

PROVINCIA DI FERRARA

COMUNE DI CENTO

CENTO – VIA DEI TIGLI

**PROPOSTA DI ACCORDO PUBBLICO-PRIVATO**  
AI SENSI ART. 18 L.R. 20/2000 FRA COMUNE DI CENTO E SOC. CO.GE.FER. SRL

## RELAZIONE GEOLOGICA, SISMICA e GEOTECNICA



Committente: CO.GE.FER  
CENTO

Data: Ferrara, dicembre 2014  
Rif. Rel. 21C -14



*Marilena Martinucci*

**EDILGEO** *geologia sostenibile*

Studio Tecnico Geologico dr.geol.Marilena Martinucci  
via Pontegradella 11- via Pomposa 27A 44123 Ferrara  
tel. 3356815433 e.mail: edilgeo.fe@email.it - marilena.martinucci@email.it

**COMUNE DI CENTO – VIA DEI TIGLI  
VARIANTE PSC  
RELAZIONE GEOLOGICA, SISMICA e GEOTECNICA**

1. PREMESSA
2. QUADRO DI RIFERIMENTO VINCOLISTICO
  - 2.1. Normativa di riferimento
  - 2.2. Classificazione sismica
  - 2.3. Il Piano Strutturale Comunale
3. MODELLO GEOLOGICO
  - 3.1. Ubicazione dell'area
  - 3.2. Inquadramento geologico del sito
    - 3.2.1. Assetto strutturale e sismicità
    - 3.2.2. Modello geomorfologico
    - 3.2.3. Nota idrogeologica
  - 3.3. Quadro sismico locale
    - 3.3.1. Sismicità storica
    - 3.3.2. L'evento sismico del maggio 2012
    - 3.3.3. Risposta sismica locale
4. INDAGINI IN SITO
5. MODELLO GEOTECNICO
  - 5.1. Categoria di sottosuolo e parametri sismici e geotecnici
    - 5.1.1. Successione litologica
    - 5.1.2. Unità litotecniche
    - 5.1.3. Categoria di sottosuolo
    - 5.1.4. Parametri sismici
  - 5.2. Verifiche di stabilità ai fenomeni di liquefazione

## 1. PREMESSA

Su incarico della Co.Ge.Fer s.r.l. di Cento e per richiesta dell'arch. Massimo Pastore di Ferrara si redige la presente Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica per l'inserimento in variante di un'area nel PSC del comune di Cento.

La normativa vigente prevede per ogni intervento posteriore alla data del 24 ottobre 2005 l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni unitamente alle Norme sismiche. Dal 29 giugno 2009 è in obbligo applicare le Norme Tecniche 14 gennaio 2008 che già contengono l'Azione sismica. Dall'ottobre 2005 quindi i piani e i progetti che prevedono un iter di approvazione devono presentare la Relazione Geologica e la Relazione Geotecnica come parte integranti.

Secondo le NTC 2008 la Relazione Geologica deve comprendere

- Un Modello Geologico che dia un quadro strutturale del sito, una lettura litomorfologica del territorio, indicazioni idrauliche e valutazioni idrogeologiche; Indicazioni sulla pericolosità sismica dell'area, sulla risposta sismica locale e sui possibili effetti di sito;
- Un Modello Geotecnico sulla base di una Indagine Geognostica, che indichi la categoria del sottosuolo, i parametri di accelerazione massima attesa al sito, il valore di amplificazione stratigrafica ed eventualmente topografica; la caratterizzazione geotecnica delle Unità litostratigrafiche; la valutazione della possibilità di liquefazione ed un eventuale calcolo dei cedimenti.

Il Comune di Cento – Settore Lavori Pubblici e Assetto del territorio, fornisce le Specifiche tecniche riguardanti la Relazione Geologica – Geotecnica e Sismica in base alla vigente normativa.

Questa Relazione raccoglie i dati raccolti elaborandoli all'interno della ricostruzione geostorica del sito, della Pianificazione Comunale adottata, degli eventi sismici accaduti, nell'intento di dare indicazioni in sicurezza geotecnica e sismica nel rispetto delle Norme Tecniche per le costruzioni e delle altre norme vigenti.

L'Indagine ha previsto un numero minimo di prove geognostiche, finalizzate unicamente alla ricostruzione del Modello geologico e geotecnico sitospecifico. In fase di Piano attuativo sarà necessario verificare le condizioni idrogeologiche, idrauliche, geotecniche e sismiche in funzione della distribuzione delle aree e della tipologia degli interventi e la variabilità laterale dei primi dieci metri. Sarà inoltre opportuno procedere tramite un sondaggio alla acquisizione diretta dei parametri geotecnici dei livelli interpretabili come liquefacibili in base alle CPTU eseguite.

Il sito oggetto di studio è localizzato a Cento, fra le località di Renazzo e Corpo Reno, via Nuova – via Panperso.



## 2. QUADRO DI RIFERIMENTO VINCOLISTICO

La Relazione geologica per una variante al PSC deve dare le necessarie indicazioni per operare nella conoscenza delle pericolosità geologico-tecniche riguardo la tutela dal rischio idrogeologico, idraulico, sismico e geotecnico, tenendo conto dei vincoli ambientali e delle prescrizioni tecnico-amministrative.

Di seguito le leggi e norme di interesse sia nazionale che della regione Emilia-Romagna seguite nella esecuzione di tale studio e nella stesura della Relazione.

### 2.1. Normativa di riferimento

Legge 2 febbraio 1974 n. 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche."

D.P.R. n.380, 6 giugno 2001. Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia.

Ordinanza n 3274 P.C.M. del marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"

Decreto Ministeriale 14.01.2008, Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

PCM – Dip. Protezione Civile, Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica, Parti I, II e III. Roma settembre 2008.

Direttiva P.C.M. “Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni”

D. lgs. n.163, 12 aprile 2006 “Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”

D.P.R. n.207, 5 ottobre 2010 “Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE»”

AGI Associazione Geotecnica Italiana. Raccomandazioni sulle prove Geotecniche di laboratorio.,1994

A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) “Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche (giugno 1977)”.

A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) “Raccomandazioni sui pali di fondazione (dicembre 1984)”.

Eurocode EC-7 : Geotechnics,design – 1997 – 2002

Eurocode EC-8 : Geotechnics,design - 1998

L.R. 25 Novembre 2002 n. 31 “Disciplina generale dell’edilizia”

Delibera 112 del 2 maggio 2007 “Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell’art.16,comma 1 della L.R. 20/2000 “ per “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”

L.R. 30 ottobre 2008, n.19 “Norme per la riduzione del rischio sismico”

Delibera GR E-R n.936/2008 “Programma delle verifiche tecniche e piano degli interventi di adeguamento e miglioramento sismico previsto all’art.1, comma 4, lettera c) dell’OPCM 3362/2004 e s.m.i. (annualità 2005).

Delibera GR E-R n.121/2010 “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 LR n.19 del 2008”

Delibera GR E-R n.687/2011 “Atto di indirizzo indirizzato recante individuazione degli interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici e delle varianti in corso d’opera, riguardanti parti

strutturali che non rivestono carattere sostanziale, ai sensi degli articoli 9, comma 4, e 10, comma 3, della LR n.19 del 2008”

Delibera GR E-R n.1373/2011 “Atto di indirizzo recante l’individuazione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per gli altri titoli edilizi, alla individuazione degli elaborati costitutivi e dei contenuti del progetto esecutivo riguardante le strutture e alla definizione delle modalità di controllo degli stessi, ai sensi dell’art.12, comma 1, e dell’art.4, comma 1, della L.R. n.19 del 2008”

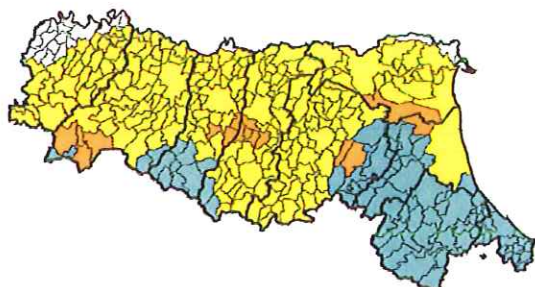
Decreto legge 6 giugno 2012, n. 74, coordinato con la legge di conversione 1° agosto 2012, n. 122, recante: “Interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici che hanno interessato il territorio delle province di Bologna, Modena, Ferrara, Mantova, Reggio Emilia e Rovigo, il 20 e il 29 maggio 2012.”

Legge Regionale Emilia-Romagna n.16 del 21 dicembre 2012 “Norme per la ricostruzione nei territori interessati dal sisma del 20 e 29 maggio 2012”.

Ordinanza R.E.R. n.120 11 ottobre 2013 “Attuazione del Programma, aggiornato al settembre 2013 delle Opere Pubbliche e dei beni Culturali danneggiati dagli eventi sismici del 29 maggio 2012. Approvazione piani annuali 2013-2014” Allegati A-B-C-D-E

## 2.2. Classificazione sismica

Il territorio dell'Emilia-Romagna è classificato sismico nella sua interezza dal 24 ottobre 2005.

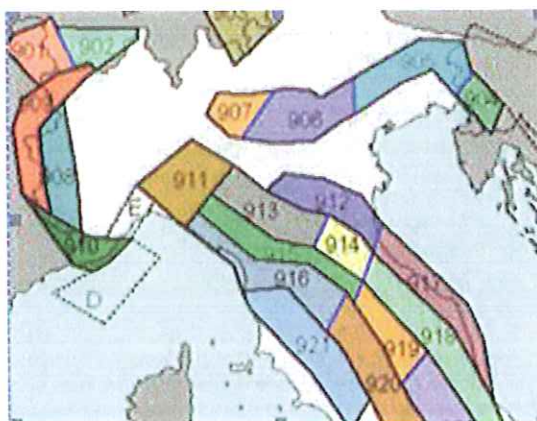


Classe	sismicità	PGA
2	media	0,15-0,25 g
3	bassa	0,05-0,15 g
4	molto bassa	< 0,15 g

I comuni della provincia di Ferrara appartengono per la maggior parte alla classe 3, con esclusione di Argenta classificata in classe 2 e i comuni di Berra, Mesola e Goro inseriti in classe 4.

La classificazione è operata dalle Regioni sulla base della Mappa MPS04 di riferimento di tutto il territorio nazionale in base all'OPCM 3519/2006. Questa Mappa della Pericolosità sismica indica la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo. Essa si basa sia sulla storia dei terremoti avvenuti riportati negli Elenchi, che sulla geologia delle zone di sorgente (zone sismogenetiche) e sulla propagazione-attenuazione delle onde.

Nella zonazione nazionale ZS9 la zona di riferimento sismogenetica è la n°12, la porzione più esterna della fascia in compressione dell'arco dell'Appennino settentrionale, con le zone-sorgente longitudinali rispetto all'asse della catena appenninica. La profondità efficace, cioè la profondità alla quale avviene il maggior numero di terremoti, e che determina la pericolosità della zona, corrispondente allo strato sismogenetico, per la zona S912 è valutato, con calcolo probabilistico, intorno a 7 Km.



INGV: Zonazione Sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto conclusivo marzo 2004

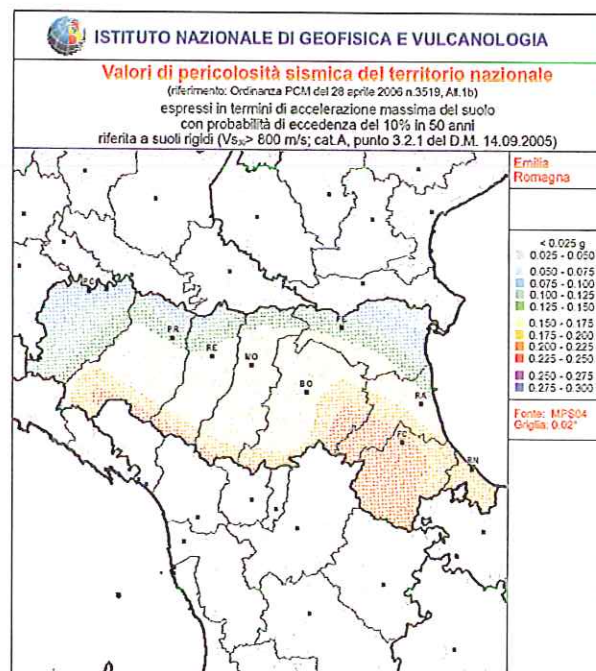
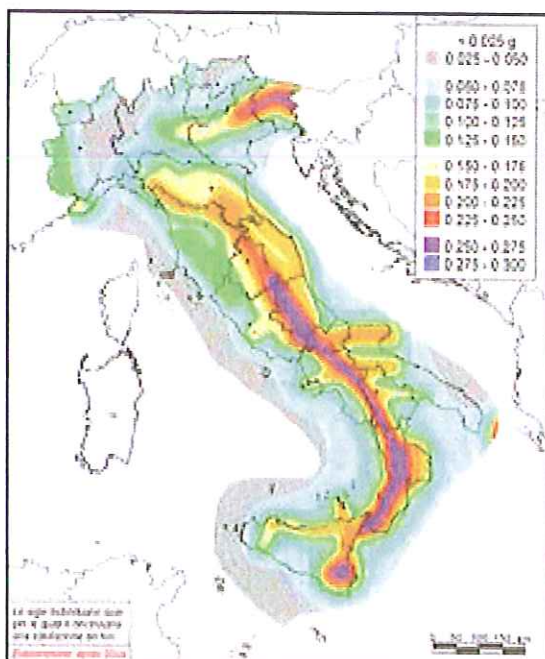
La carta della Pericolosità sismica del territorio nazionale è stata redatta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.) sulla base dei valori di accelerazione massima al suolo ( $a_g$ ), con probabilità di

superamento in 50 anni del 10%, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da  $V_{s30} > 800$  m/s ( $V_{s30}$  è la velocità media delle onde sismiche di taglio entro i primi 30 metri di sottosuolo).

In base a questi valori il sottosuolo del territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone caratterizzate da valori diversi di  $a_g$ .

zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g/g$ )	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $a_g/g$ )
1	> 0,25	0,35
2	0,15 – 0,25	0,25
3	0,05 – 0,15	0,15
4	< 0,05 g	0,05

Tabella – valori di accelerazione per le quattro zone sismiche



Le mappe di pericolosità sismica dell'I.N.G.V.

### 2.3. Il Piano Strutturale Comunale

Il comune di Cento è dotato di Piano Strutturale con adozione in data 23 luglio 2010 e successivamente, a seguito degli eventi sismici posteriori, integrato dalla Microzonizzazione sismica eseguita dalla Regione Emilia-Romagna.

La Relazione "Contributo Natura Geologica, Geomorfologica ed Idrogeologica" è stata redatta dalla Università di Ferrara a cura del prof. Torquato Nanni.

Per quanto riguarda la pericolosità sismica si fa riferimento inizialmente, come richiede la normativa, alla Relazione Geotecnica Sismica a firma degli Ingegneri Fioravante-Colombi-Giretti dell'Università di Ferrara – Consorzio Ferrara Ricerche. Infatti l'Atto della Regione E-R n.1373/2011 al punto B.2.2 Allegato B riporta come elementi essenziali della relazione di calcolo "descrizione ... delle caratteristiche geologiche, morfologiche e idrogeologiche del sito oggetto di intervento e con l'indicazione, ..., di eventuali problematiche riscontrate e delle soluzioni ipotizzate, tenuto conto anche delle indicazioni degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica;" e "normativa tecnica e riferimenti tecnici utilizzati, tra cui le eventuali prescrizioni sismiche contenute negli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica;" infine per quello che riguarda l'azione sismica "definizione dei parametri di progetto che concorrono alla definizione dell'azione sismica di base del sito...."

Prova	Categoria sismica sito	Fattore di amplificazione	Potenziale liquefazione	Suscettibilità liquefazione	Suscettibilità cedimenti
CN01	D	1.5	0.91	Bassa	Potenziale
CN02	C	1.5	0	Nulla	Assente
CN03	C	1.5	0.28	Bassa	Assente
CN04	D	1.5	0.41	Bassa	Potenziale
CN05	C	1.5	0	Nulla	Assente
CN06	C	1.5	0.1	Bassa	Assente
CN07	D	1.5	0.16	Bassa	Potenziale
CN08	D	1.5	0.74	Bassa	Potenziale
CN09	C	1.5	0.4	Bassa	Assente
CN10	C	1.5	0.01	Bassa	Assente
CN11	C	1.5	0.23	Bassa	Assente
CN12	C	1.5	0.68	Bassa	Assente
CN13	D	1.5	0.67	Bassa	Potenziale
CN14	D	1.5	0.75	Bassa	Potenziale
CN15	C	1.5	0.27	Bassa	Assente
CN16	C	1.5	0.73	Bassa	Assente
CN17	C	1.5	0.36	Bassa	Assente
CN18	C	1.5	0.16	Bassa	Assente
CN19	C	1.5	0.27	Bassa	Assente
CN20	C	1.5	0.34	Bassa	Assente

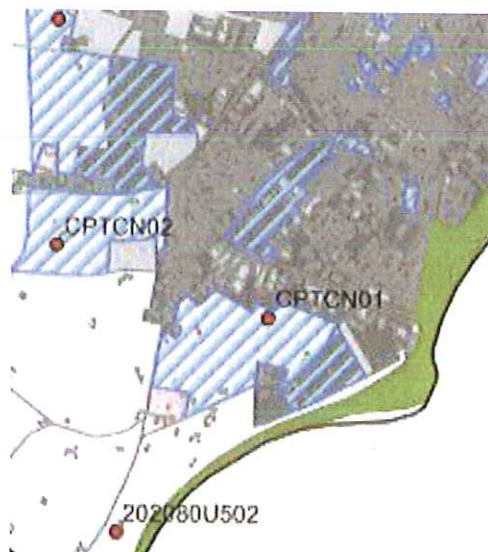


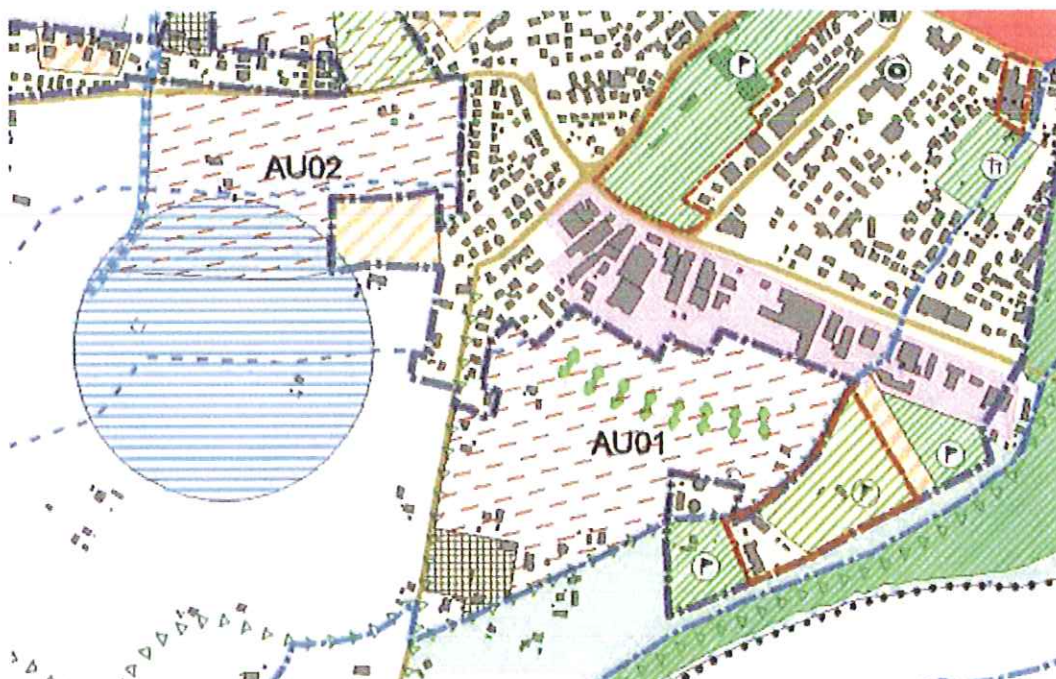
Tabella 6.6.1 – Risultati delle elaborazioni condotte sulle nuove prove

La CPT CN01 è stata eseguita al margine dell'area oggetto di studio. Si riportano le conclusioni della Relazione del Piano:

- I terreni del comune sono classificabili sismicamente all'interno delle categorie C e D
- Il fattore di amplificazione sismica di origine litostatigrafica è ovunque pari ad 1.5 (in base alla vigente legislazione regionale)
- I siti indagati mostrano generalmente una bassa o nulla suscettibilità a liquefare se soggetti al sisma di progetto
- Una parte dei siti analizzati (in particolare quelli ricadenti nel database regionale e provinciale) mostra una potenziale suscettibilità a manifestare cedimenti indotti da sisma a causa della scarse proprietà geotecniche dei terreni presenti. La maggior parte dei siti indagati con la specifica campagna di indagine condotta è risultata esente da problemi di cedimenti indotti da sisma.

Le valutazioni qui riportate sono strettamente legate alle verticali di prova disponibili.

dalla Relazione Geotecnica sismica del PSC



Estratto dalla Relazione di Piano

### 3. MODELLO GEOLOGICO

#### 3.1. Ubicazione dell'area



foglio 54, part.95

*Stralcio da Google-map e mappa catastale*

L'area è ubicata a sud est dell'abitato di Cento, a ridosso della fascia arginale del fiume Reno.

#### 3.2. Inquadramento geologico del sito

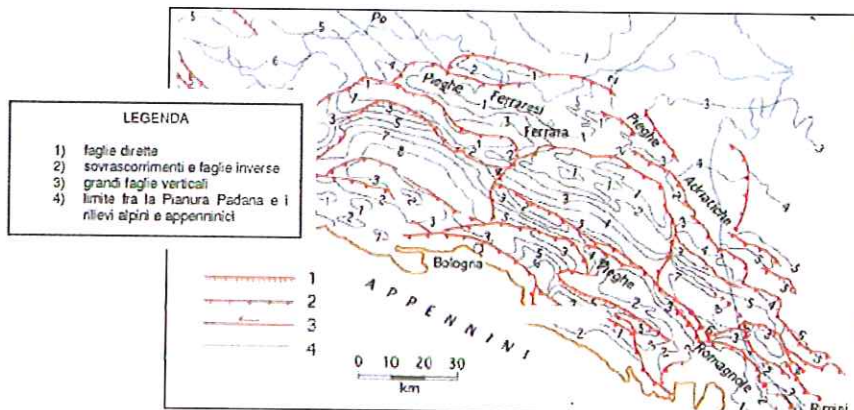
##### 3.2.1. Assetto strutturale e sismicità

Il territorio della provincia di Ferrara è parte dell'ampio bacino subsidente padano in cui, a partire dal periodo Cenozoico, si sono riversati i sedimenti provenienti dall'erosione della catena alpina e degli Appennini e il cui assetto deve essere visto nel suo complesso di substrato roccioso e coltre alluvionale.

Il substrato roccioso costituisce il margine della struttura nord-appenninica formatasi a partire dalla fine dell'era mesozoica con l'avvicinamento del Margine europeo a quello Insubro-appenninico e il formarsi delle prime catene montuose nel Cretaceo-Eocene consistente nella formazione di coltri dovute alla subduzione della crosta continentale con il suo successivo riaffioramento in superficie a causa della minore densità rispetto alla crosta oceanica e al mantello stesso.

Nell'Oligo-Miocene, con la completa consunzione della crosta oceanica, la deformazione interessa la crosta continentale. In questa fase si ha un trasporto del margine interno, tirrenico, verso quello esterno, adriatico, fino all'apertura, nel tardo Miocene, del Bacino Tirrenico.

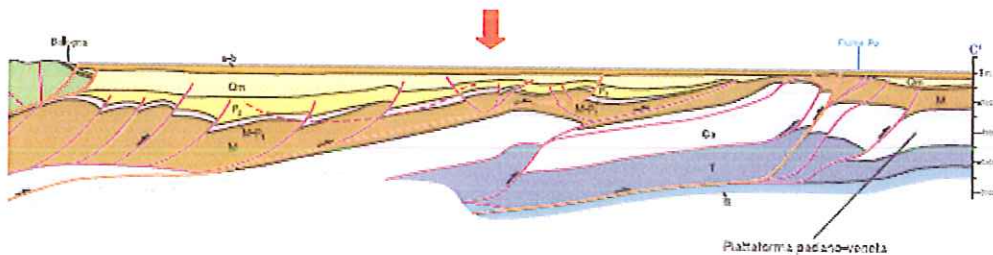
Il Sistema Nord-appenninico è contraddistinto, e si riconoscono ancora ora (Boccaletti et al.,1984), da una serie di strutture omogenee longitudinali: il margine interno tirrenico, il margine esterno adriatico, una parte sepolta sotto la coltre alluvionale padana, l'omoclinale pede-alpina.



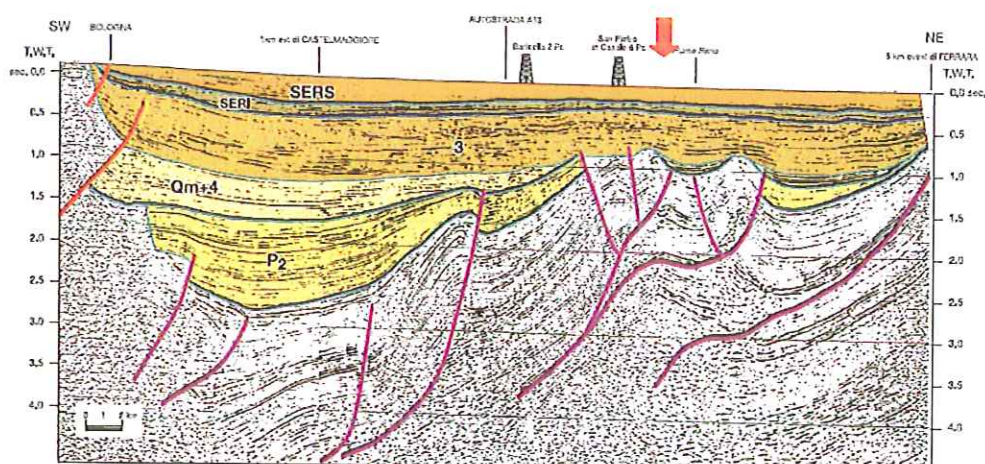
Carta strutturale della Pianura Padana (Pieri e Groppi, 1992)

Queste strutture longitudinali hanno subito dislocazioni individuate in lineamenti trasversali.

Le strutture che interessano la provincia ferrarese appartengono alla catena esterna nella sua parte sepolta. Essa presenta sovrascorrimenti pede-appenninici attivi dal tardo Miocene fino ad ora, che si presentano come una tipica struttura da ambiente compressivo, a ventaglio embriciato, il cui scollamento principale si trova alla base delle successioni mesozoiche.



Sezione litostrutturale con direzione Sud - Nord da Bologna al fiume Po



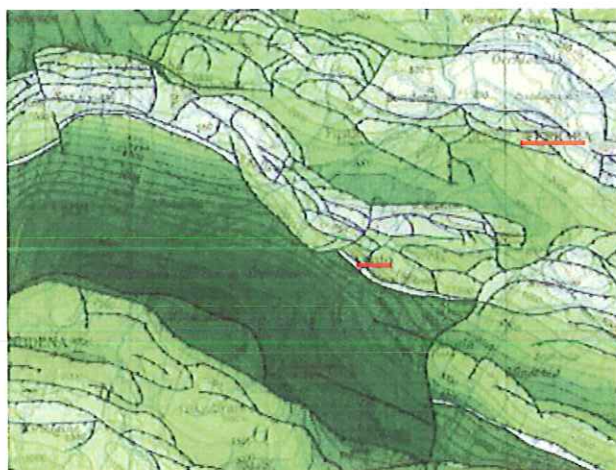
AGIP - sezione sismica con direzione sud - nord da Bologna a Ferrara

I cunei sinsedimentari ricoprono e fissano le strutture tettoniche permettendone la datazione. Risulta che le fasi tettoniche più accentuate si sono verificate tra il Messiniano e il Pliocene inferiore (5 ml di anni fa) e alla fine del Pliocene ( 2 ml di anni fa), mentre il Quaternario mostra ondulazione accentuata fino al Pleistocene medio superiore, non escludendo una attività olocenica (Castellarin et al.,1985).

La sedimentazione avvenuta contemporaneamente agli avvenimenti tettonici, è stata di ambiente marino nel Pleistocene medio e inferiore a causa della continua subsidenza seguita dal ritiro del mare a più riprese.

In seguito, per la regressione wurmiana dell'ultima era glaciale, si ha la conseguente sedimentazione continentale e quindi la trasgressione olocenica che interesserà la parte orientale della struttura, in subsidenza rispetto all'alto strutturale della dorsale.

Ne consegue pertanto un assetto tettonico prepliocenico molto vario, con profondità del substrato dai 2700 metri del sinclinorio di Ferrara sud, ai 250 dell'alto strutturale di Mirandola.



*Modello strutturale che evidenzia l'alto strutturale delle Dorsali (Bigi e al. 1992)*

Inoltre, dai confronti dei dati sulla neotettonica (Bondesan e Castellani) e da recenti studi sismici (Agip, carta dei riflettori), si deduce la presenza di una faglia trascorrente, a direzione NE-SW, probabilmente ancora attiva.

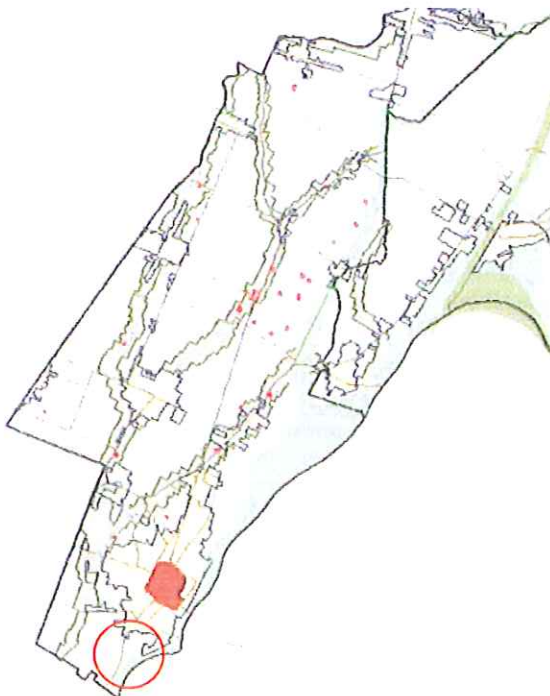
### *3.2.2. Modello geomorfologico*

Il territorio in esame rappresenta un ambiente di pianura, formato dall'azione dei corsi d'acqua appenninici, di cui i principali sono il Panaro e il Reno.

L'evoluzione dei loro corsi, fino all'irrigidimento dell'alveo ad opera dell'uomo, è interpretabile, oltre che dalla stratigrafia del sottosuolo, dalla morfologia ancora leggibile.

Il Reno ha modificato più volte il suo corso, spostandosi sia verso est che verso ovest. Sui terreni alluvionali abbandonati, a quote più alte, sorsero i primi nuclei abitati, come Corporeno e Renazzo.

Dal microrilievo si riconoscono la struttura di alveo da Renazzo a XII Morelli e da Corporeno a Dosso.



In grigio i Dossi di rilevanza storica, in rosso il centro storico e le corti tutelate, in verde le aree di interesse ambientale e paesaggistico: Reno e canale Angelino

#### Carta Geomorfologica dal PSC

A est scorre l'attuale corso del Reno con una fascia al piede dell'argine con avvallamenti e depressioni. Nell'area è presente un macero. Nella porzione a ovest di via dei tigli la parte sud è più depressa topograficamente rispetto alla parte nord.



Area più depressa

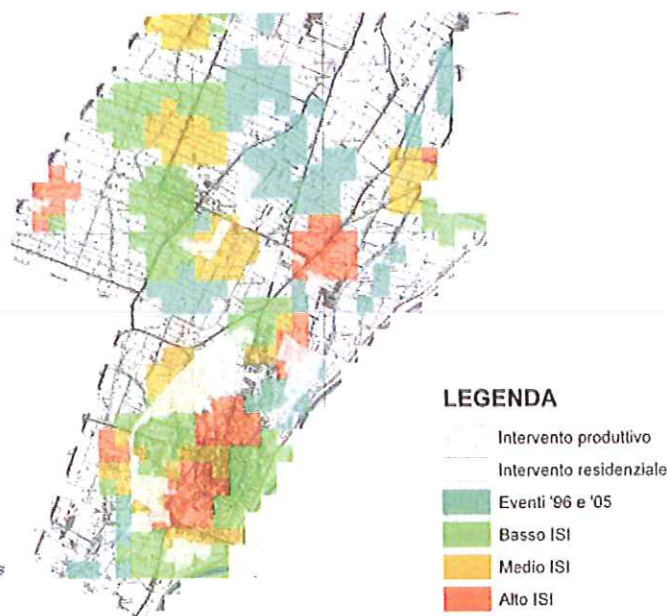
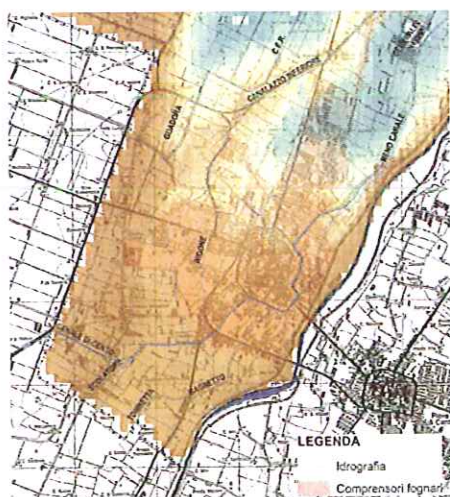
### 3.2.3. aspetti idrogeologici

Lo Schema idrogeologico comprende sia il sistema idrografico e idraulico superficiale, sia le acque della falda e i loro rapporti.

In questa parte del territorio non si hanno rapporti diretti con il fiume Reno che scorre più a est, limitato da alti argini artificiali.

Il bacino di riferimento è quello del fiume Po, con competenza amministrativa dell'Autorità di Bacino del Po.

Le acque superficiali sono regolate dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara, nella parte di territorio ex Valli di Vecchio Reno che estende la sua giurisdizione su un territorio compreso il Panaro, il Po ed il mare Adriatico e comprende tutto il territorio bonificato nei secoli passati posto a valle dell'attuale asta del Reno. L'ambito di studio ricade nella parte bassa del bacino ed interessa diversi sottobacini in destra e sinistra del Cavo Napoleonico che taglia il territorio di bonifica ma al quale non è direttamente connesso. I sistemi idraulici di bonifica interessati sono quelli del Condotto Generale e del Canale di Cento.



dal Piano Strutturale del Comune di Cento:

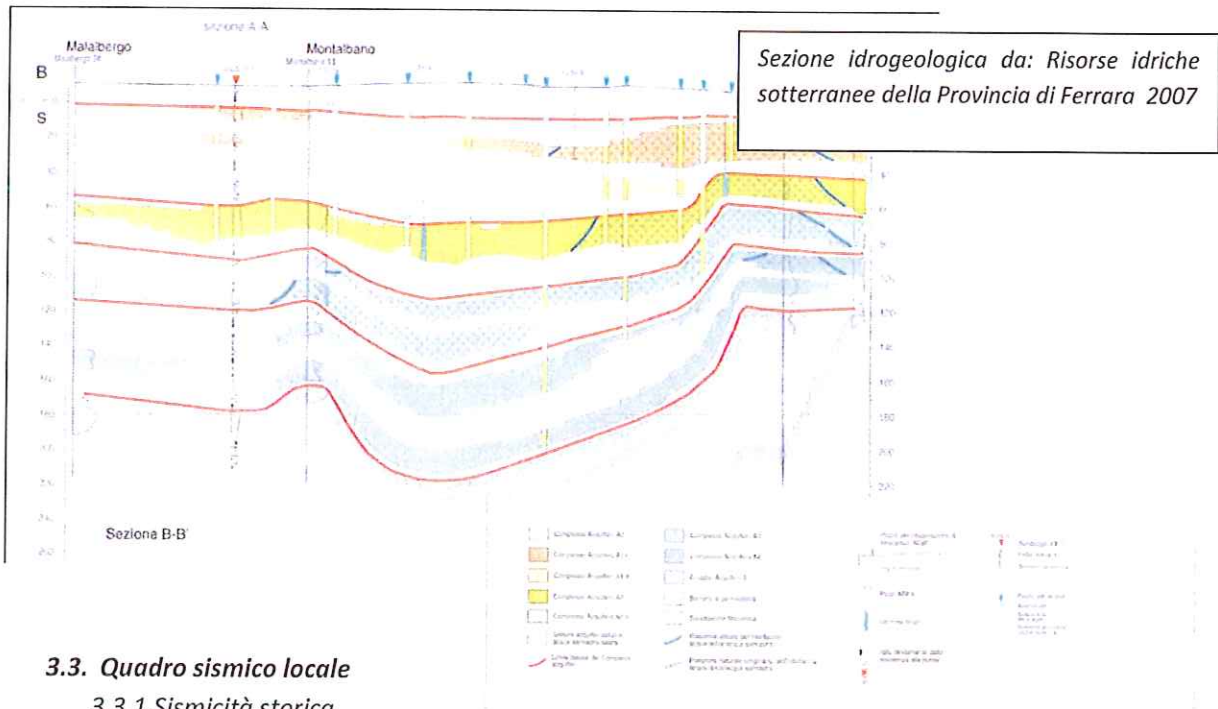
la rete dei canali e il microrilievo

le aree a sofferenza idraulica (ISI = indice di sofferenza idraulica)

I canali hanno funzione spesso promiscua di scolo e irrigazione.

L'area di interesse ha un ISI basso.

L'acquifero interessato è il Gruppo Acquifero A, Complesso Acquifero A0, Sistema Acquifero Freatico. Esso è contenuto nelle sabbie e limi dei depositi di piana continentale, con spessore e caratteristiche localmente variabili. E' limitato al letto da limi e argille di notevole potenza, tanto che l'acquifero conosciuto e captato, del Complesso Acquifero A2-I ha una profondità del tetto intorno ai 40-50 metri.



**3.3. Quadro sismico locale**  
**3.3.1. Sismicità storica**

La zona interessata dalla sequenza sismica è caratterizzata da una modesta sismicità storica, così come riportata dai Cataloghi.

Si ricordano gli eventi del 1908 e 1922 nella zona di Cento. Maggiormente interessata da eventi sismici è l'area modenese colpita dal terremoto dell'8 maggio 1987 di magnitudo  $M = 4.6$ .

Anno	Epicentro	Intensità epicentro
1234	FERRARA	7.0
1249	MODENA	6.5
1285	FERRARA	6.5
1346	FERRARA	7.5
1410	FERRARA	6.5
1425	FERRARA SUD	6.0
1474	MODENA	6.0
1508	FERRARA SUD	6.0
1561	FERRARA	5.5
1570	FERRARA	7.5
1574	FINALE EMILIA	7.0
1695	FERRARA	5.5
1743	FERRARA	6.5
1780	BOLOGNESE	5.5
1834	BOLOGNA	5.5
1922	CENTO	3.5
1928	CARPI	6.5
1967	CORREGGIO	5.5
1986	BONDENO	6.0
1996	CORREGGIO	7.0

*Dall' elenco dei terremoti riportati nel catalogo parametrico dei terremoti italiani*

### 3.3.2. L'evento sismico del maggio 2012

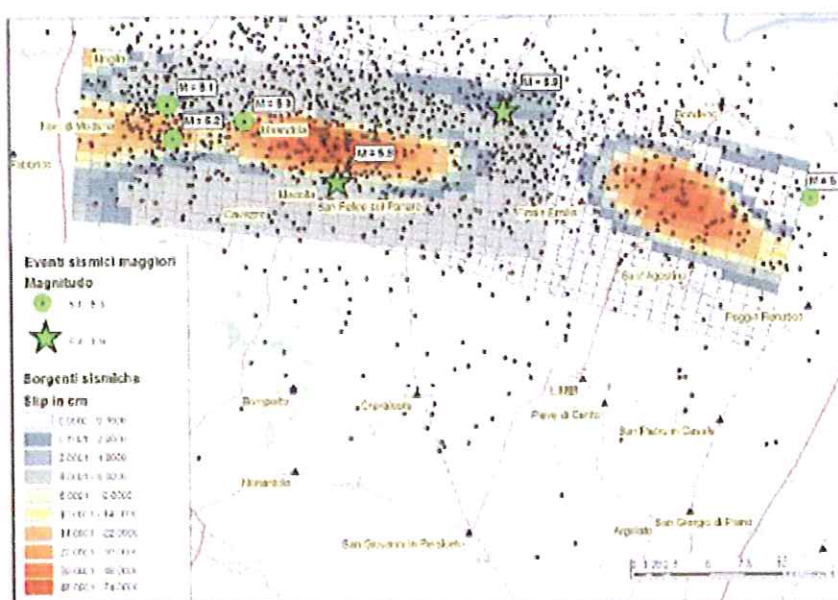
Un terremoto di Magnitudo (MI) 5.9 è avvenuto il giorno 20 maggio 2012 alle ore 4.03 con epicentro nei pressi di Finale Emilia, Lat. 44,89°N, Long. 11,23°E, c.a 30 Km dall'area di Ferrara alla profondità di Km 6,3, preceduto da un episodio di MI = 4.1 alle ore 1.13.

Sono seguite numerose repliche fra cui una scossa di MI = 4.9 alle ore 7.30 e una di MI 5.1 alle ore 15.18. Le due scosse principali di magnitudo 5.9 e 5.1 hanno epicentri allineati NW-SE, distanti c.a 10 Km e la sismicità è distribuita lungo un'area allungata per c.a 40 Km con direzione simile.

Il 29 maggio alle ore 9.30 una scossa MI = 5.8 con epicentro alla profondità di Km 10,2 si è verificata in provincia di Modena nel comune di Medolla, Lat. 44.85°N, Long. 11.09°E, con replica alle ore 12.55 con MI = 5.3 ed epicentro alla profondità di 6,8 Km, seguita il 3 giugno alle ore 21.20 da una scossa MI = 5.1 con epicentro alla profondità di Km 9,2, Lat. 44.90°N, Long. 10.94°E, con spostamento quindi del fenomeno verso ovest.

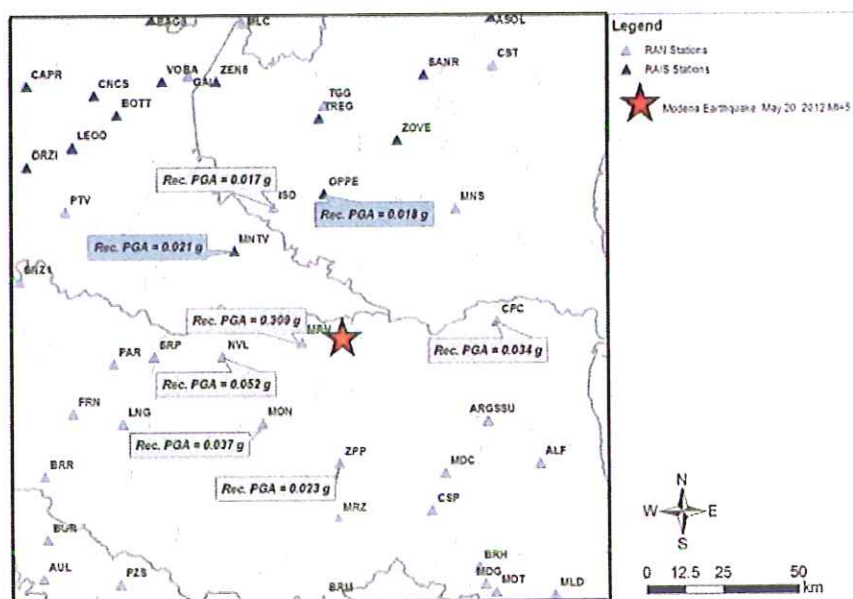
tabella dei terremoti con M>5 (aggiornata al 13 luglio 2012)						
data	ora UTC (ora locale)	latitudine	longitudine	profondità	magnitudo	fonte
20/05/2012	02:03:52 (04:03:52)	44.889	11.228	6.3	5.9	iside.rm.ingv.it
20/05/2012	02:07:31 (04:07:31)	44.863	11.370	5.0	5.1	iside.rm.ingv.it
20/05/2012	13:18:02 (15:18:02)	44.831	11.490	4.7	5.1	iside.rm.ingv.it
29/05/2012	07:00:03 (09:00:03)	44.851	11.086	10.2	5.8	iside.rm.ingv.it
29/05/2012	10:55:57 (12:55:57)	44.888	11.008	6.8	5.3	iside.rm.ingv.it
29/05/2012	11:00:25 (13:00:25)	44.879	10.947	5.4	5.2	iside.rm.ingv.it
03/06/2012	19:20:43 (21:20:43)	44.899	10.943	9.2	5.1	iside.rm.ingv.it

La sequenza sismica è continuata con più di 2000 repliche.



Sorgenti sismiche (da Atzori et al. 2012)

Le due sequenze sono legate a due strutture compressive del margine appenninico. Per ambedue le sequenze di eventi il meccanismo focale è di tipo compressivo con direzione di massima compressione NS e orientazione dei piani di faglia EW.



Valori di PGA misurati dalle stazioni delle reti RAN e RAIS il 20 maggio 2012

### 3.3.3. la risposta sismica locale

Studiare la Risposta Sismica Locale (RSL) vuol dire definire il moto vibratorio in superficie a seguito di un terremoto, che si manifesta in funzione della complessità geologica del sottosuolo, della morfologia dei terreni di copertura e delle proprietà dinamiche del sito.

Il moto sismico in ingresso al sito subisce l'amplificazione e la distorsione del treno di onde in relazione alla geologia locale; per questo è necessario definire la Funzione di trasferimento o la Funzione di amplificazione rappresentativa della situazione geologico-strutturale al di sotto della zona esaminata.

In generale la forma della Funzione Amplificazione o Trasferimento è legata alla modalità di trasmissione delle onde all'interno dello strato superficiale e, in particolare, alle interferenze che si generano tra queste onde.

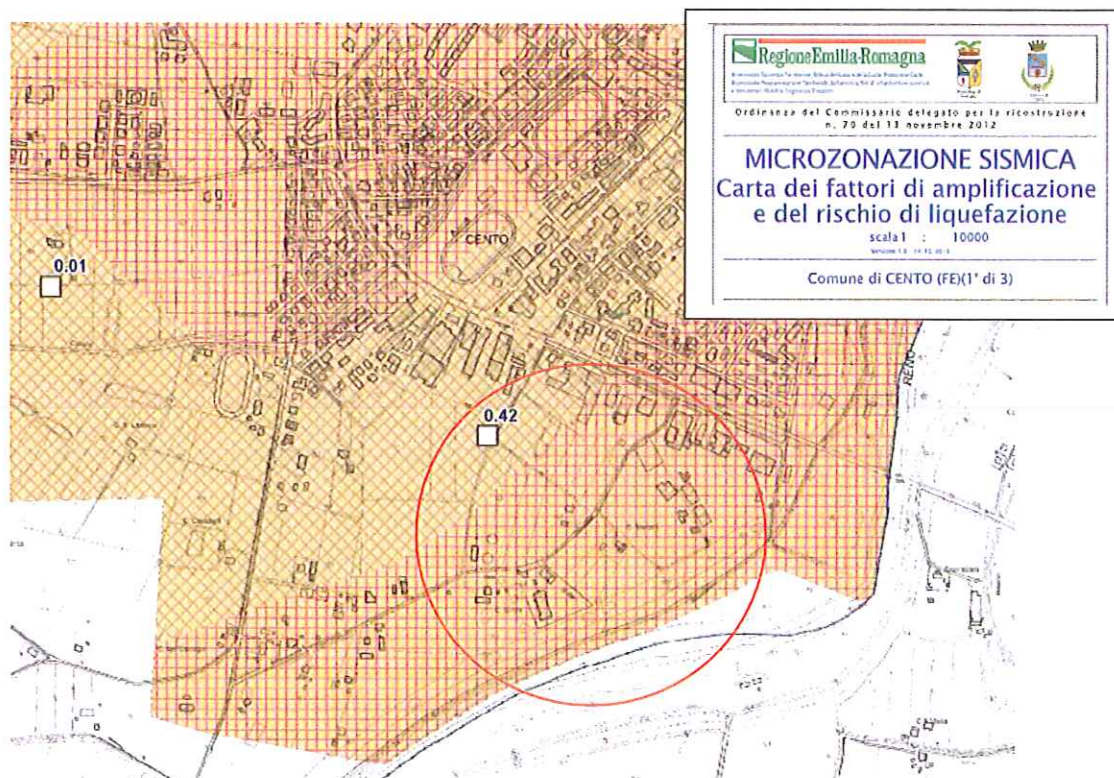
Nel caso di basamento rigido (bedrock) ricoperto da sedimenti soffici l'onda sismica proveniente dal basso rimane intrappolata all'interno dello strato sedimentario a causa della presenza di forti contrasti di impedenza alla base (interfaccia basamento-copertura) e alla superficie (interfaccia sedimenti-aria). Le onde intrappolate tra forti contrasti di impedenza interferiscono fra loro portando alla amplificazione. Se il contrasto di impedenza è piccolo l'amplificazione riguarda solo alcune frequenze, sulla base del rapporto  $V_s/H$ .

All'interno dello strato sedimentario la velocità delle onde S cambia con la profondità e naturalmente cambia anche l'amplificazione. Il processo di propagazione dipende dalle proprietà meccaniche del terreno, proprietà come la rigidità e lo smorzamento.

Attraverso codici di calcolo, tenendo conto di quattro parametri: spessore dello strato, densità dei terreni, modulo di taglio e smorzamento, per ciascuno strato, si esegue la valutazione dell'amplificazione stratigrafica. L'amplificazione viene calcolata in funzione della frequenza (o del periodo) scelta come il rapporto fra gli spettri di risposta del moto di input (al basamento) e quello di output (al di sopra del sedimento) di un terremoto di riferimento (condizioni 1D).

Oltre allo spettro di risposta del terremoto di riferimento, per il calcolo della RSL è necessario riferirsi ad un idoneo gruppo di accelerogrammi (NTC 2008) ricavati da Banche Dati.

Al momento attuale non è richiesta l'elaborazione della modellazione numerica della risposta sismica locale (RSL), ma che per la presenza di terreni potenzialmente liquefacibili sarà effettuata alla elaborazione del Piano Attuativo.



Zone suscettibili di amplificazione e liquefazione.



Substrato a profondità  $\geq 120$  m  
Presenza di terreni suscettibili di liquefazione già nei primi 10 m dal piano campagna



Substrato a profondità  $\geq 120$  m  
Presenza di terreni suscettibili di liquefazione tra 10 e 20 m dal piano campagna

La Carta di Microzonazione predisposta dalla Regione Emilia-Romagna indica la presenza di terreni suscettibili di liquefazione nei primi 10 metri.

#### 4. INDAGINI IN SITO

In osservanza alle NTC 2008, punto 6.6.2 Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica, che specificano che *"I valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere ottenuti mediante specifiche prove di laboratorio su campioni indisturbati di terreno e attraverso l'interpretazione dei risultati di prove e misure in sito"*, il Piano delle Indagini, sismiche e geotecniche, avrebbe dovuto essere progettato in base alle risultanze del Modello geologico e alle evidenze degli effetti dovuti dagli eventi sismici sui luoghi e sugli edifici.

Il Comune di Cento nelle Specifiche tecniche richiede l'obbligatorietà di esecuzione di Indagini geognostiche e geofisiche. Si è ritenuto di predisporre l'esecuzione di una Sismic Cone Penetration Test fino a m 30,00 dal p.c. per la caratterizzazione sismica dell'area e due Cone Penetration Test spinte a m 20,00 di profondità per la valutazione dei parametri geotecnici.

L'Indagine geognostica è stata seguita dalla Ditta SONGEO e ha compreso l'esecuzione di

- Una prova penetrometrica statica con piezocono sismico SCPTU che consente di misurare la velocità nel terreno delle onde sismiche S permettendo una valutazione diretta del parametro  $V_{s30}$  contemporaneamente alla acquisizione dei parametri geotecnici  $q_c$  e  $f_s$  e della pressione neutra  $U$  (SCPTU) spinta alla profondità di m 30,00 dal p.c.
- Due prove penetrometriche statiche CPTU a m 20,00 di profondità

La prova penetrometrica statica con piezocono sismico CPTU consiste nell'infissione a pressione nel terreno di un piezocono solidale a un modulo sismico, mediante una batteria di aste coassiali.

Alla punta penetrometrica elettrica con elemento poroso e trasduttore di pressione (piezocono) è associato un modulo sismico con due geofoni a distanza di 1 metro l'uno dall'altro, che registrano le onde di taglio generate da un dispositivo di energizzazione posto in superficie. Mediante la misurazione del ritardo di arrivo delle onde di taglio fra i due geofoni nello strato di terreno compreso, eseguito ad ogni metro, si misura la velocità di propagazione delle onde S.

Le caratteristiche geometriche del piezocono rispettano le norme standard internazionali.

Caratteristiche del Piezocono			
Canali di misura:		Dimensioni:	
Resistenza di punta ( $q_c$ ):	10; 50; 100 MPa	Angolo di apertura cono:	60°
Attrito laterale ( $f_s$ ):	0,5 MPa	Diametro:	36 mm
Pressione nei pori ( $U$ ):	2,5 MPa	Sezione di spinta:	10 cm <sup>2</sup>
Inclinazione:	0 - 40°	Superficie laterale:	150 cm <sup>2</sup>
		Peso:	2,1 kg
		Lunghezza:	413 mm

Caratteristiche del Piezocono

Durante il movimento continuo di spinta, si acquisiscono le grandezze  $q_c$  (resistenza di punta) ed  $f_s$  (attrito laterale) ad ogni centimetro di profondità. Il sistema acquisisce inoltre il valore della  $U$  (Pressione Idrostatica nei Pori), l'angolo di inclinazione della batteria di aste ed il tempo di dissipazione (tempo intercorrente misurato tra la misura della sovrappressione ottenuta in fase di spinta e la pressione misurata in fase di alleggerimento di spinta).

Il certificato delle SCPTU/CPTU è riportato in allegato.

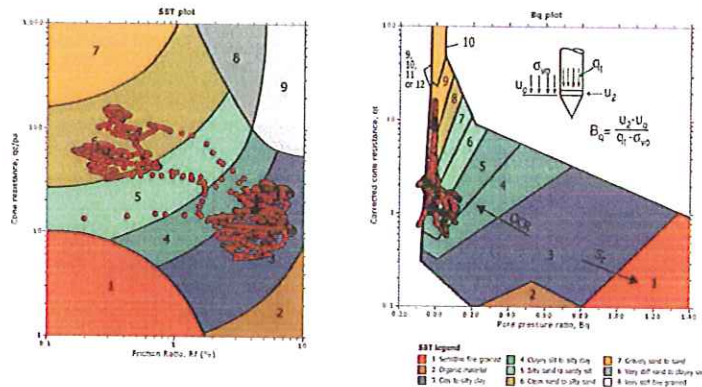
ubicazione prove



### 5. MODELLO GEOTECNICO

Riguarda la caratterizzazione e la modellazione geotecnica basata sui risultati delle indagini effettuate per rappresentare le condizioni stratigrafiche, il regime delle pressioni interstiziali e la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo.

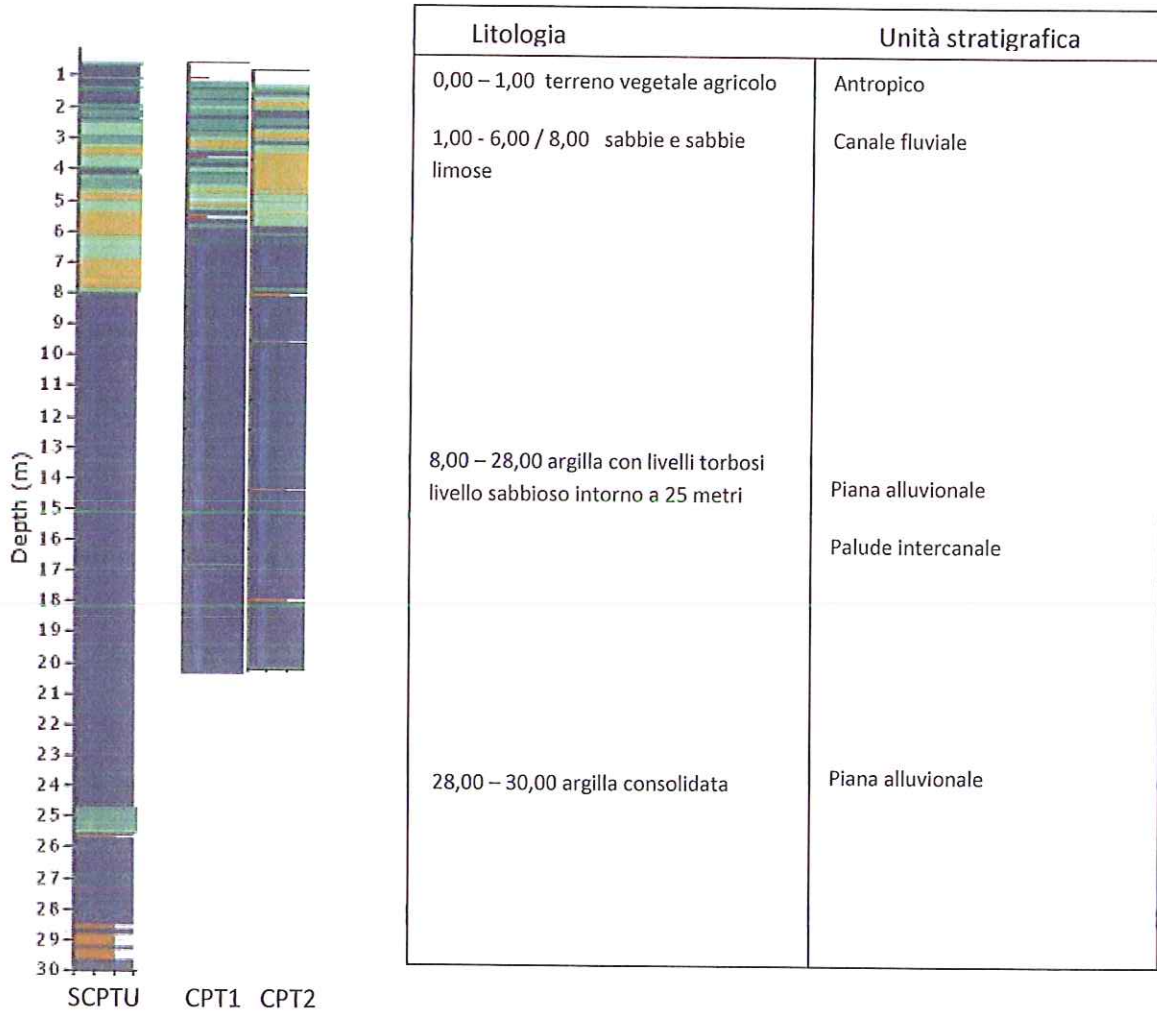
I dati acquisiti dall'Indagine sono elaborati con software prodotto dalla GeoLogisMiki – Geotechnical Software. La caratterizzazione litostratigrafica è effettuata sulla base delle rappresentazioni grafiche di Robertson.



**5.1. Categoria di sottosuolo e parametri sismici e geotecnici**

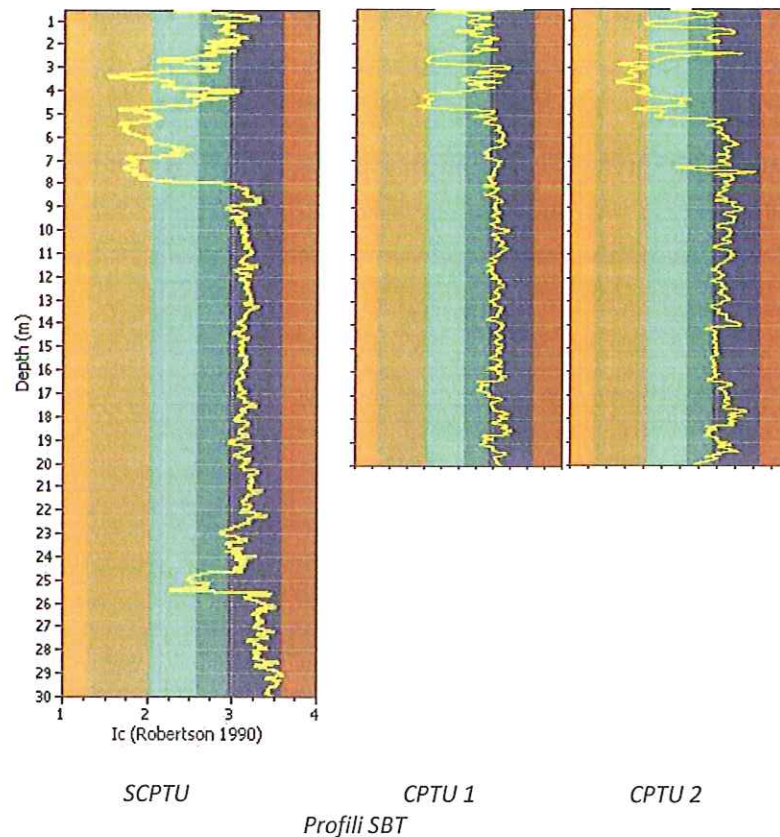
**5.1.1. Successione litologica**

La successione litologica rappresentata è l'interpretazione delle CPTU eseguite secondo le correlazioni proposte da Robertson (1998).



**SBT legend**

- 1. Senslve fine grained
- 2. Organic material
- 3. Clay to silty clay
- 4. Clayey silt to silty clay
- 5. Silty sand to sandy silt
- 6. Clean sand to silty sand
- 7. Gravely sand to sand
- 8. Very stiff sand to clayey sand
- 9. Very stiff fine grained



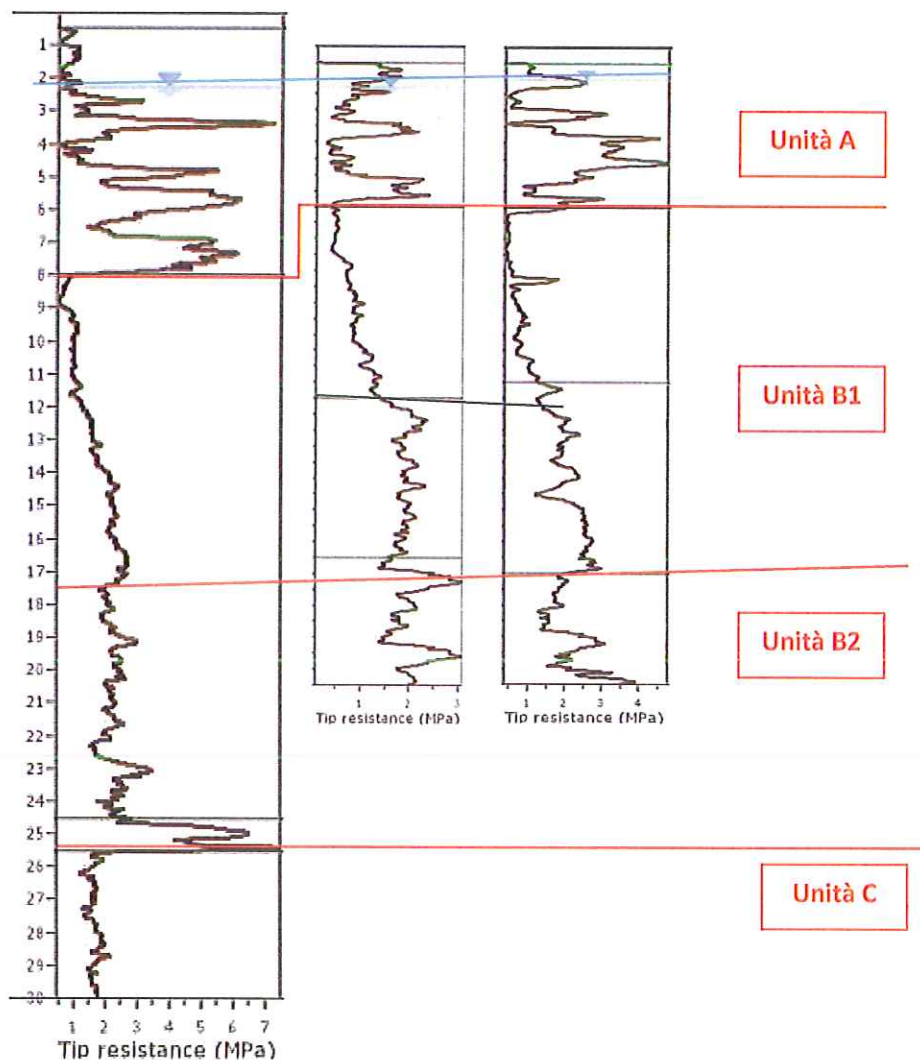
Per ogni prova si ricava un profilo SBT con il corrispondente profilo litostratigrafico. Si nota come il livello sabbioso superficiale dei depositi fluviali del Reno abbia spessore variabile da sei a otto metri.

#### 5.1.2. Unità litotecniche

La successione delle Unità litotecniche in base ai risultati delle indagini e alle relative valutazioni, può essere riassunta come segue. Le profondità sono indicative perché riferite al piano campagna di riferimento delle prove, quindi hanno valore relativo.

Per i parametri geotecnici, dato il volume significativo interessato, si assumono **valori caratteristici** pari ai **valori medi**.

UNITA' LITOTECNICHE



SCPTU

CPTU 1

CPTU 2

**Unità A –** comprende i terreni sabbiosi e limosi da m 1,50 a m 6,00/8,00  
 $\gamma_a = 18 \text{ KN/m}^3$   
 $D_r = 35\%$   
 $\Phi = 28^\circ$   
 $M_o = 5.000 - 7.000 \text{ KPa}$

**Unità B -** comprende limi argillosi e argille da m 6,50 a m 25,50  
 L'unità B1 comprende argille a bassa consistenza  
 $\gamma_a = 18 \text{ KN/m}^3$   
 $c_u = 35-50 \text{ KPa}$

$M_o = 6.000 \text{ Kpa}$   
L'Unità B2, al di sotto dei 10 metri di profondità comprende argille consistenti  
 $c_u = 50-70 \text{ KPa}$   
 $M_o = 6.000 - 12.000 \text{ Kpa}$

**Unità C –** comprende i terreni argillosi e torbosi da m 25,00 a m 30,00  
 $\gamma_a = 18 \text{ KN/m}^3$   
 $c_u = 80 \text{ KPa}$   
 $M_o = 8.000 - 10.000 \text{ KPa}$

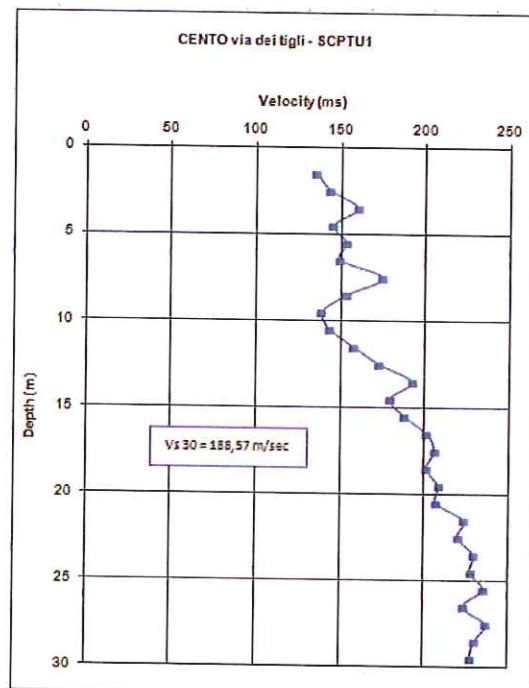
ove

$\gamma_a$  peso di volume naturale del terreno  
 $D_r$  densità relativa  
 $c_u$  coesione non drenata  
 $\phi^\circ$  angolo attrito  
 $M_o$  modulo edometrico

### 5.1.3. Categoria di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è necessario valutare l'effetto della risposta sismica basandosi sull'individuazione della categoria di sottosuolo di riferimento.

Questa classificazione si basa sui valori della velocità equivalente  $V_{s30}$  di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità. L'indagine effettuata con il cono sismico (SCPTU) ha consentito di ricostruire il quadro sismico del sottosuolo dell'area indagata fino alla massima profondità d'indagine raggiunta di 30 m.



Il valore medio di  $V_{s30}$  risulta pari a 188,57 m/s per cui il sottosuolo è posto in classe C "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fine mediamente consistenti", caratterizzati da valori di  $V_{s30} > 180$  m/s.

#### 5.1.4. Parametri sismici

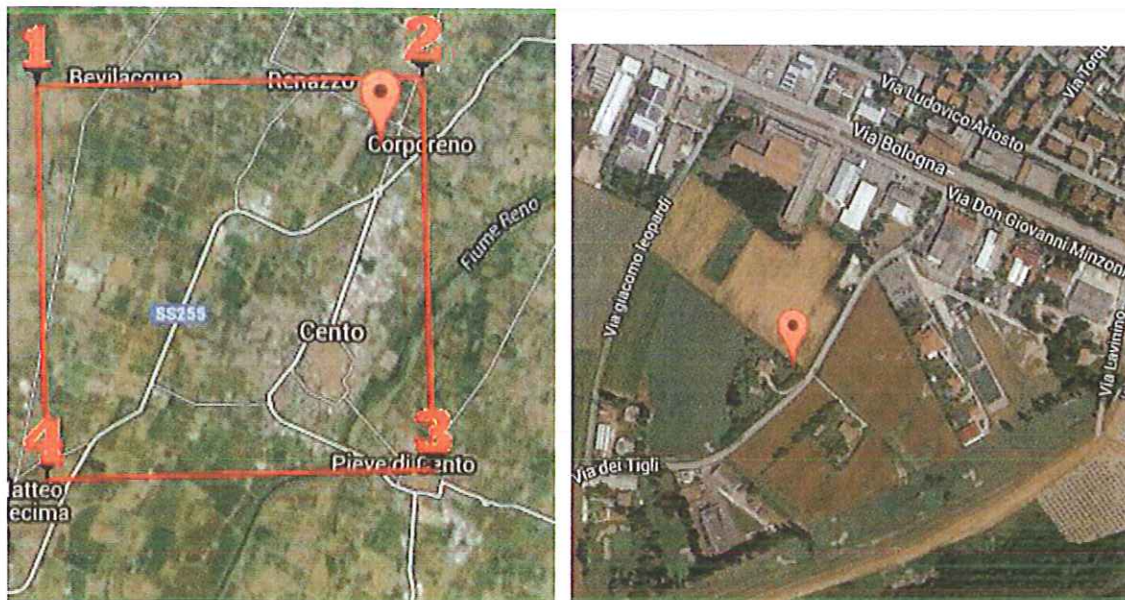
Definizione delle forme spettrali definite dal DM 14.1.08 ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_{co}$ )

Secondo le Norme Tecniche vigenti le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. La pericolosità sismica di base si definisce con

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima attesa
- $F_0$  valore del fattore di amplificazione
- $T^*_{co}$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Questi valori sono forniti per tutti i siti italiani in allegato alle Norme Tecniche.

Essi si ricavano utilizzando le informazioni disponibili riguardo il reticolo di riferimento per il sito di progetto, dove sono rappresentati i punti della griglia del territorio nazionale dell'I.N.G.V., griglia con più di 11.000 nodi. Per ogni punto è possibile calcolare la forma spettrale su bedrock affiorante, nelle componenti orizzontali e verticale, e i parametri spettrali in funzione del tempo di ritorno e di altri parametri.



44.716224, 11.285664

Il sottosuolo di riferimento in base ai valori di  $V_s$  fino alla profondità di m 30 è risultato in classe C.

Per la Classe d'uso di riferimento viene scelta la Classe d'uso III "Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi" con coefficiente d'uso  $C_U = 1,5$ .

La vita nominale,  $V_N$  viene indicata in 50 anni.

Il periodo di riferimento  $V_R$  per le azioni sismiche risulta pari a  $V_R = V_N C_U = 75$  anni

Le verifiche vengono fatte allo stato limite ultimo di salvaguardia alla vita SLV, con probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $V_R$  pari a  $P_{VR} = 10\%$

Stato Limite	$T_r$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$	$T_c'$ [s]
Operatività (SLO)	30	0,044	2,506	0,256
Danno (SLD)	50	0,056	2,484	0,269
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,157	2,591	0,273
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,209	2,536	0,279
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

**Calcolo dei coefficienti sismici**

Muri di sostegno
  Paratie

Stabilità dei pendii e fondazioni
   
Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

us (m)

Categoria sottosuolo

Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
$S_s^*$ Amplificazione stratigrafica	<input type="text" value="1,50"/>	<input type="text" value="1,50"/>	<input type="text" value="1,46"/>	<input type="text" value="1,38"/>
$C_c^*$ Coeff. funz categoria	<input type="text" value="1,65"/>	<input type="text" value="1,62"/>	<input type="text" value="1,61"/>	<input type="text" value="1,60"/>
$S_t^*$ Amplificazione topografica	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>

Personalizza acc.ne massima attesa al sito [m/s<sup>2</sup>]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
$k_h$	0,013	0,017	0,055	0,081
$k_v$	0,007	0,008	0,027	0,040
$A_{max}$ [m/s <sup>2</sup> ]	0,644	0,825	2,247	2,835
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

Coefficienti sismici da Geo-stru.it

Con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita SLV, nell'ipotesi di categoria topografica T1 (terreno pianeggiante), per categoria di sottosuolo C, si ha:

vita nominale $V_N = 75$ anni	
tempo di ritorno $T_R = 475$ anni	
accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A	$a_g = 0,157$ g
coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_S = 1,5$
coefficiente di amplificazione topografica	$S_T = 1,0$
coefficiente di amplificazione sismica	$S = S_S S_T = 1,5$
accelerazione orizzontale massima al suolo	$a_{max} = S a_g = 0,24$ g

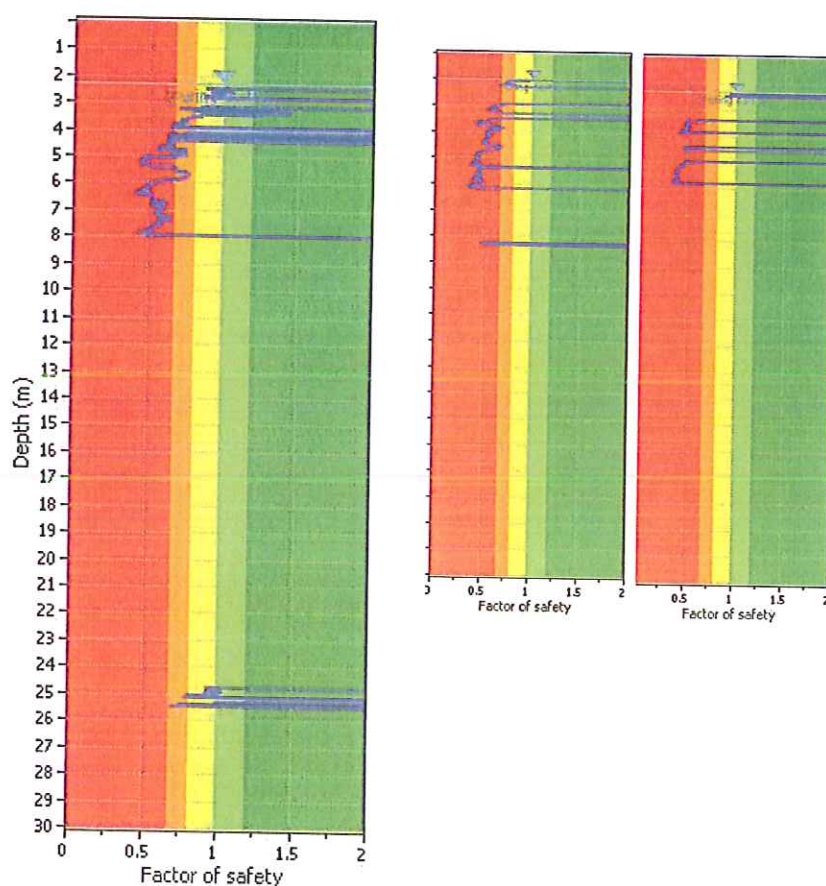
Con un fattore di amplificazione  $FA = 1,8$ , valutato per questa zona di Cento da indagini sitospecifiche di RSL, risulta una accelerazione orizzontale massima al suolo pari a  $0,28$  g.

Questo valore di  $a_{max} = 0,28 g$  risulta in via cautelativa più idoneo alla determinazione dell'azione sismica di progetto per l'area oggetto di studio.

### 5.2. Verifiche di stabilità ai fenomeni di liquefazione

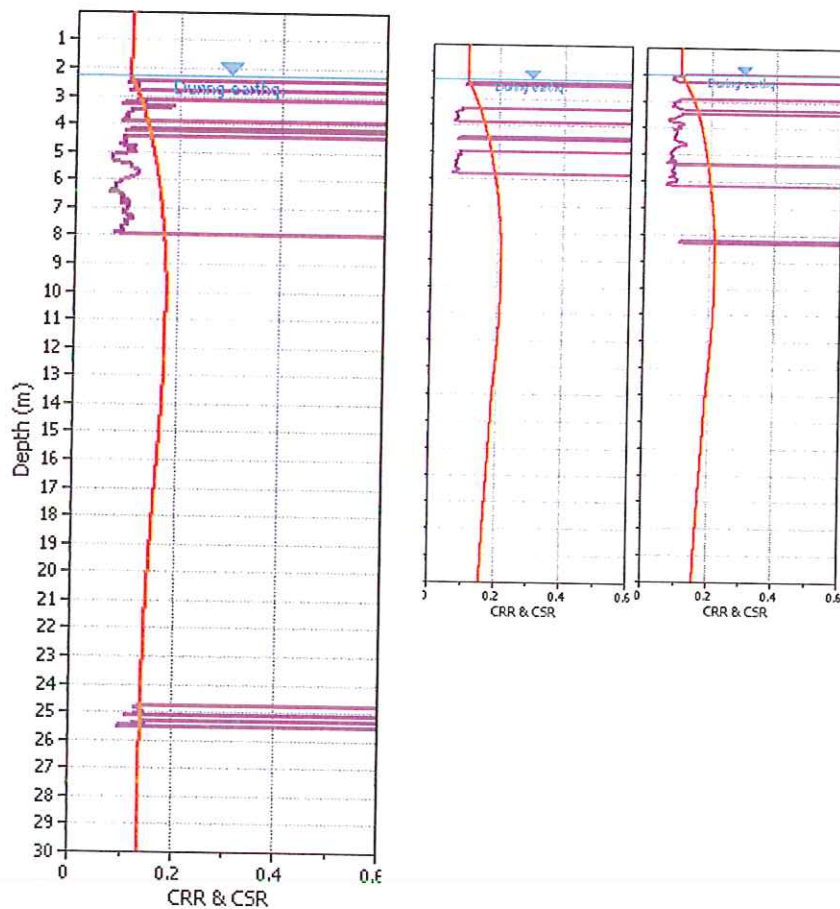
Dalle indagini eseguite è risultata la presenza di terreni granulari in superficie fino alla profondità di sei-otto metri.

E' necessario calcolare la suscettibilità alla liquefazione delle sabbie e dei terreni presenti fino alla profondità di c.a 15,00-20,00 metri.



Attraverso l'interpretazione di Robertson & Wride (NCEER 1998) risultano liquefacibili i livelli granulari superficiali, sabbioso limosi, saturi, dell'Unità A.

I terreni sono liquefacibili se il Fattore di sicurezza  $F_s$  è minore di uno.



Con riferimento ai valori delle CPTU eseguite, secondo le indicazioni di Robertson & Wride (1998), i valori del rapporto fra CRR, resistenza ciclica normalizzata, e CSR, tensione indotta dal terremoto, con MSF coefficiente correttivo, in base alla relazione

$$F_s = (CRR/CSR) \times MSF$$

CRR = Cyclic Resistance Ratio

CSR = Cyclic Stress Ratio

forniscono il coefficiente di sicurezza nei confronti della liquefazione.

Le verifiche sono state eseguite considerando una magnitudo di riferimento  $M = 6,14$ , un'accelerazione massima orizzontale  $A_{max} = 0,28 g$  e la falda a 1 metro dal piano campagna.

## BIBLIOGRAFIA

- \* R.G. Campanella (1998) "Interpretation and use of piezocone test data for geotechnical design", Department of Civil Engineering The University of British Columbia, Vancouver Canada
- \* P.K. Robertson "Soil behaviour type from the CPT: an update" Gregg Drilling & Testing Inc., California, USA
- \* P.K. Robertson and C.E. Wride (1998) "Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test" C.G.J. 35:442-459

29

Dr.geol. Marilena Martinucci

Ferrara, 19 dicembre 2014



*Marilena Martinucci*

# SONGEO SRL

via A. Ascari 6 - 44019 Gualdo di Voghiera (FE)  
tel. 0532 773136-815683 Fax 0532 776455

info@songeo.it - ww.songeo.it

Decreto di concessione n° 56718 del 17.09.2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche in sito (settore c), ai sensi del D.P.R. 06.06.2001 n° 380 e Circolare 349/STC del 16.12.1999

Certificazione UNI EN ISO 9001 N° 17493 rilasciata da Certiquality

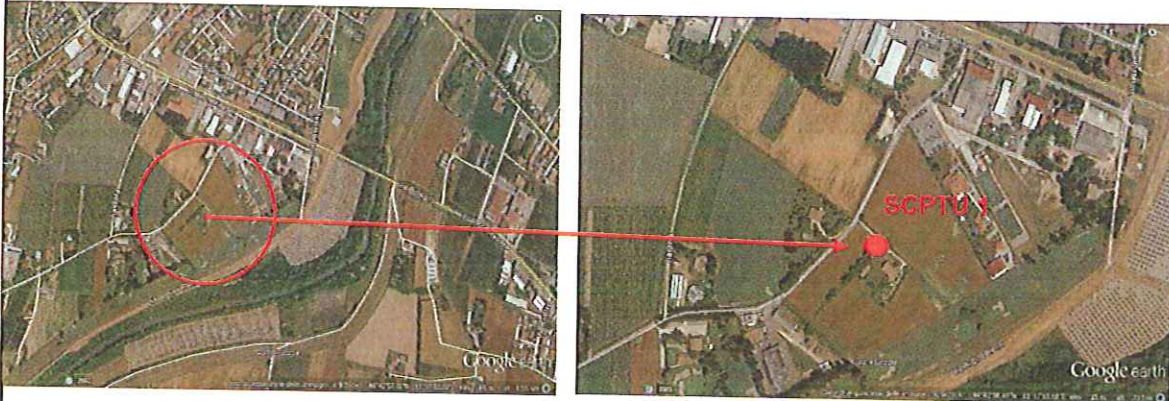


## CERTIFICATO DI PROVA

Certificato n°	277/14	data	20/12/2014	N° VERBALE ACCETTAZIONE	58/14	data	19/12/2014
----------------	--------	------	------------	-------------------------	-------	------	------------

COMMITTENTE:	Studio geologico tecnico Edilgeo di Martinucci Marilena						
LOCALITA':	Cento (FE)						
CANTIERE:	via dei Tigli						
SCPTU N°	1						
Specifiche di prova:	ASTM D 3441-98; AGI 1977						
Attrezzatura:	Penetrometro PAGANI TG 63-200						
Procedure:	PRO E05						
Attrezzi:	Punta elettrica e piezocono sismico						
DATA ESECUZIONE PROVA	19/12/2014						
QUOTA INIZIO PROVA	p.c.						
PROFONDITA' DELLA PROVA	30,00 m						
PROFONDITA' DELLA FALDA	2,30 m da p.c.						

### COROGRAFIA E PLANIMETRIA:



IL PRESENTE CERTIFICATO SI COMPONE DI:

3 PAGINE

Sperimentatore

Direttore

SONGEO S.R.L.

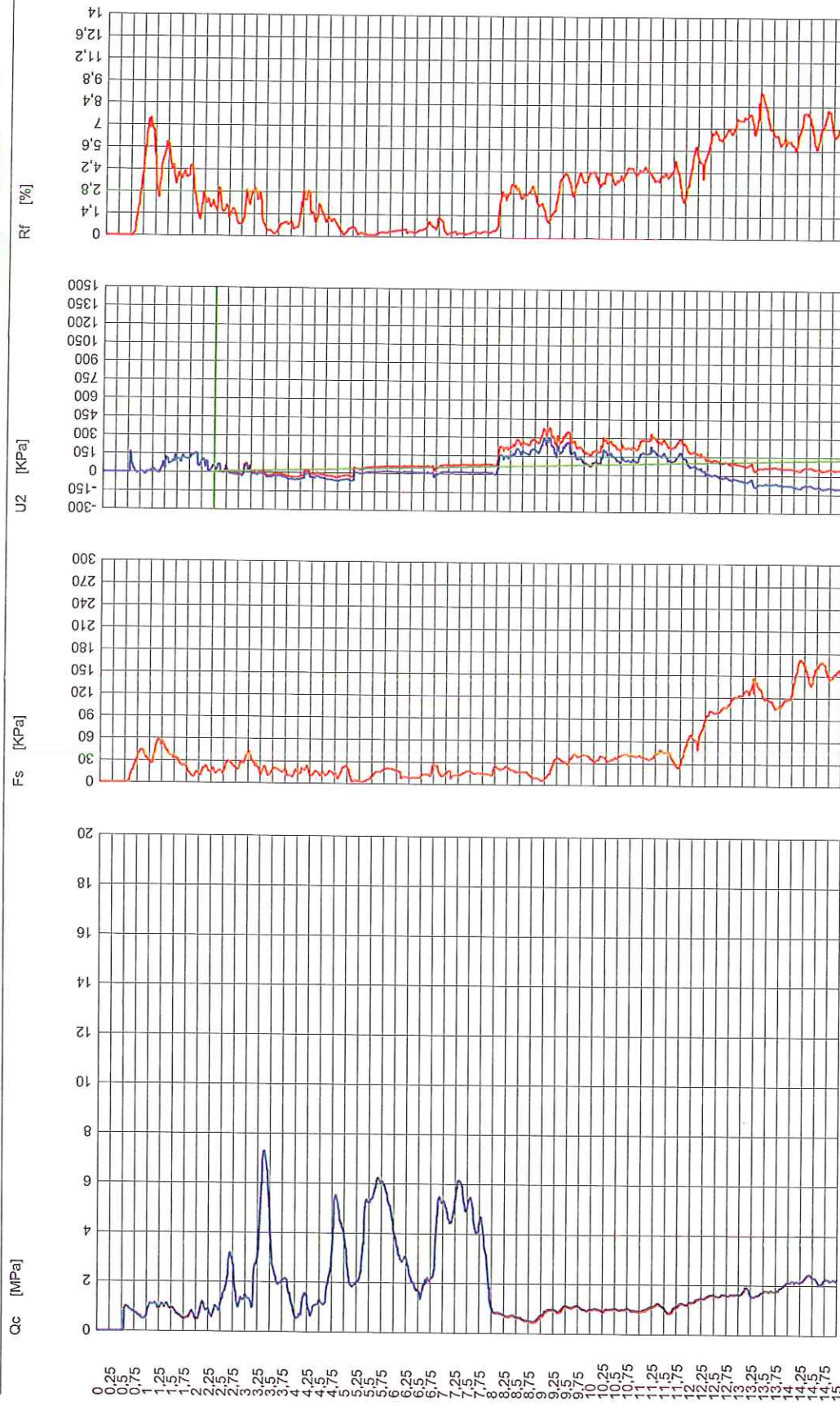
Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 19/12/2014

CERTIFICATO N° 277/14 DATA 20/12/14

VERBALE ACCETTAZIONE N° 58/14 DATA 19/12/14

Site: Cento (FE) via dei Tigli - Test: Sceptu 1 Profondità falda: -2,30 m da p.c.

Qc [MPa] U2 [KPa] Fs [KPa] Qc Qt U0 U2 U2 - U0 Rf [%]



CPTU-ACQ for TGAS (Pagani G.E. acquisition system)

Sperimentatore

Direttore

Page: 2/3

SONGEO S.R.L.

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 19/12/2014

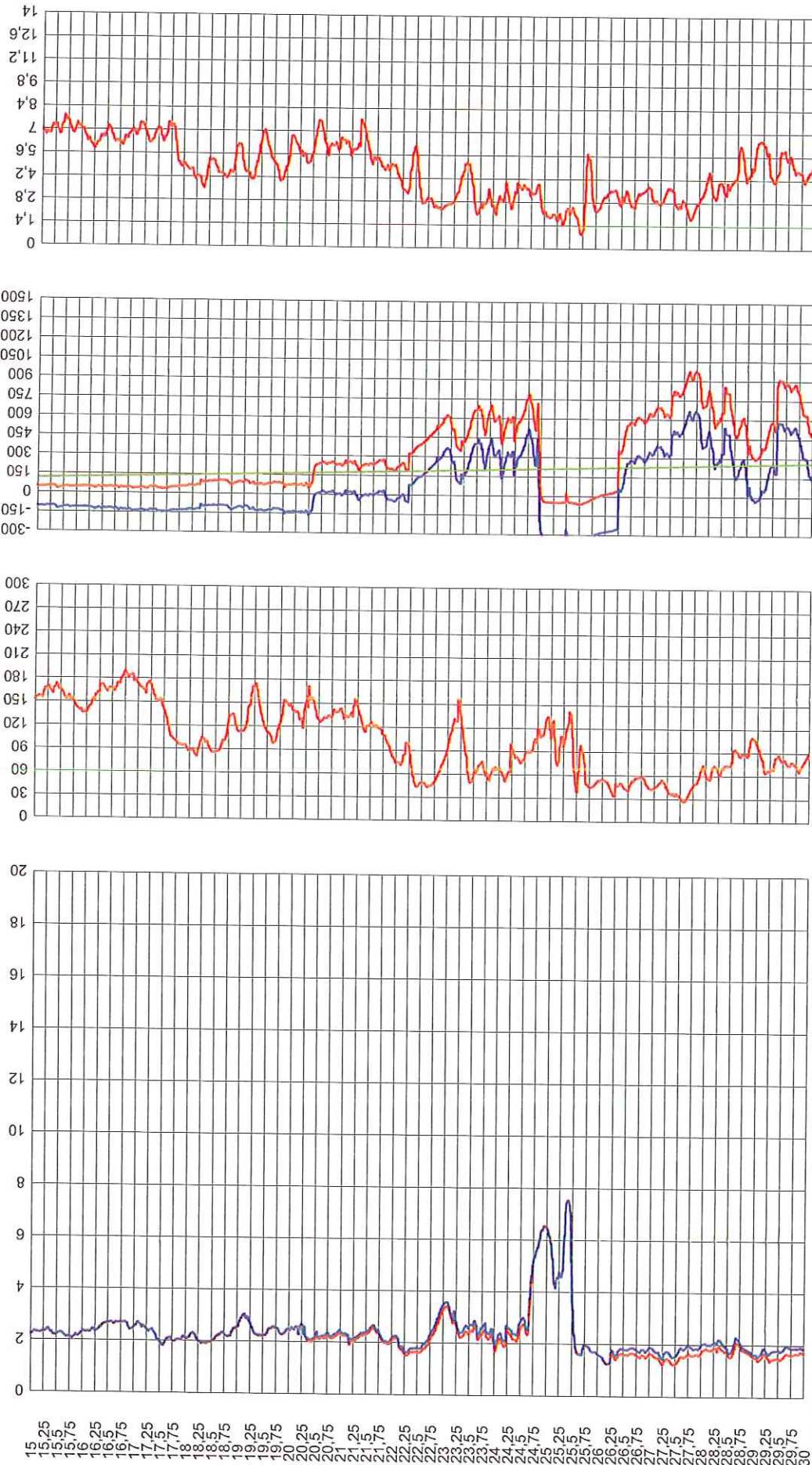
Site: Cento (FE) via dei Tigli - Test: Scptu 1

Oc [MPa]

Fs [kPa]

U2 [kPa]

Rf [%]



CPTU-ACQ for TGAS (Pagani G.E. acquisition system)

Sperimentatore

Direttore

Page: 3/3

# SONGEO SRL

via A. Ascari 6 - 44019 Gualdo di Voghiera (FE)  
tel. 0532 773136-815683 Fax 0532 776455

info@songeo.it - ww.songeo.it

Decreto di concessione n° 56718 del 17.09.2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche in sito (settore c), ai sensi del D.P.R. 06.06.2001 n° 380 e Circolare 349/STC del 16.12.1999

Certificazione UNI EN ISO 9001 N° 17493 rilasciata da Certiquality



## CERTIFICATO DI PROVA

Certificato n°	278/14	data	20/12/2014	N° VERBALE ACCETTAZIONE	58/14	data	19/12/2014
----------------	--------	------	------------	-------------------------	-------	------	------------

COMMITTENTE:	Studio geologico tecnico Edilgeo di Martinucci Marilena
LOCALITA':	Cento (FE)
CANTIERE:	via dei Tigli
CPTU N°	1
Specifiche di prova:	ASTM D 3441-98; AGI 1977
Attrezzatura:	Penetrometro PAGANI TG 63-200
Procedure:	PRO E05
Attrezzi:	Punta elettrica e piezocono
DATA ESECUZIONE PROVA	19/12/2014
QUOTA INIZIO PROVA	p.c.
PROFONDITA' DELLA PROVA	20,00 m
PROFONDITA' DELLA FALDA	1,30 m da p.c.

### COROGRAFIA E PLANIMETRIA:



IL PRESENTE CERTIFICATO SI COMPONE DI:

3 PAGINE

Sperimentatore

Direttore

SONGEO S.R.L.

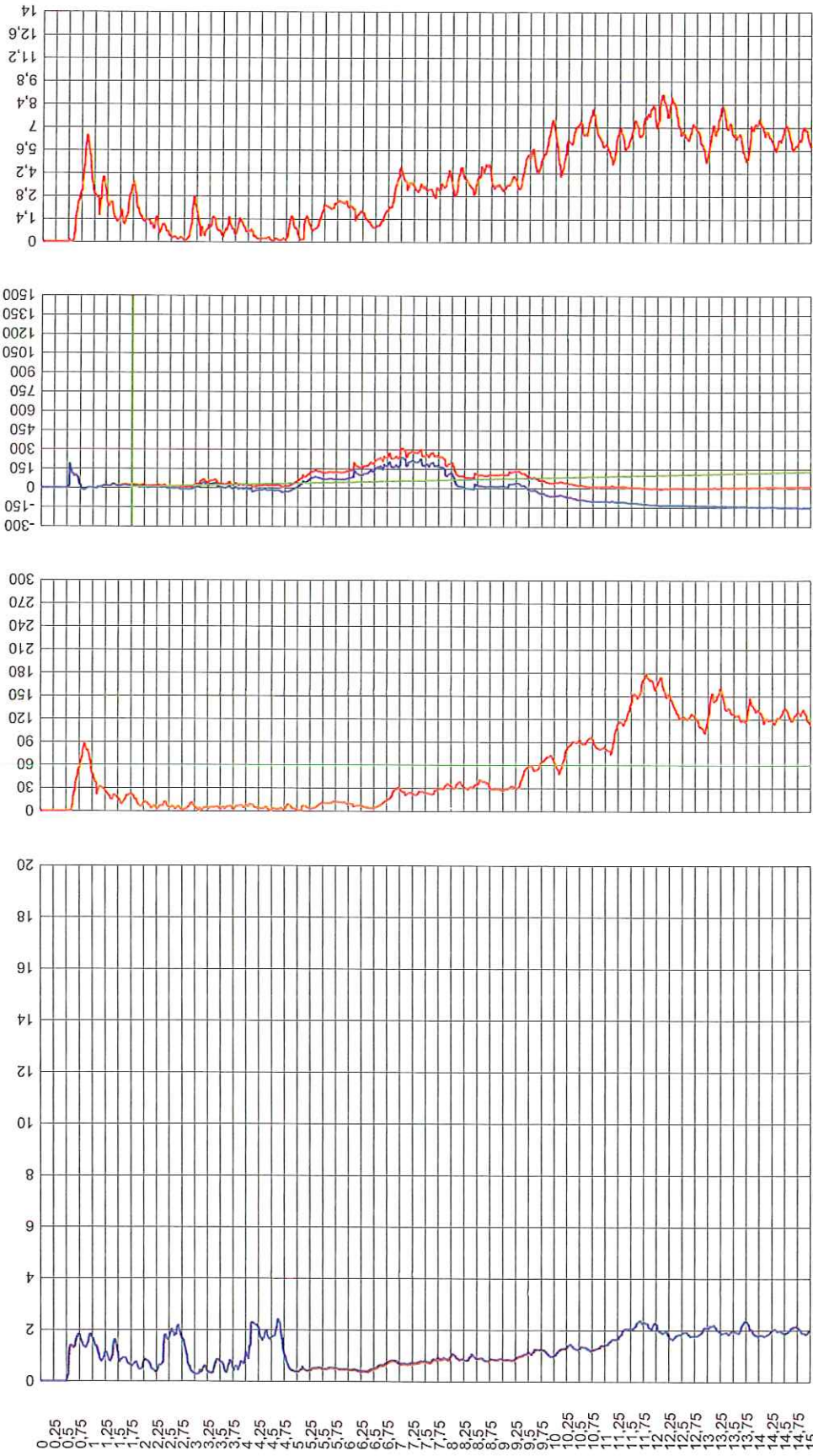
CERTIFICATO N° 278/14 DATA 20/12/14

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 19/12/2014

VERBALE ACCETTAZIONE N° 58/14 DATA 19/12/14

Site: Cento (FE) via dei Tigli - Test: Cptu 1 Profondità falda: -1,30 m da p.c.

Qc [MPa] U2 [KPa] Fs [KPa] U2 [KPa] Rf [%] U0 U2 U2 - U0



CPTU-ACQ for TGAS (Pagani G.E. acquisition system)

Sperimentatore

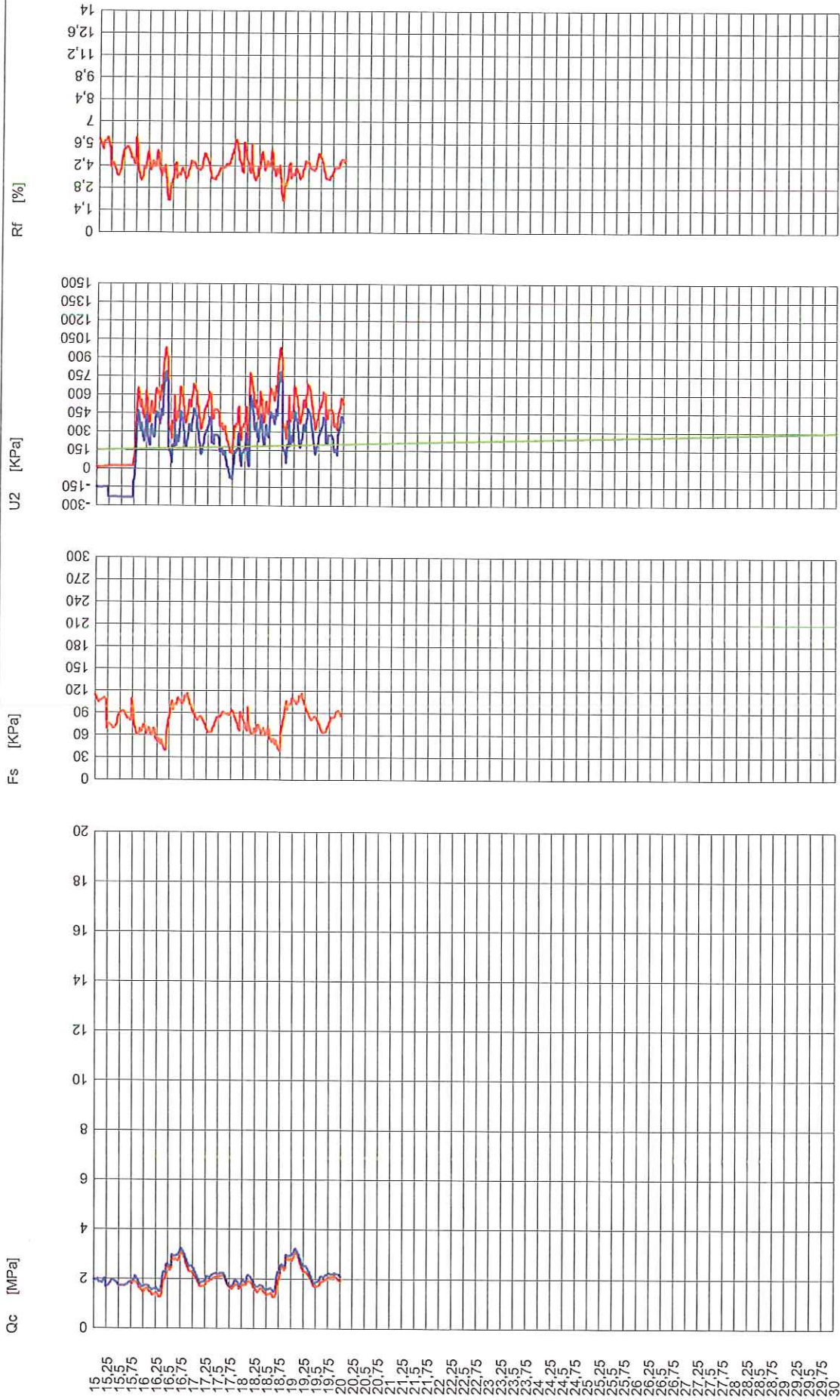
Direttore

Page: 2/3

SONGEO S.R.L.

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 19/12/2014

Site: Cento (FE) via dei Tigli - Test: Cptu 1



CPTU-ACQ for TGAS (Pagani G.E. acquisition system)

Sperimentatore

Direttore

# SONGEO SRL

via A. Ascari 6 - 44019 Gualdo di Voghiera (FE)  
tel. 0532 773136-815683 Fax 0532 776455  
info@songeo.it - ww.songeo.it



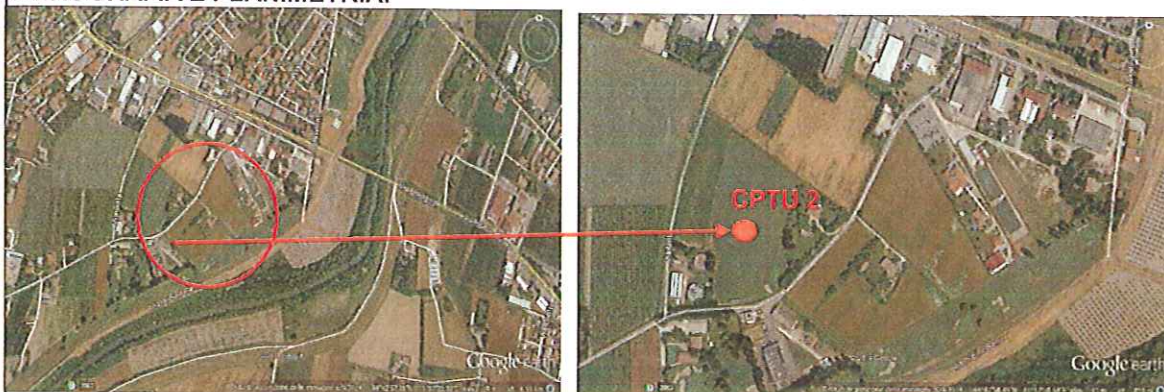
Decreto di concessione n° 56718 del 17.09.2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche in sito (settore c), ai sensi del D.P.R. 06.06.2001 n° 380 e Circolare 349/STC del 16.12.1999

Certificazione UNI EN ISO 9001 N° 17493 rilasciata da Certiquality

## CERTIFICATO DI PROVA

Certificato n°	279/14	data	20/12/2014	N° VERBALE ACCETTAZIONE	58/14	data	19/12/2014
<b>COMMITTENTE:</b>	Studio geologico tecnico Edilgeo di Martinucci Marilena						
<b>LOCALITA':</b>	Cento (FE)						
<b>CANTIERE:</b>	via dei Tigli						
<b>CPTU N°</b>	2						
<b>Specifiche di prova:</b>	ASTM D 3441-98; AGI 1977						
<b>Attrezzatura:</b>	Penetrometro PAGANI TG 63-200						
<b>Procedure:</b>	PRO E05						
<b>Attrezzi:</b>	Punta elettrica e piezocono						
<b>DATA ESECUZIONE PROVA</b>	19/12/2014						
<b>QUOTA INIZIO PROVA</b>	p.c.						
<b>PROFONDITA' DELLA PROVA</b>	20,00 m						
<b>PROFONDITA' DELLA FALDA</b>	1,00 m da p.c.						

### COROGRAFIA E PLANIMETRIA:



IL PRESENTE CERTIFICATO SI COMPONE DI:

3 PAGINE

Sperimentatore

Direttore

SONGEO S.R.L.

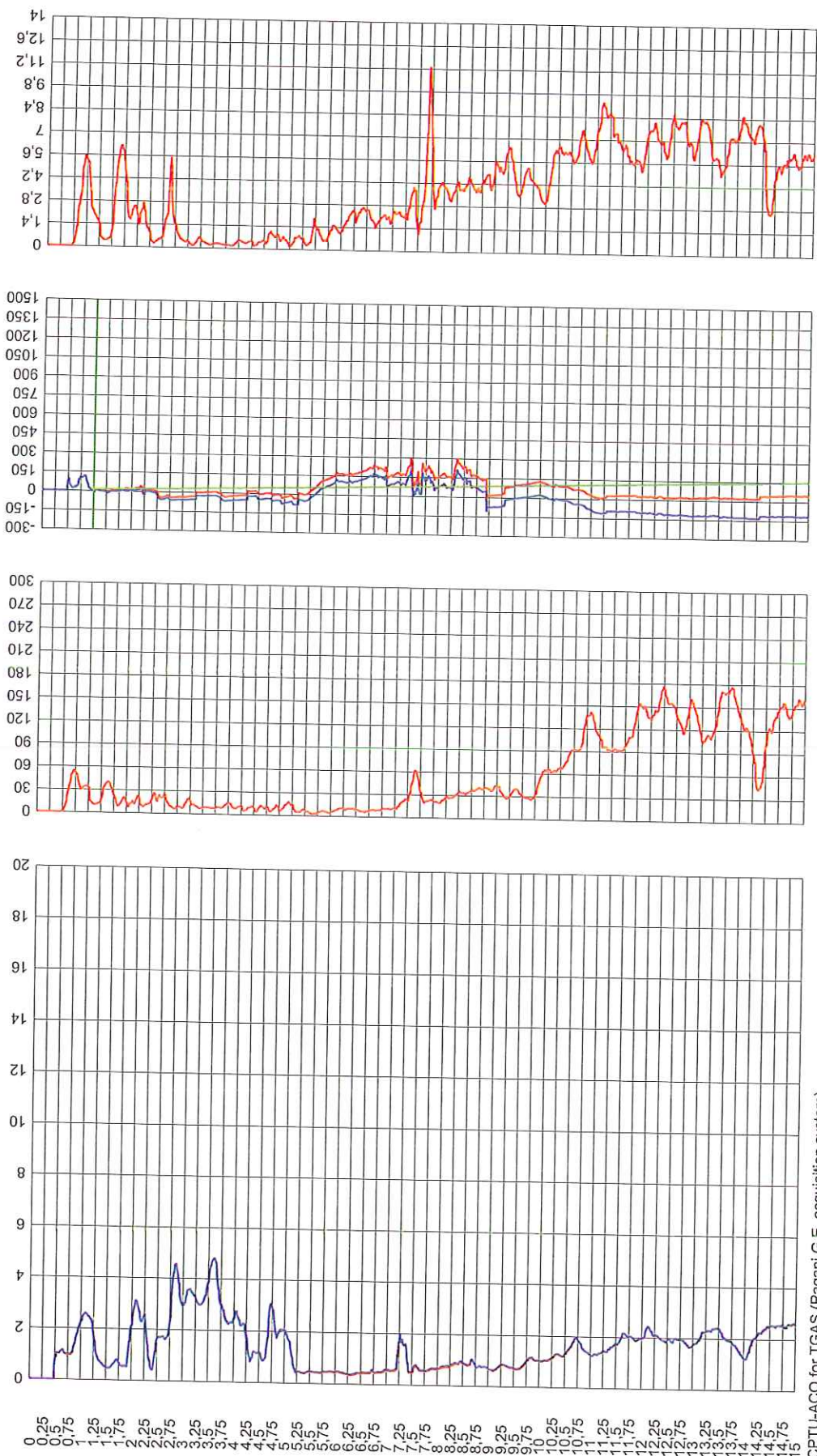
Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 19/12/2014

Site: Cento (FE) via dei Tigli - Test: Cptu 2 Profondità falda: -1,00 m da p.c.

CERTIFICATO N° 278/14 DATA 20/12/14

VERBALE ACCETTAZIONE N° 58/14 DATA 19/12/14

Qc [MPa] U2 [KPa] Fs [KPa] Rf [%] U0 U2 - U0



CPTU-ACQ for TGAS (Pagani G.E. acquisition system)

Sperimentatore

Direttore

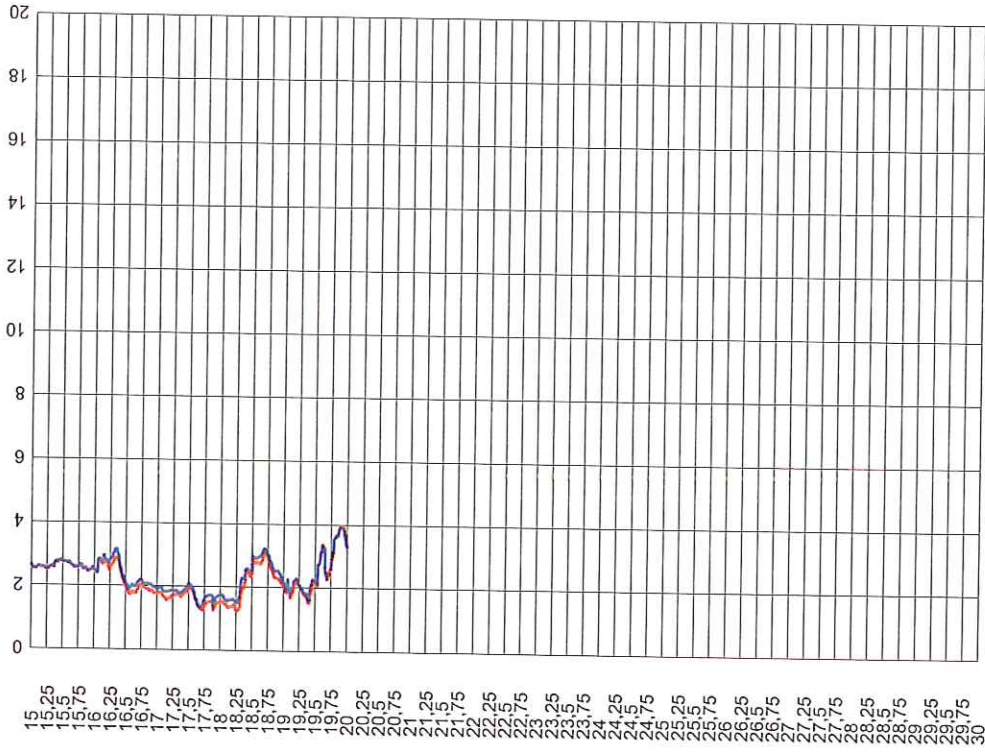
Page: 2/3

SONGEO S.R.L.

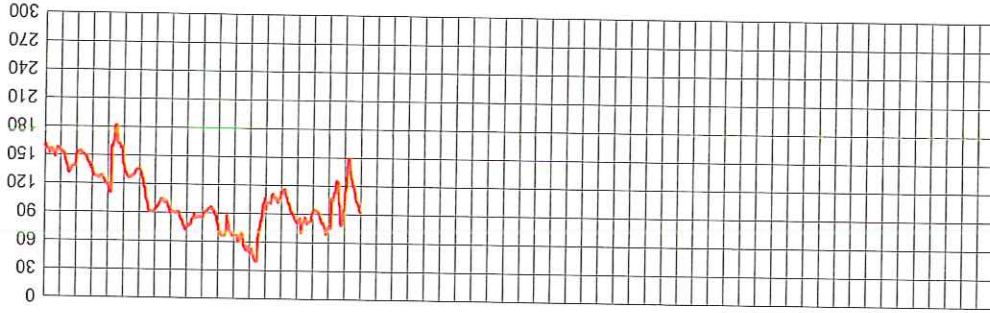
Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 19/12/2014

Site: Cento (FE) via dei Tigli - Test: Cptu 2

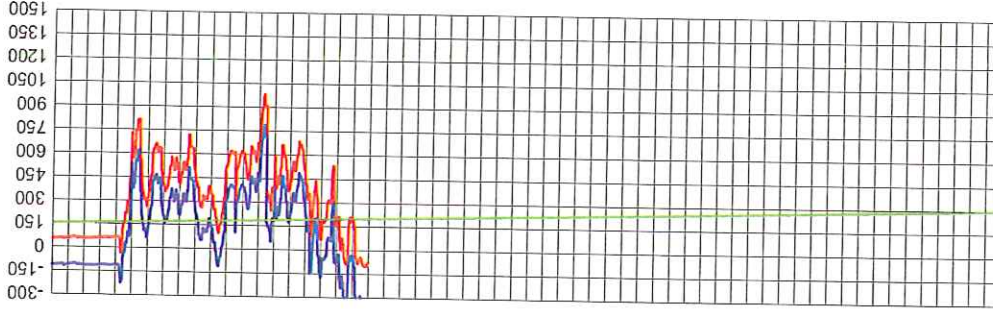
Qc [MPa]



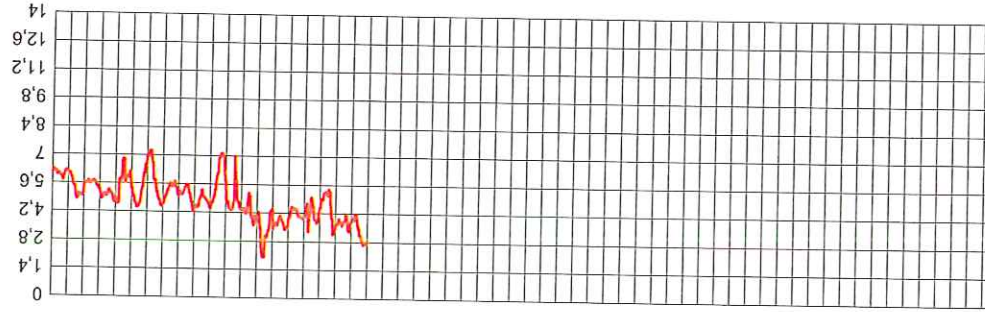
Fs [kPa]



U2 [kPa]



Rf [%]



CPTU-ACQ for TGAS (Pagani G.E. acquisition system)

Sperimentatore

Direttore