

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



COMUNE DI SCANDIANO  
(Provincia di Reggio nell'Emilia)

LOCALITÀ : VIA GOTI - VENTOSO

**VARIANTE AL PSC**



COMMITTENTE : IORI MARIO - IORI MARTA

**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 – CENNI DI GEOLOGIA GENERALE E CARATTERISTICHE LITOLOGICHE DELL’AREA IN ESAME .....	5
4. IDROGEOLOGIA DI BACINO E LOCALE .....	6
5. METODOLOGIA D’INDAGINE .....	8
6. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E PARAMETRI GEOTECNICI.....	9
7. RISCHIO IDRAULICO .....	11
8. SISMICITÀ DELL’AREA .....	14
9. MICROZONAZIONE SISMICA .....	23
10. RISPOSTA SISMICA LOCALE .....	26
11. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE .....	30
12. RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....	31

### **- ALLEGATI:**

- UBICAZIONE DELLE INDAGINI
- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE  
(realizzate con penetrometro tipo GOUDA da 10 t)
- SONDAGGIO DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR
- VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

## **1. PREMESSA**

Con riferimento agli accordi intercorsi con il Geom. Claudio Corghi di Scandiano (RE), 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 Goti - Ventoso di Scandiano (RE), oggetto di richiesta di variante al PSC.

I parametri sismici del terreno sono stati definiti mediante l'esecuzione di un sondaggio sismico passivo HVSR mentre per l'acquisizione delle caratteristiche stratigrafiche e geomeccaniche del terreno ci si è avvalsi di due penetrometrie statiche effettuate con penetrometro statico tipo GOUDA da 10 t.

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.

Qui di seguito, vengono elencate le principali normative di riferimento:

- D.M. 17/1/2018 – “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- D.G.R. n° 1300 del 01/08/2016 “Prime disposizioni regionali concernenti l’attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni nel settore urbanistico”;
- D.G.R. n° 2193 del 21/12/2015 aggiornamento dell’atto di coordinamento tecnico denominato “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”;
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 2/2/2009 – “Istruzioni per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”;
- D.M. 14/1/2008 – “Testo unitario - Norme tecniche per le costruzioni”;
- Legge regionale 30 ottobre 2008, n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico".

- Delibera Assemblea Legislativa (DAL) n. 112/2007 Art. 16 c.1 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica";
- "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" approvato dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni (da qui in avanti "ICMS");
- L. 64/74 - "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- AGI: raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio e sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche. Giugno 1990;
- Circolare Min. LL.PP. n°30483 24 settembre 1988;
- D.M. 11/3/88 - "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".

## **2. MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE**

L'area in oggetto di studio, compresa tra le isoipse 124 m e 120 m s.l.m., con modesta pendenza verso N-NO, appartiene ad una superficie terrazzata sospesa di 50-60 metri sulla medio-alta pianura.

Il lotto di terreno in esame, di forma irregolare, con un'estensione territoriale di ~3100 m<sup>2</sup>, è sito a nord del centro abitato di Ventoso, a monte della Strada Provinciale n° 37 Pedemontana, tra il Rio Bellani e Via Goti, da cui si accede tramite due piccole strade realizzate a servizio di aree attualmente già urbanizzate (cf. stralci C.T.R. – elemento n° 219014 – Scandiano e del R.U.E. vigente del comune di Scandiano – Tav. 3.2, entrambi in scala 1 : 5.000; estratto di planimetria catastale in scala 1 : 2.000 - Foglio n° 36 - mappale n° 488/parte nonché ortofoto proposta sul frontespizio).

I suoli che qui si rinvenivano appartengono all'associazione dei "suoli lisciviati a pseudogley - suoli lisciviati - suoli alluvionali".

Si tratta di suoli che hanno subito una pedogenesi già nell'interglaciale Riss-Würm ed hanno perciò raggiunto spesso un'evoluzione assai avanzata.

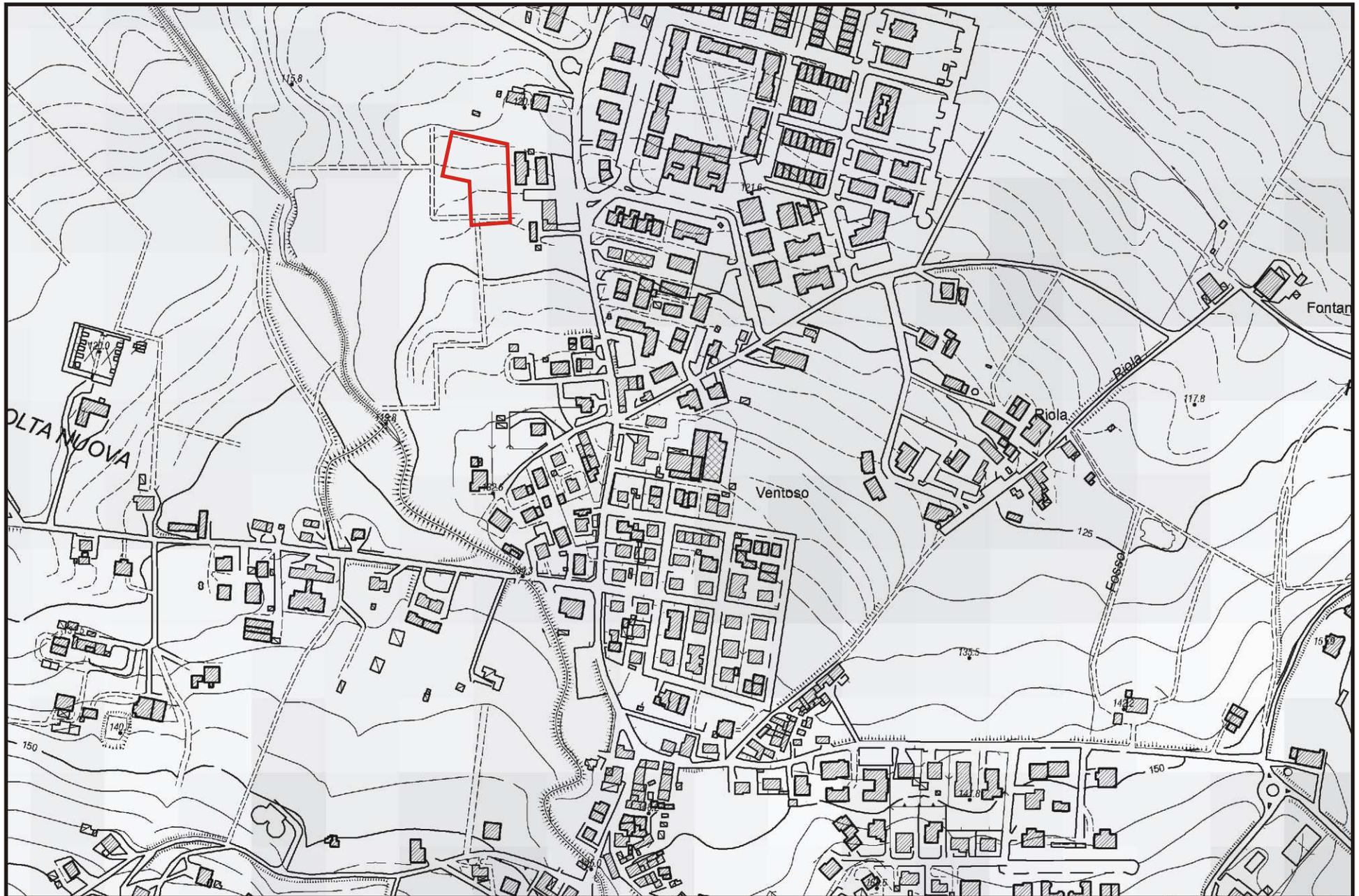
Il ciclo würmiano ha poi provocato un'erosione più severa e la sedimentazione di coltri colluviali fini. Ecco perché accanto ai suoli lisciviati a pseudogley troviamo i suoli bruni lisciviati che sono il massimo stadio evolutivo raggiunto dalla pedogenesi post-wurmiana.

Il regime pluviometrico della zona è di tipo continentale. Il valore medio annuo delle precipitazioni è di 791 mm con punte massime di piovosità in primavera (221 mm) ed in autunno (232 mm).

La temperatura media mensile annua è di 13.4 °C, con valori medi massimi di 30.1 °C, per il mese di luglio, e minimi di -2.0 °C, per il mese di gennaio. L'escursione annua è quindi di 32.1 °C.

I venti predominanti provengono da occidente in inverno, da oriente nelle altre stagioni.

**STRALCIO DALLA C.T.R. IN SCALA 1: 5000**  
**Elemento n° 219014 - Scandiano**

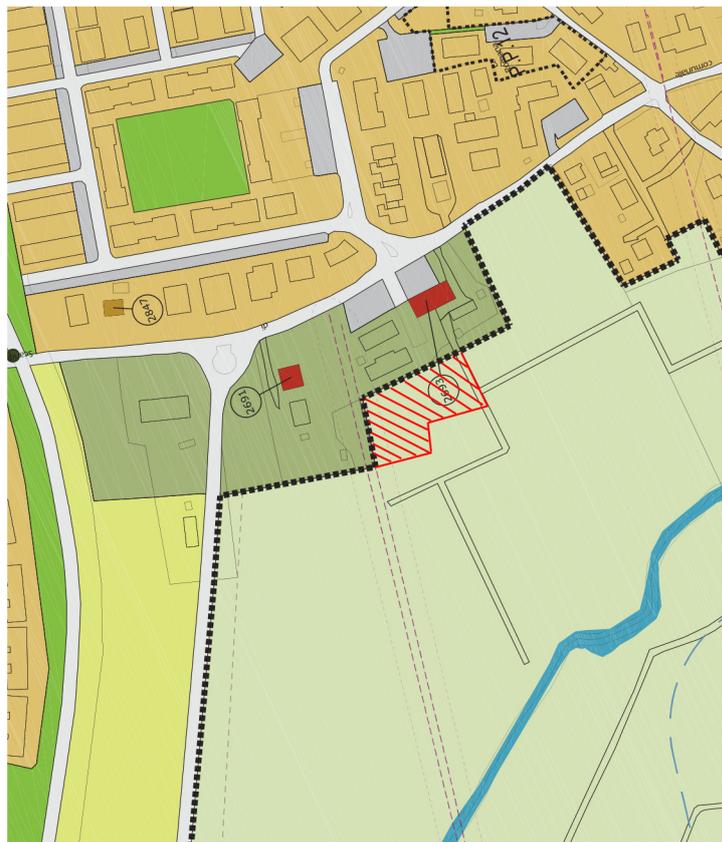


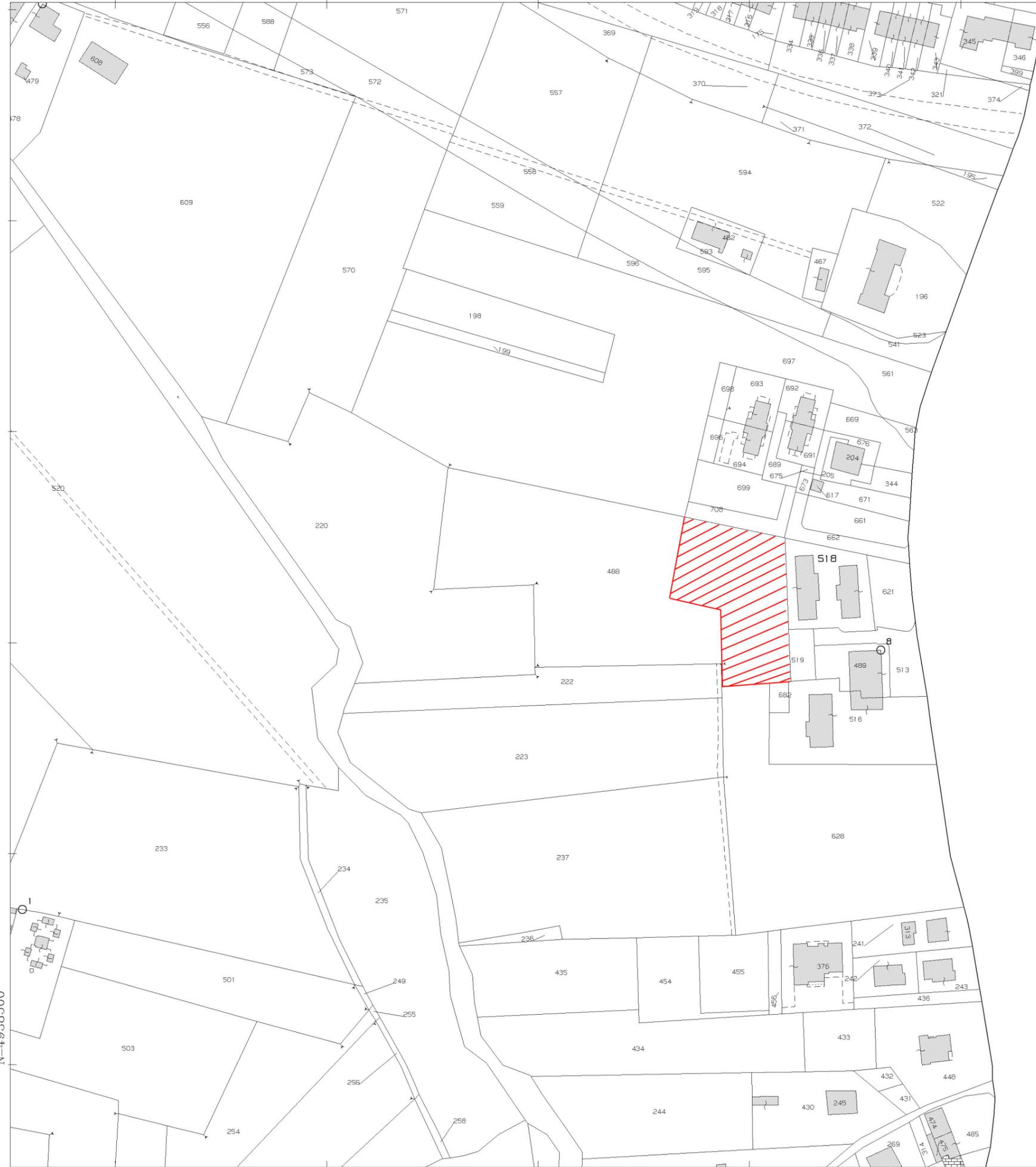
STRALCIO DI R.U.E. VIGENTE  
COMUNE DI SCANDIANO

Scala 1:5000

*Tavola 3.2 - Territorio rurale*

*Ambiti di rilievo paesaggistico (art.34)*





### **3. INQUADRAMENTO TETTONICO – CENNI DI GEOLOGIA GENERALE E CARATTERISTICHE LITOLOGICHE DELL'AREA IN ESAME**

La plasticità delle formazioni non permette l'individuazione, in superficie, delle strutture tettoniche principali. Tuttavia questi terreni hanno subito movimenti orogenetici molto recenti che hanno accompagnato il movimento traslativo della coltre alloctona, costituita dai terreni Eugeo e Tardo-geosinclinalici, al di sopra del basamento Miocenico padano.

La presenza di movimenti relativamente recenti (fasi pleistoceniche) può essere provata da osservazioni geomorfologiche: risulta infatti evidente come il territorio, a cui appartiene l'area in esame, sia soggetto al ringiovanimento dei fenomeni erosivi a seguito di movimenti tettonici di tipo essenzialmente epirogenetico.

Si può vedere come il rapido ringiovanimento dei corsi d'acqua si sia sovrapposto ad un ciclo erosivo precedente giunto "per vie forzate" a uno stadio di maturità.

Il terrazzo a cui appartiene l'area in esame è prevalentemente costituito da ghiaie limo-sabbiose, limose o argillose ricoperte da limi argillosi. Studi recenti di maggior dettaglio, effettuati da ricercatori dell'Istituto di Geologia dell'Università di Modena, ascrivono il terrazzo in esame alla cosiddetta "Unità di Chiozza" dell'Olocene – pre-Neolitico (cf. carta geologica).

Ad oriente, in una ristretta fascia ripercorsa dal Rio Bellani, attualmente questi terreni sono stati ricoperti da sedimenti fini di tipo colluviale.

Nella posizione occupata dall'area in esame, questi terreni sono assimilabili a quelli del progetto CARG, qui ascritti al Subsistema di Ravenna (AES8 – cf stralcio in scala 1 : 5.000).

Si ha ragione di ritenere che in questa zona la potenza del deposito continentale sia considerevole, superiore al centinaio di metri; alla loro base abbiamo quindi i sedimenti marini, ad iniziare dalle sabbie del Calabriano per passare successivamente ai materiali pelitici del Villafranchiano (Pliocene sup.).

Limitatamente all'area presa qui in esame, da un rapido esame della litologia di superficie, risulta che il terrazzo è in prevalenza costituito da limi ed argille che annettono ghiaie di medie dimensioni.

Sino alla profondità di 4.5÷5 m, le prove penetrometriche statiche, appositamente effettuate per accertare la reale natura del primo sottosuolo, hanno riscontrato la presenza di una coltre di argille ad elevata componente organica e torbosa a cui si alternano sottili livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie. Questi sedimenti ricoprono un banco di sabbie e ghiaie della potenza di 3÷4 metri; oltre gli 8÷8.5 m le indagini hanno poi nuovamente appurato l'esistenza di materiali coesivi, argille molto consistenti ad elevata componente organica a cui si alternano lenti di sabbie limose, sabbie e ghiaie, ad elevato grado di addensamento.

#### **4. IDROGEOLOGIA DI BACINO E LOCALE**

Il territorio in oggetto di studio fa parte della "Unità idrogeologica dei corsi d'acqua minori".

Questa unità corrisponde al tratto di alta pianura, compreso tra le conoidi dell'Enza e del Secchia, è percorso dai corsi d'acqua minori (Crostolo, Lodola, Tresinaro) che formano modeste conoidi, caratterizzate da sottili banchi ghiaiosi, abbastanza discontinui e talvolta passanti a letti sabbiosi, intercalati a serie prevalentemente limo-argillose.

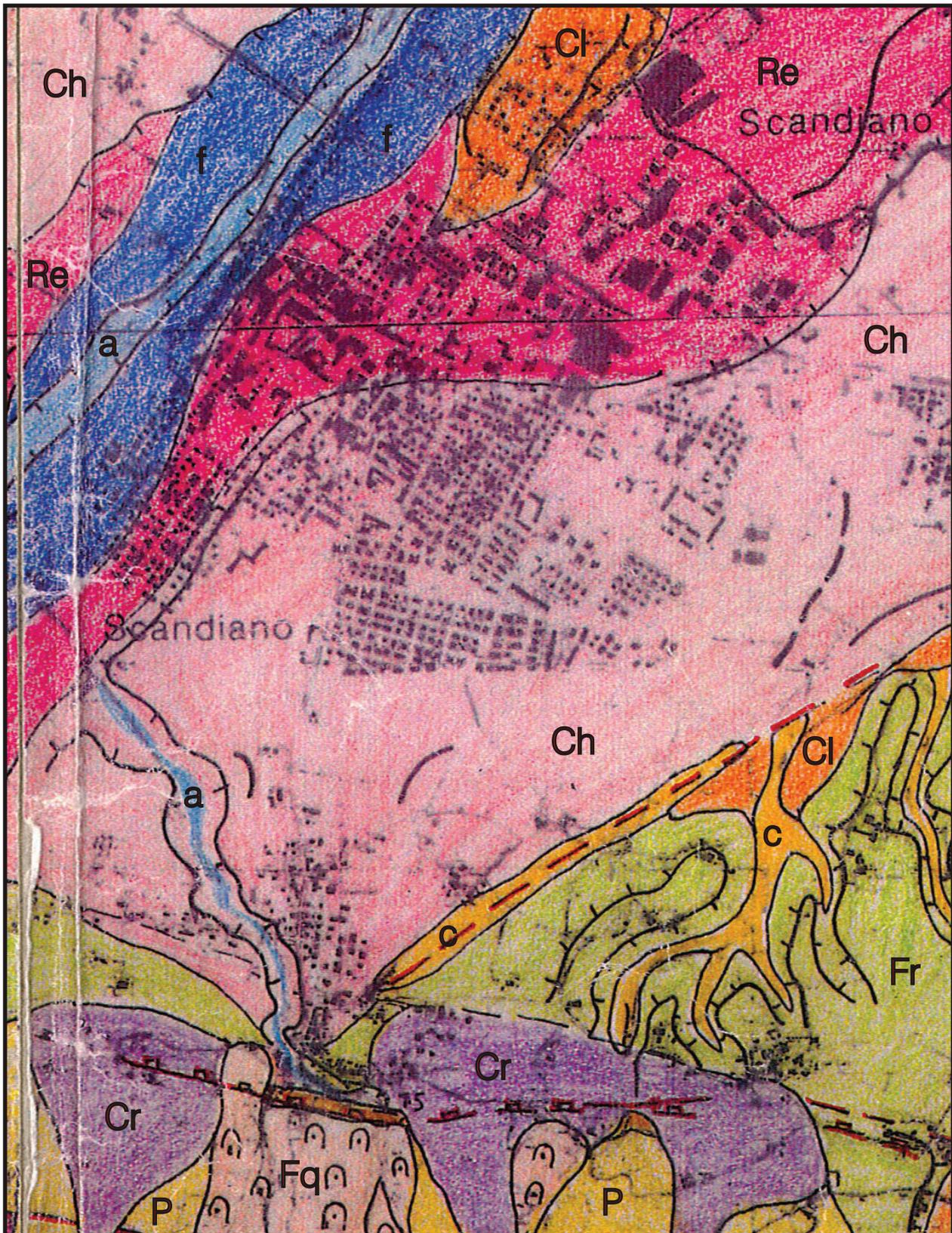
Anche attualmente, infatti, questi corsi d'acqua sono caratterizzati da bacini idrografici relativamente poco estesi e da portate liquide che non consentono un'ampia diffusione di materiali ghiaiosi.

Per quanto riguarda il contributo dei corsi d'acqua alle falde, pur essendo accertato, non è assolutamente quantificabile, per la mancanza di dati e per la variabilità delle situazioni.

Questa unità, fra quelle dell'alta pianura, è certamente la meno ricca di risorse idriche.

In base alla documentazione esistente ed alle caratteristiche della falda rilevate da alcuni pozzi, è possibile delineare un quadro sufficientemente preciso dell'idrogeologia della zona.

# CARTA GEOLOGICA



## LEGENDA

### Depositi e formazioni

- c Depositi colluviali
- fq Dep. frana quiescente
- a Unità alvei attuali
- f Unità dei fondovalle
- Re Unità di Reggio E.

- Unità di Chiozza
- Unità di Castellarano
- Unità di Farneto
- Unità del Crostolo
- Pliocene

- Ch
- Cl
- Fr
- Cr
- P

### Forme fluviali e torrentizie

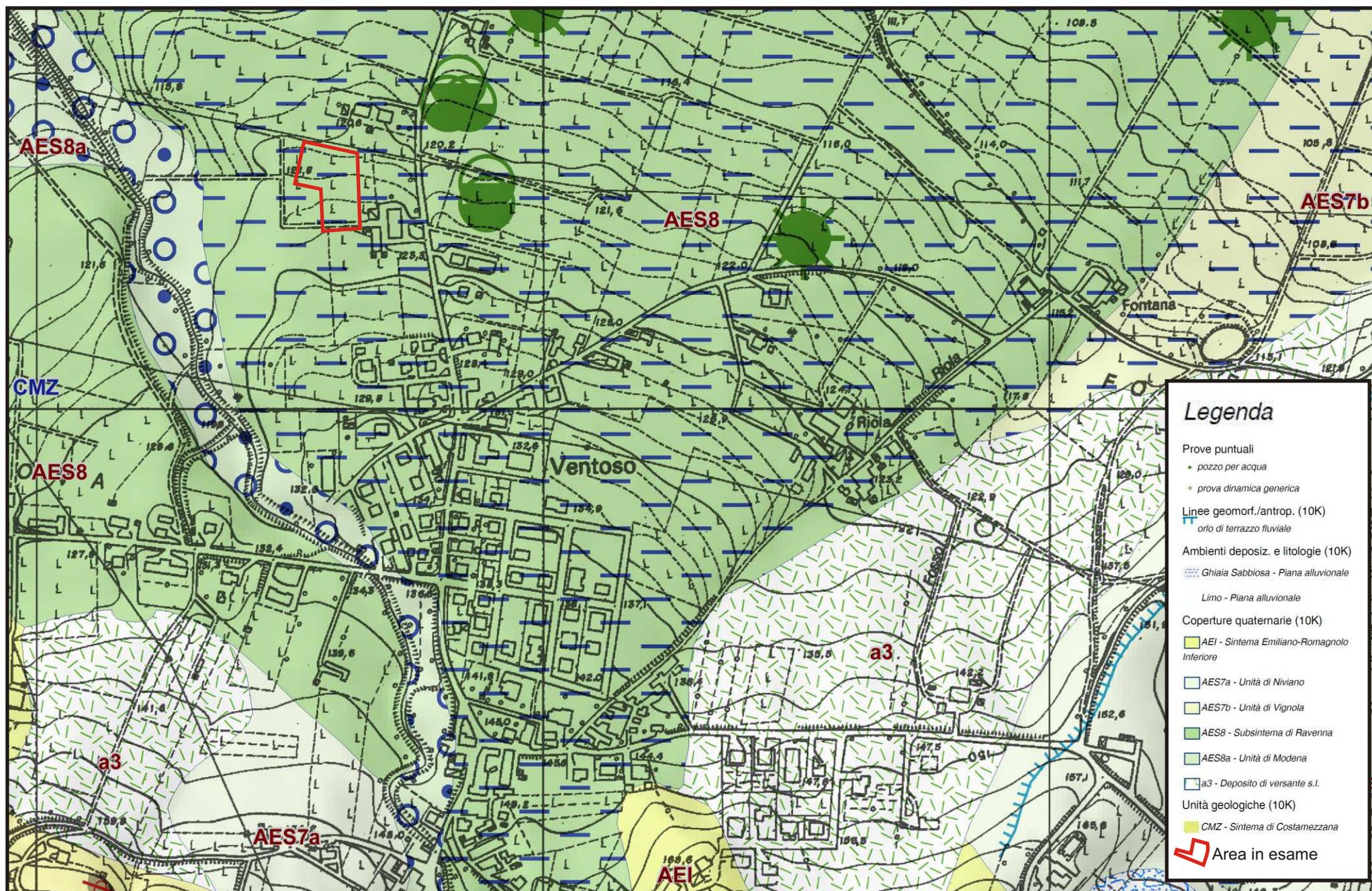
- Scarpata
- Scarpate ravvicinate
- Tracce di paleoalvei  
a=ben conservati b=mal conservati

### Dati Strutturali

- Faglia probabile
- Flessura

# CARTA GEOLOGICA DEL PROGETTO CARG DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA

SCALA 1:5000



Nei fori di sonda delle penetrometrie spinte, in CPT1 sino a rifiuto entro un banco litoide ad elevato grado di addensamento, alla profondità massima di 12.4 m dal p.c., non è stata riscontrata presenza d'acqua.

Nel territorio è nota del resto l'esistenza di una falda superficiale, a cui traggono alimento gli ultimi pozzi a camicia, il cui livello statico, variabile in funzione della diversa profondità del primo strato argilloso impermeabile, è posto però a quote ben superiori rispetto a quello indagato dalla prova.

La carta delle isopieze, redatta a corredo di uno studio sull'idrogeologia della conoide del T. Tresinaro (cf. elaborato fuori scala), anche se in modo un po' approssimativo, in quanto i dati a disposizione non hanno all'epoca consentito di estendere la restituzione delle isopieze oltre il margine pedecollinare, visualizza tuttavia che in Ventoso il primo acquifero è posto a quote ben superiori ai 20÷25 m, tale quindi da giustificare l'assenza nel corso delle prospezioni penetrometriche qui effettuate.

Per la presenza di una coltre di argille, difficoltoso è l'alimentazione del deposito dalla superficie; si può quindi in ogni caso escludere l'esistenza d'acqua, anche occasionale nelle stagioni più piovose, entro il primo banco dalle indagini individuato tra 4.5 m e 8.5 m.

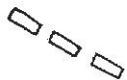
In ogni caso, anche se eventualmente presente, la natura stessa delle argille che li ricoprono non ne consente una risalita e, anche nell'ipotesi di un piano interrato, un'eventuale interazione con il piano d'appoggio delle fondazioni.

Nel territorio è inoltre nota l'esistenza di una falda profonda, valutabile intorno ai -68/70 m, a cui traggono alimento i pozzi artesiani ed il cui livello statico è di -43/45 m dal p.c.

IDROGEOLOGIA DELLA CONCOIDE DEL T. TRESINARO

CARTA DELLE ISOPIEZE

Legenda



Assi di drenaggio principali



Assi di drenaggio secondari



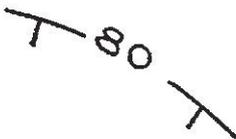
Assi spartiacque principali



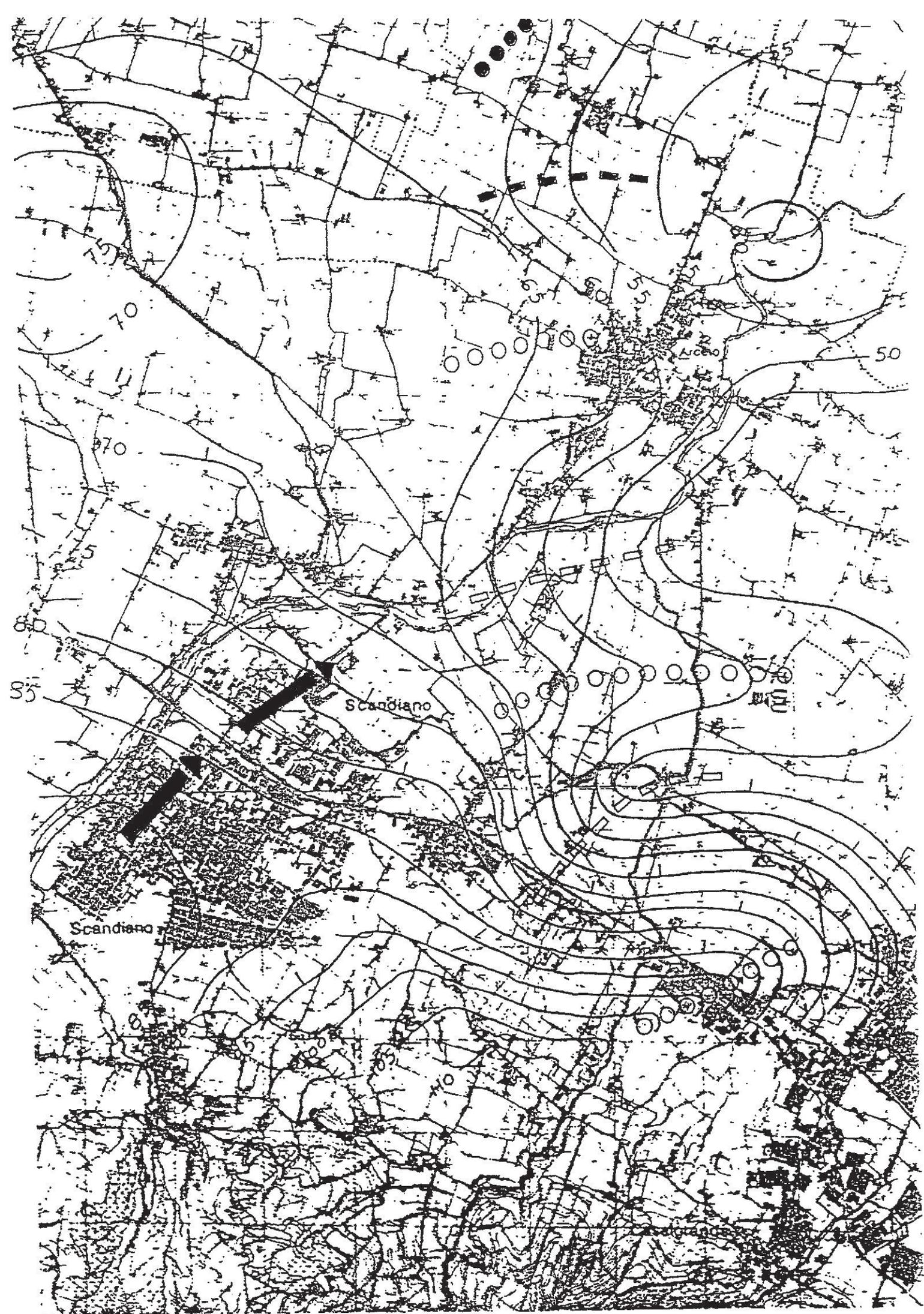
Assi spartiacque secondari



Principali direzioni di flusso sotterraneo



Linee isopiezometriche con indicazione  
delle direzioni di deflusso



## 5. METODOLOGIA D'INDAGINE

Le caratteristiche geomeccaniche del terreno vengono determinate sulla base dei dati acquisiti con due indagini penetrometriche.

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

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ( $v = 2 \text{ cm/sec} \pm 0.5 \text{ cm/sec}$ ).

La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) opportunamente ancorato al suolo (ovvero zavorrato), che agisce su una batteria doppia di aste (aste esterne cave e aste interne piene coassiali), alla cui estremità inferiore è collegata la punta. Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura, collegato al martinetto idraulico.

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

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

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

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

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

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

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

Oltre all'elaborazione dei valori di resistenza del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati, in base al rapporto  $R_p/R_L$  fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro (Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977), ovvero in base ai valori di  $R_p$  e del rapporto  $FR = (R_L/R_p) \%$  (esperienze di Schmertmann - 1978).

Sempre con riferimento alle prove penetrometriche statiche CPT, nelle tavole allegare 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.).

## **6. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E PARAMETRI GEOTECNICI**

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

### Livello A

Strato che dal piano campagna, annettendo la coltre pedogenetica, si approfondisce sino a 4.5÷5 m in argille ad elevata componente organica e torbosa con sottili livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie, con valori di:

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

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

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

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

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

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

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

### Livello B

Da 4.5÷5 m sino a 8÷8.5 m, vi è un banco di sabbie limose, sabbie e ghiaie in scarsa matrice limo argillosa, con valori di:

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

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

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

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

$$\phi' = 30 [^\circ]$$

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

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

### Livello C

Oltre 8÷8.5 m vi sono argille molto consistenti, ad elevata componente organica, con lenti di sabbie limose, sabbie e ghiaie, con valori di:

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

$$\gamma_{\text{sat}} = 2.0 \text{ t/m}^3 = 19.61 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 1.0 \text{ kg/cm}^2 = 98 \text{ kPa}$$

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

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

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

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

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.

## **7. RISCHIO IDRAULICO**

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

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

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

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

Secondo le direttive dell'art. 6 dalla Direttiva Europea 2007/60/CE e dell'art. 6 del D.Lgs. 49/2010, sono state restituite specifiche mappe della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti differenziandole rispetto agli ambiti territoriali in cui viene restituita una distinzione fra un "reticolo naturale principale e secondario" ed un "reticolo secondario di pianura" (cf. stralci in allegato).

Nella fattispecie, sono state analizzate le tavole 219NO – Sassuolo; nel territorio in esame tutti gli elaborati non individuano elementi di pericolosità e di rischio.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3 - In tal senso, si tenga presente che il primo sottosuolo è privo di una falda freatica superficiale; non a caso, nel corso delle indagini non ne è stata riscontrata l'esistenza. Anche nell'ipotesi di eventuali piani interrati si può pertanto escludere un'interazione con le future basi d'appoggio.

4 - Per non contribuire ad incrementare i cedimenti attesi, si dovrà tuttavia aver cura di raccogliere ed allontanare, in direzione della rete fognaria principale, tutte le acque di scarico mediante l'utilizzo di condutture e raccordi a perfetta tenuta.

5 - In relazione a quanto riportato dal punto a.3, per favorire il rapido deflusso delle acque, si dovrà infine aver cura di verificare la costante efficienza dello smaltimento delle acque superficiali.

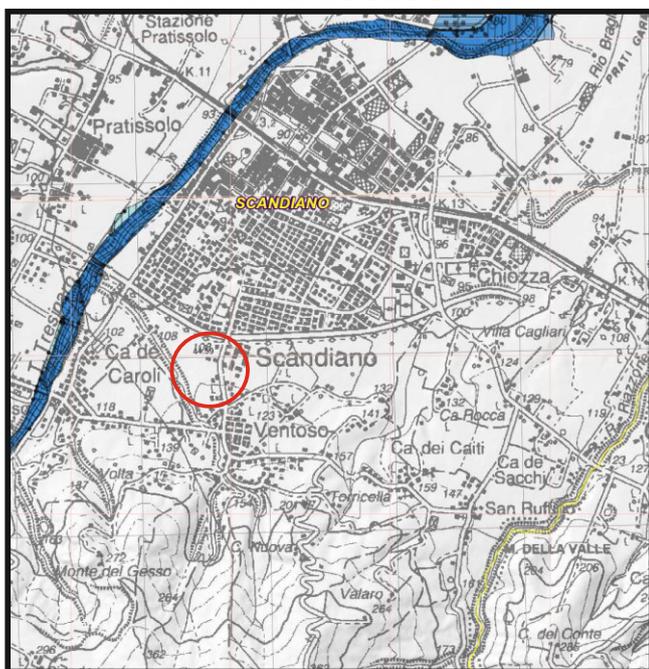
**Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla  
valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni  
Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti  
(art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010)**

Ambito territoriale: Reticolo naturale principale e secondario

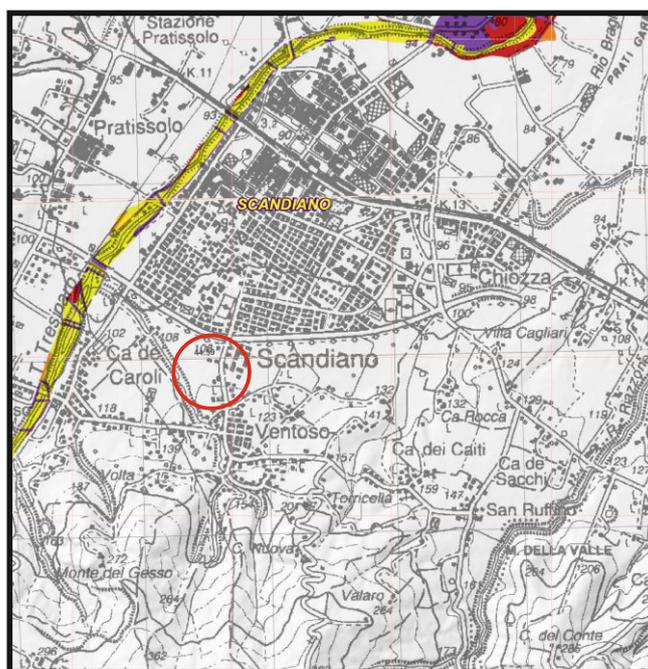
Dati consegnati nella seduta del Comitato Istituzionale dell'Autorità  
di Bacino del Fiume Po del 23/12/2013 (distretto padano)

## 219NO - SASSUOLO

**MAPPA PERICOLOSITÀ**



**MAPPA RISCHIO**



<p><b>Scenari di Pericolosità</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">■</span> P3 - H (Alluvioni frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)</li> <li><span style="color: lightblue;">■</span> P2 - M (Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)</li> <li><span style="color: cyan;">■</span> P1 - L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)</li> </ul>	<p><b>Legenda</b></p> <table border="0"> <tr> <td>areali</td> <td>puntuali</td> <td>lineari</td> </tr> <tr> <td>Zone urbanizzate</td> <td>scuola</td> <td rowspan="4"> <ul style="list-style-type: none"> <li>reti per la distribuzione di servizi</li> <li>reti stradali secondarie e spazi accessori</li> <li>reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td>Attività produttive</td> <td>ospedale</td> </tr> <tr> <td>Strutture strategiche e sedi di attività collettive</td> <td>diga</td> </tr> <tr> <td>Infrastrutture strategiche</td> <td>impianti insediamenti</td> </tr> <tr> <td>Insedimenti produttivi o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	areali	puntuali	lineari	Zone urbanizzate	scuola	<ul style="list-style-type: none"> <li>reti per la distribuzione di servizi</li> <li>reti stradali secondarie e spazi accessori</li> <li>reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori</li> </ul>	Attività produttive	ospedale	Strutture strategiche e sedi di attività collettive	diga	Infrastrutture strategiche	impianti insediamenti	Insedimenti produttivi o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale			Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse			<p><b>Aree Protette</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="border: 1px solid green; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> Zone Parco</li> <li><span style="border: 1px solid blue; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> SIC - ZPS</li> </ul>
areali	puntuali	lineari																		
Zone urbanizzate	scuola	<ul style="list-style-type: none"> <li>reti per la distribuzione di servizi</li> <li>reti stradali secondarie e spazi accessori</li> <li>reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori</li> </ul>																		
Attività produttive	ospedale																			
Strutture strategiche e sedi di attività collettive	diga																			
Infrastrutture strategiche	impianti insediamenti																			
Insedimenti produttivi o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale																				
Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse																				

<p><b>Aree Protette</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="border: 1px solid green; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> Zone Parco</li> <li><span style="border: 1px solid blue; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> SIC - ZPS</li> </ul>	<p><b>Legenda</b></p> <table border="0"> <tr> <td>puntuali</td> <td>lineari</td> <td>areali</td> </tr> <tr> <td>R1 (rischio moderato o nullo)</td> <td><span style="color: yellow;">●</span></td> <td><span style="background-color: yellow; width: 15px; height: 10px;"></span></td> </tr> <tr> <td>R2 (rischio medio)</td> <td><span style="color: orange;">●</span></td> <td><span style="background-color: orange; width: 15px; height: 10px;"></span></td> </tr> <tr> <td>R3 (rischio elevato)</td> <td><span style="color: red;">●</span></td> <td><span style="background-color: red; width: 15px; height: 10px;"></span></td> </tr> <tr> <td>R4 (rischio molto elevato)</td> <td><span style="color: purple;">●</span></td> <td><span style="background-color: purple; width: 15px; height: 10px;"></span></td> </tr> </table>	puntuali	lineari	areali	R1 (rischio moderato o nullo)	<span style="color: yellow;">●</span>	<span style="background-color: yellow; width: 15px; height: 10px;"></span>	R2 (rischio medio)	<span style="color: orange;">●</span>	<span style="background-color: orange; width: 15px; height: 10px;"></span>	R3 (rischio elevato)	<span style="color: red;">●</span>	<span style="background-color: red; width: 15px; height: 10px;"></span>	R4 (rischio molto elevato)	<span style="color: purple;">●</span>	<span style="background-color: purple; width: 15px; height: 10px;"></span>
puntuali	lineari	areali														
R1 (rischio moderato o nullo)	<span style="color: yellow;">●</span>	<span style="background-color: yellow; width: 15px; height: 10px;"></span>														
R2 (rischio medio)	<span style="color: orange;">●</span>	<span style="background-color: orange; width: 15px; height: 10px;"></span>														
R3 (rischio elevato)	<span style="color: red;">●</span>	<span style="background-color: red; width: 15px; height: 10px;"></span>														
R4 (rischio molto elevato)	<span style="color: purple;">●</span>	<span style="background-color: purple; width: 15px; height: 10px;"></span>														

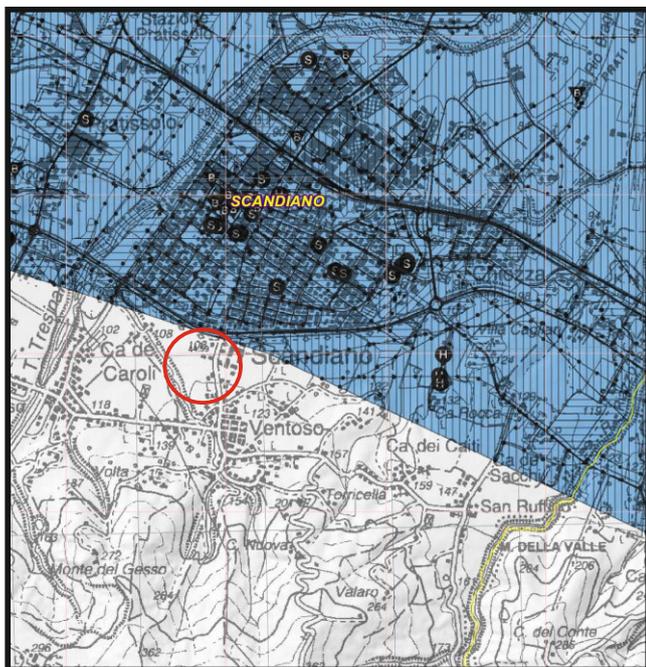
**Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni**  
**Mapa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti**  
 (art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010)

Ambito territoriale: Reticolo Secondario di Pianura

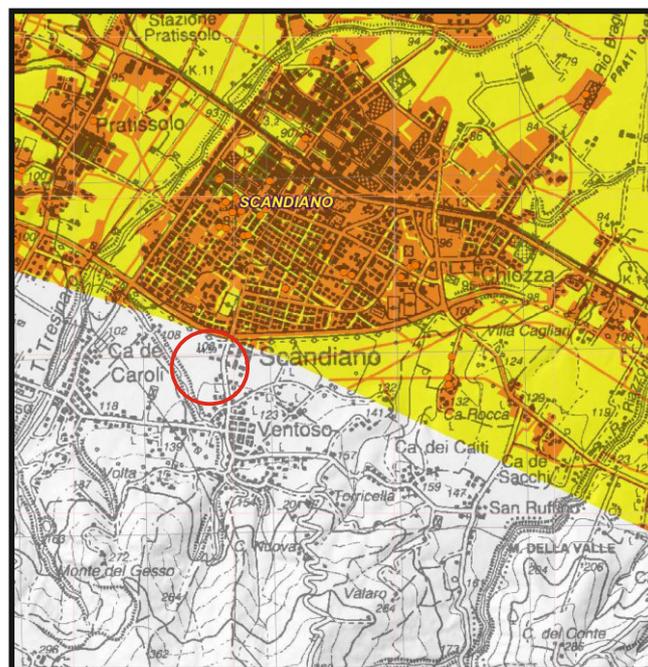
Dati consegnati nella seduta del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po del 23/12/2013 (distretto padano)

## 219NO - SASSUOLO

### MAPPA PERICOLOSITÀ



### MAPPA RISCHIO



#### Scenari di Pericolosità

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

#### Legenda

#### Aree Protette

- Zone Parco
- SIC - ZPS

#### Elementi Potenzialmente Esposti

- |  | areali | puntuali | lineari  |
|--|--------|----------|--|
| Zone urbanizzate   |        |          |  |
| Attività produttive  |        |          | reti per la distribuzione di servizi<br>reti stradali secondarie e spazi accessori<br>reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori |
| Strutture strategiche e sedi di attività collettive  |        |          |  |
| Infrastrutture strategiche   |        |          |  |
| Insedimenti produttivi o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale |        |          |  |
| Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse  |        |          |  |

#### Legenda

#### Aree Protette

- Zone Parco
- SIC - ZPS

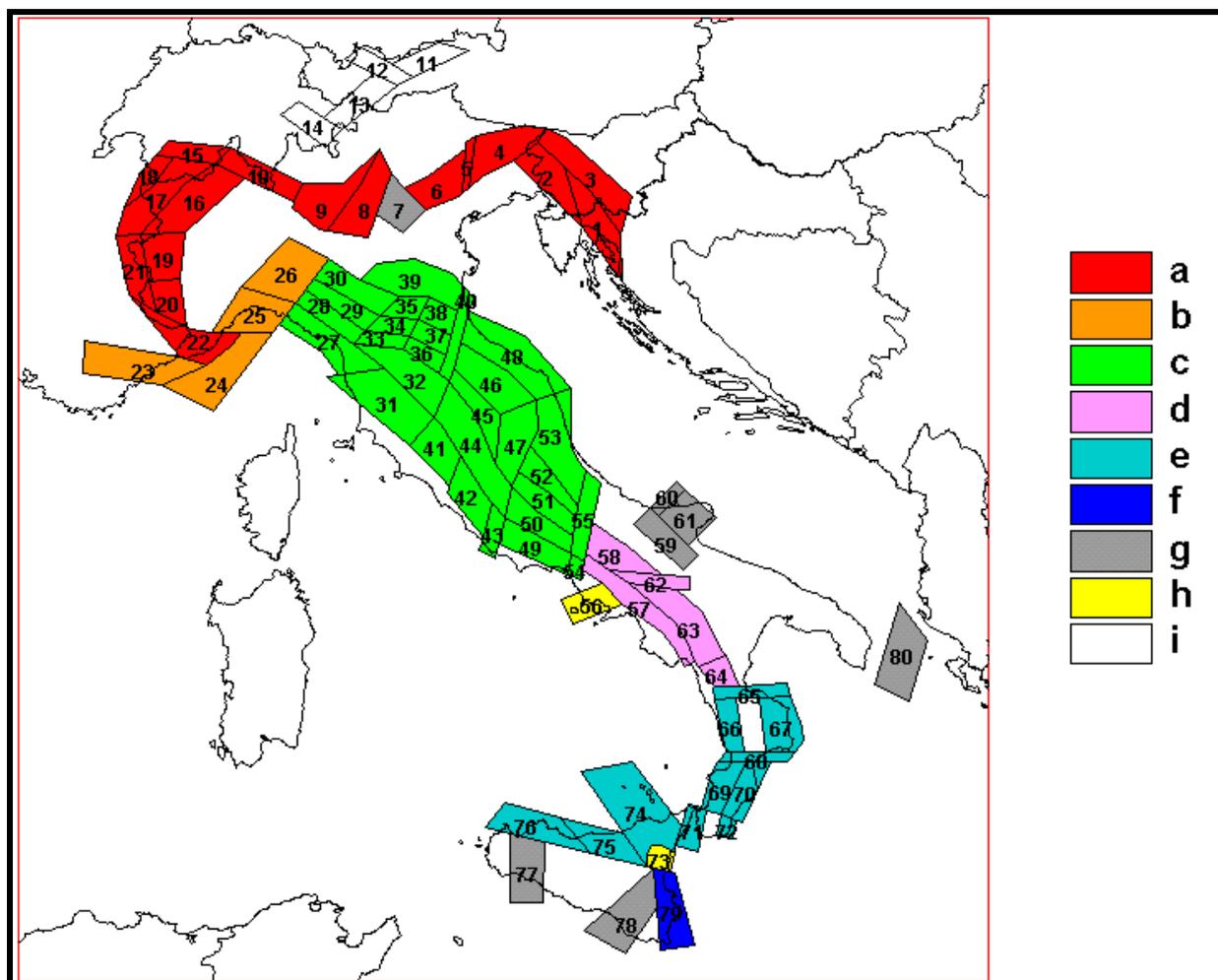
#### Classi di Rischio

- |                                      | puntuali                              | lineari | areali  |
|--------------------------------------|---------------------------------------|---------|---|
| <b>R1</b> (rischio moderato o nullo) | <span style="color: yellow;">●</span> |         | <span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px;"></span> |
| <b>R2</b> (rischio medio)            | <span style="color: orange;">●</span> |         | <span style="background-color: orange; border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px;"></span> |
| <b>R3</b> (rischio elevato)          | <span style="color: red;">●</span>    |         | <span style="background-color: red; border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px;"></span>    |
| <b>R4</b> (rischio molto elevato)    | <span style="color: purple;">●</span> |         | <span style="background-color: purple; border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px;"></span> |

## 8. SISMICITÀ DELL'AREA

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

Si è presa in considerazione la zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS4 (progetto di P. Scandone e M. Stucchi – marzo 1999 – cf. tav. seg.) che considera 80 sorgenti omogenee dal punto di vista strutturale e sismogenetico. Secondo questa suddivisione l'area oggetto di studio ricade nell'area 30, appartenente alla fascia padano-adriatica in compressione legata allo sprofondamento passivo della litosfera adriatica sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale secondo cui i meccanismi di rottura attesi sono di tipo thrust e strike-slip con assi di subduzione da SW a NE.



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

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

### Storia sismica di Scandiano (RE)

[44.597, 10.690]

Osservazioni disponibili: 22

Effetti	In occasione del terremoto:					AE	Io	Mw
	Is	Anno	Me	Gi	Or			
6-7	1832	03	13	03	30	Reggiano	7-8	5.59
6-7	1873	05	16	19	35	REGGIANO	6-7	5.13
6	1885	02	26	20	48	SCANDIANO	6	5.22
6	1983	11	09	16	29	Parmense	6-7	5.10
5-6	1923	06	28	15	12	FORMIGINE	6	5.21
5-6	1996	10	15	09	55	CORREGGIO	7	5.44
5	1909	01	13	45		BASSA PADANA	6-7	5.53
5	1914	10	27	09	22	GARFAGNANA	7	5.79
5	1920	09	07	05	55	Garfagnana	9-10	6.48

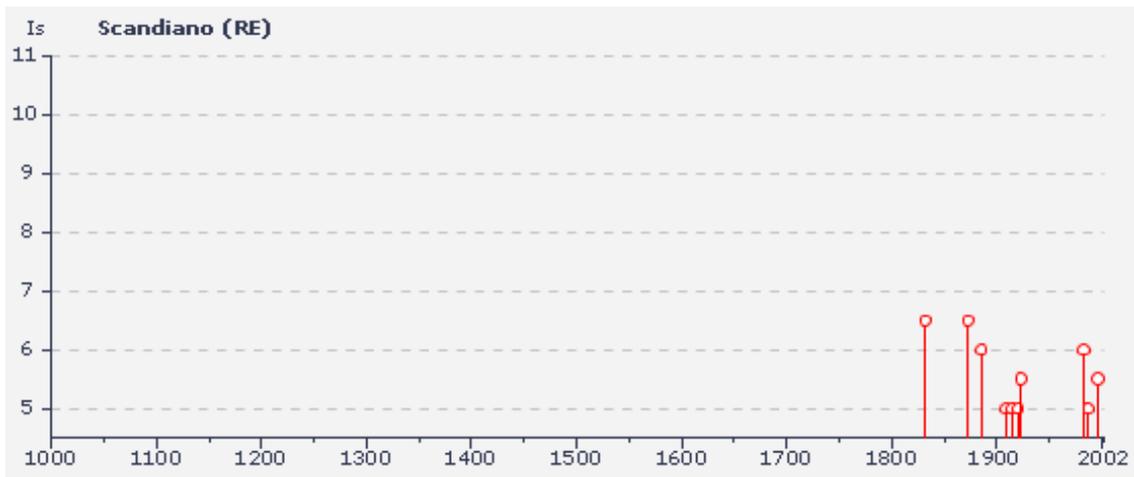
5	1987 05 02 20 43 53	REGGIANO	6	5.05
3	1887 02 23 05 21 50	Liguria occidentale	9	6.29
3	1957 08 27 11 54	ZOCCA	6	5.06
3	1980 11 23 18 34 52	Irpinia-Basilicata	10	6.89
2-3	1939 10 15 14 05	GARFAGNANA	6-7	5.20
NF	1899 06 26 23 17 22	Valle del Bisenzio	7	5.09
NF	1904 11 17 05 02	PISTOIESE	7	5.18
NF	1909 08 25 22	MURLO	7-8	5.40
NF	1984 04 29 05 02 59	GUBBIO/VALFABBRICA	7	5.68
NF	1986 12 06 17 07 19	BONDENO	6	4.56
NF	1995 10 10 06 54 22	LUNIGIANA	7	5.04
NR	1522 10 05 08	CREMONA	5-6	4.63
NR	1547 02 10 13 20	Reggio Emilia	7	5.21

Intendendo:

Is = Intensità al sito (MCS)

Io = Intensità epicentrale (MCS)

Mw = Magnitudo



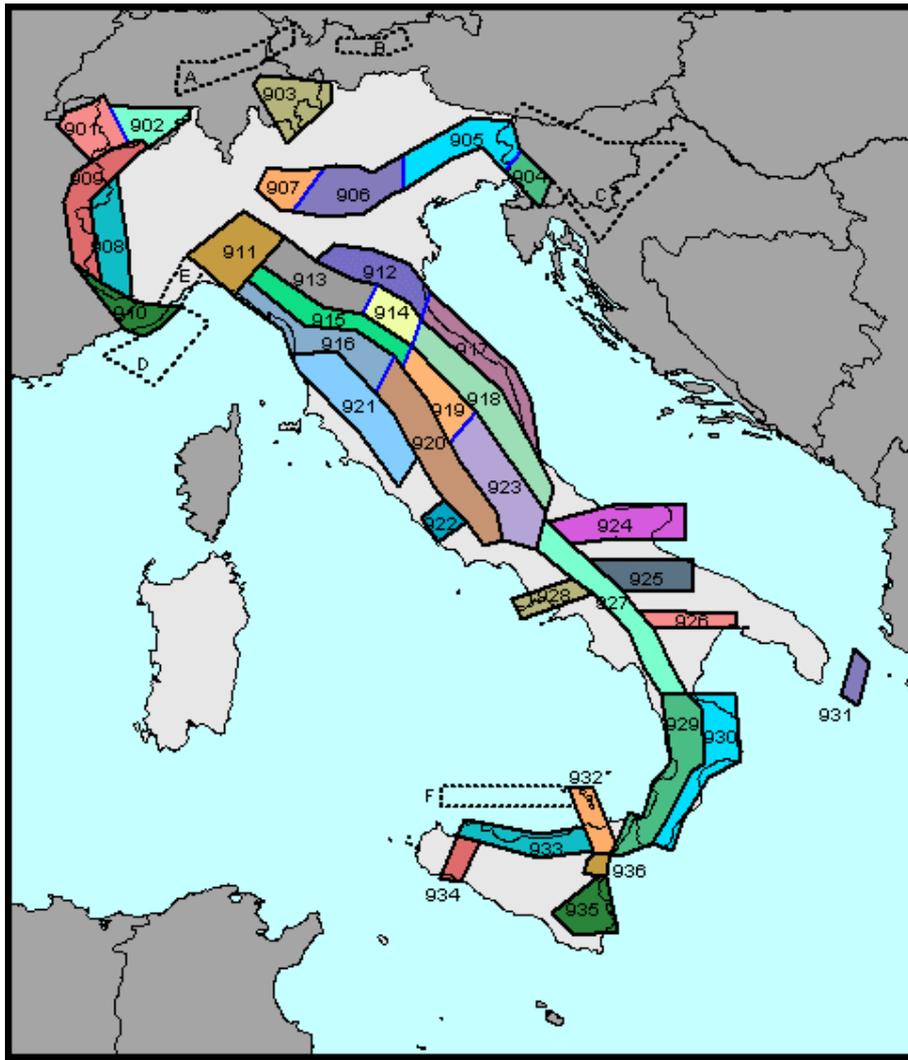
La sovrastante rappresentazione evidenzia, molto semplicemente, gli eventi della precedente tabella nel rapporto tra anni (in ascisse) ed intensità sismica (in ordinate).

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

Il territorio del comune di Scandiano, secondo la nuova zonazione sismogenetica ZS9 (progetto a cura di C. Meletti e G. Valensise del marzo 2004) è incluso nella zona 913, al passaggio, verso settentrione, con la zona 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 ( $a_g/g$ ), di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, pari a 0.15.

Più precisamente, al comune di Scandiano, l'allegato 4 dell'Assemblea Legislativa n° 2131 – prot. n° 8511 del 2 maggio 2007, assegna il valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè  $T = 0$ , espressa in frazione dell'accelerazione di gravità  $g$  ( $a_{refg}$ ), di 0.162.



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 passivo HVSR. La prova, nota semplicemente con il nome H/V, fu sperimentata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi nel 1970 ma è stata poi diffusa successivamente, nel 1989, da Nakamura

(infatti la prova viene anche definita come metodo di Nakamura).

L'indagine consiste in una valutazione sperimentale del rapporto di ampiezza esistente tra la media delle componenti orizzontali e di quella verticale delle vibrazioni ambientali (sismica passiva), misurate in un determinato punto della superficie terrestre tramite un velocimetro triassiale (due orizzontali perpendicolari tra loro ed una verticale).

Quanto detto, giustifica la definizione della metodologia e cioè prova HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) oppure HVSNR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio).

Le vibrazioni misurate sono i cosiddetti microtremori e sono l'effetto di una serie di sorgenti le quali sono attive per una molteplicità di frequenze, anche se quelle che interessano a fini ingegneristici sono generalmente quelle comprese nell'intervallo 0,5 – 20 Hz. Le principali sorgenti sono sia di origine antropica (traffico veicolare, attività industriale, rumore urbano in genere) che naturale (onde marine, perturbazioni atmosferiche, cicloni oceanici, tremori vulcanici). Durante l'acquisizione dei dati vanno rispettate una precisa metodologia ed alcune accortezze per fare in modo che il dato sia statisticamente corretto.

Questa metodologia a stazione singola del microtremore sismico consente la misura della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo e degli edifici, oltre che la stima, in maniera rapida, della stratigrafia superficiale e del Vs30, così come richiesto dalle normative antisismiche vigenti.

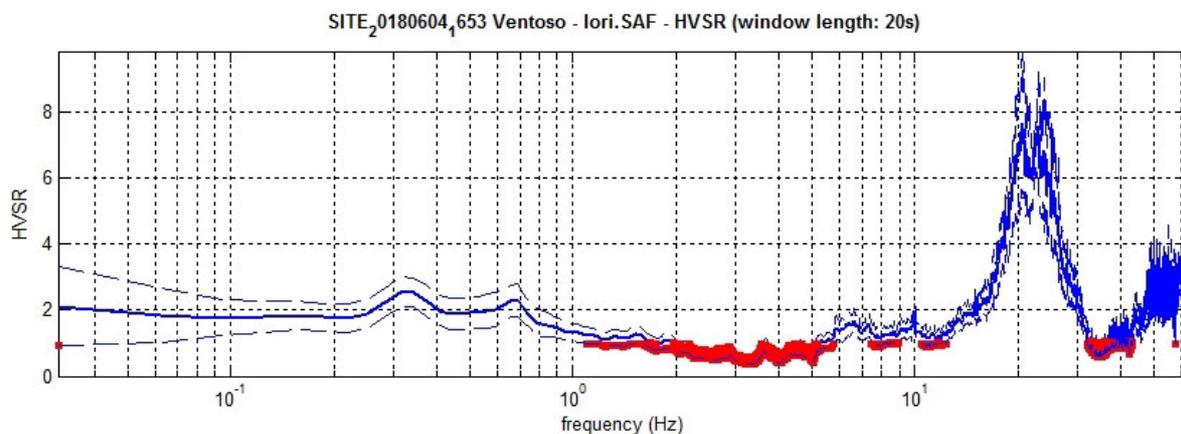
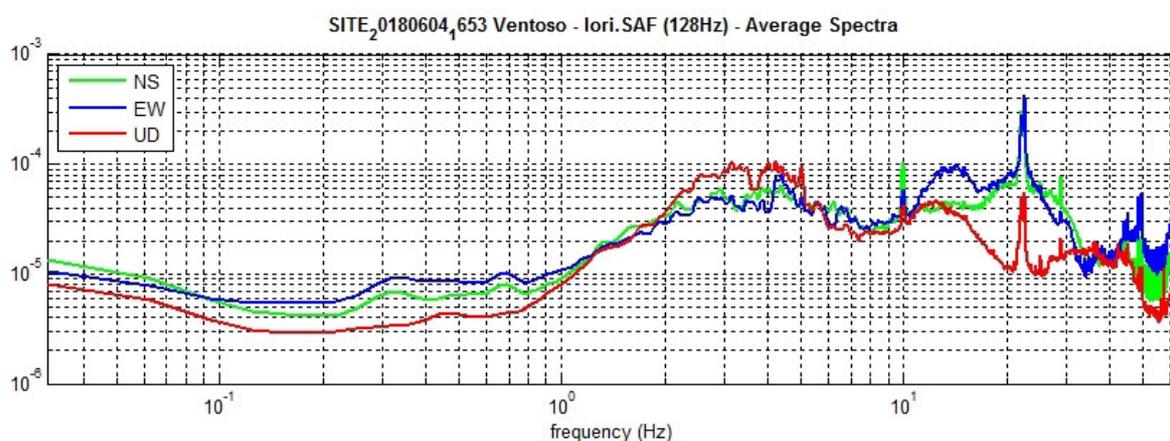
Le misure sono state effettuate con uno strumento denominato Gemini 2 prodotto dalla ditta Pasi di Torino. Il Gemini 2 è un acquirente dati HVSR costituito da una terna di geofoni con frequenza di risonanza di 2 Hz, accoppiati sia meccanicamente che elettricamente e da un acquirente di dati a 24 bit reali appositamente progettato. Per il suo funzionamento in campagna il Gemini 2 viene collegato ad un computer portatile tramite un'interfaccia USB.

I tre geofoni interni sono orientati secondo una terna di assi cartesiani, assumendo la convenzione descritta nelle linee guida del Progetto S.E.S.A.M.E.: l'asse Z corrisponde al geofono

verticale (direzione Up-Down), l'asse X e l'asse Y corrispondono rispettivamente al geofono orizzontale (direzione East-West) e al geofono orizzontale (direzione North-South).

La misurazione, realizzata nelle immediate vicinanze dell'indagine penetrometrica DIN 2, della durata di venti minuti pari a 200 Hz, è stata eseguita utilizzando il software WinHVSr, prodotto dalla ditta Eliosoft.

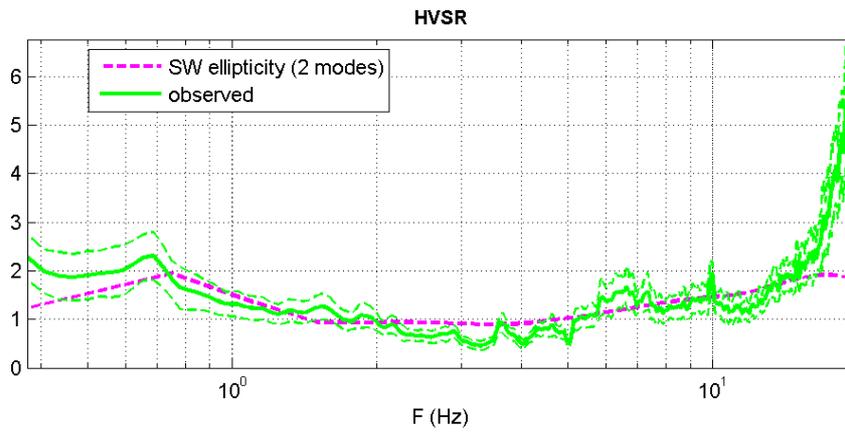
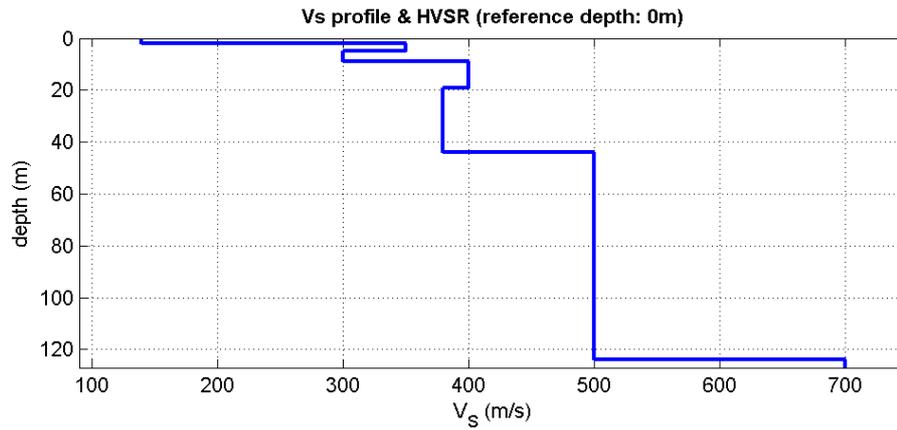
In base all'elaborazione dei dati di campagna sono stati ottenuti i seguenti risultati:



**In the 0.5-20.0Hz frequency range**

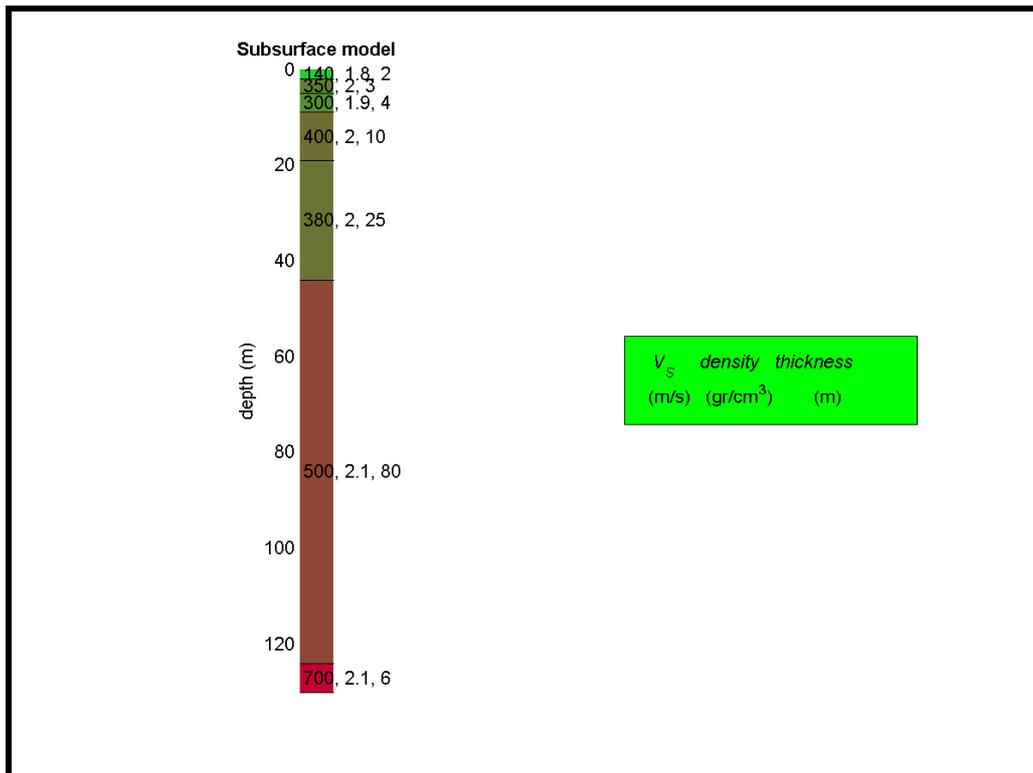
Peak frequency (Hz): 20.0 ( $\pm 1.9$ )

Peak HVSr value: 6.9 ( $\pm 1.6$ )



**Mean model**

Vs (m/s): 140 350 300 400 380 500 700  
 Thickness (m): 2.0, 3.0, 4.0, 10.0, 25.0, 80.0



Sono stati presi in considerazione tre 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	4° STRATO	5° STRATO
$V_S = 140 \text{ m/s}$	$V_S = 350 \text{ m/s}$	$V_S = 300 \text{ m/s}$	$V_S = 400 \text{ m/s}$	$V_S = 380 \text{ m/s}$
$d = 2.0 \text{ m}$	$d = 3.0 \text{ m}$	$d = 4.0 \text{ m}$	$d = 10.0 \text{ m}$	$d = 11.0 \text{ m}$

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/s

ottenendo:

$$V_{S30} = 333 \text{ m/s}$$

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.

## **9. MICROZONAZIONE SISMICA**

Il Dgr 2193/2015 integra la Delibera Regionale 112/2007, emessa dalla Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna in data 2 Maggio 2007, fornendo i criteri per l'individuazione delle aree che potrebbero essere soggette ad effetti sismici locali (microzonazione sismica) in modo da orientare le scelte di pianificazione verso le aree a minor rischio. La metodologia indicata per tali tipi di studio prevede due fasi di analisi, con diversi livelli di approfondimento.

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

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

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

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

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

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

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

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

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. Essi possono essere espressi sia come rapporto di PGA che come rapporto tra le intensità spettrali calcolate sugli spettri di pseudo-velocità all’interno di due o tre intervalli distinti:

SI1: 0.1-0.5 sec

SI2: 0.5-1.0 sec

SI3: 0.5-1.5 sec

L’analisi semplificata di secondo livello propone l’utilizzo di una serie di tabelle di carattere empirico che mettono in relazione i valori di  $V_{sH}$  o di  $V_{s30}$  con i fattori di amplificazione.

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

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

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400
F.A. PGA	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5
F.A. SI1	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6
F.A. SI2	2.9	2.8	2.5	2.3	2.1	2.0
F.A. SI3	3.3	3.1	2.7	2.4	2.2	2.0

La tabella è relativa ad una stratigrafia del Margine di tipo B ovvero il settore di transizione tra la zona collinare e la pianura caratterizzato dallo spessore dei terreni fini superiore a 30 m in cui gli strati grossolani sovrastano altri strati di terreni fini presenti fino al substrato.

In base al valore di Vs30, ottenuto estrapolando i dati dall'indagine geofisica, si ritiene opportuno adottare i seguenti fattori di amplificazione:

$$\text{PGA F.A.} = 1.6$$

$$\text{SI 1}(0.1 - 0.5 \text{ sec}) \text{ F.A.} = 1.8$$

$$\text{SI 2}(0.5 - 1.0 \text{ sec}) \text{ F.A.} = 2.3$$

$$\text{SI 3}(0.5 - 1.5 \text{ sec}) \text{ F.A.} = 2.4$$

## **10. 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 di condizioni ideali in superficie di suolo rigido e topografia orizzontale.

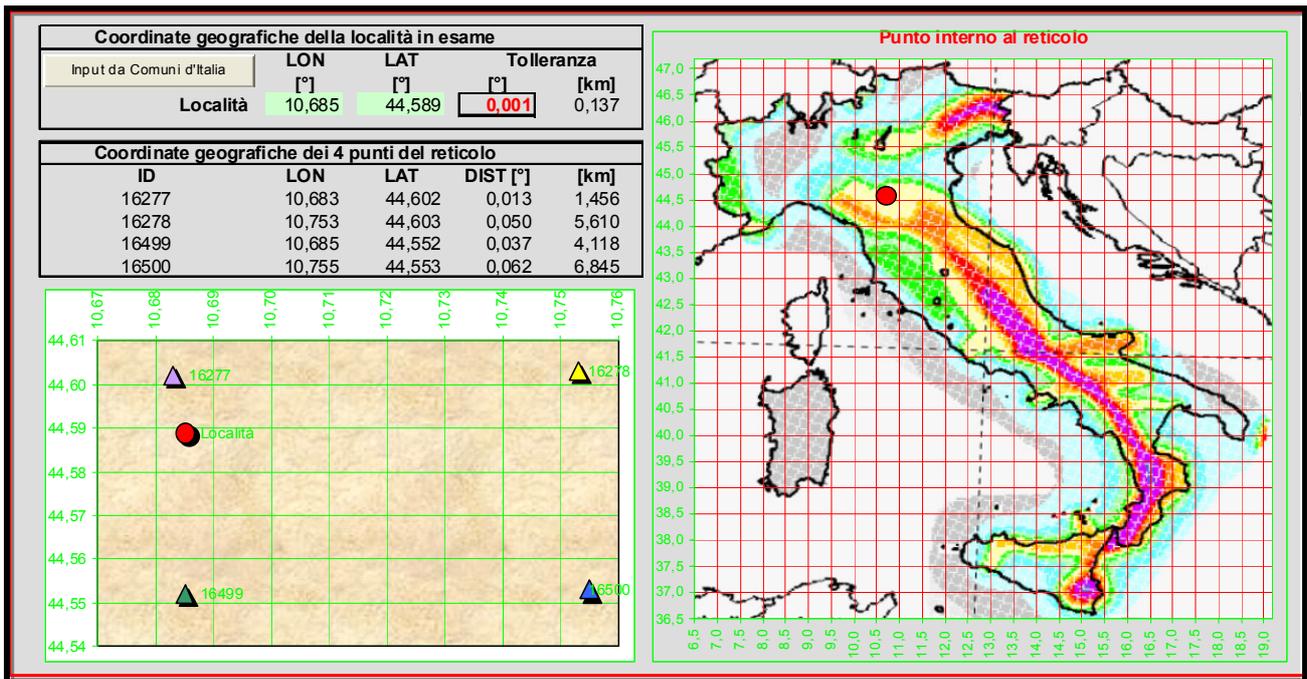
Le Azioni di progetto, per un suolo rigido orizzontale, vengono ricavate in funzione di tre parametri:

- $a_g$  = accelerazione orizzontale massima
- $F_0$  = 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	$V_N$ <input type="text" value="50"/> [anni]
Classe d'uso	$C_U$ <input type="text" value="II"/>
Vita di riferimento	$V_R$ 50 [anni]
CARATTERISTICHE SISMICHE TERRENO	
Topografia	<input type="text" value="T1"/>
Coeff. topografico	$S_T$ 1,0
Categoria suolo	<input type="text" value="C"/>

	SL	$P_{VR}$	$T_R$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	S	Tb	$T_C$	$T_D$	$F_v$
sle	Operatività	81%	30	<b>0,515</b>	<b>2,48</b>	<b>0,25</b>	1,50	0,14	0,41	1,81	0,76
sle	Danno	63%	50	<b>0,642</b>	<b>2,49</b>	<b>0,26</b>	1,50	0,14	0,43	1,86	0,85
slu	Salv. Vita	10%	475	<b>1,622</b>	<b>2,39</b>	<b>0,29</b>	1,47	0,15	0,46	2,25	1,30
slu	Collasso	5%	975	<b>2,047</b>	<b>2,39</b>	<b>0,30</b>	1,41	0,16	0,47	2,42	1,46

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:

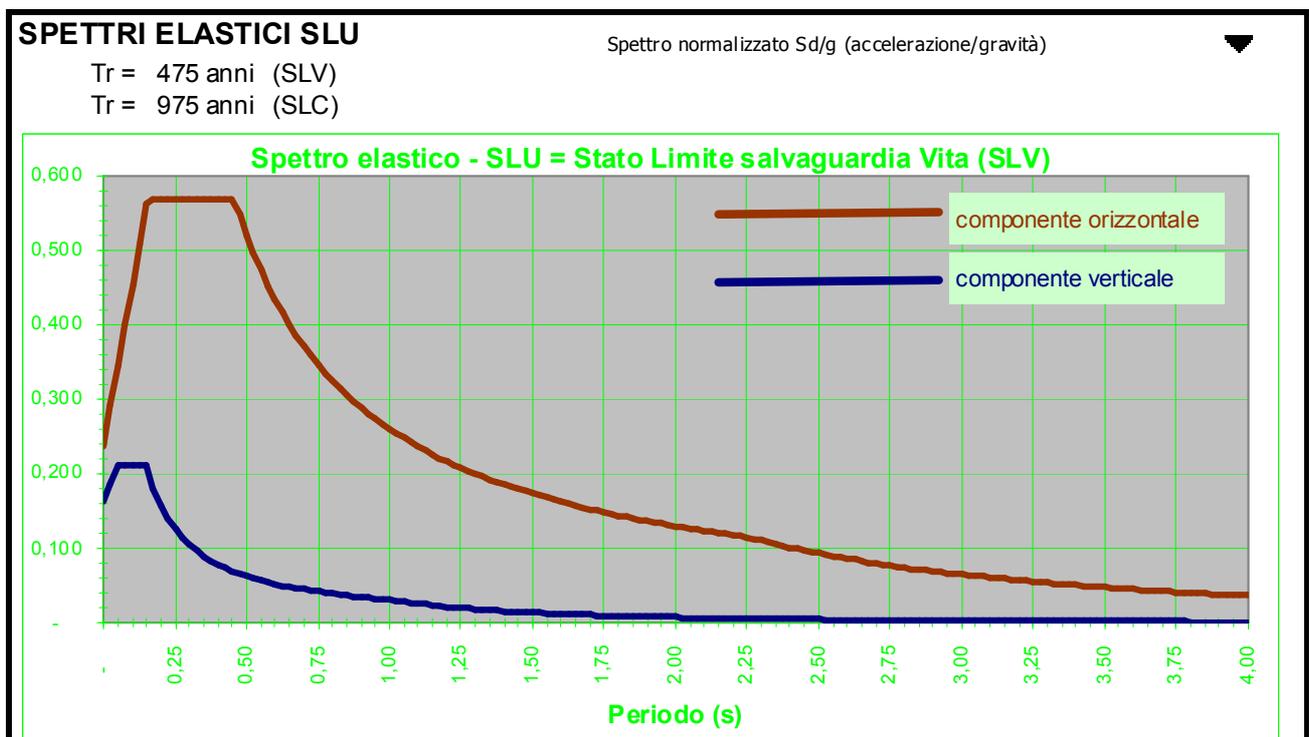
$$a_g = a_g/g = 1.622 / 9.81 = 0.165$$

$$F_0 = 2.39$$

$$T_c^* = 0.29$$

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:

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

## **11. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE**

Con il termine di 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 DAL 112/2007 e dal punto 7.11.3.4.2. delle NTC 2018, per la presenza di Magnitudo superiori a 5 e per la presenza di frequenti sottili livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie che si alternano alle argille, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno.

La verifica, effettuata utilizzando i dati acquisiti con le indagini penetrometriche, mediante l'ausilio del programma Liquiter prodotto dalla Ditta Geostru S.r.l., applicando il metodo specifico per le prove penetrometriche statiche (Robertson e Wride 1997), ha appurato che il rischio alla liquefazione dei terreni deve essere considerato molto basso.

## **12. RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

Nel territorio le carte tematiche segnalano l'esistenza di ghiaie limo-sabbiose, limose o argillose ricoperte da limi argillosi. Più precisamente, secondo l'Istituto di Geologia dell'Università di Modena, questi terreni sono ascrivibili all'Unità di Chiozza, superficie terrazzata dell'Olocene – pre-Neolitico, assimilabile, secondo le più recenti suddivisioni adottate a livello regionale dal progetto CARG, a quella del Subsistema di Ravenna.

In sintonia con esse, le prove penetrometriche statiche, appositamente effettuate per accertare la reale natura del primo sottosuolo, hanno riscontrato, sino a 4.5÷5 m, la presenza di una coltre di argille ad elevata componente organica e torbosa a cui si alternano sottili livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie che ricopre un banco di sabbie e ghiaie della potenza di 3÷4 metri. Oltre gli 8÷8.5 m le indagini hanno poi nuovamente appurato l'esistenza di materiali coesivi, argille molto consistenti ad elevata componente organica a cui si alternano lenti di sabbie limose, sabbie e ghiaie ad elevato grado di addensamento.

In sintonia con le indicazioni delle carte tematiche che nel territorio non segnalano l'esistenza di una falda superficiale ma unicamente un acquifero situato a non meno di 20÷25 m rispetto alla quota del piano campagna, nel corso delle indagini non è stata accertata presenza d'acqua.

In base alle considerazioni relative al rischio idraulico trattate in perizia, che devono rispondere alle direttive 2007/60/CE e al D.Lgs. 49/2010, a cui si attiene il “Piano di gestione del rischio di alluvioni”, si è fatto presente che l'ambito territoriale preso qui in esame non rientra negli scenari previsti dai Reticoli Naturali Principali e Secondari e in quelli del Reticolo Secondario di Pianura.

In ogni caso si è fatto presente che ci si dovrà attenere alle disposizioni specifiche riportate al punto 5.2 della normativa secondo le quali si dovrà garantire, anche a tutela della vita umana, misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle strutture nonché, nel rispetto dell'invarianza idraulica, interventi finalizzati a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e che siano atti a contribuire alla difesa idraulica del territorio.

Al punto 5.2 la normativa fornisce alcune direttive che dovranno essere rispettate, in particolare essa fa presente che il primo piano utile dovrà essere ad un'altezza utile sufficiente tale da limitare gli effetti di un eventuale allagamento.

In risposta si è fatto presente che l'area in esame dovrà essere tenuta alla medesima quota di quella esistente, già più alta rispetto a quella del piano campagna originale e di per stessa quindi meno esposta ad eventuali eventi che possano comportare un allagamento.

In relazione a quanto già in precedenza accennato e concordando con i dubbi avanzati dalla normativa, si è fatto presente che, anche nell'ipotesi della realizzazione di piani interrati, la falda non potrà interferire con essi, in particolare con le loro basi d'appoggio.

Si è altresì sottolineato che dovranno essere adottati tutti i criteri di sicurezza caldeggiati in normativa e si dovrà inoltre avere l'accortezza di verificare che tutte le acque di scarico vengano raccolte ed allontanate in direzione della rete drenante principale.

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

In base alle risultanze di un'apposita indagine geofisica passiva HVSR, per il terreno sono stati ottenuti valori di picco della frequenza di risonanza (Peak frequency - Hz) di 20.0 e del rapporto spettrale tra le componenti del moto orizzontale e verticale (Peak HVSR value) di 6.9.

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.

Mediante l'utilizzo di un apposito programma per il "Calcolo dello Spettro Sismico", ideato dagli Ingegneri Red Shift & Afazio, in cui vengono generati accelerogrammi correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito, si è proceduto poi al calcolo del valore dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  per la definizione dell'Azione Sismica locale. Riferiti all'area in oggetto, al  $T_R = 475$  anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita, sono stati ottenuti i seguenti valori:  $a_g = a_g/g = 1.622 / 9.81 = 0.165$ ;  $F_0 = 2.39$ ;  $T_c^* = 0.29$ .

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

In conformità con quanto richiesto dall'allegato A3 del DAL 112/2007 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.

La verifica, effettuata utilizzando i dati acquisiti con le indagini penetrometriche, mediante l'ausilio del programma Liquiter prodotto dalla Ditta Geostru S.r.l., applicando il metodo specifico per le prove penetrometriche statiche (Robertson e Wride 1997), ha appurato che il rischio alla liquefazione dei terreni deve essere considerato molto basso.

Sulla base dei parametri geomeccanici del terreno acquisiti con l'indagine si è proceduto alla valutazione del peso di volume ( $\gamma$ ), dell'angolo di attrito interno ( $\phi$ ) e della coesione non drenata ( $C_u$ ) per gli strati che caratterizzano il primo sottosuolo. In conformità con quanto prescritto dal D.M. 17/01/18, suddetti valori potranno essere utilizzati a supporto della valutazione della capacità portante e dei cedimenti.

Si è sottolineato dell'assenza di una falda superficiale tale da poter quindi escludere, anche in concomitanza di periodi particolarmente piovosi, un'interazione con la base d'appoggio delle future fondazioni.

Per evitare l'ammollimento del terreno ed il conseguente insorgere di cedimenti di origine secondaria, tali da compromettere la futura staticità delle strutture in elevazione, si dovrà però porre

particolare attenzione nella raccolta e nel deflusso di tutte le acque di scarico, che dovrà essere effettuato, in direzione della rete fognaria principale, utilizzando tubazioni e raccordi a perfetta tenuta.

In relazione alla natura prevalentemente coesiva del primo sottosuolo, per evitare che possano insorgere cedimenti di origine secondaria, tali da compromettere nel tempo la staticità delle strutture in elevazione, dovrà essere consentita la permeabilità delle aree cortilive ed è altresì necessario che non vengano messe a dimora, nelle immediate vicinanza dei fabbricati, piante a radice profonda idroesigenti, quali ad esempio aceri e betulle, nel tempo causa non secondaria nell'incremento del grado di consolidazione del terreno.

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 dell’idoneità delle strutture in funzione delle caratteristiche del primo sottosuolo e quindi un’analisi mirata per i singoli edifici, si attesta l’idoneità dell’area ai fini edilizi e si concede quindi parere geologico favorevole.

Scandiano, giugno 2018



# **ALLEGATI**



**A) UBICAZIONE INDAGINI**

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

**C) INDAGINE HVSR**  
(effettuata con GEMINI 2 della Ditta PASI di Torino)

**D) VERIFICA A LIQUEFAZIONE**  
(svolta con il programma Liquiter della Ditta Geostru)



# **- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE -**



DIAGRAMMI DI RESISTENZA

-

TABELLE E VALORI DI RESISTENZA

-

VALUTAZIONI LITOLOGICHE

-

PARAMETRI GEOTECNICI

## LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

### PENETROMETRO STATICO tipo:

Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing$  35.7 mm, angolo di apertura  $\alpha = 60^\circ$  - (area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$ )
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ( $\varnothing$  35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. 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  $S_{\text{max}}$  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  $R_p \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = (\text{L. punta}) C_t / 10$

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

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

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

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

N.B. : la spinta  $S \text{ (Kg)}$ , 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

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

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

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

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

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

## LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

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

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

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

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

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

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

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

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

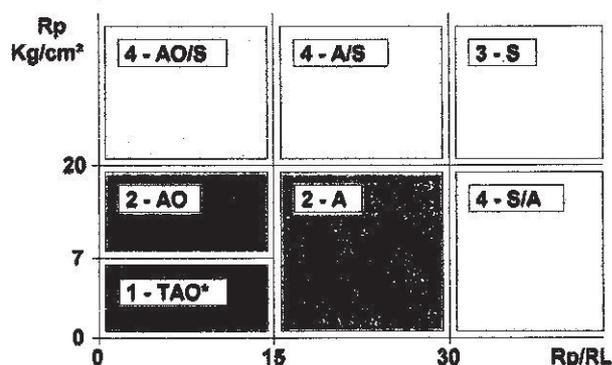
## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

### 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 (terr.coes.) [ 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 )
- $M_o$  = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [ correl. :  $M_o$  -  $R_p$  - natura]  
(Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973 )
- $D_r$  = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati)  
[ correlazioni :  $D_r$  -  $R_p$  -  $\sigma'_{vo}$  ] (Schmertmann 1976 )
- $\phi'$  = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C. ) [ correl. :  $\phi'$  -  $D_r$  -  $R_p$  -  $\sigma'_{vo}$  ]  
(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) -  $D_r$  ]

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

**CPT 1**

2.010496-059

- committente : Iori Mario e Iori Marta  
 - lavoro : Variante al PSC  
 - località : Via Goti - Ventoso di Scandiano (RE)  
 - note :

- data : 04/06/2018  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - 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	10,0	----	20,0	0,07	300,0	6,40	55,0	70,0	110,0	2,67	41,0
0,40	12,0	12,5	24,0	2,00	12,0	6,60	115,0	135,0	230,0	2,67	86,0
0,60	15,0	30,0	30,0	2,13	14,0	6,80	85,0	105,0	170,0	2,67	64,0
0,80	23,0	39,0	46,0	3,33	14,0	<b>7,00</b>	100,0	120,0	200,0	5,40	37,0
<b>1,00</b>	25,0	50,0	50,0	4,67	11,0	7,20	19,5	60,0	39,0	1,33	29,0
1,20	45,0	80,0	90,0	5,33	17,0	7,40	70,0	80,0	140,0	2,67	52,0
1,40	60,0	100,0	120,0	8,00	15,0	7,60	110,0	130,0	220,0	4,67	47,0
1,60	55,0	115,0	110,0	8,00	14,0	7,80	45,0	80,0	90,0	5,13	18,0
1,80	60,0	120,0	120,0	8,67	14,0	<b>8,00</b>	16,5	55,0	33,0	3,33	10,0
<b>2,00</b>	55,0	120,0	110,0	8,33	13,0	8,20	125,0	150,0	250,0	6,27	40,0
2,20	27,5	90,0	55,0	7,13	8,0	8,40	28,0	75,0	56,0	4,40	13,0
2,40	21,5	75,0	43,0	6,00	7,0	8,60	17,0	50,0	34,0	1,87	18,0
2,60	20,0	65,0	40,0	4,53	9,0	8,80	17,5	31,5	35,0	2,80	13,0
2,80	21,0	55,0	42,0	4,00	10,0	<b>9,00</b>	19,0	40,0	38,0	3,40	11,0
<b>3,00</b>	20,0	50,0	40,0	4,33	9,0	9,20	24,5	50,0	49,0	4,13	12,0
3,20	22,5	55,0	45,0	3,80	12,0	9,40	24,0	55,0	48,0	4,07	12,0
3,40	21,5	50,0	43,0	4,20	10,0	9,60	24,5	55,0	49,0	0,67	73,0
3,60	18,5	50,0	37,0	3,60	10,0	9,80	50,0	55,0	100,0	5,47	18,0
3,80	18,0	45,0	36,0	2,87	13,0	<b>10,00</b>	29,0	70,0	58,0	4,80	12,0
<b>4,00</b>	18,5	40,0	37,0	2,00	18,0	10,20	24,0	60,0	48,0	4,33	11,0
4,20	15,0	30,0	30,0	2,07	15,0	10,40	22,5	55,0	45,0	3,40	13,0
4,40	10,5	26,0	21,0	1,60	13,0	10,60	19,5	45,0	39,0	3,07	13,0
4,60	19,0	31,0	38,0	2,67	14,0	10,80	20,0	43,0	40,0	3,33	12,0
4,80	90,0	110,0	180,0	1,33	135,0	<b>11,00</b>	20,0	45,0	40,0	4,13	10,0
<b>5,00</b>	100,0	110,0	200,0	6,00	33,0	11,20	24,0	55,0	48,0	4,67	10,0
5,20	20,0	65,0	40,0	2,00	20,0	11,40	25,0	60,0	50,0	3,73	13,0
5,40	105,0	120,0	210,0	4,60	46,0	11,60	32,0	60,0	64,0	4,93	13,0
5,60	15,5	50,0	31,0	2,67	12,0	11,80	33,0	70,0	66,0	3,33	20,0
5,80	85,0	105,0	170,0	1,33	127,0	<b>12,00</b>	50,0	75,0	100,0	1,33	75,0
<b>6,00</b>	110,0	120,0	220,0	3,33	66,0	12,20	180,0	190,0	360,0	-----	----
6,20	125,0	150,0	250,0	2,00	125,0	12,40	250,0	0,0	500,0	-----	----

- 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>)

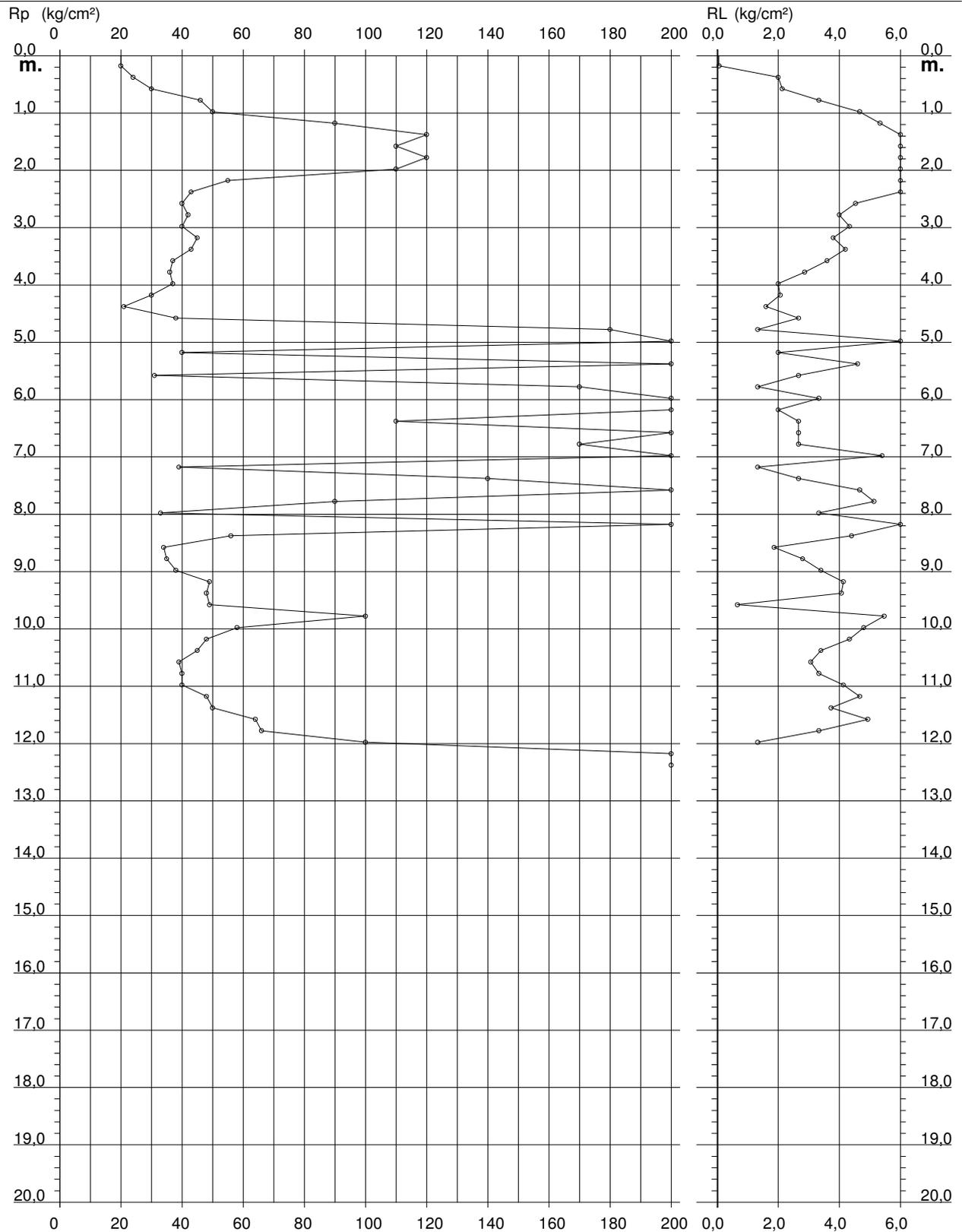
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

## CPT 1

2.010496-059

- committente : Iori Mario e Iori Marta  
- lavoro : Variante al PSC  
- località : Via Goti - Ventoso di Scandiano (RE)

- data : 04/06/2018  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- scala vert.: 1 : 100





# PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

**CPT 1**

2.010496-059

- committente : Iori Mario e Iori Marta  
- lavoro : Variante al PSC  
- località : Via Goti - Ventoso di Scandiano (RE)  
- note :

- data : 04/06/2018  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/RI (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0.20	20	300	4/1/1	1,85	0,04	0,80	99,9	136	204	60	97	42	43	44	46	44	27	0,248	33	50	60
0.40	24	12	4/1/1	1,85	0,07	0,89	99,9	151	227	72	86	40	42	43	45	42	28	0,211	40	60	72
0.60	30	14	4/1/1	1,85	0,11	1,00	98,0	170	255	90	84	40	41	43	45	41	29	0,204	50	75	90
0.80	46	14	4/1/1	1,85	0,15	1,53	99,9	261	391	138	92	41	42	44	45	42	31	0,230	77	115	138
1.00	50	11	4/1/1	1,85	0,19	1,67	98,0	283	425	150	89	41	42	44	45	41	31	0,221	83	125	150
1.20	90	17	4/1/1	1,85	0,22	3,00	99,9	510	765	270	100	42	43	45	46	43	33	0,258	150	225	270
1.40	120	15	4/1/1	1,85	0,26	4,00	99,9	680	1020	360	100	42	43	45	46	44	35	0,258	200	300	360
1.60	110	14	4/1/1	1,85	0,30	3,67	99,9	623	935	330	100	42	43	45	46	43	34	0,258	183	275	330
1.80	120	14	4/1/1	1,85	0,33	4,00	99,9	680	1020	360	100	42	43	45	46	43	35	0,258	200	300	360
2.00	110	13	4/1/1	1,85	0,37	3,67	99,9	623	935	330	100	42	43	45	46	42	34	0,257	183	275	330
2.20	55	8	4/1/1	1,85	0,41	1,83	41,2	312	467	165	73	38	40	42	44	38	31	0,169	92	138	165
2.40	43	7	4/1/1	1,85	0,44	1,43	27,2	244	366	129	63	37	39	41	43	37	30	0,138	72	108	129
2.60	40	9	4/1/1	1,85	0,48	1,33	22,5	227	340	120	58	36	38	40	43	36	30	0,126	67	100	120
2.80	42	10	4/1/1	1,85	0,52	1,40	21,8	238	357	126	58	36	38	40	43	36	30	0,126	70	105	126
3.00	40	9	4/1/1	1,85	0,55	1,33	18,8	227	340	120	55	36	38	40	42	35	30	0,117	67	100	120
3.20	45	12	4/1/1	1,85	0,59	1,50	20,1	255	383	135	57	36	38	40	43	35	31	0,123	75	113	135
3.40	43	10	4/1/1	1,85	0,63	1,43	17,6	244	366	129	54	36	38	40	42	35	30	0,115	72	108	129
3.60	37	10	4/1/1	1,85	0,67	1,23	13,6	210	315	111	48	35	37	39	42	34	30	0,098	62	93	111
3.80	36	13	4/1/1	1,85	0,70	1,20	12,2	204	306	108	45	34	37	39	42	33	30	0,093	60	90	108
4.00	37	18	4/1/1	1,85	0,74	1,23	11,9	210	315	111	45	34	37	39	42	33	30	0,092	62	93	111
4.20	30	15	4/1/1	1,85	0,78	1,00	8,6	184	276	90	37	33	36	38	41	32	29	0,072	50	75	90
4.40	21	13	4/1/1	1,85	0,81	0,82	6,4	211	317	63	23	31	34	37	40	29	27	0,044	35	53	63
4.60	38	14	4/1/1	1,85	0,85	1,27	10,3	215	323	114	43	34	36	39	41	32	30	0,086	63	95	114
4.80	180	135	3:1:1	1,85	0,89	--	--	--	--	--	95	41	43	44	46	40	37	0,241	300	450	540
5.00	200	33	3:1:1	1,85	0,93	--	--	--	--	--	98	42	43	44	46	40	38	0,250	333	500	600
5.20	40	20	4/1/1	1,85	0,96	1,33	9,4	230	346	120	41	34	36	39	41	32	30	0,083	67	100	120
5.40	210	46	3:1:1	1,85	1,00	--	--	--	--	--	98	42	43	44	46	40	38	0,249	350	525	630
5.60	31	12	4/1/1	1,85	1,04	1,03	6,3	271	406	93	31	32	35	38	40	30	29	0,060	52	78	93
5.80	170	127	3:1:1	1,85	1,07	--	--	--	--	--	89	40	42	43	45	39	37	0,218	283	425	510
6.00	220	66	3:1:1	1,85	1,11	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	40	38	0,246	367	550	660
6.20	250	125	3:1:1	1,85	1,15	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	40	39	0,258	417	625	750
6.40	110	41	3:1:1	1,85	1,18	--	--	--	--	--	71	38	40	42	44	37	34	0,163	183	275	330
6.60	230	86	3:1:1	1,85	1,22	--	--	--	--	--	96	41	43	44	46	40	39	0,243	383	575	690
6.80	170	64	3:1:1	1,85	1,26	--	--	--	--	--	85	40	41	43	45	38	37	0,205	283	425	510
7.00	200	37	3:1:1	1,85	1,30	--	--	--	--	--	89	41	42	44	45	39	38	0,221	333	500	600
7.20	39	29	4/1/1	1,85	1,33	1,30	6,1	351	526	117	33	33	35	38	41	30	30	0,063	65	98	117
7.40	140	52	3:1:1	1,85	1,37	--	--	--	--	--	76	39	40	42	44	37	36	0,177	233	350	420
7.60	220	47	3:1:1	1,85	1,41	--	--	--	--	--	91	41	42	44	45	39	38	0,226	367	550	660
7.80	90	18	4/1/1	1,85	1,44	3,00	15,7	510	765	270	59	36	38	41	43	34	33	0,129	150	225	270
8.00	33	10	4/1/1	1,85	1,48	1,10	4,3	413	620	99	24	31	34	37	40	29	29	0,046	55	83	99
8.20	250	40	3:1:1	1,85	1,52	--	--	--	--	--	93	41	42	44	45	39	39	0,235	417	625	750
8.40	56	13	4/1/1	1,85	1,55	1,87	7,9	374	562	168	41	34	36	39	41	31	31	0,083	93	140	168
8.60	34	18	4/1/1	1,85	1,59	1,13	4,1	444	666	102	24	31	34	37	40	28	29	0,045	57	85	102
8.80	35	13	4/1/1	1,85	1,63	1,17	4,1	455	682	105	24	31	34	37	40	28	29	0,046	58	88	105
9.00	38	11	4/1/1	1,85	1,66	1,27	4,5	465	697	114	26	32	34	37	40	29	30	0,050	63	95	114
9.20	49	12	4/1/1	1,85	1,70	1,63	6,0	451	677	147	34	33	35	38	41	30	31	0,067	82	123	147
9.40	48	12	4/1/1	1,85	1,74	1,60	5,7	468	702	144	33	33	35	38	41	30	31	0,065	80	120	144
9.60	49	73	3:1:1	1,85	1,78	--	--	--	--	--	33	33	35	38	41	30	31	0,065	82	123	147
9.80	100	18	4/1/1	1,85	1,81	3,33	13,4	567	850	300	57	36	38	40	43	34	34	0,124	167	250	300
10.00	58	12	4/1/1	1,85	1,85	1,93	6,6	473	710	174	38	33	36	38	41	31	31	0,076	97	145	174
10.20	48	11	4/1/1	1,85	1,89	1,60	5,1	519	779	144	31	32	35	38	41	29	31	0,060	80	120	144
10.40	45	13	4/1/1	1,85	1,92	1,50	4,6	536	804	135	29	32	35	37	40	29	31	0,055	75	113	135
10.60	39	13	4/1/1	1,85	1,96	1,30	3,8	553	829	117	23	31	34	37	40	28	30	0,044	65	98	117
10.80	40	12	4/1/1	1,85	2,00	1,33	3,8	563	844	120	24	31	34	37	40	28	30	0,045	67	100	120
11.00	40	10	4/1/1	1,85	2,03	1,33	3,7	574	861	120	23	31	34	37	40	28	30	0,044	67	100	120
11.20	48	10	4/1/1	1,85	2,07	1,60	4,5	578	866	144	29	32	35	37	40	29	31	0,056	80	120	144
11.40	50	13	4/1/1	1,85	2,11	1,67	4,7	587	880	150	30	32	35	38	40	29	31	0,058	83	125	150
11.60	64	13	4/1/1	1,85	2,15	2,13	6,2	561	842	192	38	33	36	38	41	30	32	0,075	107	160	192
11.80	66	20	4/1/1	1,85	2,18	2,20	6,3	568	851	198	39	33	36	38	41	30	32	0,077	110	165	198
12.00	100	75	3:1:1	1,85	2,22	--	--	--	--	--	53	35	38	40	42	33	34	0,110	167	250	300
12.20	360	--	3:1:1	1,85	2,26	--	--	--	--	--	96	41	43	44	46	39	40	0,245	600	900	1080
12.40	500	--	3:1:1	1,85	2,29	--	--	--	--	--	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 : Iori Mario e Iori Marta  
 - lavoro : Variante al PSC  
 - località : Via Goti - Ventoso di Scandiano (RE)  
 - note :

- data : 04/06/2018  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - 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	10,0	----	20,0	0,53	37,0	5,20	23,0	55,0	46,0	4,00	12,0
0,40	16,0	20,0	32,0	1,07	30,0	5,40	70,0	100,0	140,0	1,33	105,0
0,60	16,0	24,0	32,0	1,87	17,0	5,60	170,0	180,0	340,0	7,33	46,0
0,80	13,0	27,0	26,0	2,20	12,0	5,80	115,0	170,0	230,0	2,67	86,0
<b>1,00</b>	8,5	25,0	17,0	1,13	15,0	<b>6,00</b>	50,0	70,0	100,0	2,67	37,0
1,20	8,5	17,0	17,0	1,27	13,0	6,20	50,0	70,0	100,0	0,67	150,0
1,40	9,5	19,0	19,0	1,67	11,0	6,40	90,0	95,0	180,0	6,00	30,0
1,60	10,5	23,0	21,0	1,60	13,0	6,60	25,0	70,0	50,0	3,40	15,0
1,80	14,0	26,0	28,0	0,67	42,0	6,80	24,5	50,0	49,0	3,40	14,0
<b>2,00</b>	60,0	65,0	120,0	1,93	62,0	<b>7,00</b>	24,5	50,0	49,0	0,67	73,0
2,20	18,5	33,0	37,0	4,40	8,0	7,20	100,0	105,0	200,0	0,67	300,0
2,40	17,0	50,0	34,0	2,00	17,0	7,40	65,0	70,0	130,0	5,47	24,0
2,60	50,0	65,0	100,0	2,67	37,0	7,60	24,0	65,0	48,0	0,67	72,0
2,80	17,0	37,0	34,0	2,53	13,0	7,80	105,0	110,0	210,0	1,33	157,0
<b>3,00</b>	14,0	33,0	28,0	2,13	13,0	<b>8,00</b>	40,0	50,0	80,0	4,13	19,0
3,20	15,0	31,0	30,0	1,80	17,0	8,20	24,0	55,0	48,0	1,73	28,0
3,40	18,5	32,0	37,0	1,73	21,0	8,40	20,0	33,0	40,0	2,33	17,0
3,60	22,0	35,0	44,0	2,53	17,0	8,60	22,5	40,0	45,0	3,27	14,0
3,80	18,0	37,0	36,0	2,40	15,0	8,80	25,5	50,0	51,0	3,33	15,0
<b>4,00</b>	17,0	35,0	34,0	2,40	14,0	<b>9,00</b>	25,0	50,0	50,0	4,13	12,0
4,20	15,0	33,0	30,0	1,93	16,0	9,20	29,0	60,0	58,0	4,67	12,0
4,40	12,5	27,0	25,0	1,20	21,0	9,40	30,0	65,0	60,0	3,67	16,0
4,60	16,0	25,0	32,0	1,80	18,0	9,60	27,5	55,0	55,0	3,60	15,0
4,80	24,5	38,0	49,0	2,93	17,0	9,80	28,0	55,0	56,0	3,47	16,0
<b>5,00</b>	23,0	45,0	46,0	4,27	11,0	<b>10,00</b>	29,0	55,0	58,0	-----	----

- 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>)

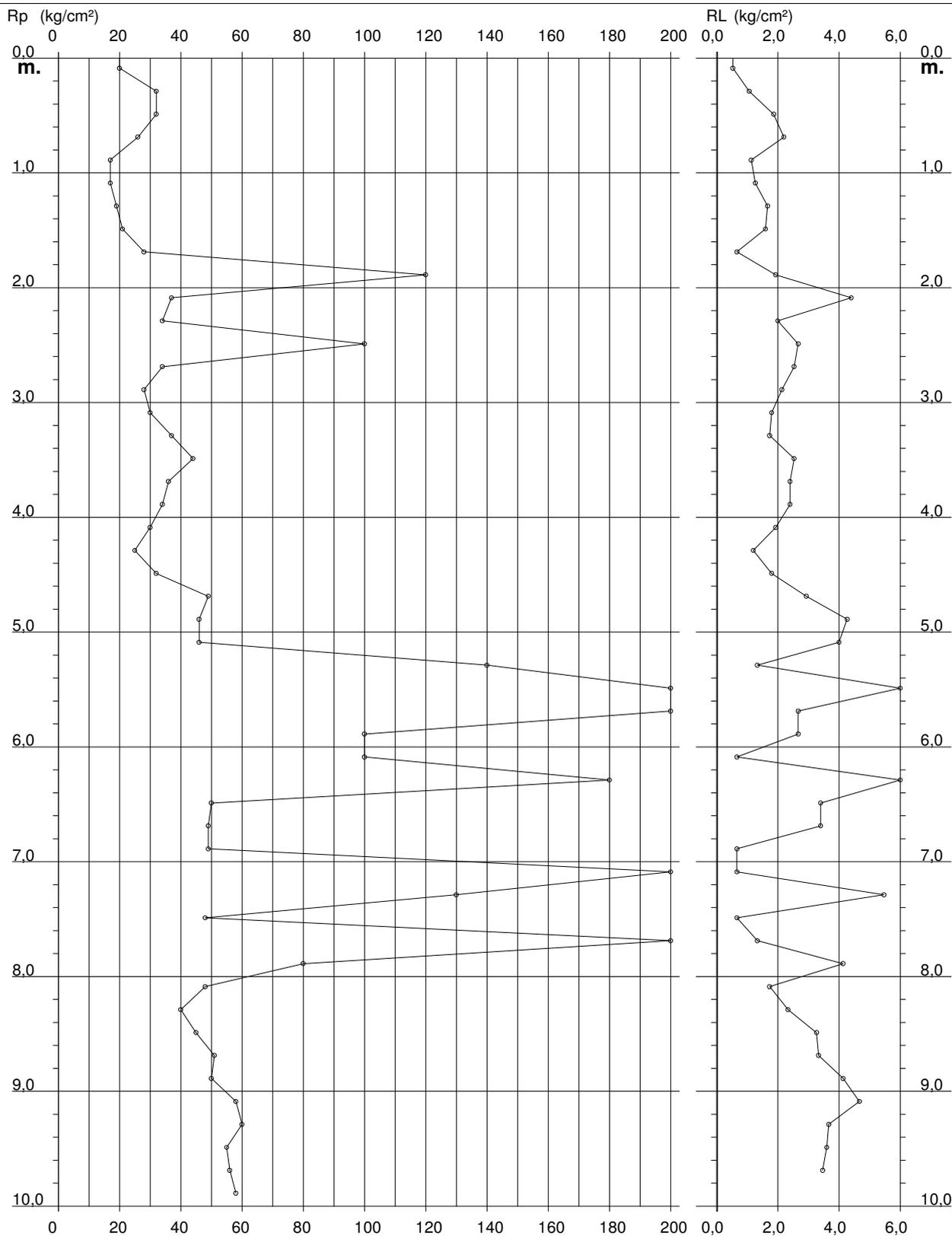
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

## CPT 2

2.010496-059

- committente : Iori Mario e Iori Marta  
- lavoro : Variante al PSC  
- località : Via Goti - Ventoso di Scandiano (RE)

- data : 04/06/2018  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- scala vert. : 1 : 50



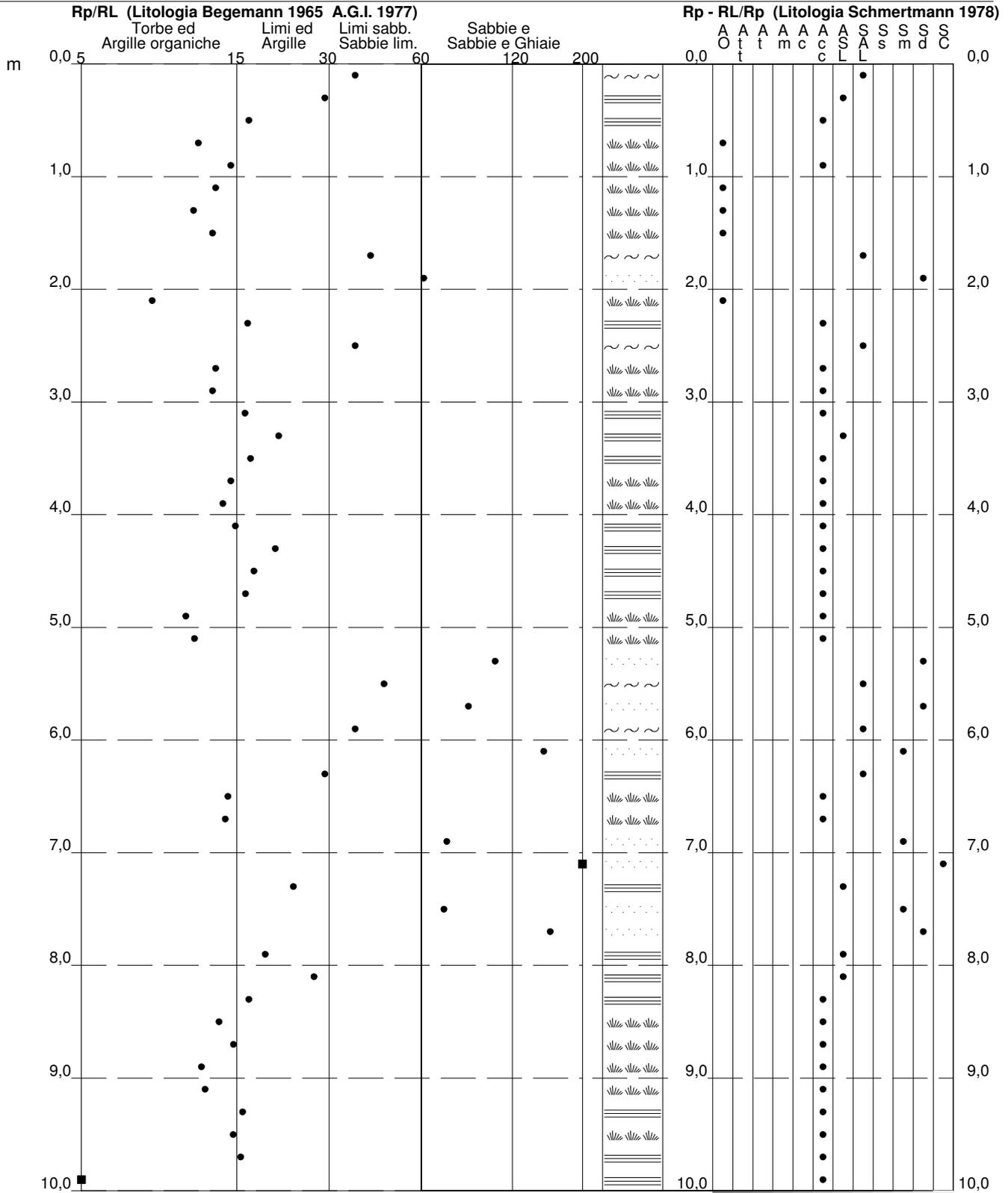
**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
 VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

**CPT 2**

2.010496-059

- committente : Iori Mario e Iori Marta  
 - lavoro : Variante al PSC  
 - località : Via Goti - Ventoso di Scandiano (RE)  
 - note :

- data : 04/06/2018  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - scala vert.: 1 : 50



# PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

## CPT 2

2.010496-059

- committente : Iori Mario e Iori Marta  
- lavoro : Variante al PSC  
- località : Via Goti - Ventoso di Scandiano (RE)  
- note :

- data : 04/06/2018  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof. m	Rp kg/cm <sup>2</sup>	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' t/m <sup>3</sup>	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
					p'vo kg/cm <sup>2</sup>	Cu kg/cm <sup>2</sup>	OCR (-)	Eu50 kg/cm <sup>2</sup>	Eu25 kg/cm <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	omy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm <sup>2</sup>	E'25 kg/cm <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>
0,20	20	37	4/1	1,85	0,04	0,80	99,9	136	204	60	97	42	43	44	46	44	27	0,248	33	50	60
0,40	32	30	4/1	1,85	0,07	1,07	99,9	181	272	96	96	41	43	44	46	43	29	0,245	53	80	96
0,60	32	17	4/1	1,85	0,11	1,07	99,9	181	272	96	86	40	42	43	45	42	29	0,211	53	80	96
0,80	26	12	4/1	1,85	0,15	0,93	62,3	158	237	78	72	38	40	42	44	40	28	0,166	43	65	78
1,00	17	15	2/1/1	1,85	0,19	0,72	34,5	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	17	13	2/1/1	1,85	0,22	0,72	27,5	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	19	11	2/1/1	1,85	0,26	0,78	24,7	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	21	13	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	28	42	3/1/1	1,85	0,33	--	--	--	--	--	55	36	38	40	42	36	28	0,117	47	70	84
2,00	120	62	3/1/1	1,85	0,37	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	42	35	0,258	200	300	360
2,20	37	8	4/1	1,85	0,41	1,23	25,1	210	315	111	60	36	38	41	43	36	30	0,130	62	93	111
2,40	34	17	4/1	1,85	0,44	1,13	20,3	193	289	102	55	36	38	40	42	35	29	0,116	57	85	102
2,60	100	37	3/1/1	1,85	0,48	--	--	--	--	--	90	41	42	44	45	40	34	0,223	167	250	300
2,80	34	13	4/1	1,85	0,52	1,13	16,7	193	289	102	51	35	37	40	42	35	29	0,106	57	85	102
3,00	28	13	4/1	1,85	0,55	0,97	12,5	164	246	84	43	34	36	39	41	33	28	0,086	47	70	84
3,20	30	17	4/1	1,85	0,59	1,00	12,1	170	255	90	43	34	36	39	41	33	29	0,088	50	75	90
3,40	37	21	4/1	1,85	0,63	1,23	14,6	210	315	111	49	35	37	39	42	34	30	0,102	62	93	111
3,60	44	17	4/1	1,85	0,67	1,47	16,8	249	374	132	54	36	38	40	42	35	31	0,113	73	110	132
3,80	36	15	4/1	1,85	0,70	1,20	12,2	204	306	108	45	34	37	39	42	33	30	0,093	60	90	108
4,00	34	14	4/1	1,85	0,74	1,13	10,7	193	289	102	42	34	36	39	41	33	29	0,085	57	85	102
4,20	30	16	4/1	1,85	0,78	1,00	8,6	184	276	90	37	33	36	38	41	32	29	0,072	50	75	90
4,40	25	21	4/1	1,85	0,81	0,91	7,2	202	303	75	29	32	35	37	40	30	28	0,056	42	63	75
4,60	32	18	4/1	1,85	0,85	1,07	8,3	203	304	96	37	33	36	38	41	32	29	0,072	53	80	96
4,80	49	17	4/1	1,85	0,89	1,63	13,4	278	417	147	50	35	37	40	42	34	31	0,105	82	123	147
5,00	46	11	4/1	1,85	0,93	1,53	11,8	261	391	138	47	35	37	39	42	33	31	0,097	77	115	138
5,20	46	12	4/1	1,85	0,96	1,53	11,2	261	391	138	46	34	37	39	42	33	31	0,095	77	115	138
5,40	140	105	3/1/1	1,85	1,00	--	--	--	--	--	84	40	41	43	45	39	36	0,202	233	350	420
5,60	340	46	3/1/1	1,85	1,04	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	42	40	0,258	567	850	1020
5,80	230	86	3/1/1	1,85	1,07	--	--	--	--	--	99	42	43	44	46	40	39	0,254	383	575	690
6,00	100	37	3/1/1	1,85	1,11	--	--	--	--	--	69	38	40	42	44	36	34	0,157	167	250	300
6,20	100	150	3/1/1	1,85	1,15	--	--	--	--	--	69	38	39	41	43	36	34	0,155	167	250	300
6,40	180	30	4/1	1,85	1,18	6,00	47,7	1020	1530	540	88	40	42	43	45	39	37	0,217	300	450	540
6,60	50	15	4/1	1,85	1,22	1,67	9,3	291	436	150	43	34	36	39	41	32	31	0,088	83	125	150
6,80	49	14	4/1	1,85	1,26	1,63	8,7	298	447	147	42	34	36	39	41	32	31	0,084	82	123	147
7,00	49	73	3/1/1	1,85	1,30	--	--	--	--	--	41	34	36	39	41	32	31	0,082	82	123	147
7,20	200	300	3/1/1	1,85	1,33	--	--	--	--	--	89	40	42	43	45	39	38	0,219	333	500	600
7,40	130	24	4/1	1,85	1,37	4,33	26,5	737	1105	390	73	38	40	42	44	37	35	0,169	217	325	390
7,60	48	72	3/1/1	1,85	1,41	--	--	--	--	--	38	33	36	38	41	31	31	0,076	80	120	144
7,80	210	157	3/1/1	1,85	1,44	--	--	--	--	--	89	40	42	43	45	39	38	0,218	350	525	630
8,00	80	19	4/1	1,85	1,48	2,67	13,1	453	680	240	55	36	38	40	42	34	33	0,116	133	200	240
8,20	48	28	4/1	1,85	1,52	1,60	6,7	387	580	144	37	33	36	38	41	31	31	0,072	80	120	144
8,40	40	17	4/1	1,85	1,55	1,33	5,2	426	639	120	30	32	35	38	40	29	30	0,057	67	100	120
8,60	45	14	4/1	1,85	1,59	1,50	5,8	425	637	135	33	33	35	38	41	30	31	0,065	75	113	135
8,80	51	15	4/1	1,85	1,63	1,70	6,6	417	625	153	37	33	36	38	41	30	31	0,073	85	128	153
9,00	50	12	4/1	1,85	1,66	1,67	6,3	434	651	150	36	33	36	38	41	30	31	0,070	83	125	150
9,20	58	12	4/1	1,85	1,70	1,93	7,4	419	629	174	40	34	36	39	41	31	31	0,080	97	145	174
9,40	60	16	4/1	1,85	1,74	2,00	7,5	426	639	180	41	34	36	39	41	31	32	0,082	100	150	180
9,60	55	15	4/1	1,85	1,78	1,83	6,5	457	685	165	37	33	36	38	41	30	31	0,074	92	138	165
9,80	56	16	4/1	1,85	1,81	1,87	6,5	467	701	168	38	33	36	38	41	30	31	0,074	93	140	168
10,00	58	--	3/1/1	1,85	1,85	--	--	--	--	--	38	33	36	38	41	31	31	0,076	97	145	174

# **INDAGINE HVSR**



**STRUMENTO: PASI GEMINI 2**

## Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)

Date: 25 6 2018

Time: 15 15

Dataset: SITE\_20180604\_1653 Ventoso - Iori.SAF

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Length of analysed temporal sequence (min): 20.0

Tapering (%): 10

=====

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 20.0 ( $\pm 1.9$ )

Peak HVSR value: 6.9 ( $\pm 1.6$ )

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

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]:  $20.0 > 0.5$  (OK)

#2. [ $nc > 200$ ]:  $47297 > 200$  (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

#1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f^-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 17.6Hz (OK)

#2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f^+) < A_0/2$ ]: (NO)

#3. [ $A_0 > 2$ ]:  $6.9 > 2$  (OK)

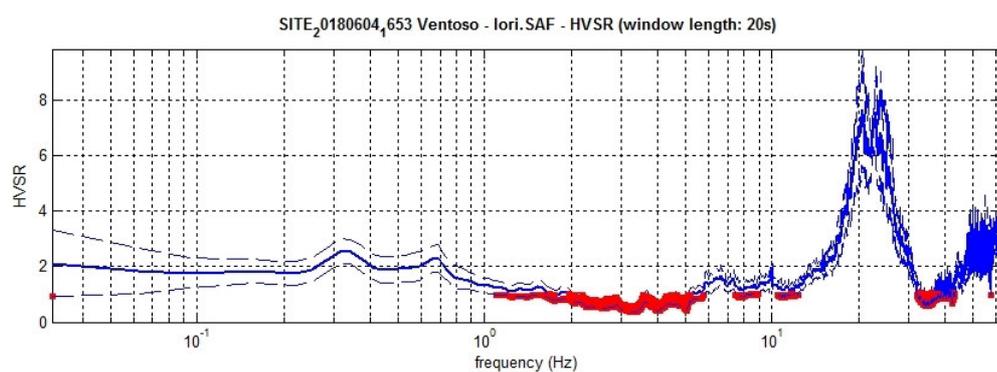
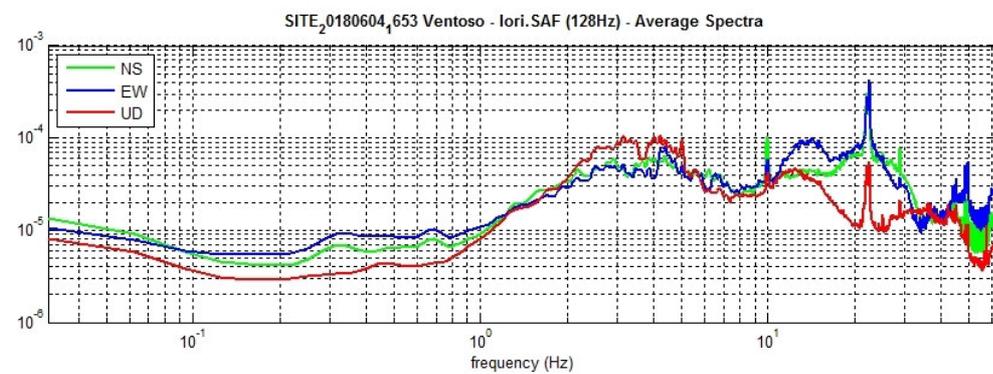
#4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)

#5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]:  $1.890 > 1.002$  (NO)

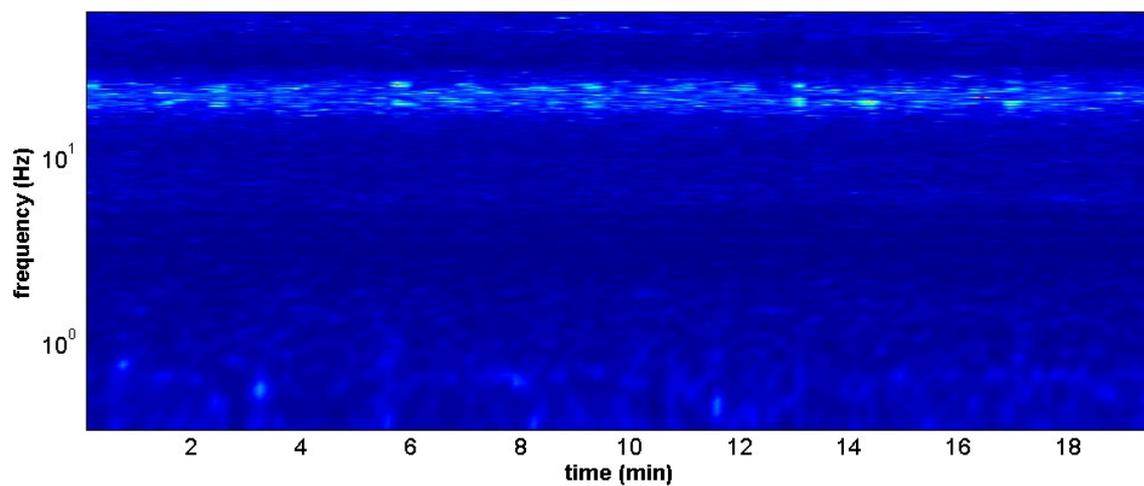
#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]:  $1.590 < 1.58$  (NO)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.

Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters they can change.



HVSR vs time



winMASW

Surface Waves & Beyond [www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)

## winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

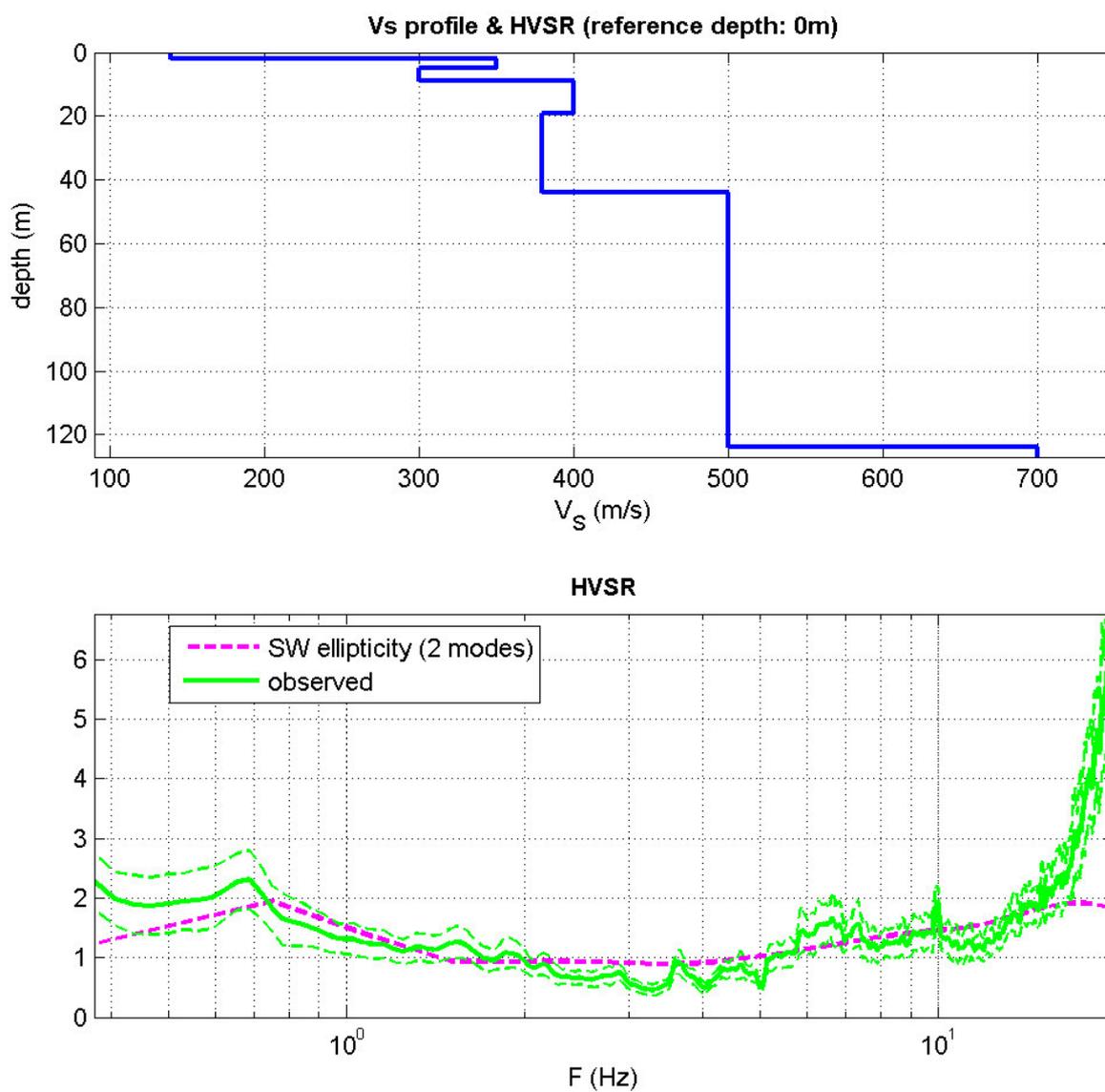
### Main results

[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)

Date: 25 6 2018

Time: 15 24

Dataset:



### Mean model

$V_s$  (m/s): 140 350 300 400 380 500 700

Thickness (m): 2.0, 3.0, 4.0, 10.0, 25.0, 80.0

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.76 1.98 1.94 2.01 2.00 2.06 2.15

Shear modulus (MPa) (approximate values): 34 242 175 321 288 516 1051

Analyzing Phase velocities

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

Vp (m/s): 291 728 625 832 791 1041 1458

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

Vs30 (m/s): 333

*Pay attention*

Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

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

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

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).

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

S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero 10 < cuS30 < 20 kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

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

**winMASW**

Surface Waves & Beyond [www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)

# **VERIFICA A LIQUEFAZIONE**



**PROGRAMMA DI CALCOLO: LIQUITER (GEOSTRU)**

Progetto: Variante PSC  
Ditta: Sig. Iori  
Comune: Via Goti – Ventoso di Scandiano (RE)

### Normative di riferimento

- Normativa sismica del GRUPPO NAZIONALE di Difesa dei Terremoti.
- Raccomandazioni del National Center for Earthquake Reserch (NCEER)
- Eurocodice 8, Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture
- Norme Tecniche D.M. del 17 Gennaio 2018

### Metodo di calcolo: Robertson e Wride (1997)

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

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

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

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

dove:

$q_c$  è la resistenza alla punta misurata

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

$f_s$  è l'attrito del manicotto

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### Robertson e Wride classico

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

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

#### Robertson e Wride modificato

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

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

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

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

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

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

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

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

La resistenza alla liquefazione per una magnitudo pari a 7,5 (**CRR**<sub>7,5</sub>) si calcola con le espressioni seguenti:

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

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

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

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

Il Rapporto di Tensione Ciclica per eventi sismici di magnitudo 7,5 (**CSR<sub>7,5</sub>**) si determina dalla seguente espressione:

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

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

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

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

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

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

per  $z < 9,15$  m

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

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

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

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

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

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

## PROVA PENETROMETRICA CPT 1

### DATI GENERALI

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

Fattore sicurezza normativa 1.25

### DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.165

Fattore amplificazione 2.39

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

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

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.47

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Peak ground acceleration (PGA) 0.243

### PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)
1	Torbe - Argille Torbose	0	4.5	20.98	21.77	5336.98	430.9
2	Limi Sabbiosi - Sabbie Limose	4.5	8	17.65	20.59	14097.36	307.63
3	Argille - Argille Limose	8	12.4	21.92	22.71	9573.84	333.43

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.67

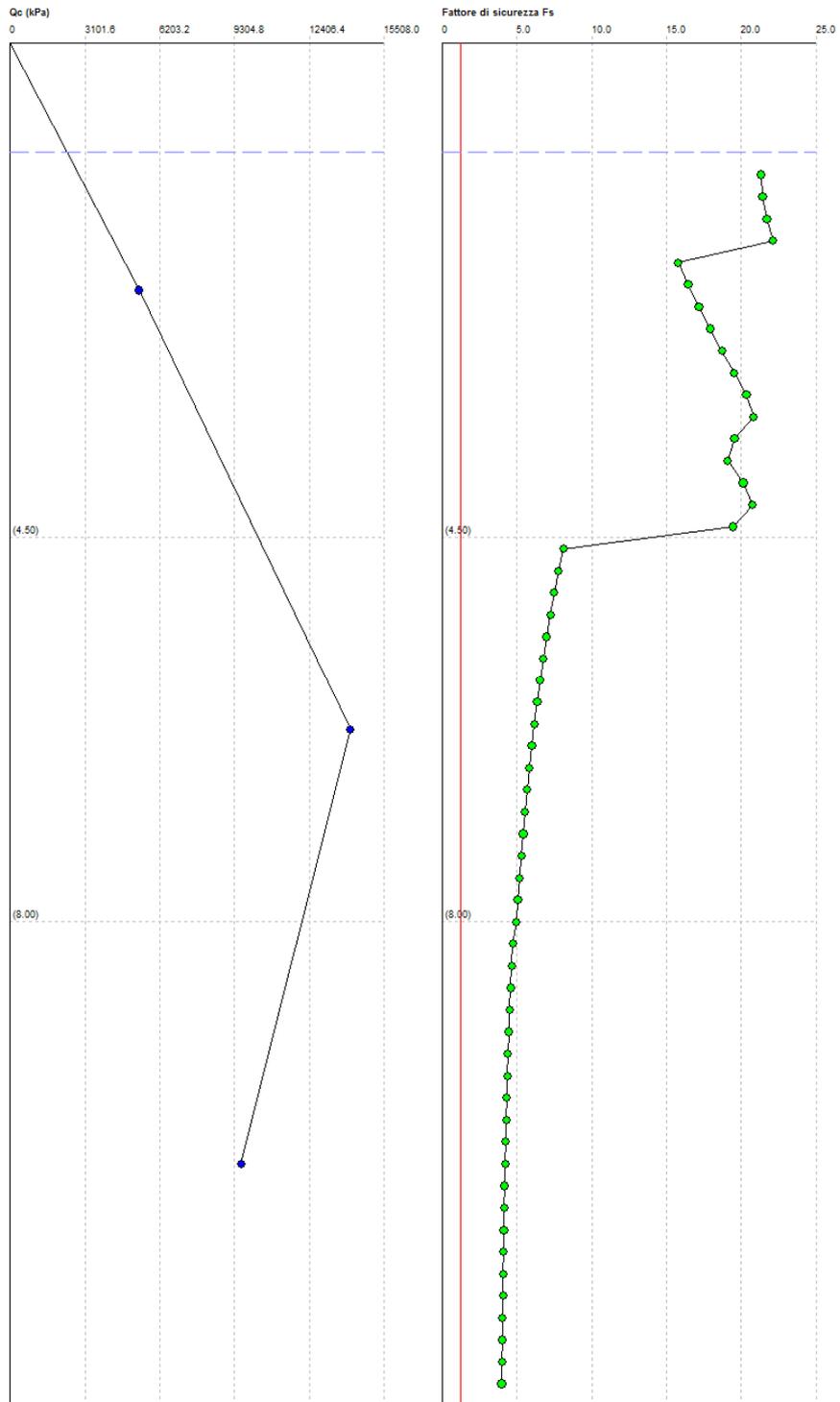
Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qcl (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1.20	25.334	23.373	110.393	8.112	2.563	1.7	282.035	0.991	2.166	0.102	21.306	non suscettibile	0	Molto basso
1.40	29.688	25.765	105.142	8.119	2.575	1.7	288.407	0.989	2.311	0.108	21.414	non suscettibile	0	Molto basso
1.60	34.042	28.158	100.576	8.126	2.586	1.7	294.408	0.988	2.453	0.113	21.699	non suscettibile	0	Molto basso
1.80	38.396	30.551	96.557	8.132	2.597	1.7	300.090	0.986	2.593	0.117	22.099	non suscettibile	0	Molto basso
2.00	42.750	32.943	122.735	8.139	2.539	1.7	269.789	0.985	1.906	0.121	15.757	non suscettibile	0	Molto basso
2.20	47.104	35.336	116.448	8.146	2.552	1.7	276.207	0.983	2.040	0.124	16.439	non suscettibile	0	Molto basso
2.40	51.458	37.729	110.864	8.152	2.564	1.7	282.424	0.982	2.175	0.127	17.159	non suscettibile	0	Molto basso
2.60	55.812	40.121	105.868	8.159	2.575	1.7	288.457	0.980	2.312	0.129	17.913	non suscettibile	0	Molto basso
2.80	60.166	42.514	101.367	8.166	2.586	1.7	294.321	0.979	2.451	0.131	18.694	non suscettibile	0	Molto basso
3.00	64.520	44.907	97.289	8.173	2.597	1.7	300.029	0.977	2.592	0.133	19.501	non suscettibile	0	Molto basso
3.20	68.874	47.299	93.574	8.179	2.607	1.7	305.592	0.976	2.734	0.134	20.330	non suscettibile	0	Molto basso
3.40	73.228	49.692	90.174	8.186	2.616	1.689604	309.118	0.974	2.827	0.136	20.804	non suscettibile	0	Molto basso
3.60	77.582	52.085	87.049	8.193	2.625	1.63105	303.492	0.972	2.680	0.137	19.540	non suscettibile	0	Molto basso
3.80	81.936	54.477	96.463	8.200	2.600	1.7	301.854	0.971	2.638	0.138	19.080	non suscettibile	0	Molto basso
4.00	86.290	56.870	92.328	8.207	2.611	1.7	308.148	0.969	2.801	0.139	20.116	non suscettibile	0	Molto basso
4.20	90.644	59.263	88.527	8.213	2.622	1.687402	312.034	0.968	2.905	0.140	20.731	non suscettibile	0	Molto basso
4.40	94.998	61.655	85.021	8.220	2.633	1.621918	305.784	0.966	2.739	0.141	19.431	non suscettibile	0	Molto basso
4.60	99.234	63.930	176.313	2.198	1.984	1.250684	225.672	0.965	1.149	0.142	8.103	non suscettibile	0	Molto basso
4.80	103.352	66.087	173.413	2.198	1.989	1.230107	222.944	0.963	1.111	0.143	7.787	non suscettibile	0	Molto basso

5.00	107.470	68.243	170.651	2.199	1.993	1.210514	220.350	0.962	1.075	0.143	7.497	non suscettibile	0	Molto basso
5.20	111.588	70.400	168.016	2.200	1.998	1.191828	217.878	0.960	1.042	0.144	7.231	non suscettibile	0	Molto basso
5.40	115.706	72.557	165.500	2.200	2.002	1.173981	215.520	0.959	1.011	0.145	6.985	non suscettibile	0	Molto basso
5.60	119.824	74.713	163.094	2.201	2.006	1.156913	213.267	0.957	0.982	0.145	6.758	non suscettibile	0	Molto basso
5.80	123.942	76.870	160.790	2.202	2.010	1.140568	211.111	0.956	0.955	0.146	6.547	non suscettibile	0	Molto basso
6.00	128.060	79.027	158.581	2.202	2.014	1.124897	209.047	0.954	0.930	0.146	6.351	non suscettibile	0	Molto basso
6.20	132.178	81.183	156.460	2.203	2.017	1.109855	207.068	0.953	0.906	0.147	6.168	non suscettibile	0	Molto basso
6.40	136.296	83.340	154.423	2.203	2.021	1.095401	205.167	0.951	0.883	0.147	5.998	non suscettibile	0	Molto basso
6.60	140.414	85.497	152.463	2.204	2.025	1.081497	203.342	0.950	0.862	0.148	5.838	non suscettibile	0	Molto basso
6.80	144.532	87.653	150.575	2.205	2.028	1.068109	201.585	0.948	0.842	0.148	5.689	non suscettibile	0	Molto basso
7.00	148.650	89.810	148.756	2.205	2.032	1.055206	199.894	0.946	0.823	0.148	5.548	non suscettibile	0	Molto basso
7.20	152.768	91.967	147.002	2.206	2.035	1.04276	198.265	0.945	0.805	0.149	5.416	non suscettibile	0	Molto basso
7.40	156.886	94.123	145.308	2.207	2.038	1.030745	196.693	0.943	0.788	0.149	5.291	non suscettibile	0	Molto basso
7.60	161.004	96.280	143.671	2.207	2.042	1.019135	195.176	0.942	0.771	0.149	5.174	non suscettibile	0	Molto basso
7.80	165.122	98.437	142.089	2.208	2.045	1.007909	193.711	0.940	0.756	0.149	5.062	non suscettibile	0	Molto basso
8.00	169.240	100.594	140.557	2.209	2.048	0.9970459	192.295	0.939	0.741	0.150	4.957	non suscettibile	0	Molto basso
8.20	173.782	103.174	139.254	3.547	2.317	0.9844975	189.005	0.937	0.708	0.149	4.736	non suscettibile	0	Molto basso
8.40	178.324	105.755	138.097	3.549	2.321	0.9724113	187.821	0.936	0.696	0.149	4.661	non suscettibile	0	Molto basso
8.60	182.866	108.336	137.192	3.551	2.324	0.9607595	186.680	0.934	0.685	0.149	4.588	non suscettibile	0	Molto basso
8.80	187.408	110.916	136.505	3.552	2.328	0.9495168	185.578	0.933	0.674	0.149	4.520	non suscettibile	0	Molto basso
9.00	191.950	113.497	135.966	3.554	2.331	0.9386597	184.514	0.931	0.664	0.149	4.455	non suscettibile	0	Molto basso
9.20	196.492	116.078	135.561	3.556	2.335	0.9281668	183.485	0.928	0.654	0.149	4.399	non suscettibile	0	Molto basso
9.40	201.034	118.658	135.280	3.557	2.338	0.918018	182.489	0.923	0.645	0.148	4.358	non suscettibile	0	Molto basso
9.60	205.576	121.239	135.099	3.559	2.341	0.9081951	181.525	0.918	0.636	0.147	4.319	non suscettibile	0	Molto basso
9.80	210.118	123.820	135.008	3.561	2.344	0.8986809	180.591	0.912	0.628	0.147	4.283	non suscettibile	0	Molto basso
10.00	214.660	126.400	135.155	3.563	2.347	0.8894596	179.686	0.907	0.620	0.146	4.248	non suscettibile	0	Molto basso
10.20	219.202	128.981	135.429	3.564	2.350	0.8805164	178.808	0.902	0.612	0.145	4.216	non suscettibile	0	Molto basso
10.40	223.744	131.562	135.868	3.566	2.353	0.8718376	177.955	0.896	0.604	0.144	4.186	non suscettibile	0	Molto basso
10.60	228.286	134.142	136.462	3.568	2.356	0.8634105	177.127	0.891	0.597	0.144	4.157	non suscettibile	0	Molto basso
10.80	232.828	136.723	137.218	3.570	2.359	0.8552232	176.322	0.886	0.590	0.143	4.131	non suscettibile	0	Molto basso
11.00	237.370	139.304	138.116	3.571	2.362	0.8472645	175.539	0.880	0.583	0.142	4.106	non suscettibile	0	Molto basso
11.20	241.912	141.884	139.175	3.573	2.365	0.8395238	174.778	0.875	0.577	0.141	4.082	non suscettibile	0	Molto basso
11.40	246.454	144.465	140.404	3.575	2.368	0.8319916	174.037	0.870	0.570	0.140	4.060	non suscettibile	0	Molto basso
11.60	250.996	147.046	141.801	3.576	2.370	0.8246584	173.315	0.864	0.564	0.140	4.039	non suscettibile	0	Molto basso
11.80	255.538	149.626	143.396	3.578	2.373	0.8175159	172.612	0.859	0.558	0.139	4.020	non suscettibile	0	Molto basso
12.00	260.080	152.207	145.199	3.580	2.376	0.8105558	171.926	0.854	0.553	0.138	4.002	non suscettibile	0	Molto basso
12.20	264.622	154.788	147.202	3.582	2.378	0.8037704	171.258	0.848	0.547	0.137	3.985	non suscettibile	0	Molto basso

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

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

1:52



# PROVA PENETROMETRICA CPT 2

## PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)
1	Argille	0	5	20.36	21.15	3680.83	198.78
2	Limi - Argille Sabbiose	5	8	22.43	23.21	12856.43	290.28
3	Argille	8	10	20.91	21.69	5237.83	296.16

Correzione per la magnitudo (MSF)

1.67

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qcl (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1.20	24.590	22.629	77.378	5.437	2.515	1.7	177.979	0.991	0.604	0.102	5.928	non suscettibile	0	Molto basso
1.40	28.820	24.897	73.768	5.443	2.528	1.7	182.434	0.989	0.645	0.108	5.946	non suscettibile	0	Molto basso
1.60	33.050	27.166	70.621	5.449	2.541	1.7	186.645	0.988	0.685	0.114	6.018	non suscettibile	0	Molto basso
1.80	37.280	29.435	67.845	5.456	2.552	1.7	190.645	0.986	0.724	0.118	6.126	non suscettibile	0	Molto basso
2.00	41.510	31.703	65.372	5.462	2.563	1.7	194.458	0.985	0.764	0.122	6.258	non suscettibile	0	Molto basso
2.20	45.740	33.972	63.152	5.468	2.573	1.7	198.106	0.983	0.803	0.125	6.408	non suscettibile	0	Molto basso
2.40	49.970	36.241	61.143	5.475	2.583	1.661123	196.997	0.982	0.791	0.128	6.173	non suscettibile	0	Molto basso
2.60	54.200	38.509	59.315	5.481	2.592	1.61145	194.298	0.980	0.762	0.131	5.836	non suscettibile	0	Molto basso
2.80	58.430	40.778	72.132	5.488	2.537	1.7	185.444	0.979	0.673	0.133	5.070	non suscettibile	0	Molto basso
3.00	62.660	43.047	69.261	5.494	2.549	1.7	189.450	0.977	0.712	0.135	5.291	non suscettibile	0	Molto basso
3.20	66.890	45.315	66.644	5.500	2.560	1.7	193.364	0.976	0.752	0.136	5.519	non suscettibile	0	Molto basso
3.40	71.120	47.584	64.247	5.507	2.571	1.7	197.191	0.974	0.793	0.138	5.754	non suscettibile	0	Molto basso
3.60	75.350	49.853	62.041	5.513	2.581	1.685518	199.225	0.972	0.815	0.139	5.860	non suscettibile	0	Molto basso
3.80	79.580	52.121	60.005	5.520	2.591	1.630189	196.205	0.971	0.782	0.140	5.575	non suscettibile	0	Molto basso
4.00	83.810	54.390	58.117	5.526	2.600	1.578921	193.376	0.969	0.752	0.141	5.321	non suscettibile	0	Molto basso
4.20	88.040	56.659	56.363	5.533	2.609	1.531264	190.720	0.968	0.725	0.142	5.093	non suscettibile	0	Molto basso
4.40	92.270	58.927	54.728	5.539	2.618	1.486833	188.218	0.966	0.700	0.143	4.887	non suscettibile	0	Molto basso
4.60	96.500	61.196	53.199	5.546	2.627	1.445298	185.855	0.965	0.677	0.144	4.700	non suscettibile	0	Molto basso
4.80	100.730	63.465	56.411	5.552	2.610	1.575678	196.582	0.963	0.787	0.145	5.434	non suscettibile	0	Molto basso
5.00	104.960	65.733	54.400	5.559	2.621	1.521297	193.604	0.962	0.755	0.145	5.192	non suscettibile	0	Molto basso
5.20	109.602	68.414	155.435	2.277	2.030	1.209003	208.569	0.960	0.924	0.146	6.343	non suscettibile	0	Molto basso
5.40	114.244	71.095	152.476	2.278	2.036	1.185991	205.797	0.959	0.891	0.146	6.106	non suscettibile	0	Molto basso
5.60	118.886	73.775	149.680	2.279	2.041	1.164245	203.181	0.957	0.860	0.146	5.890	non suscettibile	0	Molto basso
5.80	123.528	76.456	147.033	2.280	2.046	1.143652	200.708	0.956	0.832	0.146	5.691	non suscettibile	0	Molto basso
6.00	128.170	79.137	144.521	2.281	2.051	1.124115	198.365	0.954	0.806	0.146	5.509	non suscettibile	0	Molto basso
6.20	132.812	81.817	142.134	2.281	2.056	1.105547	196.140	0.953	0.782	0.146	5.340	non suscettibile	0	Molto basso
6.40	137.454	84.498	139.861	2.282	2.060	1.087869	194.026	0.951	0.759	0.146	5.184	non suscettibile	0	Molto basso
6.60	142.096	87.179	137.694	2.283	2.065	1.071013	192.012	0.950	0.738	0.147	5.039	non suscettibile	0	Molto basso
6.80	146.738	89.859	135.625	2.284	2.069	1.054917	190.092	0.948	0.719	0.147	4.905	non suscettibile	0	Molto basso
7.00	151.380	92.540	133.646	2.285	2.073	1.039525	188.258	0.946	0.700	0.147	4.779	non suscettibile	0	Molto basso
7.20	156.022	95.221	131.751	2.286	2.078	1.024788	186.504	0.945	0.683	0.147	4.662	non suscettibile	0	Molto basso

7.40	160.664	97.901	129.935	2.286	2.082	1.010661	184.825	0.943	0.667	0.147	4.552	non suscettibile	0	Molto basso
7.60	165.306	100.582	128.192	2.287	2.086	0.9971021	183.215	0.942	0.652	0.147	4.449	non suscettibile	0	Molto basso
7.80	169.948	103.263	126.517	2.288	2.089	0.9840748	181.671	0.940	0.638	0.147	4.352	non suscettibile	0	Molto basso
8.00	174.590	105.943	124.906	2.289	2.093	0.9715451	180.187	0.939	0.624	0.146	4.261	non suscettibile	0	Molto basso
8.20	178.928	108.320	123.295	2.290	2.096	0.9590154	178.761	0.937	0.610	0.146	4.172	non suscettibile	0	Molto basso
8.40	183.266	110.697	121.684	2.291	2.100	0.9464857	177.355	0.936	0.600	0.147	4.084	non suscettibile	0	Molto basso
8.60	187.604	113.074	119.973	2.292	2.104	0.9339560	175.969	0.934	0.585	0.147	4.000	non suscettibile	0	Molto basso
8.80	191.942	115.450	118.262	2.293	2.108	0.9214263	174.603	0.933	0.570	0.147	3.920	non suscettibile	0	Molto basso
9.00	196.280	117.827	116.551	2.294	2.112	0.9088966	173.257	0.931	0.555	0.147	3.844	non suscettibile	0	Molto basso
9.20	200.618	120.204	114.840	2.295	2.116	0.8963669	171.931	0.928	0.540	0.147	3.772	non suscettibile	0	Molto basso
9.40	204.956	122.580	113.129	2.296	2.120	0.8838372	170.625	0.923	0.525	0.146	3.704	non suscettibile	0	Molto basso
9.60	209.294	124.957	111.418	2.297	2.124	0.8713075	169.339	0.918	0.510	0.146	3.640	non suscettibile	0	Molto basso
9.80	213.632	127.334	109.707	2.298	2.128	0.8587778	168.073	0.912	0.495	0.145	3.580	non suscettibile	0	Molto basso
10.00	217.970	129.710	108.000	2.299	2.132	0.8462481	166.827	0.907	0.480	0.144	3.524	non suscettibile	0	Molto basso

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

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

1:42

