

DOTT. GEOL. GIUSTI ARRIGO  
42019 SCANDIANO (R.E.) - VIA CESARI, 18  
TEL. (0522) 984819 - (348) 9109596  
www.geogiusti.it arrigogiusti51@gmail.com



COMUNE DI RUBIERA  
(Provincia di Reggio nell'Emilia)

LOCALITÀ : VIA PER SALVATERRA

**PROGETTO URBANISTICO - ACCORDO OPERATIVO**

*(L.R. 21.12.2017 N. 24)*

**SCHEDA D'AMBITO DP1 DEL PSC IN ZONA PRODUTTIVA**



COMMITTENTE: BENEVELLI S.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.....	4
3.	INQUADRAMENTO TETTONICO, CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E CENNI DI IDROGEOLOGIA .....	7
4.	METODOLOGIA D'INDAGINE .....	13
5.	CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E PARAMETRI GEOTECNICI.....	14
6.	SISMICITÀ DELL'AREA .....	20
7.	RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	25
8.	MICROZONAZIONE SISMICA .....	29
9.	VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE.....	33
10.	RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....	55

### - **ALLEGATI:**

- UBICAZIONE DELLE INDAGINI

- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

- INDAGINE GEOFISICA MASW

## **1. PREMESSA**

Con riferimento agli accordi intercorsi, trasmetto la presente relazione geologica e sulla pericolosità sismica di base atta a definire le caratteristiche geomeccaniche e sismiche di un terreno, sito in Via per Salvaterra - Rubiera (RE), su cui è in progetto un intervento urbanistico – accordo operativo, in base alla L.R. 21.12.2017 n° 24, in zona produttiva – scheda d’ambito DP1 del PSC.

Per definire con precisione le caratteristiche litologiche, idrogeologiche e sismiche dei terreni presenti nell’area oggetto di studio sono state effettuate tre prove penetrometriche statiche e un’indagine geofisica di sismica 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.

Sono qui di seguito elencate le principali normative di riferimento:

- D.G.R. n° 630 del 29/04/2019 revisione indirizzi per gli studi di microzonazione sismica;
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- 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 di ~56 m s.l.m., è sita a sud dell'abitato di Rubiera.

Più precisamente il terreno in esame, di forma irregolare, è sito tra la S.P. 51 che qui prende il nome di Via per Salvaterra e l'argine in riva sinistra del F. Secchia. Attualmente servito da una carrareccia che dalla strada provinciale risale ad oriente sulla sommità dell'argine il lotto si estende verso sud in direzione dell'area occupata dal Terminal Rubiera, dagli stabilimenti della Keracoll S.p.A. e più ad occidente dell'UDOR S.p.A. (cf. stralcio dalla C.T.R. elemento n° 201144 – Rubiera Sud in scala 1 : 5.000, estratto di planimetria catastale in scala 1 : 2.000 Foglio n° 28 mappali n° 106-107-109-110-469 nonché ortofoto proposta sul frontespizio).

Secondo la classificazione adottata dal Servizio Cartografico – Ufficio Pedologico della Regione Emilia – Romagna i suoli qui presenti si sono morfologicamente formati in aree rilevate della pianura alluvionale. Ascritti al Gruppo 3, essi si caratterizzano per condizioni di alterazione biochimica con riorganizzazione interna dei carbonati.

In questa fascia di territorio essi più precisamente rientrano nel Sottogruppo 3B - Unità 3Af. Di essi si dice che si tratta di suoli pianeggianti, con pendenze che variano tra lo 0.1 ed il 0.8%.

In sintonia con quanto riscontrato in sito, sono profondi, circa un metro di spessore, hanno una media tessitura e presentano una buona disponibilità di ossigeno; calcarei e moderatamente alcalini si sono formati in sedimenti fluviali.

Secondo la Legenda FAO, essi rientrano negli Haplic Cambisols ed hanno un prevalente utilizzo a seminativo semplice, prato poliennale e vigneto.

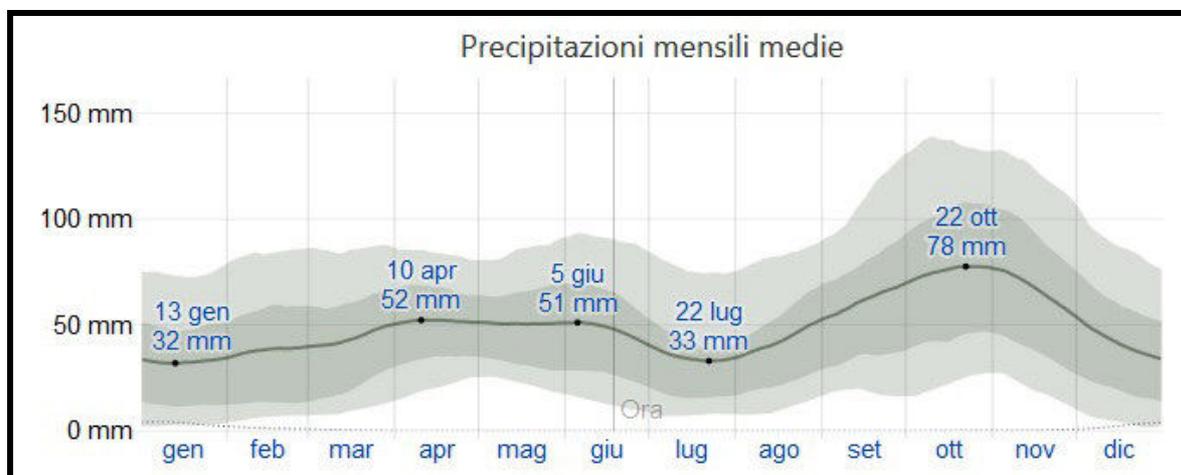
In base ad analoghi studi a carattere pedologico, contenuti nelle note illustrative del foglio 200 – Reggio nell'Emilia della Carta Geologica d'Italia in scala 1 : 50.000 (SistemCart S.r.l. - Roma), si fa presente che si tratta di suoli con un basso grado di alterazione, con profilo inferiore ai 150 cm; si dice altresì che essi sono parzialmente decarbonatati ed articolati negli orizzonti A, Bw, Bk, (C)

(entisuoli), con colori di alterazione (Munsell, 1975) degli orizzonti B delle pagine 10YR-2,5Y (giallo-bruno).

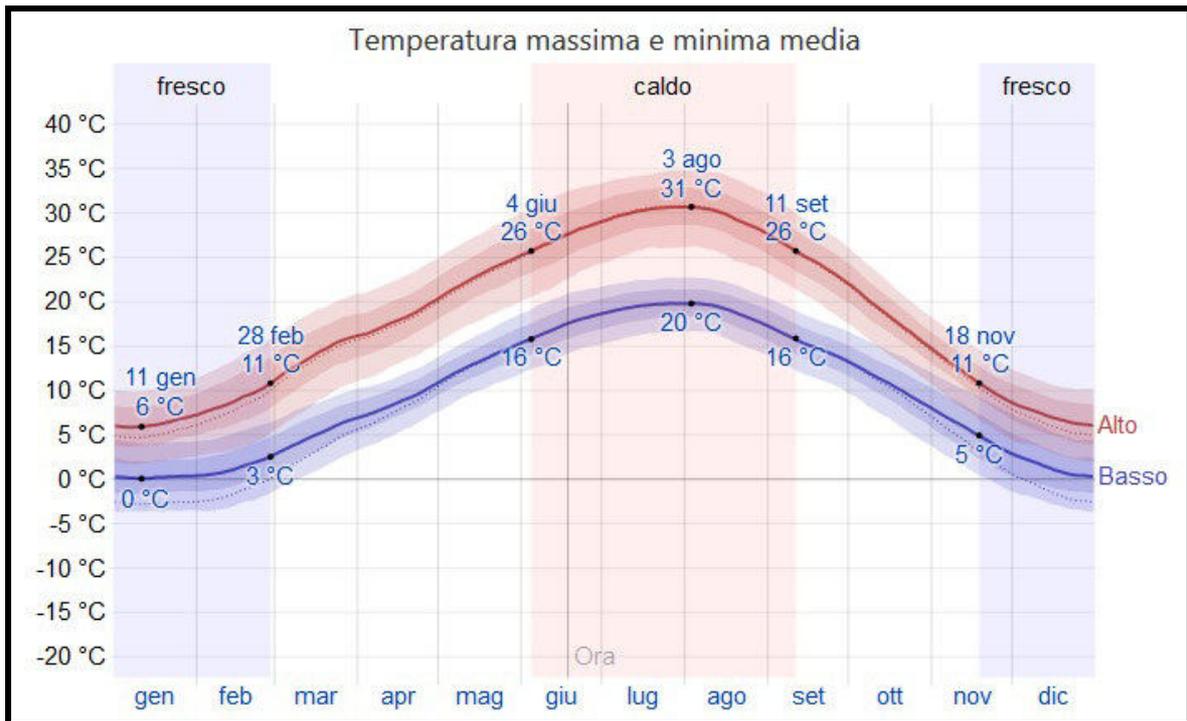
Il clima, in Rubiera, secondo la classificazione stabilita da Köppen e Geiger è di tipo Cfa continentale, con estati calde e prevalentemente serene ed inverni freddi e parzialmente nuvolosi.

Secondo l'Atlante Climatico dell'Emilia-Romagna dell'Agenzia ARPAE, rispetto all'intervallo 1961/1990, dal 1991 sino al 2015 è stato registrato un incremento di 1.5 °C della temperatura media annua, da 12.9 °C a 14.4 °C mentre, sempre confrontando i due periodi, una diminuzione delle precipitazioni, da 699 mm a 678 mm.

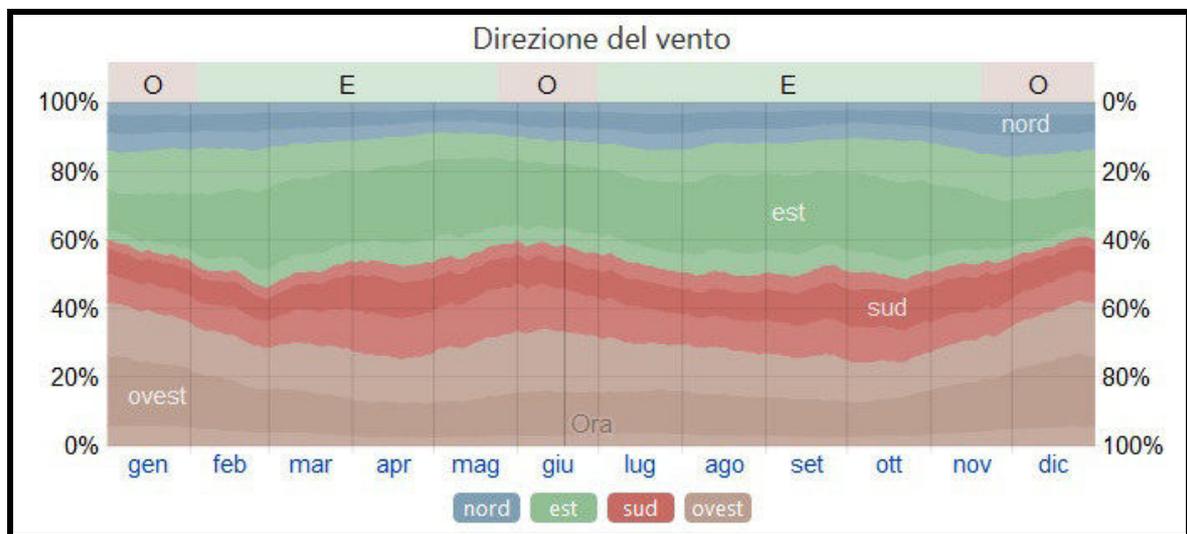
Le precipitazioni, valutate mensilmente, registrano un minimo di pioggia (32 mm) in inverno, nell'intervallo che ha il suo minimo il 13 gennaio ed anche in estate (33 mm), con minimo il 22 luglio mentre la massima piovosità (78 mm) si verifica invece in autunno nella mensilità con un massimo il 22 ottobre. Le precipitazioni, con medie mensili di 51÷52 mm, si mantengono costanti in primavera.



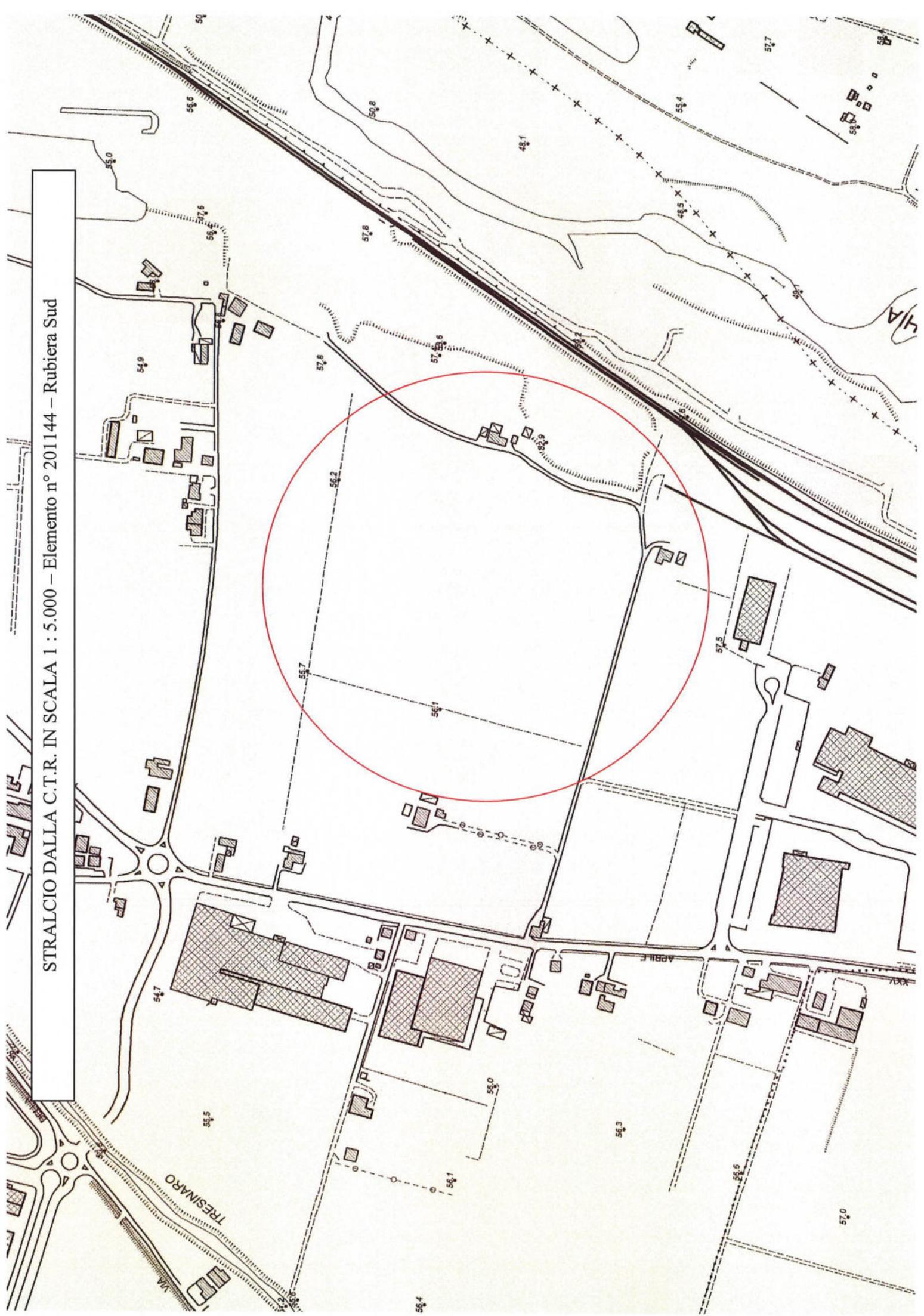
Nella stagione calda, da inizio giugno a fine prima decade di settembre, si registra una massima ad inizio agosto di 31 °C mentre in quella fredda, da inizio terza decade di novembre sino a fine febbraio, la minima è in gennaio con 0 °C.

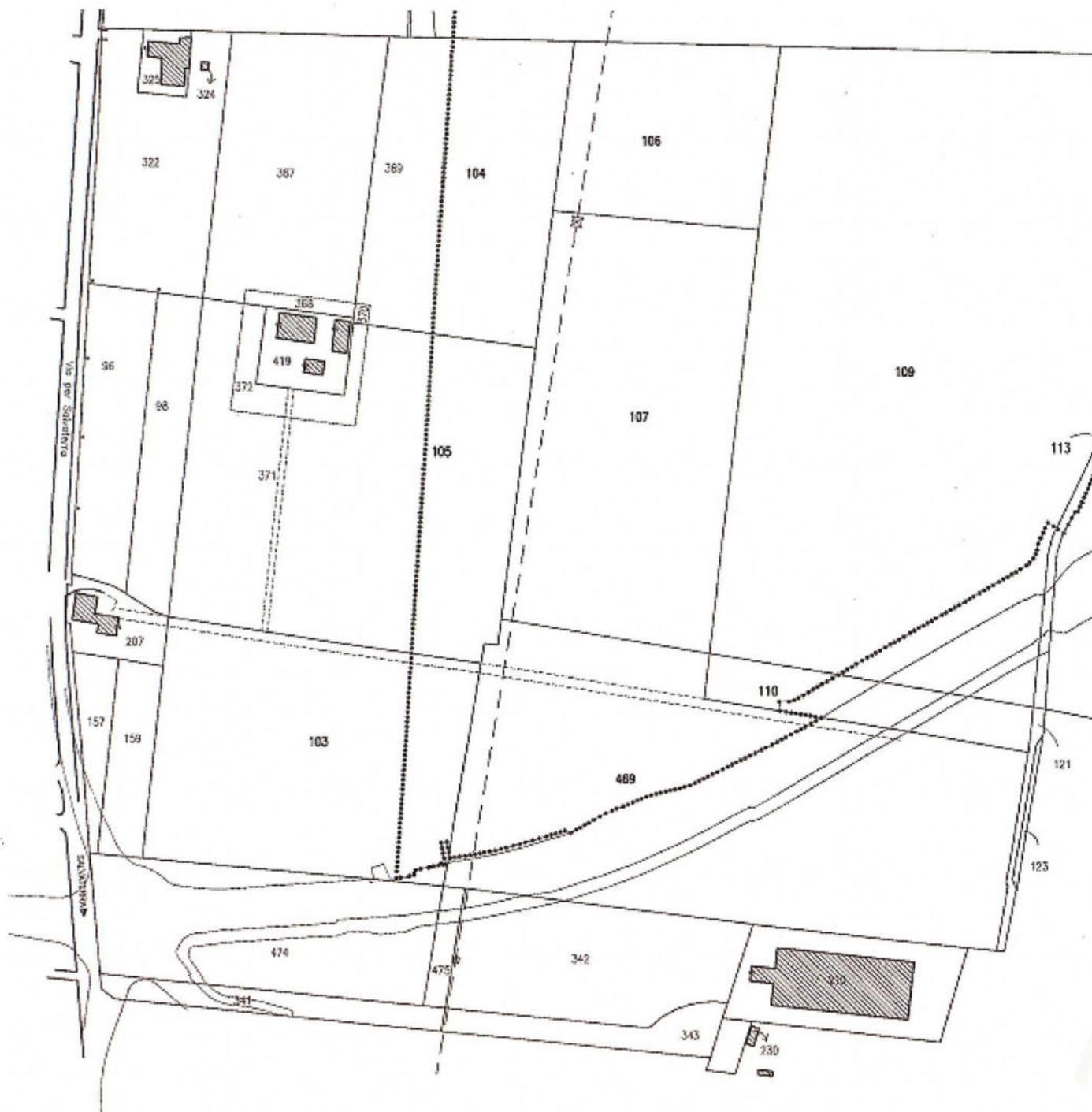


Il vento è più spesso da est da inizio febbraio a fine maggio e da inizio luglio sino a fine novembre mentre proviene invece più spesso da ovest nel mese di giugno e nel periodo invernale, da inizio dicembre a fine gennaio.



STRALCIO DALLA C.T.R. IN SCALA 1 : 5.000 – Elemento n° 201144 – Rubiera Sud





### **3. INQUADRAMENTO TETTONICO, CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E CENNI DI IDROGEOLOGIA**

L'intero territorio 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.

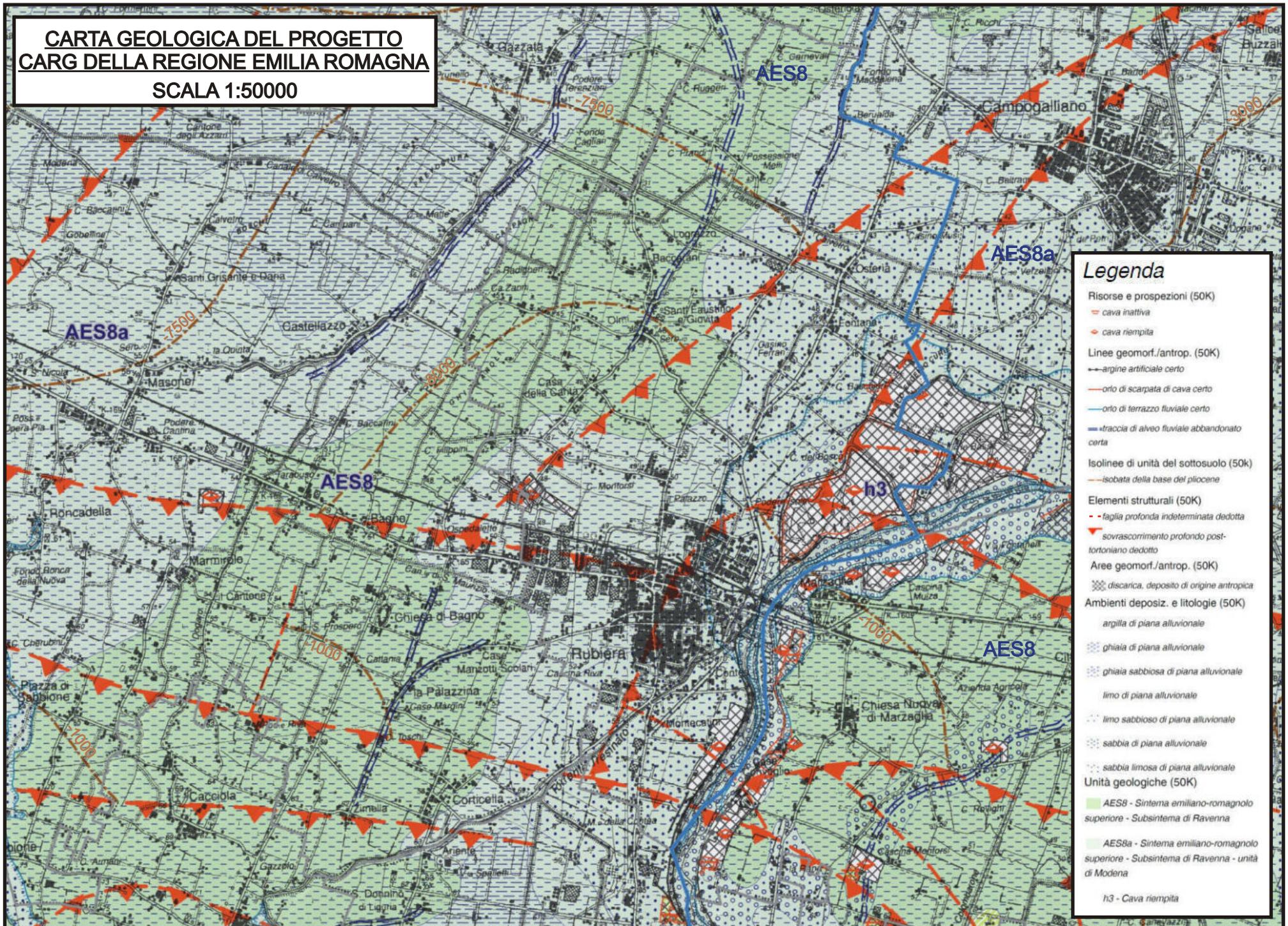
Dal punto di vista stratigrafico quindi il territorio in esame si presenta di una complessità non trascurabile dovuta alla migrazione del F. Secchia e del T. Tresinaro, al costipamento differenziato dei sedimenti fluviali, nonché al massiccio intervento antropico volto alla regimazione del corso d'acqua, con tutta una serie di deviazioni, canalizzazioni e bonifiche.

Consultando la cartografia geologica restituita dalla Carta Geologica d'Italia, fogli n° 74 Reggio nell'Emilia e n° 86 – Modena, si può facilmente notare come il territorio in esame sia interessato da lineazioni che accompagnano il margine appenninico padano caratterizzate da strutture anticlinali e da faglie sepolte che, verso N/NO, evolvono in direzione della medio-alta pianura, in una sinclinale.

Più precisamente, l'interpretazione che fornisce la Carta Geologica prodotta dal progetto CARG della Regione (cf. stralcio in scala 1:50.000), è un'evoluzione verso settentrione del movimento traslativo, con creazione di sovrascorrimenti profondi post-tortoniani.

La Carta Geologica ipotizza in tal senso che, a monte dei sovrascorrimenti, indicati sin quasi in prossimità della via Emilia, la base del Pliocene possa essere situata ad una profondità di 1.000 m mentre a valle, in questo caso verso NO, la base si approfondisca repentinamente sino a 8.000 m. Si tratterebbe quindi di una dislocazione per faglia, con base del Pliocene che verso settentrione risale

**CARTA GEOLOGICA DEL PROGETTO  
CARG DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA  
SCALA 1:50000**



- Legenda**
- Risorse e prospezioni (50K)
    - cava inattiva
    - ◊ cava riempita
  - Linee geomorf./antrop. (50K)
    - argine artificiali certo
    - orlo di scarpata di cava certo
    - orlo di terrazzo fluviale certo
    - traccia di alveo fluviale abbandonato certa
  - Isolinee di unità del sottosuolo (50K)
    - isobata della base del pliocene
  - Elementi strutturali (50K)
    - - - faglia profonda indeterminata dedotta
    - ▼ sovraccarico profondo post-tortoniano dedotta
  - Aree geomorf./antrop. (50K)
    - ◻ discarica, deposito di origine antropica
  - Ambienti deposiz. e litologie (50K)
    - ▨ argilla di piana alluvionale
    - ▩ ghiaia di piana alluvionale
    - ▩ ghiaia sabbiosa di piana alluvionale
    - ▩ limo di piana alluvionale
    - ▩ limo sabbioso di piana alluvionale
    - ▩ sabbia di piana alluvionale
    - ▩ sabbia limosa di piana alluvionale
  - Unità geologiche (50K)
    - AES8 - Sistema emiliano-romagnolo superiore - Subsistema di Ravenna
    - AES8a - Sistema emiliano-romagnolo superiore - Subsistema di Ravenna - unità di Modena
    - h3 - Cava riempita

a 2.500 m all'altezza di Bagnolo in Piano, dove la tettonica individua la parte terminale delle "pieghe ferraresi".

Esula dagli scopi dello studio, comunque si tenga presente che è quest'ultima, caratterizzata da tutta una serie di lineazioni, con faglie e sovrascorrimenti, ad essere stata responsabile del sisma del 15/10/1996 che nel territorio in esame ha interessato appunto la parte terminale di questa struttura e, più recentemente, di quelli avvenuti nel maggio 2012, a tutti ben noti, con epicentro nella bassa modenese e nel ferrarese.

Nella fascia di territorio, a valle delle superfici terrazzate che accompagnano il margine pedecollinare, i dati forniti dalle indagini effettuate dall'Agip mineraria hanno consentito di quantificare lo spessore dei sedimenti e delle alluvioni quaternarie in alcune centinaia di metri.

Più precisamente, il Pozzo Agip 1 Rubiera (cf. allegato), realizzato a sud dell'abitato, ne stima uno spessore di 300 m, profondità sostanzialmente correlabile con quella della Sezione Geologica profonda E – E', che da Masone, passando immediatamente a sud di Modena e della Via Emilia, si estende sino all'altezza di Saliceto Panaro, prodotta dal Servizio CARG della Regione Emilia-Romagna, in base alla quale all'altezza di Rubiera, se ne stima uno spessore di 270÷280 m.

La sezione visualizza infatti a questa profondità l'esistenza delle cosiddette Sabbie di Imola, al tetto del quaternario marino (cf. Sezione Geologica profonda del progetto CARG della Regione Emilia-Romagna).

In base alle indicazioni del pozzo AGIP, il quaternario marino si spingerebbe poi sino alla profondità di ~970 m, con alla base il Calabriano di spessore ~150 m; a ~1120 m inizia il Pliocene sup. mentre la base del Pliocene inferiore è indicata a 1260 m, profondità che indubbiamente è stata utilizzata nella restituzione della carta al 50.000 del progetto CARG della Regione.

Nel comportamento geodinamico di tutti questi terreni ci torna poi utile la Carta Neotettonica dell'Appennino Settentrionale (cf. stralcio).

POZZO N° 1  
1434 col

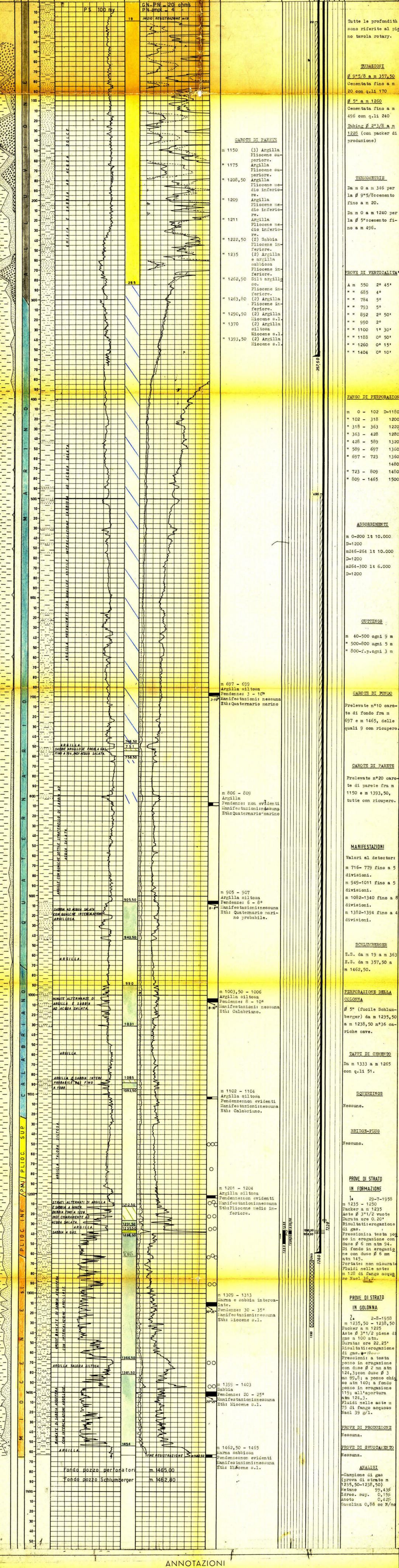


S/PROF

<ul style="list-style-type: none"> <li>Ghiaie Conglomerato</li> <li>Sabbia Arenaria</li> <li>Argilla sabbiosa</li> <li>Argilla</li> <li>Argilliosci</li> <li>Marna sabbiosa</li> <li>Marna</li> <li>Gesso</li> <li>Solfo</li> <li>Calcare marnoso</li> <li>Calcare</li> <li>Calcare fratturato</li> <li>Calcare con selce</li> <li>Calcare dolomitico</li> <li>Dolomite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Basalti</li> <li>Tufi</li> <li>Acque dolci</li> <li>Acque salate</li> <li>Tecce di gas</li> <li>Gas</li> <li>Tecce di olio</li> <li>Olio</li> <li>Assorbimenti</li> <li>Perdite circolari</li> <li>Terreni lussurati</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cerote-parete riciccate</li> <li>Pendenze</li> <li>Cerote di parete</li> <li>Tracce di gas</li> <li>Tracce di olio</li> <li>Manifestazioni di gas</li> <li>Manifestazioni di olio</li> <li>Manifestazioni di acqua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tubi cementati</li> <li>Tubi flessibili</li> <li>Tubi forati con fucile</li> <li>Tubi presi dal terreno</li> <li>Tappi di cemento</li> <li>Squeezing</li> <li>Bridge Plug</li> <li>Foro deviato</li> <li>Prova di tester riuscita</li> <li>Prova di tester non riuscita</li> <li>Tubing con poeier di produzione</li> <li>Pompa</li> </ul>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

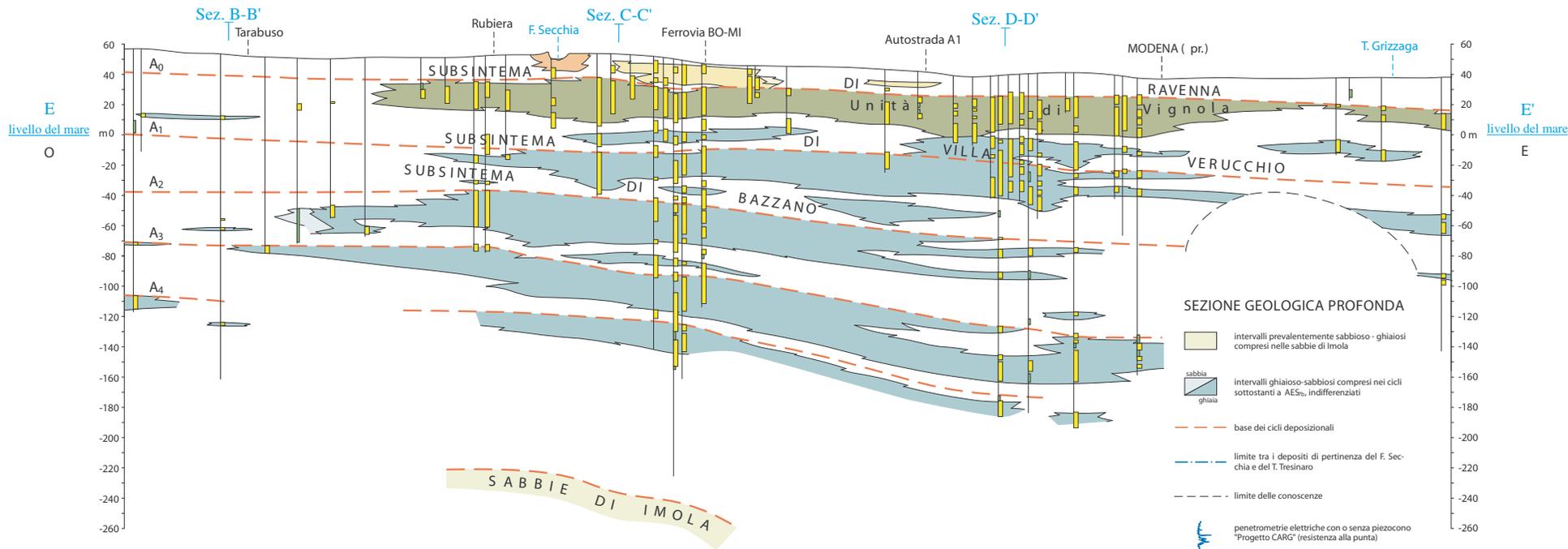
Profilo aggiornato al 25.8.1958  
Dal P.M. B. SANTALMASI  
Completato dal P. Santalmasi  
Geologo di cantiere P.M. M. CIGNI  
Visto dal Dr. P. Santalmasi  
Disegnato da I. CAPPELLA

Impianto CARDWELL S.R. 234 Inizio perforazione 30-6-1958 Intervallo in produzione 1235,50-1238,50  
Profondità totale m. 1465 Ultima perforazione 27-7-1958 Inizio produzione Prossima QUOTA s.l.m. Tavola Rotary m. 21.30  
Prima lancia m. 62.50 Piano terra m. 68.00



Intervallo aperto alla produzione: m 1235,50 - 1238,50  
Il pozzo rimane chiuso in attesa dell'allineamento al metarototto.

Stratigrafia aggiornata al 20 Agosto 1958 dai Drr. Tedeschi - Dondi	MINERARIE	TECNICHE
<p>Il sondaggio n°1 di Rubiera aveva come prima esplorazione di una piccola struttura messa in evidenza dalla sismica fra le pieghe di Fogliano e Formigine.</p> <p>L'obiettivo minerario del sondaggio era legato alla eventuale facies del Pliocene inferiore se presente, mineralizzata a sud nel campo di Spilamberto.</p> <p>Il pozzo ha attraversato in serie continua il Quaternario, il Pliocene ed il Miocene in seno al quale si è arrestato a m 1465.</p> <p>I livelli mineralmente interessanti appartengono al Pliocene inferiore ed al Quaternario e sono costituiti da sabbie più o meno argillose.</p> <p>Dal punto di vista tettonico i terreni risultano in giacitura regolare con pendenze massime per i termini pliocenici di 30°-35° e per quelli miocenici di 20°-25°.</p>	<p>Intervallo aperto alla produzione: m 1235,50 - 1238,50</p> <p>Il pozzo rimane chiuso in attesa dell'allineamento al metarototto.</p>	<p>Nessuna.</p>



scala 1: 100 000



TRACCE DELLE STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI  
CONTENUTI NELLA BANCA DATI GEOLOGICI

Redatta a cura del Consiglio Nazionale delle Ricerche e con studio pubblicato sul Bollettino della Società Geologica Italiana nel 1982, essa analizza il comportamento dinamico del territorio attraverso fasi temporali che dal Messiniano si spingono sino all'attuale e ci dice che il territorio in esame, posto nella medio pianura, rispetto all'ultimo intervallo (IV + V), all'inversione Matuyana-Brunhes al presente, più semplicemente dal Pleistocene medio-sup. all'Olocene, ricade in una zona attualmente soggetta ad un abbassamento.

Quanto riportato in carta è pertanto testimone di una condizione tale da aver qui consentito l'accumulo di materiali alluvionali.

I terreni che costituiscono il primo sottosuolo appartengono alla conoide del F. Secchia.

La conoide (v. tavola allegata), con apice nei pressi di Sassuolo, è asimmetrica rispetto all'attuale corso del fiume, che si trova spostato sul margine occidentale; ha una lunghezza di circa 20 chilometri e una larghezza massima di 14. È una conoide molto piatta che presenta longitudinalmente una doppia pendenza: nella parte alta, fino a quota 50 metri s.l.m., è mediamente dello 0.7%, in quella terminale, dello 0.3%.

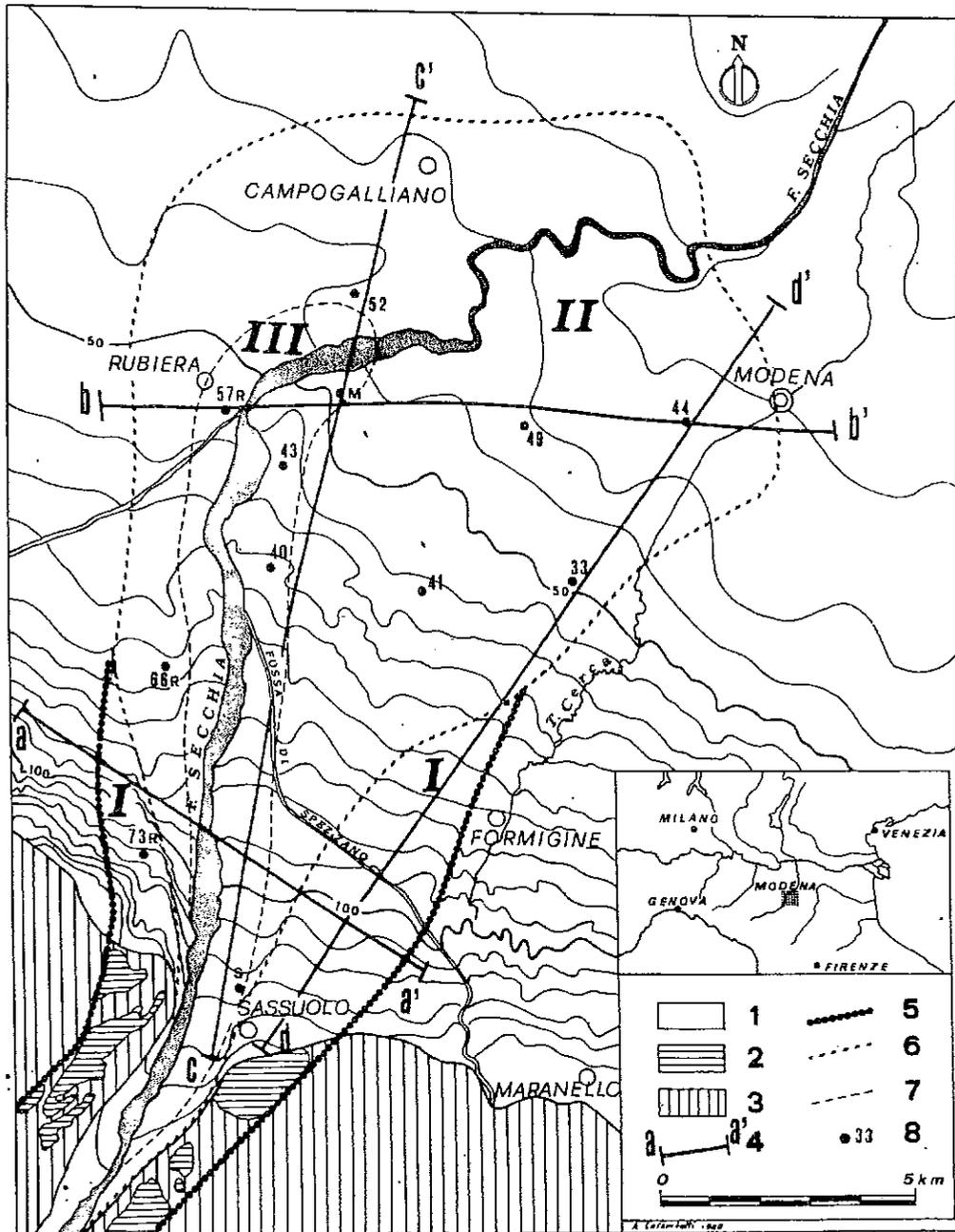
La conoide, poggiante sui sedimenti argillosi marini plio-quadernari, è costituita da quattro unità litologiche sovrapposte, tre riconoscibili in superficie e la quarta sepolta; la più antica unità affiorante (I), che si raccorda con i terrazzi alti della valle del Secchia a sud di Sassuolo, è visibile in due strette fasce ai lati del fiume stesso dove in parte è ricoperta da un paleosuolo rossastro.

L'unità (II) rappresenta il massimo sviluppo areale, longitudinale e trasversale della conoide, mentre l'unità (III) è costituita dai depositi attuali reinciati dal corso d'acqua in questi ultimi anni a causa dell'abbassamento del letto causato dalle ingenti asportazioni di materiale per inerti.

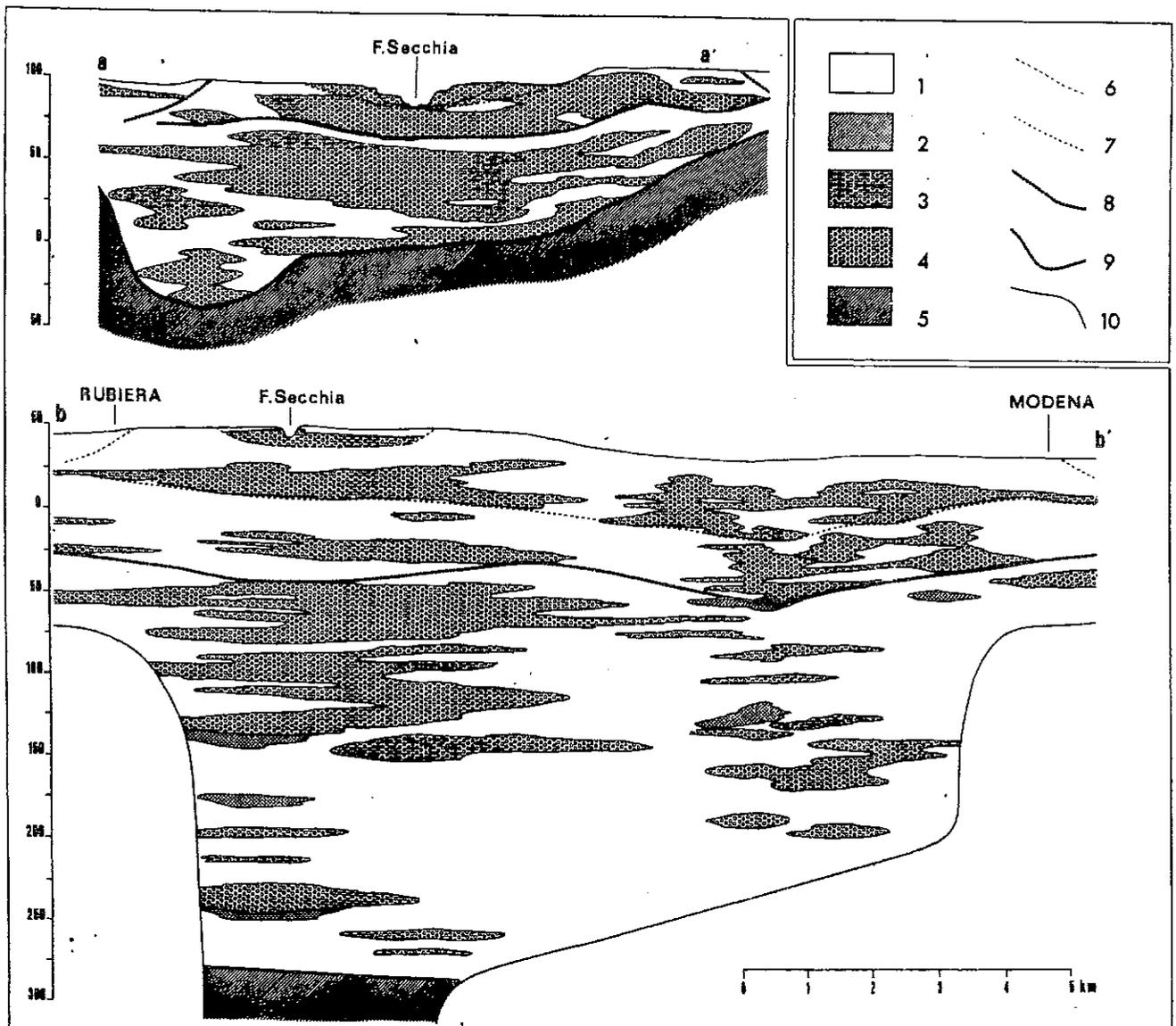
Al di sotto delle tre unità sopradescritte è presente, non riconoscibile in superficie, la parte più antica della conoide, che poggia sui sedimenti marini; si tratta dell'unità più ampia e potente e che pertanto costituisce il corpo principale della conoide stessa.

Nella zona medio-distale della conoide, visualizzata all'altezza di Rubiera dalle sezioni b-b' dello studio di conoide e E-E' del progetto CARG della Regione, nei primi 300 metri di profondità,





- Planimetria della conoide del F. Secchia. 1) Alta e media pianura costituita da ghiaia, sabbia, limi e argille; 2) terrazzi collinari di vario ordine con suolo ocreo; 3) formazioni limo-argillose plio-quaternarie del margine collinare; 4) tracce delle sezioni litostratigrafiche; 5) limiti della conoide antica (I); 6) limiti della conoide recente (II); 7) limiti della conoide attuale (III); 8) ubicazione e numero d'ordine dei pozzi delle tabelle 1 e 2; M = pozzo di Marzaglia.



- Sezioni litostratigrafiche trasversali alla conoide del F. Secchia. Depositi fluviali 1) Limi e argille; 2) sabbie a varia granulometria; 3) ghiaie e ciottoli con abbondante matrice limosa per lo più di colore ocraceo; 4) ghiaie a varia granulometria con ciottoli e straterelli di conglomerato; 5) Depositi marini plio-pleistocenici: argille e limi con livelli subordinati di sabbia con ghiaie e conglomerato; 6) limite della conoide attuale (I); 7) limite della conoide recente (II); 8) limite della conoide antica (III); 9) limite fra terreni continentali e marini; 10) limite delle conoscenze.

corrispondente al pacco dei depositi continentali, si hanno banchi di ghiaie tra loro separate da strati a prevalente costituzione limo-argillosa. La parte occidentale presenta banchi ghiaiosi regolari con ampio sviluppo laterale; nella parte orientale, invece, questi sono meno potenti e a forma irregolare, con andamenti lenticolari più marcati.

Come in precedenza accennato, la conoide risulta costituita da quattro unità, tre delle quali rilevabili in superficie ed una completamente sepolta. Le prime tre sono riconoscibili in campagna, in quanto corrispondono a tre ordini terrazzati e presentano caratteristiche litologiche diverse: ghiaie con paleosuolo rosso nella prima unità, ghiaie ricoperte da sabbie nella seconda e solo ghiaia fresca nella terza.

La distinzione dell'unità più antica, quella sepolta, è basata invece sui dati litologici ricavati dalle stratigrafie dei pozzi: in particolare dalla presenza, al tetto dell'unità sepolta, di un livello prevalentemente argilloso pedogenizzato di colore giallo-ocraceo e di straterelli parzialmente cementati solo nei livelli ghiaiosi sottostanti.

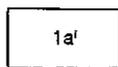
L'età della conoide alluvionale, in mancanza di riferimenti cronologici precisi, rimane assai incerta, compresa tra il Pleistocene inferiore del basamento marino e l'attuale.

Per quanto riguarda le quattro unità in cui è stata divisa la conoide è impossibile assegnare loro una qualsivoglia età; si può solo supporre (ipotesi da verificare possibilmente con esami palinologici) che il livello pedogenizzato, posto alla profondità di circa 60/70 metri, separi i depositi würmiani da quelli più antichi. L'area in oggetto di studio è ubicata nell'unità II al passaggio verso oriente con l'unità III.

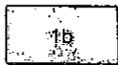
Secondo studi recenti, effettuati da ricercatori dell'Università di Modena - Istituto di Geologia, i depositi alluvionali che, in questa località, costituiscono il primo sottosuolo sono ascrivibili a depositi appartenenti all'Unità dei Corsi d'acqua Principali Litologicamente, come riportato sulla Carta Geologica del Margine Appenninico e dell'Alta Pianura tra i fiumi Secchia e Panaro, in scala 1:25.000, ricade su depositi che vengono classificati come "depositi ghiaiosi e sabbiosi delle conoidi pedemontane dei fiumi Secchia e Panaro, con al tetto suoli alluvionali poco evoluti".

# CARTA GEOLOGICA DEL MARGINE APPENNINICO E DELL'ALTA PIANURA TRA I FIUMI SECCHIA E PANARO

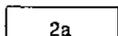
**SCALA 1:25000**



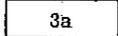
**1a** Depositi terrazzati negli alvei attuali: ghiaie e sabbie, prevalenti, dei fiumi principali; limi e sabbie, prevalenti, degli alvei minori, comprensivi dei depositi limo-argillosi colluviali ad essi talora sovrapposti.  
Età: *Attuale*.



**1b** Riempimento degli alvei minori relitti: sedimenti limo-sabbiosi di prevalente origine colluviale.  
Età: *Attuale*.

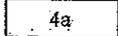


**2a** Unità dei corsi d'acqua minori: depositi di conoide alluvionale limo-sabbiosi e argillosi e sabbioso-limosi con lenti di ghiaie; a tetto suoli alluvionali poco evoluti(\*):  
Età: *XV-XX secolo*.

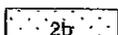


**2a** posteriori alle opere di difesa spondali costruite tra il XV-XVI e il XX secolo.

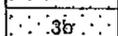
**3a** ricoprenti evidenze archeologiche di età romana.  
Età: *Medioevo*.



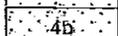
**4a** alla base materiali archeologici neolitici e a tetto o in superficie materiali archeologici dell'Età del bronzo e romana.  
Età: *Neolitico - Romano*.



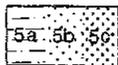
**2b** Unità dei corsi d'acqua principali: depositi ghiaiosi e sabbiosi delle conoidi pedemontane dei fiumi Secchia e Panaro; a tetto suoli alluvionali poco evoluti:  
Età: *XV-XX secolo*.



**2b** posteriori alle opere di difesa spondali costruite tra il XV-XVI e il XX secolo. L'Unità comprende i depositi sabbiosi e limosi delle aree golenali e degli alvei abbandonati.  
Età: *XV-XX secolo*.



**3b** Età: *Medioevo*.  
**4b** Età: *Neolitico - Romano*.



**5a, 5b, 5c** Pianura alluvionale: depositi argillosi (a), limosi (b) e sabbiosi (c) stratificati o massivi, di prevalente accrescimento verticale nella piana alluvionale, costituenti anche dossi fluviali, argini naturali e ventagli di esondazione. Sono laterali e coevi a: 3a, 4a, 3b, 4b. A tetto suoli alluvionali poco evoluti.  
Età: *Neolitico - Medioevo*.

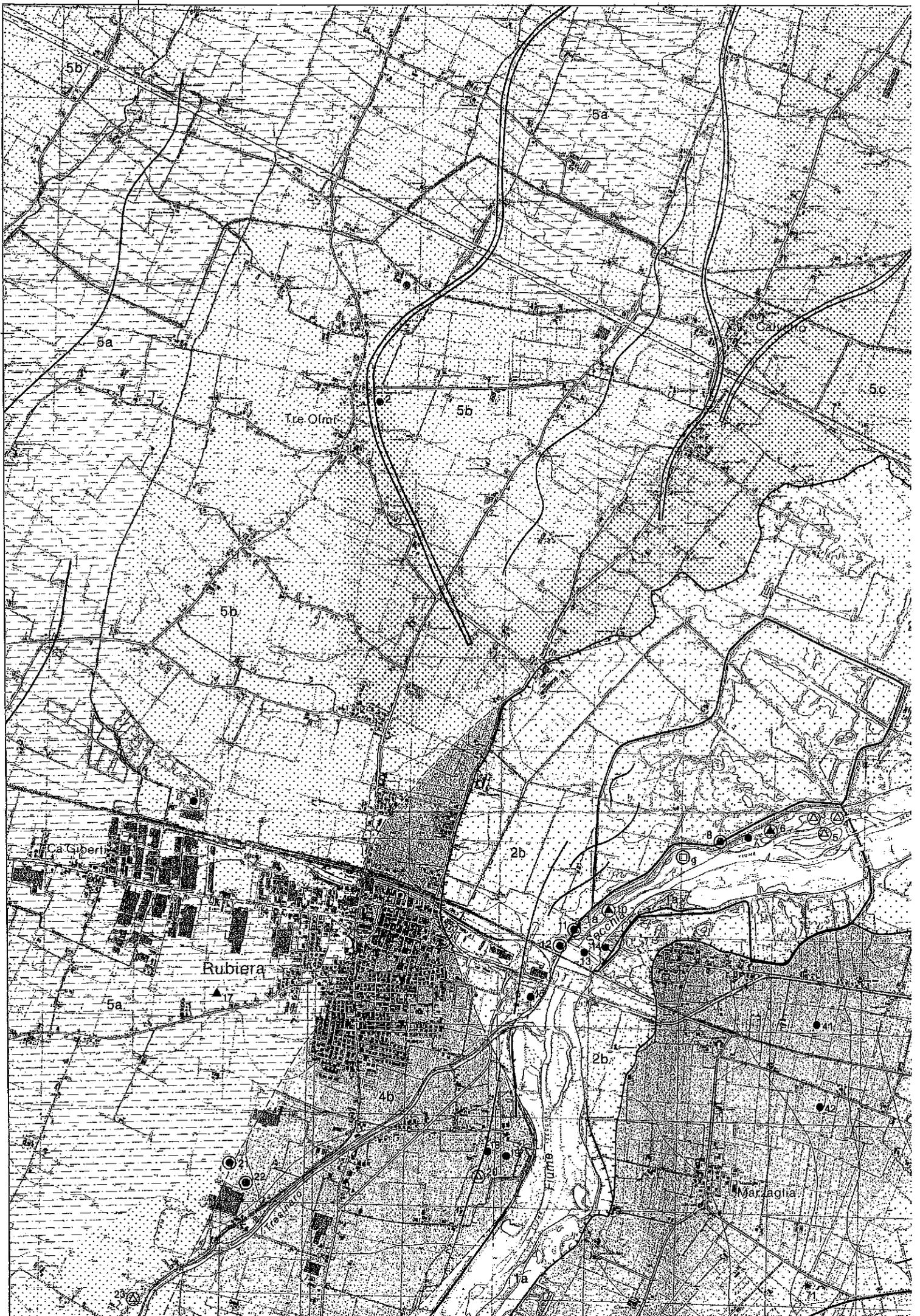
## DATI STRUTTURALI

	Principali accumuli di frana
	Paleofrane
	Depositi colluviali
	Colate delle "salse"
	Conoidi alluvionali dei corsi d'acqua minori
	Principali paleovalvi individuati dalla morfologia (dossi) (a) e dalle fotografie aeree (b), in 5.
	Orli di scarpate
	Opere di difesa spondali: argini in rilevato e in muratura o cemento; argini delle casse in espansione.
	Cave di ghiaia e "argille": il colore indica l'Unità affiorante al loro interno.
	Salse, emergenze di acque salate di fondo e/o idrocarburi per lo più gassosi
	Assetto degli strati: inclinati, orizzontali, verticali.
	Faglie e loro probabile prosecuzione.

## CENSIMENTO DELLE PRESENZE ARCHEOLOGICHE

In superficie (fino a m 1 dal p.c.)	Sepolti	In posizione non conosciuta	Età
*	⊛	⊛	Medioevo
●	⊙	⊙	Età romana — presenza isolata — area urbana (Modena) — area suburbana, a necropoli di Modena
△	⊠	⊠	Età del ferro
▲	⊡	⊡	Età del bronzo
□	⊞	⊞	Eneolitico-Neolitico
■	⊟	⊟	Paleolitico

La numerazione fa riferimento al censimento delle presenze archeologiche riportate nel testo. La diversa densità dei siti archeologici riportati deriva da una non omogenea esplorazione sistematica.



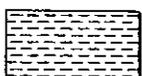
# LITOLOGIA DI SUPERFICIE E ISOBATE DEL TETTO DEL PRIMO LIVELLO GHIAIOSO



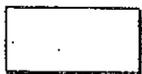
GHIAIE E TERRENI PREVALENTEMENTE GHIAIOSI



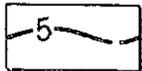
SABBIE E TERRENI PREVALENTEMENTE SABBIOSI



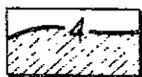
LIMI E TERRENI PREVALENTEMENTE LIMOSI



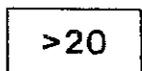
ARGILLE E TERRENI PREVALENTEMENTE ARGILLOSI



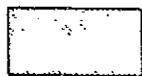
ISOBATE DEL TETTO DELLE GHIAIE E LORO ANDAMENTO PRESUNTO  
*(il valore 0 coincide sempre con il limite litologico)*



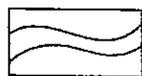
LENTI SUPERFICIALI DI GHIAIA AL DI SOPRA DEL TETTO INDIVIDUATO DALLE ISOBATE



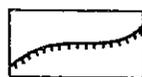
PROFONDITÀ DEL TETTO DELLE GHIAIE MAGGIORE DI m 20 DAL PIANO CAMPAGNA



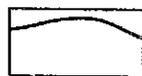
AREE CON LENTI DI GHIAIA NON ANASTOMIZZANTISI E CHE QUINDI NON COSTITUISCONO UNA SUPERFICIE CONTINUA



ALVEO FLUVIALE

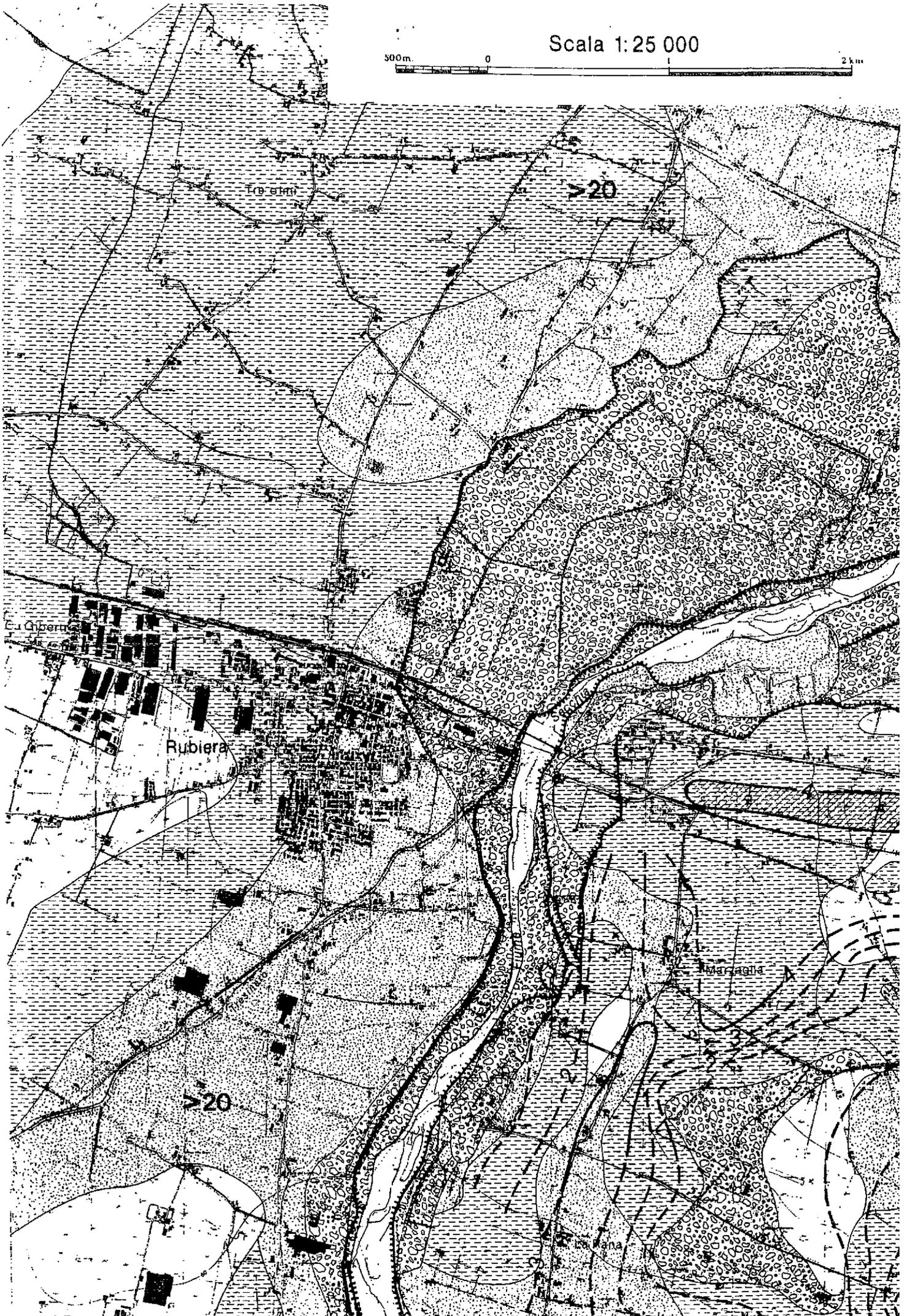


ORLI DI SCARPATE



LIMITE DELL'ALTA PIANURA

Scala 1:25 000



Tro stm

>20

Cu Giberma

Rubiera

Marangola

>20

Nella fattispecie, secondo questo elaborato, il centro storico e tutto il territorio che a sud si estende sino all'alveo del F. Secchia, ricadrebbe su materiali depositati dal corso d'acqua in un intervallo di tempo che dal Neolitico si prolunga sino all'epoca romana.

La "Carta della Litologia di Superficie e isobate del tetto del primo livello ghiaioso", prodotta nel 1988 sempre sulla base di rilievi effettuati da ricercatori dell'ateneo modenese, conferma la medesima condizione, con preponderanza di sabbie e terreni prevalentemente sabbiosi (cf. stralcio in scala 1 : 25.000)

Secondo le più recenti suddivisioni delle unità quaternarie continentali adottate sulla Carta Geologica del progetto CARG della Regione Emilia Romagna, il terreno in esame viene invece ascritto all'Unità di Modena (AES8a) mentre quelli a occidente dell'abitato ed in riva destra del F. Secchia vengono attribuiti al Subsistema di Ravenna (AES8 - cf. stralcio in scala 1 : 50.000).

In bibliografia, per i depositi dell'Unità di Modena (AES8a), in un contesto simile, di conoide alluvionale, canale fluviale e piana alluvionale intravalliva, viene proposta questa descrizione "Unità costituita da ghiaie e ghiaie sabbiose o da sabbie con livelli e lenti di ghiaie ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua".

In base a datazioni radiometriche effettuate su tronchi di una foresta di querce seppelliti da episodi alluvionali rinvenuti in una zona paludosa, con spessori quantificati in circa 4 m, a NO del centro storico di Rubiera, a valle della linea ferroviaria Milano-Bologna, se ne restituisce un'età che dal 420 si porta sino al 670 d.C., giustificando quindi per l'Unità un'epoca post-romana che dal IV°-V° secolo d.C. si porta sino all'attuale.

Per il Subsistema di Ravenna viene invece proposta la seguente descrizione "Limi sabbiosi e limi argillosi negli apparati dei torrenti minori o ghiaie in lenti entro limi, subordinate ghiaie e ghiaie sabbiose in quelli dei torrenti e fiumi principali. Al tetto suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente fino a 150 cm e parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno".

# CARTA GEOLOGICA DEL PROGETTO CARG DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA (SCALA 1 : 10.000)

## Legenda

### Province



### Comuni



### Griglia 10.000



### Risorse e prospezioni (10K)



*cava inattiva*



*cava riempita*

### Punti geomorf./antrop. (10K)



*discarica, deposito di origine antropica*

### Linee geomorf./antrop. (10K)

*argine artificiale*



*orlo di terrazzo fluviale*

### Ambienti deposiz. e litologie (10K)



*Ghiaia - Piana alluvionale*



*Ghiaia Sabbiosa - Piana alluvionale*

*Limo - Piana alluvionale*



*Limo Sabbioso - Piana alluvionale*

### Coperture quaternarie (10K)



*AES8 - Subsistema di Ravenna*



*AES8a - Unità di Modena*



*b1 - Deposito alluvionale in evoluzione*



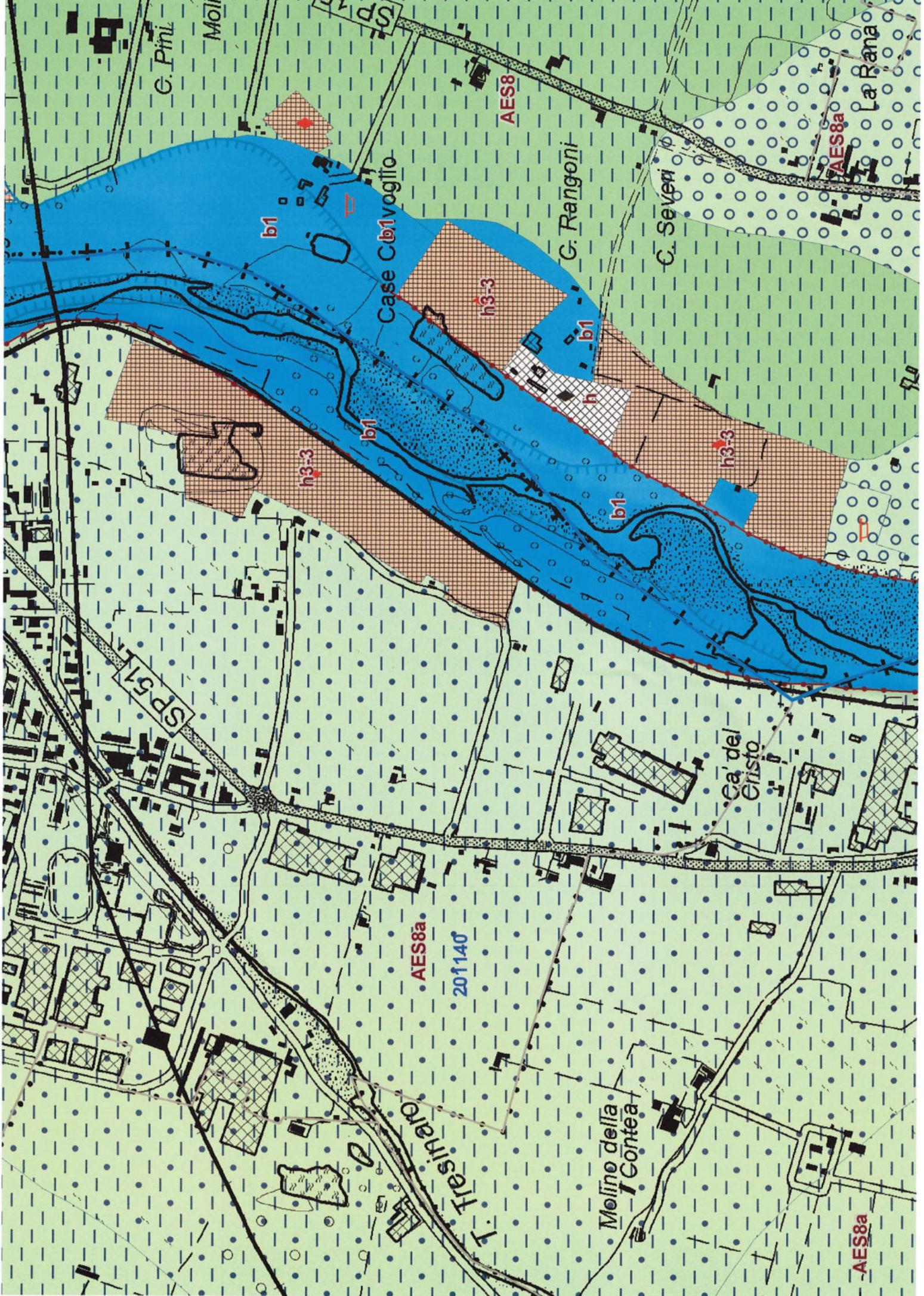
*h - Deposito antropico*



*h3-2 - Cava inattiva*



*h3-3 - Cava riempita*



G. Pini

Molh

SP 14

AES8

AES8a

La Rana

G. Rangoni

C. Seven

b1

Case C b1voglio

h3-3

b1

h3-3

b1

h3-3

b1

SP 571

Ca' del Cristo

AES8a

201140

T. Fresinero

Molino della Contea

AES8a

Per quanto concerne la potenza massima del deposito, si dice che essa non supera i 20 m e viene restituita un'età che dal Pleistocene sup. giunge sino all'Olocene; più precisamente, in base a datazioni effettuate con il metodo  $^{14}\text{C}$ , alla base dell'unità se ne indica un'età oscillante tra 15.000 e 9.000 anni circa BP.

Le indagini penetrometriche hanno accertato l'esistenza di materiali con un grado di consolidazione relativamente modesto sino alla profondità massima di 6÷6.5 m che possono essere appunto ragionevolmente ascritti all'Unità di Modena; la natura di questo primo intervallo è prevalentemente coesiva, con argille anche ad elevata componente organica, tuttavia si possono considerare valide anche le indicazioni delle carte tematiche a cui si è fatto in precedenza riferimento che segnalano l'esistenza di sabbie. In realtà infatti, alla base della coltre superficiale, corrispondente in gran parte al preesistente suolo, vi sono livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie.

In profondità vi è in genere un incremento del grado di consolidazione con preponderanza ancora di argille talora organica che anche in questo caso annettono livelli di limi sabbiosi e sabbie limose.

Le indagini sono state approfondite sino a rifiuto entro i primi banchi di sabbia e ghiaia che, a differenza della “Carta della Litologia di Superficie e isobate del tetto del primo livello ghiaioso”, che ce li segnala oltre la profondità di 20 m, li hanno qui accertati già a partire da 13 m.

La falda è stata accertata solo in profondità, tra 11.1÷11.4 m in livelli di natura granulare che precedono i banchi di sabbia e ghiaia. Con ogni probabilità le acque che eventualmente permeano i livelli di sabbia limosa e sabbia presenti nei primi intervalli vengono drenate ad oriente verso l'alveo del fiume mentre quelle appunto accertate in profondità prima dei banchi di sabbia e ghiaia possono interagire con le acque di subalveo del fiume. La preponderanza di materiali coesivi che ricoprono questi banchi impediscono altresì una risalita dell'acquifero per cui esso deve essere a giusta ragione considerato confinato e sensibile quindi di contenute variazioni stagionali.

#### 4. METODOLOGIA D'INDAGINE

Le caratteristiche geomeccaniche del terreno sono state 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 dell'attrito laterale (punta/manicotto tipo "Begemann").

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

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

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'approfondimento. Nei diagrammi e tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture di campagna, durante l'infissione dello strumento):

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

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

Oltre all'elaborazione dei valori di resistenza del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati, in base al rapporto  $R_p/RL$  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 alla prova penetrometrica statica CPT, nelle tavole allegate sono riportate indicazioni concernenti i principali parametri geotecnici (coesione non drenata  $C_u$ , angolo di attrito interno efficace  $\phi'$ , 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**

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

### **PROVA PENETROMETRICA CPT1**

#### **Livello A**

Coltre superficiale che dal piano campagna si approfondisce sino a 4.5 m, in prevalenza costituita da argille di natura organica, con valori di:

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

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

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

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

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

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

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

### Livello B

Da 4.5 m sino a 9.5 m vi sono limi ed argille con livelli di sabbia, con valori di:

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

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

$$C_u = 0.6 \text{ kg/cm}^2 = 29.41 \text{ kPa}$$

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

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

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

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

### Livello C

Da 9.5 m sino a 13 m vi sono argille con livelli limo sabbiosi, con valori di:

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

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

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

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

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

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

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

### Livello D

Oltre 16.5 m vi sono sabbie e ghiaie in scarsa matrice limo argillosa, con valori di:

$$\gamma = 2 \text{ t/m}^3 = 19.61 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 2 \text{ t/m}^3 = 19.61 \text{ kN/m}^3$$

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

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

$$\phi' = 35 [^\circ]$$

$$M_o = 200 \text{ kg/cm}^2 = 19613 \text{ kPa}$$

$$E = 180 \text{ kg/cm}^2 = 17651 \text{ kPa}$$

## PROVA PENETROMETRICA CPT2

### Livello A

Coltre superficiale che dal piano campagna cortilivo si approfondisce sino a 2.5 m, in prevalenza costituita da argille di natura organica, con valori di:

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

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

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

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

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

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

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

### Livello B

Da 2.5 m sino a 6 m vi sono argille talora organiche con livelli limo sabbiosi, con valori di:

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

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

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

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

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

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

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

### Livello C

Da 6 m sino a 11 m vi sono in prevalenza argille, con valori di:

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

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

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

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

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

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

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

### Livello D

Da 11 m sino a 14.5 m vi sono argille talora organiche con livelli di limi sabbiosi, con valori di:

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

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

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

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

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

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

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

### Livello E

Oltre 14.5 m vi sono sabbie e ghiaie in scarsa matrice limo argillosa, con valori di:

$$\gamma = 2 \text{ t/m}^3 = 19.61 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 2 \text{ t/m}^3 = 19.61 \text{ kN/m}^3$$

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

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

$$\phi' = 35 [^\circ]$$

$$M_o = 200 \text{ kg/cm}^2 = 19613 \text{ kPa}$$

$$E = 180 \text{ kg/cm}^2 = 17651 \text{ kPa}$$

### PROVA PENETROMETRICA CPT3

#### Livello A

Coltre superficiale che dal piano campagna cortilivo si approfondisce sino a 2.5 m, in prevalenza costituita da argille di natura organica con livelli di limi sabbiosi, con valori di:

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

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

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

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

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

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

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

#### Livello B

Da 2.5 m sino a 6.5 m vi sono argille organiche con livelli limo sabbiosi, con valori di:

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

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

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

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

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

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

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

### Livello C

Da 6.5 m sino a 12.5 m vi sono argille con livelli di limi sabbiosi e sabbie limose, con valori di:

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

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

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

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

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

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

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

### Livello D

Oltre 12.5 m vi sono sabbie e ghiaie in scarsa matrice limo argillosa, con valori di:

$$\gamma = 2 \text{ t/m}^3 = 19.61 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 2 \text{ t/m}^3 = 19.61 \text{ kN/m}^3$$

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

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

$$\phi' = 35 [^\circ]$$

$$M_o = 200 \text{ kg/cm}^2 = 19613 \text{ kPa}$$

$$E = 180 \text{ kg/cm}^2 = 17651 \text{ kPa}$$

dove:

$\gamma$  = peso di volume;  $\gamma_{\text{sat}}$  = peso di volume saturo;

$C_u$  = coesione non drenata;  $c'$  = coesione efficace;

$\phi'$  = angolo di attrito;

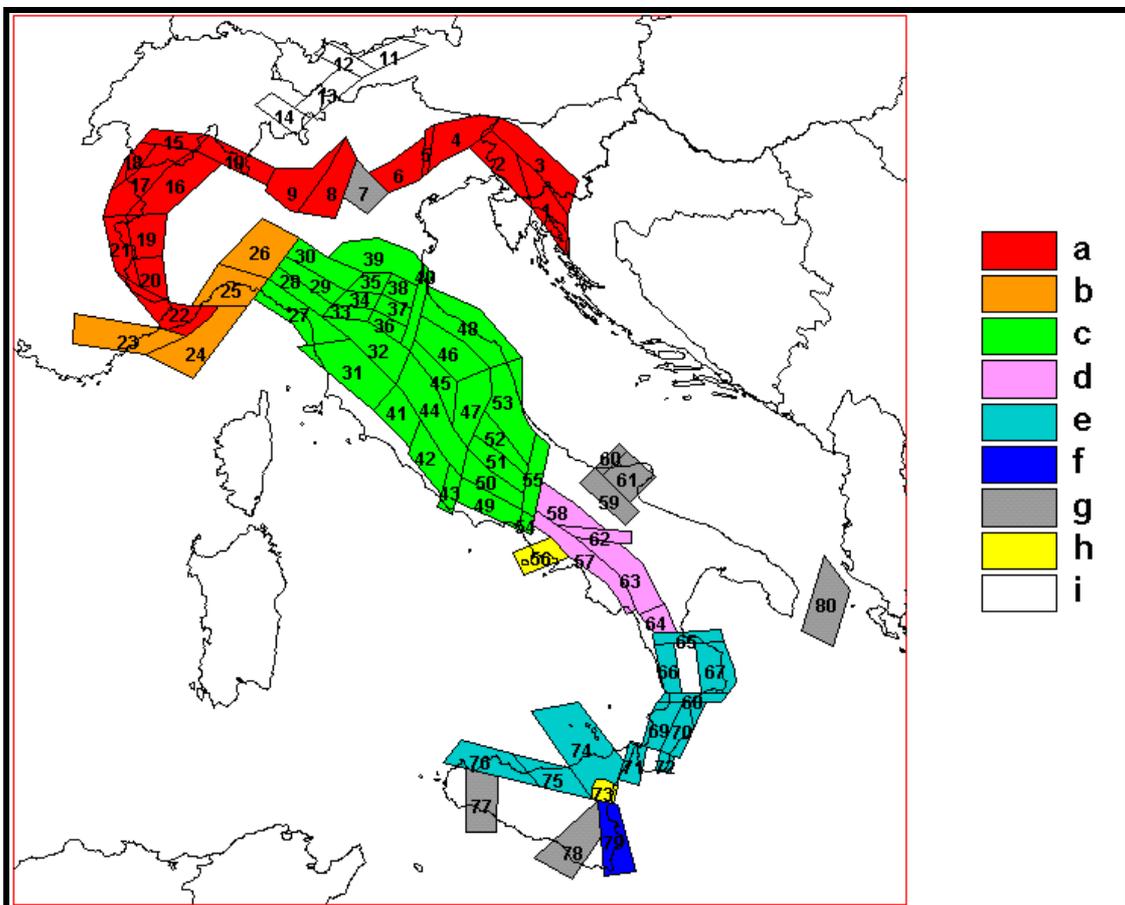
$M_o$  = modulo edometrico;

$E$  = modulo elastico.

## 6. 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 al passaggio tra l'area 30 e la 39, appartenenti 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).

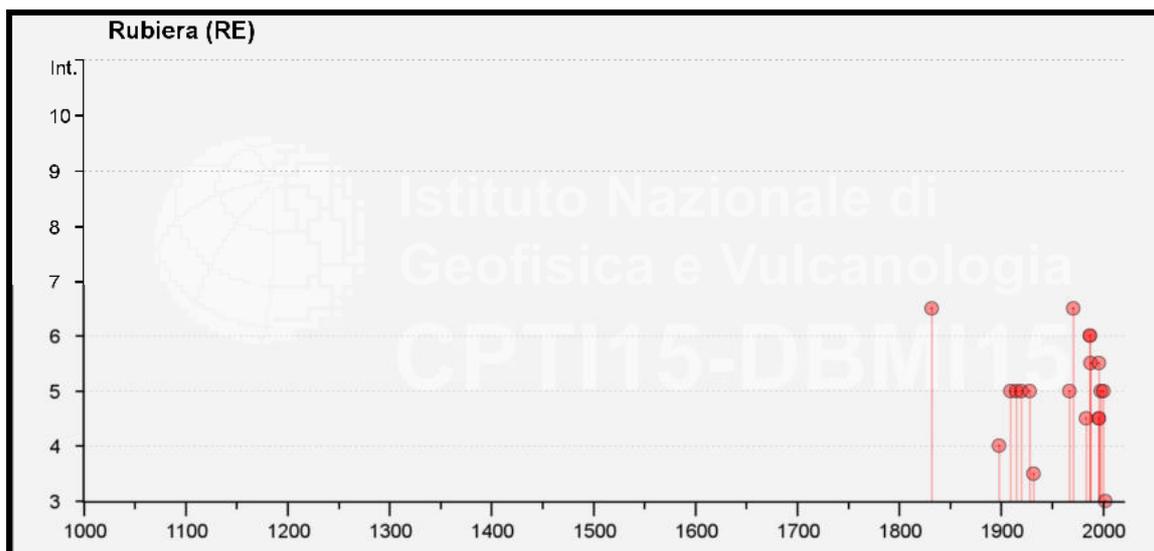
### Storia sismica di Rubiera (RE)

[44.653, 10.783]

Osservazioni disponibili: 28

Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	Io	Mw
6-7	1832	03	13	03	30		Reggiano	7-8	5.51
NF	1895	05	12	20	29		Reggiano	4-5	3.98
NF	1898	01	16	13	10		Romagna settentrionale	6	4.59
4	1898	03	04	21	05		Parmense	7-8	5.37
NF	1898	03	09	11	43		Romagna settentrionale	6	4.59
5	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	6-7	5.36
NF	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	7-8	5.34
5	1915	10	10	23	10		Reggiano	6	4.87
5	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	10	6.53
5	1928	06	13	08			Carpi	6	4.67
3-4	1932	04	19	00	17		Modenese	4	3.63
NF	1937	09	17	12	19	0	Parmense	7	4.77
NF	1965	11	09	15	35		Appennino reggiano	5	4.17
5	1967	04	03	16	36	1	Reggiano	5	4.44
6-7	1971	07	15	01	33	2	Parmense	8	5.51
4-5	1983	11	09	16	29	5	Parmense	6-7	5.04
NF	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
5-6	1988	03	15	12	03	1	Reggiano	6	4.57
1-2	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	7	4.82
5-6	1996	10	15	09	55	5	Pianura emiliana	7	5.38
4-5	1996	10	26	04	56	5	Pianura emiliana	5-6	3.94
4-5	1996	10	26	06	50	2	Pianura emiliana	5-6	3.63
5	1998	02	21	02	21	1	Pianura emiliana	5	3.93
5	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	5-6	4.40
3	2002	06	18	22	23	3	Frignano	4	4.30
2	2002	11	13	10	48	0	Franciacorta	5	4.21

Intendendo: Int = Intensità al sito (MCS); Io = Intensità epicentrale (MCS); Mw = Magnitudo



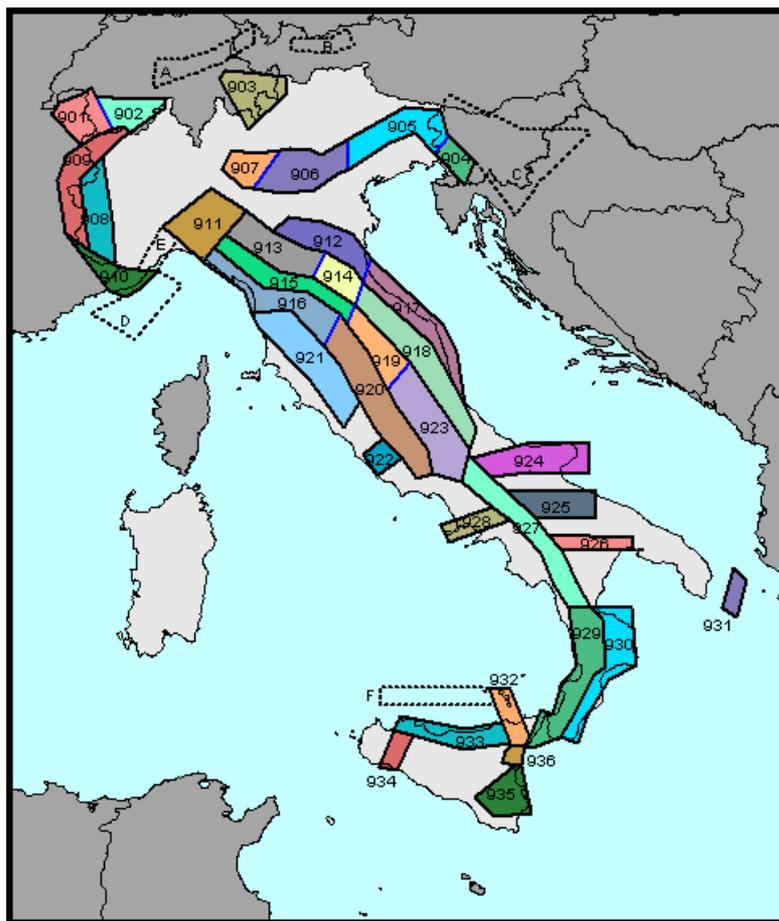
*eventi della precedente tabella nel rapporto tra anni (in ascisse) ed intensità sismica (in ordinate)*

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 Rubiera, secondo la nuova zonazione sismogenetica ZS9 (progetto a cura di C. Meletti e G. Valensise del marzo 2004) è al passaggio tra la zona 913 e la 912 (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 (ag/g), di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, pari a 0.15.

Più precisamente, al comune di Rubiera, 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  $g$  (arefg), di 0.162.



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. 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, è stata attribuita la velocità delle onde di taglio S. Ad ognuno dei primi sei strati a cui è stata attribuita la velocità delle onde di taglio S ( $V_S$ ) ed il rispettivo spessore ( $d$ ):

1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
$V_S = 140 \text{ m/s}$	$V_S = 163 \text{ m/s}$	$V_S = 229 \text{ m/s}$
$d = 1.6 \text{ m}$	$d = 5.3 \text{ m}$	$d = 5.0 \text{ m}$

4° STRATO	5° STRATO	6° STRATO
$V_S = 237 \text{ m/s}$	$V_S = 263 \text{ m/s}$	$V_S = 340 \text{ m/s}$
$d = 4.9 \text{ m}$	$d = 7.0 \text{ m}$	$d = 6.2 \text{ m}$

La valutazione del valore  $V_{S30}$  viene 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:

$$V_{S30} = 229 \text{ m/sec}$$

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.

## **7. RISPOSTA SISMICA LOCALE**

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 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:

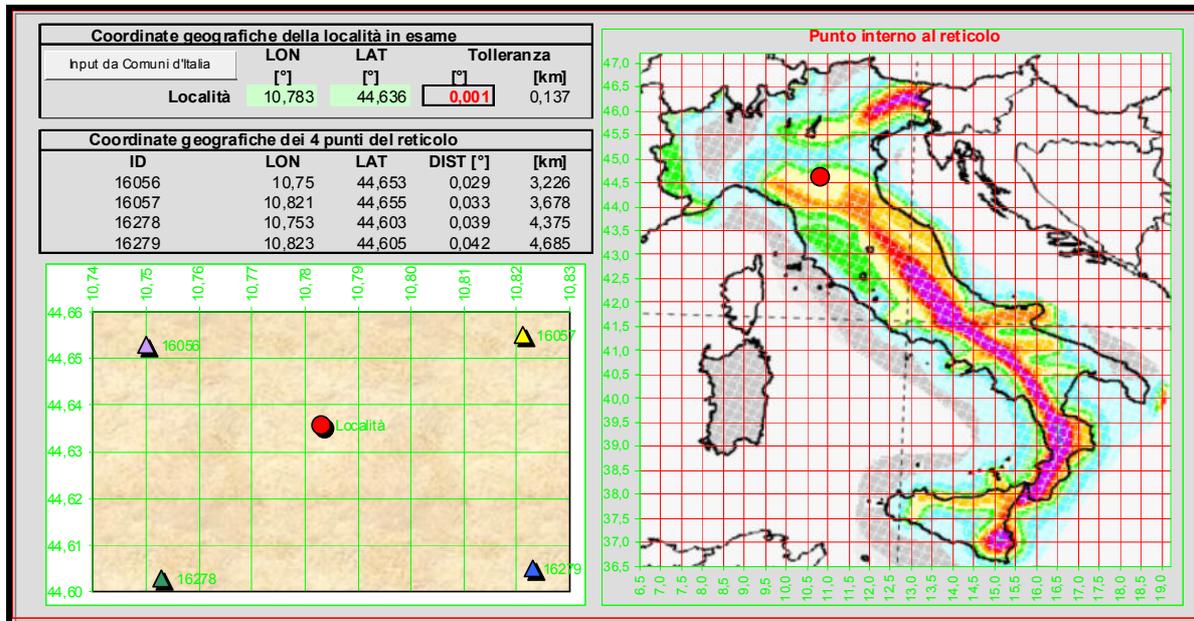
- $a_g$  = accelerazione orizzontale massima
- $F_0$  = fattore di amplificazione massimo dello spettro in accelerazione orizzontale
- $T_{c^*}$  = periodo inizio tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

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  $a_g$ ,  $F_0$  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  $V_N$   [anni]  
 Classe d'uso  $C_U$    
 Vita di riferimento  $V_R$  50 [anni]

**CARATTERISTICHE SISMICHE TERRENO**

Topografia   
 Coeff. topografico  $S_T$  1,0  
 Categoria suolo

	SL	$P_{VR}$	$T_R$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	S	Tb	$T_C$	$T_D$	$F_v$
sle	Operatività	81%	30	<b>0,496</b>	<b>2,47</b>	<b>0,25</b>	1,50	0,14	0,41	1,80	0,74
sle	Danno	63%	50	<b>0,616</b>	<b>2,50</b>	<b>0,27</b>	1,50	0,15	0,44	1,85	0,84
slu	Salv. Vita	10%	475	<b>1,618</b>	<b>2,38</b>	<b>0,29</b>	1,47	0,15	0,46	2,25	1,29
slu	Collasso	5%	975	<b>2,076</b>	<b>2,38</b>	<b>0,31</b>	1,40	0,16	0,48	2,43	1,47

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:

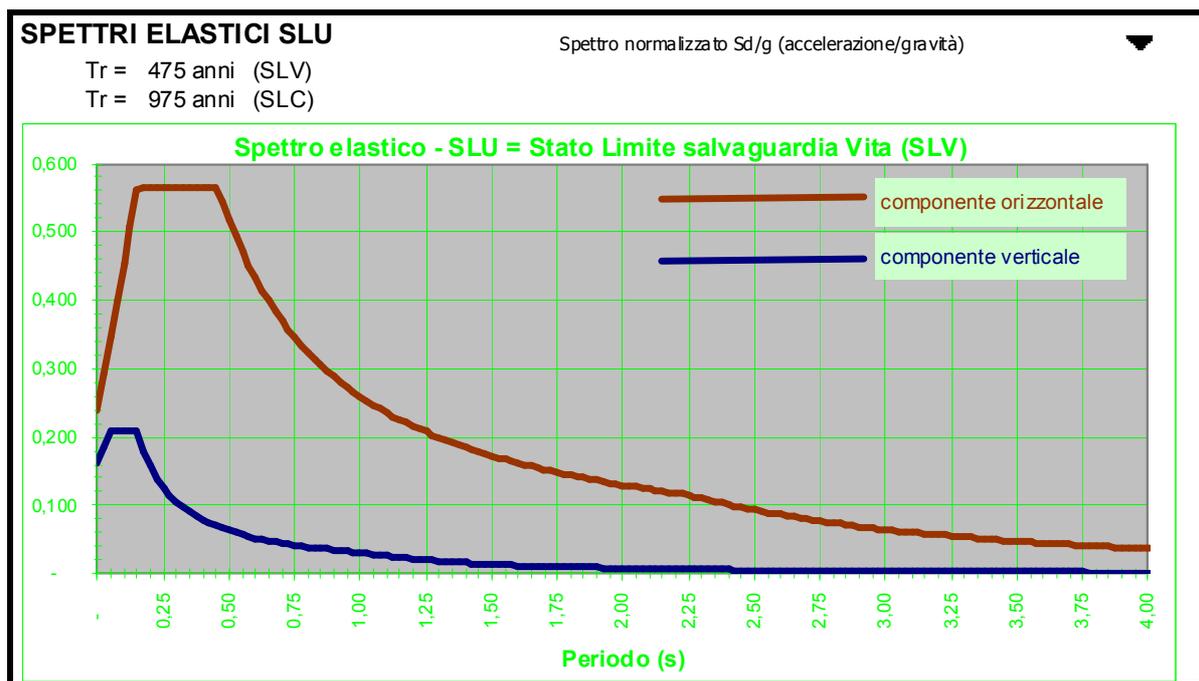
$$a_g = a_g/g = 1.618 / 9.81 = 0.165$$

$$F_0 = 2.38$$

$$T_c^* = 0.29$$

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  $S_s$**

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

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

$a_g = 0.165 \cdot g$

Sulla base dei dati sopra riportati risulta pertanto che:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.47 \cdot 1.0 \cdot 0.165 \cdot g = 0.243 \cdot g.$$

## **8. MICROZONAZIONE SISMICA**

L'aggiornamento con il DGR 630/2019 del DGR 2193/2015, che integrava 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. P9b del PTCP “Rischio Sismico – Carta dei livelli di approfondimento – 201SO”, prodotta a corredo del P.T.C.P. 2010 della Provincia di Reggio nell’Emilia, l’area in esame ricade tra quelle che necessitano di un II° livello di approfondimento (cf. stralcio in allegato).

L’analisi semplificata di secondo livello prevede la valutazione dei fattori di amplificazione  $F_a$  sulla base delle velocità medie delle onde di taglio all’interno della copertura ( $V_{sH}$ ) o nei primi 30 metri dalla superficie ( $V_{s30}$ ), calcolate secondo le seguenti formule:

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}} \quad V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

I fattori stimati esprimono l’amplificazione del moto sismico al passaggio dal bedrock alla superficie. I  $F_a$  riportati nelle tabelle sono stati calcolati per un tempo di ritorno  $T_R=475$  anni, con smorzamento  $\alpha=5\%$ , e sono relativi ai seguenti parametri rappresentativi dello scuotimento sismico:

- accelerazione di picco orizzontale (PGA):  $PGA/PGA_0$  dove  $PGA_0$  è l’accelerazione massima orizzontale a periodo  $T=0$  al suolo di riferimento mentre  $PGA$  è l’accelerazione massima orizzontale a periodo  $T=0$  alla superficie del sito.

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

dove:

$A$  è lo spettro di risposta in accelerazione,  $T$  è il periodo proprio e  $\alpha$  è lo smorzamento in cui  $SA/SA_0$ ;  $SA_0$  è l’integrale dello spettro di risposta in accelerazione al suolo di riferimento mentre  $SA$  è l’integrale dello spettro di risposta in accelerazione alla superficie del sito; sono stati considerati quattro intervalli di periodo proprio  $T$  ottenendo quattro valori di intensità spettrale:

**PTTCP 2010**  
 PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE

**PROVINCIA DI REGGIO EMILIA**

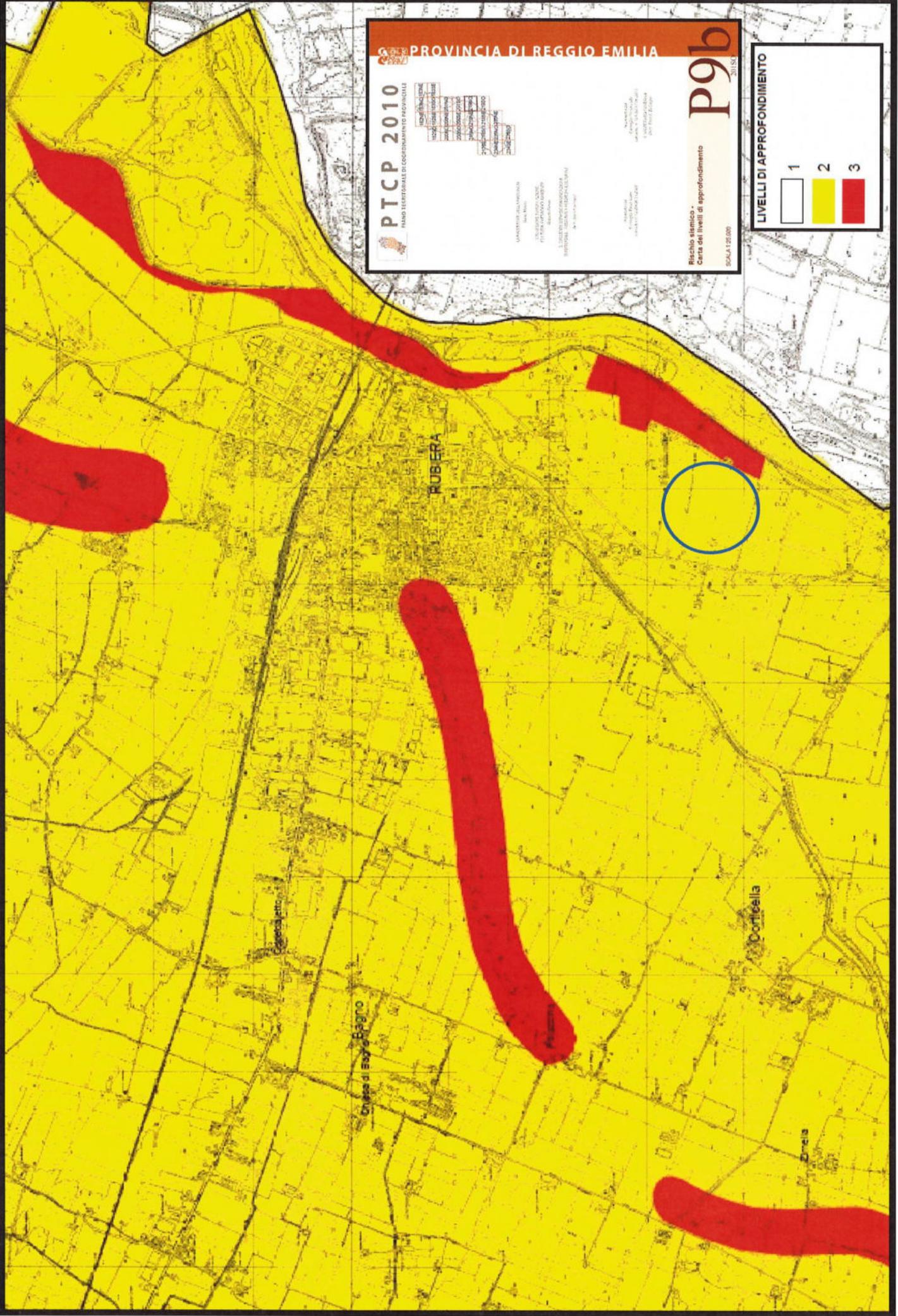
**P96**  
 2010

**Reggio Emilia -  
 Carta dei livelli di approfondimento**

SCALA 1:25.000

**LIVELLI DI APPROFONDIMENTO**

1	2	3



	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>2</sub></b>
<b>SA1</b>	0,1 s	0,5 s
<b>SA2</b>	0,4 s	0,8 s
<b>SA3</b>	0,7 s	1,1 s
<b>SA4*</b>	0,5 s	1,5 s

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

dove:

V è lo spettro di risposta in velocità, T è il periodo proprio e  $\zeta$  è lo smorzamento in cui  $SI/SI_0$ ;  $SI_0$  è l'integrale dello spettro di risposta in velocità (Intensità di Housner) al suolo di riferimento, SI è l'integrale dello spettro di risposta in velocità (o corrispondente grandezza di Intensità di Housner) alla superficie del sito; sono stati considerati tre intervalli di periodo proprio  $T$  ottenendo tre valori di intensità spettrale:

	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>2</sub></b>
<b>SI1</b>	0,1 s	0,5 s
<b>SI2</b>	0,5 s	1,0 s
<b>SI3*</b>	0,5 s	1,5 s

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  $F_a$  è riportata nella sottostante tabella:

V <sub>S30</sub> (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

V <sub>S30</sub> (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5
SA2	2,7	2,7	2,4	2,1	1,9	1,8
SA3	3,3	3,2	2,8	2,5	2,3	2,1
SA4	3,3	3,1	2,7	2,4	2,1	1,9

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

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

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

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 V<sub>S30</sub> (229 m/s), ottenuto estrapolando i dati dell'indagine geofisica, si ricavano i seguenti fattori di amplificazione:

PGA F.A. = 1.7			
SA1 = 1.8	SA2 = 2.7	SA3 = 3.2	SA4 = 3.1
SI1 = 2.0	SI2 = 3.0	SI3 = 3.3	

*Sono stati pertanto ottenuti due diversi fattori di amplificazione sismica, 1.47 con la Risposta sismica locale semplificata secondo le NTC2018 e 1.7 con l'analisi semplificata di 2° livello in sito secondo il DGR 360/2019. Per il futuro dimensionamento delle strutture, si dovrà pertanto tenere in considerazione i vari fattori di amplificazione; nella fattispecie, visto però che l'indagine eseguita in sito non ha riscontrato particolari problematiche del primo sottosuolo, così come*

riportato nel DM. 17/01/2018, si potrà utilizzare il Fattore di Amplificazione di 1.47 ottenuto con la risposta sismica locale semplificata, da cui deriva al sito una  $a_{max} = Fa \cdot ag = 1.47 \cdot 0.165 = 0.243 \cdot g$ .

## **9. 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 630/2019 e dal punto 7.11.3.4.2. delle NTC 2018, per la presenza di Magnitudo superiori a 5 e di livelli di natura granulare che si alternano alle argille, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno.

Pur avendo le indagini penetrometriche accertato livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie saturi, le verifiche effettuate con l'ausilio del programma LAN della Ditta Aztec Informatica, utilizzando le metodologie di Robertson e dell'Eurocodice, idonee per le prove penetrometriche statiche, hanno tuttavia riscontrato che il primo sottosuolo presenta:

VERIFICA IN CPT1: (Robertson-I.L.=0.00; Eurocodice - I.L. = 0.02) rischio molto basso e basso

VERIFICA IN CPT2: (Robertson-I.L.=0.00; Eurocodice - I.L. = 0.02) rischio molto basso e basso

VERIFICA IN CPT3: (Robertson-I.L.=0.00; Eurocodice - I.L. = 0.31) rischio molto basso e basso

**PROGETTO: VERIFICA A LIQUEFAZIONE**  
**DITTA: BENEVELLI S.R.L.**  
**COMUNE: RUBIERA (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 DELLA DOMANDA DI RESISTENZA A LIQUEFAZIONE CSR**

Il carico sismico, *CSR*, dipende dalla magnitudo *M* e dalla massima accelerazione in superficie,  $a_{max}$ .

Per una magnitudo  $M=7.5$  *CSR* è espresso dalla seguente relazione

$$CSR=0.65*(a_{max}/g)(\sigma_{v0}/\sigma'_{v0})*r_d$$

essendo

$a_{max}$     picco di accelerazione orizzontale in superficie prodotto dal terremoto

$g$         accelerazione di gravità

$\sigma_{v0}$  e  $\sigma'_{v0}$     tensione verticale geostatica totale ed efficace

$r_d$         coefficiente riduttivo delle tensioni

Per il coefficiente  $r_d$  si assumono i seguenti valori

$$r_d = 1.0-0.00765z \quad \text{per } z \leq 9.15 \text{ m}$$

$$r_d = 1.174-0.0267z \quad \text{per } 9.15 \leq z \leq 23 \text{ m}$$

$$r_d = 0.774-0.008z \quad \text{per } 23 < z < 30 \text{ m}$$

$$r_d = 0.5 \quad \text{per } z > 30 \text{ m}$$

Per terremoti con magnitudo diversa da 7.5 si applica un fattore correttivo, *MSF*, al valore di *CSR* precedentemente calcolato.

L'equazione utilizzata per per il calcolo di *MSF* viene di seguito riportata:

$$MSF = \left( \frac{M}{7.5} \right)^{-3.3} \quad \text{per } M \leq 7.5$$

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}} \quad \text{per } M > 7.5$$

L'Eurocodice 8 per tener conto di terremoti di magnitudo diversa da 7,5 utilizza la seguente correlazione :

M	MSF
5.5	2.86
6.0	2.20
6.5	1.69
7.0	1.30
8.0	0.67

## METODI DI CALCOLO DELLA RESISTENZA A LIQUEFAZIONE CRR

### Metodo di Robertson

La valutazione della capacità di resistenza alla liquefazione (CRR) da prove penetrometriche statiche viene stimata dagli autori con la seguente espressione:

$$CRR = \begin{cases} 0.883 \cdot \left[ \frac{(q_{c1n})_{CS}}{1000} \right] + 0.05 & \text{per } 0 < (q_{c1n})_{CS} < 50 \\ 93 \cdot \left[ \frac{(q_{c1n})_{CS}}{1000} \right]^3 + 0.08 & \text{per } 50 < (q_{c1n})_{CS} < 160 \end{cases}$$

dove:

$(q_{c1n})_{CS}$  : resistenza alla punta corretta e normalizzata.

Per il calcolo di  $(q_{c1n})_{CS}$  si procede come di seguito :

### Calcolo di $q_{c1N}$

$$F = \frac{f_s}{q_c - \sigma_v} \cdot 100 \quad : \text{ attrito laterale specifico normalizzato;}$$

$$Q = \frac{q_c - \sigma_v}{\sigma'_v} \quad : \text{ resistenza alla punta;}$$

$q_c$  : resistenza alla punta misurata espressa in  $[\text{kg}/\text{cm}^2]$ ;

$f_s$  : attrito laterale specifico misurato espresso in  $[\text{kg}/\text{cm}^2]$

$\sigma_v$  : pressione verticale totale espressa in  $[\text{kg}/\text{cm}^2]$ .

$\sigma'_v$  : pressione verticale efficace espressa in  $[\text{kg}/\text{cm}^2]$ .

$$I_c = \sqrt{(\text{Log}_{10} F + 1.22)^2 + (\text{Log}_{10} Q - 3.47)^2}$$

$$q_{c1N} = C_Q \cdot q_c$$

$$C_Q = \left( \frac{1}{\sigma'_v} \right)^n$$

$$n = \begin{cases} 1.00 & \text{se } I_c > 2.6; \\ 0.50 \text{ se } \begin{cases} I_c \leq 2.6 \\ \sqrt{(\text{Log}_{10} F + 1.22)^2 + (\text{Log}_{10} q_{c1N} - 3.47)^2} \leq 2.6 \end{cases} \\ 0.75 \text{ se } \begin{cases} I_c \leq 2.6 \\ \sqrt{(\text{Log}_{10} F + 1.22)^2 + (\text{Log}_{10} q_{c1N} - 3.47)^2} > 2.6 \end{cases} \end{cases}$$

deve comunque essere :

$$q_{c1N} \leq 2 \cdot q_c$$

### Calcolo di $(q_{c1N})_{CS}$

$$(q_{c1N})_{CS} = K_C \cdot q_{c1N}$$

$$K_C = \begin{cases} 1 & I_c \leq 1.64 \\ -0.403 \cdot I_c^4 + 5.581 \cdot I_c^3 - 21.63 \cdot I_c^2 + 33.75 \cdot I_c - 17.88 & 1.64 < I_c < 2.6 \end{cases}$$

per  $I_c \geq 2.6$  non esiste fenomeno di liquefazione.

Il metodo si basa sulla determinazione del fattore di sicurezza espresso da:

$$F_s = CRR/CSR$$

Quest'ultimo è indicativo della propensione o meno del terreno a liquefare. Il deposito sabbioso saturo è potenzialmente liquefacibile se risulta  $F_s \leq 1.0$

### DATI SITU 1

#### Simbologia adottata

- $M$  : Magnitudo dell'evento sismico;
- $a_g$  : Accelerazione massima su sito di riferimento rigido;
- $F_0$  : Fattore di amplificazione spettrale;
- $CdS$  : Categoria di sottosuolo;
- $Ss$  : Coefficiente amplificazione stratigrafica;
- $p_0$  : Presenza di sovraccarico al piano campagna espresso in [kg/mq];
- $z_w$  : Profondità della falda dal piano campagna espressa in [m].

<b>M</b>	<b><math>a_g</math></b>	<b><math>F_0</math></b>	<b>CdS</b>	<b>Ss</b>	<b><math>p_0</math></b>	<b><math>z_w</math></b>
5.38	1,618	2,380	C	1,464	0,00	11,1÷11.4

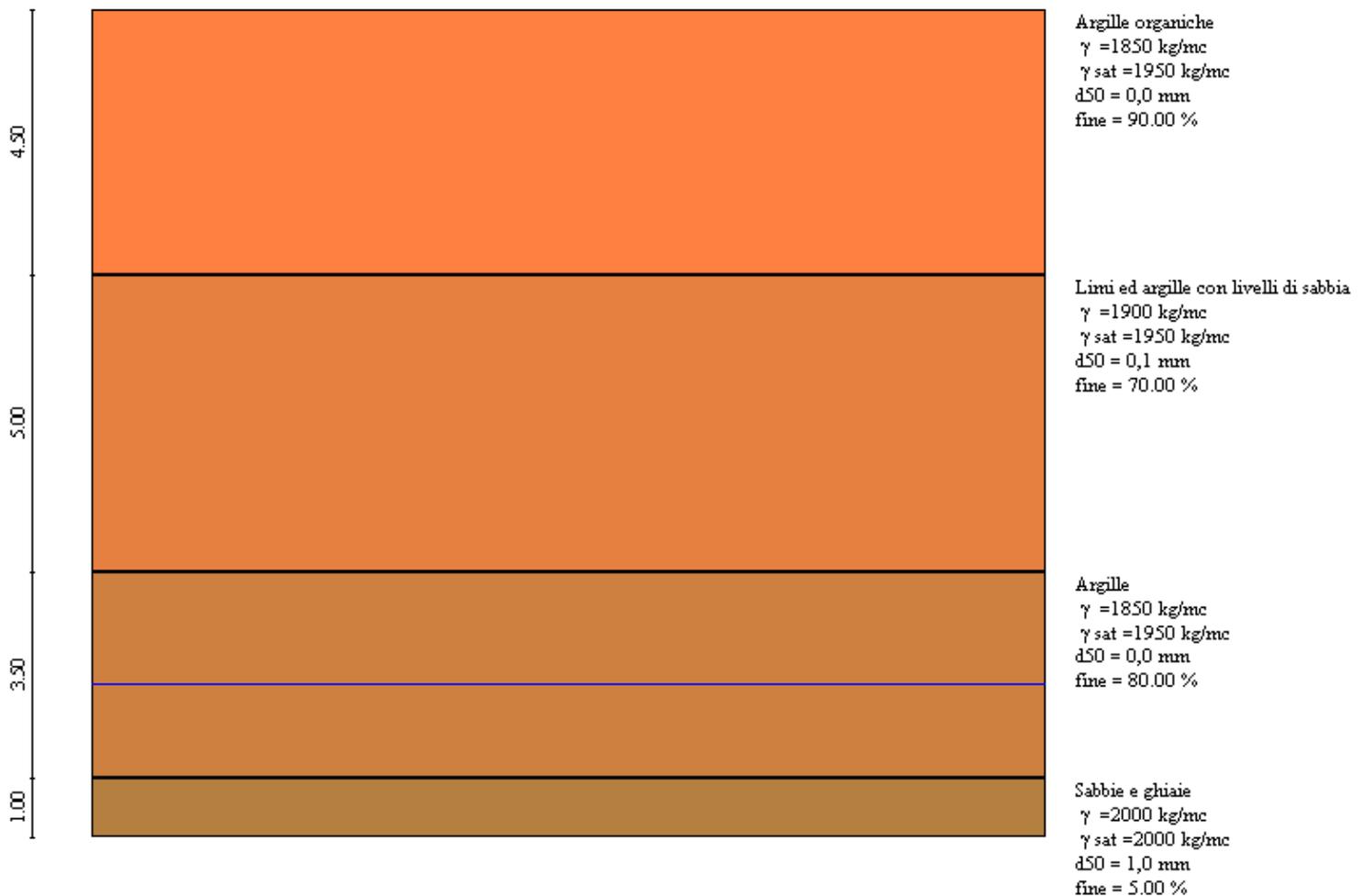
$$a_{max} / g = 0,243$$

## DATI STRATIGRAFIA CPT1

### Simbologia adottata

<i>Nr.</i>	: Indice dello strato;
<i>Descrizione</i>	: Descrizione strato;
<i>h</i>	: Spessore dello strato espresso in [m];
$\gamma$	: Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc];
$\gamma_s$	: Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc];
$d_{50}$	: Diametro della curva granulometrica del passante al 50 per cento espresso in [mm];
<i>fine</i>	: Contenuto di fine presente nello strato espressa in [%].

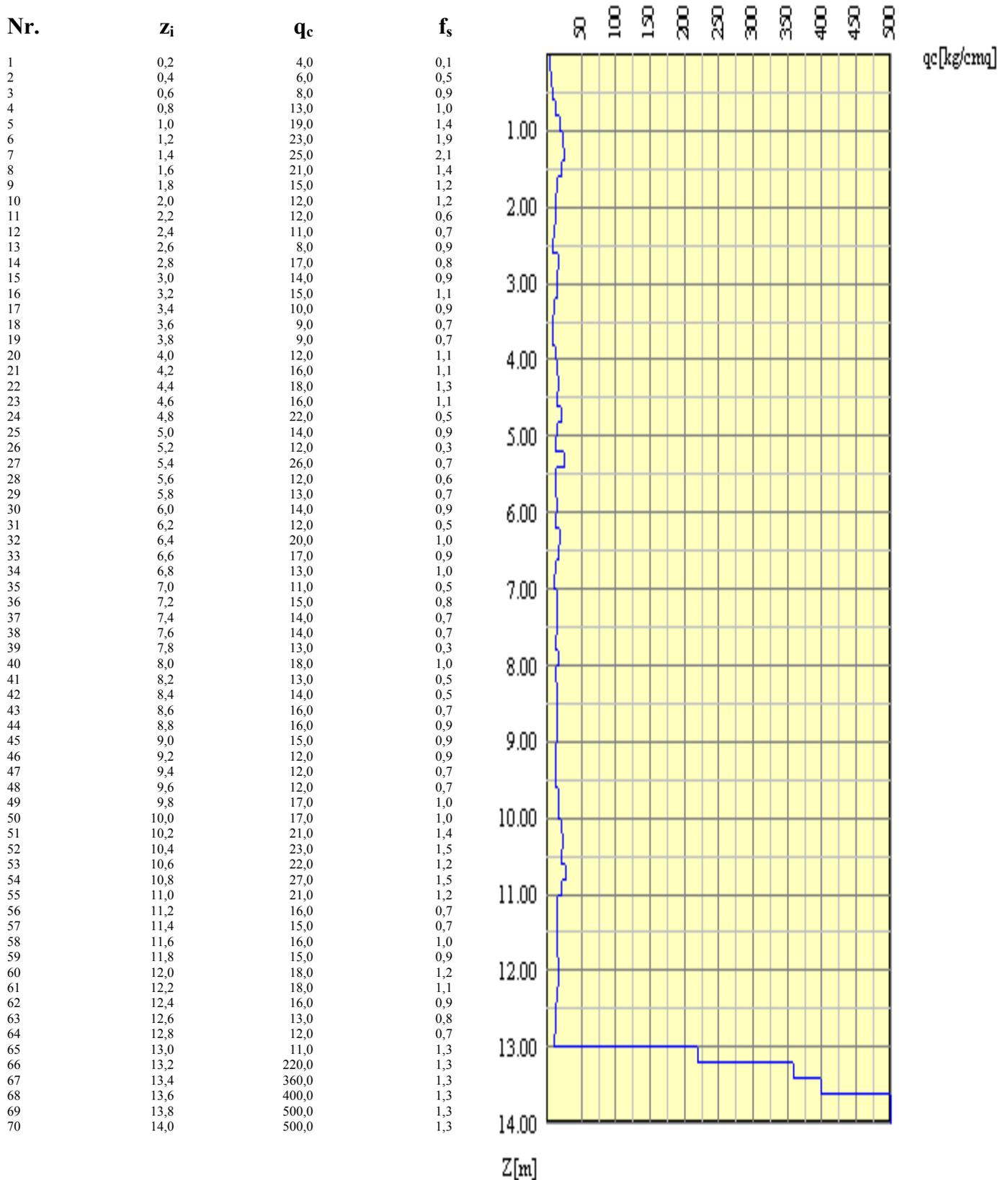
Nr.	Descrizione	h	$\gamma$	$\gamma_s$	$d_{50}$	fine
1 -	Argille organiche	4,5	1850	1950	0,00	90.00
2 -	Limi ed argille con livelli di sabbia	5,0	1900	1950	0,10	70.00
3 -	Argille	3,5	1850	1950	0,01	80.00
4 -	Sabbie e ghiaie	1,0	2000	2000	1,00	5.00



## PROVA CPT1

### Simbologia adottata

- Nr.* : Numero d'ordine dei valori delle misure della prova;  
*z<sub>i</sub>* : Profondità alla quale viene effettuata la misura della prova espressa in [m];  
*q<sub>c</sub>* : Resistenza alla punta della prova CPT espressa in [kg/cm<sup>2</sup>].  
*f<sub>s</sub>* : Resistenza laterale della prova CPT espressa in [kg/cm<sup>2</sup>].



## RISULTATI ANALISI CPT1

### Calcolo fattore di sicurezza

#### Simbologia adottata

$Nr.$	: Numero d'ordine del risultato;
$z_i$	: Profondità alla quale viene calcolato il fattore di sicurezza espressa in [m];
$\sigma'_v$	: tensione verticale efficace calcolata alla profondità $z_i$ espressa in [kg/cmq];
$\sigma_v$	: tensione verticale totale calcolata alla profondità $z_i$ espressa in [kg/cmq];
$r_d$	: coefficiente correttivo di riduzione delle tensioni con la profondità $z_i$ ;
$MSF$	: coefficiente correttivo funzione dellamagnitudo del sisma;
$CSR$	: resistenza a taglio mobilitata espressa in termini di rapporto di tensione ciclica;
$CRR$	: sforzo di taglio indotto dal sisma espresso in termini di rapporto di resistenza ciclica;
$F_s$	: Fattore di sicurezza espresso come rapporto tra CRR e CSR;

### Medoto ROBERTSON

Nr.	$z_i$	$\sigma'_v$	$\sigma_v$	$r_d$	MSF	CSR	CRR	$F_s$
1	0,20	0,04	0,04	1,00	2,99	0,05	0,07	1,40
2	0,40	0,07	0,07	1,00	2,99	0,05	0,10	2,00
3	0,60	0,11	0,11	1,00	2,99	0,05	0,10	2,00
4	0,80	0,15	0,15	0,99	2,99	0,05	0,10	2,00
5	1,00	0,18	0,18	0,99	2,99	0,05	0,27	5,17
6	1,20	0,22	0,22	0,99	2,99	0,05	0,42	7,99
7	1,40	0,26	0,26	0,99	2,99	0,05	0,10	2,00
8	1,60	0,30	0,30	0,99	2,99	0,05	0,10	2,00
9	1,80	0,33	0,33	0,99	2,99	0,05	0,37	7,23
10	2,00	0,37	0,37	0,98	2,99	0,05	0,19	3,62
11	2,20	0,41	0,41	0,98	2,99	0,05	0,16	3,09
12	2,40	0,44	0,44	0,98	2,99	0,05	0,13	2,45
13	2,60	0,48	0,48	0,98	2,99	0,05	0,09	1,81
14	2,80	0,52	0,52	0,98	2,99	0,05	0,19	3,72
15	3,00	0,56	0,56	0,98	2,99	0,05	0,13	2,52
16	3,20	0,59	0,59	0,98	2,99	0,05	0,13	2,53
17	3,40	0,63	0,63	0,97	2,99	0,05	0,09	1,84
18	3,60	0,67	0,67	0,97	2,99	0,05	0,09	1,70
19	3,80	0,70	0,70	0,97	2,99	0,05	0,08	1,66
20	4,00	0,74	0,74	0,97	2,99	0,05	0,09	1,81
21	4,20	0,78	0,78	0,97	2,99	0,05	0,11	2,09
22	4,40	0,81	0,81	0,97	2,99	0,05	0,11	2,22
23	4,60	0,85	0,85	0,96	2,99	0,05	0,10	1,96
24	4,80	0,89	0,89	0,96	2,99	0,05	0,13	2,49
25	5,00	0,93	0,93	0,96	2,99	0,05	0,09	1,81
26	5,20	0,97	0,97	0,96	2,99	0,05	0,08	1,66
27	5,40	1,00	1,00	0,96	2,99	0,05	0,13	2,65
28	5,60	1,04	1,04	0,96	2,99	0,05	0,08	1,61
29	5,80	1,08	1,08	0,96	2,99	0,05	0,08	1,65
30	6,00	1,12	1,12	0,95	2,99	0,05	0,08	1,68
31	6,20	1,16	1,16	0,95	2,99	0,05	0,08	1,55
32	6,40	1,19	1,19	0,95	2,99	0,05	0,09	1,87
33	6,60	1,23	1,23	0,95	2,99	0,05	0,09	1,76
34	6,80	1,27	1,27	0,95	2,99	0,05	0,08	1,55
35	7,00	1,31	1,31	0,95	2,99	0,05	0,07	1,45
36	7,20	1,35	1,35	0,94	2,99	0,05	0,08	1,61
37	7,40	1,38	1,38	0,94	2,99	0,05	0,08	1,55
38	7,60	1,42	1,42	0,94	2,99	0,05	0,08	1,54
39	7,80	1,46	1,46	0,94	2,99	0,05	0,07	1,49
40	8,00	1,50	1,50	0,94	2,99	0,05	0,08	1,67
41	8,20	1,54	1,54	0,94	2,99	0,05	0,07	1,46
42	8,40	1,57	1,57	0,94	2,99	0,05	0,07	1,49
43	8,60	1,61	1,61	0,93	2,99	0,05	0,08	1,56
44	8,80	1,65	1,65	0,93	2,99	0,05	0,08	1,55
45	9,00	1,69	1,69	0,93	2,99	0,05	0,07	1,50
46	9,20	1,73	1,73	0,93	2,99	0,05	0,07	1,39
47	9,40	1,76	1,76	0,92	2,99	0,05	0,07	1,39
48	9,60	1,80	1,80	0,92	2,99	0,05	0,07	1,38
49	9,80	1,84	1,84	0,91	2,99	0,05	0,07	1,55
50	10,00	1,88	1,88	0,91	2,99	0,05	0,07	1,55

51	10,20	1,91	1,91	0,90	2,99	0,05	0,08	1,68
52	10,40	1,95	1,95	0,90	2,99	0,05	0,08	1,74
53	10,60	1,99	1,99	0,89	2,99	0,05	0,08	1,70
54	10,80	2,02	2,02	0,89	2,99	0,05	0,09	1,86
55	11,00	2,06	2,06	0,88	2,99	0,05	0,08	1,67
56	11,20	2,10	2,10	0,87	2,99	0,05	0,07	1,51
57	11,40	2,13	2,13	0,87	2,99	0,05	0,07	1,49
58	11,60	2,15	2,17	0,86	2,99	0,05	0,07	1,51
59	11,80	2,17	2,21	0,86	2,99	0,05	0,07	1,47
60	12,00	2,19	2,25	0,85	2,99	0,05	0,07	1,55
61	12,20	2,21	2,29	0,85	2,99	0,05	0,07	1,54
62	12,40	2,23	2,33	0,84	2,99	0,05	0,07	1,47
63	12,60	2,25	2,37	0,84	2,99	0,05	0,06	1,38
64	12,80	2,27	2,41	0,83	2,99	0,05	0,06	1,35
65	13,00	2,29	2,45	0,83	2,99	0,05	0,06	1,31
66	13,20	2,31	2,49	0,82	2,99	0,05	0,37	7,88
67	13,40	2,33	2,53	0,82	2,99	0,05	0,09	2,00
68	13,60	2,35	2,57	0,81	2,99	0,05	0,09	2,00
69	13,80	2,37	2,61	0,81	2,99	0,05	0,09	2,00
70	14,00	2,39	2,65	0,80	2,99	0,05	0,09	2,00

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.) : 0.00

Rischio di liquefazione : molto basso



Metodo ROBERTSON

Indice di Liquefazione 0.000

Rischio di Liquefazione molto basso

## Medoto Eurocodice CPT

Nr.	$z_i$	$\sigma'_v$	$\sigma_v$	$r_d$	MSF	CSR	CRR	$F_s$
1	0,20	0,04	0,04	1.00	3.16	0.05	7.65	154.13
2	0,40	0,07	0,07	1.00	3.16	0.05	7.65	154.37
3	0,60	0,11	0,11	1.00	3.16	0.05	7.65	154.61
4	0,80	0,15	0,15	0.99	3.16	0.05	7.65	154.85
5	1,00	0,18	0,18	0.99	3.16	0.05	7.65	155.08
6	1,20	0,22	0,22	0.99	3.16	0.05	7.65	155.32
7	1,40	0,26	0,26	0.99	3.16	0.05	7.65	155.56
8	1,60	0,30	0,30	0.99	3.16	0.05	7.65	155.80
9	1,80	0,33	0,33	0.99	3.16	0.05	7.65	156.05
10	2,00	0,37	0,37	0.98	3.16	0.05	7.65	156.29
11	2,20	0,41	0,41	0.98	3.16	0.05	7.65	156.53
12	2,40	0,44	0,44	0.98	3.16	0.05	7.65	156.78
13	2,60	0,48	0,48	0.98	3.16	0.05	7.65	157.02
14	2,80	0,52	0,52	0.98	3.16	0.05	7.65	157.27
15	3,00	0,56	0,56	0.98	3.16	0.05	7.65	157.51
16	3,20	0,59	0,59	0.98	3.16	0.05	7.65	157.76
17	3,40	0,63	0,63	0.97	3.16	0.05	7.65	158.01
18	3,60	0,67	0,67	0.97	3.16	0.05	7.65	158.26
19	3,80	0,70	0,70	0.97	3.16	0.05	7.65	158.51
20	4,00	0,74	0,74	0.97	3.16	0.05	7.65	158.76
21	4,20	0,78	0,78	0.97	3.16	0.05	7.65	159.01
22	4,40	0,81	0,81	0.97	3.16	0.05	7.65	159.26
23	4,60	0,85	0,85	0.96	3.16	0.05	7.65	159.51
24	4,80	0,89	0,89	0.96	3.16	0.05	7.65	159.76
25	5,00	0,93	0,93	0.96	3.16	0.05	7.65	160.02
26	5,20	0,97	0,97	0.96	3.16	0.05	7.65	160.27
27	5,40	1,00	1,00	0.96	3.16	0.05	7.65	160.53
28	5,60	1,04	1,04	0.96	3.16	0.05	7.65	160.79
29	5,80	1,08	1,08	0.96	3.16	0.05	7.65	161.04
30	6,00	1,12	1,12	0.95	3.16	0.05	7.65	161.30
31	6,20	1,16	1,16	0.95	3.16	0.05	7.65	161.56
32	6,40	1,19	1,19	0.95	3.16	0.05	7.65	161.82
33	6,60	1,23	1,23	0.95	3.16	0.05	7.65	162.08
34	6,80	1,27	1,27	0.95	3.16	0.05	7.65	162.34
35	7,00	1,31	1,31	0.95	3.16	0.05	7.65	162.61
36	7,20	1,35	1,35	0.94	3.16	0.05	7.65	162.87
37	7,40	1,38	1,38	0.94	3.16	0.05	7.65	163.13
38	7,60	1,42	1,42	0.94	3.16	0.05	7.65	163.40
39	7,80	1,46	1,46	0.94	3.16	0.05	7.65	163.66
40	8,00	1,50	1,50	0.94	3.16	0.05	7.65	163.93
41	8,20	1,54	1,54	0.94	3.16	0.05	7.65	164.20
42	8,40	1,57	1,57	0.94	3.16	0.05	7.65	164.47
43	8,60	1,61	1,61	0.93	3.16	0.05	7.65	164.74
44	8,80	1,65	1,65	0.93	3.16	0.05	7.65	165.01
45	9,00	1,69	1,69	0.93	3.16	0.05	7.65	165.28
46	9,20	1,73	1,73	0.93	3.16	0.05	7.65	165.77
47	9,40	1,76	1,76	0.92	3.16	0.05	7.65	166.73
48	9,60	1,80	1,80	0.92	3.16	0.05	7.65	167.70
49	9,80	1,84	1,84	0.91	3.16	0.05	7.65	168.68
50	10,00	1,88	1,88	0.91	3.16	0.05	7.65	169.68
51	10,20	1,91	1,91	0.90	3.16	0.04	7.65	170.68
52	10,40	1,95	1,95	0.90	3.16	0.04	7.65	171.70
53	10,60	1,99	1,99	0.89	3.16	0.04	7.65	172.73
54	10,80	2,02	2,02	0.89	3.16	0.04	7.65	173.77
55	11,00	2,06	2,06	0.88	3.16	0.04	7.65	174.82
56	11,20	2,10	2,10	0.87	3.16	0.04	7.65	175.89
57	11,40	2,13	2,13	0.87	3.16	0.04	7.65	176.97
58	11,60	2,15	2,17	0.86	3.16	0.04	7.65	176.43
59	11,80	2,17	2,21	0.86	3.16	0.04	7.65	175.93
60	12,00	2,19	2,25	0.85	3.16	0.04	7.65	175.49
61	12,20	2,21	2,29	0.85	3.16	0.04	7.65	175.09
62	12,40	2,23	2,33	0.84	3.16	0.04	7.65	174.74
63	12,60	2,25	2,37	0.84	3.16	0.04	7.65	174.43
64	12,80	2,27	2,41	0.83	3.16	0.04	7.65	174.16
65	13,00	2,29	2,45	0.83	3.16	0.04	0.02	0.39
66	13,20	2,31	2,49	0.82	3.16	0.04	0.42	9.43
67	13,40	2,33	2,53	0.82	3.16	0.04	6.23	141.37
68	13,60	2,35	2,57	0.81	3.16	0.04	6.23	141.29
69	13,80	2,37	2,61	0.81	3.16	0.04	6.23	141.24
70	14,00	2,39	2,65	0.80	3.16	0.04	6.23	141.22

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.) : 0.02

Rischio di liquefazione : basso



Metodo Eurocodice CPT

Indice di Liquefazione 0.015

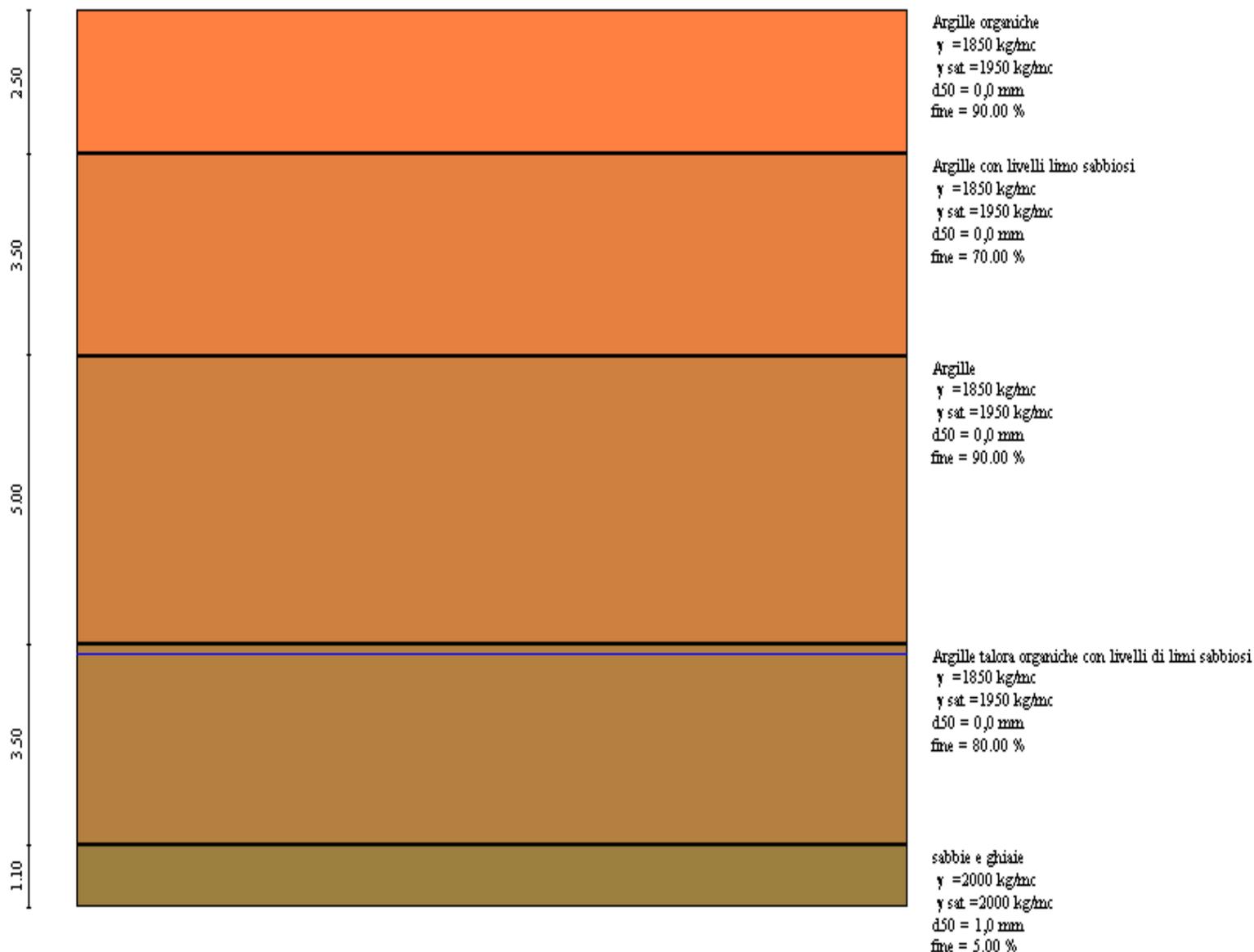
Rischio di Liquefazione basso

## DATI STRATIGRAFIA CPT2

### Simbologia adottata

<i>Nr.</i>	: Indice dello strato;
<i>Descrizione</i>	: Descrizione strato;
<i>h</i>	: Spessore dello strato espresso in [m];
$\gamma$	: Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc];
$\gamma_s$	: Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc];
$d_{50}$	: Diametro della curva granulometrica del passante al 50 per cento espresso in [mm];
<i>fine</i>	: Contenuto di fine presente nello strato espressa in [%].

Nr.	Descrizione	h	$\gamma$	$\gamma_s$	$d_{50}$	fine
1 -	Argille organiche	2,5	1850	1950	0,00	90.00
2 -	Argille con livelli limo sabbiosi	3,5	1850	1950	0,01	70.00
3 -	Argille	5,0	1850	1950	0,01	90.00
4 -	Argille talora organiche con livelli di limi sabbiosi	3,5	1850	1950	0,01	80.00
5 -	Sabbie e ghiaie		1,12000	2000	1,00	5.00

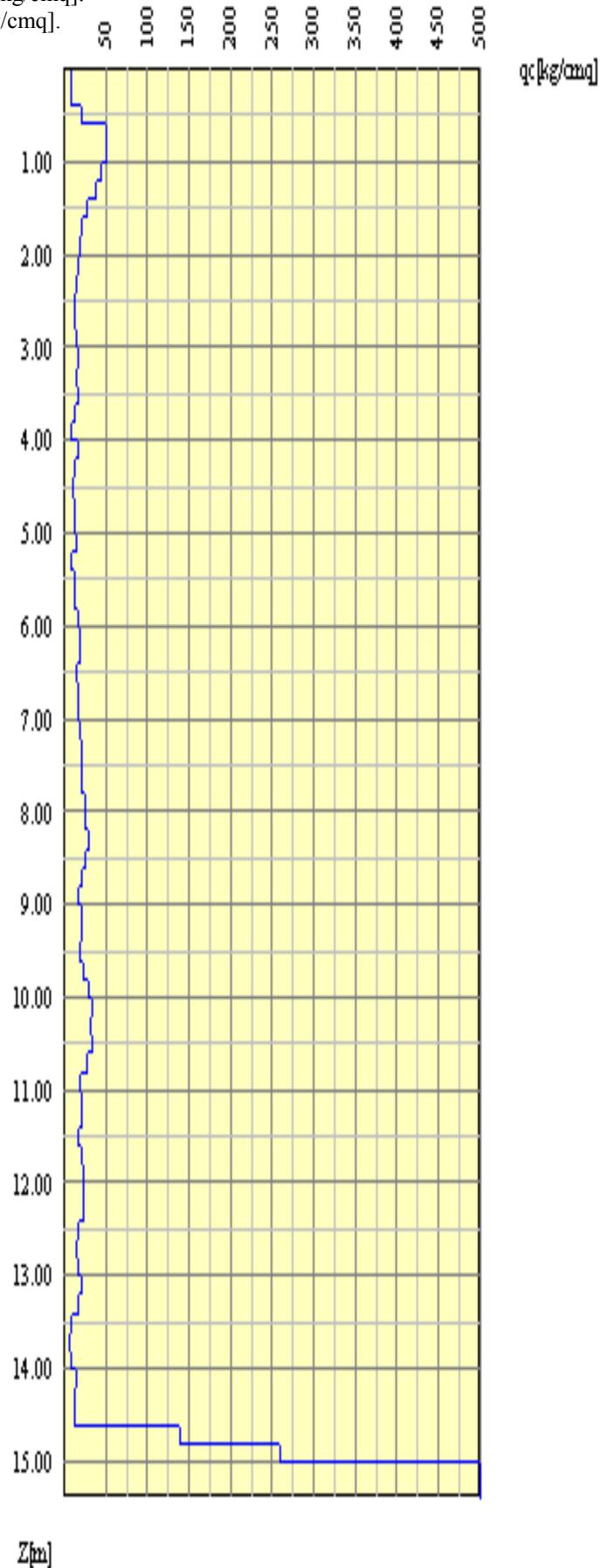


## PROVA CPT 2

Simbologia adottata

- Nr. : Numero d'ordine dei valori delle misure della prova;  
 $z_i$  : Profondità alla quale viene effettuata la misura della prova espressa in [m];  
 $q_c$  : Resistenza alla punta della prova CPT espressa in [kg/cm<sup>2</sup>].  
 $f_s$  : Resistenza laterale della prova CPT espressa in [kg/cm<sup>2</sup>].

Nr.	$z_i$	$q_c$	$f_s$
1	0,2	9,0	0,1
2	0,4	8,0	1,3
3	0,6	21,0	0,8
4	0,8	50,0	1,3
5	1,0	51,0	1,9
6	1,2	45,0	2,7
7	1,4	38,0	3,3
8	1,6	27,0	2,8
9	1,8	20,0	2,0
10	2,0	18,0	1,7
11	2,2	16,0	1,5
12	2,4	14,0	1,2
13	2,6	12,0	1,1
14	2,8	13,0	0,8
15	3,0	14,0	0,8
16	3,2	16,0	0,9
17	3,4	14,0	0,8
18	3,6	16,0	1,1
19	3,8	12,0	0,9
20	4,0	9,0	0,5
21	4,2	16,0	0,9
22	4,4	12,0	0,8
23	4,6	10,0	0,7
24	4,8	12,0	0,4
25	5,0	12,0	0,5
26	5,2	14,0	0,5
27	5,4	8,0	0,4
28	5,6	12,0	0,5
29	5,8	12,0	0,6
30	6,0	17,0	0,9
31	6,2	19,0	1,0
32	6,4	19,0	1,1
33	6,6	15,0	0,9
34	6,8	16,0	0,9
35	7,0	16,0	1,1
36	7,2	19,0	1,1
37	7,4	22,0	1,3
38	7,6	21,0	1,3
39	7,8	22,0	1,2
40	8,0	26,0	1,3
41	8,2	26,0	1,3
42	8,4	30,0	1,6
43	8,6	26,0	1,3
44	8,8	20,0	1,1
45	9,0	17,0	1,1
46	9,2	20,0	1,1
47	9,4	20,0	1,1
48	9,6	19,0	1,4
49	9,8	23,0	1,4
50	10,0	29,0	1,7
51	10,2	34,0	2,0
52	10,4	32,0	1,9
53	10,6	34,0	2,0
54	10,8	28,0	1,8
55	11,0	19,0	1,1
56	11,2	20,0	0,9
57	11,4	22,0	1,1
58	11,6	17,0	1,2
59	11,8	20,0	1,1
60	12,0	23,0	1,1
61	12,2	24,0	1,3
62	12,4	24,0	0,8
63	12,6	16,0	0,9
64	12,8	14,0	0,9
65	13,0	16,0	0,4
66	13,2	22,0	0,7
67	13,4	16,0	0,8
68	13,6	8,0	0,5
69	13,8	7,0	0,5
70	14,0	8,0	0,4
71	14,2	14,0	0,7
72	14,4	13,0	0,7
73	14,6	12,0	1,3
74	14,8	140,0	1,3
75	15,0	260,0	1,3
76	15,2	500,0	1,3
77	15,4	500,0	2,0



## RISULTATI ANALISI CPT2

### Calcolo fattore di sicurezza

#### Simbologia adottata

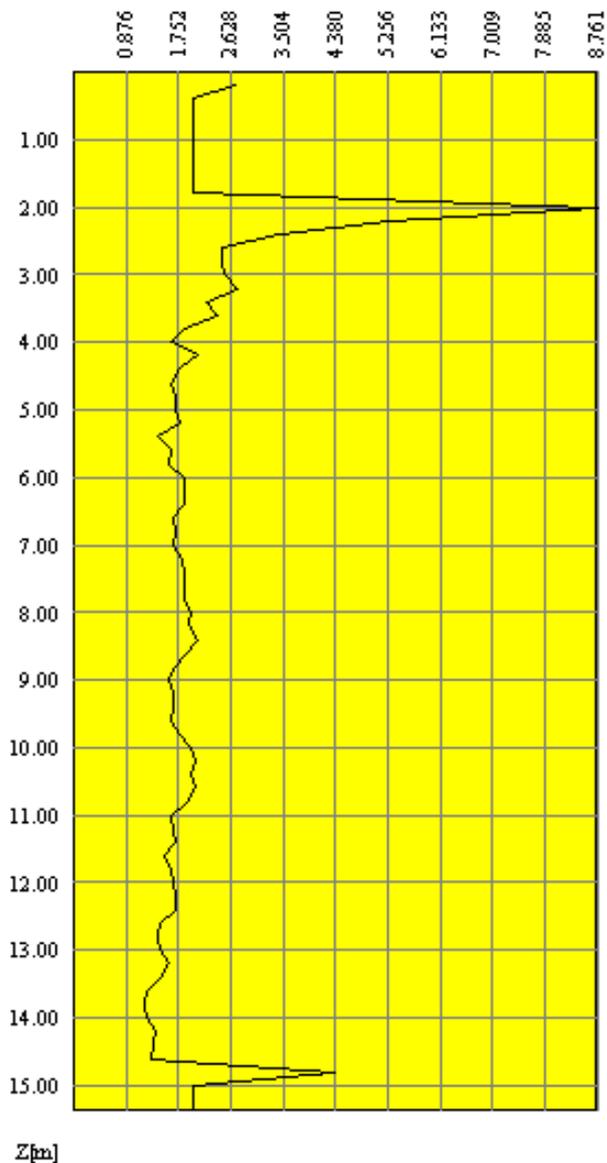
$Nr.$	: Numero d'ordine del risultato;
$z_i$	: Profondità alla quale viene calcolato il fattore di sicurezza espressa in [m];
$\sigma'_v$	: tensione verticale efficace calcolata alla profondità $z_i$ espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ];
$\sigma_v$	: tensione verticale totale calcolata alla profondità $z_i$ espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ];
$r_d$	: coefficiente correttivo di riduzione delle tensioni con la profondità $z_i$ ;
$MSF$	: coefficiente correttivo funzione dellamagnitudo del sisma;
$CSR$	: resistenza a taglio mobilitata espressa in termini di rapporto di tensione ciclica;
$CRR$	: sforzo di taglio indotto dal sisma espresso in termini di rapporto di resistenza ciclica;
$F_s$	: Fattore di sicurezza espresso come rapporto tra $CRR$ e $CSR$ ;

### Medoto ROBERTSON

Nr.	$z_i$	$\sigma'_v$	$\sigma_v$	$r_d$	MSF	CSR	CRR	$F_s$
1	0,20	0,04	0,04	1,00	2,99	0,05	0,14	2,68
2	0,40	0,07	0,07	1,00	2,99	0,05	0,10	2,00
3	0,60	0,11	0,11	1,00	2,99	0,05	0,10	2,00
4	0,80	0,15	0,15	0,99	2,99	0,05	0,10	2,00
5	1,00	0,18	0,18	0,99	2,99	0,05	0,10	2,00
6	1,20	0,22	0,22	0,99	2,99	0,05	0,10	2,00
7	1,40	0,26	0,26	0,99	2,99	0,05	0,10	2,00
8	1,60	0,30	0,30	0,99	2,99	0,05	0,10	2,00
9	1,80	0,33	0,33	0,99	2,99	0,05	0,10	2,00
10	2,00	0,37	0,37	0,98	2,99	0,05	0,45	8,76
11	2,20	0,41	0,41	0,98	2,99	0,05	0,27	5,31
12	2,40	0,44	0,44	0,98	2,99	0,05	0,18	3,46
13	2,60	0,48	0,48	0,98	2,99	0,05	0,13	2,48
14	2,80	0,52	0,52	0,98	2,99	0,05	0,13	2,50
15	3,00	0,56	0,56	0,98	2,99	0,05	0,13	2,52
16	3,20	0,59	0,59	0,98	2,99	0,05	0,14	2,75
17	3,40	0,63	0,63	0,97	2,99	0,05	0,11	2,21
18	3,60	0,67	0,67	0,97	2,99	0,05	0,12	2,39
19	3,80	0,70	0,70	0,97	2,99	0,05	0,09	1,85
20	4,00	0,74	0,74	0,97	2,99	0,05	0,08	1,63
21	4,20	0,78	0,78	0,97	2,99	0,05	0,11	2,09
22	4,40	0,81	0,81	0,97	2,99	0,05	0,09	1,78
23	4,60	0,85	0,85	0,96	2,99	0,05	0,08	1,61
24	4,80	0,89	0,89	0,96	2,99	0,05	0,09	1,72
25	5,00	0,93	0,93	0,96	2,99	0,05	0,09	1,69
26	5,20	0,96	0,96	0,96	2,99	0,05	0,09	1,78
27	5,40	1,00	1,00	0,96	2,99	0,05	0,07	1,40
28	5,60	1,04	1,04	0,96	2,99	0,05	0,08	1,62
29	5,80	1,07	1,07	0,96	2,99	0,05	0,08	1,60
30	6,00	1,11	1,11	0,95	2,99	0,05	0,09	1,84
31	6,20	1,15	1,15	0,95	2,99	0,05	0,09	1,86
32	6,40	1,18	1,18	0,95	2,99	0,05	0,09	1,84
33	6,60	1,22	1,22	0,95	2,99	0,05	0,08	1,67
34	6,80	1,26	1,26	0,95	2,99	0,05	0,08	1,70
35	7,00	1,29	1,29	0,95	2,99	0,05	0,08	1,68
36	7,20	1,33	1,33	0,94	2,99	0,05	0,09	1,80
37	7,40	1,37	1,37	0,94	2,99	0,05	0,09	1,85
38	7,60	1,41	1,41	0,94	2,99	0,05	0,09	1,84
39	7,80	1,44	1,44	0,94	2,99	0,05	0,09	1,86
40	8,00	1,48	1,48	0,94	2,99	0,05	0,10	1,94
41	8,20	1,52	1,52	0,94	2,99	0,05	0,09	1,92
42	8,40	1,55	1,55	0,94	2,99	0,05	0,10	2,06
43	8,60	1,59	1,59	0,93	2,99	0,05	0,09	1,89
44	8,80	1,63	1,63	0,93	2,99	0,05	0,08	1,70
45	9,00	1,67	1,67	0,93	2,99	0,05	0,08	1,58
46	9,20	1,70	1,70	0,93	2,99	0,05	0,08	1,68
47	9,40	1,74	1,74	0,92	2,99	0,05	0,08	1,67
48	9,60	1,78	1,78	0,92	2,99	0,05	0,08	1,63
49	9,80	1,81	1,81	0,91	2,99	0,05	0,08	1,76
50	10,00	1,85	1,85	0,91	2,99	0,05	0,09	1,96

51	10,20	1,89	1,89	0,90	2,99	0,05	0,10	2,05
52	10,40	1,92	1,92	0,90	2,99	0,05	0,09	1,98
53	10,60	1,96	1,96	0,89	2,99	0,05	0,10	2,03
54	10,80	2,00	2,00	0,89	2,99	0,05	0,09	1,90
55	11,00	2,04	2,04	0,88	2,99	0,05	0,07	1,61
56	11,20	2,07	2,07	0,87	2,99	0,05	0,08	1,64
57	11,40	2,09	2,11	0,87	2,99	0,05	0,08	1,69
58	11,60	2,11	2,15	0,86	2,99	0,05	0,07	1,53
59	11,80	2,13	2,19	0,86	2,99	0,05	0,07	1,61
60	12,00	2,15	2,23	0,85	2,99	0,05	0,08	1,69
61	12,20	2,17	2,27	0,85	2,99	0,05	0,08	1,71
62	12,40	2,19	2,31	0,84	2,99	0,05	0,08	1,70
63	12,60	2,21	2,35	0,84	2,99	0,05	0,07	1,46
64	12,80	2,22	2,38	0,83	2,99	0,05	0,07	1,40
65	13,00	2,24	2,42	0,83	2,99	0,05	0,07	1,45
66	13,20	2,26	2,46	0,82	2,99	0,05	0,08	1,61
67	13,40	2,28	2,50	0,82	2,99	0,05	0,07	1,44
68	13,60	2,30	2,54	0,81	2,99	0,05	0,06	1,21
69	13,80	2,32	2,58	0,81	2,99	0,05	0,06	1,18
70	14,00	2,34	2,62	0,80	2,99	0,05	0,06	1,21
71	14,20	2,36	2,66	0,79	2,99	0,05	0,06	1,37
72	14,40	2,38	2,70	0,79	2,99	0,05	0,06	1,34
73	14,60	2,40	2,74	0,78	2,99	0,05	0,06	1,31
74	14,80	2,42	2,78	0,78	2,99	0,05	0,21	4,37
75	15,00	2,44	2,82	0,77	2,99	0,05	0,09	2,00
76	15,20	2,46	2,86	0,77	2,99	0,05	0,09	2,00
77	15,40	2,48	2,90	0,76	2,99	0,05	0,09	2,00

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.) : 0.00  
 Rischio di liquefazione : molto basso



Metodo ROBERTSON

Indice di Liquefazione 0.000

Rischio di Liquefazione molto basso

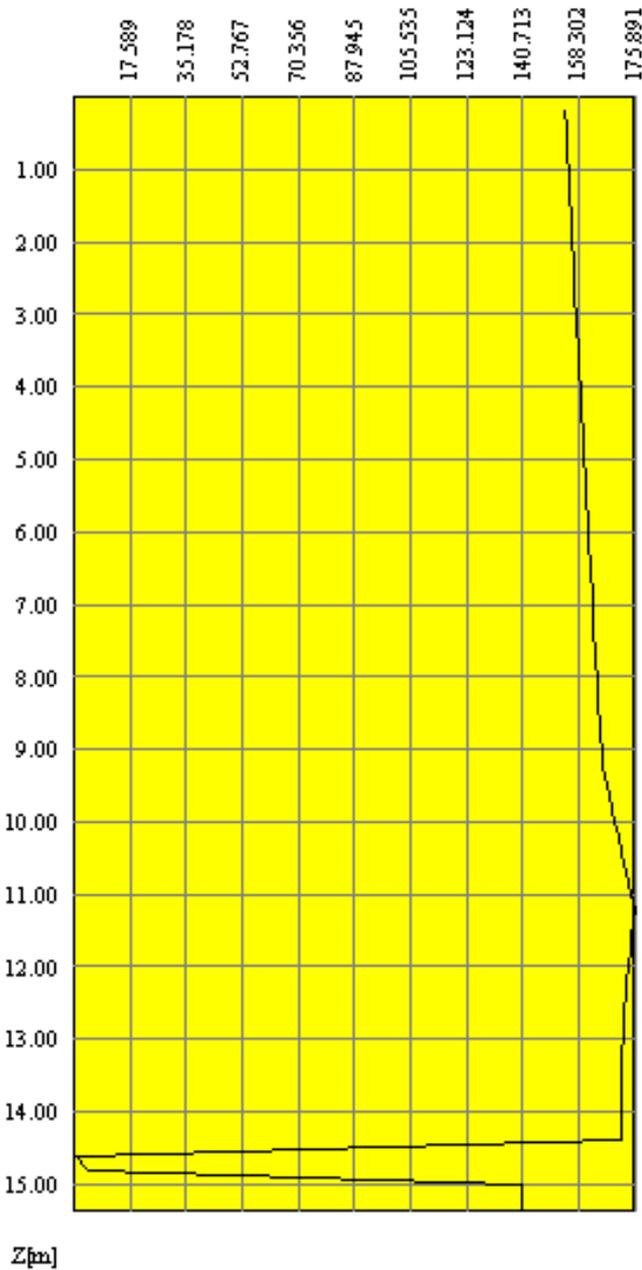
## Medoto Eurocodice CPT

Nr.	$z_i$	$\sigma'_v$	$\sigma_v$	$r_d$	MSF	CSR	CRR	$F_s$
1	0,20	0,04	0,04	1.00	3.16	0.05	7.65	154.13
2	0,40	0,07	0,07	1.00	3.16	0.05	7.65	154.37
3	0,60	0,11	0,11	1.00	3.16	0.05	7.65	154.61
4	0,80	0,15	0,15	0.99	3.16	0.05	7.65	154.85
5	1,00	0,18	0,18	0.99	3.16	0.05	7.65	155.08
6	1,20	0,22	0,22	0.99	3.16	0.05	7.65	155.32
7	1,40	0,26	0,26	0.99	3.16	0.05	7.65	155.56
8	1,60	0,30	0,30	0.99	3.16	0.05	7.65	155.80
9	1,80	0,33	0,33	0.99	3.16	0.05	7.65	156.05
10	2,00	0,37	0,37	0.98	3.16	0.05	7.65	156.29
11	2,20	0,41	0,41	0.98	3.16	0.05	7.65	156.53
12	2,40	0,44	0,44	0.98	3.16	0.05	7.65	156.78
13	2,60	0,48	0,48	0.98	3.16	0.05	7.65	157.02
14	2,80	0,52	0,52	0.98	3.16	0.05	7.65	157.27
15	3,00	0,56	0,56	0.98	3.16	0.05	7.65	157.51
16	3,20	0,59	0,59	0.98	3.16	0.05	7.65	157.76
17	3,40	0,63	0,63	0.97	3.16	0.05	7.65	158.01
18	3,60	0,67	0,67	0.97	3.16	0.05	7.65	158.26
19	3,80	0,70	0,70	0.97	3.16	0.05	7.65	158.51
20	4,00	0,74	0,74	0.97	3.16	0.05	7.65	158.76
21	4,20	0,78	0,78	0.97	3.16	0.05	7.65	159.01
22	4,40	0,81	0,81	0.97	3.16	0.05	7.65	159.26
23	4,60	0,85	0,85	0.96	3.16	0.05	7.65	159.51
24	4,80	0,89	0,89	0.96	3.16	0.05	7.65	159.76
25	5,00	0,93	0,93	0.96	3.16	0.05	7.65	160.02
26	5,20	0,96	0,96	0.96	3.16	0.05	7.65	160.27
27	5,40	1,00	1,00	0.96	3.16	0.05	7.65	160.53
28	5,60	1,04	1,04	0.96	3.16	0.05	7.65	160.79
29	5,80	1,07	1,07	0.96	3.16	0.05	7.65	161.04
30	6,00	1,11	1,11	0.95	3.16	0.05	7.65	161.30
31	6,20	1,15	1,15	0.95	3.16	0.05	7.65	161.56
32	6,40	1,18	1,18	0.95	3.16	0.05	7.65	161.82
33	6,60	1,22	1,22	0.95	3.16	0.05	7.65	162.08
34	6,80	1,26	1,26	0.95	3.16	0.05	7.65	162.34
35	7,00	1,29	1,29	0.95	3.16	0.05	7.65	162.61
36	7,20	1,33	1,33	0.94	3.16	0.05	7.65	162.87
37	7,40	1,37	1,37	0.94	3.16	0.05	7.65	163.13
38	7,60	1,41	1,41	0.94	3.16	0.05	7.65	163.40
39	7,80	1,44	1,44	0.94	3.16	0.05	7.65	163.66
40	8,00	1,48	1,48	0.94	3.16	0.05	7.65	163.93
41	8,20	1,52	1,52	0.94	3.16	0.05	7.65	164.20
42	8,40	1,55	1,55	0.94	3.16	0.05	7.65	164.47
43	8,60	1,59	1,59	0.93	3.16	0.05	7.65	164.74
44	8,80	1,63	1,63	0.93	3.16	0.05	7.65	165.01
45	9,00	1,67	1,67	0.93	3.16	0.05	7.65	165.28
46	9,20	1,70	1,70	0.93	3.16	0.05	7.65	165.77
47	9,40	1,74	1,74	0.92	3.16	0.05	7.65	166.73
48	9,60	1,78	1,78	0.92	3.16	0.05	7.65	167.70
49	9,80	1,81	1,81	0.91	3.16	0.05	7.65	168.68
50	10,00	1,85	1,85	0.91	3.16	0.05	7.65	169.68
51	10,20	1,89	1,89	0.90	3.16	0.04	7.65	170.68
52	10,40	1,92	1,92	0.90	3.16	0.04	7.65	171.70
53	10,60	1,96	1,96	0.89	3.16	0.04	7.65	172.73
54	10,80	2,00	2,00	0.89	3.16	0.04	7.65	173.77
55	11,00	2,04	2,04	0.88	3.16	0.04	7.65	174.82
56	11,20	2,07	2,07	0.87	3.16	0.04	7.65	175.89
57	11,40	2,09	2,11	0.87	3.16	0.04	7.65	175.29
58	11,60	2,11	2,15	0.86	3.16	0.04	7.65	174.75
59	11,80	2,13	2,19	0.86	3.16	0.04	7.65	174.26
60	12,00	2,15	2,23	0.85	3.16	0.04	7.65	173.82
61	12,20	2,17	2,27	0.85	3.16	0.04	7.65	173.42
62	12,40	2,19	2,31	0.84	3.16	0.04	7.65	173.08
63	12,60	2,21	2,35	0.84	3.16	0.04	7.65	172.77
64	12,80	2,22	2,38	0.83	3.16	0.04	7.65	172.51

65	13,00	2,24	2,42	0.83	3.16	0.04	7.65	172.29
66	13,20	2,26	2,46	0.82	3.16	0.04	7.65	172.11
67	13,40	2,28	2,50	0.82	3.16	0.04	7.65	171.96
68	13,60	2,30	2,54	0.81	3.16	0.04	7.65	171.86
69	13,80	2,32	2,58	0.81	3.16	0.04	7.65	171.79
70	14,00	2,34	2,62	0.80	3.16	0.04	7.65	171.75
71	14,20	2,36	2,66	0.79	3.16	0.04	7.65	171.75
72	14,40	2,38	2,70	0.79	3.16	0.04	7.65	171.79
73	14,60	2,40	2,74	0.78	3.16	0.04	0.02	0.41
74	14,80	2,42	2,78	0.78	3.16	0.04	0.20	4.49
75	15,00	2,44	2,82	0.77	3.16	0.04	6.23	140.14
76	15,20	2,46	2,86	0.77	3.16	0.04	6.23	140.28
77	15,40	2,48	2,90	0.76	3.16	0.04	6.23	140.45

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.) : 0.02

Rischio di liquefazione : basso



Metodo Eurocodice CPT

Indice di Liquefazione 0.024

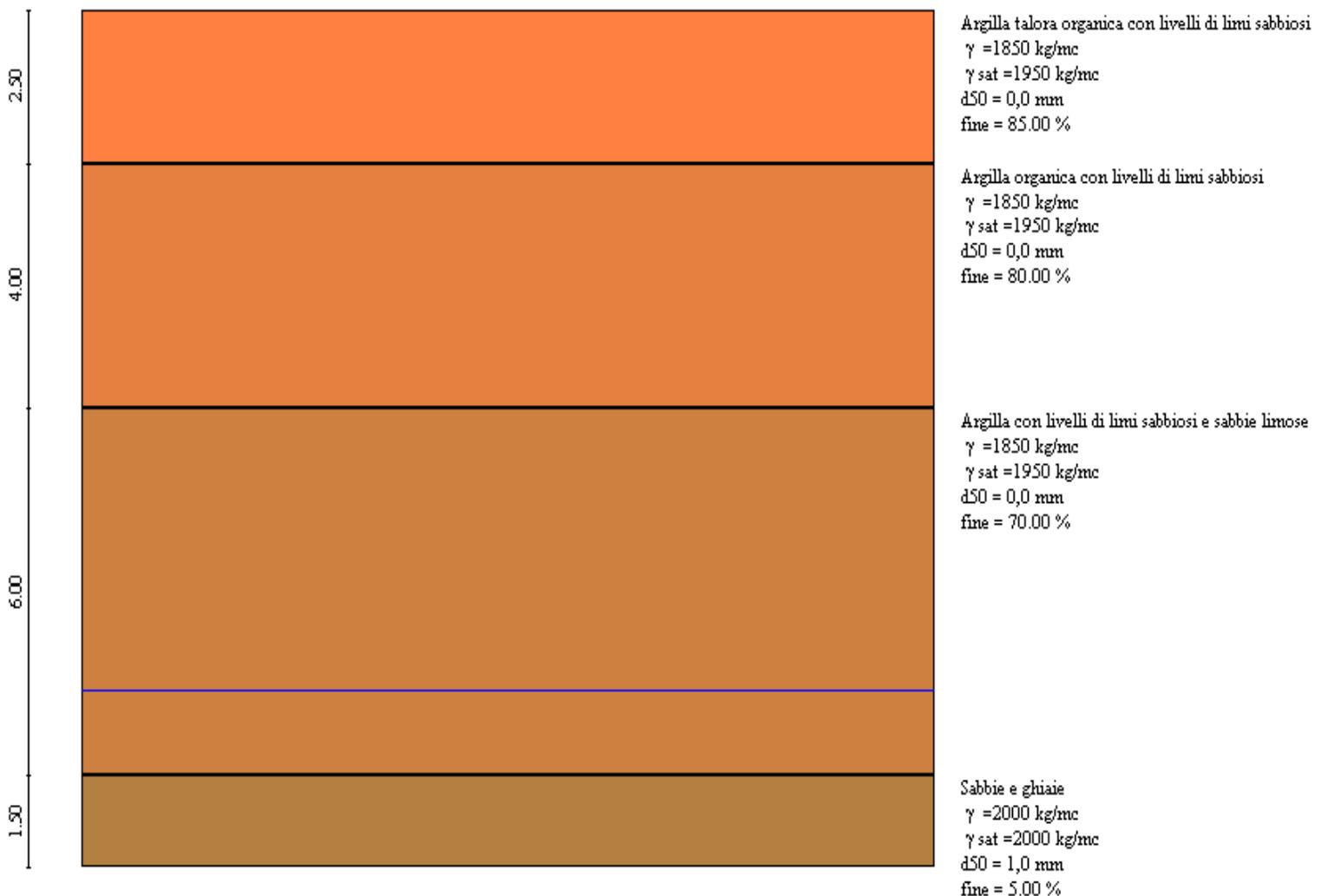
Rischio di Liquefazione basso

## DATI STRATIGRAFIA CPT3

### Simbologia adottata

<i>Nr.</i>	: Indice dello strato;
<i>Descrizione</i>	: Descrizione strato;
<i>h</i>	: Spessore dello strato espresso in [m];
$\gamma$	: Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc];
$\gamma_s$	: Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc];
$d_{50}$	: Diametro della curva granulometrica del passante al 50 per cento espresso in [mm];
<i>fine</i>	: Contenuto di fine presente nello strato espressa in [%].

Nr.	Descrizione	h	$\gamma$	$\gamma_s$	$d_{50}$	fine
1 -	Argilla talora organica con livelli di limi sabbiosi	2,5	1850	1950	0,00	85.00
2 -	Argilla organica con livelli di limi sabbiosi	4,0	1850	1950	0,01	80.00
3 -	Argilla con livelli di limi sabbiosi e sabbie limose	6,0	1850	1950	0,01	70.00
4 -	Sabbie e ghiaie	1,5	2000	2000	1,00	5.00

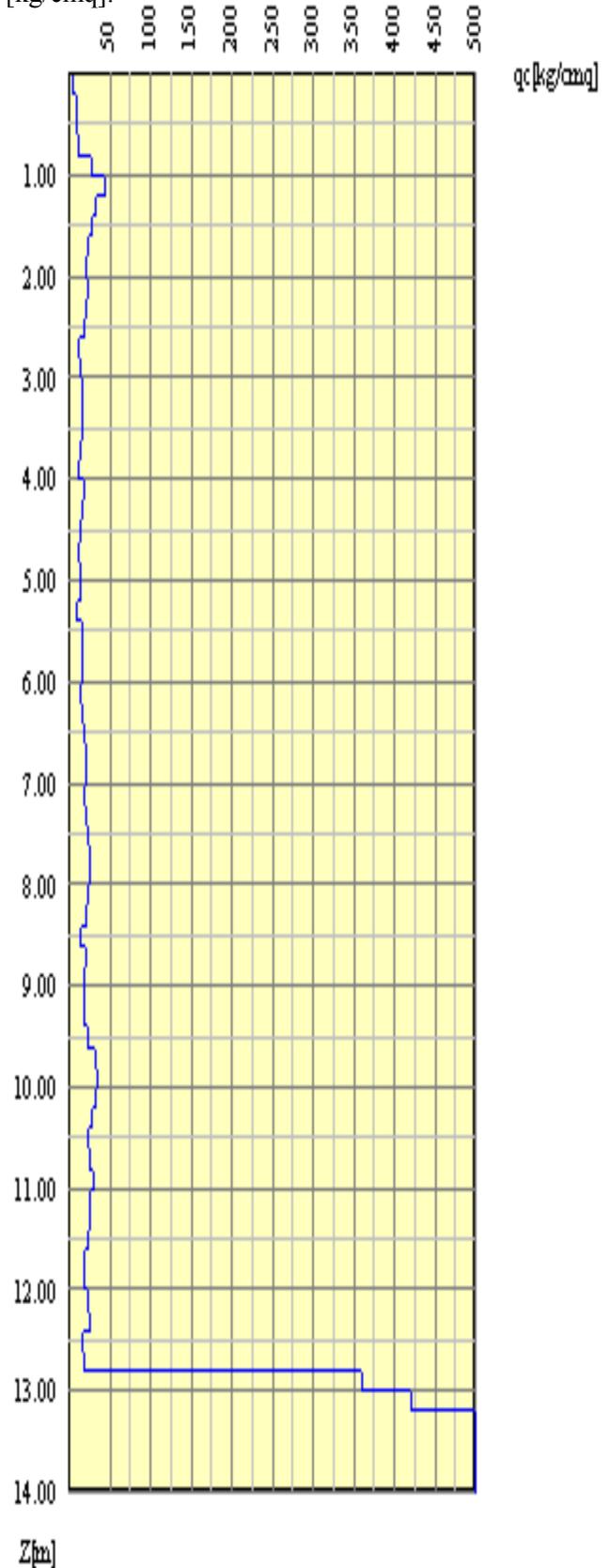


## PROVA CPT 3

### Simbologia adottata

- Nr.* : Numero d'ordine dei valori delle misure della prova;  
*z<sub>i</sub>* : Profondità alla quale viene effettuata la misura della prova espressa in [m];  
*q<sub>c</sub>* : Resistenza alla punta della prova CPT espressa in [kg/cm<sup>2</sup>].  
*f<sub>s</sub>* : Resistenza laterale della prova CPT espressa in [kg/cm<sup>2</sup>].

Nr.	z <sub>i</sub>	q <sub>c</sub>	f <sub>s</sub>
1	0,2	6,0	0,1
2	0,4	10,0	0,7
3	0,6	10,0	0,9
4	0,8	11,0	1,5
5	1,0	28,0	0,9
6	1,2	44,0	2,9
7	1,4	32,0	2,9
8	1,6	28,0	1,1
9	1,8	24,0	1,6
10	2,0	20,0	1,4
11	2,2	23,0	0,9
12	2,4	20,0	1,1
13	2,6	18,0	1,2
14	2,8	12,0	1,0
15	3,0	15,0	0,9
16	3,2	16,0	0,9
17	3,4	16,0	1,0
18	3,6	17,0	1,1
19	3,8	15,0	1,2
20	4,0	12,0	1,2
21	4,2	18,0	0,6
22	4,4	16,0	0,8
23	4,6	14,0	0,7
24	4,8	12,0	0,6
25	5,0	13,0	0,9
26	5,2	15,0	1,1
27	5,4	10,0	0,7
28	5,6	16,0	1,1
29	5,8	16,0	1,2
30	6,0	16,0	1,7
31	6,2	13,0	0,9
32	6,4	16,0	0,9
33	6,6	18,0	1,0
34	6,8	21,0	0,9
35	7,0	20,0	1,2
36	7,2	18,0	0,9
37	7,4	20,0	1,0
38	7,6	23,0	1,2
39	7,8	26,0	1,2
40	8,0	26,0	1,5
41	8,2	22,0	1,3
42	8,4	21,0	1,0
43	8,6	15,0	0,7
44	8,8	20,0	0,8
45	9,0	18,0	0,9
46	9,2	18,0	1,1
47	9,4	18,0	1,1
48	9,6	24,0	1,5
49	9,8	32,0	2,1
50	10,0	34,0	2,1
51	10,2	33,0	1,9
52	10,4	28,0	1,7
53	10,6	22,0	1,2
54	10,8	26,0	0,9
55	11,0	31,0	1,7
56	11,2	25,0	1,3
57	11,4	26,0	1,5
58	11,6	23,0	1,2
59	11,8	18,0	1,1
60	12,0	18,0	0,8
61	12,2	22,0	0,7
62	12,4	26,0	0,9
63	12,6	16,0	0,5
64	12,8	18,0	1,3
65	13,0	360,0	1,3
66	13,2	420,0	1,3
67	13,4	500,0	1,3
68	13,6	500,0	1,3
69	13,8	500,0	1,3
70	14,0	500,0	1,3



## RISULTATI ANALISI CPT3

### Calcolo fattore di sicurezza

#### Simbologia adottata

$Nr.$	: Numero d'ordine del risultato;
$z_i$	: Profondità alla quale viene calcolato il fattore di sicurezza espressa in [m];
$\sigma'_v$	: tensione verticale efficace calcolata alla profondità $z_i$ espressa in [kg/cmq];
$\sigma_v$	: tensione verticale totale calcolata alla profondità $z_i$ espressa in [kg/cmq];
$r_d$	: coefficiente correttivo di riduzione delle tensioni con la profondità $z_i$ ;
$MSF$	: coefficiente correttivo funzione dellamagnitudo del sisma;
$CSR$	: resistenza a taglio mobilitata espressa in termini di rapporto di tensione ciclica;
$CRR$	: sforzo di taglio indotto dal sisma espresso in termini di rapporto di resistenza ciclica;
$F_s$	: Fattore di sicurezza espresso come rapporto tra CRR e CSR;

### Medoto ROBERTSON

Nr.	$z_i$	$\sigma'_v$	$\sigma_v$	$r_d$	MSF	CSR	CRR	$F_s$
1	0,20	0,04	0,04	1.00	2.99	0.05	0.15	2.78
2	0,40	0,07	0,07	1.00	2.99	0.05	0.11	2.06
3	0,60	0,11	0,11	1.00	2.99	0.05	0.10	2.00
4	0,80	0,15	0,15	0.99	2.99	0.05	0.10	2.00
5	1,00	0,18	0,18	0.99	2.99	0.05	0.41	7.81
6	1,20	0,22	0,22	0.99	2.99	0.05	0.10	2.00
7	1,40	0,26	0,26	0.99	2.99	0.05	0.10	2.00
8	1,60	0,30	0,30	0.99	2.99	0.05	0.38	7.38
9	1,80	0,33	0,33	0.99	2.99	0.05	0.10	2.00
10	2,00	0,37	0,37	0.98	2.99	0.05	0.10	2.00
11	2,20	0,41	0,41	0.98	2.99	0.05	0.33	6.46
12	2,40	0,44	0,44	0.98	2.99	0.05	0.37	7.27
13	2,60	0,48	0,48	0.98	2.99	0.05	0.25	4.79
14	2,80	0,52	0,52	0.98	2.99	0.05	0.12	2.29
15	3,00	0,56	0,56	0.98	2.99	0.05	0.14	2.75
16	3,20	0,59	0,59	0.98	2.99	0.05	0.14	2.75
17	3,40	0,63	0,63	0.97	2.99	0.05	0.13	2.55
18	3,60	0,67	0,67	0.97	2.99	0.05	0.13	2.56
19	3,80	0,70	0,70	0.97	2.99	0.05	0.11	2.14
20	4,00	0,74	0,74	0.97	2.99	0.05	0.09	1.81
21	4,20	0,78	0,78	0.97	2.99	0.05	0.12	2.31
22	4,40	0,81	0,81	0.97	2.99	0.05	0.10	2.02
23	4,60	0,85	0,85	0.96	2.99	0.05	0.09	1.83
24	4,80	0,89	0,89	0.96	2.99	0.05	0.09	1.72
25	5,00	0,93	0,93	0.96	2.99	0.05	0.09	1.75
26	5,20	0,96	0,96	0.96	2.99	0.05	0.09	1.85
27	5,40	1,00	1,00	0.96	2.99	0.05	0.08	1.52
28	5,60	1,04	1,04	0.96	2.99	0.05	0.09	1.84
29	5,80	1,07	1,07	0.96	2.99	0.05	0.09	1.81
30	6,00	1,11	1,11	0.95	2.99	0.05	0.09	1.79
31	6,20	1,15	1,15	0.95	2.99	0.05	0.08	1.61
32	6,40	1,18	1,18	0.95	2.99	0.05	0.09	1.74
33	6,60	1,22	1,22	0.95	2.99	0.05	0.09	1.82
34	6,80	1,26	1,26	0.95	2.99	0.05	0.09	1.88
35	7,00	1,29	1,29	0.95	2.99	0.05	0.09	1.86
36	7,20	1,33	1,33	0.94	2.99	0.05	0.09	1.75
37	7,40	1,37	1,37	0.94	2.99	0.05	0.09	1.82
38	7,60	1,41	1,41	0.94	2.99	0.05	0.09	1.87
39	7,80	1,44	1,44	0.94	2.99	0.05	0.10	1.97
40	8,00	1,48	1,48	0.94	2.99	0.05	0.10	1.94
41	8,20	1,52	1,52	0.94	2.99	0.05	0.09	1.83
42	8,40	1,55	1,55	0.94	2.99	0.05	0.09	1.77
43	8,60	1,59	1,59	0.93	2.99	0.05	0.07	1.53
44	8,80	1,63	1,63	0.93	2.99	0.05	0.08	1.70
45	9,00	1,67	1,67	0.93	2.99	0.05	0.08	1.61
46	9,20	1,70	1,70	0.93	2.99	0.05	0.08	1.61
47	9,40	1,74	1,74	0.92	2.99	0.05	0.08	1.60
48	9,60	1,78	1,78	0.92	2.99	0.05	0.09	1.80
49	9,80	1,81	1,81	0.91	2.99	0.05	0.10	2.00
50	10,00	1,85	1,85	0.91	2.99	0.05	0.10	2.06
51	10,20	1,89	1,89	0.90	2.99	0.05	0.10	2.02

52	10,40	1,92	1,92	0,90	2,99	0,05	0,09	1,91
53	10,60	1,96	1,96	0,89	2,99	0,05	0,08	1,71
54	10,80	2,00	2,00	0,89	2,99	0,05	0,09	1,84
55	11,00	2,04	2,04	0,88	2,99	0,05	0,09	1,99
56	11,20	2,06	2,07	0,87	2,99	0,05	0,08	1,79
57	11,40	2,08	2,11	0,87	2,99	0,05	0,08	1,81
58	11,60	2,10	2,15	0,86	2,99	0,05	0,08	1,71
59	11,80	2,12	2,19	0,86	2,99	0,05	0,07	1,55
60	12,00	2,14	2,23	0,85	2,99	0,05	0,07	1,54
61	12,20	2,16	2,27	0,85	2,99	0,05	0,08	1,64
62	12,40	2,18	2,31	0,84	2,99	0,05	0,08	1,75
63	12,60	2,20	2,35	0,84	2,99	0,05	0,07	1,46
64	12,80	2,22	2,39	0,83	2,99	0,05	0,07	1,50
65	13,00	2,24	2,43	0,83	2,99	0,05	0,09	2,00
66	13,20	2,26	2,47	0,82	2,99	0,05	0,09	2,00
67	13,40	2,28	2,51	0,82	2,99	0,05	0,09	2,00
68	13,60	2,30	2,55	0,81	2,99	0,05	0,09	2,00
69	13,80	2,32	2,59	0,81	2,99	0,05	0,09	2,00
70	14,00	2,34	2,63	0,80	2,99	0,05	0,09	2,00

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.) : 0.00  
 Rischio di liquefazione : molto basso



Metodo ROBERTSON

Indice di Liquefazione 0.000

Rischio di Liquefazione molto basso

## Medoto Eurocodice CPT

Nr.	$z_i$	$\sigma'_v$	$\sigma_v$	$r_d$	MSF	CSR	CRR	$F_s$
1	0,20	0,04	0,04	1,00	3,16	0,05	7,65	154.13
2	0,40	0,07	0,07	1,00	3,16	0,05	7,65	154.37
3	0,60	0,11	0,11	1,00	3,16	0,05	7,65	154.61
4	0,80	0,15	0,15	0,99	3,16	0,05	7,65	154.85
5	1,00	0,18	0,18	0,99	3,16	0,05	7,65	155.08
6	1,20	0,22	0,22	0,99	3,16	0,05	7,65	155.32
7	1,40	0,26	0,26	0,99	3,16	0,05	7,65	155.56
8	1,60	0,30	0,30	0,99	3,16	0,05	7,65	155.80
9	1,80	0,33	0,33	0,99	3,16	0,05	7,65	156.05
10	2,00	0,37	0,37	0,98	3,16	0,05	7,65	156.29
11	2,20	0,41	0,41	0,98	3,16	0,05	7,65	156.53
12	2,40	0,44	0,44	0,98	3,16	0,05	7,65	156.78
13	2,60	0,48	0,48	0,98	3,16	0,05	7,65	157.02
14	2,80	0,52	0,52	0,98	3,16	0,05	7,65	157.27
15	3,00	0,56	0,56	0,98	3,16	0,05	7,65	157.51
16	3,20	0,59	0,59	0,98	3,16	0,05	7,65	157.76
17	3,40	0,63	0,63	0,97	3,16	0,05	7,65	158.01
18	3,60	0,67	0,67	0,97	3,16	0,05	7,65	158.26
19	3,80	0,70	0,70	0,97	3,16	0,05	7,65	158.51
20	4,00	0,74	0,74	0,97	3,16	0,05	7,65	158.76
21	4,20	0,78	0,78	0,97	3,16	0,05	7,65	159.01
22	4,40	0,81	0,81	0,97	3,16	0,05	7,65	159.26
23	4,60	0,85	0,85	0,96	3,16	0,05	7,65	159.51
24	4,80	0,89	0,89	0,96	3,16	0,05	7,65	159.76
25	5,00	0,93	0,93	0,96	3,16	0,05	7,65	160.02
26	5,20	0,96	0,96	0,96	3,16	0,05	7,65	160.27
27	5,40	1,00	1,00	0,96	3,16	0,05	7,65	160.53
28	5,60	1,04	1,04	0,96	3,16	0,05	7,65	160.79
29	5,80	1,07	1,07	0,96	3,16	0,05	7,65	161.04
30	6,00	1,11	1,11	0,95	3,16	0,05	7,65	161.30
31	6,20	1,15	1,15	0,95	3,16	0,05	7,65	161.56
32	6,40	1,18	1,18	0,95	3,16	0,05	7,65	161.82
33	6,60	1,22	1,22	0,95	3,16	0,05	7,65	162.08
34	6,80	1,26	1,26	0,95	3,16	0,05	7,65	162.34
35	7,00	1,29	1,29	0,95	3,16	0,05	7,65	162.61
36	7,20	1,33	1,33	0,94	3,16	0,05	7,65	162.87
37	7,40	1,37	1,37	0,94	3,16	0,05	7,65	163.13
38	7,60	1,41	1,41	0,94	3,16	0,05	7,65	163.40
39	7,80	1,44	1,44	0,94	3,16	0,05	7,65	163.66
40	8,00	1,48	1,48	0,94	3,16	0,05	7,65	163.93
41	8,20	1,52	1,52	0,94	3,16	0,05	7,65	164.20
42	8,40	1,55	1,55	0,94	3,16	0,05	7,65	164.47
43	8,60	1,59	1,59	0,93	3,16	0,05	7,65	164.74
44	8,80	1,63	1,63	0,93	3,16	0,05	7,65	165.01
45	9,00	1,67	1,67	0,93	3,16	0,05	7,65	165.28
46	9,20	1,70	1,70	0,93	3,16	0,05	7,65	165.77
47	9,40	1,74	1,74	0,92	3,16	0,05	7,65	166.73
48	9,60	1,78	1,78	0,92	3,16	0,05	7,65	167.70
49	9,80	1,81	1,81	0,91	3,16	0,05	7,65	168.68
50	10,00	1,85	1,85	0,91	3,16	0,05	7,65	169.68
51	10,20	1,89	1,89	0,90	3,16	0,04	7,65	170.68
52	10,40	1,92	1,92	0,90	3,16	0,04	7,65	171.70
53	10,60	1,96	1,96	0,89	3,16	0,04	7,65	172.73
54	10,80	2,00	2,00	0,89	3,16	0,04	7,65	173.77
55	11,00	2,04	2,04	0,88	3,16	0,04	7,65	174.82
56	11,20	2,06	2,07	0,87	3,16	0,04	7,65	175.04
57	11,40	2,08	2,11	0,87	3,16	0,04	7,65	174.46
58	11,60	2,10	2,15	0,86	3,16	0,04	7,65	173.93
59	11,80	2,12	2,19	0,86	3,16	0,04	7,65	173.44
60	12,00	2,14	2,23	0,85	3,16	0,04	7,65	173.01
61	12,20	2,16	2,27	0,85	3,16	0,04	7,65	172.63
62	12,40	2,18	2,31	0,84	3,16	0,04	7,65	172.29
63	12,60	2,20	2,35	0,84	3,16	0,04	0,02	0,55
64	12,80	2,22	2,39	0,83	3,16	0,04	0,03	0,61
65	13,00	2,24	2,43	0,83	3,16	0,04	6,23	139.68
66	13,20	2,26	2,47	0,82	3,16	0,04	6,23	139.55
67	13,40	2,28	2,51	0,82	3,16	0,04	6,23	139.44
68	13,60	2,30	2,55	0,81	3,16	0,04	6,23	139.37
69	13,80	2,32	2,59	0,81	3,16	0,04	6,23	139.33
70	14,00	2,34	2,63	0,80	3,16	0,04	6,23	139.31

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.) : 0.31

Rischio di liquefazione : basso



Metodo Eurocodice CPT

Indice di Liquefazione 0.310

Rischio di Liquefazione basso

## **10. RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

Le indagini penetrometriche hanno accertato l'esistenza di materiali con un grado di consolidazione modesto sino alla profondità massima di 6÷6.5 m, ragionevolmente quindi ascrivibili all'Unità di Modena di età deposizionale relativamente recente. Di natura prevalentemente coesiva, argille anche ad elevata componente organica, per la presenza di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie questi sedimenti avallano altresì le indicazioni delle carte tematiche che in questa zona ne segnalano l'esistenza.

In profondità le prove hanno riscontrato un incremento del grado di consolidazione di argille talora organiche che annettono livelli di limi sabbiosi e sabbie limose; a loro volta questi sedimenti, a partire da 13 m precedono banchi di sabbia e ghiaia.

In ottemperanza con quanto prescritto dalla vigente normativa, si è proceduto all'esecuzione di una specifica indagine di sismica a rifrazione tipo MASW.

La prospezione geofisica, nei primi trenta metri (Vs30), ha restituito una velocità di propagazione delle onde sismiche di 229 m/sec in base alla quale 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.

Mediante l'utilizzo di un apposito programma per il "Calcolo dello Spettro Sismico", ideato dagli Ingegneri Red Shift & Afazio, in cui vengono generati accelerogrammi correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito, si è proceduto poi al calcolo del valore dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  per la definizione dell'Azione Sismica locale.

Riferiti all'area in oggetto, al TR = 475 anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita, sono stati ottenuti i seguenti valori:  $a_g = a_g/g = 1.618 / 9.81 = 0.165$ ;  $F_0 = 2.38$ ;  $T_c^* = 0.29$ .

Elaborando i dati, il programma ha prodotto gli spettri elastici SLU; è stata inoltre calcolata l'accelerazione massima attesa al sito di  $a_{max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.47 \cdot 1.0 \cdot 0.165 \cdot g = 0.243 \cdot g$ .

Secondo quanto riportato dalla Tav. P9b del PTCP “Rischio Sismico – Carta dei livelli di approfondimento – 201SO”, prodotta a corredo del P.T.C.P. 2010 della Provincia di Reggio nell'Emilia, l'area in esame ricade tra quelle che necessitano di un II° livello di approfondimento.

In base al valore di Vs30 (229 m/s), ottenuto estrapolando i dati dell'indagine geofisica, si ricavano i seguenti fattori di amplificazione:

PGA F.A. = 1.7			
SA1 = 1.8	SA2 = 2.7	SA3 = 3.2	SA4 = 3.1
SI1 = 2.0	SI2 = 3.0	SI3 = 3.3	

*Sono stati pertanto ottenuti due diversi fattori di amplificazione sismica, 1.47 con la Risposta sismica locale semplificata secondo le NTC2018 e 1.7 con l'analisi semplificata di 2° livello in sito secondo il DGR 360/2019. Per il futuro dimensionamento delle strutture, si dovrà pertanto tenere in considerazione i vari fattori di amplificazione; nella fattispecie, visto però che l'indagine eseguita in sito non ha riscontrato particolari problematiche del primo sottosuolo, così come riportato nel DM. 17/01/2018, si potrà utilizzare il Fattore di Amplificazione di 1.47 ottenuto con la risposta sismica locale semplificata, da cui deriva al sito una  $a_{max} = F_a \cdot a_g = 1.47 \cdot 0.165 = 0.243 \cdot g$ .*

In conformità con quanto richiesto dall'allegato A3 del DGR 630/2019 e dal punto 7.11.3.4.2. delle NTC 2018, per la presenza di Magnitudo superiori a 5 e di livelli di natura granulare che si alternano alle argille, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno.

Pur avendo le indagini penetrometriche accertato livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie sature, le verifiche effettuate con l'ausilio del programma LAN della Ditta Aztec Informatica, utilizzando le metodologie di Robertson e dell'Eurocodice, idonee per le prove penetrometriche statiche, hanno tuttavia riscontrato che il primo sottosuolo presenta un rischio molto basso e basso:

VERIFICA IN CPT1: (Robertson-I.L.=0.00; Eurocodice - I.L. = 0.02)

VERIFICA IN CPT2: (Robertson-I.L.=0.00; Eurocodice - I.L. = 0.02)

VERIFICA IN CPT3: (Robertson-I.L.=0.00; Eurocodice - I.L. = 0.31)

Sulla base dei parametri geomeccanici acquisiti con l'indagine si è infine proceduto, per gli strati che caratterizzano il primo sottosuolo, alla valutazione del peso di volume ( $\gamma$ ), dell'angolo di attrito interno ( $\phi$ ), della coesione non drenata ( $C_u$ ), della coesione efficace ( $c'$ ) nonché dei moduli di deformazione edometrico ( $M_o$ ) ed elastico ( $E$ ).

In conformità con quanto prescritto dal D.M. 17/01/2018, suddetti valori potranno essere utilizzati a supporto della valutazione della capacità portante e dei cedimenti delle fondazioni.

La falda è stata accertata solo in profondità, tra 11.1÷11.4 m in livelli di natura granulare che precedono i banchi di sabbia e ghiaia. Con ogni probabilità l'acqua che eventualmente percola in questi livelli di sabbia limosa e sabbia presenti nei primi intervalli viene drenata ad oriente verso l'alveo del fiume mentre le acque appunto accertate prima dei banchi di sabbia e ghiaia possono interagire con quelle di subalveo del fiume. La preponderanza di materiali coesivi che ricoprono questi banchi impediscono altresì una risalita dell'acquifero per cui esso deve essere a giusta ragione considerato confinato, sensibile quindi di contenute variazioni stagionali.

Pur potendo pertanto escludere un'interazione dell'acqua di falda con la base d'appoggio delle future fondazioni, onde evitare l'ammollimento del terreno alla loro base, occorrerà tuttavia avere l'accortezza di raccogliere ed allontanare, con tubazioni e raccordi a perfetta tenuta, tutte le acque di scarico in direzione della rete drenante principale.

Nel rispetto di quanto in precedenza esposto e delle disposizioni delle leggi vigenti, siano esse nazionali che regionali (D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni"), che prescrivono un'attenta verifica delle strutture in funzione delle caratteristiche del primo sottosuolo, si attesta l'idoneità del terreno all'attuazione dell'intervento edilizio in progetto e si concede quindi parere geologico favorevole.

Scandiano, dicembre 2021



# **ALLEGATI**



**A) UBICAZIONE INDAGINI**

**B) PROVE PENETROMETRICHE STATICHE**  
(effettuate con penetrometro statico tipo GOUDA da 10)

**C) SISMICA A RIFRAZIONE PER  
LA DETERMINAZIONE DEL  $V_{s30}$**   
(realizzata applicando il metodo MASW  
con sismografo PASI 16SG24)

## UBICAZIONE INDAGINI

\* Penetrometrie statiche

— Sismica a rifrazione MASW



# **- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE -**



**VALORI DI RESISTENZA**

-

**DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

-

**VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

-

**TABELLE PARAMETRI GEOTECNICI**

## LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

**PENETROMETRO STATICO OLANDESE tipo GOUDA (tipo meccanico).**

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. Am. =  $150 \text{ cm}^2$ )
- 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)  $C_t = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$

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

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

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

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

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

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

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

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

1 t = 1000 kg  $\approx$  10 kN

## LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

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 ≤ 30	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
30 < F ≤ 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.

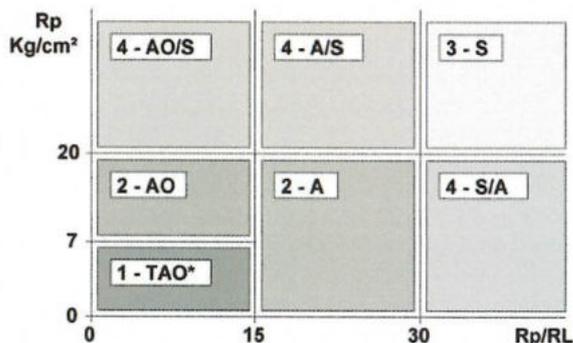
## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

### 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

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

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

**CPT 1**

2.010496-059

- committente : BENEVELLI S.r.l.  
- lavoro : Progetto urbanistico DP1-PSC in zona produttiva  
- località : Via Per Salvaterra - Rubiera (RE)  
- note :

- data : 30/11/2021  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 11,40 m da quota inizio  
- pagina : 1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-	m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-
0,20	2,0	----	4,0	0,07	60,0	7,20	7,5	11,0	15,0	0,80	19,0
0,40	3,0	3,5	6,0	0,47	13,0	7,40	7,0	13,0	14,0	0,67	21,0
0,60	4,0	7,5	8,0	0,87	9,0	7,60	7,0	12,0	14,0	0,67	21,0
0,80	6,5	13,0	13,0	1,00	13,0	7,80	6,5	11,5	13,0	0,27	49,0
<b>1,00</b>	9,5	17,0	19,0	1,40	14,0	<b>8,00</b>	9,0	11,0	18,0	1,00	18,0
1,20	11,5	22,0	23,0	1,93	12,0	8,20	6,5	14,0	13,0	0,53	24,0
1,40	12,5	27,0	25,0	2,07	12,0	8,40	7,0	11,0	14,0	0,53	26,0
1,60	10,5	26,0	21,0	1,40	15,0	8,60	8,0	12,0	16,0	0,67	24,0
1,80	7,5	18,0	15,0	1,20	12,0	8,80	8,0	13,0	16,0	0,87	18,0
<b>2,00</b>	6,0	15,0	12,0	1,20	10,0	<b>9,00</b>	7,5	14,0	15,0	0,93	16,0
2,20	6,0	15,0	12,0	0,60	20,0	9,20	6,0	13,0	12,0	0,93	13,0
2,40	5,5	10,0	11,0	0,73	15,0	9,40	6,0	13,0	12,0	0,67	18,0
2,60	4,0	9,5	8,0	0,87	9,0	9,60	6,0	11,0	12,0	0,73	16,0
2,80	8,5	15,0	17,0	0,80	21,0	9,80	8,5	14,0	17,0	1,00	17,0
<b>3,00</b>	7,0	13,0	14,0	0,87	16,0	<b>10,00</b>	8,5	16,0	17,0	1,00	17,0
3,20	7,5	14,0	15,0	1,07	14,0	10,20	10,5	18,0	21,0	1,40	15,0
3,40	5,0	13,0	10,0	0,93	11,0	10,40	11,5	22,0	23,0	1,47	16,0
3,60	4,5	11,5	9,0	0,73	12,0	10,60	11,0	22,0	22,0	1,20	18,0
3,80	4,5	10,0	9,0	0,67	13,0	10,80	13,5	22,5	27,0	1,47	18,0
<b>4,00</b>	6,0	11,0	12,0	1,07	11,0	<b>11,00</b>	10,5	21,5	21,0	1,20	17,0
4,20	8,0	16,0	16,0	1,07	15,0	11,20	8,0	17,0	16,0	0,73	22,0
4,40	9,0	17,0	18,0	1,33	13,0	11,40	7,5	13,0	15,0	0,73	20,0
4,60	8,0	18,0	16,0	1,07	15,0	11,60	8,0	13,5	16,0	1,00	16,0
4,80	11,0	19,0	22,0	0,53	41,0	11,80	7,5	15,0	15,0	0,93	16,0
<b>5,00</b>	7,0	11,0	14,0	0,93	15,0	<b>12,00</b>	9,0	16,0	18,0	1,20	15,0
5,20	6,0	13,0	12,0	0,33	36,0	12,20	9,0	18,0	18,0	1,07	17,0
5,40	13,0	15,5	26,0	0,73	35,0	12,40	8,0	16,0	16,0	0,93	17,0
5,60	6,0	11,5	12,0	0,60	20,0	12,60	6,5	13,5	13,0	0,80	16,0
5,80	6,5	11,0	13,0	0,67	19,0	12,80	6,0	12,0	12,0	0,73	16,0
<b>6,00</b>	7,0	12,0	14,0	0,93	15,0	<b>13,00</b>	5,5	11,0	11,0	1,33	8,0
6,20	6,0	13,0	12,0	0,53	22,0	13,20	110,0	120,0	220,0	1,33	165,0
6,40	10,0	14,0	20,0	1,00	20,0	13,40	180,0	190,0	360,0	1,33	270,0
6,60	8,5	16,0	17,0	0,87	20,0	13,60	200,0	210,0	400,0	-----	----
6,80	6,5	13,0	13,0	1,00	13,0	13,80	250,0	250,0	500,0	-----	----
<b>7,00</b>	5,5	13,0	11,0	0,47	24,0						

- 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 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

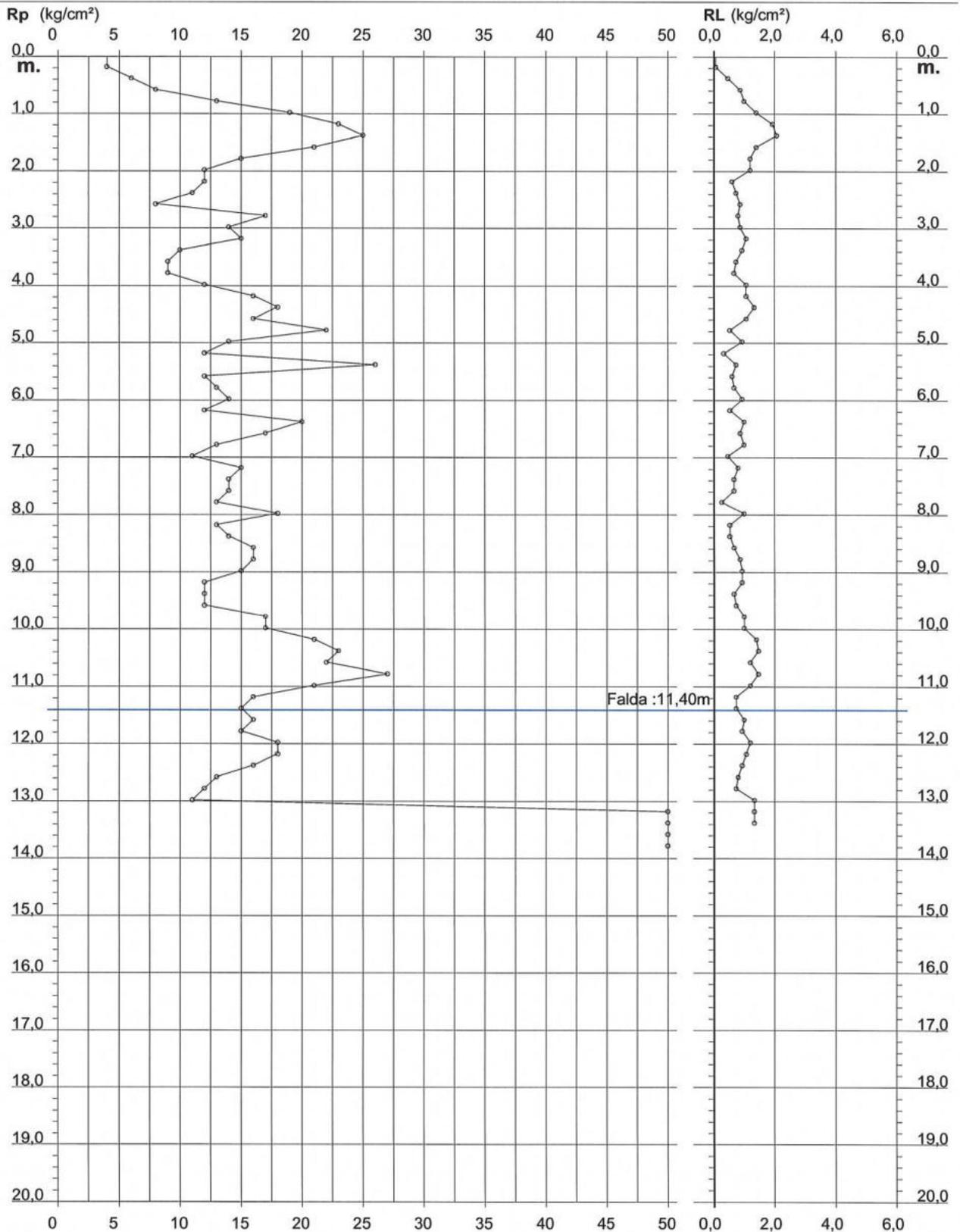
## PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

**CPT 1**

2.010496-059

- committente : BENEVELLI S.r.l.  
 - lavoro : Progetto urbanistico DP1-PSC in zona produttiva  
 - località : Via Per Salvaterra - Rubiera (RE)

- data : 30/11/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 11,40 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



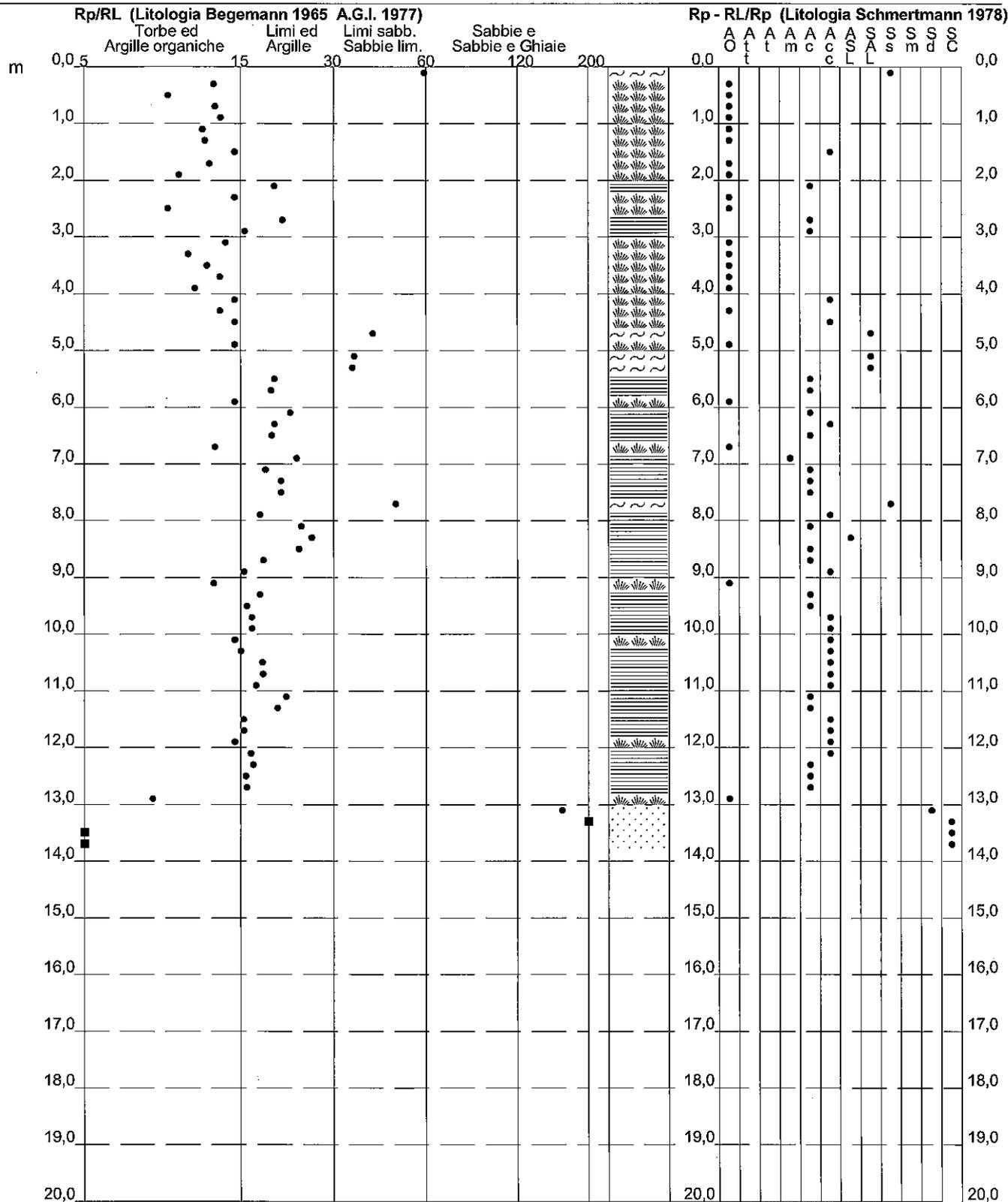
# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

**CPT 1**

2.010496-059

- committente : BENEVELLI S.r.l.  
 - lavoro : Progetto urbanistico DP1-PSC in zona produttiva  
 - località : Via Per Salvaterra - Rubiera (RE)  
 - note :

- data : 30/11/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 11,40 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



## PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

**CPT 1**

2.010496-059

- committente : BENEVELLI S.r.l.  
- lavoro : Progetto urbanistico DP1-PSC in zona produttiva  
- località : Via Per Salvaterra - Rubiera (RE)  
- note :

- data : 30/11/2021  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 11,40 m da quota inizio  
- pagina : 1

Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' t/m²	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	NATURA COESIVA			NATURA GRANULARE										
								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	4	60	4/1	1,85	0,04	0,20	51,7	34	51	20	42	34	36	39	41	37	25	0,084	7	10	12
0,40	8	13	1***	1,85	0,07	0,30	36,1	12	18	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	8	13	2/III	1,85	0,11	0,40	31,2	68	102	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	13	13	2/III	1,85	0,15	0,60	36,5	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	19	14	2/III	1,85	0,19	0,78	37,7	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	23	12	4/1	1,85	0,22	0,87	34,5	148	221	69	58	36	38	40	43	37	28	0,128	38	58	69
1,40	25	12	4/1	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	21	15	4/1	1,85	0,30	0,82	22,6	140	210	63	48	35	37	39	42	35	27	0,099	35	53	63
1,80	15	12	2/III	1,85	0,33	0,67	15,0	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	12	20	2/III	1,85	0,37	0,57	10,8	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	12	20	2/III	1,85	0,41	0,57	9,8	98	147	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	11	15	2/III	1,85	0,44	0,54	8,0	107	160	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	8	9	2/III	1,85	0,48	0,40	5,0	133	199	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	17	21	2/III	1,85	0,52	0,72	9,5	125	187	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	14	18	2/III	1,85	0,55	0,64	7,4	136	204	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	15	14	2/III	1,85	0,59	0,67	7,3	146	220	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	10	12	2/III	1,85	0,63	0,50	4,7	175	262	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	9	12	2/III	1,85	0,67	0,45	3,8	187	281	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	9	13	2/III	1,85	0,70	0,45	3,6	198	298	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	12	11	2/III	1,85	0,74	0,57	4,5	206	309	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	16	15	2/III	1,85	0,78	0,70	5,5	211	316	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	18	13	2/III	1,85	0,81	0,75	5,7	219	328	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	16	15	2/III	1,85	0,85	0,70	4,9	236	353	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	22	41	3***	1,85	0,89	--	--	--	--	--	23	31	34	37	40	29	28	0,043	37	55	66
5,00	14	15	2/III	1,85	0,93	0,64	3,9	259	389	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	12	36	4/1	1,85	0,96	0,57	3,3	269	403	45	--	28	31	35	38	25	26	--	20	30	36
5,40	26	35	3***	1,85	1,00	--	--	--	--	--	26	32	34	37	40	29	28	0,049	43	65	78
5,60	12	20	2/III	1,85	1,04	0,57	3,0	283	424	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	13	19	2/III	1,85	1,07	0,60	3,1	295	443	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	14	15	2/III	1,85	1,11	0,64	3,8	307	461	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	12	22	2/III	1,85	1,15	0,57	3,8	298	447	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	20	20	4/1	1,85	1,18	0,80	3,3	333	499	60	13	30	33	36	39	27	27	0,025	33	50	60
6,60	17	20	2/III	1,85	1,22	0,72	3,3	341	511	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	13	13	2/III	1,85	1,26	0,60	2,5	320	480	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	11	24	2/III	1,85	1,30	0,54	2,1	298	447	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	15	19	2/III	1,85	1,33	0,67	2,6	347	520	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	14	21	2/III	1,85	1,37	0,64	3,4	341	512	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	14	21	2/III	1,85	1,41	0,64	3,3	344	516	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	13	49	4/1	1,85	1,44	0,60	2,1	335	502	47	--	28	31	35	38	25	26	--	22	33	39
8,00	18	18	2/III	1,85	1,48	0,75	2,7	388	582	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	13	24	2/III	1,85	1,52	0,60	2,0	339	508	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	14	26	2/III	1,85	1,55	0,64	2,1	354	532	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,60	16	24	2/III	1,85	1,59	0,70	2,2	360	571	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	18	18	2/III	1,85	1,63	0,70	2,2	383	575	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	15	16	2/III	1,85	1,66	0,67	2,0	373	560	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	12	13	2/III	1,85	1,70	0,57	1,6	331	496	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	12	18	2/III	1,85	1,74	0,57	1,6	332	498	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,60	12	16	2/III	1,85	1,78	0,57	1,5	333	499	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	17	17	2/III	1,85	1,81	0,72	2,0	405	608	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,00	17	17	2/III	1,85	1,85	0,72	1,9	407	611	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,20	21	15	4/1	1,85	1,89	0,82	2,2	451	676	63	3	28	32	35	38	25	27	0,007	35	53	63
10,40	23	16	4/1	1,85	1,92	0,87	2,3	470	705	69	6	29	32	35	38	25	28	0,013	38	58	69
10,60	22	18	4/1	1,85	1,96	0,85	2,2	465	697	66	4	28	32	35	38	25	28	0,009	37	55	66
10,80	27	18	4/1	1,85	2,00	0,95	2,5	504	756	81	10	29	32	36	39	26	28	0,021	45	68	81
11,00	21	17	4/1	1,85	2,03	0,82	2,0	460	690	63	1	28	31	35	38	25	27	0,003	35	53	63
11,20	16	22	2/III	1,85	2,07	0,70	1,6	403	604	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,40	13	20	2/III	0,95	2,09	0,67	1,5	389	583	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,60	18	16	2/III	0,95	2,11	0,70	1,6	404	606	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,80	15	16	2/III	0,95	2,13	0,67	1,5	390	585	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,00	18	15	2/III	0,98	2,15	0,75	1,7	432	647	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,20	18	17	2/III	0,98	2,17	0,75	1,7	432	648	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,40	16	17	2/III	0,96	2,19	0,70	1,5	406	609	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,60	13	16	2/III	0,93	2,21	0,60	1,2	358	538	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,80	12	16	2/III	0,92	2,22	0,57	1,1	340	511	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,00	11	8	2/III	0,91	2,24	0,54	1,1	321	482	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,20	220	168	3***	1,15	2,27	--	--	--	--	--	79	39	41	42	44	37	38	0,187	367	550	660
13,40	360	270	3***	1,15	2,29	--	--	--	--	--	96	41	43	44	46	39	40	0,243	600	900	1060
13,60	400	--	3***	1,15	2,31	--	--	--	--	--	99	42	43	45	46	40	40	0,255	667	1000	1200
13,80	500	--	3***	1,15	2,33	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	40	40	0,258	833	1250	1500

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

**CPT 2**

2.010496-059

- committente : BENEVELLI S.r.l.  
- lavoro : Progetto urbanistico DP1-PSC in zona produttiva  
- località : Via Per Salvaterra, Rubiera (RE)  
- note :

- data : 30/11/2021  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 11,20 m da quota inizio  
- pagina : 1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-	m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-
0,20	4,5	---	9,0	0,13	67,0	<b>8,00</b>	13,0	22,0	26,0	1,33	19,0
0,40	4,0	5,0	8,0	1,27	6,0	8,20	13,0	23,0	26,0	1,33	19,0
0,60	10,5	20,0	21,0	0,80	26,0	8,40	15,0	25,0	30,0	1,60	19,0
0,80	25,0	31,0	50,0	1,27	39,0	8,60	13,0	25,0	26,0	1,33	19,0
<b>1,00</b>	25,5	35,0	51,0	1,93	26,0	8,80	10,0	20,0	20,0	1,13	18,0
1,20	22,5	37,0	45,0	2,67	17,0	<b>9,00</b>	8,5	17,0	17,0	1,07	16,0
1,40	19,0	39,0	38,0	3,27	12,0	9,20	10,0	18,0	20,0	1,07	19,0
1,60	13,5	38,0	27,0	2,80	10,0	9,40	10,0	18,0	20,0	1,13	18,0
1,80	10,0	31,0	20,0	2,00	10,0	9,60	9,5	18,0	19,0	1,40	14,0
<b>2,00</b>	9,0	24,0	18,0	1,73	10,0	9,80	11,5	22,0	23,0	1,40	16,0
2,20	8,0	21,0	16,0	1,47	11,0	<b>10,00</b>	14,5	25,0	29,0	1,73	17,0
2,40	7,0	18,0	14,0	1,20	12,0	10,20	17,0	30,0	34,0	2,00	17,0
2,60	6,0	15,0	12,0	1,13	11,0	10,40	16,0	31,0	32,0	1,87	17,0
2,80	6,5	15,0	13,0	0,80	16,0	10,60	17,0	31,0	34,0	2,00	17,0
<b>3,00</b>	7,0	13,0	14,0	0,80	17,0	10,80	14,0	29,0	28,0	1,80	16,0
3,20	8,0	14,0	16,0	0,93	17,0	<b>11,00</b>	9,5	23,0	19,0	1,07	18,0
3,40	7,0	14,0	14,0	0,80	17,0	11,20	10,0	18,0	20,0	0,93	21,0
3,60	8,0	14,0	16,0	1,07	15,0	11,40	11,0	18,0	22,0	1,13	19,0
3,80	6,0	14,0	12,0	0,87	14,0	11,60	8,5	17,0	17,0	1,20	14,0
<b>4,00</b>	4,5	11,0	9,0	0,47	19,0	11,80	10,0	19,0	20,0	1,13	18,0
4,20	8,0	11,5	16,0	0,93	17,0	<b>12,00</b>	11,5	20,0	23,0	1,07	22,0
4,40	6,0	13,0	12,0	0,80	15,0	12,20	12,0	20,0	24,0	1,33	18,0
4,60	5,0	11,0	10,0	0,67	15,0	12,40	12,0	22,0	24,0	0,80	30,0
4,80	6,0	11,0	12,0	0,40	30,0	12,60	8,0	14,0	16,0	0,93	17,0
<b>5,00</b>	6,0	9,0	12,0	0,53	22,0	12,80	7,0	14,0	14,0	0,93	15,0
5,20	7,0	11,0	14,0	0,53	26,0	<b>13,00</b>	8,0	15,0	16,0	0,40	40,0
5,40	4,0	8,0	8,0	0,40	20,0	13,20	11,0	14,0	22,0	0,67	33,0
5,60	6,0	9,0	12,0	0,53	22,0	13,40	8,0	13,0	16,0	0,80	20,0
5,80	6,0	10,0	12,0	0,60	20,0	13,60	4,0	10,0	8,0	0,47	17,0
<b>6,00</b>	8,5	13,0	17,0	0,87	20,0	13,80	3,5	7,0	7,0	0,53	13,0
6,20	9,5	16,0	19,0	1,00	19,0	<b>14,00</b>	4,0	8,0	8,0	0,40	20,0
6,40	9,5	17,0	19,0	1,07	18,0	14,20	7,0	10,0	14,0	0,73	19,0
6,60	7,5	15,5	15,0	0,93	16,0	14,40	6,5	12,0	13,0	0,67	19,0
6,80	8,0	15,0	16,0	0,93	17,0	14,60	6,0	11,0	12,0	1,33	9,0
<b>7,00</b>	8,0	15,0	16,0	1,13	14,0	14,80	70,0	80,0	140,0	1,33	105,0
7,20	9,5	18,0	19,0	1,07	18,0	<b>15,00</b>	130,0	140,0	260,0	1,33	195,0
7,40	11,0	19,0	22,0	1,27	17,0	15,20	200,0	210,0	400,0	----	----
7,60	10,5	20,0	21,0	1,33	16,0	15,40	250,0	250,0	500,0	----	----
7,80	11,0	21,0	22,0	1,20	18,0						

- 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  $\varnothing = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

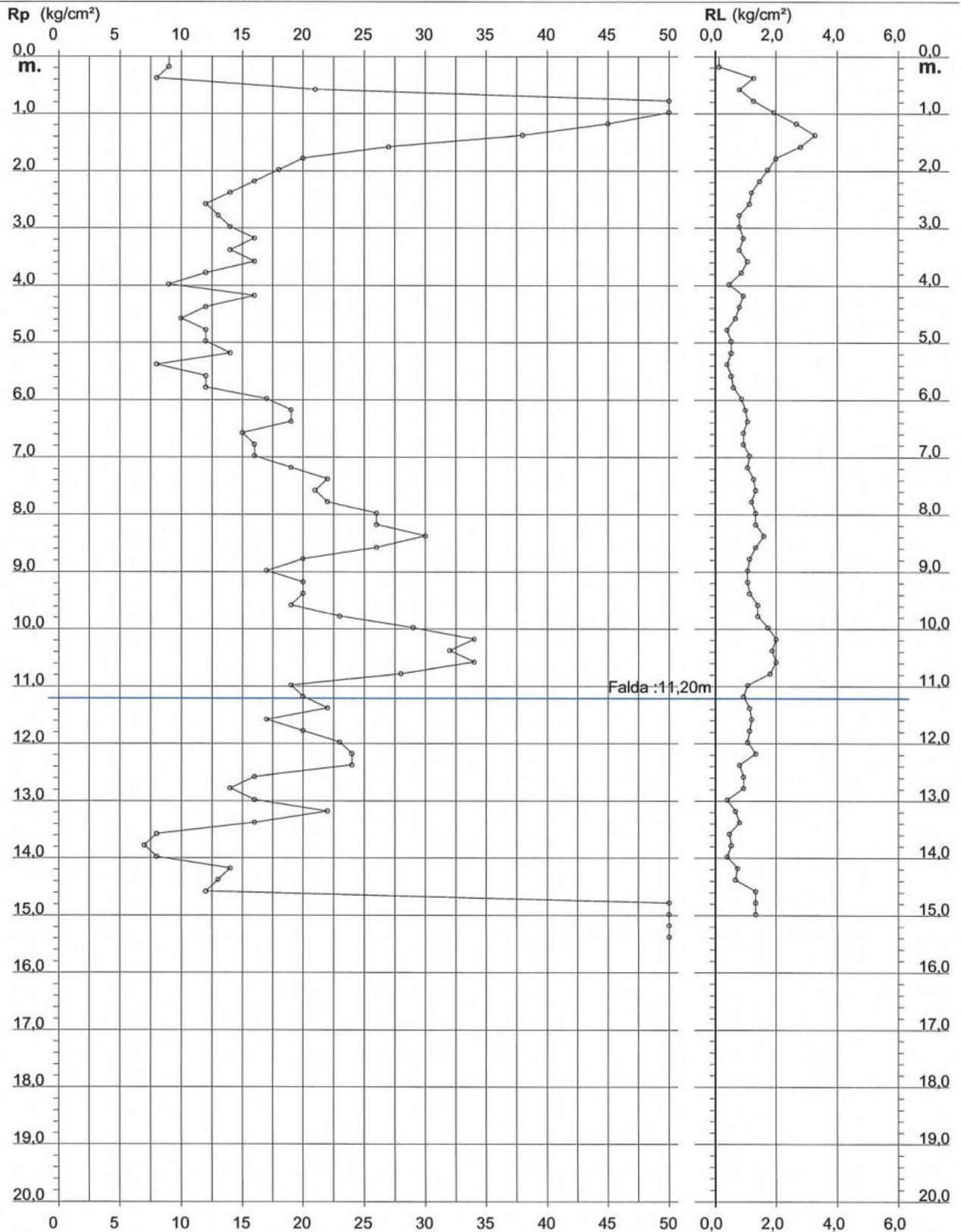
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

## CPT 2

2.010496-059

- committente : BENEVELLI S.r.l.  
- lavoro : Progetto urbanistico DP1-PSC in zona produttiva  
- località : Via Per Salvaterra, Rubiera (RE)

- data : 30/11/2021  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 11,20 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 100







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

**CPT 3**

2.010496-059

- committente : BENEVELLI S.r.l.  
- lavoro : Progetto urbanistico DP1-PSC in zona produttiva  
- località : Via Per Salvaterra, Rubiera (RE)  
- note :

- data : 30/11/2021  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 11,10 m da quota inizio  
- pagina : 1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-	m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-
0,20	3,0	---	6,0	0,13	45,0	<b>7,00</b>	10,0	17,0	20,0	1,20	17,0
0,40	5,0	6,0	10,0	0,67	15,0	7,20	9,0	18,0	18,0	0,93	19,0
0,60	5,0	10,0	10,0	0,87	12,0	7,40	10,0	17,0	20,0	1,00	20,0
0,80	5,5	12,0	11,0	1,47	7,0	7,60	11,5	19,0	23,0	1,20	19,0
<b>1,00</b>	14,0	25,0	28,0	0,93	30,0	7,80	13,0	22,0	26,0	1,20	22,0
1,20	22,0	29,0	44,0	2,93	15,0	<b>8,00</b>	13,0	22,0	26,0	1,47	18,0
1,40	16,0	38,0	32,0	2,93	11,0	8,20	11,0	22,0	22,0	1,27	17,0
1,60	14,0	36,0	28,0	1,07	26,0	8,40	10,5	20,0	21,0	1,00	21,0
1,80	12,0	20,0	24,0	1,60	15,0	8,60	7,5	15,0	15,0	0,73	20,0
<b>2,00</b>	10,0	22,0	20,0	1,40	14,0	8,80	10,0	15,5	20,0	0,80	25,0
2,20	11,5	22,0	23,0	0,87	27,0	<b>9,00</b>	9,0	15,0	18,0	0,87	21,0
2,40	10,0	16,5	20,0	1,07	19,0	9,20	9,0	15,5	18,0	1,07	17,0
2,60	9,0	17,0	18,0	1,20	15,0	9,40	9,0	17,0	18,0	1,07	17,0
2,80	6,0	15,0	12,0	1,00	12,0	9,60	12,0	20,0	24,0	1,47	16,0
<b>3,00</b>	7,5	15,0	15,0	0,93	16,0	9,80	16,0	27,0	32,0	2,13	15,0
3,20	8,0	15,0	16,0	0,93	17,0	<b>10,00</b>	17,0	33,0	34,0	2,07	16,0
3,40	8,0	15,0	16,0	1,00	16,0	10,20	16,5	32,0	33,0	1,87	18,0
3,60	8,5	16,0	17,0	1,13	15,0	10,40	14,0	28,0	28,0	1,73	16,0
3,80	7,5	16,0	15,0	1,20	12,0	10,60	11,0	24,0	22,0	1,20	18,0
<b>4,00</b>	6,0	15,0	12,0	1,20	10,0	10,80	13,0	22,0	26,0	0,87	30,0
4,20	9,0	18,0	18,0	0,60	30,0	<b>11,00</b>	15,5	22,0	31,0	1,67	19,0
4,40	8,0	12,5	16,0	0,80	20,0	11,20	12,5	25,0	25,0	1,33	19,0
4,60	7,0	13,0	14,0	0,67	21,0	11,40	13,0	23,0	26,0	1,53	17,0
4,80	6,0	11,0	12,0	0,60	20,0	11,60	11,5	23,0	23,0	1,20	19,0
<b>5,00</b>	6,5	11,0	13,0	0,87	15,0	11,80	9,0	18,0	18,0	1,07	17,0
5,20	7,5	14,0	15,0	1,07	14,0	<b>12,00</b>	9,0	17,0	18,0	0,80	22,0
5,40	5,0	13,0	10,0	0,67	15,0	12,20	11,0	17,0	22,0	0,67	33,0
5,60	8,0	13,0	16,0	1,07	15,0	12,40	13,0	18,0	26,0	0,93	28,0
5,80	8,0	16,0	16,0	1,20	13,0	12,60	8,0	15,0	16,0	0,53	30,0
<b>6,00</b>	8,0	17,0	16,0	1,67	10,0	12,80	9,0	13,0	18,0	1,33	13,0
6,20	6,5	19,0	13,0	0,93	14,0	<b>13,00</b>	180,0	190,0	360,0	1,33	270,0
6,40	8,0	15,0	16,0	0,93	17,0	13,20	210,0	220,0	420,0	----	----
6,60	9,0	16,0	18,0	1,00	18,0	13,40	250,0	250,0	500,0	----	----
6,80	10,5	18,0	21,0	0,93	22,0						

- 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 ø = 35.7 mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

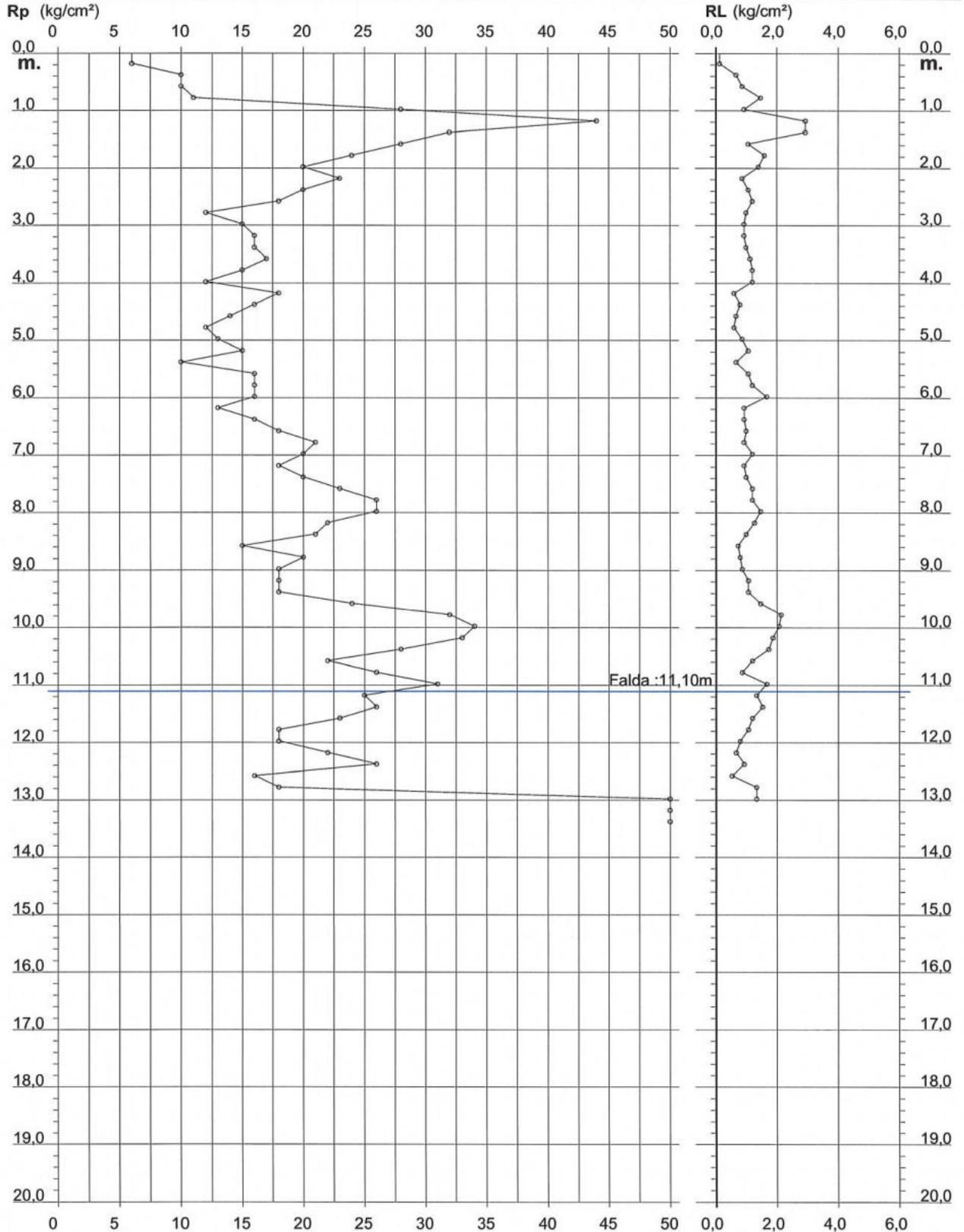
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

## CPT 3

2.010496-059

- committente : BENEVELLI S.r.l.  
- lavoro : Progetto urbanistico DP1-PSC in zona produttiva  
- località : Via Per Salvaterra, Rubiera (RE)

- data : 30/11/2021  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 11,10 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 100





**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

**CPT 3**

2.010496-059

- committente : BENEVELLI S.r.l.  
- lavoro : Progetto urbanistico DP1-PSC in zona produttiva  
- località : Via Per Salvaterra, Rubiera (RE)  
- note :

- data : 30/11/2021  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 11,10 m da quota inizio  
- pagina : 1

Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
					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	6	45	4/1	1,85	0,04	0,30	85,9	51	77	29	56	36	38	40	42	39	26	0,119	10	15	18
0,40	10	15	2/III	1,85	0,07	0,50	68,4	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	10	12	2/III	1,85	0,11	0,50	41,2	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	11	7	2/III	1,85	0,15	0,54	31,4	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	28	30	4/1	1,85	0,19	0,97	49,5	164	246	84	69	38	40	42	44	39	28	0,157	47	70	84
1,20	44	15	4/1	1,85	0,22	1,47	66,5	249	374	132	80	39	41	43	44	40	31	0,192	73	110	132
1,40	32	11	4/1	1,85	0,26	1,07	36,8	181	272	96	66	37	39	41	43	38	29	0,147	53	80	96
1,60	28	26	4/1	1,85	0,30	0,97	27,5	164	246	84	58	36	38	40	43	37	28	0,125	47	70	84
1,80	24	15	4/1	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	20	14	4/1	1,85	0,37	0,80	16,5	136	204	60	41	34	36	39	41	34	27	0,082	33	50	60
2,20	23	27	4/1	1,85	0,41	0,87	16,2	148	221	69	43	34	36	39	41	34	28	0,088	38	58	69
2,40	20	19	4/1	1,85	0,44	0,80	13,1	136	204	60	36	33	36	38	41	33	27	0,072	33	50	60
2,60	18	15	2/III	1,85	0,48	0,75	10,9	128	191	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	12	12	2/III	1,85	0,52	0,57	7,1	129	194	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	15	16	2/III	1,85	0,55	0,67	7,9	134	201	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	16	17	2/III	1,85	0,59	0,70	7,7	144	216	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	16	16	2/III	1,85	0,63	0,70	7,1	157	235	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	17	15	2/III	1,85	0,67	0,72	7,0	167	251	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	15	12	2/III	1,85	0,70	0,67	5,9	187	281	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	12	10	2/III	1,85	0,74	0,57	4,5	206	309	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	18	30	4/1	1,85	0,78	0,75	6,0	206	308	66	19	31	34	36	40	29	27	0,037	30	45	54
4,40	16	20	2/III	1,85	0,81	0,70	5,2	224	335	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	14	21	2/III	1,85	0,85	0,64	4,4	238	356	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	12	20	2/III	1,85	0,89	0,57	3,6	251	376	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	13	15	2/III	1,85	0,93	0,60	3,7	261	392	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	15	14	2/III	1,85	0,96	0,67	4,0	269	403	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	10	15	2/III	1,85	1,00	0,50	2,6	260	390	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	16	15	2/III	1,85	1,04	0,70	3,8	292	437	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	16	13	2/III	1,85	1,07	0,70	3,7	303	454	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	16	10	2/III	1,85	1,11	0,70	3,5	313	469	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	13	14	2/III	1,85	1,15	0,60	2,8	307	460	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	16	17	2/III	1,85	1,18	0,70	3,2	330	495	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	18	18	2/III	1,85	1,22	0,75	3,4	343	515	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	21	22	4/1	1,85	1,26	0,82	3,7	355	533	63	13	30	33	36	39	27	27	0,025	35	53	63
7,00	20	17	4/1	1,85	1,30	0,80	3,4	365	547	60	10	29	32	36	39	27	27	0,021	33	50	60
7,20	18	19	2/III	1,85	1,33	0,75	3,2	366	549	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	20	20	4/1	1,85	1,37	0,80	3,4	381	571	60	9	29	32	35	39	26	27	0,019	33	50	60
7,60	23	19	4/1	1,85	1,41	0,87	3,4	396	594	69	13	30	33	36	39	27	28	0,026	38	58	69
7,80	26	22	4/1	1,85	1,44	0,93	3,6	407	611	78	17	30	33	36	39	27	28	0,032	43	65	78
8,00	26	18	4/1	1,85	1,48	0,93	3,5	417	626	78	16	30	33	36	39	27	28	0,031	43	65	78
8,20	22	17	4/1	1,85	1,52	0,85	3,0	416	623	66	10	29	32	35	39	26	28	0,020	37	55	66
8,40	21	21	4/1	1,85	1,55	0,82	2,8	417	625	63	8	29	32	35	39	26	27	0,017	35	53	63
8,60	15	20	2/III	1,85	1,59	0,67	2,1	369	554	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	20	25	4/1	1,85	1,63	0,80	2,6	419	629	60	6	29	32	35	36	25	27	0,012	33	50	60
9,00	18	21	2/III	1,85	1,66	0,75	2,3	406	609	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	18	17	2/III	1,85	1,70	0,75	2,3	409	614	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	18	17	2/III	1,85	1,74	0,75	2,2	412	618	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,60	24	16	4/1	1,85	1,78	0,89	2,6	462	694	72	9	29	32	35	39	26	28	0,019	40	60	72
9,80	32	15	4/1	1,85	1,81	1,07	3,2	505	758	96	18	31	33	36	39	27	29	0,035	53	80	96
10,00	34	16	4/1	1,85	1,85	1,13	3,4	520	780	102	20	31	34	37	40	28	29	0,038	57	85	102
10,20	33	18	4/1	1,85	1,89	1,10	3,2	525	787	99	18	31	33	36	39	27	29	0,035	55	83	99
10,40	28	16	4/1	1,85	1,92	0,97	2,7	502	752	84	12	30	33	36	39	26	28	0,024	47	70	84
10,60	22	18	4/1	1,85	1,96	0,85	2,2	465	697	66	4	28	32	35	38	25	28	0,009	37	55	66
10,80	26	30	4/1	1,85	2,00	0,93	2,4	498	746	78	9	29	32	35	39	26	28	0,018	43	65	78
11,00	31	19	4/1	1,85	2,03	1,03	2,7	534	801	93	14	30	33	36	39	26	29	0,028	52	78	93
11,20	25	19	4/1	0,94	2,05	0,91	2,3	495	743	75	7	29	32	35	39	25	28	0,015	42	63	75
11,40	26	17	4/1	0,95	2,07	0,93	2,3	504	756	78	8	29	32	35	39	25	28	0,017	43	65	78
11,60	23	19	4/1	0,94	2,09	0,87	2,1	482	723	69	3	28	32	35	38	25	28	0,009	38	58	69
11,80	18	17	2/III	0,98	2,11	0,75	1,7	430	646	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,00	18	22	2/III	0,98	2,13	0,75	1,7	431	647	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,20	22	33	3:***	0,86	2,15	--	--	--	--	--	1	28	31	35	38	25	28	0,003	37	55	66
12,40	26	28	4/1	0,95	2,17	0,93	2,2	511	766	78	7	29	32	35	39	25	28	0,015	43	65	78
12,60	16	30	4/1	0,90	2,18	0,70	1,5	406	609	52	--	28	31	35	38	25	27	--	27	40	48
12,80	18	13	2/III	0,98	2,20	0,75	1,6	433	650	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,00	360	270	3:***	1,15	2,23	--	--	--	--	--	96	42	43	44	46	39	40	0,246	600	900	1080
13,20	420	--	3:***	1,15	2,25	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	40	40	0,258	700	1050	1260
13,40	500	--	3:***	1,15	2,27	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	40	0,258	833	1250	1500

# **SISMICA A RIFRAZIONE**

## **MASW**

### ***Determinazione del $V_{s30}$***



**SISMOGRAFO: PASI 16SG24**

# winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

## Main results

Dataset: Via per Salvaterra Rubiera (RE) 20211204 1012.DAT

Mean model

Vs (m/s): 140, 163, 229, 237, 263, 340, 400

Standard deviations (m/s): 4, 2, 22, 34, 38, 74, 41

Thickness (m): 1.6, 5.3, 5.0, 4.9, 7.0, 5.8

Standard deviations (m): 0.2, 0.6, 0.7, 0.8, 0.6, 0.7

Density (g/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 2.12, 1.83, 2.03, 1.92, 2.03, 2.05, 2.12

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 41 49 106 108 140 237 340

Analyzing Phase velocities

Considered dispersion curve: Via per Salvaterra Rubiera (RE).cdp

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

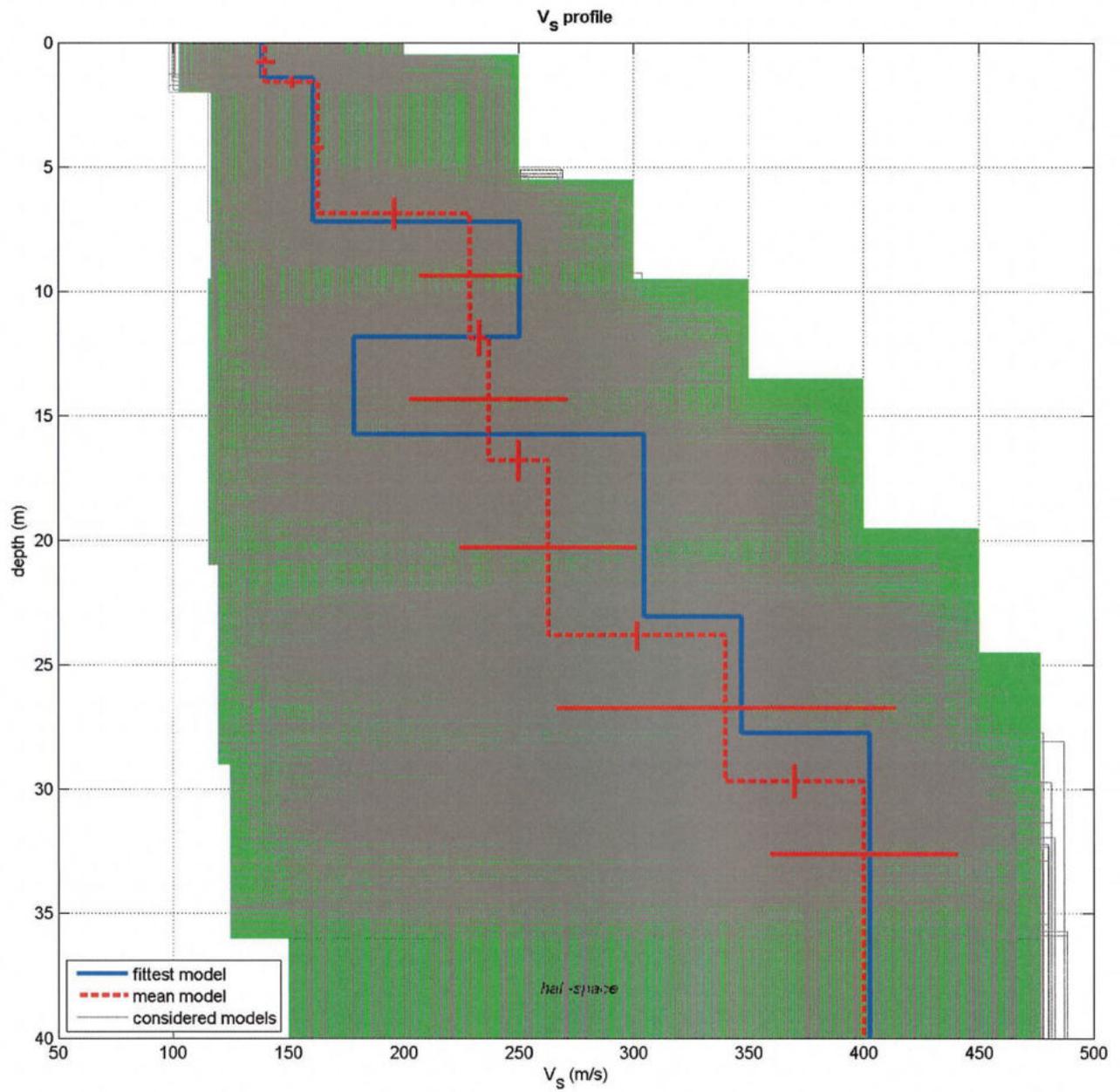
Vp (m/s): 1288, 397, 897, 579, 892, 977, 1324

Poisson: 0.49 0.40 0.47 0.40 0.45 0.43 0.45

Vs30 (m/s): 229

**Soil classification: Categoria di sottosuolo di tipo 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: Via per Salvaterra Rubiera (RE) 20211204 1012.DAT

dispersion curve: Via per Salvaterra Rubiera (RE).cdp

Vs30 (best model): 231 m/s

Vs30 (mean model): 229 m/s