

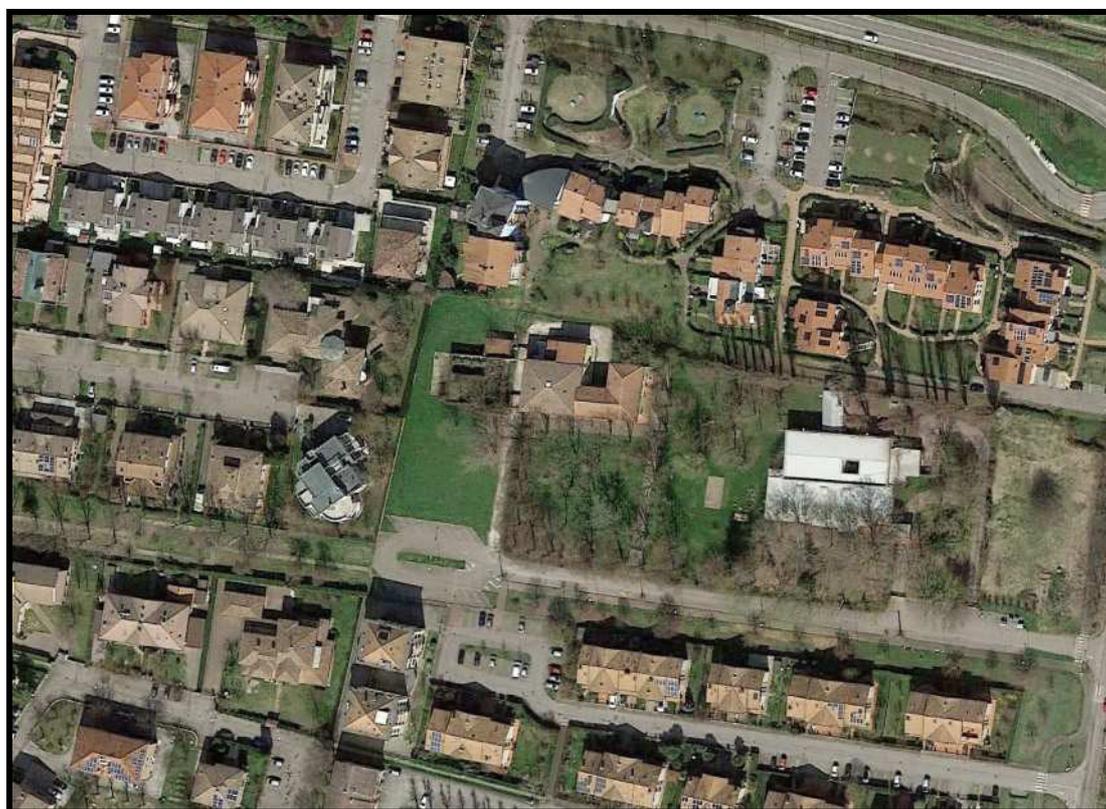
DOTT. GEOL. GIUSTI ARRIGO
42019 SCANDIANO (R.E.) - VIA CESARI, 18
TEL. (0522) 984819 - (348) 9109596
www.geogiusti.it arrigogiusti@alice.it



COMUNE DI CORREGGIO
(Provincia di Reggio nell'Emilia)

LOCALITÀ : VIA GHIDONI - CAPOLUOGO

PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA
COMPARTO DI RISTRUTTURAZIONE URBANISTICA P.P. 157
"CALEIDOSCOPIO VIA MANDRIOLO SUPERIORE"



COMMITTENTE : ANDRIA Cooperativa d'abitanti s.c.r.l.

RELAZIONE GEOLOGICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

CONSULENZE NEL CAMPO GEOLOGICO GEOTECNICO ED ESTRATTIVO

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE	3
3. INQUADRAMENTO TETTONICO E CENNI DI GEOLITOLOGIA.....	4
4. METODOLOGIA D'INDAGINE	6
5. CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E PARAMETRI GEOTECNICI	7
6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E LOCALE	10
7. IDROGEOLOGIA DELLA FALDA FREATICA	12
8. RISCHIO IDRAULICO	14
9. SISMICITÀ DELL'AREA	18
10. RISPOSTA SISMICA LOCALE SEMPLIFICATA.....	25
11. MICROZONAZIONE SISMICA.....	29
12. ANALISI SEMPLIFICATA DI II° LIVELLO	30
13. ANALISI APPROFONDITA DI III° LIVELLO	32
14. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	35
15. RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	36

- **ALLEGATI:**

- UBICAZIONE DELLE INDAGINI
- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
- SISMICA A RIFRAZIONE TIPO MASW
- RISPOSTA SISMICA LOCALE DI 3° 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 valutare le caratteristiche geolitologiche, geomeccaniche e sismiche dell'area, sita in comune di Correggio (RE), su cui, per il Comparto di Ristrutturazione Urbanistica PP157, denominato *Caleidoscopio via Mandriolo Superiore*, è in studio un Piano Particolareggiato di Iniziativa Privata.

L'esecuzione di indagini geognostiche e geofisiche ha consentito di definire con precisione le caratteristiche litologiche, idrogeologiche e sismiche dei terreni qui presenti. Più precisamente, sono state eseguite tre penetrometrie statiche nonché, per determinare il valore del Vs30, da cui la categoria di azione sismica, un sondaggio sismico a rifrazione tipo MASW.

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. Vengono qui di seguito elencate le principali normative di riferimento:

- D.M. 17/1/2018 – “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- D.G.R. n° 1300 del 01/08/2016 “Prime disposizioni regionali concernenti l’attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni nel settore urbanistico”;
- D.G.R. n° 2193 del 21/12/2015 aggiornamento dell’atto di coordinamento tecnico denominato “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”;
- 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”;
- D.M. 14/1/2008 – “Testo unitario - Norme tecniche per le costruzioni”;
- Legge regionale 30 ottobre 2008, n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico".

- 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".
- AGI: raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio e sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche. Giugno 1990;
- Circolare Min. LL.PP. n°30483 24 settembre 1988;
- 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".

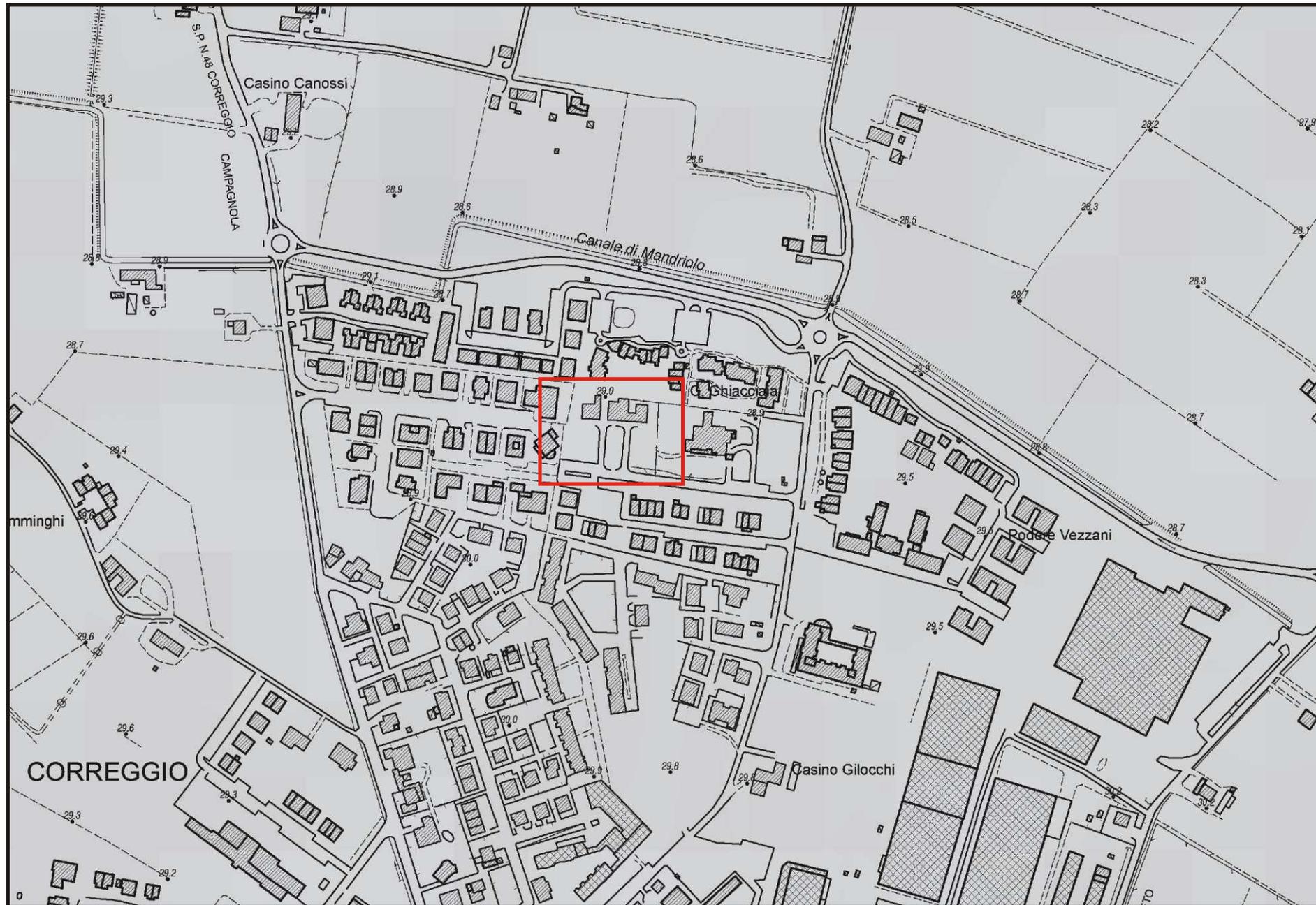
2. MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE

L'area in oggetto di studio, posta alla quota media di 29 m s.l.m., è sita nella periferia nord dell'abitato di Correggio.

Più precisamente, oggetto del presente studio è una superficie di forma rettangolare sita a sud di Via della Libertà e Via Loris Malaguzzi, ad occidente di Via Mandriolo Superiore. L'area a settentrione confina con il terreno de' "le Coriandoline" mentre ad oriente con quello su cui sorge la Scuola d'Infanzia comunale "Ghidoni"; l'accesso all'area, su cui attualmente preesiste la dismessa struttura scolastica, è appunto da via Arnaldo Ghidoni (cf. stralcio dalla C.T.R. – elemento n° 201024 – Mandriolo, planimetria stato di fatto e di progetto nonché ortofoto proposta sul frontespizio).

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

Elemento n° 201024 - Mandriolo





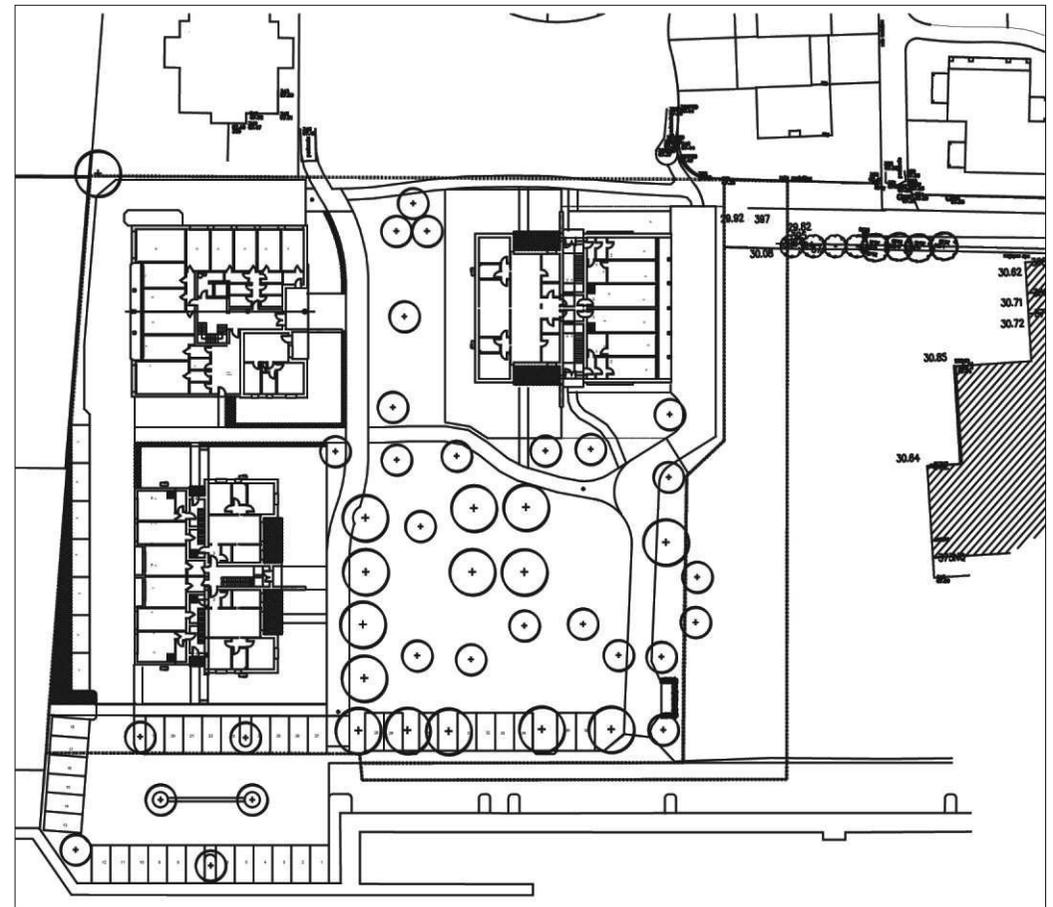
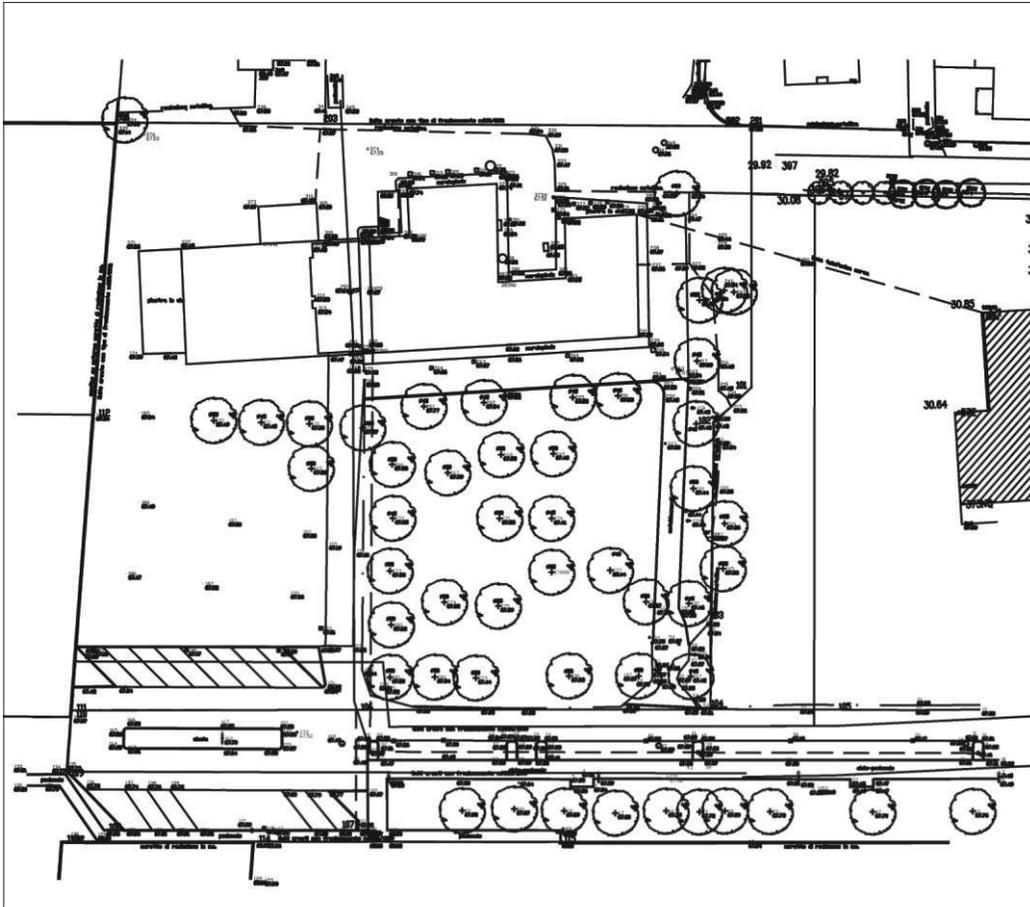
14-Nov-2018 9:12:54
Prot. n. T44560/2018

Scala originale: 1:2000
Dimensione cornice: 776.000 x 552.000 metri

Comune: CORREGGIO
Foglio: 24

PLANIMETRIA STATO DI FATTO E DI PROGETTO

Scala 1:1000



Secondo il Catasto del Comune di Correggio l'area ricade inoltre nel Foglio n° 24 - mappali n° 73 - 181 - 310 - 407 - 413(cf. planimetria catastale in scala 1 : 2.000).

I suoli tipici di questa Unità Idrogeologica, parzialmente asportati per consentire il posizionamento della preesistente scuola d'infanzia e nelle aree cortilive ad essa adiacenti ricoperti da una coltre di sabbie e ghiaie di riporto di modesto spessore, appartengono all'associazione dei "suoli alluvionali".

Si tratta di entisuoli, generalmente calcarei e sub alcalini, a prevalente tessitura limo-argillosa, come da risultanza delle indagini, anche di spessore superiore al metro e ad elevata componente organica. L'utilizzo prevalente per questi tipi di suolo è a seminativo, tuttavia nel territorio, a valle di Via della Libertà, prevale l'indirizzo a vigneto.

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 a SE 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 p.c.

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.

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 in risalto che la zona in esame ricade su "depositi prevalentemente limosi con lenti sabbiose in subordinate". Di età olocenica, verso occidente e a settentrione essi sfumano in depositi coevi "prevalentemente argillosi o argilloso-limosi" mentre a sud e a SE, in una lingua che, annettendo una rilevante parte del territorio su cui sorge l'abitato, si estende sino a S. Martino Piccolo, in "depositi prevalentemente sabbiosi, con scarse lenti di ghiaie fini e/o di limi", del Pleistocene sup.-Olocene.

CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

Foglio n° 74 - Reggio nell'Emilia

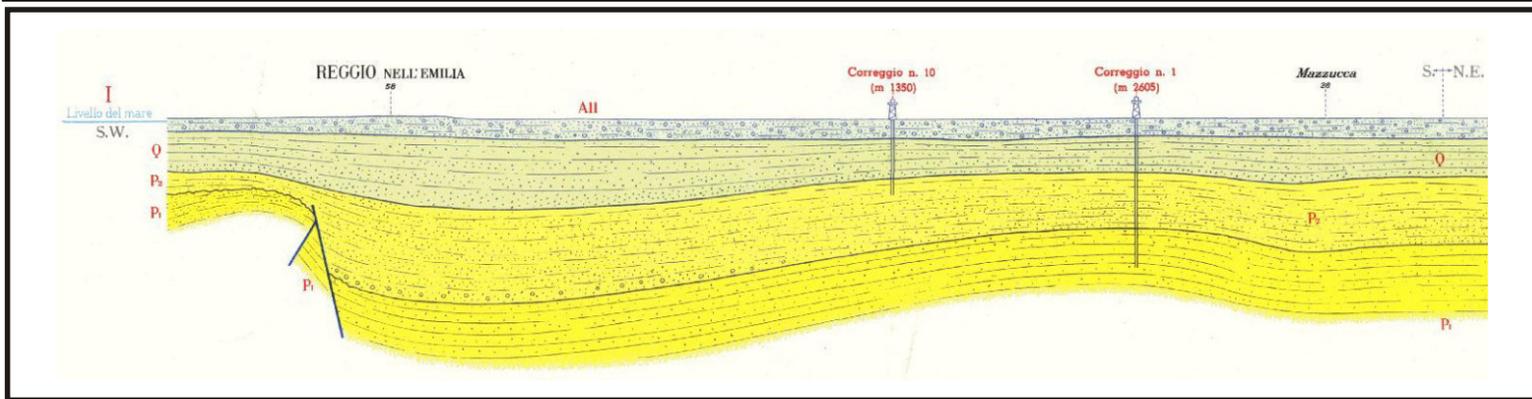


LEGENDA

- Quaternario**
- ALLUVIUM ATTUALE: alluvioni ghiaiose e sabbiose del greto dei torrenti; limi del greto del Po.
 - ALLUVIUM RECENTE: depositi prevalentemente argillosi neri, surrinosi, dei bacini paludosi di recente bonificati.
 - ALLUVIUM MEDIO-RECENTE: alluvioni argillose a lenti limose della bassa Pianura, anche attualmente esondabile; basi terrazzo ghiaioso-sabbioso, fessato e colluviale, lungo i torrenti, alvei abbandonati del T. F. e del F. Secchie.
 - ALLUVIUM ANTICO: alluvioni argillose della media Pianura, con lenti limose e ghiaiose sparse.
 - DILUVIUM TARDIVO (*Pluviale-Floestglaciale terra-serrimana*): alluvioni ghiaiose, argillose, con lenti limoso-argillose della Pianura, o suolo prevalentemente bruno; esso si rinvia nell'Alluvium antico.
 - DILUVIUM RECENTE (*Pluviale-Floestglaciale Würm*): terrazzo sospeso 8-10 metri sulla Pianura, a ghiaie e sabbie, con suolo argilloso bruno e dislivello giallo-rossastro dei terreni più antichi; scarpate principali.
 - DILUVIUM MEDIO (*Pluviale-Floestglaciale Riss*): alti terrazzi ghiaioso-sabbiosi a paleosuolo argilloso giallo-brunco, potente fino a 2 metri, verso le Pianure si immergono ad un'altezza sotto al *Wurm*, scarpate principali.

- Litologia di superficie delle formazioni quaternarie continentali**
- Ghiaie.
 - Sabbie.
 - Limi.
 - Argille.

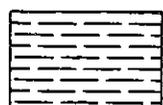
- Assi delle entinali sepolte e loro immersione.
- Assi delle sinclinali sepolte e loro immersione.
- Faglie sepolte.
- Antichi alvei del F. Po.
- Sorgenti.
- Sorgenti e pozzi d'acque sulfuree.
- Pozzi per acque e loro profondità in metri; talora con manifestazioni di gas (G).
- Manifestazioni di gas combustibile.
- Pozzi per ricerca di idrocarburi e loro profondità in metri.
- Pozzi produttivi di idrocarburi e loro profondità in metri.
- Cave di argilla.
- Tracce di sezione.



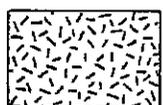
CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE

(SCALA 1 : 25.000)

LEGENDA



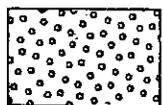
Depositi prevalentemente argillosi o argilloso-limosi.
□locene



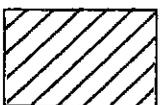
Depositi prevalentemente limosi con lenti sabbiose
in subordine. □locene



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



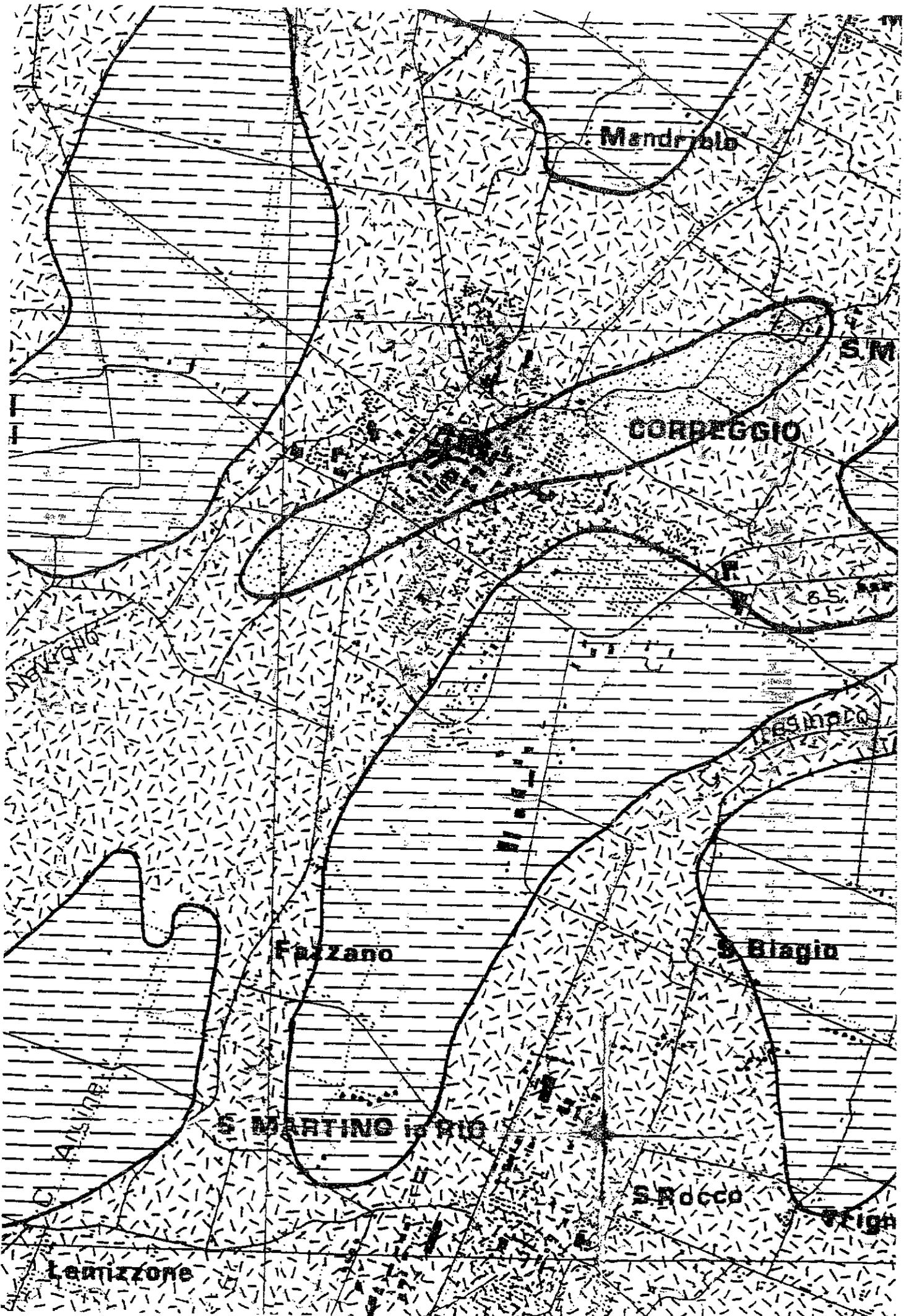
Depositi di ghiaie eterometriche alternati a
livelli con granulometria piu' fine.
Pleistocene sup. (Wurm)-□locene



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



Mandriolo

S.M.

CORREGGIO

S.S.

S. Biagio

Fazzano

S. Biagio

S. MARTINO in PIA

S. Adcco

Lemizzone

4. METODOLOGIA D'INDAGINE

Le caratteristiche geomeccaniche del terreno vengono determinate sulla base dei dati acquisiti con tre prove penetrometriche.

Le penetrometrie sono state eseguite utilizzando un penetrometro statico tipo GOUDA da 10 t.

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste 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 all'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):

- $R_p \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = \text{resistenza alla punta (conica)}$

- $RL \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = \text{resistenza laterale (manicotto)}$

(la resistenza alla punta R_p e la resistenza laterale RL 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/RL 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 $FR = (RL/R_p) \%$ (esperienze di Schmertmann - 1978).

Sempre con riferimento alle prove penetrometriche statiche 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.).

5. CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E PARAMETRI GEOTECNICI

In sintonia con le carte tematiche, le prove penetrometriche statiche, appositamente effettuate per accertare la reale natura del primo sottosuolo, hanno in prevalenza riscontrato la presenza di materiali coesivi.

Più precisamente, nei primi 9÷10 m, vi è una preponderanza di limi ed argille, con un modesto grado di consolidazione e ad elevata componente organica e torbosa, a cui si alternano livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie.

Oltre, vi è un evidente incremento delle resistenze alla rottura; si tratta tuttavia sempre in prevalenza di materiali coesivi, limi ed argille, anche in questo caso in buona percentuale con componente organica e torbosa, a cui si associano sottili livelli di natura granulare, limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie.

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

Livello A

Strato che dal piano cortilivo, annettendo la coltre di riporto ed il sottostante terreno vegetale, si approfondisce sino a 4÷4.5 m in argille talora organiche con sottili livelli di limi sabbiosi e sabbie limose, con valori di:

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

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

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

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

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

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

$$E = 40 \text{ kg/cm}^2 = 4903 \text{ kPa}$$

Livello B

Da 4÷4.5 m sino a 9÷10 m vi sono argille ad elevata componente organica e torbosa con livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie, con valori di:

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

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

$$C_u = 0.45 \text{ kg/cm}^2 = 44.13 \text{ kPa}$$

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

$$\phi' = 18 [^\circ]$$

$$M_o = 45 \text{ kg/cm}^2 = 4413 \text{ kPa}$$

$$E = 35 \text{ kg/cm}^2 = 3432 \text{ kPa}$$

Livello C

Da 9÷10 m sino a 17÷18 m vi sono argille talora organiche molto consistenti con livelli di limi sabbiosi e sabbie limose, con valori di:

$$\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3 = 19.12 \text{ kN/m}^3$$

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

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

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

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

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

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

Livello D

Oltre 17÷18 m vi sono sabbie limose e sabbie addensate, con valori di:

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

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

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

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

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

$$M_o = 150 \text{ kg/cm}^2 = 14710 \text{ kPa}$$

$$E = 120 \text{ kg/cm}^2 = 12768 \text{ kPa}$$

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 (RE) 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:

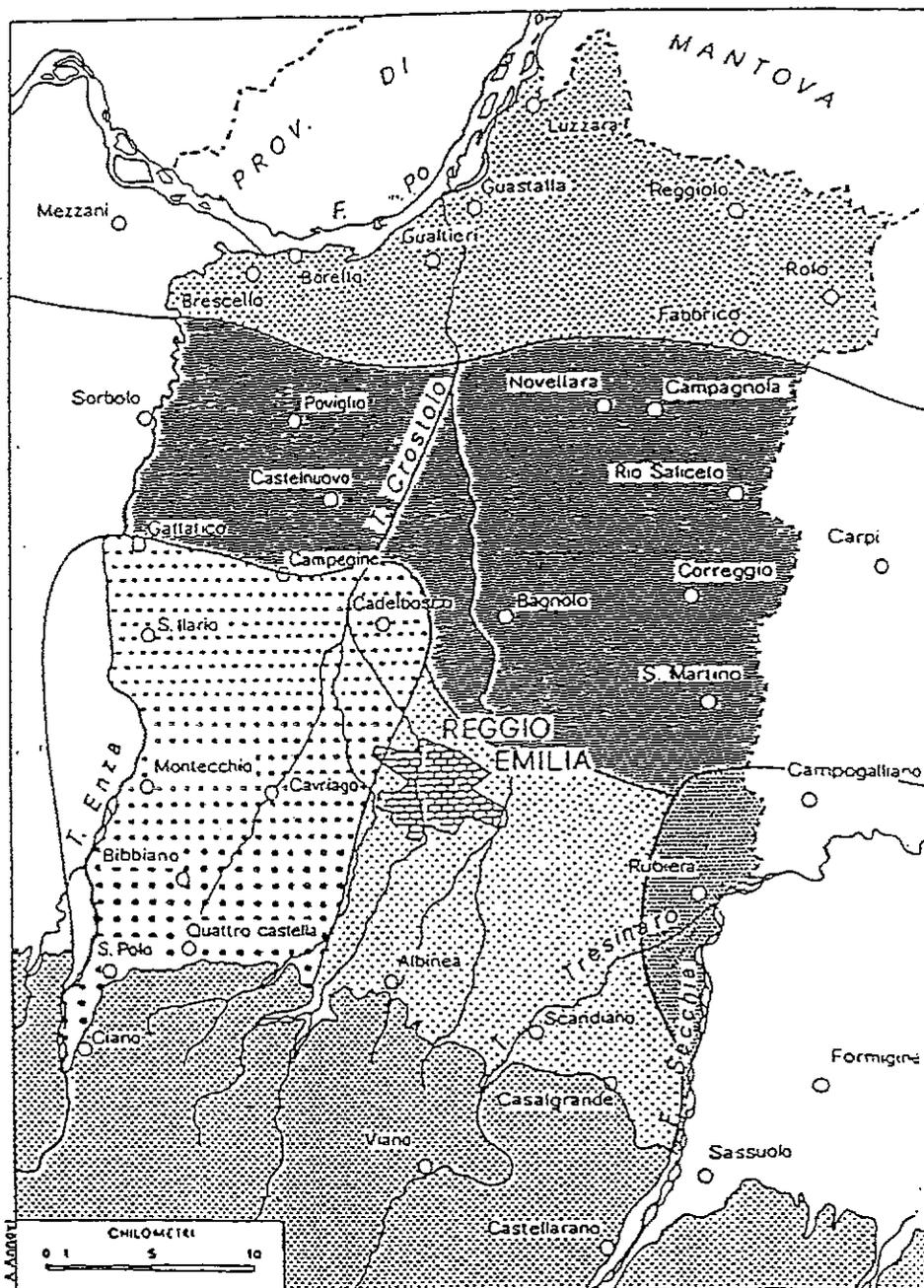
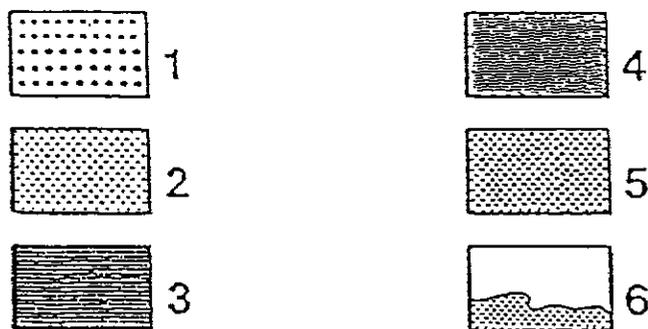


Figura 1) - Distribuzione delle unità idrogeologiche della pianura reggiana: 1) Unità idrogeologica del T.Enza; 2) Unità idrogeologica dei corsi d'acqua minori; 3) Unità idrogeologica del F.Secchia; 4) Unità idrogeologica della media pianura; 5) Unità idrogeologica del F.Po; 6) Terreni impermeabili del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

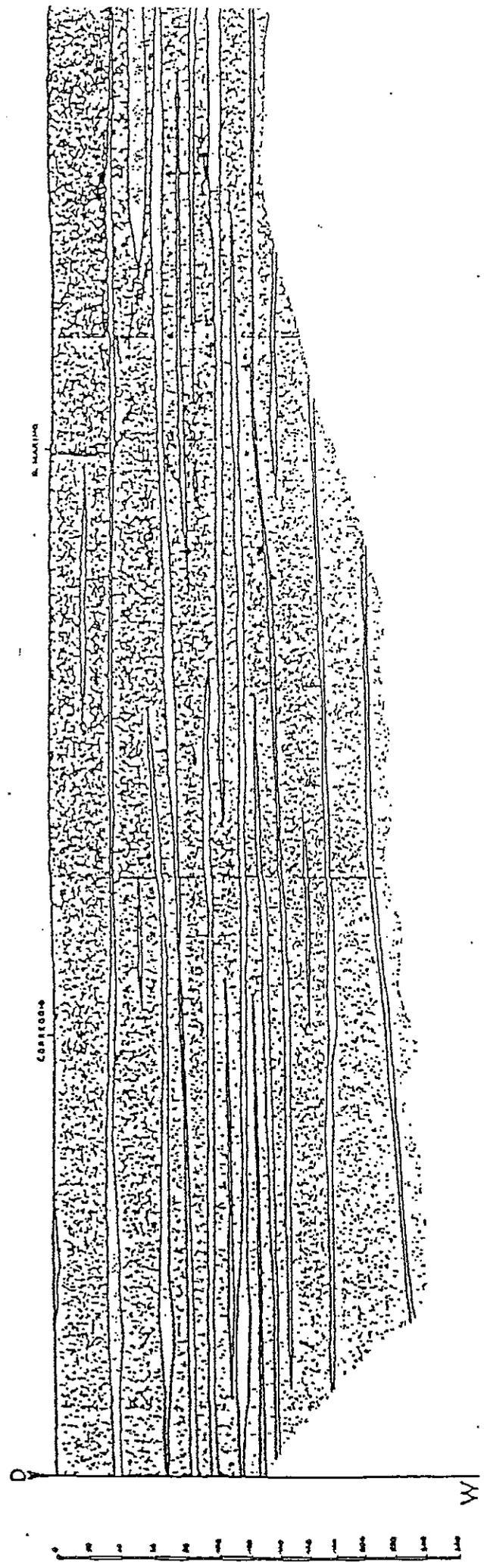


L'elaborato è tratto da "Indagine sullo stato delle acque sotterranee della pianura reggiana"; 1988 - Amministrazione Provinciale di Reggio nell'Emilia

- 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 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 a 30 m;
- c) orizzonte permeabile, formato da sabbie fini, avente uno spessore variabile tra 3 e 6 m, che di solito si riscontra tra -35 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 e -80 m dal p.c., permeato da acque dolci;
- f) orizzonte impermeabile, della potenza di 25/35 m, che si riscontra tra -80 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 e 120 m dal p.c.;
- h) insieme impermeabile, prevalentemente argilloso limoso, posto generalmente tra 120 e 160 m dal p.c.;
- i) livello permeabile, avente uno spessore medio di cinque metri, posto tra 160 e 190 metri dal p.c.;
- l) insieme impermeabile, prevalentemente argilloso limoso, avente uno spessore di 20/30 m, posto tra 180 e 210 m dal p.c.;
- m) livello permeabile, in litotipi prevalentemente sabbiosi, avente uno spessore di 3/8 m, posizionato tra 190 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

Come in precedenza sottolineato, il territorio è stato oggetto di 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.

Sostanzialmente in sintonia con l'andamento complessivo della superficie freatica, nel territorio l'andamento complessivo prevalente della superficie freatica rispecchia quello a suo tempo individuato dal Prof. M. Pellegrini, quindi da SO verso NE.

Nel dettaglio, come si evince dalla Carta delle Isopieze della Falda Freatica di P.S.C., l'abitato ricade in corrispondenza di uno spartiacque sotterraneo principale che da SO a NE lo attraversa. Subparalleli ad esso, l'elaborato, ad oriente e ad occidente, individua due assi di drenaggio, rispettivamente principale e secondario, verso i quali avviene il deflusso idrico sotterraneo.

Rispetto a quanto indicato dalla carta tematica di P.S.C. ci troveremmo in una situazione intermedia in cui l'andamento prevalente della superficie freatica rispecchierebbe quello da SO a NE.

Osservando l'elaborato, a questa altezza, si potrebbe anche ipotizzare l'esistenza di uno spartiacque secondario, non indicato però in carta, con andamento conforme a quello prevalente da SO a NE e asse ad oriente di Mandriolo, rispetto al quale le acque defluirebbero ad oriente e ad occidente in direzione di due assi di drenaggio secondari (cf. Carta delle Isopieze della falda freatica di P.S.C.).

La carta idrogeologica, segnala poi che il livello statico della falda freatica è nel territorio compreso tra le isopieze 27.5 m e 27 m s.l.m., da cui si evince che la falda sarebbe normalmente qui presente ad una profondità di 1.5÷2 m rispetto alla quota del piano campagna.

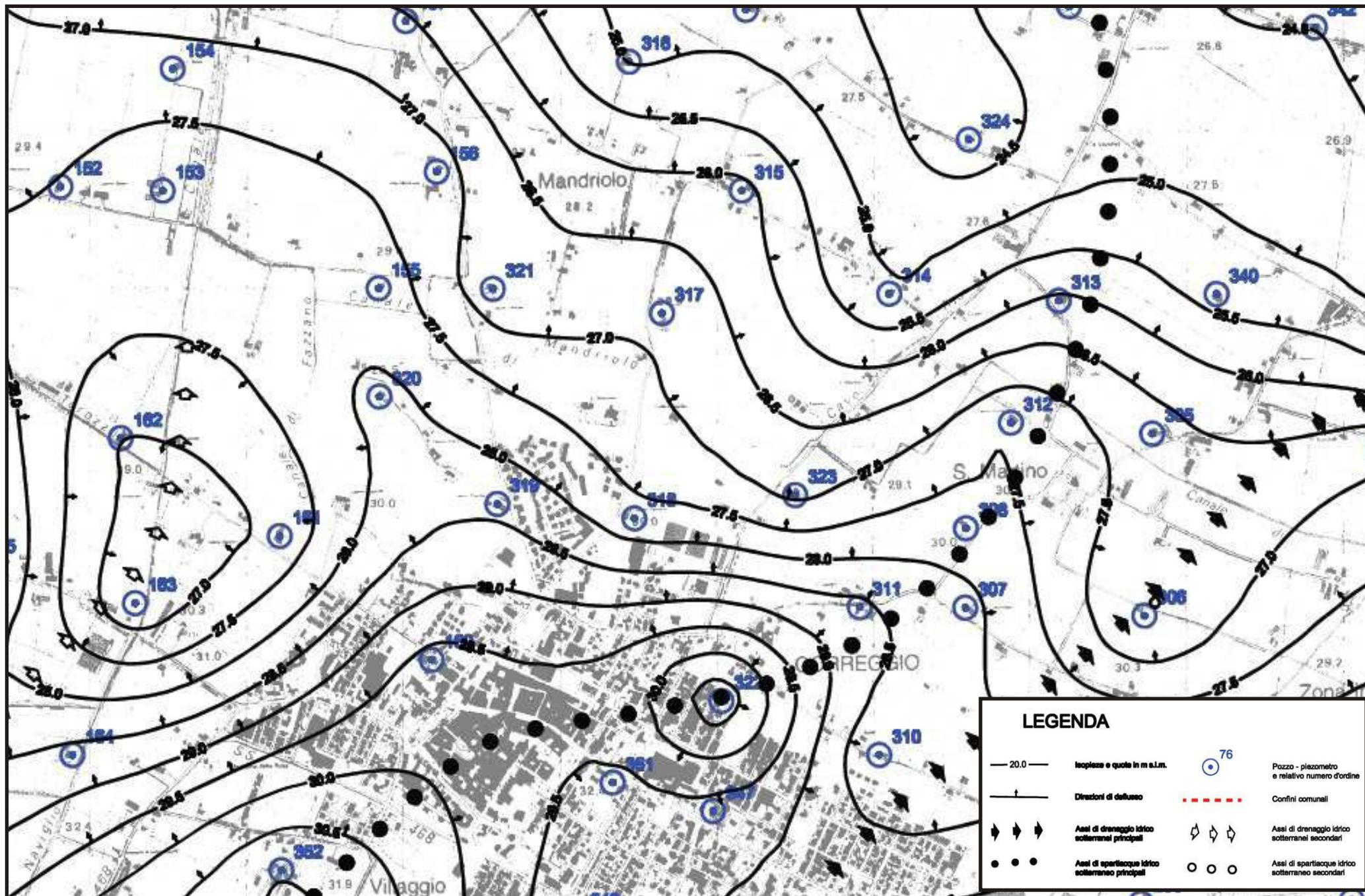
Così come indicato in carta, misure effettuate al termine dei sondaggi, utilizzando un freatimetro a restituzione sonora, hanno accertato che il livello statico della falda si è in breve tempo posizionato a 2.4÷2.5 m dalla quota del piano cortilivo.

Pur non segnalando le carte tematiche, in tutto il territorio del Comune di Correggio, variazioni nel tempo dell'assetto idrogeologico sotterraneo (cf. figura 2 in allegato tratta da "Indagine sullo stato delle acque sotterranee nella pianura reggiana; 1988 - Amministrazione Provinciale di Reggio Emilia"), così come riscontrato in occasione di precedenti studi, può essere tuttavia giustificata una variabilità stagionale che comporti una risalita a quote più vicine al piano campagna in concomitanza di periodi particolarmente piovosi od altrimenti un abbassamento, seppur contenuto, al termine delle prolungate stagioni estive.

In ogni caso, quanto attualmente riscontrato in sito, conferma le analoghe verifiche effettuate nel terreno immediatamente a settentrione, delle "Coriandoline", allorché una decina di anni or sono il livello venne riscontrato a 2.1÷2.4 m rispetto alla quota del p.c.

CARTA DELLE ISOPIEZE DELLA FALDA FREATICA

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



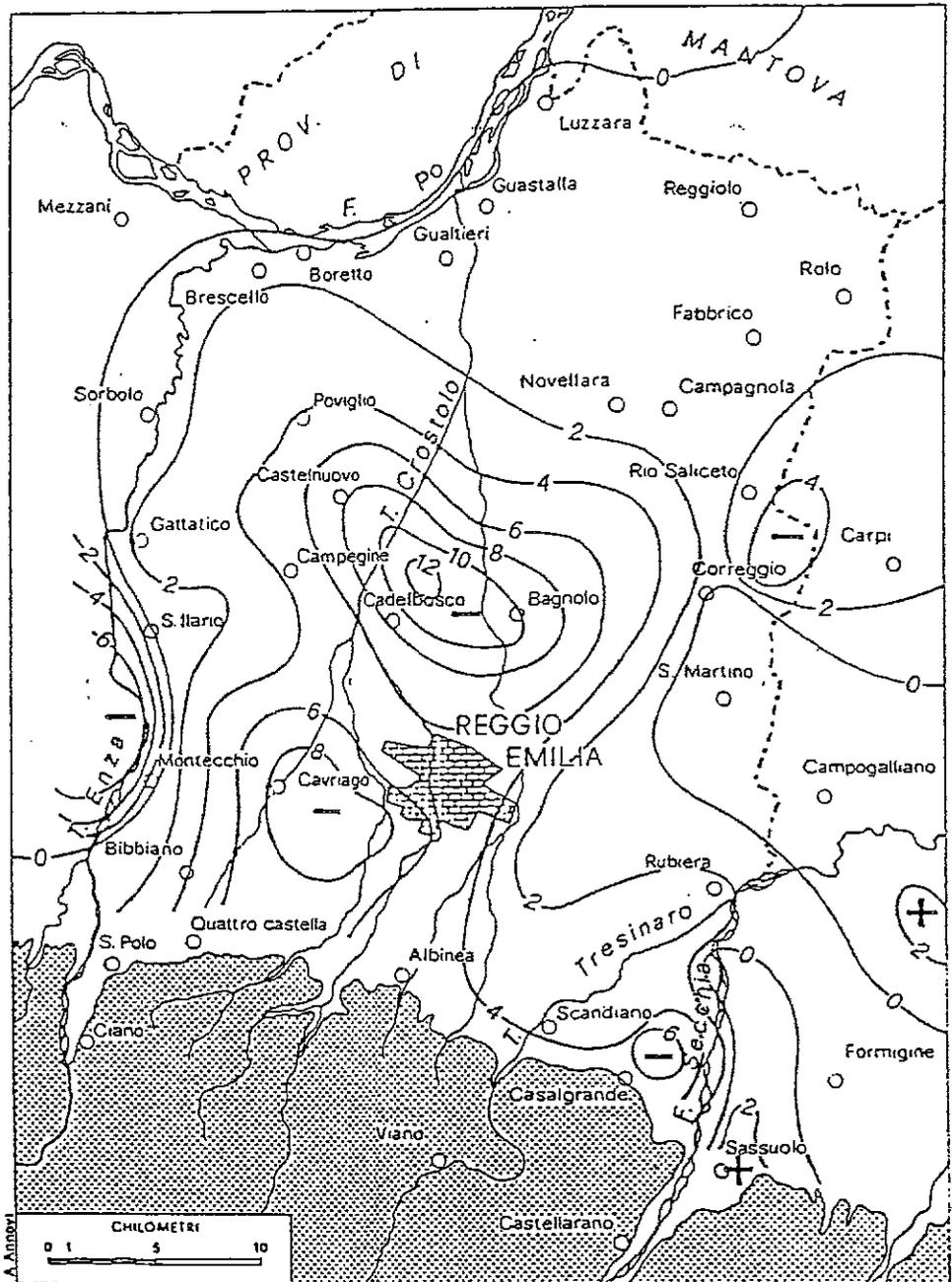
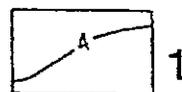


Figura 2) - Curve di uguale variazione del livello statico delle falde sotterranee nel periodo ottobre 1976 - ottobre 1983;
 1) Curve di uguale variazione in metri;
 2) Terreni impermeabili del margine appenninico che delimitano a sud i bacini idrici sotterranei.



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

8. RISCHIO IDRAULICO

Ponendosi l'obiettivo di ridurre i rischi di conseguenze negative derivanti dalle alluvioni soprattutto per la vita e la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale, l'attività economica e le infrastrutture, la Regione Emilia-Romagna ha predisposto un "Piano di gestione del rischio di alluvioni".

Redatto in conformità con quanto previsto lo studio ha privilegiato un approccio di pianificazione a lungo termine, scandito in tre tappe successive e tra loro concatenate:

- fase 1: una valutazione preliminare del rischio di alluvioni (entro il 22 settembre 2011);
- fase 2: elaborazione di mappe della pericolosità e del rischio di alluvione (entro il 22 dicembre 2013);
- fase 3: predisposizione ed attuazione di piani di gestione del rischio di alluvioni (entro il 22 dicembre 2015).

Secondo le direttive del Piano, adottato il 17 dicembre 2015 ed approvato il 3 marzo 2016 dai Comitati Istituzionali delle Autorità di Bacino Nazionali, tutto il territorio della Regione Emilia-Romagna è stato interessato da tre nuovi Piani: il PGRA del distretto padano, il distretto dell'Appennino Settentrionale e quello dell'Appennino Centrale.

Secondo le direttive dell'art. 6 dalla Direttiva Europea 2007/60/CE e dell'art. 6 del D.Lgs. 49/2010, sono state restituite specifiche mappe della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti differenziandole rispetto agli ambiti territoriali in cui viene restituita una distinzione fra un "reticolo naturale principale e secondario" ed un "reticolo secondario di pianura" (cf. stralci in allegato). Nella fattispecie, sono state analizzate le tavole 201NO – Correggio che, nel caso del "reticolo naturale principale e secondario", più diffusamente nel territorio di Correggio e nello specifico nella zona esaminata posta a settentrione dell'abitato non individuano elementi di pericolosità e di rischio.

Per quanto concerne invece l'ambito territoriale in cui viene analizzato il "reticolo secondario di pianura", rispetto alla mappa di pericolosità si evince che l'area in esame può essere interessata da alluvioni poco frequenti con una media probabilità nel tempo di ritorno tra i 100 ed i 200 anni (scenario di pericolosità P2 – M) mentre per quanto riguarda la mappa del rischio essa attualmente rientra nella classe di rischio R2 (medio). Nel rispetto di quanto individuato in mappa, ci si dovrà pertanto attenere alle disposizioni specifiche riportate al punto 5.2 della normativa secondo le quali si dovrà garantire, anche a tutela della vita umana, misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle strutture nonché, nel rispetto dell'invarianza idraulica, interventi finalizzati a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e che siano atti a contribuire alla difesa idraulica del territorio.

Si fa pertanto qui presente che quanto in progetto, in sede di rilascio del titolo edilizio, dovrà fornire i possibili accorgimenti necessari per mitigare il rischio e garantire la compatibilità degli interventi con le condizioni di pericolosità.

In tal senso, si ritiene opportuno qui di seguito riportare quanto puntualizzato in normativa e che dovrà essere verificato dall'Amministrazione Comunale competente:

a. Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture:

a.1. la quota minima del primo piano utile degli edifici deve essere all'altezza sufficiente a ridurre la vulnerabilità del bene esposto ed adeguata al livello di pericolosità ed esposizione;

a.2. è da evitare la realizzazione di piani interrati o seminterrati, non dotati di sistemi di autoprotezione, quali ad esempio:

- le pareti perimetrali e il solaio di base siano realizzati a tenuta d'acqua;

- vengano previste scale/rampe interne di collegamento tra il piano dell'edificio potenzialmente allagabile e gli altri piani;

- gli impianti elettrici siano realizzati con accorgimenti tali da assicurare la continuità del funzionamento dell'impianto anche in caso di allagamento;

- le aperture siano a tenuta stagna e/o provviste di protezioni idonee;

- le rampe di accesso siano provviste di particolari accorgimenti tecnico-costruttivi (dossi, sistemi di paratie, etc);

- siano previsti sistemi di sollevamento delle acque da ubicarsi in condizioni di sicurezza idraulica.

Si precisa che in tali locali sono consentiti unicamente usi accessori alla funzione principale.

a.3. favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo ovvero che comportino l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti.

La documentazione tecnica di supporto alla procedura abilitativa deve comprendere una valutazione che consenta di definire gli accorgimenti da assumere per rendere l'intervento compatibile con le criticità idrauliche rilevate, in base al tipo di pericolosità e al livello di esposizione.

Tutto ciò premesso, vista la morfologia dei luoghi, in relazione alle accertate caratteristiche geomeccaniche dei terreni ed all'idrogeologia del territorio, si può sintetizzare quanto segue:

1 - per l'area esaminata dovrà essere tenuta almeno la medesima quota di quella esistente, già più alta rispetto a quella del piano campagna esistente e di per stessa quindi meno esposta ad eventuali eventi che possano comportare un allagamento;

2 - così operando, le strutture in elevazione, in relazione anche al corretto utilizzo di idonee malte cementizie, saranno ancor più tutelate dalla risalita dell'acqua di falda per via capillare;

3 - nei fori di sonda delle prospezioni penetrometriche, il livello della falda freatica si è in breve tempo stabilizzato alla profondità di 2.4÷2.5 m rispetto alla quota del piano cortilivo, valore sostanzialmente conservativo nel tempo, se è vero che analoghe verifiche effettuate nel terreno a settentrione delle "Coriandoline", una decina di anni or sono, lo avevano accertato a 2.1÷2.4 m dal p.c.; pertanto, fondazioni superficiali impostate a non meno di un metro rispetto alla quota del piano cortilivo, anche nell'ipotesi di una risalita del livello in periodi particolarmente piovosi, ben difficilmente interagiranno con la falda freatica;

4 – tuttavia, in relazione a quanto riportato dal punto a2, in presenza di un eventuale piano anche solo parzialmente interrato, a giusta ragione sconsigliato dalla normativa, dovranno essere adottati tutti i criteri a cui la stessa fa riferimento;

5 - le indagini hanno messo chiaramente in risalto che i livelli di natura granulare che alimentano la falda sono nei primi metri immersi in una preponderante massa coesiva, argille tra l'altro di natura organica e torbosa, materiali quindi impermeabili che, se direttamente presenti alla base delle fondazioni, facilitano il ristagno e l'ammollimento e contribuiscono ad innescare processi di plasticizzazione;

6 – per non contribuire quindi ad incrementare i cedimenti attesi, come detto dovuti alla presenza di materiali con caratteristiche geomeccaniche relativamente modeste (cf. capitolo 6 - caratteristiche litologiche e parametri geotecnici), si dovrà pertanto aver cura di raccogliere ed allontanare, in direzione della rete fognaria principale, tutte le acque di scarico mediante l'utilizzo di condutture e raccordi a perfetta tenuta;

7 - in relazione a quanto riportato dal punto a.3, per favorire il rapido deflusso delle acque di esondazione, si dovrà infine aver cura di verificare la costante efficienza della rete scolante che convoglia le acque nel collettore principale.

Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla
valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni
Mappa del rischio potenziale
(art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010)

Ambito territoriale: Reticolo Secondario di Pianura
Dati consegnati nella seduta del Comitato Istituzionale dell'Autorità
di Bacino del Fiume Po del 23/12/2013 (distretto padano)

201NO - CORREGGIO

MAPPA PERICOLOSITÀ



Scenari di Pericolosità

- P3 - H (Alluvioni frequenti:
tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)
- P2 - M (Alluvioni poco frequenti:
tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)
- P1 - L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)

Legenda

Aree Protette

- Zone Parco
- SIC - ZPS

Elementi Potenzialmente Esposti

- | | | |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Zone urbanizzate Attività produttive Strutture strategiche e sedi di attività collettive Infrastrutture strategiche Insediamenti produttivi o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse | <p>areali puntuali lineari</p> <ul style="list-style-type: none"> scuola ospedale diga impianti insediamenti | <ul style="list-style-type: none"> reti per la distribuzione di servizi reti stradali secondarie e spazi accessori reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori |
|--|--|--|

MAPPA RISCHIO



Legenda

Aree Protette

- Zone Parco
- SIC - ZPS

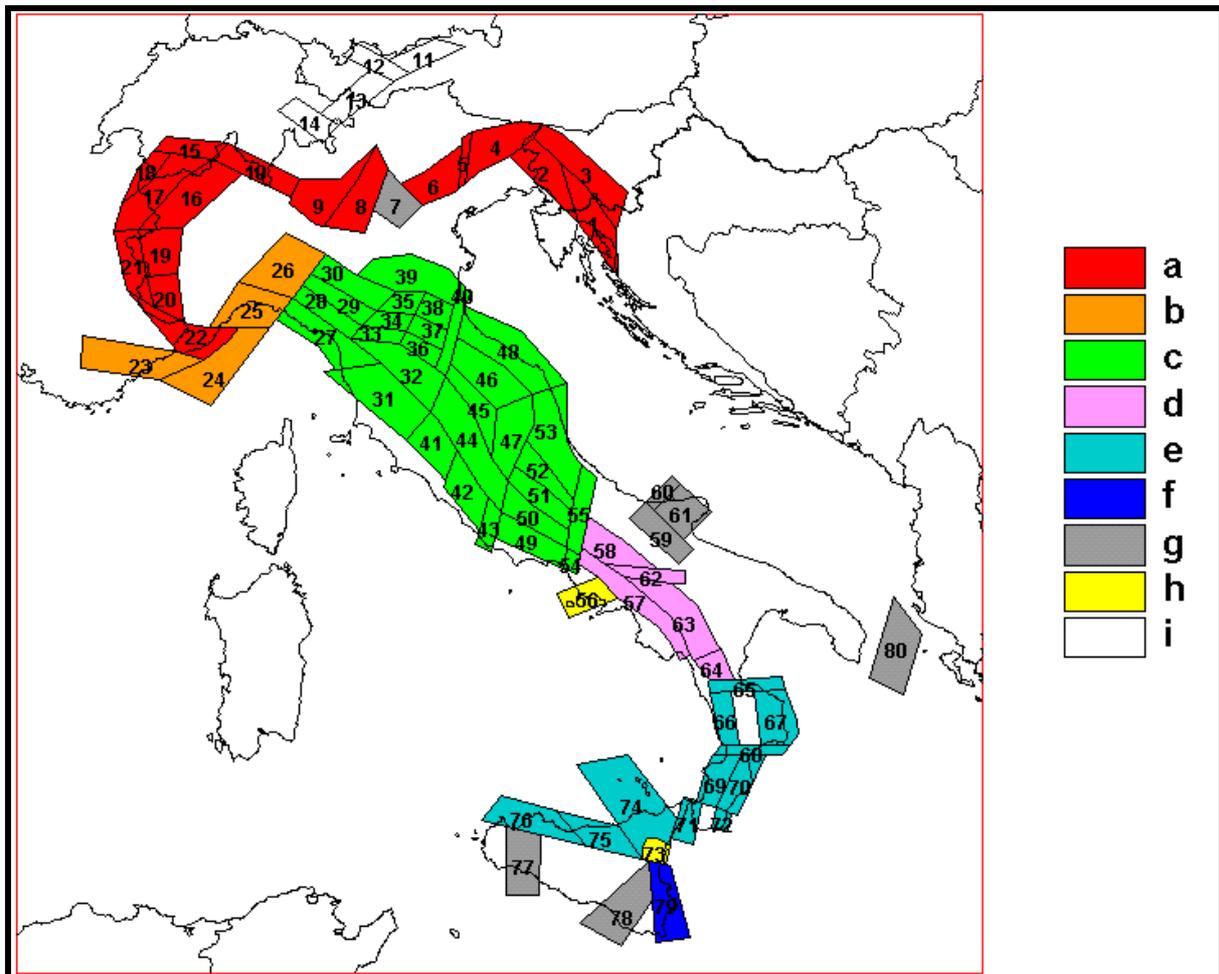
Classi di Rischio

- | | | | |
|--------------------------------------|---|---|---|
| | puntuali | lineari | areali |
| R1 (rischio moderato o nullo) | | | |
| R2 (rischio medio) | | | |
| R3 (rischio elevato) | | | |
| R4 (rischio molto elevato) | | | |

9. 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: 65

Effetti	In occasione del terremoto del			
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	Io	Mw
5	1661 03 21 23	Modenese	6-7	4.86
5	1661 03 22 12 50	Appennino forlivese	9	6.05
5	1671 06 20 10	Modenese-Reggiano	7	5.27
6	1796 10 22 04	Emilia orientale	7	5.45
6	1799 02 22 05 45	Correggio	5	4.16
5	1801 10 08 07 52 5	Bolognese	6	4.90
F	1802 05 12 09 30	Valle dell'Oglio	8	5.60
7	1806 02 12	Reggiano	7	5.21
4	1811 07 15 22 44	Modenese-Reggiano	6-7	5.13
5	1818 12 09 18 55	Parmense	7	5.24
5	1828 10 09 02 20	Oltrepò Pavese	8	5.72
F	1831 07 14 15 30	Reggiano	5-6	4.60
6	1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	7-8	5.48
5	1832 03 11 06 45	Carpi	5	4.51
4-5	1832 03 11 08 45	Parmense		
F	1832 03 12 08 45	Reggiano		
7	1832 03 13 03 30	Reggiano	7-8	5.51
F	1832 03 14 07 41	Reggiano		
F	1832 04 19 14 14	Reggiano		
F	1834 02 14 13 15	Val di Taro-Lunigiana	9	5.96
F	1834 07 04 00 45	Val di Taro-Lunigiana	6-7	5.08
3	1834 10 04 19	Bolognese	6	4.71
F	1837 04 11 17	Lunigiana	9	5.94
5	1886 10 15 02 20	Collecchio	6	4.70
F	1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	9	6.27
F	1891 06 07 01 06 1	Valle d'Ilasi	8-9	5.87
3-4	1894 11 27 05 07	Bresciano	6	4.89

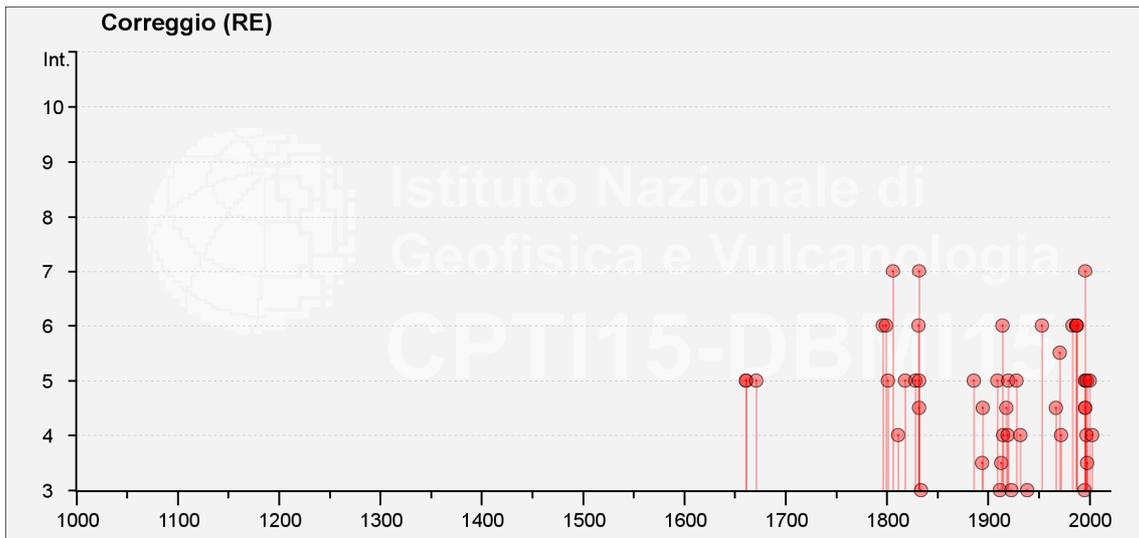
Effetti	In occasione del terremoto del			
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	Io	Mw
4-5	1895 05 12 20 29	Reggiano	4-5	3.98
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese	7	5.10
5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	6-7	5.36
3	1912 09 12 21 15	Carpi	4	3.76
3-4	1913 11 25 20 55	Appennino parmense	4-5	4.65
6	1914 10 27 09 22	Lucchesia	7	5.63
4	1915 10 10 23 10	Reggiano	6	4.87
4-5	1918 05 06 08 05	Reggiano	5-6	4.41
4	1919 06 29 15 06 1	Mugello	10	6.38
5	1920 09 07 05 55 4	Garfagnana	10	6.53
3	1923 06 28 15 12	Modenese	6	5.04
5	1928 06 13 08	Carpi	6	4.67
4	1932 07 13 03 42	Reggiano	4-5	3.86
3	1939 10 15 14 05	Garfagnana	6-7	4.96
6	1953 08 22 05 26	Reggiano	6	4.73
NF	1965 11 09 15 35	Appennino reggiano	5	4.17
4-5	1967 04 03 16 36 1	Reggiano	5	4.44
5-6	1971 09 11 23 18 1	Pianura emiliana	5	4.19
4	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	5	4.87
6	1983 11 09 16 29 5	Parmense	6-7	5.04
NF	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	7	5.62
2	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	6	4.43
6	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	6	4.64
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	6	4.71
6	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	6	4.57
3	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	7	4.82
7	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	7	5.38
5	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	5-6	3.94
5	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	5-6	3.63
4-5	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	5-6	4.29
4-5	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	5-6	4.06
4	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	4-5	3.68
5	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	5	3.93
3-4	1998 03 26 16 26 1	Appennino umbro-marchigiano		5.26
5	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	5-6	4.40
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	4	4.30
4	2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	6	5.24
F	2008 12 23 15 24 2	Parmense	6-7	5.36

Intendendo:

Is = Intensità al sito (MCS)

Io = Intensità epicentrale (MCS)

Mw = Magnitudo



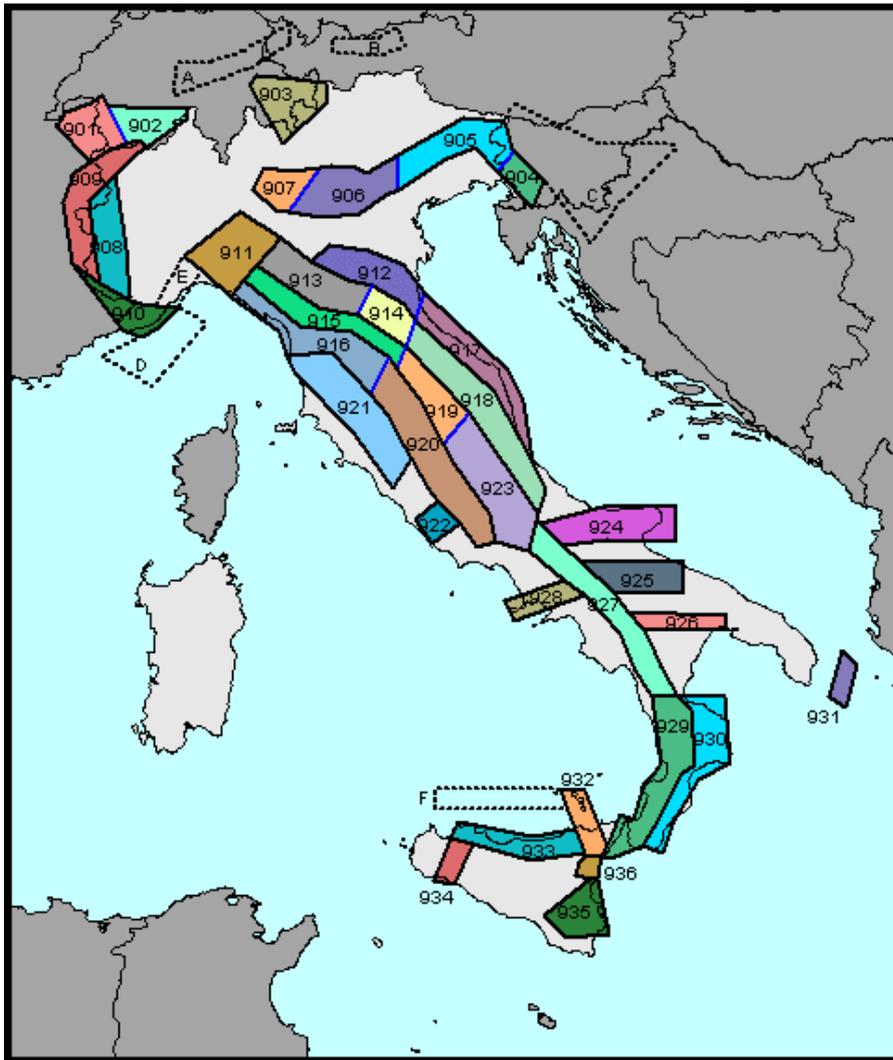
La sovrastante rappresentazione evidenzia, molto semplicemente, gli eventi della precedente tabella nel rapporto tra anni (in ascisse) ed intensità sismica (in ordinate).

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. Secondo il D.M. 17/1/2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni”, in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori delle velocità equivalenti di propagazione delle onde di taglio, mediate sui primi 30 metri di terreno (V_{S30}), vengono individuate cinque categorie (A – B – C – D – E).

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa è stato effettuato un sondaggio sismico. 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 sette 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 i primi sei strati sono stati rispettivamente ottenuti i seguenti valori:

1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
$V_S = 108 \text{ m/sec}$	$V_S = 144 \text{ m/sec}$	$V_S = 178 \text{ m/sec}$
$d = 1.7 \text{ m}$	$d = 3.8 \text{ m}$	$d = 4.9 \text{ m}$
4° STRATO	5° STRATO	6° STRATO
$V_S = 223 \text{ m/sec}$	$V_S = 279 \text{ m/sec}$	$V_S = 361 \text{ m/sec}$
$d = 6.1 \text{ m}$	$d = 5.7 \text{ m}$	$d = 7.8 \text{ m}$

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 i -esimo, m

v_i = velocità onde di taglio strato i -esimo, m/sec

ottenendo:

$$V_{S30} = 215 \text{ m/sec}$$

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 profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

10. RISPOSTA SISMICA LOCALE SEMPLIFICATA

Il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 recante le “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, attualmente aggiornato dal D.M. del 17/1/2018, 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.

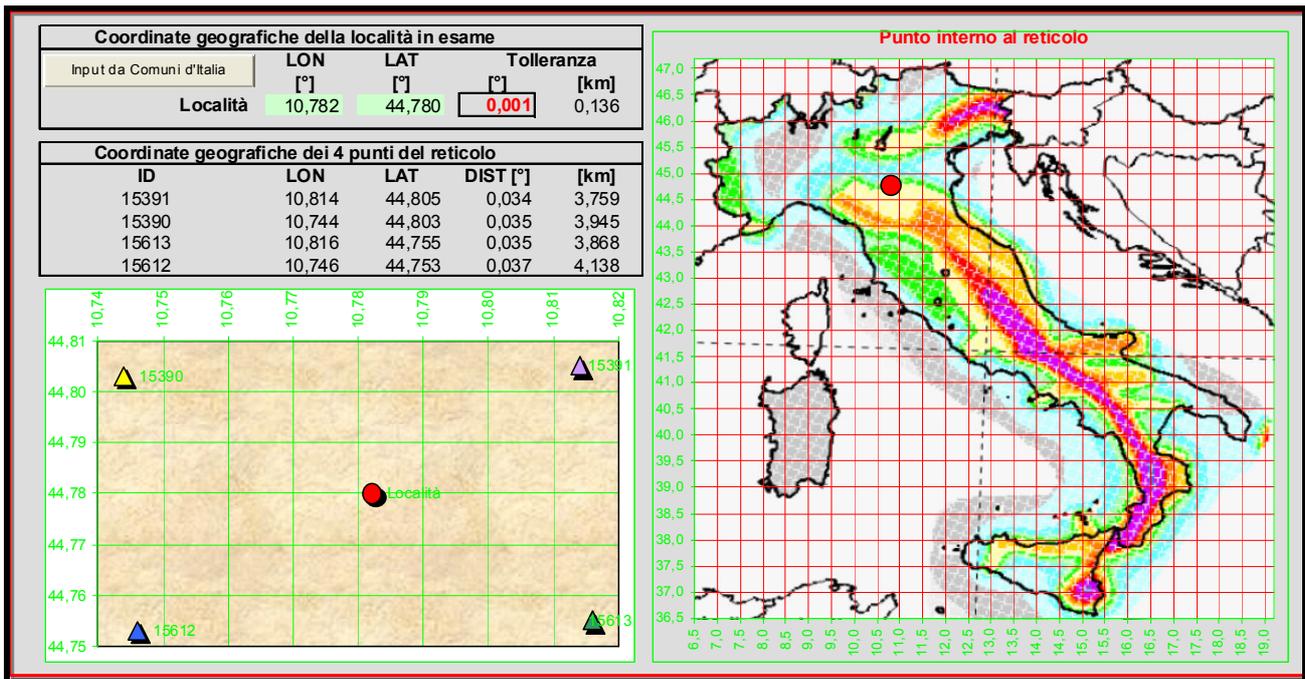
Le Azioni di progetto, per un suolo rigido orizzontale, vengono ricavate in funzione di tre parametri:

- 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
sl	Operatività	81%	30	0,428	2,52	0,25	1,50	0,14	0,41	1,77	0,70
sl	Danno	63%	50	0,541	2,51	0,26	1,50	0,14	0,43	1,82	0,79
slu	Salv. Vita	10%	475	1,518	2,54	0,27	1,47	0,15	0,44	2,21	1,34
slu	Collasso	5%	975	2,029	2,52	0,28	1,39	0,15	0,45	2,41	1,53

I valori dei principali parametri sismici (a_g , F_0 , T_c^*) riferiti all'area in oggetto al TR = 475 anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita esplicitati sono:

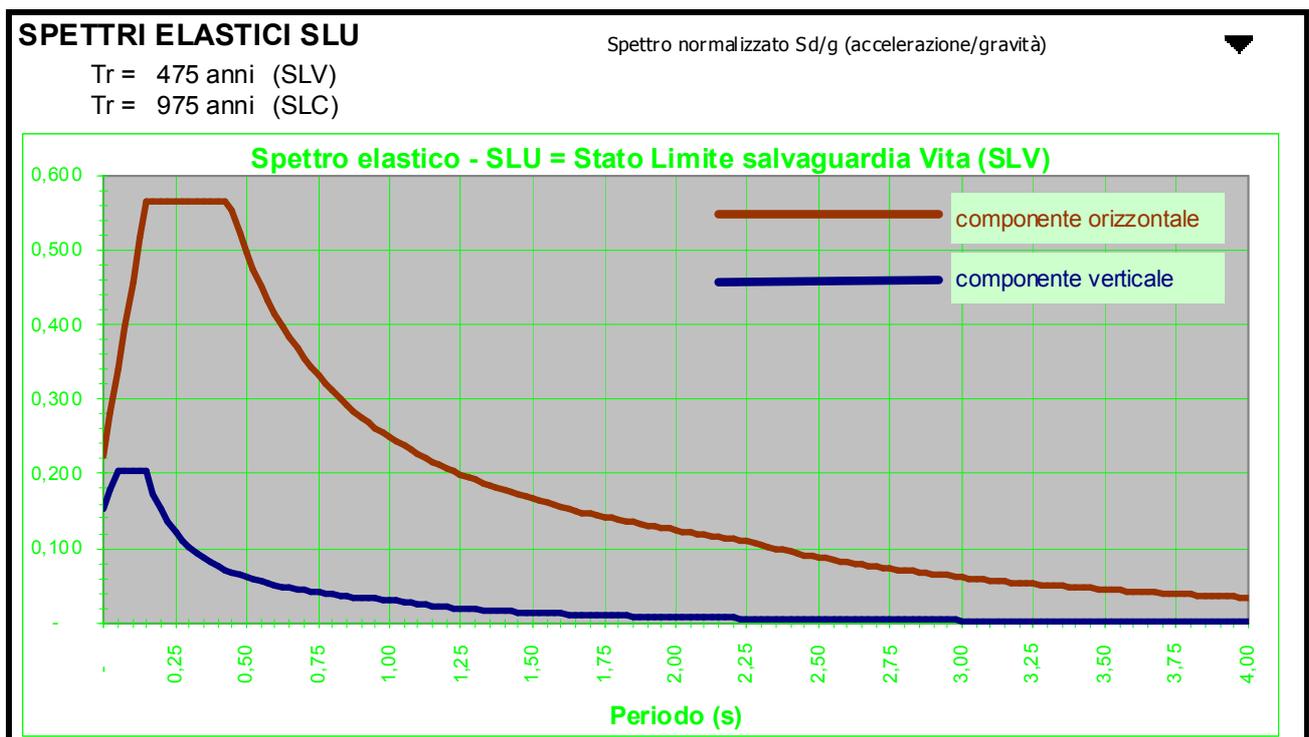
$$a_g = a_{g/g} = 1.518 / 9.81 = 0.155$$

$$F_0 = 2.54$$

$$T_c^* = 0.27$$

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	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$

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. 17.01.2018*):

$S_s = 1.47$ - 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:

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

11. MICROZONAZIONE SISMICA

Il Dgr 2193/2015 integra la Delibera Regionale 112/2007, emessa dalla Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna in data 2 Maggio 2007, fornendo 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. 1.6 - NE “Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica” prodotta dallo Studio Geologico CENTROGEO a corredo dello studio di microzonazione sismica del Comune di Correggio, l’area in esame ricade tra quelle che necessitano di analisi semplificata di 2° livello.

In tavola 3.1 – NE “Carta di microzonazione sismica livello 3 – Fa PGA” si evidenzia tuttavia che l’area in oggetto di studio è compresa in una microzona in cui risulta un Fattore di Amplificazione molto alto, pari a 2.1.

A supporto del presente studio, si è pertanto ritenuto opportuno procedere ad un’analisi semplificata di 2° livello ma altresì, per definire con precisione l’FA della zona in esame, ad un’analisi approfondita di 3° livello.

12. ANALISI SEMPLIFICATA DI II° LIVELLO

L’analisi semplificata di secondo livello prevede la valutazione dei fattori di amplificazione Fa 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:

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

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 (Housner) all’interno di due o tre intervalli distinti:



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

MICROZONAZIONE SISMICA

Carta di microzonazione sismica Livello 3 – F.a. P.G.A.

scala 1 : 10.000

Regione Emilia-Romagna
Comune di Correggio



Regione Emilia Romagna Studio realizzato con il contributo di cui all'OPCM 4607/2012. Coordinamento della Regione Emilia-Romagna – Servizio Geologico Luca Martelli	Soggetto realizzatore Studio Geologico CENTROCED Progetto: Gian Pietro Mazzetti Collaboratori: Stefano Gili, Andrea Arbibzi, Mauro Mazzetti Elaborazione GIS: Studio Benaglia Professionisti Associati: Corrado Ugoletti	Amministrazione comunale Sindaco: Marzio Iotti Assessore all'Urbanistica: Paolo Pozzi Dirigente Settore Territorio: Fausto Armani Data: Ottobre 2013 Tavola: 3.1 – N. Est
---	--	---

Legenda

Indagini

— Sismicità storica (passivo Bc.M.)

— Sismicità attiva (passivo Bc.M.)

— Sismicità attiva (passivo Bc.M.)

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali
 Fattori di amplificazione della P.G.A.

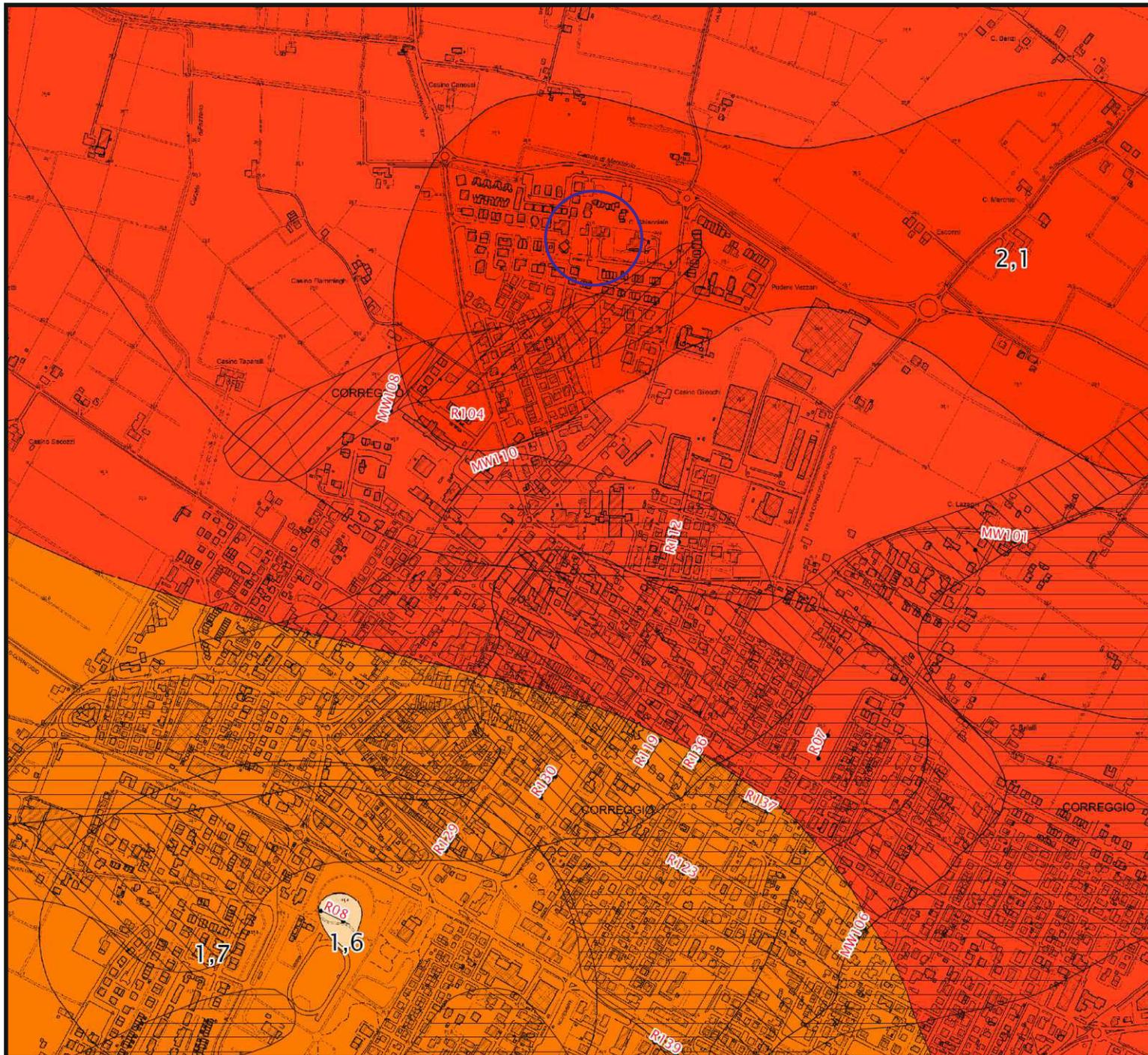
- F.a. P.G.A. = 1,5 - 1,6
- F.a. P.G.A. = 1,7 - 1,8
- F.a. P.G.A. = 1,9 - 2,0
- F.a. P.G.A. = 2,1 - 2,2

Zone suscettibili di instabilità
 Aree soggette ad approfondimenti di III livello

- Potenziale liquefazione
- Potenziali cedimenti differenziali
- Potenziali cedimenti differenziali
- Zone suscettibili di sovrapposizioni di instabilità differenti

Altri elementi rappresentati
 Limite di Comune

0 100 200 400 1000 Metri



SI1: 0.1-0.5 sec

SI2: 0.5-1.0 sec

SI3: 0.5-1.5 sec

L'analisi semplificata di secondo livello propone l'utilizzo di una serie di tabelle di carattere empirico che mettono in relazione i valori di VsH o di Vs30 con i fattori di amplificazione.

Le varie Tabelle rispecchiano situazioni geologiche tipiche del territorio regionale, tra le quali occorre scegliere quella che meglio corrisponde alle caratteristiche dell'area di studio.

La tabella di riferimento per la valutazione dei fattori di amplificazione Fa è riportata nella sottostante tabella:

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400
F.A. PGA	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5
F.A. SI1	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6
F.A. SI2	3.1	3.0	2.7	2.4	2.1	2.0
F.A. SI3	3.6	3.3	2.9	2.5	2.2	2.0

La tabella è relativa ad una stratigrafia della Pianura 2 ovvero il settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c. e del tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c.

In base al valore di Vs30 di 215m/s, ottenuto estrapolando i dati dell'indagine geofisica, si ritiene opportuno adottare, a favore della sicurezza, i seguenti fattori di amplificazione:

PGA F.A. = 1.7

SI 1 (0.1 - 0.5 sec) F.A. = 2.0

SI 2 (0.5 - 1.0 sec) F.A. = 3.0

SI 3 (0.5 - 1.5 sec) F.A. = 3.3

13. ANALISI APPROFONDITA DI III° LIVELLO

Come in precedenza sottolineato, per poter definire i Fattori di Amplificazione di P.G.A. e di Intensità Spettrale secondo Housner, occorre procedere ad un'analisi sismica di III° livello.

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

L'elaborazione permette 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 consente di quantificare 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 (Vs).

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 consente di valutare la distribuzione delle velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio (V_s) nei primi trenta metri pari a 215 m/s. All'interno del modello geologico utilizzato per l'analisi di RSL si sono quindi inseriti i sismostrati riportati nel capitolo "Sismicità dell'Area" di suddetta relazione; il bedrock sismico è stato quindi impostato alla profondità di ~130 m dal piano campagna attuale attribuendo 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 Motion database" 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:

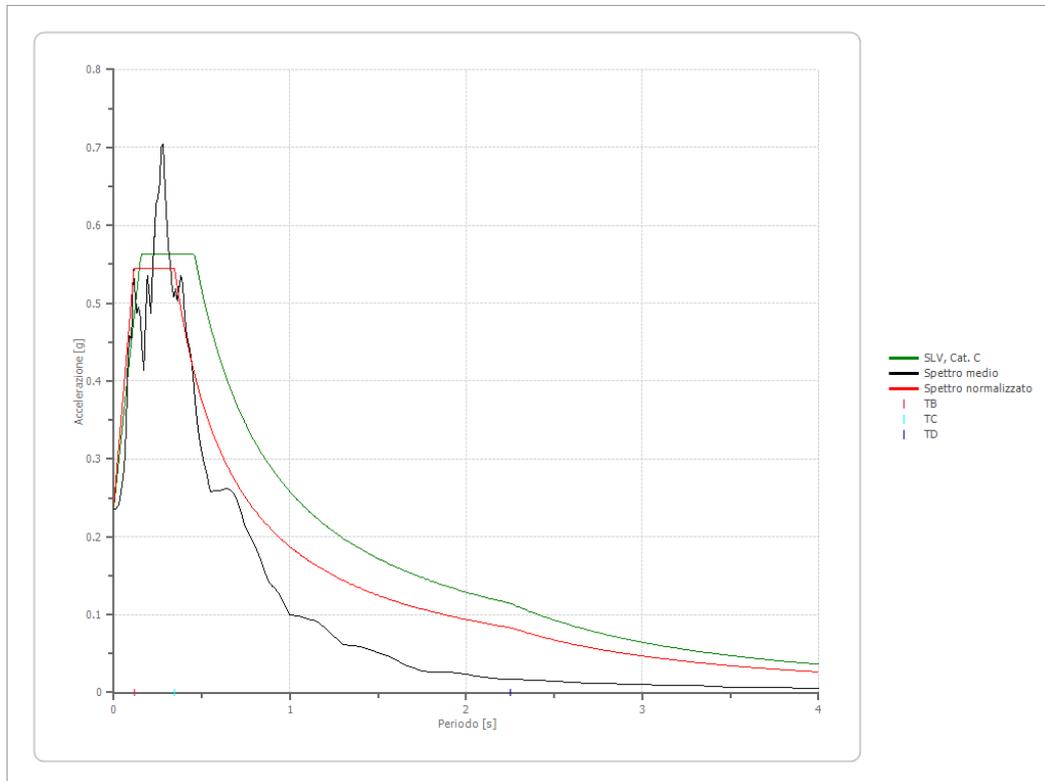
- 1) impulsivo;
- 2) con ampio contenuto in frequenze;
- 3) con componente predominante alle alte frequenze.

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.

I risultati ottenuti evidenziano che il fattore di amplificazione FA è pari a 1.620 e un fattore di amplificazione spettrale massima F_0 di 2.258, da cui deriva un a_{max} o PGA al sito pari a 0.246 g.

Visionando il grafico del rapporto degli spettri, suddetto valore di accelerazione risulta essere superiore rispetto a quello calcolato nel capitolo precedente con una risposta sismica semplificata (0.227).



CONFRONTO SPETTRO DI PROGETTO E SPETTRO DA NORMATIVA

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 $0,1s \div 0,5s$; $0,5s \div 1,0s$ e $0,5s \div 1,5s$, come richiesto dal Dgr 2193/2015, pari rispettivamente a F.A. = 1.851, F.A. = 1.796 e F.A. = 1.770.

Sono stati ottenuti pertanto tre diversi fattori di amplificazione sismica, 1.47 con la Risposta sismica locale semplificata secondo le NTC2018, 1.7 con l'analisi semplificata di 2° livello e 1.62 con l'analisi approfondita di 3° livello; a favore della sicurezza, per il dimensionamento delle strutture, si dovrà pertanto adottare il valore Fa di 1.7, da cui deriva al sito una $a_{max} = Fa \cdot ag = 1.7 \cdot 0.152 = 0.258 \cdot g$.

14. 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.

In conformità con quanto richiesto dall'allegato A3 del DGR 2193/2015 e dal punto 7.11.3.4.2. delle NTC 2018, per la presenza di Magnitudo superiori a 5, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno. La verifica è stata effettuata applicando la metodologia di Robertson, che opera appunto utilizzando i risultati delle prove penetrometriche statiche.

Pur avendo le indagini penetrometriche accertato la presenza di livelli di limi sabbiosi e sabbie limose che si alternano alle argille con modeste caratteristiche geomeccaniche, è stato tuttavia appurato, con l'ausilio del programma LIQUITER della Ditta Geostru, che il primo sottosuolo presenta un rischio di liquefazione che varia da basso a molto basso.

Più precisamente, secondo Iwasaki, è stato rilevato un indice di potenziale di liquefazione (IPL) di 0.74 in CPT1 mentre risulta essere nullo in CPT2 e CPT3.

15. RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le prove penetrometriche statiche, appositamente effettuate per accertare la reale natura del primo sottosuolo, hanno in prevalenza riscontrato l'esistenza di materiali coesivi. Più precisamente, nei primi 9÷10 m, vi è una preponderanza di limi ed argille, con un modesto grado di consolidazione e ad elevata componente organica e torbosa, a cui si alternano livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie. Oltre, vi è un evidente incremento delle resistenze alla rottura; si tratta tuttavia sempre in prevalenza di materiali coesivi, limi ed argille, anche in questo caso in buona percentuale con componente organica e torbosa a cui si associano sottili livelli di natura granulare, limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie.

Sostanzialmente in sintonia con le indicazioni della Carta delle Isopieze della Falda Freatica di P.S.C., che in questo ristretto ambito pone la profondità dell'acquifero freatico a 1.5÷2 m rispetto alla quota del piano campagna, al termine delle indagini, nei fori di sonda, il livello statico della falda si è in breve tempo posizionato a 2.4÷2.5 m dalla quota del piano cortilivo.

Quanto riscontrato è a conferma delle analoghe verifiche effettuate nel terreno immediatamente a settentrione, nell'area delle "Coriandoline", allorché una decina di anni or sono il livello venne misurato a 2.1÷2.4 m rispetto alla quota del piano cortilivo.

Pur essendo giustificata una variabilità stagionale che possa comportare una risalita del livello a quote più vicine al piano campagna in concomitanza di periodi particolarmente piovosi od altrimenti un abbassamento, seppur contenuto, al termine delle prolungate stagioni estive, fondazioni superficiali, impostate a non meno di un metro rispetto alla quota del piano cortilivo, ben difficilmente interagiranno quindi con la falda freatica.

In perizia, seguendo le direttive dell'art. 6 dalla Direttiva Europea 2007/60/CE e dell'art. 6 del D.Lgs. 49/2010, è stato altresì valutato il rischio idraulico. Sono state restituite specifiche mappe della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti differenziandole rispetto agli ambiti

territoriali in cui viene restituita una distinzione fra un “reticolo naturale principale e secondario” ed un “reticolo secondario di pianura”.

Nella fattispecie, sono state analizzate le tavole 201NO – Correggio che, nel caso del “reticolo naturale principale e secondario”, più diffusamente nel territorio di Correggio e nello specifico nella zona esaminata posta a settentrione dell’abitato non individuano elementi di pericolosità e di rischio. Per quanto concerne invece l’ambito territoriale in cui viene analizzato il “reticolo secondario di pianura”, rispetto alla mappa di pericolosità si evince che l’area in esame può essere interessata da alluvioni poco frequenti con una media probabilità nel tempo di ritorno tra i 100 ed i 200 anni (scenario di pericolosità P2 – M) mentre per quanto riguarda la mappa del rischio essa attualmente rientra nella classe di rischio R2 (medio).

Nel rispetto di quanto individuato in mappa, ci si dovrà pertanto attenere alle disposizioni specifiche riportate al punto 5.2 della normativa secondo le quali si dovrà garantire, anche a tutela della vita umana, misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle strutture nonché, nel rispetto dell’invarianza idraulica, interventi finalizzati a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e che siano atti a contribuire alla difesa idraulica del territorio.

Al punto 5.2 la normativa fornisce alcune direttive che dovranno essere rispettate, in particolare essa fa presente che il primo piano dovrà essere ad un’altezza utile sufficiente tale da limitare gli effetti di un eventuale allagamento e non si dovrà perciò possibilmente procedere all’esecuzione di piani anche solo parzialmente interrati.

In risposta, si è sottolineato che il futuro piano cortilivo dovrà essere tenuto almeno alla medesima quota di quello esistente, già più alto rispetto a quella dell’attuale piano campagna e di per stesso quindi meno esposto ad eventuali eventi che possano comportare un allagamento. In fase esecutiva, dovranno essere pertanto adottati tutti i criteri di sicurezza caldeggiati in normativa e si dovrà inoltre avere l’accortezza di verificare che tutte le acque di scarico vengano raccolte ed allontanate in direzione della rete drenante principale.

La normativa fa in tal senso presente che, in caso di allagamento, si dovrà favorire il rapido deflusso delle acque di esondazione; si dovrà pertanto aver cura di verificare la costante efficienza della rete scolante che convoglia le acque nel collettore principale.

In conformità con quanto previsto dalle normative vigenti, unitamente all'esecuzione delle citate indagini penetrometriche, necessarie per accertare le caratteristiche geomeccaniche del primo sottosuolo, per definire la categoria sismica del suolo, si è inoltre proceduto all'esecuzione di un sondaggio sismico a rifrazione tipo MASW. In base alla sua elaborazione, nei primi trenta metri (V_{s30}), è stata ottenuta una velocità di 215 m/sec che consente di assimilare il suolo di fondazione alla categoria C di azione sismica "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*" con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Secondo quanto riportato dalla Tav. 1.6 - NE "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica" prodotta dallo Studio Geologico CENTROGEO a corredo dello studio di microzonazione sismica del Comune di Correggio, l'area in esame ricade tra quelle che necessitano di analisi semplificata di 2° livello.

In tavola 3.1 – NE "Carta di microzonazione sismica livello 3 – Fa PGA" si evidenzia tuttavia che l'area in oggetto di studio è compresa in una microzona in cui risulta un Fattore di Amplificazione molto alto, pari a 2.1.

A supporto del presente studio, si è pertanto ritenuto opportuno procedere ad un'analisi semplificata di 2° livello ma altresì, per definire con precisione l'FA della zona in esame, ad un'analisi approfondita di 3° livello.

Preliminarmente, 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 al calcolo del valore dei parametri a_g , F_0 e T_c^* per la definizione dell'Azione Sismica locale semplificata. Riferiti all'area in

oggetto, al TR = 475 anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita, sono stati ottenuti i seguenti valori: $a_g = a_g/g = 1.518 / 9.81 = 0.155$; $F_o = 2.54$; $T_c^* = 0.27$.

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 l'analisi semplificata di 2° livello, per il sito in oggetto, in base al valore di Vs30 di 215 m/sec, si è ritenuto opportuno utilizzare i fattori di amplificazione che rientrano nel range dei 200 m/s; in base ad essi, sono stati desunti i seguenti fattori di amplificazione: PGA F.A. = 1.7; SI 1(0.1 - 0.5 sec) F.A. = 2.0; SI 2(0.5 - 1.0 sec) F.A. = 3.0; SI 3(0.5 - 1.5 sec) F.A. = 3.3.

Come in precedenza sottolineato, si è ritenuto necessario procedere ad una analisi approfondita di III livello. I risultati evidenziano che il fattore di amplificazione (FA) è pari a 1.620 mentre il fattore di amplificazione spettrale massima (F_o) 2.258, da cui deriva un a_{max} o PGA al sito pari a 0.246 g.

Sono stati ottenuti pertanto tre diversi fattori di amplificazione sismica, 1.47 con la Risposta sismica locale semplificata secondo le NTC2018, 1.7 con l'analisi semplificata di 2° livello e 1.62 con l'analisi approfondita di 3° livello; a favore della sicurezza, per il dimensionamento delle strutture, si dovrà pertanto adottare il valore di F_a di 1.7, da cui deriva al sito una $a_{max} = F_a \cdot a_g = 1.7 \cdot 0.152 = 0.258 \cdot g$.

In conformità con quanto richiesto dall'allegato A3 del DGR 2193/2015 e dal punto 7.11.3.4.2. delle NTC 2018, per la presenza di Magnitudo superiori a 5, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno. La verifica è stata effettuata applicando la metodologia di Robertson, che opera appunto utilizzando i risultati delle prove penetrometriche statiche.

Pur avendo le indagini penetrometriche accertato la presenza di livelli di limi sabbiosi e sabbie limose che si alternano ad argille con modeste caratteristiche geomeccaniche, è stato tuttavia appurato, con l'ausilio del programma LIQUITER della Ditta Geostru, che il primo sottosuolo presenta un rischio di liquefazione che varia da basso a molto basso.

Più precisamente, secondo Iwasaki, è stato rilevato un indice di potenziale di liquefazione (IPL) di 0.74 in CPT1 mentre risulta essere nullo in CPT2 e CPT3.

Sulla base dei parametri geomeccanici del terreno acquisiti con l'indagine 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.

Suddetti valori potranno poi essere utilizzati per il dimensionamento strutturale in conformità con quanto prescritto dal D.M. 17/01/2018.

In base alle risultanze delle prove penetrometriche, dovrà essere asportata la coltre superficiale, il preesistente suolo, ad elevata componente organica, sensibile a forme di consolidazione e ritiro. Le basi d'appoggio delle fondazioni dei nuovi edifici dovranno pertanto essere impostate a non meno di un metro rispetto alla quota dell'attuale piano cortilivo.

Si tenga poi ben presente che l'area su cui sono in progetto i fabbricati più distanti da via A. Ghidoni è attualmente occupata dalla vecchia scuola per l'infanzia che dovrà essere demolita; necessariamente le preesistenti fondazioni dovranno essere asportate e pertanto la quota della base d'appoggio delle nuove non potrà prescindere dalla loro profondità attuale che dovrà essere raggiunta e, se poco profonde, superata e spinta sino a quella minima di un metro in precedenza consigliata.

Nel rispetto di quanto in precedenza esposto e delle disposizioni delle leggi vigenti, siano esse nazionali che regionali (D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento 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 ai fini edilizi e si concede quindi parere geologico favorevole.



Scandiano, marzo 2019

ALLEGATI

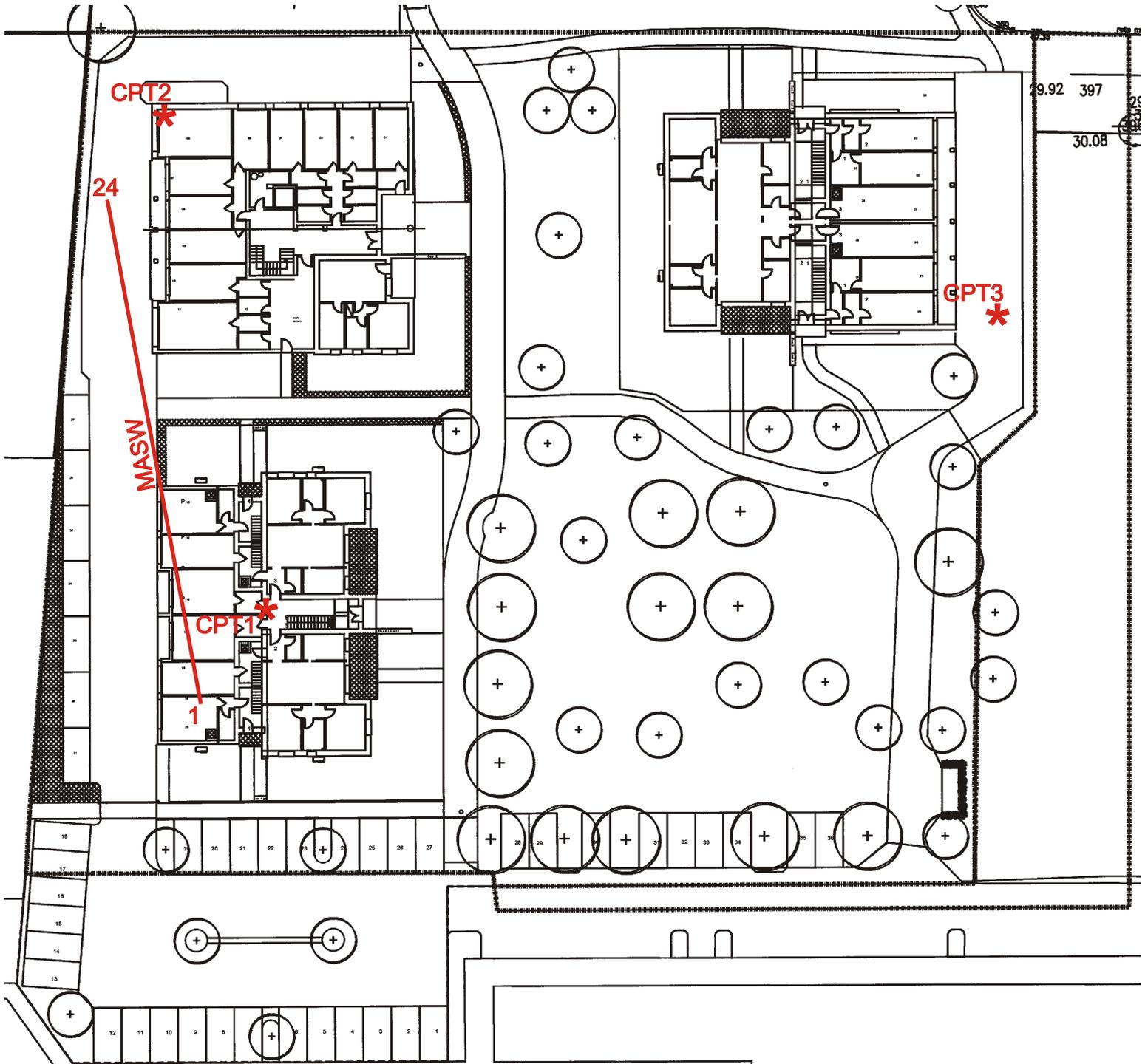


- A) UBICAZIONE INDAGINI**
- B) PROVE PENETROMETRICHE STATICHE**
(effettuate con penetrometro statico tipo GOUDA da 10 t)
- C) SISMICA A RIFRAZIONE PER
LA DETERMINAZIONE DEL V_{s30}**
(eseguita applicando il metodo MASW con sismografo
PASI 16SG24)
- D) RISPOSTA SISMICA LOCALE DI 3° LIVELLO**
(svolta con il programma RLS III della Ditta GEOSTRU)
- E) VERIFICA A LIQUEFAZIONE**
(eseguita con il programma Liquiter della Geostru)

UBICAZIONE INDAGINI

SCALA 1:500

* Penetrometrie statiche — Sismica a rifrazione tipo MASW



- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE -



DIAGRAMMI DI RESISTENZA

-

TABELLE E VALORI DI RESISTENZA

-

VALUTAZIONI LITOLOGICHE

-

PARAMETRI GEOTECNICI

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

PENETROMETRO STATICO tipo:

Caratteristiche:

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

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

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

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

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

- L. punta = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- L. totale = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

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

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

CONVERSIONI

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

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

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

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

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

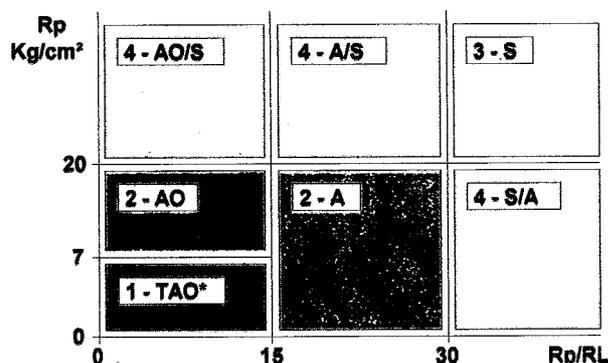
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

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

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

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



NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

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

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - R_p - natura]
 (Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - R_p]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
 (Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- E_u = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : E_u - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
 E_{u50} - E_{u25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - R_p]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
 (Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983)
- M_o = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : M_o - R_p - natura]
 (Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- D_r = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati)
 [correlazioni : D_r - R_p - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - D_r - R_p - σ'_{vo}]
 (Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
 ϕ'_{1s} - (Schmertmann) sabbia fine uniforme ϕ'_{2s} - sabbia media unif./ fine ben gradata
 ϕ'_{3s} - sabbia grossa unif./ media ben gradata ϕ'_{4s} - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.
 ϕ'_{dm} - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C. ϕ'_{my} - (Meyerhof) sabbie limose
- A_{max} = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
 (g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g) - D_r]

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto: $F = (R_p / R_L)$

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

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

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

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

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

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

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-059

- committente : ANDRIA Cooperativa di Abitanti S.c.r.l.
- lavoro : P.P. 157
- località : Via Ghidoni - Correggio (RE)
- note :

- data : 14/03/2019
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,40 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	12,0	----	24,0	0,27	90,0	10,20	8,5	15,0	17,0	1,07	16,0
0,40	18,0	20,0	36,0	0,13	270,0	10,40	8,0	16,0	16,0	0,87	18,0
0,60	7,0	8,0	14,0	1,33	10,0	10,60	7,5	14,0	15,0	0,93	16,0
0,80	5,0	15,0	10,0	1,00	10,0	10,80	8,0	15,0	16,0	1,00	16,0
1,00	5,5	13,0	11,0	0,80	14,0	11,00	8,5	16,0	17,0	0,87	20,0
1,20	6,0	12,0	12,0	0,87	14,0	11,20	8,5	15,0	17,0	0,93	18,0
1,40	4,0	10,5	8,0	0,80	10,0	11,40	11,0	18,0	22,0	0,73	30,0
1,60	3,5	9,5	7,0	0,40	17,0	11,60	9,0	14,5	18,0	0,93	19,0
1,80	4,0	7,0	8,0	0,33	24,0	11,80	10,0	17,0	20,0	1,40	14,0
2,00	4,0	6,5	8,0	0,53	15,0	12,00	10,5	21,0	21,0	1,40	15,0
2,20	4,5	8,5	9,0	0,40	22,0	12,20	12,5	23,0	25,0	1,53	16,0
2,40	5,0	8,0	10,0	0,40	25,0	12,40	15,0	26,5	30,0	1,73	17,0
2,60	6,0	9,0	12,0	0,33	36,0	12,60	17,0	30,0	34,0	1,93	18,0
2,80	3,5	6,0	7,0	0,27	26,0	12,80	16,5	31,0	33,0	2,13	15,0
3,00	5,0	7,0	10,0	0,53	19,0	13,00	17,0	33,0	34,0	2,00	17,0
3,20	7,0	11,0	14,0	0,53	26,0	13,20	20,0	35,0	40,0	2,13	19,0
3,40	7,0	11,0	14,0	0,53	26,0	13,40	20,0	36,0	40,0	2,20	18,0
3,60	7,0	11,0	14,0	0,53	26,0	13,60	17,5	34,0	35,0	2,20	16,0
3,80	8,0	12,0	16,0	0,67	24,0	13,80	15,0	31,5	30,0	1,20	25,0
4,00	8,0	13,0	16,0	0,67	24,0	14,00	13,0	22,0	26,0	1,33	19,0
4,20	8,0	13,0	16,0	0,47	34,0	14,20	15,0	25,0	30,0	1,33	22,0
4,40	7,0	10,5	14,0	0,47	30,0	14,40	14,0	24,0	28,0	1,60	17,0
4,60	8,5	12,0	17,0	0,53	32,0	14,60	13,0	25,0	26,0	1,87	14,0
4,80	7,0	11,0	14,0	0,53	26,0	14,80	14,0	28,0	28,0	1,67	17,0
5,00	7,0	11,0	14,0	0,73	19,0	15,00	15,5	28,0	31,0	2,00	16,0
5,20	6,5	12,0	13,0	0,60	22,0	15,20	13,5	28,5	27,0	1,40	19,0
5,40	5,5	10,0	11,0	0,53	21,0	15,40	11,5	22,0	23,0	1,33	17,0
5,60	6,0	10,0	12,0	0,47	26,0	15,60	9,0	19,0	18,0	1,20	15,0
5,80	5,5	9,0	11,0	0,53	21,0	15,80	9,0	18,0	18,0	1,00	18,0
6,00	4,0	8,0	8,0	0,73	11,0	16,00	10,5	18,0	21,0	1,20	17,0
6,20	4,5	10,0	9,0	0,53	17,0	16,20	16,0	25,0	32,0	2,07	15,0
6,40	5,0	9,0	10,0	0,60	17,0	16,40	14,5	30,0	29,0	1,87	16,0
6,60	5,0	9,5	10,0	0,53	19,0	16,60	12,0	26,0	24,0	1,47	16,0
6,80	6,0	10,0	12,0	0,67	18,0	16,80	8,0	19,0	16,0	0,93	17,0
7,00	5,0	10,0	10,0	0,53	19,0	17,00	13,0	20,0	26,0	1,60	16,0
7,20	6,0	10,0	12,0	0,67	18,0	17,20	12,0	24,0	24,0	3,07	8,0
7,40	3,0	8,0	6,0	0,33	18,0	17,40	23,0	46,0	46,0	0,53	86,0
7,60	3,5	6,0	7,0	0,27	26,0	17,60	18,0	22,0	36,0	1,33	27,0
7,80	6,0	8,0	12,0	0,53	22,0	17,80	21,0	31,0	42,0	0,40	105,0
8,00	4,0	8,0	8,0	0,53	15,0	18,00	16,0	19,0	32,0	0,80	40,0
8,20	4,5	8,5	9,0	0,53	17,0	18,20	12,0	18,0	24,0	0,67	36,0
8,40	7,0	11,0	14,0	0,93	15,0	18,40	45,0	50,0	90,0	0,87	104,0
8,60	5,0	12,0	10,0	0,67	15,0	18,60	24,0	30,5	48,0	0,13	360,0
8,80	5,0	10,0	10,0	0,47	21,0	18,80	12,0	13,0	24,0	1,20	20,0
9,00	4,5	8,0	9,0	0,73	12,0	19,00	31,0	40,0	62,0	0,33	186,0
9,20	4,0	9,5	8,0	0,20	40,0	19,20	22,5	25,0	45,0	0,33	135,0
9,40	4,0	5,5	8,0	0,33	24,0	19,40	4,5	7,0	9,0	0,40	22,0
9,60	3,0	5,5	6,0	0,33	18,0	19,60	17,0	20,0	34,0	0,40	85,0
9,80	4,5	7,0	9,0	0,40	22,0	19,80	32,0	35,0	64,0	0,93	69,0
10,00	7,0	10,0	14,0	0,87	16,0	20,00	34,0	41,0	68,0	----	----

- 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)

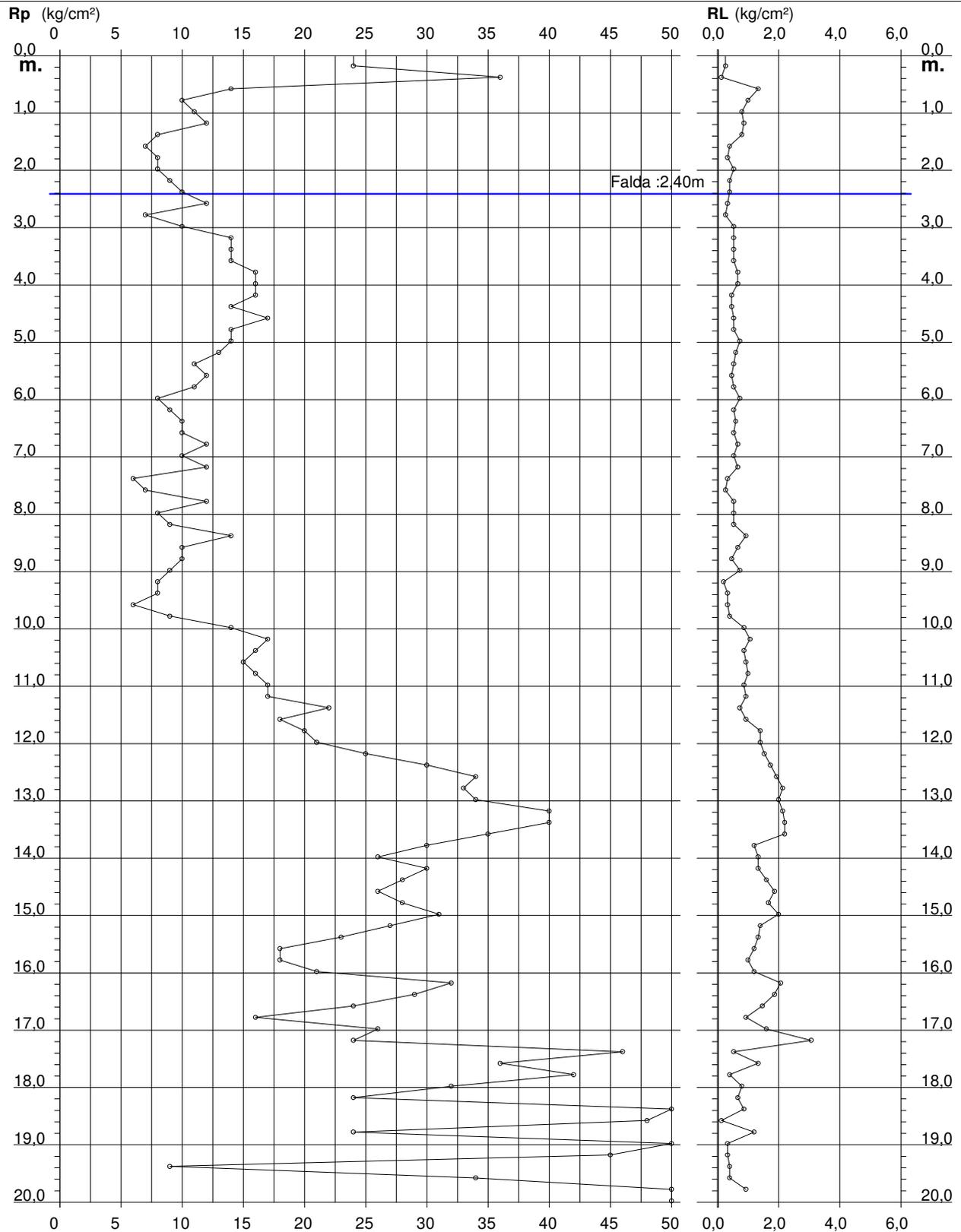
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-059

- committente : ANDRIA Cooperativa di Abitanti S.c.r.l.
- lavoro : P.P. 157
- località : Via Ghidoni - Correggio (RE)

- data : 14/03/2019
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,40 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



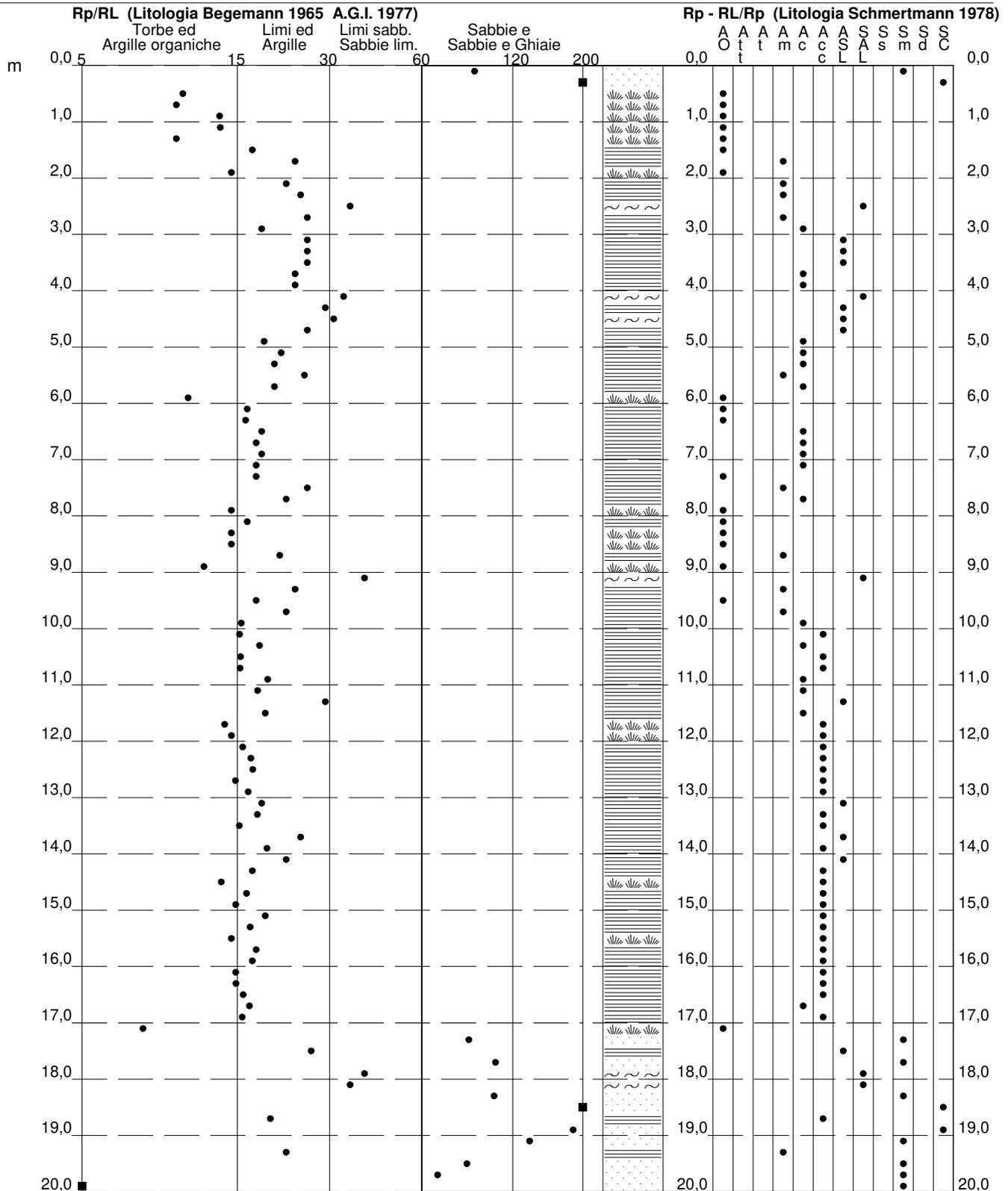
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

2.010496-059

- committente : ANDRIA Cooperativa di Abitanti S.c.r.l.
 - lavoro : P.P. 157
 - località : Via Ghidoni - Correggio (RE)
 - note :

- data : 14/03/2019
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 2,40 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.010496-059

- committente : ANDRIA Cooperativa di Abitanti S.c.r.l.
- lavoro : P.P. 157
- località : Via Ghidoni - Correggio (RE)
- note :

- data : 14/03/2019
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,40 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof. m	Rp kg/cm ²	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' t/m ³	p'vo kg/cm ²	Cu kg/cm ²	OCR (-)	NATURA COESIVA			NATURA GRANULARE										
								Eu50 kg/cm ²	Eu25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm ²	E'25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²
0,20	24	90	3:~:~:	1,85	0,04	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	28	0,258	40	60	72
0,40	36	270	3:~:~:	1,85	0,07	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	44	30	0,258	60	90	108
0,60	14	10	2:~:~:~	1,85	0,11	0,64	55,7	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	10	10	2:~:~:~	1,85	0,15	0,50	28,8	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	11	14	2:~:~:~	1,85	0,19	0,54	23,8	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	12	14	2:~:~:~	1,85	0,22	0,57	20,5	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	8	10	2:~:~:~	1,85	0,26	0,40	10,8	68	102	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	7	17	2:~:~:~	1,85	0,30	0,35	7,7	72	108	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	8	24	2:~:~:~	1,85	0,33	0,40	7,9	80	120	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	8	22	2:~:~:~	1,85	0,37	0,40	6,9	93	140	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	9	22	2:~:~:~	1,85	0,41	0,45	7,1	102	152	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	10	25	2:~:~:~	0,90	0,42	0,50	7,7	103	155	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	12	36	4:~:~:	0,88	0,44	0,57	8,6	105	157	45	19	31	34	36	40	30	26	0,036	20	30	36
2,80	7	26	2:~:~:~	0,84	0,46	0,35	4,5	128	192	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	10	19	2:~:~:~	0,90	0,48	0,50	6,7	122	183	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	14	26	2:~:~:~	0,94	0,50	0,64	8,6	118	176	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	14	26	2:~:~:~	0,94	0,51	0,64	8,2	123	184	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	14	26	2:~:~:~	0,94	0,53	0,64	7,8	129	193	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	16	24	2:~:~:~	0,96	0,55	0,70	8,4	132	197	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	16	24	2:~:~:~	0,96	0,57	0,70	8,0	137	206	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	16	34	4:~:~:	0,90	0,59	0,70	7,7	143	215	52	22	31	34	37	40	30	27	0,042	27	40	48
4,40	14	30	4:~:~:	0,89	0,61	0,64	6,6	155	233	48	17	30	33	36	39	29	26	0,032	23	35	42
4,60	17	32	4:~:~:	0,91	0,63	0,72	7,5	153	230	54	23	31	34	37	40	30	27	0,043	28	43	51
4,80	14	26	2:~:~:~	0,94	0,64	0,64	6,2	169	254	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	14	19	2:~:~:~	0,94	0,66	0,64	6,0	176	264	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	13	22	2:~:~:~	0,93	0,68	0,60	5,4	186	278	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	11	21	2:~:~:~	0,91	0,70	0,54	4,5	195	293	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	12	26	2:~:~:~	0,92	0,72	0,57	4,7	200	300	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	11	21	2:~:~:~	0,91	0,74	0,54	4,2	206	309	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	8	11	2:~:~:~	0,86	0,75	0,40	2,8	202	303	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	9	17	2:~:~:~	0,88	0,77	0,45	3,2	215	322	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	10	17	2:~:~:~	0,90	0,79	0,50	3,5	223	334	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	10	19	2:~:~:~	0,90	0,81	0,50	3,4	227	341	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	12	18	2:~:~:~	0,92	0,83	0,57	4,0	231	346	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	10	19	2:~:~:~	0,90	0,84	0,50	3,3	236	354	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	12	18	2:~:~:~	0,92	0,86	0,57	3,8	243	365	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	7	18	2:~:~:~	0,82	0,88	0,30	1,6	173	260	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	7	26	2:~:~:~	0,84	0,90	0,35	1,9	197	296	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	12	22	2:~:~:~	0,92	0,91	0,57	3,5	258	387	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	8	15	2:~:~:~	0,86	0,93	0,40	2,2	220	330	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	9	17	2:~:~:~	0,88	0,95	0,45	2,5	239	359	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	14	15	2:~:~:~	0,94	0,97	0,64	3,7	273	410	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,60	10	15	2:~:~:~	0,90	0,99	0,50	2,7	259	388	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	10	21	2:~:~:~	0,90	1,00	0,50	2,6	261	391	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	9	12	2:~:~:~	0,88	1,02	0,45	2,3	246	368	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	8	40	4:~:~:	0,84	1,04	0,40	1,9	226	339	35	--	28	31	35	38	25	26	--	13	20	24
9,40	8	24	2:~:~:~	0,86	1,06	0,40	1,9	227	340	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,60	6	18	2:~:~:~	0,82	1,07	0,30	1,3	177	266	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	9	22	2:~:~:~	0,88	1,09	0,45	2,1	250	375	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,00	14	16	2:~:~:~	0,94	1,11	0,64	3,1	307	460	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,20	17	16	2:~:~:~	0,97	1,13	0,72	3,6	318	478	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,40	16	18	2:~:~:~	0,96	1,15	0,70	3,4	322	483	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,60	15	16	2:~:~:~	0,95	1,17	0,67	3,1	322	483	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,80	16	16	2:~:~:~	0,96	1,18	0,70	3,2	337	495	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,00	17	20	2:~:~:~	0,97	1,20	0,72	3,3	330	506	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,20	17	18	2:~:~:~	0,97	1,22	0,72	3,3	349	512	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,40	22	30	4:~:~:	0,93	1,24	0,85	3,9	349	523	66	15	30	33	36	39	27	28	0,028	37	55	66
11,60	18	19	2:~:~:~	0,98	1,26	0,75	3,3	353	529	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,80	20	14	4:~:~:	0,93	1,28	0,80	3,5	367	541	60	11	29	33	36	39	27	27	0,022	33	50	60
12,00	21	15	4:~:~:	0,93	1,30	0,82	3,6	367	550	63	12	30	33	36	39	27	27	0,024	35	53	63
12,20	25	16	4:~:~:	0,94	1,32	0,91	3,9	369	553	75	18	30	33	36	39	28	28	0,034	42	63	75
12,40	30	17	4:~:~:	0,96	1,34	1,03	4,4	373	560	90	24	31	34	37	40	29	28	0,045	50	75	90
12,60	34	18	4:~:~:	0,98	1,36	1,10	5,0	374	561	102	27	32	35	37	40	29	29	0,053	57	85	102
12,80	33	15	4:~:~:	0,97	1,38	1,10	4,7	382	573	109	26	32	34	37	40	29	29	0,050	55	83	96
13,00	34	17	4:~:~:	0,98	1,41	1,13	4,8	387	580	122	27	32	34	37	40	29	29	0,051	57	85	102
13,20	40	19	4:~:~:	1,00	1,42	1,33	5,7	378	567	120	32	32	35	38	41	30	30	0,061	67	100	120
13,40	35	16	4:~:~:	1,00	1,44	1,17	4,8	385	578	120	32	32	35	38	41	30	30	0,061	67	100	120
13,60	35	25	4:~:~:	0,98	1,46	1,10	4,9	404	606	105	21	32	34	37	40	29	29	0,051	58	88	105
13,80	30	25	4:~:~:	0,96	1,47	1,00	3,9	414	621	90	21	31	34	37	40	29	29	0,040	50	75	90
14,00	26	19	4:~:~:	0,95	1,49	0,93	3,5	421	631	78	16	30	33	36	39	27	28	0,031	43	65	78
14,20	30	22	4:~:~:	0,96	1,51	1,00	3,7	427	640	90	21	31	34	37	40	29	29	0,039	50	75	90
14,40	28	17	4:~:~:	0,96	1,53	0,97	3,5	432	648	84	18	30	33	36	39	27	28	0,034	47	70	84
14,60	26	14	4:~:~:																		

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-059

- committente : ANDRIA Cooperativa di Abitanti S.c.r.l.
- lavoro : P.P. 157
- località : Via Ghidoni - Correggio (RE)
- note :

- data : 14/03/2019
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,50 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	18,0	----	36,0	0,13	270,0	10,20	6,0	10,0	12,0	0,47	26,0
0,40	18,0	19,0	36,0	2,07	17,0	10,40	6,0	9,5	12,0	0,73	16,0
0,60	10,5	26,0	21,0	1,93	11,0	10,60	8,0	13,5	16,0	0,73	22,0
0,80	7,5	22,0	15,0	1,33	11,0	10,80	8,0	13,5	16,0	1,07	15,0
1,00	7,0	17,0	14,0	0,93	15,0	11,00	9,0	17,0	18,0	1,00	18,0
1,20	5,0	12,0	10,0	0,47	21,0	11,20	8,5	16,0	17,0	1,27	13,0
1,40	5,0	8,5	10,0	0,33	30,0	11,40	10,5	20,0	21,0	1,33	16,0
1,60	4,5	7,0	9,0	0,27	34,0	11,60	12,0	22,0	24,0	1,47	16,0
1,80	5,0	7,0	10,0	0,47	21,0	11,80	11,0	22,0	22,0	1,33	16,0
2,00	4,5	8,0	9,0	0,33	27,0	12,00	13,0	23,0	26,0	1,47	18,0
2,20	6,5	9,0	13,0	0,53	24,0	12,20	17,0	28,0	34,0	1,87	18,0
2,40	4,0	8,0	8,0	0,33	24,0	12,40	14,5	28,5	29,0	1,67	17,0
2,60	5,5	8,0	11,0	0,40	27,0	12,60	16,0	28,5	32,0	1,87	17,0
2,80	6,0	9,0	12,0	0,40	30,0	12,80	16,0	30,0	32,0	1,53	21,0
3,00	7,0	10,0	14,0	0,60	23,0	13,00	18,5	30,0	37,0	2,07	18,0
3,20	6,0	10,5	12,0	0,73	16,0	13,20	16,5	32,0	33,0	1,87	18,0
3,40	7,0	12,5	14,0	0,67	21,0	13,40	13,0	27,0	26,0	1,13	23,0
3,60	8,0	13,0	16,0	0,80	20,0	13,60	11,5	20,0	23,0	1,73	13,0
3,80	8,0	14,0	16,0	0,80	20,0	13,80	11,0	24,0	22,0	1,60	14,0
4,00	8,0	14,0	16,0	1,00	16,0	14,00	18,0	30,0	36,0	1,80	20,0
4,20	7,5	15,0	15,0	1,33	11,0	14,20	16,0	29,5	32,0	2,27	14,0
4,40	10,0	20,0	20,0	0,93	21,0	14,40	14,0	31,0	28,0	1,60	17,0
4,60	5,0	12,0	10,0	0,67	15,0	14,60	18,0	30,0	36,0	2,00	18,0
4,80	5,0	10,0	10,0	0,67	15,0	14,80	10,0	25,0	20,0	1,27	16,0
5,00	6,0	11,0	12,0	0,67	18,0	15,00	8,0	17,5	16,0	0,93	17,0
5,20	7,0	12,0	14,0	0,53	26,0	15,20	9,0	16,0	18,0	0,73	25,0
5,40	5,0	9,0	10,0	0,53	19,0	15,40	12,5	18,0	25,0	1,27	20,0
5,60	4,0	8,0	8,0	0,53	15,0	15,60	11,0	20,5	22,0	0,93	24,0
5,80	4,0	8,0	8,0	0,53	15,0	15,80	9,0	16,0	18,0	1,07	17,0
6,00	3,0	7,0	6,0	0,67	9,0	16,00	12,0	20,0	24,0	1,07	22,0
6,20	6,0	11,0	12,0	0,67	18,0	16,20	16,0	24,0	32,0	1,07	30,0
6,40	5,0	10,0	10,0	0,60	17,0	16,40	15,0	23,0	30,0	0,87	35,0
6,60	5,0	9,5	10,0	0,47	21,0	16,60	16,5	23,0	33,0	1,60	21,0
6,80	5,5	9,0	11,0	0,67	16,0	16,80	12,0	24,0	24,0	0,67	36,0
7,00	5,0	10,0	10,0	0,60	17,0	17,00	21,0	26,0	42,0	3,73	11,0
7,20	4,5	9,0	9,0	0,47	19,0	17,20	27,0	55,0	54,0	2,80	19,0
7,40	3,5	7,0	7,0	0,40	17,0	17,40	29,0	50,0	58,0	0,67	87,0
7,60	4,0	7,0	8,0	0,60	13,0	17,60	45,0	50,0	90,0	0,13	675,0
7,80	3,5	8,0	7,0	0,33	21,0	17,80	18,0	19,0	36,0	0,80	45,0
8,00	6,0	8,5	12,0	0,73	16,0	18,00	25,0	31,0	50,0	0,13	375,0
8,20	8,5	14,0	17,0	0,93	18,0	18,20	15,0	16,0	30,0	1,47	20,0
8,40	6,0	13,0	12,0	0,80	15,0	18,40	23,0	34,0	46,0	1,73	27,0
8,60	5,0	11,0	10,0	0,67	15,0	18,60	27,0	40,0	54,0	0,40	135,0
8,80	5,0	10,0	10,0	0,67	15,0	18,80	35,0	38,0	70,0	0,67	105,0
9,00	5,0	10,0	10,0	0,60	17,0	19,00	55,0	60,0	110,0	0,67	165,0
9,20	6,5	11,0	13,0	0,87	15,0	19,20	45,0	50,0	90,0	0,67	135,0
9,40	8,5	15,0	17,0	0,33	51,0	19,40	90,0	95,0	180,0	0,67	270,0
9,60	10,5	13,0	21,0	0,40	52,0	19,60	50,0	55,0	100,0	3,07	33,0
9,80	5,0	8,0	10,0	0,33	30,0	19,80	27,0	50,0	54,0	0,93	58,0
10,00	6,0	8,5	12,0	0,53	22,0	20,00	32,0	39,0	64,0	----	----

- 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)

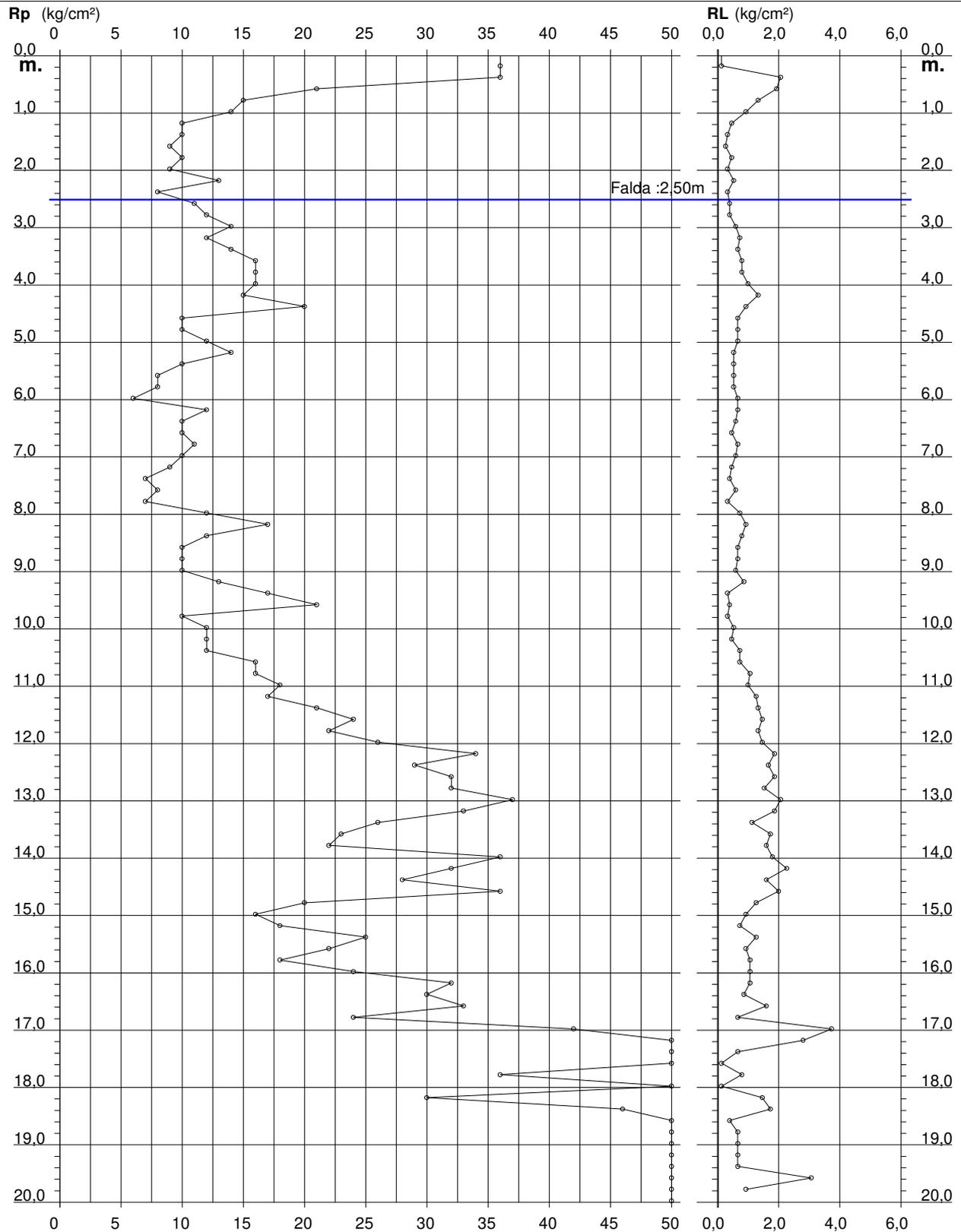
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-059

- committente : ANDRIA Cooperativa di Abitanti S.c.r.l.
- lavoro : P.P. 157
- località : Via Ghidoni - Correggio (RE)

- data : 14/03/2019
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,50 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



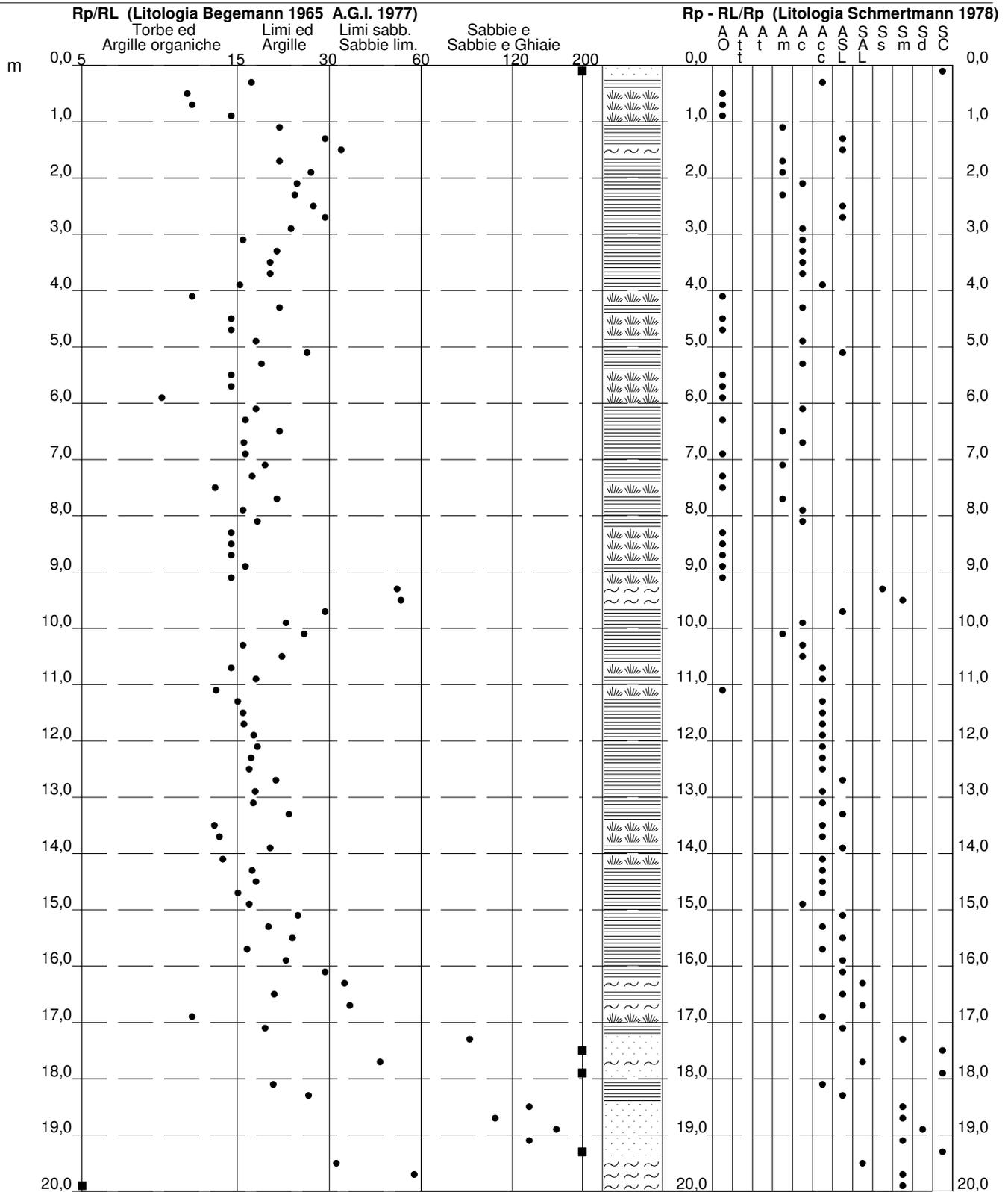
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

2.010496-059

- committente : ANDRIA Cooperativa di Abitanti S.c.r.l.
 - lavoro : P.P. 157
 - località : Via Ghidoni - Correggio (RE)
 - note :

- data : 14/03/2019
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 2,50 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 2

2.010496-059

- committente : ANDRIA Cooperativa di Abitanti S.c.r.l.
- lavoro : P.P. 157
- località : Via Ghidoni - Correggio (RE)
- note :

- data : 14/03/2019
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,50 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	36	270	3:...	1,85	0,04	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	30	0,258	60	90	108
0,40	36	17	4:./.	1,85	0,07	1,20	99,9	204	306	108	100	42	43	45	46	44	30	0,258	60	90	108
0,60	21	11	4:./.	1,85	0,11	0,82	76,9	140	210	63	72	38	40	42	44	40	27	0,165	35	53	63
0,80	15	11	2:////	1,85	0,15	0,67	41,2	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	14	15	2:////	1,85	0,19	0,64	29,4	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	10	21	2:////	1,85	0,22	0,50	17,3	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	10	30	4:./.	1,85	0,26	0,50	14,3	85	128	40	26	32	34	37	40	32	26	0,049	17	25	30
1,60	9	34	4:./.	1,85	0,30	0,45	10,6	77	115	38	19	31	34	36	40	30	26	0,036	15	23	27
1,80	10	21	2:////	1,85	0,33	0,50	10,4	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	9	27	2:////	1,85	0,37	0,45	8,0	89	133	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	13	24	2:////	1,85	0,41	0,60	10,3	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	8	24	2:////	1,85	0,44	0,40	5,5	120	180	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	11	27	2:////	0,91	0,46	0,54	7,6	113	169	42	17	30	33	36	39	29	26	0,033	20	30	36
2,80	12	30	4:./.	0,88	0,48	0,57	7,8	116	174	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	14	23	2:////	0,94	0,50	0,64	8,5	118	177	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	12	16	2:////	0,92	0,52	0,57	7,1	129	193	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	14	21	2:////	0,94	0,54	0,64	7,8	130	194	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	16	20	2:////	0,96	0,55	0,70	8,3	132	198	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	16	20	2:////	0,96	0,57	0,70	8,0	138	207	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	16	16	2:////	0,96	0,59	0,70	7,7	144	216	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	15	11	2:////	0,95	0,61	0,67	7,0	154	231	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	20	21	4:./.	0,93	0,63	0,80	8,4	150	225	60	28	32	35	37	40	31	27	0,053	33	50	60
4,60	10	15	2:////	0,90	0,65	0,50	4,5	181	271	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	10	15	2:////	0,90	0,67	0,50	4,4	186	279	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	12	18	2:////	0,92	0,69	0,57	5,0	189	284	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	14	26	2:////	0,94	0,70	0,64	5,5	190	286	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	10	19	2:////	0,90	0,72	0,50	4,0	202	303	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	8	15	2:////	0,86	0,74	0,40	2,9	200	300	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	8	15	2:////	0,86	0,76	0,40	2,8	203	304	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	6	9	1:***	0,46	0,77	0,30	1,9	36	54	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	12	18	2:////	0,92	0,78	0,57	4,2	219	328	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	10	17	2:////	0,90	0,80	0,50	3,5	226	339	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	10	21	2:////	0,90	0,82	0,50	3,4	230	346	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	11	16	2:////	0,91	0,84	0,54	3,6	237	355	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	10	17	2:////	0,90	0,86	0,50	3,2	238	357	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	9	19	2:////	0,88	0,87	0,45	2,7	231	346	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	7	17	2:////	0,84	0,89	0,35	2,0	197	295	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	8	13	2:////	0,86	0,91	0,40	2,3	218	327	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	7	21	2:////	0,84	0,92	0,35	1,9	198	298	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	12	16	2:////	0,92	0,94	0,57	3,4	265	397	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	17	18	2:////	0,97	0,96	0,72	4,4	269	403	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	12	15	2:////	0,92	0,98	0,57	3,2	273	409	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,60	10	15	2:////	0,90	1,00	0,50	2,6	260	390	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	10	15	2:////	0,90	1,02	0,50	2,6	262	393	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	10	17	2:////	0,90	1,03	0,50	2,5	264	396	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	13	15	2:////	0,93	1,05	0,60	3,1	292	437	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	17	51	4:./.	0,91	1,07	0,72	3,8	301	452	54	9	29	32	35	39	27	27	0,019	28	43	51
9,60	21	52	3:...	0,85	1,09	--	--	--	--	--	16	30	33	36	39	28	27	0,031	35	53	63
9,80	10	30	4:./.	0,86	1,11	0,50	2,3	271	406	40	--	28	31	35	38	25	26	--	17	25	30
10,00	12	22	2:////	0,92	1,12	0,57	2,7	295	443	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,20	12	26	2:////	0,92	1,14	0,57	2,6	297	446	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,40	12	16	2:////	0,92	1,16	0,57	2,6	299	449	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,60	16	22	2:////	0,96	1,18	0,70	3,2	329	494	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,80	16	15	2:////	0,96	1,20	0,70	3,2	333	500	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,00	18	18	2:////	0,98	1,22	0,75	3,4	343	514	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,20	17	13	2:////	0,97	1,24	0,72	3,2	345	517	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,40	21	16	4:./.	0,93	1,26	0,82	3,7	355	532	63	13	30	33	36	39	27	27	0,025	35	53	63
11,60	24	16	4:./.	0,94	1,28	0,89	4,0	356	534	72	17	30	33	36	39	28	28	0,033	40	60	72
11,80	22	16	4:./.	0,93	1,29	0,85	3,7	365	548	66	14	30	33	36	39	27	28	0,027	37	55	66
12,00	26	18	4:./.	0,95	1,31	0,93	4,1	367	550	70	19	31	34	36	40	29	28	0,053	47	65	78
12,20	34	18	4:./.	0,98	1,33	1,13	5,1	368	550	102	22	32	35	37	40	29	29	0,053	47	65	102
12,40	29	17	4:./.	0,96	1,35	0,98	4,2	378	566	87	22	31	34	37	40	29	29	0,042	48	73	87
12,60	32	17	4:./.	0,97	1,37	1,07	4,5	382	573	96	25	32	34	37	40	29	29	0,048	53	80	96
12,80	32	21	4:./.	0,97	1,39	1,07	4,5	385	582	96	25	31	34	37	40	29	29	0,047	53	80	96
13,00	37	18	4:./.	0,99	1,41	1,23	5,3	385	578	111	29	32	35	37	40	29	30	0,057	62	93	111
13,20	33	18	4:./.	0,97	1,43	1,10	4,5	399	598	99	25	32	34	37	40	29	30	0,048	55	83	99
13,40	26	23	4:./.	0,95	1,45	0,93	3,6	409	614	78	17	30	33	36	39	27	28	0,032	43	65	78
13,60	23	13	4:./.	0,94	1,47	0,87	3,3	410	615	68	12	30	33	36	39	27	28	0,024	38	58	68
13,80	22	14	4:./.	0,93	1,49	0,85	3,1	410	615	68	10	29	32	34	37	26	28	0,021	37	58	68
14,00	36	20	4:./.	0,99	1,51	1,20	4,7	419	628	108	27	32	34	37	40	29	30	0,051	60	90	108
14,20	32	14	4:./.	0,97	1,53	1,07	4,0	426	638	96	23	31	34	37	40	29	29	0,043	47	70	96
14,40	28	17	4:./.	0,96	1,54	0,97	3,5	435	653	84	18	30	33	36	39	27	28	0,034	47	70	84
14,60	36	18	4:./.	0,99	1,56	1,20	4,7	436	654	108	26	32	34	37	40	29	30	0,050	60	90	108
14,80	20	16	4:./.	0,93	1,58	0,80	2,7	414	621												

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 3

2.010496-059

- committente : ANDRIA Cooperativa di Abitanti S.c.r.l.
- lavoro : P.P. 157
- località : Via Ghidoni - Correggio (RE)
- note :

- data : 14/03/2019
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,50 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	25,0	----	50,0	0,07	750,0	10,20	8,5	15,0	17,0	0,93	18,0
0,40	8,0	8,5	16,0	0,87	18,0	10,40	9,0	16,0	18,0	1,20	15,0
0,60	6,5	13,0	13,0	0,73	18,0	10,60	9,0	18,0	18,0	1,13	16,0
0,80	5,5	11,0	11,0	0,87	13,0	10,80	10,5	19,0	21,0	1,27	17,0
1,00	5,5	12,0	11,0	0,87	13,0	11,00	9,5	19,0	19,0	1,20	16,0
1,20	11,5	18,0	23,0	0,93	25,0	11,20	13,0	22,0	26,0	1,47	18,0
1,40	12,5	19,5	25,0	1,07	23,0	11,40	8,0	19,0	16,0	1,13	14,0
1,60	15,0	23,0	30,0	1,53	20,0	11,60	8,5	17,0	17,0	0,80	21,0
1,80	12,0	23,5	24,0	1,20	20,0	11,80	12,0	18,0	24,0	1,67	14,0
2,00	8,0	17,0	16,0	1,00	16,0	12,00	12,5	25,0	25,0	1,87	13,0
2,20	5,5	13,0	11,0	0,53	21,0	12,20	16,0	30,0	32,0	1,40	23,0
2,40	4,0	8,0	8,0	0,40	20,0	12,40	17,5	28,0	35,0	2,13	16,0
2,60	5,0	8,0	10,0	0,40	25,0	12,60	12,0	28,0	24,0	1,60	15,0
2,80	5,0	8,0	10,0	0,33	30,0	12,80	15,0	27,0	30,0	2,00	15,0
3,00	5,0	7,5	10,0	0,53	19,0	13,00	16,0	31,0	32,0	1,93	17,0
3,20	6,5	10,5	13,0	0,53	24,0	13,20	14,0	28,5	28,0	1,67	17,0
3,40	6,0	10,0	12,0	0,53	22,0	13,40	13,0	25,5	26,0	1,40	19,0
3,60	4,0	8,0	8,0	0,40	20,0	13,60	9,5	20,0	19,0	0,80	24,0
3,80	6,0	9,0	12,0	0,40	30,0	13,80	11,0	17,0	22,0	0,93	24,0
4,00	5,0	8,0	10,0	0,60	17,0	14,00	9,0	16,0	18,0	1,13	16,0
4,20	5,5	10,0	11,0	0,33	33,0	14,20	11,5	20,0	23,0	0,93	25,0
4,40	5,5	8,0	11,0	0,53	21,0	14,40	14,0	21,0	28,0	1,47	19,0
4,60	4,0	8,0	8,0	0,47	17,0	14,60	12,5	23,5	25,0	1,60	16,0
4,80	5,0	8,5	10,0	0,60	17,0	14,80	11,5	23,5	23,0	1,20	19,0
5,00	5,0	9,5	10,0	0,80	12,0	15,00	14,0	23,0	28,0	1,80	16,0
5,20	5,0	11,0	10,0	0,67	15,0	15,20	11,5	25,0	23,0	1,27	18,0
5,40	6,0	11,0	12,0	0,67	18,0	15,40	7,5	17,0	15,0	0,80	19,0
5,60	6,0	11,0	12,0	0,60	20,0	15,60	5,0	11,0	10,0	0,53	19,0
5,80	5,0	9,5	10,0	0,60	17,0	15,80	11,0	15,0	22,0	0,93	24,0
6,00	3,5	8,0	7,0	0,53	13,0	16,00	14,0	21,0	28,0	1,33	21,0
6,20	5,0	9,0	10,0	0,53	19,0	16,20	15,5	25,5	31,0	1,47	21,0
6,40	7,0	11,0	14,0	0,80	17,0	16,40	10,0	21,0	20,0	0,53	37,0
6,60	5,0	11,0	10,0	0,67	15,0	16,60	11,0	15,0	22,0	1,27	17,0
6,80	5,0	10,0	10,0	0,53	19,0	16,80	9,5	19,0	19,0	0,93	20,0
7,00	4,0	8,0	8,0	0,53	15,0	17,00	9,5	16,5	19,0	1,07	18,0
7,20	5,0	9,0	10,0	0,47	21,0	17,20	10,0	18,0	20,0	0,93	21,0
7,40	6,5	10,0	13,0	0,60	22,0	17,40	11,0	18,0	22,0	0,80	27,0
7,60	6,0	10,5	12,0	0,53	22,0	17,60	10,0	16,0	20,0	0,93	21,0
7,80	5,0	9,0	10,0	0,47	21,0	17,80	14,0	21,0	28,0	1,13	25,0
8,00	4,5	8,0	9,0	0,53	17,0	18,00	18,5	27,0	37,0	1,33	28,0
8,20	7,0	11,0	14,0	0,67	21,0	18,20	19,0	29,0	38,0	1,07	36,0
8,40	7,0	12,0	14,0	0,67	21,0	18,40	20,0	28,0	40,0	0,40	100,0
8,60	4,5	9,5	9,0	0,53	17,0	18,60	20,0	23,0	40,0	1,73	23,0
8,80	4,0	8,0	8,0	0,40	20,0	18,80	13,0	26,0	26,0	0,93	28,0
9,00	11,0	14,0	22,0	0,20	110,0	19,00	24,0	31,0	48,0	0,87	55,0
9,20	10,5	12,0	21,0	0,80	26,0	19,20	21,0	27,5	42,0	0,80	52,0
9,40	7,0	13,0	14,0	0,67	21,0	19,40	17,0	23,0	34,0	0,73	46,0
9,60	6,0	11,0	12,0	0,40	30,0	19,60	16,5	22,0	33,0	0,73	45,0
9,80	6,0	9,0	12,0	0,53	22,0	19,80	9,5	15,0	19,0	0,40	47,0
10,00	7,5	11,5	15,0	0,87	17,0	20,00	14,0	17,0	28,0	----	----

- 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)

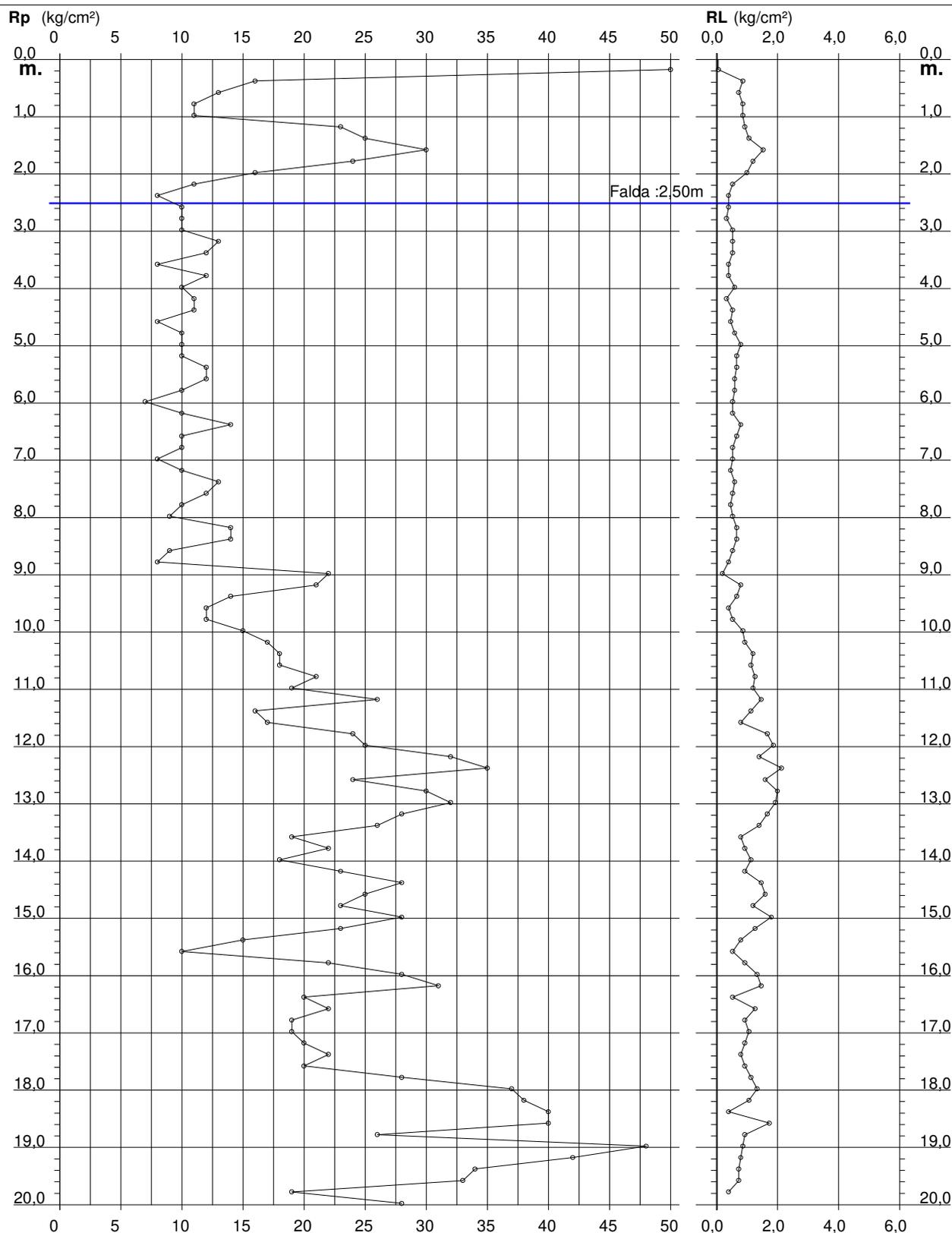
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 3

2.010496-059

- committente : ANDRIA Cooperativa di Abitanti S.c.r.l.
- lavoro : P.P. 157
- località : Via Ghidoni - Correggio (RE)

- data : 14/03/2019
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,50 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 3

2.010496-059

- committente : ANDRIA Cooperativa di Abitanti S.c.r.l.
- lavoro : P.P. 157
- località : Via Ghidoni - Correggio (RE)
- note :

- data : 14/03/2019
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,50 m da quota inizio
- pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	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	50	750	3:...	1,85	0,04	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	31	0,258	83	125	150
0.40	16	18	2:////	1,85	0,07	0,70	99,9	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	13	18	2:////	1,85	0,11	0,60	52,2	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.80	11	13	2:////	1,85	0,15	0,54	31,4	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.00	11	13	2:////	1,85	0,19	0,54	23,8	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.20	23	25	4:/:	1,85	0,22	0,87	34,5	148	221	69	58	36	38	40	43	37	28	0,126	38	58	69
1.40	25	23	4:/:	1,85	0,26	0,91	30,2	155	232	75	57	36	38	40	43	37	28	0,123	42	63	75
1.60	30	20	4:/:	1,85	0,30	1,00	28,8	170	255	90	60	36	38	41	43	37	29	0,131	50	75	90
1.80	24	20	4:/:	1,85	0,33	0,89	21,4	151	227	72	50	35	37	40	42	35	28	0,103	40	60	72
2.00	16	16	2:////	1,85	0,37	0,70	13,8	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.20	11	21	2:////	1,85	0,41	0,54	8,9	96	145	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.40	8	20	2:////	1,85	0,44	0,40	5,5	120	180	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.60	10	25	2:////	0,90	0,46	0,50	6,9	116	175	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.80	10	30	4:/:	0,86	0,48	0,50	6,6	123	184	40	11	30	33	36	39	28	26	0,022	17	25	30
3.00	10	19	2:////	0,90	0,50	0,50	6,3	129	194	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.20	13	24	2:////	0,93	0,52	0,60	7,7	125	188	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.40	12	22	2:////	0,92	0,53	0,57	6,8	135	203	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.60	8	20	2:////	0,86	0,55	0,40	4,2	154	231	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.80	12	30	4:/:	0,88	0,57	0,57	6,3	148	222	45	13	30	33	36	39	28	26	0,025	20	30	36
4.00	10	17	2:////	0,90	0,59	0,50	5,1	161	242	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.20	11	33	4:/:	0,87	0,60	0,54	5,4	164	247	42	8	29	32	35	39	27	26	0,018	18	28	33
4.40	11	21	2:////	0,91	0,62	0,54	5,2	171	256	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.60	8	17	2:////	0,86	0,64	0,40	3,5	180	271	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.80	10	17	2:////	0,90	0,66	0,50	4,5	184	275	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.00	10	12	2:////	0,90	0,68	0,50	4,3	189	283	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.20	10	15	2:////	0,90	0,69	0,50	4,2	194	291	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.40	12	18	2:////	0,92	0,71	0,57	4,8	198	297	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.60	12	20	2:////	0,92	0,73	0,57	4,6	203	305	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.80	10	17	2:////	0,90	0,75	0,50	3,8	211	316	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.00	7	13	1:***	0,46	0,76	0,35	2,4	40	60	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.20	10	19	2:////	0,90	0,78	0,50	3,6	219	329	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.40	14	17	2:////	0,94	0,79	0,64	4,8	221	331	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.60	10	15	2:////	0,90	0,81	0,50	3,4	229	343	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.80	10	19	2:////	0,90	0,83	0,50	3,3	233	349	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.00	8	15	2:////	0,86	0,85	0,40	2,5	213	320	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.20	10	21	2:////	0,90	0,87	0,50	3,2	240	360	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.40	13	22	2:////	0,93	0,88	0,60	3,9	248	372	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.60	12	22	2:////	0,92	0,90	0,57	3,5	255	382	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.80	10	21	2:////	0,90	0,92	0,50	2,9	250	374	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.00	9	17	2:////	0,88	0,94	0,45	2,5	238	357	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.20	14	21	2:////	0,94	0,96	0,64	3,8	270	405	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.40	14	21	2:////	0,94	0,98	0,64	3,7	275	413	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.60	8	17	2:////	0,88	0,99	0,45	2,3	243	365	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.80	8	20	2:////	0,86	1,01	0,40	2,0	225	337	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.00	22	110	3:...	0,86	1,03	--	--	--	--	--	19	31	34	36	40	28	28	0,037	37	55	66
9.20	21	26	4:/:	0,93	1,05	0,82	4,7	291	437	63	17	30	33	36	39	28	27	0,033	35	53	63
9.40	14	21	2:////	0,94	1,07	0,64	4,7	298	447	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.60	12	30	4:/:	0,88	1,08	0,57	2,8	290	435	45	--	28	31	35	38	25	26	--	20	30	36
9.80	12	22	2:////	0,92	1,10	0,57	2,8	292	438	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.00	15	17	2:////	0,95	1,12	0,67	3,3	313	470	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.20	17	18	2:////	0,97	1,14	0,72	3,6	327	482	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.40	18	15	2:////	0,98	1,16	0,75	3,6	327	482	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.60	18	16	2:////	0,98	1,18	0,75	3,6	333	499	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.80	21	17	4:/:	0,93	1,20	0,82	3,9	335	503	63	14	30	33	36	39	27	27	0,027	35	53	63
11.00	19	16	2:////	0,99	1,22	0,78	3,6	344	515	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.20	26	18	4:/:	0,95	1,24	0,93	4,4	345	518	78	21	31	34	37	40	28	28	0,039	43	65	78
11.40	16	14	2:////	0,96	1,26	0,70	3,0	343	515	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.60	17	21	2:////	0,97	1,27	0,72	3,1	351	527	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.80	24	14	4:/:	0,94	1,29	0,89	3,9	367	543	72	17	30	33	36	39	28	28	0,032	40	60	72
12.00	25	13	4:/:	0,94	1,31	0,91	4,0	367	550	75	18	30	33	36	39	28	28	0,034	42	63	75
12.20	32	23	4:/:	0,97	1,33	1,07	4,8	370	555	96	26	32	34	37	40	29	29	0,049	53	80	96
12.40	35	16	4:/:	0,98	1,35	1,17	5,2	370	555	105	29	32	35	37	40	29	29	0,055	58	88	105
12.60	24	15	4:/:	0,94	1,35	0,89	3,7	387	580	72	15	30	33	36	39	27	28	0,029	40	60	72
12.80	30	15	4:/:	0,96	1,39	1,00	4,2	388	580	96	24	31	34	37	40	28	28	0,043	50	75	90
13.00	32	17	4:/:	0,97	1,41	1,07	4,4	393	590	96	24	31	34	37	40	29	29	0,047	53	80	96
13.20	28	17	4:/:	0,96	1,43	0,97	3,8	401	602	84	20	31	34	36	40	28	28	0,037	47	70	84
13.40	26	19	4:/:	0,95	1,47	0,78	2,8	408	613	78	17	30	33	36	39	27	28	0,032	43	65	78
13.60	22	24	2:////	0,93	1,49	0,85	3,1	393	589	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13.80	22	24	2:////	0,93	1,49	0,85	3,1	410	615	66	10	29	32	36	39	26	28	0,021	37	55	66
14.00	18	16	2:////	0,98	1,50	0,75	2,6	391	586	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14.20	23	25	4:/:	0,94	1,52	0,87	3,1	421	631	69	11	30	33	36	39	26	28	0,022	38	58	69
14.40	28	19	4:/:	0,96	1,54	0,97	3,5	421	631	84	18	30	33	36	39	27	28	0,034	47	70	84
14.60	25	16	4:/:	0,94	1,56	0,91	3,2	434	651	75	10	29	32	36	39	27	28	0,026	42	63	75
14.80	23	19	4:/:	0,94	1,58	0,87	3,0	430	646	69	10	29	32	36	39	26</					

SISMICA A RIFRAZIONE

MASW

Determinazione del Vs30



SISMOGRAFO: PASI 16SG24

Analyzing phase velocities

==0== SECTION#1

dataset: Correggio (RE) via Ghidoni.DAT
minimum offset (m): 5
geophone spacing (m): 2
sampling (ms): 0.5
Dispersion curve: Correggio (RE) via Ghidoni.cdp
Number of individuals: 50
Number of generations: 51

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing phase velocities

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 50 0.5 70 1
90 2 110 2 130 4 150 1
7 170
Adopted search space (maximum Vs & thickness): 200 2 250 4 300 7 350 7 400 10
450 15 500
Adopted Poisson values: 0.4 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

Output folder: C:\Users\Xeon\Desktop\SISMICHE 2019\Giusti\03\Correggio (RE) via Ghidoni - Andria\output_disp

==0== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -26.9823 -13.1811
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -21.9046 -4.53194
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -18.5219 -4.53194
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -15.8853 -4.15086
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -15.2368 -3.90491
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -16.3084 -3.90491
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -13.1246 -3.90491
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -13.5686 -3.90491
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -14.9588 -3.73587
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -14.2825 -3.73587
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -15.5006 -3.73587
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -13.5868 -3.73587
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -14.9854 -3.73587
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -13.5175 -3.73587
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -11.8323 -2.70687
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -11.6894 -2.70687
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -11.92 -2.70687
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -13.4053 -2.70687
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -12.9197 -2.70687
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -11.7061 -2.70687
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -12.8627 -2.70687
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -12.9732 -2.70687
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -14.3417 -2.70687
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -13.8831 -2.70687
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -15.0822 -2.6132
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -12.8399 -2.6132
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -13.5029 -2.6132
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -12.7092 -2.6132
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -13.5437 -2.47617
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -11.9888 -2.47617
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -13.3287 -2.47617
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -11.2344 -2.47617
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -12.2635 -2.47617
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -13.3302 -2.40921
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -12.23 -2.40921
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -12.596 -2.40921
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -12.1364 -2.33109
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -12.8277 -2.33109
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -13.1689 -2.33109
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -10.8203 -2.33109
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -14.1541 -2.30466
Optimizing Vs & Thickness - generation: 42; average & best misfits: -12.3939 -2.19807
Optimizing Vs & Thickness - generation: 43; average & best misfits: -12.918 -2.19807
Optimizing Vs & Thickness - generation: 44; average & best misfits: -12.6258 -2.19807
Optimizing Vs & Thickness - generation: 45; average & best misfits: -11.0152 -2.19807
Optimizing Vs & Thickness - generation: 46; average & best misfits: -11.2402 -2.13698
Optimizing Vs & Thickness - generation: 47; average & best misfits: -10.305 -2.13698
Optimizing Vs & Thickness - generation: 48; average & best misfits: -11.8999 -2.13698
Optimizing Vs & Thickness - generation: 49; average & best misfits: -11.9165 -2.13698
Optimizing Vs & Thickness - generation: 50; average & best misfits: -10.2019 -2.13698
Optimizing Vs & Thickness - generation: 51; average & best misfits: -11.0812 -2.13698

Forcing search space

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -8.3623 -2.137

Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -7.0035 -2.137
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -6.6337 -2.137
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -6.6806 -2.137
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -7.2764 -2.137
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -7.6231 -2.137
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -7.7533 -2.137
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -7.6672 -2.1121
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -8.4648 -2.1121
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -6.7701 -2.1121
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -6.9719 -1.9107
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -7.4663 -1.9107
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -6.7149 -1.9107
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -6.4297 -1.9107

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 106 143 174 213 311 337 312

Thickness (m): 1.7 3.9 4.3 6.3 5.7 12

Poisson: 0.4 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

Vp & Density Optimization

Columns 1 through 7

0.0400	0.0594	0.0865	0.0981	0.1200	0.1497	0.1832
0.1548	0.1847	0.2159	0.2679	0.3407	0.4057	0.4863
0.2339	0.2562	0.2852	0.3601	0.3995	0.4507	0.5046
0	0	0	0	0	0	0

Columns 8 through 14

0.2052	0.2477	0.2890	0.3303	0.3703	0.4103	0.4697
0.5423	0.6242	0.7243	0.8270	0.9194	1.0000	0
0.5545	0.6058	0.6754	0.7595	0.8633	0.9356	1.0000
0	0	0	0	0	0	0

Columns 15 through 21

0.5110	0.5510	0.5936	0.6271	0.6710	0.7161	0.7729
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Columns 22 through 25

0.8232	0.8929	0.9535	1.0000
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vp & Density - generation: 1; average & best misfits: -2.1704 -1.7709
 Optimizing Vp & Density - generation: 2; average & best misfits: -2.0255 -1.7709
 Optimizing Vp & Density - generation: 3; average & best misfits: -1.952 -1.7709
 Optimizing Vp & Density - generation: 4; average & best misfits: -1.948 -1.7709
 Optimizing Vp & Density - generation: 5; average & best misfits: -1.9191 -1.7709
 Optimizing Vp & Density - generation: 6; average & best misfits: -1.9126 -1.7639
 Optimizing Vp & Density - generation: 7; average & best misfits: -1.8919 -1.7639
 Optimizing Vp & Density - generation: 8; average & best misfits: -1.8603 -1.7639
 Optimizing Vp & Density - generation: 9; average & best misfits: -1.8939 -1.7639
 Optimizing Vp & Density - generation: 10; average & best misfits: -1.8979 -1.7639
 Optimizing Vp & Density - generation: 11; average & best misfits: -1.9063 -1.7639
 Optimizing Vp & Density - generation: 12; average & best misfits: -1.8951 -1.7639
 Optimizing Vp & Density - generation: 13; average & best misfits: -1.8869 -1.7637
 Optimizing Vp & Density - generation: 14; average & best misfits: -1.8788 -1.7618

Number of models considered to calculate the average model: 65

 RESULTS
 #####

Dataset: Correggio (RE) via Ghidoni.DAT
 Analyzed curve/spectrum: Correggio (RE) via Ghidoni.cdp

===== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-wave Dispersion

=====

MEAN MODEL
 Vs (m/s): 108 144 178 223 279 361 294
 Standard deviations (m/s): 1 5 10 44 56 58 43

Thickness (m): 1.7 3.8 4.9 6.1 5.7 12.1
 Standard deviations (m): 0.2 0.3 0.9 1.2 1.0 1.7

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus
Vp (m/s): 609 391 519 560 1110 1254 1023
Density (gr/cm3): 1.93 1.83 1.90 1.91 2.08 2.11 2.06
Vp/Vs ratio: 5.64 2.72 2.92 2.51 3.98 3.47 3.48
Poisson: 0.48 0.42 0.43 0.41 0.47 0.45 0.45
Shear modulus (MPa): 23 38 60 95 162 275 178
Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0 162 0 275 0 178 0

Fundamental mode
Mean model
f(Hz) VR(m/s)
2.3834 268.574
3.5365 268.251
5.15084 238.1153
5.8427 211.2175
7.14955 180.0424
8.91764 159.7227
10.9163 147.3524
12.2232 142.0016
14.76 134.7699
17.22 129.8782
19.6799 125.9509
22.063 122.5679
24.4461 119.4328
27.9822 115.3012
30.4422 112.9054
32.8253 110.9884
35.3621 109.3483
37.3608 108.3046
39.9745 107.2085
42.6651 106.332
46.0475 105.5016
49.0455 104.952
53.1967 104.3955
56.8098 104.048
59.5772 103.8437

First higher mode
Mean model
9.14826 248.0037
10.9163 229.6062
12.7613 214.5792
15.8362 196.6213
20.1411 180.5371
23.9848 170.0964
28.751 159.1489
32.0565 153.5771
36.8995 148.2619
42.8188 144.3841
48.8918 141.6862
54.3498 139.6055
59.116 137.7439

Second higher mode
Mean model
13.6838 266.6119
14.9906 252.8415
16.6818 239.2108
21.0636 214.1676
23.3698 203.4742
26.3679 192.394
29.5197 184.7046
32.4409 180.0313
35.439 176.4517
39.5132 172.2828
44.4331 167.2591
50.5061 161.1787
54.7342 157.552
58.501 154.8455

===== SECTION#4

BEST MODEL

Vs (m/s): 106 143 174 213 311 337 312
thickness (m): 1.65445 3.88197 4.34489 6.27889 5.67427 11.8359
Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus
Vp (m/s): 445 320 324 354 555 725 827
Density (gr/cm3): 1.86 1.78 1.78 1.80 1.91 1.98 2.01
Vp/Vs ratio: 4.20 2.24 1.86 1.66 1.78 2.15 2.65
Poisson: 0.47 0.38 0.30 0.22 0.27 0.36 0.42
Shear modulus (MPa): 21 36 54 82 185 224 195
Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0 185 0 224 0 195 0

dispersion curve (frequency - velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
2.3834	262.8441
3.5365	247.0935
5.15084	207.1407
5.8427	189.067
7.14955	167.5788
8.91764	152.4449
10.9163	142.809
12.2232	138.5404
14.76	132.6374
17.22	128.486
19.6799	124.9944
22.063	121.8371
24.4461	118.7702
27.9822	114.5163
30.4422	111.9498
32.8253	109.8544
35.3621	108.0394
37.3608	106.8765
39.9745	105.6504
42.6651	104.6675
46.0475	103.735
49.0455	103.1172
53.1967	102.4911
56.8098	102.0999
59.5772	101.8697

First higher mode)

best model

9.14826	236.5144
10.9163	221.8541
12.7613	208.9483
15.8362	192.9765
20.1411	177.9397
23.9848	167.756
28.751	157.2701
32.0565	151.9353
36.8995	146.8136
42.8188	143.0772
48.8918	140.5
54.3498	138.5442
59.116	136.8233

Second higher mode)

best model

13.6838	259.6113
14.9906	246.5161
16.6818	233.06
21.0636	209.1779
23.3698	199.6504
26.3679	189.4477
29.5197	181.8014
32.4409	176.9164
35.439	173.1412
39.5132	168.8881
44.4331	164.1493
50.5061	158.7728
54.7342	155.6123
58.501	153.2473

Vs5 (mean model): 129 m/s
Vs5 (best model): 128 m/s

Vs20 (mean model): 182 m/s
Vs20 (best model): 183 m/s

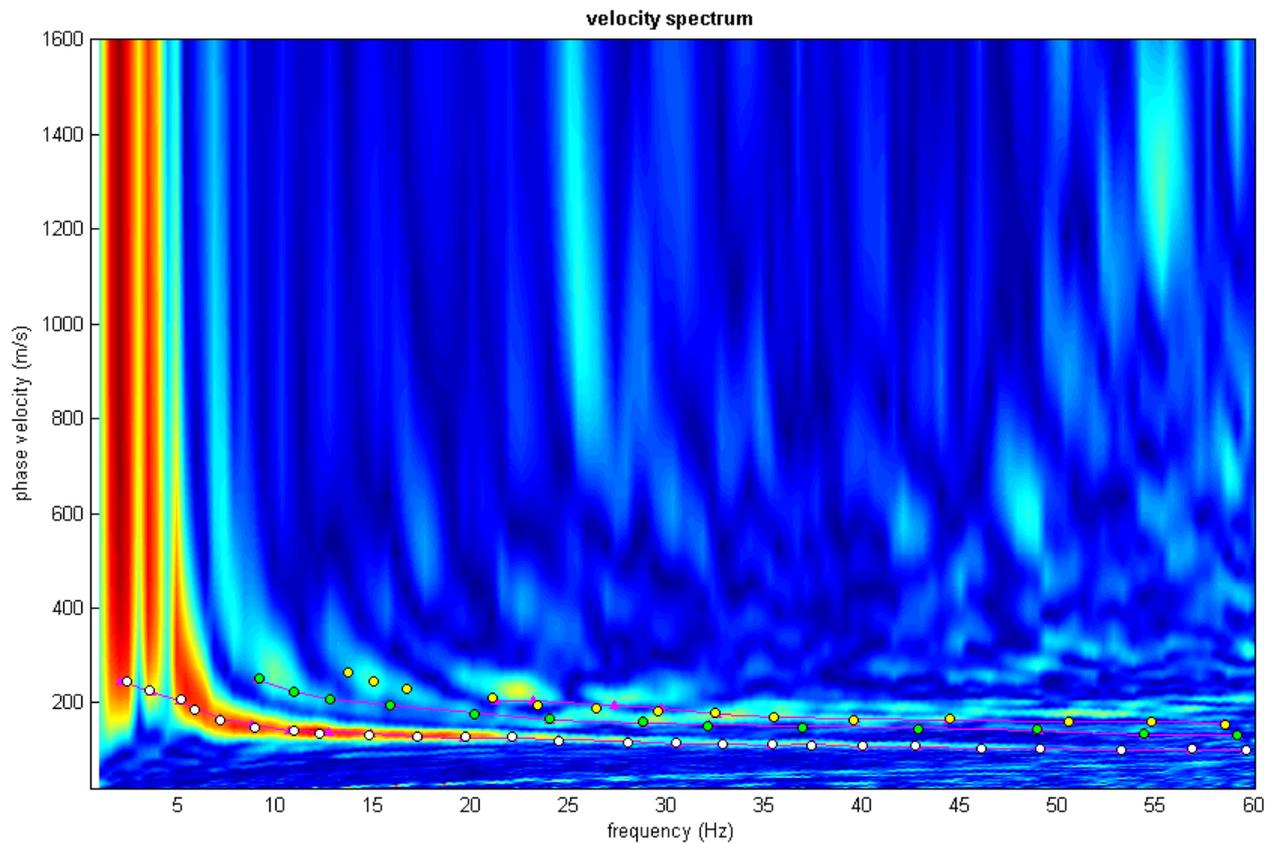
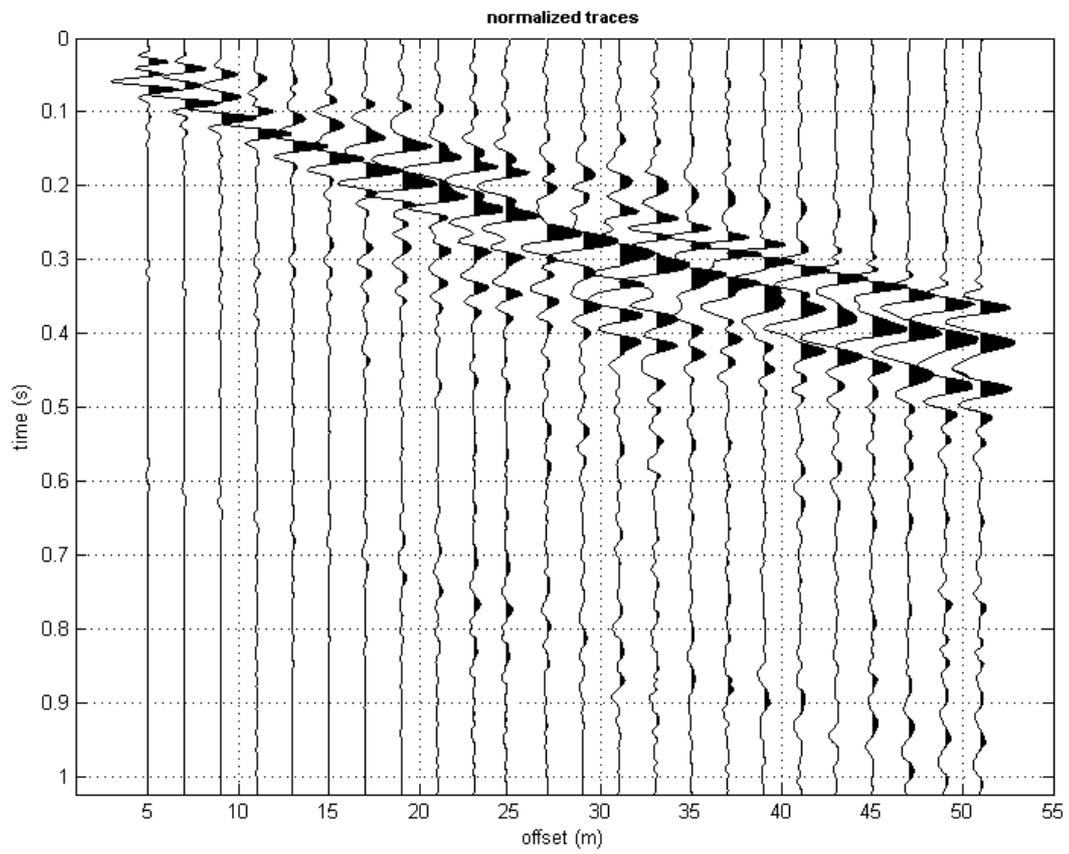
Vs30 (mean model): 215 m/s
Vs30 (best model): 215 m/s

dataset: Correggio (RE) via Ghidoni.DAT

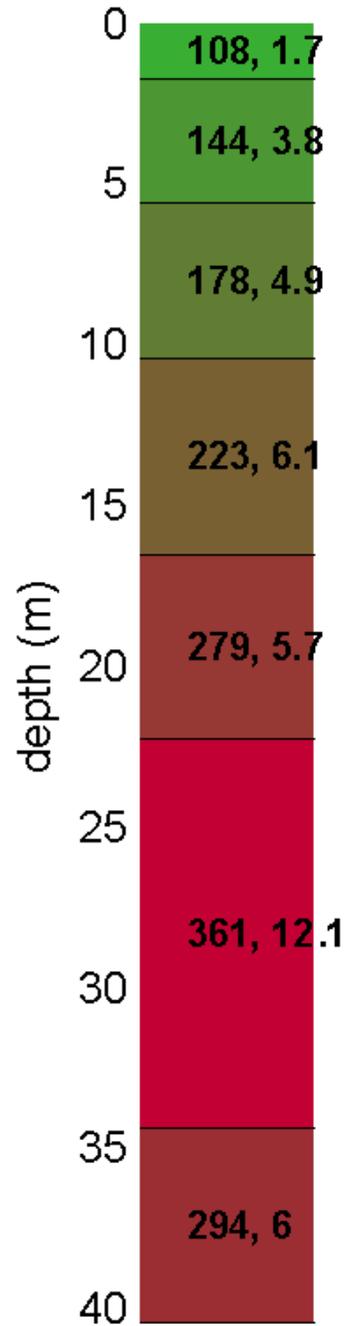
sampling: 0.5 ms

minimum offset: 5 m

geophone spacing: 2 m



Subsurface model



V_s
(m/s) thickness
(m)

winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

Main results

Dataset: Correggio (RE) via Ghidoni.DAT

Mean model

Vs (m/s): 108, 144, 178, 223, 279, 361, 294

Standard deviations (m/s): 1, 5, 10, 44, 56, 58, 43

Thickness (m): 1.7, 3.8, 4.9, 6.1, 5.7, 12.1

Standard deviations (m): 0.2, 0.3, 0.9, 1.2, 1.0, 1.7

Density (gr/cm³): 1.93, 1.83, 1.90, 1.91, 2.08, 2.11, 2.06

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa): 23 38 60 95 162 275 178

Analyzing Phase velocities

Considered dispersion curve: Correggio (RE) via Ghidoni.cdp

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson

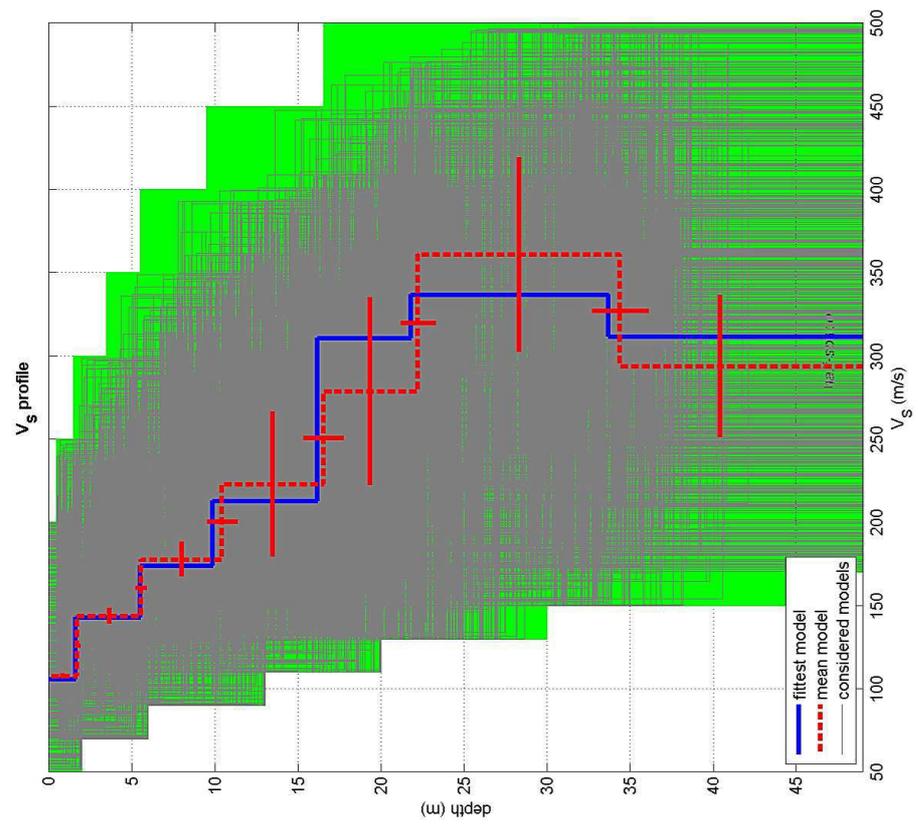
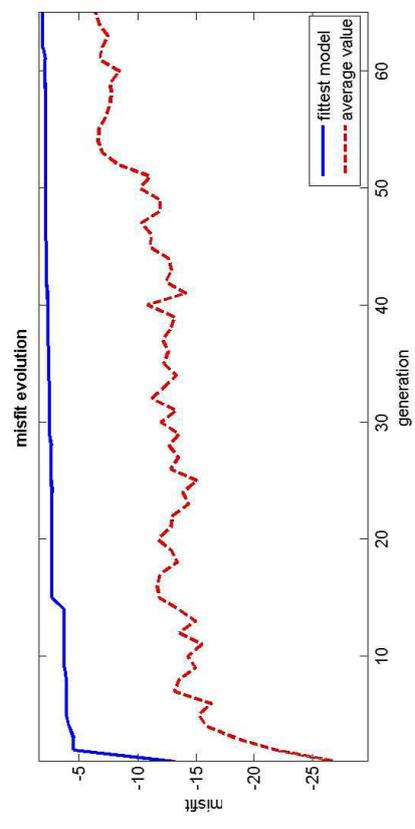
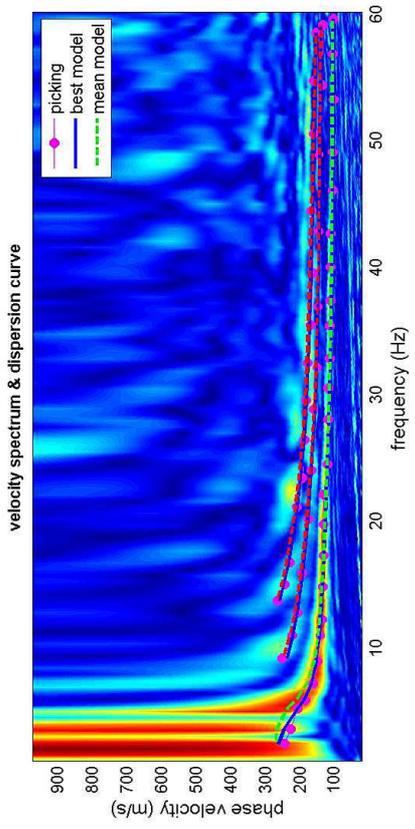
Vp (m/s): 609, 391, 519, 560, 1110, 1254, 1023

Poisson: 0.48 0.42 0.43 0.41 0.47 0.45 0.45

Vs30 (m/s): 215

Soil classification: C

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



dataset: Correggio (RE) via Ghidoni.DAT
 dispersion curve: Correggio (RE) via Ghidoni.cdp
 V_{s30} (best model): 215 m/s
 V_{s30} (mean model): 215 m/s

RISPOSTA SISMICA LOCALE DI 3° LIVELLO

P.P. 157

CALEIDOSCOPIO

Committente: ANDRIA Cooperativa di abitanti

Data: marzo 2019

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:

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

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:

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

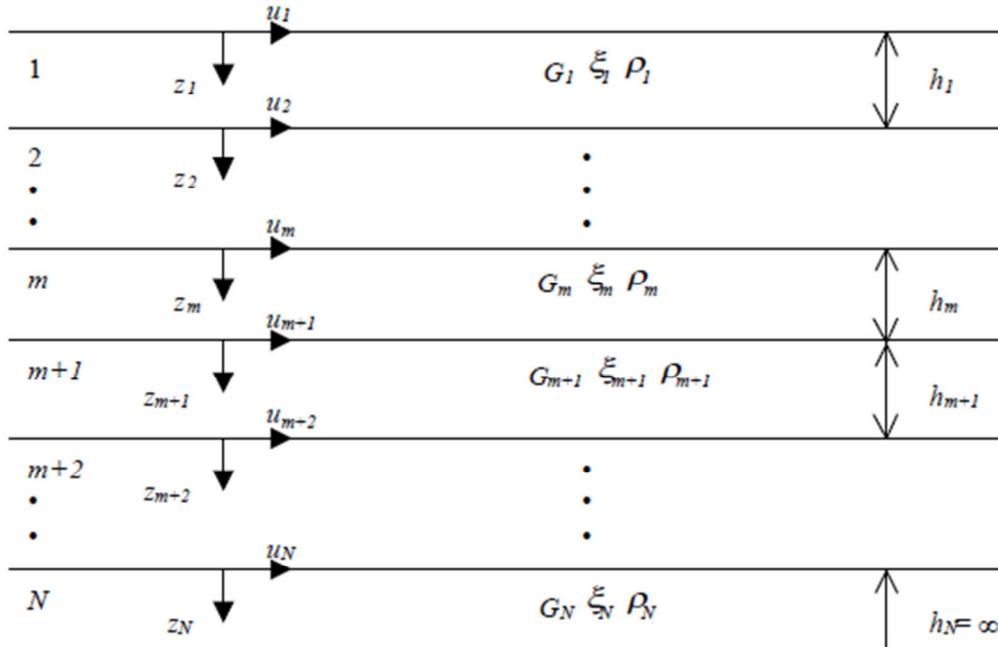


Figura 1: Esempio di stratigrafia per riferimento.

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:

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

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

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

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

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.

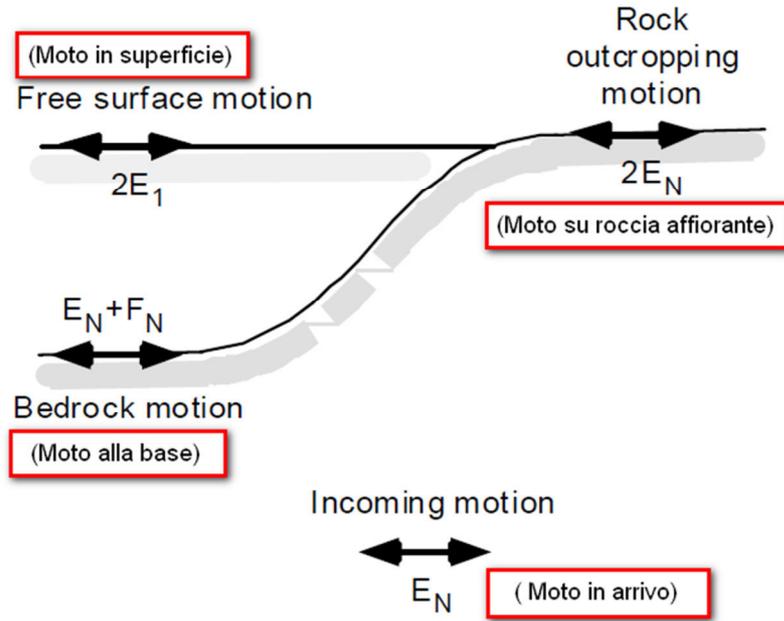


Figura 2: Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

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.

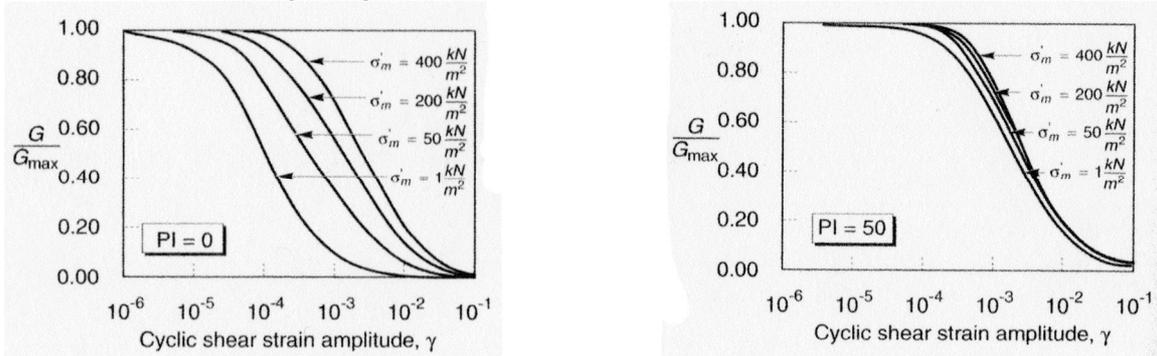


Figura 2: Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

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.

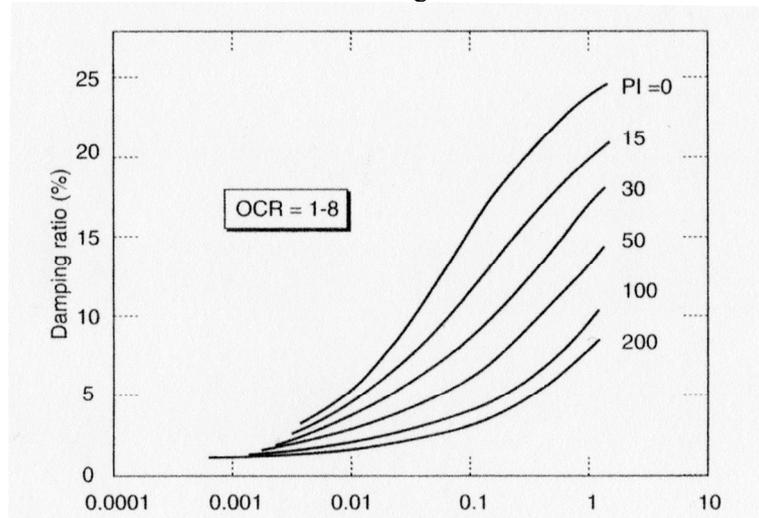


Figura 3: Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso.

Dati generali

Via
 Latitudine
 Longitudine

Via Ghidoni – Correggio (RE)
 44.7804451[°]
 10.7826576[°]

Stratigrafia

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Gmax [MPa]	Peso unità vol. [kN/m ³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	--	4.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	29.13	18.0	126.0	36.0
2	4.0	6.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	61.37	19.0	178.0	99.6
3	10.0	7.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	96.32	19.0	223.0	159.3
4	17.0	5.0	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	158.70	20.0	279.0	216.9
5	22.0	12.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	278.97	21.0	361.0	309.6
6	34.0	11.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	185.03	21.0	294.0	438.2
7	45.0	85.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	454.13	22.0	450.0	1017.9
8	130	--	Smorzamento costante	807.34	22.0	600.0	1535.9

Strato con falda:

1

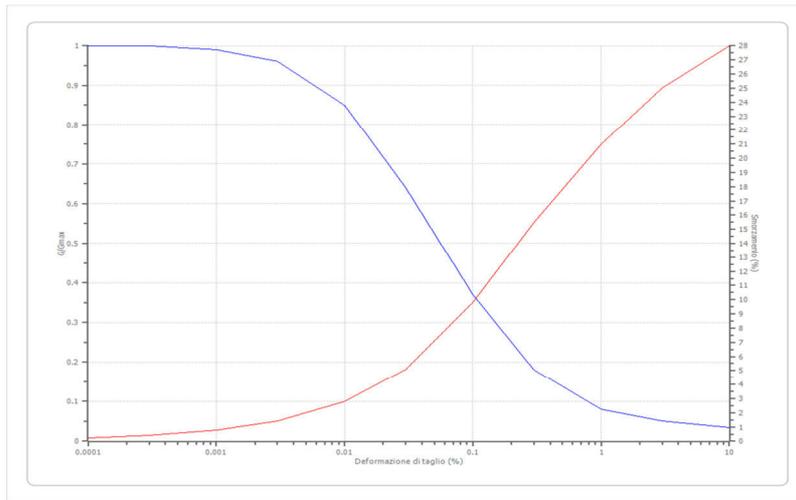
Strato rilevamento accelerogramma:

8 Affiorante

Terreni

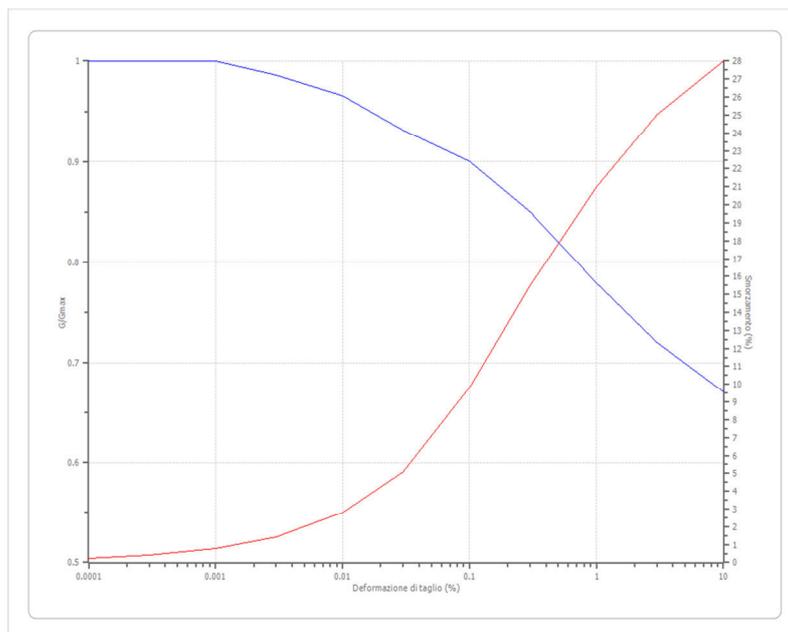
Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.240
0.0003	1.000	0.0003	0.420
0.001	0.990	0.001	0.800
0.003	0.960	0.003	1.400
0.010	0.850	0.010	2.800
0.030	0.640	0.030	5.100
0.100	0.370	0.100	9.800
0.300	0.180	0.300	15.500
1.000	0.080	1.000	21.000
3.000	0.050	3.000	25.000
10.000	0.035	10.000	28.000



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 16
 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

Fattori di amplificazione

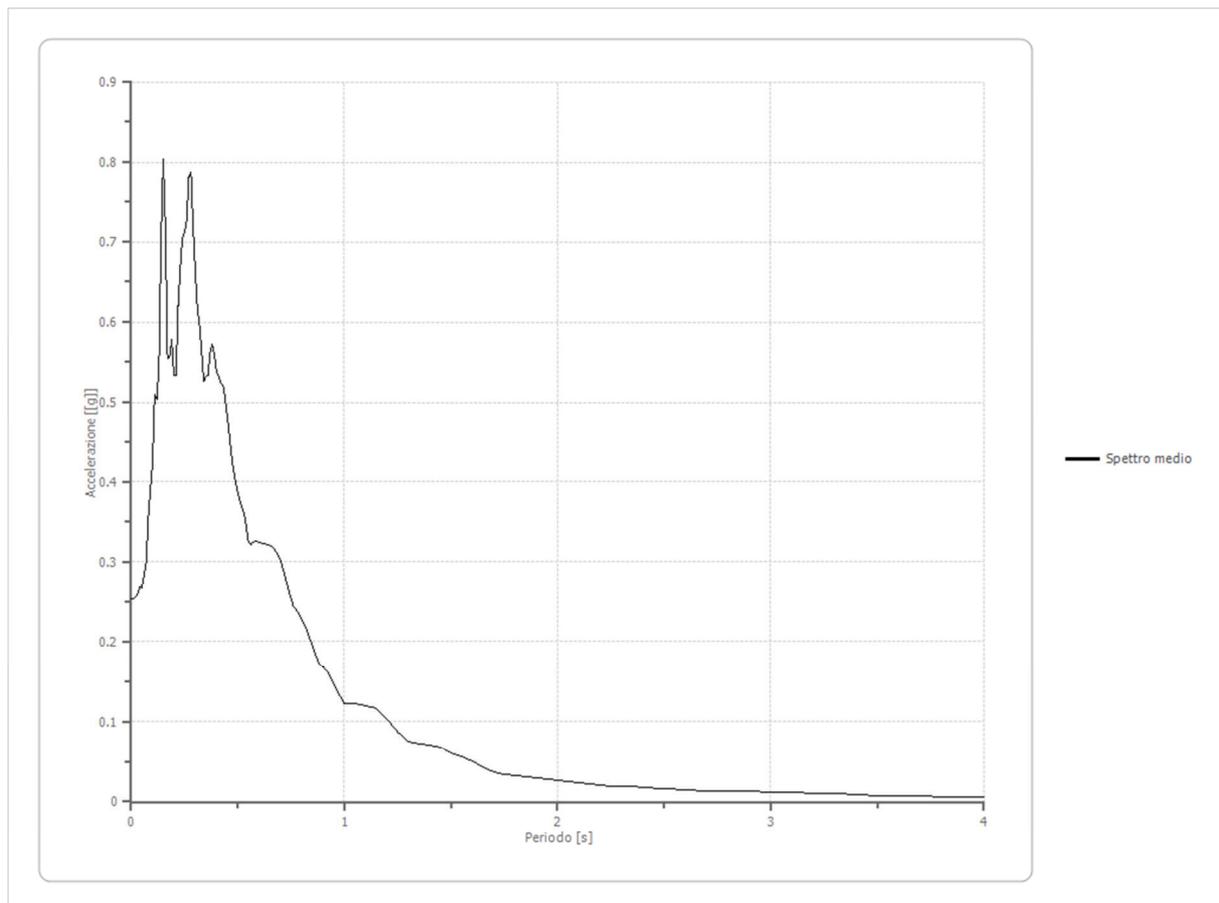
Tai	0.150 [s]
Tvi	0.700 [s]
Tao	0.150 [s]
Tvo	0.440 [s]
Sami	3.367 [m/s ²]
Svmi	0.179 [m/s]
Samo	5.452 [m/s ²]
Svmo	0.323 [m/s]
Fa	1.620 [-]
Fv	1.803 [-]
TB	0.124 [s]
TC	0.373 [s]
TD	2.208 [s]
SA(0)	0.246 [g]
SA(TB)	0.556 [g]

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	0.102	0.200	1.851
0.500	1.000	0.085	0.153	0.500	1.796
0.500	1.500	0.153	0.271	0.333	1.770

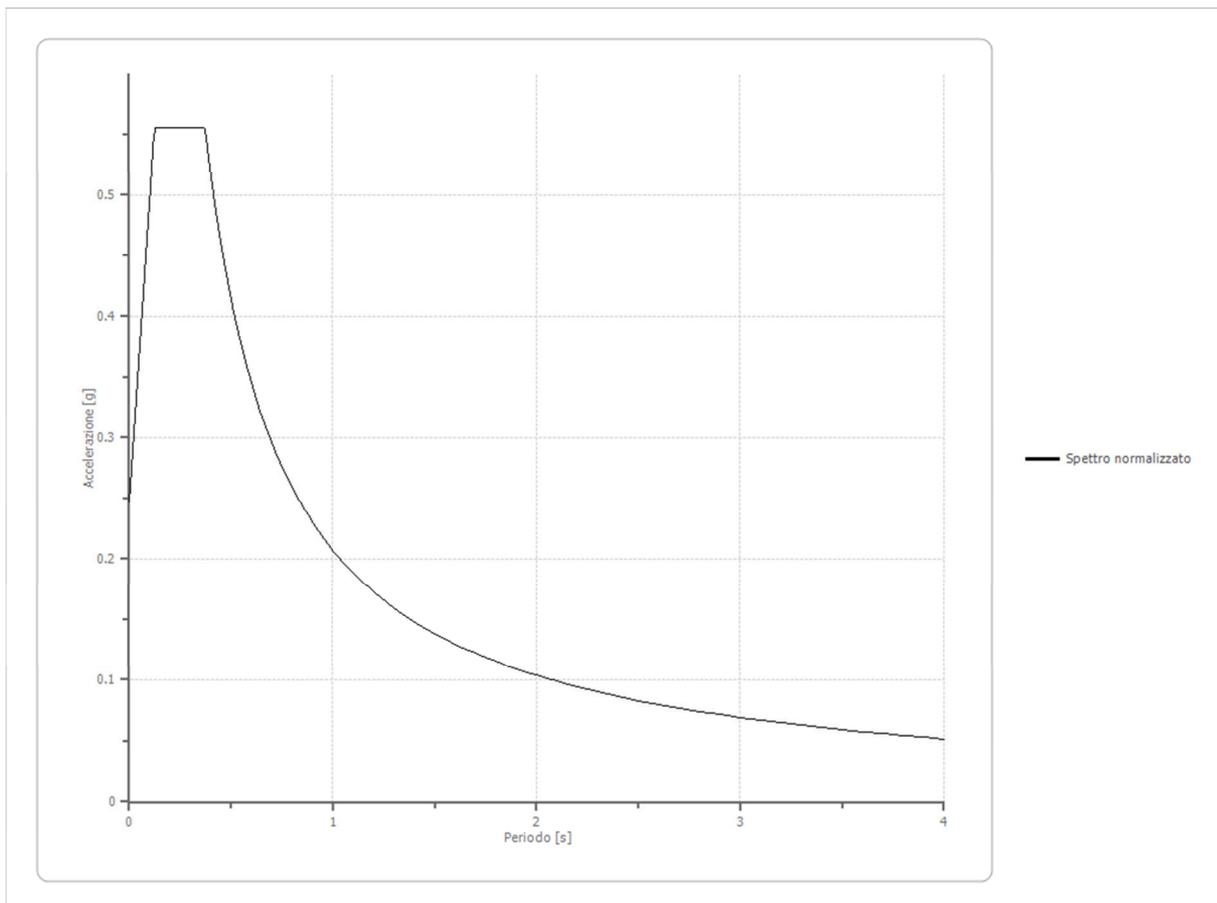
Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.2539	0.26	0.7280	0.52	0.3669	0.98	0.1307	2.25	0.0194
0.01	0.2539	0.27	0.7800	0.53	0.3578	1.00	0.1224	2.30	0.0191
0.02	0.2560	0.28	0.7884	0.54	0.3436	1.05	0.1217	2.35	0.0187
0.03	0.2597	0.29	0.7204	0.55	0.3238	1.10	0.1187	2.40	0.0180
0.04	0.2680	0.30	0.6646	0.56	0.3218	1.15	0.1157	2.50	0.0163
0.05	0.2671	0.31	0.6171	0.57	0.3240	1.20	0.1036	2.60	0.0147
0.06	0.2843	0.32	0.5967	0.58	0.3249	1.25	0.0868	2.70	0.0137
0.07	0.2987	0.33	0.5632	0.60	0.3237	1.30	0.0744	2.80	0.0131
0.08	0.3553	0.34	0.5258	0.62	0.3219	1.35	0.0721	2.90	0.0127
0.09	0.3917	0.35	0.5312	0.64	0.3212	1.40	0.0705	3.00	0.0121
0.10	0.4237	0.36	0.5332	0.66	0.3190	1.45	0.0675	3.10	0.0114
0.11	0.5103	0.37	0.5619	0.68	0.3124	1.50	0.0607	3.20	0.0105
0.12	0.5044	0.38	0.5709	0.70	0.3016	1.55	0.0553	3.30	0.0096
0.13	0.5471	0.39	0.5577	0.72	0.2837	1.60	0.0494	3.40	0.0089
0.14	0.7083	0.40	0.5379	0.74	0.2621	1.65	0.0429	3.50	0.0080
0.15	0.8044	0.41	0.5319	0.76	0.2447	1.70	0.0374	3.60	0.0071
0.16	0.7198	0.42	0.5250	0.78	0.2379	1.75	0.0334	3.70	0.0068
0.17	0.5538	0.43	0.5221	0.80	0.2276	1.80	0.0319	3.80	0.0065
0.18	0.5550	0.44	0.5057	0.82	0.2159	1.85	0.0306	3.90	0.0062
0.19	0.5779	0.45	0.4834	0.84	0.2021	1.90	0.0299	4.00	0.0059
0.20	0.5332	0.46	0.4579	0.86	0.1873	1.95	0.0287		
0.21	0.5333	0.47	0.4336	0.88	0.1727	2.00	0.0270		
0.22	0.6196	0.48	0.4143	0.90	0.1680	2.05	0.0253		
0.23	0.6676	0.49	0.3989	0.92	0.1618	2.10	0.0234		
0.24	0.7053	0.50	0.3853	0.94	0.1520	2.15	0.0214		
0.25	0.7113	0.51	0.3751	0.96	0.1409	2.20	0.0204		



Spettro normalizzato di risposta elastico

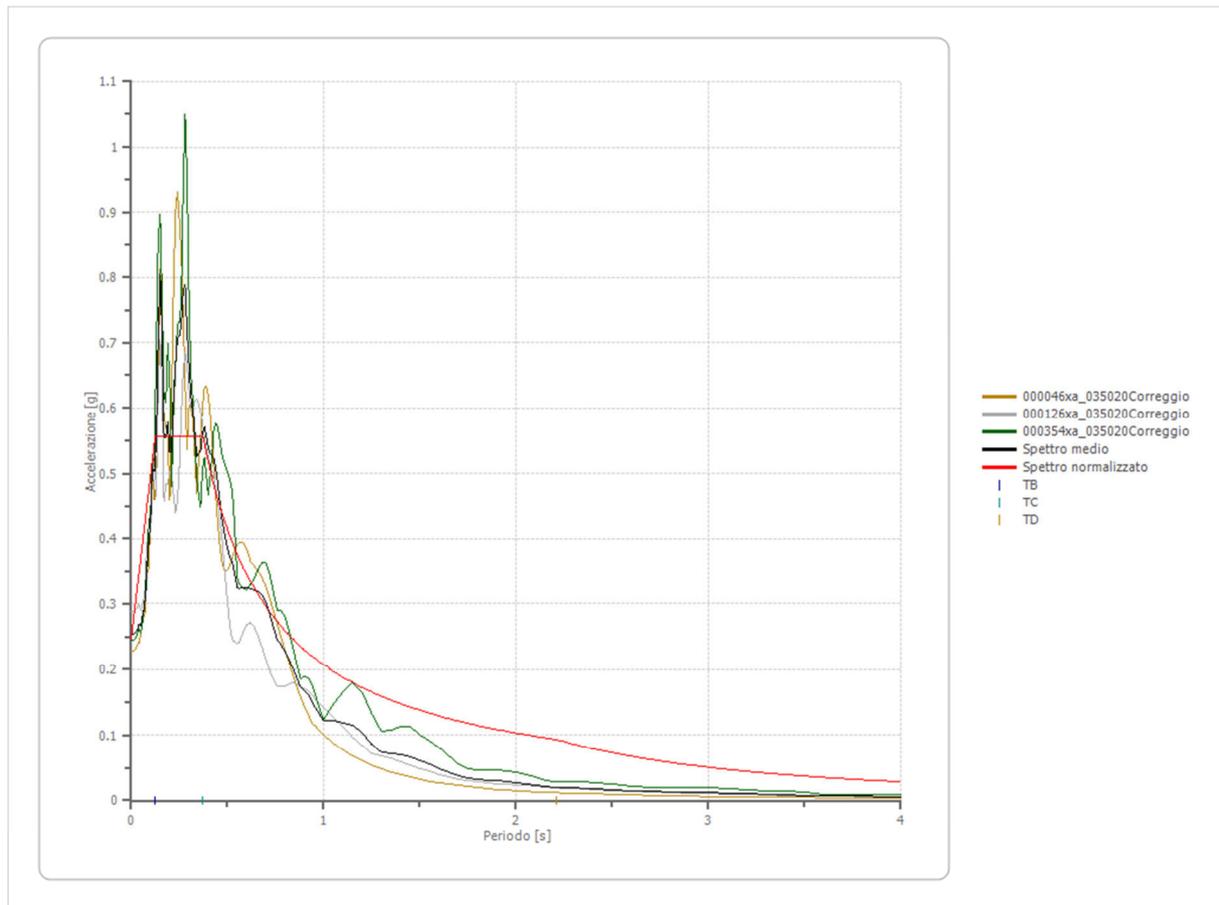
Periodo [s]	Accelerazione [g]								
0.00	0.2462	0.26	0.5558	0.52	0.3984	0.98	0.2114	2.25	0.0921
0.01	0.2711	0.27	0.5558	0.53	0.3909	1.00	0.2072	2.30	0.0901
0.02	0.2960	0.28	0.5558	0.54	0.3837	1.05	0.1973	2.35	0.0882
0.03	0.3209	0.29	0.5558	0.55	0.3767	1.10	0.1884	2.40	0.0863
0.04	0.3458	0.30	0.5558	0.56	0.3700	1.15	0.1802	2.50	0.0829
0.05	0.3707	0.31	0.5558	0.57	0.3635	1.20	0.1727	2.60	0.0797
0.06	0.3957	0.32	0.5558	0.58	0.3572	1.25	0.1658	2.70	0.0767
0.07	0.4206	0.33	0.5558	0.60	0.3453	1.30	0.1594	2.80	0.0740
0.08	0.4455	0.34	0.5558	0.62	0.3342	1.35	0.1535	2.90	0.0714
0.09	0.4704	0.35	0.5558	0.64	0.3237	1.40	0.1480	3.00	0.0691
0.10	0.4953	0.36	0.5558	0.66	0.3139	1.45	0.1429	3.10	0.0668
0.11	0.5202	0.37	0.5558	0.68	0.3047	1.50	0.1381	3.20	0.0647
0.12	0.5451	0.38	0.5452	0.70	0.2960	1.55	0.1337	3.30	0.0628
0.13	0.5558	0.39	0.5313	0.72	0.2878	1.60	0.1295	3.40	0.0609
0.14	0.5558	0.40	0.5180	0.74	0.2800	1.65	0.1256	3.50	0.0592
0.15	0.5558	0.41	0.5053	0.76	0.2726	1.70	0.1219	3.60	0.0576
0.16	0.5558	0.42	0.4933	0.78	0.2656	1.75	0.1184	3.70	0.0560
0.17	0.5558	0.43	0.4818	0.80	0.2590	1.80	0.1151	3.80	0.0545
0.18	0.5558	0.44	0.4709	0.82	0.2527	1.85	0.1120	3.90	0.0531
0.19	0.5558	0.45	0.4604	0.84	0.2467	1.90	0.1090	4.00	0.0518
0.20	0.5558	0.46	0.4504	0.86	0.2409	1.95	0.1063		
0.21	0.5558	0.47	0.4408	0.88	0.2354	2.00	0.1036		
0.22	0.5558	0.48	0.4316	0.90	0.2302	2.05	0.1011		
0.23	0.5558	0.49	0.4228	0.92	0.2252	2.10	0.0987		
0.24	0.5558	0.50	0.4144	0.94	0.2204	2.15	0.0964		
0.25	0.5558	0.51	0.4063	0.96	0.2158	2.20	0.0942		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.246	2.258	--	0.124	0.373	2.208	0.246	0.556	1.620

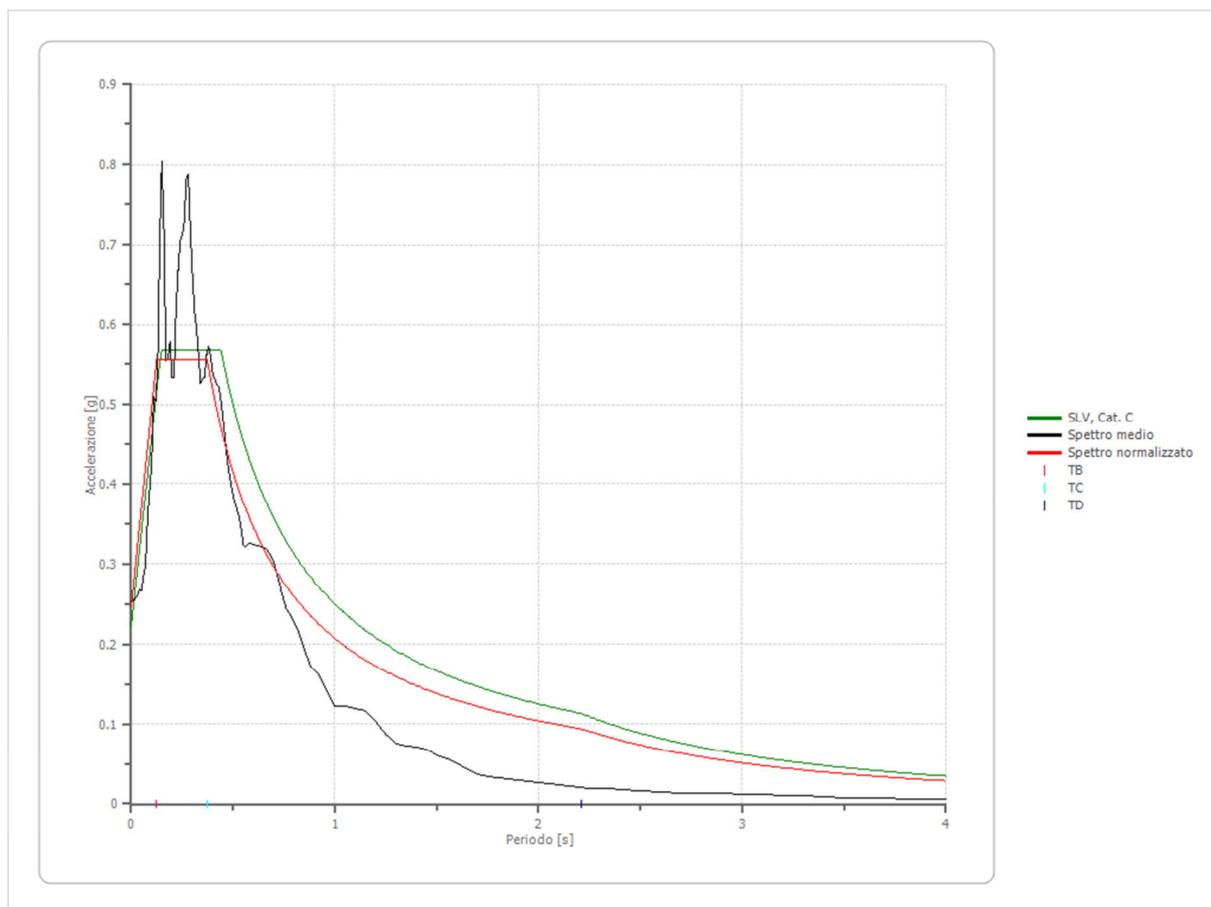
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

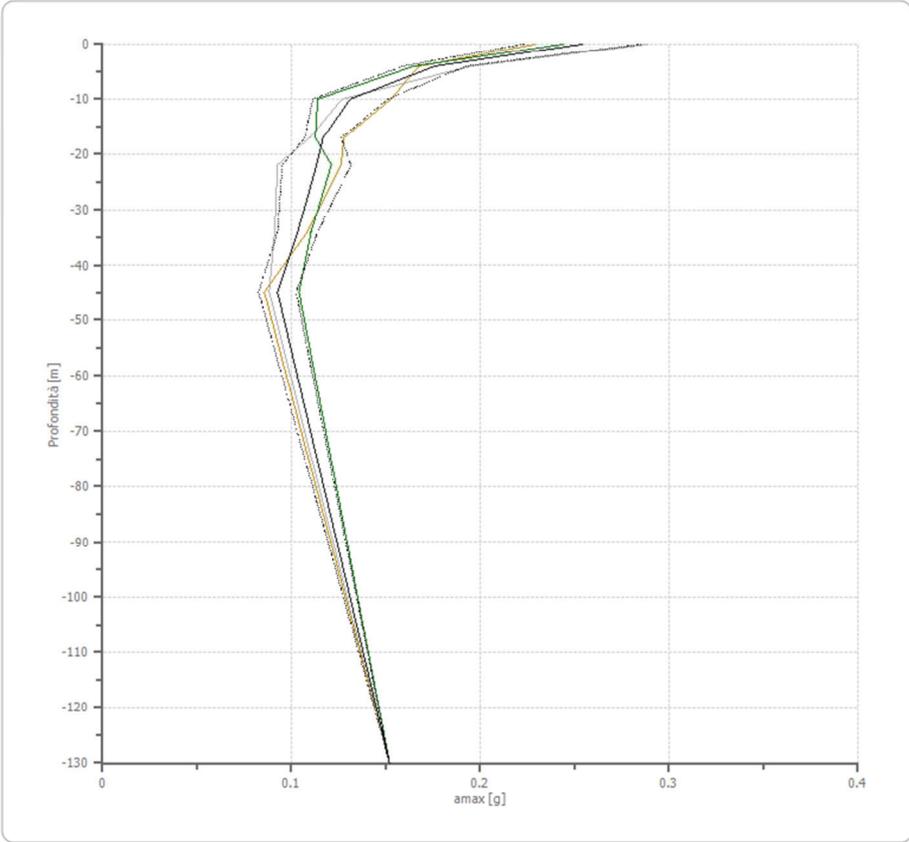
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO	Danno SLD	Salvaguardia vita SLV	Prev. collasso SLC
Tr [anni]	30	50	475	975
ag [g]	0.043	0.054	0.152	0.203
Fo	2.515	2.504	2.545	2.523
Tc* [s]	0.248	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]	0.413	0.430	0.440	0.444
TD [s]	1.772	1.816	2.208	2.412
Se(0) [g]	0.065	0.081	0.223	0.283
Se(TB) [g]	0.162	0.203	0.568	0.713



Profilo a max

	0.0 [m]	4.0 [m]	10.0 [m]	17.0 [m]	22.0 [m]	34.0 [m]	45.0 [m]	130.0 [m]
000046xa _035020 Correggio [g]	0.229	0.168	0.153	0.128	0.126	0.108	0.086	0.152
000126xa _035020 Correggio [g]	0.289	0.195	0.127	0.110	0.093	0.091	0.088	0.152
000354xa _035020 Correggio [g]	0.244	0.165	0.114	0.113	0.121	0.110	0.104	0.152
media [g]	0.254	0.176	0.131	0.117	0.113	0.103	0.093	0.152
Dev. St. [g]	0.031	0.017	0.020	0.010	0.018	0.011	0.010	0.000



- 000046xa_035020Correggio
- 000126xa_035020Correggio
- 000354xa_035020Correggio
- amax media
- amax media + dev. st.
- amax media - dev. st.

VERIFICA A LIQUEFAZIONE



PROGRAMMA DI CALCOLO: LIQUITER (GEOSTRU)

Progetto: PP 157
Ditta: Andria Cooperativa di Abitanti s.c.r.l.
Comune: Via Ghidoni – 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 17 Gennaio 2018

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).

DATI GENERALI

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 2.4-2.5 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) 0.258

PROVA PENETROMETRICA CPT1

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)
1	Argilla inorganica compatta	0	4.5	18.66	19.44	1329.59	54.72
2	Argilla inorganica compatta	4.5	10	18.31	19.09	1130.12	53.74
3	Argilla inorganica molto compatta	10	17	19.76	20.54	2663.59	143.08
4	Sabbie	17	20	18.63	21.57	4493.61	74.53

Correzione per la magnitudo (MSF)

1.67

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qcl (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1.20	22.548	20.587	43.504	4.187	2.597	1.7	74.841	0.991	0.119	0.109	1.091	suscettibile	0.00	Molto basso
1.40	26.436	22.513	40.681	4.199	2.619	1.7	77.867	0.989	0.124	0.117	1.061	suscettibile	0.00	Molto basso
1.60	30.324	24.440	38.251	4.212	2.639	1.7	80.780	0.988	0.129	0.123	1.047	suscettibile	0.00	Molto basso
1.80	34.212	26.367	36.135	4.224	2.658	1.7	83.589	0.986	0.134	0.129	1.044	suscettibile	0.00	Molto basso
2.00	38.100	28.293	34.273	4.237	2.675	1.7	86.307	0.985	0.140	0.133	1.049	suscettibile	0.00	Molto basso
2.20	41.988	30.220	42.608	4.250	2.608	1.7	76.371	0.983	0.121	0.137	0.884	suscettibile	2.41	Basso
2.40	45.876	32.147	39.933	4.263	2.629	1.7	79.359	0.982	0.126	0.141	0.898	suscettibile	2.30	Basso
2.60	49.764	34.073	37.561	4.276	2.649	1.7	82.311	0.980	0.132	0.144	0.916	suscettibile	2.03	Basso
2.80	53.652	36.000	35.443	4.289	2.668	1.7	85.229	0.979	0.138	0.147	0.938	suscettibile	1.60	Basso
3.00	57.540	37.927	33.540	4.302	2.686	1.7	88.114	0.977	0.144	0.149	0.964	suscettibile	1.00	Basso
3.20	61.428	39.853	31.821	4.315	2.704	1.7	90.969	0.976	0.150	0.151	0.993	suscettibile	0.22	Basso
3.40	65.316	41.780	30.260	4.328	2.721	1.7	93.794	0.974	0.157	0.153	1.024	suscettibile	0.00	Molto basso
3.60	69.204	43.707	28.837	4.342	2.737	1.7	96.591	0.972	0.164	0.155	1.058	suscettibile	0.00	Molto basso
3.80	73.092	45.633	27.535	4.355	2.753	1.7	99.362	0.971	0.171	0.156	1.095	suscettibile	0.00	Molto basso
4.00	76.980	47.560	26.337	4.368	2.768	1.7	102.108	0.969	0.179	0.158	1.135	suscettibile	0.00	Molto basso
4.20	80.868	49.487	25.233	4.382	2.783	1.7	104.829	0.968	0.187	0.159	1.177	suscettibile	0.00	Molto basso
4.40	84.756	51.413	24.212	4.396	2.797	1.7	107.528	0.966	0.196	0.160	1.222	suscettibile	0.00	Molto basso
4.60	88.609	53.305	19.539	5.160	2.913	1.7	111.877	0.965	0.210	0.161	1.304	non suscettibile	0	Molto basso
4.80	92.427	55.162	18.812	5.179	2.926	1.7	114.461	0.963	0.219	0.162	1.353	non suscettibile	0	Molto basso
5.00	96.245	57.018	18.132	5.198	2.939	1.7	117.026	0.962	0.229	0.163	1.404	non suscettibile	0	Molto basso
5.20	100.063	58.875	17.496	5.217	2.952	1.698512	119.468	0.960	0.239	0.164	1.454	non suscettibile	0	Molto basso
5.40	103.881	60.732	16.898	5.237	2.964	1.646585	118.266	0.959	0.234	0.165	1.419	non suscettibile	0	Molto basso
5.60	107.699	62.588	16.336	5.256	2.977	1.59774	117.119	0.957	0.229	0.166	1.386	non suscettibile	0	Molto basso
5.80	111.517	64.445	15.806	5.276	2.988	1.551709	116.023	0.956	0.225	0.166	1.355	non suscettibile	0	Molto basso
6.00	115.335	66.302	15.306	5.296	3.000	1.508256	114.976	0.954	0.221	0.167	1.327	non suscettibile	0	Molto basso
6.20	119.153	68.158	14.833	5.316	3.012	1.46717	113.973	0.953	0.218	0.167	1.300	non suscettibile	0	Molto basso
6.40	122.971	70.015	14.385	5.336	3.023	1.428263	113.013	0.951	0.214	0.168	1.276	non suscettibile	0	Molto basso
6.60	126.789	71.872	13.960	5.356	3.034	1.391367	112.091	0.950	0.211	0.168	1.253	non suscettibile	0	Molto basso
6.80	130.607	73.728	13.557	5.377	3.045	1.356329	111.206	0.948	0.208	0.169	1.232	suscettibile	0.00	Molto basso
7.00	134.425	75.585	13.173	5.397	3.055	1.323012	110.355	0.946	0.205	0.169	1.212	suscettibile	0.00	Molto basso

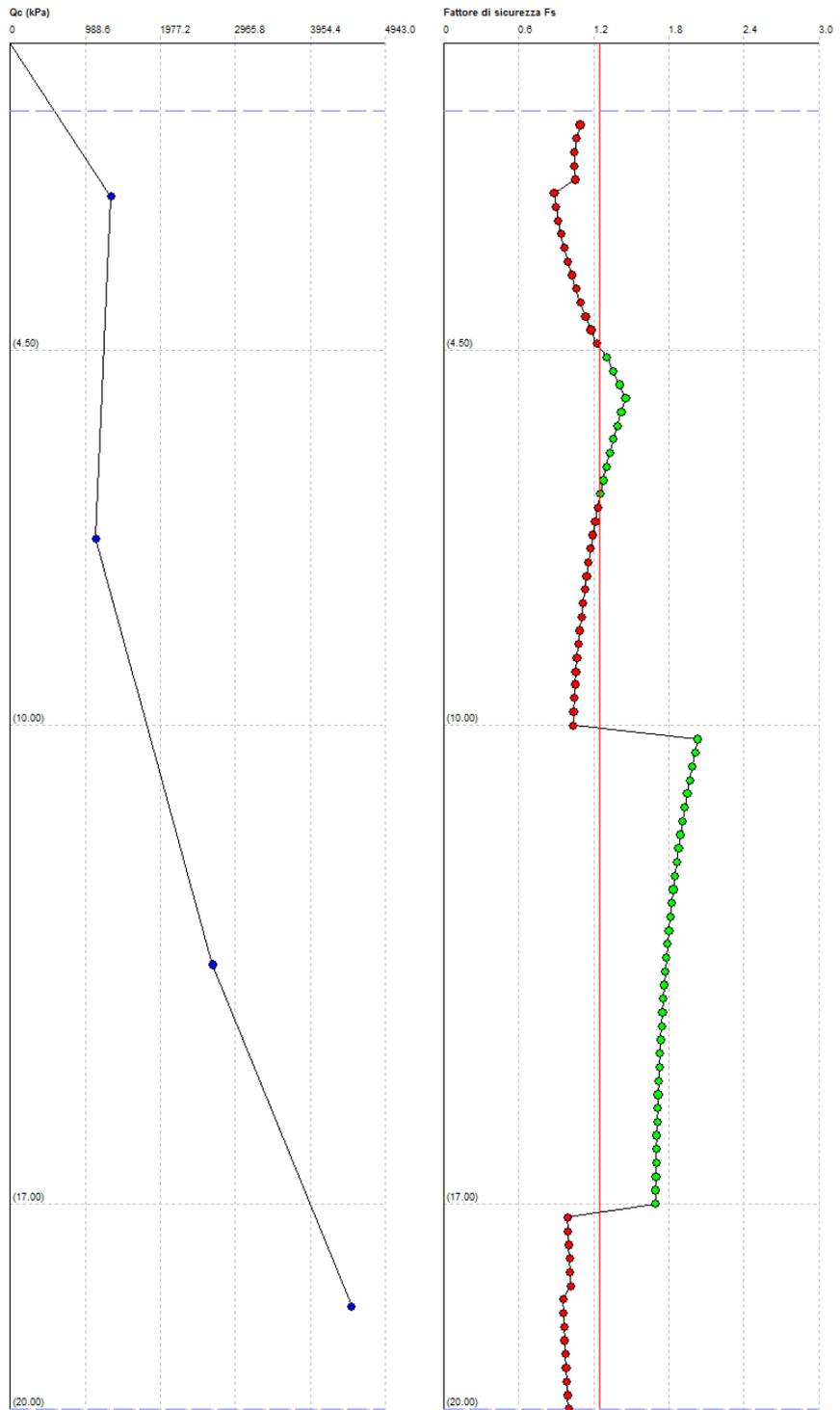
7.20	138.243	77.442	12.808	5.418	3.066	1.291293	109.537	0.945	0.202	0.170	1.193	suscettibile	0.00	Molto basso
7.40	142.061	79.298	12.460	5.439	3.076	1.261059	108.750	0.943	0.200	0.170	1.175	suscettibile	0.00	Molto basso
7.60	145.879	81.155	12.128	5.460	3.086	1.232208	107.991	0.942	0.197	0.170	1.158	suscettibile	0.00	Molto basso
7.80	149.697	83.012	11.811	5.481	3.096	1.204648	107.259	0.940	0.195	0.170	1.143	suscettibile	0.00	Molto basso
8.00	153.515	84.868	11.507	5.503	3.106	1.178294	106.554	0.939	0.193	0.171	1.128	suscettibile	0.00	Molto basso
8.20	157.333	86.725	11.217	5.524	3.116	1.153068	105.873	0.937	0.190	0.171	1.114	suscettibile	0.00	Molto basso
8.40	161.151	88.582	10.939	5.546	3.125	1.1289	105.215	0.936	0.188	0.171	1.101	suscettibile	0.00	Molto basso
8.60	164.969	90.438	10.672	5.568	3.135	1.105724	104.579	0.934	0.186	0.171	1.088	suscettibile	0.00	Molto basso
8.80	168.787	92.295	10.416	5.590	3.144	1.083481	103.964	0.933	0.185	0.171	1.076	suscettibile	0.00	Molto basso
9.00	172.605	94.152	10.170	5.612	3.153	1.062114	103.370	0.931	0.183	0.172	1.065	suscettibile	0.00	Molto basso
9.20	176.423	96.008	9.933	5.635	3.162	1.041575	102.794	0.928	0.181	0.171	1.056	suscettibile	0.00	Molto basso
9.40	180.241	97.865	9.706	5.658	3.171	1.021814	102.237	0.923	0.179	0.171	1.050	suscettibile	0.00	Molto basso
9.60	184.059	99.722	9.487	5.680	3.180	1.00279	101.697	0.918	0.178	0.170	1.044	suscettibile	0.00	Molto basso
9.80	187.877	101.579	9.276	5.703	3.189	0.9844604	101.174	0.912	0.176	0.170	1.039	suscettibile	0.00	Molto basso
10.00	191.695	103.435	9.073	5.727	3.197	0.9667892	100.667	0.907	0.175	0.169	1.035	suscettibile	0.00	Molto basso
10.20	195.803	105.582	23.373	5.798	2.889	0.9471326	141.161	0.902	0.342	0.168	2.032	non suscettibile	0	Molto basso
10.40	199.911	107.729	22.869	5.808	2.897	0.9282596	140.119	0.896	0.336	0.167	2.009	non suscettibile	0	Molto basso
10.60	204.019	109.875	22.385	5.817	2.904	0.9101238	139.109	0.891	0.330	0.166	1.987	non suscettibile	0	Molto basso
10.80	208.127	112.022	21.920	5.827	2.911	0.892683	138.128	0.886	0.325	0.165	1.966	non suscettibile	0	Molto basso
11.00	212.235	114.169	21.471	5.837	2.918	0.8758982	137.176	0.880	0.320	0.164	1.946	non suscettibile	0	Molto basso
11.20	216.343	116.315	21.040	5.847	2.925	0.859733	136.251	0.875	0.315	0.164	1.927	non suscettibile	0	Molto basso
11.40	220.451	118.462	20.624	5.856	2.932	0.8441536	135.352	0.870	0.311	0.163	1.909	non suscettibile	0	Molto basso
11.60	224.559	120.609	20.223	5.866	2.939	0.8291287	134.477	0.864	0.306	0.162	1.893	non suscettibile	0	Molto basso
11.80	228.667	122.755	19.836	5.876	2.946	0.8146295	133.626	0.859	0.302	0.161	1.877	non suscettibile	0	Molto basso
12.00	232.775	124.902	19.462	5.886	2.952	0.8006286	132.798	0.854	0.298	0.160	1.862	non suscettibile	0	Molto basso
12.20	236.883	127.049	19.101	5.896	2.959	0.7871008	131.991	0.848	0.294	0.159	1.848	non suscettibile	0	Molto basso
12.40	240.991	129.195	18.751	5.906	2.965	0.7740226	131.204	0.843	0.290	0.158	1.835	non suscettibile	0	Molto basso
12.60	245.099	131.342	18.414	5.916	2.971	0.7613718	130.437	0.838	0.286	0.157	1.823	non suscettibile	0	Molto basso
12.80	249.207	133.489	18.087	5.926	2.978	0.749128	129.689	0.832	0.283	0.156	1.811	non suscettibile	0	Molto basso
13.00	253.315	135.635	17.770	5.936	2.984	0.7372718	128.960	0.827	0.279	0.155	1.800	non suscettibile	0	Molto basso
13.20	257.423	137.782	17.464	5.946	2.990	0.7257848	128.247	0.822	0.276	0.154	1.790	non suscettibile	0	Molto basso
13.40	261.531	139.929	17.166	5.957	2.996	0.7146504	127.552	0.816	0.273	0.153	1.780	non suscettibile	0	Molto basso
13.60	265.639	142.075	16.878	5.967	3.002	0.7038525	126.873	0.811	0.270	0.152	1.771	non suscettibile	0	Molto basso
13.80	269.747	144.222	16.598	5.977	3.008	0.693376	126.209	0.806	0.267	0.151	1.763	non suscettibile	0	Molto basso
14.00	273.855	146.369	16.327	5.987	3.014	0.6832069	125.560	0.800	0.264	0.150	1.755	non suscettibile	0	Molto basso
14.20	277.963	148.515	16.063	5.998	3.020	0.6733316	124.926	0.795	0.261	0.150	1.748	non suscettibile	0	Molto basso
14.40	282.071	150.662	15.807	6.008	3.025	0.6637378	124.306	0.790	0.259	0.149	1.741	non suscettibile	0	Molto basso
14.60	286.179	152.809	15.558	6.018	3.031	0.6544135	123.699	0.784	0.256	0.148	1.734	non suscettibile	0	Molto basso
14.80	290.287	154.955	15.316	6.029	3.037	0.6453477	123.105	0.779	0.254	0.147	1.728	non suscettibile	0	Molto basso

15.00	294.395	157.102	15.081	6.039	3.042	0.6365295	122.523	0.774	0.251	0.146	1.723	non suscettibile	0	Molto basso
15.20	298.503	159.249	14.852	6.050	3.048	0.627949	121.954	0.768	0.249	0.145	1.718	non suscettibile	0	Molto basso
15.40	302.611	161.395	14.629	6.060	3.053	0.619597	121.396	0.763	0.246	0.144	1.714	non suscettibile	0	Molto basso
15.60	306.719	163.542	14.411	6.071	3.059	0.611464	120.850	0.757	0.244	0.143	1.710	non suscettibile	0	Molto basso
15.80	310.827	165.689	14.200	6.081	3.064	0.6035419	120.315	0.752	0.242	0.142	1.706	non suscettibile	0	Molto basso
16.00	314.935	167.835	13.994	6.092	3.069	0.5958224	119.790	0.747	0.240	0.141	1.703	non suscettibile	0	Molto basso
16.20	319.043	169.982	13.793	6.103	3.075	0.5882978	119.275	0.741	0.238	0.140	1.700	non suscettibile	0	Molto basso
16.40	323.151	172.129	13.597	6.113	3.080	0.580961	118.771	0.736	0.236	0.139	1.698	non suscettibile	0	Molto basso
16.60	327.259	174.275	13.406	6.124	3.085	0.5738049	118.276	0.731	0.234	0.138	1.696	non suscettibile	0	Molto basso
16.80	331.367	176.422	13.220	6.135	3.090	0.5668229	117.791	0.725	0.232	0.137	1.694	non suscettibile	0	Molto basso
17.00	335.475	178.569	13.038	6.146	3.095	0.5600089	117.314	0.720	0.230	0.136	1.692	non suscettibile	0	Molto basso
17.20	339.789	180.921	33.408	1.794	2.441	0.7434558	83.147	0.715	0.133	0.135	0.989	suscettibile	1.07	Basso
17.40	344.103	183.274	33.193	1.796	2.444	0.7386686	82.985	0.709	0.133	0.134	0.994	suscettibile	0.54	Basso
17.60	348.417	185.627	32.982	1.798	2.446	0.7339726	82.827	0.704	0.133	0.133	1.000	suscettibile	0.00	Molto basso
17.80	352.731	187.979	32.775	1.800	2.449	0.7293652	82.671	0.699	0.133	0.132	1.006	suscettibile	0.00	Molto basso
18.00	357.045	190.332	32.572	1.802	2.451	0.7248433	82.519	0.693	0.132	0.131	1.012	suscettibile	0.00	Molto basso
18.20	361.359	192.685	32.372	1.804	2.454	0.7204046	82.370	0.688	0.132	0.130	1.017	suscettibile	0.00	Molto basso
18.40	365.673	195.037	21.165	1.806	2.604	0.5127224	77.156	0.683	0.123	0.129	0.954	suscettibile	4.59	Basso
18.60	369.987	197.390	20.891	1.807	2.609	0.5066114	76.931	0.677	0.122	0.128	0.959	suscettibile	4.12	Basso
18.80	374.301	199.743	20.623	1.809	2.613	0.5006443	76.709	0.672	0.122	0.127	0.964	suscettibile	3.63	Basso
19.00	378.615	202.095	20.362	1.811	2.618	0.4948161	76.493	0.667	0.122	0.126	0.969	suscettibile	3.12	Basso
19.20	382.929	204.448	20.106	1.813	2.623	0.489122	76.281	0.661	0.121	0.125	0.974	suscettibile	2.59	Basso
19.40	387.243	206.801	19.857	1.815	2.628	0.4835575	76.073	0.656	0.121	0.123	0.979	suscettibile	2.05	Basso
19.60	391.557	209.153	19.613	1.817	2.632	0.4781182	75.869	0.651	0.121	0.122	0.985	suscettibile	1.49	Basso
19.80	395.871	211.506	19.374	1.819	2.637	0.4727998	75.670	0.645	0.120	0.121	0.991	suscettibile	0.92	Basso
20.00	400.185	213.859	19.141	1.821	2.642	0.4675986	75.474	0.640	0.120	0.120	0.997	suscettibile	0.33	Basso

IPL (Iwasaki)=0.74 Zcrit=20 m Rischio=Basso

<FIELD1>
<FIELD2>
<FIELD3>
<FIELD4>

1.84



PROVA PENETROMETRICA CPT2

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)
1	Argilla inorganica compatta	0	4.5	18.9	19.69	1539.15	74.92
2	Argilla inorganica compatta	4.5	10	18.38	19.16	1175.62	57.66
3	Argilla inorganica molto compatta	10	17	19.77	20.55	2677.51	137.49
4	Sabbie	17	20	18.63	21.57	7357.15	96.79

Correzione per la magnitudo (MSF)

1.67

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qcl (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1.20	22.838	20.877	49.835	4.941	2.609	1.7	88.419	0.991	0.144	0.109	1.324	non suscettibile	0	Molto basso
1.40	26.776	22.853	46.566	4.954	2.629	1.7	91.890	0.989	0.152	0.117	1.306	non suscettibile	0	Molto basso
1.60	30.714	24.830	43.757	4.967	2.649	1.7	95.224	0.988	0.160	0.123	1.305	non suscettibile	0	Molto basso
1.80	34.652	26.807	41.314	4.980	2.667	1.7	98.436	0.986	0.169	0.128	1.317	non suscettibile	0	Molto basso
2.00	38.590	28.783	39.167	4.993	2.684	1.7	101.539	0.985	0.177	0.133	1.337	non suscettibile	0	Molto basso
2.20	42.528	30.760	48.655	5.006	2.620	1.7	90.267	0.983	0.148	0.137	1.086	suscettibile	0.00	Molto basso
2.40	46.466	32.737	45.597	5.019	2.640	1.7	93.664	0.982	0.156	0.140	1.117	suscettibile	0.00	Molto basso
2.60	50.404	34.713	42.887	5.032	2.659	1.7	97.013	0.980	0.165	0.143	1.153	suscettibile	0.00	Molto basso
2.80	54.342	36.690	40.469	5.046	2.677	1.7	100.318	0.979	0.174	0.146	1.194	suscettibile	0.00	Molto basso
3.00	58.280	38.667	38.298	5.059	2.695	1.7	103.581	0.977	0.183	0.148	1.239	suscettibile	0.00	Molto basso
3.20	62.218	40.643	36.339	5.073	2.712	1.7	106.804	0.976	0.193	0.150	1.288	non suscettibile	0	Molto basso
3.40	66.156	42.620	34.561	5.086	2.728	1.7	109.989	0.974	0.204	0.152	1.341	non suscettibile	0	Molto basso
3.60	70.094	44.597	32.941	5.100	2.744	1.7	113.138	0.972	0.215	0.154	1.397	non suscettibile	0	Molto basso
3.80	74.032	46.573	31.458	5.114	2.759	1.7	116.253	0.971	0.226	0.155	1.458	non suscettibile	0	Molto basso
4.00	77.970	48.550	30.096	5.127	2.773	1.7	119.335	0.969	0.238	0.156	1.521	non suscettibile	0	Molto basso
4.20	81.908	50.527	28.841	5.141	2.787	1.7	122.386	0.968	0.250	0.158	1.588	non suscettibile	0	Molto basso
4.40	85.846	52.503	27.680	5.155	2.801	1.7	125.408	0.966	0.263	0.159	1.659	non suscettibile	0	Molto basso
4.60	89.731	54.427	19.951	5.310	2.914	1.7	116.683	0.965	0.228	0.160	1.424	non suscettibile	0	Molto basso
4.80	93.563	56.298	19.220	5.329	2.927	1.7	119.320	0.963	0.238	0.161	1.479	non suscettibile	0	Molto basso
5.00	97.395	58.168	18.536	5.348	2.940	1.7	121.937	0.962	0.249	0.162	1.536	non suscettibile	0	Molto basso
5.20	101.227	60.039	17.895	5.367	2.953	1.665582	122.014	0.960	0.249	0.163	1.530	non suscettibile	0	Molto basso
5.40	105.059	61.910	17.292	5.386	2.965	1.615255	120.778	0.959	0.244	0.164	1.491	non suscettibile	0	Molto basso
5.60	108.891	63.780	16.725	5.405	2.977	1.56788	119.599	0.957	0.239	0.164	1.456	non suscettibile	0	Molto basso
5.80	112.723	65.651	16.190	5.425	2.988	1.523204	118.472	0.956	0.235	0.165	1.423	non suscettibile	0	Molto basso
6.00	116.555	67.522	15.685	5.444	3.000	1.481004	117.394	0.954	0.230	0.166	1.392	non suscettibile	0	Molto basso
6.20	120.387	69.392	15.207	5.464	3.011	1.441079	116.361	0.953	0.227	0.166	1.364	non suscettibile	0	Molto basso
6.40	124.219	71.263	14.754	5.484	3.022	1.403251	115.371	0.951	0.223	0.167	1.337	non suscettibile	0	Molto basso
6.60	128.051	73.134	14.324	5.504	3.033	1.367358	114.420	0.950	0.219	0.167	1.312	non suscettibile	0	Molto basso
6.80	131.883	75.004	13.916	5.524	3.044	1.333254	113.507	0.948	0.216	0.168	1.289	non suscettibile	0	Molto basso
7.00	135.715	76.875	13.527	5.545	3.054	1.300811	112.629	0.946	0.213	0.168	1.267	non suscettibile	0	Molto basso

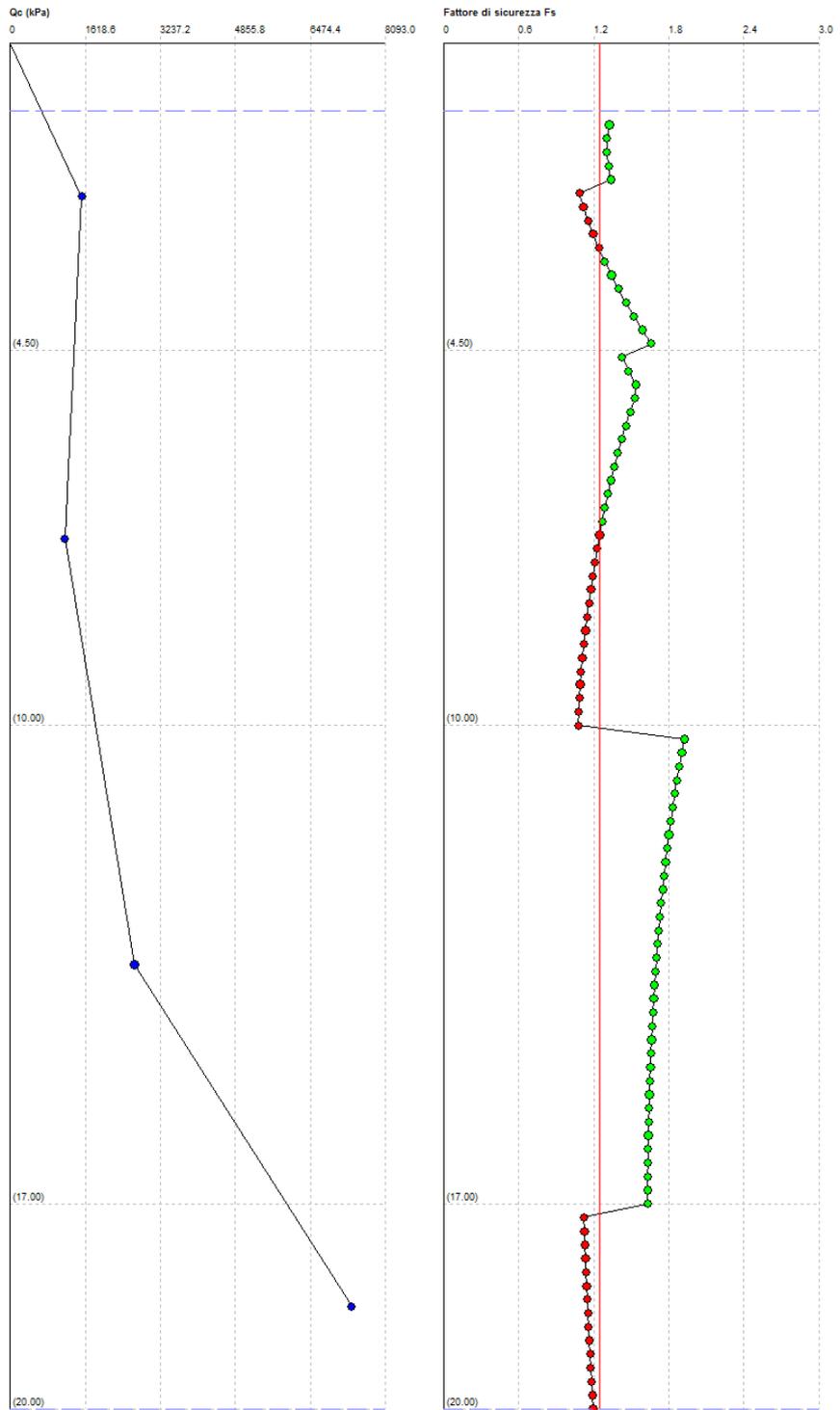
7.20	139.547	78.746	13.157	5.565	3.064	1.269909	111.784	0.945	0.210	0.168	1.247	suscettibile	0.00	Molto basso
7.40	143.379	80.616	12.804	5.586	3.074	1.240442	110.971	0.943	0.207	0.169	1.228	suscettibile	0.00	Molto basso
7.60	147.211	82.487	12.468	5.607	3.084	1.212311	110.186	0.942	0.204	0.169	1.210	suscettibile	0.00	Molto basso
7.80	151.043	84.358	12.146	5.628	3.094	1.185427	109.430	0.940	0.202	0.169	1.193	suscettibile	0.00	Molto basso
8.00	154.875	86.228	11.838	5.649	3.104	1.15971	108.699	0.939	0.199	0.169	1.177	suscettibile	0.00	Molto basso
8.20	158.707	88.099	11.543	5.670	3.113	1.135085	107.994	0.937	0.197	0.170	1.162	suscettibile	0.00	Molto basso
8.40	162.539	89.970	11.260	5.692	3.123	1.111484	107.312	0.936	0.195	0.170	1.147	suscettibile	0.00	Molto basso
8.60	166.371	91.840	10.989	5.713	3.132	1.088845	106.653	0.934	0.193	0.170	1.134	suscettibile	0.00	Molto basso
8.80	170.203	93.711	10.729	5.735	3.141	1.067109	106.016	0.933	0.191	0.170	1.121	suscettibile	0.00	Molto basso
9.00	174.035	95.582	10.479	5.757	3.150	1.046224	105.399	0.931	0.189	0.170	1.108	suscettibile	0.00	Molto basso
9.20	177.867	97.452	10.238	5.779	3.159	1.026141	104.801	0.928	0.187	0.170	1.098	suscettibile	0.00	Molto basso
9.40	181.699	99.323	10.007	5.801	3.168	1.006815	104.222	0.923	0.185	0.170	1.092	suscettibile	0.00	Molto basso
9.60	185.531	101.194	9.784	5.824	3.176	0.9882028	103.661	0.918	0.184	0.169	1.086	suscettibile	0.00	Molto basso
9.80	189.363	103.065	9.569	5.846	3.185	0.9702663	103.117	0.912	0.182	0.168	1.080	suscettibile	0.00	Molto basso
10.00	193.195	104.935	9.362	5.869	3.193	0.9529694	102.590	0.907	0.180	0.168	1.075	suscettibile	0.00	Molto basso
10.20	197.305	107.084	23.161	5.543	2.879	0.9338478	137.404	0.902	0.321	0.167	1.924	non suscettibile	0	Molto basso
10.40	201.415	109.233	22.668	5.553	2.886	0.9154785	136.420	0.896	0.316	0.166	1.903	non suscettibile	0	Molto basso
10.60	205.525	111.381	22.194	5.562	2.894	0.8978179	135.465	0.891	0.311	0.165	1.883	non suscettibile	0	Molto basso
10.80	209.635	113.530	21.738	5.571	2.901	0.8808257	134.538	0.886	0.306	0.164	1.864	non suscettibile	0	Molto basso
11.00	213.745	115.679	21.298	5.580	2.908	0.8644648	133.638	0.880	0.302	0.164	1.847	non suscettibile	0	Molto basso
11.20	217.855	117.827	20.875	5.590	2.915	0.8487007	132.762	0.875	0.298	0.163	1.830	non suscettibile	0	Molto basso
11.40	221.965	119.976	20.467	5.599	2.921	0.8335012	131.911	0.870	0.293	0.162	1.815	non suscettibile	0	Molto basso
11.60	226.075	122.125	20.073	5.609	2.928	0.8188364	131.083	0.864	0.289	0.161	1.800	non suscettibile	0	Molto basso
11.80	230.185	124.273	19.693	5.618	2.935	0.8046787	130.277	0.859	0.286	0.160	1.786	non suscettibile	0	Molto basso
12.00	234.295	126.422	19.326	5.627	2.941	0.7910025	129.492	0.854	0.282	0.159	1.773	non suscettibile	0	Molto basso
12.20	238.405	128.571	18.971	5.637	2.948	0.7777832	128.727	0.848	0.278	0.158	1.761	non suscettibile	0	Molto basso
12.40	242.515	130.719	18.628	5.646	2.954	0.7649986	127.981	0.843	0.275	0.157	1.749	non suscettibile	0	Molto basso
12.60	246.625	132.868	18.296	5.656	2.960	0.7526274	127.254	0.838	0.272	0.156	1.738	non suscettibile	0	Molto basso
12.80	250.735	135.017	17.974	5.666	2.967	0.74065	126.545	0.832	0.268	0.155	1.728	non suscettibile	0	Molto basso
13.00	254.845	137.165	17.662	5.675	2.973	0.729048	125.852	0.827	0.265	0.154	1.718	non suscettibile	0	Molto basso
13.20	258.955	139.314	17.360	5.685	2.979	0.7178037	125.176	0.822	0.262	0.154	1.709	non suscettibile	0	Molto basso
13.40	263.065	141.463	17.068	5.694	2.985	0.7069008	124.516	0.816	0.260	0.153	1.701	non suscettibile	0	Molto basso
13.60	267.175	143.611	16.784	5.704	2.991	0.6963244	123.871	0.811	0.257	0.152	1.693	non suscettibile	0	Molto basso
13.80	271.285	145.760	16.508	5.714	2.997	0.6860598	123.241	0.806	0.254	0.151	1.686	non suscettibile	0	Molto basso
14.00	275.395	147.909	16.241	5.724	3.003	0.6760933	122.624	0.800	0.251	0.150	1.679	non suscettibile	0	Molto basso
14.20	279.505	150.057	15.981	5.734	3.008	0.6664125	122.022	0.795	0.249	0.149	1.673	non suscettibile	0	Molto basso
14.40	283.615	152.206	15.728	5.743	3.014	0.6570048	121.432	0.790	0.247	0.148	1.667	non suscettibile	0	Molto basso
14.60	287.725	154.355	15.482	5.753	3.020	0.647859	120.855	0.784	0.244	0.147	1.662	non suscettibile	0	Molto basso
14.80	291.835	156.503	15.244	5.763	3.025	0.6389644	120.290	0.779	0.242	0.146	1.657	non suscettibile	0	Molto basso

15.00	295.945	158.652	15.011	5.773	3.031	0.6303108	119.737	0.774	0.240	0.145	1.652	non suscettibile	0	Molto basso
15.20	300.055	160.801	14.785	5.783	3.036	0.6218883	119.195	0.768	0.237	0.144	1.648	non suscettibile	0	Molto basso
15.40	304.165	162.949	14.565	5.793	3.042	0.613688	118.665	0.763	0.235	0.143	1.645	non suscettibile	0	Molto basso
15.60	308.275	165.098	14.350	5.803	3.047	0.6057011	118.145	0.757	0.233	0.142	1.641	non suscettibile	0	Molto basso
15.80	312.385	167.247	14.142	5.813	3.053	0.5979195	117.635	0.752	0.231	0.141	1.639	non suscettibile	0	Molto basso
16.00	316.495	169.395	13.938	5.823	3.058	0.5903353	117.136	0.747	0.229	0.140	1.636	non suscettibile	0	Molto basso
16.20	320.605	171.544	13.739	5.833	3.063	0.5829411	116.646	0.741	0.228	0.139	1.634	non suscettibile	0	Molto basso
16.40	324.715	173.693	13.546	5.844	3.068	0.5757298	116.166	0.736	0.226	0.138	1.632	non suscettibile	0	Molto basso
16.60	328.825	175.841	13.357	5.854	3.073	0.5686947	115.694	0.731	0.224	0.137	1.631	non suscettibile	0	Molto basso
16.80	332.935	177.990	13.173	5.864	3.078	0.5618296	115.232	0.725	0.222	0.136	1.630	non suscettibile	0	Molto basso
17.00	337.045	180.139	12.993	5.874	3.084	0.5551281	114.778	0.720	0.221	0.135	1.629	non suscettibile	0	Molto basso
17.20	341.359	182.491	54.461	1.380	2.203	0.7402508	91.243	0.715	0.151	0.134	1.121	suscettibile	0.00	Molto basso
17.40	345.673	184.844	54.114	1.380	2.206	0.7355249	90.977	0.709	0.150	0.133	1.125	suscettibile	0.00	Molto basso
17.60	349.987	187.197	53.773	1.381	2.208	0.7308882	90.716	0.704	0.149	0.132	1.129	suscettibile	0.00	Molto basso
17.80	354.301	189.549	53.438	1.382	2.210	0.7263383	90.461	0.699	0.149	0.131	1.134	suscettibile	0.00	Molto basso
18.00	358.615	191.902	53.109	1.383	2.213	0.7218722	90.210	0.693	0.148	0.130	1.138	suscettibile	0.00	Molto basso
18.20	362.929	194.255	52.787	1.384	2.215	0.7174875	89.965	0.688	0.148	0.129	1.143	suscettibile	0.00	Molto basso
18.40	367.243	196.607	52.470	1.385	2.217	0.7131817	89.725	0.683	0.147	0.128	1.148	suscettibile	0.00	Molto basso
18.60	371.557	198.960	52.159	1.386	2.219	0.7089525	89.489	0.677	0.147	0.127	1.153	suscettibile	0.00	Molto basso
18.80	375.871	201.313	51.853	1.386	2.222	0.7047977	89.259	0.672	0.146	0.126	1.159	suscettibile	0.00	Molto basso
19.00	380.185	203.665	51.553	1.387	2.224	0.7007151	89.032	0.667	0.146	0.125	1.164	suscettibile	0.00	Molto basso
19.20	384.499	206.018	51.257	1.388	2.226	0.6967026	88.810	0.661	0.145	0.124	1.170	suscettibile	0.00	Molto basso
19.40	388.813	208.371	50.967	1.389	2.228	0.6927583	88.592	0.656	0.145	0.123	1.176	suscettibile	0.00	Molto basso
19.60	393.127	210.723	50.682	1.390	2.230	0.6888802	88.378	0.651	0.144	0.122	1.182	suscettibile	0.00	Molto basso
19.80	397.441	213.076	50.401	1.391	2.232	0.6850665	88.168	0.645	0.144	0.121	1.188	suscettibile	0.00	Molto basso
20.00	401.755	215.429	50.125	1.392	2.234	0.6813155	87.962	0.640	0.143	0.120	1.194	suscettibile	0.00	Molto basso

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

<FIELD1>
<FIELD2>
<FIELD3>
<FIELD4>

1:84



PROVA PENETROMETRICA CPT3

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)
1	Argilla inorganica compatta	0	4	18.99	19.78	1617.61	67.67
2	Argilla inorganica compatta	4	9	18.38	19.16	1169.54	54.62
3	Argilla inorganica molto compatta	9	18	19.56	20.34	2377.43	115.91
4	Sabbie	18	20	17.65	20.59	3676.61	75.22

Correzione per la magnitudo (MSF)

1.67

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qcl (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1.20	22.946	20.985	52.173	4.244	2.547	1.7	82.930	0.991	0.133	0.109	1.222	suscettibile	0.00	Molto basso
1.40	26.902	22.979	48.738	4.254	2.568	1.7	86.232	0.989	0.140	0.116	1.199	suscettibile	0.00	Molto basso
1.60	30.858	24.974	45.789	4.265	2.588	1.7	89.411	0.988	0.146	0.123	1.194	suscettibile	0.00	Molto basso
1.80	34.814	26.969	43.224	4.275	2.606	1.7	92.479	0.986	0.154	0.128	1.200	suscettibile	0.00	Molto basso
2.00	38.770	28.963	40.972	4.286	2.623	1.7	95.449	0.985	0.161	0.132	1.214	suscettibile	0.00	Molto basso
2.20	42.726	30.958	38.976	4.297	2.639	1.7	98.328	0.983	0.168	0.136	1.235	suscettibile	0.00	Molto basso
2.40	46.682	32.953	37.193	4.308	2.655	1.7	101.125	0.982	0.176	0.140	1.260	non suscettibile	0	Molto basso
2.60	50.638	34.947	35.589	4.319	2.669	1.7	103.845	0.980	0.184	0.143	1.290	non suscettibile	0	Molto basso
2.80	54.594	36.942	42.310	4.329	2.616	1.7	94.269	0.979	0.158	0.145	1.086	suscettibile	0.00	Molto basso
3.00	58.550	38.937	40.041	4.340	2.634	1.7	97.387	0.977	0.166	0.148	1.123	suscettibile	0.00	Molto basso
3.20	62.506	40.931	37.993	4.351	2.651	1.7	100.473	0.976	0.174	0.150	1.164	suscettibile	0.00	Molto basso
3.40	66.462	42.926	36.135	4.363	2.667	1.7	103.526	0.974	0.183	0.152	1.208	suscettibile	0.00	Molto basso
3.60	70.418	44.921	34.443	4.374	2.683	1.7	106.549	0.972	0.192	0.153	1.256	non suscettibile	0	Molto basso
3.80	74.374	46.915	32.894	4.385	2.698	1.7	109.543	0.971	0.202	0.155	1.307	non suscettibile	0	Molto basso
4.00	78.330	48.910	31.472	4.396	2.713	1.7	112.510	0.969	0.212	0.156	1.361	non suscettibile	0	Molto basso
4.20	82.162	50.781	21.413	5.023	2.875	1.7	108.549	0.968	0.199	0.157	1.264	non suscettibile	0	Molto basso
4.40	85.994	52.651	20.580	5.041	2.889	1.7	111.185	0.966	0.208	0.159	1.310	non suscettibile	0	Molto basso
4.60	89.826	54.522	19.803	5.059	2.903	1.7	113.799	0.965	0.217	0.160	1.358	non suscettibile	0	Molto basso
4.80	93.658	56.393	19.078	5.077	2.916	1.7	116.393	0.963	0.227	0.161	1.409	non suscettibile	0	Molto basso
5.00	97.490	58.263	18.400	5.095	2.929	1.7	118.968	0.962	0.237	0.162	1.463	non suscettibile	0	Molto basso
5.20	101.322	60.134	17.764	5.113	2.941	1.662951	118.876	0.960	0.236	0.163	1.453	non suscettibile	0	Molto basso
5.40	105.154	62.005	17.166	5.132	2.953	1.61278	117.699	0.959	0.232	0.163	1.417	non suscettibile	0	Molto basso
5.60	108.986	63.875	16.603	5.150	2.965	1.565548	116.575	0.957	0.227	0.164	1.385	non suscettibile	0	Molto basso
5.80	112.818	65.746	16.073	5.169	2.977	1.521003	115.501	0.956	0.223	0.165	1.355	non suscettibile	0	Molto basso
6.00	116.650	67.617	15.571	5.188	2.989	1.478923	114.474	0.954	0.220	0.165	1.327	non suscettibile	0	Molto basso
6.20	120.482	69.487	15.097	5.207	3.000	1.43911	113.489	0.953	0.216	0.166	1.301	non suscettibile	0	Molto basso
6.40	124.314	71.358	14.648	5.226	3.011	1.401383	112.546	0.951	0.213	0.167	1.276	non suscettibile	0	Molto basso
6.60	128.146	73.229	14.221	5.245	3.022	1.365584	111.640	0.950	0.209	0.167	1.254	non suscettibile	0	Molto basso
6.80	131.978	75.099	13.816	5.264	3.032	1.331568	110.770	0.948	0.206	0.167	1.233	suscettibile	0.00	Molto basso
7.00	135.810	76.970	13.430	5.284	3.043	1.299206	109.933	0.946	0.204	0.168	1.213	suscettibile	0.00	Molto basso

7.20	139.642	78.841	13.063	5.303	3.053	1.268379	109.128	0.945	0.201	0.168	1.194	suscettibile	0.00	Molto basso
7.40	143.474	80.711	12.713	5.323	3.063	1.238982	108.352	0.943	0.198	0.169	1.176	suscettibile	0.00	Molto basso
7.60	147.306	82.582	12.378	5.343	3.073	1.210916	107.604	0.942	0.196	0.169	1.160	suscettibile	0.00	Molto basso
7.80	151.138	84.453	12.059	5.363	3.083	1.184094	106.883	0.940	0.194	0.169	1.144	suscettibile	0.00	Molto basso
8.00	154.970	86.323	11.753	5.384	3.093	1.158434	106.187	0.939	0.191	0.169	1.130	suscettibile	0.00	Molto basso
8.20	158.802	88.194	11.460	5.404	3.102	1.133862	105.515	0.937	0.189	0.170	1.116	suscettibile	0.00	Molto basso
8.40	162.634	90.065	11.180	5.425	3.112	1.110312	104.865	0.936	0.187	0.170	1.102	suscettibile	0.00	Molto basso
8.60	166.466	91.935	10.911	5.445	3.121	1.08772	104.237	0.934	0.185	0.170	1.090	suscettibile	0.00	Molto basso
8.80	170.298	93.806	10.652	5.466	3.130	1.066028	103.630	0.933	0.183	0.170	1.078	suscettibile	0.00	Molto basso
9.00	174.130	95.677	10.404	5.487	3.139	1.045185	103.042	0.931	0.182	0.170	1.067	suscettibile	0.00	Molto basso
9.20	178.198	97.783	22.491	5.270	2.873	1.022668	132.335	0.928	0.296	0.170	1.738	non suscettibile	0	Molto basso
9.40	182.266	99.890	21.976	5.280	2.881	1.0011	131.345	0.923	0.291	0.169	1.717	non suscettibile	0	Molto basso
9.60	186.334	101.997	21.482	5.290	2.889	0.9804227	130.385	0.918	0.286	0.169	1.698	non suscettibile	0	Molto basso
9.80	190.402	104.104	21.008	5.300	2.897	0.9605826	129.456	0.912	0.282	0.168	1.680	non suscettibile	0	Molto basso
10.00	194.470	106.210	20.553	5.310	2.905	0.9415296	128.555	0.907	0.278	0.167	1.663	non suscettibile	0	Molto basso
10.20	198.538	108.317	20.116	5.320	2.912	0.9232177	127.680	0.902	0.274	0.166	1.647	non suscettibile	0	Molto basso
10.40	202.606	110.424	19.695	5.330	2.919	0.9056043	126.832	0.896	0.270	0.165	1.632	non suscettibile	0	Molto basso
10.60	206.674	112.530	19.290	5.340	2.927	0.8886506	126.008	0.891	0.266	0.164	1.618	non suscettibile	0	Molto basso
10.80	210.742	114.637	18.900	5.350	2.934	0.87232	125.207	0.886	0.263	0.164	1.604	non suscettibile	0	Molto basso
11.00	214.810	116.744	18.525	5.360	2.941	0.8565788	124.429	0.880	0.259	0.163	1.592	non suscettibile	0	Molto basso
11.20	218.878	118.850	18.162	5.370	2.948	0.8413954	123.672	0.875	0.256	0.162	1.580	non suscettibile	0	Molto basso
11.40	222.946	120.957	17.812	5.380	2.955	0.8267412	122.935	0.870	0.253	0.161	1.569	non suscettibile	0	Molto basso
11.60	227.014	123.064	17.474	5.390	2.962	0.8125885	122.217	0.864	0.250	0.160	1.559	non suscettibile	0	Molto basso
11.80	231.082	125.170	17.147	5.400	2.968	0.7989122	121.518	0.859	0.247	0.159	1.549	non suscettibile	0	Molto basso
12.00	235.150	127.277	16.832	5.411	2.975	0.7856888	120.837	0.854	0.244	0.159	1.540	non suscettibile	0	Molto basso
12.20	239.218	129.384	16.526	5.421	2.981	0.772896	120.172	0.848	0.241	0.158	1.531	non suscettibile	0	Molto basso
12.40	243.286	131.490	16.230	5.431	2.988	0.760513	119.525	0.843	0.239	0.157	1.523	non suscettibile	0	Molto basso
12.60	247.354	133.597	15.944	5.442	2.994	0.7485205	118.892	0.838	0.236	0.156	1.516	non suscettibile	0	Molto basso
12.80	251.422	135.704	15.667	5.452	3.001	0.7369004	118.276	0.832	0.234	0.155	1.509	non suscettibile	0	Molto basso
13.00	255.490	137.810	15.398	5.462	3.007	0.7256356	117.673	0.827	0.232	0.154	1.503	non suscettibile	0	Molto basso
13.20	259.558	139.917	15.137	5.473	3.013	0.71471	117.085	0.822	0.229	0.153	1.497	non suscettibile	0	Molto basso
13.40	263.626	142.024	14.883	5.483	3.019	0.7041085	116.510	0.816	0.227	0.152	1.491	non suscettibile	0	Molto basso
13.60	267.694	144.130	14.638	5.494	3.025	0.6938171	115.948	0.811	0.225	0.151	1.486	non suscettibile	0	Molto basso
13.80	271.762	146.237	14.399	5.505	3.031	0.6838219	115.398	0.806	0.223	0.150	1.481	non suscettibile	0	Molto basso
14.00	275.830	148.344	14.167	5.515	3.037	0.6741108	114.861	0.800	0.221	0.150	1.477	non suscettibile	0	Molto basso
14.20	279.898	150.450	13.942	5.526	3.043	0.6646717	114.335	0.795	0.219	0.149	1.473	non suscettibile	0	Molto basso
14.40	283.966	152.557	13.723	5.537	3.049	0.6554931	113.821	0.790	0.217	0.148	1.470	non suscettibile	0	Molto basso
14.60	288.034	154.664	13.509	5.548	3.055	0.6465646	113.318	0.784	0.215	0.147	1.467	non suscettibile	0	Molto basso
14.80	292.102	156.770	13.302	5.558	3.060	0.6378762	112.825	0.779	0.214	0.146	1.464	non suscettibile	0	Molto basso

15.00	296.170	158.877	13.100	5.569	3.066	0.6294181	112.342	0.774	0.212	0.145	1.462	non suscettibile	0	Molto basso
15.20	300.238	160.984	12.903	5.580	3.071	0.6211814	111.869	0.768	0.210	0.144	1.460	non suscettibile	0	Molto basso
15.40	304.306	163.090	12.712	5.591	3.077	0.6131575	111.406	0.763	0.209	0.143	1.458	non suscettibile	0	Molto basso
15.60	308.374	165.197	12.525	5.602	3.083	0.6053381	110.952	0.757	0.207	0.142	1.457	non suscettibile	0	Molto basso
15.80	312.442	167.304	12.343	5.613	3.088	0.5977158	110.507	0.752	0.206	0.141	1.455	non suscettibile	0	Molto basso
16.00	316.510	169.410	12.165	5.624	3.093	0.590283	110.070	0.747	0.204	0.140	1.455	non suscettibile	0	Molto basso
16.20	320.578	171.517	11.992	5.635	3.099	0.5830327	109.642	0.741	0.203	0.139	1.454	non suscettibile	0	Molto basso
16.40	324.646	173.624	11.823	5.646	3.104	0.5759586	109.223	0.736	0.201	0.138	1.454	non suscettibile	0	Molto basso
16.60	328.714	175.730	11.658	5.658	3.109	0.5690539	108.811	0.731	0.200	0.137	1.454	non suscettibile	0	Molto basso
16.80	332.782	177.837	11.497	5.669	3.114	0.562313	108.407	0.725	0.198	0.136	1.455	non suscettibile	0	Molto basso
17.00	336.850	179.944	11.340	5.680	3.120	0.5557297	108.010	0.720	0.197	0.135	1.455	non suscettibile	0	Molto basso
17.20	340.918	182.050	11.187	5.692	3.125	0.5492988	107.621	0.715	0.196	0.135	1.456	non suscettibile	0	Molto basso
17.40	344.986	184.157	11.036	5.703	3.130	0.5430151	107.239	0.709	0.195	0.134	1.457	non suscettibile	0	Molto basso
17.60	349.054	186.264	10.890	5.714	3.135	0.5368735	106.864	0.704	0.193	0.133	1.459	non suscettibile	0	Molto basso
17.80	353.122	188.370	10.746	5.726	3.140	0.5308694	106.495	0.699	0.192	0.132	1.461	non suscettibile	0	Molto basso
18.00	357.190	190.477	10.606	5.737	3.145	0.5249979	106.133	0.693	0.191	0.131	1.463	non suscettibile	0	Molto basso
18.20	361.308	192.634	17.210	2.269	2.734	0.5191202	81.125	0.688	0.130	0.130	0.999	suscettibile	0.05	Basso
18.40	365.426	194.790	16.999	2.272	2.739	0.5133727	80.912	0.683	0.129	0.129	1.004	suscettibile	0.00	Molto basso
18.60	369.544	196.947	16.792	2.275	2.743	0.5077509	80.702	0.677	0.129	0.128	1.009	suscettibile	0.00	Molto basso
18.80	373.662	199.104	16.589	2.277	2.748	0.502251	80.497	0.672	0.129	0.127	1.014	suscettibile	0.00	Molto basso
19.00	377.780	201.260	16.391	2.280	2.753	0.496869	80.295	0.667	0.128	0.126	1.019	suscettibile	0.00	Molto basso
19.20	381.898	203.417	16.197	2.283	2.757	0.491601	80.096	0.661	0.128	0.125	1.024	suscettibile	0.00	Molto basso
19.40	386.016	205.574	16.007	2.286	2.762	0.4864437	79.901	0.656	0.127	0.124	1.029	suscettibile	0.00	Molto basso
19.60	390.134	207.730	15.821	2.289	2.766	0.4813934	79.710	0.651	0.127	0.123	1.035	suscettibile	0.00	Molto basso
19.80	394.252	209.887	15.639	2.292	2.771	0.4764469	79.521	0.645	0.127	0.122	1.040	suscettibile	0.00	Molto basso
20.00	398.370	212.044	15.460	2.295	2.775	0.471601	79.336	0.640	0.126	0.121	1.046	suscettibile	0.00	Molto basso

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Basso

<FIELD1>
<FIELD2>
<FIELD3>
<FIELD4>

1:84

