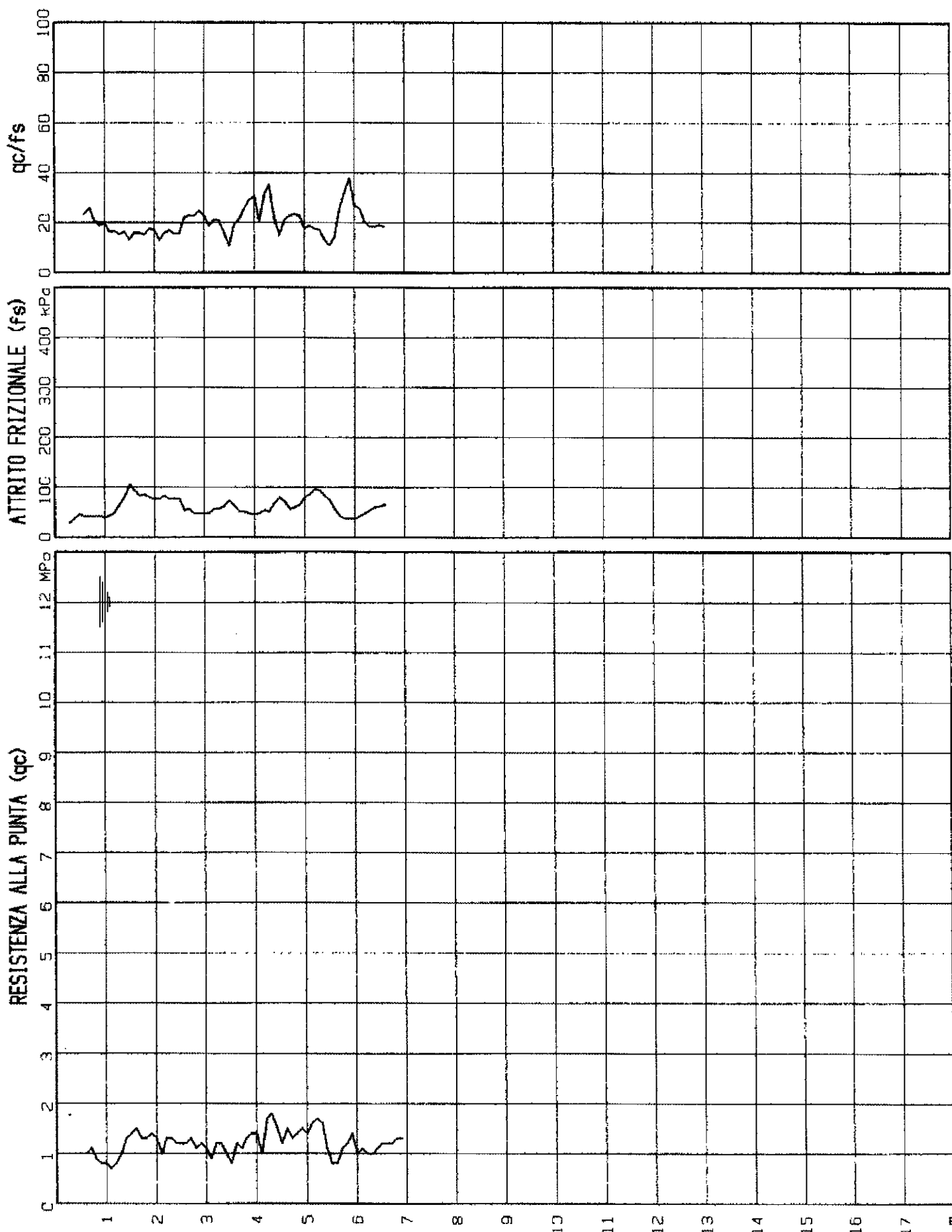
COMMITTENTE: Laboratorio Architettura

LOCALITA': CORREGGIO (RE)

CANTIERE: Via Astrologo

D.L.: dr. Monelli

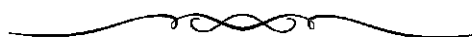
TAV. 12



SISMICA A RIFRAZIONE

MASW

PER LA DETERMINAZIONE DEL VS30



realizzata nel febbraio 2012 dal Dott. Geol. Andrea Panzani

STRUMENTO: SISMOGRAFO PASI 16SG24

winMASW 4.1.1 Pro - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

Main results

See "winMASW_report.txt" for further details.

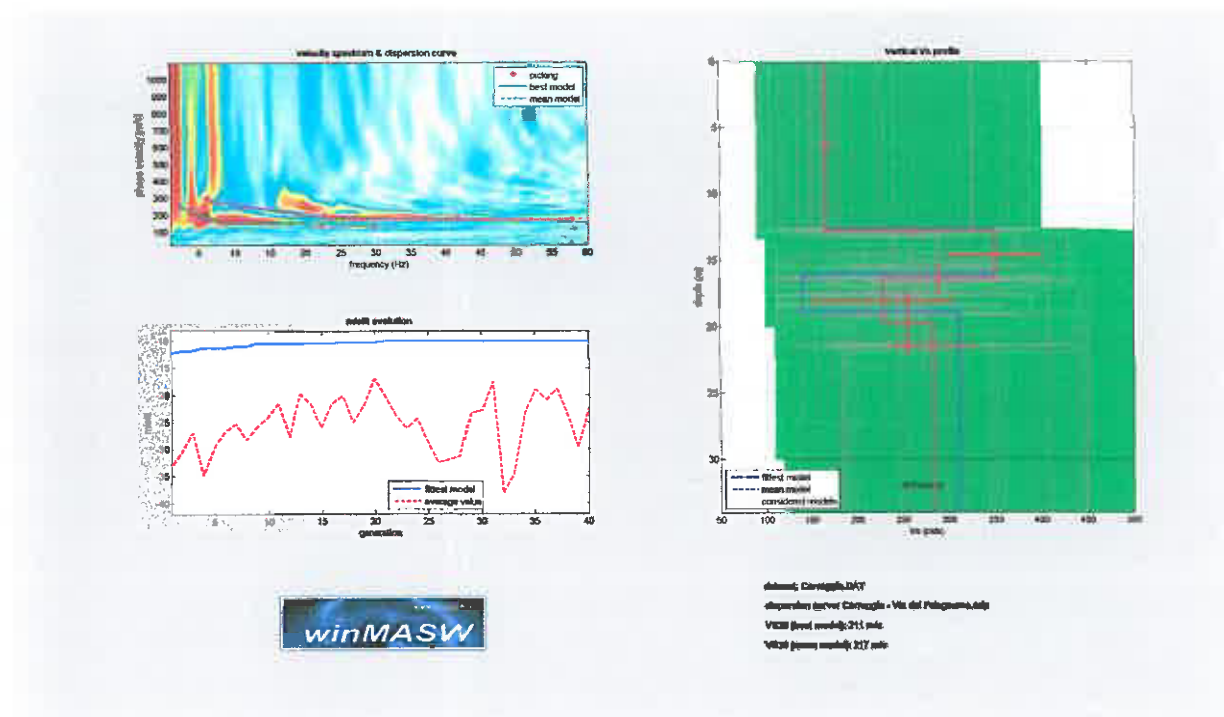
www.ckiosoft.it

Date: 24/2/2012

Time: 10:48

Dataset: Correggio.DAT

Considered dispersion curve: Correggio - Via del Falegname.cdp



Mean model

Vs (m/s): 166, 350, 229, 283

Standard deviations (m/s): 8, 53, 79, 47

Thickness (m): 12.8, 3.6, 3.4

Standard deviations (m/s): 0.2, 1.1, 2.5

Density (gr/cm³): 1.80, 1.98, 1.87, 1.90

Shear modulus (MPa): 50, 242, 98, 152

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and elastic moduli

Vp (m/s): 346, 729, 477, 529

Poisson: 0.35, 0.35, 0.35, 0.30

Bulk modulus (MPa): 149, 728, 295, 329

Young's modulus (MPa): 134, 654, 265, 395

Lamé (MPa): 116, 566, 230, 227

Possible Soil Type: C

Pay attention

Soil classification must be performed by the user.

For the Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fine).

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine).

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fine).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).

S1 - Depositati di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero $10 < cu_{30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

winMASW 4.1.1 Pro

Surface wave analysis modelling and inversion of Rayleigh and Love waves MASW, ReMi and attenuation analyses

www.ghosoft.it

RISPOSTA SISMICA LOCALE DI 3° LIVELLO

**Variante al PP2
Correggio**

**Committente: Andria Cooperativa di Abitanti
Andrea Simonazzi
Imm. G. da Correggio**

Data: agosto 2016

INTRODUZIONE

PROCEDURA DI CALCOLO

La procedura di calcolo adoperata da RSL per la valutazione della funzione di trasferimento presuppone come base di partenza uno o più accelerogrammi, od uno spettro di risposta in accelerazione, e la conoscenza della stratigrafia del sito attraverso i seguenti parametri geotecnici per ogni strato:

- peso per unità di volume;
- velocità di propagazione delle onde di taglio;
- coefficiente di spinta laterale;
- modulo di taglio iniziale (opzionale);
- spessore;
- indice di plasticità.

La non linearità del calcolo è introdotta dalla dipendenza del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso dalla deformazione.

Schematicamente la procedura è riassumibile nel seguente modo:

1. Valutazione dello spettro di Fourier dell'accelerogramma (omessa nel caso si debba analizzare uno spettro);
2. Ricerca di un errore relativo piccolo seguendo la procedura di:
 - 2.1. Stima della funzione di trasferimento;
 - 2.2. Valutazione della deformazione indotta in ciascuno strato;
 - 2.3. Correzione del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso per ogni strato;Le operazioni 2.1, 2.2 e 2.3 sono ripetute fino a quando la differenza di deformazione tra un'iterazione e la precedente non rimane al di sotto di una soglia ritenuta accettabile;
3. Trasformazione inversa di Fourier dello spettro precedentemente calcolato ed opportunamente pesato per mezzo della funzione di trasferimento calcolata.

Attraverso questa procedura è possibile “trasferire” l'accelerogramma dal bedrock in superficie. La deformazione per ciascuno strato viene corretta sulla base del rapporto fra deformazione effettiva e massima come suggerito dalla letteratura scientifica, ovvero

$$\frac{\gamma_{eff}}{\gamma_{max}} = \frac{M - 1}{10}$$

dove M rappresenta la magnitudo del sisma.

Per la valutazione della funzione di trasferimento, RSL considera un suolo variamente stratificato composto da N strati orizzontali di cui l' N -esimo è il letto di roccia (bedrock). Ponendo come ipotesi che ciascuno strato si comporti come un solido di Kelvin-Voigt $\left[\tau = G\gamma + \eta \frac{\partial \gamma(z, t)}{\partial z \partial t} \right]$, la propagazione delle onde di taglio che attraversano gli strati verticalmente può essere definita dall'equazione dell'onda:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t} \quad (1)$$

dove: u rappresenta lo spostamento; t il tempo; ρ la densità; G il modulo di deformazione al taglio; η la viscosità. Per onde armoniche lo spostamento può essere scritto come:

$$u(z, t) = U(z)^{i\omega t} \quad (2)$$

che sostituita nella (1) pone

$$(G + i\omega\eta) \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho\omega^2 U \quad (3)$$

dove ω rappresenta la frequenza angolare. La (3) può essere riscritta come

$$G^* \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho\omega^2 U \quad (4)$$

avendo posto $G^* = G + i\omega\eta$, ovvero il modulo di deformazione al taglio *complesso*. Questo può essere ulteriormente riscritto come

$$G^* = G(1 + 2i\xi) \quad (5)$$

avendo posto

$$\eta = \frac{2G}{\omega} \xi \quad (6)$$

dove ξ rappresenta il coefficiente di smorzamento viscoso. Ciò posto, e fatta convenzione che l'apice * indica la natura complessa della variabili in gioco, la soluzione dell'equazione generica dell'onda è la seguente:

$$u(z, t) = Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)} \quad (7)$$

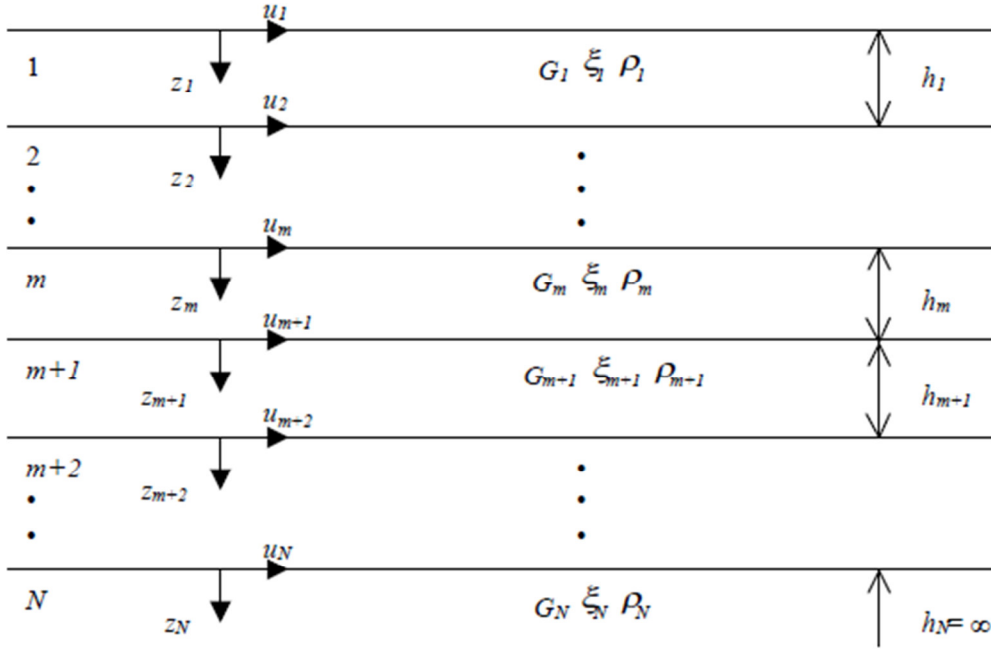


Figura 1: Esempio di stratigrafia per riferimento.

dove E e F dipendono dalle condizioni al contorno e rappresentano l'ampiezza d'onda che viaggia rispettivamente verso l'alto (-z) e verso il basso (+z), mentre k^* rappresenta il numero d'onda complesso dato dalla seguente espressione:

$$k^* = \omega \sqrt{\frac{\rho}{G^*}} \quad (8)$$

Il taglio invece è dato da:

$$\tau(z, t) = G^* \frac{dU}{dz} e^{i\omega t} = ik^* G^* [Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)}] e^{i\omega t} \quad (9)$$

Per il generico strato m di spessore h_m gli spostamenti, rispettivamente in sommità ($z = 0$) ed al fondo ($z = h_m$), sono:

$$u_m(0, t) = (E_m + F_m) e^{i\omega t} \quad (10)$$

$$u_m(h_m, t) = (E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m}) e^{i\omega t} \quad (11)$$

Poiché deve essere rispettata la congruenza sullo spostamento all'interfaccia tra gli strati, ovvero lo spostamento in sommità ad uno strato deve essere uguale allo spostamento sul fondo di quello immediatamente sopra, se ne deduce che:

$$u_m(z = h_m, t) = u_{m+1}(z = 0, t) \quad (12)$$

Usando la (10), (11) e la (12), ne consegue che

$$E_{m+1} + F_{m+1} = E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \quad (13)$$

Il taglio in sommità ed al fondo dell' m -esimo strato è dato da:

$$\tau_m(0, t) = ik_m^* G_m^* [E_m - F_m] e^{i\omega t} \quad (14)$$

$$\tau_m(h_m, t) = ik_m^* G_m^* [E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}] e^{i\omega t} \quad (15)$$

Poiché fra uno strato e l'altro il taglio deve essere continuo si ha

$$\tau_m(z = h_m, t) = \tau_{m+1}(z = 0, t) \quad (16)$$

ovvero

$$E_{m+1} - F_{m+1} = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} (E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}) \quad (17)$$

Sommando la (13) alla (17) e sottraendo la (17) alla (13) si ottiene

$$E_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 + \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 - \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (18)$$

$$F_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 - \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 + \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (19)$$

dove α_m^* rappresenta il coefficiente di impedenza complesso al contorno tra gli strati m ed $m+1$, ed è dato dalla seguente espressione:

$$\alpha_m^* = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} \quad (20)$$

Poiché in superficie il taglio è nullo,

$$\tau_1(0, t) = ik_1^* G_1^* [E_1 - F_1] e^{i\omega t} = 0$$

si deduce che $E_1 = F_1$.

Le equazioni (18) e (19) possono essere successivamente applicate agli strati successivi da 2 ad m . La funzione di trasferimento A_{mn} che lega gli spostamenti in sommità degli strati m ed n è definita dalla seguente espressione:

$$A_{mn} = \frac{u_m}{u_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (21)$$

A_{mn} rappresenta la funzione di trasferimento, ovvero la funzione che mette in relazione il modulo della deformazione tra i punti m e n .

In pratica lo stato deformativo di una stratigrafia rimane definito una volta nota la deformazione di un suo qualsiasi punto. Inoltre, poiché la velocità e l'accelerazione sono legati allo spostamento,

$$\dot{u}(z, t) = \frac{\partial u}{\partial t} = i\omega u(z, t) \quad \ddot{u}(z, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\omega^2 u(z, t) \quad (22)$$

La funzione di trasferimento A_{mn} può essere espressa anche in funzione delle velocità e dell'accelerazione al tetto degli strati n ed m :

$$A_{mn}(\omega) = \frac{u_m}{u_n} = \frac{\dot{u}_m}{\dot{u}_n} = \frac{\ddot{u}_m}{\ddot{u}_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (23)$$

La deformazione tangenziale rimane definita alla profondità z e al tempo t dalla relazione:

$$\gamma(z, t) = \frac{\partial u}{\partial z} = ik^* (E e^{ik^* z} - F e^{-ik^* z}) e^{i\omega t} \quad (24)$$

E la corrispondente tensione tangenziale, dalla seguente espressione:

$$\tau(z, t) = G^* \gamma(z, t) \quad (25)$$

Ai fini di una corretta interpretazione del problema della risposta sismica locale, risulta utile riprodurre la rappresentazione schematica di Figura 2 in cui è riportata la terminologia utilizzata per lo studio del moto sismico di un deposito che poggia su un basamento roccioso.

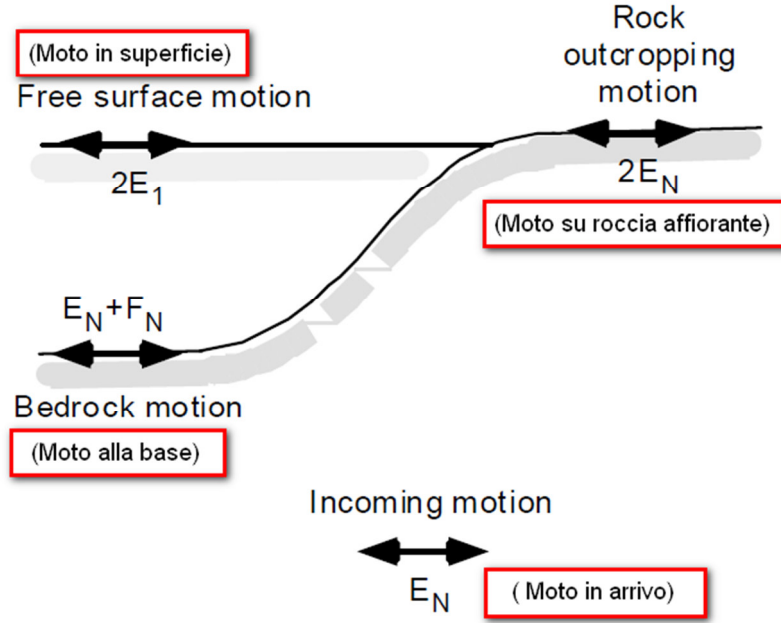


Figura 2: Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

Le onde di taglio si propagano verticalmente attraverso il bedrock con ampiezza pari ad E_N ; al tetto del bedrock, sotto il deposito degli strati di terreno, il moto ha un'ampiezza pari a $E_N + F_N$. Sulla roccia affiorante, poiché le tensioni tangenziali sono nulle ($E_N = F_N$), il moto avrà ampiezza pari a $2E_N$. La funzione di trasferimento dal bedrock al bedrock-affiorante è la seguente:

$$A_{NN}(\omega) = \frac{2E_N}{E_N + F_N} \quad (26)$$

A è non lineare poiché G è funzione di γ . Nella procedura di calcolo infatti, da una stima iniziale del modulo di deformazione al taglio, si ottiene la tensione ipotizzando un legame lineare, per poi ottenere un nuovo valore di γ . Grazie a questo valore aggiornato si valuta un nuovo modulo G così da ripetere la procedura fino a quando la differenza tra la deformazione aggiornata e quella ottenuta dalla precedente iterazione viene ritenuta accettabile. Il modello per $G(\gamma)$ adoperato è quello suggerito da Ishibashi e Zhang (1993) che tiene conto degli effetti della pressione di confinamento e dell'indice di plasticità:

$$G = G_{max} \cdot K(\gamma, PI) (\sigma'_m)^{m(\gamma, PI) - m_0} \quad (24)$$

$$K(\gamma, PI) = 0.5 \left\{ 1 + \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000102 + n(PI)}{\gamma} \right)^{0.492} \right] \right\} \quad (25)$$

$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right] \right\} \exp(-0.0145 PI^{1.3}) \quad (26)$$

$$n(PI) = \begin{cases} 0.0 & \text{per } PI = 0 \\ 3.37 \times 10^{-6} PI^{1.404} & \text{per } 0 < PI \leq 15 \\ 7.0 \times 10^{-7} PI^{1.976} & \text{per } 15 < PI \leq 70 \\ 2.7 \times 10^{-5} PI^{1.115} & \text{per } PI > 70 \end{cases} \quad (27)$$

dove G_{max} è dato dalla relazione

$$G_{max} = \rho V_s^2 \quad (28)$$

dove ρ è la densità del terreno e V_s la velocità di propagazione delle onde di taglio nello stesso. La (28) fornisce il valore iniziale di G per la prima iterazione.

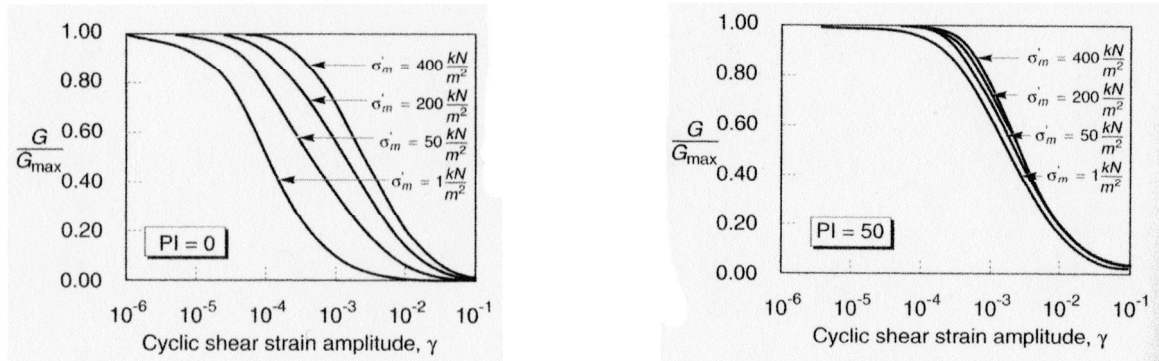


Figura 2: Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

Per quanto riguarda invece il coefficiente di smorzamento viscoso ξ , in conseguenza del modello introdotto dalla (24) si ha:

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{1.5})}{2} \left[0.586 \left(\frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right] \quad (29)$$

da cui si deduce che anche ξ deve essere ricalcolato ad ogni iterazione.

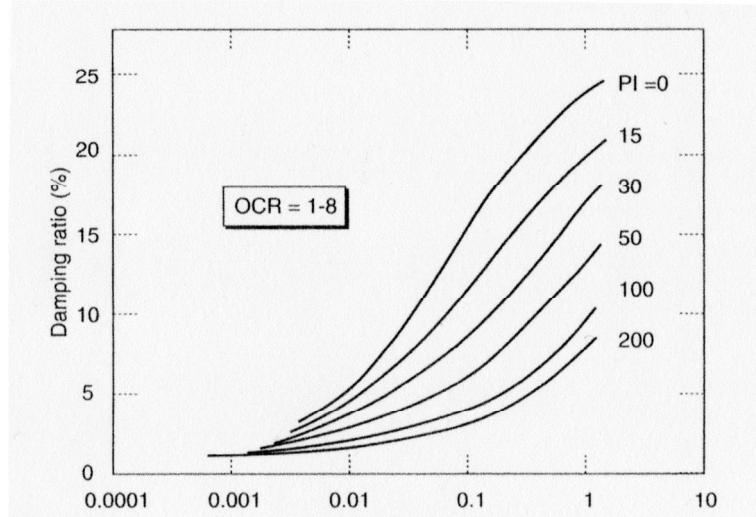


Figura 3: Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso.

Stratigrafia

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Gmax [MPa]	Peso unità vol. [kN/m³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	--	12.8	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	50.84	18.1	166.0	115.8
2	12.8	3.6	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	226.02	18.1	350.0	246.6
3	16.4	3.4	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	104.78	19.6	229.0	278.2
4	19.8	10.2	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	160.01	19.6	283.0	344.7
5	30.0	30.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	412.84	20.0	450.0	547.5
6	60.0	50.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	560.65	22.0	500.0	1005.1
7	oo	--	Smorzamento costante	807.34	22.0	600.0	1309.9

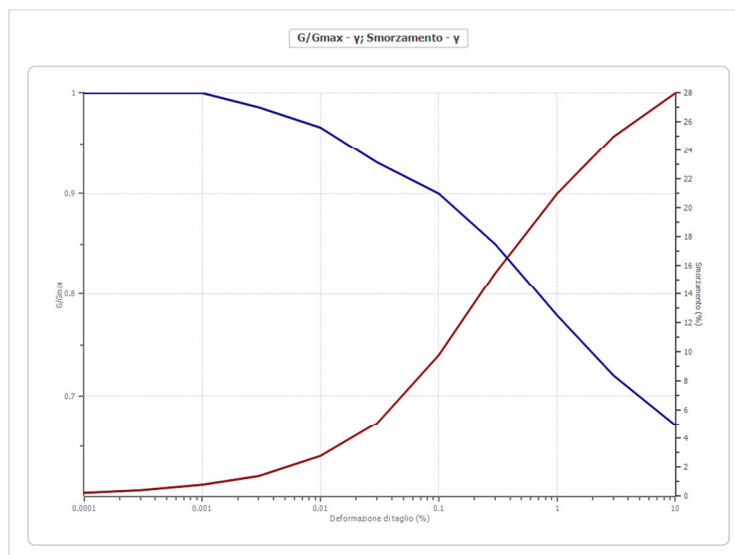
Strato con falda: 1

Strato rilevamento accelerogramma: 7 Affiorante

Terreni

Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.240
0.0003	1.000	0.0003	0.420
0.001	1.000	0.001	0.800
0.003	0.986	0.003	1.400
0.010	0.966	0.010	2.800
0.030	0.931	0.030	5.100
0.100	0.900	0.100	9.800
0.300	0.850	0.300	15.500
1.000	0.779	1.000	21.000
3.000	0.720	3.000	25.000
10.000	0.671	10.000	28.000



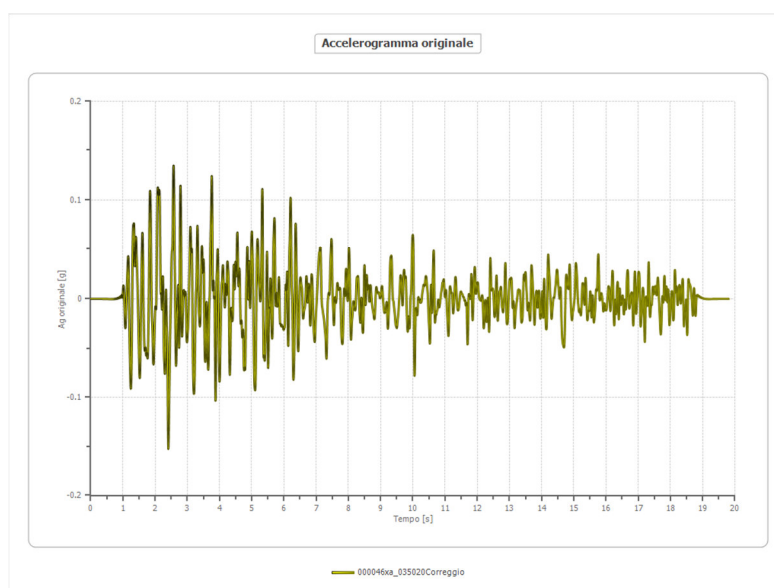
Elaborazione

Numero di iterazioni 8
 Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5
 Tipo di modulo elastico Shake
 Massimo errore percentuale di convergenza 1.55 E-04

File 000046xa_035020Correggio:

Accelerogramma importato

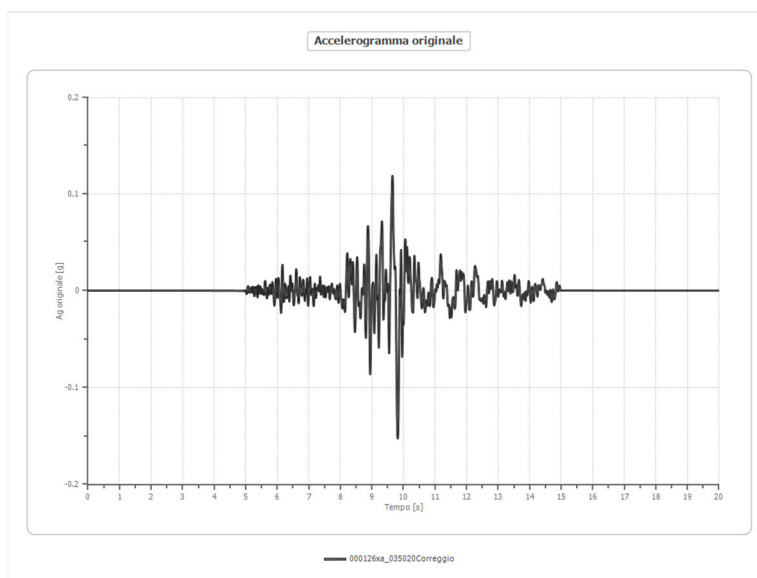
Nome del file 000046xa_035020Correggio
 Durata della traccia 19.810 [s]
 Accelerazione massima 0.152 [g]
 Periodo con accelerazione massima 2.410 [s]



File 000126xa_035020Correggio:

Accelerogramma importato

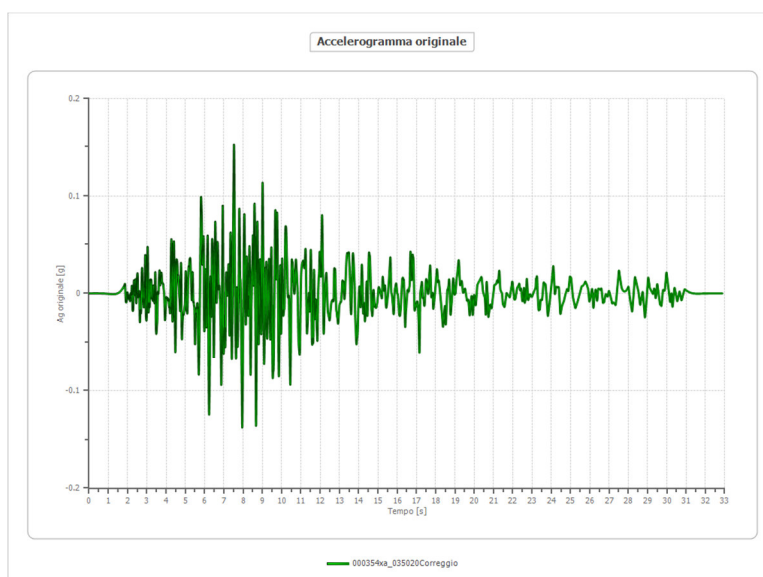
Nome del file 000126xa_035020Correggio
Durata della traccia 19.985 [s]
Accelerazione massima 0.152 [g]
Periodo con accelerazione massima 9.820 [s]



File 000354xa_035020Correggio:

Accelerogramma importato

Nome del file 000354xa_035020Correggio
Durata della traccia 32.875 [s]
Accelerazione massima 0.152 [g]
Periodo con accelerazione massima 7.525 [s]



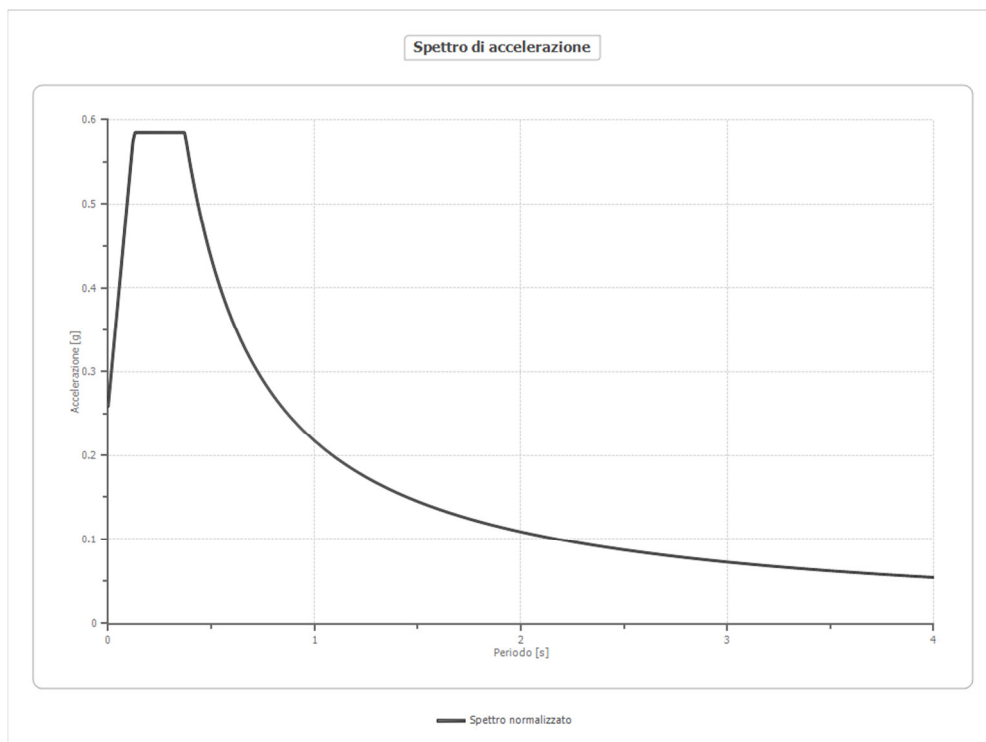
Fattori di amplificazione

Tai	0.150 [s]
Tvi	0.700 [s]
Tao	0.280 [s]
Tvo	0.680 [s]
Sami	3.367 [m/s ²]
Svmi	0.179 [m/s]
Samo	5.737 [m/s ²]
Svmo	0.340 [m/s]
Fa	1.704 [-]
Fv	1.892 [-]
TB	0.124 [s]
TC	0.372 [s]
TD	2.212 [s]
SA(0)	0.259 [g]
SA(TB)	0.585 [g]

Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.055	0.098	0.200	1.785
0.500	1.000	0.085	0.155	0.500	1.824

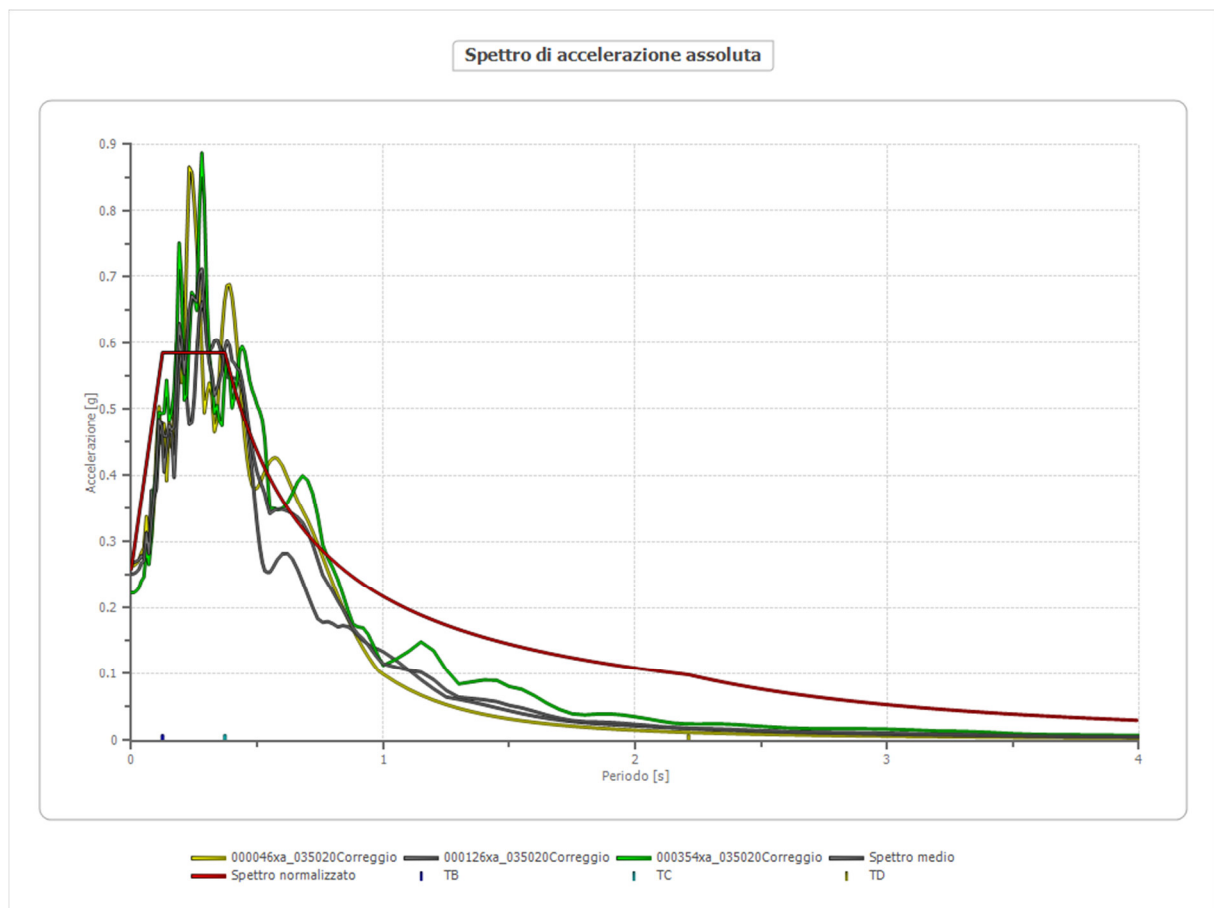
Spettro normalizzato di risposta elastico



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.259	2.258	0.372	0.124	0.372	2.212	0.259	0.585

Confronto tra gli spettri

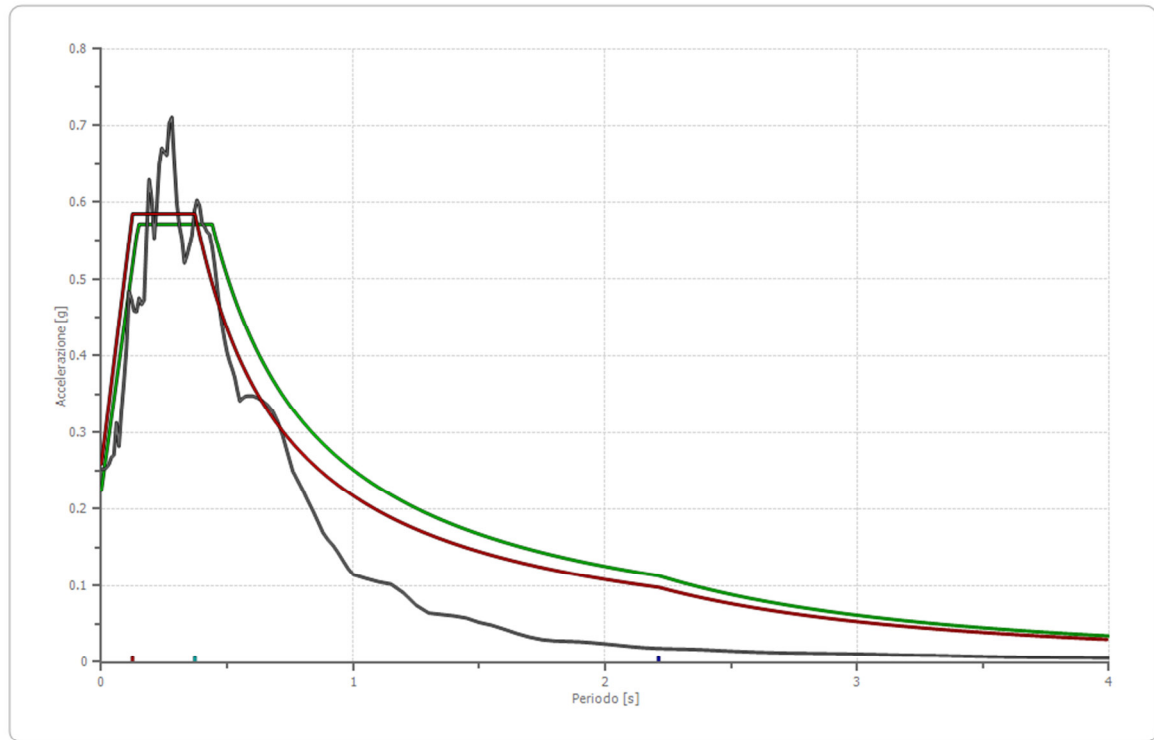


Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO	Danno SLD	Salvaguardia vita SLV	Prev. collasso SLC
Tr [anni]	30	50	475	975
ag [g]	0.043	0.055	0.153	0.204
Fo	2.51	2.502	2.547	2.524
Tc* [s]	0.249	0.264	0.273	0.277
Ss	1.50	1.50	1.47	1.39
St	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.66	1.63	1.61	1.60
TB [s]	0.138	0.143	0.147	0.148
TC [s]	0.414	0.430	0.440	0.444
TD [s]	1.772	1.820	2.212	2.416
Se(0) [g]	0.065	0.083	0.224	0.284
Se(TB) [g]	0.162	0.207	0.571	0.716

Spettro di normativa



SLV, Cat. C

Spettro medio

Spettro normalizzato

TB

TC

TD

VERIFICA A LIQUEFAZIONE



PROGRAMMA DI CALCOLO: LIQUITER (GEOSTRU)

Progetto: Variante al PP2
Ditta: Andria ed altri
Comune: Correggio (RE)

Normative di riferimento

- Normativa sismica del GRUPPO NAZIONALE di Difesa dei Terremoti.
- Raccomandazioni del National Center for Earthquake Reserch (NCEER)
- Eurocodice 8, Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture
- Norme Tecniche D.M. del 14 Gennaio 2008

Metodo di calcolo: Robertson e Wride (1997)

Il 'metodo di Robertson e Wride' è basato sui risultati di prove CPT (*Cone Penetration Test*) ed utilizza l'indice di comportamento per il tipo di suolo I_C che viene calcolato mediante l'utilizzo della seguente formula:

$$I_c = \left[(3,47 - \log_{10} Q)^2 + (\log_{10} R_f + 1,22)^2 \right]^{0,5} \quad (5.0a)$$

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n \quad (5.0b)$$

$$R_f = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{vo}} 100 \quad (5.0c)$$

dove:

q_c è la resistenza alla punta misurata

Pa è la tensione di riferimento (1 atmosfera) nelle stesse unità di σ'_{vo}

f_s è l'attrito del manicotto

n è un'esponente che dipende dal tipo di suolo.

Inizialmente si assume $n = 1$, come per un suolo argilloso e si procede al calcolo di I_C con la (5.0a).

Se $I_C > 2,6$ il suolo è probabilmente di tipo argilloso e l'analisi si ferma. Il terreno non si considera a rischio di liquefazione.

Se $I_C \leq 2,6$, vuol dire che l'ipotesi assunta è errata, il suolo è di natura granulare, Q verrà ricalcolato utilizzando la (5.0a) usando come esponente $n = 0,5$.

Se è ancora $I_C \leq 2,6$, significa che l'ipotesi è giusta e il suolo è probabilmente non plastico e granulare.

Se invece $I_C > 2,6$, vuol dire che l'ipotesi è di nuovo errata e il suolo è probabilmente limoso. Q deve essere nuovamente ricalcolato dalla (2.8b) ponendo $n = 0,75$.

Calcolato I_C , si procede con la correzione della resistenza alla punta misurata q_c mediante la seguente espressione:

$$q_{c1N} = \frac{q_c}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n \quad (5.1)$$

Dove l'esponente di sforzo **n** è lo stesso utilizzato nel calcolo di I_C .

La correzione alla resistenza alla punta dovuta al contenuto di materiale fine viene determinata dalla seguente procedura:

Robertson e Wride classico

$$(q_{c1N})_{cs} = K_c q_{c1N} \quad (5.2a)$$

$$K_c = -0,403 I_c^4 + 5,581 I_c^3 - 21,63 I_c^2 + 33,75 I_c - 17,88 \quad (5.2b)$$

Robertson e Wride modificato

$$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} + \Delta q_{c1N} \quad (5.3a)$$

$$\Delta q_{c1N} = \frac{K_c}{1 - K_c} q_{c1N} \quad (5.3b)$$

dove K_c dipende dal contenuto di fine, FC (%):

$$K_c = 0 \quad \text{per } FC \leq 5$$

$$K_c = 0,0267(FC - 5) \quad \text{per } 5 < FC \leq 35$$

$$K_c = 0,8 \quad \text{per } FC > 35$$

FC (%) viene calcolato mediante l'espressione seguente:

$$FC (\%) = 1,75 (I_c)^{3,25} - 3,7 \quad (5.4)$$

La resistenza alla liquefazione per una magnitudo pari a 7,5 (**CRR_{7,5}**) si calcola con le espressioni seguenti:

se $(q_{c1N})_{cs} < 50$

$$CRR = 0,833 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right] + 0,05 \quad (5.5)$$

se $50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$

$$CRR = 93 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0,08 \quad (5.6)$$

Il Rapporto di Tensione Ciclica per eventi sismici di magnitudo 7,5 (**CSR_{7,5}**) si determina dalla seguente espressione:

$$\frac{\tau_{av}}{\sigma_{vo}} = CSR_{7,5} = 0,65 \frac{a_g}{g} \frac{\sigma_{vo}}{\sigma_{vo}} r_d \quad (5.7)$$

Per magnitudo diverse occorre introdurre il fattore correttivo **MSF** (*Magnitude Scaling Factor*) come raccomandato dal **NCEER** (vedi Tabella 1)

$$CSR = \frac{CSR_{7,5}}{MSF} \quad (5.8)$$

Tabella 1- *Fattore di scala della magnitudo derivato da diversi ricercatori*

Magnitudo	Seed H.B. & Idriss I.M. (1982)	Ambraseys N.N (1988).	NCEER (Seed R. B. et alii) (1997; 2003)
5,5	1,43	2,86	2,21
6,0	1,32	2,20	1,77
6,5	1,19	1,69	1,44
7,0	1,08	1,30	1,19
7,5	1,00	1,00	1,00
8,0	0,94	0,67	0,84
8,5	0,89	0,44	0,73

Per determinare il valore del coefficiente riduttivo **r_d** vengono utilizzate le formule raccomandate da un gruppo di esperti del **NCEER** (*National Center for Earthquake Engineering Research*):

per $z < 9,15$ m

$$r_d = 1,0 - 0,00765 z \quad (5.9)$$

per $9,15 \leq z < 23$ m

$$r_d = 1,174 - 0,00267 z \quad (5.10)$$

Il fattore di sicurezza alla liquefazione **FS** viene determinato dalla relazione:

$$FS = \frac{CRR}{CSR} \quad (5.11)$$

mentre **l'indice e il rischio di liquefazione** vengono calcolati con il metodo di **Iwasaki et alii** (1978; 1984).

PROVA PENETROMETRICA CPT1 – Via Astrologo – Pantaleoni Luciano

DATI GENERALI

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 3.9 m

DATI SIMICI

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Peak ground acceleration (PGA) 0.259

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unì volume (KN/mc)	Peso unità volume saturò (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)
1	Argille sabbiose e limose	0	4.5	18.87	19.66	1511.11	56.49
2	Argilla inorganica compatta	4.5	7.5	18.4	19.19	1216.03	67.08
3	Sabbie	7.5	8.5	18.63	21.57	3589.24	50.99
4	Argilla inorganica molto compatta	8.5	15	19.45	20.24	2308.98	110.91

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.67

Profondi tà dal p.c. (m)	Pressio ne litostati ca totale (KPa)	Pressio ne vertical e effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizza ta Q	Attrito laterale normalizza to F(%)	Indice di comporta mento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resisten za alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficien te riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazio ne (CRR)	Sforzo di taglio normalizza to (CSR)	Coefficien te di sicurezza Fs	Suscettibili tà di liquefazio ne	Indice di liquefazio ne	Rischi o
1.20	22.802	20.841	48.991	3.796	2.531	1.7	75.257	0.991	0.120	0.109	1.093	suscettibile	0.00	Molto basso
1.40	26.734	22.811	45.781	3.806	2.552	1.7	78.303	0.989	0.125	0.117	1.064	suscettibile	0.00	Molto basso
1.60	30.666	24.782	43.022	3.816	2.572	1.7	81.239	0.988	0.130	0.123	1.052	suscettibile	0.00	Molto basso
1.80	34.598	26.753	40.623	3.826	2.591	1.7	84.078	0.986	0.135	0.129	1.050	suscettibile	0.00	Molto basso
2.00	38.530	28.723	38.514	3.836	2.609	1.7	86.827	0.985	0.141	0.133	1.056	suscettibile	0.00	Molto basso
2.20	42.462	30.694	36.644	3.846	2.625	1.7	89.495	0.983	0.147	0.137	1.068	suscettibile	0.00	Molto basso
2.40	46.394	32.665	34.973	3.857	2.641	1.7	92.089	0.982	0.153	0.141	1.084	suscettibile	0.00	Molto basso
2.60	50.326	34.635	33.470	3.867	2.655	1.7	94.615	0.980	0.159	0.144	1.104	suscettibile	0.00	Molto basso
2.80	54.258	36.606	39.798	3.878	2.602	1.7	85.711	0.979	0.139	0.147	0.946	suscettibile	1.41	Basso
3.00	58.190	38.577	37.663	3.888	2.620	1.7	88.610	0.977	0.145	0.149	0.972	suscettibile	0.78	Basso
3.20	62.122	40.547	35.736	3.899	2.637	1.7	91.481	0.976	0.151	0.151	1.002	suscettibile	0.00	Molto basso
3.40	66.054	42.518	33.987	3.909	2.654	1.7	94.327	0.974	0.158	0.153	1.034	suscettibile	0.00	Molto basso
3.60	69.986	44.489	32.393	3.920	2.670	1.7	97.146	0.972	0.165	0.155	1.070	suscettibile	0.00	Molto basso
3.80	73.918	46.459	30.934	3.931	2.685	1.7	99.942	0.971	0.173	0.156	1.108	suscettibile	0.00	Molto basso

4.00	77.850	48.430	29.594	3.941	2.700	1.7	102.714	0.969	0.181	0.157	1.149	suscettibile	0.00	Molto basso
4.20	81.782	50.401	28.359	3.952	2.715	1.7	105.464	0.968	0.189	0.159	1.192	suscettibile	0.00	Molto basso
4.40	85.714	52.371	27.217	3.963	2.729	1.7	108.192	0.966	0.198	0.160	1.238	suscettibile	0.00	Molto basso
4.60	89.599	54.295	20.746	5.955	2.935	1.7	125.085	0.965	0.262	0.161	1.629	non suscettibile	0	Molto basso
4.80	93.437	56.172	19.985	5.975	2.948	1.7	127.851	0.963	0.274	0.162	1.695	non suscettibile	0	Molto basso
5.00	97.275	58.048	19.273	5.996	2.961	1.7	130.594	0.962	0.287	0.163	1.764	non suscettibile	0	Molto basso
5.20	101.113	59.925	18.605	6.017	2.973	1.668751	130.864	0.960	0.288	0.164	1.762	non suscettibile	0	Molto basso
5.40	104.951	61.802	17.978	6.037	2.985	1.618077	129.460	0.959	0.282	0.164	1.714	non suscettibile	0	Molto basso
5.60	108.789	63.678	17.388	6.058	2.997	1.570391	128.121	0.957	0.276	0.165	1.669	non suscettibile	0	Molto basso
5.80	112.627	65.555	16.832	6.079	3.008	1.525435	126.841	0.956	0.270	0.166	1.627	non suscettibile	0	Molto basso
6.00	116.465	67.432	16.306	6.101	3.020	1.482981	125.617	0.954	0.264	0.166	1.588	non suscettibile	0	Molto basso
6.20	120.303	69.308	15.809	6.122	3.031	1.442826	124.445	0.953	0.259	0.167	1.552	non suscettibile	0	Molto basso
6.40	124.141	71.185	15.339	6.143	3.042	1.404788	123.321	0.951	0.254	0.168	1.519	non suscettibile	0	Molto basso
6.60	127.979	73.062	14.892	6.165	3.052	1.368705	122.242	0.950	0.250	0.168	1.487	non suscettibile	0	Molto basso
6.80	131.817	74.938	14.468	6.187	3.063	1.334429	121.205	0.948	0.246	0.168	1.458	non suscettibile	0	Molto basso
7.00	135.655	76.815	14.065	6.209	3.073	1.301827	120.209	0.946	0.242	0.169	1.431	non suscettibile	0	Molto basso
7.20	139.493	78.692	13.680	6.231	3.083	1.270781	119.250	0.945	0.238	0.169	1.405	non suscettibile	0	Molto basso
7.40	143.331	80.568	13.314	6.253	3.093	1.241181	118.326	0.943	0.234	0.170	1.381	non suscettibile	0	Molto basso
7.60	147.407	82.683	39.472	1.481	2.333	1.099744	81.337	0.942	0.130	0.170	0.767	suscettibile	14.36	Alto
7.80	151.721	85.036	38.923	1.483	2.339	1.084424	80.917	0.940	0.129	0.169	0.763	suscettibile	14.89	Alto
8.00	156.035	87.388	38.395	1.485	2.344	1.069727	80.515	0.939	0.129	0.169	0.759	suscettibile	15.41	Molto alto
8.20	160.349	89.741	37.888	1.487	2.349	1.055612	80.130	0.937	0.128	0.169	0.756	suscettibile	15.92	Molto alto
8.40	164.663	92.094	37.401	1.489	2.354	1.042041	79.761	0.936	0.127	0.169	0.753	suscettibile	16.42	Molto alto
8.60	168.844	94.313	22.692	5.182	2.866	1.060294	131.463	0.934	0.291	0.169	1.724	non suscettibile	0	Molto basso
8.80	172.892	96.400	22.159	5.192	2.874	1.037343	130.457	0.933	0.286	0.169	1.696	non suscettibile	0	Molto basso
9.00	176.940	98.487	21.648	5.202	2.882	1.015365	129.485	0.931	0.282	0.169	1.668	non suscettibile	0	Molto basso
9.20	180.988	100.574	21.159	5.212	2.890	0.9942979	128.544	0.928	0.278	0.169	1.645	non suscettibile	0	Molto basso

9.40	185.036	102.660	20.689	5.222	2.898	0.9740879	127.632	0.923	0.273	0.168	1.627	non suscettibile	0	Molto basso
9.60	189.084	104.747	20.238	5.232	2.905	0.9546829	126.749	0.918	0.269	0.167	1.610	non suscettibile	0	Molto basso
9.80	193.132	106.834	19.805	5.242	2.913	0.9360362	125.892	0.912	0.266	0.167	1.594	non suscettibile	0	Molto basso
10.00	197.180	108.920	19.389	5.252	2.920	0.9181037	125.060	0.907	0.262	0.166	1.579	non suscettibile	0	Molto basso
10.20	201.228	111.007	18.988	5.262	2.928	0.9008455	124.252	0.902	0.258	0.165	1.565	non suscettibile	0	Molto basso
10.40	205.276	113.094	18.601	5.272	2.935	0.8842241	123.468	0.896	0.255	0.164	1.552	non suscettibile	0	Molto basso
10.60	209.324	115.180	18.229	5.282	2.942	0.868205	122.705	0.891	0.252	0.164	1.540	non suscettibile	0	Molto basso
10.80	213.372	117.267	17.870	5.292	2.949	0.852756	121.963	0.886	0.249	0.163	1.528	non suscettibile	0	Molto basso
11.00	217.420	119.354	17.524	5.303	2.956	0.8378471	121.241	0.880	0.246	0.162	1.517	non suscettibile	0	Molto basso
11.20	221.468	121.440	17.190	5.313	2.963	0.8234507	120.538	0.875	0.243	0.161	1.507	non suscettibile	0	Molto basso
11.40	225.516	123.527	16.866	5.323	2.970	0.8095406	119.853	0.870	0.240	0.160	1.497	non suscettibile	0	Molto basso
11.60	229.564	125.614	16.554	5.334	2.976	0.7960927	119.186	0.864	0.237	0.160	1.488	non suscettibile	0	Molto basso
11.80	233.612	127.700	16.252	5.344	2.983	0.7830842	118.535	0.859	0.235	0.159	1.480	non suscettibile	0	Molto basso
12.00	237.660	129.787	15.959	5.355	2.989	0.7704941	117.901	0.854	0.232	0.158	1.472	non suscettibile	0	Molto basso
12.20	241.708	131.874	15.676	5.365	2.996	0.7583023	117.282	0.848	0.230	0.157	1.465	non suscettibile	0	Molto basso
12.40	245.756	133.960	15.402	5.376	3.002	0.7464904	116.678	0.843	0.228	0.156	1.458	non suscettibile	0	Molto basso
12.60	249.804	136.047	15.136	5.386	3.009	0.7350408	116.089	0.838	0.225	0.155	1.452	non suscettibile	0	Molto basso
12.80	253.852	138.134	14.878	5.397	3.015	0.7239372	115.513	0.832	0.223	0.154	1.446	non suscettibile	0	Molto basso
13.00	257.900	140.220	14.628	5.407	3.021	0.7131641	114.950	0.827	0.221	0.154	1.440	non suscettibile	0	Molto basso
13.20	261.948	142.307	14.385	5.418	3.027	0.7027068	114.401	0.822	0.219	0.153	1.435	non suscettibile	0	Molto basso
13.40	265.996	144.394	14.149	5.429	3.033	0.6925517	113.863	0.816	0.217	0.152	1.431	non suscettibile	0	Molto basso
13.60	270.044	146.480	13.920	5.440	3.039	0.6826861	113.338	0.811	0.215	0.151	1.426	non suscettibile	0	Molto basso
13.80	274.092	148.567	13.697	5.450	3.045	0.6730975	112.823	0.806	0.214	0.150	1.423	non suscettibile	0	Molto basso
14.00	278.140	150.654	13.480	5.461	3.051	0.6637745	112.320	0.800	0.212	0.149	1.419	non suscettibile	0	Molto basso
14.20	282.188	152.740	13.270	5.472	3.057	0.6547065	111.828	0.795	0.210	0.148	1.416	non	0	Molto basso

												suscettibile		
14.40	286.236	154.827	13.065	5.483	3.062	0.6458827	111.346	0.790	0.208	0.147	1.413	non suscettibile	0	Molto basso
14.60	290.284	156.914	12.865	5.494	3.068	0.6372935	110.874	0.784	0.207	0.147	1.411	non suscettibile	0	Molto basso
14.80	294.332	159.000	12.671	5.505	3.074	0.6289299	110.412	0.779	0.205	0.146	1.409	non suscettibile	0	Molto basso
15.00	298.380	161.087	12.481	5.516	3.079	0.620783	109.959	0.774	0.204	0.145	1.407	non suscettibile	0	Molto basso

IPL (Iwasaki)=1.58 Zcrit=20 m Rischio=Basso

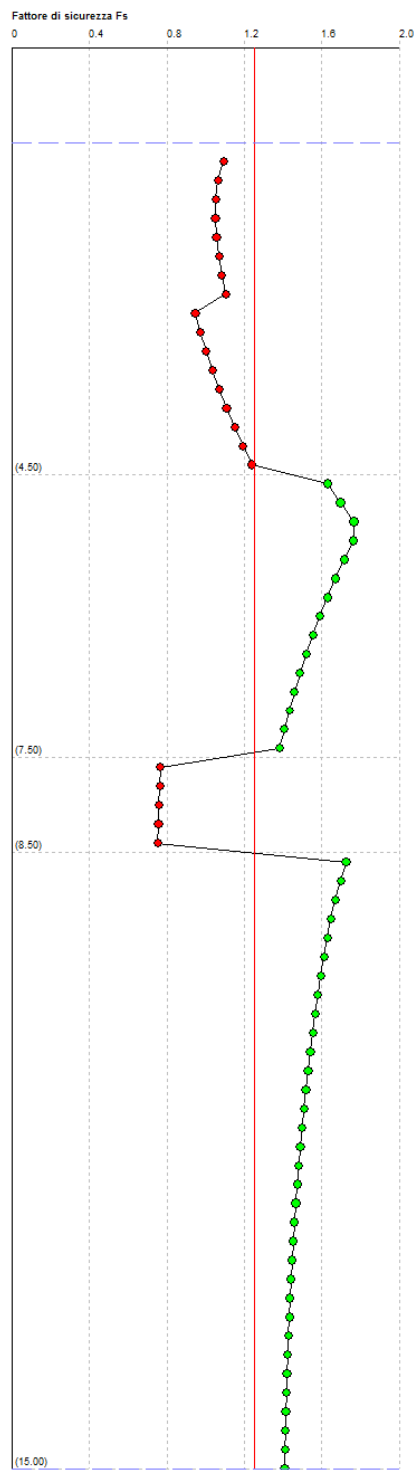
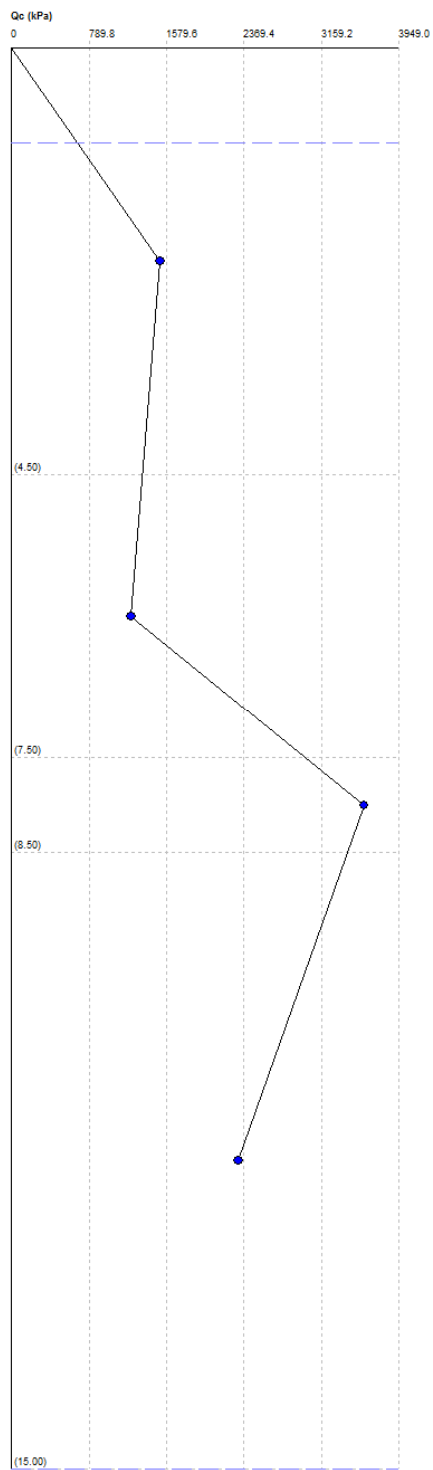
<FIELD1>

<FIELD2>

<FIELD3>

<FIELD4>

1.63



PROVA PENETROMETRICA CPT1 – DOTT. ANDREA PANZANI

DATI GENERALI

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 3 m

DATI SIMICI

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.47

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Peak ground acceleration (PGA) 0.259

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unì volume (KN/mc)	Peso unità volume saturò (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)
1	Argilla inorganica compatta	0	4.5	18.6	19.39	1288.2	61.78
2	Argilla inorganica compatta	4.5	7.5	18.29	19.07	1111.39	55.8
3	Argille organiche e terreni misti	7.5	8.5	18.61	19.4	1353.32	96.79
4	Argilla inorganica molto compatta	8.5	15	18.98	19.76	1696.85	98.46

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.67

Profondi tà dal p.c. (m)	Pressio ne litostati ca totale (KPa)	Pressio ne vertical e effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizza ta Q	Attrito laterale normalizza to F(%)	Indice di comporta mento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resisten za alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficien te riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazio ne (CRR)	Sforzo di taglio normalizza to (CSR)	Coefficien te di sicurezza Fs	Suscettibili tà di liquefazio ne	Indice di liquefazio ne	Rischi o
1.20	22.478	20.517	42.257	4.881	2.654	1.7	80.438	0.991	0.128	0.110	1.170	suscettibile	0.00	Molto basso
1.40	26.356	22.433	39.520	4.896	2.675	1.7	83.629	0.989	0.134	0.117	1.144	suscettibile	0.00	Molto basso
1.60	30.234	24.350	37.163	4.911	2.695	1.7	86.693	0.988	0.141	0.124	1.134	suscettibile	0.00	Molto basso
1.80	34.112	26.267	47.744	4.926	2.620	1.7	75.619	0.986	0.120	0.129	0.929	suscettibile	1.23	Basso
2.00	37.990	28.183	44.360	4.942	2.643	1.7	78.869	0.985	0.126	0.134	0.936	suscettibile	1.21	Basso
2.20	41.868	30.100	41.406	4.957	2.665	1.7	82.070	0.983	0.131	0.138	0.951	suscettibile	1.03	Basso
2.40	45.746	32.017	38.806	4.972	2.685	1.7	85.224	0.982	0.138	0.142	0.970	suscettibile	0.67	Basso
2.60	49.624	33.933	36.500	4.988	2.705	1.7	88.333	0.980	0.144	0.145	0.995	suscettibile	0.13	Basso
2.80	53.502	35.850	34.441	5.004	2.724	1.7	91.401	0.979	0.151	0.148	1.023	suscettibile	0.00	Molto basso
3.00	57.380	37.767	32.590	5.019	2.742	1.7	94.430	0.977	0.158	0.150	1.055	suscettibile	0.00	Molto basso
3.20	61.258	39.683	30.918	5.035	2.759	1.7	97.422	0.976	0.166	0.152	1.090	suscettibile	0.00	Molto basso
3.40	65.136	41.600	29.401	5.051	2.776	1.7	100.380	0.974	0.174	0.154	1.129	suscettibile	0.00	Molto basso
3.60	69.014	43.517	28.017	5.067	2.792	1.7	103.304	0.972	0.183	0.156	1.171	suscettibile	0.00	Molto basso

3.80	72.892	45.433	26.749	5.083	2.808	1.7	106.197	0.971	0.191	0.157	1.215	suscettibile	0.00	Molto basso
4.00	76.770	47.350	25.585	5.100	2.823	1.7	109.061	0.969	0.201	0.159	1.263	non suscettibile	0	Molto basso
4.20	80.648	49.267	24.511	5.116	2.837	1.7	111.897	0.968	0.210	0.160	1.313	non suscettibile	0	Molto basso
4.40	84.526	51.183	23.517	5.133	2.851	1.7	114.706	0.966	0.220	0.161	1.366	non suscettibile	0	Molto basso
4.60	88.372	53.068	19.277	5.454	2.933	1.7	113.914	0.965	0.217	0.162	1.339	non suscettibile	0	Molto basso
4.80	92.186	54.921	18.558	5.475	2.946	1.7	116.528	0.963	0.227	0.163	1.390	non suscettibile	0	Molto basso
5.00	96.000	56.773	17.885	5.495	2.960	1.7	119.122	0.962	0.237	0.164	1.443	non suscettibile	0	Molto basso
5.20	99.814	58.626	17.255	5.516	2.972	1.7	121.696	0.960	0.248	0.165	1.498	non suscettibile	0	Molto basso
5.40	103.628	60.479	16.663	5.537	2.985	1.653474	120.852	0.959	0.244	0.166	1.470	non suscettibile	0	Molto basso
5.60	107.442	62.331	16.107	5.558	2.997	1.604328	119.655	0.957	0.239	0.167	1.435	non suscettibile	0	Molto basso
5.80	111.256	64.184	15.582	5.579	3.009	1.558019	118.513	0.956	0.235	0.167	1.402	non suscettibile	0	Molto basso
6.00	115.070	66.037	15.087	5.601	3.021	1.514308	117.421	0.954	0.231	0.168	1.372	non suscettibile	0	Molto basso
6.20	118.884	67.889	14.619	5.622	3.032	1.472984	116.376	0.953	0.227	0.169	1.344	non suscettibile	0	Molto basso
6.40	122.698	69.742	14.176	5.644	3.043	1.433854	115.375	0.951	0.223	0.169	1.317	non suscettibile	0	Molto basso
6.60	126.512	71.595	13.756	5.666	3.054	1.39675	114.414	0.950	0.219	0.170	1.293	non suscettibile	0	Molto basso
6.80	130.326	73.447	13.357	5.688	3.065	1.361518	113.492	0.948	0.216	0.170	1.270	non suscettibile	0	Molto basso
7.00	134.140	75.300	12.978	5.710	3.076	1.32802	112.606	0.946	0.213	0.170	1.249	suscettibile	0.00	Molto basso
7.20	137.954	77.153	12.617	5.732	3.086	1.29613	111.754	0.945	0.210	0.171	1.228	suscettibile	0.00	Molto basso
7.40	141.768	79.005	12.273	5.755	3.097	1.265736	110.933	0.943	0.207	0.171	1.209	suscettibile	0.00	Molto basso
7.60	145.615	80.891	14.930	8.014	3.128	1.23623	138.491	0.942	0.327	0.171	1.908	non suscettibile	0	Molto basso
7.80	149.495	82.810	14.537	8.040	3.137	1.207587	137.287	0.940	0.321	0.172	1.869	non suscettibile	0	Molto basso
8.00	153.375	84.728	14.162	8.066	3.146	1.180241	136.127	0.939	0.315	0.172	1.831	non suscettibile	0	Molto basso
8.20	157.255	86.647	13.804	8.092	3.156	1.154107	135.008	0.937	0.309	0.172	1.796	non suscettibile	0	Molto basso
8.40	161.135	88.566	13.461	8.119	3.165	1.129104	133.927	0.936	0.303	0.172	1.763	non suscettibile	0	Molto basso
8.60	165.051	90.520	16.922	6.428	3.023	1.104723	131.253	0.934	0.290	0.172	1.686	non suscettibile	0	Molto basso
8.80	169.003	92.511	16.515	6.444	3.031	1.080951	130.242	0.933	0.285	0.172	1.657	non	0	Molto basso

												suscettibile		
9.00	172.955	94.502	16.126	6.461	3.040	1.058181	129.265	0.931	0.281	0.172	1.630	non suscettibile	0	Molto basso
9.20	176.907	96.492	15.752	6.478	3.048	1.03635	128.320	0.928	0.276	0.172	1.607	non suscettibile	0	Molto basso
9.40	180.859	98.483	15.393	6.495	3.056	1.015402	127.404	0.923	0.272	0.171	1.589	non suscettibile	0	Molto basso
9.60	184.811	100.474	15.049	6.512	3.065	0.9952844	126.516	0.918	0.268	0.171	1.573	non suscettibile	0	Molto basso
9.80	188.763	102.465	14.718	6.529	3.073	0.9759482	125.655	0.912	0.265	0.170	1.557	non suscettibile	0	Molto basso
10.00	192.715	104.455	14.400	6.546	3.080	0.9573488	124.820	0.907	0.261	0.169	1.542	non suscettibile	0	Molto basso
10.20	196.667	106.446	14.093	6.563	3.088	0.9394453	124.009	0.902	0.257	0.168	1.528	non suscettibile	0	Molto basso
10.40	200.619	108.437	13.798	6.581	3.096	0.922199	123.222	0.896	0.254	0.168	1.515	non suscettibile	0	Molto basso
10.60	204.571	110.427	13.514	6.598	3.103	0.9055745	122.456	0.891	0.251	0.167	1.503	non suscettibile	0	Molto basso
10.80	208.523	112.418	13.239	6.615	3.111	0.8895388	121.713	0.886	0.248	0.166	1.492	non suscettibile	0	Molto basso
11.00	212.475	114.409	12.974	6.633	3.118	0.8740611	120.989	0.880	0.245	0.165	1.481	non suscettibile	0	Molto basso
11.20	216.427	116.399	12.719	6.651	3.126	0.8591128	120.285	0.875	0.242	0.164	1.471	non suscettibile	0	Molto basso
11.40	220.379	118.390	12.471	6.669	3.133	0.8446673	119.600	0.870	0.239	0.164	1.461	non suscettibile	0	Molto basso
11.60	224.331	120.381	12.232	6.687	3.140	0.8306993	118.933	0.864	0.236	0.163	1.452	non suscettibile	0	Molto basso
11.80	228.283	122.371	12.001	6.704	3.147	0.8171859	118.283	0.859	0.234	0.162	1.444	non suscettibile	0	Molto basso
12.00	232.235	124.362	11.777	6.723	3.154	0.8041052	117.650	0.854	0.231	0.161	1.436	non suscettibile	0	Molto basso
12.20	236.187	126.353	11.560	6.741	3.161	0.7914367	117.032	0.848	0.229	0.160	1.429	non suscettibile	0	Molto basso
12.40	240.139	128.343	11.350	6.759	3.168	0.779161	116.430	0.843	0.227	0.159	1.422	non suscettibile	0	Molto basso
12.60	244.091	130.334	11.146	6.777	3.174	0.7672604	115.843	0.838	0.225	0.159	1.416	non suscettibile	0	Molto basso
12.80	248.043	132.325	10.949	6.796	3.181	0.7557179	115.270	0.832	0.222	0.158	1.411	non suscettibile	0	Molto basso
13.00	251.995	134.315	10.757	6.815	3.188	0.7445174	114.711	0.827	0.220	0.157	1.405	non suscettibile	0	Molto basso
13.20	255.947	136.306	10.571	6.833	3.194	0.7336442	114.165	0.822	0.218	0.156	1.400	non suscettibile	0	Molto basso
13.40	259.899	138.297	10.390	6.852	3.201	0.7230839	113.632	0.816	0.216	0.155	1.396	non suscettibile	0	Molto basso
13.60	263.851	140.287	10.215	6.871	3.207	0.7128235	113.111	0.811	0.215	0.154	1.392	non	0	Molto basso

												suscettibile		
13.80	267.803	142.278	10.044	6.890	3.214	0.70285	112.602	0.806	0.213	0.153	1.388	non suscettibile	0	Molto basso
14.00	271.755	144.269	9.878	6.909	3.220	0.6931519	112.104	0.800	0.211	0.152	1.385	non suscettibile	0	Molto basso
14.20	275.707	146.259	9.717	6.928	3.226	0.6837177	111.618	0.795	0.209	0.151	1.382	non suscettibile	0	Molto basso
14.40	279.659	148.250	9.559	6.948	3.233	0.6745369	111.143	0.790	0.208	0.151	1.379	non suscettibile	0	Molto basso
14.60	283.611	150.241	9.407	6.967	3.239	0.6655992	110.678	0.784	0.206	0.150	1.377	non suscettibile	0	Molto basso
14.80	287.563	152.231	9.258	6.987	3.245	0.6568955	110.223	0.779	0.205	0.149	1.375	non suscettibile	0	Molto basso
15.00	291.515	154.222	9.112	7.006	3.251	0.6484165	109.778	0.774	0.203	0.148	1.374	non suscettibile	0	Molto basso

IPL (Iwasaki)=0.39 Zcrit=20 m Rischio=Basso

<FIELD1>

<FIELD2>

<FIELD3>

<FIELD4>

1/83

