



**Dott. Geol.  
PAOLO BERETTI**

Geologia Applicata e Geotecnica  
Consulenze e Controlli Ambientali

Via De Gasperi 2/1 , 42020 Quattro Castella (RE)  
Tel. 0522 1695098 - Cell. 348 6902667 e-mail: [studio.beretti@gmail.com](mailto:studio.beretti@gmail.com); [paolo.beretti@epap.sicurezzapostale.it](mailto:paolo.beretti@epap.sicurezzapostale.it)

COMMITTENTE

Az. Agr. Trevisi Franco s.s.

## **Provincia di Reggio Emilia Comune di Casalgrande**



**Realizzazione di una nuova stalla per bovini da latte, in Via Botte,  
Casalgrande (RE)**

## **RELAZIONE GEOLOGICA, MODELLAZIONE GEOTECNICA E ANALISI DELL'AZIONE SISMICA**

Revisione	Descrizione	Data	Redazione
0	GGs	Maggio 2019	Dott. Geol. Paolo Beretti

## INDICE

INDICE .....	1
PARTE INTRODUTTIVA .....	2
Premessa .....	2
Inquadramento territoriale.....	2
Piano e metodologia d'indagine .....	2
Riferimenti normativi .....	3
RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI - CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO.....	5
Inquadramento geologico e strutturale .....	5
Inquadramento geomorfologico .....	6
Cenni di idrogeologia .....	6
Successione litomeccanica .....	7
Modello geologico .....	7
Pericolosità geologica, geomorfologica e idraulica dell'area .....	8
Pericolosità idraulica dell'area (d.g.r. 1300/2016) .....	8
RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA – RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	11
Inquadramento topografico.....	11
Storia sismica del sito .....	11
Effetti attesi in occasione di sisma e livelli di approfondimento .....	14
Classe dell'opera : Azione sismica e pericolosità sismica di base .....	15
Identificazione categoria suolo di fondazione.....	15
Azione sismica di progetto .....	16
Fattore di amplificazione stratigrafico.....	17
Fattore di amplificazione topografico.....	17
Principali coefficienti di accelerazione sismica .....	17
Analisi Suscettibilità alla Liquefazione .....	18
RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI - MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO.....	19
Tipologia progettuale delle opere .....	19
Volume significativo e piano di indagine.....	19
Incertezze interpretative e metodologiche relative alla ricostruzione del modello geologico - geotecnico - sismico. ....	20
Successione geotecnica - Analisi geomeccanica dei terreni.....	20
Tipologia e Piano di posa fondale .....	22
Verifica alle tensioni ammissibili (paragrafo a scopo puramente indicativo) .....	22
Capacità portante resistente agli stati limiti ultimi.....	22
Parametri per la verifica allo scorrimento del piano di posa fondale.....	24
Verifica dei cedimenti (Stato limite di esercizio).....	24
Verifica ai cedimenti permanenti post sismici (stato limite di esercizio: sle - sisma).....	25
CONCLUSIONI .....	26
ALLEGATI.....	30

## PARTE INTRODUTTIVA

### PREMESSA

Nell'ambito progettuale relativo alla realizzazione di una nuova stalla per bovini da latte, in Via Botte, Casalgrande (RE), si è effettuata l'indagine geologica e geotecnica e sismica oggetto della presente relazione.

Lo studio, svolto su commissione di **Az. Agr. Trevisi Franco s.s.**, si è redatto in ottemperanza ai dettati del D.M. 11/03/88 e circ. LL.PP. N° 30483 del 24/09/88 ed in riferimento alle nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni, DM 17/01/2018.

### INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La zona in esame si ubica in corrispondenza del occidentale del territorio comunale di Casalgrande, in stretta adiacenza al limitrofo territorio comunale di Scandiano. Il toponimo di riferimento è Caseificio.

Il fabbricato oggetto di costruzione si colloca in Via Botte 35 e, dal punto di vista topografico, le quote medie sono comprese tra 90,0 e 91,0 m s.l.m.

#### Cartografia di riferimento:

<b>Foglio 1:50000</b>	<b>219</b>	Sassuolo
<b>Tavoleta 1:25000</b>	<b>219NO</b>	Sassuolo
<b>Sezione 1:10000</b>	<b>219010</b>	Scandiano
<b>Elemento 1:5000</b>	<b>219011</b>	Casalgrande

### PIANO E METODOLOGIA D'INDAGINE

#### ***Indagine geognostica***

Per la caratterizzazione fisico meccanica del primo sottosuolo sono state eseguite quattro prove penetrometriche statiche CPT, utilizzando un penetrometro statico-dinamico, mod. Pagani Tg63-200, con le seguenti caratteristiche:

- **Prova penetrometrica statica:** caratteristiche conformi allo standard europeo (cfr. *Indicazioni ISSMFE - AGI*), cella di pressione idraulica a lettura digitale, prima asta con punta *Begemann (Friction Sleeve Cone)*.

#### ***Prospezioni geofisiche***

Al fine di determinare la categoria del suolo di fondazione, valutare lo schema sismo-stratigrafico e ricavare i parametri di microzonazione sismica dell'area in oggetto, in riferimento ai dettati del D.M. 17/01/2018, sono state eseguite le seguenti indagini:

- **Stendimento sismico integrato Remi – MASW**, effettuata utilizzando un sismografo digitale a 24 canali ad elevata dinamica MAE, attrezzato con 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz,

Az. Agr. Trevisi Franco s.s.	<i>Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica</i>	Realizzazione di una nuova stalla per bovini da latte, in Via Botte, Casalgrande (RE)
------------------------------	---	---

disposti ad interasse di 2,0 m per una lunghezza totale di indagine pari a 46,0 m. L'acquisizione dei microtremori ambientali è stata eseguita effettuando una decina di registrazioni della durata di 44 sec con una frequenza di campionamento di 500 Hz; la prospezione MASW è stata effettuata mediante 7 battute all'esterno dello stendimento.

## RIFERIMENTI NORMATIVI

### NORME NAZIONALI

#### - Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti:

##### - Dlgs 11 febbraio 2010, n. 22:

Riassetto della normativa in materia di ricerca e coltivazione delle risorse geotermiche, a norma dell'articolo 27, comma 28, della legge 23 luglio 2009, n. 99. (10G0037)

#### - Ministero delle Infrastrutture

##### Decreto 17 gennaio 2018 Norme Tecniche sulle Costruzioni.

##### Decreto 14 gennaio 2008 Norme Tecniche sulle Costruzioni

Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

#### - Presidenza del Consiglio dei Ministri

##### Ordinanza n. 3379 del 5 novembre 2004

Disposizioni urgenti di protezione civile.

#### - Presidenza del Consiglio dei Ministri

##### Ordinanza n. 3316 del 2 ottobre 2003

Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003.

#### - Presidenza del Consiglio dei Ministri

##### Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica e di normative tecniche per le costruzioni sismiche.

#### - Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, 12 giugno 2003, n. 185

Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n.152.

#### - Decreto Legge 12 ottobre 2000, n. 279

Interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato e in materia di protezione civile, nonché a favore delle zone della regione Calabria danneggiate dalle calamità idrogeologiche di settembre ed ottobre 2000.

#### - Dlgs 11 maggio 1999, n.152

Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.

#### - Ministero dei Lavori Pubblici - Circolare 9 gennaio 1996, n. 218/24/3

Legge 2 febbraio 1974, n. 64. Decreto del ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica.

#### - Decisione n° 701/1995 della V Sezione giurisdizionale del Consiglio di Stato

Esclusiva competenza del geologo per la relazione geologica La competenza del geologo anche per la relazione geotecnica.

#### - Legge 11 febbraio 1994, n. 109 - (MERLONI TER)

Legge quadro in materia di lavori pubblici.

#### - Parere Ministero Lavori Pubblici, 17 dicembre 1993, N. 138

Consiglio Superiore, Assemblea Generale

Legge 2 febbraio 1974 n.64 - Decreto Ministeriale 11 marzo 1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e stabilità delle opere di fondazione. Relazione geologica e geotecnica. Competenze professionali.

#### - Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 11 Marzo 1988

#### - Circolare Ministero Lavori Pubblici, 24 Settembre 1988, N. 30483

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. Istruzioni per l'applicazione.

#### - Legge 8 agosto 1985, n. 431 - (Galasso)

Conversione in legge con modificazioni del Decreto Legge 27 giugno 1985, n. 312 concernente disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale.

#### - Legge 2 febbraio 1974, n. 64

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

#### - R.D. 16 maggio 1926 n°1126

Approvazione del regolamento per l'applicazione del regio decreto 30 dicembre 1923, n. 3267, concernente il riordinamento e la riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani.

#### - R.D. 30 dicembre 1923 n°3267

Vincolo idrogeologico: "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani."

Az. Agr. Trevisi Franco s.s.	<i>Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica</i>	Realizzazione di una nuova stalla per bovini da latte, in Via Botte, Casalgrande (RE)
------------------------------	---	---

## **NORME REGIONALI**

### **- Delibera n. 2193 del 21 dicembre 2015.**

Aggiornamento degli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna.

### **- D.E.R. n°1105 del 03 febbraio 2014**

Indicazioni sulla documentazione tecnica da produrre a supporto della richiesta di contributi per interventi di consolidamento di terreno di fondazione in caso di riparazione, ripristino con miglioramento sismico o demolizione e ricostruzione di edifici dichiarati inagibili che abbiano riportato danni da liquefazione, a seguito della sequenza sismica che ha interessato la pianura emiliana nel maggio-giugno 2012.

### **- L.R. 23/05/2011 del 687/2011**

Atto di indirizzo recante individuazione degli interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici e delle varianti, riguardanti parti strutturali, che non rivestono carattere sostanziale e definizione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per la denuncia di inizio attività, ai sensi degli articoli 9, comma 4, e 10, comma 3 della L.R. n. 19 del 2008.

### **- Delibera dell'Assemblea legislativa progr. n°112 - oggetto n°3121 del 2 maggio 2007**

Gli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica.

### **- Delibera GR n°1117 del 11/07/2000**

Direttiva regionale concernente le procedure amministrative e le norme tecniche relative alla gestione del vincolo idrogeologico, ai sensi ed in attuazione degli artt. 148, 149, 150 e 151 della L.R. 21 aprile 1999, n. 3 "Riforma del sistema regionale e locale".

### **- L.R. 24 marzo 2000 n°20**

Disciplina generale sulla tutela e uso del territorio.

**RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI - CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE  
GEOLOGICA DEL SITO****INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRUTTURALE**

Il territorio comunale di Casalgrande appartiene al margine meridionale appenninico della Pianura Padana che strutturalmente forma un'ampia depressione sinclinalica a stile tettonico globalmente compressivo, nella quale si distinguono nettamente due complessi sedimentari; un complesso litologico superiore caratterizzato dalle formazioni oloceniche di facies continentale e da uno più profondo costituito dalle successioni plio - pleistoceniche di facies marina.

L'area in esame, secondo quanto esposto all'interno del sito della cartografia geologica dell'Emilia Romagna, si colloca in prossimità della fascia di passaggio tra due differenti coperture quaternarie alluvionali; nello specifico, trovano sede sedimenti riconducibili al Subsistema di Ravenna (**AES8**) e all'Unità di Vignola (**AES7b**), attribuibile al Subsistema di Villa Verucchio. Nel dettaglio, il sottosuolo dell'area in analisi appartiene a quest'ultimo corpo sedimentario, costituito, secondo definizione, da ghiaie con matrice limo - sabbiosa in prossimità dei torrenti e fiumi principali, passanti distalmente e lateralmente a limi e limi sabbiosi.

Procedendo verso sud, in prossimità degli abitati di S. Antonino – Veggia, ove l'energia del rilievo aumenta in maniera significativa, le coperture quaternarie sovrastano, in discordanza sedimentaria e temporale, i termini litoidi costituenti il substrato geologico dell'area in esame, il quale risulta ascrivibile alla Successione del Margine Appenninico Padano, nella fattispecie alla Formazione delle Argille Azzurre (FAA).

La successione dei depositi quaternari affioranti nella zona in analisi (Tav. 2) è rappresentata dagli orizzonti di seguito descritti, dall'alto in basso in senso stratigrafico.

**Serie Litostratigrafica:****A) DEPOSITI QUATERNARI*****SUBSISTEMA DI RAVENNA (AES8) (Olocene età radiometrica della base: 11.000-8.000 anni)***

Limi sabbiosi e limi argillosi negli apparati dei torrenti minori o ghiaie in lenti entro limi, subordinate ghiaie e ghiaie sabbiose in quelli dei torrenti e fiumi principali. A tetto suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente fino a 150 cm e parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. Nell'alta pianura su AES7b (affiorante solo in cave). Potenza fino a oltre 20 m.

***SUBSISTEMA DI VILLA VERUCCHIO (AES7)***

Depositi prevalentemente ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi in ambiente intravallivo e allo sbocco dei corsi d'acqua in pianura; lateralmente limi prevalenti con subordinate ghiaie e sabbie. Base discordante su AES6 o su unità più antiche. E' interamente suddiviso in due unità. Potenza fino a 50 metri circa.

***AES7b- UNITÀ DI VIGNOLA (Pleistocene sup. - Olocene basale)***

Ghiaie con matrice limo—sabbiosa in prossimità dei torrenti e fiumi principali, passanti distalmente e lateralmente a limi e limi sabbiosi. Depositi fluviali intravallivo e di conoide passante lateralmente a interconoide e distalmente a piana inondabile. Al tetto suoli decarbonatati con tracce di illuviazione di argilla e fronte di alterazione tra 1,5 e 2 m, orizzonti superficiali di colore da rosso bruno a bruno scuro. Potenza fino a oltre 20 m.

***AES7a - UNITÀ DI NIVIANO (Pleistocene sup. )***

Depositi continentali ghiaioso sabbiosi dei terrazzi intravallivi e di conoide dei fiumi principali, e limo sabbiosi dei torrenti minori. Al tetto suoli decarbonatati, a luoghi alterati, con fronte di alterazione < 5 metri, orizzonti superficiali con colore variabile a seconda della litologia da rosso bruno a giallo bruno. Contatto inferiore in discontinuità su unità più antiche. Contatto superiore coincidente con la superficie topografica nelle aree intravallive e pedecollinari, sepolto da AES7b e AES nell'alta pianura. Potenza affiorante <10 m o non valutabile.



## INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il comune di Casalgrande, si colloca in sinistra idrografica del Fiume Secchia, il quale, per portata e dimensioni del bacino sotteso, risulta essere uno dei più importanti affluenti appenninici del Fiume Po.

Dal punto di vista geomorfologico, l'attuale conformazione territoriale risulta fortemente condizionata dagli eventi alluvionali del suddetto corso fluviale succeduti nel corso dell'Olocene, e non da ultimo dall'uomo che, sia in periodi storici che attualmente, ha profondamente variato le forme naturali proprie del territorio in analisi.

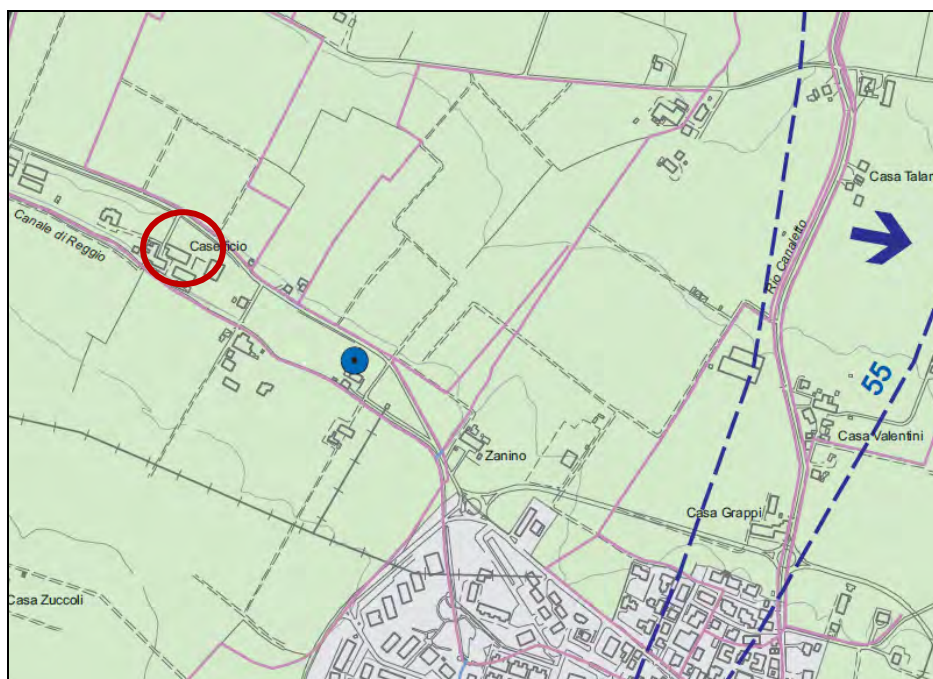
Infatti, l'evoluzione naturale del suddetto corso d'acqua ha modificato, a più riprese, la morfologia della zona, soprattutto prima della sua canalizzazione, ottenuta mediante numerosi interventi antropici a partire dal XIV secolo. La divagazione dello stesso in epoca storica, ha portato alla creazione di lingue a granulometrie più grossolane, che risaltano rispetto alla pianura circostante in quanto leggermente rialzate (dossi fluviali).

Dal punto di vista clivimetrico, la zona di indagine ricade nell'alta pianura reggiana, a poche centinaia di metri dall'attuale alveo del Fiume Secchia. La pianura assume un aspetto piatto e regolare, leggermente degradante verso Nord, con morfologia leggibile solamente da carte a curve di livello; la pendenza media della superficie è bassa, pari a circa 0,2%.

## CENNI DI IDROGEOLOGIA

Al momento dell'esecuzione delle prove penetrometriche, per ciascuna verticale d'indagine è stata misurata l'eventuale presenza di falda acquifera, rilevando nello specifico:

<b>CPT1</b>	<b>Battente idrico sotterraneo a – 3,20 m p.c.</b>
<b>CPT2</b>	Foro vuoto
<b>CPT3</b>	Foro vuoto
<b>CPT4</b>	Foro vuoto



Az. Agr. Trevisi Franco s.s.	<b>Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica</b>	Realizzazione di una nuova stalla per bovini da latte, in Via Botte, Casalgrande (RE)
------------------------------	---	---

La carta idrogeologica del PSC del Comune di Casalgrande evidenzia la presenza di falda acquifera caratterizzata da isopieze comprese tra 60 e 65 m p.c. e, quindi, da soggiacenza compresa tra:  $\Delta H_2O = -25 \div -30$  m p.c.

## SUCCESSIONE LITOMECCANICA

Allo scopo di determinare le caratteristiche fisico meccaniche del sottosuolo, sono state eseguite quattro prove penetrometriche statiche CPT; le verticali d'indagine sono ubicate come nella planimetria "Tav. 3 – Planimetria Ubicazione Indagini" ed i relativi risultati appaiono visualizzati negli allegati: "Diagrammi penetrometrici".

In base al rapporto di Begemann ottenuto dall'esecuzione di penetrometrie statiche, dall'alto in basso rispetto alla quota del piano piazzale, la successione litostratigrafico - meccanica di seguito descritta.

### Successione litomeccanica (CPT1 – CPT2 – CPT3 – CPT4)

Profondità	Descrizione Litomeccanica
Da p.c. a – 5,0 ÷ – 5,8 m p.c.	Superato l'orizzonte rimaneggiato superficiale, dello spessore medio pari a 1,0 ÷ 1,4 m, sono stati riscontrati litotipi argilloso limosi e limoso argillosi, a medio elevato grado di sovraconsolidazione. Al penetrometro statico, sono stati riscontrati valori medi di resistenza alla punta oscillanti tra $q_{cm} = 15 \div 45$ kgf/cm <sup>2</sup> ; la resistenza ad attrito laterale locale è compresa tra $f_{sm} = 0,7 \div 3,0$ kgf/cm <sup>2</sup> . Esclusivamente in corrispondenza di CPT2 è stata intercettata una lente costituita da materiali a comportamento prettamente coesivo, analoghi a quelli precedentemente descritti, al cui interno sono, tuttavia, presenti litotipi maggiormente consistenti attribuibili a concrezioni calcaree o, in alternativa, a ghiaie alterate.
Da – 5,0 ÷ – 5,8 m a – 7,4 ÷ – 10,8 m p.c.	Orizzonte ghiaioso sabbioso e sabbioso ghiaioso, immerso in una massa di fondo limoso argilloso e argilloso limoso, presentante significative variazioni laterali del grado di addensamento. In corrispondenza di CPT1 e CPT2 si riscontrano valori di resistenza alla punta pari a $q_{cm} = 80 \div 200$ kgf/cm <sup>2</sup> , con valori medio massimi superiori a $q_{cm} = 300$ kgf/cm <sup>2</sup> , e valori di resistenza ad attrito laterale generalmente compresi tra $f_{sm} = 2,6 \div >> 3,0$ kgf/cm <sup>2</sup> . A seguito dell'elevato grado di addensamento riscontrato nelle suddette verticali penetrometriche, si è registrato il rifiuto all'avanzamento e la conseguente interruzione dell'indagine geognostica. In corrispondenza di CPT3 all'interno della sequenza grossolana principale è stata intercettata una lente argilloso limosa e/o limoso argilloso, spiccatamente sovraconsolidata. Tale <i>facies</i> si caratterizza per valori di resistenza alla punta compresi tra $q_{cm} = 23 \div 31$ kgf/cm <sup>2</sup> ; la resistenza ad attrito laterale locale è compresa tra $f_{sm} = 1,5 \div > 3,0$ kgf/cm <sup>2</sup> .
Da – 10,8 ÷ – 12,0 m p.c.	Ove è stato possibile approfondire l'indagine geognostica, CPT3, è stato, infine, rilevato un orizzonte coesivo, costituito da litotipi argilloso limosi e limoso argillosi, anch'essi fortemente sovraconsolidati. Tali materiali presentano valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 43 \div 53$ kgf/cm <sup>2</sup> e resistenza ad attrito laterale locale pari a $f_{sm} = 2,6 \div 3,0$ kgf/cm <sup>2</sup> .

## MODELLO GEOLOGICO

Le indagini penetrometriche hanno consentito di definire le caratteristiche geologiche del primo sottosuolo in corrispondenza dell'intervento edificatorio in oggetto.

Oltrepassato l'orizzonte rimaneggiato superficiale, il primo terreno naturale è costituito da litotipi argilloso limosi e limoso argillosi, spiccatamente sovraconsolidati (**UGT1**). Tale orizzonte si protrae generalmente sino a – 5,0 ÷ – 5,8 m rispetto al piano di esecuzione delle indagini.

Esclusivamente in corrispondenza di CPT2 è stata intercettata una lente costituita da materiali a comportamento prettamente coesivo, analoghi a quelli precedentemente descritti, al cui interno sono presenti



Az. Agr. Trevisi Franco s.s.	<i>Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica</i>	Realizzazione di una nuova stalla per bovini da latte, in Via Botte, Casalgrande (RE)
------------------------------	---	---

trovanti maggiormente consistenti attribuibili a concrezioni calcaree o, in alternativa, a ghiaie alterate (**UGT1bis**). Suddetto livello è stato rilevato da – 2,4 m sino a - 4,6 m da p.c.

La sequenza deposizionale prosegue, dunque, con materiali grossolani, quali ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose, immerse in una massa di fondo prettamente coesiva (**UGT2**) e, al suo interno, sono presenti sensibili variazioni laterali del grado di addensamento. Infatti in corrispondenza di CPT1 e CPT2 si è verificato il rifiuto all'avanzamento e la conseguente interruzione delle indagini penetrometriche.

All'interno della sequenza principale in CPT3 è stata rilevata una lente costituita da materiali fini, argille limose e limi argillosi anch'essi sovraconsolidati (**UGT2bis**). Il tetto di suddetta lente si pone a – 7,0 m da p.c. ed il letto a – 8,4 m da p.c.

In corrispondenza di CPT3, UGT2 si chiude a – 10,8 m da p.c. e la sequenza stratigrafica prosegue con un corpo argilloso limoso e/o limoso argilloso (**UGT3**), il quale si protrae sino almeno a -12,0 m da p.c.

La sensibile variabilità litologica laterale esprime a fondo l'elevata energia dinamica che ha interessato l'ambito di alta pianura in analisi.

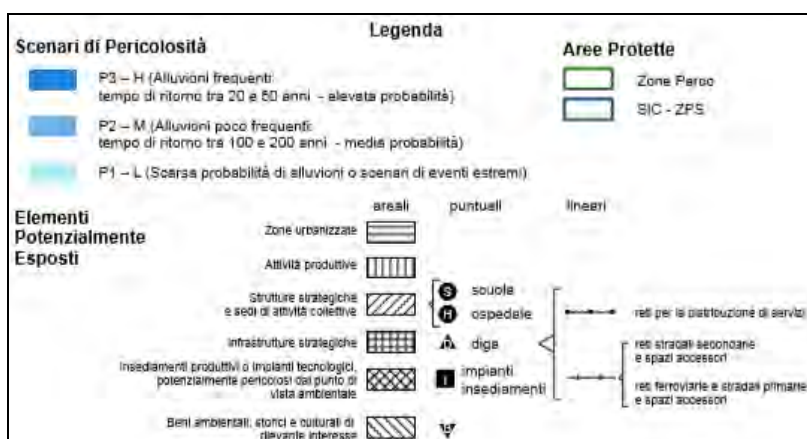
## **PERICOLOSITÀ GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDRAULICA DELL'AREA**

Dal punto di vista geologico e geomorfologico, alle attuali condizioni al contorno, il sito si presenta in condizioni di stabilità e sicurezza.

### **PERICOLOSITÀ IDRAULICA DELL'AREA (D.G.R. 1300/2016)**

Si riportano gli estratti degli elaborati cartografici rappresentati dalle Mappe di Pericolosità e del Rischio di alluvione predisposte ai sensi dell'art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. 49/2010. L'area di studio è compresa all'interno del **Reticolo Secondario di Pianura (RSP)** il quale, per definizione, è costituito da corsi d'acqua secondari di pianura gestiti dai Consorzi di bonifica e irrigui nella medio – bassa pianura padana.

In relazione alla disamina dell'elaborato grafico “*Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni – Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti*” il comparto territoriale in analisi ricade all'interno di un ambito contraddistinto da una pericolosità di **tipo P2 – M** (alluvioni poco frequenti,  $T_R = 100 \div 200$  anni, probabilità media).



Mappa della pericolosità e degli elementi esposti



**Mappa del rischio**

Le perimetrazioni della mappa del rischio potenziale esposte all'interno del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA), ai sensi della direttiva europea 2007/60/CE, evidenziano uno scenario di **rischio medio R2**.

Per gli interventi in progetto, alla luce della classificazione presentata, si consigliano i seguenti accorgimenti:

- I piani di calpestio dell'opera dovranno essere previsti a quote superiori rispetto a quelle degli assi stradali adiacenti.
- Gli impianti tecnici siano realizzati con accorgimenti tali da assicurare la continuità del funzionamento dell'impianto, anche in caso di alluvionamento;
- Le aperture siano a tenuta stagna o provviste di protezioni idonee.
- La realizzazione di un idoneo sistema di raccolta e allontanamento delle acque bianche e delle acque corrivanti sulla superficie areale all'intorno del fabbricato, in grado di proteggere lo stesso dalle piogge critiche o dagli eventi di allagamento (seppur improbabili).

**RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA – RISPOSTA SISMICA  
LOCALE****INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO**

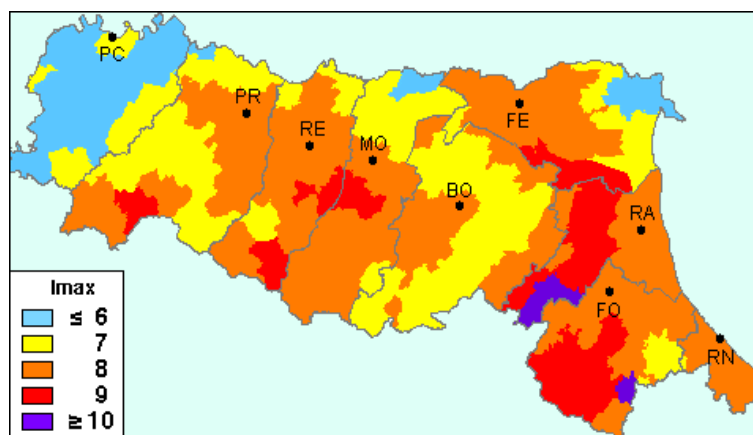
Le coordinate geografiche (**ellissoide ED50**) relative circa al centro dell'area di intervento corrispondono a:

**10,72964 ÷ 44,59789**

(utilizzate per il calcolo dell'azione sismica – DM 17-01-18)

**STORIA SISMICA DEL SITO**

Nell'ambito in cui ricade il territorio comunale di Casalgrande il catalogo delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani, valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA, Elaborato per il Dipartimento della Protezione Civile (*D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise, 1996*) documenta eventi sismici giungenti al 7° – 8° grado della Scala *Mercalli - Cancani – Sieberg*, con intensità massima corrispondente ad  $M = 4,5 \div 5,6$ , come evidenziato nella seguente figura.



**Zonazione sismica della RER sulla base della scala MCS.**

Nell'ambito a cui appartiene il territorio comunale di Casalgrande, il Database Macrosismico DBMI04, utilizzato per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04 (Gruppo di lavoro CPTI, 2004 – INGV, Bologna) sono documentati gli eventi sismici di seguito riportati:

**Storia sismica di Casalgrande**

**Osservazioni disponibili: 22**

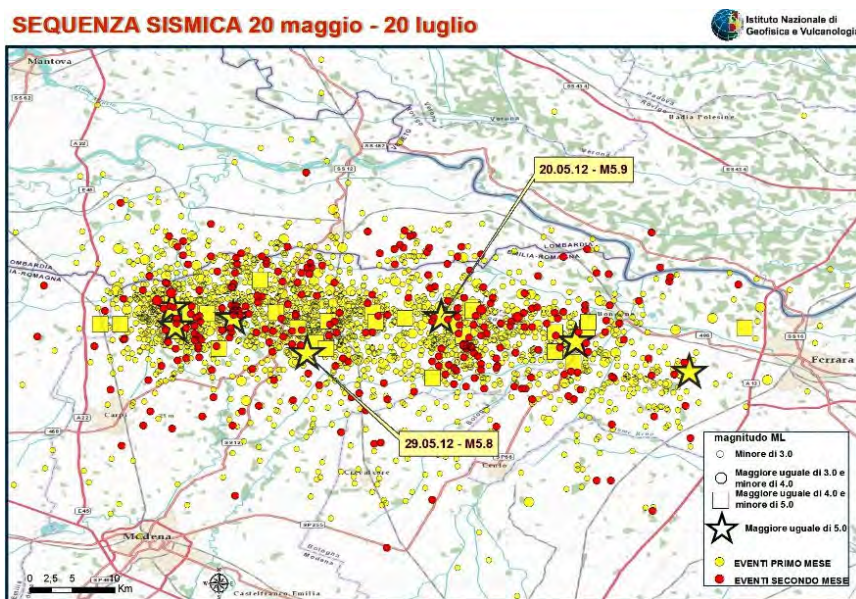
Effetti	In occasione del terremoto del					
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5.10	
3	1932 04 19 00 17	Modenese	9	4	3.63	
2	1967 04 03 16 36 1	Reggiano	45	5	4.44	
4-5	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51	



Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
3	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
4-5	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
NF	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
3	1995 12 31 21 29 4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
3	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
2	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
2	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
4	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
5	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2000 10 03 01 12 3	Frignano	62	5	4.22
3	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
3	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30
3	2002 06 19 22 11 1	Frignano	52	3	4.03
F	2008 12 23 15 24 2	Parmense	291	6-7	5.36

**Storia sismica del comune di Casalgrande.**

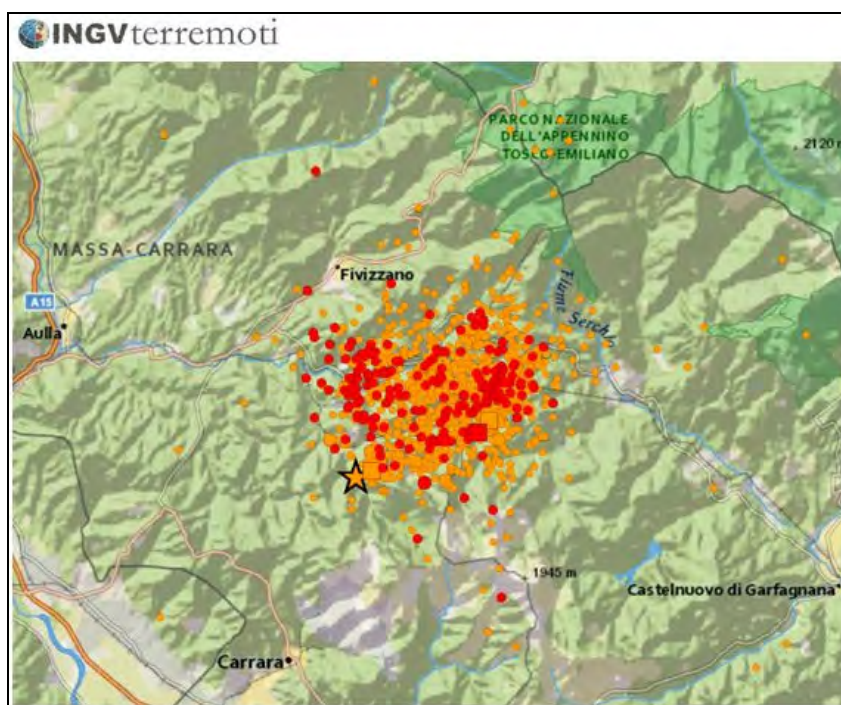
A detti dati vanno aggiunti quelli relativi ai recenti eventi sismici, datati 20/05/2012 e 29/05/2012 che hanno presentato intensità pari a  $MW = 5.8 \div 5.9$ , la cui distribuzione areale è presentata nella figura seguente.



**Distribuzione degli epicentri dei terremoti che hanno colpito la bassa Pianura Padana**



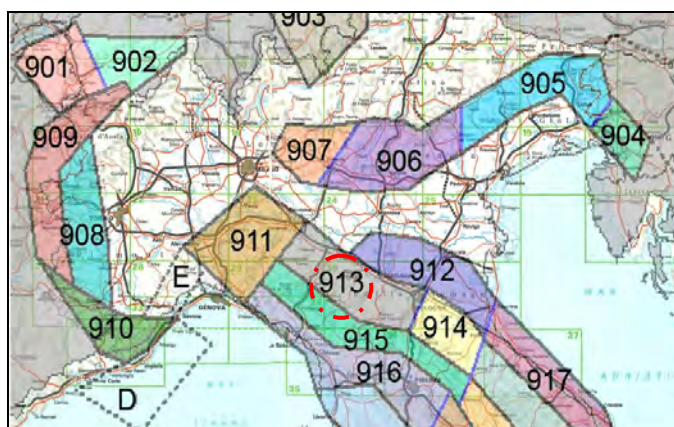
L'ultima sequenza sismica significativa rilevata dai sismografi che ha coinvolto il centro – nord Italia è stata quella che ha coinvolto la Lunigiana e la Garfagnana nel Giugno – Luglio 2013; l'evento principale, datato 21/06/2013, ha presentato intensità pari a  $MW = 5.2$ .



**Distribuzione degli epicentri dei terremoti che hanno colpito la Garfagnana – Lunigiana.**

Gli epicentri sismici verificatisi nel territorio in analisi hanno origine, nella maggior parte dei casi, nei primi 15 ÷ 25 km del sottosuolo evidenziando la prevalenza di un'attività sismogenetica di tipo superficiale.

La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2003), attribuisce l'ambito territoriale in oggetto alla zona sismogenetica 913. La componente cinematica principale che regola la distribuzione degli sforzi all'interno di suddetta fascia è di tipo compressivo (prevalentemente *thrust*) legata all'accavallamento delle propaggini del fronte appenninico sepolto sotto i sedimenti della pianura padana.



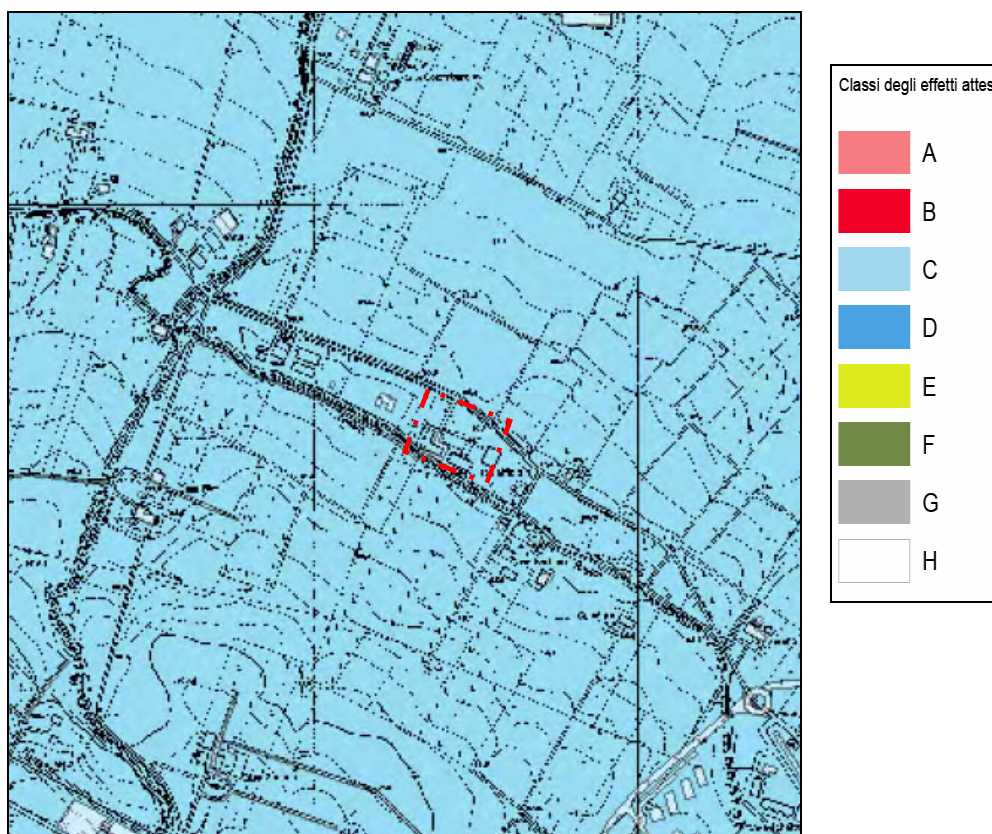
**Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004).**

**EFFETTI ATTESI IN OCCASIONE DI SISMA E LIVELLI DI APPROFONDIMENTO**

Dall'estratto della Carta delle aree suscettibili di effetti attesi del PTCP vigente della Provincia di Reggio Emilia, si rileva che il terreno oggetto di indagine ricade nell'ambito delle aree suscettibili ad amplificazione stratigrafica (rif. PTCP: Classe C).

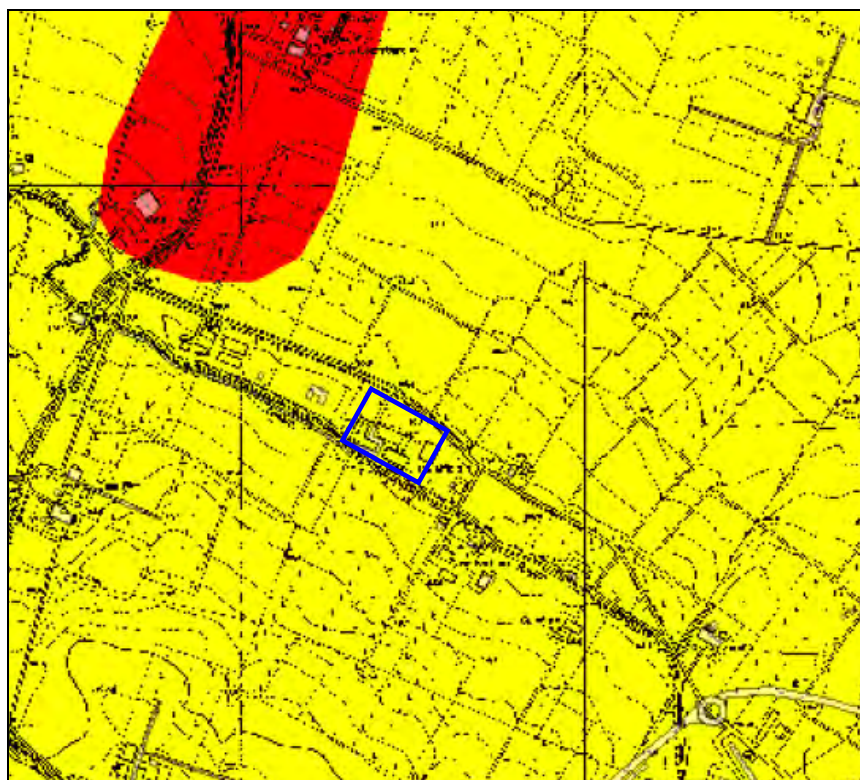
Per questi ambiti viene richiesta un approfondimento di indagine di II livello.

		EFFETTI ATTESI				
CLASSI		AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	INSTABILITA' DI VERSANTE	CEDIMENTI	LIQUEFAZIONE
	A	X		X		
	B	X	X	X		
	C	X				
	D	X	X			
	E		X			
	F	X				X
	G	X			X (potenziale)	
	H					



Rischio sismico: Carta degli effetti attesi- PTCP - allegato P9a - sezione 201SW





Rischio sismico: Carta dei livelli di approfondimento- PTCP - allegato P9b - sezione 201SW

### CLASSE DELL'OPERA : AZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

L'intervento in progetto è caratterizzato dalla seguente classe d'opera e dai relativi parametri di definizione dell'input sismico.

	Classe	II
Vita nominale	Vn	50 anni
Coefficiente d'uso	Cu	1,0
Vita di riferimento	Vr	50 anni

### IDENTIFICAZIONE CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE

I dati acquisiti dalle rilevazioni effettuate in adiacenza al sito in esame, denotano che i primi 30 m del sottosuolo, sottostanti la probabile quota di incastro delle fondazioni, sono contraddistinti dalle velocità di propagazione delle onde di taglio Vs, profondità e spessori, come riportato nella seguente tabella:

Orizzonte sismostratigrafico	Profondità da p.c. [m]	Spessore medio [m]	Vs [m/sec]
1	1,6 ÷ 10,5	8,9	320
2	10,5 ÷ 31,5	21,0	537
3	31,5 ÷ 31,6	0,1	611

La definizione del valore Vs<sub>30</sub>, velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m del sottosuolo, si è determinata mediante la relazione:

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

<b>Az. Agr. Trevisi Franco s.s.</b>	<b>Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica</b>	Realizzazione di una nuova stalla per bovini da latte, in Via Botte, Casalgrande (RE)
-------------------------------------	---	---

dove:

$h_i$  = spessore dello strato iesimo, m

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

ottenendo, per i metodi di acquisizione sopra descritti, i seguenti valori di velocità  $V_{s,30}$ :

$$V_{s,30} = 447 \text{ m/sec}$$

Dai parametri sopra esposti, in relazione alla sequenza litomeccanica riscontrata dall'esecuzione delle prove penetrometriche, si ritiene che i litotipi che formano i primi 30 m del sottosuolo, soggiacenti la quota di incastro delle fondazioni, siano attribuibili a:

**Categoria B:** *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $N_{SPT,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).*

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo	
Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di <math>V_{s,30}</math> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero <math>N_{SPT,30} &gt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{u,30} &gt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero <math>15 &lt; N_{SPT,30} &lt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>70 &lt; c_{u,30} &lt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> inferiori a 180 m/s (ovvero <math>N_{SPT,30} &lt; 15</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{u,30} &lt; 70</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con <math>V_s &gt; 800</math> m/s).</i>

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

## AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Sulla base delle indicazioni contenute delle NTC di cui al D.M. 17/01/18, per l'area in esame, considerando strutture di classe II (vita nominale  $V_n = 50$  anni, coefficiente d'uso  $C_u = 1,0$ ; vita di riferimento  $V_r = 50$  anni), risultano i seguenti valori di accelerazione di riferimento al suolo e parametri per il calcolo degli spettri di risposta di riferimento, in funzione dei diversi stati limite considerati:

STATO LIMITE	$T_R$ (anni)	$a_q$ (g)	$F_0$ (-)	$T_{c^*}$ (s)
<b>SLO</b>	30	0,051	2,478	0,251
<b>SLD</b>	50	0,064	2,491	0,265
<b>SLV</b>	<b>475</b>	<b>0,163</b>	<b>2,376</b>	<b>0,289</b>
<b>SLC</b>	975	0,205	2,386	0,303

dove:

SLO = Stato limite di operatività; Pvr = 81%

SLD = Stato limite di danno; Pvr = 63%

SLV = Stato limite di salvaguardia della vita; Pvr = 10%

SLC = Stato limite di prevenzione del collasso; Pvr = 5%

$a_g$  = accelerazione massima di riferimento al suolo

$F_0$  = fattore di amplificazione

$T_{c^*}$  = inizio del tratto orizzontale dello spettro di risposta

### FATTORE DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICO

Secondo i dettami del D.M. 17/01/2018, considerando una categoria di suolo di fondazione B, l'area è caratterizzata dal seguente coefficiente di amplificazione stratigrafica  **$S_s = 1,20$** .

### FATTORE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICO

L'area in oggetto si colloca all'interno di una vasta area pianeggiante; quindi, in relazione a quanto asserito dal D.M. 17/01/2018, si potrà quindi considerare un coefficiente di amplificazione topografica pari a:  **$S_T = 1,00$** .

## PRINCIPALI COEFFICIENTI DI ACCELERAZIONE SISMICA

Alla luce degli studi effettuati nella presente relazione, i terreni di fondazione saranno sottoposti ad un'accelerazione sismica quantificabile secondo i seguenti principali parametri dinamici:

	<b>D.M. 17/01/2018 (<math>\beta = 0,24</math>)</b>
Latitudine (ED50)	<b>44.59789</b>
Longitudine (ED50)	<b>10.72964</b>
Vita nominale struttura	<b>50 anni</b>
Classe struttura opera	<b>II</b>
Coefficiente d'uso	<b>1,0</b>
Vita di riferimento struttura	<b>50 anni</b>
$V_{s30}$	<b>447 m/sec</b>
Categoria suolo di fondazione	<b>B</b>
Pga di riferimento (SLV)	<b>0,163</b>
Coefficiente di amplificazione stratigrafico	<b>1,200</b>
Coefficienti di amplificazione topografico	<b>1,000</b>
$F_{0SLV}$	<b>2,376</b>
$T_{cSLV}$	<b>0,289 s</b>
coefficiente sismico orizzontale	<b><math>k_h = 0,047</math></b>
coefficiente sismico verticale	<b><math>k_v = \pm 0,024</math></b>
$a_{max}/g$	<b>0,196</b>



Az. Agr. Trevisi Franco s.s.	<i>Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica</i>	Realizzazione di una nuova stalla per bovini da latte, in Via Botte, Casalgrande (RE)
------------------------------	---	--

## **ANALISI SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE**

L'analisi della sequenza litomeccanica evidenzia che i terreni riscontrati nel primo sottosuolo sono caratterizzati da termini argillosi ed argilloso limosi mediamente consistenti, seguiti da corpi di natura prevalentemente ghiaiosa e ghiaioso sabbiosi immersi in una massa di fondo coesiva, contraddistinti da un pronunciato grado di addensamento.

Nei primi litotipi la percentuale in componenti fini (diametri minori di 0,005 mm) è superiore al 20%; d'altra parte, il grado di consistenza dei materiali incoerenti risulta notevolmente elevato.

Dette caratteristiche evidenziano come i terreni che formano il primo sottosuolo non siano suscettibili a rischio di liquefazione in occasione di sollecitazione sismica.

**RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI - MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO****TIPOLOGIA PROGETTUALE DELLE OPERE**

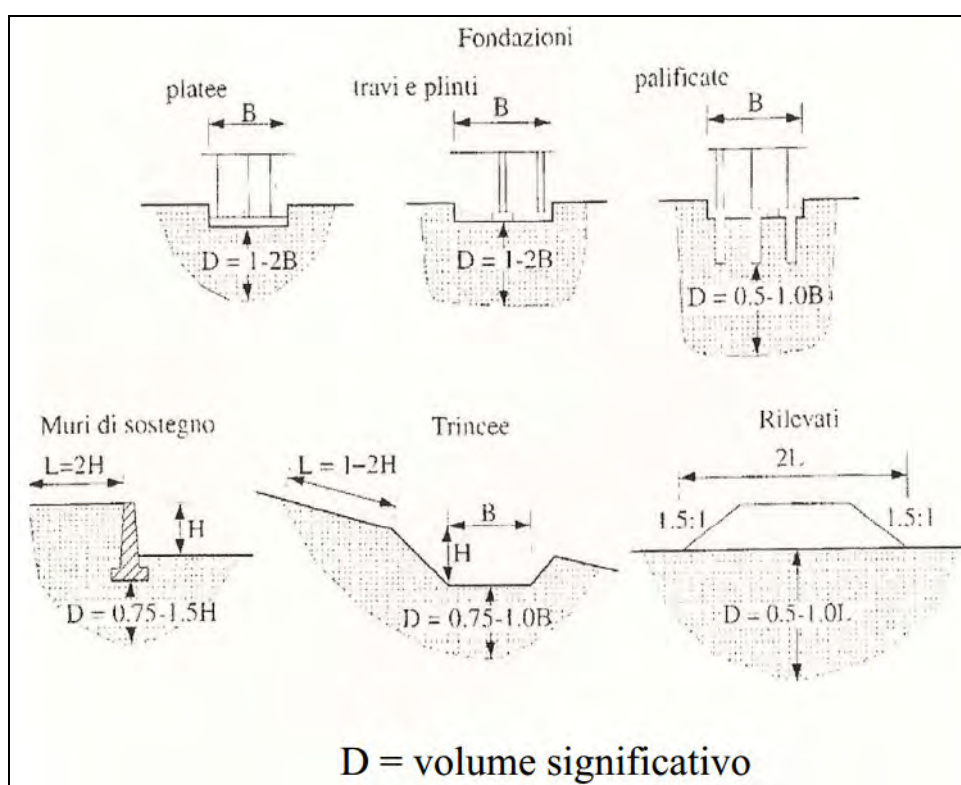
L'intervento è caratterizzato dalla seguente classe d'opera e dai relativi parametri di definizione dell'input sismico.

	Classe	II
Vita nominale	Vn	50 anni
Coefficiente d'uso	Cu	1,0
Vita di riferimento	Vr	50 anni

**VOLUME SIGNIFICATIVO E PIANO DI INDAGINE**

Le attuali norme vigenti in materia di costruzioni prevedono che sia indagata la porzione di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione dell'opera e che influenza l'opera stessa. Tale orizzonte è definito volume significativo e al suo interno si sviluppano e si dissipano le pressioni esercitate dalla struttura.

In relazione alla scelta della tipologia fondale e del piano di posa, la forma e le dimensioni del volume significativo possono subire delle variazioni, a tratti anche significative, come evidenziato nella figura seguente.



**Identificazione del volume significativo.**

Az. Agr. Trevisi Franco s.s.	<b>Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica</b>	Realizzazione di una nuova stalla per bovini da latte, in Via Botte, Casalgrande (RE)
------------------------------	---	---

In relazione alle caratteristiche progettuali dell'opera, si è previsto l'esecuzione di n°4 verticali di indagine penetrometrica; il piano di lavoro descritto, unitamente allo studio geofisico eseguito, risponde alle richieste normative.

## **INCERTEZZE INTERPRETATIVE E METODOLOGICHE RELATIVE ALLA RICOSTRUZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO - GEOTECNICO - SISMICO.**

E' opportuno soffermarsi sul grado di interpretazione dei dati analizzati e sulle incertezze intrinseche dei metodi utilizzati e delle ricostruzioni effettuate, che assumono carattere soggettivo.

Meritano di essere sottolineati i seguenti aspetti:

- Le indagini geognostiche hanno consentito di definire con buon grado di dettaglio i valori di coesione non drenata nei litotipi più fini a comportamento coesivo e, in corrispondenza dei termini più grossolani, la corretta stima dell'angolo d'attrito. Gli altri parametri geotecnici presentati all'interno del suddetto documento tecnico sono stati desunti mediante correlazioni empiriche, ben note in letteratura, e dall'analisi comparativa di prove di laboratorio eseguite su campioni indisturbati prelevati su terreni ascrivibili al medesimo contesto geologico - geomorfologico.
- L'esecuzione di prospezioni geofisiche di superficie (Re.Mi. – M.A.S.W.) presenta fisiologicamente un margine di errore noto in letteratura, oltre ad un alone di soggettività dipendente dalle scelte del soggetto elaboratore; tuttavia, quanto emerso da suddette analisi, conferma quanto individuato dalle indagini geognostiche.

L'esecuzione di tale indagine integrata consente di definire con buon grado di dettaglio i primi metri di sottosuolo mediante le prospezioni di tipo attivo (M.A.S.W.) le quali tendono a diventare meno precise con l'aumentare della profondità, ove invece le prospezioni geofisiche passive (Re.Mi.) aumentano di risoluzione.

## **SUCCESSIONE GEOTECNICA - ANALISI GEOMECCANICA DEI TERRENI**

L'analisi geomeccanica dei dati ottenuti dalle prove penetrometriche statiche, si sono ricavati i valori della coesione non drenata,  $c_u$ , dalla relazione di *Begemann*, l'angolo d'attrito interno, in termini di tensioni efficaci,  $\phi'$ , da quella di *L'Herminier*, il grado di consolidazione dalla relazione di *Ladd* e il modulo edometrico dalla relazione di *Mitchell e Gardner*.

Il coefficiente di Poisson,  $\nu$ , si è ricavato da correlazioni empiriche tra velocità di propagazione delle onde sismiche e valori di resistenza penetrometrica, il modulo elastico da correlazioni tra  $E_d$ ,  $E$  e  $\nu$ , il coefficiente di Winkler,  $k$ , dalle equazioni di Bowles, modificate da evidenze sperimentali direttamente ricavate.

L'analisi è stata effettuata in termini statistici secondo il D.M. 17/01/2018 (si veda allegato "Analisi statistica dati penetrometrici"), ricavando i valori caratteristici di resistenza alla punta, di attrito laterale locale e quindi estrapolando i parametri geotecnici di seguito evidenziati.

### Successione geotecnica (CPT1 – CPT2 – CPT3 – CPT4)

Unità geotecnica	Parametri geognostici caratteristici	Parametri geotecnici caratteristici
<b>Orizzonte rimaneggiato superficiale:</b> Da piano campagna a – 1,0 ÷ – 1,5 m da p.c.  Argille e argille limose rimaneggiate dai processi pedogenetici. <b>Orizzonte non idoneo al piano di posa fondale.</b>	$q_{c_k} = 11,05 \text{ kgf/cmq}$ $fs_k = 0,70 \text{ kgf/cmq}$	$\phi'_k = 21^\circ$ $c'_k = 0,08 \text{ kgf/cmq}$ $c_{uk} = 0,44 \text{ kgf/cmq}$ $\gamma_{nk} = 0,00188 \text{ kgf/cm}^3$ $E_{dk} = 44 \text{ kgf/cm}^2$ $k_k = 0,91 \text{ kgf/cm}^2$
<b>UGT1:</b> Da – 1,0 ÷ – 1,5 m a – 5,0 ÷ – 6,0 m da p.c.  Argille e argille limose, a medio elevato grado di sovraconsolidazione. Grado di compressibilità basso.	$q_{c_k} = 27,28 \text{ kgf/cmq}$ $fs_k = 1,68 \text{ kgf/cmq}$	$\phi'_k = 24^\circ$ $c'_k = 0,15 \text{ kgf/cmq}$ $c_{uk} = 0,64 \text{ kgf/cmq}$ $\gamma_{nk} = 0,00197 \text{ kgf/cm}^3$ $E_{dk} = 71 \text{ kgf/cm}^2$ $k_k = 1,53 \text{ kgf/cm}^2$
<b>UGT1bis:</b> Solo CPT2: da – 4,5 m a – 4,5 m da p.c.  Argille limose e argille limose consistenti, al cui interno sono presenti concrezioni calcaree e/o ghiaie alterate. Grado di compressibilità basso.	$q_{c_k} = 27,64 \text{ kgf/cmq}$ $fs_k = 1,70 \text{ kgf/cmq}$	$\phi'_k = 26^\circ$ $c'_k = 0,14 \text{ kgf/cmq}$ $c_{uk} = 0,72 \text{ kgf/cmq}$ $\gamma_{nk} = 0,00199 \text{ kgf/cm}^3$ $E_{dk} = 74 \text{ kgf/cm}^2$ $k_k = 1,70 \text{ kgf/cm}^2$
<b>UGT2:</b> Da – 5,0 ÷ – 6,0 m a – 7,0 ÷ – 11,0 m p.c.  Ghiaie e ghiaie sabbiose immerse in una massa di fondo coesiva. Grado di compressibilità molto basso.	$q_{c_k} = 81,63 \text{ kgf/cmq}$ $fs_k = 2,07 \text{ kgf/cmq}$	$\phi'_k = 34^\circ$ $Dr_k = 78\%$ $c'_k = 0,05 \text{ kgf/cmq}$ $c_{uk} = 0,25 \text{ kgf/cmq}$ $\gamma_{nk} = 0,00205 \text{ kgf/cm}^3$ $E_{dk} = 180 \text{ kgf/cm}^2$ $k_k = 5,40 \text{ kgf/cm}^2$
<b>UGT2bis:</b> Solo CPT3: da – 4,5 m a – 4,5 m da p.c.  Argille limose e limi argillosi. a medio grado di consistenza.	$q_{c_k} = 26,03 \text{ kgf/cmq}$ $fs_k = 1,72 \text{ kgf/cmq}$	$\phi'_k = 23^\circ$ $c'_k = 0,12 \text{ kgf/cmq}$ $c_{uk} = 0,61 \text{ kgf/cmq}$ $\gamma_{nk} = 0,00192 \text{ kgf/cm}^3$ $E_{dk} = 60 \text{ kgf/cm}^2$ $k_k = 1,29 \text{ kgf/cm}^2$
<b>UGT3:</b> da – 11,0 ÷ – 12,0 m p.c.  Argille e argille limose, a medio elevato grado di sovraconsolidazione. Grado di compressibilità basso.	$q_{c_k} = 43,70 \text{ kgf/cmq}$ $fs_k = 2,72 \text{ kgf/cmq}$	$\phi'_k = 25^\circ$ $c'_k = 0,18 \text{ kgf/cmq}$ $c_{uk} = 0,90 \text{ kgf/cmq}$ $\gamma_{nk} = 0,00203 \text{ kgf/cm}^3$ $E_{dk} = 92 \text{ kgf/cm}^2$ $k_k = 1,98 \text{ kgf/cm}^2$

Ove:  $C_u$  = coesione non drenata;  $c'$  = coesione drenata;  $\phi'$  = angolo di attrito efficace,  $Dr$  = densità relativa;  $\gamma_n$  = peso dell'unità di volume;  $E_d$  = modulo edometrico,  $k$  = modulo di reazione.

### Valore del coefficiente di Winkler mediato su tutta la verticale d'indagine

In relazione alla stratigrafia evidenziata e ai parametri geomeccanici ricavati mediante l'indagine geognostica precedentemente descritta, si può utilizzare un valore del coefficiente di Winkler, mediato sulla verticale da -1,5 m sino a – 10,0 m p.c., pari a:

$$k = 7,76 \text{ kgf/cm}^2$$

Si precisa che tale valore, come quelli relativi ai singoli orizzonti è da ritenersi indicativo e rappresenta un valore generale per la serie litomeccanica in quanto, come ben noto, detto coefficiente risulta funzione della geometria e della tipologia fondale.

I valori presentati sono stati ricavati dall'equazione di Bowles:

$$k_k = [((E_d \cdot (1 + \nu) \cdot (1 - 2\nu)) / (1 - \nu))] / C$$

Az. Agr. Trevisi Franco s.s.	<b>Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica</b>	Realizzazione di una nuova stalla per bovini da latte, in Via Botte, Casalgrande (RE)
------------------------------	---	---

con  $C =$  costante adimensionale pari a 22,5 (funzione dei dati ricavati, su tali tipi di terreno, da prove di carico su piastra).

## TIPOLOGIA E PIANO DI POSA FONDALE

In relazione alle caratteristiche litologiche e geotecniche del sottosuolo, è possibile e consigliabile l'utilizzo di fondazioni dirette. In relazione ad un primo orizzonte argilloso limoso e limoso argilloso rimaneggiato e potenzialmente interessato da intensi e reiterati processi di essiccazione e rigonfiamento, il piano di appoggio fondale dovrà essere posto ad una profondità minima, rispetto all'attuale piano di calpestio, almeno pari a:

$$D = -1,40 \div -1,60 \text{ m}$$

Si consiglia, ad ogni modo, di approfondire il più possibile il piano di posa, per evitare l'insorgere di fenomeni reiterati di ritiro – essiccazione.

Durante le fasi di escavazione, si consiglia la presenza di un tecnico abilitato che certifichi le caratteristiche geotecniche idonee per l'ancoraggio fondale.

Nel caso in cui, una volta raggiunta la profondità del piano di posa fondale, si dovesse riscontrare la presenza di materiali non idonei, risulterà necessaria la realizzazione di bonifiche locali, riportandosi alle quote di progetto mediante getti di conglomerato magro.

## VERIFICA ALLE TENSIONI AMMISSIBILI (PARAGRAFO A SCOPO PURAMENTE INDICATIVO)

Per il calcolo del carico ammissibile sul terreno si è utilizzata la relazione di Meyerhof, relativamente alla prova penetrometrica statica:

$$q_a = q_c / f$$

dove:

- $q_a =$  carico ammissibile sui terreni in kgf/cm<sup>2</sup>
- $q_c =$  valore della resistenza alla punta in kgf/cm<sup>2</sup>
- $f =$  fattore di sicurezza funzione delle caratteristiche del penetrometro usato e della punta con cui si è attrezzato lo stesso, del rapporto D/B e cioè tra profondità del piano di posa e larghezza della fondazione.

In relazione alle prove geognostiche effettuate, il sottosuolo dell'area, alle previste quote di appoggio fondale, è caratterizzato da un carico ammissibile pari a:

$$q_a = 1,50 \text{ kgf/cm}^2$$

## CAPACITA' PORTANTE RESISTENTE AGLI STATI LIMITI ULTIMI

Il calcolo del valore della capacità portante unitaria, sia agli stati ammissibili sia agli stati ultimi, per fondazioni dirette di tipo continuo, con solette a comportamento poco flessibile, si è eseguito utilizzando la relazione di Terzaghi, integrata dai coefficienti di Hansen:

$$q_d = c\delta_c N'_c + q_0 \delta_q N'_q + \delta_\gamma \frac{1}{2} B N'_\gamma$$

dove:



Az. Agr. Trevisi Franco s.s.	<b>Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica</b>	Realizzazione di una nuova stalla per bovini da latte, in Via Botte, Casalgrande (RE)
------------------------------	---	---

$N'_c, N'_q, N'_\gamma$  = coefficienti di capacità portante in funzione di  $\phi$ . Si adottano i valori  $N'$  in rapporto al tipo di compressibilità dei litotipi riscontrati.

$\delta c, \delta q, \delta \gamma$  = coefficienti in forma funzione del rapporto  $B/L$

$q_0$  = peso efficace del terreno al piano di incastro della fondazione e che contribuisce alla resistenza in relazione al carico laterale dei terreni in kgf/cm<sup>2</sup>

$\gamma$  = peso di volume del terreno in kgf/cm<sup>3</sup>

$c$  = coesione del terreno in kgf/cm<sup>2</sup>

$B$  = larghezza della fondazione in cm

$L$  = lunghezza della fondazione in cm

Il calcolo della pressione critica al rifluimento o carico di inizio delle plasticizzazioni al bordo delle fondazioni, si è eseguito utilizzando la relazione di *Frolich*:

$$P_{cr} = \frac{\pi(\gamma h + c \cdot \text{ctg} \phi)}{\text{ctg} \phi - (1/2\pi - \phi)}$$

dove:

$\gamma$  = peso di volume del terreno in kgf/cm<sup>3</sup>

$h$  = profondità del piano di posa delle fondazioni

$\phi$  = angolo d'attrito interno dei terreni

$c$  = coesione in kgf/cm<sup>2</sup>.

I valori sono stati determinati in riferimento allo spessore di terreno sottostante le opere fondali coinvolto dall'involuppo di spirale logaritmica delle sollecitazioni generate dal cuneo di penetrazione delle fondazioni nel contesto dell'insieme opera – terreno e sono presentati negli allegati fogli “*Verifica al collasso terreno fondazione*”.

In riferimento ai dettami del DM 17/01/18, si è determinato la resistenza  $R$  del terreno di fondazione allo stato limite ultimo (SLU) adottando i parametri previsti nella tab. 6.2.II – combinazioni di coefficienti parziali  $M1$  ed  $M2$ , che riducono i parametri geotecnici. Dette verifiche sono state eseguite, in funzione dei tipi di terreni riscontrati nel sito esaminato, in termini di tensioni efficaci, condizioni drenate.

In presenza di sollecitazione sismica sono stati indicativamente determinati i valori di resistenza del terreno alla stato limite di salvaguardia della vita (SLV), tenendo conto degli effetti cinematici ed inerziali a cui vengono sottoposti i terreni di fondazione in occasione di *shock* dinamici. Tra le metodologie proposte in letteratura (la capacità resistente del terreno in campo pseudo-statico è un problema tuttora aperto) sono state utilizzate le relazioni presentate da *Maugeri & Novità* (2002), considerando un coefficiente sismico orizzontale pari a  $\sigma_h = 0,047$  (con  $\beta = 0,24$  come da NTC 17/01/2018, tenendo quindi conto della duttilità del terreno di fondazione).

In relazione alle caratteristiche stratigrafiche del primo sottosuolo, per il calcolo delle capacità resistenti dei terreni sono stati utilizzati i parametri geotecnici dell'unità UGT1.

Az. Agr. Trevisi Franco s.s.	Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Realizzazione di una nuova stalla per bovini da latte, in Via Botte, Casalgrande (RE)
------------------------------	--	---

	Utilizzo coefficienti parziali M1	
	SLU (assenza sisma)	SLV (presenza sisma)
Condizioni drenate	R = 4,524 kgf/cmq	R = 4,019 kgf/cmq
Condizioni non drenate	R = 4,191 kgf/cmq	R = 3,868 kgf/cmq

Tali valori possono leggermente variare in funzione della geometria delle fondazioni, delle caratteristiche della struttura in elevazione e delle tensioni effettivamente trasmesse al suolo, determinati in modo preliminare nel corso del presente studio (calcolati per una fondazione a plinto). Detti valori potranno essere impiegati dal Progettista, applicando i coefficienti riduttivi della resistenza del sistema propri della combinazione utilizzata (ricavando quindi  $R_d$  mediante  $\gamma_r$  come presentato nel presente nell'allegato "Verifica al collasso terreno - fondazione").

## PARAMETRI PER LA VERIFICA ALLO SCORRIMENTO DEL PIANO DI POSA FONDALE

Si riportano di seguito i parametri geotecnici consigliati, da utilizzarsi per le verifiche di scorrimento del piano di posa delle strutture fondali:

Parametri	Utilizzo coefficienti M1
$\phi'$	17°
$c'$ (cautelativamente non si considera)	0,08 kgf/cmq

## VERIFICA DEI CEDIMENTI (STATO LIMITE DI ESERCIZIO)

In relazione al grado variabilità laterale e verticale delle caratteristiche litogranulometriche e del grado di compressibilità dei litotipi riscontrati nel primo sottosuolo, si sono determinati i valori degli abbassamenti dei terreni di sottofondazione sia per fondazioni dirette, a comportamento rigido.

Per il calcolo dei cedimenti si è utilizzata la relazione:

$$\Delta H = H_o \cdot \Delta p \cdot mv$$

dove:

$\Delta H$  = cedimento totale in cm

$H_o$  = spessore degli strati considerati in cm

$\Delta p$  = sovraccarico residuo sullo strato considerato in base al modello matematico di *Newmark*.

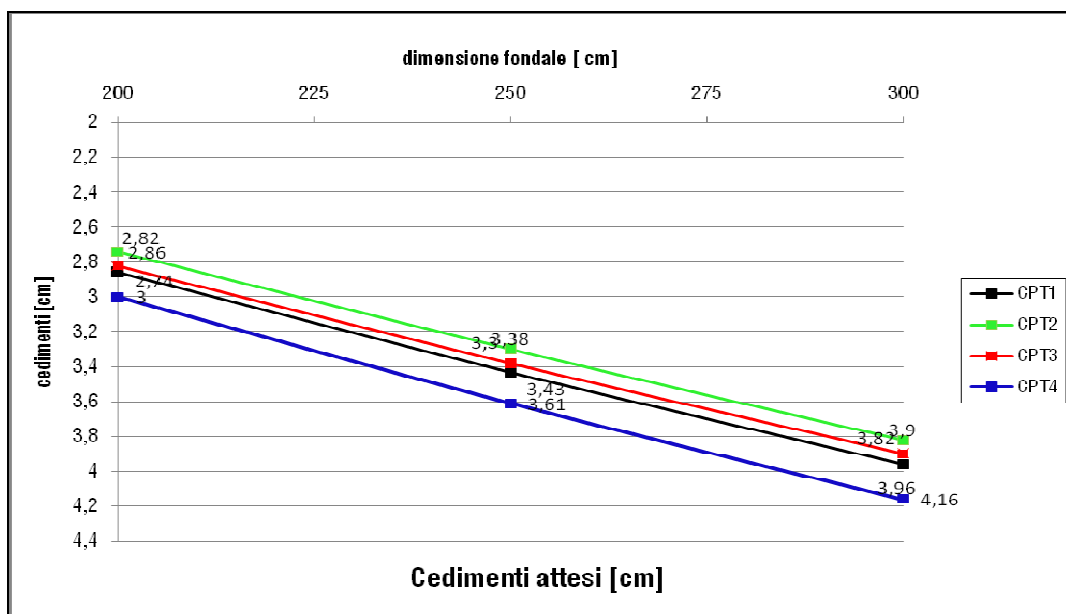
$mv$  = coefficiente di compressibilità di volume ottenuto dalla relazione di *Sanglerat*:  $mv = 1/\alpha q_c$ , nella quale  $\alpha$  è un fattore funzione della litologia formante lo strato a spessore  $H_o$  considerato.

In funzione di un dimensionamento puramente indicativo, sono stati calcolati i cedimenti con diverse ipotetiche dimensioni fondali.

	Cedimenti attesi [cm]		
	B = 200 cm	B = 250 cm	B = 300 cm
CPT1	2,86	3,43	3,96
CPT2	2,74	3,30	3,82
CPT3	2,82	3,38	3,90

CPT4	3,00	3,61	4,16
------	------	------	------

Cedimenti attesi a -10,0 m da piano campagna



Cedimenti totali di queste entità sono usuali per terreni con proprietà geomeccaniche simili a quelle riscontrate; anche i cedimenti differenziali e i valori di distorsione angolare rientrano nell'ambito dell'accettabilità.

In fase progettuale, in relazione alle reali tensioni applicate al suolo, sarà necessario provvedere alla verifica dettagliata dei valori dei cedimenti (verifica di cui lo Scrivente si rende disponibile) e alla corretta scelta delle dimensioni fondali da adottare, al fine di ottenere cedimenti differenziali e valori di distorsione angolare rientranti nell'ambito della tollerabilità.

## VERIFICA AI CEDIMENTI PERMANENTI POST SISMICI (STATO LIMITE DI ESERCIZIO: SLE - SISMA)

La verifica allo stato limite di esercizio in condizioni dinamiche valuta l'entità del cedimento permanente massimo causato dallo scuotimento sismico atteso allo stato limite di esercizio (SLE-SLD).

A tal fine è stata utilizzata la metodologia di *Richards et al. (1993)* nella quale per la valutazione del cedimento indotto in caso di sisma deve essere definito il valore critico dell'accelerazione orizzontale  $kh^*$  per la quale il coefficiente di sicurezza in condizioni sismiche si riduce ad 1. È possibile valutare gli spostamenti dovuti al sisma ( $\Delta$ ) mediante la correlazione ottenuta da *Richards e Elms (1979)*.

In rapporto a quanto esposto, si ottengono, per le fondazioni in progetto, i seguenti cedimenti permanenti post sismici:

Cedimenti attesi [cm]		
B = 200 cm	B = 250 cm	B = 300 cm
0,25	0,27	0,29

Detti valori sono ampiamente tollerabili dalle strutture in progetto.

## CONCLUSIONI

Nell'ambito progettuale relativo alla realizzazione di una nuova stalla per bovini da latte, in Via Botte, Casalgrande (RE), su commissione di **Az. Agr. Trevisi Franco s.s.**, si è effettuata un'indagine geologico geotecnica e sismica, la quale ha evidenziato, in modo riassuntivo, i seguenti punti.

### RELAZIONE GEOLOGICA – CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

- **Inquadramenti territoriali generali:** la zona in esame si ubica in corrispondenza del occidentale del territorio comunale di Casalgrande. Il fabbricato oggetto di analisi si colloca in Via Botte 35 e, dal punto di vista topografico, le quote medie sono comprese tra 90,0 e 91,0 m s.l.m. I terreni in analisi vengono attribuiti, secondo le nuove denominazioni CARG della Regione Emilia Romagna, ai depositi quaternari continentali del Subsistema di Ravenna (**AES8**), costituita da limi e limi argillosi negli apparati dei torrenti minori.
- **Modello geologico:** oltrepassato l'orizzonte rimaneggiato superficiale, il primo terreno naturale è costituito da litotipi argilloso limosi e limoso argillosi, spiccatamente sovraconsolidati (**UGT1**). Tale orizzonte si protrae generalmente sino a  $-5,0 \div -5,8$  m rispetto al piano di esecuzione delle indagini. Esclusivamente in corrispondenza di CPT2 è stata intercettata una lente costituita da materiali a comportamento prettamente coesivo, analoghi a quelli precedentemente descritti, al cui interno sono presenti trovanti maggiormente consistenti attribuibili a concrezioni calcaree o, in alternativa, a ghiaie alterate (**UGT1bis**). Suddetto livello è stato rilevato da  $-2,4$  m sino a  $-4,6$  m da p.c. La sequenza deposizionale prosegue, dunque, con materiali grossolani, quali ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose, immerse in una massa di fondo prettamente coesiva (**UGT2**). All'interno della sequenza principale in CPT3 è stata rilevata una lente costituita da materiali fini, argille limose e limi argillosi anch'essi sovraconsolidati (**UGT2bis**). Il tetto di suddetta lente si pone a  $-7,0$  m da p.c. ed il letto a  $-8,4$  m da p.c. In corrispondenza di CPT3, UGT2 si chiude a  $-10,8$  m da p.c. e la sequenza stratigrafica prosegue con un corpo argilloso limoso e/o limoso argilloso (**UGT3**), il quale si protrae sino almeno a  $-12,0$  m da p.c.
- **Idrogeologia:** al momento delle indagini, all'interno dei fori penetrometrici, non è stata riscontrata la presenza di battente idrico sotterraneo ad eccezione di CPT1, ove la tavola piezometrica è stata intercettata a  $-3,20$  m da p.c.
- **Pericolosità geologica, geomorfologica ed idraulica:** alle attuali condizioni al contorno, il sito si presenta in condizioni di stabilità e sicurezza. Dal punto di vista idraulico, ai sensi della direttiva europea 2007/60/CE, evidenziano uno scenario di **rischio medio R2**.

## RISPOSTA SISMICA LOCALE – PERICOLOSITA' SISMICA

- **Categoria del suolo di fondazione:** i litotipi soggiacenti alla quota di incastro delle fondazioni, sono attribuibili alla categoria B.
- **D.M. 17/01/2018 – Analisi II livello, parametri principali.**

	D.M. 17/01/2018 ( $\beta = 0,24$ )
Latitudine (ED50)	44.59789
Longitudine (ED50)	10.72964
Vita nominale struttura	50 anni
Classe struttura opera	II
Coefficiente d'uso	1,0
Vita di riferimento struttura	50 anni
$V_{s30}$	447 m/sec
Categoria suolo di fondazione	B
Pga di riferimento (SLV)	0,163
Coefficiente di amplificazione stratigrafico	1,200
Coefficienti di amplificazione topografico	1,000
$F_{0SLV}$	2,376
$T_{cSLV}$	0,289 s
coefficiente sismico orizzontale	$k_h = 0,047$
coefficiente sismico verticale	$k_v = \pm 0,024$
$a_{max}/g$	0,196

- **Suscettività a liquefazione sismica:** le caratteristiche litotecniche dei materiali rilevati evidenziano che i terreni che formano il primo sottosuolo presentano un rischio di liquefazione nullo.

## RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI, MODELLAZIONE GEOTECNICA

### Successione geotecnica (CPT1 – CPT2 – CPT3 – CPT4)

Unità geotecnica	Parametri geognostici caratteristici	Parametri geotecnici caratteristici
<b>Orizzonte rimaneggiato superficiale:</b> Da piano campagna a – 1,0 ÷ – 1,5 m da p.c.  Argille e argille limose rimaneggiate dai processi pedogenetici. <b>Orizzonte non idoneo al piano di posa fondale.</b>	$qc_k = 11,05 \text{ kgf/cmq}$ $fs_k = 0,70 \text{ kgf/cm}$	$\phi'_k = 21^\circ$ $c'_k = 0,08 \text{ kgf/cm}$ $c_{uk} = 0,44 \text{ kgf/cm}$ $\gamma_{nk} = 0,00188 \text{ kgf/cm}$ $E_{dk} = 44 \text{ kgf/cm}$ $k_k = 0,91 \text{ kgf/cm}$
<b>UGT1:</b> Da – 1,0 ÷ – 1,5 m a – 5,0 ÷ – 6,0 m da p.c.  Argille e argille limose, a medio elevato grado di sovraconsolidazione. Grado di compressibilità basso.	$qc_k = 27,28 \text{ kgf/cm}$ $fs_k = 1,68 \text{ kgf/cm}$	$\phi'_k = 24^\circ$ $c'_k = 0,15 \text{ kgf/cm}$ $c_{uk} = 0,64 \text{ kgf/cm}$ $\gamma_{nk} = 0,00197 \text{ kgf/cm}$ $E_{dk} = 71 \text{ kgf/cm}$ $k_k = 1,53 \text{ kgf/cm}$
<b>UGT1bis:</b> Solo CPT2: da – 4,5 m a – 4,5 m da p.c.  Argille limose e argille limose consistenti, al cui interno sono presenti concrezioni calcaree e/o ghiaie alterate. Grado di compressibilità basso.	$qc_k = 27,64 \text{ kgf/cm}$ $fs_k = 1,70 \text{ kgf/cm}$	$\phi'_k = 26^\circ$ $c'_k = 0,14 \text{ kgf/cm}$ $c_{uk} = 0,72 \text{ kgf/cm}$ $\gamma_{nk} = 0,00199 \text{ kgf/cm}$ $E_{dk} = 74 \text{ kgf/cm}$ $k_k = 1,70 \text{ kgf/cm}$
<b>UGT2:</b> Da – 5,0 ÷ – 6,0 m a – 7,0 ÷ – 11,0 m p.c.  Ghiaie e ghiaie sabbiose immerse in una massa di fondo coesiva. Grado di compressibilità molto basso.	$qc_k = 81,63 \text{ kgf/cm}$ $fs_k = 2,07 \text{ kgf/cm}$	$\phi'_k = 34^\circ$ $Dr_k = 78\%$ $c'_k = 0,05 \text{ kgf/cm}$ $c_{uk} = 0,25 \text{ kgf/cm}$ $\gamma_{nk} = 0,00205 \text{ kgf/cm}$ $E_{dk} = 180 \text{ kgf/cm}$ $k_k = 5,40 \text{ kgf/cm}$



Az. Agr. Trevisi Franco s.s.	Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Realizzazione di una nuova stalla per bovini da latte, in Via Botte, Casalgrande (RE)
------------------------------	--	---

<b>UGT2bis:</b> Solo CPT3: da - 4,5 m a - 4,5 m da p.c.  Argille limose e limi argillosi. a medio grado di consistenza.	$q_{c_k} = 26,03 \text{ kgf/cmq}$ $f_{s_k} = 1,72 \text{ kgf/cmq}$	$\phi'_k = 23^\circ$ $c'_k = 0,12 \text{ kgf/cmq}$ $c_{uk} = 0,61 \text{ kgf/cmq}$ $\gamma_{nk} = 0,00192 \text{ kgf/cmc}$ $E_{dk} = 60 \text{ kgf/cmq}$ $k_k = 1,29 \text{ kgf/cmc}$
<b>UGT3:</b> da - 11,0 ÷ - 12,0 m p.c.  Argille e argille limose, a medio elevato grado di sovraconsolidazione. Grado di compressibilità basso.	$q_{c_k} = 43,70 \text{ kgf/cmq}$ $f_{s_k} = 2,72 \text{ kgf/cmq}$	$\phi'_k = 25^\circ$ $c'_k = 0,18 \text{ kgf/cmq}$ $c_{uk} = 0,90 \text{ kgf/cmq}$ $\gamma_{nk} = 0,00203 \text{ kgf/cmc}$ $E_{dk} = 92 \text{ kgf/cmq}$ $k_k = 1,98 \text{ kgf/cmc}$

Ove:  $C_u$  = coesione non drenata,  $c'$  = coesione drenata;  $\phi'$  = angolo di attrito efficace,  $D_r$  = densità relativa;  $\gamma_n$  = peso dell'unità di volume;  $E_d$  = modulo edometrico,  $k$  = modulo di reazione.

- **Interazione terreno – struttura:**

In relazione alle caratteristiche litologiche e geotecniche del sottosuolo, è possibile e consigliabile l'utilizzo di fondazioni dirette; il piano di appoggio fondale dovrà essere posto ad una profondità minima, rispetto all'attuale piano di calpestio, almeno pari a: **D = -1,40 ÷ -1,60 m**

Si consiglia, ad ogni modo, di approfondire il più possibile il piano di posa, per evitare l'insorgere di fenomeni reiterati di ritiro – essiccazione.

- **Verifica alle tensioni ammissibili (valore puramente indicativo):**  $q_a = 1,50 \text{ kgf/cmq}$
- **Stato limite ultimo dei terreni di fondazione (D.M. 17/01/2018)**

### Capacità resistenti

	<b><u>Utilizzo coefficienti parziali M1</u></b>	
	<b>SLU (assenza sisma)</b>	<b>SLV (presenza sisma)</b>
<b>Condizioni drenate</b>	R = 4,524 kgf/cmq	R = 4,019 kgf/cmq
<b>Condizioni non drenate</b>	R = 4,191 kgf/cmq	R = 3,868 kgf/cmq

Tali valori possono leggermente variare in funzione della geometria delle fondazioni, delle caratteristiche della struttura in elevazione e delle tensioni effettivamente trasmesse al suolo, determinati in modo preliminare nel corso del presente studio (calcolati per una fondazione a plinto).

### Verifica allo scorrimento del piano di posa fondale

Parametri	Utilizzo coefficienti M1
$\phi'$	$17^\circ$
$c'$ (cautelativamente non si considera)	0,08 kgf/cmq

- **Cedimenti- Stato limite di esercizio:**

Le verifiche eseguite, per carichi preliminarmente ed indicativamente dimensionati, evidenziano che le tensioni di esercizio della struttura in oggetto determineranno abbassamenti dei terreni di sottofondazione accettabili nel contesto dell'interazione terreno – struttura.

### **Accorgimenti da adottarsi in fase esecutiva:**

- In fase progettuale, conosciute le reali tensioni applicate al suolo e alle scelte progettuali, sarà necessario provvedere alla verifica dettagliata dei valori dei cedimenti e alla corretta scelta delle

Az. Agr. Trevisi Franco s.s.	<i>Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica</i>	Realizzazione di una nuova stalla per bovini da latte, in Via Botte, Casalgrande (RE)
------------------------------	---	---

dimensioni fondali da adottare, al fine di ottenere cedimenti assoluti, differenziali e valori di distorsione angolare e cedimenti sismici rientranti nell'ambito della tollerabilità.

- L'orizzonte rimaneggiato superficiale, essendo caratterizzato da processi di alterazione meteorica e di essiccazione e rigonfiamento, **è potenziale sede di battente idrico sotterraneo effimero o venute locali d'acqua**, legate ai periodi di precipitazione meteorica intensa e a fenomeni di infiltrazione dalla superficie; necessiterà, quindi, **prevedere una possibile ed estemporanea saturazione idrica nei primi orizzonti del sottosuolo, sia a fini della fase di realizzazione degli scavi di fondazione sia relativamente alla risalita di umidità sulle strutture in elevazione.**
- In relazione alle particolari caratteristiche del primo sottosuolo, contraddistinto sovente da sensibile variabilità litologica laterale, è consigliabile la presenza di un tecnico abilitato, in fase di scavo e messa alla luce dei piani di posa fondali e dei fronti di scavo, al fine di verificare le caratteristiche litologiche e geomeccaniche dei materiali affioranti e di certificare l'analogia di queste ai dati presentati in tale documento.
- **Nel caso in cui, una volta raggiunta la profondità del piano di posa fondale, si dovesse riscontrare la presenza di materiali non idonei, risulterà necessaria la realizzazione di bonifiche locali, riportandosi alle quote di progetto mediante getti di conglomerato magro.**
- Regolarizzare, comunque, il piano di fondazione mediante getti di conglomerato magro.
- **Al fine di ridurre gli effetti di essiccazione – rigonfiamento nel primo sottosuolo** si consiglia:
  - ✓ approfondire il più possibile il piano di appoggio fondale;
  - ✓ evitare l'impermeabilizzazione completa di superfici esterne all'area d'impronta del fabbricato, soprattutto in epoche successive alla costruzione;
  - ✓ assicurare la tenuta degli elementi di raccolta e di veicolamento di acque bianche e reflue;
  - ✓ prevedere, nelle aree verdi, sistemi di irrigazione a goccia e/o con irrigatori a getto, per evitare la completa desaturazione del primo orizzonte argilloso nei periodi caldi o siccitosi.
  - ✓ evitare la piantumazione di alberi ad alto fusto in adiacenza al fabbricato (soprattutto sui lati meridionale, orientale ed occidentale del fabbricato) o prevederla mediante messa in posa di idonei presidi per gli apparati radicali.
- **Vista la classificazione del territorio in relazione alla pericolosità idraulica,** si consigliano i seguenti accorgimenti progettuali:
  - ✓ I piani di calpestio dell'opera dovranno essere previsti a quote superiori rispetto a quelle degli assi stradali adiacenti.
  - ✓ Gli impianti tecnici siano realizzati con accorgimenti tali da assicurare la continuità del funzionamento dell'impianto, anche in caso di improbabile alluvionamento; le aperture siano a tenuta stagna o provviste di protezioni idonee.
  - ✓ Si raccomanda la realizzazione di un idoneo sistema di raccolta e allontanamento delle acque bianche.
  - ✓ Si consiglia la messa in posa di un idoneo sistema di raccolta e veicolamento delle acque corrivanti sulla superficie areale all'intorno del fabbricato (in grado di proteggere lo stesso dalle piogge critiche o dagli eventi di allagamento).

**Quattro Castella, Maggio 2019**

**Dott. Geol. Paolo Beretti**

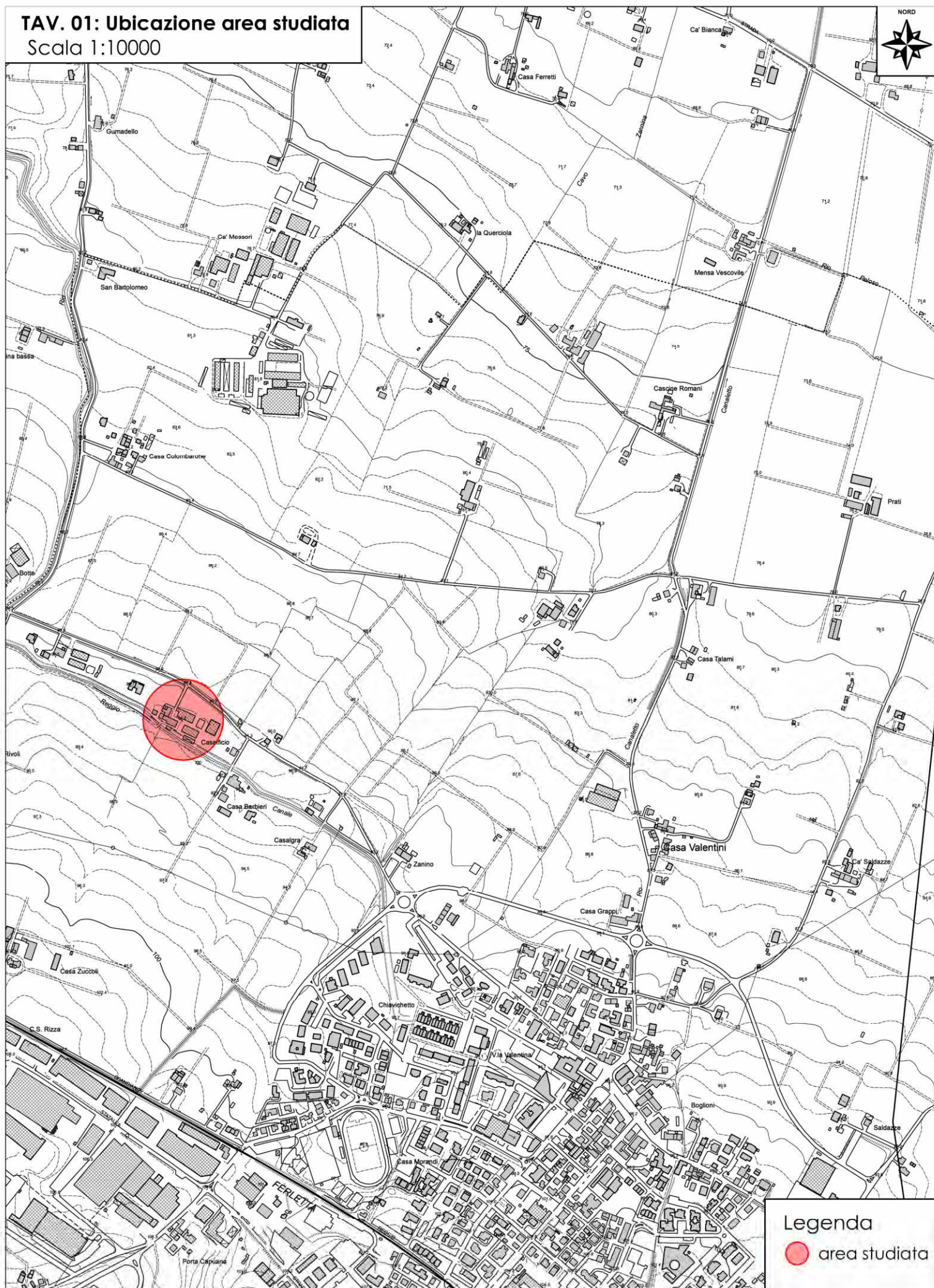
Az. Agr. Trevisi Franco s.s.	<i>Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica</i>	Realizzazione di una nuova stalla per bovini da latte, in Via Botte, Casalgrande (RE)
------------------------------	---	--

## ALLEGATI


- Tav. 1. Ubicazione dell'area.
- Tav. 2. Estratto carta geomorfologica.
- Tav. 3. Ubicazione indagini in situ.
- Prospezione geofisica integrata Re.Mi. – M.A.S.W.
- Prove penetrometriche statiche CPT.
- Analisi statistica prove penetrometriche statiche CPT.
- Verifica al collasso terreno – fondazione.
- Rapporto fotografico.



**TAV. 01: Ubicazione area studiata**  
Scala 1:10000



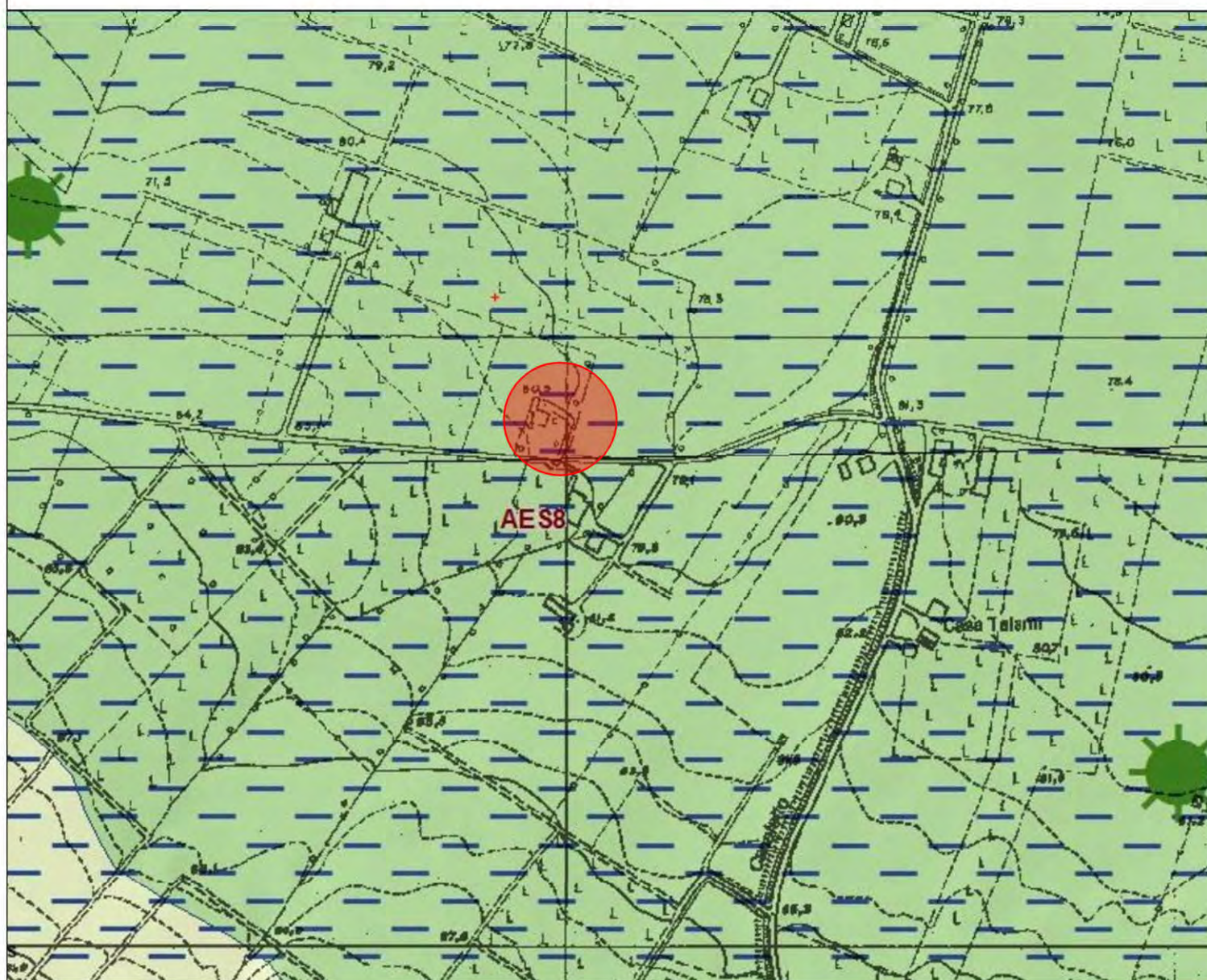
Legenda

 area studiata



## Tav.2 - Carta geologica regionale

Scala 1:5000



### Legenda

#### Successione quaternaria del Margine Appenninico - Padano

**AES8** - Subsistema di Ravenna

**AES7** - Subsistema di Villa Verucchio

**AES7a** Unità di Niviano

**AES7b** Unità di Vignola

**CMZ** - Sistema di Costamezzana

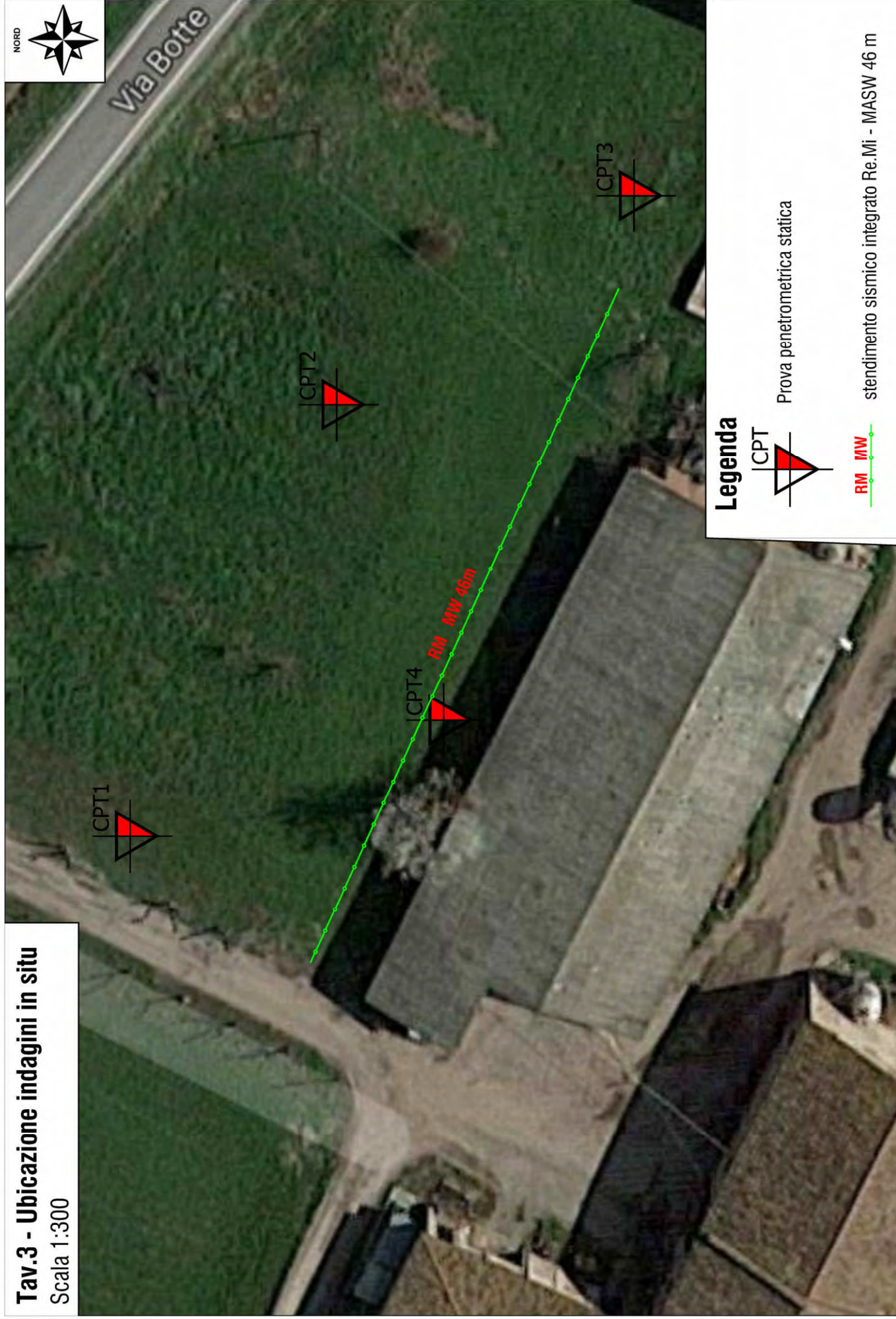


Area studiata



# Tav.3 - Ubicazione indagini in situ

Scala 1:300



## Dott. Geol. Paolo Beretti

Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella Tel. 0522 1695098; fax 0522 1691413, Cell: 348 6902667

Indagine integrata Re.Mi. - M.A.S.W.

Committente: Sig. Trevisi

Località: Casalgrande (RE)

Cantiere: Via Botte 35

Data: 18/04/2019

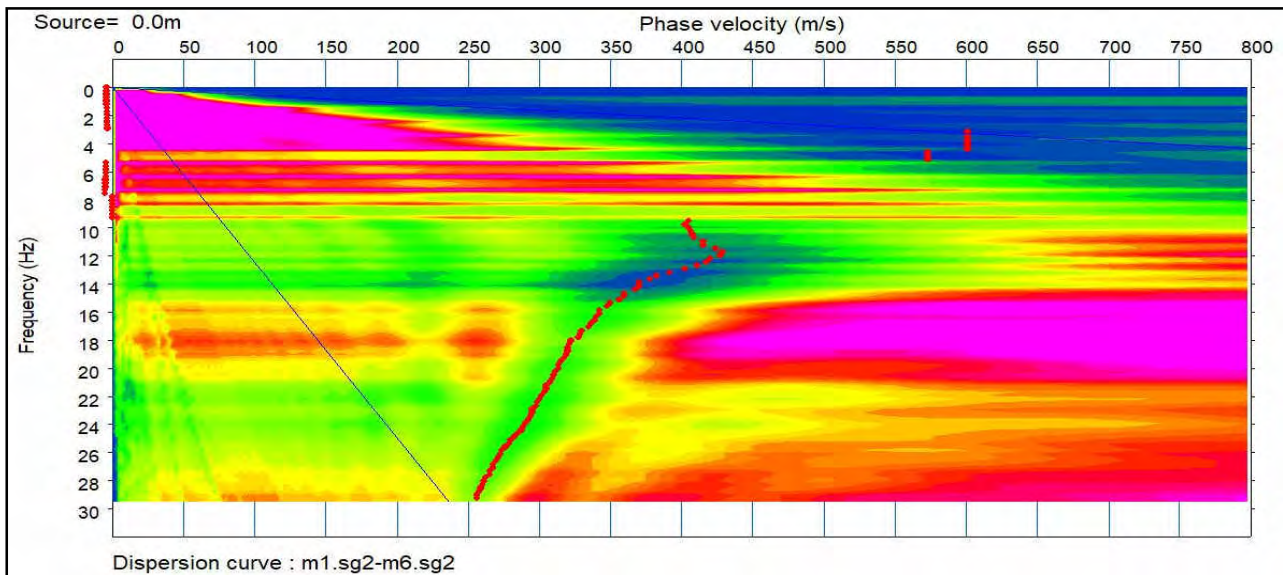


Fig. 1: Dispersione M.A.S.W.

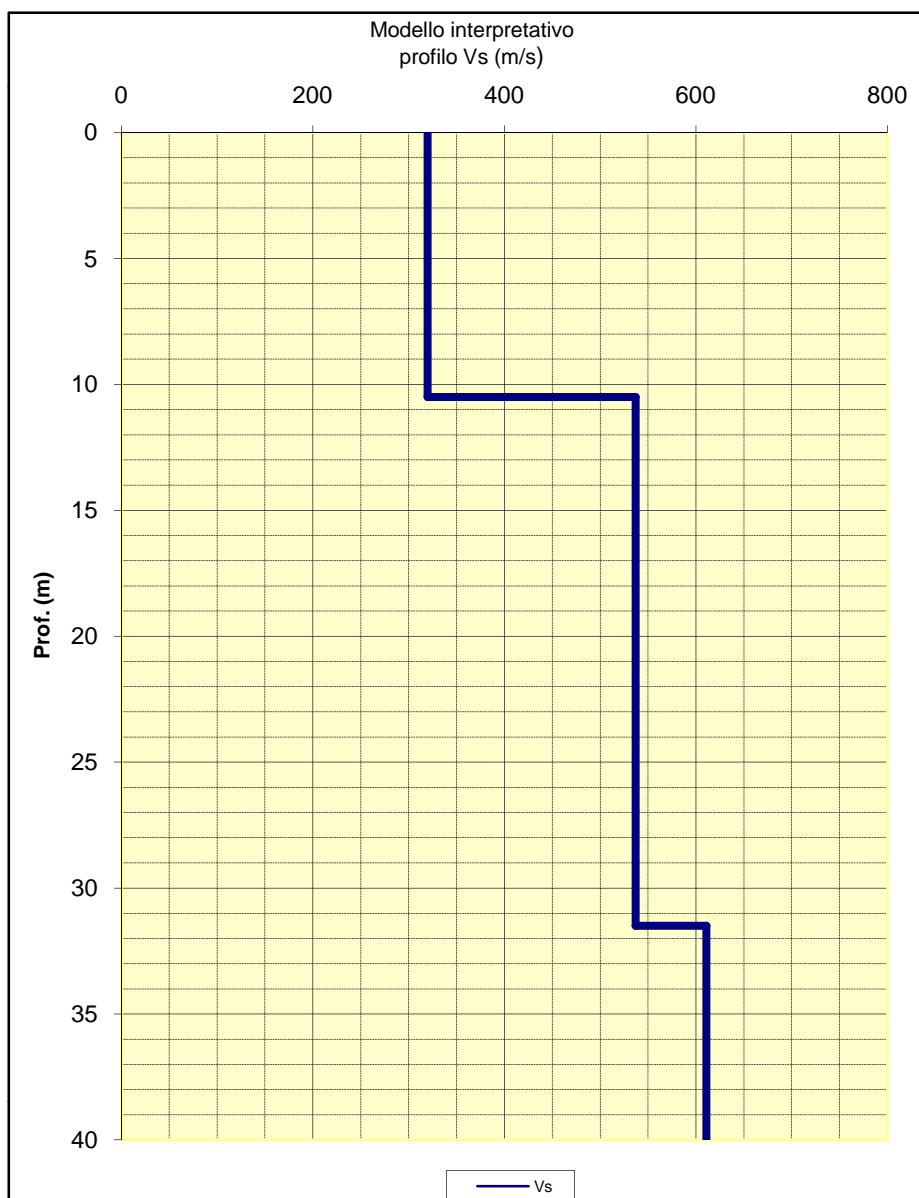


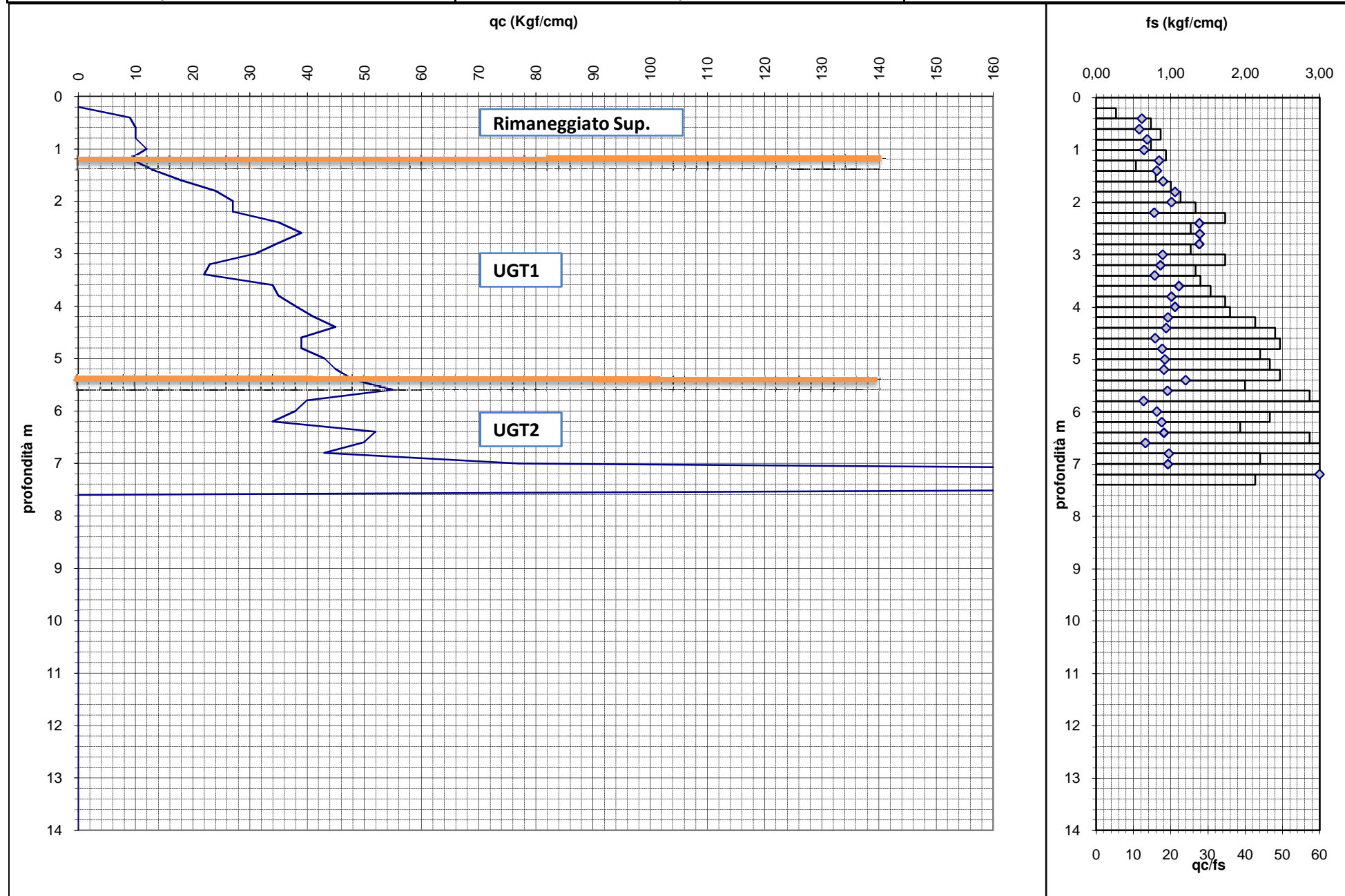
Fig. 2: Profilo onde VS

<div>Dott. Geol. Paolo Beretti</div> <div>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</div> <div>Via De Gasperi 2/1 – 42020 Quattro Castella (RE)</div> <div>Tel.0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667</div>					Prova penetrometrica statica					COMMITTENTE: Sig. Trevisi				
					CPT			1		CANTIERE: Via Botte 35				
					ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200					Data: 18/04/2019				
OPERATORE: Dott. M. Boccaletti					Profondità falda: -3,20 m p.c.									
Letture di campagna e elaborazioni														
PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs
0.2					5.2	45	80	2.47	18.2	10.2				
0.4	9	13	0.73	12.3	5.4	48	85	2.00	24.0	10.4				
0.6	10	21	0.87	11.5	5.6	55	85	2.87	19.2	10.6				
0.8	10	23	0.73	13.6	5.8	40	83	3.13	12.8	10.8				
1.0	12	23	0.93	12.9	6.0	38	85	2.33	16.3	11.0				
1.2	9	23	0.53	16.9	6.2	34	69	1.93	17.6	11.2				
1.4	13	21	0.80	16.3	6.4	52	81	2.87	18.1	11.4				
1.6	18	30	1.00	18.0	6.6	50	93	3.80	13.2	11.6				
1.8	24	39	1.13	21.2	6.8	43	100	2.20	19.5	11.8				
2.0	27	44	1.33	20.3	7.0	77	110	4.00	19.3	12.0				
2.2	27	47	1.73	15.6	7.2	310	370	2.13	145.3	12.2				
2.4	35	61	1.27	27.6	7.4	388	420			12.4				
2.6	39	58	1.40	27.9	7.6					12.6				
2.8	35	56	1.27	27.6	7.8					12.8				
3.0	31	50	1.73	17.9	8.0					13.0				
3.2	23	49	1.33	17.3	8.2					13.2				
3.4	22	42	1.40	15.7	8.4					13.4				
3.6	34	55	1.53	22.2	8.6					13.6				
3.8	35	58	1.73	20.2	8.8					13.8				
4.0	38	64	1.80	21.1	9.0					14.0				
4.2	41	68	2.13	19.2	9.2					14.2				
4.4	45	77	2.40	18.8	9.4					14.4				
4.6	39	75	2.47	15.8	9.6					14.6				
4.8	39	76	2.20	17.7	9.8					14.8				
5.0	43	76	2.33	18.4	10.0					15.0				

LEGENDA: qc = resistenza alla punta; RI = resistenza laterale; fs = resistenza ad attrito laterale locale; qc/fs = rapporto di Begemann



<b>Dott.Geol.Paolo Beretti</b> Via De Gasperi 2/1 – Quattro Castella (RE) Tel. 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667	<b>PROVA PENETROMETRICA</b> C.P.T. N° <b>1</b>	<b>COMMITTENTE:</b> <b>Sig. Trevisi</b>
	<b>ATTREZZO:</b> Pen. statico dinamico Pagani	<b>CANTIERE:</b> Via Botte 35
	<b>QUOTA:</b> p.c.	<b>DATA:</b> 18/04/2019
	<b>Profondità falda:</b> -3,20 m p.c.	

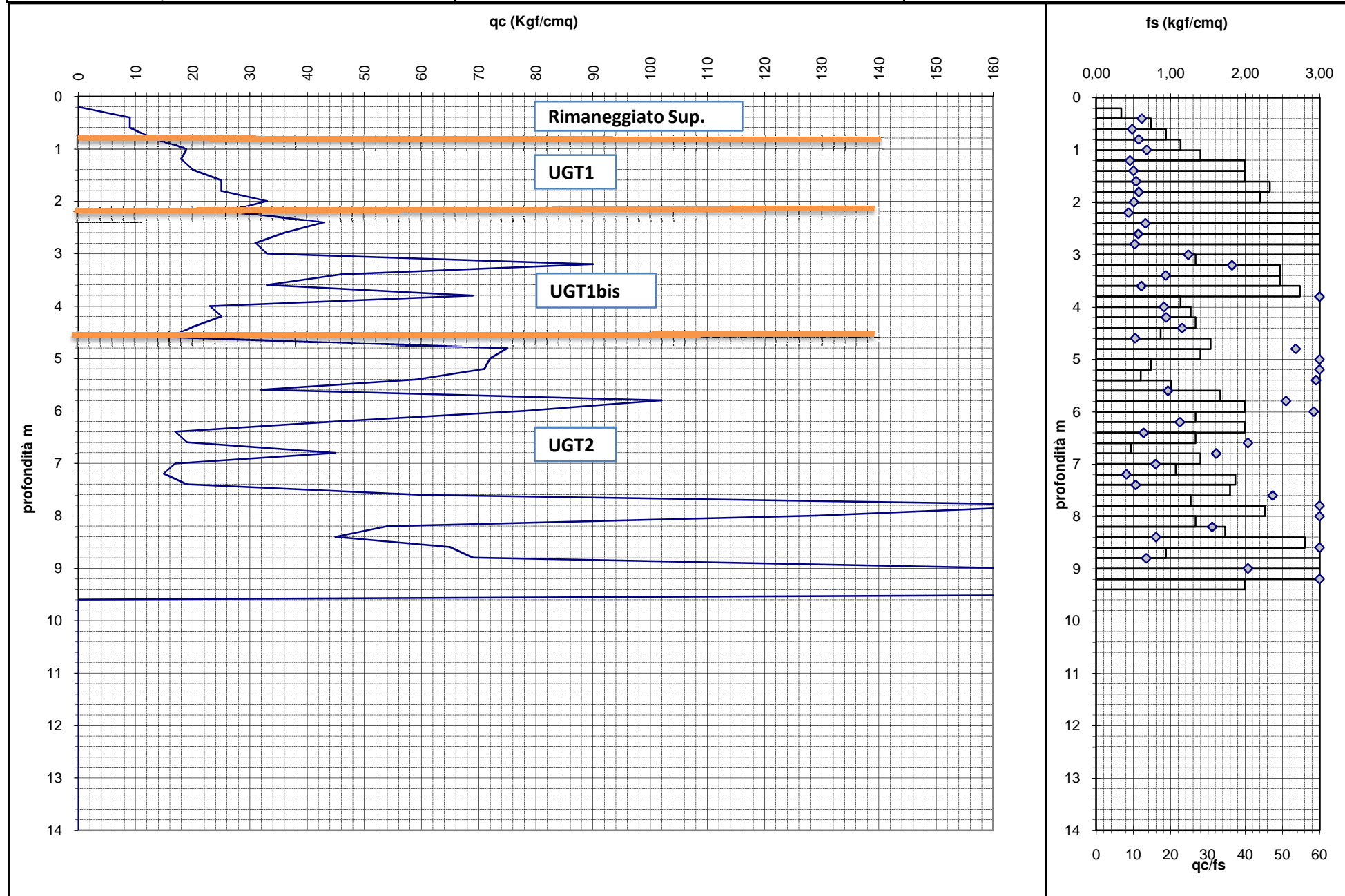


<div>Dott. Geol. Paolo Beretti</div> <div>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</div> <div>Via De Gasperi 2/1 – 42020 Quattro Castella (RE)</div> <div>Tel.0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667</div>					Prova penetrometrica statica					COMMITTENTE: Sig. Trevisi							
					CPT			2		CANTIERE: Via Botte 35							
					ATTREZZO:		Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200							Data:		18/04/2019	
					OPERATORE:		Dott. M. Boccaletti			Profondità falda: foro vuoto							
Letture di campagna e elaborazioni																	
PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs			
0.2					5.2	71	82	0.60	118.3	10.2							
0.4	9	14	0.73	12.3	5.4	59	68	1.00	59.0	10.4							
0.6	9	20	0.93	9.6	5.6	32	47	1.67	19.2	10.6							
0.8	13	27	1.13	11.5	5.8	102	127	2.00	51.0	10.8							
1.0	19	36	1.40	13.6	6.0	78	108	1.33	58.5	11.0							
1.2	18	39	2.00	9.0	6.2	45	65	2.00	22.5	11.2							
1.4	20	50	2.00	10.0	6.4	17	47	1.33	12.8	11.4							
1.6	25	55	2.33	10.7	6.6	19	39	0.47	40.7	11.6							
1.8	25	60	2.20	11.4	6.8	45	52	1.40	32.1	11.8							
2.0	33	66	3.27	10.1	7.0	17	38	1.07	15.9	12.0							
2.2	26	75	3.00	8.7	7.2	15	31	1.87	8.0	12.2							
2.4	43	88	3.27	13.2	7.4	19	47	1.80	10.6	12.4							
2.6	36	85	3.20	11.3	7.6	60	87	1.27	47.4	12.6							
2.8	31	79	3.00	10.3	7.8	174	193	2.27	76.8	12.8							
3.0	33	78	1.33	24.8	8.0	129	163	1.33	96.8	13.0							
3.2	90	110	2.47	36.5	8.2	54	74	1.73	31.2	13.2							
3.4	46	83	2.47	18.6	8.4	45	71	2.80	16.1	13.4							
3.6	33	70	2.73	12.1	8.6	65	107	0.93	69.6	13.6							
3.8	69	110	1.13	60.9	8.8	69	83	5.13	13.4	13.8							
4.0	23	40	1.27	18.2	9.0	163	240	4.00	40.8	14.0							
4.2	25	44	1.33	18.8	9.2	340	400	2.00	170.0	14.2							
4.4	20	40	0.87	23.1	9.4	400	430			14.4							
4.6	16	29	1.53	10.4	9.6					14.6							
4.8	75	98	1.40	53.6	9.8					14.8							
5.0	72	93	0.73	98.2	10.0					15.0							

LEGENDA: qc = resistenza alla punta; RI = resistenza laterale; fs = resistenza ad attrito laterale locale; qc/fs = rapporto di Begemann



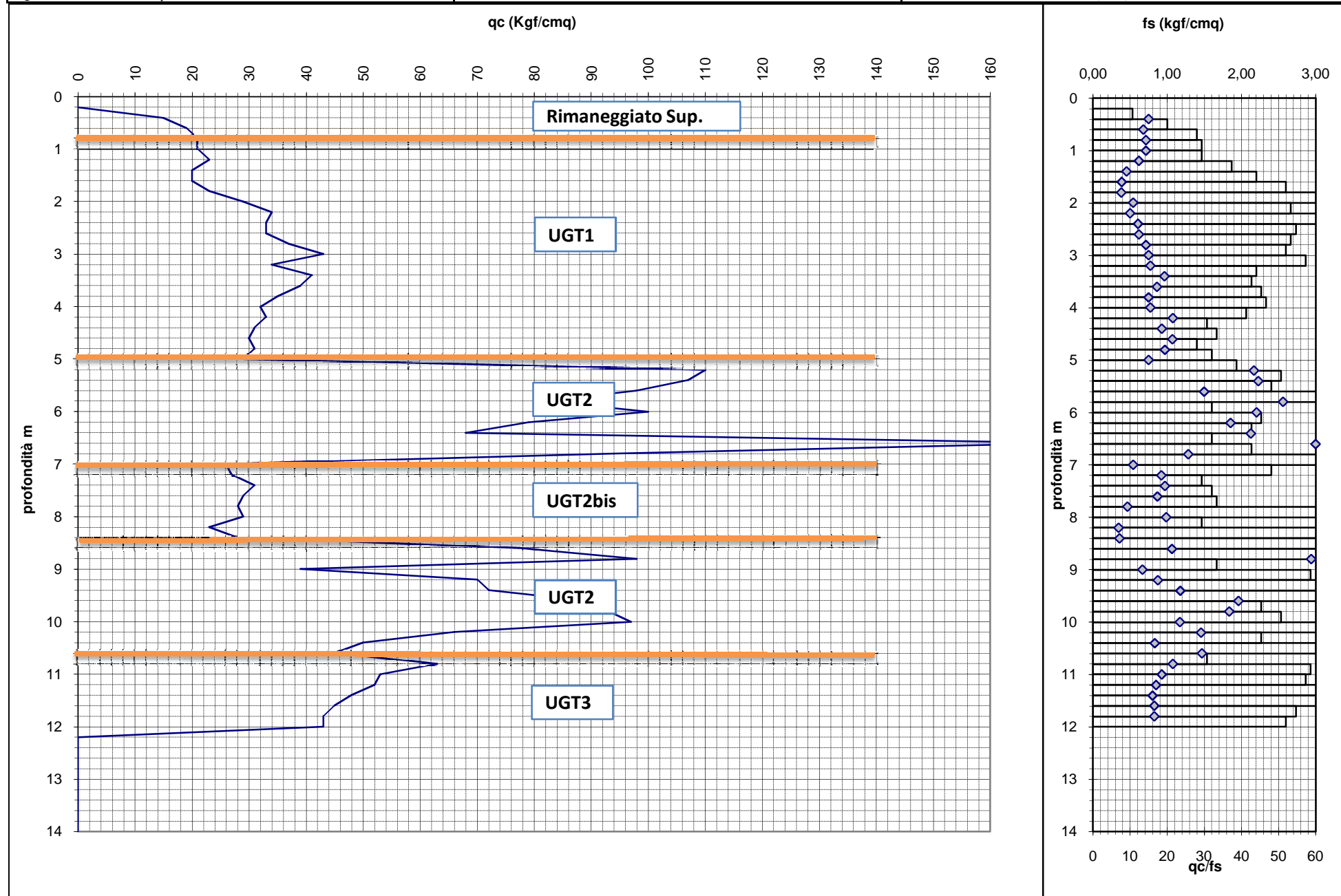
<b>Dott.Geol.Paolo Beretti</b> Via De Gasperi 2/1 – Quattro Castella (RE) Tel. 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667	PROVA PENETROMETRICA C.P.T. N° <b>2</b>	COMMITTENTE: <b>Sig. Trevisi</b>
	ATTREZZO: Pen. statico dinamico Pagani	CANTIERE: Via Botte 35
QUOTA: p.c.	Profondità falda: foro vuoto	DATA: 18/04/2019



<div><b>Dott. Geol. Paolo Beretti</b></div> <div><i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i></div> <div>Via De Gasperi 2/1 – 42020 Quattro Castella (RE)</div> <div>Tel.0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667</div>					Prova penetrometrica statica					COMMITTENTE: Sig. Trevisi				
					CPT		3			CANTIERE: Via Botte 35				
					ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200					Data: 18/04/2019				
OPERATORE: Dott. M. Boccaletti					Profondità falda: foro vuoto									
Letture di campagna e elaborazioni														
PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs
0.2					5.2	110	139	2.53	43.4	10.2	66	128	2.27	29.1
0.4	15	23	1.00	15.0	5.4	107	145	2.40	44.6	10.4	50	84	3.00	16.7
0.6	19	34	1.40	13.6	5.6	98	134	3.27	30.0	10.6	45	90	1.53	29.3
0.8	21	42	1.47	14.3	5.8	82	131	1.60	51.3	10.8	63	86	2.93	21.5
1.0	21	43	1.47	14.3	6.0	100	124	2.27	44.1	11.0	53	97	2.87	18.5
1.2	23	45	1.87	12.3	6.2	79	113	2.13	37.0	11.2	52	95	3.07	17.0
1.4	20	48	2.20	9.1	6.4	68	100	1.60	42.5	11.4	48	94	3.00	16.0
1.6	20	53	2.60	7.7	6.6	174	198	2.13	81.6	11.6	45	90	2.73	16.5
1.8	23	62	3.00	7.7	6.8	94	126	3.67	25.6	11.8	43	84	2.60	16.5
2.0	29	74	2.67	10.9	7.0	26	81	2.40	10.8	12.0	43	82		
2.2	34	74	3.40	10.0	7.2	27	63	1.47	18.4	12.2				
2.4	33	84	2.73	12.1	7.4	31	53	1.60	19.4	12.4				
2.6	33	74	2.67	12.4	7.6	29	53	1.67	17.4	12.6				
2.8	37	77	2.60	14.2	7.8	28	53	3.00	9.3	12.8				
3.0	43	82	2.87	15.0	8.0	29	74	1.47	19.8	13.0				
3.2	34	77	2.20	15.5	8.2	23	45	3.33	6.9	13.2				
3.4	41	74	2.13	19.2	8.4	28	78	3.93	7.1	13.4				
3.6	39	71	2.27	17.2	8.6	78	137	3.67	21.3	13.6				
3.8	35	69	2.33	15.0	8.8	98	153	1.67	58.8	13.8				
4.0	32	67	2.07	15.5	9.0	39	64	2.93	13.3	14.0				
4.2	33	64	1.53	21.5	9.2	70	114	4.00	17.5	14.2				
4.4	31	54	1.67	18.6	9.4	72	132	3.07	23.5	14.4				
4.6	30	55	1.40	21.4	9.6	89	135	2.27	39.3	14.6				
4.8	31	52	1.60	19.4	9.8	93	127	2.53	36.7	14.8				
5.0	29	53	1.93	15.0	10.0	97	135	4.13	23.5	15.0				

LEGENDA: qc = resistenza alla punta; RI = resistenza laterale; fs = resistenza ad attrito laterale locale; qc/fs = rapporto di Begemann

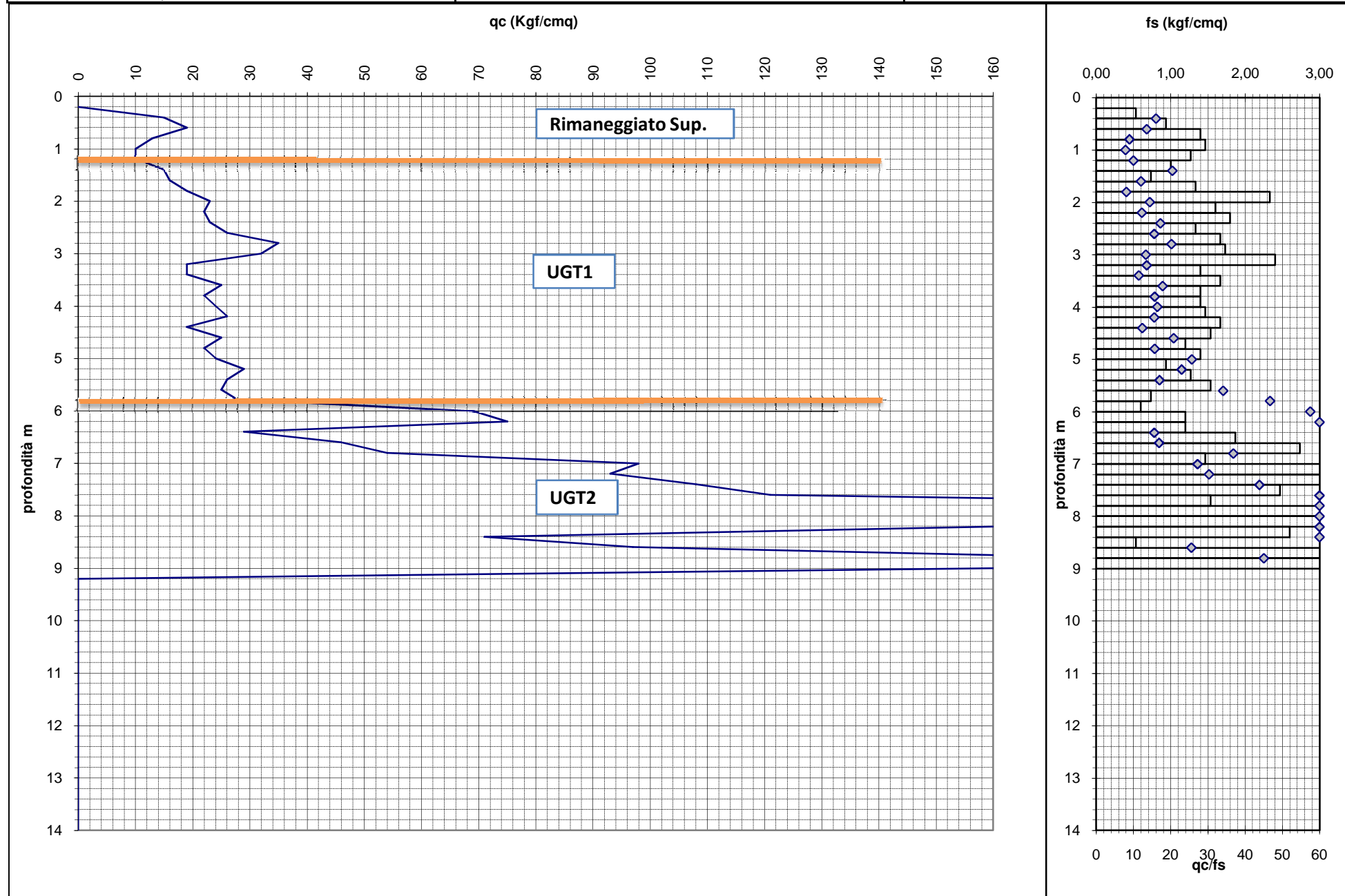
<b>Dott.Geol.Paolo Beretti</b> Via De Gasperi 2/1 – Quattro Castella (RE) Tel. 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667	PROVA PENETROMETRICA	COMMITTENTE:
	C.P.T. N° <b>3</b>	<b>Sig. Trevisi</b>
	ATTREZZO: Pen. statico dinamico Pagani	CANTIERE: Via Botte 35
QUOTA: p.c.	Profondità falda: foro vuoto	DATA: 18/04/2019



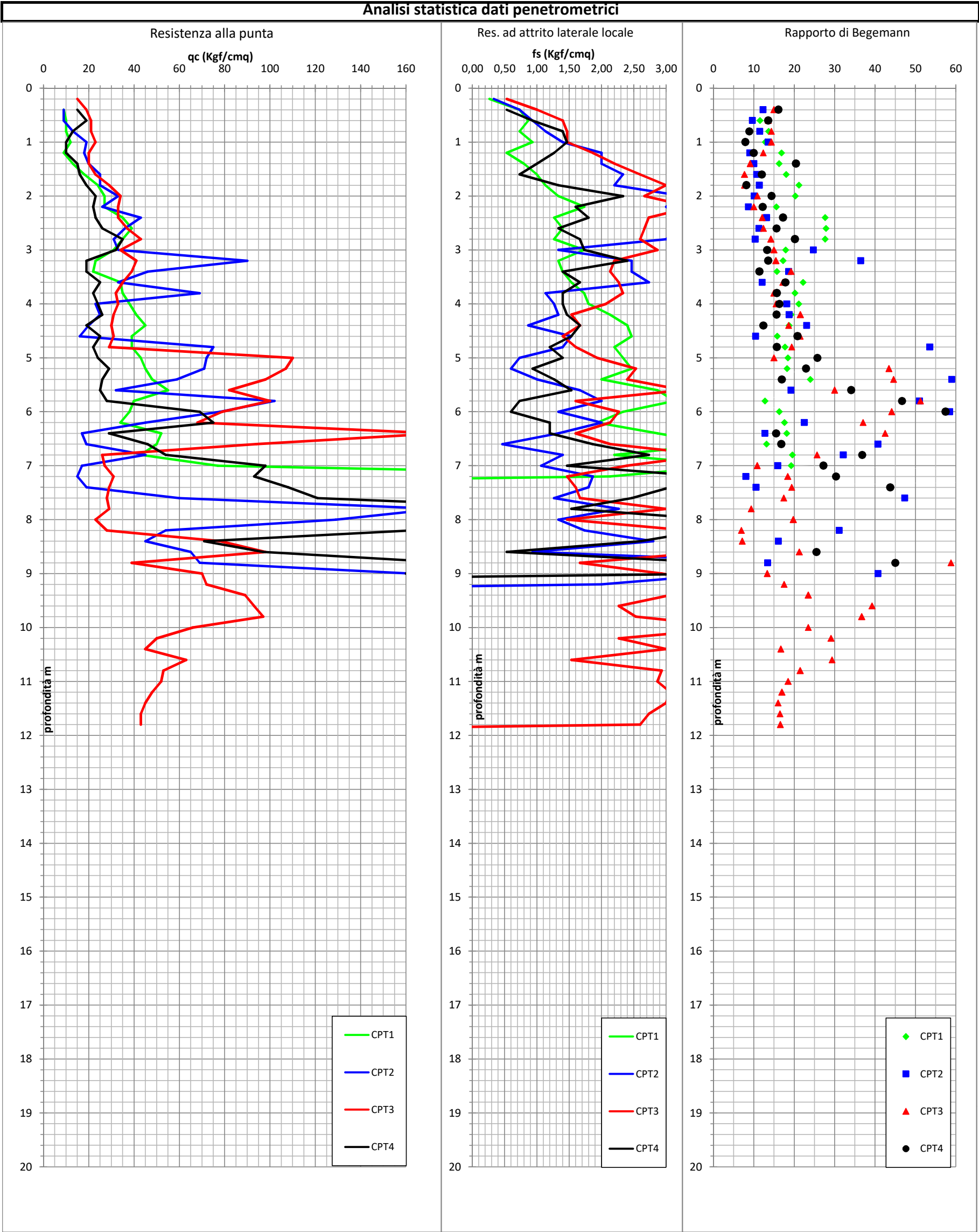
<div><b>Dott. Geol. Paolo Beretti</b></div> <div><i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i></div> <div>Via De Gasperi 2/1 – 42020 Quattro Castella (RE)</div> <div>Tel.0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667</div>					Prova penetrometrica statica					COMMITTENTE: Sig. Trevisi				
					CPT			4		CANTIERE: Via Botte 35				
					ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200					Data: 18/04/2019				
OPERATORE: Dott. M. Boccaletti					Profondità falda: foro vuoto									
Letture di campagna e elaborazioni														
PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs
0.2					5.2	29	43	1.27	22.9	10.2				
0.4	15	23	0.93	16.1	5.4	26	45	1.53	17.0	10.4				
0.6	19	33	1.40	13.6	5.6	25	48	0.73	34.1	10.6				
0.8	13	34	1.47	8.9	5.8	28	39	0.60	46.7	10.8				
1.0	10	32	1.27	7.9	6.0	69	78	1.20	57.5	11.0				
1.2	10	29	1.00	10.0	6.2	75	93	1.20	62.5	11.2				
1.4	15	30	0.73	20.5	6.4	29	47	1.87	15.5	11.4				
1.6	16	27	1.33	12.0	6.6	46	74	2.73	16.8	11.6				
1.8	19	39	2.33	8.1	6.8	54	95	1.47	36.8	11.8				
2.0	23	58	1.60	14.4	7.0	98	120	3.60	27.2	12.0				
2.2	22	46	1.80	12.2	7.2	93	147	3.07	30.3	12.2				
2.4	23	50	1.33	17.3	7.4	108	154	2.47	43.8	12.4				
2.6	26	46	1.67	15.6	7.6	121	158	1.53	78.9	12.6				
2.8	35	60	1.73	20.2	7.8	240	263	3.80	63.2	12.8				
3.0	32	58	2.40	13.3	8.0	350	407	3.60	97.2	13.0				
3.2	19	55	1.40	13.6	8.2	163	217	2.60	62.7	13.2				
3.4	19	40	1.67	11.4	8.4	71	110	0.53	133.1	13.4				
3.6	25	50	1.40	17.9	8.6	97	105	3.80	25.5	13.6				
3.8	22	43	1.40	15.7	8.8	180	237	4.00	45.0	13.8				
4.0	24	45	1.47	16.4	9.0	160	220			14.0				
4.2	26	48	1.67	15.6	9.2					14.2				
4.4	19	44	1.53	12.4	9.4					14.4				
4.6	25	48	1.20	20.8	9.6					14.6				
4.8	22	40	1.40	15.7	9.8					14.8				
5.0	24	45	0.93	25.7	10.0					15.0				

LEGENDA: qc = resistenza alla punta; RI = resistenza laterale; fs = resistenza ad attrito laterale locale; qc/fs = rapporto di Begemann

<b>Dott.Geol.Paolo Beretti</b> Via De Gasperi 2/1 – Quattro Castella (RE) Tel. 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667	PROVA PENETROMETRICA C.P.T. N° <b>4</b>	COMMITTENTE: <b>Sig. Trevisi</b>
	ATTREZZO: Pen. statico dinamico Pagani	CANTIERE: Via Botte 35
QUOTA: p.c.	Profondità falda: foro vuoto	DATA: 18/04/2019







# Calcolo Stati limite ultimi - Verifica al collasso terreno-fondazione

## Parametri fondazione

B	200	cm
D	160	cm
D'	100	cm
$\gamma$	0,00197	kg/cm <sup>3</sup>
	0,00197	kg/cm <sup>3</sup>
$\gamma_H$	0,197	kg/cm <sup>3</sup>
<b>Sisma</b>		
Categoria suolo	B	
$\beta$	0,240	
pga SLV	0,163	
Ss	1,200	
St	1,000	
amax	0,196	
kh	0,047	
Kv	0,023	

## Parametri terreno

M1			M2		
c'	0,150	kg/cm <sup>2</sup>	c'	0,120	kg/cm <sup>2</sup>
$\phi'$	24	°	$\phi'$	19,6	°
$\phi' / \text{grad.}$	0,4189		$\phi' / \text{grad.}$	0,3562	
cu	0,640	kg/cm <sup>2</sup>	cu	0,457	kg/cm <sup>2</sup>
Nc	12,7		Nc	10,8	
Nq	6,8		Nq	5,6	
N $\gamma$	5,7		N $\gamma$	4,5	
zc	0,9374		zc	0,9374	
zq	0,8167		zq	0,7702	
z $\gamma$	0,8167		z $\gamma$	0,7702	
$\omega$	0	°	$\omega$	0	°
Rad( $\omega$ )	0		Rad( $\omega$ )	0	
gc	1,0000		gc	1,0000	
gq	1,0000		gq	1,0000	
g $\gamma$	1,0000		g $\gamma$	1,0000	
sc	1,2		sc	1,2	
sq	1		sq	1	
s $\gamma$	0,8		s $\gamma$	0,8	
$\alpha$	2,87				

## Calcolo tensioni ammissibili

	critica		ammissibile	
condizioni drenate	4,524	kgf/cm <sup>2</sup>	1,508	kgf/cm <sup>2</sup>
condizioni non drenate	4,191	kgf/cm <sup>2</sup>	1,497	kgf/cm <sup>2</sup>

## Carico critico

	Frolich	
condizioni drenate	1,532	kgf/cm <sup>2</sup>
condizioni non drenate	2,207	kgf/cm <sup>2</sup>

## Stato limite ultimo

	R - M1				R - M2			
	SLU		SLV		SLU		SLV	
	4,524	kgf/cm <sup>2</sup>	4,019	kgf/cm <sup>2</sup>	3,368	kgf/cm <sup>2</sup>	2,969	kgf/cm <sup>2</sup>
drenate								
non drenate	4,191	kgf/cm <sup>2</sup>	3,868	kgf/cm <sup>2</sup>	3,050	kgf/cm <sup>2</sup>	2,814	kgf/cm <sup>2</sup>

## Capacità portante resistente Rd (kgf/cm<sup>2</sup>)

Condizioni drenate					
		SLU	SLV		
A1 + M1 + R1	Ed ≤	4,524	Ed <sub>sisma</sub> ≤ 4,019	$\gamma_r = 1$	
A2 + M2 + R2	Ed ≤	1,871	Ed <sub>sisma</sub> ≤ 1,650	$\gamma_r = 1,8$	
A1 + M1 + R3	Ed ≤	1,967	Ed <sub>sisma</sub> ≤ 1,747	$\gamma_r = 2,3$	
Condizioni non drenate					
		SLU	SLV		
A1 + M1 + R1	Ed ≤	4,191	Ed <sub>sisma</sub> ≤ 3,868	$\gamma_r = 1$	
A2 + M2 + R2	Ed ≤	1,694	Ed <sub>sisma</sub> ≤ 1,564	$\gamma_r = 1,8$	
A1 + M1 + R3	Ed ≤	1,822	Ed <sub>sisma</sub> ≤ 1,682	$\gamma_r = 2,3$	

Maugeri e Novità 2002		
	M1	M2
$\phi'$	0,419	0,356
Tan $\phi'$	0,445	0,372
Kh	0,047	0,047
B	5,946	7,164
C	-4,810	-5,404
D	0,498	-1,352
E	-1,635	-1,543
H	1,096	-0,629
I	-2,295	-2,142
h $\gamma$	0,787	0,762
hc	0,924	0,925
hq	0,895	0,898

## RAPPORTO FOTOGRAFICO

Prove penetrometriche statiche CPT:



CPT1



CPT2





**CPT3**



**CPT4**

**Prospezioni geofisiche Re. Mi. – M.A.S.W.:**



**REMI-MASW 46 m**