



COMUNE DI CAVEZZO  
PROVINCIA DI MODENA

# P.D.R. 2

**Piano Della Ricostruzione**

**L.R. 16/2012**

<p><b>RELAZIONE GENERALE SCHEDE DEGLI INTERVENTI</b></p>	<p><b>ELABORATO A</b></p>
<p><b>INTESA UNICA PDR SECONDO STRALCIO IN DATA 19/1/2015</b></p>	

Progetto

STUDIO  
ARCH. PAOLO ARTIOLI

Collaboratori:

ELLENIA s.n.c. - Ostiglia  
CLARA BORSATTI

Adottato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Approvato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Pubblicato sul BURERT n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

## RELAZIONE INTRODUTTIVA

Il piano della ricostruzione del Comune di Cavezzo è redatto ai sensi dell'art. 12 della L.R. 16/2012

Con Delibera di Consiglio n. 92 del 22/12/2013 è stato adottato il Piano della Ricostruzione prima fase, approvato con D.C.C n. 51 del 07/05/2014, in cui si individuavano:

- La presa d'atto della revisione dei vincoli avvenuta ai sensi dell'art. 12 comma 5 della L.R. 16
- La revisione dei vincoli da avvenire ai sensi dell'art. 6 comma 3 secondo capoverso della L.R. 16
- Accordo ai sensi dell'art. 18 della L.R. 20/2000 fra il Comune di Cavezzo e i sigg. Pellacani Gianfranco e altri
- Introduzione di uso U24 in ambito Dot 1
- Modifica di ambito AC1, in località Ponte Motta, finalizzato alla delocalizzazione di attività commerciale di vicinato (ferramenta)
- Introduzione della possibilità di aumento del 20% della Superficie Utile in fabbricati adibiti ad attività industriale o artigianale, ai sensi dell'art. 13 bis del DI 74/2012 come convertito con L.122/2012
- Soppressione di porzione di ambito AP3 (Aree produttive edificate sulla base dei piani urbanistici attuativi)
  - Indirizzi e prescrizioni per la costruzione in ambito agricolo
  - Microzonazione sismica e condizione limite di emergenza

Il piano che viene presentato ora è la seconda fase, in cui si individuano una serie di interventi realizzati o da realizzare, per i quali se ne verifica la compatibilità urbanistica e ambientale.

Non è un vero e proprio piano organico, che si pone l'obiettivo di verificare l'assetto urbano dopo il terremoto o si pone l'obiettivo di "ridisegnare" la morfologia degli ambiti, ma è un piano che riconosce problematiche puntuali e mira a risolverle secondo due obiettivi fondamentali:

1. Agevolare al massimo la ripresa delle attività economiche al fine di ricostruire e migliorare il tessuto produttivo antecedente al sisma
2. Agevolare la ripresa dell'attività edilizia legata all'abitare, non solo attraverso la ricostruzione, ma anche attraverso iniziative che tendano a favorire interventi già programmati.

Il Piano è così articolato:

- Una relazione illustrativa generale ( la presente) in cui si spiegano sommariamente i contenuti
- La tavola 2.4 di PSC in cui si localizzano gli interventi
- Le schede di intervento in cui, al loro interno è articolata una relazione illustrativa e una descrizione sintetica riferita al quadro conoscitivo e alla Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale.
- Il completamento della Microzonazione sismica adottata con il piano della ricostruzione prima fase, in cui vengono inserite anche le aree del territorio sparso oltre a quelle potenzialmente edificabili
- Le Norme Tecniche di Attuazione che riguardano problematiche specifiche
- La revisione dei vincoli per tre fabbricati non inseriti nel Piano della Ricostruzione prima fase.

## **LE SCHEDE DI INTERVENTO**

1. Comparto produttivo WAM a Ponte Motta. Revisione completa del comparto danneggiato dal sisma. Variante al Piano Urbanistico approvato nel 2008. Il PdR costituisce variante al PUA; sono allegati tutti gli elaborati necessari.
2. Strada pubblica in fregio a ovest al comparto WAM. Nel PdR viene inserito l'accordo con i privati ai sensi dell'art. 18 L.R. 20/2000 per la realizzazione della strada.
3. Area ditta ACETUM ponte Motta. Modifica di destinazione d'ambito da agricolo produttivo
4. Area ditta D'AVANT GARDE TRICOT SRL. in località Bellincina. Modifica di destinazione d'ambito da agricolo a produttivo
5. Area destinata a polo scolastico. Definizione di ambito per edilizia scolastica, modifica dell'accordo con i privati ai sensi dell'rt. 18 L.R. 20/2000, definizione di ambito AC.1 Aree edificate a prevalente destinazione residenziale ad assetto urbanistico consolidato
6. Revisione e modifica del tracciato del "corridoio per il nuovo collegamento stradale e relative fasce di ambientazione (MOB)
7. Modifica dell'accordo stipulato ai sensi dell'art. 18 L.R. 20/2000 con Eredi Sacchi per la cessione di area per la futura tangenziale; variante alle Norme Tecniche del POC 3 intervento F.

8. Piano Urbanistico Attuativo DUGONI. Variante al piano per l'inserimento vasche di laminazione. Variante al POC 2 per modifica alle Norme Tecniche di Attuazione
9. Intervento stralciato con D.G. n. 124 del 11/12/2014
10. Modifica di ambito da "Ambito di Riqualificazione Urbana ( AR)" ad ambito per "Aree edificate a prevalente destinazione residenziale ad assetto urbanistico consolidato ( AC.1)" ( Bottecchi)
11. Modifica di ambito da "Aree produttive ad assetto urbanistico consolidato (AP.1)" ad "Ambito di Riqualificazione Urbana ( AR) (Creola)
12. Modifica di ambito da "Ambito di Riqualificazione Urbana ( AR) ad "Aree per attrezzature sportive Pubbliche ( DOT.3) ( Via Allende)
13. Intervento stralciato con D.G. n. 124 del 11/12/2014
14. Definizione di ambito DOT 1 per area destinata a Moduli Abitativi Provvisori ( MAP)



COMUNE DI CAVEZZO  
PROVINCIA DI MODENA

# P.D.R. 2

**Piano Della Ricostruzione**

**L.R. 16/2012**

<b>INTERVENTO N. 1</b>	
<b>COMPARTO PRODUTTIVO WAM</b>	
INTESA UNICA PDR SECONDO STRALCIO IN DATA 19/1/2015	

Progetto

STUDIO  
ARCH. PAOLO ARTIOLI

Collaboratori:

ELLENIA s.n.c. - Ostiglia  
CLARA BORSATTI

Adottato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Approvato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Publicato sul BURERT n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Il comparto oggetto dell'inserimento del Piano della Ricostruzione è di tipo produttivo e si trova nella frazione di Ponte Motta.

Si tratta del comparto WAM.

La ditta WAMGROUP SPA produce essenzialmente coclee, filtri per abbattimento polveri, valvole di vario tipo ed altri accessori per impianti di betonaggio, molitoria, estrazione e stivaggio di materiali polverulenti e granulari di varia natura. In particolare le coclee, che rappresentano l'attività principale dell'azienda, sono macchine incentrate in tubi di varie sezioni e diametri, in ferro o acciaio inox, all'interno dei quali è inserito un asse dotato di spira elicoidale (apparato cocleare), dotate di motori e riduttori che determinano il moto dell'apparato cocleare stesso, nonché di bocche per l'entrata ed il deflusso dei materiali.

Un'altra linea di lavorazioni si occupa della produzione di sistemi di movimentazione e di apparati dosatori per polveri e materiali granulari che trovano applicazione tecnologica a servizio di macchine ed impianti per le industrie chimiche, ceramiche, alimentari, farmaceutiche e zootecniche.

L'azienda è di primaria importanza per il territorio del comune di Cavezzo, per il numero di addetti impiegati.

In seguito al sisma del 29 maggio 2012 gran parte dei fabbricati dell'azienda sono stati danneggiati o sono crollati e di fronte a questa situazione la proprietà si è posta il problema di delocalizzare ovvero ricostruire in loco.

La scelta è ricaduta sulla ricostruzione in loco, ponendosi quindi l'obiettivo di mantenere il livello occupazionale precedente.

In più, l'occasione della ricostruzione ha indirizzato le scelte della proprietà verso una riorganizzazione funzionale e spaziale di tutto il comparto.

Queste scelte sono state condivise con favore dall'Amministrazione Comunale, che vede un'azienda radicata sul territorio da oltre 30 anni, mantenere le lavorazioni e il livello occupazionale nel territorio comunale.

Gli obiettivi essenziali della riorganizzazione:

- Rifunionalizzazione/ricostruzione di quasi tutti i fabbricati
- Ampliamento del comparto su aree di proprietà poste una a nord ovest che ospiterà un nuovo edificio e una a sud che ospiterà dei parcheggi di pertinenza. Entrambe le aree sono in ambiti agricoli e verranno inserite in ambito produttivo
- Revisione di tutto l'apparato scolante (acque chiare e acque nere)

- Ricollocazione di tutti i parcheggi pubblici che dovevano essere ceduti dal PUA in vigore, riportandoli in una posizione più favorevole per la frazione in fregio a via Cavour
- Ricollocazione di tutti i parcheggi di pertinenza, prevalentemente in prossimità degli edifici e con l'eliminazione del parcheggio multipiano in progetto con il PUA in vigore
- Creazione di un ampio bacino di laminazione a cielo aperto per le acque meteoriche
- Creazione di una nuova strada di accesso da via di Sotto, in parte su proprietà Wam, in parte su proprietà di confinanti posti a ovest del comparto. Sarà una strada pubblica interamente pagata dall'Azienda e per la quale il Comune si impegna a portare a termine l'attività espropriativa.

A livello procedurale tre sono gli elementi che consentiranno di portare a termine l'intervento:

1. Accordo con i privati ai sensi dell'art. 18 L.R. 20 che regola i patti per la costruzione della strada di accesso e il bacino di laminazione attiguo
2. Variante al PUA esistente e conseguente variante alla convenzione
3. Inserimento dei due elementi precedenti nel piano della Ricostruzione

Pertanto L'approvazione del Piano della Ricostruzione con questi elementi , costituisce variante al Piano Urbanistico Attuativo approvato nel 2008

Si rimanda alla lettura dell'accordo e della relazione di accompagnamento della variante al PUA, per la spiegazione di tutti i dettagli dell'intervento .

## **COSA CAMBIA SOTTO IL PROFILO DEL QUADRO CONOSCITIVO E DELLA VALSAT DEL PSC**

Di seguito si riporta stralcio dell'art. 29 del PSC che regola l'intervento nel comparto WAM

Con riferimento al comparto identificato con il simbolo di doppio asterisco, in località Ponte Motta, costituito da due aree distinte e non confinanti, l'una destinata prevalentemente alla localizzazione delle attività produttive e l'altra, di dimensioni più ridotte, destinata alla localizzazione delle dotazioni di verde pubblico, per la quale dovrà essere adottata la tipologia del "parco di quartiere" secondo le modalità prescritte dal RUE (Allegato D), valgono i parametri urbanistici ed edilizi di seguito indicati:

SM	Superficie minima di intervento	=	ST (Superficie territoriale) compresa entro il perimetro del PUA, corrispondente alla somma delle ST
----	---------------------------------	---	--

			relative alle due aree identificate con il simbolo di doppio asterisco
SU	Superficie Utile max	=	65.000 mq
PU	Parcheggi di urbanizzazione	=	5.000
VP	Verde Pubblico	=	22.500
Pp	Parcheggi di pertinenza	=	come definiti dal RUE
SP	Superficie permeabile	=	30% della SF al netto della sup. coperta
H	Altezza massima	=	m 10,50, derogabile per volumi tecnici
VL	Visuale Libera	=	0,5
D1	Distanze dai confini di proprietà	=	5 m
D2	Distanze da confini di zona urbanistica	=	10 m nei confronti delle aree residenziali e 5 m nei confronti di tutte le altre aree urbanistiche
D3	Distanze tra edifici	=	all'altezza del fabbricato più alto e comunque non inferiore a 10 m

**Già il Piano Urbanistico Attuativo del 2008 rispettava queste indicazioni.**

**Dalla tabella di piano:**

SM	Superficie minima di intervento	=	ST (Superficie territoriale) Comparto industriale mq 173.126,18 Area destinata a parco mq 18.240,55 <b>Totale mq 191.366,73</b>
SU	Superficie Utile max	=	Esistente mq 42.210,80 Demolizioni mq - 1.163,52 Ampliamenti in corso mq 4.728,72 Ampliam. Futuri mq 12.224,00 <b>Totale mq 65.000,00</b>
PU	Parcheggi di urbanizzazione	=	Mq 5001
VP	Verde Pubblico	=	Mq 22.517,55
Pp	Parcheggi di pertinenza	=	n. 1.075 posti auto
SP	Superficie permeabile	=	Mq 29.459,18
H	Altezza massima	=	m 10,50, derogabile per volumi tecnici
VL	Visuale Libera	=	0,5
D1	Distanze dai confini di proprietà	=	5 m
D2	Distanze da confini di zona urbanistica	=	10 m nei confronti delle aree residenziali e 5 m nei confronti di tutte le altre aree urbanistiche
D3	Distanze tra edifici	=	all'altezza del fabbricato più alto e comunque non inferiore a 10 m

**Dalla tabella di proposta di Variante al PUA :**



SM	Superficie minima di intervento	=	ST (Superficie territoriale) Comparto industriale mq 191.366,73 Ampliamento 1 mq 10.513,00 Ampliamento 2 mq 1.119,00 <b>Totale mq 202.998,73</b>
SU	Superficie Utile	=	Mq 65.000 in progetto
PU	Parcheggi di urbanizzazione	=	Mq 5000
VP	Verde Pubblico	=	Mq 22.523,63
Pp	Parcheggi di pertinenza	=	n. 1.046 posti auto
SP	Superficie permeabile	=	Mq 36.961,09
H	Altezza massima	=	m 10,50, derogabile per volumi tecnici
VL	Visuale Libera	=	0,5
D1	Distanze dai confini di proprietà	=	5 m
D2	Distanze da confini di zona urbanistica	=	10 m nei confronti delle aree residenziali e 5 m nei confronti di tutte le altre aree urbanistiche
D3	Distanze tra edifici	=	all'altezza del fabbricato più alto e comunque non inferiore a 10 m

In buona sostanza sotto il profilo ambientale nulla è cambiato, infatti a fronte di un ampliamento della superficie territoriale, non è aumentata la superficie utile. I parcheggi di urbanizzazione sono rimasti inalterati, in più sono stati riportati in una posizione di maggiore fruibilità da parte della frazione. Il verde pubblico non è cambiato. E' aumentata la superficie permeabile.

Sotto il profilo del traffico, la nuova strada che servirà il comparto da ovest, la distribuzione dei parcheggi di pertinenza in corrispondenza degli edifici, contribuirà a migliorare il flusso di traffico diretto verso via Cavour.

Sono allegati della presente scheda:

RT – Relazione illustrativa, Norme Tecniche di Attuazione e Rapporto Preliminare

SDR.1- progetto del sistema di drenaggio – Relazione Tecnico illustrativa

SDR.2 – Progetto reti fognarie e report numerici

GEO – Relazione Geologica

CNV – Bozza di nuova convenzione

VLST – Valsat

SV – Relazione sulla viabilità di comparto

ACU – Relazione Acustica

VSR – Visure catastali

ELABORATI GRAFICI

### Stato Approvato

- TAV 1 – Stato Approvato: inquadramento del comparto
- TAV 2 – Stato Approvato : planimetria del comparto e standard urbanistici- progetto 2008
- TAV 3 - Stato Approvato : planimetria rete fognaria –progetto 2008
- TAV 4 - Stato Approvato : planimetria reti acqua e gas – progetto 2008
- TAV 5 - Stato Approvato : planimetria reti ENEL Telecom –progetto 2008
- TAV 6 - Stato Approvato : strada e parcheggio pubblico di cessione – progetto 2008
- TAV 7 - Stato Approvato : parco di quartiere – progetto 2008

### Stato si fatto post sisma

- TAV 8/a – Stato di fatto post sisma: rilievo fotografico
- TAV 8/b – Stato di fatto post sisma: rilievo fotografico
- TAV 9 – Stato di fatto post sisma: planimetria con individuazione danni e demolizioni
- TAV 10 - Stato di fatto post sisma: progetto di ricostruzione del comparto
- TAV 11 – Stato di fatto post sisma: planimetria con recupero e ricollocazione delle superfici demolite

### Stato Variato

- TAV 12 – Stato Variato : inquadramento del comparto estratto PSC, estratto di mappa, foto aerea
- TAV 13 – Stato Variato : planimetria del comparto e standard urbanistici
- TAV 14 A – Stato Variato : corografia e planimetria generale delle reti fognarie
- TAV 14 B – Stato Variato : planimetria di dettaglio delle reti fognarie RIQ.A
- TAV 14 C – Stato Variato : planimetria di dettaglio delle reti fognarie RIQ.b
- TAV 14 D – Stato Variato :planimetria di dettaglio delle reti fognarie meteoriche pubbliche parcheggi
- TAV 15 A – Stato Variato : planimetria di dettaglio delle reti fognarie meteoriche pubbliche e relativi profili
- TAV 15 B – Stato Variato : profili altimetrico-longitudinali reti acque meteoriche 2/2
- TAV 15 C – Stato Variato : profili altimetrico-longitudinali reti acque meteoriche 1/3
- TAV 15 D – Stato Variato : profili altimetrico-longitudinali reti acque grigie 2/3
- TAV 15 E – Stato Variato : profili altimetrico-longitudinali reti acque grigie 3/3
- TAV 15 F – Stato Variato : profili altimetrico-longitudinali reti acque grigie 1/2
- TAV 15 G – Stato Variato : profili altimetrico-longitudinali reti acque nere 2/2
- TAV 15 H – Stato Variato : particolari costruttivi tipologici, dettagli
- TAV 16 – Stato Variato : planimetria reti acqua e gas

TAV 17 – Stato Variato : planimetria reti ENEL Telecom

TAV 18/a – Stato Variato : progetto di cessione in via Cavour

TAV 18/b – Stato Variato : progetto del parcheggio e delle aree di cessione – impianto di illuminazione pubblica

TAV 18/c – Stato Variato : area sportiva di cessione

TAV 19/a – Stato Variato : progetto del parco di quartiere

TAV 19/b – Stato Variato : attrezzature di progetto per il parco di quartiere

TAV 19/c – Stato Variato : impianti e reti di progetto per il parco di quartiere

TAV 20 – Stato Variato : particellare di esproprio

TAV 21 – Stato Variato : Progetto viabilità di comparto

TAV 22— Stato Variato : Strada pubblica



COMUNE DI CAVEZZO  
PROVINCIA DI MODENA

# P.D.R. 2

**Piano Della Ricostruzione**

**L.R. 16/2012**

<b>INTERVENTO N. 2</b>	
<b>STRADA PUBBLICA A PONTE MOTTA</b>	
<b>INTESA UNICA PDR SECONDO STRALCIO IN DATA 19/1/2015</b>	

Progetto

STUDIO  
ARCH. PAOLO ARTIOLI

Collaboratori:

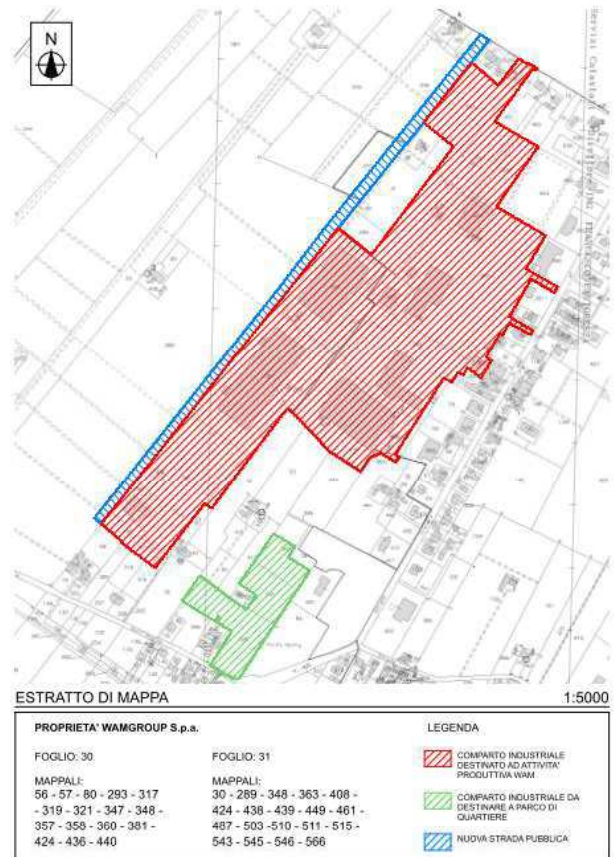
ELLENIA s.n.c. - Ostiglia  
CLARA BORSATTI

Adottato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Approvato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Publicato sul BURERT n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA



Il Comune di Cavezzo rientra tra i comuni interessati dagli eventi sismici del maggio 2012 e ha avviato le procedure per la formazione del Piano della ricostruzione (PDR) ai sensi e per gli effetti della LR 16/2012, sviluppato in diversi stralci, il primo già adottato con Delibera del Consiglio comunale n.92 assunta nella seduta del 22/12/2013.

Tra le finalità principali del PDR, in linea con gli interventi normativi regionali e nazionali e con le ordinanze del Commissario Straordinario, particolare rilievo assume l'obiettivo di favorire la ripresa delle attività produttive mediante la ricostruzione ed il consolidamento del tessuto imprenditoriale locale, gravemente danneggiato dagli eventi sismici, per conseguire la conservazione dei posti di lavoro.

In riferimento alla ditta Wam di Ponte Motta si sono riscontrati numerosi danni e crolli, per cui si rende necessaria una revisione e un riordino dell'assetto edilizio e distributivo rispetto al Piano Urbanistico Attuativo approvato nel 2008.

Alcune attività vitali del gruppo sono state temporaneamente delocalizzate in altri siti industriali, preservando le posizioni lavorative dei propri addetti e predisponendo una serie di navette-bus di collegamento tra Ponte Motta e i siti di delocalizzazione, con l'evidente intento della stessa, particolarmente legata al Comune di Cavezzo, di ripristinare a breve tutte le attività originarie, sempre a Ponte Motta.

Le scelte aziendali sono di confermare e rafforzare il ruolo della sede di Cavezzo, e quindi alla conservazione dei posti di lavoro, comportando un impatto positivo sul territorio, per le caratteristiche e le finalità descritte, nonché un notevole indotto anche per le limitrofe aziende del medesimo territorio, senza aggravare il consumo di territorio.

Le opzioni individuate, difatti, non vanno a realizzare alcun aumento di volumetria e di superficie utile rispetto alle previsioni del PUA 2008, ma una loro ricollocazione e riorganizzazione mirata a riprendere in tempi strettissimi la produzione industriale e a dare nuovo impulso all'attività produttiva nella sede di Cavezzo.

La nuova disposizione degli immobili conseguente al necessario riutilizzo immediato degli edifici ristrutturabili ed al riallocazione delle volumetrie dei fabbricati crollati, comporta la necessità di rivedere le scelte contenute nel PUA 2008.

Le opere in progetto, in parte già realizzate nel rispetto delle disposizioni vigenti ed in parte realizzande, pur pienamente coerenti alle disposizioni di piano, nonché agli elementi essenziali del PUA 2008, per le specifiche ragioni tecniche puntualmente relazionate nella documentazione allegata alla variante del PUA 2008, sono oggi vincolate ad una precisa collocazione "a incastro" tra volumetrie ristrutturate e nuove volumetrie ed a una conseguente realizzazione per *step* obbligata, a cui le opere infrastrutturali si devono riconnettere per ricucire le connessioni viabilistiche e dei sotto servizi e delle utenze tra le varie parti del comparto.

Ne consegue che il comparto si presenta con un polo produttivo centrale servito da un unico accesso comune, Via Archimede, destinato alla viabilità del trasporto merci e delle

autovetture dirette verso i parcheggi delle zone produttive ed amministrative site in parti opposte. Il flusso logistico di merci trasportate su autotreni in entrata ed uscita e quello delle merci intra comparto in transito da uno stabilimento all'altro, collide pericolosamente con la viabilità delle autovetture degli addetti dirette verso gli edifici direzionali e relative aree di parcheggio. In particolare la riallocazione delle diverse superfici destinate ad uffici in un unico headquarter aziendale sito nell'unica area libera nella parte opposta all'accesso viabilistico di Via Archimede, costringe all'attraversamento dell'intero comparto degli impiegati amministrativi con conseguente interferenza delle diverse tipologie di viabilità e della sicurezza veicolare.

Per quanto sopra descritto, si rende necessaria una nuova strada di accesso che non può trovare collocazione internamente al comparto ma solo esternamente e dovrà essere dedicata alla viabilità delle autovetture dei dipendenti in transito verso i parcheggi industriali ed amministrativi accessibili dal confine nord ovest ed all'headquarter aziendale sito nella parte sud ovest.

La razionale collocazione della nuova strada sul confine nord ovest del comparto diventa un elemento progettuale di cucitura con la restante area agricola, che è per la maggior parte inserita in un ambito industriale di espansione AP6/II del PSC, ed in minor parte in ambito agricolo; la realizzazione della nuova strada è contestuale alla realizzazione di un canale di laminazione del comparto, atto alla risoluzione delle problematiche attinenti all'invarianza idraulica come prescritto dalla vigente pianificazione.

L'area di circa 15.238,52 mq, è compresa in ambito AP.6/II "*Aree urbanizzabili per funzioni produttive di nuova previsione*", destinato specificatamente dal PSC all'ampliamento dell'attività produttiva esistente della società WAM, ed in minor parte, in ambiti AVP.1 "*Ambiti agricoli periurbani di rilievo paesaggistico*".

E' per i motivi sopra esposti che l'Amministrazione Comunale intende inserire la strada nel Piano della ricostruzione come opera pubblica che consegue la finalità di favorire la ripresa dell'attività produttiva e occupazionale.

A tale scopo è stato stipulato un accordo con i privati ai sensi dell'art. 18 della L.R.20/2000 in cui si stabilisce che sono a carico della Ditta tutti gli oneri relativi alla costruzione della strada e canale di laminazione, agli indennizzi ai privati confinanti, mentre è competenza del Comune portare avanti l'attività espropriativa

Allegati alla scheda:

- Delibera di Giunta n. 20 del 20/3/2014
- Il testo dell'accordo
- Art. 18 Tav. 1 Stato approvato inquadramento di comparto
- Art. 18 Tav. 2 Stato approvato planimetria di comparto e standard urbanistici
- Art. 18 Tav. 3 Progetto di ricostruzione del comparto
- Art. 18 Tav. 4 Planimetrie con recupero e ricollocazione superfici demolite
- Art. 18 Tav. 5 Inquadramento di comparto estratto di PSC
- Art. 18 Tav. 6 Stato variato planimetria di comparto e standard
- Art. 18 Tav. 7 progetto preliminare nuova strada pubblica
- Art. 18 Tav. 8 stato variato particellare di esproprio





COPIA

VERBALE DI DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA COMUNALE

Reg.Publ. 136

Nr. 20 del 20/03/2014

Oggetto:

**ACCORDO AI SENSI DELL'ART.18 DELLA LR 20/2000, ART.12 DELLA LR 16/2012, ART.11 L 241/1990, CON LA SOCIETA' WAM GROUP SPA - Ambito produttivo - frazione Ponte Motta**

L'anno **duemilaquattordici**, il giorno **venti** del mese di **marzo**, alle ore 12,15 nei locali comunali di Via Dante Alighieri n.50, appositamente convocata, si è riunita la Giunta Municipale

Sono presenti:

1	DRAGHETTI STEFANO	Sindaco	Presente
2	BIANCHINI GIUSEPPE	Vicesindaco	Presente
3	ASCARI ANDREA	Assessore	Presente
4	FERRAGUTI MARIA CRISTINA	Assessore	Presente
5	LUPPI LISA	Assessore	Presente

Assiste all'adunanza il Sig. ASCARI MILENA nella sua qualità di Vicesegretario.

Essendo legale il numero degli intervenuti, il Sig DRAGHETTI STEFANO Sindaco assume la Presidenza e dichiara aperta la seduta per la trattazione dell'oggetto sopraindicato.



proposta n° 8242

## OGGETTO

ACCORDO AI SENSI DELL'ART.18 DELLA LR 20/2000, ART.12 DELLA LR 16/2012, ART.11 L 241/1990, CON LA SOCIETA' WAM GROUP SPA - Ambito produttivo - frazione Ponte Motta

## LA GIUNTA COMUNALE

Premesso che

- il Comune di Cavezzo ha approvato il Piano Strutturale Comunale (PSC) con Deliberazione di Consiglio Comunale n.91/2003, in vigore 31/3/2004, data di pubblicazione sul Bollettino Ufficiale Regionale, modificato da ultimo in data 25/07/2011 con Deliberazione del Consiglio Comunale n.50;
- gli eventi sismici del maggio 2012 hanno arrecato danni gravissimi nell'area del comparto produttivo della Società WAMGROUP spa, ubicato in frazione Ponte Motta, via Cavour 338, attività produttiva di prioritaria importanza per la realtà economica del territorio del Comune di Cavezzo;
- l'area del comparto produttivo è assoggettata a Piano Urbanistico Attuativo (PUA) approvato con Deliberazione di Consiglio comunale n.81 del 17/12/2008 e relativa Convenzione Urbanistica del 11/02/2009; il comparto ha una superficie territoriale di circa 191.000 mq
- a causa degli edifici crollati o irrimediabilmente danneggiati dagli eventi sismici e all'immediata delocalizzazione e ricostruzione delle volumetrie al fine di supportare la rapida ripresa dell'attività produttiva la Società ha necessariamente dovuto procedere all'analisi di una proposta di variante al PUA 2008; tale variante al PUA 2008 risolve la logistica aziendale e consente la piena ripresa dell'attività produttiva;

Visti

La Legge della Regione Emilia Romagna 24 marzo 2000, n.20 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in particolare l'art.18 che testualmente dispone:

*"1. Gli enti locali possono concludere accordi con i soggetti privati, nel rispetto dei principi di imparzialità amministrativa, di trasparenza, di parità di trattamento degli operatori, di pubblicità e di partecipazione al procedimento di tutti i soggetti interessati, per assumere in tali strumenti previsioni di assetto del territorio di rilevante interesse per la comunità locale condivise dai soggetti interessati e coerenti con gli obiettivi strategici individuati negli atti di pianificazione. Gli accordi possono attere al contenuto discrezionale degli atti di pianificazione territoriale e urbanistica, sono stipulati nel rispetto della legislazione e pianificazione sovraordinata vigente e senza pregiudizio dei diritti dei terzi.*

*2. L'accordo indica le ragioni di rilevante interesse pubblico che giustificano il ricorso allo strumento negoziale e verifica la compatibilità delle scelte di pianificazione concordate, secondo quanto previsto dal comma 3 dell'articolo 3.*

*3. L'accordo costituisce parte integrante dello strumento di pianificazione cui accede ed è soggetto alle medesime forme di pubblicità e di partecipazione. La stipulazione dell'accordo è preceduta da una determinazione dell'organo esecutivo dell'ente. L'accordo è subordinato alla condizione sospensiva del recepimento dei suoi contenuti nella delibera di adozione dello strumento di pianificazione cui accede e della conferma delle sue*



Comune di Cavezzo  
Provincia di Modena

previsioni nel piano approvato.

4. Per quanto non disciplinato dalla presente legge trovano applicazione le disposizioni di cui ai commi 2, 4 e 5 dell'art. 11 della Legge n. 241 del 1990.”;

- La Legge della Regione Emilia Romagna 21 Dicembre 2012, n.16 “Norme per la ricostruzione nei territori interessati dal sisma del 20/29 maggio 2012”;

Considerato che:

- in data 04/02/2014, prot.n.1902, è pervenuta richiesta di inserimento nel Piano della Ricostruzione inoltrata dal Sig. Marchesini Vainer, legale rappresentante della Società WAMGROUP spa e allegata congiuntamente alla documentazione tecnica sottoscritta dal progettista incaricato Arch. Rebecchi Franco, da attuarsi previa sottoscrizione di un Accordo ai sensi dell'art.18 della LR 20/2000, art.12 della LR 16/2012, art.11 L 241/1990 (d'innanzi Accordo);

- l'Accordo comporta il recepimento nel Piano della Ricostruzione:

- di variante al PUA 2008 a seguito della riorganizzazione del comparto produttivo;
- di variante al PSC per la variazione di destinazione da ambito rurale ad ambito produttivo consolidato dell'ampliamento del comparto di circa 11.500 mq, pari ad un incremento di circa il 6 (sei) per cento del comparto;
- di una modifica al piano delle opere pubbliche mediante inserimento di una nuova strada pubblica e relativa imposizione di vincolo preordinato all'esproprio di area di circa 15.238,52 mq da destinarsi alla realizzazione, con costi a carico della Società WAMGROUP spa, di una nuova strada di interesse pubblico con canale di laminazione in contiguità, canale da valersi anche quale opera di mitigazione;

Considerato altresì che:

- la Società, al fine di procedere con la realizzazione di quanto in progetto, considerando peraltro le stringenti tempistiche imposte per la ricostruzione, necessita della previa definizione del quadro regolamentare ed urbanistico di riferimento, e specificatamente dell'inserimento della descritta nuova strada e del canale in contiguità, tra le opere pubbliche e la conseguente approvazione degli atti portanti l'apposizione del vincolo espropriativo per l'acquisizione delle aree e la loro realizzazione;
- in assenza di una positiva risoluzione delle problematiche infrastrutturali stradali, meglio illustrate nella documentazione depositata, la Società si vedrebbe costretta a rinunciare al riallocaimento *in situ* di una consistente volumetria, dovendo conseguentemente prendere in considerazione di indirizzare forzatamente altrove parte dell'attività aziendale;
- per quanto sopra descritto il presente Accordo riveste un interesse prioritario e rilevante per la collettività, richiesto dall'art.18 della LR 20/2000, in quanto consente di raggiungere i seguenti obiettivi generali:
  - la risoluzione di problematiche infrastrutturali e viabilistiche del comparto, particolarmente rilevanti quanto ai profili di sicurezza;
  - la risoluzione delle problematiche idrauliche del comparto;
  - lo sviluppo nell'area di investimenti diretti, in coerenza con le linee strategiche della programmazione regionale e con le vocazioni dei territori, volti alla conservazione dei posti di lavoro diretti e indiretti e a porre in essere le condizioni per un futuro sviluppo anche occupazionale;
  - lo sviluppo dell'indotto e delle filiere di fornitura destinate ad agire da volano



**Comune di Cavezzo**  
**Provincia di Modena**

- per il consolidamento del tessuto imprenditoriale locale;
- l'ottimizzazione delle previsioni edificatorie con utilizzo di territorio idoneo in quanto con destinazioni di PSC conforme per la maggior parte;
  - limitato impatto sul territorio in quanto le variazioni urbanistiche di cui viene proposto l'inserimento nel PDR risultano interessare porzioni di territorio in continuità con l'attuale tessuto produttivo e per la maggior parte già destinate ad espansione produttiva;

Vista la proposta di deliberazione predisposta dal responsabile del procedimento;

Visto il D.Lgs.n.267/2000;

Vista la Legge n.127/1997;

Visti i pareri favorevoli, in ordine alla regolarità tecnica del responsabile del Servizio urbanistica edilizia e ambiente;

Vista l'attestazione del responsabile del servizio finanziario dalla quale risulta la non rilevanza contabile del presente atto;

Con voti favorevoli unanimi espressi per alzata di mano;

**DELIBERA**

1. di approvare l'Accordo allegato alla presente costituito dallo schema dell'accordo e relativi allegati tecnici di dettaglio (tavole da 1 a 8);
2. di autorizzare il Sindaco alla stipula dell'Accordo, il cui schema si approva con la presente deliberazione, apportandone le eventuali integrazioni e ad ogni altro adempimento conseguente l'approvazione del presente atto;
3. di dare atto che l'accordo ai sensi dell'art.18 della LR20/2000, sarà adottato quale parte integrante del Piano della ricostruzione e seguirà le medesime forme di pubblicità;
4. di impegnare la Giunta Comunale ad adoperarsi allo svolgimento di ogni attività utile al raggiungimento del risultato concordato, secondo canoni di correttezza e buona fede, affinché le scelte operate siano fatte proprie dall'organo consiliare;
5. di dare atto che l'adozione del presente provvedimento non comporta riflessi diretti o indiretti sulla situazione economico-finanziaria o sul patrimonio dell'ente;
6. di disporre che la presente deliberazione venga comunicata, contestualmente all'affissione, ai capigruppo consiliari, a norma dell'art.125 del DLgs 267/2000;
7. di disporre che la presente deliberazione venga comunicata contestualmente all'affissione, al Prefetto, a norma dell'art. 135, comma 2, del DLgs 267/2000;
8. con votazione unanime, di rendere il presente atto immediatamente eseguibile ai sensi dell'art.134.4 del D.Lgs.vo 267/2000 al fine di predisporre in tempi brevi i documenti necessari all'adozione del Piano della Ricostruzione.

REPERTORIO N. \_\_\_\_\_

## SCHEMA PROPOSTO

### ACCORDO AI SENSI DELL'ART.18 DELLA LEGGE REGIONALE N.20/2000 E AI SENSI DELL'ART.12, COMMA 10, DELLA LEGGE REGIONALE N.16/2012 TRA LA WAMGROUP S.P.A. E IL COMUNE DI CAVEZZO

L'anno 2014 (duemilaquattordici), il giorno .....con il presente atto, da valersi tra le parti ad ogni effetto di legge, fra:

la **WAMGROUP S.p.A.**, C.F./P.IVA \_\_\_\_\_, pec: \_\_\_\_\_ con sede legale in Strada degli Schiocchi 2, CAP 41124 Modena, rappresentata dal Signor Marchesini Vainer, nato a Soliera il 05/02/1946, domiciliato per la carica presso la sede della società di cui oltre, il quale interviene al presente atto non in proprio, ma esclusivamente in nome, per conto ed in legale rappresentanza della società "**WAM S.p.A.**" (di seguito per brevità definita "Società");

e

il **COMUNE DI CAVEZZO**, C.F. 82000510360, P.IVA 00224030361, pec istituzionale: [comunecavezzo@cert.comune.cavezzo.mo.it](mailto:comunecavezzo@cert.comune.cavezzo.mo.it), con sede legale in via Cavour, 36, CAP 41032 Cavezzo (Modena), in persona del Sindaco Dragetti Stefano, il quale interviene alla presente scrittura esclusivamente nella sua qualità di legale rappresentante dell'ente, domiciliato ai fini della presente Accordo presso la sede del Comune di Cavezzo, (di seguito per brevità definito "Comune");

## VISTI

La Legge della Regione Emilia Romagna 24 marzo 2000, n.20 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in particolare l'art.18 che testualmente dispone:

*"1. Gli enti locali possono concludere accordi con i soggetti privati, nel rispetto dei principi di imparzialità amministrativa, di trasparenza, di parità di trattamento degli operatori, di pubblicità e di partecipazione al procedimento di tutti i soggetti interessati, per assumere in tali strumenti previsioni di assetto del territorio di rilevante interesse per la comunità locale condivise dai soggetti interessati e coerenti con gli obiettivi strategici individuati negli atti di pianificazione. Gli accordi possono attenere al contenuto discrezionale degli atti di pianificazione territoriale e urbanistica, sono stipulati nel rispetto della legislazione e*

*pianificazione sovraordinata vigente e senza pregiudizio dei diritti dei terzi.*

*2. L'accordo indica le ragioni di rilevante interesse pubblico che giustificano il ricorso allo strumento negoziale e verifica la compatibilità delle scelte di pianificazione concordate, secondo quanto previsto dal comma 3 dell'articolo 3.*

*3. L'accordo costituisce parte integrante dello strumento di pianificazione cui accede ed è soggetto alle medesime forme di pubblicità e di partecipazione. La stipulazione dell'accordo è preceduta da una determinazione dell'organo esecutivo dell'ente. L'accordo è subordinato alla condizione sospensiva del recepimento dei suoi contenuti nella delibera di adozione dello strumento di pianificazione cui accede e della conferma delle sue previsioni nel piano approvato.*

*4. Per quanto non disciplinato dalla presente legge trovano applicazione le disposizioni di cui ai commi 2, 4 e 5 dell'art. 11 della Legge n. 241 del 1990.”;*

- La Legge della Regione Emilia Romagna 21 Dicembre 2012, n.16 “Norme per la ricostruzione nei territori interessati dal sisma del 20/29 maggio 2012”;

- il Piano Strumentale Comunale (PSC) ed il Regolamento Urbanistico Edilizio (RUE) vigenti;

- il Piano urbanistico attuativo (PUA 2008) “Comparto WAM” approvato con deliberazione del Consiglio Comunale n. 81 del 17.12.2008 e oggi oggetto di richiesta di variante;

#### **PREMESSO CHE**

#### **PARTE PRIMA**

##### **1.Ponte Motta: l'attuale assetto urbanistico**

A. Il Comune di Cavezzo è dotato di PSC, modificato da ultimo in data 25/07/2011 con Deliberazione del Consiglio Comunale n.50; l'ambito della frazione Ponte Motta, originariamente qualificato da un insediamento storico legato all'attività agricola, ha visto radicalmente trasformate le originarie caratteristiche negli anni '70 in connessione con l'insediamento di un'attività imprenditoriale, WAMGROUP s.p.a., che si è progressivamente sviluppata nel territorio di Cavezzo.

B. Il comparto industriale WAM occupa una Superficie Territoriale (ST) di circa 191.366 mq (rilievo strumentale), classificata nelle NTA del PSC del Comune di Cavezzo in ambito AP3\*\* disciplinato dall'art.29 “Aree produttive edificate sulla base di piani urbanistici attuativi”.

Le vigenti previsioni urbanistiche prevedono espressamente la possibilità di un ulteriore sviluppo e ampliamento del comparto individuando in continuità con il tessuto produttivo consolidato (AP3\*\* art.29 “*Aree produttive edificate sulla base di piani urbanistici attuativi*” del PSC), l’ambito di espansione produttiva (AP6/II art.40 “*Aree urbanizzabili per funzioni produttive, di nuova previsione*” del PSC), come sinteticamente è descritto nella **Tavola n.1 Stato approvato: inquadramento del comparto (allegato)**, previo inserimento in POC come previsto dall’art.40 PSC. Le norme di PSC hanno evidenti finalità di razionalizzare e convenzionare i predetti interventi nel rispetto delle tematiche ambientali e di coordinamento territoriale, meglio descritte negli atti di pianificazione;

## **2.Ponte Motta: WAM e PUA 2008**

- A. La società WAMGROUP s.p.a. è la società capogruppo di una consolidata realtà imprenditoriale sovranazionale, ed è proprietaria degli immobili che costituiscono il sito industriale allocato in Ponte Motta di Cavezzo, Via Cavour, 338.
- B. Insediata nel territorio di Cavezzo a partire dagli anni ’70, con uno sviluppo industriale progressivo, il comparto ha assunto profili di particolare vastità e complessità, anche sotto il profilo tecnologico, che lo rendono uno dei principali insediamenti produttivi della provincia di Modena, e di centrale importanza per il territorio del Comune di Cavezzo.
- C. Il PUA 2008, avente ad oggetto l’aggiornamento e il riordino della situazione edilizia dei fabbricati e delle aree finalizzato allo sviluppo dell’azienda, è stato approvato con Delibera del Consiglio Comunale n.81 del 17/12/2008 e alla data del sisma era in corso di attuazione.
- D. L’assetto definito nel 2008, sinteticamente illustrato nella **Tavola n.2 Stato Approvato: Planimetria del comparto e standard urbanistici – progetto 2008 (allegato)**, è oggi da rivedere stante i crolli causati dal sisma del 2012, le demolizioni e le ricostruzioni effettuate per mettere in sicurezza e poter riprendere immediatamente l’attività.

## **3.Gli eventi sismici del 2012: l’immediata ripresa dell’attività produttiva da parte di WAMGROUP s.p.a.**

- A. Il Comune di Cavezzo rientra tra i comuni interessati dagli eventi sismici del maggio 2012 e ha avviato le procedure per la formazione del Piano della ricostruzione (PDR) ai sensi e per gli effetti

della LR 16/2012, sviluppato in diversi stralci, il primo già adottato con Delibera del Consiglio comunale n.92 assunta nella seduta del 22/12/2013.

B. Tra le finalità principali del PDR, in linea con gli interventi normativi regionali e nazionali e con le ordinanze del Commissario Straordinario, particolare rilievo assume l'obiettivo di favorire la ripresa delle attività produttive mediante la ricostruzione ed il consolidamento del tessuto imprenditoriale locale, gravemente danneggiato dagli eventi sismici, per conseguire la conservazione dei posti di lavoro.

C. Il comparto industriale di WAMGROUP s.p.a., è stato gravemente danneggiato dagli eventi sismici del 2012, riportando ingenti danni ai fabbricati ed alle infrastrutture e crolli nella maggior parte degli edifici.

Sin da subito la priorità del gruppo è stata quella di riprendere le proprie attività all'interno degli stabilimenti colpiti ed in particolare la produzione dell'azienda, naturalmente garantendo il massimo grado di sicurezza strutturale antisismica per gli addetti ai lavori.

D. In ragione dei gravi danni alcune attività vitali del gruppo sono state temporaneamente delocalizzate in altri siti industriali, preservando le posizioni lavorative dei propri addetti e predisponendo una serie di navette-bus di collegamento tra Ponte Motta e i siti di delocalizzazione, con notevole esborso economico per la società, ma con l'evidente intento della stessa, particolarmente legata al Comune di Cavezzo, di ripristinare a breve tutte le attività originarie, sempre a Ponte Motta.

#### **4.WAM: la ricostruzione**

A. la volontà di WAMGROUP s.p.a. di voler mantenere la sede a Cavezzo trova confermata nel fatto che l'azienda ha utilizzato le strutture agibili per collocarvi immediatamente alcune attività e nel contempo ha avviato le attività di ristrutturazione edilizia degli edifici: così una prima ricostruzione dell'azienda è avvenuta a partire dalla ristrutturazione degli edifici del nucleo produttivo residuo, che ha determinato la realizzazione di ulteriori strutture in delocalizzazione nelle aree rimaste libere dell'area centrale e di un conseguente diverso assetto viario come indicato nella **Tavola n.3 Stato di fatto post sisma: Progetto ricostruzione comparto (allegato)**, interventi attivati nel rispetto delle disposizioni vigenti relative alla ripresa delle attività produttive.

B. La progettazione prevede la riallocazione delle attività industriali nell'area di Ponte Motta.



Da sottolineare la realizzazione di un nuovo Headquarters aziendale, Centro Direzionale delle attività dell'intero gruppo, dove verranno ricostruite parte delle superfici industriali e direzionali distrutte dal sisma, con la costruzione di un edificio di particolare valore strategico e di rilievo per la società, la cui complessità e dimensione nonché elevata tecnologia della tecnica costruttiva e delle caratteristiche funzionali, può trovare collocazione unicamente nell'area a sud ovest del comparto (foglio 30, mappale 381) **Tavola n.4 Stato di fatto post sisma: Planimetria con recupero e ricollocazione delle superfici demolite (allegato).**

- C. Le scelte aziendali di confermare e rafforzare il ruolo della sede di Cavezzo, oltre alla conservazione dei posti di lavoro, comporteranno evidentemente un impatto positivo sul territorio, per le caratteristiche e le finalità descritte, nonché un notevole indotto anche per le limitrofe aziende del medesimo territorio, senza aggravare il consumo di territorio.
- D. Le opzioni individuate, difatti, non vanno a realizzare alcun aumento di volumetria e di superficie utile rispetto alle previsioni del PUA 2008, ma una loro ricollocazione e riorganizzazione mirata a riprendere in tempi strettissimi la produzione industriale e a dare nuovo impulso all'attività produttiva nella sede di Cavezzo.
- E. La nuova disposizione degli immobili conseguente al necessario riutilizzo immediato degli edifici ristrutturabili ed al riallocazione delle volumetrie dei fabbricati crollati, comporta la necessità di rivedere le scelte contenute nel PUA 2008.
- F. La fase di approfondimento ha portato a definire la scelta trasfusa nella istanza di inserimento nel Piano della Ricostruzione e della variante al PUA in data 04/02/2014, prot.n.1902;
- G. Le opere in progetto, in parte già realizzate nel rispetto delle disposizioni vigenti ed in parte *realizzande*, pur pienamente coerenti alle disposizioni di piano, nonché agli elementi essenziali del PUA 2008, per le specifiche ragioni tecniche puntualmente relazionate nella documentazione allegata alla variante del PUA 2008, sono oggi vincolate ad una precisa collocazione “a incastro” tra volumetrie ristrutturate e nuove volumetrie ed a una conseguente realizzazione per *step* obbligata, a cui le opere infrastrutturali si devono riconnettere per ricucire le connessioni viabilistiche e dei sotto servizi e delle utenze tra le varie parti del comparto.

Ne consegue che il comparto si presenta con un polo produttivo centrale servito da un unico accesso comune, Via Archimede, destinato alla viabilità del trasporto merci e delle autovetture dirette verso i parcheggi delle zone produttive ed amministrative site in parti opposte. Il flusso logistico di merci trasportate su autotreni in entrata ed uscita e quello delle merci intra comparto in transito da uno stabilimento all'altro, collide pericolosamente con la viabilità delle autovetture degli addetti dirette verso gli edifici direzionali e relative aree di parcheggio. In particolare la riallocazione delle diverse superfici destinate ad uffici in un unico headquarter aziendale sito nell'unica area libera nella parte opposta all'accesso viabilistico di Via Archimede, costringe all'attraversamento dell'intero comparto degli impiegati amministrativi con conseguente interferenza delle diverse tipologie di viabilità e della sicurezza veicolare.

H. Il nuovo progetto proposto da WAMGROUP s.p.a. prevede, quindi, di riorganizzare gli spazi produttivi e le opere infrastrutturali, ma per le descritte ragioni tecniche, necessita della previsione di una nuova strada di accesso, individuata in parte maggiore al margine esterno del comparto: diversamente la logistica tra i diversi settori produttivi ed amministrativi, così come si è venuta a realizzare col terremoto, non troverebbe soluzione idonea e funzionale anche ad assicurare standard di sicurezza; la nuova strada, in parte maggiore collocata in ambito di espansione produttiva - AP6/II - art.40 "*Aree urbanizzabili per funzioni produttive, di nuova previsione*" del PSC, in parte decisamente minore in ambito rurale - AVPI - art.45 "*Ambiti agricoli periurbani di rilievo paesaggistico*" come individuato nella **Tavola n.5 Stato variato: Inquadramento del Comparto estratto PSC (allegato)**.

I. Per quanto sopra descritto, la nuova strada di accesso non può trovare collocazione internamente al comparto ma solo esternamente tramite la creazione di una infrastruttura stradale dedicata alla viabilità delle autovetture dei dipendenti in transito verso i parcheggi industriali ed amministrativi accessibili dal confine nord ovest ed all'headquarter aziendale sito nella parte sud ovest.

La razionale collocazione della nuova strada sul confine nord ovest del comparto diventa un elemento progettuale di cucitura con la restante area agricola, che è per la maggior parte inserita in un ambito industriale di espansione AP6/II del PSC, ed in minor parte in ambito agricolo; la realizzazione della nuova strada è contestuale alla realizzazione di un canale di laminazione del

comparto, atto alla risoluzione delle problematiche attinenti all'invarianza idraulica come prescritto dalla vigente pianificazione. In particolare il PUA 2008 prevede un sistema di laminazione scatolare interno al comparto; la ricostruzione degli edifici a seguito degli eventi sismici del maggio 2012 impone una diversa analisi progettuale e prevede la proposta di realizzazione di un canale di laminazione in fregio alla nuova strada, soluzione che ottimizza l'inserimento della nuova viabilità in quanto il canale funge, con la relativa fascia verde, da mitigazione del comparto;

## PARTE SECONDA

### **1. La ricostruzione di WAM**

- A. La ricollocazione dei principali edifici ricostruiti in fase di immediata ripresa dell'attività produttiva aziendale e la conseguente, oggi pressoché obbligata, previsione di collocazione del headquarters aziendale nella porzione a sud ovest del comparto, interventi di rilevante riqualificazione territoriale ed urbanistica, determinano la necessità di un nuovo assetto delle infrastrutture stradali, dei parcheggi, delle utenze e dei sotto servizi essenziali all'intero comparto;
- B. Quanto alle infrastrutture stradali di comparto, stante la necessità di dare un migliore assetto complessivo agli accessi e recessi attuali adeguandoli e ponendoli in sicurezza, sono state esaminate ed hanno trovato adeguata soluzione le interferenze della viabilità delle autovetture con i mezzi della logistica del trasporto delle merci in entrata ed uscita ed interni. Specificatamente la soluzione individuata consiste nella realizzazione di una nuova strada pubblica di accesso a doppia corsia, parallela al confine nord ovest del comparto finalizzata alla gestione del flusso degli autoveicoli diretti all'headquarter aziendale ed ai parcheggi pertinenziali.
- C. La nuova strada pubblica in progetto, individuata esternamente al comparto, interessa aree di proprietà della società WAM e di terzi. Il progetto di variante al PUA 2008 migliora gli aspetti di problematicità idraulica. Infatti, a latere della descritta nuova strada è prevista la realizzazione di un canale laminazione con funzione di invaso delle portate meteoriche in esubero.

### **2. Le varianti urbanistiche inserite nel Piano della ricostruzione e opere inserite nel Piano delle opere pubbliche**

- A. La società, al fine di procedere con la realizzazione di quanto in progetto, considerando peraltro le stringenti tempistiche imposte per la ricostruzione e dalle normative sulla ricostruzione post sisma, necessita della previa definizione del quadro regolamentare ed urbanistico di riferimento, e specificatamente dell'inserimento della descritta nuova strada e del canale in fregio tra le opere pubbliche e la conseguente approvazione degli atti portanti l'apposizione del vincolo espropriativo per l'acquisizione delle aree e la loro realizzazione.
- B. In assenza della risoluzione delle carenze infrastrutturali stradali, difatti, la società si vedrebbe costretta a rinunciare al riallocaimento *in situ* di una consistente volumetria, dovendo conseguentemente prendere in considerazione di indirizzare forzatamente altrove la realizzazione, in particolare, delle porzioni immobiliari da destinare a headquarters che avrà funzioni amministrative, di showroom aziendale e ricerca e sviluppo.
- C. A seguito di specifici incontri con i rappresentanti del Comune, la società ha proposto di modificare le attuali previsioni urbanistiche, in particolare prevedendo:
- 1 la presentazione di una variante al PUA 2008, come da documentazione depositata in data 12/03/2014 prot.n.3708. La variante al PUA 2008 è parte integrante del PDR e verrà approvato unitamente al Piano medesimo;
  - 2 l'inserimento nel Piano delle opere pubbliche della nuova strada parallela al confine nord ovest e ai margini della medesima la realizzazione del canale di laminazione;
  - 3 l'inserimento nel PDR di variante al PSC, per la ripermetrazione del comparto consolidato AP.3 per ampliamento 1 di circa 10.329 e ampliamento 2 di 1.190 mq, come indicato nella **Tavola n.6 Stato variato: Planimetria del Comparto e standard urbanistici (allegato).**
- D. Per quanto sopra descritto il presente Accordo riveste un interesse prioritario e rilevante per la collettività, richiesto dall'art.18 della LR 20/2000, in quanto consente di raggiungere i seguenti obiettivi generali:
- la risoluzione di problematiche infrastrutturali e viabilistiche del comparto, particolarmente rilevanti quanto ai profili di sicurezza;
  - la risoluzione delle problematiche idrauliche del comparto;

-lo sviluppo nell'area di investimenti diretti, in coerenza con le linee strategiche della programmazione regionale e con le vocazioni dei territori, volti alla conservazione dei posti di lavoro diretti e indiretti e a porre in essere le condizioni per un futuro sviluppo anche occupazionale;

-lo sviluppo dell'indotto e le filiere di fornitura destinate ad agire da volano per il consolidamento del tessuto imprenditoriale locale;

-l'ottimizzazione delle previsioni edificatorie con utilizzo di territorio idoneo in quanto con destinazioni di PSC conformi per la maggior parte;

-limitato impatto sul territorio in quanto le variazioni urbanistiche di cui viene proposto l'inserimento nel PDR risultano interessare porzioni di territorio in continuità con l'attuale tessuto produttivo e per la maggior parte già destinate ad espansione produttiva.

### **3. Le opere pubbliche: nuova strada e canale di laminazione**

Le opere pubbliche sono rappresentate nella **Tavola n.7 Stato approvato: Progetto preliminare della nuova strada pubblica (allegato)**, così descritte:

- 1) Nuova strada;
- 2) Canale di laminazione.

L'area interessata dalla realizzazione delle opere, è individuata nella **Tavola n.8 Stato variato: Particellare di esproprio (allegato)**.

L'area di circa 15.238,52 mq, è compresa in ambito AP.6/II "*Aree urbanizzabili per funzioni produttive di nuova previsione*", destinato specificatamente dal PSC all'ampliamento dell'attività produttiva esistente della società WAM, ed in minor parte, in ambiti AVP.1 "*Ambiti agricoli periurbani di rilievo paesaggistico*".

L'area è individuata facendo salve eventuali modifiche progettuali che si dovessero rendere necessarie per conformare le opere a pareri o in seguito ad approfondimento in sede di definizione del progetto preliminare, definitivo ed esecutivo.

#### **DATO ATTO CHE**

- la sottoscrizione del seguente Accordo non ha effetti conformativi di imposizione del vincolo espropriativo, ma è un'intesa preliminare condizionata al suo recepimento nella Deliberazione del Consiglio Comunale di

adozione del PDR, secondo stralcio, dalla cui successiva approvazione deriveranno gli effetti del combinato disposto delle LR 20/2000, LR 16/2012, DPR 327/2001, LR 37/2002;

- il presente Accordo fa seguito agli incontri intercorsi tra le parti, finalizzati a definire l'assetto urbanistico e gli obiettivi di pubblico interesse ai sensi e per gli effetti degli artt.12, 13 e 14 della LR 16/2012, e dell'art.18 della LR 20/2000;

### **RICHIAMATA**

la possibilità di assicurare, ai sensi dell'art.12, comma 10 della LR 16/20012, il finanziamento delle opere attraverso le risorse finanziarie pubbliche e private attivabili.

Richiamate:

- a. l'istanza di variante al PUA 2008;
- b. la Deliberazione della Giunta Comunale n. \_\_\_\_\_ assunta, ai sensi dell'art.18 della LR 20/2000, nella seduta del \_\_\_\_\_, avendo la Giunta Comunale ritenuto accoglibile e quindi meritevole di essere sottoposta a Deliberazione del Consiglio Comunale, la proposta avanzata da WAM, per assumerne i contenuti nel PDR giudicandone positivamente la compatibilità e sostenibilità urbanistica; determinazione a contrarre di cui all'art.192, comma 1 del Dlgs 267/2000 e successive modificazioni ed integrazioni.

### **TUTTO CIÒ PREMESSO**

tra le parti si conviene e stipula quanto segue:

#### **Art.1 Natura delle premesse**

Le premesse formano parte integrante e sostanziale del presente Accordo.

#### **Art.2 Finalità dell'Accordo**

Le parti sottoscrittrici del presente Accordo condividono l'interesse, secondo quanto meglio specificato nelle Premesse, a variare il PUA 2008, nonché alla localizzazione e realizzazione di una nuova strada e contiguo canale di laminazione, risolutivi della carenza viabilistiche del comparto industriale e delle problematiche idrauliche del comparto, necessarie alla piena ripresa dell'attività produttiva della Società all'interno dell'ambito del polo produttivo di Ponte Motta, con l'intento di sviluppare l'attività dell'azienda e le opportunità di incremento anche dei livelli occupazionali produttivi che possono derivare dal consolidamento dell'insediamento WAM.

### **Art.3 Contenuto dell'accordo**

- a. Inserimento nel PDR della variante al PSC di recepimento della variante al PUA 2008, con modifica del confine di comparto per l'ampliamento 1 e 2 quale ambito consolidato AP3, per complessivi 11.502 mq, senza incremento della superficie utile realizzabile, come dettagliato nella **Tavola n.6 Stato variato: Planimetria del comparto e standard urbanistici (allegato)**;
- b. Inserimento nel Piano delle opere pubbliche della nuova strada di interesse pubblico e del canale di laminazione come dettagliato nell'allegata **Tavola n.7 Stato variato: Progetto preliminare della nuova strada pubblica (allegato)**.

### **Art.4 Obblighi a carico della Società.**

In ragione delle finalità previste all'art.2, la Società manifesta, condizionatamente al recepimento del presente Accordo nel PDR, il proprio impegno a:

- 1) progettare e realizzare le opere previste nella variante al PUA 2008 nei tempi e modi definiti nella relativa Convenzione;
- 2) a sostenere tutti i costi relativi alle opere pubbliche previste nel presente Accordo, con particolare con riferimento a:
  - a. Indennizzo da corrispondere ai privati proprietari delle aree necessarie alla realizzazione delle opere descritte al precedente art.3, conseguente al procedimento di espropriazione delle medesime aree ex DPR 327/2002, nonché a manlevare il Comune per ogni onere connesso alla procedura espropriativa nonché derivante da eventuale contenzioso amministrativo e giurisdizionale avanti ogni autorità giudiziaria;
  - b. progettazione delle opere previste;
  - c. realizzazione della nuova viabilità, ivi compresi gli accessi e recessi dalle vie pubbliche esistenti, così da rendere più fluidi e in sicurezza i flussi merci e persone in ingresso e uscita dal Comparto produttivo;
  - d. realizzazione del canale di laminazione, che dovrà avvenire in conformità con le normative vigenti e concordandone gli elementi tecnici con il competente Ufficio del Comune e con l'ente gestore;

- e. collaudo e ogni altra spesa tecnica connessa alla realizzazione delle opere descritte al precedente art.3;
- f. spese notarili, legali, amministrative, catastali e fiscali connesse alle operazioni sopra descritte.

La società subordinatamente alla realizzazione e completamento delle opere di interesse pubblico, nell'intento di garantire lo sviluppo dell'attività dell'azienda e dei livelli occupazionali e produttivi, si impegnerà a realizzare la variante al PUA 2008 e a rimanere insediata per almeno 10 (dieci) anni dalla fine della realizzazione del PUA.

Decorso tale termine, nessun ulteriore vincolo o obbligo graverà sulla Società.

Nel caso la Società dovesse risultare inadempiente agli obblighi di cui al precedente punto 2), la stessa non è liberata dall'obbligazione di manleva prevista, ad esclusione dell'ipotesi, a sua volta, di inadempimento del Comune derivante dalla mancata attivazione dei procedimenti espropriativi.

La realizzazione delle opere di cui all'art.3 e la corresponsione delle somme previste al punto 2) del presente articolo, sono da qualificarsi come onere di urbanizzazione aggiuntivo rispetto a quanto dovuto dalla Società, fermo restando la gratuità dei titoli connessi alla ricostruzione ai sensi del DL 74/2012 come convertito dalla L. 122/2012.

Sono a carico della Società i costi di gestione, manutenzione ordinaria e straordinaria, spalatura neve, delle opere pubbliche previste nel presente Accordo e nella variante al PUA 2008 per almeno 10 anni dal loro collaudo.

#### **Art.5 Obblighi a carico del Comune di Cavezzo**

Il Comune a fronte degli impegni assunti dalla società all'art.4 si impegna ed obbliga:

- a recepire nel PDR il presente Accordo;
- a sottoporre, quale parte sostanziale del PDR, all'approvazione del Consiglio Comunale:
  - a) la modifica del PSC;
  - b) la variante al PUA 2008;
  - c) l'inserimento tra le opere pubbliche della nuova strada e del canale di laminazione apponendo vincolo espropriativo preordinato all'acquisizione delle relative aree;
- ad acquisire i pareri vincolati di altri enti prescritti dalla legislazione vigente;



- ad attivare, entro 60 giorni dall'approvazione del PDR con valore di apposizione del vincolo espropriativo, le relative procedure espropriative per l'acquisizione delle aree necessarie per la realizzazione della nuova strada e del canale di laminazione.

#### **Art.6 Obblighi comuni**

Le parti si obbligano a collaborare per conseguire nel minor tempo e con minor esborso economico le finalità del presente Accordo e per dare attuazione ai contenuti e agli obblighi ivi previsti.

Le parti si impegnano a definire con successivi atti, sia i profili che attengono ai tempi, alle modalità e alle garanzie relative alla costruzione delle opere pubbliche di cui all'art.3, nel rispetto degli impegni assunti col presente Accordo, sia le specifiche modalità di finanziamento in relazione agli indennizzi da corrispondere ai soggetti espropriati.

#### **Art.7 Attuazione dell'Accordo e garanzie**

Le parti, ciascuno per quanto di competenza, assumono, come criterio di riferimento la seguente tempistica per i successivi accordi attuativi:

1. adozione del PDR secondo i tempi della LR 16/2012 come prorogati dalla LR 28/2013;
2. attuazione previsioni della variante al PUA 2008 nei termini previsti nella relativa Convenzione;
3. attivazione delle procedure per l'acquisizione delle aree entro 60 giorni dall'approvazione del PDR;
4. attivazione delle procedure per l'affidamento della progettazione preliminare, definitiva ed esecutiva, direzione lavori e sicurezza delle opere entro 60 giorni dall'approvazione del PDR, assegnando al progettista 90 giorni dalla aggiudicazione definitiva per la redazione della progettazione esecutiva;
5. attivazione delle procedure per l'esecuzione delle opere entro 45 giorni dall'approvazione del progetto esecutivo, previa acquisizione di tutti i pareri richiesti.

L'Accordo esaurisce la sua efficacia con l'inserimento delle previsioni urbanistiche e la realizzazione delle opere pubbliche previste al precedente art.3, fatti salvi gli obblighi di manutenzione ordinaria e straordinaria della nuova strada e del canale di laminazione. Resta l'impegno della Società a rimanere insediata per almeno ulteriori 10 anni dalla fine della realizzazione del PUA.

#### **Art.7 Avente causa**

La Società garantisce l'esecuzione del presente Accordo da parte di ogni avente causa a qualsivoglia titolo di tutte o parte le aree interessate dall'Accordo medesimo, impegnandosi a tal fine a richiamare il presente in

ogni ulteriore atto che verrà stipulato che abbia ad oggetto la compravendita delle proprietà comprese nella variante al PUA.

**Art.8 Stipula ed esecuzione del presente atto. Elementi essenziali e modifiche all'Accordo**

Al presente Accordo si applicano i principi del Codice Civile in materia di obbligazioni e contratti in quanto compatibili.

Per definizione dei tempi, delle modalità di realizzazione e della determinazione delle garanzie, in quanto non attengono ad elementi essenziali di carattere urbanistico sono demandati alla Giunta comunale.

Sono elementi essenziali quelli che attengono alla variante urbanistica e all'inserimento delle opere pubbliche previste all'art.3 nel Piano della opere pubbliche e solo varianti a tali elementi devono essere precedute da Deliberazione di Consiglio Comunale.

Non rientrano negli elementi essenziali le modifiche alle opere pubbliche che devono essere inserite in ragione di pareri o approfondimenti tecnici in sede di elaborazione dei progetti.

**Art.7 Foro competente**

Tutte le controversie in ordine alla formazione ed esecuzione del presente atto saranno deferite al competente Giudice individuato *ex lege*.

**ALLEGATI**

**Tavola n.1 Stato approvato: inquadramento del comparto(allegato)**

**Tavola n.2 Stato Approvato: Planimetria del comparto e standard urbanistici – progetto 2008 (allegato)**

**Tavola n.3 Stato di fatto post sisma: Progetto ricostruzione comparto (allegato)**

**Tavola n.4 Stato di fatto post sisma: Planimetria con recupero e ricollocazione delle superfici demolite (allegato)**

**Tavola n.5 Stato variato: Inquadramento del Comparto estratto PSC (allegato)**

**Tavola n.6 Stato variato: Planimetria del Comparto e standard urbanistici (allegato)**

**Tavola n.7 Stato approvato: Progetto preliminare della nuova strada pubblica (allegato)**

**Tavola n.8 Stato variato: Particellare di esproprio (allegato)**

Cavezzo, li \_\_\_\_\_

Letto, approvato e sottoscritto:

per il Comune di Cavezzo, il Sindaco \_\_\_\_\_

per la Società, il Presidente \_\_\_\_\_



**Comune di Cavezzo  
Provincia di Modena**

PARERE IN ORDINE ALLA REGOLARITA' SOTTO IL PROFILO TECNICO E CONTABILE  
AI SENSI DEL D.LGS. 267/2000, DELLA DELIBERAZIONE DA SOTTOPORRE ALLA  
GIUNTA/CONSIGLIO COMUNALE AVENTE PER OGGETTO:

ACCORDO AI SENSI DELL'ART.18 DELLA LR 20/2000, ART.12 DELLA LR 16/2012,  
ART.11 L 241/1990, CON LA SOCIETA' WAM GROUP SPA - Ambito produttivo -  
frazione Ponte Motta

Il Sottoscritto responsabile del Servizio/Ufficio SERVIZIO URBANISTICA, EDILIZIA E  
AMBIENTE

Visto l'art. 49, comma 1, D.Lgs. 267/2000

DICHIARA

che il presente atto è tecnicamente regolare quindi esprime parere FAVOREVOLE

data 19-03-2014

FIRMA  
SUSY BARALDI

La sottoscritta Milena Dott. Ascari, responsabile dell'ufficio Ragioneria, Visto l'art. 49, comma 1,  
D.Lgs. 267/2000

DICHIARA

- che l'atto è contabilmente regolare  
 che l'atto non ha rilevanza contabile  
 .....

data 19-03-2014

FIRMA  
MILENA ASCARI

esprime parere non favorevole in ordine alla regolarità contabile della proposta di deliberazione in  
oggetto per le seguenti motivazioni:

- mancante o insufficiente copertura finanziaria dell'impegno di spesa  
 .....

data 19-03-2014

FIRMA  
MILENA ASCARI



**Comune di Cavezzo  
Provincia di Modena**

Il presente verbale viene letto e sottoscritto come segue:

**Vicesegretario**  
F.to ASCARI MILENA

---

Il sottoscritto Segretario Comunale, visti gli atti di ufficio

**ATTESTA**

Che la presente deliberazione viene pubblicata nelle forme di Legge all'Albo Pretorio del Comune per 15 giorni consecutivi dal \_\_ 21-03-2014 \_\_ al \_05-04-2014 ai sensi dell'articolo 124, comma 1, D. Lgs. 267/2000 e viene comunicata ai Capigruppo Consiglieri (art. 125 D.Lgs. 267/2000) con nota in data 21-03-2014.

li, 21-03-2014

**Vicesegretario**  
F.to MILENA ASCARI

---

Il sottoscritto Segretario Comunale, visti gli atti di ufficio

**ATTESTA**

Che la presente deliberazione è stata dichiarata immediatamente eseguibile (art. 134, comma 4, D-Lgs. 267/2000).

**Vicesegretario**  
F.to MILENA ASCARI

---

Copia conforme all'originale per uso amministrativo.

li, 21-03-2014



IL Funzionario Incaricato  
*Carrel*

22 MAR. 2014

REPERTORIO N. 6958

**ACCORDO AI SENSI DELL'ART.18 DELLA LEGGE REGIONALE N.20/2000 E AI SENSI DELL'ART.12, COMMA 10, DELLA LEGGE REGIONALE N.16/2012 TRA LA WAMGROUP S.P.A. E IL COMUNE DI CAVEZZO**

L'anno 2014 (duemilaquattordici), il giorno 22 (ventidue), presso la sede Comunale, con il presente atto, da valersi tra le parti ad ogni effetto di legge, fra:

la **WAMGROUP S.p.A.**, C.F/P.IVA 03017030366, pec: wamgroup@legalmail.it, con sede legale in Strada degli Schiocchi 2, CAP 41124 Modena, rappresentata dal Signor Marchesini Vainer, nato a Soliera il 05/02/1946, domiciliato per la carica presso la sede della società di cui oltre, il quale interviene al presente atto non in proprio, ma esclusivamente in nome, per conto ed in legale rappresentanza della società "**WAM S.p.A.**" (di seguito per brevità definita "Società");

e

il **COMUNE DI CAVEZZO**, C.F. 82000510360, P.IVA 00224030361, pec istituzionale: [comunecavezzo@cert.comune.cavezzo.mo.it](mailto:comunecavezzo@cert.comune.cavezzo.mo.it), con sede legale in via Cavour, 36, CAP 41032 Cavezzo (Modena), in persona del Sindaco Dragetti Stefano, il quale interviene alla presente scrittura esclusivamente nella sua qualità di legale rappresentante dell'ente, domiciliato ai fini della presente Accordo presso la sede del Comune di Cavezzo, (di seguito per brevità definito "Comune");

**VISTI**

La Legge della Regione Emilia Romagna 24 marzo 2000, n.20 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in particolare l'art.18 che testualmente dispone:

*"1. Gli enti locali possono concludere accordi con i soggetti privati, nel rispetto dei principi di imparzialità amministrativa, di trasparenza, di parità di trattamento degli operatori, di pubblicità e di partecipazione al procedimento di tutti i soggetti interessati, per assumere in tali strumenti previsioni di assetto del territorio di rilevante interesse per la comunità locale condivise dai soggetti interessati e coerenti con gli obiettivi strategici individuati negli atti di pianificazione. Gli accordi possono attenere al contenuto discrezionale degli atti di pianificazione territoriale e urbanistica, sono stipulati nel rispetto della legislazione e pianificazione sovraordinata vigente e senza pregiudizio dei diritti dei terzi.*

*2. L'accordo indica le ragioni di rilevante interesse pubblico che giustificano il ricorso allo strumento*

negoziale e verifica la compatibilità delle scelte di pianificazione concordate, secondo quanto previsto dal comma 3 dell'articolo 3.

3. L'accordo costituisce parte integrante dello strumento di pianificazione cui accede ed è soggetto alle medesime forme di pubblicità e di partecipazione. La stipulazione dell'accordo è preceduta da una determinazione dell'organo esecutivo dell'ente. L'accordo è subordinato alla condizione sospensiva del recepimento dei suoi contenuti nella delibera di adozione dello strumento di pianificazione cui accede e della conferma delle sue previsioni nel piano approvato.

4. Per quanto non disciplinato dalla presente legge trovano applicazione le disposizioni di cui ai commi 2, 4 e 5 dell'art. 11 della Legge n. 241 del 1990.”;

- La Legge della Regione Emilia Romagna 21 Dicembre 2012, n.16 “Norme per la ricostruzione nei territori interessati dal sisma del 20/29 maggio 2012”;

- il Piano Strumentale Comunale (PSC) ed il Regolamento Urbanistico Edilizio (RUE) vigenti;

- il Piano urbanistico attuativo (PUA 2008) “Comparto WAM” approvato con deliberazione del Consiglio Comunale n. 81 del 17.12.2008 e oggi oggetto di richiesta di variante;

#### **PREMESSO CHE**


#### **PARTE PRIMA**

#### **1. Ponte Motta: l'attuale assetto urbanistico**

A. Il Comune di Cavezzo è dotato di PSC, modificato da ultimo in data 25/07/2011 con Deliberazione del Consiglio Comunale n.50; l'ambito della frazione Ponte Motta, originariamente qualificato da un insediamento storico legato all'attività agricola, ha visto radicalmente trasformate le originarie caratteristiche negli anni '70 in connessione con l'insediamento di un'attività imprenditoriale, WAMGROUP s.p.a., che si è progressivamente sviluppata nel territorio di Cavezzo.


B. Il comparto industriale WAM occupa una Superficie Territoriale (ST) di circa 191.366 mq (rilievo strumentale), classificata nelle NTA del PSC del Comune di Cavezzo in ambito AP3\*\* disciplinato dall'art.29 “Aree produttive edificate sulla base di piani urbanistici attuativi”.

Le vigenti previsioni urbanistiche prevedono espressamente la possibilità di un ulteriore sviluppo e ampliamento del comparto individuando in continuità con il tessuto produttivo consolidato (AP3\*\* art.29 “Aree produttive edificate sulla base di piani urbanistici attuativi” del PSC), l'ambito di




espansione produttiva (AP6/II art.40 “Aree urbanizzabili per funzioni produttive, di nuova previsione” del PSC), come sinteticamente è descritto nella **Tavola n.1 Stato approvato: inquadramento del comparto (allegato)**, previo inserimento in POC come previsto dall’art.40 PSC. Le norme di PSC hanno evidenti finalità di razionalizzare e convenzionare i predetti interventi nel rispetto delle tematiche ambientali e di coordinamento territoriale, meglio descritte negli atti di pianificazione;

## **2.Ponte Motta: WAM e PUA 2008**

- 
- A. La società WAMGROUP s.p.a. è la società capogruppo di una consolidata realtà imprenditoriale sovranazionale, ed è proprietaria degli immobili che costituiscono il sito industriale allocato in Ponte Motta di Cavezzo, Via Cavour, 338.
  - B. Insediata nel territorio di Cavezzo a partire dagli anni '70, con uno sviluppo industriale progressivo, il comparto ha assunto profili di particolare vastità e complessità, anche sotto il profilo tecnologico, che lo rendono uno dei principali insediamenti produttivi della provincia di Modena, e di centrale importanza per il territorio del Comune di Cavezzo.
  - C. Il PUA 2008, avente ad oggetto l’aggiornamento e il riordino della situazione edilizia dei fabbricati e delle aree finalizzato allo sviluppo dell’azienda, è stato approvato con Delibera del Consiglio Comunale n.81 del 17/12/2008 e alla data del sisma era in corso di attuazione.
  - D. L’assetto definito nel 2008, sinteticamente illustrato nella **Tavola n.2 Stato Approvato: Planimetria del comparto e standard urbanistici – progetto 2008 (allegato)**, è oggi da rivedere stante i crolli causati dal sisma del 2012, le demolizioni e le ricostruzioni effettuate per mettere in sicurezza e poter riprendere immediatamente l’attività.

## **3.Gli eventi sismici del 2012: l'immediata ripresa dell'attività produttiva da parte di WAMGROUP s.p.a.**

- A. Il Comune di Cavezzo rientra tra i comuni interessati dagli eventi sismici del maggio 2012 e ha avviato le procedure per la formazione del Piano della ricostruzione (PDR) ai sensi e per gli effetti della LR 16/2012, sviluppato in diversi stralci, il primo già adottato con Delibera del Consiglio comunale n.92 assunta nella seduta del 22/12/2013.
- 



B. Tra le finalità principali del PDR, in linea con gli interventi normativi regionali e nazionali e con le ordinanze del Commissario Straordinario, particolare rilievo assume l'obiettivo di favorire la ripresa delle attività produttive mediante la ricostruzione ed il consolidamento del tessuto imprenditoriale locale, gravemente danneggiato dagli eventi sismici, per conseguire la conservazione dei posti di lavoro.

C. Il comparto industriale di WAMGROUP s.p.a., è stato gravemente danneggiato dagli eventi sismici del 2012, riportando ingenti danni ai fabbricati ed alle infrastrutture e crolli nella maggior parte degli edifici.

Sin da subito la priorità del gruppo è stata quella di riprendere le proprie attività all'interno degli stabilimenti colpiti ed in particolare la produzione dell'azienda, naturalmente garantendo il massimo grado di sicurezza strutturale antisismica per gli addetti ai lavori.


D. In ragione dei gravi danni alcune attività vitali del gruppo sono state temporaneamente delocalizzate in altri siti industriali, preservando le posizioni lavorative dei propri addetti e predisponendo una serie di navette-bus di collegamento tra Ponte Motta e i siti di delocalizzazione, con notevole esborso economico per la società, ma con l'evidente intento della stessa, particolarmente legata al Comune di Cavezzo, di ripristinare a breve tutte le attività originarie, sempre a Ponte Motta.

#### 4.WAM: la ricostruzione

A. la volontà di WAMGROUP s.p.a. di voler mantenere la sede a Cavezzo trova confermata nel fatto che l'azienda ha utilizzato le strutture agibili per collocarvi immediatamente alcune attività e nel contempo ha avviato le attività di ristrutturazione edilizia degli edifici: così una prima ricostruzione dell'azienda è avvenuta a partire dalla ristrutturazione degli edifici del nucleo produttivo residuo, che ha determinato la realizzazione di ulteriori strutture in delocalizzazione nelle aree rimaste libere dell'area centrale e di un conseguente diverso assetto viario come indicato nella **Tavola n.3 Stato di fatto post sisma: Progetto ricostruzione comparto (allegato)**, interventi attivati nel rispetto delle disposizioni vigenti relative alla ripresa delle attività produttive.

B. La progettazione prevede la riallocazione delle attività industriali nell'area di Ponte Motta.


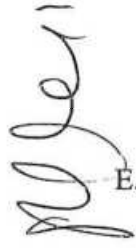
Da sottolineare la realizzazione di un nuovo Headquarters aziendale, Centro Direzionale delle attività dell'intero gruppo, dove verranno ricostruite parte delle superfici industriali e direzionali distrutte dal



sisma, con la costruzione di un edificio di particolare valore strategico e di rilievo per la società, la cui complessità e dimensione nonché elevata tecnologia della tecnica costruttiva e delle caratteristiche funzionali, può trovare collocazione unicamente nell'area a sud ovest del comparto (foglio 30, mappale 381) **Tavola n.4 Stato di fatto post sisma: Planimetria con recupero e ricollocazione delle superfici demolite (allegato).**

- C. Le scelte aziendali di confermare e rafforzare il ruolo della sede di Cavezzo, oltre alla conservazione dei posti di lavoro, comporteranno evidentemente un impatto positivo sul territorio, per le caratteristiche e le finalità descritte, nonché un notevole indotto anche per le limitrofe aziende del medesimo territorio, senza aggravare il consumo di territorio.
- D. Le opzioni individuate, difatti, non vanno a realizzare alcun aumento di volumetria e di superficie utile rispetto alle previsioni del PUA 2008, ma una loro ricollocazione e riorganizzazione mirata a riprendere in tempi strettissimi la produzione industriale e a dare nuovo impulso all'attività produttiva nella sede di Cavezzo.
- E. La nuova disposizione degli immobili conseguente al necessario riutilizzo immediato degli edifici ristrutturabili ed al riallocazione delle volumetrie dei fabbricati crollati, comporta la necessità di rivedere le scelte contenute nel PUA 2008.
- F. La fase di approfondimento ha portato a definire la scelta trasfusa nella istanza di inserimento nel Piano della Ricostruzione e della variante al PUA in data 04/02/2014, prot.n.1902;
- G. Le opere in progetto, in parte già realizzate nel rispetto delle disposizioni vigenti ed in parte *realizzande*, pur pienamente coerenti alle disposizioni di piano, nonché agli elementi essenziali del PUA 2008, per le specifiche ragioni tecniche puntualmente relazionate nella documentazione allegata alla variante del PUA 2008, sono oggi vincolate ad una precisa collocazione "a incastro" tra volumetrie ristrutturate e nuove volumetrie ed a una conseguente realizzazione per *step* obbligata, a cui le opere infrastrutturali si devono riconnettere per ricucire le connessioni viabilistiche e dei sotto servizi e delle utenze tra le varie parti del comparto.

Ne consegue che il comparto si presenta con un polo produttivo centrale servito da un unico accesso comune, Via Archimede, destinato alla viabilità del trasporto merci e delle autovetture dirette verso i parcheggi delle zone produttive ed amministrative site in parti opposte. Il flusso logistico di merci



trasportate su autotreni in entrata ed uscita e quello delle merci intra comparto in transito da uno stabilimento all'altro, collide pericolosamente con la viabilità delle autovetture degli addetti dirette verso gli edifici direzionali e relative aree di parcheggio. In particolare la riallocazione delle diverse superfici destinate ad uffici in un unico headquarter aziendale sito nell'unica area libera nella parte opposta all'accesso viabilistico di Via Archimede, costringe all'attraversamento dell'intero comparto degli impiegati amministrativi con conseguente interferenza delle diverse tipologie di viabilità e della sicurezza veicolare.

H. Il nuovo progetto proposto da WAMGROUP s.p.a. prevede, quindi, di riorganizzare gli spazi produttivi e le opere infrastrutturali, ma per le descritte ragioni tecniche, necessita della previsione di una nuova strada di accesso, individuata in parte maggiore al margine esterno del comparto: diversamente la logistica tra i diversi settori produttivi ed amministrativi, così come si è venuta a realizzare col terremoto, non troverebbe soluzione idonea e funzionale anche ad assicurare standard di sicurezza; la nuova strada, in parte maggiore collocata in ambito di espansione produttiva - AP6/II - art.40 "Aree urbanizzabili per funzioni produttive, di nuova previsione" del PSC, in parte decisamente minore in ambito rurale - AVP1 - art.45 "Ambiti agricoli periurbani di rilievo paesaggistico" come individuato nella **Tavola n.5 Stato variato: Inquadramento del Comparto estratto PSC (allegato)**.

I. Per quanto sopra descritto, la nuova strada di accesso non può trovare collocazione internamente al comparto ma solo esternamente tramite la creazione di una infrastruttura stradale dedicata alla viabilità delle autovetture dei dipendenti in transito verso i parcheggi industriali ed amministrativi accessibili dal confine nord ovest ed all'headquarter aziendale sito nella parte sud ovest.

La razionale collocazione della nuova strada sul confine nord ovest del comparto diventa un elemento progettuale di cucitura con la restante area agricola, che è per la maggior parte inserita in un ambito industriale di espansione AP6/II del PSC, ed in minor parte in ambito agricolo; la realizzazione della nuova strada è contestuale alla realizzazione di un canale di laminazione del comparto, atto alla risoluzione delle problematiche attinenti all'invarianza idraulica come prescritto dalla vigente pianificazione. In particolare il PUA 2008 prevede un sistema di laminazione scatolare interno al comparto; la ricostruzione degli edifici a seguito degli eventi sismici del maggio 2012

imponere una diversa analisi progettuale e prevede la proposta di realizzazione di un canale di laminazione in fregio alla nuova strada, soluzione che ottimizza l'inserimento della nuova viabilità in quanto il canale funge, con la relativa fascia verde, da mitigazione del comparto;

## PARTE SECONDA

### 1. La ricostruzione di WAM

- A. La ricollocazione dei principali edifici ricostruiti in fase di immediata ripresa dell'attività produttiva aziendale e la conseguente, oggi pressoché obbligata, previsione di collocazione del headquarters aziendale nella porzione a sud ovest del comparto, interventi di rilevante riqualificazione territoriale ed urbanistica, determinano la necessità di un nuovo assetto delle infrastrutture stradali, dei parcheggi, delle utenze e dei sotto servizi essenziali all'intero comparto;
- B. Quanto alle infrastrutture stradali di comparto, stante la necessità di dare un migliore assetto complessivo agli accessi e recessi attuali adeguandoli e ponendoli in sicurezza, sono state esaminate ed hanno trovato adeguata soluzione le interferenze della viabilità delle autovetture con i mezzi della logistica del trasporto delle merci in entrata ed uscita ed interni. Specificatamente la soluzione individuata consiste nella realizzazione di una nuova strada pubblica di accesso a doppia corsia, parallela al confine nord ovest del comparto finalizzata alla gestione del flusso degli autoveicoli diretti all'headquarter aziendale ed ai parcheggi pertinentenziali.
- C. La nuova strada pubblica in progetto, individuata esternamente al comparto, interessa aree di proprietà della società WAM e di terzi. Il progetto di variante al PUA 2008 migliora gli aspetti di problematicità idraulica. Infatti, a latere della descritta nuova strada è prevista la realizzazione di un canale laminazione con funzione di invaso delle portate meteoriche in esubero.

### 2. Le varianti urbanistiche inserite nel Piano della ricostruzione e opere inserite nel Piano delle opere pubbliche

- A. La società, al fine di procedere con la realizzazione di quanto in progetto, considerando peraltro le stringenti tempistiche imposte per la ricostruzione e dalle normative sulla ricostruzione post sisma, necessita della previa definizione del quadro regolamentare ed urbanistico di riferimento,

e specificatamente dell'inserimento della descritta nuova strada e del canale in fregio tra le opere pubbliche e la conseguente approvazione degli atti portanti l'apposizione del vincolo espropriativo per l'acquisizione delle aree e la loro realizzazione.

B. In assenza della risoluzione delle carenze infrastrutturali stradali, difatti, la società si vedrebbe costretta a rinunciare al riallocaimento *in situ* di una consistente volumetria, dovendo conseguentemente prendere in considerazione di indirizzare forzatamente altrove la realizzazione, in particolare, delle porzioni immobiliari da destinare a headquarters che avrà funzioni amministrative, di showroom aziendale e ricerca e sviluppo.

C. A seguito di specifici incontri con i rappresentanti del Comune, la società ha proposto di modificare le attuali previsioni urbanistiche, in particolare prevedendo:

1 la presentazione di una variante al PUA 2008, come da documentazione depositata in data 12/03/2014 prot.n.3708. La variante al PUA 2008 è parte integrante del PDR e verrà approvato unitamente al Piano medesimo;

2 l'inserimento nel Piano delle opere pubbliche della nuova strada parallela al confine nord ovest e ai margini della medesima la realizzazione del canale di laminazione;

3 l'inserimento nel PDR di variante al PSC, per la ripermimetrazione del comparto consolidato AP.3 per ampliamento 1 di circa 10.329 e ampliamento 2 di 1.190 mq, come indicato nella

**Tavola n.6 Stato variato: Planimetria del Comparto e standard urbanistici (allegato).**

D. Per quanto sopra descritto il presente Accordo riveste un interesse prioritario e rilevante per la collettività, richiesto dall'art.18 della LR 20/2000, in quanto consente di raggiungere i seguenti obiettivi generali:


-la risoluzione di problematiche infrastrutturali e viabilistiche del comparto, particolarmente rilevanti quanto ai profili di sicurezza;

-la risoluzione delle problematiche idrauliche del comparto;

-lo sviluppo nell'area di investimenti diretti, in coerenza con le linee strategiche della programmazione regionale e con le vocazioni dei territori, volti alla conservazione dei posti di lavoro diretti e indiretti e a porre in essere le condizioni per un futuro sviluppo anche occupazionale;

file

100

- 
- lo sviluppo dell'indotto e le filiere di fornitura destinate ad agire da volano per il consolidamento del tessuto imprenditoriale locale;
  - l'ottimizzazione delle previsioni edificatorie con utilizzo di territorio idoneo in quanto con destinazioni di PSC conforme per la maggior parte;
  - limitato impatto sul territorio in quanto le variazioni urbanistiche di cui viene proposto l'inserimento nel PDR risultano interessare porzioni di territorio in continuità con l'attuale tessuto produttivo e per la maggior parte già destinate ad espansione produttiva.

### **3. Le opere pubbliche: nuova strada e canale di laminazione**

Le opere pubbliche sono rappresentate nella **Tavola n.7 Stato approvato: Progetto preliminare della nuova strada pubblica (allegato)**, così descritte:

- 1) Nuova strada;
- 2) Canale di laminazione.


L'area interessata dalla realizzazione delle opere, è individuata nella **Tavola n.8 Stato variato: Particellare di esproprio (allegato)**.

L'area di circa 15.238,52 mq, è compresa in ambito AP.6/II "*Aree urbanizzabili per funzioni produttive di nuova previsione*", destinato specificatamente dal PSC all'ampliamento dell'attività produttiva esistente della società WAM, ed in minor parte, in ambiti AVP.1 "*Ambiti agricoli periurbani di rilievo paesaggistico*".

L'area è individuata facendo salve eventuali modifiche progettuali che si dovessero rendere necessarie per conformare le opere a pareri o in seguito ad approfondimento in sede di definizione del progetto preliminare, definitivo ed esecutivo.

#### **DATO ATTO CHE**

- la sottoscrizione del seguente Accordo non ha effetti conformativi di imposizione del vincolo espropriativo, ma è un'intesa preliminare condizionata al suo recepimento nella Deliberazione del Consiglio Comunale di adozione del PDR, secondo stralcio, dalla cui successiva approvazione deriveranno gli effetti del combinato disposto delle LR 20/2000, LR 16/2012, DPR 327/2001, LR 37/2002;



- il presente Accordo fa seguito agli incontri intercorsi tra le parti, finalizzati a definire l'assetto urbanistico e gli obiettivi di pubblico interesse ai sensi e per gli effetti degli artt.12, 13 e 14 della LR 16/2012, e dell'art.18 della LR 20/2000;

### **RICHIAMATA**

la possibilità di assicurare, ai sensi dell'art.12, comma 10 della LR 16/2012, il finanziamento delle opere attraverso le risorse finanziarie pubbliche e private attivabili.

Richiamate:

- a. l'istanza di variante al PUA 2008;
- b. la Deliberazione della Giunta Comunale n.134 assunta, ai sensi dell'art.18 della LR 20/2000, nella seduta del 20/03/2014, avendo la Giunta Comunale ritenuto accoglibile e quindi meritevole di essere sottoposta a Deliberazione del Consiglio Comunale, la proposta avanzata da WAM, per assumerne i contenuti nel PDR giudicandone positivamente la compatibilità e sostenibilità urbanistica; determinazione a contrarre di cui all'art.192, comma 1 del Dlgs 267/2000 e successive modificazioni ed integrazioni.

### **TUTTO CIÒ PREMESSO**

tra le parti si conviene e stipula quanto segue:

#### **Art.1 Natura delle premesse**

Le premesse formano parte integrante e sostanziale del presente Accordo.

#### **Art.2 Finalità dell'Accordo**

Le parti sottoscrittrici del presente Accordo condividono l'interesse, secondo quanto meglio specificato nelle Premesse, a variare il PUA 2008, nonché alla localizzazione e realizzazione di una nuova strada e contiguo canale di laminazione, risolutivi della carenza viabilistiche del comparto industriale e delle problematiche idrauliche del comparto, necessarie alla piena ripresa dell'attività produttiva della Società all'interno dell'ambito del polo produttivo di Ponte Motta, con l'intento di sviluppare l'attività dell'azienda e le opportunità di incremento anche dei livelli occupazionali produttivi che possono derivare dal consolidamento dell'insediamento WAM.

#### **Art.3 Contenuto dell'accordo**



a. Inserimento nel PDR della variante al PSC di recepimento della variante al PUA 2008, con modifica del confine di comparto per l'ampliamento 1 e 2 quale ambito consolidato AP3, per complessivi 11.502 mq, senza incremento della superficie utile realizzabile, come dettagliato nella **Tavola n.6 Stato variato: Planimetria del comparto e standard urbanistici (allegato)**;

b. Inserimento nel Piano delle opere pubbliche della nuova strada di interesse pubblico e del canale di laminazione come dettagliato nell'allegata **Tavola n.7 Stato variato: Progetto preliminare della nuova strada pubblica (allegato)**.

#### **Art.4 Obblighi a carico della Società.**

In ragione delle finalità previste all'art.2, la Società manifesta, condizionatamente al recepimento del presente Accordo nel PDR, il proprio impegno a:

- 1) progettare e realizzare le opere previste nella variante al PUA 2008 nei tempi e modi definiti nella relativa Convenzione;
- 2) a sostenere tutti i costi relativi alle opere pubbliche previste nel presente Accordo, con particolare con riferimento a:
  - a. Indennizzo da corrispondere ai privati proprietari delle aree necessarie alla realizzazione delle opere descritte al precedente art.3, conseguente al procedimento di espropriazione delle medesime aree ex DPR 327/2002, nonché a manlevare il Comune per ogni onere connesso alla procedura espropriativa nonché derivante da eventuale contenzioso amministrativo e giurisdizionale avanti ogni autorità giudiziaria;
  - b. progettazione delle opere previste;
  - c. realizzazione della nuova viabilità, ivi compresi gli accessi e recessi dalle vie pubbliche esistenti, così da rendere più fluidi e in sicurezza i flussi merci e persone in ingresso e uscita dal Comparto produttivo;
  - d. realizzazione del canale di laminazione, che dovrà avvenire in conformità con le normative vigenti e concordandone gli elementi tecnici con il competente Ufficio del Comune e con l'ente gestore;
  - e. collaudo e ogni altra spesa tecnica connessa alla realizzazione delle opere descritte al precedente art.3;





f. spese notarili, legali, amministrative, catastali e fiscali connesse alle operazioni sopra descritte.

La società subordinatamente alla realizzazione e completamento delle opere di interesse pubblico, nell'intento di garantire lo sviluppo dell'attività dell'azienda e dei livelli occupazionali e produttivi, si impegnerà a realizzare la variante al PUA 2008 e a rimanere insediata per almeno 10 (dieci) anni dalla fine della realizzazione del PUA.

Decorso tale termine, nessun ulteriore vincolo o obbligo graverà sulla Società.

Nel caso la Società dovesse risultare inadempiente agli obblighi di cui al precedente punto 2), la stessa non è liberata dall'obbligazione di manleva prevista, ad esclusione dell'ipotesi, a sua volta, di inadempimento del Comune derivante dalla mancata attivazione dei procedimenti espropriativi.

La realizzazione delle opere di cui all'art.3 e la corresponsione delle somme previste al punto 2) del presente articolo, sono da qualificarsi come onere di urbanizzazione aggiuntivo rispetto a quanto dovuto dalla Società, fermo restando la gratuità dei titoli connessi alla ricostruzione ai sensi del DL 74/2012 come convertito dalla L 122/2012.

*new*


Sono a carico della Società i costi di gestione, manutenzione ordinaria e straordinaria, spalatura neve, delle opere pubbliche previste nel presente Accordo e nella variante al PUA 2008 per almeno 10 anni dal loro collaudo.

**Art.5 Obblighi a carico del Comune di Cavezzo**

Il Comune a fronte degli impegni assunti dalla società all'art.4 si impegna ed obbliga:

- a recepire nel PDR il presente Accordo;
- a sottoporre, quale parte sostanziale del PDR, all'approvazione del Consiglio Comunale:
  - a) la modifica del PSC;
  - b) la variante al PUA 2008;
  - c) l'inserimento tra le opere pubbliche della nuova strada e del canale di laminazione apponendo vincolo espropriativo preordinato all'acquisizione delle relative aree;
- ad acquisire i pareri vincolati di altri enti prescritti dalla legislazione vigente;

*100*



- ad attivare, entro 60 giorni dall'approvazione del PDR con valore di apposizione del vincolo espropriativo, le relative procedure espropriative per l'acquisizione delle aree necessarie per la realizzazione della nuova strada e del canale di laminazione.


#### **Art.6 Obblighi comuni**

Le parti si obbligano a collaborare per conseguire nel minor tempo e con minor esborso economico le finalità del presente Accordo e per dare attuazione ai contenuti e agli obblighi ivi previsti.

Le parti si impegnano a definire con successivi atti, sia i profili che attengono ai tempi, alle modalità e alle garanzie relative alla costruzione delle opere pubbliche di cui all'art.3, nel rispetto degli impegni assunti col presente Accordo, sia le specifiche modalità di finanziamento in relazione agli indennizzi da corrispondere ai soggetti espropriati.

#### **Art.7 Attuazione dell'Accordo e garanzie**

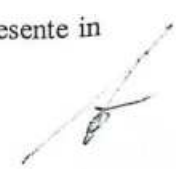
Le parti, ciascuno per quanto di competenza, assumono, come criterio di riferimento la seguente tempistica per i successivi accordi attuativi:

1. adozione del PDR secondo i tempi della LR 16/2012 come prorogati dalla LR 28/2013;
  2. attuazione previsioni della variante al PUA 2008 nei termini previsti nella relativa Convenzione;
  3. attivazione delle procedure per l'acquisizione delle aree entro 60 giorni dall'approvazione del PDR;
  4. attivazione delle procedure per l'affidamento della progettazione preliminare, definitiva ed esecutiva, direzione lavori e sicurezza delle opere entro 60 giorni dall'approvazione del PDR, assegnando al progettista 90 giorni dalla aggiudicazione definitiva per la redazione della progettazione esecutiva;
  5. attivazione delle procedure per l'esecuzione delle opere entro 45 giorni dall'approvazione del progetto esecutivo, previa acquisizione di tutti i pareri richiesti.
- 

L'Accordo esaurisce la sua efficacia con l'inserimento delle previsioni urbanistiche e la realizzazione delle opere pubbliche previste al precedente art.3, fatti salvi gli obblighi di manutenzione ordinaria e straordinaria della nuova strada e del canale di laminazione. Resta l'impegno della Società a rimanere insediata per almeno ulteriori 10 anni dalla fine della realizzazione del PUA.

#### **Art.7 Avente causa**

La Società garantisce l'esecuzione del presente Accordo da parte di ogni avente causa a qualsivoglia titolo di tutte o parte le aree interessate dall'Accordo medesimo, impegnandosi a tal fine a richiamare il presente in



ogni ulteriore atto che verrà stipulato che abbia ad oggetto la compravendita delle proprietà comprese nella variante al PUA.

#### **Art.8 Stipula ed esecuzione del presente atto. Elementi essenziali e modifiche all'Accordo**

Al presente Accordo si applicano i principi del Codice Civile in materia di obbligazioni e contratti in quanto compatibili.

Per definizione dei tempi, delle modalità di realizzazione e della determinazione delle garanzie, in quanto non attengono ad elementi essenziali di carattere urbanistico sono demandati alla Giunta comunale.

Sono elementi essenziali quelli che attengono alla variante urbanistica e all'inserimento delle opere pubbliche previste all'art.3 nel Piano della opere pubbliche e solo varianti a tali elementi devono essere precedute da Deliberazione di Consiglio Comunale.

Non rientrano negli elementi essenziali le modifiche alle opere pubbliche che devono essere inserite in ragione di pareri o approfondimenti tecnici in sede di elaborazione dei progetti.

#### **Art.7 Foro competente**

Tutte le controversie in ordine alla formazione ed esecuzione del presente atto saranno deferite al competente Giudice individuato *ex lege*.

#### **ALLEGATI**

Tavola n.1 Stato approvato: inquadramento del comparto(allegato)

Tavola n.2 Stato Approvato: Planimetria del comparto e standard urbanistici – progetto 2008 (allegato)

Tavola n.3 Stato di fatto post sisma: Progetto ricostruzione comparto (allegato)

Tavola n.4 Stato di fatto post sisma: Planimetria con recupero e ricollocazione delle superfici demolite (allegato)

Tavola n.5 Stato variato: Inquadramento del Comparto estratto PSC (allegato)

Tavola n.6 Stato variato: Planimetria del Comparto e standard urbanistici (allegato)

Tavola n.7 Stato approvato: Progetto preliminare della nuova strada pubblica (allegato)

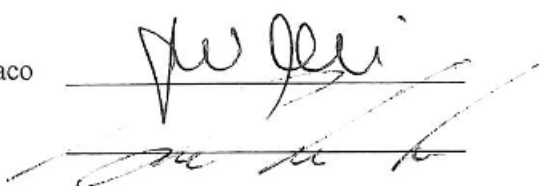
Tavola n.8 Stato variato: Particellare di esproprio (allegato)

Cavezzo, li 22/03/2014

Letto, approvato e sottoscritto:

per il Comune di Cavezzo, il Sindaco

per la Società, il Presidente

Two handwritten signatures are present on horizontal lines. The top signature is in dark ink and appears to be 'G. P. P.'. The bottom signature is in blue ink and is more stylized, possibly 'M. S. P.'. There is a diagonal line crossing through the bottom signature.



COMUNE DI CAVEZZO  
PROVINCIA DI MODENA

# P.D.R. 2

**Piano Della Ricostruzione**

**L.R. 16/2012**

<b>INTERVENTO N. 3</b>	
<b>AREA ACETUM PONTE MOTTA</b>	
<b>INTESA UNICA PDR SECONDO STRALCIO IN DATA 19/1/2015</b>	

Progetto

STUDIO  
ARCH. PAOLO ARTIOLI

Collaboratori:

ELLENIA s.n.c. - Ostiglia  
CLARA BORSATTI

Adottato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Approvato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Publicato sul BURERT n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

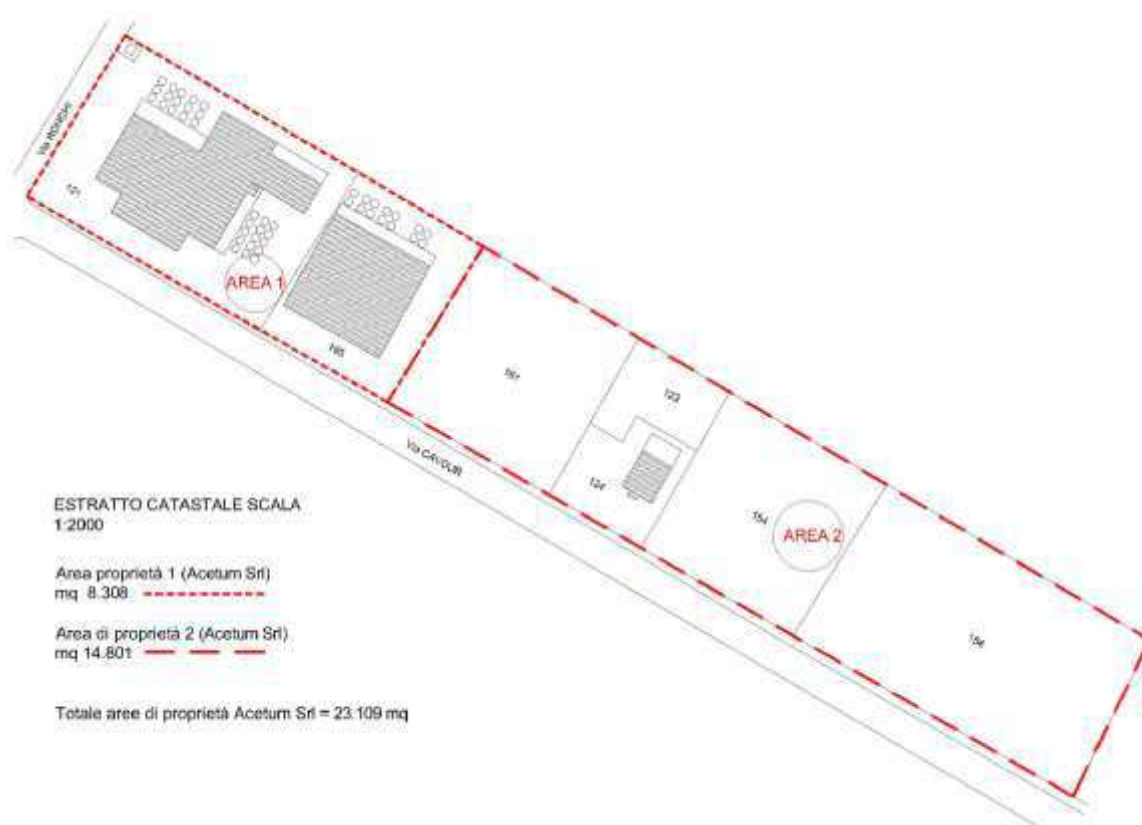


L'Acetum è una ditta di primaria importanza per il Comune di Cavezzo, che produce aceto balsamico e impiega numerosi addetti.

L'attività viene svolta in due stabilimenti separati: uno a Ponte Motta sede storica, nei fabbricati dell'antica cantina, e uno nella zona industriale del Capoluogo.

L'inserimento nel piano della ricostruzione riguarda la sede di Ponte Motta che ha subito gravi danni con il sisma del 2012.

L'agglomerato era costituito sostanzialmente da due gruppi di fabbricati, uno attestato su via Cavour ( quello di più recente costruzione) e uno in corrispondenza dell'incrocio fra via Cavour e via dei Ronchi. Il primo ha subito danni irreparabili ed è stato immediatamente demolito con SCIA 6596 del 13.08.2012, il secondo ( l'originale cantina) verrà recuperato con un intervento di restauro .

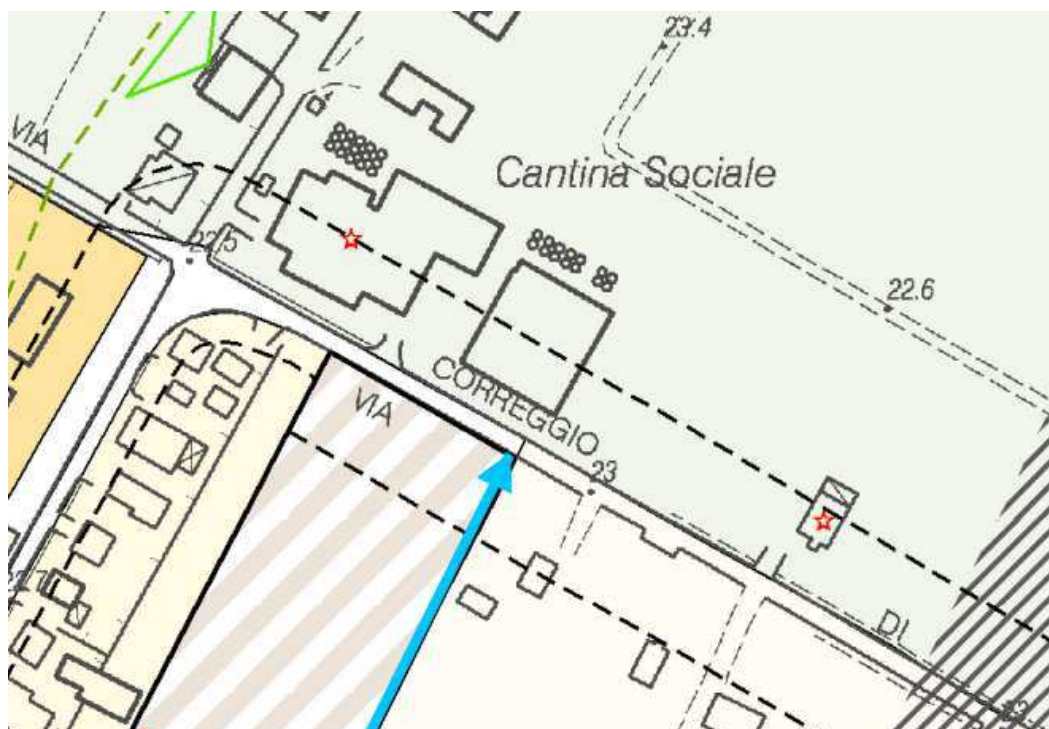


Anche in questo caso, come in altre realtà produttive di Cavezzo, la ditta si era posta il problema se mantenere l'attività in questo luogo, ovvero delocalizzare altrove.

La scelta è stata per il mantenimento, anzi per l'incremento e il miglioramento dell'attività. Da qui la richiesta di un permesso a costruire in cui si prevedeva la ricostruzione del fabbricato demolito, ricollocato in posizione più favorevole all'attività produttiva e ampliato di quel 20% consentito dal DL 74/2012. L'8 febbraio 2013 il comune rilasciava il permesso di costruire e Acetum, a sei mesi dal sisma, partiva con la ricostruzione.

## **COSA PRENDERA' IN ESAME IL PIANO DELLA RICOSTRUZIONE PER LA DITTA ACETUM**

L'area della ditta è in "ambito ad alta vocazione produttiva agricola, di tutela ambientale (APA.2) di cui all'art. 48 delle NTA del PSC.



Oltre alla normale attività agricola in questi ambiti " Sono inoltre ammessi interventi di ampliamento di fabbricati esistenti che ospitano attività produttive esistenti alla data di adozione del presente PSC, purché compatibili con il contesto ambientale, nella misura massima del 10% della SU, a condizione che l'ampliamento non sia funzionale al cambiamento dell'attività in essere e sia realizzato nell'ambito dell'area di stretta pertinenza del complesso esistente"

E' una norma introdotta nel nuovo PSC, che tendeva a "non incentivare" la crescita di alcune realtà produttive esistenti nel territorio agricolo del Comune, pur riconoscendo loro un minimo di incremento che fosse strettamente funzionale alla vita dell'azienda.

Questo incremento era possibile nella misura del 10% dell'esistente, per tutti con la sola verifica della compatibilità ambientale.

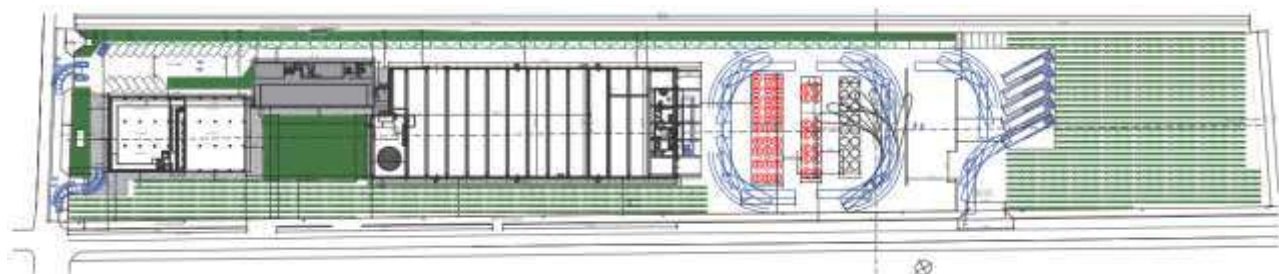
La ditta Acetum era una di queste. Ora il sisma ha rimescolato le carte e quindi l'Amministrazione, pur mantenendo il principio della norma per gli ambiti agricoli, ha deciso verificare caso per caso le richieste pervenute da queste attività finalizzate riconoscerne l'ambito produttivo inserendole nel Piano della Ricostruzione.

Antecedentemente al 2012, l'area su cui gravava l'insediamento produttivo era di mq 8.308 circa, all'interno della quale, i fabbricati occupavano una superficie di mq 4.005 circa. Esisteva dunque, un problema di congestionamento interno a livello di viabilità per l'alta densità dei fabbricati e dei silos; tale congestionamento si rifletteva anche su via Cavour a causa del posizionamento dell'accesso carraio molto vicino all'incrocio, e a causa del fatto che gli autotreni dovevano sostare in mezzo alla strada per entrare, dando la precedenza agli automezzi in uscita. Situazione che si era venuta stratificandosi col tempo, con la crescita dell'azienda e per la quale non si intravedevano soluzioni senza il reperimento di nuova area. Negli ultimi anni l'azienda, per porre rimedio al problema, aveva acquistato dei terreni verso est in contiguità con la proprietà, in vista di chiedere all'Amministrazione Comunale la possibilità di ampliare lo stabilimento.

Il terremoto e quindi il danneggiamento dei fabbricati, ha dato una forte accelerazione alle necessità che già erano in campo e la soluzione dei problemi era impellente, così l'Amministrazione ha deciso di favorire per quanto possibile il mantenimento dell'attività produttiva nella sede storica, riconoscendone l'ambito produttivo e contestualmente promuovendo la soluzione delle problematiche evidenziate in precedenza

### **COSA CAMBIA SOTTO IL PROFILO DELLA SOSTENIBILITA' AMBIENTALE**

Cambiare destinazione d'ambito da agricolo a produttivo è semplicemente riconoscere quello che è: un insediamento produttivo di qualità, che è una risorsa per il Comune.



In termini quantitativi: la superficie utile passa da mq 4.005 a mq 4.800, però spalmati su un'area di mq 23.109 anziché i mq 8.308 precedenti. Risulta evidente che il congestionamento interno della situazione precedente viene meno e quindi viene ridotto notevolmente il riflesso sul traffico di via Cavour; l'accesso carraio viene allontanato dall'incrocio via Cavour/via dei Ronchi e sarà privo di cancello in modo tale che gli autotreni possano entrare senza attenderne l'apertura. All'interno dell'area è previsto un

largo spazio per la sosta e la manovra degli autotreni che sarà contornato da una fascia alberata di ambientazione.

Quindi, sotto il profilo del sistema della mobilità e del traffico, la situazione migliora notevolmente venendo eliminate delle criticità che esistevano.

Sotto il profilo dell'inquinamento acustico, atmosferico e del sistema idraulico, nulla cambia rispetto a prima, essendo l'intervento più una rifunzionalizzazione dell'area piuttosto che un incremento produttivo.

A seguito dell'Intesa Unica in data 19/1/2015 si introducono le seguenti prescrizioni:

- Relativamente al parere ASL del 19/9/2014 prot. 70842 : per migliorare la sicurezza dei ciclisti e dei pedoni il tratto stradale di accesso che attraversa la ciclabile dovrà avere il fondo stradale rialzato o cambio di pavimentazioni al fine di meglio segnalare la necessità di moderare la velocità in uscita ed in ingresso; dovrà inoltre essere attentamente curata la segnaletica orizzontale e verticale indicante i diritti di precedenza ed infine valutata l'adeguatezza dei sistemi di illuminazione degli stessi attraversamenti;

Allegata relazione geologica





COMUNE DI CAVEZZO  
PROVINCIA DI MODENA

# P.D.R. 2

**Piano Della Ricostruzione**

**L.R. 16/2012**

<b>INTERVENTO N. 4</b>	
<b>AREA D'AVANT GARDE TRICOT</b>	
<b>INTESA UNICA PDR SECONDO STRALCIO IN DATA 19/1/2015</b>	

Scala 1:5.000

Progetto

STUDIO

ARCH. PAOLO ARTIOLI

Collaboratori:

ELLENIA s.n.c. - Ostiglia

CLARA BORSATTI

Adottato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Approvato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Publicato sul BURERT n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA



Il sig. Tabaroni Nicola in qualità di titolare della ditta D'Avant Gard Tricot s.r.l., in data 14/2/2014 con lettera assunta al protocollo del Comune di Cavezzo al n. 2459, ha presentato istanza al Sindaco al fine di ottenere una modifica di ambito nell'area sede dell'azienda.

Ora l'area si trova in "Ambiti ad alta vocazione produttiva agricola di tutela ambientale (APA.2)", l'intento è quella di trasformarla in "Aree produttive ad assetto urbanistico consolidato (AP.1)".

La zona in cui si trova quest'area è in località Bellincina a sud del Capoluogo in corrispondenza della strada SP 468 Cavour che lo collega con la frazione di Ponte Motta.

Il quadro conoscitivo del PSC riconosce queste zone come "*tessuti sub urbani*" che sono "*ai margini del perimetro urbanizzato che costituiscono elemento di transizione tra città e campagna*". Il vecchio PRG li classificava come area produttiva nell'ambito di agglomerati urbani e li trattava come aree di completamento, essendo di fatto dotate di tutte le urbanizzazioni necessarie, nessuna esclusa. Il PSC, altresì, ha scelto di "congelare" questa edificazione, inserendola in ambito agricolo.

L'area che stiamo trattando si trova in questo ambito e le è consentito (essendo attività produttiva in zona agricola) un incremento "una tantum" del 10% della superficie utile.

La ditta D'Avant Gard Tricot s.r.l è nata a Cavezzo nel 1961 come maglificio ed ha seguito l'espandersi di quel settore in quel periodo legato soprattutto al mercato di Carpi, zona di eccellenza per l'attività di maglieria. La ditta si è ampliata col tempo nel luogo in cui si trova e, man mano che il mercato legato alla zona di Carpi andava in crisi, si specializzava e indirizzava i suoi obiettivi su un mercato di qualità.

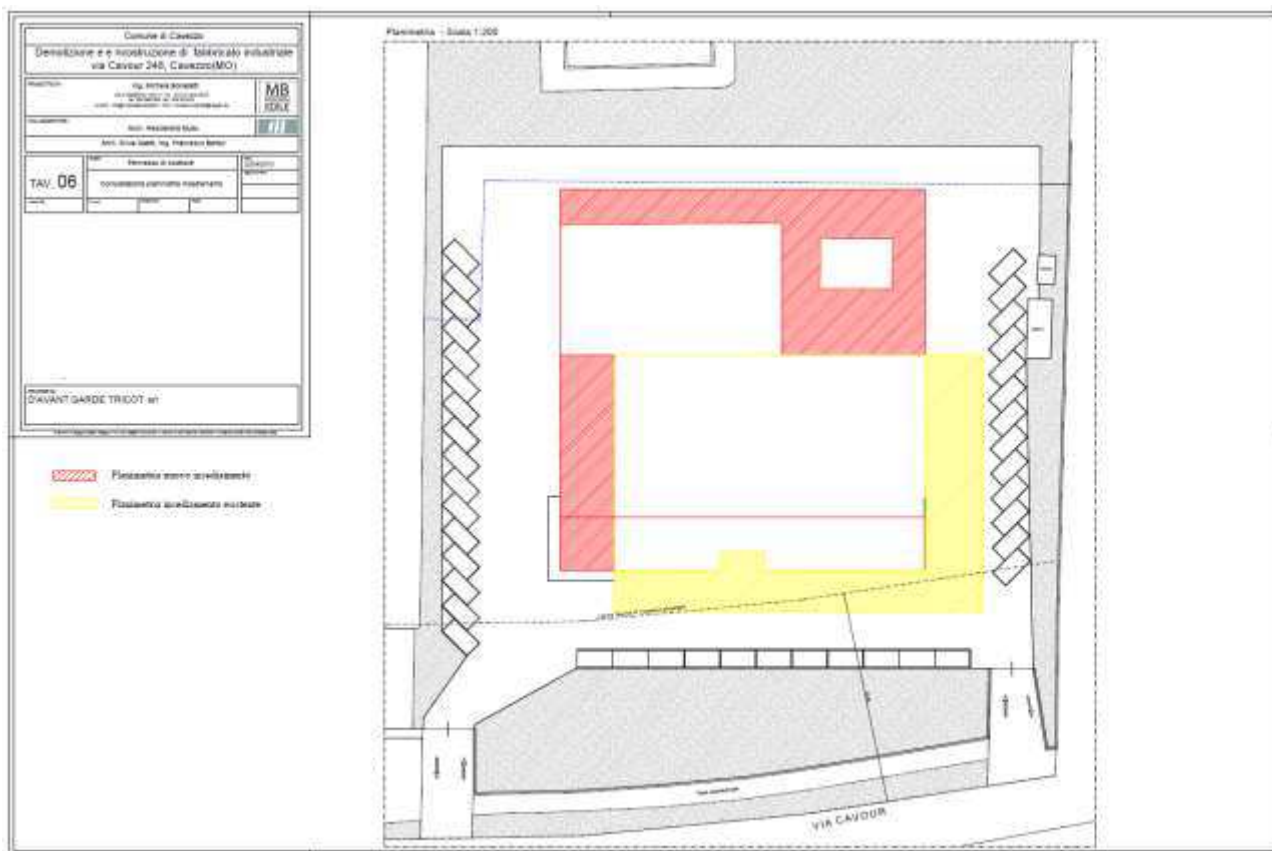
Prima del sisma, grazie a una tecnologia avanzata su macchine lineari a controllo numerico, produceva grandi quantitativi di capi per ditte dal marchio famoso per la qualità. Ma la produzione avveniva in spazi ormai insufficienti, motivo per cui era già intenzione della proprietà prima del terremoto, prevedere un'ampliamento dell'azienda.

Con il terremoto gli edifici si sono danneggiati a tal punto da dover prevedere una delocalizzazione dell'intero apparato aziendale. Cosa che è avvenuta presso uno stabilimento ubicato a Carpi.

L'intenzione della proprietà ora, è quella di tornare a Cavezzo, ma con uno stabilimento nuovo che consenta un più razionale utilizzazione degli spazi.

All'inizio del 2013 la ditta presentava richiesta di permesso di costruire al fine di sfruttare la possibilità di ampliamento prevista dal DL 74/2012. Tale ampliamento non portava allo sfruttamento massimo possibile del 20% previsto dal DL 74/2012, infatti la superficie complessiva utile passava da mq 2.287 a mq 2587.

Risulta chiaro che un incremento del genere, poco sposta sotto il profilo della compatibilità urbanistica.



Il permesso di costruire in esame, sospeso per attività istruttoria a seguito di richiesta di integrazioni, così come è stato presentato è conforme pertanto potrà essere rilasciato.

La nuova istanza, invero, chiede la modifica di ambito (da APA.2 ad AP.1) per l'intera proprietà, che ha una consistenza di circa mq 16.000. Quindi potenzialmente mq 16.000 di superficie fondiaria portano a una superficie utile di mq 9.600 (mq 16.000 \* 0.60).

Tale richiesta, probabilmente, è scaturita da esigenze diverse che nel frattempo si sono presentate per la proprietà.

**COSA CAMBIA SOTTO IL PROFILO DELLA SOSTENIBILITA' AMBIENTALE E DEL QUADRO CONOSCITIVO DEL PSC.**

In termini assoluti di calcolo sull'intero territorio del Comune, un aumento di superficie utile di mq 7.400, non è molto significativo, anche perché con la prima fase del piano della ricostruzione sono state tolte aree produttive per complessivi mq 10.000 circa e quindi con una potenzialità di superficie utile di mq 6.000

Cosa diversa sono gli effetti di carattere locale, soprattutto sulla mobilità e sul traffico.

L'area, pur essendo in ambito agricolo è completamente urbanizzata in quanto era in ambito produttivo nel vecchio PRG, per cui un incremento di superficie complessiva utile in quella consistenza e per quel tipo di utilizzo che non produce scarichi ed emissioni in atmosfera, non è di impatto significativo sulle opere di urbanizzazione.

Rimane il fatto che, se l'utilizzo cambia, occorre verificarne l'impatto.

## **CONCLUSIONI**

L'area oggetto della richiesta verrà inserita negli ambiti AP.1 con una identificazione così simboleggiata: “\*PdR”, che corrisponderà nelle NTA del PdR e quindi in variante e aggiunta alle NTA del PSC, alle seguenti prescrizioni di carattere normativo.

**Prescrizioni particolari per l'ambito AP.1 contraddistinto con il simbolo \*PdR:**

**ARTICOLO 2 NTA PDR2 TESTO MODIFICATO IN APPROVAZIONE con recepimento prescrizioni della Provincia, ARPA e AUSL, CONSORZIO BURANA, AIMAG**

**Art.2 Prescrizioni particolari per l'ambito AP.1 contraddistinto con il simbolo \*PdR**

Nell'ambito contraddistinto “\*PDR” la demolizione e ricostruzione con ampliamento della superficie complessiva fino ad un incremento massimo del 20%, conseguente al danneggiamento dovuto al sisma del maggio 2012, è attuato mediante intervento diretto. La modifica dell'attività insediata alla data del sisma (maglieria), la modificazione di destinazione d'uso ammessa dalle NTA del PSC e l'ampliamento di superficie complessiva esistente alla data del sisma oltre il 20 %, saranno valutate attraverso valutazione preventiva in cui vengano analizzati gli aspetti ambientali in riferimento:

- alla viabilità all'interno dell'area,
- agli accessi,
- alla viabilità esterna
- al rumore,
- alla mitigazione ambientale nei confronti dell'abitato che circonda l'area,
- agli scarichi,
- alle emissioni in atmosfera.

*Richiamata l'Intesa unica del 19/01/2015 prot.n.26070, in caso di modifica della destinazione d'uso dell'attività insediata alla data del sisma, nei termini previsti dalle NTA*

*del PSC che comporti l'ampliamento di superficie complessiva esistente alla data del sisma oltre il 20%, dovranno essere corredate da specifiche valutazioni.*

*In sede attuativa gli interventi dovranno assicurare in particolare:*

- *Valutazione circa la capacità del corpo recettore di sopportare l'incremento di carico idraulico previsto. In particolare si ritiene necessario applicare il principio dell'invarianza idraulica, volto a prevenire fenomeni di rischio idraulico, tramite la realizzazione di dispositivi quali ad esempio vasche di accumulo, superfici drenanti o altri accorgimenti puntualmente definiti, finalizzati a limitare le portate idriche in uscita ed a ridurre la portata di piena del corpo ricevente i deflussi superficiali dovuti all'aumento delle superfici impermeabili*
- *Dare attuazione alle disposizioni relative alla sostenibilità energetica degli insediamenti produttivi, predisponendo e valutando la fattibilità tecnico economica dell'applicazione di impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili, quali ad esempio impianti di cogenerazione/trigenerazione, pompe di calore, sistema centralizzati di riscaldamento e raffrescamento. Tali valutazioni possono essere condotte nell'ambito delle valutazioni di sostenibilità sopra richiamate (nota 1).*

*Considerato che l'area in oggetto è collocata in fregio alla ciclabile di via Cavour, per migliorare la sicurezza dei ciclisti e dei pedoni, il tratto stradale che attraversa la ciclabile dovrà avere il fondo stradale rialzato o cambio di pavimentazione al fine di meglio segnalare la necessità di moderare la velocità in uscita ed in ingresso; inoltre dovrà essere attentamente curata la segnaletica orizzontale e verticale indicante i diritti di precedenza ed infine valutata l'adeguatezza dei sistemi di illuminazione degli stessi attraversamenti (nota 2).*

*Gli interventi dovranno essere preceduti da una necessaria valutazione relativa all'adeguamento dei punti di riconsegna acqua potabile e gas metano, a cura dell'utente ed in accordo con il distributore, al fine di posizionare i misuratori in prossimità del confine di proprietà verso l'area pubblica (nota 3).*

1. *Inserito in sede di approvazione Contributo tecnico della Provincia di Modena*
  2. *Inserito in sede di approvazione per parere AUSL*
  3. *Inserito in sede di approvazione per indicazione AIMAG*
- 

Allegata relazione geologica



COMUNE DI CAVEZZO  
PROVINCIA DI MODENA

# P.D.R. 2

**Piano Della Ricostruzione**

**L.R. 16/2012**

<b>INTERVENTO N. 5</b>	
<b>NUOVO POLO SCOLASTICO</b>	
<b>INTESA UNICA PDR SECONDO STRALCIO IN DATA 19/1/2015</b>	

Progetto

STUDIO

ARCH. PAOLO ARTIOLI

Collaboratori:

ELLENIA s.n.c. - Ostiglia

CLARA BORSATTI

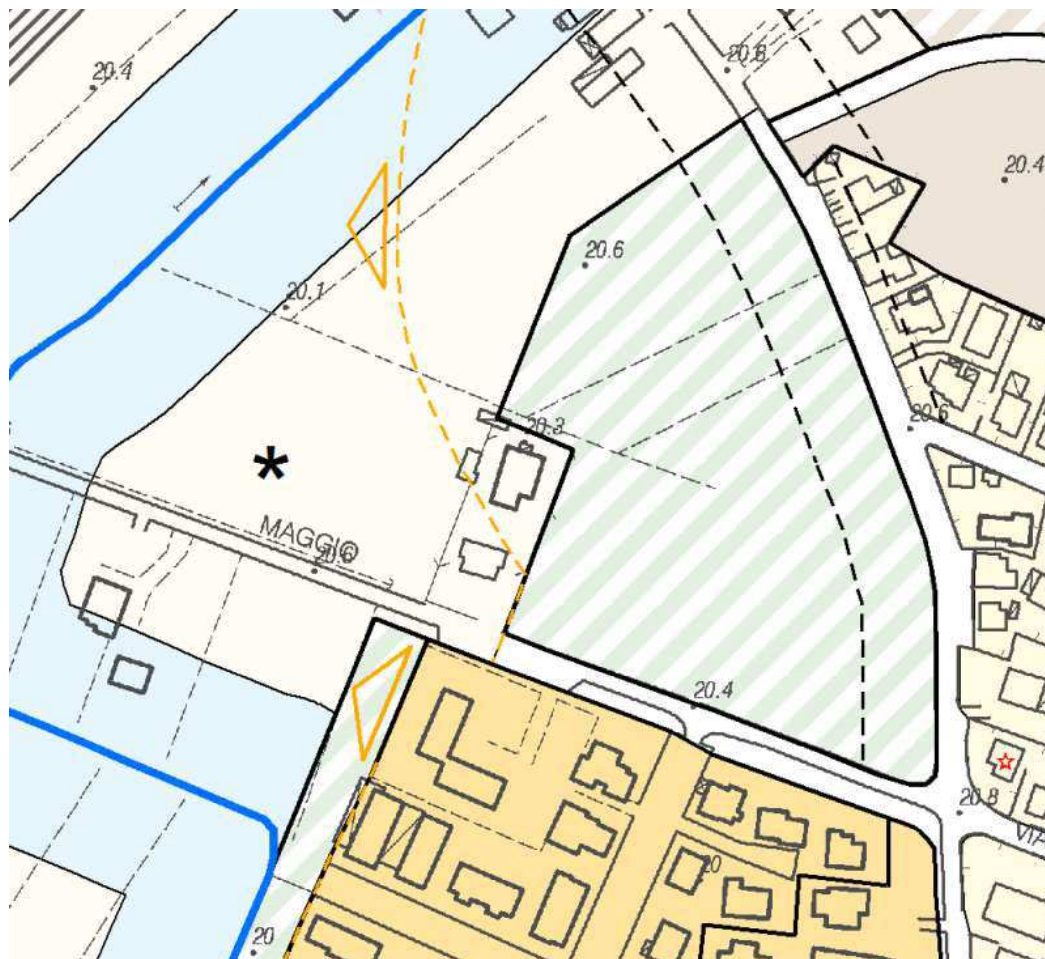
Adottato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Approvato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Publicato sul BURERT n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Il terreno compreso fra via Primo Maggio e via per Concordia è identificato nel PSC “tavola 2.4 –Classificazione del territorio”, come “parco urbano da attuare con procedure di perequazione (DOT.4) in gran parte, e in altra piccola parte come “ ambito ad alta vocazione produttiva agricola ( APA.1).

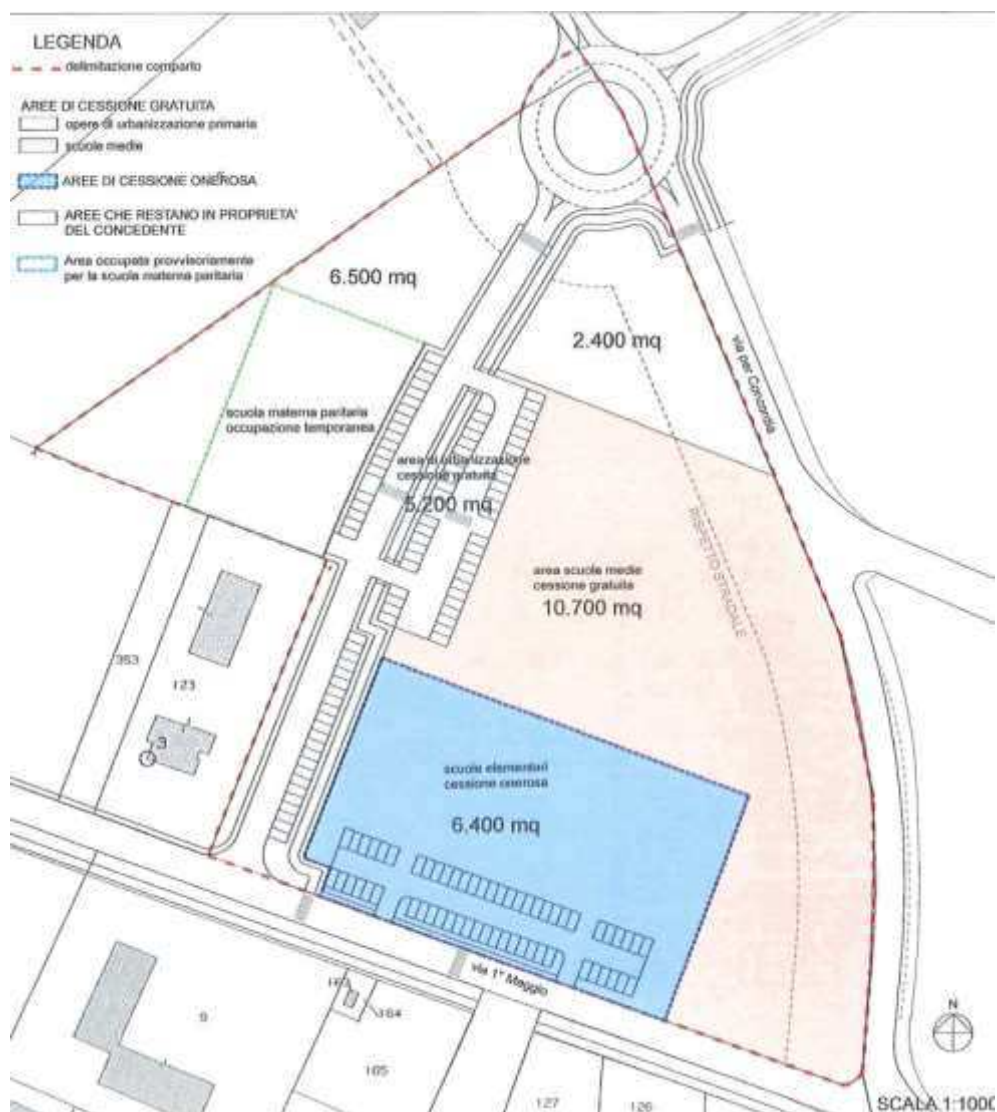


In seguito agli eventi sismici del maggio 2012, il Commissario delegato per l'emergenza sismica con ordinanze: n. 10 del 13/7/2012 ha individuato parte dell'area per accogliere la scuola primaria e connesse opere di urbanizzazione ; n. 15 del 31/7/2012 ha individuato parte dell'area per accogliere la scuola secondaria di primo grado e la scuola materna paritaria;

Conseguentemente l'agenzia del Territorio con verbale del 18/7/2012 e 9/8/2012 ha provveduto all'immissione in possesso delle aree oggetto delle ordinanze che ha consentito l'occupazione per la realizzazione delle scuole e una parte delle opere di urbanizzazione necessarie .

Quindi l'attività espropriativa del commissario, ha riguardato le aree strettamente necessarie per le scuole citate, ma rimaneva la necessità di reperire ulteriore spazio per completare le opere di urbanizzazione ( strade e parcheggi) affinché il nuovo polo scolastico provvisorio potesse funzionare in modo adeguato senza pericoli per i pedoni e senza intralcio per la viabilità.

A tale scopo, con gli stessi proprietari espropriati dal commissario, si è stipulato un accordo per la restante area in proprietà, in cui cedevano gratuitamente al comune una porzione di terreno, in cambio di classificazione ad ambito AC.1 della restante proprietà.



In sostanza, quindi i mq 31.200 circa di proprietà privata sono stati così suddivisi:

mq 6.400 soggetti ad attività espropriativa

mq 15.900 ceduti gratuitamente al Comune per il completamento del polo scolastico



mq 8.900 da classificare come” Aree edificate a prevalente destinazione residenziale ad assetto urbanistico consolidato (AC.1), di cui la parte ( circa mq 6.500) occupata provvisoriamente dalla scuola paritaria, sfruttabile sono nel momento in cui la scuola paritaria troverà la collocazione definitiva nelle sede storica ristrutturata. Quindi si può ipotizzare questa situazione per circa un quinquennio.

Questo, per quanto riguarda la proprietà del fg. 21 mapp.8 che è così conformata al momento dell’accordo:

Costruzioni Edili Benatti s.n.c. di Benatti Andrea e c.

Gavioli Gabriele

Immobiliare GI. e CI. Di Cappi M. e Gaddi F. snc

Immobiliare Pongo s.r.l.

Pincelli Marco

Frigeri Giulio in rappresentanza della ditta Tpo Ceramiche di Frigeri Giulio e c. s.a.s.

Successivamente con atto del notaio Vincenzi in data 24/1/2013 il signor Frigeri vende la propria quota di proprietà, in parte al Sig. Gavioli Gabriele in qualità di legale rappresentante dell’Immobiliare Pongo s.r.l. e in parte al Sig. Pincelli Marco.

Pertanto ad oggi la proprietà è così conformata:

Costruzioni Edili Benatti s.n.c. di Benatti Andrea e c. proprietà 125/1000

Gavioli Gabriele proprietà 250/1000

Immobiliare GI. e CI. Di Cappi M. e Gaddi F. snc proprietà 250/1000

Immobiliare Pongo s.r.l. proprietà 125/1000

Pincelli Marco proprietà 1/4

Successivamente alla data di stipula dell’accordo il programma di costruzione del polo scolastico è andato avanti ed è migliorato con la collocazione di nuovi edifici.

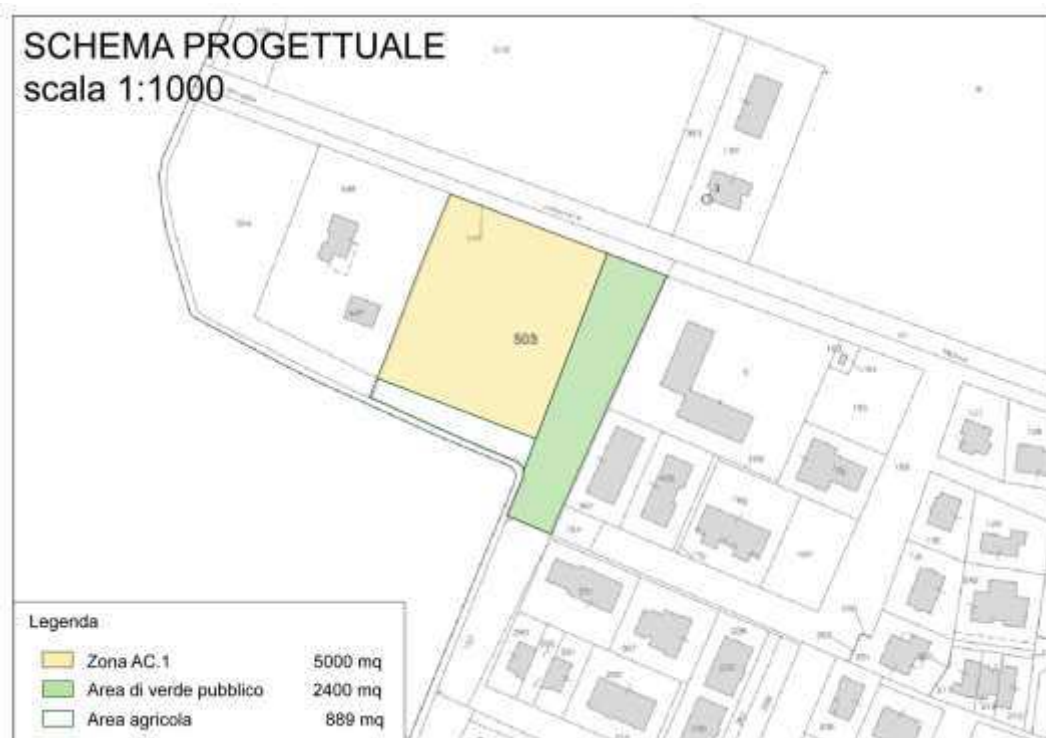
Da qui la necessità di reperire nuove aree per migliorarne l’assetto complessivo.

In data 27/1/2014 con lettera prot. 1415 L'Amministrazione comunica ai proprietari l'intenzione di rivedere l'accordo per verificare la possibilità di acquisire una porzione di area in prossimità della rotonda nel parte nord del polo scolastico, di circa mq 2400.

In data 11/2/2014 prot. 2269, i proprietari rispondono positivamente alla richiesta, ma indicano il Sig. Gavioli Gabriele come unico interlocutore con l'Amministrazione per quella porzione di area.

Tale indicazione derivava dal fatto che, con scrittura privata del 24/12/2013, i proprietari si erano divisi le aree e quella porzione era in carico al sig. Gavioli Gabriele.

Da qui il nuovo accordo, in cui Gavioli Gabriele legale rappresentante dell'Immobiliare Pongo, cede gratuitamente al comune la porzione di sua competenza di mq 2.400, immediatamente utilizzabile ma che passerà in proprietà in fase successiva. In cambio l'accordo prevede che una proprietà dell'Immobiliare Pongo situata in via Primo Maggio ( di fronte a sud del polo scolastico dall'altra parte della strada) individuata catastalmente fg. 21 mapp.le 503, venga trasformata ad ambito AC1 ( aree edificate a prevalente destinazione residenziale, ad assetto urbanistico consolidato) da ambito agricolo AVP.1 AVP.2 che era. Contestualmente, una parte del mappale 503 che tutt'ora è in ambito DOT 4, di mq 2400 circa, viene ceduta gratuitamente al Comune per completare l'area destinata a parco.



Quindi il Comune con questo accordo viene in possesso gratuitamente di mq 4.800 circa in cambio di una trasformazione d'area di circa mq 5.000

Quest'area è ricompresa nel perimetro delle Aree Morfologicamente Depresse (TRIN.2), per cui la proprietà ha fornito una relazione di compatibilità idromorfologica, idraulica e sismica a dimostrazione delle mutate condizioni morfologiche dall'approvazione del piano ad oggi.

Le **Conclusioni** del documento affermano: *“considerate le analisi geotecniche e sismiche, si considera idonea la proposta di variante la PSC relativamente all'area in esame, riservando alla fase attuativa, l'approfondimento delle analisi geotecniche, soprattutto in relazione alla presenza di terreni con caratteristiche di resistenza mediocri nei primi 10 m dal piano di campagna . Sempre alla fase attuativa è demandato l'approfondimento della risposta sismica locale che, sulla base del miglior dettaglio stratigrafico eventualmente raggiunto, potrà meglio definire i fattori di amplificazione del segnale sismico per quanto riguarda la PGA e le intensità di Hosner. Poichè in questa fase è stata evidenziata la possibilità di liquefazione, in fase attuativa anche la verifica a liquefazione dovrà essere approfondita utilizzando il migliore dettaglio stratigrafico eventualmente raggiunto e, possibilmente utilizzando più di una metodologia di analisi.*

## **COSA CAMBIA SOTTO IL PROFILO DEL QUADRO CONOSCITIVO E DELLA VALSAT DEL PSC**

### **PER IL VERDE**

Nel PSC l'area è individuata come DOT.4 parco urbano da attuare con procedure di perequazione. Lo scopo principale del piano era quello di introdurre aree verdi per aumentare la Biopotenzialità territoriale (Btc) da un valore medio-basso ad un valore di classe superiore. A questo obiettivo di incremento concorreva anche l'area in questione per una superficie di circa mq 25.000, che verrà ora ridotta a circa mq 5.000. Quindi dal totale complessivo di progetto di piano di mq 194.811 si passa a una superficie di mq 174.811.

La riduzione, in questa fase temporale del piano a dieci anni circa dalla sua approvazione, non è molto significativa se pensiamo che il piano si prefiggeva di incrementare le superfici

da mq 32.032 a mq 194.811 in un arco temporale di circa venti anni. Quindi è demandata a una fase successiva la verifica dell'attuazione del piano .

Altro obiettivo del piano era quello di acquisire queste aree attraverso il meccanismo della perequazione... *“ L'attuazione di tali aree è affidata ad una procedura di perequazione che prevede il collegamento con ambiti urbanizzabili per funzioni prevalentemente residenziali AN1 o AN.2”*.

Vi è da dire che a tutt'oggi, al terzo POC approvato e con un gran quantitativo di aree residenziali di espansione introdotte e che sono in condizioni di presentare i relativi PUA, perequazioni di aree DOT. 4 non se ne sono fatte, per cui forse il meccanismo per il comune di Cavezzo dovrà essere rivisto.

## **LA VIABILITA'**

In fase di emergenza quel sito fu scelto per idoneità del sottosuolo, centralità, adiacenza a insediamenti residenziali, presenza di servizi a rete indispensabili, accessibilità sicura, posizione baricentrica per le scuole.

Fu immediatamente scelto di fare, a supporto dell'insediamento, una rotonda su via Concordia che permettesse di creare un "circuito " che consentisse l'ingresso al polo scolastico da due accessi ( quello su via primo maggio solo a senso unico e quello dalla rotonda, nei due sensi). Questa operazione ha diviso i due flussi di traffico indirizzati alla scuola elementare da quelli indirizzati alla scuola media.

In questa fase criticità non se ne riscontrano, se non per l'accesso mattiniero della scuola elementare che verrà ovviato reperendo parcheggi dei dipendenti in modo tale che le auto degli stessi non ingombrino i parcheggi in fregio alla strada.

A medio lungo termine è difficile fare delle previsioni per l'incertezza sulla durata di questa situazione. Le scuole sono ritenute provvisorie; le aree residenziali derivanti dall'accordo, possono partire solo dopo il trasferimento della Scuola Paritaria, per la quali i tempi non sono ancora determinati.

Si può ipotizzare che per almeno 4/5 anni la situazione può rimanere immutata, ovvero esistono le condizioni per far partire l'intervento di carattere residenziale derivante dall'accordo con l'Immobiliare Pongo che avrà una consistenza massima di circa 20 alloggi. Dopo i 4/5 anni è presumibile che esistano le condizioni per far partire le aree

residenziali derivanti dal primo accordo con i proprietari delle aree espropriate, che avrà una consistenza massima di circa 30 alloggi. Presumibilmente la provvisorietà delle scuole fra dieci anni non sarà ancora esaurita e qualora lo fosse, ad oggi non è possibile ipotizzare che funzione prederà quell'area.

## **CONCLUSIONI**

La situazione del traffico in quel comparto ad oggi non è critica, non si ritiene che lo diventerà anche con l'inserimento delle aree residenziali, in quanto la costruzione della rotonda ha consentito di snellire e distribuire efficacemente il traffico automobilistico.

Fondamentale però, è che l'Amministrazione continui a perseguire l'obiettivo che si è data con l'approvazione del POC. 1 con il quale si è consentito di programmare la costruzione della tangenziale di Cavezzo in prolungamento di via Aldo Moro in direzione via Malaspina e via Zappellazzi fino a via per Concordia. Primo passo è stato costruire le due rotonde di innesto.

Il secondo passo è stato fatto inserendo nel POC n. 3, l'accordo con Eredi Sacchi per l'acquisizione gratuita del terreno necessario per costruire i tratti su via Malaspina e via Zappellazzi. Tale accordo è anche inserito in questo Piano della Ricostruzione per una modifica che si rende necessaria a seguito del sisma.

Il terzo passo dovrà essere la costruzione vera e propria del tracciato stradale.

Questo consentirà: 1) di alleggerire il traffico di smistamento del nuovo comparto; 2) eliminare il traffico pesante ora gravante su via Sant'Anna – via per Concordia, indirizzandolo completamente verso la tangenziale. 3) di confermare una previsione di piano per il comparto di espansione di via Sant'Anna che prevede una strada parallela a Via sant'Anna sfociante sul tratto di tangenziale di via Malaspina. 4) di aprire nuovi scenari sulla viabilità di collegamento con la futura autostrada Cispadana e il casello in prossimità di Concordia.

Allegati di questa scheda di intervento sono:

- Accordo stipulato con i privati espropriati
- Richiesta del comune di modificare accordo
- Risposta dei privati
- Accordo con l'Immobiliare Pongo

- La Relazione di Compatibilità Idromorfologica, idraulica, geologica e sismica a firma del Dott. Geol. Valeriano Franchi, a seguito di specificazioni dell'Intesa Unica del 19/1/2015

A seguito del parere ASL del 19/09/2014 prot. 70842 si prescrive quanto segue: sulla ciclabile in fregio a via I maggio il diritto di precedenza dovrà essere a favore dell'utenza ciclabile; sarà quindi necessario predisporre la relativa segnaletica stradale orizzontale e verticale, la posa di fondo stradale rialzato o con cambio di pavimentazione, ed una corretta illuminazione dell'attraversamento ciclabile.

A seguito del parere di Burana del 26/6/2014 prot. 8304 si prescrive il rispetto dell'invarianza idraulica.

A seguito di contributo AIMAG del 7/7/2014 prot. 8797: l'ambito potrà essere servito da allacciamenti d'utenza prolungando verso ovest le reti gas e fognatura nera esistenti in prossimità del civico 105 di via I Maggio. Le acque meteoriche dovranno essere diversamente gestite.

## SCRITTURA PRIVATA

## ACCORDO AI SENSI DELL'ART. 18 DELLA L.R. 20/2000

In data undici (undici) del mese di Settembre presso Sede Comunale provvisoria di Via Dante Alighieri m. 50, tra

- Il Comune di Cavezzo con sede in Cavezzo via Cavour, 36, C. F. 82000510360, nella persona del Sindaco pro-tempore dr. Stefano Draghetti, autorizzato a sottoscrivere il presente atto con deliberazione della Giunta comunale n. 68 del 11-08-2012 (d'ora innanzi semplicemente "Comune");

e i signori :

- Benatti Adriano nato a Cavezzo il 18.12.1945 in rappresentanza della ditta COSTRUZIONI EDILI BENATTI S.N.C. DI BENATTI ANDREA E C.;

- GAVIOLI GABRIELE nato a SAN PROSPERO il 11/12/1941 residente a CAVEZZO in via I Maggio, 121, C. F. GVLGRL41T11I133E;

- Gaddi Franco nato a Mirandola il 24.04.1938 in rappresentanza della ditta IMMOBILIARE GI&CI DI CAPPI MARIO E GADDI F. SNC

- PINCELLI MARCO NATO A MODENA IL 15/5/1965;

- Frigieri Giulio nato a S. Felice s/P il 23.11.1949 in rappresentanza della ditta TOP CERAMICHE DI FRIGIERI GIULIO E C. S.A.S.;

(d'ora innanzi nell'insieme "parte cedente")

**Premesso**

1. che il 20 e 29 maggio u. s. il territorio del Comune di Cavezzo è stato colpito da un forte sisma che ha provocato gravi danni al patrimonio edilizio pubblico e privato;

2. che in particolare l'edificio che ospita la scuola secondaria di primo grado richiede importanti interventi di riparazione e miglioramento sismico;

3. che pertanto l'amministrazione comunale ha ricercato una soluzione alternativa per l'avvio del nuovo anno scolastico, individuata, grazie all'iniziativa di collaborazione e solidarietà promossa dalla Comunità delle Giudicarie (TN), nella realizzazione di una scuola prefabbricata in legno;

4. che i signori sopra elencati sono proprietari di un terreno sito in Cavezzo tra le Vie Concordia e I° maggio censito al foglio 21 particella n. 8 del NCT che è stato individuato quale sede dei plessi scolastici comunali, in considerazione della vicinanza al centro storico e alla buona rete di infrastrutture disponibili;

5. che a riguardo:

a. con ordinanza del Commissario delegato per l'emergenza sismica n. 10 del 13/07/2012 tale area è stata individuata in parte ad accogliere la scuola primaria e connesse opere di urbanizzazione;

b. con ordinanza del Commissario delegato per l'emergenza sismica n. 15 del 31/07/2012 è stata individuata l'area destinata ad accogliere la scuola secondaria di primo grado e la scuola materna paritaria;



6. che con verbale in data 18/7/2012 dell'Agenzia del Territorio si è provveduto all'immissione nel possesso delle aree di cui al precedente punto 5 lett. a.;
7. che con verbale in data 09/08/2012 dell'Agenzia del Territorio si è provveduto all'immissione nel possesso dell'area che ospiterà la scuola materna paritaria di cui al precedente punto 5 lett. b.;
8. che per la realizzazione delle opere di urbanizzazione dell'area in cui verranno insediati i tre plessi scolastici richiamati e collocare scuola secondaria di primo grado di cui al punto 3, si rende necessario acquisire ulteriori porzioni di terreno, al fine di giungere ad un'ordinata sistemazione urbanistica del comparto interessato;
9. che occorre individuare gli strumenti affinché le opere di urbanizzazione che verranno realizzate al servizio degli insediamenti scolastici possano costituire un investimento di lungo periodo in coerenza con i principi di efficacia ed economicità dell'azione amministrativa;
10. che costituiscono rilevanti interessi pubblici per l'amministrazione comunale di Cavezzo:
  - a. l'acquisizione senza oneri dai privati proprietari delle aree destinate a insediamento scolastico, non oggetto dei provvedimenti ablativi del commissario delegato;
  - b. la valorizzazione nel medio e lungo periodo dei consistenti investimenti destinati alla realizzazione delle opere di urbanizzazione al servizio degli insediamenti scolastici in coerenza con i principi di efficacia ed economicità dell'azione amministrativa
11. che il terreno di cui sopra è di proprietà dei sottoelencati signori ciascuno per la indicata quota di proprietà:
  - a. COSTRUZIONI EDILI BENATTI S.N.C. DI BENATTI ANDREA E C per la quota di 125/1000
  - b. GAVIOLI GABRIELE per la quota di 250/1000
  - c. IMMOBILIARE GI&CI DI CAPPI MARIO E GADDI F. SNC per la quota di 250/1000
  - d. PINCELLI MARCO NATO A MODENA IL 15/5/1965 per la quota di 125/1000
  - e. TOP CERAMICHE DI FRIGIERI GIULIO E C. S.A.S. per la quota di 250/1000

#### **Tanto premesso**

Le Parti sopra indicate stipulano e convengono di perfezionare specifico Accordo ai sensi dell'art. 11 della legge 241/1990 e dell'art. 18 della L.R.E.R. 20/2000, al fine di perseguire gli obiettivi sopra indicati, le premesse i documenti allegati (planimetria sub. A, allegato 1), costituiscono parte integrante e sostanziale del presente Accordo e assumono ad ogni effetto valore di patto.

Si conviene e si stipula quanto segue:

#### **Art. 1. Oggetto**

**1.1** Il presente atto costituisce accordo di pianificazione stipulato, ai sensi e nei limiti di cui all'art. 11 della L. 241/1990 e dell'art. 18 della L.R.E.R. 20/2000, al fine di definire l'assetto urbanistico e proprietario dell'area interessata all'insediamento dei plessi scolastici provvisori.





## **Art. 2. Obblighi dei privati**

**2.1** I Proprietari come sopra individuati, ciascuno per la propria quota si impegnano a cedere a titolo gratuito al Comune di Cavezzo il terreno censito al **fg. 21 part. 8 (parte) di mq. 15.900** circa come evidenziato in colore grigio e rosa nella planimetria allegata sub A), allegato 1.

**2.2** I privati dichiarano che il bene costituisce loro esclusiva proprietà, non soggetta a vincoli o diritti di terzi. In caso di sussistenza di ipoteche o altri gravami si obbligano a provvedere immediatamente alla loro cancellazione e comunque entro la stipula dell'atto di cessione.

## **Art. 3. Immissione nel possesso**

**3.1** Il bene, sopra indicato, viene immesso nel possesso del Comune di Cavezzo con la sottoscrizione del presente atto; pertanto, il Comune è autorizzato a realizzare fin d'ora le opere necessarie alla realizzazione degli edifici scolastici e ogni altro intervento ritenuto utile e opportuno. Indipendentemente dalla stipula dell'atto di cessione di cui al successivo articolo, ogni fabbricato e realizzazione sotto o sopra terra deve comunque intendersi di esclusiva proprietà e disponibilità del Comune.

**3.2** A partire dalla sottoscrizione del presente Accordo il Comune solleva la Proprietà da qualunque tipo di responsabilità inerente le aree sopra indicate, ogni eccezione esclusa.

## **Art. 4. Atto di cessione della proprietà**

**4.1** La Parte Cedente si obbliga a presentarsi a semplice richiesta del Comune di fronte ad ufficiale rogante appositamente individuato per la sottoscrizione dell'atto di cessione.

**4.2** Le Parti stipulano e convengono che tutte le spese derivanti dall'atto, dai frazionamenti, spese notarili, etc., nessuna esclusa, sono a carico esclusivo dell'Amministrazione Comunale.

## **Art. 5. Obblighi del Comune**

**5.1** Il Comune si obbliga ad effettuare la trasformazione urbanistica dell'area evidenziata **in colore GIALLO nella planimetria allegata sub A) per complessivi mq. 8.900 circa** da "*Parco urbano da attuare con procedure di perequazione (DOT.4)*" di cui all'art. 37 del PSC, a "*Aree edificate a prevalente destinazione residenziale a zona assetto urbanistico consolidato (AC.1)*" di cui all'art. 24 del PSC, entro 1 (un) anno dalla data di rientro nel possesso dell'area occupata per i moduli scolastici temporanei (scuola materna), con le seguenti prescrizioni:

- sulla Via per Concordia è prescritta una cortina arborea e arbustiva maggiore di mt 10,00 ad elevata densità.

**5.2** Il Comune si obbliga altresì nei tempi di cui al punto precedente ad eseguire tutte le opere di urbanizzazione primaria al servizio dell'intero comparto nel rispetto della vigente legislazione in materia di OO.PP. (area evidenziata in colore grigio all'allegato A).



#### **Art. 6. Pubblico interesse e coerenza pianificatoria.**

6.1 Le obbligazioni a carico del comune sono coerenti con gli obiettivi di pianificazione dell'ente, dal momento che l'incremento della capacità edificatoria complessiva è marginale, mentre con l'accordo vengono perseguiti i seguenti rilevanti interessi della comunità locale:

- a. l'acquisizione senza oneri dai privati proprietari delle aree destinate a insediamento scolastico, non oggetto dei provvedimenti ablativi del commissario delegato;
- b. la valorizzazione nel medio e lungo periodo dei consistenti investimenti destinati alla realizzazione delle opere di urbanizzazione al servizio degli insediamenti scolastici in coerenza con i principi di efficacia ed economicità dell'azione amministrativa.

#### **Art. 7 Trasferimento**

7.1 Ogni obbligazione assunta, con il presente atto, dai Proprietari e da ciascuno di essi si intende assunta anche per i loro aventi causa a qualsiasi titolo e per i loro eventuali successori nella proprietà delle rispettive aree e/o lotti o di parte di esse.

#### **Art. 8 Spese e regime fiscale**

8.1 Tutte le spese, imposte e tasse relative e conseguenti al presente Accordo saranno a totale ed esclusivo carico dell'Amministrazione Comunale, nessuna esclusa.

#### **Art. 9 Validità dell'Accordo**

9.1 La presente convenzione ha validità dalla data della sua sottoscrizione sino all'esaurimento di tutte le obbligazioni nella stessa contenute, ogni eccezione esclusa. I contenuti della convenzione sono obbligatori e vincolanti per la parte privata fin dalla sua sottoscrizione, mentre essi sono efficaci sotto il profilo urbanistico solo a seguito di variante agli strumenti urbanistici comunali.

9.2 Le Parti stipulano e convengono che nell'eventuale ipotesi in cui l'obbligazione a carico del Comune di cui all'art. 5.1 non dovesse essere adempiuta per il mancato recepimento da Parte dell'Organo Consiliare o della Giunta, per qualunque motivo, l'Amministrazione, ogni eccezione esclusa, si obbliga, a procedere all'acquisizione mediante procedura espropriativa delle sole aree valorizzate con esclusione di tutte le opere sopra e sotto suolo realizzate a cura e spese del Comune (**terreno censito al fg. 21 part. 8 (parte) di mq. 15.900 circa come evidenziato in colore grigio e rosa nella planimetria allegata sub A, allegato 1).**

#### **Art. 10 Disposizioni finali**

10.1 Per quanto non esplicitamente previsto dal presente accordo, trovano applicazione le disposizioni dell'art. 11 L. 241/1990 e dell'art. 18 L.R.E.R. 20/2000, nonché, in quanto compatibili, i principi del codice civile in materia di obbligazioni e contratti.

**Si allega:**

- 1. Planimetria sub. A).**



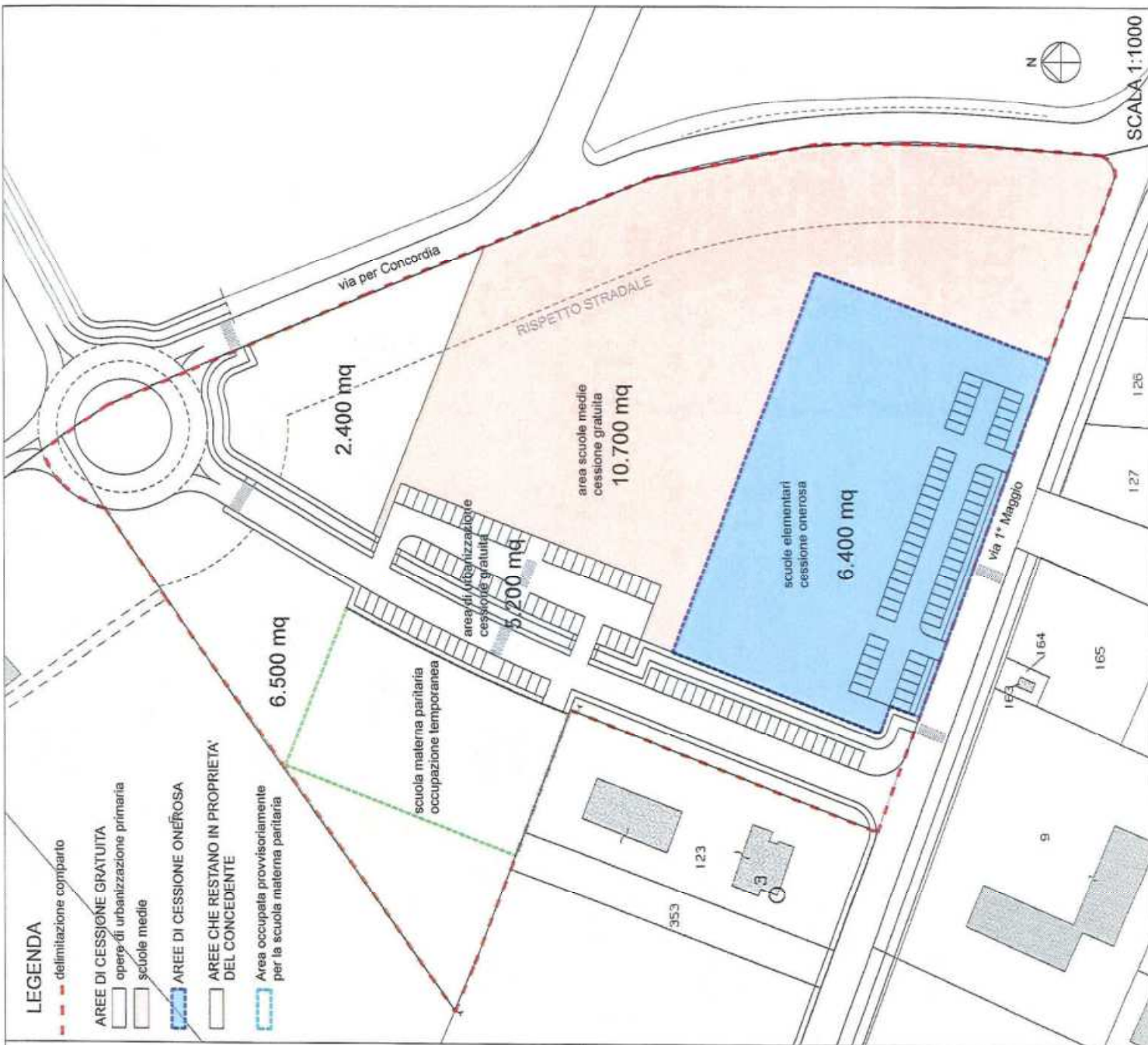
Il presente Accordo si compone di n. 4 pagine intere e fin qui della quinta.

Letto, approvato e sottoscritto

Per il Comune



Per i Proprietari (nomi e firma)



**LEGENDA**

- - - delimitazione comparto
- AREE DI CESSIONE GRATUITA**
- opere di urbanizzazione primaria
- scuole medie
- AREE DI CESSIONE ONEROSA**
- AREE CHE RESTANO IN PROPRIETA' DEL CONCEDENTE**
- Area occupata provvisoriamente per la scuola materna paritaria

PROVINCIA DI MODENA

COMUNE DI CAVEZZO

Scrittura privata (ai sensi dell'Art. 18 L.R. n. 20/2000) per la disponibilità delle aree per edifici scolastici temporanei

Sub. A	<b>PLANIMETRIA GENERALE</b>
Scala 1:1000	

PER LA PROPRIETA'

PER IL COMUNE

Mirandola, luglio 2012



ESTRATTO DI MAPPA: FOGLIO 21 MAPPALE 8



**COMUNE DI CAVEZZO**  
**PROVINCIA DI MODENA**

Prot.n.1415

Cavezzo, 27/01/2014

× **Gavioli Gabriele**  
**Amministratore Unico di**  
**Immobiliare Pongo srl**  
Via I maggio, 121  
41032 Cavezzo  
A mezzo PEC  
[PONGOSRL@CERT.CNA.IT](mailto:PONGOSRL@CERT.CNA.IT)

× **Sig. Pincelli Marco**  
Via Masi, 87  
41032 Cavezzo MO  
A mezzo PEC  
[PINCELLIMARCO@LEGALMAIL.IT](mailto:PINCELLIMARCO@LEGALMAIL.IT)

× **Gaddi Franco**  
**Legale rappresentante**  
**Immobiliare Gl. & Cl snc**  
Via Viazza, 53  
41030 San Prospero MO  
A mezzo PEC  
[PAOLA.CAPPI@PECANCOT.IT](mailto:PAOLA.CAPPI@PECANCOT.IT)

**Benatti Adriano**  
**Socio Amministratore di**  
**Costruzioni Edili Benatti snc**  
Via Tassoni, 13  
41032 Cavezzo MO  
A mezzo PEC  
[COSTRUZIONIBENATTI@CERT.CNA.IT](mailto:COSTRUZIONIBENATTI@CERT.CNA.IT)

**Oggetto: Comunicazione avvio procedimento per conseguire la cessione area per opere per infrastrutture da annettere al nuovo Polo scolastico, ai sensi dell'art. 7 della L. 241/90 smi.**

La presente è per dare comunicazione che l'Amministrazione comunale ha necessità di addivenire alla modifica dell'Accordo di pianificazione, ai sensi dell'art.18 della LR 20/2000, approvato con deliberazione della Giunta Comunale n.68 del 11/08/2012, già sottoscritto tra il Comune e Immobiliare Pongo srl, rappresentata da Gavioli Gabriele, Pincelli Marco, Immobiliare Gl. & Cl snc, rappresentata da Gaddi Franco, Costruzioni Edili Benatti snc di Benatti Andrea e C." rappresentata da Benatti Adriano e Benatti Andrea.



# COMUNE DI CAVEZZO

## PROVINCIA DI MODENA

Le modifiche hanno ad oggetto l'area adiacente al nuovo Polo scolastico, e confinante a ovest con le opere di urbanizzazione di recente costruzione, a nord con la rotonda, a est con SP.n.5 via Concordia e a sud col polo scolastico; detta area è infatti indispensabile al fine di dotare le scuole di ulteriori infrastrutture necessarie per assicurare al complesso scolastico una dotazione di area verde a filtro della viabilità ovvero ad attrezzature a servizio del polo.

E' pertanto interesse di questa Amministrazione comunale addivenire all'acquisizione di detta area, delle dimensioni di circa 2400 mq, confidando che ciò possa avvenire consensualmente, proseguendo la fattiva collaborazione già concretizzatasi nell'Accordo del 2012.

L'Amministrazione comunale propone quindi di addivenire alla modifica dell'Accordo di pianificazione del 2012, sopra citato, modificando gli obblighi previsti limitatamente alla sola area sopra descritta.

Sarà cura della scrivente Amministrazione comunale predisporre una bozza di modifica dopo aver riscontrato un Vostro interesse a questa comunicazione, che ha lo scopo di individuare termini e modalità di interlocuzione presso i destinatari della presente.

La presente al fine di assicurare la massima trasparenza dell'attività dell'Amministrazione comunale e consentire la partecipazione dei destinatari, ai sensi dell'art.7 della L. 241/90 smi.

Al fine di verificare l'interesse si chiede ai destinatari, in particolare dei soggetti direttamente interessati anche in virtù di accordi eventualmente intervenuti tra le parti, di far pervenire all'Amministrazione comunale suggerimenti e indicazioni, possibilmente entro 15/02/2014, così da poter predisporre gli atti amministrativi conseguenti con la massima urgenza.

Cordiali saluti.

Sindaco  
Stefano Draghetti

*Originale firmato digitalmente*



Immobiliare Pongo srl  
Via I maggio, 121  
41032 Cavezzo

Sig. Gavioli Gabriele  
Via I maggio, 121  
41032 Cavezzo

Sig. Pincelli Marco  
Via Masi, 87  
41032 Cavezzo

Immobiliare GI. & CI snc  
Via Viazza, 53  
41032 San Prospero

Costruzioni Edili Benatti snc  
Via Tassoni, 13  
41032 Cavezzo

Cavezzo, 06/02/2014

Al sindaco del Comune di Cavezzo

Oggetto: Accordo di pianificazione ai sensi dell'art. 18 della LR 20/2000 per la cessione area per opere per infrastrutture da anettere al nuovo Polo scolastico via I maggio / strada per Concordia in Cavezzo con contestuale modifica all'Accordo approvato con deliberazione della Giunta Comunale n.68 del 11/08/12.

I sottoscritti

1. Gavioli Gabriele, residente in Cavezzo, in qualità di legale rappresentante Immobiliare Pongo srl, con sede leale in via I maggio, 121, Cavezzo, CF/p.iva 02976520367; pec.....;
2. Gavioli Gabriele, residente via I maggio, 121, Cavezzo, CF GVL GRL 41T11 I113E pec.....;
3. Pincelli Marco, residente in via Masi, 87, Cavezzo, CF PNCMRE65E15F2520.....;
4. Gaddi Franco, residente in ....., in qualità di legale rappresentante dell'Immobiliare GI. & CI snc, con sede in via Viazza, 53, San Prospero, CF/p.iva P.R.D.F.N.C.38.D.24.F.24.C.2.....; pec.....;
5. Benatti Adriano residente in Cavezzo..... e Benatti Andrea., residente in Cavezzo....., in qualità di legali rappresentanti della società Costruzioni Edili Benatti snc, con sede legale in via Tassoni, 13, Cavezzo, CF/p.iva 030.89040.369.....; pec.....;

premesse

1. che i sopraindicati hanno sottoscritto con l'Amministrazione Accordo di pianificazione, ai sensi dell'art.18 della LR 20/2000, approvato con deliberazione della Giunta Comunale n.68 del 11/08/12, che per quanto ivi previsto si rinvia e a tal fine si allega alla presente (doc. 1);
2. che, stante i contatti intercorsi con l'Amministrazione, è emersa la necessità di acquisire al patrimonio comunale una porzione di area già oggetto dell'accordo citato al precedente punto, più precisamente una porzione di circa 2.400 mq che, in conformità agli obblighi indicati nel medesimo

Goddi Fran  
Benatti  
Benatti  
Benatti

Accordo avrebbe dovuto essere inclusa, in sede di recepimento nel Piano della Ricostruzione, nella ZONA AC1 "Aree edificate a prevalente destinazione residenziale - assetto urbanistico consolidato";

3. che l'area di cui al precedente punto 2. è nella disponibilità della Immobiliare Pongo srl, giusto l'Atto di divisione tra i sottoscrittori della presente dichiarazione, sottoscritto in data 24/12/20013, registrato in data ....., che si allega alla presente (doc.2)

Tutto ciò premesso

- A) I sigg.: Gavioli Gabriele, Pincelli Marco, Gaddi Franco in qualità di legale rappresentante dell'Immobiliare GI. & CI snc, Benatti Adriano e Benatti Andrea in qualità di legali rappresentanti della società Costruzioni Edili Benatti snc,

#### DICHIARANO

- che l'unico interlocutore per la cessione dell'area individuata in premessa e che deve essere ceduta al Comune per il completamento del Polo scolastico è il sign. **Gavioli Gabriele in rappresentanza della ditta Immobiliare Pongo srl** e che la stessa ha quindi facoltà di disporre della stessa e concludere ulteriori accordi con l'Amministrazione comunale;

- che i dichiaranti non hanno alcun interesse a essere parte di ulteriori accordi aventi ad oggetto l'area assegnata all' Immobiliare Pongo srl, purché nei futuri accordi tra la medesima immobiliare e l'Amministrazione nulla venga modificato quanto agli impegni già assunti dal Comune nei confronti degli stessi con l'Accordo di pianificazione approvato con deliberazione della Giunta Comunale n. 68 del 11/08/12, ovviamente fermo restando gli impegni assunti da tutti i privati nei confronti del Comune;

- che, per quanto necessario e occorrer possa, quanto consta ai dichiaranti nulla osta e nulla opporranno a che sia l'Immobiliare Pongo srl a procedere, nei limiti sopra detti, alla modifica dell'Accordo di pianificazione approvato con deliberazione della Giunta Comunale n. 68 del 11/08/12, procedendo, ove occorra, con un ulteriore e separato Accordo ai sensi dell'art. 18 della LR 20/2000;

- i dichiaranti sono ovviamente obbligati a sottoscrivere ogni ulteriore atto necessario al perfezionamento ed attuativi dell'Accordo del 2012 e tra questi devono ritenersi altresì compresi, ove occorra, la sottoscrizione degli atti necessari al perfezionamento della cessione dell'area nei termini che verranno definito tra il Comune e l'Immobiliare il Pongo srl fermo restando che da tali ultimi atti nessun onere economico possa essere addebitato ai dichiaranti;

- che Immobiliare Pongo srl può quindi disporre in modo pieno dell'area necessaria e individuata in premessa, quindi senza alcun condizionamento da parte dei dichiaranti sopra indicati, che nulla possono quindi eccepire quanto ai futuri accordi tra Comune e detta Immobiliare, fermo restando inalterati gli impegni assunti dal Comune nei confronti dei proprietari delle aree che l'atto di divisione (doc. 2) precisamente: Gavioli Gabriele, Pincelli Marco, Gaddi Franco, in qualità di legale rappresentante dell'Immobiliare GI. & CI snc, Benatti Adriano e Benatti Andrea., in qualità di legali rappresentanti della società Costruzioni Edili Benatti snc;

- B) Stante gli impegni sopra descritti tutti i sottoscrittori della presente, ossia i dichiaranti, unitamente a Gavioli Gabriele, in qualità di legale rappresentante Immobiliare Pongo srl, si obbligano a tenere indenne l'Amministrazione da ogni onere derivante da qualsiasi controversia dovesse insorgere tra gli stessi privati in relazione alle rispettive posizioni, pretese e diritti, in quanto pattuizioni interne ed estranee al rapporto con l'Amministrazione e a non ostacolare in alcun modo il conseguimento dell'interesse pubblico, in particolare al completamento delle opere di urbanizzazione del nuovo Polo scolastico.

Godli Fran

Benatti

Benatti

Benatti



I dichiaranti sottoscrivono gli impegni assunti ai punti A) e B)

Gabriele Gavioli

Pincelli Marco

Gaddi Franco

legale rappresentante dell'Immobiliare GI. & CI snc,

Benatti Adriano e

Benatti Andrea

legali rappresentanti della società Costruzioni Edili Benatti snc,

Per presa visione impegni punto A) e B) e accettazione degli obblighi contenuti al punto B)

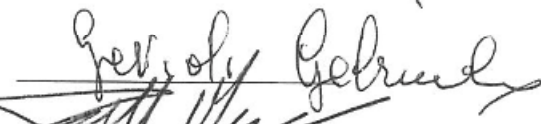


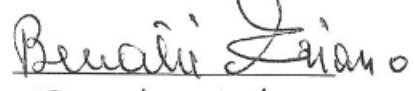

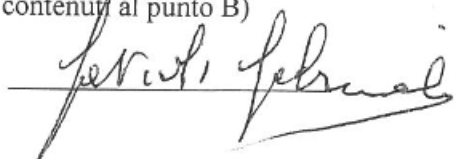
Gabriele Gavioli

legale rappresentante

Immobiliare Pongo srl

Si allegano:

1. Accordo di pianificazione
2. Atto di divisione
3. Fotocopia documenti identità validi

  
~~~~  
  
  
  




COMUNE DI CAVEZZO  
PROVINCIA DI MODENA

# P.D.R. 2

**Piano Della Ricostruzione**

**L.R. 16/2012**

<b>INTERVENTO N. 6</b>	
<b>MODIFICA CORRIDOIO MOB</b>	
<u>INTESA UNICA PDR SECONDO STRALCIO IN DATA 19/1/2015</u>	

Progetto

STUDIO

ARCH. PAOLO ARTIOLI

Collaboratori:

ELLENIA s.n.c. - Ostiglia

CLARA BORSATTI

Adottato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Approvato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Publicato sul BURERT n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Art. 50 delle NTA del PSC: *“Il PSC individua un corridoio per la realizzazione del nuovo asse di collegamento stradale con funzioni di variante alla S.S. 468 e alla S.P.5 per la realizzazione delle relative fasce di ambientazione”.*

Quindi è obiettivo di piano alleggerire la percorrenza su via Cavour e via Sant'Anna in direzione Mirandola e Concordia, creando una viabilità parallela che collega Ponte Motta a via Santa Liberata, intersecando Via per Concordia.

Questo intento è ben evidenziato nella relazione di PSC a titolo **“Il completamento della rete stradale principale”**.

*“Le problematiche legate al traffico di attraversamento dell'area urbana di Cavezzo hanno già orientato la pianificazione territoriale sovraordinata (PTCP) e parzialmente anche il PRG vigente (siamo nell'anno 2003), a prevedere la realizzazione di una variante alla Strada Provinciale n. 5, a sud del centro urbano. Questo nuovo asse infrastrutturale è già stato realizzato nel tratto compreso tra la Statale 12 e la Statale 468 (Tangenziale sud). La sua prosecuzione verso nord ovest, sino a ricongiungersi con la provinciale n. 5 verso Concordia, è stata indicata schematicamente negli strumenti di pianificazione sovraordinata (PTCP) con un arco che, partendo dall'estremo ovest della Tangenziale, si collega alla provinciale 5, in prossimità della confluenza con via Zappellazzi. La variante alla provinciale 5 prevista da PTCP, risponde tuttavia solo in parte alla necessità di portare all'esterno flussi veicolari che interessano direttamente la parte più centrale dell'area urbana: l'alleggerimento riguarda infatti solo la direttrice est-ovest (statale 12-Concordia) mentre rimane invariato l'impatto del traffico di attraversamento sulla direttrice nord-sud (Mirandola-Carpi)”.*

Siamo a dieci anni dalla nascita di queste previsioni di piano, alcune cose sono state fatte e alcuni scenari probabilmente sono cambiati.

Le cose fatte riguardano l'acquisizione gratuita delle aree necessarie per il completamento della Tangenziale da via Aldo Moro alla Strada Provinciale n. 5, in corrispondenza di via Malaspina e via Zappellazzi, attraverso gli accordi con i privati stipulati ai sensi dell'art. 18 della legge regionale 20.

Ne consegue che il primo obiettivo della definizione cartografica è raggiunto avendo ben individuato l'area di sedime della nuova arteria stradale.

Gli scenari probabilmente cambiati: il terremoto ha sfigurato Cavezzo per cui molte situazioni dovranno essere riviste anche al di fuori di questo Piano della Ricostruzione, e in più la definizione della Cispadana è cambiata.

Quando è stato concepito il PSC la Cispadana era un'arteria stradale del quale si conoscevano approssimativamente il tracciato e del quale si ipotizzavano gli innesti della viabilità locale. Infatti il nostro corridoio MOB che ha l'intento di alleggerire via Cavour per il collegamento Carpi-Mirandola, non si ferma contro via Santa Liberata ma prosegue fino a lambire a est il territorio di Medolla. Era chiaro l'intento di allacciare una viabilità

extracomunale che si congiungesse con la tangenziale di Mirandola e conseguentemente con il tracciato cispadano.

Ora la tangenziale di Mirandola è realizzata e non ha nessun innesto che possa servire allo scopo sopra descritto; il comune di Medolla non ha in Piano alcun corridoio di fattibilità sulla falsa riga di Cavezzo e, cosa molto importante, la Cispadana sarà un'autostrada a pagamento e avrà il casello più vicino, in una posizione compresa fra il territorio di Concordia e San Possidonio.

Gli scenari legati alla viabilità quindi, sono molto cambiati e forse meritano un approfondimento a scala diversa.

Con questo piano è intenzione dell'Amministrazione aggiornare la situazione ad oggi con le seguenti azioni:

- Eliminare il retino di MOB nella zona corrispondente al tracciato già esattamente conosciuto in corrispondenza di Via Malaspina e via Zappellazzi e sostituirlo con una indicazione di viabilità di piano su aree già in disponibilità dell'Amministrazione Comunale
- Eliminare il retino di MOB nella parte che va da via Santa Liberata verso il territorio di Medolla
- Ridurre la dimensione del corridoio a uno spazio di concreta fattibilità per interferire il meno possibile con fabbricati danneggiati dal sisma. L'art. 9 comma 9 della L.R. 16/2012 prevede che *"...E' comunque obbligatoria la ricostruzione in un diverso sito dei fabbricati rurali crollati che siano collocati in ambiti destinati alla localizzazione di opere pubbliche ovvero nei corridoi di fattibilità di infrastrutture lineari..."*. Ne deriva che occorre verificare quali sono i fabbricati che potenzialmente si trovano in questa situazione. L'allegata tavola del danno con sovrapposto il tracciato del corridoio prima e dopo la modifica apportata dal PdR seconda fase, ben evidenzia la problematica trattata.

Allegati alla scheda:

- Tavola di confronto fra tracciato MOB prima e dopo



COMUNE DI CAVEZZO  
PROVINCIA DI MODENA

# P.D.R. 2

**Piano Della Ricostruzione**

**L.R. 16/2012**

<b>INTERVENTO N. 7</b>	
<b>MODIFICA ACCORDO EREDI SACCHI</b>	
<u>INTESA UNICA PDR SECONDO STRALCIO IN DATA 19/1/2015</u>	

Progetto

STUDIO

ARCH. PAOLO ARTIOLI

Collaboratori:

ELLENIA s.n.c. - Ostiglia

CLARA BORSATTI

Adottato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Approvato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Publicato sul BURERT n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Con delibera di Giunta n. 24 del 1/4/2011 il Sindaco veniva autorizzato alla stipula di un accordo ai sensi dell'art. 18 L.R. 20/2000 e s.m. per l'acquisizione di un'area in ambito agricolo, per la realizzazione di un tratto tangenziale di Cavezzo in corrispondenza di Via Malaspina e Via Zappellazzi.

L'accordo era propedeutico all'inserimento nel POC n. 3, il quale venne approvato con delibera consiliare n. 64 del 23/9/2013

**I contenuti dell'accordo.** Le signore Bellei e Sacchi s'impegnavano a cedere gratuitamente al Comune di Cavezzo mq 33.000 circa di area agricola di loro proprietà, per la costruzione di una parte della tangenziale di Cavezzo. In cambio chiedevano la possibilità di traslare le volumetrie che interferivano con il tracciato della futura tangenziale, in una posizione diversa della loro proprietà.

Fu scelto di posizionarle nel centro aziendale, poco distante, in cui risiedevano gli affittuari coltivatori diretti, al fine di costruire un agglomerato edilizio autonomo. Questo spostamento non avrebbe modificato la destinazione d'ambito, mantenendolo ambito agricolo.

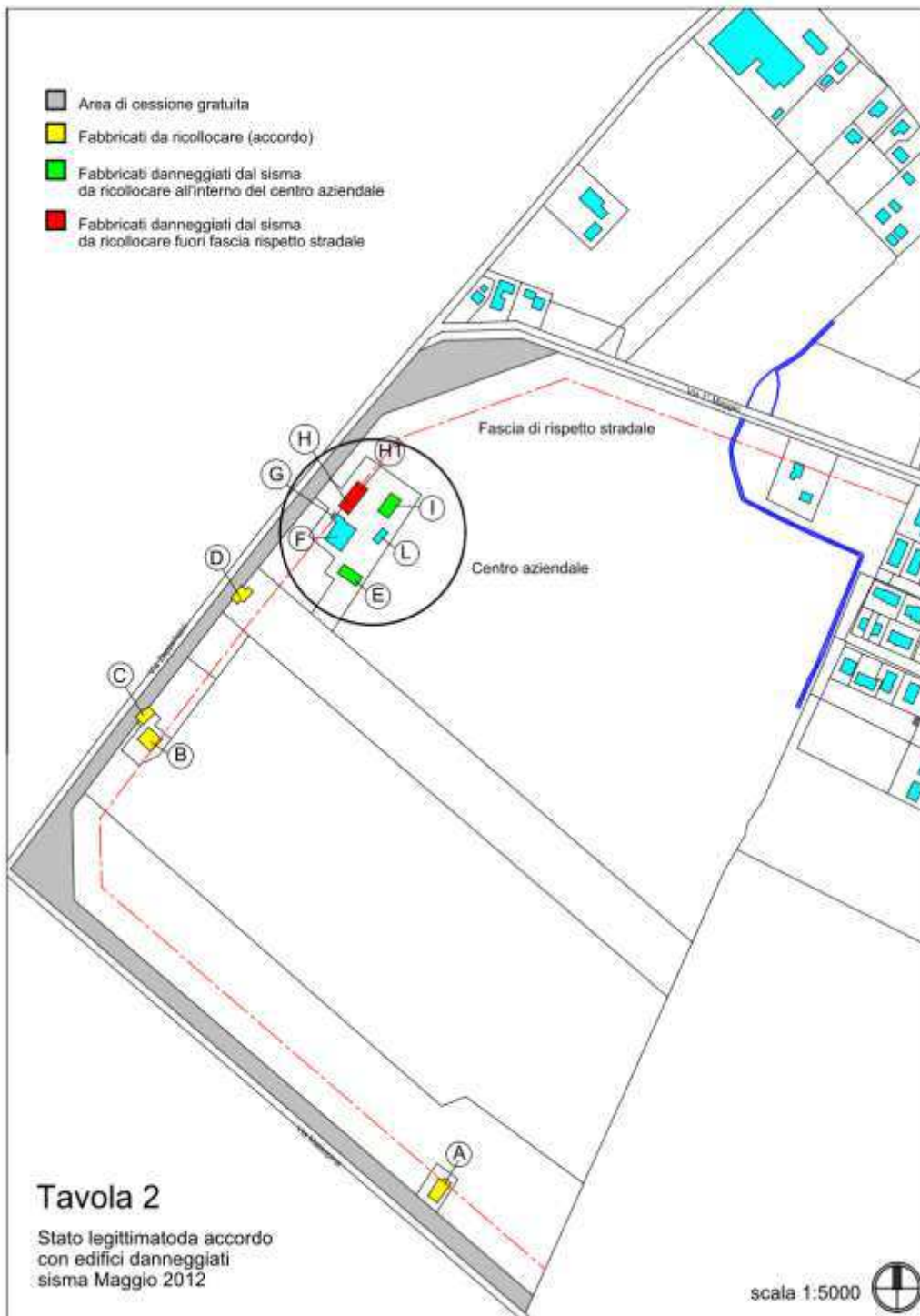
L'accordo fu costruito sui principi degli artt. 1 e 2 della Legge Regionale 38/1998 " Norme per la rilocalizzazione degli edifici interessati dalla realizzazione di opere pubbliche stradali, ferroviarie e idrauliche", secondo cui in sostanza, si potevano traslare le volumetrie in qualsiasi posto della medesima proprietà interessata dal tracciato dell'infrastruttura .

La scelta di posizionarle nel centro aziendale secondo principi di vicinanza di fabbricati di tipo residenziale , scaturiva dal tentativo di creare un agglomerato che poteva avere autonomia negli scarichi, nella depurazione delle acque reflue, nella laminazione delle acque piovane, nell'approvvigionamento di tipo energetico, senza che ciò comportasse aumento di carico urbanistico in quanto non avrebbe dato la possibilità di futuri ampliamenti dei fabbricati. Infatti il numero degli alloggi venne determinato secondo i principi dettati dal PSC per la ristrutturazione di fabbricati esistenti in ambito agricolo.

La trattativa su questo accordo iniziò con i primi dell'anno 2008 e terminò nel 2011, quindi le basi furono fondate in un periodo in cui non si aveva il sospetto della crisi imminente.

Nel tardo 2008 la crisi finanziaria emerse in tutta la sua virulenza e bloccò totalmente o quasi, il mercato dell'edilizia, poi nel 2012, il terremoto.

A causa di quest'ultimo quei fabbricati esistenti nel centro aziendale, o sono andati distrutti o sono stati danneggiati, per cui la proprietà ha dovuto rivedere i propri programmi alla luce di queste due contingenze.



Da qui la richiesta di rivedere l'accordo solo nel posizionamento dei fabbricati, per portarli nel medesimo podere in fregio a via Primo Maggio in prossimità del nuovo polo scolastico. La proposta prevede inoltre di delocalizzare un altro edificio in parte crollato, che si verrà a trovare nella fascia di rispetto stradale a tangenziale costruita.

La proposta è stata favorevolmente accolta dall'Amministrazione comunale che ha sottoscritto l'impegno di inserire questo nuovo accordo nel Piano della Ricostruzione, seconda fase.

### **COSA CAMBIA SOTTO IL PROFILO DEL QUADRO CONOSCITIVO E DELLA VALSAT DEL PSC**

L'originale traslazione delle volumetrie partiva dal principio che, essendo in ambito agricolo, i fabbricati esistenti mantenevano le capacità edificatorie ricavabili all'interno di essi, infatti a parità di superfici ricostruibili, si poteva ricavare un numero di alloggi ben determinato. L'art. 3 dell'accordo originale determinava che " nel fabbricato A si potevano ricavare 2 alloggi, nel B 2 alloggi, nel C 2 alloggi, nel D 2 alloggi, per un totale di 8 alloggi. Questo principio non è stato alterato per cui non si determina maggior carico urbanistico, così come non si determina maggior carico urbanistico traslando il fabbricato H ( è quello che verrà in fascia di rispetto stradale a tangenziale costruita) parzialmente crollato, in quanto aveva una potenzialità di tre alloggi.

Il posizionamento dei nuovi fabbricati, come viabilità, graverà su via primo maggio così come già era in previsione nel vecchio accordo. Infatti era espressamente vietato prevedere accessi dell'agglomerato sulla nuova tangenziale, e quindi ingresso e uscita dovevano essere previste in prossimità dell'incrocio fra via Primo Maggio e via Zappellazzi.

Sotto il profilo ambientale, il carico complessivo è di 11 alloggi che graveranno sull'apparato fognante nere di via Primo Maggio, che è in grado di sostenerlo. Le acque bianche dovranno essere laminate all'interno del fondo e troveranno il ricettore nella Fossetta Vecchia. Non sono previste emissioni in atmosfera e sotto il profilo del rumore dovranno essere eseguite le prove di rito in fase di permesso di costruire.

L'area è ricompresa fra le "Aree morfologicamente depresse (TRIN.2). L'Art.17 comma 4 delle NTA del PSC prevede che "*Nelle aree morfologicamente depresse contraddistinte con simbolo asterisco nelle tavole di PSC, destinate ad ospitare infrastrutture idrauliche, non sono ammessi interventi di nuova costruzione*" e ancora il comma 6 "*il POC provvede*



ad individuare, nelle aree morfologicamente depresse contraddistinte con il simbolo asterisco , i siti più idonei per la realizzazione di infrastrutture idrauliche e ad attivarne la realizzazione mediante procedure di perequazione”.

Non sono previste infrastrutture idrauliche ed il POC non ne ha individuato i siti più idonei, per cui nell'area oggetto dell'accordo inserita nel piano della ricostruzione, è ammessa la nuova edificazione.

## CONCLUSIONI

Con il presente piano della ricostruzione si prende in esame la modifica dell'accordo precedentemente stipulato e si propone variante al POC n. 3, per quanto riguarda l'intervento F delle Norme Tecniche di Attuazione:

*in rosso il testo cassato*

*in azzurro il testo aggiunto*

### ***Prescrizioni particolari:***

*I fabbricati interessati dalla ricostruzione sono così identificati catastalmente:*

*Foglio 20, mappali 33, 30, 29, 25,*

*così come meglio descritti nella dichiarazione in forma di perizia giurata resa dal Dott. Agr. Bandieri Roberto avanti al Cancelliere del Tribunale di Modena in data 22/01/2010, prot.n.287/2010, allegata all'accordo.*

*Questi fabbricati saranno ricostruiti nelle immediate vicinanze del foglio 20, mappale 21.*

*Per immediate vicinanze si intende che i fabbricati non potranno essere collocati ad una distanza superiore al raggio di 100 ml dal centro del mappale 21 (individuato nella planimetria della scheda di intervento del POC). Saranno possibili lievi scostamenti di tale entità, funzionali ad una migliore organizzazione dell'area.*

*Questi fabbricati saranno ricostruiti in fregio a via Primo Maggio e costituiranno un agglomerato che avrà un unico accesso alla strada, così come indicativamente collocati nel nuovo accordo stipulato*

*I fabbricati di cui al foglio 20, mappali 33, 30, 29, 25, saranno ricostruiti secondo un principio di ristrutturazione con demolizione, ricostruzione e traslazione dei volumi.*

*In termini di alloggi dovranno mantenere la seguente consistenza (in riferimento alla nomenclatura attribuita ai fabbricati dalla perizia giurata sopra citata):*

*fabbricato A: 2 alloggi*

*fabbricato B: 2 alloggi*

*fabbricato C: 2 alloggi*

*fabbricato D: 2 alloggi*

*I fabbricati esistenti nell'area che ospiterà la ricostruzione:*

*fabbricato E: non è possibile il recupero a fini abitativi*

*fabbricato F: non è possibile il recupero a fini abitativi*  
*fabbricato G: 2 alloggi*  
*fabbricato H: 3 alloggi*  
*fabbricato H 1: 3 alloggi*  
*fabbricato I: non è possibile il recupero a fini abitativi*  
*fabbricato L: non è possibile il recupero a fini abitativi.*

*L'area che ospiterà le traslazioni rimane confermata "Ambito ad alta vocazione produttiva agricola (APA.1)", pertanto non cambierà la definizione di ambito per cui le volumetrie definite in sede di POC n.3 non potranno essere aumentate in alcun modo in futuro.*

*Sarà necessario definire un progetto unitario di intervento con destinazioni d'uso che siano compatibili con l'ambito, per le quali si rimanda agli "usi ammessi" di cui agli articoli precedenti.*

*L'area nella sua configurazione finale, non potrà avere accesso diretto sulla nuova strada (tangenziale), bensì dovrà indirizzare la sua viabilità d'uscita e di entrata verso l'incrocio fra via I Maggio e via Zappellazzi (se sarà dotato di rotonda), oppure su via I Maggio direttamente, ma non in prossimità dell'incrocio e nel rispetto del codice della strada.*

*Il nuovo agglomerato dovrà avere autonomia funzionale per tutte le opere di urbanizzazione primaria. Le acque piovane dovranno essere convogliate in un collettore unico che, previa laminazione e rispetto del principio dell'invarianza idraulica, dovrà scaricare nella rete scolante del Consorzio di Bonifica. Ogni opera di urbanizzazione conseguente al programma edilizio sarà a carico del soggetto attuatore e rimarrà privata, per cui non è prevista la cessione gratuita al Comune. Al termine del programma edilizio, qualora ne venga fatta espressa richiesta, il Comune potrà, a sua esclusiva discrezione, prendere in carico le opere di urbanizzazione primaria. Questo comporterà il collaudo delle stesse da parte dell'Ufficio Tecnico del Comune o di un suo incaricato, e degli Enti gestori delle reti e la cessione gratuita di aree e opere conseguenti. La cessione non potrà avvenire in pendenza del collaudo.*

*Per i fabbricati non recuperabili ai fini abitativi costituiti da fabbricati aziendali ad uso zootecnico ormai obsoleti e di prossima dismissione:*

- dovranno mantenere destinazioni d'uso compatibili con l'ambito in cui si trovano e dovranno reperire per intero le dotazioni territoriali nell'ambito sopra circoscritto di 100 ml;*
- non potranno mantenere destinazioni agricole incompatibili con la funzione abitativa dal momento di partenza del programma edilizio (ad esempio le stalle dovranno essere chiuse sin dall'inizio lavori del primo fabbricato);*
- è possibile una demolizione con conseguente traslazione dei volumi, ai sensi dell'art.14 comma 7 delle norme tecniche del PSC, con ricomposizione volumetrica e traslazione dell'area di sedime entro l'ambito circoscritto di 100 ml dal centro del foglio 20 mappale 21.*

Per i fabbricati oggetto di ricostruzione:

*Nel progetto di ricostruzione, i nuovi edifici preferibilmente dovranno mantenere la consistenza volumetrica dei fabbricati demoliti.*

*Motivi di carattere compositivo e distributivo nell'area di destinazione, potranno consentire una ricomposizione volumetrica dei fabbricati.*

*Sarà ad esclusivo giudizio della Commissione per la qualità architettonica e del paesaggio l'efficacia di tale ricomposizione volumetrica.*

*Condizione vincolante al rilascio del permesso di costruire per le opere di urbanizzazione è il rispetto di tutti gli obblighi derivanti dall'accordo approvato con [Del.G.C.n. 24 del 01/04/2011](#) e stipulato in data 09/04/2011, rep.n.6515. con D.G. del .....*



Allegata alla scheda la bozza del nuovo accordo che verrà stipulato dopo l'approvazione del Piano della Ricostruzione seconda fase

Vista l'intesa unica del 19/1/2015:

seguito del parere ASL del 19/09/2014 prot. 70842 si prescrive quanto segue: sulla ciclabile in fregio a via I maggio il diritto di precedenza dovrà essere a favore dell'utenza ciclabile; sarà quindi necessario predisporre la relativa segnaletica stradale orizzontale e verticale, la posa di fondo stradale rialzato o con cambio di pavimentazione, ed una corretta illuminazione dell'attraversamento ciclabile.

A seguito del parere di Burana del 26/6/2014 prot. 8304 si prescrive il rispetto dell'invarianza idraulica.

A seguito di contributo AIMAG del 7/7/2014 prot. 8797: l'ambito è privo della rete gas ( presente al civico 105) e per quanto riguarda la pubblica fognatura è presente impianto di sollevamento in via primo maggio ubicato ad est del civico 176. Le acque meteoriche dovranno essere diversamente gestite.

**BOZZA DI ACCORDO – a modifica e integrazione del precedente stipulato in data 9/4/2011**

In data ..... presso il Municipio di Cavezzo sono comparsi:

a) Il Comune di Cavezzo, in persona del **Sindaco** ....., nato a ..... il ....., domiciliato per la carica presso la sede municipale, che interviene nel presente atto non in proprio bensì a nome, per conto e in legale rappresentanza del Comune di Cavezzo, denominato d'ora innanzi "Comune";

b) le Signore, d'ora innanzi "Proponenti":

**Bellei Alma**, vedova Sacchi (c.f. BLLLMA21A41C398O), nata a Cavezzo (Mo) in data 01.01.1921, residente in Modena Via G.B. Amici, 29, qui rappresentata dalle figlie Sacchi Patrizia, Carla e Ivana in forza di procura generale del 19.19.2007 Notaio Dott. Franco Soli rep. nr. 34587/10832;

**Sacchi Ivana** (c.f. SCCVNI46S60C398J), nata a Cavezzo (MO) in data 20.11.1946, residente in Comune di Milano Via G.B. Moroni, 12;

**Sacchi Patrizia** (c.f. SCCPRZ50T60C398I), nata a Cavezzo (MO) in data 20.12.1950, residente in Comune di Modena Via G.B. Amici, 29;

**Sacchi Carla** (c.f. SCC CRL 52S60 C398H ), nata a Cavezzo (MO) in data 20.11.1952, residente in Comune di Modena Via G.B. Amici, 29;

proprietarie degli immobili di cui al presente accordo e individuati nell'allegata planimetria,

Premesso che:

con delibera di Giunta Municipale n. 24 dell'1/4/2011 fu autorizzato il Sindaco a stipulare accordo ai sensi dell'art. 18 L.R. 20/2000 e s.m. con le signore Bellei Alma.....ecc.

che a seguito del ritardo per l'approvazione del POC rispetto ai tempi programmati nell'accordo le proponenti lo dichiararono risolto ai sensi dell'art. 10, con lettera ricevuta al protocollo del comune in data 24/4/2013 prot. 4020

In seguito a colloqui successivi con la proprietà e il tecnico da loro incaricato, si giunse alla consapevolezza che, convenienza comune, poteva portare a una revisione dell' accordo anche alla luce dei danneggiamenti di fabbricati aziendali provocati dal sisma del maggio 2012. Condizione essenziale però era che l'accordo venisse inserito nel POC di prossima approvazione con i contenuti stipulati, ovvero venisse completamente stralciato

demandandone l'inserimento in un altro futuro POC. Si convenne, dati i tempi e le circostanze, più conveniente concludere l'iter con i principi stabiliti nell'accordo.

Con lettera del Sindaco in data 24/6/2014 prot. 6207 L'amministrazione Comunale si impegnava, subito dopo l'approvazione del POC, a modificare l'accordo secondo principi di collocazione dei fabbricati da traslare, diversi da quelli stabiliti.

Con lettera prot. 7050 in data 13/7/2014 la proprietà rinunciò alla decadenza dell'accordo, per cui rimaneva valido a tutti gli effetti .

Con delibera di Consiglio n. 64 Del 23/9/2013 Il POC 3 veniva approvato e al suo interno era regolamentato l'art. 18 così come era stato stipulato a suo tempo.

Constatato :

che all'art. 7 dell'accordo era previsto che *“ la proprietà si impegna a cedere l'area di cui all'art. 1, frazionata secondo le indicazioni del Comune, così come previsto dall'art.5 del presente atto, dopo l'approvazione del POC a semplice richiesta dell'Amministrazione”*

Che il POC 3 è stato approvato con delibera di Consiglio n. 64 del 23/9/2013;

che per cause di forza maggiore dovute all'emergenza sisma non è stato possibile avanzare tale richiesta;

che conformemente a quanto previsto dall'art. 8, la parte proponente ha rinunciato al ricorso pendente avanti al Consiglio di Stato

Tutto ciò premesso e constatato si stipula quanto segue:

#### **Art. 1 principi dell'accordo**

- a) demolizione e traslazione in altro luogo della medesima proprietà dei fabbricati identificati catastalmente fg. 20 mapp.li 33 (fabbr. A) ,30 ( fabbr. B) ,29 ( fabbr.C) ,25 ( fabbr. D), in quanto interferenti con tracciato di nuova arteria stradale in programma nella pianificazione comunale, così come meglio descritti nella dichiarazione in forma di perizia giurata resa dal Dott. Agr. Barbieri Roberto avanti al cancelliere del Tribunale di Modena in data 22/1/2013 prot. N. 287/2010 già in possesso dell'Amministrazione comunale.
- b) ricostruzione fuori dalla fascia di rispetto stradale di edificio parzialmente o interamente crollato identificato catastalmente fg. 20 mapp.le 21 ( fabbricato H), ai sensi dell'art. 4 comma 7 della L.R. 16/2012. Per inciso: attualmente l'edificio non è in fascia di rispetto stradale di via Zappellazzi, ma è nella fascia di rispetto della futura tangenziale, per cui si è avviato il programma con l'acquisizione delle aree necessarie, attraverso il precedente accordo inserito nel POC 3.

#### **Art. 2 Definizione di recupero delle volumetrie dei fabbricati oggetto di ricostruzione**

I fabbricati identificati nella planimetria allegata fg. 20 mapp.li 33 (fabbr. A) ,30 ( fabbr. B) ,29 ( fabbr.C) ,25 ( fabbr. D), dovranno essere ricostruiti secondo un principio di

ristrutturazione con demolizione e traslazione dei volumi, così come previsto dalle NTA del PSC e dal RUE con il seguente carico urbanistico massimo: fabbr. A 2 alloggi; fabbr. B 2 alloggi; fabbr. C due alloggi ; fabbr. D 2 alloggi.

Il fabbricato identificato fg. 20 mapp.le 21 ( fabbricato H) 3 alloggi.

### **Art. 3 Condizioni per la riorganizzazione del sito in cui verranno ricollocate le volumetrie**

L'area che ospiterà le traslazioni rimane confermata quale ambito agricolo, pertanto non cambierà la definizione di ambito ( non diventerà né ambito di espansione, né ambito di completamento) per cui le volumetrie definite in sede di POC 3 non potranno essere aumentate fintanto che non cambierà la definizione d'ambito.

Inoltre le volumetrie stesse manterranno gli stessi principi del precedente accordo, vale a dire: i fabbricati A,B,C,D dovranno essere ricostruiti con le medesime consistenze volumetriche di quelli demoliti, così come il fabbricato H per il quale in precedenza non era prevista la traslazione, che avverrà a seguito del danneggiamento dovuto al sisma. Per tutte le volumetrie potrà essere considerata una riduzione. Sarà collocata in via Primo Maggio in prossimità del nuovo polo scolastico, per la quale sarà necessario definire un progetto unitario di intervento con destinazioni d'uso che siano compatibili con l'ambito. L'area sarà servita in entrata e in uscita da via primo maggio da una sola strada privata di accesso e smistamento interno. Non saranno ammessi altri accessi su via Primo Maggio per i fabbricati oggetto della traslazione.

Il nuovo agglomerato, sarà servito dalle opere di urbanizzazione esistenti su via Primo Maggio qualora le stesse ne sopportino il carico derivante, da verificare con gli enti gestori delle reti . Qualora siano necessari potenziamenti, questi saranno a totale carico del soggetto attuatore, ovvero potranno essere messe in opera iniziative di carattere alternativo in merito al reperimento di fonti energetiche e sistemi di smaltimento.

La planimetria allegata al presente accordo è puramente indicativa, sarà il progetto per il permesso a costruire che definirà le forme e le consistenze secondo i principi dell'accordo.

### **Art. 4 Iter procedurale**

Il presente accordo è stipulato dopo l'approvazione del Piano della Ricostruzione seconda fase di cui all'art. 12 della LR 16/2012, e costituisce contemporaneamente variante al POC 3 approvato con Delibera di Consiglio n. 64 Del 23/9/2013

L'intervento, successivamente sarà soggetto al titolo edilizio richiesto in quel momento è dovrà essere unitario per tutta l'area in merito alla definizione morfologica, alle opere di

urbanizzazione e alle caratteristiche tipologiche dei fabbricati. A tal proposito si dovrà fare riferimento all'art. 1 delle norme tecniche di attuazione del Piano della Ricostruzione prima fase " Criteri generali per la costruzione nel territorio rurale".

Tutti i pareri degli enti gestori delle reti, dovranno essere allegati alla richiesta del titolo edilizio.

Vista la consistenza significativa dell'intervento , potrà essere presentato un programma per stralci attuativi che faranno riferimento al titolo edilizio per le opere di urbanizzazione, ma che potranno articolarsi per titoli edilizi per singoli fabbricati e quindi con le tempistiche conseguenti.

#### **Art. 5 Obblighi del comune e dei proponenti**

Il comune si impegna a introdurre il presente accordo nel piano della ricostruzione seconda fase.

I proponenti , si impegnano e frazionare e a cedere gratuitamente secondo i principi dell'art. 1,7 e 11 del primo accordo stipulato in data 9/4/2011, le aree necessarie per la costruzione della tangenziale

L'accordo stipulato in data 9/4/2011 autorizzato in forza della delibera di giunta n. 24 del 1/4/2011. Rimane in vigore per quanto non in contrasto con il presente

#### **Art. 6 controversie**

Tutte le controversie, che dovessero insorgere relativamente alla interpretazione ed attuazione delle clausole del presente atto saranno rimesse al giudizio inappellabile di un Collegio Arbitrale da nominarsi secondo le procedure della Camera Arbitrale presso la CCIAA di Modena.





COMUNE DI CAVEZZO  
PROVINCIA DI MODENA

# P.D.R. 2

**Piano Della Ricostruzione**

**L.R. 16/2012**

<b>INTERVENTO N. 8</b>	
<b>VARIANTE PUA DUGONI</b>	
INTESA UNICA PDR SECONDO STRALCIO IN DATA 19/1/2015	

Progetto

STUDIO

ARCH. PAOLO ARTIOLI

Collaboratori:

ELLENIA s.n.c. - Ostiglia

CLARA BORSATTI

Adottato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Approvato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Publicato sul BURERT n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

L'inserimento nel piano della ricostruzione riguarda variante alla Normativa del POC 2, e una variante la Piano Urbanistico Attuativo che è stato inserito in questo POC.

### **Variante alle Norme Tecniche di Attuazione e schede normative del POC 2 COMPARTO N.1**

La variante riguarda le prescrizioni particolari con riferimento al sistema fognario di questo comparto

*"Il PUA dovrà verificare e dimostrare l'effettiva capacità di smaltimento della sezione impiegata per il collettore fognario all'emissario, con una portata massima potenziale che potrà essere  $Q_p \leq 0.6 Q_{max}$ .*

*Le tubazioni di scarico dovranno avere dimensioni tali da far defluire le acque che l'area in progetto recapiterebbe in condizioni ante operam di permeabilità (area a destinazione agricola), secondo il principio dell'"invarianza idraulica". A tal fine dovrà essere considerato come contributo della superficie agricola preesistente un valore del coefficiente idrometrico pari a 8-10 l/ha.*

*Il principio d'invarianza idraulica delle portate scaricate dal comparto, dovrà essere garantito mediante la realizzazione di sistemi di laminazione che dovranno essere individuati all'interno del comparto, ovvero all'esterno del comparto ma ad esso collegati. La realizzazione esterna al comparto dovrà essere assoggettata ad atto unilaterale d'obbligo.*

*Qualora si preveda la realizzazione di un volume d'invaso interrato, non saranno necessari sistemi di trattamento delle acque di prima pioggia; nel caso invece i volumi venissero invasati a cielo aperto, dovranno essere previsti a monte dell'invaso sistemi di trattamento in continuo delle acque di prima pioggia (sedimentazione e disoleatura). La previsione di tali sistemi nell'ambito dei PUA costituisce condizione per l'approvazione dello stesso PUA. La loro realizzazione dovrà essere prevista attraverso la stipula della convenzione che regola l'attuazione dell'intervento, ripartendone gli oneri fra i proprietari delle aree interessate dall'intervento."*

La norma di POC prevede, in caso d'invaso di acque di laminazione a cielo aperto, un trattamento in continuo delle acque di prima pioggia .

Erano i primi dell'anno 2006 ed era appena uscita la delibera di Giunta Regionale 14/2/2005 n. 286 "Direttiva concernente la gestione delle acque di prima pioggia e di lavaggio da aree esterne ( art. 39 d.lgs 11/5/1999 n. 152)" e si leggeva in senso molto restrittivo. In realtà poi, a ben vedere, la norma si preoccupava soprattutto per gli insediamenti commerciali e produttivi, per i quali il dilavamento poteva effettivamente portare un carico inquinante ai corpi idrici superficiali.

Più volte si legge nelle premesse e nella norma stessa che" nelle aree a destinazione residenziale per le quali non è configurabile un'apprezzabile

contaminazione delle acque meteoriche .....”, per cui si rimandava allo scarico in fognatura ovvero al drenaggio in loco.

L’area oggetto dell’inserimento del POC era un’area interclusa non dotata di fossi o spazi che consentissero una laminazione a “cielo aperto delle acque meteoriche” per cui inizialmente si pensava alla laminazione in vasche a tenuta interrate o a un sovradimensionamento delle condotte fognarie bianche . Sistemi, comunque molto onerosi sia nella messa in opera che nella gestione.

Quindi il POC non fece altro che incrociare la lettura di una norma appena nata con un’ ipotesi che non prevedeva laminazioni a cielo aperto.

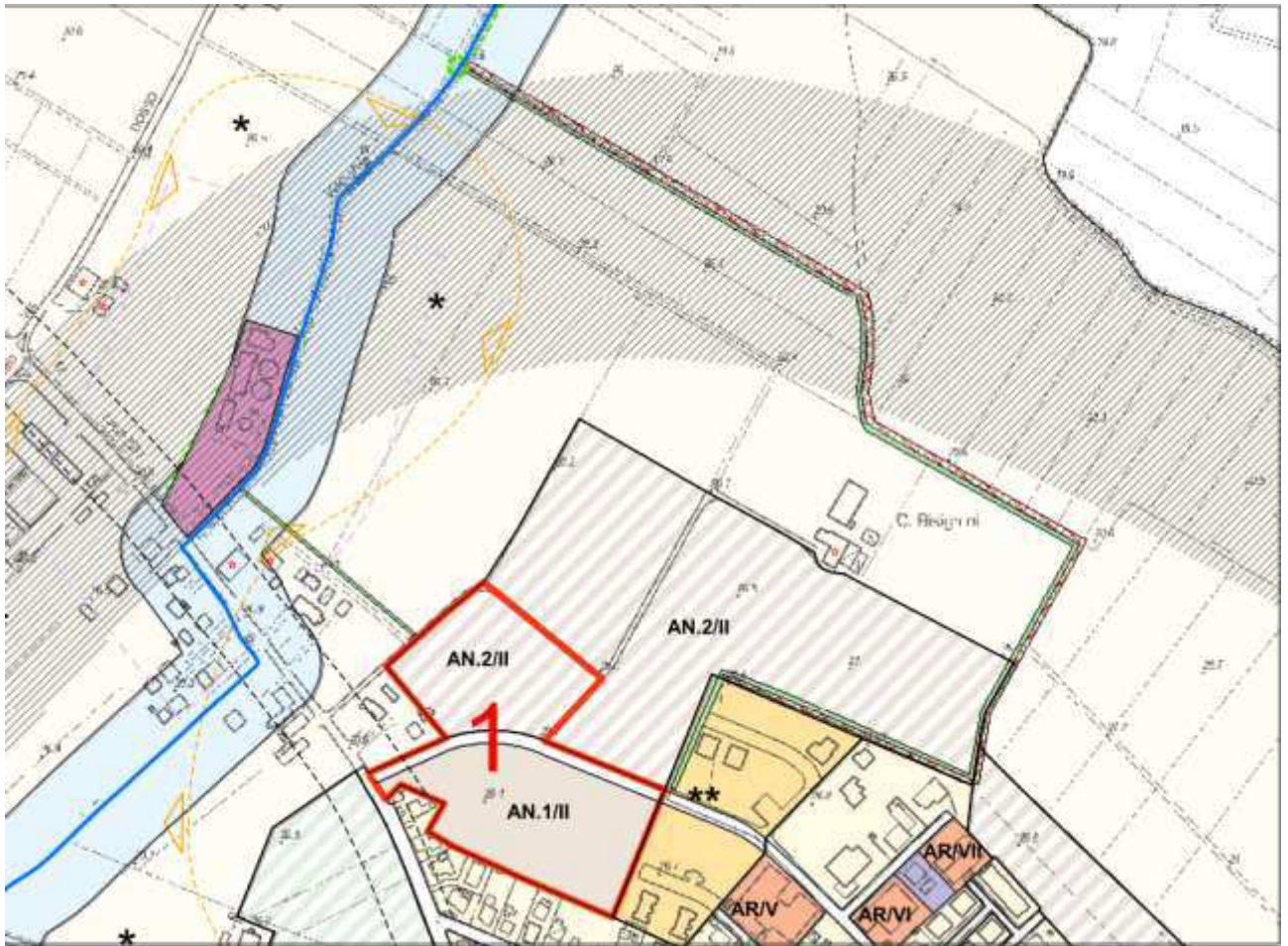
Successivamente il soggetto attuatore, nel Piano propose la laminazione attraverso vasche interrate disperdenti collocate sia in spazi pubblici che spazi privati.

Soluzione che risolveva il problema, ma che lasciava qualche dubbio sulla funzionalità del “tiraggio” per dei terreni così poco drenanti nella nostra zona, e sulla manutenzione di questi sistemi , motivo per cui il Comune introdusse una clausola di salvaguardia nella convenzione che recitava testualmente: *“...Nel caso in cui l’Amministrazione Comunale creasse le condizioni per reperire un bacino di laminazione all’esterno del comparto, ma raggiungibile dalla rete di fogne bianche, il soggetto attuatore si impegna fin da ora a non mettere in esecuzione il sistema di drenaggio attraverso cisterne per la parte non ancora eseguita al momento della disponibilità, e ad allacciarsi al bacino di laminazione direttamente. Si impegna altresì a contribuire nella spesa sostenuta dall’ Amministrazione Comunale per la realizzazione dell’opera, in pari misura della spesa da sostenere per la realizzazione delle cisterne interrate sia su suolo pubblico che su suolo privato .....*”

Per esigenze non legate solo alla problematica di questo comparto, ma alla laminazione di tutte le acque degli ambiti di espansione del territorio posto a nord del Capoluogo, il Comune creò le suddette condizioni di laminazione esterne al comparto, approvando una variante al POC 2 .

La laminazione consisteva nell’allargamento di un fosso interpodereale, che toccava diverse proprietà e che scaricava nel ricettore consortile dopo un chilometro circa di laminazione.

Per questo intervento è tutt’ora in corso l’attività espropriativa per l’acquisizione delle aree necessarie.



La variante al POC, in conclusione, riguarda la cancellazione della frase “nel caso invece i volumi venissero invasati a cielo aperto, dovranno essere previsti a monte dell’invaso sistemi di trattamento in continuo delle acque di prima pioggia (sedimentazione e disoleatura). La previsione di tali sistemi nell’ambito dei PUA costituisce condizione per l’approvazione dello stesso PUA.” riportata nelle NTA del POC 2 per il comparto n. 1.

### **Variante al Piano Urbanistico Attuativo “Dugoni” approvato con Delibera Consiliare n. 40. del 8/4/2009**

La Variante al PUA, si rende necessaria per adeguare le tavole progettuali relative all’impianto fognante e per modificare la convenzione nei patti relativi alle vasche di laminazione

### **IN RIFERIMENTO ALLA VALSAT E AL QUADRO CONOSCITIVO**

Il sistema della mobilità e del traffico non viene modificato da questa variante. Non si rilevano criticità sull’inquinamento atmosferico, non vi sono modifiche al sistema del verde. In riferimento al sistema idraulico del territorio si riscontra un netto miglioramento dovuto alla realizzazione di una efficace laminazione delle acque meteoriche.

Sono allegati del PdR gli elaborati della variante al PUA

- Relazione impianto di sollevamento
- Relazione idraulica
- Atto di impegno
- Richiesta di variante
- Schema di convenzione
- Tav. 1 Bacino di laminazione
- Tav. 2 Fognature bianche e nere
- Tav. 4 Impianto di sollevamento

A seguito dell'Intesa Unica del 19/1/2015 e dell'accoglimento delle osservazioni di privati frontisti della vasca di laminazione, si prescrive che il progetto esecutivo che sarà presentato, dovrà prevedere lo spandimento del terreno scavato nei fondi di proprietà.



COMUNE DI CAVEZZO  
PROVINCIA DI MODENA

# P.D.R. 2

**Piano Della Ricostruzione**

**L.R. 16/2012**

**INTERVENTO N. 9**

**MICRORESIDENZE PER ANZIANI**

INTESA UNICA PDR SECONDO STRALCIO IN DATA 19/1/2015

**CASSATO**

Progetto

STUDIO

ARCH. PAOLO ARTIOLI

Collaboratori:

ELLENIA s.n.c. - Ostiglia

CLARA BORSATTI

Adottato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Approvato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Publicato sul BURERT n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_



COMUNE DI CAVEZZO  
PROVINCIA DI MODENA

# P.D.R. 2

**Piano Della Ricostruzione**

**L.R. 16/2012**

**INTERVENTI N.N. 10,11,12,13,14**

**INTESA UNICA PDR SECONDO STRALCIO IN DATA 19/1/2015**

## **INT. 13 CASSATO**

Progetto

STUDIO

ARCH. PAOLO ARTIOLI

Collaboratori:

ELLENIA s.n.c. - Ostiglia

CLARA BORSATTI

Adottato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Approvato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Publicato sul BURERT n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

### Intervento n. 10 Variante al PSC - Modifica da ambito di riqualificazione ad ambito residenziale consolidato con prescrizioni urbanistiche – proprietà Bottecchi, Roncaglia, Ferrari ed altri

Gli intenti del PSC per l'Ambito di Riqualificazione AR/III erano quelli di creare le condizioni per riqualificare l'area indirizzandola verso la residenza, ma con un intervento unitario.

All'epoca, l'ambito era costituito in parte da attività produttive, in parte abitative. Erano attivi un corriere e un maglificio oltre alle relative pertinenze residenziali dei proprietari, motivo per cui, un intervento di riqualificazione urbana indirizzato alla residenza avrebbe permesso un riordino del comparto.

Con il tempo il corriere ha chiuso e l'attività di maglieria si è fortemente ridotta. Più volte vi è stato interessamento di una parte dei proprietari per verificare se esistevano le condizioni per presentare un Piano Urbanistico Attuativo previsto dalle Norme Tecniche di Attuazione del PSC, ma l'iter procedurale troppo complesso (prima inserimento nel POC, poi presentazione di un PUA) per un comparto di piccole dimensioni e l'indisponibilità di una parte della proprietà, ha fatto naufragare tutti i tentativi.

Ora, a seguito del terremoto, la proprietà Bottecchi (corriere) che possiede oltre un terzo della proprietà del comparto (fg 24 mappali 158,159,160), ha subito danni ingenti alle abitazioni e all'edificio produttivo, al punto che si rende necessaria la demolizione e ricostruzione del tutto. Naturalmente non è loro intenzione ricostruire il fabbricato produttivo per cui chiedono una modifica di ambito da AR ad AC1 Ambito ad assetto urbanistico consolidato, al fine di poter portare a termine un intervento diretto senza dover verificare la disponibilità degli altri proprietari.

E' intenzione dell'Amministrazione accogliere la richiesta modificando l'ambito, ma si creerebbe una situazione di difficile gestione per i proprietari del rimanente comparto (fg.24 mappali 156,234,144,226), vista l'ulteriore riduzione ed esiguità dello stesso. Motivo per cui tutto l'ambito AR/III verrà trasformato in ambito AC1, con prescrizioni urbanistiche volta al mantenimento delle dotazioni territoriali previste.





Identificazione catastale dell'area, destinazioni catastali, proprietà

Foglio 24 Mappali

160	1730 mq	vigneto Bottecchi Adele, Livia, Lorena, Novello
158	620 mq	C/1 - 3 A/2 – A/10 Bottecchi Adele, Livia, Lorena, Novello
159	940 mq	D/8 Corriere Bottecchi srl

Totale 3290

Mappali

156	1430 mq	D/7 Bianchini Marzia Ferrari Enrichetta Ferrari Paolo Roncaglia Paolo Roncaglia Luca D/8 Fresenius hemocare A/2 Bianchini Marzia Ferrari Enrichetta Ferrari Paolo Roncaglia Paolo Roncaglia Luca
234	1059 mq	D/7 SNC TRAMA CON SEDE IN CAVEZZO C/6 Ferrari Enrichetta Roncaglia Paolo C/3 Ferrari Enrichetta Roncaglia Paolo C/2 Ferrari Enrichetta Roncaglia Paolo C/3 Ferrari Enrichetta Roncaglia Paolo C/2 Ferrari Enrichetta Roncaglia Paolo
144	1684 mq	A/2 Ferrari Enrichetta Roncaglia Paolo C/3 Ferrari Giorgio C/2 Ferrari Giorgio C/3 Ferrari Giorgio C/3 Ferrari Giorgio
226	288 mq	A/2 Ferrari Enrichetta Roncaglia Paolo C/2 Ferrari Enrichetta Roncaglia Paolo C/3 Ferrari Giorgio A/2 Ferrari Enrichetta Roncaglia Paolo A/2 Ferrari Enrichetta Roncaglia Paolo

Totale 4461 mq

Il totale complessivo quindi è di mq ( 3290 + 4461) 7751 mq

Prescrizioni urbanistiche

PU 30% SC

VP 30% SC

Considerata l'ubicazione dell'area in tessuto urbano consolidato, gli interventi edilizi diretti dovranno essere necessariamente preceduti da una valutazione dell'Amministrazione Comunale sulla necessità di procedere mediante Permesso di costruire convenzionato per opere di urbanizzazione stante la necessità di garantire il coordinamento delle reti di urbanizzazione e delle dotazioni di parcheggi di urbanizzazione e di verde.

L'Amministrazione si riserva valutare parziali monetizzazioni di verde, ovvero conversione di dotazioni di verde a parcheggio, in funzione della proposta progettuale che verrà presentata

In relazione alle tempistiche di realizzazione degli interventi edilizi, la valutazione dell'Amministrazione Comunale potrà prevedere Permessi di costruire convenzionati relativi a singoli stralci funzionali.

L'area verrà contraddistinta nelle Tavole di PSC con apposita grafia; le NTA del PSC risulteranno così integrate:

Art.24 PSC dopo ultimo comma

*“L'area contraddista con “\* PdR” inserita con il secondo stralcio del Piano della ricostruzione è assoggettata alle seguenti prescrizioni urbanistiche particolari che saranno applicate in alternativa a quelle di ambito:*

*PU 30% SC*

*VP 30% SC*

*Considerata l'ubicazione dell'area in tessuto urbano consolidato, gli interventi edilizi diretti dovranno essere necessariamente preceduti da una valutazione dell'Amministrazione Comunale sulla necessità di procedere mediante Permesso di costruire convenzionato per opere di urbanizzazione stante la necessità di garantire il coordinamento delle reti di urbanizzazione e delle dotazioni di parcheggi di urbanizzazione e di verde.*

*L'Amministrazione si riserva valutare parziali monetizzazioni di verde, ovvero conversione di dotazioni di verde a parcheggio, in funzione della proposta progettuale che verrà presentata*

*In relazione alle tempistiche di realizzazione degli interventi edilizi, la valutazione dell'Amministrazione Comunale potrà prevedere Permessi di costruire convenzionati relativi a singoli stralci funzionali.”*

**Sotto il profilo delle valutazioni ambientali e del quadro conoscitivo** non si rilevano criticità o incrementi che influiscano in modo significativo, infatti gli obiettivi principali del Piano che mirano

soprattutto a delocalizzare attività produttive incongrue col tessuto urbano residenziale, vengono comunque perseguiti.

## Intervento n. 11 Variante al PSC – modifica da ambito produttivo ad ambito di riqualificazione (Creola)

In data 29/11/2012 prot. 10760 è pervenuta richiesta dal tecnico incaricato dalla proprietà Creola, Bassetti, Effeci srl, proprietari dell'area di cui al foglio 24, mappale 77 di 5436 mq, di modifica da ambito da produttivo AP1 ad ambito di riqualificazione AR.



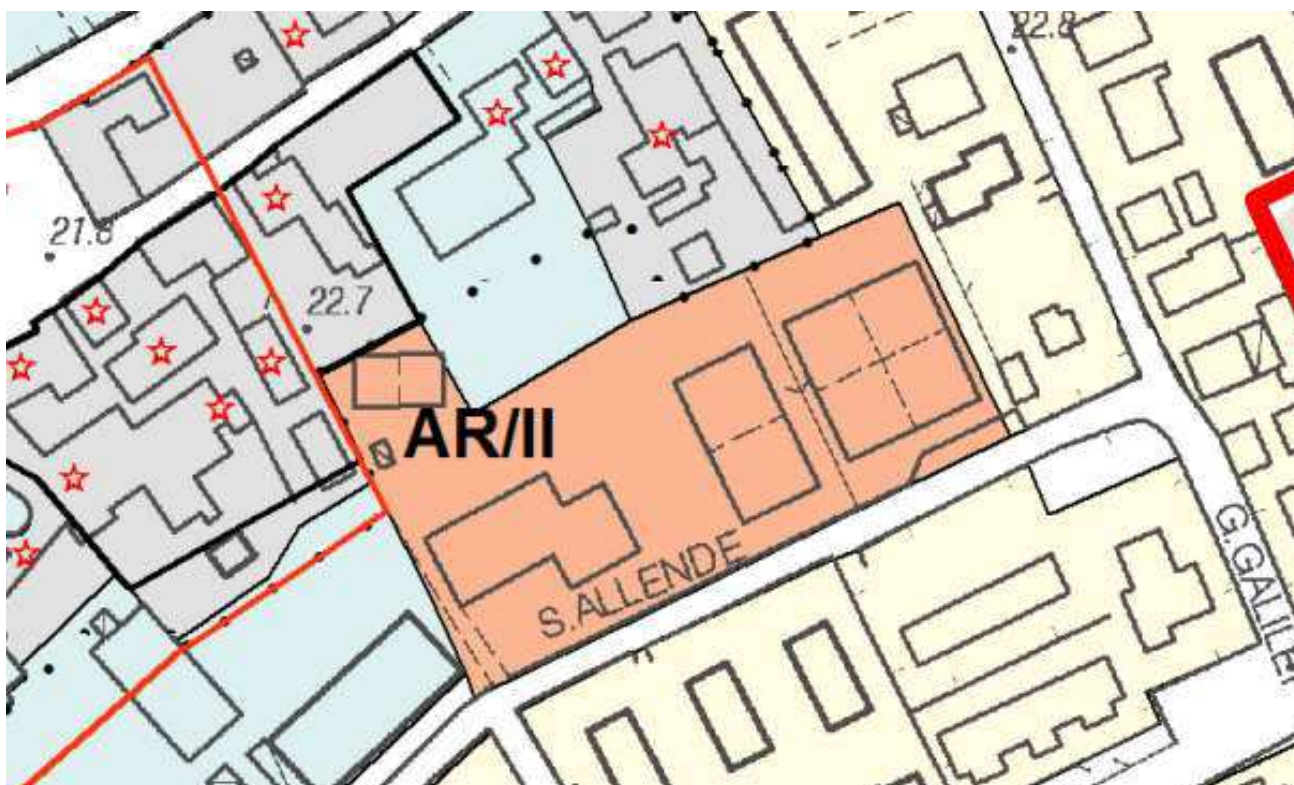
Le argomentazioni poste alla base della richiesta : “ *La proprietà immobiliare indicata, è costituita da un capannone a destinazione produttiva, con aree di pertinenza e servizi accessori, al tempo asservita ad attività di maglieria e confezioni e da una residenza posta al primo piano e ricavata nel volume a nord-est del complesso edilizio; l'attività di maglieria attualmente è in fase di dismissione e gli spazi produttivi risultano attualmente non operativi* “.

E' intenzione dell'Amministrazione accogliere la richiesta in quanto mira al riordino del tessuto urbano attraverso la delocalizzazione o dismissione di attività produttive poco compatibili con le funzioni residenziali prevalenti.

L'ambito prenderà la denominazione di “AR/4c” e dovrà essere inserito preventivamente nel POC per poter essere attuato attraverso un Piano Urbanistico Attuativo, secondo i principi dell'art.31 delle NTA del PSC.

L'area verrà contraddistinta nelle Tavole di PSC con conseguente grafia.

**Intervento n. 12 Variante al PSC – modifica da ambito di riqualificazione ad ambito di dotazione sportiva (Zona sportiva via Allende)**



L'ambito AR/II sopra rappresentato, identificato catastalmente al foglio 25, mappale 431 di circa 10178 mq, è di proprietà del Comune di Cavezzo ed ospita una palestra scolastica che è stata danneggiata dal sisma e verrà ricostruita; una pista di pattinaggio scoperta e due campi da tennis.

I due campi da tennis sono dati in gestione al Circolo Tennis di Cavezzo, attraverso una convenzione che ne consente l'uso e ne impone le manutenzioni per un numero consistente di anni. Attraverso questa convenzione il circolo ha coperto anche i due campi con una struttura fissa in legno lamellare e pannelli sandwich, interamente a proprie spese.

In fase di programmazione del Piano Strutturale si pensava di concentrare tutte le attività sportive nell'area del Palazzetto dello sport e bocciodromo che ha adeguata consistenza e, per fare questo, si pensava di attingere a risorse provenienti dalla vendita di aree di proprietà comunale.

Ne deriva che l'ambito di riqualificazione urbana assegnato al comparto, mirava a creare le condizioni per progettazioni di carattere residenziale che, inserite nel POC, potevano essere appetibili per il mercato immobiliare.

Queste condizioni non si sono avverate per diversi motivi: mercato immobiliare bloccato dal 2008, impossibilità pressochè totale per le amministrazioni comunali, di fare investimenti.

A questo si è unita una buona gestione del privato nella conduzione del tennis, a tal punto che ha potuto fare investimenti importanti su suolo comunale, con risorse proprie. Poi si è aggiunto il

terremoto che ha danneggiato la palestra che sarà ricostruita nel medesimo luogo con i contributi della ricostruzione.

Per tutti questi motivi l'Amministrazione Comunale ha abbandonato l'idea dell'alienazione delle aree con i fini sopra descritti e ha deciso di confermare le funzioni ad oggi in essere, per cui l'area verrà inserita nelle "Aree per attrezzature sportive pubbliche" (DOT. 3) di cui all'art.34 delle NTA del PSC.

L'area verrà contraddistinta nelle Tavole di PSC con conseguente grafia.

## Intervento n. 14 Definizione di ambito per area destinata a Moduli Abitativi Provvisori( MAP)

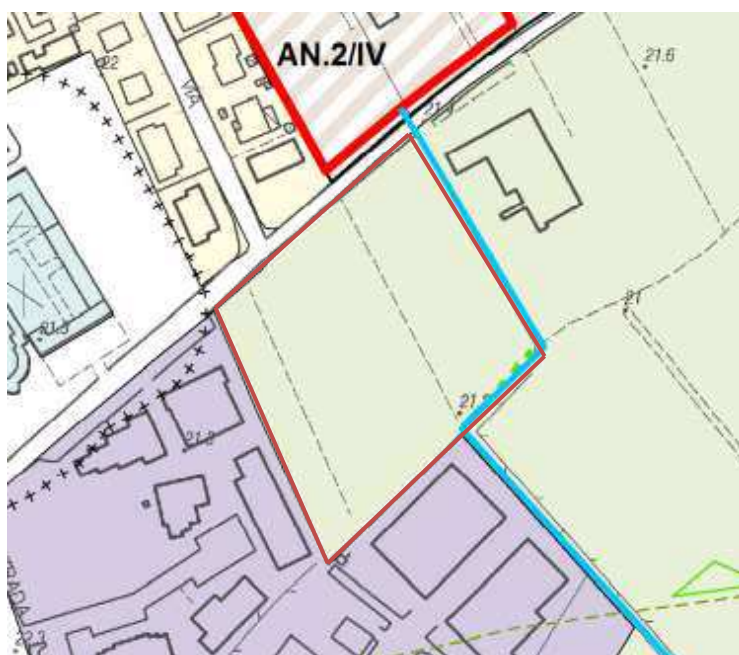


L'area in esame, di circa 19.600 mq, è stata oggetto di attività espropriativa da parte del Commissario per la Ricostruzione, per la collocazione di Moduli Abitativi Provvisori indispensabili per superare l'emergenza abitativa.

I moduli sono tuttora esistenti e manterranno tale collocazione fino all'esaurirsi dell'esigenza.

Ora l'area è in "Ambiti agricoli periurbani di rilievo paesaggistico" (AVP.1) ed è intenzione dell'Amministrazione inserirla in "Ambiti per attrezzature di servizio esistenti" ( DOT.1)" di cui all'art.32 delle NTA del PSC, al fine di consentirne un uso pubblico all'esaurirsi dell'esigenza dei moduli abitativi.

L'area verrà contraddistinta nelle Tavole di PSC con conseguente grafia.





COMUNE DI CAVEZZO  
PROVINCIA DI MODENA

# P.D.R. 2

**Piano Della Ricostruzione**

**L.R. 16/2012**

<p><b>RELAZIONI GEOLOGICHE SISMICHE</b></p> <p><b>INTERVENTI N.N. 3,4,5</b></p> <p><b>INTESA UNICA PDR SECONDO STRALCIO IN DATA 19/1/2015</b></p>	
---	--

Progetto

STUDIO  
ARCH. PAOLO ARTIOLI

Collaboratori:

ELLENIA s.n.c. - Ostiglia  
CLARA BORSATTI

Adottato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Approvato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Publicato sul BURERT n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_





COMUNE DI CAVEZZO  
PROVINCIA DI MODENA

---

# P.D.R. 2

**Piano Della Ricostruzione**

**L.R. 16/2012**

<p><b>RELAZIONI GEOLOGICHE SISMICHE</b></p> <p><b>INTERVENTI N. 3 ACETUM</b></p> <p><b>INTESA UNICA PDR SECONDO STRALCIO IN DATA 19/1/2015</b></p>	
--	--

Progetto

STUDIO  
ARCH. PAOLO ARTIOLI

Collaboratori:

ELLENIA s.n.c. - Ostiglia  
CLARA BORSATTI

Adottato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Approvato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Publicato sul BURERT n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

**STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dott. Francesco**

Via G. Matteotti, 63 – 46025 Poggio Rusco (MN)

Tel.: 0386.733553 – Fax: 0386.733553 – E-mail: [f-gabrielli.geologo@libero.it](mailto:f-gabrielli.geologo@libero.it)

C.F. GBR FNC 69M26 G186J – P.IVA 02323450201

## PROVINCIA DI MODENA COMUNE DI CAVEZZO

### **COMPARTO ACETUM** PROGETTO DI TRASFORMAZIONE URBANISTICA DI AREA AGRICOLA IN AREA PRODUTTIVA UBICATA IN FREGIO A VIA CAVOUR, IN LOCALITA' MOTTA NEL TERRITORIO COMUNALE DI CAVEZZO

COMMITTENZA:

**ACETUM S.r.l.**

Via Sandro Pertini, 440 – 41032 CAVEZZO (MO)

**RELAZIONE**  
**SULLA MODELLAZIONE SISMICA CONCERNENTE LA**  
**PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE**  
**STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA**  
ai sensi D.M. 14 Gennaio 2008 – D.P.R. 5 Giugno 2001, n. 328

IL GEOLOGO

FRANCESCO GABRIELLI



POGGIO RUSCO, NOVEMBRE 2014

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica</i>	<i>Novembre 2014</i>

## INDICE

1 - PREMESSA.....	Pag. 2
2 - REFERIMENTI NORMATIVI.....	Pag. 2
3 - DESCRIZIONE PROGRAMMA DI INDAGINE.....	Pag. 3
3.1 Premessa.....	Pag. 3
3.2 Strumentazioni e metodologie utilizzate.....	Pag. 4
4 - UBICAZIONE AREA DI INTERVENTO.....	Pag. 9
5 - MODELLO GEOLOGICO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	Pag. 10
6 - RISPOSTA SISMICA LOCALE E STABILITA' DEL SITO.....	Pag. 21
6.1 Macrosismicità.....	Pag. 21
6.2 Analisi della risposta sismica locale.....	Pag. 27
7 - CONCLUSIONI.....	Pag. 38

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	<b>ACETUM S.r.l.</b> Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 1
---	---	--------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

## 1. PREMESSA

In seguito alla richiesta di integrazione inoltrata dal Comune di Cavezzo, si è provveduto alla stesura della presente relazione sulla pericolosità sismica locale, di un'area interessata dal progetto di trasformazione urbanistica, da agricola a produttiva, inserita nel Comparto denominato "Area Acetum".

Nello specifico, mediante i dati ottenuti durante la campagna geognostica e prospezione geofisica eseguite sul comparto nel novembre scorso, correlati da nuove prove geotecniche ed indagini sismiche, si è valutato l'effettivo grado di pericolosità sismica locale, in ottemperanza all'Atto di Indirizzo R.E.R. ai sensi della L.R. 20/2000 Delibera n.112 del 02/05/2007, e si è verificata l'attuale zonizzazione sismica predisposta con il Piano della Ricostruzione Comunale in aggiornamento al P.S.C., e, gli studi di microzonazione sismica prodotti dalla Regione Emilia-Romagna, in seguito agli eventi sismici del Maggio 2012, verificando gli effetti di sito, i fattori di amplificazione e la verifica dei cedimenti post sismici, mediante analisi di terzo livello di approfondimento .

A supporto della presente relazione ad integrazione della Relazione sulla Modellazione Sismica del Settembre 2012, sono state eseguite un'indagine geofisica di tipo MASW per la definizione delle  $V_{s30}$  e della categoria sismica del sottosuolo, come richiesto dalle normative vigenti e la misura del rumore sismico passivo (microtremori), per la definizione della successione sismostratigrafica profonda e della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo.

Ad integrazione della campagna geognostica eseguita nel Luglio 2012, consistita nella realizzazione di n. 04 prove penetrometriche statiche CPT spinte alla profondità di 20 metri dal p.c., è stata eseguita una prova penetrometrica CPT, spinta alla profondità di 30 metri dal piano campagna.

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

La realizzazione del presente studio è stata eseguita in ottemperanza alle indicazioni fornite dalla normativa vigente con particolare riferimento alle seguenti norme:

### **DECRETO MINISTERIALE 14 GENNAIO 2008**

*"Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"*.

#### **Punto 7.11.3 – Risposta sismica e stabilità del sito**

### **CIRCOLARE 2 FEBBRAIO 2009, N. 617**

*"Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"*.

### **CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI**

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 2
---	--	--------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

*“Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale”.*

#### **ASSEMBLEA LEGISLATIVA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA DAL D.A.L. N. 112/2007**

Approvazione dell’atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi **dell’art. 16 comma 1 della LR 20/2000** “disciplina generale sulla tutela ed uso del territorio”, in merito a “indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica”

#### **L.R. 16/2012 - PIANO DELLA RICOSTRUZIONE – COMUNE DI CAVEZZO**

“Norme Tecniche per la riduzione del rischio sismico”

#### **D.P.R. 5 GIUGNO 2001, N. 328**

##### **Articolo 41 – Attività professionali**

“punto c) le indagini geognostiche e l'esplorazione del sottosuolo anche con metodi geofisici; le indagini e consulenze geologiche ai fini della relazione geologica per le opere di ingegneria civile mediante la costruzione del modello geologico-tecnico; la programmazione e progettazione degli interventi geologici e la direzione dei lavori relativi, finalizzati alla redazione della relazione geologica...;”.

### **3. DESCRIZIONE PROGRAMMA DI INDAGINE**

#### **3.1 Premessa**

Al fine di definire lo schema litostratigrafico, geomeccanico ed idrogeologico del primo sottosuolo e in ottemperanza al D.M. 14 Gennaio 2008, nel “Comparto Acetum” oggetto di trasformazione urbanistica, è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche e sismiche così articolata:

- **una prova penetrometrica di tipo statico con punta meccanica (CPT)**, spinta sino alla profondità massima di 30,0 metri dal piano campagna esistente, quota che per i tipi di terreno indagato e per il tipo di intervento in progetto è stata ritenuta soddisfacente ai fini del concetto di “volume significativo”; all’interno dei perfori è stata eseguito il rilievo della falda freatica, mediante l’utilizzo di freatimetro;
- per la definizione della pericolosità sismica di base del sito, ai sensi del § 3.2 N.T.C. e § C3.2 della Circolare, è stata eseguita un’indagine geofisica basata sulla **misura del rumore sismico (microtremore)** del sottosuolo, mediante l’utilizzo di strumentazione tromografica portatile, finalizzata alla stima delle frequenze fondamentali di risonanza del sottosuolo e alla definizione della  $V_{S30}$  e dell’amplificazione sismica del sito mediante il rapporto HVSR;
- **n. 1 stendimento sismico attivo (MASW)** (Multichannel Analysis of Surface Waves) (Park et alii, 1999)

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 3
---	--	--------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

al fine di valutare la risposta del terreno all'azione sismica, mediante la valutazione della velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri sotto il piano di posa delle fondazioni ( $V_{s30}$ ).

Tali indagini e prove in sito, sono state eseguite ad integrazione della campagna di indagine eseguita nel mese di Luglio 2012, che ha interessato i terreni oggetto di ricostruzione degli edifici produttivi lesionati dagli eventi sismici del Maggio 2012, consistite nell'esecuzione di n. 04 prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT, spinte alla profondità massima di 20 metri ed una misura dei microtremori (sismica passiva) mediante strumentazione tromografica a stazione singola.

I relativi dettagli sono riportati in allegato, in cui è anche riportata la planimetria con l'ubicazione dei punti di indagine.

### 3.2 Strumentazione e metodologia utilizzata

#### Prova penetrometrica statica (CPT)

La prova penetrometrica è stata realizzata mediante penetrometro statico olandese tipo Gouda (tipo meccanico), con spinta massima nominale di 20 ton., munito di speciale punta Begemann, con le seguenti caratteristiche:  $\varnothing$  punta 35,7 mm, angolo di apertura  $60^\circ$ , area base  $10 \text{ cm}^2$ ; manicotto laterale di frizione tipo Begemann con  $\varnothing$  di 36 mm, lunghezza 13,3 mm, area laterale  $150,42 \text{ cm}^2$ .

La prova penetrometrica statica CPT (Cone Penetration Test) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione offerta dal terreno alla punta meccanica tipo Begemann, sopra descritta, con dimensioni e caratteristiche standard ed infissa nel terreno a velocità costante; la punta conica di tipo telescopico (punta Begemann) è dotata di un manicotto esterno scorrevole e permette di valutare, per ogni 20 cm di infissione, i seguenti parametri: resistenza alla punta  $R_p$  ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ): si riferisce ai valori di resistenza offerta dal terreno all'avanzamento della punta e resistenza all'attrito locale laterale  $R_l$  ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), ai valori di resistenza offerta dal terreno per attrito sul manicotto che segue immediatamente la punta.

L'elaborazione dei valori di resistenza all'infissione caratteristici dei vari livelli del sottosuolo, fornisce utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati sulla base del rapporto  $R_p/R_l$  fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale (Rapporto di Begemann 1965 – Raccomandazioni A.G.I. 1977) ovvero sulla base dei valori di  $R_p$  e del rapporto  $FR = R_l/R_p \%$  (esperienze di Schmertmann 1978). Nei casi dubbi nell'applicazione del rapporto  $R_p/R_l$ , si è proceduto a scelte litologiche con validità orientativa, sulla base di esperienze e correlazioni eseguite precedentemente su altri siti, che possono essere così sintetizzate:

$7 < R_p < 20 \text{ kg}/\text{cm}^2$ : possibili terreni coesivi in genere anche se  $R_p/R_l < 15$

$R_p \leq 20 \text{ kg}/\text{cm}^2$ : possibili terreni coesivi anche se  $R_p/R_l > 30$

$R_p \geq 20 \text{ kg}/\text{cm}^2$ : possibili terreni granulari anche se  $R_p/R_l < 30$

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 4
---	--	--------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica</i>	<i>Novembre 2014</i>

Si rammenta tuttavia, che, sebbene l'indagine penetrometrica tipo CPT fornisca dati geotecnici attendibili, le informazioni sulla natura litologica e granulometrica dei terreni derivano sostanzialmente da correlazioni del tipo empirico. Nell'interpretazione dei risultati, le prove penetrometriche vengono assimilate a prove rapide in condizioni di drenaggio impedito e, nella definizione del comportamento geotecnico, è stata adottata una distinzione fondamentale fra terreni incoerenti (resistenza al taglio caratterizzata dal solo angolo di attrito) e terreni fini (resistenza al taglio caratterizzata soprattutto dall'esistenza di legami coesivi).

### Parametri geotecnici

I valori di resistenza unitaria locale di punta  $R_p$  e laterale  $R_l$  possono essere empiricamente correlati, oltre alla granulometria, anche ad alcune delle caratteristiche geotecniche del terreno indagato; i dati ricavati da tali correlazioni sono riportati nei tabulati allegati ove si è altresì schematizzata le successioni stratigrafiche.

I parametri geotecnici di interesse, ritenuti significativi sono:

PARAMETRI GEOTECNICI		COMPONENTE GEOTECNICA	RELAZIONI
<b>Cu (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	Coesione non drenata	Coesivo	Lunne (1977)
<b>Dr (%)</b>	Densità relativa	Incoerente	Schmertmann (1976)
<b>φ (°)</b>	Angolo di resistenza al taglio	Incoerente	Durgunouglu – Mitchell (1973-1975)
<b>Eed (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	Modulo edometrico	Incoerente	Robertson-Powell (1997)
		Coesivo	Metodo generale del modulo edometrico
<b>G (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	Modulo di deformazione al taglio	Incoerente	Imai-Tomauchi
		Coesivo	
<b>OCR (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	Grado di sovraconsolidazione	Incoerente	Stress History
		Coesivo	
<b>Eu (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	Modulo di deformazione non drenato	Coesivo	Cancelli (1980)
<b>Ey (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	Modulo di Young	Incoerente	ISOPT-1 (1988)
<b>γ e γ<sub>sat</sub> (t/m<sup>3</sup>)</b>	Peso di Volume	Incoerente	Meyerhof
		Coesivo	Meyerhof et altri

### Misura a stazione singola del microtremore sismico

La tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Verticale Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- la **frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 5
---	--	--------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi

- la **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la **velocità media delle onde di taglio Vs** calcolata tramite un apposito codice di calcolo. E' necessario, per affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia e riconoscibile nella curva H/V. E' possibile calcolare la Vs30 e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dalle Norme tecniche per le Costruzioni del 14 Gennaio 2008;
- la **stratigrafia del sottosuolo** con un range di indagine compreso tra 0,5 e 700 metri di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri.

Il principio su cui si basa la presente tecnica in termini di stratigrafia del sottosuolo è rappresentato dalla definizione di strato inteso come una unità distinta da quella sopra e sottostante per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremiti. La forma di un'onda registrata in un sito x da uno strumento dipende:

1. dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente s;
2. dal percorso dell'onda sorgente s al sito x (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda);
3. dalla risposta dello strumento.

Il rumore sismico ambientale è generato da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto piccole, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale modello *Tromino* che rappresenta la nuova generazione di strumenti leggeri e compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni.

Lo strumento racchiude al suo interno tre velocimetri elettrodinamici ortogonali tra loro con intervallo di frequenza compreso tra 0.1 e 256 Hz. I dati vengono memorizzati in una scheda di memoria interna da 512 Mb, evitando così la presenza di qualsiasi cavo che possa introdurre rumore meccanico ed elettronico.

I dati ottenuti sono stati convertiti in file ASCII mediante software "*Grilla*", fornito a supporto dello strumento utilizzato, quindi elaborati per ottenere spettri di velocità in funzione della frequenza.

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 6
---	--	--------



<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica</i>	<i>Novembre 2014</i>

In fase operativa si sono seguite le seguenti operazioni:

1. il rumore sismico è stato registrato nelle sue tre componenti per un intervallo di tempo dell'ordine delle decine di minuti (circa 20 minuti);
2. la registrazione è stata suddivisa in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno;
3. per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti;
4. per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali tra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale;
5. vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

Per considerare la misura ottenuta come una stima dell'ellitticità delle onde di Rayleigh è necessario che:

1. i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente siano "stabili" ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato;
2. gli effetti di sorgente siano stati effettivamente mediati ovvero non ci siano state sorgenti "dominanti";
3. la misura non contenga errori sistematici (per esempio dovuti ad un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno).

Per la determinazione delle velocità delle onde di taglio si utilizza un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (HVSR) basati sulla simulazione del campo di onde di superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli secondo la teoria descritta in AKI (1964) e Ben-Menahem e Singh (1981).

Il codice può elaborare modelli con qualsiasi numero di strati, in qualsiasi intervallo di frequenze e in qualsiasi numero di modi (fondamentale e superiori). Operativamente si costruisce un modello teorico HVSR avente tante discontinuità sismiche quante sono le discontinuità evidenziate dalla registrazione eseguita; successivamente, tramite specifico algoritmo, si cercherà di adattare la curva teorica a quella sperimentale.

In questo modo si otterranno gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde VS.

Il metodo HVSR consiste nello studio del rapporto spettrale tra la componente orizzontale del rumore e quella verticale (H/V spectrum). Il valore di tale rapporto è direttamente correlato con la frequenza di risonanza determinata dal passaggio tra due strati con una differenza significativa del contrasto di impedenza (velocità delle onde e densità del materiale). Nel presente lavoro si sfrutterà la teoria di Nakamura che relaziona lo spettro di risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale H/V) con quello effettivamente misurato in superficie. Considerando due strati con differente impedenza acustica, la **frequenza di risonanza (fr)** è legata allo spessore e alla velocità delle onde di taglio Vs del primo strato dalla seguente relazione:

$$fr = V_{s1} / 4 h_1$$

$V_{s1}$  = velocità delle onde S del primo strato;

$h_1$  = spessore primo strato.

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 7
---	--	--------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica</i>	<i>Novembre 2014</i>

Nakamura (1989) ha inoltre dimostrato che i massimi dei rapporti spettrali H/V consentono di individuare correttamente la frequenza e quindi il periodo fondamentale di risonanza per le onde S.

Negli ultimi anni un progetto europeo denominato SESAME (Site Effects Assessment using Ambient Excitations) si è occupato di stabilire delle linee guida per la corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola e array. Esso ha anche fornito dei criteri per valutare la bontà delle curve HVSR e la significatività dei picchi H/V eventualmente trovati.

La registrazione è avvenuta impostando i seguenti parametri strumentali:

- Frequenza di campionamento 128 Hz;
- Durata 16 minuti;
- Orientamento strumento nord-sud.

#### Indagine geofisica MASW

Il metodo geofisico utilizzato in questa sede per la caratterizzazione della categoria di sottosuolo in base al valore delle Vs è la sismica a rifrazione attiva elaborata mediante metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves): essa permette di modellizzare il sottosuolo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh (Park et alii, 1999).

Il metodo consente di stimare la velocità delle onde di taglio (Vs) dei terreni a partire dalla velocità delle onde di superficie (Rayleigh nel caso del presente studio). La velocità delle onde di taglio è legata alla rigidità  $\mu$  dei terreni tramite la formula:

$$\mu = V_s^2 \rho$$

dove:

- $\rho$  = densità;

Poiché la densità dei suoli varia relativamente poco con la profondità (almeno nelle prime decine di metri), dalla formula si evince che i valori di Vs sono i primi indicatori della rigidità di un terreno.

Le onde Rayleigh sono onde di superficie e sono generate dall'interazione tra onde di pressione (P) e le onde di taglio verticali (Sv) ogni qualvolta esiste una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo. In presenza di un semispazio omogeneo la loro velocità non presenta dipendenza dalla frequenza (no dispersione). Alla superficie libera hanno moto ellittico retrogrado che si inverte ad una profondità di  $\lambda/2\pi$ .

L'ampiezza dello spostamento decresce con legge esponenziale. Per questo diviene rapidamente trascurabile con la profondità. La propagazione di queste onde non è influenzata dalle caratteristiche del mezzo al di sotto di una profondità pari a  $\lambda$ . Esse possono essere viste come la sovrapposizione di due componenti separate: una longitudinale e l'altra trasversale, che si propagano lungo la superficie con la stessa velocità ma con differente attenuazione con la profondità. Il vantaggio di utilizzare il metodo MASW sta nel fatto che non è limitato dalla presenza di inversioni di velocità in profondità; ha una buona risoluzione e poi perché la

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 8
---	--	--------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

propagazione delle onde Rayleigh è funzione soprattutto delle Vs (parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito). Esso è particolarmente indicato per suoli altamente attenuanti ed ambienti rumorosi. La dispersione è la deformazione di un treno d'onda dovuta ad una variazione di velocità di propagazione al variare della frequenza. Per la onde Rayleigh questa deformazione non si manifesta all'interno di un semispazio omogeneo ed isotropo ma solo quando questi presenta una stratificazione. La velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda  $\lambda$  (quindi frequenza) è influenzata dalle proprietà che il mezzo possiede fino ad una profondità di circa  $\lambda/2$ . Tale velocità delle onde di Rayleigh ( $V_r$ ) è pari a circa il 90% delle onde di taglio Vs.

La campagna di acquisizione sismica è stata svolta utilizzando un acquisitore sismico della Sara Electronics Instruments, denominato DoReMi, composto da:

- due serie di cavi da 12 canali ciascuno, per un totale di 24 canali (frequenze variabili di acquisizione di ciascun canale da 200 a 20000 Hz);
- registratore sismico, posizionato in corrispondenza di ogni geofono, per la memorizzazione del dato ricevuto dal sensore e l'invio in modalità digitale al PC;
- convertitore analogico digitale di tipo SAR a 16 bit con una dinamica di 88dB a 10000Hz,;
- interfaccia RS232 sismografo – PC

L'acquisizione dei dati sismici è così avvenuta:

- metodo attivo: è stata effettuata 1 stesa sismica con passo intergeofonico di 3 metri e 16 geofoni utilizzando la tecnica dell'interlaccio, ottenendo un profilo sismico equivalente ad una stesa di 32 geofoni e passo 1,5 metri ubicata come dalla planimetria riportata di seguito.

Si sono acquisiti vari shot in modo da avere un maggior set di dati e poter scegliere quelli più adatti alla successiva elaborazione.

La frequenza propria dei sensori è la classica e raccomandata per tale tipologia di indagini (4,5 Hz).

- metodo passivo: sulla stessa stesa utilizzata per il metodo attivo si sono realizzate 6 acquisizioni di sismica passiva, di un minuto ciascuna, concatenate, in fase di pre - processing, in un unico file di 6 minuti, in modo da colmare il "vuoto" alle basse frequenze della sismica attiva.

#### 4. UBICAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area in studio è ubicata in fregio alla Strada Statale n° 468, in prossimità della località Motta, nell'ambito del territorio comunale di Cavezzo (MO), centro ubicato nella porzione centro-settentrionale della provincia modenese; essa ricade nella sezione n° 184134 "Cavezzo" della C.T.R. in scala 1:5.000. Il comparto indagato si sviluppa nella porzione orientale del territorio comunale di Cavezzo, all'interno di un territorio a vocazione agricola. Il lotto oggetto di intervento edificatorio è leggermente ribassato rispetto alla Strada

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 9
---	--	--------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

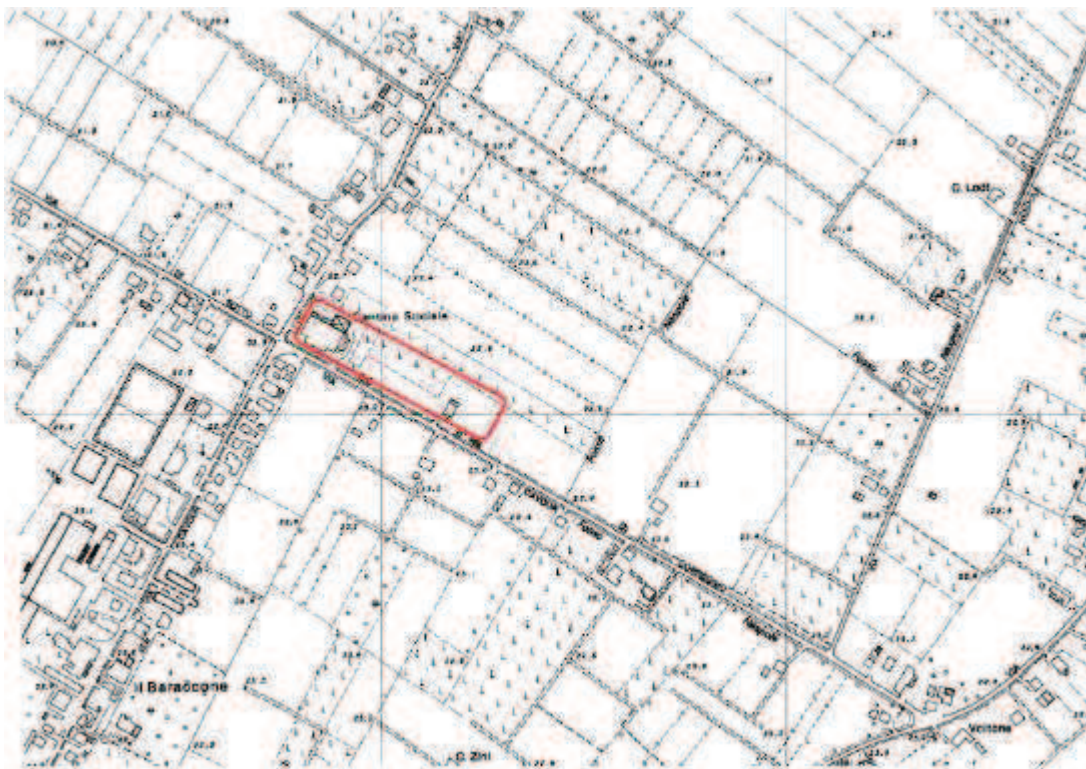
Statale n° 468, con un dislivello compreso tra 40 e 60 cm; il comparto che sarà interessato dalla nuova edificazione è attualmente destinato a pratiche agricole.

Le coordinate geografiche UTM32 rilevate mediante GPS durante l'indagine sismica sono le seguenti:

– longitudine x = 11° 00.5573E [°];

– latitudine = 44° 83.1242N [°].

Il comparto interessato dall'intervento edilizio in oggetto è posto ad una quota media di +22.6 metri, presentando una debole pendenza verso N/NO.



**FIGURA 1 – UBICAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE**  
ESTRATTO DI CARTA TECNICA REGIONALE - ELEMENTO 184134

## 5. MODELLO GEOLOGICO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### Modello stratigrafico locale

Il sottosuolo più superficiale dell'area indagata è caratterizzato da depositi alluvionali recenti originatisi dall'attività deposizionale del Fiume Po e dei suoi affluenti appenninici, in particolar modo del fiumi Secchia e Panaro, mediante processi di accrezione sia orizzontale, con il giustapporsi di successivi corpi d'alveo, sia verticale, causa di continui cicli di riempimento dei bacini di esondazione. Ne risulta che il profilo verticale è caratterizzato dalla presenza di terreni costituiti da argille limose, limi argillosi ed argille, con sabbie fini intercalate.

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 10
---	--	---------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica</i>	<i>Novembre 2014</i>

L'elaborazione delle prove penetrometriche ha permesso di risalire alla ricostruzione stratigrafica del sottosuolo. Dall'esame dei dati di lettura, sono state ricostruite le curve che si riferiscono alla resistenza alla punta (curva Qc), alla resistenza all'attrito laterale locale (curva fs), le cui rappresentazioni grafiche vengono riportate nei diagrammi allegati.

Dal rapporto Qc/fs si è giunti alla classificazione dei terreni mediante l'applicazione della teoria di Searle (1979); in particolare è stata realizzata una interpretazione basata unicamente sui rapporti meccanici.

Mediante la metodologia di Robertson e Wride (1998), basata sui valori di Qc e fs normalizzati in funzione della pressione litostatica, è stato definito il valore dell'indice di comportamento del deposito denominato I<sub>c</sub>, attraverso la seguente relazione:

$$I_c = [(3,47 - \log Q)^2 + (1,22 + \log F)^2]^{0,5}$$

La classificazione dei terreni in base alla metodologia di Robertson e Wride è la seguente:

<b>Tipo di Suolo</b>	<b>Indice I<sub>c</sub></b>
Terreni Organici	I <sub>c</sub> > 3,60
Argilla (da argilla limosa a limo argilloso)	2,95 < I <sub>c</sub> < 3,60
Miscela di limo (da limo argilloso ad argilla limosa)	2,60 < I <sub>c</sub> < 3,95
Miscela di sabbie (da sabbia limosa a limo sabbioso)	2,05 < I <sub>c</sub> < 2,60
Sabbie (da pulite a limose)	1,31 < I <sub>c</sub> < 2,05

Le indagini in sito eseguite hanno evidenziato un profilo stratigrafico caratterizzato da depositi di natura prevalentemente coesiva, con consistenza crescente con la profondità, argilloso-limosi e limoso-argillosi, per tutto lo spessore investigato.

I primi tre/quattro metri di terreni superficiali sono caratterizzati dalla presenza di livelli sabbiosi fini.

Si segnala che i depositi coesivi presenti nella porzione più superficiale, essendo in stretta correlazione con l'escursione della falda freatica e/o della sua risalita per capillarità, possono risultare suscettibili di variazioni in volume conseguentemente a cambiamenti del tenore di umidità e alla soggiacenza della falda freatica stessa.

Nel dettaglio è possibile ricostruire la seguente successione stratigrafica del sottosuolo, escludendo i primi 40/50 cm circa costituiti da terreno vegetale e/o pedogenizzato:

#### **Unità A – da 0,40/0,50 metri a 10,20 metri da p.c.**

*Depositi a comportamento geotecnico coesivo*

Classificazione di Searle - Argilla limosa, argilla e limo argilloso, inorganici, di consistenza da soffice a plastica, talora con livelletti di sabbia fine limosa;

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 11
---	--	---------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica</i>	<i>Novembre 2014</i>

Classificazione di Robertson (1990) – Ic (indice di comportamento) compreso tra 2,75 e 3,60: terreni a comportamento coesivo, costituiti da argilla (da argilla ad argilla limosa).

L'andamento del contenuto di fine FC espresso in % nel terreno con la profondità, stimato sulla base della metodologia di Robertson e Wride (1988) secondo la relazione  $FC = (1,75 * Ic^{3,25} * - 3,7)$ , evidenzia valori di FC compresi tra 40 e 95%.

### **Unità B – da 10,20 metri a 30,00 metri da p.c.**

*Depositi a comportamento geotecnico coesivo*

Classificazione di Searle - Limo argilloso ed argilla limosa di consistenza da dura a molto dura

Classificazione di Robertson (1990) – Ic (indice di comportamento) compreso tra 2,60 e 2,95: terreni a comportamento coesivo, costituiti da miscele di limo (da limo argilloso ad argilla limosa).

L'andamento del contenuto di fine FC espresso in % nel terreno con la profondità, evidenzia valori di FC compresi generalmente tra 45 e 85%.

### **Assetto idrogeologico locale**

Sulla scorta delle risultanze derivanti dall'analisi dei dati desunti dalle indagini prese a riferimento, confrontati con le informazioni presenti in bibliografia, è stato possibile ricostruire il sottosuolo investigato dal punto di vista idrogeologico.

Nell'area oggetto d'indagine, fino alla massima profondità investigata (20 metri da p.c.) non è stato riscontrato un vero e proprio acquifero, ospitato in depositi sabbiosi, in quanto la successione stratigrafica risulta essere costituita da una successione di livelli argilloso-limosi e limoso-argillosi (Unità A e B), intercalati da sottili livelli sabbiosi fini di spessore massimo dell'ordine di 60-80 cm.

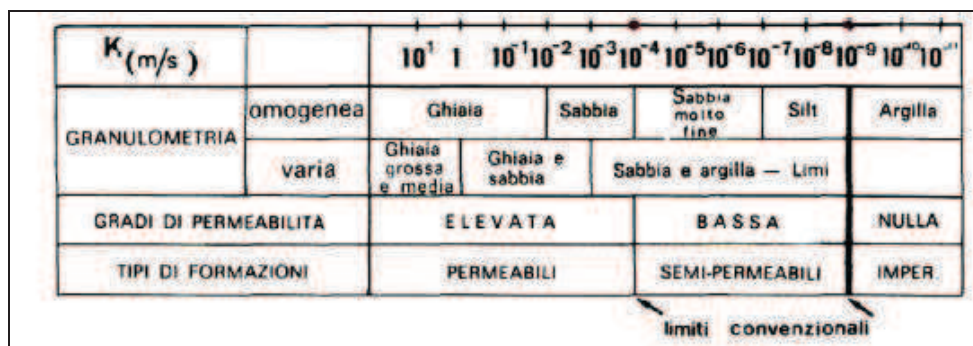
La frangia freatica superficiale trova sede nei depositi coesivi, argilloso-limosi, ed è ascrivibile ad un livello idrico sospeso con circolazione molto limitata a causa della bassa permeabilità dei depositi. La sua alimentazione è legata prevalentemente alle infiltrazioni meteoriche dalla superficie e, pertanto, appare piuttosto variabile durante l'anno.

La determinazione della permeabilità dei depositi superficiali fornisce le informazioni necessarie alla quantificazione dei meccanismi di ricarica legati all'infiltrazione delle acque meteoriche, nonché alla valutazione del grado di protezione degli acquiferi superficiali.

L'associazione dei valori numerici alle classi litologiche si basa sul confronto con terreni consimili a permeabilità nota. A riguardo, in Figura 2 è riportata la tabella che definisce i valori ed i limiti convenzionali fra il tipo granulometrico formazione e grado di permeabilità, utilizzata anche nel presente studio per definire la permeabilità dei depositi rilevati. I terreni riscontrati all'interno dell'area in esame, dal punto di vista idrogeologico, sono classificabili come depositi alluvionali da semi-permeabili ad impermeabili, caratterizzati da un grado di permeabilità da basso a nullo.

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 12
---	--	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014



**FIGURA 2 – VALORI DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ (DA CASTANY)**

### Unità A e B - Depositi a permeabilità da molto bassa a nulla

A questa classe appartengono i terreni a granulometria argillosa, argilloso-limosa e limoso-argillosa, che in relazione alla granulometria estremamente fine determinano valori del coefficiente di permeabilità  $k$  inferiori a  $1 \cdot 10^{-9}$  m/sec e porosità totale elevata. Di conseguenza possono immagazzinare notevoli quantità di acqua anche se la circolazione al loro interno è pressoché assente. La conducibilità idraulica può aumentare, in prossimità della superficie topografica, in conseguenza della fessurazione per essiccamento, frequente nei periodi più aridi. Elemento significativo in questi tipo di depositi è la risalita capillare, che nei terreni francamente argillosi può raggiungere anche i 10 metri. Ciò significa che in questi terreni, anche in assenza di falda possono risultare pressoché saturi.

La *falda freatica* rappresenta il primo elemento idrogeologico riscontrato in sito, la cui profondità, al momento delle rilevazioni (Novembre 2014), si è attestata alla quota di 1,90 metri dal piano di indagine.

Nella campagna di indagine eseguita dallo scrivente nel mese di Luglio 2012 sulla medesima area, la soggiacenza della falda freatica era compresa tra 2,90 metri e 3,20 metri di profondità dal piano esecuzione delle prove. Generalmente la *falda freatica* è caratterizzata da moto prevalentemente verticale, dal basso verso l'alto per fenomeni di risalita capillare e in senso inverso per fenomeni di infiltrazione conseguenti ad eventi meteorici e/o per dispersioni da canali, fossi e scoli.

Considerando il periodo dei rilievi, si ritiene che i valori di soggiacenza siano riferibili a livelli prossimi a quelli minor innalzamento della falda.

Il valore di soggiacenza misurato risulta fortemente assoggettato sia alle infiltrazioni meteoriche sia a quelle provocate dalle irrigazioni agricole, che ai litotipi riscontrati; tali fattori possono determinare nella falda freatica un'escursione media (dettata in condizioni strettamente locali) di 80-100 cm che può raggiungere valori massimi di 150 cm. E', pertanto verosimile attendersi un'oscillazione del livello freatico tra le profondità di 1,80/1,90 metri e 3,20/3,40 metri da piano campagna.

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

Si segnala che la successione litologica riscontrata, caratterizzata dalla presenza di intercalazioni di livelli limosi e limoso-sabbiosi fini, può determinare la formazione di livelli saturi, temporanei e sospesi, in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi e prolungati.

La presenza di depositi superficiali prevalentemente argilloso-limosi nella fascia superficiale vadosa, con le oscillazioni del grado di saturazione dei terreni di sedime imputabili alle variazioni stagionali dei livelli freatici e della frangia di risalita capillare, possa condurre a processi di essiccamento / rigonfiamento tipici dei terreni a preponderante componente pelitica come quelli in oggetto.

Con sensitività si intende la tendenza del deposito coesivo a variare il proprio volume in corrispondenza di una variazione del contenuto naturale di acqua.

<i>Clay description</i>	$S_T$
Insensitive	$\approx 1$
Slightly sensitive	1 to 2
Medium sensitive	2 to 4
Very sensitive	4 to 8
Slightly quick	8 to 16
Medium quick	16 to 32
Very quick	32 to 64
Extra quick	> 64

Source: Mitchell (1976)

La verifica della sensitività dei terreni coesivi  $S_T$ , espressa mediante l'analisi del valore di  $R_f$  ottenuto dalle indagini penetrometriche ha evidenziato valori di  $S_T$  generalmente compresi tra 2,50 e 2,65, indicanti depositi coesivi da poco sensitivi a mediamente sensitivi, con diminuzione con la profondità.

### **Caratterizzazione geotecnica**

L'elaborazione delle prove penetrometriche CPT ha permesso di risalire alla ricostruzione stratigrafica del sottosuolo. Nello specifico, le indagini in sito eseguite hanno evidenziato una buona uniformità con un profilo stratigrafico caratterizzato da depositi a comportamento coesivo, prevalentemente argilloso-limosi e limoso argillosi, talora debolmente sabbiosi, di consistenza da soffice a plastica, fino a circa 10/11 metri di profondità; al di sotto e fino alla massima profondità raggiunta si rinvengono depositi di natura coesiva, costituiti da livelli argilloso limoso e limoso argilloso, di consistenza da dura a molto dura.

In particolar modo, le prove penetrometriche CPT hanno consentito di individuare la seguente successione stratigrafica: a partire da p.c. e fino a 10,20 metri di profondità sono presenti terreni prevalentemente argillosi, argilloso-limosi e limoso-argillosi, dotati di assai consistenza medio-bassa (resistenza alla punta  $q_c \leq 15 \text{ kg/cm}^2$ ,  $q_c/f_s = 14 \div 30$ ); da tale profondità e fino alla massima profondità investigata, si riscontrano depositi coesivi, di natura limoso-argillosa ed argilloso-limosa compatti e di consistenza elevata, con valori di  $q_c$  compresi generalmente tra  $20 \div 45$  e  $q_c/f_s$  compreso tra  $15 \div 35$ ).

Si segnala nella porzione più superficiale la presenza di depositi argilloso-limosi sovraconsolidati per essiccazione, talora piuttosto compatti; tale livello geomeccanico, in stretta correlazione con l'escursione della falda freatica e/o della sua risalita per capillarità può risultare suscettibile di variazioni in volume conseguentemente a cambiamenti del tenore di umidità e alla soggiacenza della falda freatica stessa;

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 14
---	--	---------



<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

pertanto, se interessato da sollecitazioni anche di non rilevante entità, potrebbe essere soggetto a rotture differenziate. I dati provenienti da tali prove possono pertanto essere trattati congiuntamente per la definizione del modello geotecnico individuato, il quale è sintetizzato nelle seguenti tabelle (si esclude dallo studio la parte più superficiale costituita da terreno pedogenizzato/vegetale (spessore circa 40/50 cm).

#### Unità A – da 0,40/0,50 m a 10,20 m da p.c.

**Argilla limosa, limo argilloso ed argilla inorganici, di consistenza da soffice a plastica, debolmente sabbiosa**

Parametri geotecnici	Simbolo	Unità	Valore medio	Valore caratteristico
Resistenza alla punta	R <sub>p</sub>	kg/cm <sup>2</sup>	9,3	8,3
Peso di volume naturale	γ	t/m <sup>3</sup>	1,87	1,86
Coesione non drenata	c <sub>u</sub>	kg/cm <sup>2</sup>	0,48	0,41
Modulo di deformazione non drenata	E <sub>u</sub>	kg/cm <sup>2</sup>	206	168
Modulo edometrico	M <sub>o</sub>	kg/cm <sup>2</sup>	38	34
Modulo di Poisson	μ <sup>**</sup>	-	0,45	/

\*\*valore medio di letteratura (Jamolkowski et al., 1994; Lo Presti, 1995; Mayne e Poulos, 1999)

#### Unità B – da 10,20 m a 30,00 m da p.c.

**Limo argilloso ed argilla limosa di consistenza da dura a molto dura**

Parametri geotecnici	Simbolo	Unità	Valore medio	Valore caratteristico
Resistenza alla punta	R <sub>p</sub>	kg/cm <sup>2</sup>	29,6	25,5
Peso di volume naturale	γ	t/m <sup>3</sup>	1,95	1,92
Coesione non drenata	c <sub>u</sub>	kg/cm <sup>2</sup>	0,98	0,87
Angolo di attrito	φ	°	27,7	25,0
Modulo di deformazione non drenata	E <sub>u</sub>	kg/cm <sup>2</sup>	165	142
Modulo edometrico	M <sub>o</sub>	kg/cm <sup>2</sup>	89	74
Modulo di Poisson	μ <sup>**</sup>	-	0,35	/

\*\*valore medio di letteratura (Jamolkowski et al., 1994; Lo Presti, 1995; Mayne e Poulos, 1999)

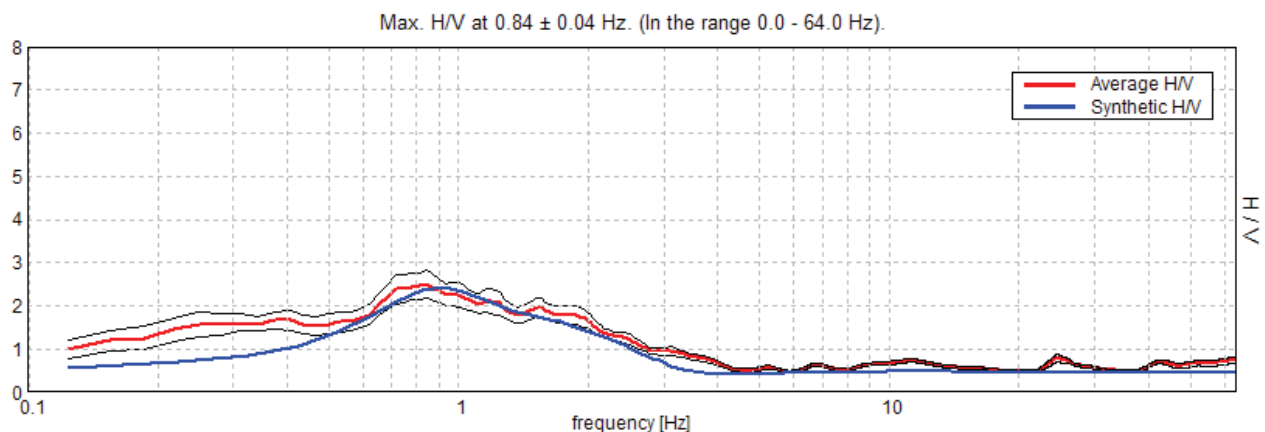
## 6. MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO – INTERPRETAZIONE DELLE MISURE ESEGUITE

L'interpretazione dei dati ottenuti dal rilievo del rumore sismico consente sia di correlare il valore di picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del substrato litoide inteso come bedrock sismico sia di individuare una corrispondenza tra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e i cambi litologici presenti nell'immediato sottosuolo. Interpretando i minimi della componente verticale come

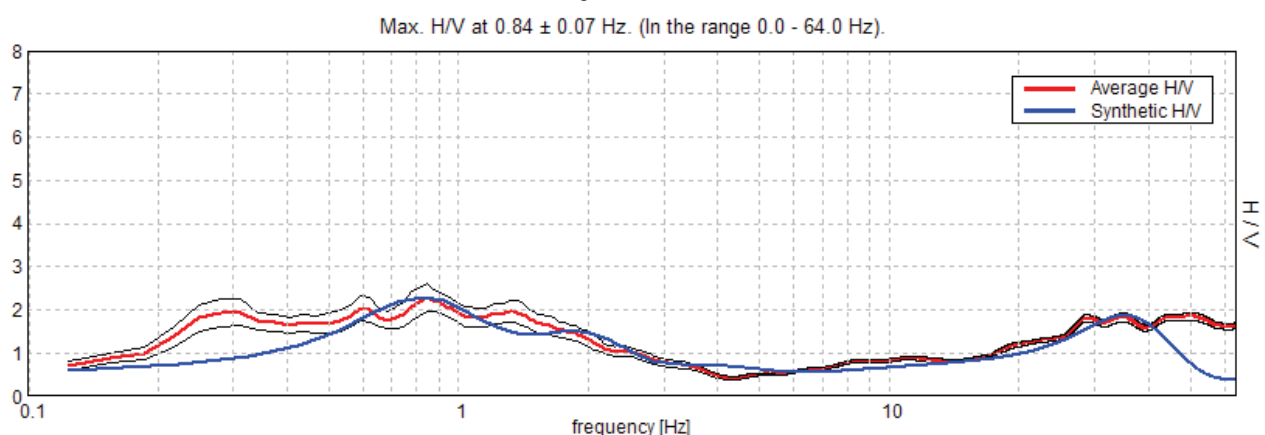
STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 15
---	--	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

risonanza del moto fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si può ricavare il valore della frequenza caratteristica del sito. Sapendo che ad ogni picco di frequenza corrisponde una profondità (metri) dell'orizzonte che genera il contrasto di impedenza si è potuto estrapolare una stratigrafia geofisica del sottosuolo. L'ampio range di frequenze acquisite dallo strumento utilizzato (0.1 ÷ 128 Hz) non ha evidenziato contrasti di impedenza attribuibili alla presenza di rifrattori sismici. Il fit delle curve H/V ha permesso di ricostruire in modo approssimato il profilo di Vs fino alla profondità massima di circa 148 metri, corrispondente all'ultimo riflettore individuato dal picco a 0,84 Hz. La frequenza caratteristica di risonanza di sito, generata dal contrasto sismico più elevato, è risultata compresa tra 0,70 e 1,00 Hz, con valori del rapporto H/V compreso tra 2,0 e 2,5 (impedenza medio-bassa). Si ritiene importante, vista l'ampiezza dei picchi spettrali registrati, considerare l'intervallo frequenziale di circa 0,70 – 1,00 Hz come range di possibili valori di vibrazione del terreno in caso di evento sismico di magnitudo rilevante poiché d'interesse ingegneristico – strutturale.



La curva sperimentale rossa rappresenta l'andamento sismico registrato in campagna mentre quella blu è la curva sintetica generata dal codice di calcolo.



Indagine Microtremori progressa (Luglio 202) - La curva sperimentale rossa rappresenta l'andamento sismico registrato in campagna mentre quella blu è la curva sintetica generata dal codice di calcolo.

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

E' oramai consolidata, l'ipotesi che le costruzioni subiscono le sollecitazioni sismiche maggiori quando c'è coincidenza tra la frequenza di vibrazione naturale dei terreni investiti da un'onda sismica e quella naturale della struttura.

La curva H/V ha permesso di individuare altri picchi secondari posto tra 1 e 2 Hz, con valori del rapporto H/V prossimi a 1,5; l'analisi della curva H/V ha evidenziato la presenza di un'inversione di velocità, compresa tra la frequenza di 7 e 18 Hz, determinata dal passaggio da uno strato più compatto ad uno più soffice con la profondità. Il bedrock sismico non è stato individuato fino alla profondità investigata.

Il modello di inversione proposto è presentato in TABELLA 1.

TABELLA 1 – MODELLO DI INVERSIONE ANALISI MICROTREMORI

Profondità (bottom layer) [m]	Spessore sismostrati [m]	Vs [m/s]	Interpretazione stratigrafica
0.00 – 6.00	6.00	170	Copertura pedologica
6.00 – 10.00	4.00	150	Copertura soffice
10.00 – 20.00	10.00	190	Copertura soffice
20.00 – 39.00	19.00	210	Copertura soffice
39.00 – 69.00	30.00	345	Copertura mediamente rigida
69.00 – 148.00	79.00	483	Copertura mediamente rigida
>148.00	Inf	667	Bedrock like

TABELLA 2 – MODELLO DI INVERSIONE INDAGINE PREGRESSA MICROTREMORI

Profondità [m]	Spessore sismostrati [m]	Vs [m/s]	Interpretazione stratigrafica
0.00 - 0.55	0.55	80	Suolo soffice
0.55 – 7.55	7.00	160	Copertura soffice
7.55 – 9.05	1.50	135	Copertura soffice
9.05 – 11.55	2.50	203	Copertura soffice
11.55 – 33.55	22.00	235	Copertura soffice
33.55 – 109.55	76.00	390	Copertura med. Rigida
109.55 – 219.55	110.00	600	Copertura rigida
>219.55	/	680	Bedrock like

La ricostruzione dei profili sismo-stratigrafici ha evidenziato la presenza di materiali soffici e poco consistenti nei primi 40 metri di profondità, caratterizzati da una velocità di propagazione delle onde S compresa tra 150 e 210 m/s, mentre per valori di profondità maggiori il grado di rigidità del sottosuolo diventa gradualmente elevato, con valori di Vs compresi tra 345 e 483 m/s.

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 17
---	--	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

Il materiale addensato e compatto che si comporta come bed-rock sismico non è stato raggiunto; a partire dalla profondità di 145/150 metri circa, si è individuato un sismostrato interpretabile come bedrock like, caratterizzato dalla velocità di 667 m/s.

La qualità del segnale acquisito in base al progetto SESAME (Linee Guida 2005) è stato giudicato affidabile in quanto per l'affidabilità della curva HVSR i primi tre parametri sono positivi mentre per avere un chiaro e pulito segnale del picco massimo devono essere soddisfatti almeno cinque dei sei criteri successivi.

E' stata eseguita un'indagine geofisica mediante il metodo MASW attivo e passivo, consistita in uno stendimento sismico, finalizzata alla determinazione del profilo verticale delle onde di taglio e del valore  $V_{S30}$ .

Dall'esecuzione dell'indagine sismica è emersa la seguente successione della velocità delle onde sismiche.

Strato	h [m]	z [m]	Vs fin. [m/s]	Vp [m/s]	Falda (S/N)
Strato 1	1,7	-1,7	188	391	N
Strato 2	3,0	-4,7	123	627	S
Strato 3	6,0	-10,7	152	775	S
Strato 4	4,0	-14,7	200	1020	S
Strato 5	5,0	-19,7	228	1163	S
Strato 6	5,0	-24,7	237	1208	S
Strato 7	3,0	-27,7	251	1280	S
Strato 8	/	$-\infty$	290	1479	S

### Valutazione dei parametri elastici dinamici

L'elaborazione dei dati ottenuti dall'indagine MASW ha permesso di stimare i parametri sismici cinematici  $V_p$  e  $V_s$  ed i corrispondenti moduli elastici dinamici che si possono ottenere dalle interrelazioni che collegano le velocità delle onde di compressione e quelle di taglio.

Si tratta dei Moduli elastici dinamici del terreno i quali possono contribuire ad una migliore definizione dei carichi e delle spinte da parte del manufatto sul terreno di fondazione in condizioni sismiche.

Attraverso la determinazione sia delle velocità delle onde di compressione sia delle velocità delle onde di taglio è possibile ricavare i parametri qui di seguito elencati (per ulteriori dettagli si veda, tra i più recenti, "The rock physics handbook – tools for seismic analysis in porous media" di G. Mavko, T. Mukerji e J. Dvorkin, Cambridge University Press, UK, pp. 1-329, 1998):

- Coefficiente di Poisson ( $\nu$ )
- Peso di volume ( $\gamma_{din}$ ) in  $t/m^3$
- Modulo di Elasticità dinamico ( $E_{din}$ ) in  $kg/cm^2$
- Modulo di Taglio dinamico ( $G_{din}$ ) in  $kg/cm^2$
- Modulo di Compressibilità dinamico ( $K_{din}$ ) in  $kg/cm^2$

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 18
---	--	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

Il *Coefficiente di Poisson* ( $\nu$ ), noto come la costante che lega le deformazioni in un corpo, può essere collegato, da un punto di vista bidimensionale, ad uno sforzo di trazione, che causa nel corpo stesso un allungamento in una direzione e un raccorciamento nell'altra, o ad uno sforzo di compressione che, analogamente, determina una contrazione in una direzione e una dilatazione nella direzione opposta.

Tale parametro può presentare un range di variazione compreso tra un massimo di 0.5 ed un minimo di 0; il valore di 0.5 è caratteristico di materiali che si deformano senza cambiamenti di volume (es. acqua), valori leggermente inferiori (0.47-0.49) sono tipici di argille o materiali molto saturi; valori inferiori sono indicativi di materiali da poco consolidati a sovraconsolidati.

Per le rocce si presentano range di variazioni molto ampi collegati in particolare sia al grado di fratturazione sia alla presenza di cavità, stratificazioni e litologie e comunque tra (0.46 e 0.20).

In funzione di  $V_p$  e di  $V_s$  il parametro è definito dalla seguente relazione:

**Coefficiente di Poisson** 
$$\nu = \frac{V_p^2 - 2 \cdot V_s^2}{2 \cdot (V_p^2 - V_s^2)}$$

Il *Peso di volume* ( $\gamma_{din}$ ) del terreno può essere indicativamente ricavato, in via empirica, anche dalla velocità delle onde di compressione sulla base della seguente relazione:

**Peso di volume** 
$$\gamma_{din} = 0.51 \cdot V_{p_{din}}^{0.75} \quad (\gamma_{din} \text{ in T/m}^3)$$

Da tale relazione si può ottenere anche la densità geofisica, intesa come:

**Densità geofisica** 
$$\delta_{din} = \frac{\gamma}{g} \quad (g = 9.8 - \text{accelerazione di gravità m/sec}^2)$$

Il *Modulo di Young* o di *Elasticità normale*  $E_{din}$ , definisce la *deformazione longitudinale* di un corpo, intesa come il rapporto tra l'allungamento (o l'accorciamento) e la lunghezza originale del corpo stesso; in funzione dei valori della velocità delle onde di compressione  $V_p$ , della densità geofisica e del coefficiente di Poisson il parametro è definito dalla seguente relazione:

**Modulo di Elasticità** 
$$E_{din} = V_p^2 \cdot \delta_{din} \cdot \frac{(1+\nu) \cdot (1-2\nu)}{(1-\nu)} \quad (E_{din} \text{ in Kg/cm}^2)$$

Il *Modulo di Taglio* o di *Rigidità*  $G_{din}$  definisce invece la *deformazione tangenziale* di un corpo, intesa come l'angolo di cui ruota il corpo stesso in seguito ad uno sforzo di taglio; in funzione dei valori della velocità delle onde di taglio  $V_s$  e della densità geofisica il parametro è definito dalla seguente relazione:

**Modulo di Taglio** 
$$G_{din} = \delta_{din} \cdot V_s^2 \quad (G_{din} \text{ in Kg/cm}^2)$$

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 19
---	--	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

Infine, il *Modulo di Compressibilità* o *Modulo di Volume* è quel parametro ottenibile se lo sforzo viene applicato tridimensionalmente (lungo tutti i tre assi cartesiani) generando una pressione idrostatica uniforme con la quale si avranno componenti dello sforzo uguali e con deformazione rappresentata da una variazione di volume la quale può essere indicata numericamente dall'inverso del coefficiente di compressibilità; utilizzando i valori del modulo di elasticità e del coefficiente di Poisson il parametro è definito dalla seguente relazione:

$$\text{Modulo di Compressibilità} \quad K_{dm} = \frac{E_{dm}}{3 \cdot (1 - 2 \cdot \nu)} \quad (K_{dm} \text{ in Kg/cm}^2)$$

I valori calcolati dei parametri dinamici sono mostrati nella tabella seguente, riferiti ai sismo-strati riconosciuti:

PARAMETRI ELASTICI COMPARTO ACETUM - CAVEZZO (MO)									
Profondità	Velocità Diretto onde P	Velocità Diretto onde S	densità	Coeff. Poisson	Modulo di taglio	Modulo di Young	Modulo di compressibilità	costante di lamè $\lambda$	costante di lamè $\mu$
m	m/s	m/s	gr/cm <sup>3</sup>		Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa
0-1,70	391	188	18	0,35	53,03	143,19	159,23	123,88	18,57
1,70-4,70	627	123	18	0,48	37,00	109,51	912,46	887,79	17,76
4,70-10,70	775	152	18	0,48	43,52	128,81	1072,67	1043,66	20,89
10,70-14,70	1020	200	18	0,48	62,80	185,88	1547,92	1506,05	30,14
14,70-19,70	1163	228	18	0,48	86,40	255,75	2129,27	2071,67	41,47
19,70-24,70	1208	237	18	0,48	117,75	391,75	3305,26	3276,43	59,12
24,70-27,70	1280	251	18	0,48	137,75	407,75	3397,26	3305,43	66,12
27,7-INF	1479	290	19	0,48	167,41	495,53	4128,78	4017,17	80,36

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva del modello sismico che ne deriva previa inversione dei dati nei primi 30 metri di profondità. E' stato quindi possibile stimare, tramite la relazione

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum h_i / V_{Si}}$$

in cui  $h_i$  e  $V_{Si}$  indicano lo spessore espresso in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 m superiori, al di sotto del piano di imposta delle strutture di fondazione,

la velocità delle onde VS a 30 metri dal piano campagna ( $V_{S30}$ ) come esplicitamente richiesto dalla normativa vigente:

- Analisi microtremori HVSR  $V_{S30} (1.00-31.00) = 197 \text{ m/s}$
- Indagine geofisica MASW  $V_{S30} (1.00-31.00) = 192 \text{ m/s}$
- Analisi microtremori HVSR pregressa  $V_{S30} (1.00-31.00) = 197 \text{ m/s}$

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 20
---	--	---------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

## 6. RISPOSTA SISMICA LOCALE E STABILITA' DEL SITO

### 6.1 Macrosismicità

Gli studi condotti dall'Istituto Nazionale di Geofisica sul territorio italiano con riferimento ai dati provenienti da tutti i cataloghi sismici disponibili per gli ultimi duemila anni [*Mappa della Massima Intensità Macrosismica Risentita in Italia* – Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento Protezione Civile] indicano che la zona in esame ha testimoniato una intensità macrosismica massima compresa tra VI° e VII° grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg.

La Mappa delle Massime Intensità Macrosismiche osservate nei comuni italiani evidenzia per il territorio in esame il manifestarsi in passato di terremoti con soglie di danno  $\leq 7-8$ .

In tale studio non vengono fornite indicazioni dirette sulla intensità dei terremoti in funzione della loro frequenza probabile, espressa come tempo di ritorno dell'evento tellurico. I

massimi storicamente registrati sono in ogni caso coerenti con quanto indicato dai più recenti studi sulla pericolosità sismica del territorio nazionale, nei quali vengono definiti i seguenti valori degli indicatori di pericolosità con probabilità di non superamento pari al 90% dei casi in 50 anni (G.N.D.T. e S.S. 1999).

Le massime accelerazioni attese al suolo o P.G.A. (Peak Ground Acceleration) attese per il Comune di Cavezzo e previste dalla mappa di Pericolosità Sismica dell'I.N.G.V. – 2004, sono comprese tra **0,150 ÷ 0,175g**.

Per il Comune di Cavezzo, i dati fondamentali del sisma forniti dalla Delibera Assemblea Legislativa (D.A.L.) della Regione Emilia-Romagna n. 112/2007 sono:

- ❖ Magnitudo M: 6.4;
- ❖ Accelerazione di picco al substrato:  $a_g = 0,150g$ .

La rassegna degli eventi sismici non strumentali ritenuti significativi per il territorio in esame, avvenuti negli ultimi 1000 anni, riporta cinque eventi con intensità epicentrale massima tra il sesto e il settimo/ottavo grado della scala MCS, mentre la Magnitudo momento  $M_w$  rilevata è compresa tra 4.56 e 5.61.

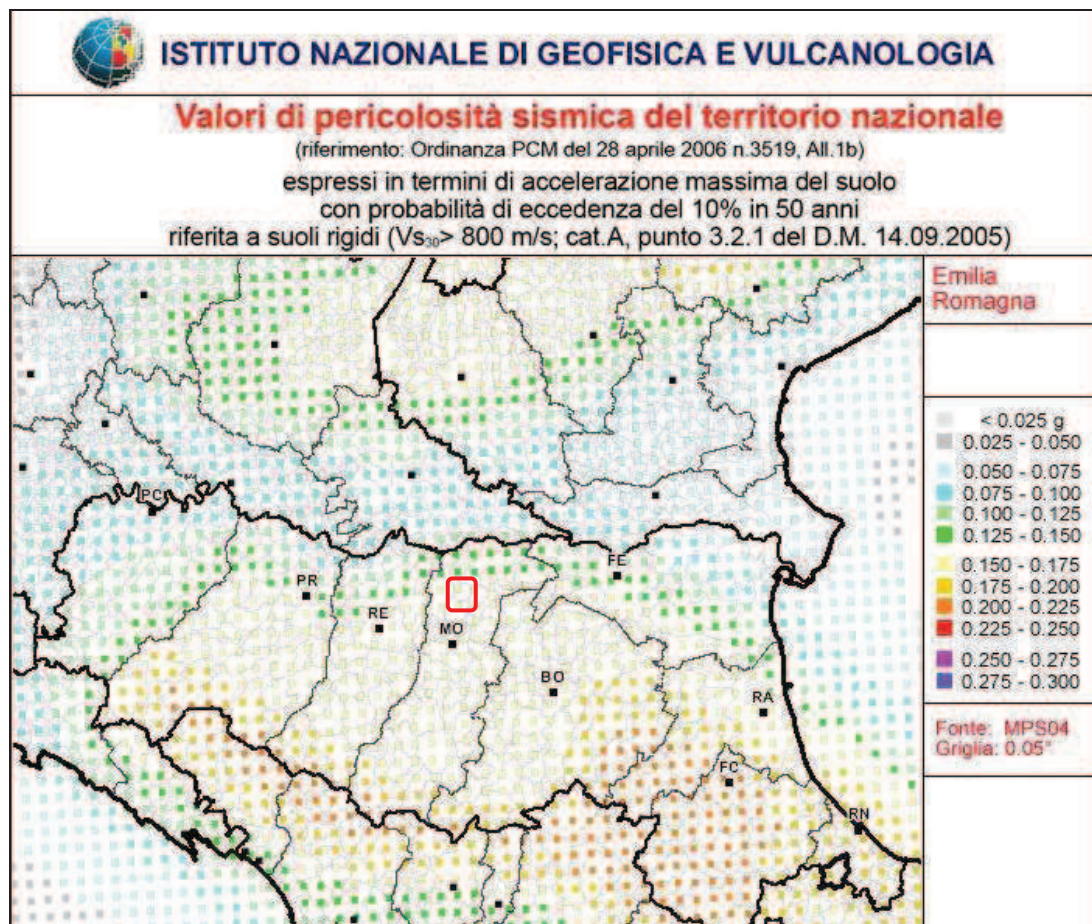
L'intensità al sito massima rilevata è pari a 5-6, in occasione dell'evento sismico registrato nel 1987 con area epicentrale localizzata nel reggiano.

Nel maggio 2012 si è registrato uno sciame sismico con aree epicentrali localizzate presso Finale Emilia e Ferrarese (20 maggio) e Medolla e Basso Modenese (29 Maggio), con intensità al sito compresa tra 5.1 e 6.1. Dall'osservazione della mappa delle aree sismogenetiche dell'Italia settentrionale si evince come il territorio comunale di Medolla ricade all'interno della **zona sismogenetica 912** denominata "*Pieghe emiliane e Dorsale Ferrarese*", la quale costituisce la continuazione sepolta delle strutture appenniniche nell'antistante area di pianura. Dal catalogo dei terremoti, si osserva che gli epicentri degli eventi storici selezionati per

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 21
---	--	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

l'area in esame, ricadono in undici casi (su venticinque terremoti di riferimento) nella zona sismogenetica ZS 912, suddivisi tra il margine appenninico-padano, con Magnitudo M compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e l'arco della dorsale ferrarese, caratterizzato da sismicità frequente ma generalmente di minore energia (Magnitudo < 5,5).



**FIGURA 3 – ESTRATTO DI MAPPA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE**

### Sorgenti sismogenetiche e sequenza sismica del Maggio 2012

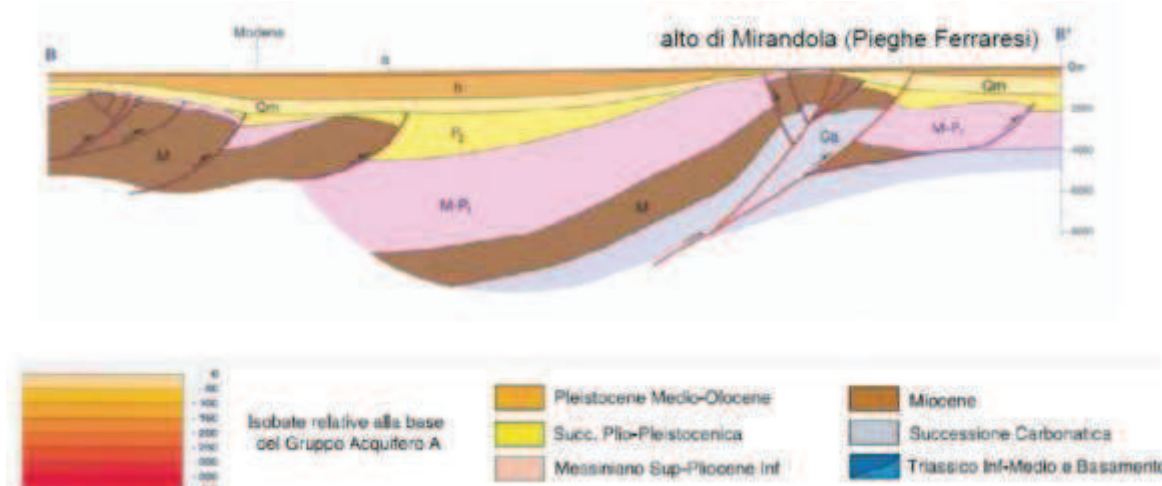
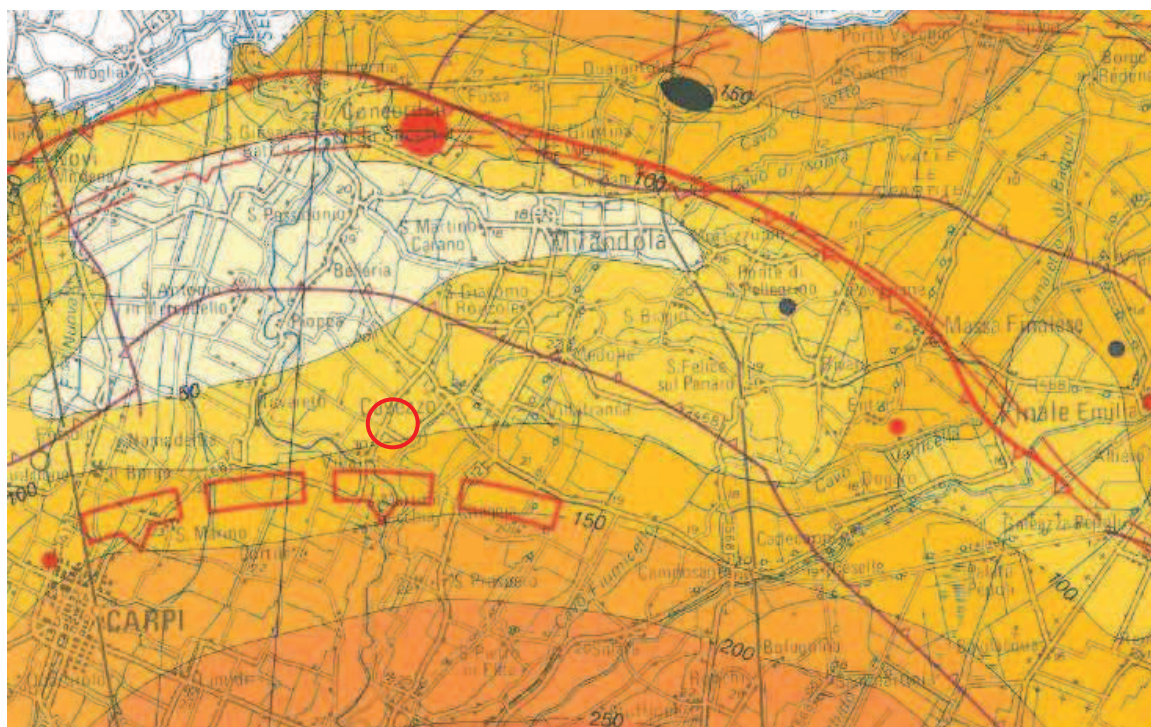
Il territorio in esame si sviluppa nella medio-bassa pianura modenese e risulta compreso nel bacino subsidente pliocenico-quadernario della più estesa Pianura Padana, costituito da un'ampia depressione a stile compressivo, colmata da sedimenti mesozoici, terziari e quadernari. La ricostruzione del substrato profondo evidenzia, nel sottosuolo della pianura emiliano-romagnola, la prosecuzione della catena appenninica in una serie di thrusts, nord vergenti, il cui fronte sepolto corrisponde agli archi di Busseto-Parma-Reggio Emilia e di Reggio-Emilia Correggio, Novi di Modena-Mirandola Bondeno: tra le diverse culminazioni anticlinali si intercalano sinclinali, talora molto accentuate, come quella di Carpi-Bomporto, dove la base del Pliocene, è posta a oltre 6 km di profondità: queste strutture deformative appaiono sigillate in genere dal Pliocene medio-superiore, ma la loro presenza influisce nei depositi soprastanti provocando blende deformazioni e

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 22
---	--	---------



<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

notevole differenziazioni di spessore anche nei depositi tardo pleistocenici ed olocenici. Il sottosuolo dell'area pianiziale di questo settore della pianura modenese, appartiene alla regione delle Pieghe Ferraresi e Pieghe Romagnole che assumono una larghezza equivalente a più di 50 km nell'Emilia orientale ed a 25 km nell'area parmense. Esse rappresentano un elemento strutturale molto complesso (Dorsale Ferrarese), costituita da pieghe, pieghe-faglie e faglie molto inclinate, caratterizzato da un'intensa tettonizzazione che ha determinato un notevole innalzamento del substrato carbonatico mesozoico che, presso Novi (MO) – Camurana (MO) si rinviene già a -215 metri dal p.c.



**FIGURA 4** – SCHEMA GEOLOGICO DI SOTTOSUOLO NEL SETTORE DELLE PIEGHE FERRARESÌ.

*In arancione sono rappresentate le isobate della base del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (SERS). Le aree più chiare sono quelle in cui questa superficie stratigrafica è più superficiale. In rosso è rappresentato il fronte dei sovrascorrimenti. In basso è riportata la sezione geologica attraverso la pianura modenese*

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 23
---	--	---------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica</i>	<i>Novembre 2014</i>

La Dorsale Ferrarese è localizzata nell'area centro-orientale della provincia modenese tra il Fiume Secchia e Ferrara; essa presenta vergenza settentrionale e direzione NO – SE.

Le sue culminazioni principali sono costituite dalle anticlinali di Ficarolo, di Poggio Rusco, di Mirandola ed appunto, Correggio-Novì-Camurana. La peculiarità di questo sistema di pieghe è che costituiscono un alto strutturale del substrato calcareo Mesozoico, con riduzione o assenza dei sovrastanti sedimenti terziari, asportati dall'azione dei processi erosivi legati all'emersione dell'area durante il Pleistocene medio.

A Sud della Dorsale si è impostata una zona a forte subsidenza, denominata Bacino Carpi-Cento" o meglio nota come "Sinclinale di Bologna-Bomporto-Reggio Emilia".

Analizzando le dislocazioni presenti, si ha la riprova che l'area in esame sia stata interessata da tettonica compressiva in quanto ci sono denotate faglie inverse nel fronte della piega a NE e faglie dirette nel fianco opposto a SO, determinate da una fase di rilassamento successiva.

Le dislocazioni verificate riguardano sia le formazioni pre-plioceniche che quelle plioceniche, mentre la copertura quaternaria risulta quasi imperturbata essendo scarsamente interessata da movimenti tettonici.

Le indagini geofisiche e di perforazione eseguite dalla Società Petrolifera Italiana nelle vicinanze (Camurana 1), hanno evidenziato come l'assetto strutturale locale del bacino padano sia caratterizzato da una successione pliocenico-quaternaria, costituita da sabbie e peliti torbidiche di ambiente marino alla base che, verso l'alto, sono seguite da complessi sedimentari fluvio-deltizi, progradanti a loro volta, e coperti al tetto da depositi prevalentemente continentali dovuti alle alluvioni dei fiumi alpini-appenninici.

Dalla Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna, redatta da C.N.R. con la collaborazione del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, si evidenzia come il territorio di Cavezzo sia attraversato nella sua porzione settentrionale da una struttura di sovrascorrimento sepolta, di età Pliocenica-Pleistocenica inferiore, interessata da possibili riattivazioni, tipiche di regime di stress compressivo.

La presenza di detta struttura risulterebbe confermata dai dati sismici e dalla presenza di una fascia di epicentri sismici lungo l'allineamento Finale Emilia – Ponte San Pellegrino – Concordia sulla Secchia – Novi di Modena, con profondità inferiore a 15 km e di magnitudo medio-bassa ( $M \leq 5,5$ ) e, soprattutto, dagli eventi sismici che si sono verificati nel Maggio 2012.

Nell'area di studio la SERS è indicata ad una profondità compresa fra 100 e 150 m. Dall'analisi delle prove eseguite con sismica passiva HVRS risulta che fino alla profondità di circa 110-150 m si registrano aumenti graduali delle velocità di propagazione delle onde sismiche fino a circa 450/500 m/s. La profondità di 110/150 m può essere considerata come la quota del bedrock like.

Il Database DISS (INGV – DISS Working Group, 2010) indica per l'area indagata l'esistenza di una tre sorgenti sismogenetiche, coincidenti con strutture di thrust, denominate rispettivamente:

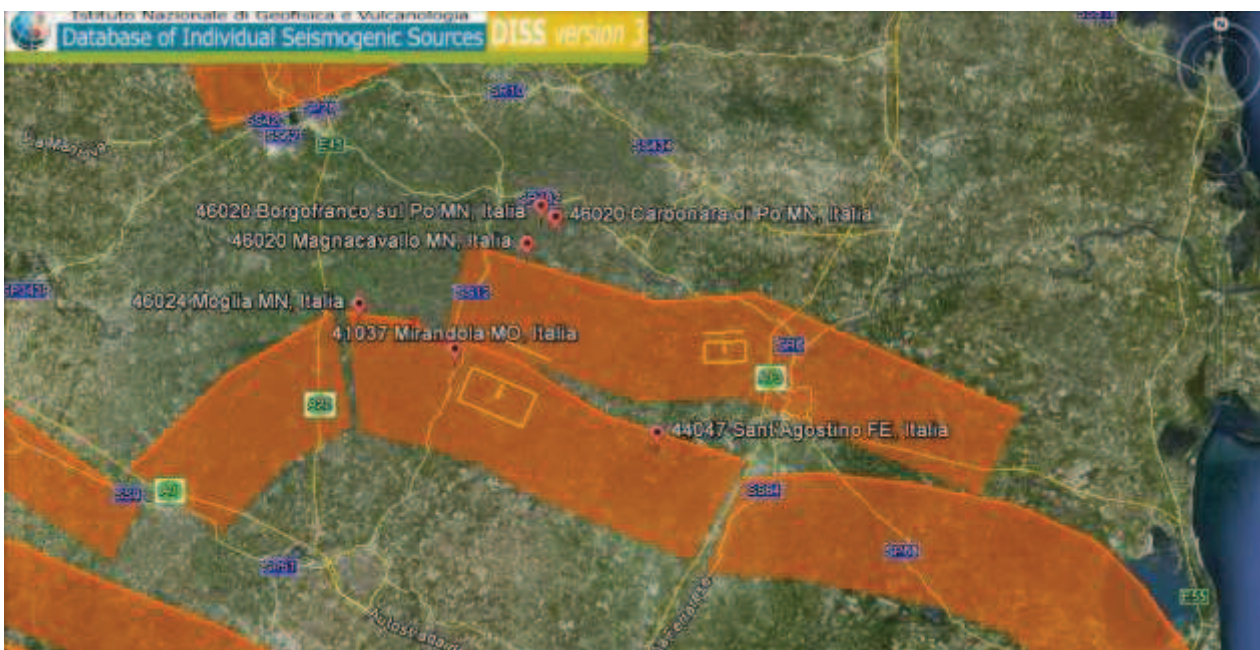
- ITCS051 – Poggio Rusco – Migliarino;

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 24
---	--	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

- ITCS050 – Novi – Poggio Renatico;
- ITIS107 - Mirandola.

Prima della sequenza sismica del 2012, l'esistenza di queste sorgenti sismogenetiche era stata ipotizzata solo su base geologica, a partire dall'osservazione della presenza di anomalie del drenaggio; in particolare, i fiumi Secchie e Panaro vengono prima attratti l'uno verso l'altro nella zona di subsidenza attiva (sinclinale Bologna-Bomporto), posta a sud dell'anticlinale sepolta, e poi divergono quando sono costretti ad attraversare la zona in sollevamento tettonico (anticlinale). La posizione delle zone in sollevamento e subsidenza attiva, indicate dal comportamento del drenaggio, ha aiutato a definire le geometrie delle faglie responsabili del movimento. Le sorgenti sismogenetiche individuali allineate contengono un numero imprecisato di sorgenti sismogenetiche individuali allineate non individuali singolarmente. Alla più meridionale (ITCS050) è attribuita la magnitudo massima della sorgente individuale associata (ITIS107), cioè 5,7; alla più settentrionale (ITCS051) è invece attribuita una magnitudo massima di 5,5 sulla base del più forte terremoto registrato nella regione. Gli studi in corso sulla sequenza sismica emiliana del Maggio 2012, associano, anche sulla base di dati SAR, la scossa del 29 Maggio 2012 alla sorgente individuale ITIS107, che, se pur identificata solo su base geologica, pare corrispondere molto bene, in termini di magnitudo potenziale e altri parametri associati, a quanto osservato strumentalmente.



**FIGURA 5 – LE SORGENTI SIMOGENETICHE DEL DATABASE DISS 3.1**

La scossa del 20 Maggio pare invece da associare alla porzione più profonda della sorgente composta ITCS051. Secondo la zonazione sismogenetica del territorio italiano – ZS9, prodotta dall'Istituto Nazionale

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 25
---	--	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

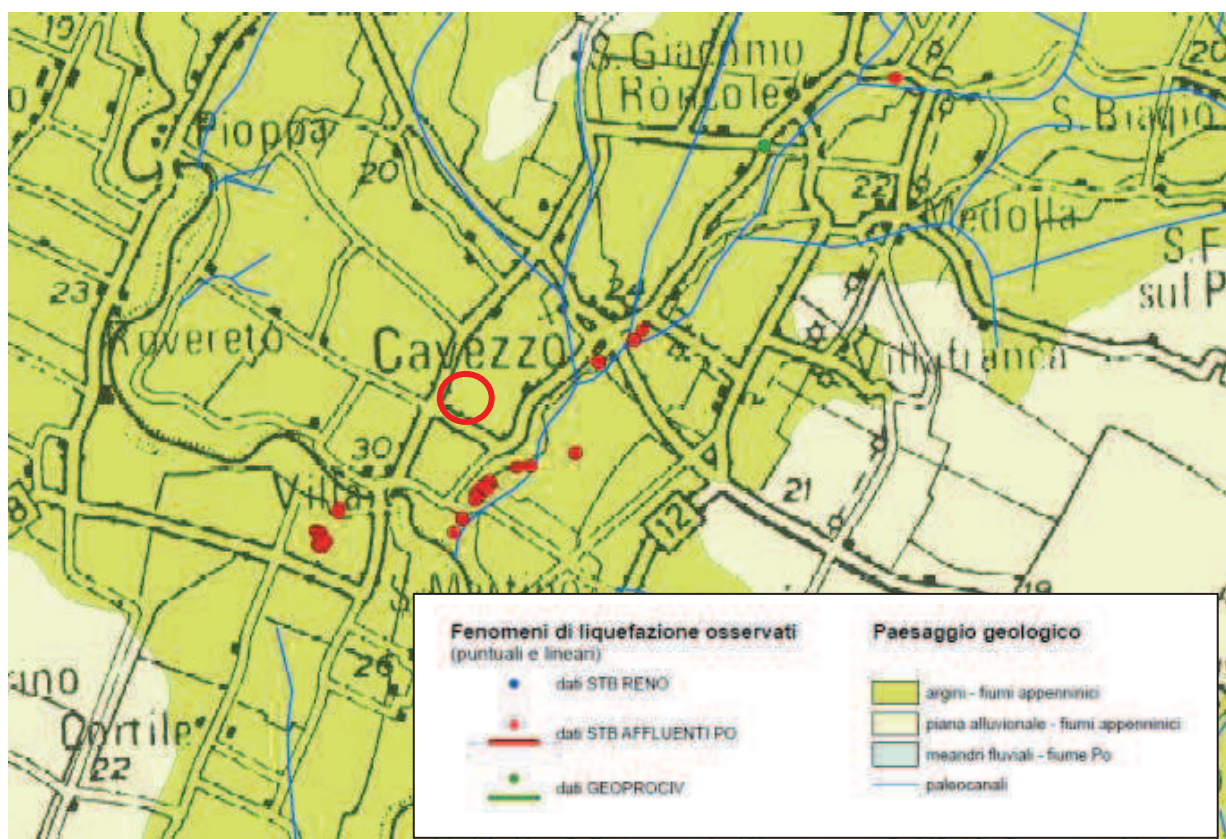
di Geofisica e Vulcanologia (INGV) nel 2004, che rappresenta il riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica nel territorio nazionale, l'area in esame ricade entro la Zona 912, caratterizzata da un valore di  $M_w$  pari a 6,14.

### Effetti di liquefazione della sequenza sismica del Maggio 2012

La scossa del 20 Maggio 2012 ( $M_I = 5.9$ ) e, in misura minore, quella del 29 Maggio ( $M_I = 5.8$ ), hanno causato evidenti fenomeni di liquefazione in prossimità dell'area epicentrale.

I rapporti dei rilievi eseguiti ad oggi disponibili dai tecnici di diversi enti, riportano come tali fenomeni risultino maggiormente evidenti in corrispondenza di paleoalvei fluviali, dove le risalite di sabbie risultano in genere allineate lungo fratture.

La maggiori evidenze si concentrano nei comuni ferraresi lungo il paleoalveo del Fiume Reno, ma per quanto queste siano macroscopiche sul terreno, gli effetti di tali fenomeni sulle costruzioni appaiono tutto sommato ridotti.



**FIGURA 6 – CARTA DEGLI EFFETTI DI LIQUEFAZIONE OSSERVATI DOPO GLI EVENTI SISMICI DEL MAGGIO 2012**

Dalla consultazione dei dati disponibili, per quanto concerne l'area comunale di Cavezzo, sono note alcune evidenze di liquefazione e fratturazione del terreno. In sintesi si evidenziano alcune zone in località Villa

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 26
---	--	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

Motta, altre sparse nelle campagne a sud dell'abitato di Cavezzo distribuite lungo Via Uccivello e Via Don Luigi Borsari, ed in alcune aree verdi e parchi nell'abitato di Cavezzo, tutte evidenze riscontrate in corrispondenza di un paleocanale del Secchia, attualmente occupato dal Cavo Canalino, tutt'ora tombinato nell'abitato.

In considerazione dell'estrema vicinanza all'area epicentrale e delle accelerazioni di picco registrate, gli effetti di liquefazione nel Comune di Cavezzo appaiono tutto sommato assai ridotti.

Le ragioni principali possono essere ritenute che a Cavezzo, rispetto alle altre zone in cui si sono registrati effetti molto superiori, i depositi sabbiosi si rinvencono in banchi non particolarmente spessi, intercalati talora da depositi coesivi e sono, appunto, caratterizzati da una maggiore percentuale di fine (FC).

## 6.2 Analisi della risposta sismica locale

### Definizione delle $V_{s30}$ e della "categoria di sottosuolo"

Dalla ricostruzione del quadro geofisico emerso dal seguente studio, si ritiene opportuno inserire il sito in oggetto di studio nella **Categoria C**

*"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 e 360 m/s".*

### Amplificazione topografica

Gli effetti topografici possono essere trascurati in quanto la superficie topografica, poiché il sito è ubicato in una ampia area pianeggiante, può essere classificata come appartenente alla

#### categoria T1:

*"Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ "*

Per tale categoria si assume quale valore del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T = 1,0$ .

### Coefficienti di amplificazione sismica

Per la determinazione dei coefficienti di amplificazione sismica ci si è avvalsi delle tabelle e delle formule contenute nell'Allegato 2 della Delibera dell'Assemblea legislativa n. 112 – Oggetto n. 3121 del 2 Maggio 2007, le quali permettono di calcolare i fattori di amplificazione rispetto ad un suolo di riferimento.

Tali fattori espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale  $PGA/PGA_0$ , sia di rapporto di Intensità Housner  $SI/SI_0$ , per prefissati intervalli di periodi, dove  $PGA_0$  e  $SI_0$  sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'intensità di Housner al suolo di riferimento, definiti in ogni comune, ricavabili dal database regionale e  $PGA$  e  $SI$  sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie dei siti esaminati.

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 27
---	--	---------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

- $PGA/PGA_0 = 1,70$
- $SI/SI_0 = 1,90 \quad 0,1s < T_0 < 0,5 s$
- $SI/SI_0 = 2,60 \quad 0,5s < T_0 < 1,0 s$

La tabella cui ci si riferisce fa riferimento ad una pianura caratterizzata da profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato poco profondo ( $\leq 100-120$  metri da p.c.) (PIANURA 1).

**Amplificazione stratigrafica:** Tenuto conto dell'accelerazione al suolo di riferimento (0,150g) (Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica, 2007 – Allegato A4 tab.2), del coefficiente di amplificazione stratigrafico (1,70), definito dal Piano della Ricostruzione del Comune di Cavezzo e del coefficiente topografico (1,0), **l'accelerazione alla sommità del deposito** (o accelerazione massima orizzontale al suolo) risulta:

$$a_{MAX(g)}=0,255g$$

#### Pericolosità sismica locale – Effetti di sito

Per la valutazione della pericolosità derivante dalla sollecitazione sismica, vengono analizzati sia la presenza di eventuali situazioni di pericolosità indotte dai fattori locali quali quelli geologici, geomorfologici, sia di discontinuità tettoniche presenti nell'area che possono amplificare le vibrazioni sismiche esaltandone gli effetti.

L'indagine è mirata a definire se esistono condizioni per un'esaltazione degli effetti di un'onda sismica a causa della presenza di una o più delle seguenti condizioni:

- presenza di faglie o fratture maggiori collegate alle faglie principali, quindi rottura di faglia in superficie;
- instabilità di pendii nei confronti dell'azione sismica;
- linee di cresta marcate o bruschi cambiamenti di pendenza, come bordi di terrazzi fluviali o cigli di scarpate naturali e artificiali o nicchie di distacco di frane;
- contatti geologici, stratigrafici o strutturali che mettano a contatto terreni a differente risposta sismica;
- presenza di coltre detritiche sui versanti;
- vicinanze a scarpate di grande altezza soggette a fenomeni di crollo o rotolamento di blocchi rocciosi;
- presenza di falda freatica a profondità inferiore a 15 metri dal p.c. con sottosuolo costituito da terreni granulari specie se a scarsa assortimento granulometrico; problemi di liquefazione;
- eccessivo addensamento in caso di terremoto.

L'area in oggetto di studio è posta a distanza di sicurezza dai lineamenti tettonici classificati come "faglie capaci", cioè potenzialmente in grado di creare deformazioni in superficie (database "Ithaca" da

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 28
---	--	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

[www.apat.gov.it](http://www.apat.gov.it)). Le strutture che sono più vicine e, pertanto, possono influenzare maggiormente la sismicità del sito, sono le seguenti:

- sovrascorrimento di San Felice sul Panaro (codice 93761), con lunghezza di 20 km e profondità 4 km, facente parte del sistema di dislocazioni tettoniche denominato Modena Arc, sede di possibili eventi sismici di magnitudo massima di  $M_w$  6,6;
- faglia inversa di Mirandola (codice 90815), con lunghezza di 17 km e profondità 0 km, facente parte del sistema di dislocazioni tettoniche denominato Modena Arc, sede di possibili eventi sismici di magnitudo massima di  $M_w$  6,5;
- faglia normale di Massa Finalese (codice 93758), con lunghezza di 1 km e profondità 0 km, facente parte del sistema di dislocazioni tettoniche denominato Modena Arc, sede di possibili eventi sismici di magnitudo massima di  $M_w$  5,1).

I principali effetti dei sismi riconducibili alla natura del sito e dei terreni sono funzione della composizione granulometrica, dell'addensamento dei depositi nonché dalla profondità della falda acquifera.

Per zone con caratteristiche analoghe a quella indagata, i principali fenomeni potenzialmente collegati ad un sisma sono:

- la *liquefazione* dei terreni incoerenti fini saturi;
- la *densificazione* dei depositi granulari sciolti asciutti;
- *cedimenti* anche differenziali dei terreni coesivi, limo-argillosi.

### Valutazione del potenziale di liquefazione

Sulla base di quanto contenuto nelle recenti carte di microzonazione sismica di primo livello "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica" (MOPS) redatta dalla regione Emilia-Romagna, per la quale l'area di studio rientra in zona L : "Aree potenzialmente suscettibili di liquefazione: occorre valutare il fattore di amplificazione e verificare la presenza di condizioni predisponesti la liquefazione: nel caso sia confermata la presenza di tali condizioni occorre stimare l'indice di liquefazione (terzo livello di approfondimento)".

Ai fini della progettazione (NTC 2008) nelle aree in cui è confermata la presenza di condizioni predisponesti la liquefazione (categoria di sottosuolo S2) non è ammessa la definizione dell'azione sismica tramite l'approccio semplificato descritto al punto 3.2.2 delle NTC 2008, e, dalla "Carta dei fattori di amplificazione e del rischio di liquefazione" redatta dalla Regione Emilia-Romagna, per la quale la zona di studio ricade nella fascia di transizione tra le zone classificate LQ1 "presenza di terreni suscettibili di liquefazione già nei primi 10 metri dal piano campagna" e LQ2 "presenza di terreni suscettibili di liquefazione tra 10 e 20 metri dal piano campagna", pur tuttavia evidenziando che le indagini in sito eseguite abbiano evidenziato nel

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 29
---	--	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

comparto indagato, l'assenza, fino alla profondità di 30 metri, di depositi costituiti da sabbie sature, aventi un comportamento meccanico granulare/incoerente. (N.T.C. 7.11.3.4), occorre fare una valutazione preventiva del potenziale rischio liquefazione dei terreni riscontrati in sito.



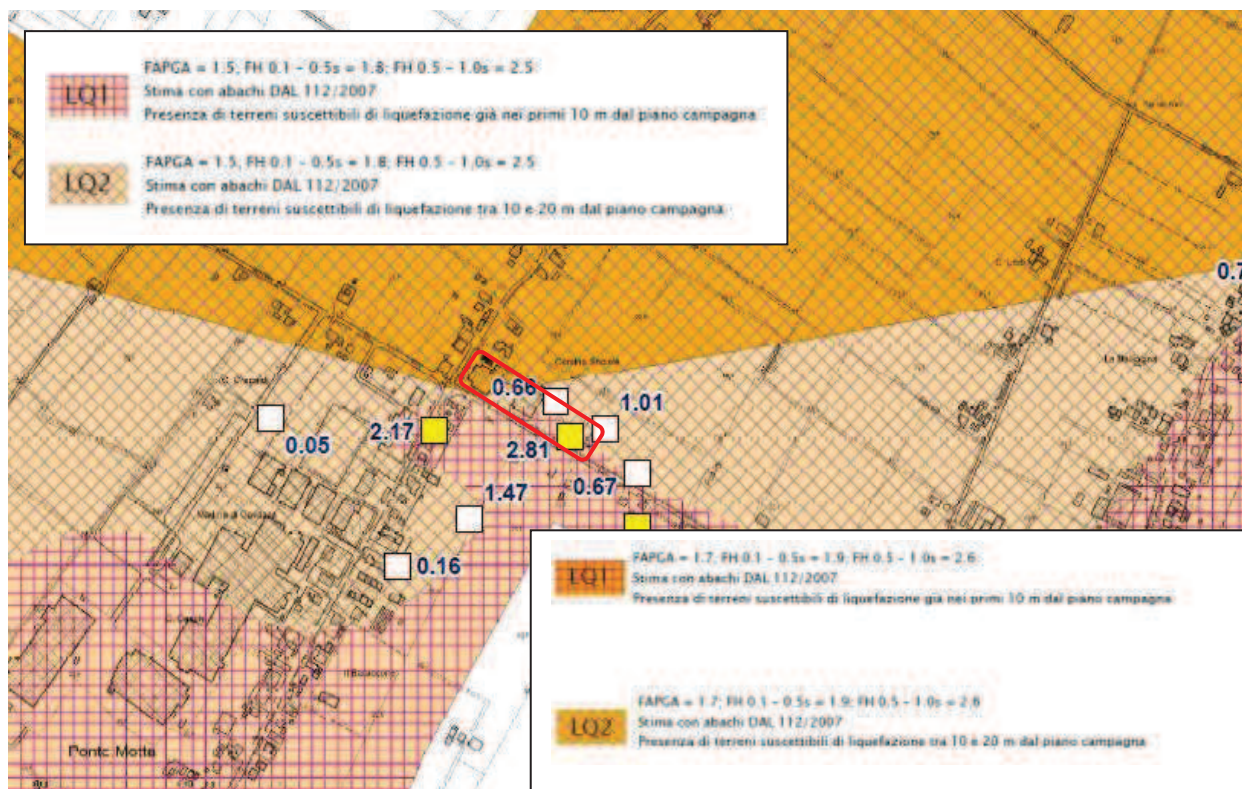
- A** Zona suscettibile di amplificazione.  
E' ritenuta sufficiente la stima del fattore di amplificazione tramite procedure semplificate.  
(secondo livello di approfondimento)
- A** Ambito non interessato dallo studio di microzonazione sismica
- L** Zona potenzialmente suscettibile di liquefazione.  
Occorre valutare il fattore di amplificazione e verificare la presenza di condizioni predisponenti la liquefazione; nel caso sia confermata la presenza di tali condizioni occorre stimare l'indice di liquefazione (terzo livello di approfondimento).  
Ai fini della progettazione (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008), nelle aree in cui è confermata la presenza di condizioni predisponenti la liquefazione (categoria di sottosuolo S2) non è ammessa la definizione dell'azione sismica tramite l'approccio semplificato descritto al punto 3.2.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008.
- L** Ambito non interessato dallo studio di microzonazione sismica

**FIGURA 7** – CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA MOPS (REGIONE EMILIA-ROMAGNA)

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 30
---	--	---------



<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014



**FIGURA 8** – CARTA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE E DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE (REGIONE EMILIA-ROMAGNA)

Nella carta del rischio sismico “Carta delle aree suscettibili di effetti locali” elaborata per il Nuovo P.T.C.P approvato dalla Provincia di Modena con atto D.C.P. n.46 del 18/03/2009, l’area di studio ricade in zona 7 “aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione. Gli studi richiesti per un approfondimento di III livello sono: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi”.

Come indicato nella DAL n. 112/2007, tra i metodi semplificati sono raccomandati quelli basati su prove CPT e tra questi in particolare il metodo di Robertson e Wride (1998) e Idriss & Boulanger (2008).

Per il presente studio sono state quindi realizzate le verifiche della propensione alla liquefazione e dei cedimenti potenziali indotti da sisma sulle verticali delle prove penetrometriche statiche eseguite. Per i calcoli è stato utilizzato il programma “Cliq 1.7” della Geologismiki Geotechnical Software, sviluppato in collaborazione con il Prof. Peter Robertson. L’algoritmo di calcolo utilizzato si basa sul metodo di Robertson e Wride (1998), recentemente aggiornato dallo stesso P.K. Robertson (2009-2010) e sul metodo di Idriss & Boulanger (2008). Le analisi eseguite seguono le procedure di riferimento dettate dall’NCEER. Lo stesso software esegue il calcolo dei cedimenti attesi secondo il metodo proposto da Zhang ed al. (2002), calcolando per tutti i livelli che hanno un fattore di sicurezza inferiore a 2.

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 31
---	--	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014



<b>7</b>	<p><b>Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione</b>  <u>studi</u>*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi;  <u>microzonazione sismica</u>*: approfondimenti di III livello.</p>
<b>8</b>	<p><b>Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti</b>  <u>studi</u>*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi;  <u>microzonazione sismica</u>*: sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti.</p>

**FIGURA 9** – ESTRATTO DI CARTA DEL RISCHIO SISMICO: AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI (PTCP 2008)

Il potenziale di liquefazione si ottiene eseguendo il calcolo del fattore di sicurezza  $FS_L$ , definito dal rapporto CRR su CSR.

Le metodologie utilizzate permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso il confronto tra le caratteristiche granulometriche e di addensamento del deposito, espresse dai valori della resistenza penetrometrica  $q_c$  normalizzati con lo sforzo tagliante indotto dal sisma (CRR e CSR), ottenuti mediante le seguenti relazioni:

$$CSR = 0,65 \cdot (a_{max}) / (g) \cdot (\sigma_{vo} / \sigma_{vo}') \cdot r_d \cdot 1 / (MSF \cdot K\sigma)$$

dove:  $a_{max}$  = accelerazione sismica di picco al piano campagna;

$g$  = accelerazione di gravità;

$\sigma_{vo}$  = pressione verticale totale alla profondità  $z$  dal p.c.;

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 32
---	--	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

$\sigma_{vo}$  = pressione verticale efficace alla profondità z da p.c.;

$r_d$  = fattore di riduzione delle tensioni alla profondità interessata;

**MSF** = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma;

**K $\sigma$**  = coefficiente correttivo funzione delle tensioni efficaci alla profondità interessata.

### Metodo di Robertson & Wride (1998)

$$CRR_{7.5} = 0,833 \cdot [(q_{c1N})_{cs} / 1000] + 0,05 \quad q_{c1N} \leq 50$$

$$CRR_{7.5} = 93 \cdot [(q_{c1N})_{cs} / 1000]^3 + 0,08 \quad 50 \leq q_{c1N} \leq 160$$

dove:  $(q_{c1N})_{cs}$  = resistenza penetrometrica statica normalizzata e corretta per l'influenza del contenuto in fini.

### Metodo di Idriss & Boulanger (2008)

Il valore di MSF è calcolato sulla base della relazione (Idriss & Boulanger):

$$MSF = 6,9 \exp(-M/4) - 0,058$$

Dal valore di  $(q_{c1N})_{cs}$  è possibile ottenere la resistenza alla liquefazione, per eventi sismici di magnitudo di momento pari a  $M=7.5$ , mediante la seguente espressione valida per sabbie pulite.

$$CRR = \exp \cdot [(q_{c1N}/540) + (q_{c1N}/67)^2 - (q_{c1N}/80)^3 + (q_{c1N}/114)^4 - 3]$$

dove:  $(q_{c1N})_{cs}$  = resistenza penetrometrica statica normalizzata e corretta per l'influenza del contenuto in fini.

Il fattore di sicurezza alla liquefazione  $FS_L$  è definito dal rapporto CRR su CSR:

$$FS_L = CRR \cdot MSF / CSR$$

La liquefazione è in relazione al fattore di sicurezza nel seguente modo:

- $FS_L > 1,25$                     **liquefazione assente**
- $1,0 < FS_L < 1,25$            **liquefazione possibile**
- $FS_L < 1,00$                    **liquefazione molto probabile**

I parametri di input sono stati scelti in maniera ragionata sulla base delle conoscenze acquisite, in modo da risultare i più cautelativi possibili:

- $M_w = 6,14$  ( $M_{w_{max}}$  Zona 912 di ZS9, come suggerito dagli ICMS);

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 33
---	--	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

- $a_{max} = 0,30g$ ;

**Le verifiche sono state eseguite con l'accelerazione massima misurata in superficie nell'evento del 29 Maggio 2012 e riportata nelle mappe di scuotimento dell'INGV pari a:  $a_{max}$  in superficie (g) = 0.30g.**

Magnitudo momento definita sulla base della recente crisi sismica del Maggio 2012 con epicentro Finale Emilia e Medolla:  $M_w = 6.10$  ( anno 2012).

- quota piezometrica misurata: posta a 2,00 m da p.c.;
- quota piezometrica da sisma: posta sempre a -1,00 m da p.c.

Per il dettaglio delle verifiche eseguite si rimanda negli allegati, in cui sono riportati i report del software per i quali sono indicati i parametri di input utilizzati e sono rappresentati in forma grafica gli andamenti con la profondità del fattore o sicurezza, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi per la prova penetrometrica eseguita nel mese di Novembre 2014 e su quelle pregresse eseguite sul medesimo comparto.

Al termine della procedura è stato valutato l'indice del potenziale di liquefazione  $I_L$  (Sonmez, 1982) che viene così definito dalla seguente relazione:

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz$$

in cui  $z$  è la profondità dal piano campagna in metri e  $w(z) = 10 - 0.5z$ ; ad una data quota  $z$  il fattore  $F(z) = F$  vale:

$$F = 1 - F_L \text{ se } F_L \leq 1.0$$

$$F = 0 \text{ se } F_L > 1.0$$

dove  $F_L$  è il fattore di sicurezza alla liquefazione alla quota considerata.

Le categorie individuate dalla presente metodologia sono le seguenti:

$$0 < I_L \leq 5 \rightarrow \text{Rischio di liquefazione "basso"}$$

$$5 < I_L \leq 15 \rightarrow \text{Rischio di liquefazione "elevato"}$$

$$I_L > 15 \rightarrow \text{Rischio di liquefazione "estremamente elevato"}$$

Nella tabella seguente vengono riepilogati le risultanze delle verifiche eseguite:

Verticale d'indagine	Rischio di liquefazione $I_L$ Robertson e Wride (1998)	Rischio di liquefazione $I_L$ Idriss & Boulanger (2008)
CPT1 – 30 m (Novembre 2014)	1,24	1,89
CPT1 – 20 m (Luglio 2012)	0,72	0,87
CPT3 – 20 m (Luglio 2012)	0,95	1,18

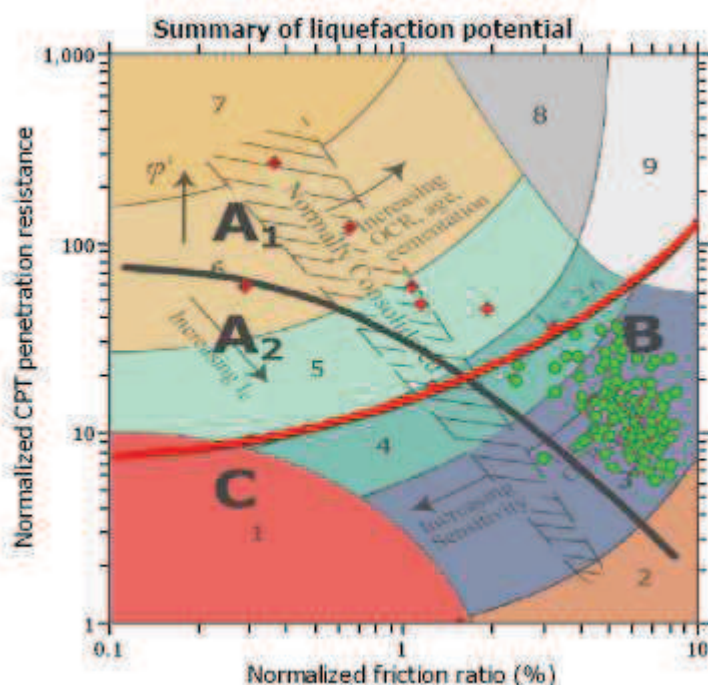
STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 34
---	--	---------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

Pertanto, nelle verticali indagate il rischio di liquefazione è risultato  $I_L < 2,50$ ) e, pertanto, risulta **molto basso**.

### Cedimenti post sismici

In condizioni di sisma vi possono essere effetti di "riordino" dei sedimenti, con possibilità di cedimenti significativi e che possono coinvolgere sia i depositi granulari poco addensati e recenti (olocenici), sia i sedimenti fini poco coesivi. Nell'ultimo decennio sono state elaborate procedure di stima delle potenziali deformazioni post-sisma anche nei sedimenti fini (limi e argille a comportamento "non drenato"), provocate da perdite di resistenza. Quest'ultimo fenomeno è noto con il termine "cyclic softening" (Idriss & Boulanger, 2004-2007). Per la stima dei cedimenti post sisma, si è proceduto alla verifica basata sulla classificazione di comportamento di tutti i terreni proposta da Robertson (1990; 2009).



<p>Zone A<sub>1</sub>: Cyclic liquefaction likely depending on size and duration of cyclic loading  Zone A<sub>2</sub>: Cyclic liquefaction and strength loss likely depending on loading and ground geometry  Zone B: Liquefaction and post-earthquake strength loss unlikely, check cyclic softening  Zone C: Cyclic liquefaction and strength loss possible depending on soil plasticity, brittleness/sensitivity, strain to peak undrained strength and ground geometry</p>
---

### RISULTANZE INDAGINI PENETROMETRICHE - CLASSIFICAZIONE DI P.K. ROBERTSON (2009)

La figura propone il diagramma (Q<sub>tn</sub>-F) di classificazione nel quale si distinguono le zone di potenziale liquefazione e/o di "cyclic softening". Le zone A1 e A2 corrispondono ai sedimenti di bassa coesione

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 35
---	--	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

attribuibili a comportamento granulare e suscettibili di liquefazione ciclica, in particolare i sedimenti che ricadono nella zona A2 risultano più suscettibili a perdite anche significative di resistenza in caso di sisma; le Zone B e C ( $I_c > 2,6$ ) corrispondono invece ai terreni coesivi a comportamento argilloso ed entrambi sensibili a "cyclic softening", in particolare i sedimenti che ricadono nella zona C risultano più suscettibili a perdite di resistenza post-sisma. Limi non plastici saturi spesso cadono nella zona C, tuttavia, il loro CRR è fortemente controllato dalla coesione non drenata  $c_u$ .

Nella medesima figura è riportato, inoltre, il plottaggio dei risultati dell'indagine CPT: si evince che i sedimenti a comportamento granulare ( $I_c > 2,60$ ) (**poche letture**), si distribuiscono in parte nel campo A1 (sabbie pulite e sabbie limose) e in parte nel campo A2 (miscela di sabbie – da sabbie limose e limi sabbiosi). I depositi fini ricadono quasi esclusivamente nella zona B.

Considerando che la verifica ha tenuto conto di un livello piezometrico in caso di sisma pari a -1 m, l'analisi è stata impostata sia sulle tessiture granulari, sia su quelle fini, in condizioni sature.

### **Cedimenti post-sismici in terreni granulari**

Nei sedimenti saturi a comportamento granulare, in particolare, si è proceduto alla stima automatica dei cedimenti utilizzando la recente procedura di Robertson (2009).

L'approccio si basa sulla valutazione delle deformazioni volumetriche post-cicliche e calcola i cedimenti sulla base dell'entità del fattore di sicurezza alla liquefazione FL calcolato (se  $< 2,00$ ) e sulla base degli esiti di densità relativa  $D_r$  desunti dalle resistenze di punta ( $q_{c1N}$ ) $_{cs}$ , in accordo con le correlazioni per le stime dei cedimenti di post-liquefazione nelle sabbie sature da prove CPT proposte da Zhang et Al. (2007).

I risultati cumulativi dei cedimenti indotti da sisma sono anch'essi stati calcolati attraverso il software Clig v. 1.7.5.27 della Geologismiki Geotechnical Software e riportati graficamente in allegato: in sintesi, si è ottenuto in valore del cedimento post sismico in terreni granulari saturi compresi tra pari a **2,34 cm e 3,56 cm**, in linea con i valori ottenuti mediante le verifiche condotte sulle verticali pregresse, compresi tra 0,66 e 3,30 cm.

### **Cedimenti post-sismici in terreni coesivi**

Per i sedimenti fini coesivi a comportamento fine (zone B e C), il cedimento è causato principalmente da fenomeni di riconsolidazione conseguenti alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto e al manifestarsi di deformazioni da taglio indotte dalle sollecitazioni cicliche.

Generalmente, le deformazioni di riconsolidazione post-sisma sono ritenute molto più piccole di quelle osservate nei sedimenti granulari ed i cedimenti rilevati in seguito a sismi recenti (Loma Prieta; Chi-Chi; Kocaeli) risultano statisticamente modesti anche per potenti intervalli di depositi di argille compressibili (Boulanger and Idriss, 2007). Nella letteratura scientifica si reputa che le deformazioni volumetriche medie di strati a grana fine siano contenute entro l'1%. Inoltre, in riferimento al verificarsi di eventuali

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 36
---	--	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

problematiche legate alla compressibilità dei livelli coesivi superficiali, argillosi e argilloso-limosi, caratterizzati da permeabilità da molto bassa a praticamente nulla, si fa notare come la dissipazione delle pressioni interstiziali indotte dal passaggio dell'onda sismica, avvenga in tempi sicuramente più lunghi rispetto alla breve durata di un sisma. Tuttavia, essendo presenti tra i terreni superficiali di natura coesiva livelli di consistenza da soffice a plastica, moderatamente compressibili se ritenuto opportuno produrre una valutazione dei cedimenti post sismici nei terreni compresi fra -1.00 m di quota e -10.00 m; lo spessore dello strato indagato è quindi di 900 cm.

A tale scopo è stata utilizzata la seguente formula (DAL 112/2007):

$$\Delta H = \varepsilon_{VR} * H$$

dove: H = altezza dello strato;

$\varepsilon_{VR}$  (%) = deformazione volumetrica post-ciclica, calcolabile nel seguente modo:

$$\varepsilon_{vr} = \frac{\alpha C_r}{1 + e_0} \log \left( \frac{1}{1 - \frac{\Delta u}{\sigma'_0}} \right)$$

dove:  $\alpha$  = costante sperimentale in prima approssimazione uguale a 1,0;

$C_r$  = indice di riconsolidazione post-ciclica = 0,225  $C_c$ ,

$C_c$  = indice di compressione ottenuto mediante la relazione  $C_c = 0,0348 + 0,0162 I_p$ ;

$e_0$  = indice dei vuoti iniziale, ottenuto dalla relazione  $C_c = 0,40 (e - 0,25)$ ;

$\Delta u/\sigma'_0$  = rapporto di pressione interstiziale.

Nei calcoli sono stati assunti valori prudenziali ricavati dalla letteratura geotecnica. In particolare è stato posto:

$C_c = 0,2778 \div 0,2940$  ipotizzando un IP = 15÷16%;

$C_r = 0,00625 \div 0,06615$ ;

$e_0 = 0,944 \div 0,985$ ;

$\Delta u/\sigma'_0$  = valutato con riferimento al grafico di figura 3 dell'Atto di indirizzo regionale, pari a 0,20.

TABELLA 1 – CEDIMENTI PERMANENTI POST-SISMICI TERRENI COESIVI

	Profondità [m]	Spessore strato [cm]	$C_r$	$e_0$	$\Delta u/\sigma'_0$	$\varepsilon_{VR}$ (%)	$\Delta H$ [cm]
<b>CPT1</b>	1,00-10,00	900	0,064	0,96	0,20	0,0032	2,88
Cedimento totale							<b>2,88</b>

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 37
---	--	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

## 7. CONCLUSIONI

Nell'area di trasformazione urbanistica denominata "Area Acetum", ubicata in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO), a supporto della pianificazione territoriale finalizzata alla prevenzione e riduzione del rischio sismico, come da quanto contenuto nell'Atto di Indirizzo R.E.R. ai sensi della L.R. 20/2000 Delibera n.112 del 02/05/2007, è stata eseguita un'Analisi della Risposta Sismica Locale dei depositi e delle morfologie presenti nel comparto indagato.

Dall'analisi delle indagini geofisiche profonde, eseguite con sismica passiva HVRS (analisi dei microtremori) risulta che fino alla profondità di circa 110-145 m si registrano aumenti graduali delle velocità di propagazione delle onde sismiche fino a circa 450/500 m/s. Pertanto, la profondità di 110/150 m può essere considerata come la quota del bedrock sismico like.

Tali indagini, associate all'esecuzione di una MASW, hanno evidenziato valori della  $V_{S30}$  compresi tra 192 m/s e 197 m/s (< 200 m/s), e, pertanto, dalla ricostruzione del quadro geofisico, si ritiene opportuno inserire il sito in oggetto di studio nella **Categoria C** "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S30}$  compresi tra 180 e 360 m/s".

Dal quadro emerso, ai sensi dell'Allegato 2 della Delibera dell'Assemblea legislativa n. 112 – Oggetto n. 3121 del 2 Maggio 2007, è possibile inserire il profilo sismostratigrafico nella tabella cui fa riferimento ad "una pianura caratterizzata da profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato poco profondo (<100-120 metri da p.c.) (PIANURA 1)".

Per tale quadro, i coefficienti di amplificazione sono i seguenti:

- $PGA/PGA_0 = 1,70$
- $SI/SI_0 = 1,90 \quad 0,1s < T_0 < 0,5 s$
- $SI/SI_0 = 2,60 \quad 0,5s < T_0 < 1,0 s$

Pertanto, il **coefficiente di amplificazione sismica**  $Fa PGA/PGA_0$ , è pari a **1,70**.

Tenuto conto dell'accelerazione al suolo di riferimento (0,150g) (Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica, 2007 – Allegato A4 tab.2), del coefficiente di amplificazione stratigrafico (1,70), **l'accelerazione alla sommità del deposito** (o accelerazione massima orizzontale al suolo) risulta:

$$a_{MAX(g)}=0,255g$$

Ai sensi dell'Allegato 3 della Delibera dell'Assemblea legislativa n. 112 – Oggetto n. 3121 del 2 Maggio 2007, si è ritenuto di poter omettere l'analisi quantitativa sulla Risposta Sismica Locale, in quanto già gli

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 38
---	--	---------



<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

studi di microzonazione sismica di II livello hanno fornito la possibilità di stimare per il sito indagato il valore di  $a_{MAX(g)}$  pari a **0,255g**.

Le analisi per la definizione del rischio del verificarsi di fenomeni di liquefazione, condotte con procedure definite "metodi semplificati", hanno evidenziato la presenza di depositi prevalentemente a comportamento geotecnico coesivo, che esclude di per sé, la possibilità del verificarsi di fenomeni di liquefazione in occasione di eventi sismici.

Le verifiche eseguite, hanno evidenziato valori dell'**Indice del potenziale di liquefazione  $I_L$  molto basso**, sempre **<2,00**.

A tal proposito, si segnala che le Norme Tecniche per la Riduzione del Rischio Sismico contenute nel Piano della Ricostruzione (L.R. 16/2012), approvato con Atto di C.C. n. 51 del 7/5/2014, nell'articolo 3, comma 4 si legge che "*Aree NON ricomprese negli sviluppi: In tali aree, preventivamente ad ogni trasformazione urbanistico - edilizia da realizzarsi, deve essere effettuata l'analisi di suscettività alla liquefazione e, in caso di esito positivo delle verifiche (se l'indice di liquefazione  $I_L$  risulterà pari o superiore a 2), anche la stima dei cedimenti post-sismici.*

*Per la stima dell'azione sismica per la progettazione se è confermato il rischio di liquefazione ( $I_L \geq 2$ ) non è ammesso l'approccio semplificato a meno che non vengano effettuati interventi di consolidamento che riducano il rischio di liquefazione ( $I_L < 2$ )".*

GEOLOGO

FRANCESCO GABRIELLI



STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 39
---	--	---------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica</i>	<i>Novembre 2014</i>

---

## APPENDICE DOCUMENTALE

---

### RISULTATI E CERTIFICATI DELLE INDAGINI GEOFISICHE

TAV. 1 - Planimetria generale – stato di progetto: ubicazione indagini in sito

Report Prove Penetrometriche

Report Indagine microtremori

Report Indagine Masw

Report verifica alla liquefazione

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 40
---	--	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014



- PROVA PENETROMETRICA CPT
- ⊘ INDAGINE GEOFISICA PASSIVA TR
- ↔ INDAGINE GEOFISICA MASW

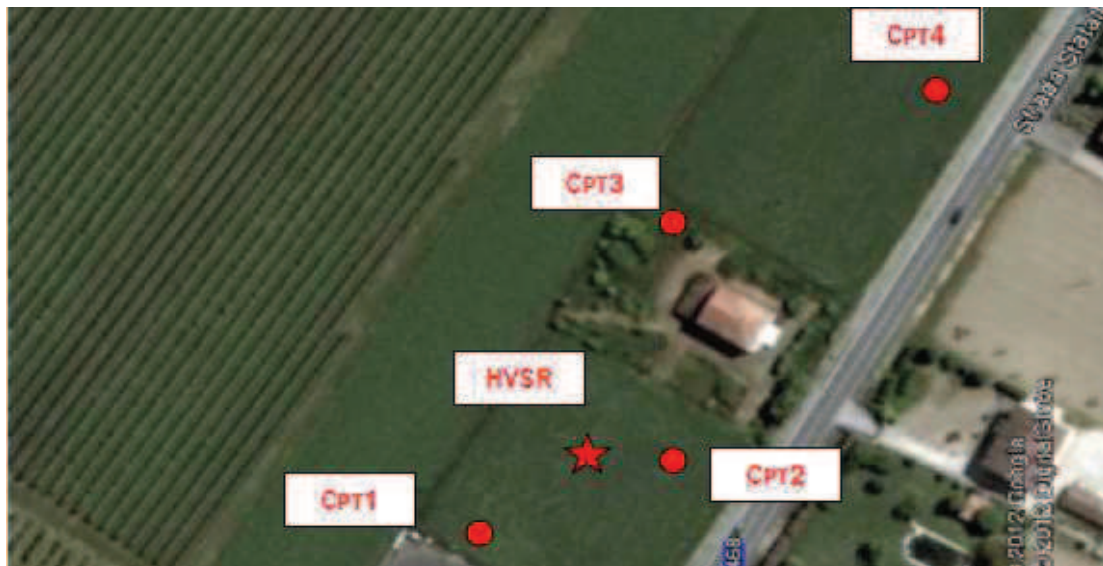


TAVOLA N. 1

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 41
---	--	---------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica</i>	<i>Novembre 2014</i>

## REPORT PROVA PENETROMETRICA CPT1

### Novembre 2014

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 42
---	--	---------



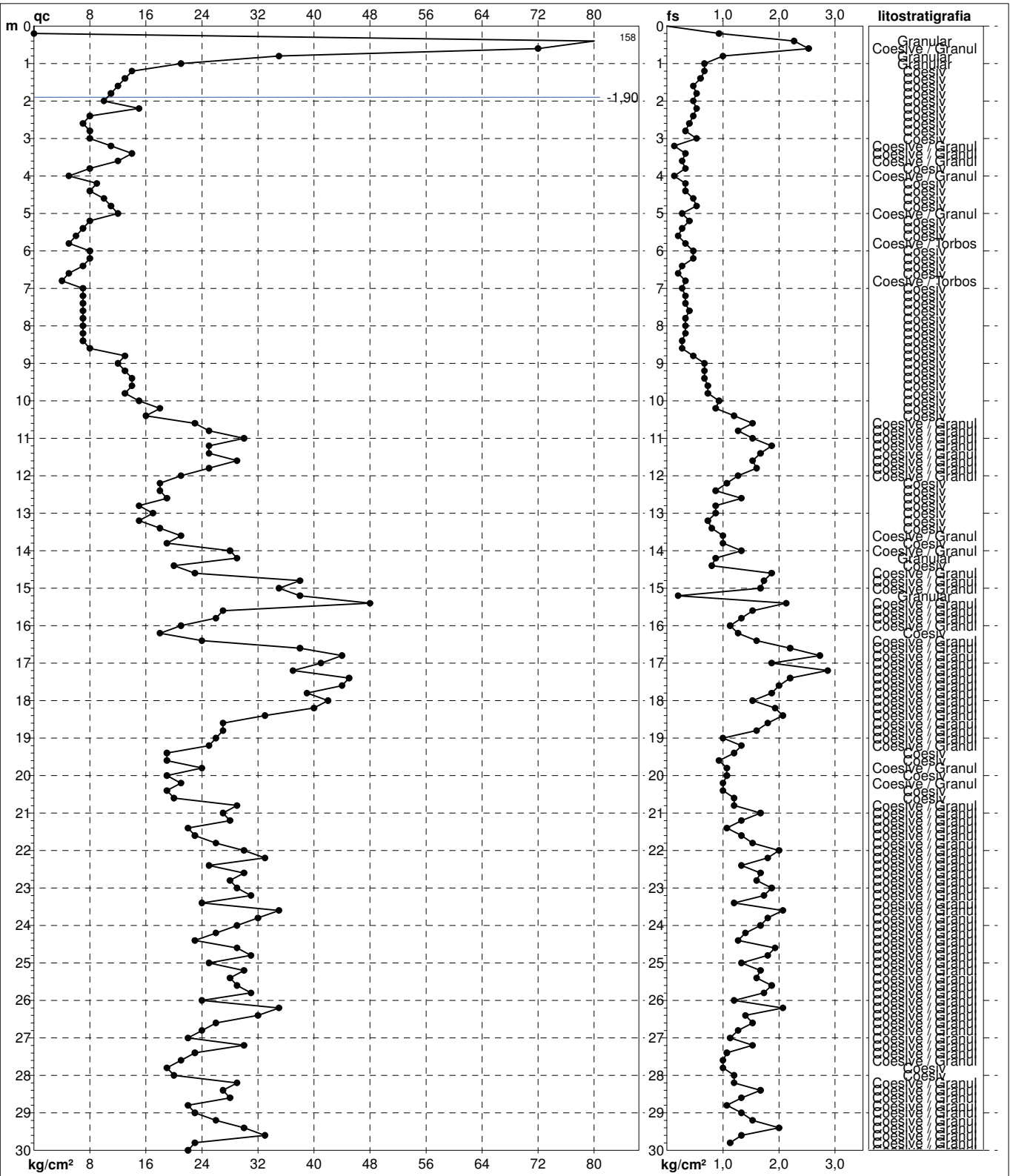
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>1</b>
riferimento	<b>303-2014</b>

Committente: **ACETUM SRL**  
 Cantiere:  
 Località: **VIA CAVOUR, MOTTA - COM. DI CAVEZZO (MO)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**    Data eseg.: 13/11/2014  
 Scala: 1:150  
 Pagina: 1    Quota inizio: Piano Campagna  
 Elaborato:    Falda: -1,90 m da quota inizio



		Litologia: Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	Preforo: m
		Penetrometro: TG63-200	Corr.astine: kg/ml
		Responsabile:	
		Assistente:	Cod. punta:

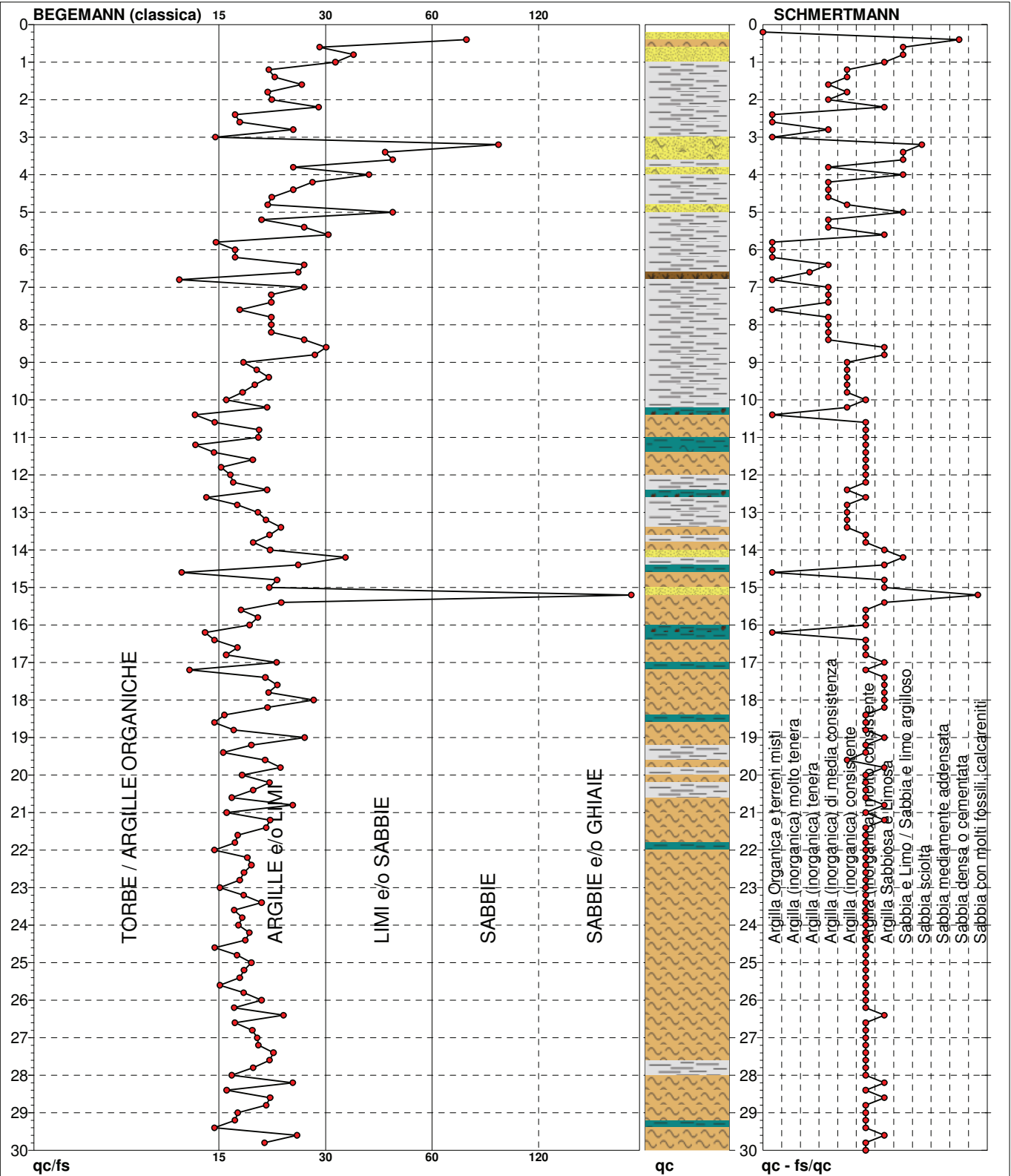
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>1</b>
riferimento	<b>303-2014</b>

Committente: **ACETUM SRL**  
 Cantiere:  
 Località: **VIA CAVOUR, MOTTA - COM. DI CAVEZZO (MO)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**    Data esec.: 13/11/2014  
 Scala: 1:150  
 Pagina: 1  
 Elaborato:                    Falda: -1,90 m da quota inizio



Torbe / Argille org. :	13 punti, 8,72%	Argilla Organica e terreni misti:	11 punti, 7,38%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	24 punti, 16,11%
Argille e/o Limi :	126 punti, 84,56%	Argilla (inorganica) tenera:	1 punto, 0,67%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	7 punti, 4,70%
Limi e/o Sabbie :	7 punti, 4,70%	Argilla (inorganica) media consist.:	17 punti, 11,41%	Sabbia sciolta:	1 punto, 0,67%
Sabbie:	2 punti, 1,34%	Argilla (inorganica) consistente:	16 punti, 10,74%	Sabbia densa o cementata:	1 punto, 0,67%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punto, 0,67%	Argilla (inorganica) molto consist.:	69 punti, 46,31%	Sabbia con molti fossili, calcareniti:	1 punto, 0,67%







<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica</i>	<i>Novembre 2014</i>

## REPORT PROVE PENETROMETRICHE PREGRESSE

### Luglio 2012

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 43
---	--	---------









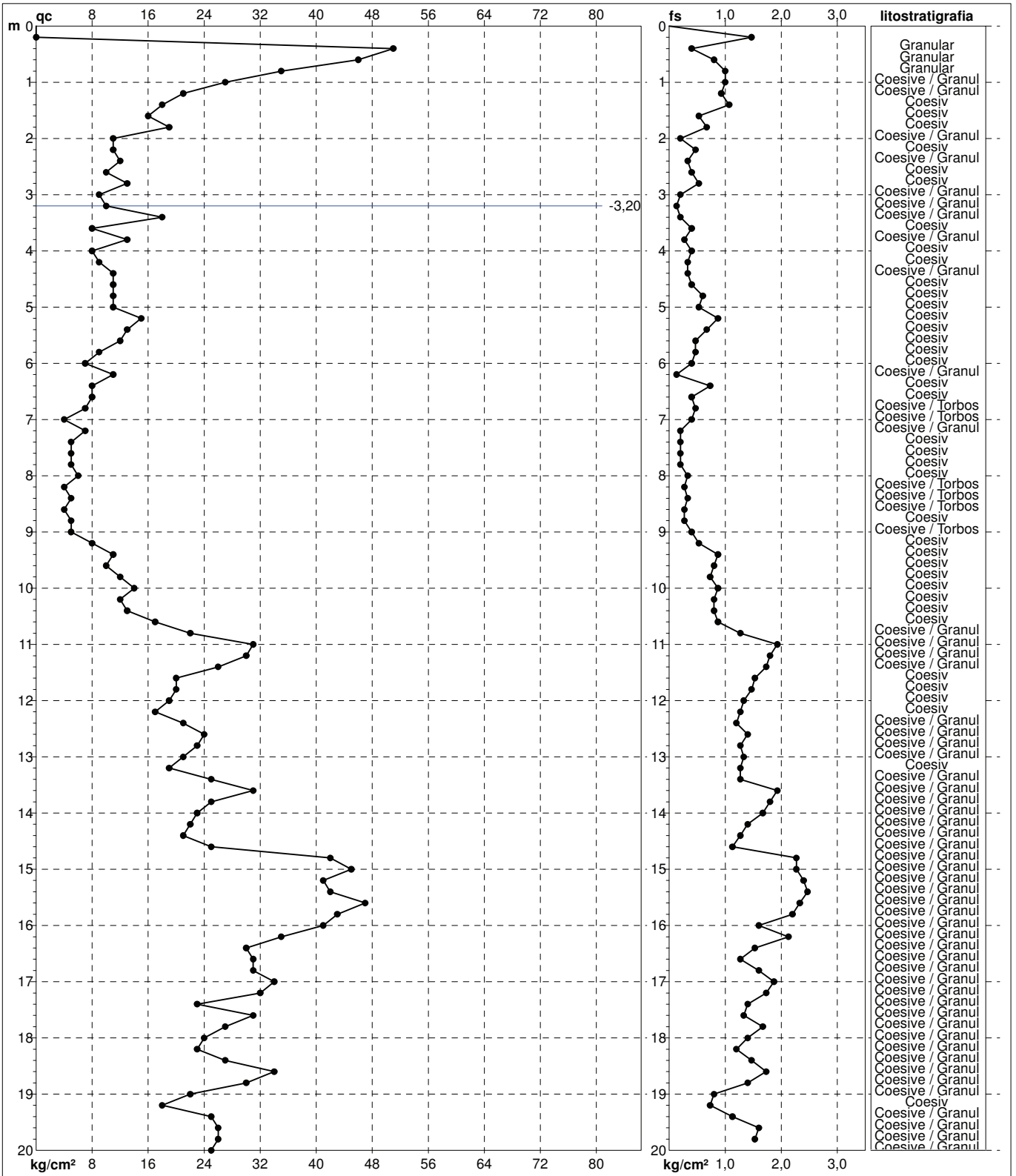
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>1</b>
riferimento	<b>131-2012</b>

Committente: **ACETUM SRL**  
 Cantiere:  
 Località: **VIA CAVOUR, MOTTA - COM. DI CAVEZZO (MO)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**    Data eseg.: **27/07/2012**  
 Scala: **1:100**  
 Pagina: **1**    Quota inizio: **Piano Campagna**  
 Elaborato:    Falda: **-3,20 m** da quota inizio



	Litologia:	Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	Preforo:	m
	Penetrometro:	TG63-200	Corr.astine:	kg/ml
	Responsabile:		Cod. punta:	
	Assistente:			

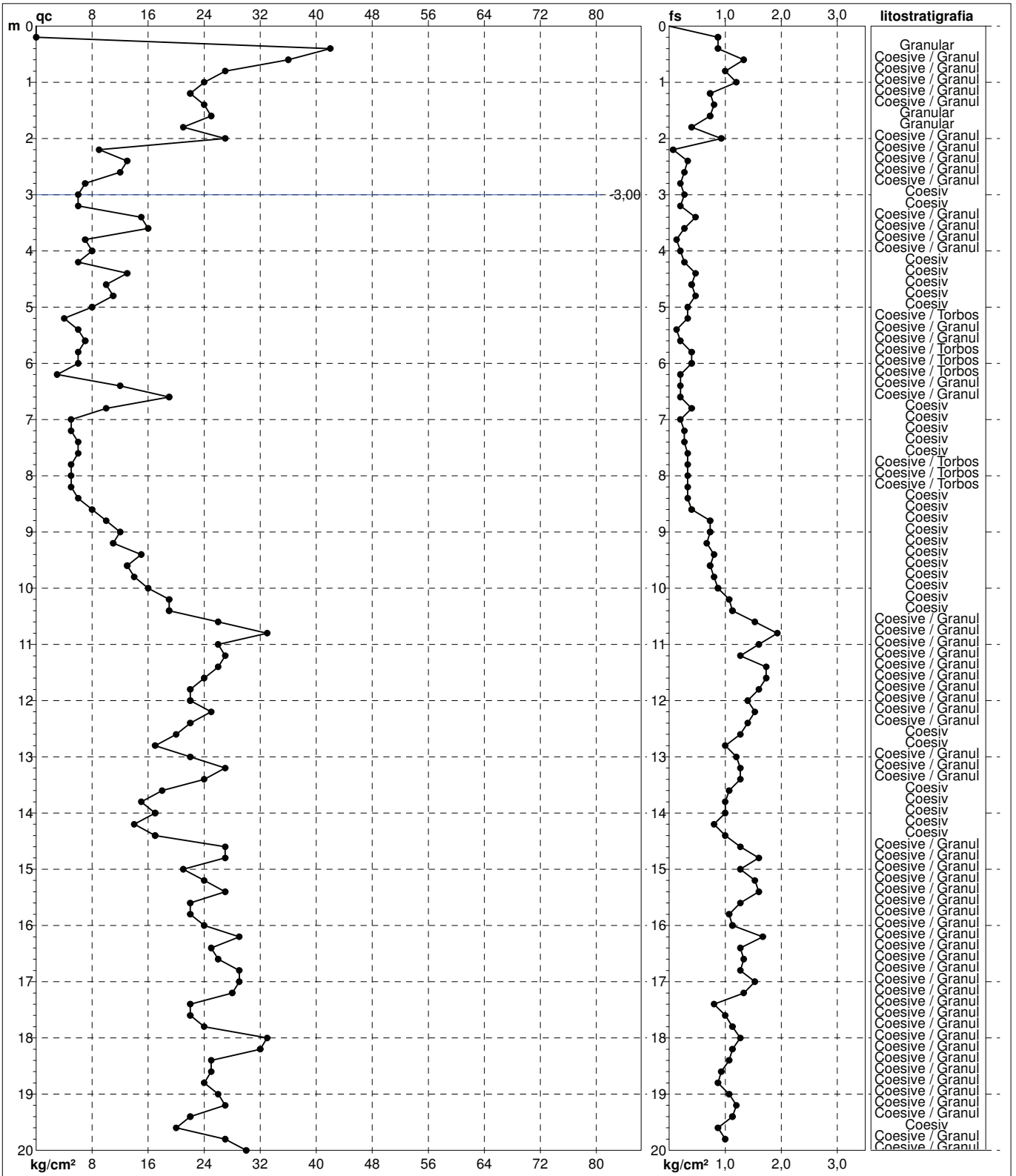
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>2</b>
riferimento	<b>131-2012</b>

Committente: **ACETUM SRL**  
 Cantiere:  
 Località: **VIA CAVOUR, MOTTA - COM. DI CAVEZZO (MO)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**    Data eseg.: **27/07/2012**  
 Scala: **1:100**  
 Pagina: **1**    Quota inizio: **Piano Campagna**  
 Elaborato:    Falda: **-3,00 m** da quota inizio



	Litologia:	Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	Preforo:	m
	Penetrometro:	TG63-200	Corr.astine:	kg/ml
	Responsabile:		Cod. punta:	
	Assistente:			



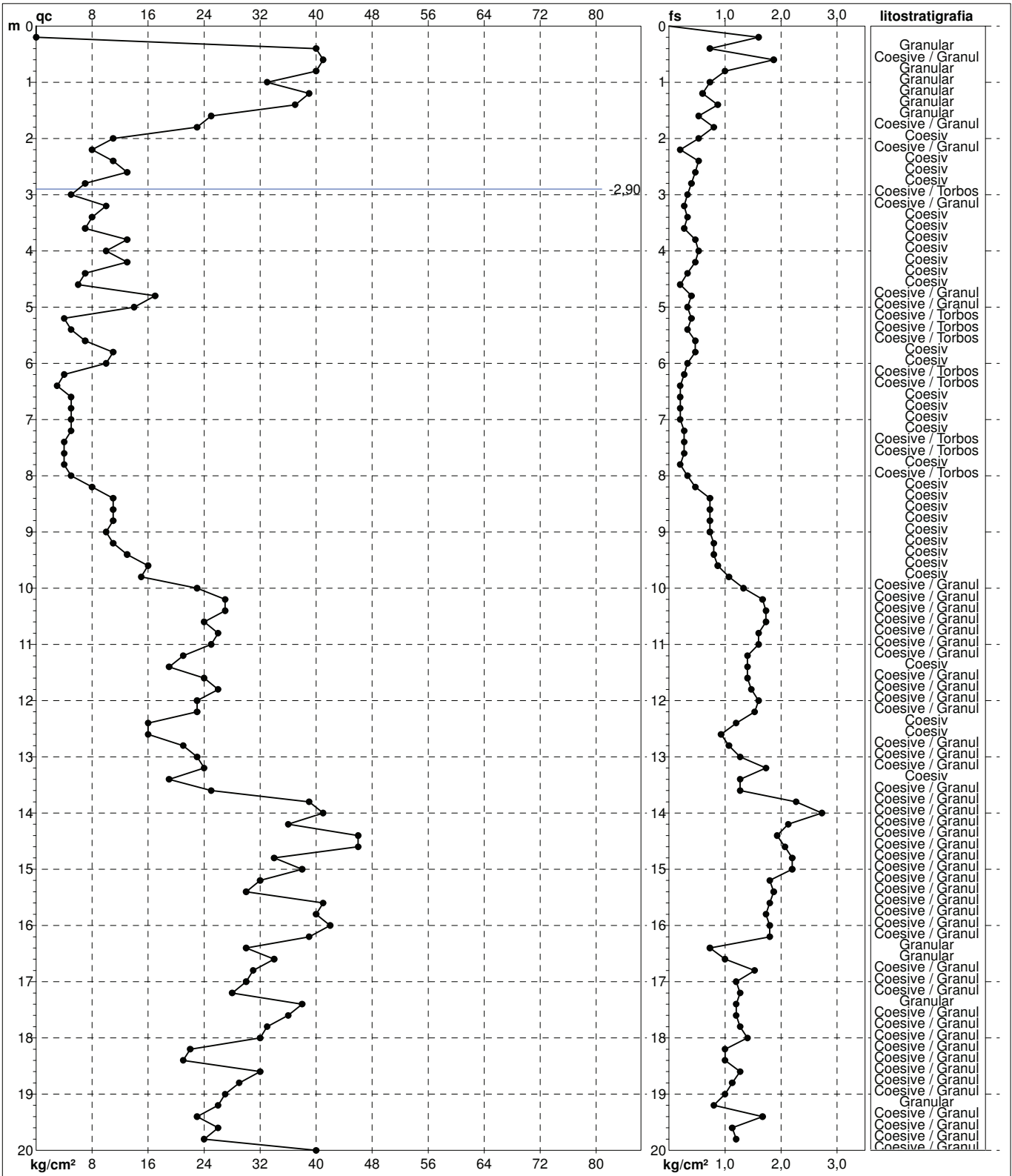
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>3</b>
riferimento	<b>131-2012</b>

Committente: **ACETUM SRL**  
 Cantiere:  
 Località: **VIA CAVOUR, MOTTA - COM. DI CAVEZZO (MO)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**    Data eseg.: **27/07/2012**  
 Scala: **1:100**  
 Pagina: **1**    Quota inizio: **Piano Campagna**  
 Elaborato:    Falda: **-2,90 m** da quota inizio



Litologia:	Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	Preforo: m	
	Penetrometro: TG63-200		Corr.astine: kg/ml
	Responsabile:		
	Assistente:		Cod. punta:

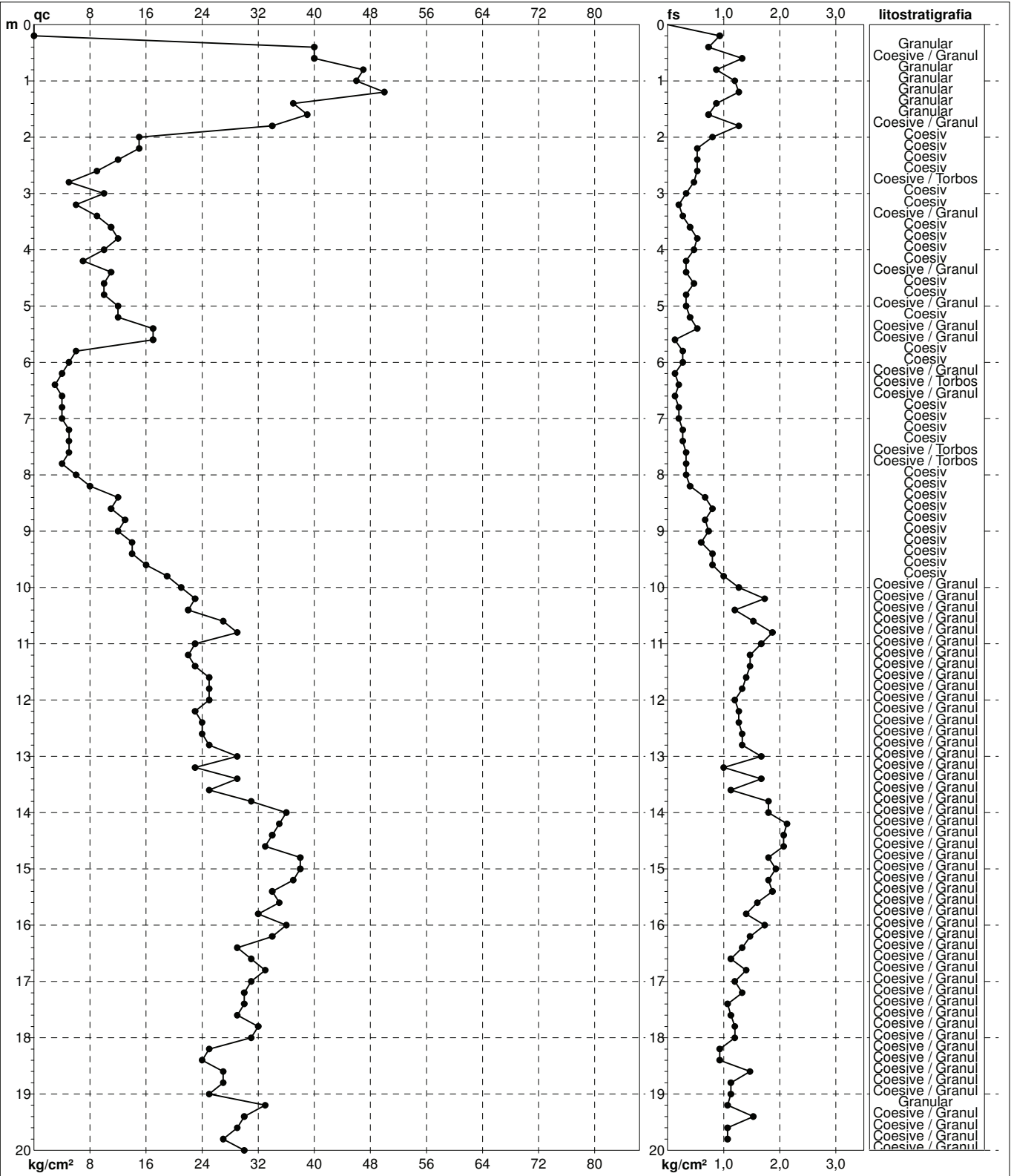
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>4</b>
riferimento	<b>131-2012</b>

Committente: **ACETUM SRL**  
 Cantiere:  
 Località: **VIA CAVOUR, MOTTA - COM. DI CAVEZZO (MO)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**    Data eseg.: **27/07/2012**  
 Scala: **1:100**  
 Pagina: **1**    Quota inizio: **Piano Campagna**  
 Elaborato:    Falda: **Foro chiuso**



	Litologia:	Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	Preforo:	m
	Penetrometro:	TG63-200	Corr.astine:	kg/ml
	Responsabile:		Cod. punta:	
	Assistente:			

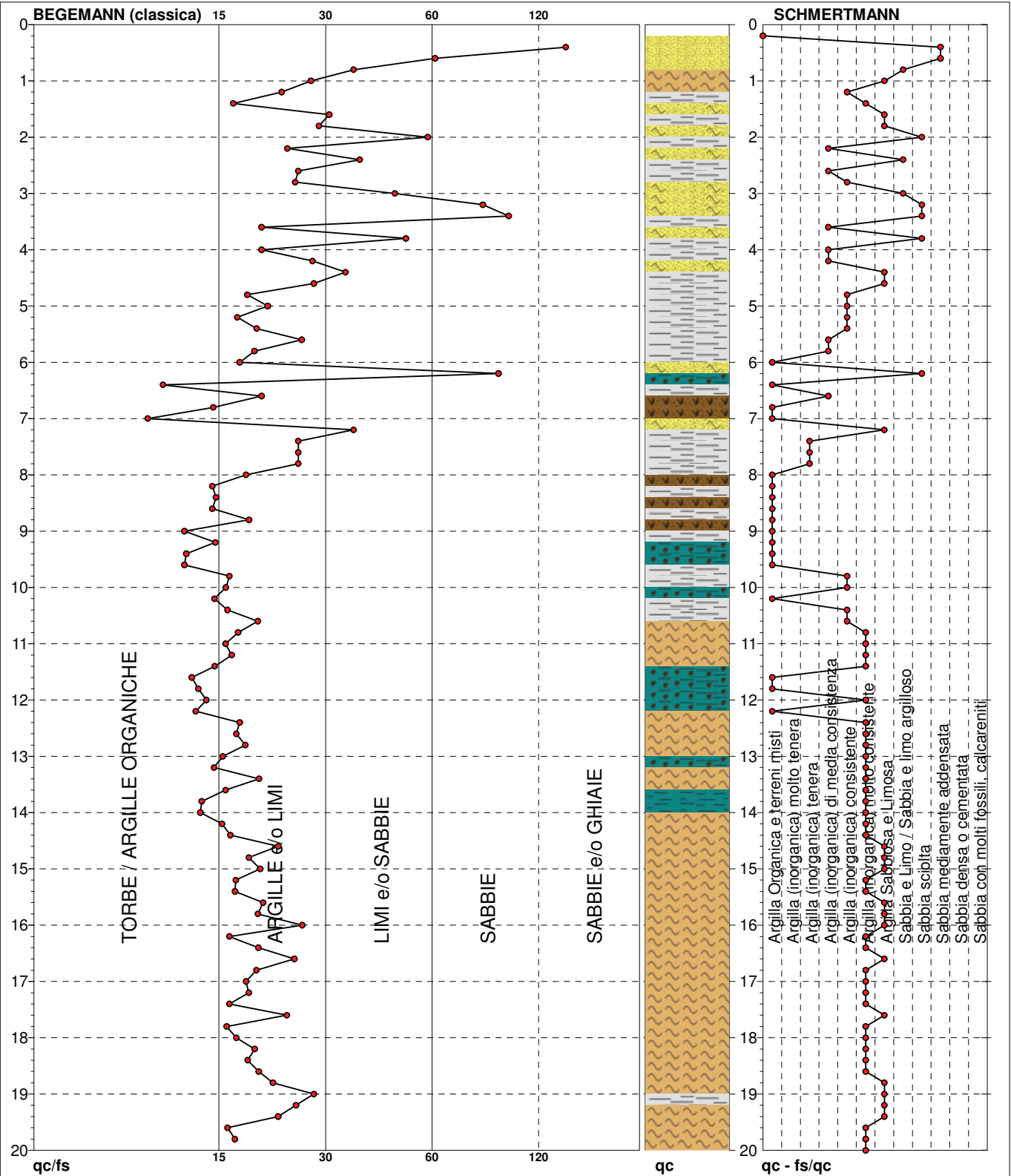
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>1</b>
riferimento	<b>131-2012</b>

Committente: **ACETUM SRL**  
 Cantiere:  
 Località: **VIA CAVOUR, MOTTA - COM. DI CAVEZZO (MO)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**    Data eseg.: 27/07/2012  
 Scala: 1:100  
 Pagina: 1  
 Elaborato:                      Falda: -3,20 m da quota inizio



Torbe / Argille org. :	17 punti, 17,17%	Argilla Organica e terreni misti:	17 punti, 17,17%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	18 punti, 18,18%
Argille e/o Limi :	69 punti, 69,70%	Argilla (inorganica) tenera:	3 punti, 3,03%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	3 punti, 3,03%
Limi e/o Sabbie :	9 punti, 9,09%	Argilla (inorganica) media consist.:	8 punti, 8,08%	Sabbia sciolta:	5 punti, 5,05%
Sabbie:	3 punti, 3,03%	Argilla (inorganica) consistente:	10 punti, 10,10%	Sabbia mediamente addensata:	2 punti, 2,02%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 1,01%	Argilla (inorganica) molto consist.:	32 punti, 32,32%		

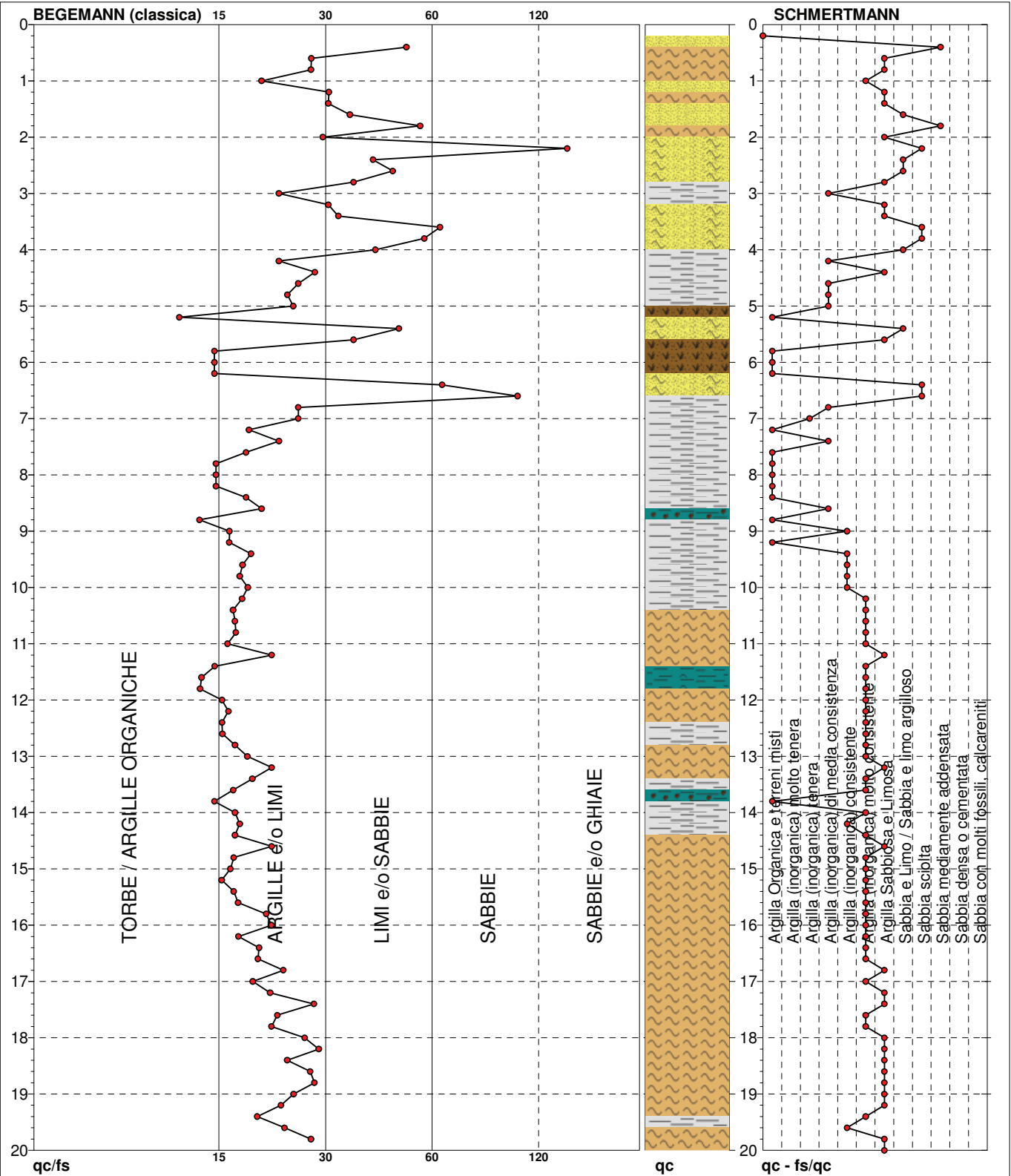
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>2</b>
riferimento	<b>131-2012</b>

Committente: **ACETUM SRL**  
 Cantiere:  
 Località: **VIA CAVOUR, MOTTA - COM. DI CAVEZZO (MO)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**    Data eseg.: **27/07/2012**  
 Scala: **1:100**  
 Pagina: **1**  
 Elaborato:                      Falda: **-3,00 m da quota inizio**



Torbe / Argille org. :	9 punti, 9,09%	Argilla Organica e terreni misti:	13 punti, 13,13%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	24 punti, 24,24%
Argille e/o Limi :	74 punti, 74,75%	Argilla (inorganica) tenera:	1 punti, 1,01%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	5 punti, 5,05%
Limi e/o Sabbie :	14 punti, 14,14%	Argilla (inorganica) media consist.:	8 punti, 8,08%	Sabbia sciolta:	5 punti, 5,05%
Sabbie:	1 punti, 1,01%	Argilla (inorganica) consistente:	7 punti, 7,07%	Sabbia mediamente addensata:	2 punti, 2,02%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 1,01%	Argilla (inorganica) molto consist.:	33 punti, 33,33%		

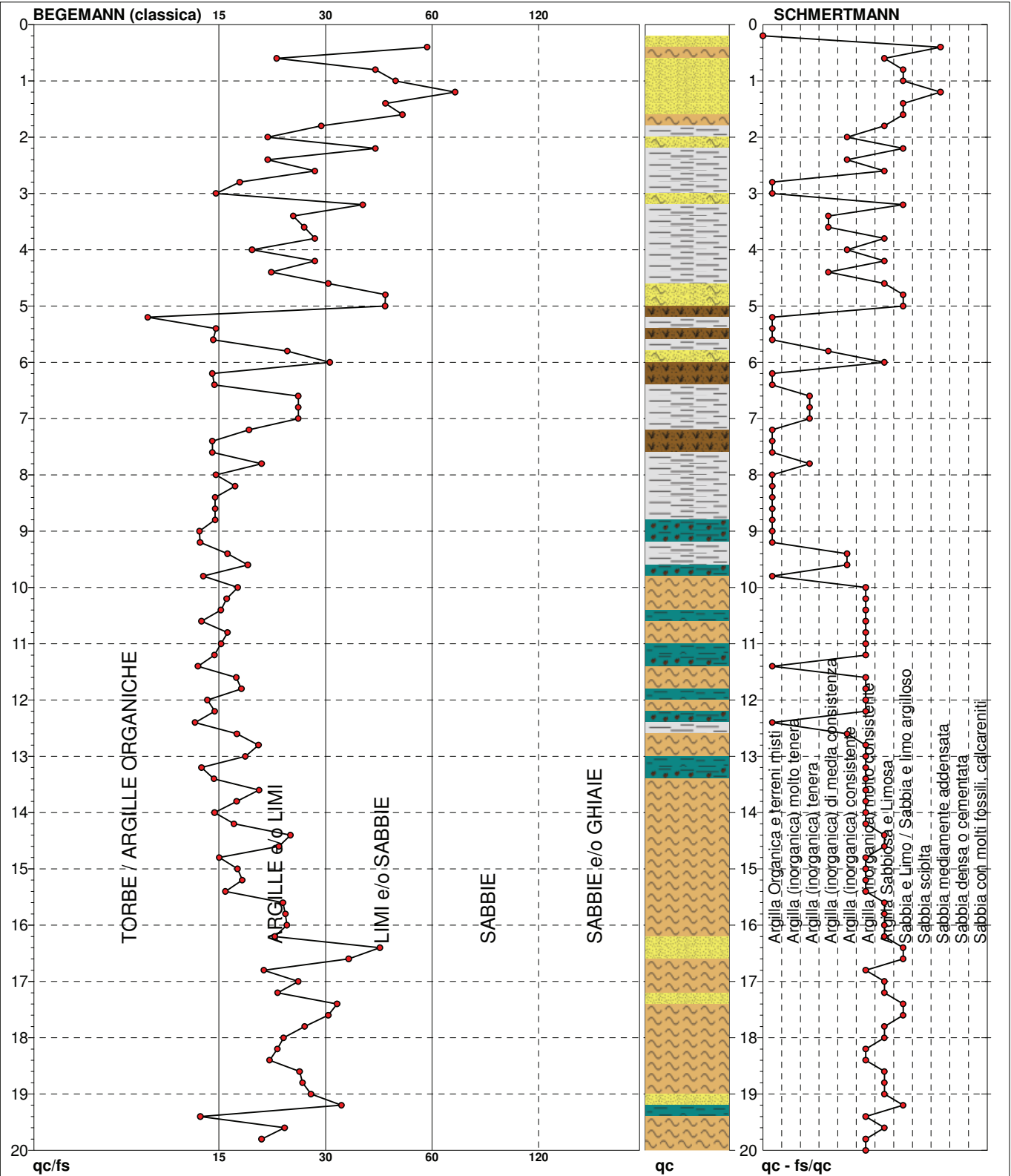
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>3</b>
riferimento	<b>131-2012</b>

Committente: **ACETUM SRL**  
 Cantiere:  
 Località: **VIA CAVOUR, MOTTA - COM. DI CAVEZZO (MO)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**    Data eseg.: **27/07/2012**  
 Scala: **1:100**  
 Pagina: **1**  
 Elaborato:                      Falda: **-2,90 m** da quota inizio



Torbe / Argille org. :	18 punti, 18,18%	Argilla Organica e terreni misti:	20 punti, 20,20%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	21 punti, 21,21%
Argille e/o Limi :	66 punti, 66,67%	Argilla (inorganica) tenera:	4 punti, 4,04%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	13 punti, 13,13%
Limi e/o Sabbie :	14 punti, 14,14%	Argilla (inorganica) media consist.:	4 punti, 4,04%	Sabbia mediamente addensata:	2 punti, 2,02%
Sabbie:	1 punti, 1,01%	Argilla (inorganica) consistente:	6 punti, 6,06%		
		Argilla (inorganica) molto consist.:	28 punti, 28,28%		

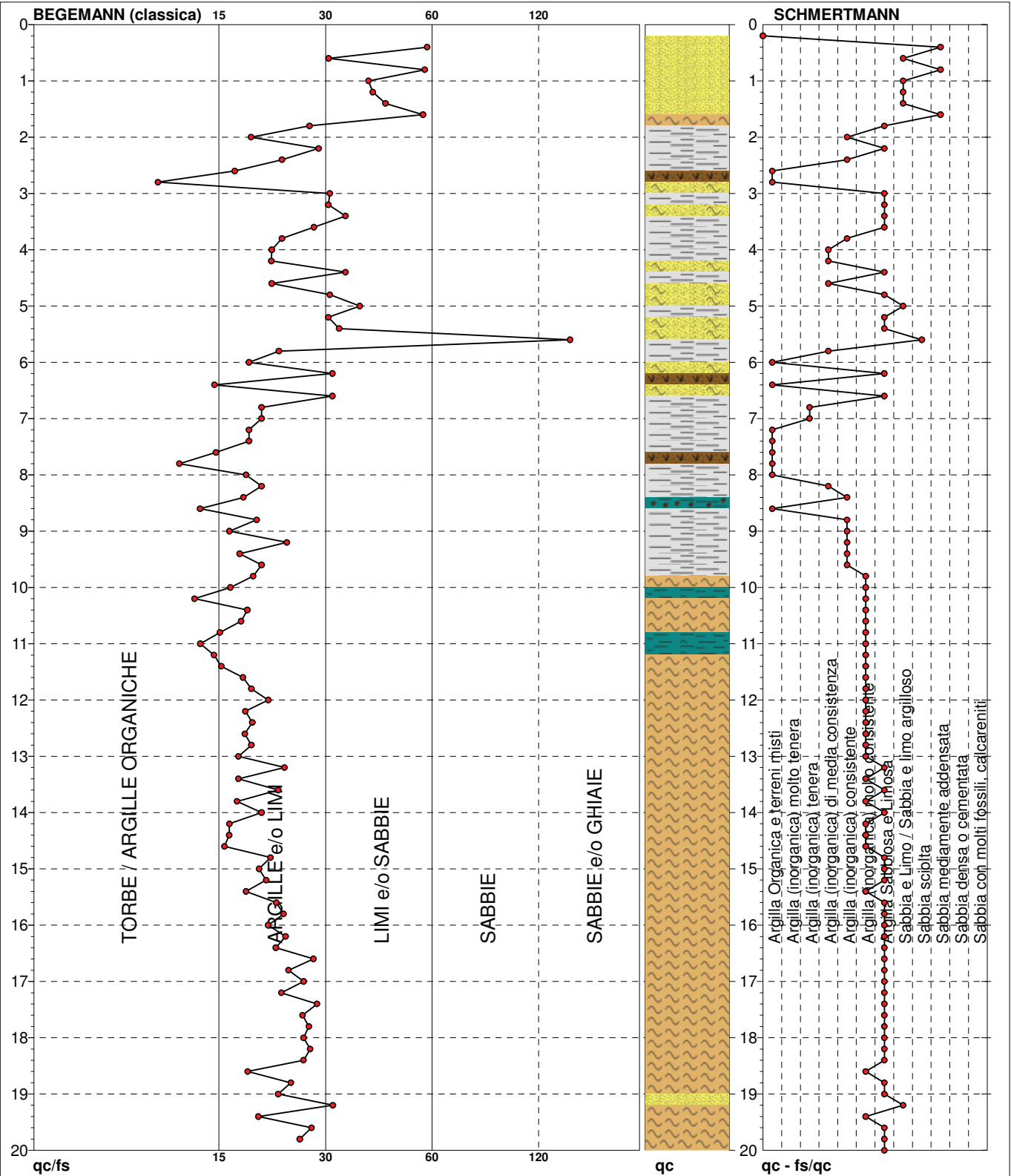
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>4</b>
riferimento	<b>131-2012</b>

Committente: **ACETUM SRL**  
 Cantiere:  
 Località: **VIA CAVOUR, MOTTA - COM. DI CAVEZZO (MO)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**    Data eseg.: **27/07/2012**  
 Scala: **1:100**  
 Pagina: **1**  
 Elaborato:                      Falda: **Foro chiuso**



Torbe / Argille org. :	8 punti, 8,08%	Argilla Organica e terreni misti:	10 punti, 10,10%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	37 punti, 37,37%
Argille e/o Limi :	74 punti, 74,75%	Argilla (inorganica) tenera:	2 punti, 2,02%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	6 punti, 6,06%
Limi e/o Sabbie :	16 punti, 16,16%	Argilla (inorganica) media consist.:	5 punti, 5,05%	Sabbia sciolta:	1 punto, 1,01%
		Argilla (inorganica) consistente:	9 punti, 9,09%	Sabbia mediamente addensata:	3 punti, 3,03%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punto, 1,01%	Argilla (inorganica) molto consist.:	25 punti, 25,25%		











<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica</i>	<i>Novembre 2014</i>

## REPORT ANALISI MICROTREMORI

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 44
---	--	---------

ACETUM S.r.l.

Via Cavour – Cavezzo (MO)

Trasformazione urbanistica area agricola in area produttiva

Start recording: 13/11/2014 10:43:49 End recording: 13/11/2014 10:59:50

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS location: 011°01.5566 E, 44°50.1884 N (57.1 m)

UTC time (synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 samples

Satellite no.: 06

Trace length: 0h16'00". Analyzed 90% trace (manual window selection)

Sampling frequency: 128 Hz

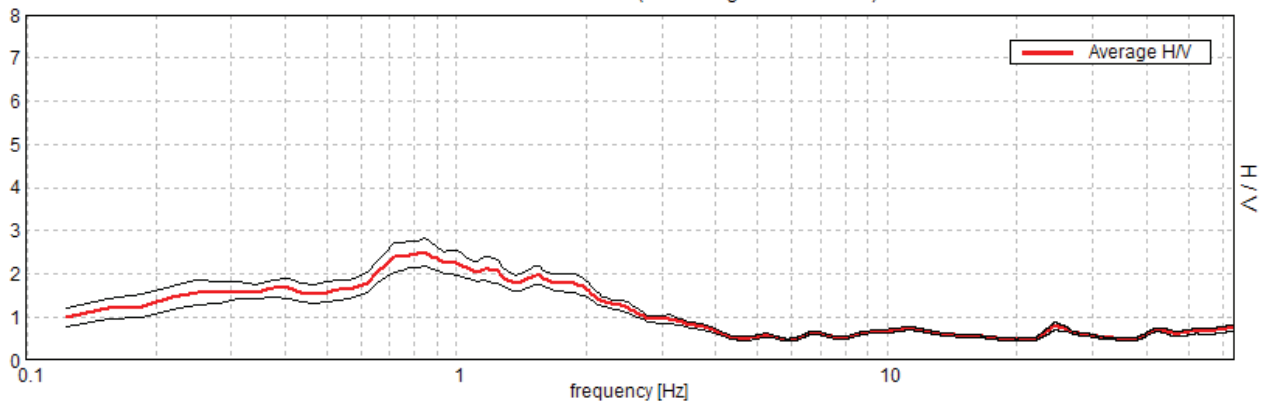
Window size: 20 s

Smoothing window: Triangular window

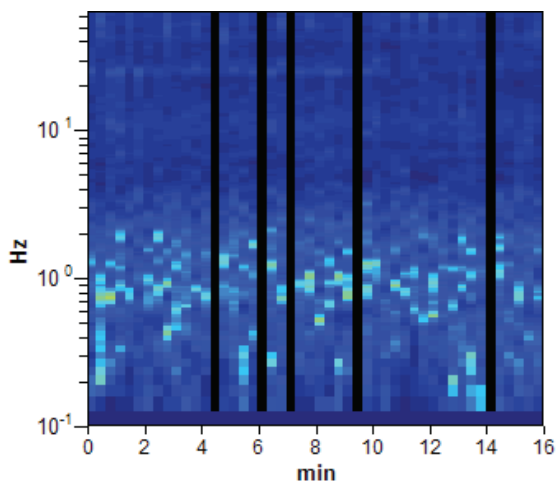
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

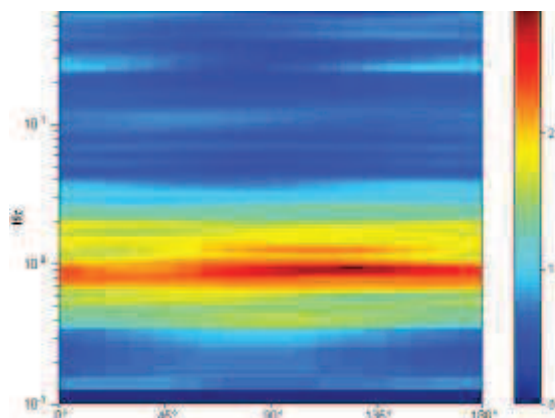
Max. H/V at  $0.84 \pm 0.04$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



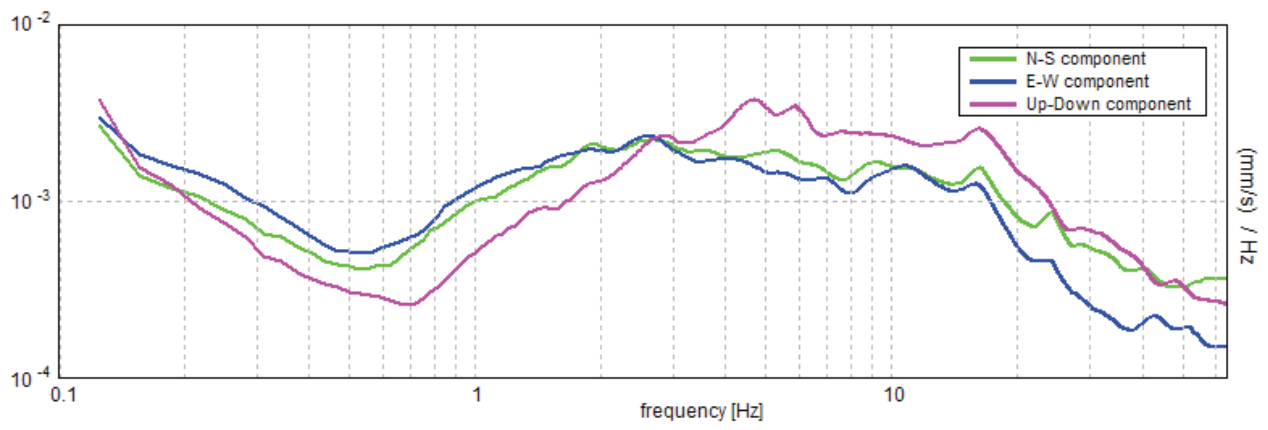
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V

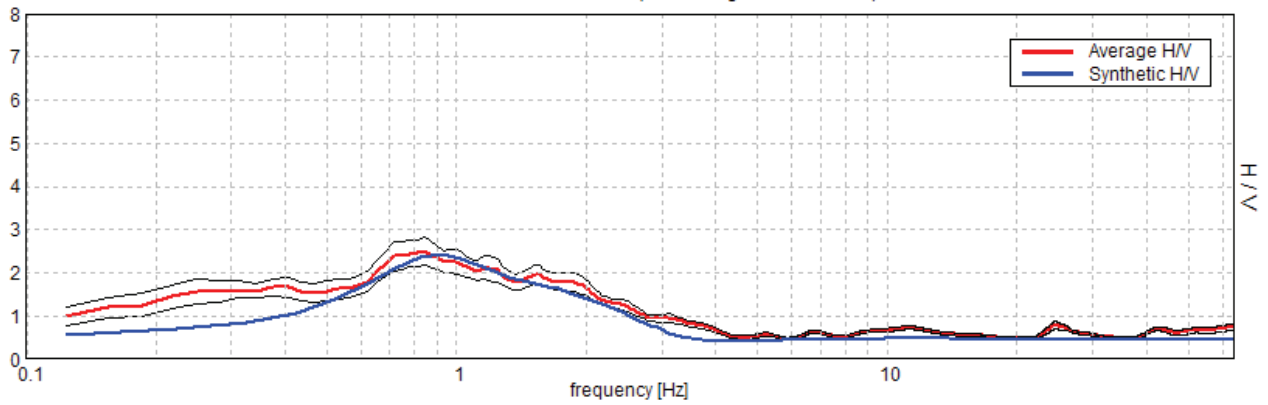


### SINGLE COMPONENT SPECTRA



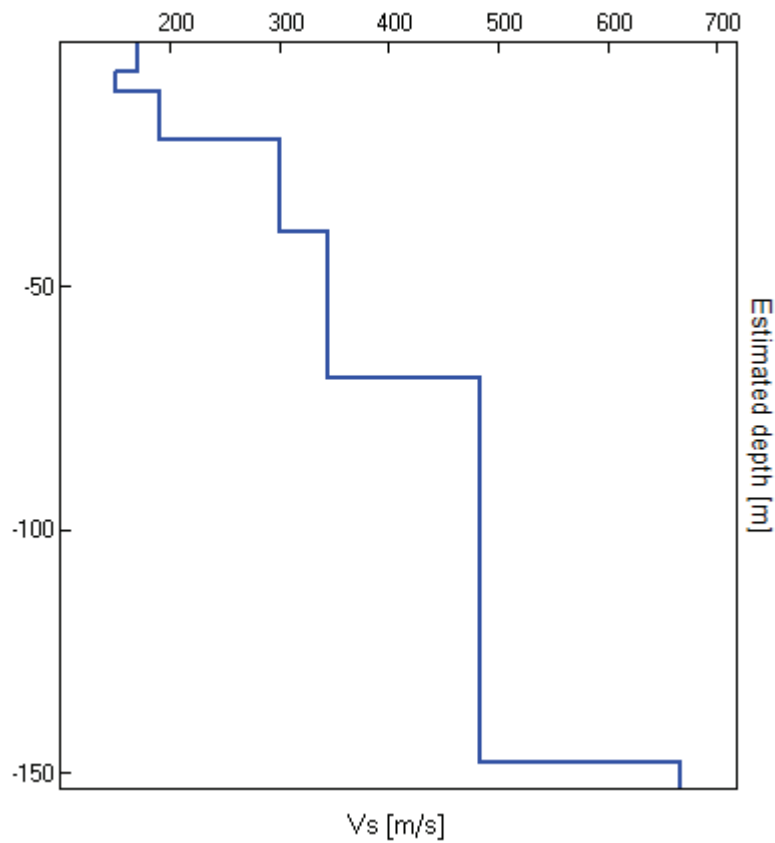
EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at  $0.84 \pm 0.04$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
6.00	6.00	170
10.00	4.00	150
20.00	10.00	190
39.00	19.00	210
69.00	30.00	345
148.00	79.00	483
inf.	inf.	667

Vs30 = 197 m/s



[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $0.84 \pm 0.04$  Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable HVSR curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.84 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$725.6 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 42 times	OK	

**Criteria for a clear HVSR peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			<b>NO</b>
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.469 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.49 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.023  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.01941 < 0.12656$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1592 < 2.0$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica</i>	<i>Novembre 2014</i>

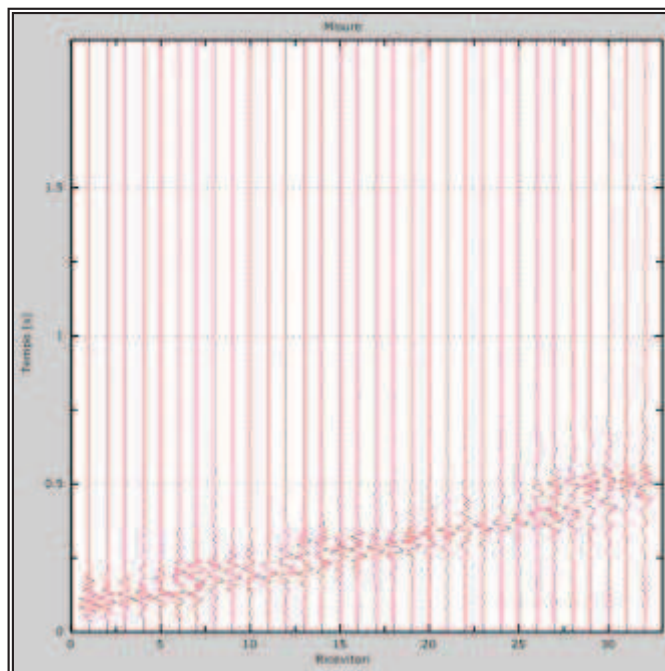
## REPORT INDAGINE GEOFISICA MASW

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 45
---	--	---------



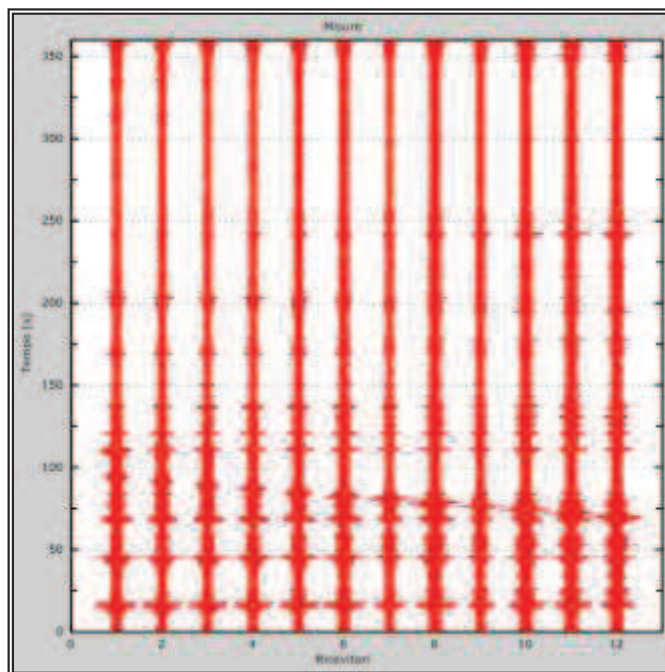
<b>Titolo:</b> Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	<b>Data:</b> Novembre 2014
--	-------------------------------

## RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI INDAGINE ATTIVA



*Tracce sperimentali indagine attiva*

## RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI INDAGINE PASSIVA

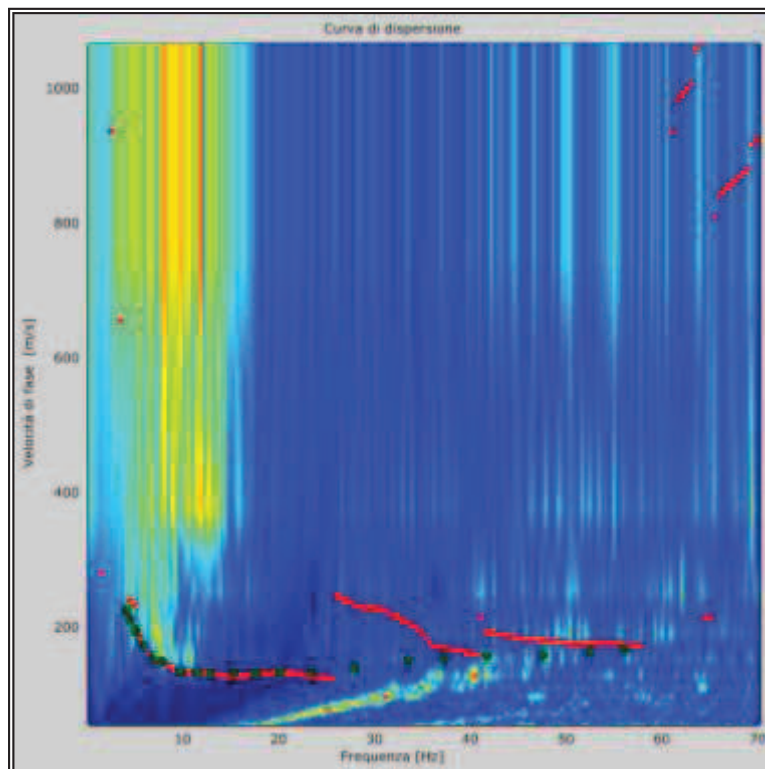


*Tracce sperimentali indagine passiva*

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 46
---	--	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014

## RAPPRESENTAZIONE DELLA CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE



Curva di dispersione sperimentale

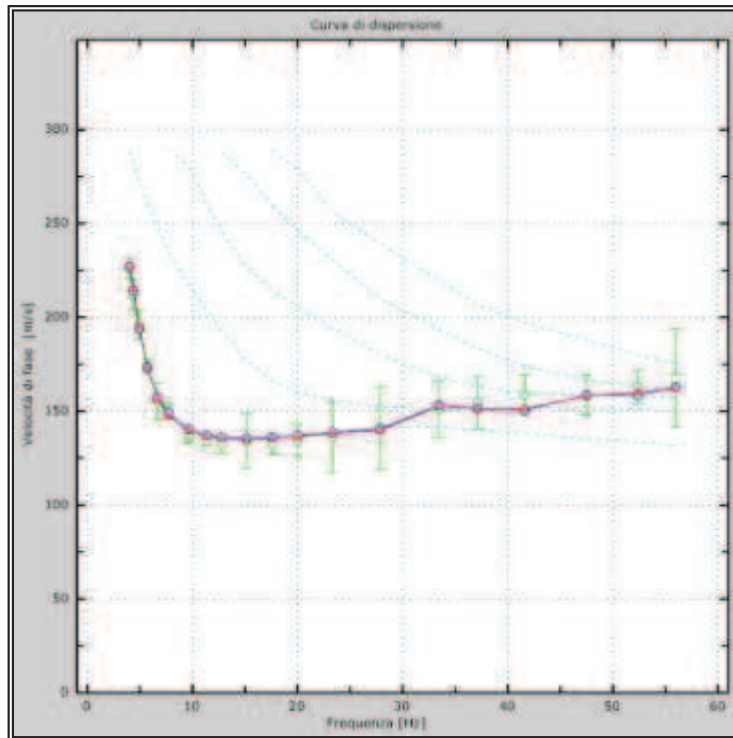
## ANALISI DEL PROFILO DELLE VELOCITA'

Strato	h [m]	z [m]	Vs fin. [m/s]	Vp [m/s]	Falda (S/N)
Strato 1	1,7	-1,7	188	391	N
Strato 2	3,0	-4,7	123	627	S
Strato 3	6,0	-10,7	152	775	S
Strato 4	4,0	-14,7	200	1020	S
Strato 5	5,0	-19,7	228	1163	S
Strato 6	5,0	-24,7	237	1208	S
Strato 7	3,0	-27,7	251	1280	S
Strato 8	/	-∞	290	1479	S

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati.

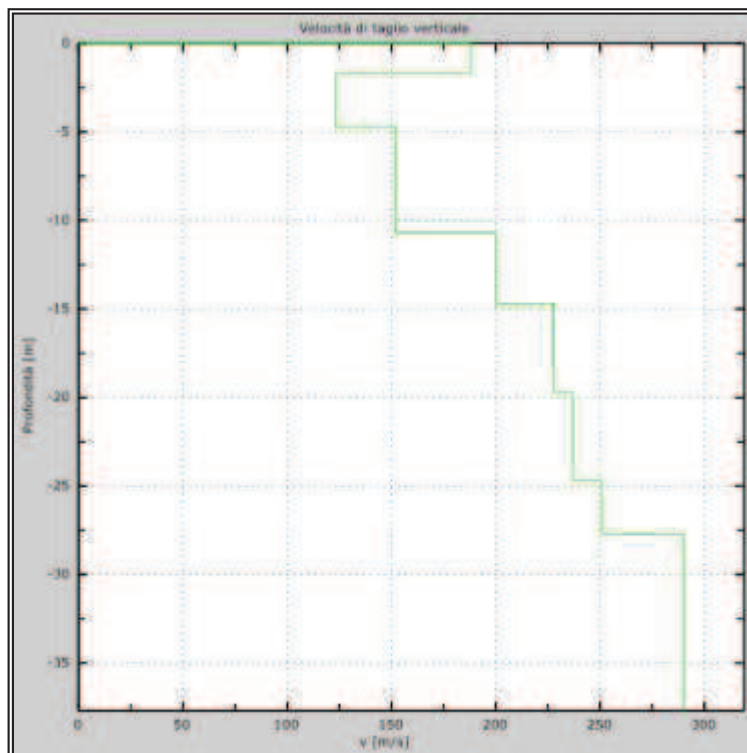
STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 47
---	--	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Novembre 2014



Velocità numeriche

(Punti sperimentali - verde, modi di Rayleigh - ciano, curva apparente - blu, curva numerica – rosso)



Profilo verticale di velocità delle Vs

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 48
---	--	---------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica</i>	<i>Novembre 2014</i>

## DETERMINAZIONE DELLE VS30 E DELLA CATEGORIA DI SUOLO

L'indagine sismica, considerando la sismostratigrafia fino alla profondità di -30,00 metri da p.c., ha permesso la determinazione della velocità delle  $V_{S30}$ , ricavata dalla formula riportata nel D.M. del 14 Gennaio 2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni":

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \text{ [m/s]},$$

dove  $h_i$  e  $V_{S,i}$  rappresentano rispettivamente lo spessore e la velocità di propagazione delle onde di taglio attraverso lo strato  $i$ -esimo entro 30 metri di profondità.

Utilizzando la formula sopra riportata si ottiene il seguente valore:

$$\underline{V_{S30} = 192 \text{ m/s}}$$

I terreni di fondazione interessati dalla progettazione sismica, come prescritto al paragrafo 3.2.2 dal D.M. 14 Gennaio 2008, appartengono a:

### **suolo di fondazione di tipo C**

*ovvero, come definito in Tabella 3.2.II (Categorie di sottosuolo): Tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di 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  $V_{S30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT30 < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu30 < 250$  kPa nei terreni a grana fina).*

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 49
---	--	---------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica</i>	<i>Novembre 2014</i>

## VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE CPT1

### Metodologia Robertson e Wride

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 50
---	--	---------

**LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT**

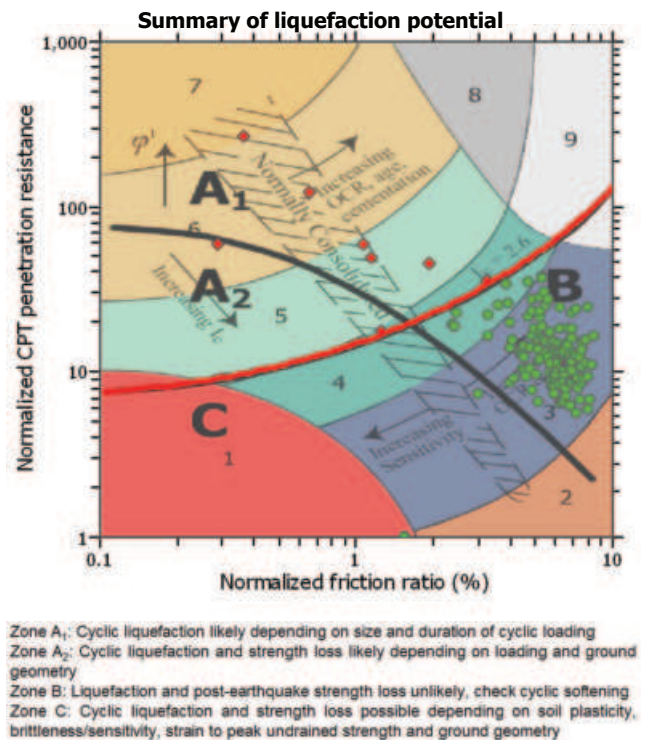
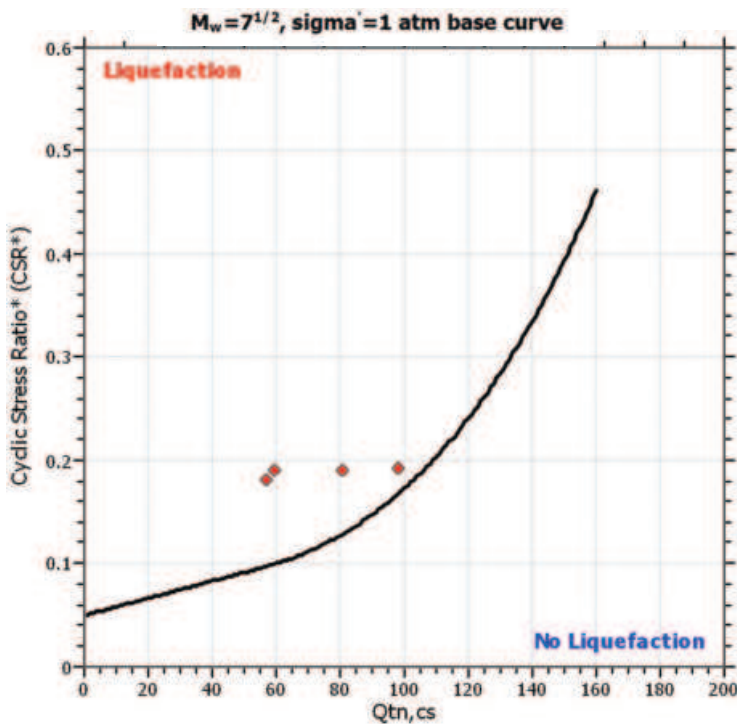
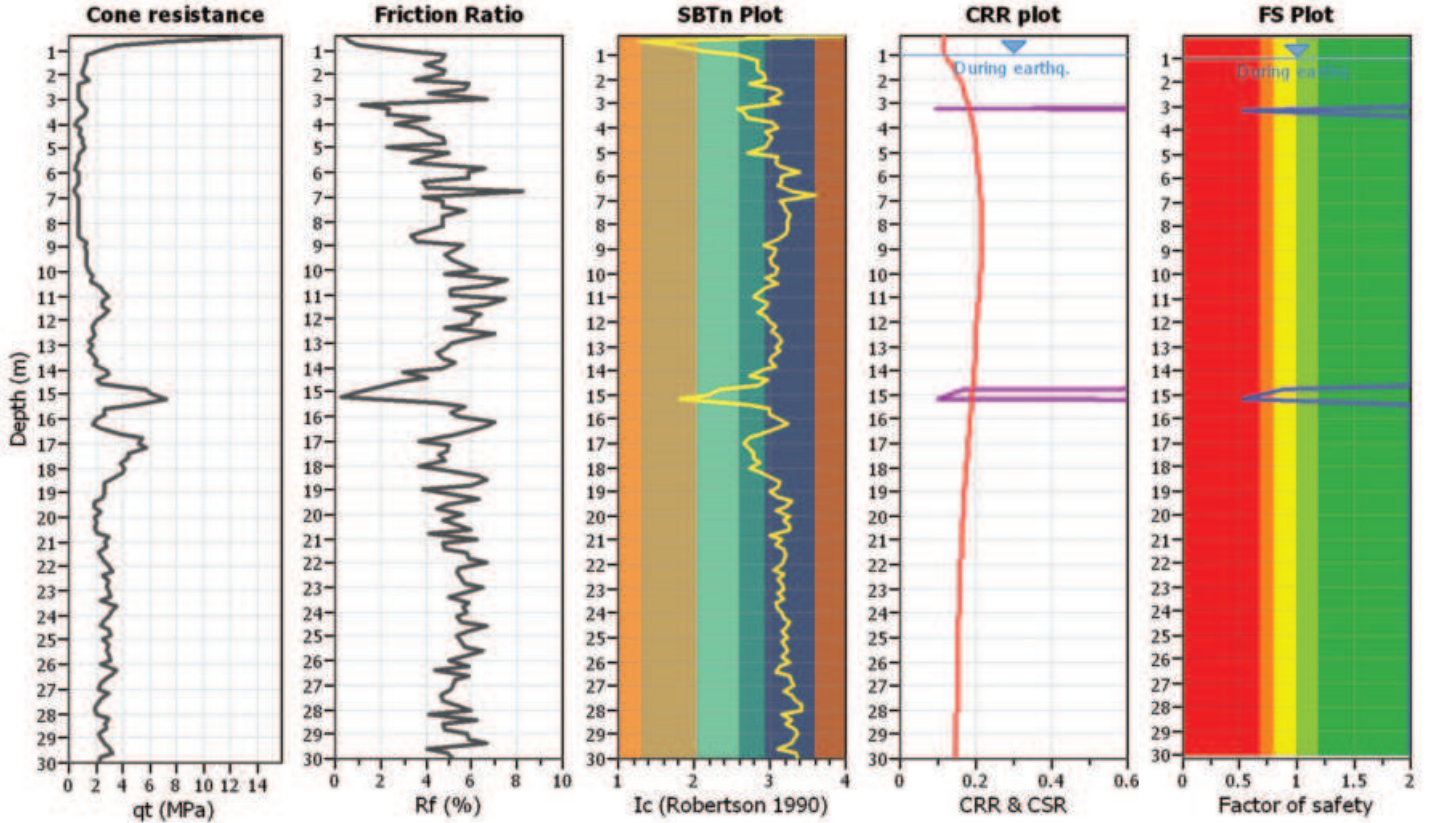
**Project title : ACETUM S.r.l.**

**Location : Via Sandro Pertini - Cavezzo (MO)**

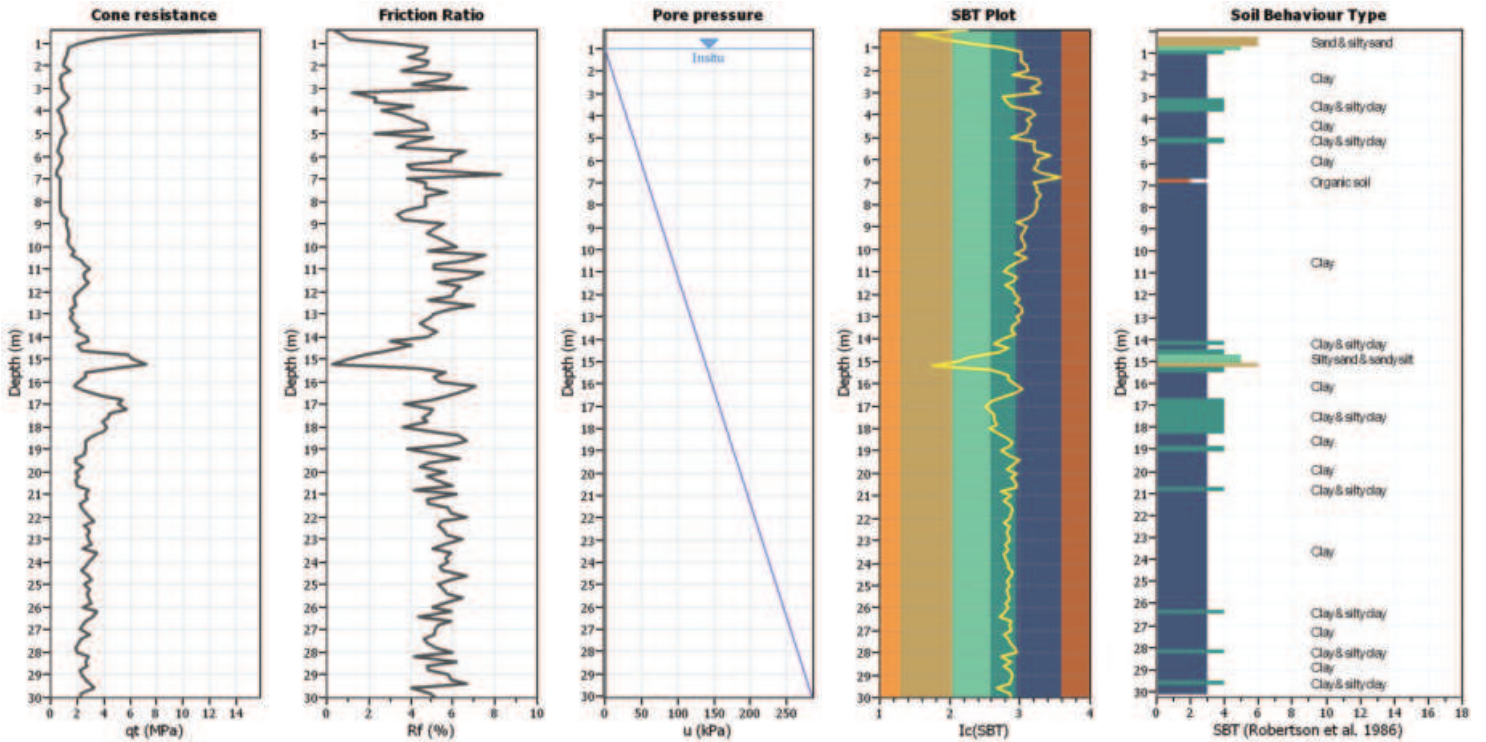
**CPT file : CPTAcetum 30 metri**

**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	1.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	1	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	No
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.10	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	N/A
Peak ground acceleration:	0.30	Unit weight calculation:	Based on SBT	$K_0$ applied:	Yes	MSF method:	Method based



**CPT basic interpretation plots**



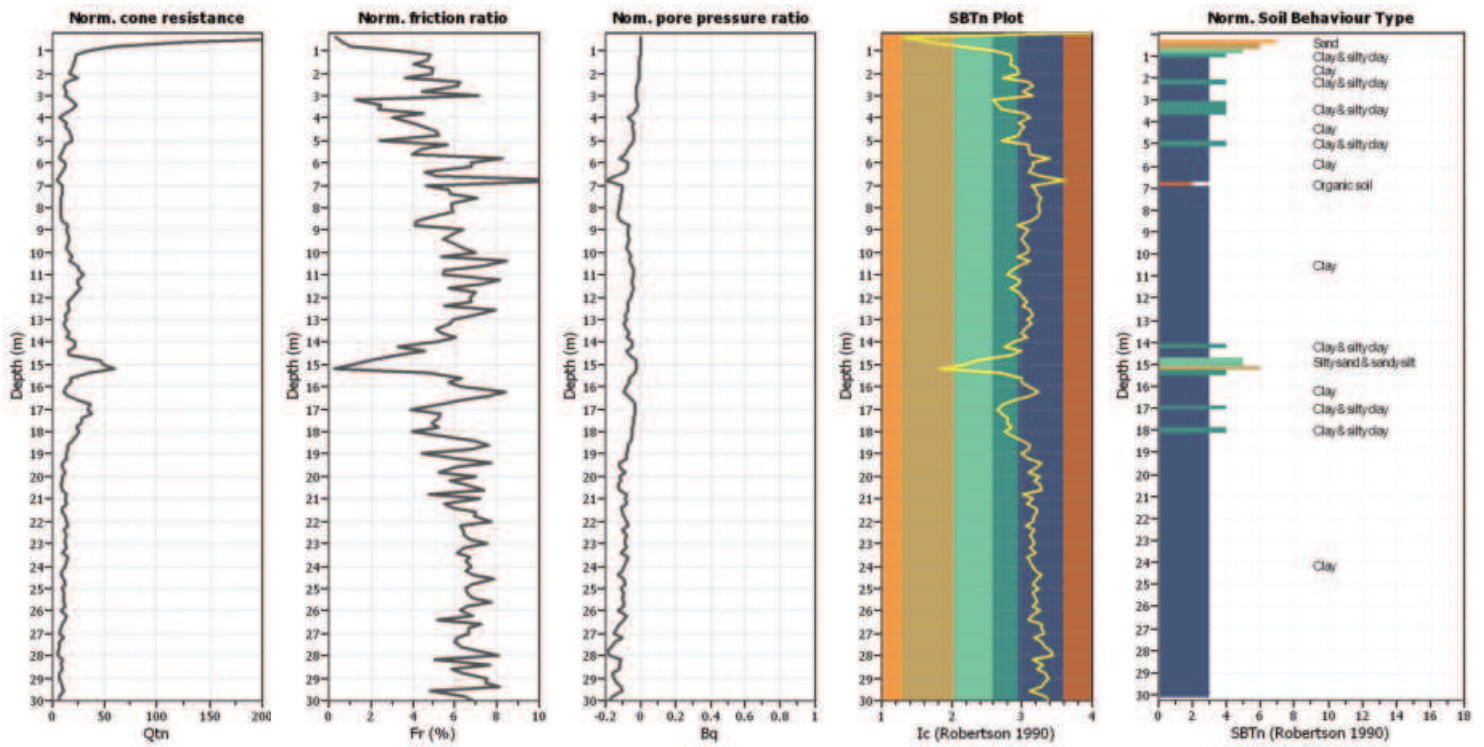
**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	$K_{sp}$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.10	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

**SBT legend**

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

**CPT basic interpretation plots (normalized)**



**Input parameters and analysis data**

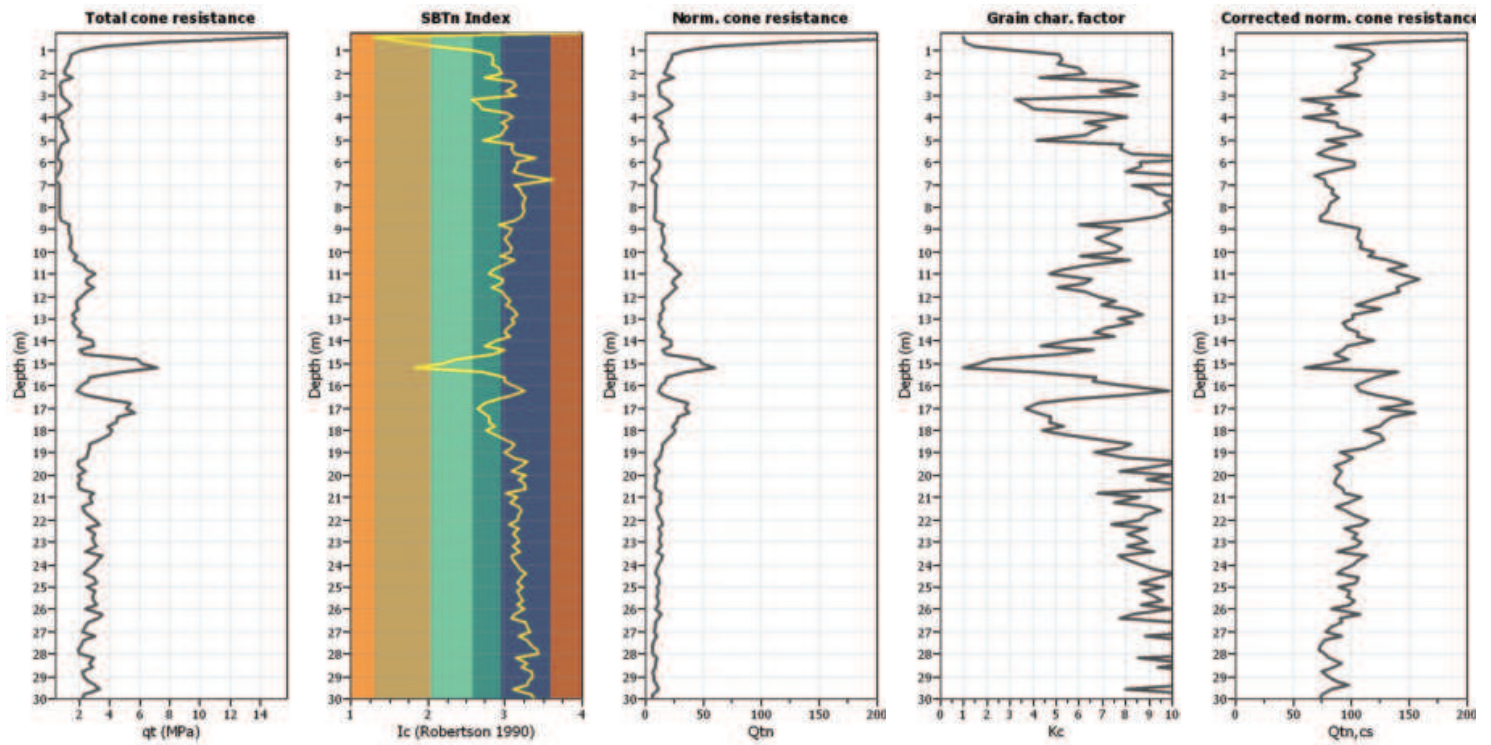
Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	$K_p$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.10	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

**SBTn legend**

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



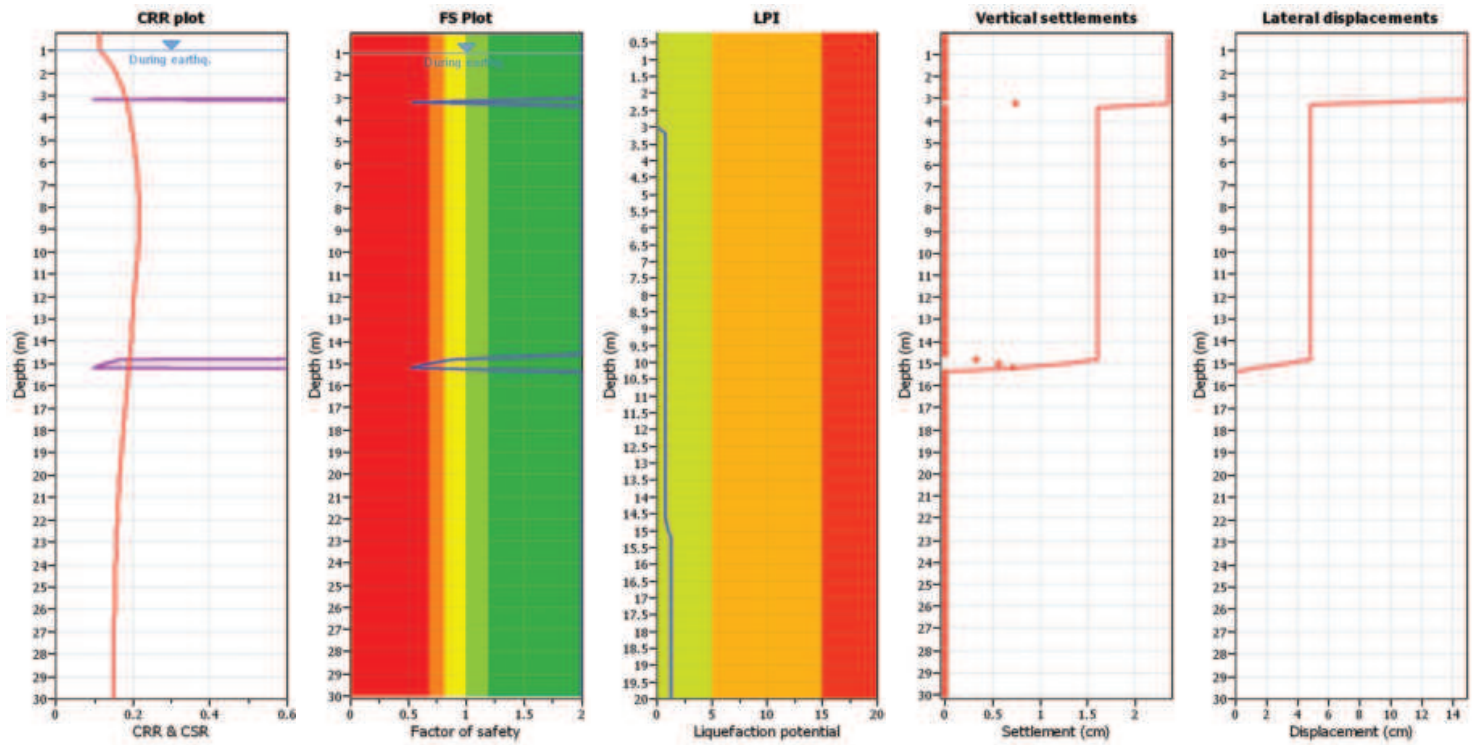
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K <sub>0</sub> applied:	Yes
Earthquake magnitude M <sub>w</sub> :	6.10	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (earthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	$K_{\sigma}$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.10	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

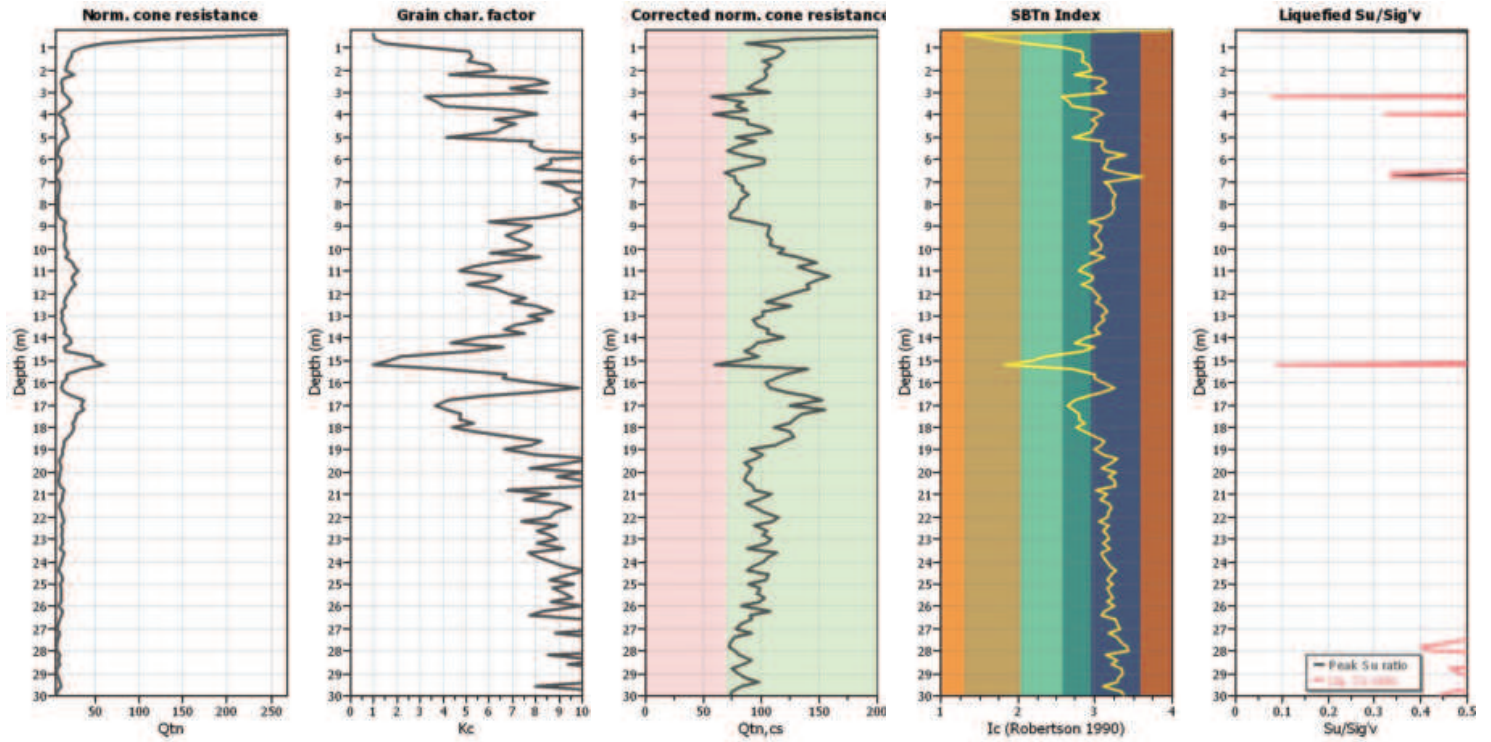
F.S. color scheme

<span style="color: red;">■</span>	Almost certain it will liquefy
<span style="color: orange;">■</span>	Very likely to liquefy
<span style="color: yellow;">■</span>	Liquefaction and no liq. are equally likely
<span style="color: lightgreen;">■</span>	Unlike to liquefy
<span style="color: green;">■</span>	Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

<span style="color: red;">■</span>	Very high risk
<span style="color: orange;">■</span>	High risk
<span style="color: yellow;">■</span>	Low risk

Check for strength loss plots (Robertson (2010))



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K <sub>0</sub> applied:	Yes
Earthquake magnitude M <sub>w</sub> :	6.10	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	$F_L$	$w_z$	$d_z$	LPI	Depth (m)	FS	$F_L$	$w_z$	$d_z$	LPI
0.20	2.00	0.00	9.90	0.20	0.00	0.40	2.00	0.00	9.80	0.20	0.00
0.60	2.00	0.00	9.70	0.20	0.00	0.80	2.00	0.00	9.60	0.20	0.00
1.00	2.00	0.00	9.50	0.20	0.00	1.20	2.00	0.00	9.40	0.20	0.00
1.40	2.00	0.00	9.30	0.20	0.00	1.60	2.00	0.00	9.20	0.20	0.00
1.80	2.00	0.00	9.10	0.20	0.00	2.00	2.00	0.00	9.00	0.20	0.00
2.20	2.00	0.00	8.90	0.20	0.00	2.40	2.00	0.00	8.80	0.20	0.00
2.60	2.00	0.00	8.70	0.20	0.00	2.80	2.00	0.00	8.60	0.20	0.00
3.00	2.00	0.00	8.50	0.20	0.00	3.20	0.53	0.47	8.40	0.20	0.78
3.40	2.00	0.00	8.30	0.20	0.00	3.60	2.00	0.00	8.20	0.20	0.00
3.80	2.00	0.00	8.10	0.20	0.00	4.00	2.00	0.00	8.00	0.20	0.00
4.20	2.00	0.00	7.90	0.20	0.00	4.40	2.00	0.00	7.80	0.20	0.00
4.60	2.00	0.00	7.70	0.20	0.00	4.80	2.00	0.00	7.60	0.20	0.00
5.00	2.00	0.00	7.50	0.20	0.00	5.20	2.00	0.00	7.40	0.20	0.00
5.40	2.00	0.00	7.30	0.20	0.00	5.60	2.00	0.00	7.20	0.20	0.00
5.80	2.00	0.00	7.10	0.20	0.00	6.00	2.00	0.00	7.00	0.20	0.00
6.20	2.00	0.00	6.90	0.20	0.00	6.40	2.00	0.00	6.80	0.20	0.00
6.60	2.00	0.00	6.70	0.20	0.00	6.80	2.00	0.00	6.60	0.20	0.00
7.00	2.00	0.00	6.50	0.20	0.00	7.20	2.00	0.00	6.40	0.20	0.00
7.40	2.00	0.00	6.30	0.20	0.00	7.60	2.00	0.00	6.20	0.20	0.00
7.80	2.00	0.00	6.10	0.20	0.00	8.00	2.00	0.00	6.00	0.20	0.00
8.20	2.00	0.00	5.90	0.20	0.00	8.40	2.00	0.00	5.80	0.20	0.00
8.60	2.00	0.00	5.70	0.20	0.00	8.80	2.00	0.00	5.60	0.20	0.00
9.00	2.00	0.00	5.50	0.20	0.00	9.20	2.00	0.00	5.40	0.20	0.00
9.40	2.00	0.00	5.30	0.20	0.00	9.60	2.00	0.00	5.20	0.20	0.00
9.80	2.00	0.00	5.10	0.20	0.00	10.00	2.00	0.00	5.00	0.20	0.00
10.20	2.00	0.00	4.90	0.20	0.00	10.40	2.00	0.00	4.80	0.20	0.00
10.60	2.00	0.00	4.70	0.20	0.00	10.80	2.00	0.00	4.60	0.20	0.00
11.00	2.00	0.00	4.50	0.20	0.00	11.20	2.00	0.00	4.40	0.20	0.00
11.40	2.00	0.00	4.30	0.20	0.00	11.60	2.00	0.00	4.20	0.20	0.00
11.80	2.00	0.00	4.10	0.20	0.00	12.00	2.00	0.00	4.00	0.20	0.00
12.20	2.00	0.00	3.90	0.20	0.00	12.40	2.00	0.00	3.80	0.20	0.00
12.60	2.00	0.00	3.70	0.20	0.00	12.80	2.00	0.00	3.60	0.20	0.00
13.00	2.00	0.00	3.50	0.20	0.00	13.20	2.00	0.00	3.40	0.20	0.00
13.40	2.00	0.00	3.30	0.20	0.00	13.60	2.00	0.00	3.20	0.20	0.00
13.80	2.00	0.00	3.10	0.20	0.00	14.00	2.00	0.00	3.00	0.20	0.00
14.20	2.00	0.00	2.90	0.20	0.00	14.40	2.00	0.00	2.80	0.20	0.00
14.60	2.00	0.00	2.70	0.20	0.00	14.80	0.87	0.13	2.60	0.20	0.07
15.00	0.67	0.33	2.50	0.20	0.16	15.20	0.52	0.48	2.40	0.20	0.23
15.40	2.00	0.00	2.30	0.20	0.00	15.60	2.00	0.00	2.20	0.20	0.00
15.80	2.00	0.00	2.10	0.20	0.00	16.00	2.00	0.00	2.00	0.20	0.00
16.20	2.00	0.00	1.90	0.20	0.00	16.40	2.00	0.00	1.80	0.20	0.00
16.60	2.00	0.00	1.70	0.20	0.00	16.80	2.00	0.00	1.60	0.20	0.00
17.00	2.00	0.00	1.50	0.20	0.00	17.20	2.00	0.00	1.40	0.20	0.00
17.40	2.00	0.00	1.30	0.20	0.00	17.60	2.00	0.00	1.20	0.20	0.00
17.80	2.00	0.00	1.10	0.20	0.00	18.00	2.00	0.00	1.00	0.20	0.00
18.20	2.00	0.00	0.90	0.20	0.00	18.40	2.00	0.00	0.80	0.20	0.00
18.60	2.00	0.00	0.70	0.20	0.00	18.80	2.00	0.00	0.60	0.20	0.00
19.00	2.00	0.00	0.50	0.20	0.00	19.20	2.00	0.00	0.40	0.20	0.00

**:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)**

Depth (m)	FS	$F_L$	$w_z$	$d_z$	LPI	Depth (m)	FS	$F_L$	$w_z$	$d_z$	LPI
19.40	2.00	0.00	0.30	0.20	0.00	19.60	2.00	0.00	0.20	0.20	0.00
19.80	2.00	0.00	0.10	0.20	0.00	20.00	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00
20.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.40	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20.60	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21.40	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.60	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.40	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22.60	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23.40	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.60	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.40	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24.60	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25.40	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.60	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.40	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26.60	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27.40	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.60	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.40	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28.60	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29.40	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.60	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Overall liquefaction potential: 1.24**

LPI = 0.00 - Liquefaction risk very low  
LPI between 0.00 and 5.00 - Liquefaction risk low  
LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high  
LPI > 15.00 - Liquefaction risk very high

**Abbreviations**

**FS:** Calculated factor of safety for test point  
 **$F_L$ :** 1 - FS  
 **$w_z$ :** Function value of the extend of soil liquefaction according to depth  
 **$d_z$ :** Layer thickness (m)  
**LPI:** Liquefaction potential index value for test point

:: Post-earthquake settlement due to soil liquefaction ::											
Depth (m)	$Q_{m,cs}$	FS	$e_v$ (%)	DF	Settlement (cm)	Depth (m)	$Q_{m,cs}$	FS	$e_v$ (%)	DF	Settlement (cm)
1.00	114.25	2.00	0.00	1.00	0.00	1.20	119.60	2.00	0.00	1.00	0.00
1.40	113.74	2.00	0.00	1.00	0.00	1.60	101.36	2.00	0.00	1.00	0.00
1.80	108.06	2.00	0.00	1.00	0.00	2.00	102.41	2.00	0.00	1.00	0.00
2.20	105.48	2.00	0.00	1.00	0.00	2.40	102.37	2.00	0.00	1.00	0.00
2.60	94.79	2.00	0.00	1.00	0.00	2.80	87.49	2.00	0.00	1.00	0.00
3.00	107.91	2.00	0.00	1.00	0.00	3.20	57.03	0.53	3.70	1.00	0.74
3.40	84.13	2.00	0.00	1.00	0.00	3.60	77.89	2.00	0.00	1.00	0.00
3.80	87.49	2.00	0.00	1.00	0.00	4.00	59.03	2.00	0.00	1.00	0.00
4.20	87.36	2.00	0.00	1.00	0.00	4.40	87.48	2.00	0.00	1.00	0.00
4.60	102.52	2.00	0.00	1.00	0.00	4.80	108.26	2.00	0.00	1.00	0.00
5.00	78.06	2.00	0.00	1.00	0.00	5.20	95.13	2.00	0.00	1.00	0.00
5.40	80.00	2.00	0.00	1.00	0.00	5.60	70.25	2.00	0.00	1.00	0.00
5.80	83.16	2.00	0.00	1.00	0.00	6.00	101.98	2.00	0.00	1.00	0.00
6.20	101.95	2.00	0.00	1.00	0.00	6.40	79.92	2.00	0.00	1.00	0.00
6.60	68.64	2.00	0.00	1.00	0.00	6.80	76.42	2.00	0.00	1.00	0.00
7.00	78.20	2.00	0.00	1.00	0.00	7.20	83.92	2.00	0.00	1.00	0.00
7.40	82.98	2.00	0.00	1.00	0.00	7.60	88.61	2.00	0.00	1.00	0.00
7.80	81.15	2.00	0.00	1.00	0.00	8.00	80.28	2.00	0.00	1.00	0.00
8.20	79.43	2.00	0.00	1.00	0.00	8.40	72.73	2.00	0.00	1.00	0.00
8.60	72.88	2.00	0.00	1.00	0.00	8.80	91.84	2.00	0.00	1.00	0.00
9.00	107.20	2.00	0.00	1.00	0.00	9.20	106.29	2.00	0.00	1.00	0.00
9.40	105.26	2.00	0.00	1.00	0.00	9.60	108.51	2.00	0.00	1.00	0.00
9.80	107.34	2.00	0.00	1.00	0.00	10.00	119.24	2.00	0.00	1.00	0.00
10.20	114.11	2.00	0.00	1.00	0.00	10.40	131.93	2.00	0.00	1.00	0.00
10.60	147.24	2.00	0.00	1.00	0.00	10.80	131.57	2.00	0.00	1.00	0.00
11.00	141.59	2.00	0.00	1.00	0.00	11.20	158.14	2.00	0.00	1.00	0.00
11.40	147.77	2.00	0.00	1.00	0.00	11.60	138.60	2.00	0.00	1.00	0.00
11.80	141.98	2.00	0.00	1.00	0.00	12.00	126.00	2.00	0.00	1.00	0.00
12.20	115.12	2.00	0.00	1.00	0.00	12.40	103.81	2.00	0.00	1.00	0.00
12.60	125.49	2.00	0.00	1.00	0.00	12.80	101.58	2.00	0.00	1.00	0.00
13.00	101.44	2.00	0.00	1.00	0.00	13.20	92.79	2.00	0.00	1.00	0.00
13.40	96.44	2.00	0.00	1.00	0.00	13.60	106.02	2.00	0.00	1.00	0.00
13.80	105.28	2.00	0.00	1.00	0.00	14.00	118.98	2.00	0.00	1.00	0.00
14.20	95.77	2.00	0.00	1.00	0.00	14.40	93.25	2.00	0.00	1.00	0.00
14.60	85.24	2.00	0.00	1.00	0.00	14.80	97.99	0.87	1.62	1.00	0.32
15.00	80.57	0.67	2.79	1.00	0.56	15.20	59.62	0.52	3.57	1.00	0.71
15.40	140.24	2.00	0.00	1.00	0.00	15.60	121.20	2.00	0.00	1.00	0.00
15.80	112.67	2.00	0.00	1.00	0.00	16.00	103.70	2.00	0.00	1.00	0.00
16.20	107.16	2.00	0.00	1.00	0.00	16.40	120.49	2.00	0.00	1.00	0.00
16.60	139.64	2.00	0.00	1.00	0.00	16.80	152.65	2.00	0.00	1.00	0.00
17.00	124.69	2.00	0.00	1.00	0.00	17.20	154.40	2.00	0.00	1.00	0.00
17.40	135.42	2.00	0.00	1.00	0.00	17.60	128.42	2.00	0.00	1.00	0.00
17.80	124.07	2.00	0.00	1.00	0.00	18.00	111.42	2.00	0.00	1.00	0.00
18.20	124.55	2.00	0.00	1.00	0.00	18.40	128.34	2.00	0.00	1.00	0.00
18.60	118.98	2.00	0.00	1.00	0.00	18.80	112.11	2.00	0.00	1.00	0.00
19.00	90.12	2.00	0.00	1.00	0.00	19.20	101.80	2.00	0.00	1.00	0.00
19.40	94.63	2.00	0.00	1.00	0.00	19.60	84.89	2.00	0.00	1.00	0.00
19.80	91.04	2.00	0.00	1.00	0.00	20.00	88.88	2.00	0.00	1.00	0.00

**:: Post-earthquake settlement due to soil liquefaction :: (continued)**

Depth (m)	$Q_{m,cs}$	FS	$e_v$ (%)	DF	Settlement (cm)	Depth (m)	$Q_{m,cs}$	FS	$e_v$ (%)	DF	Settlement (cm)
20.20	86.94	2.00	0.00	1.00	0.00	20.40	85.60	2.00	0.00	1.00	0.00
20.60	92.24	2.00	0.00	1.00	0.00	20.80	93.86	2.00	0.00	1.00	0.00
21.00	108.07	2.00	0.00	1.00	0.00	21.20	97.37	2.00	0.00	1.00	0.00
21.40	87.14	2.00	0.00	1.00	0.00	21.60	95.29	2.00	0.00	1.00	0.00
21.80	101.72	2.00	0.00	1.00	0.00	22.00	114.98	2.00	0.00	1.00	0.00
22.20	109.46	2.00	0.00	1.00	0.00	22.40	94.13	2.00	0.00	1.00	0.00
22.60	104.57	2.00	0.00	1.00	0.00	22.80	101.76	2.00	0.00	1.00	0.00
23.00	108.67	2.00	0.00	1.00	0.00	23.20	104.92	2.00	0.00	1.00	0.00
23.40	87.77	2.00	0.00	1.00	0.00	23.60	113.27	2.00	0.00	1.00	0.00
23.80	105.52	2.00	0.00	1.00	0.00	24.00	101.08	2.00	0.00	1.00	0.00
24.20	92.55	2.00	0.00	1.00	0.00	24.40	87.33	2.00	0.00	1.00	0.00
24.60	106.15	2.00	0.00	1.00	0.00	24.80	103.09	2.00	0.00	1.00	0.00
25.00	88.67	2.00	0.00	1.00	0.00	25.20	98.74	2.00	0.00	1.00	0.00
25.40	96.00	2.00	0.00	1.00	0.00	25.60	102.42	2.00	0.00	1.00	0.00
25.80	99.22	2.00	0.00	1.00	0.00	26.00	82.86	2.00	0.00	1.00	0.00
26.20	107.25	2.00	0.00	1.00	0.00	26.40	89.65	2.00	0.00	1.00	0.00
26.60	91.09	2.00	0.00	1.00	0.00	26.80	83.31	2.00	0.00	1.00	0.00
27.00	78.23	2.00	0.00	1.00	0.00	27.20	91.40	2.00	0.00	1.00	0.00
27.40	76.54	2.00	0.00	1.00	0.00	27.60	73.20	2.00	0.00	1.00	0.00
27.80	71.35	2.00	0.00	1.00	0.00	28.00	76.80	2.00	0.00	1.00	0.00
28.20	80.98	2.00	0.00	1.00	0.00	28.40	91.50	2.00	0.00	1.00	0.00
28.60	83.57	2.00	0.00	1.00	0.00	28.80	73.91	2.00	0.00	1.00	0.00
29.00	80.53	2.00	0.00	1.00	0.00	29.20	86.51	2.00	0.00	1.00	0.00
29.40	97.97	2.00	0.00	1.00	0.00	29.60	83.15	2.00	0.00	1.00	0.00
29.80	74.56	2.00	0.00	1.00	0.00	30.00	73.63	2.00	0.00	1.00	0.00

**Total estimated settlement: 2.34****Abbreviations**

$Q_{m,cs}$ :	Equivalent clean sand normalized cone resistance
FS:	Factor of safety against liquefaction
$e_v$ (%):	Post-liquefaction volumetric strain
DF:	$e_v$ depth weighting factor
Settlement:	Calculated settlement

:: Strength loss calculation (Robertson (2009)) ::							
Depth (m)	$q_t$ (MPa)	$Q_{tn}$	$K_c$	$Q_{tn,cs}$	$I_c$	$S_{u(liq)}/\sigma'_v$	$S_{u(peak)}/\sigma'_v$
0.20	0.00	-1.00	26.61	-26.61	4.06	0.00	0.00
0.40	15.80	268.47	1.00	268.47	1.30	0.98	0.98
0.60	7.20	122.21	1.06	129.11	1.73	0.86	0.86
0.80	3.50	59.25	1.46	86.79	2.11	0.76	0.76
1.00	2.10	35.39	3.23	114.25	2.58	0.69	0.69
1.20	1.40	23.43	5.11	119.60	2.84	4.93	4.93
1.40	1.30	21.67	5.25	113.74	2.85	4.23	4.23
1.60	1.20	19.91	5.09	101.36	2.84	3.62	3.62
1.80	1.10	18.15	5.95	108.06	2.93	3.09	3.09
2.00	1.00	16.39	6.25	102.41	2.95	2.63	2.63
2.20	1.50	24.83	4.25	105.48	2.73	3.76	3.76
2.40	0.80	12.87	7.95	102.37	3.10	1.85	1.85
2.60	0.70	11.11	8.53	94.79	3.15	1.52	1.52
2.80	0.80	12.75	6.86	87.49	3.01	1.67	1.67
3.00	0.80	12.69	8.50	107.91	3.14	1.58	1.58
3.20	1.10	17.74	3.21	57.03	2.58	0.08	0.61
3.40	1.40	22.78	3.69	84.13	2.66	2.63	2.63
3.60	1.20	19.32	4.03	77.89	2.70	2.15	2.15
3.80	0.80	12.47	7.02	87.49	3.02	1.34	1.34
4.00	0.50	7.31	8.07	59.03	3.11	0.32	0.76
4.20	0.90	14.06	6.22	87.36	2.95	1.41	1.41
4.40	0.80	12.30	7.11	87.48	3.03	1.20	1.20
4.60	1.00	15.64	6.56	102.52	2.98	1.47	1.47
4.80	1.10	17.28	6.27	108.26	2.96	1.57	1.57
5.00	1.20	18.92	4.13	78.06	2.72	1.67	1.67
5.20	0.80	12.06	7.89	95.13	3.10	1.03	1.03
5.40	0.70	10.31	7.76	80.00	3.09	0.86	0.86
5.60	0.60	8.55	8.21	70.25	3.12	0.69	0.69
5.80	0.50	6.80	12.24	83.16	3.39	0.54	0.54
6.00	0.80	11.84	8.62	101.98	3.15	0.91	0.91
6.20	0.80	11.78	8.66	101.95	3.16	0.88	0.88
6.40	0.70	10.02	7.98	79.92	3.10	0.73	0.73
6.60	0.50	6.56	10.46	68.64	3.28	0.34	0.47
6.80	0.40	4.70	16.27	76.42	3.61	0.34	0.34
7.00	0.70	9.41	8.31	78.20	3.13	0.67	0.67
7.20	0.70	9.15	9.18	83.92	3.19	0.65	0.65
7.40	0.70	8.89	9.33	82.98	3.21	0.64	0.64
7.60	0.70	8.64	10.25	88.61	3.27	0.62	0.62
7.80	0.70	8.41	9.65	81.15	3.23	0.60	0.60
8.00	0.70	8.19	9.80	80.28	3.24	0.59	0.59
8.20	0.70	7.98	9.96	79.43	3.25	0.57	0.57
8.40	0.70	7.78	9.35	72.73	3.21	0.56	0.56
8.60	0.80	8.96	8.14	72.88	3.12	0.64	0.64
8.80	1.30	15.40	5.96	91.84	2.93	1.10	1.10
9.00	1.20	13.76	7.79	107.20	3.09	0.98	0.98
9.20	1.30	14.71	7.23	106.29	3.04	1.05	1.05
9.40	1.40	15.62	6.74	105.26	3.00	1.12	1.12
9.60	1.40	15.26	7.11	108.51	3.03	1.09	1.09



**:: Strength loss calculation (Robertson (2009)) :: (continued)**

Depth (m)	$q_t$ (MPa)	$Q_{tn}$	$K_c$	$Q_{tn,cs}$	$I_c$	$S_{u(liq)}/\sigma'_v$	$S_{u(peak)}/\sigma'_v$
9.80	1.30	13.70	7.83	107.34	3.09	0.98	0.98
10.00	1.50	15.75	7.57	119.24	3.07	1.13	1.13
10.20	1.80	18.87	6.05	114.11	2.93	1.35	1.35
10.40	1.60	16.18	8.15	131.93	3.12	1.16	1.16
10.60	2.30	23.62	6.23	147.24	2.95	1.69	1.69
10.80	2.50	25.21	5.22	131.57	2.85	1.81	1.81
11.00	3.00	29.98	4.72	141.59	2.79	2.15	2.15
11.20	2.50	24.21	6.53	158.14	2.98	1.73	1.73
11.40	2.50	23.70	6.24	147.77	2.95	1.69	1.69
11.60	2.90	27.24	5.09	138.60	2.83	1.95	1.95
11.80	2.50	22.74	6.24	141.98	2.95	1.62	1.62
12.00	2.10	18.41	6.84	126.00	3.01	1.31	1.31
12.20	1.80	15.19	7.58	115.12	3.07	1.08	1.08
12.40	1.80	14.91	6.96	103.81	3.02	1.06	1.06
12.60	1.90	15.55	8.07	125.49	3.11	1.11	1.11
12.80	1.50	11.63	8.74	101.58	3.16	0.83	0.83
13.00	1.70	13.21	7.68	101.44	3.08	0.94	0.94
13.20	1.50	11.22	8.27	92.79	3.13	0.80	0.80
13.40	1.80	13.64	7.07	96.44	3.03	0.97	0.97
13.60	2.10	15.98	6.64	106.02	2.99	1.14	1.14
13.80	1.90	14.02	7.51	105.28	3.07	1.00	1.00
14.00	2.80	21.37	5.57	118.98	2.89	1.52	1.52
14.20	2.90	22.10	4.33	95.77	2.74	1.55	1.55
14.40	2.00	14.14	6.60	93.25	2.99	1.01	1.01
14.60	2.30	16.47	5.18	85.24	2.84	1.17	1.17
14.80	5.80	46.07	2.13	97.99	2.35	0.72	0.72
15.00	6.10	48.76	1.65	80.57	2.19	0.73	0.73
15.20	7.20	59.62	1.00	59.62	1.83	0.09	0.76
15.40	4.80	35.19	3.99	140.24	2.70	2.45	2.45
15.60	2.70	18.08	6.70	121.20	3.00	1.29	1.29
15.80	2.60	17.07	6.60	112.67	2.99	1.22	1.22
16.00	2.10	13.19	7.86	103.70	3.09	0.94	0.94
16.20	1.80	10.84	9.89	107.16	3.24	0.77	0.77
16.40	2.40	14.92	8.08	120.49	3.11	1.07	1.07
16.60	3.80	24.64	5.67	139.64	2.90	1.75	1.75
16.80	5.40	36.22	4.21	152.65	2.73	2.51	2.51
17.00	5.10	34.03	3.66	124.69	2.65	2.33	2.33
17.20	5.70	37.41	4.13	154.40	2.72	2.58	2.58
17.40	4.50	28.34	4.78	135.42	2.80	1.98	1.98
17.60	4.40	27.35	4.70	128.42	2.79	1.90	1.90
17.80	3.90	23.42	5.30	124.07	2.86	1.65	1.65
18.00	4.20	25.54	4.36	111.42	2.75	1.76	1.76
18.20	4.00	23.46	5.31	124.55	2.86	1.65	1.65
18.40	3.30	18.43	6.96	128.34	3.02	1.32	1.32
18.60	2.70	14.51	8.20	118.98	3.12	1.04	1.04
18.80	2.70	14.32	7.83	112.11	3.09	1.02	1.02
19.00	2.60	13.54	6.65	90.12	2.99	0.97	0.97
19.20	2.50	12.78	7.97	101.80	3.10	0.91	0.91

**:: Strength loss calculation (Robertson (2009)) :: (continued)**

Depth (m)	$q_t$ (MPa)	$Q_{tn}$	$K_c$	$Q_{tn,cs}$	$I_c$	$S_{u(liq)}/\sigma'_v$	$S_{u(peak)}/\sigma'_v$
19.40	1.90	9.10	10.40	94.63	3.28	0.65	0.65
19.60	1.90	8.99	9.45	84.89	3.21	0.64	0.64
19.80	2.40	11.75	7.75	91.04	3.09	0.84	0.84
20.00	1.90	8.76	10.14	88.88	3.26	0.63	0.63
20.20	2.10	9.78	8.89	86.94	3.17	0.70	0.70
20.40	1.90	8.55	10.01	85.60	3.25	0.61	0.61
20.60	2.00	9.00	10.25	92.24	3.27	0.64	0.64
20.80	2.90	13.82	6.79	93.86	3.00	0.99	0.99
21.00	2.70	12.57	8.60	108.07	3.15	0.90	0.90
21.20	2.80	12.96	7.51	97.37	3.07	0.93	0.93
21.40	2.20	9.63	9.05	87.14	3.19	0.69	0.69
21.60	2.30	10.04	9.49	95.29	3.22	0.72	0.72
21.80	2.60	11.49	8.85	101.72	3.17	0.82	0.82
22.00	3.00	13.42	8.57	114.98	3.15	0.96	0.96
22.20	3.30	14.80	7.40	109.46	3.06	1.06	1.06
22.40	2.50	10.59	8.88	94.13	3.17	0.76	0.76
22.60	3.00	12.98	8.05	104.57	3.11	0.93	0.93
22.80	2.80	11.85	8.59	101.76	3.15	0.85	0.85
23.00	2.90	12.21	8.90	108.67	3.17	0.87	0.87
23.20	3.10	13.05	8.04	104.92	3.11	0.93	0.93
23.40	2.40	9.54	9.20	87.77	3.20	0.68	0.68
23.60	3.50	14.69	7.71	113.27	3.08	1.05	1.05
23.80	3.20	13.12	8.04	105.52	3.11	0.94	0.94
24.00	2.90	11.57	8.73	101.08	3.16	0.83	0.83
24.20	2.60	10.06	9.20	92.55	3.20	0.72	0.72
24.40	2.30	8.57	10.19	87.33	3.27	0.61	0.61
24.60	2.90	11.22	9.46	106.15	3.21	0.80	0.80
24.80	3.10	12.02	8.58	103.09	3.15	0.86	0.86
25.00	2.50	9.20	9.64	88.67	3.23	0.66	0.66
25.20	3.00	11.34	8.71	98.74	3.16	0.81	0.81
25.40	2.80	10.34	9.28	96.00	3.20	0.74	0.74
25.60	2.90	10.67	9.59	102.42	3.22	0.76	0.76
25.80	3.10	11.44	8.67	99.22	3.16	0.82	0.82
26.00	2.40	8.31	9.97	82.86	3.25	0.59	0.59
26.20	3.50	12.94	8.29	107.25	3.13	0.92	0.92
26.40	3.20	11.54	7.77	89.65	3.09	0.82	0.82
26.60	2.60	8.91	10.23	91.09	3.27	0.64	0.64
26.80	2.40	7.98	10.43	83.31	3.28	0.57	0.57
27.00	2.20	7.08	11.05	78.23	3.32	0.51	0.51
27.20	3.00	10.31	8.87	91.40	3.17	0.74	0.74
27.40	2.30	7.35	10.41	76.54	3.28	0.53	0.53
27.60	2.10	6.47	11.31	73.20	3.34	0.46	0.46
27.80	1.90	5.60	12.73	71.35	3.42	0.40	0.40
28.00	2.00	5.95	12.91	76.80	3.43	0.42	0.42
28.20	2.90	9.47	8.55	80.98	3.15	0.68	0.68
28.40	2.70	8.60	10.65	91.50	3.30	0.61	0.61
28.60	2.80	8.91	9.38	83.57	3.21	0.64	0.64
28.80	2.20	6.50	11.37	73.91	3.34	0.46	0.46

**:: Strength loss calculation (Robertson (2009)) :: (continued)**

Depth (m)	$q_t$ (MPa)	$Q_{tn}$	$K_c$	$Q_{tn,cs}$	$I_c$	$S_{u(liq)}/\sigma'_v$	$S_{u(peak)}/\sigma'_v$
29.00	2.30	6.83	11.80	80.53	3.37	0.49	0.49
29.20	2.60	7.91	10.93	86.51	3.31	0.57	0.57
29.40	3.00	9.36	10.46	97.97	3.28	0.67	0.67
29.60	3.30	10.42	7.98	83.15	3.10	0.74	0.74
29.80	2.30	6.58	11.34	74.56	3.34	0.47	0.47
30.00	2.20	6.15	11.98	73.63	3.38	0.44	0.44

**Abbreviations**

$q_t$ :	Total cone resistance
$K_c$ :	Cone resistance correction factor due to fines
$Q_{tn,cs}$ :	Adjusted and corrected cone resistance due to fines
$I_c$ :	Soil behavior type index
$S_{u(liq)}/\sigma'_v$ :	Calculated liquefied undrained strength ratio
$S_{u(peak)}/\sigma'_v$ :	Calculated peak undrained strength ratio

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica</i>	<i>Novembre 2014</i>

## VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE CPT1

### Metodologia Idriss & Boulanger

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 51
---	--	---------

**LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT**

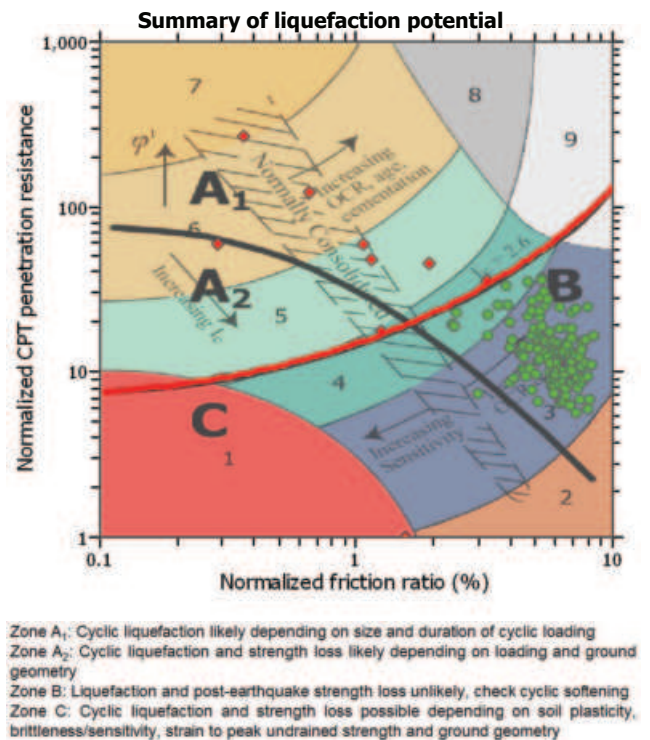
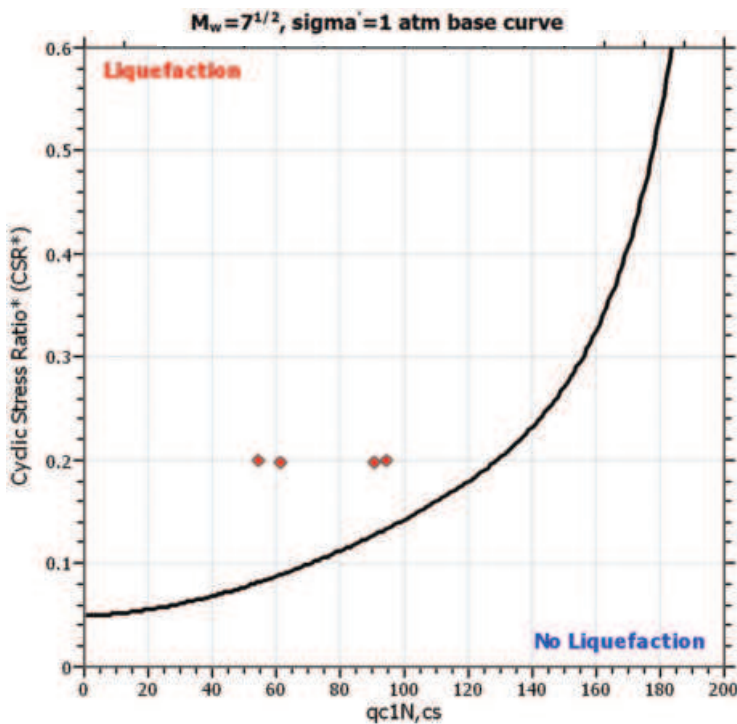
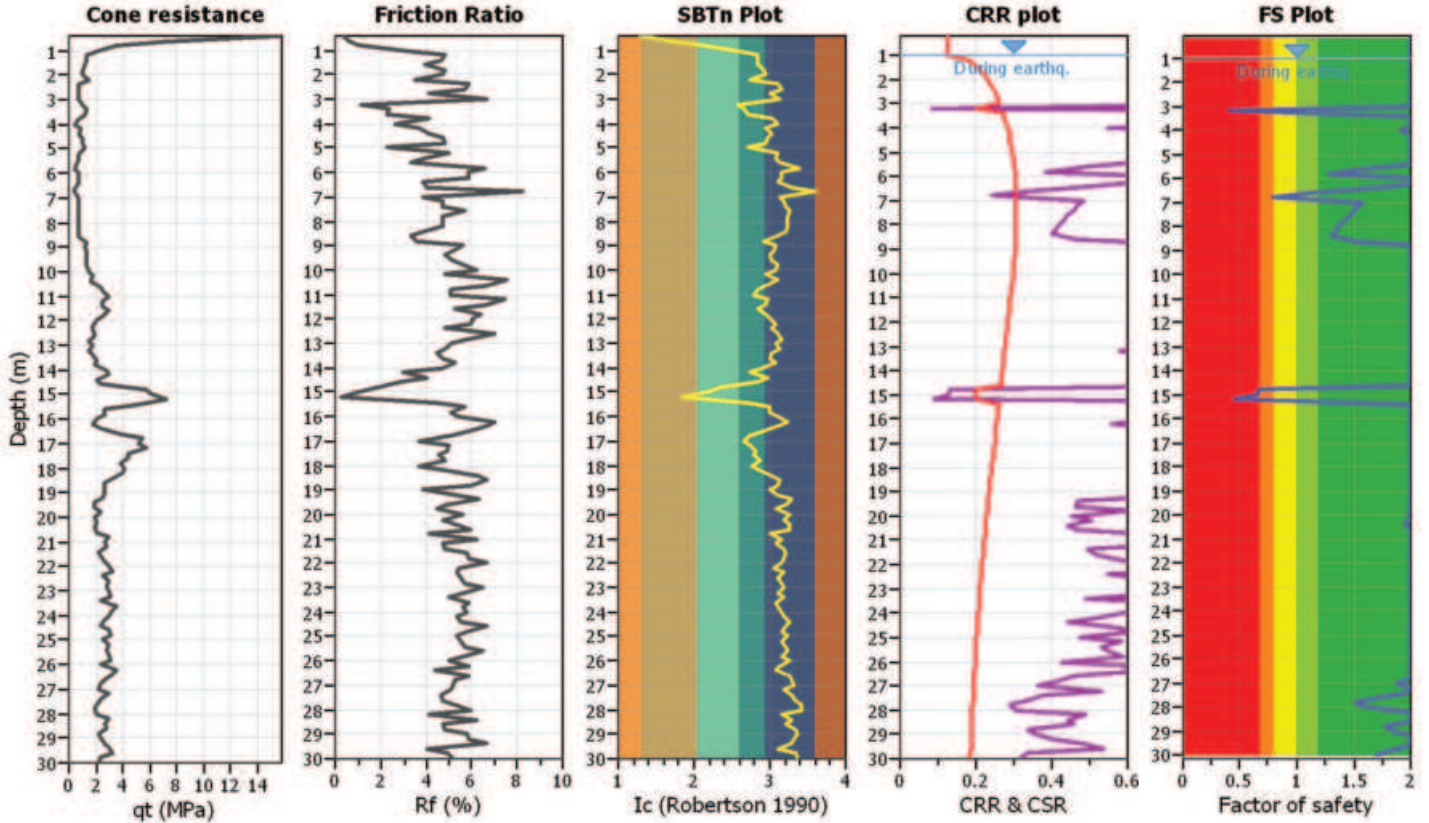
Project title : Acetum S.r.l.

Location : Via Sandro Pertini - Cavezzo (MO)

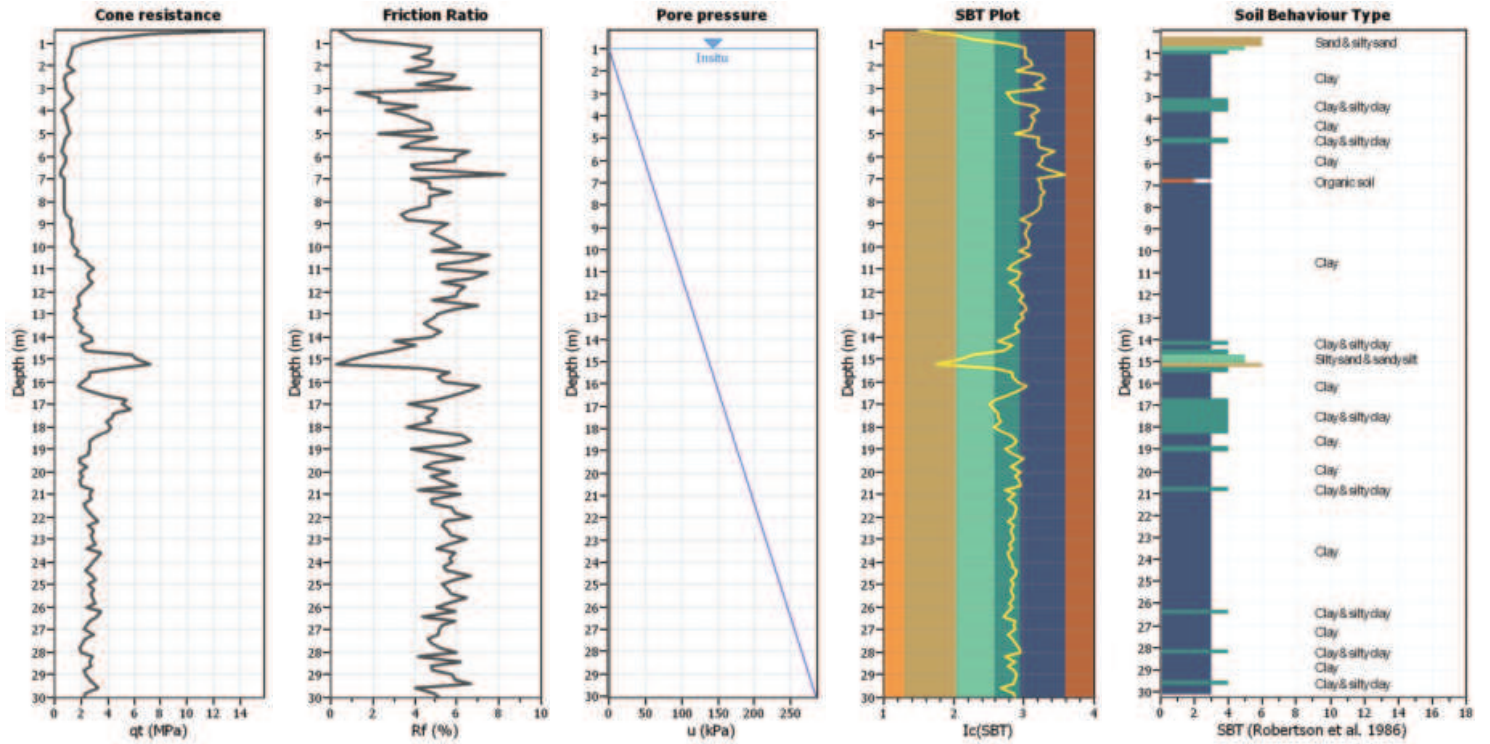
CPT file : CPTAcetum 30 metri

**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	I&B (2008)	G.W.T. (in-situ):	1.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	R&W (1998)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	applied:	Sand & Clay
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	1	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	No
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	N/A
Peak ground acceleration:	0.30	Unit weight calculation:	Based on SBT	$K_c$ applied:	Yes	MSF method:	I&B, 2008



**CPT basic interpretation plots**



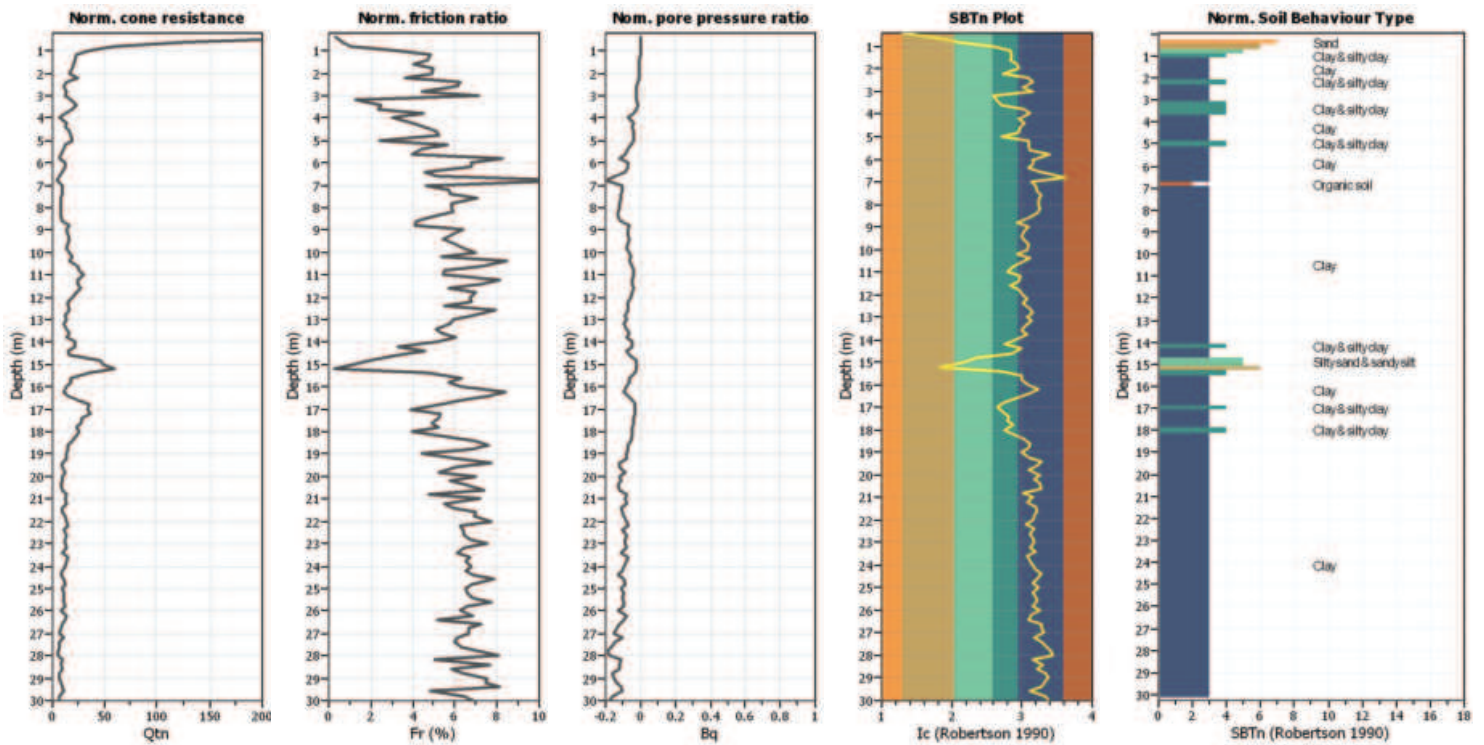
**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	I&B (2008)	Depth to GW (earthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	R&W (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on $I_c$ value	Ic cut-off value:	2.60	$K_{\sigma}$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sand & Clay
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

**SBT legend**

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

**CPT basic interpretation plots (normalized)**



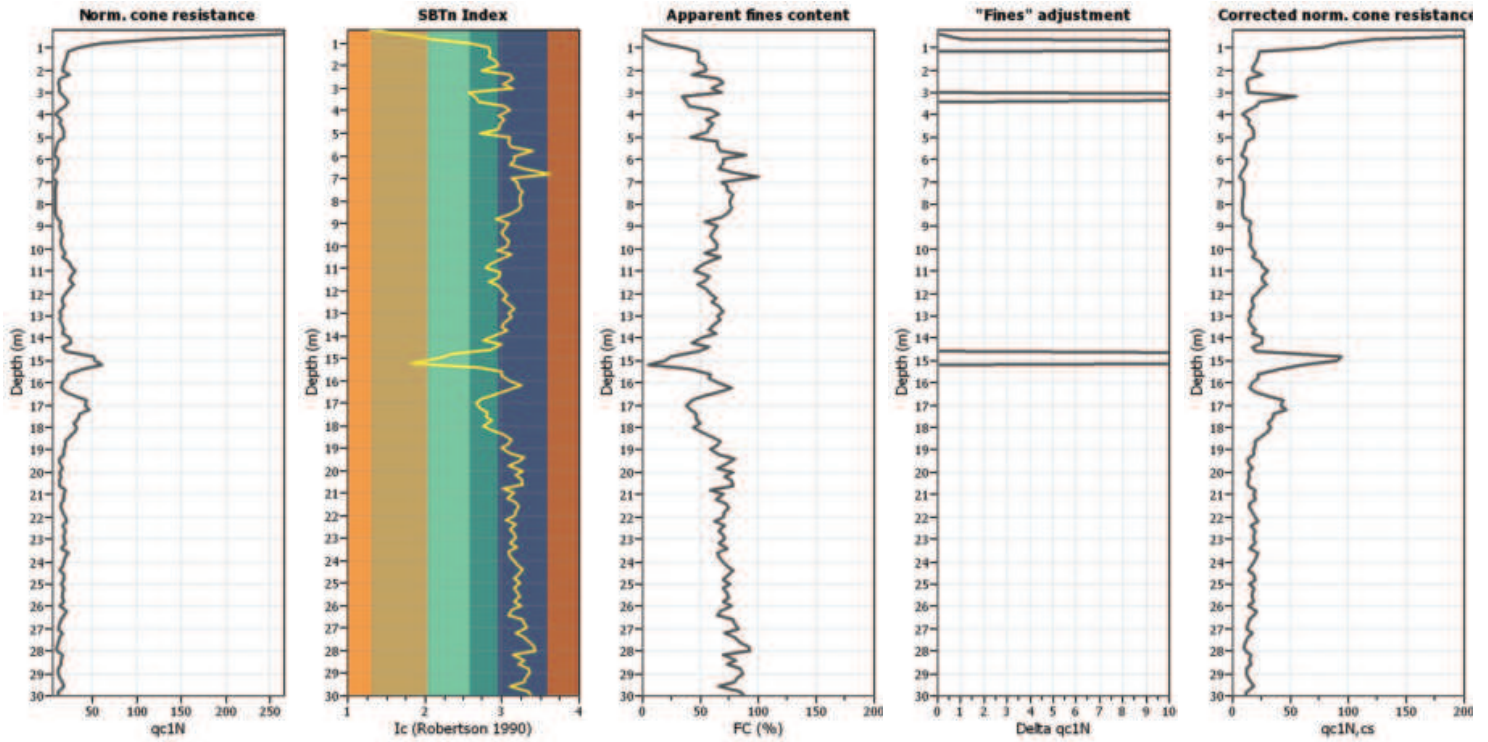
**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	I&B (2008)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	R&W (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K <sub>cs</sub> applied:	Yes
Earthquake magnitude M <sub>w</sub> :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sand & Clay
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

**SBTn legend**

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

Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)

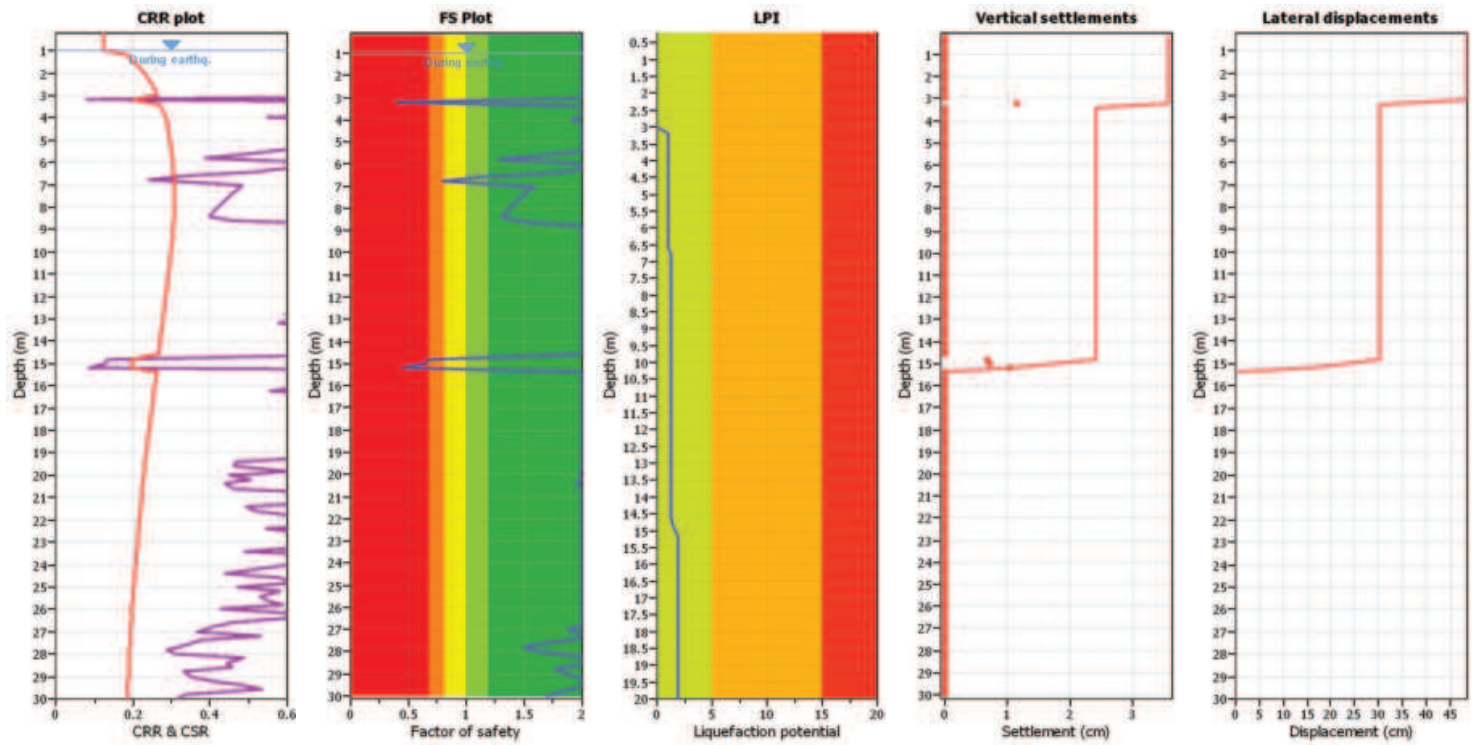


Input parameters and analysis data

Analysis method:	I&B (2008)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	R&W (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K <sub>cs</sub> applied:	Yes
Earthquake magnitude M <sub>w</sub> :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sand & Clay
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method: I&B (2008)  
 Fines correction method: R&W (1998)  
 Points to test: Based on I<sub>c</sub> value  
 Earthquake magnitude M<sub>w</sub>: 6.14  
 Peak ground acceleration: 0.30  
 Depth to water table (insitu): 1.00 m

Depth to GWT (earthq.): 1.00 m  
 Average results interval: 1  
 I<sub>c</sub> cut-off value: 2.60  
 Unit weight calculation: Based on SBT  
 Use fill: No  
 Fill height: N/A

Fill weight: N/A  
 Transition detect. applied: No  
 K<sub>σ</sub> applied: Yes  
 Clay like behavior applied: Sand & Clay  
 Limit depth applied: No  
 Limit depth: N/A

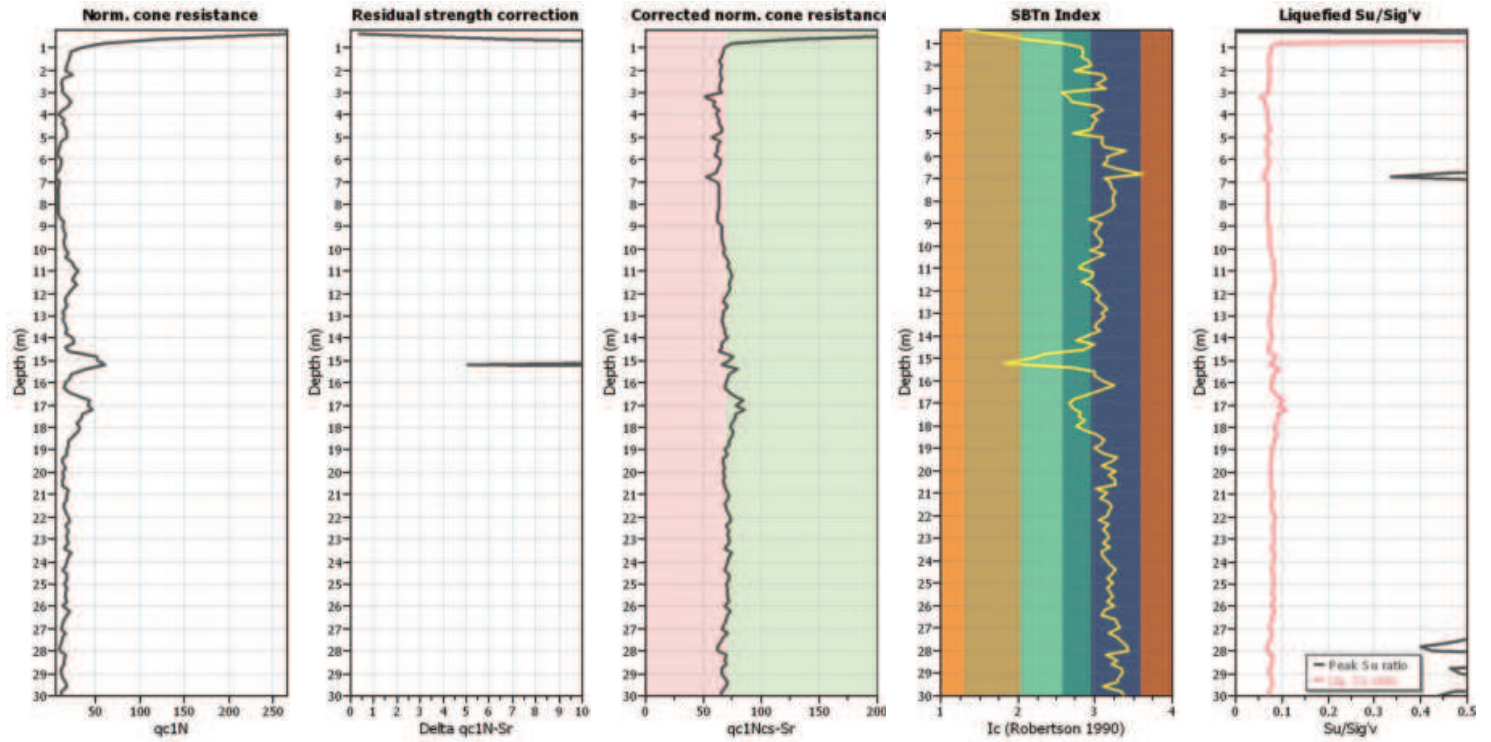
F.S. color scheme

Red: Almost certain it will liquefy  
 Orange: Very likely to liquefy  
 Yellow: Liquefaction and no liq. are equally likely  
 Green: Unlike to liquefy  
 Dark Green: Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

Red: Very high risk  
 Yellow: High risk  
 Green: Low risk

**Check for strength loss plots (Idriss & Boulanger (2008))**



**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	I&B (2008)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	R&W (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K <sub>c</sub> applied:	Yes
Earthquake magnitude M <sub>w</sub> :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sand & Clay
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	$F_L$	$w_z$	$d_z$	LPI	Depth (m)	FS	$F_L$	$w_z$	$d_z$	LPI
0.20	2.00	0.00	9.90	0.20	0.00	0.40	2.00	0.00	9.80	0.20	0.00
0.60	2.00	0.00	9.70	0.20	0.00	0.80	2.00	0.00	9.60	0.20	0.00
1.00	2.00	0.00	9.50	0.20	0.00	1.20	2.00	0.00	9.40	0.20	0.00
1.40	2.00	0.00	9.30	0.20	0.00	1.60	2.00	0.00	9.20	0.20	0.00
1.80	2.00	0.00	9.10	0.20	0.00	2.00	2.00	0.00	9.00	0.20	0.00
2.20	2.00	0.00	8.90	0.20	0.00	2.40	2.00	0.00	8.80	0.20	0.00
2.60	2.00	0.00	8.70	0.20	0.00	2.80	2.00	0.00	8.60	0.20	0.00
3.00	2.00	0.00	8.50	0.20	0.00	3.20	0.41	0.59	8.40	0.20	0.99
3.40	2.00	0.00	8.30	0.20	0.00	3.60	2.00	0.00	8.20	0.20	0.00
3.80	2.00	0.00	8.10	0.20	0.00	4.00	1.92	0.00	8.00	0.20	0.00
4.20	2.00	0.00	7.90	0.20	0.00	4.40	2.00	0.00	7.80	0.20	0.00
4.60	2.00	0.00	7.70	0.20	0.00	4.80	2.00	0.00	7.60	0.20	0.00
5.00	2.00	0.00	7.50	0.20	0.00	5.20	2.00	0.00	7.40	0.20	0.00
5.40	2.00	0.00	7.30	0.20	0.00	5.60	1.66	0.00	7.20	0.20	0.00
5.80	1.28	0.00	7.10	0.20	0.00	6.00	2.00	0.00	7.00	0.20	0.00
6.20	2.00	0.00	6.90	0.20	0.00	6.40	1.73	0.00	6.80	0.20	0.00
6.60	1.10	0.00	6.70	0.20	0.00	6.80	0.79	0.21	6.60	0.20	0.28
7.00	1.58	0.00	6.50	0.20	0.00	7.20	1.53	0.00	6.40	0.20	0.00
7.40	1.49	0.00	6.30	0.20	0.00	7.60	1.45	0.00	6.20	0.20	0.00
7.80	1.41	0.00	6.10	0.20	0.00	8.00	1.37	0.00	6.00	0.20	0.00
8.20	1.34	0.00	5.90	0.20	0.00	8.40	1.31	0.00	5.80	0.20	0.00
8.60	1.51	0.00	5.70	0.20	0.00	8.80	2.00	0.00	5.60	0.20	0.00
9.00	2.00	0.00	5.50	0.20	0.00	9.20	2.00	0.00	5.40	0.20	0.00
9.40	2.00	0.00	5.30	0.20	0.00	9.60	2.00	0.00	5.20	0.20	0.00
9.80	2.00	0.00	5.10	0.20	0.00	10.00	2.00	0.00	5.00	0.20	0.00
10.20	2.00	0.00	4.90	0.20	0.00	10.40	2.00	0.00	4.80	0.20	0.00
10.60	2.00	0.00	4.70	0.20	0.00	10.80	2.00	0.00	4.60	0.20	0.00
11.00	2.00	0.00	4.50	0.20	0.00	11.20	2.00	0.00	4.40	0.20	0.00
11.40	2.00	0.00	4.30	0.20	0.00	11.60	2.00	0.00	4.20	0.20	0.00
11.80	2.00	0.00	4.10	0.20	0.00	12.00	2.00	0.00	4.00	0.20	0.00
12.20	2.00	0.00	3.90	0.20	0.00	12.40	2.00	0.00	3.80	0.20	0.00
12.60	2.00	0.00	3.70	0.20	0.00	12.80	2.00	0.00	3.60	0.20	0.00
13.00	2.00	0.00	3.50	0.20	0.00	13.20	2.00	0.00	3.40	0.20	0.00
13.40	2.00	0.00	3.30	0.20	0.00	13.60	2.00	0.00	3.20	0.20	0.00
13.80	2.00	0.00	3.10	0.20	0.00	14.00	2.00	0.00	3.00	0.20	0.00
14.20	2.00	0.00	2.90	0.20	0.00	14.40	2.00	0.00	2.80	0.20	0.00
14.60	2.00	0.00	2.70	0.20	0.00	14.80	0.67	0.33	2.60	0.20	0.17
15.00	0.64	0.36	2.50	0.20	0.18	15.20	0.45	0.55	2.40	0.20	0.26
15.40	2.00	0.00	2.30	0.20	0.00	15.60	2.00	0.00	2.20	0.20	0.00
15.80	2.00	0.00	2.10	0.20	0.00	16.00	2.00	0.00	2.00	0.20	0.00
16.20	2.00	0.00	1.90	0.20	0.00	16.40	2.00	0.00	1.80	0.20	0.00
16.60	2.00	0.00	1.70	0.20	0.00	16.80	2.00	0.00	1.60	0.20	0.00
17.00	2.00	0.00	1.50	0.20	0.00	17.20	2.00	0.00	1.40	0.20	0.00
17.40	2.00	0.00	1.30	0.20	0.00	17.60	2.00	0.00	1.20	0.20	0.00
17.80	2.00	0.00	1.10	0.20	0.00	18.00	2.00	0.00	1.00	0.20	0.00
18.20	2.00	0.00	0.90	0.20	0.00	18.40	2.00	0.00	0.80	0.20	0.00
18.60	2.00	0.00	0.70	0.20	0.00	18.80	2.00	0.00	0.60	0.20	0.00
19.00	2.00	0.00	0.50	0.20	0.00	19.20	2.00	0.00	0.40	0.20	0.00

**:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)**

Depth (m)	FS	$F_L$	$w_z$	$d_z$	LPI	Depth (m)	FS	$F_L$	$w_z$	$d_z$	LPI
19.40	2.00	0.00	0.30	0.20	0.00	19.60	2.00	0.00	0.20	0.20	0.00
19.80	2.00	0.00	0.10	0.20	0.00	20.00	1.98	0.00	0.00	0.20	0.00
20.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.40	1.95	0.00	0.00	0.00	0.00
20.60	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21.40	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.60	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.40	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22.60	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23.40	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.60	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.40	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24.60	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25.40	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.60	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.40	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26.60	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27.00	1.88	0.00	0.00	0.00	0.00	27.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27.40	1.96	0.00	0.00	0.00	0.00	27.60	1.73	0.00	0.00	0.00	0.00
27.80	1.51	0.00	0.00	0.00	0.00	28.00	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00
28.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.40	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28.60	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.80	1.77	0.00	0.00	0.00	0.00
29.00	1.86	0.00	0.00	0.00	0.00	29.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29.40	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.60	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29.80	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00	30.00	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00

**Overall liquefaction potential: 1.89**

LPI = 0.00 - Liquefaction risk very low  
LPI between 0.00 and 5.00 - Liquefaction risk low  
LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high  
LPI > 15.00 - Liquefaction risk very high

**Abbreviations**

**FS:** Calculated factor of safety for test point  
 **$F_L$ :** 1 - FS  
 **$w_z$ :** Function value of the extend of soil liquefaction according to depth  
 **$d_z$ :** Layer thickness (m)  
**LPI:** Liquefaction potential index value for test point

:: Post-earthquake settlement due to soil liquefaction ::											
Depth (m)	q <sub>c1H,cs</sub>	FS	e <sub>v</sub> (%)	DF	Settlement (cm)	Depth (m)	q <sub>c1H,cs</sub>	FS	e <sub>v</sub> (%)	DF	Settlement (cm)
1.00	77.03	2.00	0.00	1.00	0.00	1.20	23.49	2.00	0.00	1.00	0.00
1.40	21.81	2.00	0.00	1.00	0.00	1.60	20.13	2.00	0.00	1.00	0.00
1.80	18.46	2.00	0.00	1.00	0.00	2.00	16.78	2.00	0.00	1.00	0.00
2.20	25.17	2.00	0.00	1.00	0.00	2.40	13.42	2.00	0.00	1.00	0.00
2.60	11.74	2.00	0.00	1.00	0.00	2.80	13.42	2.00	0.00	1.00	0.00
3.00	13.42	2.00	0.00	1.00	0.00	3.20	54.47	0.41	5.70	1.00	1.14
3.40	23.49	2.00	0.00	1.00	0.00	3.60	20.13	2.00	0.00	1.00	0.00
3.80	13.42	2.00	0.00	1.00	0.00	4.00	8.39	1.92	0.00	1.00	0.00
4.20	15.10	2.00	0.00	1.00	0.00	4.40	13.42	2.00	0.00	1.00	0.00
4.60	16.50	2.00	0.00	1.00	0.00	4.80	17.69	2.00	0.00	1.00	0.00
5.00	18.87	2.00	0.00	1.00	0.00	5.20	12.62	2.00	0.00	1.00	0.00
5.40	10.92	2.00	0.00	1.00	0.00	5.60	9.26	1.66	0.00	1.00	0.00
5.80	7.64	1.28	0.00	1.00	0.00	6.00	11.81	2.00	0.00	1.00	0.00
6.20	11.61	2.00	0.00	1.00	0.00	6.40	10.05	1.73	0.00	1.00	0.00
6.60	7.14	1.10	0.00	1.00	0.00	6.80	5.66	0.79	0.00	1.00	0.00
7.00	9.62	1.58	0.00	1.00	0.00	7.20	9.48	1.53	0.00	1.00	0.00
7.40	9.35	1.49	0.00	1.00	0.00	7.60	9.21	1.45	0.00	1.00	0.00
7.80	9.09	1.41	0.00	1.00	0.00	8.00	8.96	1.37	0.00	1.00	0.00
8.20	8.84	1.34	0.00	1.00	0.00	8.40	8.73	1.31	0.00	1.00	0.00
8.60	9.83	1.51	0.00	1.00	0.00	8.80	15.60	2.00	0.00	1.00	0.00
9.00	14.24	2.00	0.00	1.00	0.00	9.20	15.20	2.00	0.00	1.00	0.00
9.40	16.13	2.00	0.00	1.00	0.00	9.60	15.93	2.00	0.00	1.00	0.00
9.80	14.62	2.00	0.00	1.00	0.00	10.00	16.62	2.00	0.00	1.00	0.00
10.20	19.65	2.00	0.00	1.00	0.00	10.40	17.28	2.00	0.00	1.00	0.00
10.60	24.42	2.00	0.00	1.00	0.00	10.80	26.21	2.00	0.00	1.00	0.00
11.00	31.03	2.00	0.00	1.00	0.00	11.20	25.60	2.00	0.00	1.00	0.00
11.40	25.30	2.00	0.00	1.00	0.00	11.60	29.01	2.00	0.00	1.00	0.00
11.80	24.74	2.00	0.00	1.00	0.00	12.00	20.56	2.00	0.00	1.00	0.00
12.20	17.44	2.00	0.00	1.00	0.00	12.40	17.26	2.00	0.00	1.00	0.00
12.60	18.03	2.00	0.00	1.00	0.00	12.80	14.08	2.00	0.00	1.00	0.00
13.00	15.81	2.00	0.00	1.00	0.00	13.20	13.80	2.00	0.00	1.00	0.00
13.40	16.43	2.00	0.00	1.00	0.00	13.60	19.02	2.00	0.00	1.00	0.00
13.80	17.03	2.00	0.00	1.00	0.00	14.00	25.00	2.00	0.00	1.00	0.00
14.20	25.69	2.00	0.00	1.00	0.00	14.40	17.45	2.00	0.00	1.00	0.00
14.60	19.95	2.00	0.00	1.00	0.00	14.80	94.30	0.67	3.41	1.00	0.68
15.00	90.52	0.64	3.55	1.00	0.71	15.20	61.16	0.45	5.15	1.00	1.03
15.40	41.13	2.00	0.00	1.00	0.00	15.60	22.52	2.00	0.00	1.00	0.00
15.80	21.48	2.00	0.00	1.00	0.00	16.00	17.11	2.00	0.00	1.00	0.00
16.20	14.48	2.00	0.00	1.00	0.00	16.40	19.29	2.00	0.00	1.00	0.00
16.60	30.80	2.00	0.00	1.00	0.00	16.80	44.15	2.00	0.00	1.00	0.00
17.00	41.25	2.00	0.00	1.00	0.00	17.20	46.05	2.00	0.00	1.00	0.00
17.40	35.61	2.00	0.00	1.00	0.00	17.60	34.52	2.00	0.00	1.00	0.00
17.80	30.17	2.00	0.00	1.00	0.00	18.00	32.38	2.00	0.00	1.00	0.00
18.20	30.54	2.00	0.00	1.00	0.00	18.40	24.75	2.00	0.00	1.00	0.00
18.60	19.90	2.00	0.00	1.00	0.00	18.80	19.76	2.00	0.00	1.00	0.00
19.00	18.87	2.00	0.00	1.00	0.00	19.20	17.98	2.00	0.00	1.00	0.00
19.40	13.41	2.00	0.00	1.00	0.00	19.60	13.32	2.00	0.00	1.00	0.00
19.80	16.88	2.00	0.00	1.00	0.00	20.00	13.14	1.98	0.00	1.00	0.00

**:: Post-earthquake settlement due to soil liquefaction :: (continued)**

Depth (m)	$Q_{c1N,cs}$	FS	$e_v$ (%)	DF	Settlement (cm)	Depth (m)	$Q_{c1N,cs}$	FS	$e_v$ (%)	DF	Settlement (cm)
20.20	14.49	2.00	0.00	1.00	0.00	20.40	12.97	1.95	0.00	1.00	0.00
20.60	13.59	2.00	0.00	1.00	0.00	20.80	19.95	2.00	0.00	1.00	0.00
21.00	18.37	2.00	0.00	1.00	0.00	21.20	18.97	2.00	0.00	1.00	0.00
21.40	14.62	2.00	0.00	1.00	0.00	21.60	15.22	2.00	0.00	1.00	0.00
21.80	17.20	2.00	0.00	1.00	0.00	22.00	19.89	2.00	0.00	1.00	0.00
22.20	21.88	2.00	0.00	1.00	0.00	22.40	16.19	2.00	0.00	1.00	0.00
22.60	19.52	2.00	0.00	1.00	0.00	22.80	18.03	2.00	0.00	1.00	0.00
23.00	18.59	2.00	0.00	1.00	0.00	23.20	19.85	2.00	0.00	1.00	0.00
23.40	15.03	2.00	0.00	1.00	0.00	23.60	22.34	2.00	0.00	1.00	0.00
23.80	20.17	2.00	0.00	1.00	0.00	24.00	18.04	2.00	0.00	1.00	0.00
24.20	15.97	2.00	0.00	1.00	0.00	24.40	13.94	2.00	0.00	1.00	0.00
24.60	17.73	2.00	0.00	1.00	0.00	24.80	18.94	2.00	0.00	1.00	0.00
25.00	14.96	2.00	0.00	1.00	0.00	25.20	18.08	2.00	0.00	1.00	0.00
25.40	16.70	2.00	0.00	1.00	0.00	25.60	17.23	2.00	0.00	1.00	0.00
25.80	18.42	2.00	0.00	1.00	0.00	26.00	13.93	2.00	0.00	1.00	0.00
26.20	20.77	2.00	0.00	1.00	0.00	26.40	18.76	2.00	0.00	1.00	0.00
26.60	14.92	2.00	0.00	1.00	0.00	26.80	13.63	2.00	0.00	1.00	0.00
27.00	12.36	1.88	0.00	1.00	0.00	27.20	17.13	2.00	0.00	1.00	0.00
27.40	12.82	1.96	0.00	1.00	0.00	27.60	11.58	1.73	0.00	1.00	0.00
27.80	10.37	1.51	0.00	1.00	0.00	28.00	10.89	1.60	0.00	1.00	0.00
28.20	16.13	2.00	0.00	1.00	0.00	28.40	14.84	2.00	0.00	1.00	0.00
28.60	15.37	2.00	0.00	1.00	0.00	28.80	11.81	1.77	0.00	1.00	0.00
29.00	12.32	1.86	0.00	1.00	0.00	29.20	13.98	2.00	0.00	1.00	0.00
29.40	16.23	2.00	0.00	1.00	0.00	29.60	17.93	2.00	0.00	1.00	0.00
29.80	12.08	1.81	0.00	1.00	0.00	30.00	11.47	1.70	0.00	1.00	0.00

**Total estimated settlement: 3.56****Abbreviations**

$Q_{m,cs}$ :	Equivalent clean sand normalized cone resistance
FS:	Factor of safety against liquefaction
$e_v$ (%):	Post-liquefaction volumetric strain
DF:	$e_v$ depth weighting factor
Settlement:	Calculated settlement

**:: Strength loss calculation Idriss & Boulanger (2008) ::**

Depth (m)	$q_t$ (MPa)	$Q_{tn}$	$K_c$	$Q_{tn,cs}$	$I_c$	$S_{u(liq)}/\sigma'_v$	$S_{u(peak)}/\sigma'_v$
0.20	0.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	N/A	N/A
0.40	15.80	268.47	1.00	268.47	1.30	0.98	0.98
0.60	7.20	122.21	1.06	129.11	1.73	0.86	0.86
0.80	3.50	59.25	1.46	86.79	2.11	0.09	0.76
1.00	2.10	35.39	3.23	114.25	2.58	0.08	0.69
1.20	1.40	23.43	5.11	119.60	2.84	0.08	4.93
1.40	1.30	21.67	5.25	113.74	2.85	0.07	4.23
1.60	1.20	19.91	5.09	101.36	2.84	0.07	3.62
1.80	1.10	18.15	5.95	108.06	2.93	0.07	3.09
2.00	1.00	16.39	6.25	102.41	2.95	0.07	2.63
2.20	1.50	24.83	4.25	105.48	2.73	0.07	3.76
2.40	0.80	12.87	7.95	102.37	3.10	0.07	1.85
2.60	0.70	11.11	8.53	94.79	3.15	0.07	1.52
2.80	0.80	12.75	6.86	87.49	3.01	0.07	1.67
3.00	0.80	12.69	8.50	107.91	3.14	0.07	1.58
3.20	1.10	17.74	3.21	57.03	2.58	0.06	0.61
3.40	1.40	22.78	3.69	84.13	2.66	0.07	2.63
3.60	1.20	19.32	4.03	77.89	2.70	0.06	2.15
3.80	0.80	12.47	7.02	87.49	3.02	0.07	1.34
4.00	0.50	7.31	8.07	59.03	3.11	0.07	0.76
4.20	0.90	14.06	6.22	87.36	2.95	0.07	1.41
4.40	0.80	12.30	7.11	87.48	3.03	0.07	1.20
4.60	1.00	15.64	6.56	102.52	2.98	0.07	1.47
4.80	1.10	17.28	6.27	108.26	2.96	0.07	1.57
5.00	1.20	18.92	4.13	78.06	2.72	0.06	1.67
5.20	0.80	12.06	7.89	95.13	3.10	0.07	1.03
5.40	0.70	10.31	7.76	80.00	3.09	0.07	0.86
5.60	0.60	8.55	8.21	70.25	3.12	0.07	0.69
5.80	0.50	6.80	12.24	83.16	3.39	0.07	0.54
6.00	0.80	11.84	8.62	101.98	3.15	0.07	0.91
6.20	0.80	11.78	8.66	101.95	3.16	0.07	0.88
6.40	0.70	10.02	7.98	79.92	3.10	0.07	0.73
6.60	0.50	6.56	10.46	68.64	3.28	0.07	0.47
6.80	0.40	4.70	16.27	76.42	3.61	0.06	0.34
7.00	0.70	9.41	8.31	78.20	3.13	0.07	0.67
7.20	0.70	9.15	9.18	83.92	3.19	0.07	0.65
7.40	0.70	8.89	9.33	82.98	3.21	0.07	0.64
7.60	0.70	8.64	10.25	88.61	3.27	0.07	0.62
7.80	0.70	8.41	9.65	81.15	3.23	0.07	0.60
8.00	0.70	8.19	9.80	80.28	3.24	0.07	0.59
8.20	0.70	7.98	9.96	79.43	3.25	0.07	0.57
8.40	0.70	7.78	9.35	72.73	3.21	0.07	0.56
8.60	0.80	8.96	8.14	72.88	3.12	0.07	0.64
8.80	1.30	15.45	5.95	91.95	2.93	0.07	1.10
9.00	1.20	13.76	7.79	107.20	3.09	0.07	0.98
9.20	1.30	14.71	7.23	106.29	3.04	0.07	1.05
9.40	1.40	15.62	6.74	105.26	3.00	0.07	1.12
9.60	1.40	15.26	7.11	108.51	3.03	0.07	1.09

**:: Strength loss calculation (Idriss & Boulanger (2008)) :: (continued)**

Depth (m)	$q_t$ (MPa)	$Q_{tn}$	$K_c$	$Q_{tn,cs}$	$I_c$	$S_{u(liq)}/\sigma'_v$	$S_{u(peak)}/\sigma'_v$
9.80	1.30	13.70	7.83	107.34	3.09	0.07	0.98
10.00	1.50	15.75	7.57	119.24	3.07	0.08	1.13
10.20	1.80	18.89	6.04	114.16	2.93	0.07	1.35
10.40	1.60	16.18	8.15	131.93	3.12	0.08	1.16
10.60	2.30	23.62	6.23	147.24	2.95	0.08	1.69
10.80	2.50	25.25	5.21	131.68	2.85	0.08	1.81
11.00	3.00	30.02	4.72	141.68	2.79	0.08	2.15
11.20	2.50	24.21	6.53	158.14	2.98	0.09	1.73
11.40	2.50	23.70	6.24	147.77	2.95	0.08	1.69
11.60	2.90	27.25	5.09	138.62	2.83	0.08	1.95
11.80	2.50	22.74	6.24	141.98	2.95	0.08	1.62
12.00	2.10	18.41	6.84	126.00	3.01	0.08	1.31
12.20	1.80	15.19	7.58	115.12	3.07	0.08	1.08
12.40	1.80	14.91	6.96	103.81	3.02	0.08	1.06
12.60	1.90	15.55	8.07	125.49	3.11	0.08	1.11
12.80	1.50	11.63	8.74	101.58	3.16	0.08	0.83
13.00	1.70	13.21	7.68	101.44	3.08	0.08	0.94
13.20	1.50	11.22	8.27	92.79	3.13	0.07	0.80
13.40	1.80	13.64	7.07	96.44	3.03	0.07	0.97
13.60	2.10	15.98	6.64	106.02	2.99	0.08	1.14
13.80	1.90	14.02	7.51	105.28	3.07	0.08	1.00
14.00	2.80	21.27	5.58	118.73	2.89	0.08	1.52
14.20	2.90	21.94	4.35	95.50	2.75	0.07	1.55
14.40	2.00	14.14	6.60	93.25	2.99	0.07	1.01
14.60	2.30	16.33	5.20	84.95	2.85	0.07	1.17
14.80	5.80	45.63	2.14	97.59	2.36	0.09	0.72
15.00	6.10	48.26	1.66	80.17	2.20	0.08	0.73
15.20	7.20	58.97	1.00	58.97	1.83	0.07	0.76
15.40	4.80	34.77	4.01	139.52	2.70	0.10	2.45
15.60	2.70	18.08	6.70	121.20	3.00	0.08	1.29
15.80	2.60	17.07	6.60	112.67	2.99	0.08	1.22
16.00	2.10	13.19	7.86	103.70	3.09	0.08	0.94
16.20	1.80	10.84	9.89	107.16	3.24	0.08	0.77
16.40	2.40	14.92	8.08	120.49	3.11	0.08	1.07
16.60	3.80	24.45	5.69	139.14	2.90	0.09	1.75
16.80	5.40	35.55	4.26	151.38	2.73	0.10	2.51
17.00	5.10	33.36	3.71	123.67	2.66	0.09	2.33
17.20	5.70	36.64	4.17	152.96	2.72	0.11	2.58
17.40	4.50	27.72	4.84	134.10	2.81	0.09	1.98
17.60	4.40	26.72	4.76	127.12	2.80	0.09	1.90
17.80	3.90	23.06	5.34	123.21	2.86	0.09	1.65
18.00	4.20	24.90	4.43	110.25	2.76	0.08	1.76
18.20	4.00	23.08	5.36	123.65	2.86	0.09	1.65
18.40	3.30	18.43	6.96	128.34	3.02	0.09	1.32
18.60	2.70	14.51	8.20	118.98	3.12	0.08	1.04
18.80	2.70	14.32	7.83	112.11	3.09	0.08	1.02
19.00	2.60	13.54	6.65	90.12	2.99	0.08	0.97
19.20	2.50	12.78	7.97	101.80	3.10	0.08	0.91



**:: Strength loss calculation (Idriss & Boulanger (2008)) :: (continued)**

Depth (m)	$q_t$ (MPa)	$Q_{tn}$	$K_c$	$Q_{tn,cs}$	$I_c$	$S_{u(liq)}/\sigma'_v$	$S_{u(peak)}/\sigma'_v$
19.40	1.90	9.10	10.40	94.63	3.28	0.08	0.65
19.60	1.90	8.99	9.45	84.89	3.21	0.08	0.64
19.80	2.40	11.75	7.75	91.04	3.09	0.08	0.84
20.00	1.90	8.76	10.14	88.88	3.26	0.08	0.63
20.20	2.10	9.78	8.89	86.94	3.17	0.08	0.70
20.40	1.90	8.55	10.01	85.60	3.25	0.08	0.61
20.60	2.00	9.00	10.25	92.24	3.27	0.08	0.64
20.80	2.90	13.82	6.79	93.86	3.00	0.08	0.99
21.00	2.70	12.57	8.60	108.07	3.15	0.08	0.90
21.20	2.80	12.96	7.51	97.37	3.07	0.08	0.93
21.40	2.20	9.63	9.05	87.14	3.19	0.08	0.69
21.60	2.30	10.04	9.49	95.29	3.22	0.08	0.72
21.80	2.60	11.49	8.85	101.72	3.17	0.08	0.82
22.00	3.00	13.42	8.57	114.98	3.15	0.08	0.96
22.20	3.30	14.80	7.40	109.46	3.06	0.08	1.06
22.40	2.50	10.59	8.88	94.13	3.17	0.08	0.76
22.60	3.00	12.98	8.05	104.57	3.11	0.08	0.93
22.80	2.80	11.85	8.59	101.76	3.15	0.08	0.85
23.00	2.90	12.21	8.90	108.67	3.17	0.08	0.87
23.20	3.10	13.05	8.04	104.92	3.11	0.08	0.93
23.40	2.40	9.54	9.20	87.77	3.20	0.08	0.68
23.60	3.50	14.69	7.71	113.27	3.08	0.09	1.05
23.80	3.20	13.12	8.04	105.52	3.11	0.08	0.94
24.00	2.90	11.57	8.73	101.08	3.16	0.08	0.83
24.20	2.60	10.06	9.20	92.55	3.20	0.08	0.72
24.40	2.30	8.57	10.19	87.33	3.27	0.08	0.61
24.60	2.90	11.22	9.46	106.15	3.21	0.08	0.80
24.80	3.10	12.02	8.58	103.09	3.15	0.08	0.86
25.00	2.50	9.20	9.64	88.67	3.23	0.08	0.66
25.20	3.00	11.34	8.71	98.74	3.16	0.08	0.81
25.40	2.80	10.34	9.28	96.00	3.20	0.08	0.74
25.60	2.90	10.67	9.59	102.42	3.22	0.08	0.76
25.80	3.10	11.44	8.67	99.22	3.16	0.08	0.82
26.00	2.40	8.31	9.97	82.86	3.25	0.08	0.59
26.20	3.50	12.94	8.29	107.25	3.13	0.08	0.92
26.40	3.20	11.54	7.77	89.65	3.09	0.08	0.82
26.60	2.60	8.91	10.23	91.09	3.27	0.08	0.64
26.80	2.40	7.98	10.43	83.31	3.28	0.08	0.57
27.00	2.20	7.08	11.05	78.23	3.32	0.07	0.51
27.20	3.00	10.31	8.87	91.40	3.17	0.08	0.74
27.40	2.30	7.35	10.41	76.54	3.28	0.07	0.53
27.60	2.10	6.47	11.31	73.20	3.34	0.07	0.46
27.80	1.90	5.60	12.73	71.35	3.42	0.07	0.40
28.00	2.00	5.95	12.91	76.80	3.43	0.07	0.42
28.20	2.90	9.47	8.55	80.98	3.15	0.08	0.68
28.40	2.70	8.60	10.65	91.50	3.30	0.08	0.61
28.60	2.80	8.91	9.38	83.57	3.21	0.08	0.64
28.80	2.20	6.50	11.37	73.91	3.34	0.07	0.46

**:: Strength loss calculation (Idriss & Boulanger (2008)) :: (continued)**

Depth (m)	$q_t$ (MPa)	$Q_{tn}$	$K_c$	$Q_{tn,cs}$	$I_c$	$S_{u(liq)}/\sigma'_v$	$S_{u(peak)}/\sigma'_v$
29.00	2.30	6.83	11.80	80.53	3.37	0.07	0.49
29.20	2.60	7.91	10.93	86.51	3.31	0.08	0.57
29.40	3.00	9.36	10.46	97.97	3.28	0.08	0.67
29.60	3.30	10.42	7.98	83.15	3.10	0.08	0.74
29.80	2.30	6.58	11.34	74.56	3.34	0.07	0.47
30.00	2.20	6.15	11.98	73.63	3.38	0.07	0.44

**Abbreviations**

$q_t$ :	Total cone resistance
$K_c$ :	Cone resistance correction factor due to fines
$Q_{tn,cs}$ :	Adjusted and corrected cone resistance due to fines
$I_c$ :	Soil behavior type index
$S_{u(liq)}/\sigma'_v$ :	Calculated liquefied undrained strength ratio
$S_{u(peak)}/\sigma'_v$ :	Calculated peak undrained strength ratio

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica</i>	<i>Novembre 2014</i>

## VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

### Prove CPT Luglio 2012

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 52
---	--	---------

**LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT**

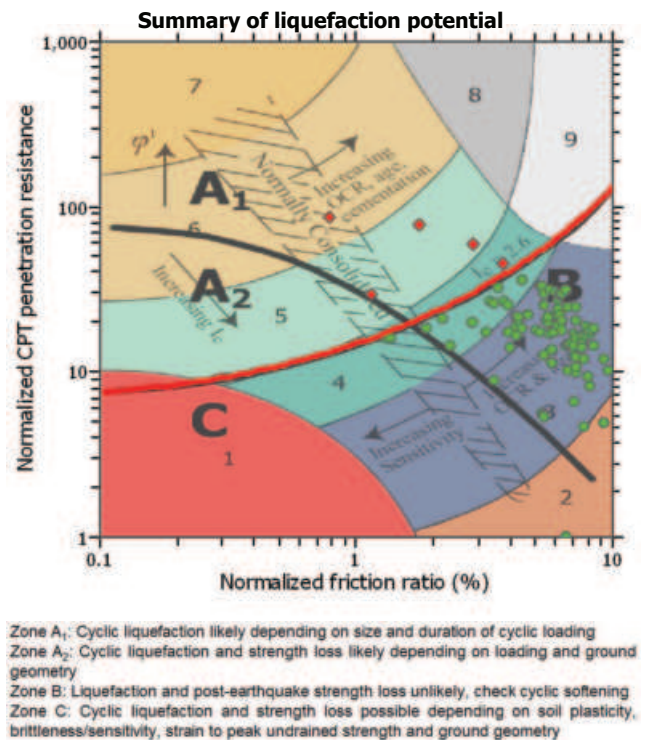
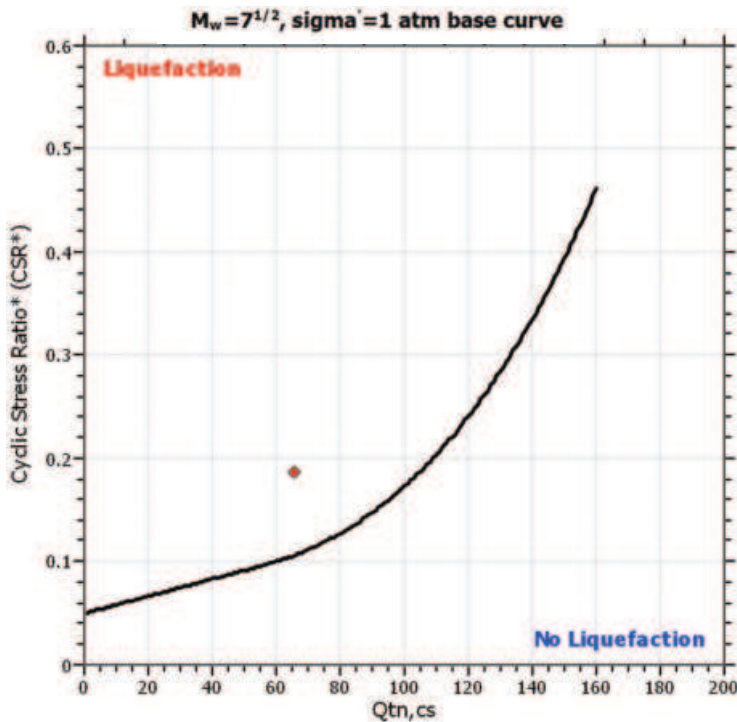
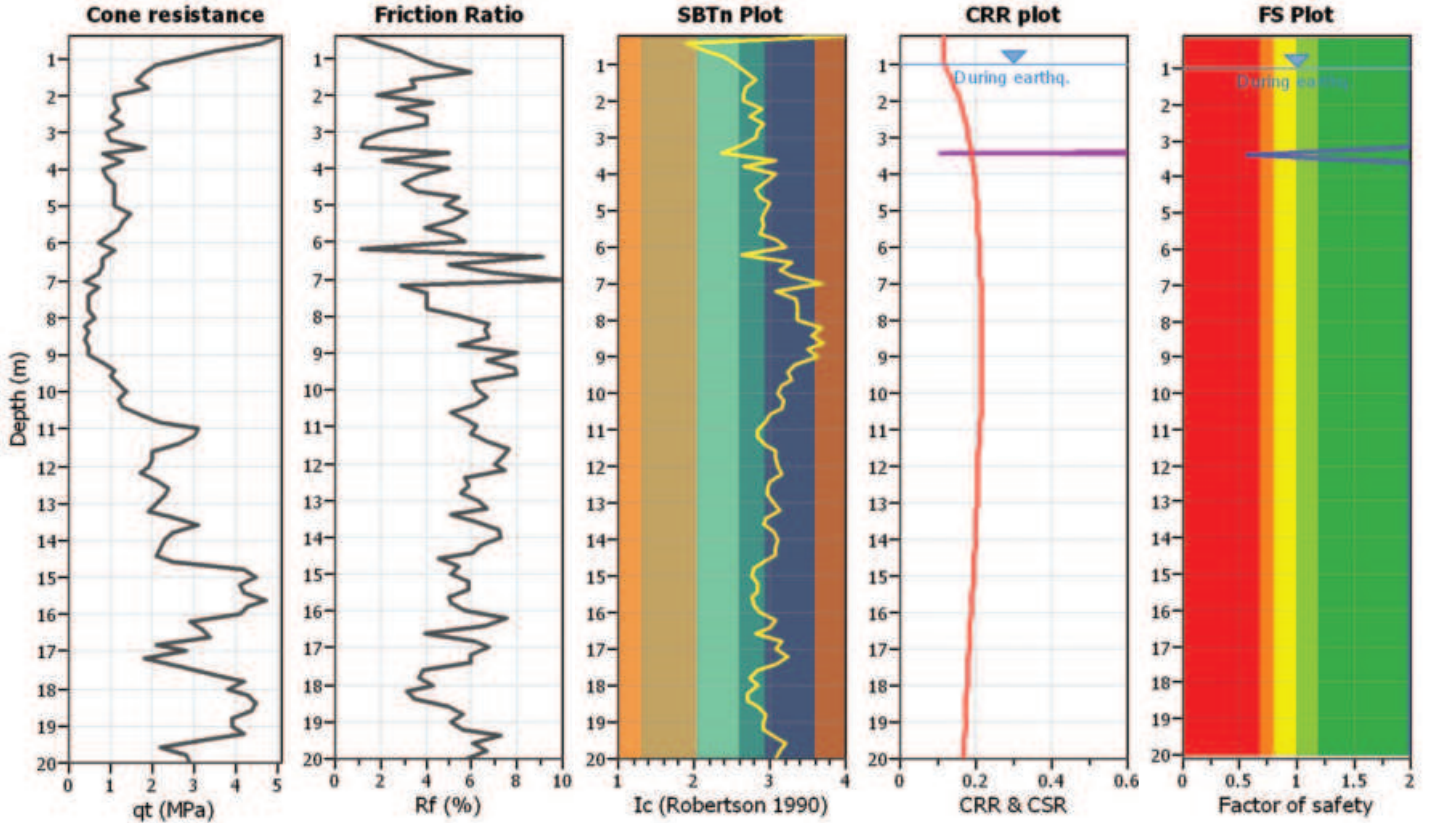
Project title : ACETUM S.r.l.

Location : Via Petrtini 440 - Cavezzo (MO)

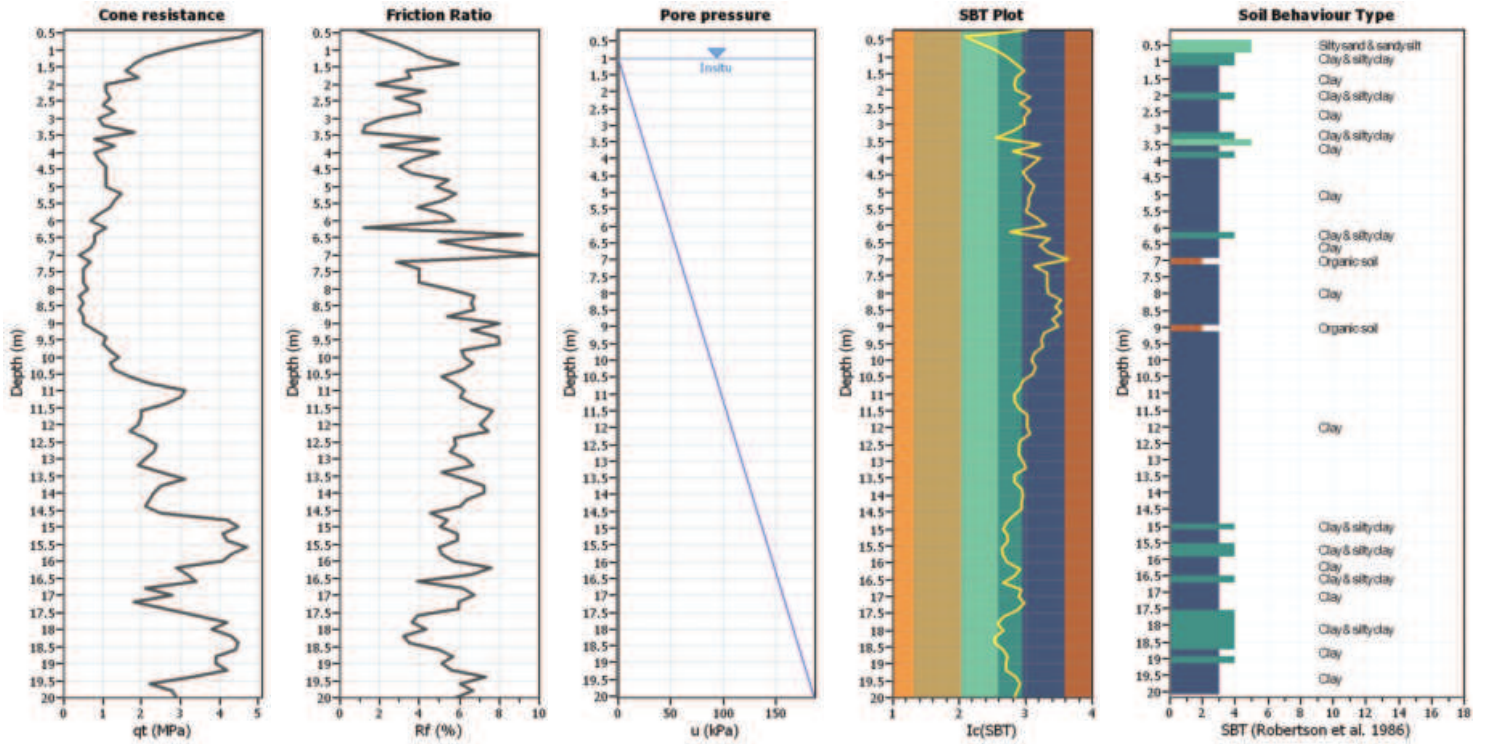
CPT file : CPT1

**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	1.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	1	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	No
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	N/A
Peak ground acceleration:	0.30	Unit weight calculation:	Based on SBT	$K_s$ applied:	Yes	MSF method:	Method based



**CPT basic interpretation plots**



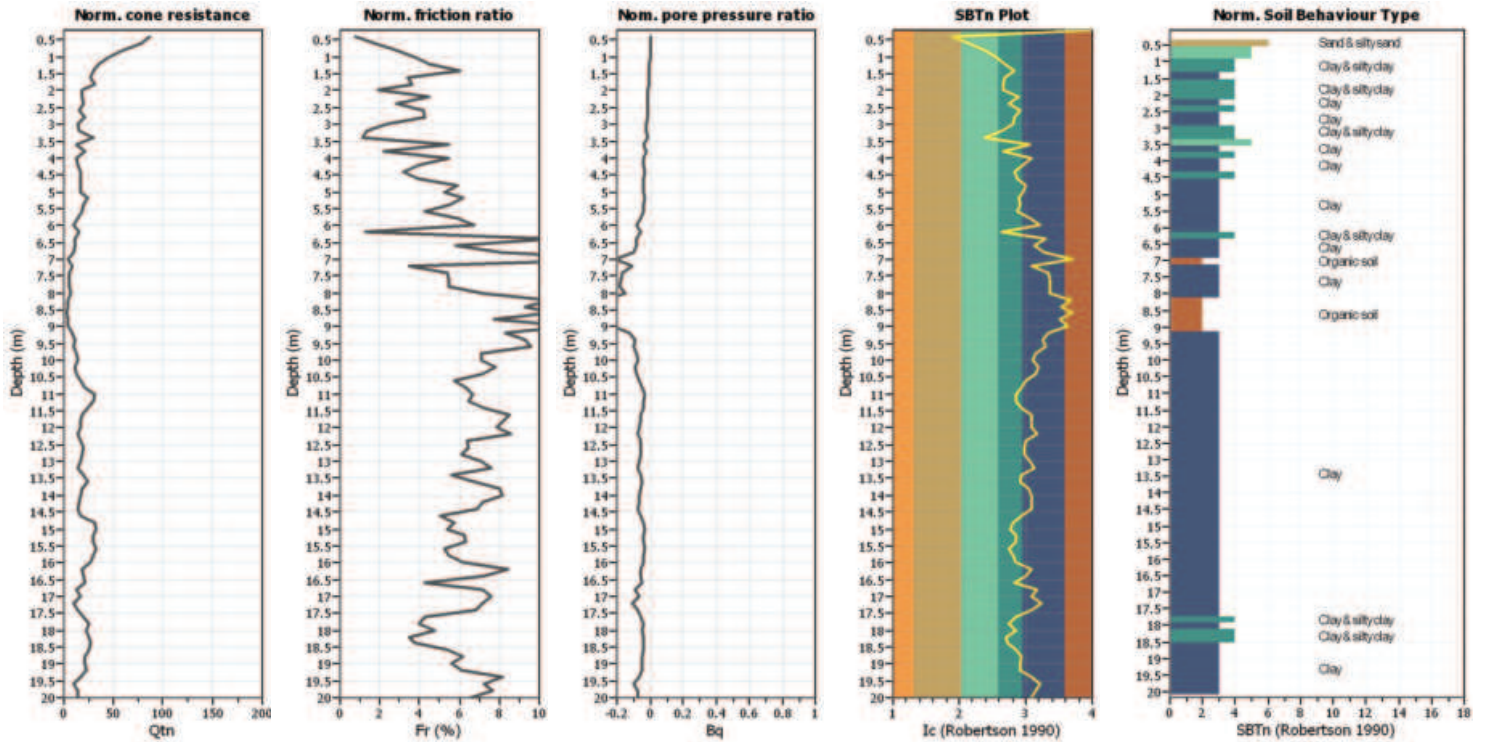
**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	$K_p$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

**SBT legend**

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

**CPT basic interpretation plots (normalized)**



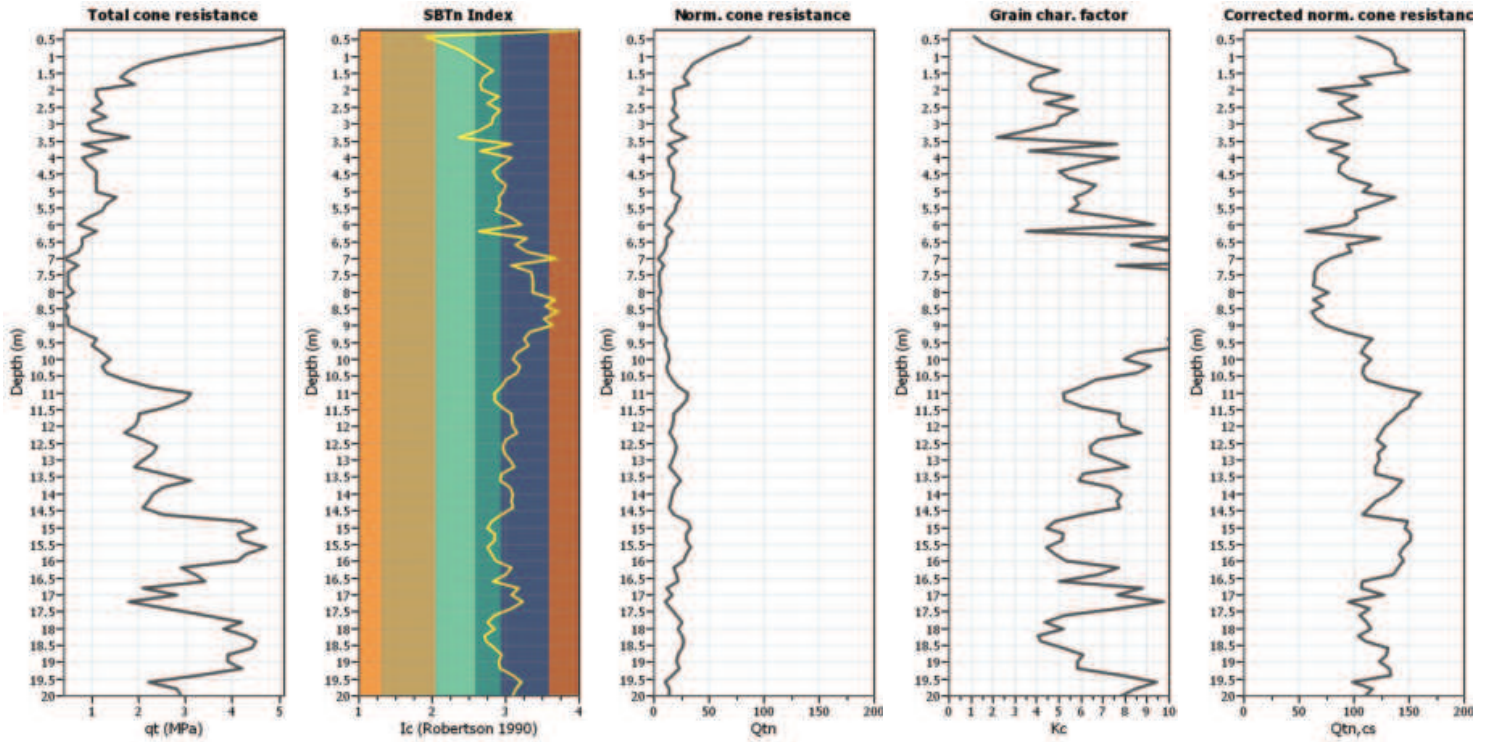
**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	$K_p$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

**SBTn legend**

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

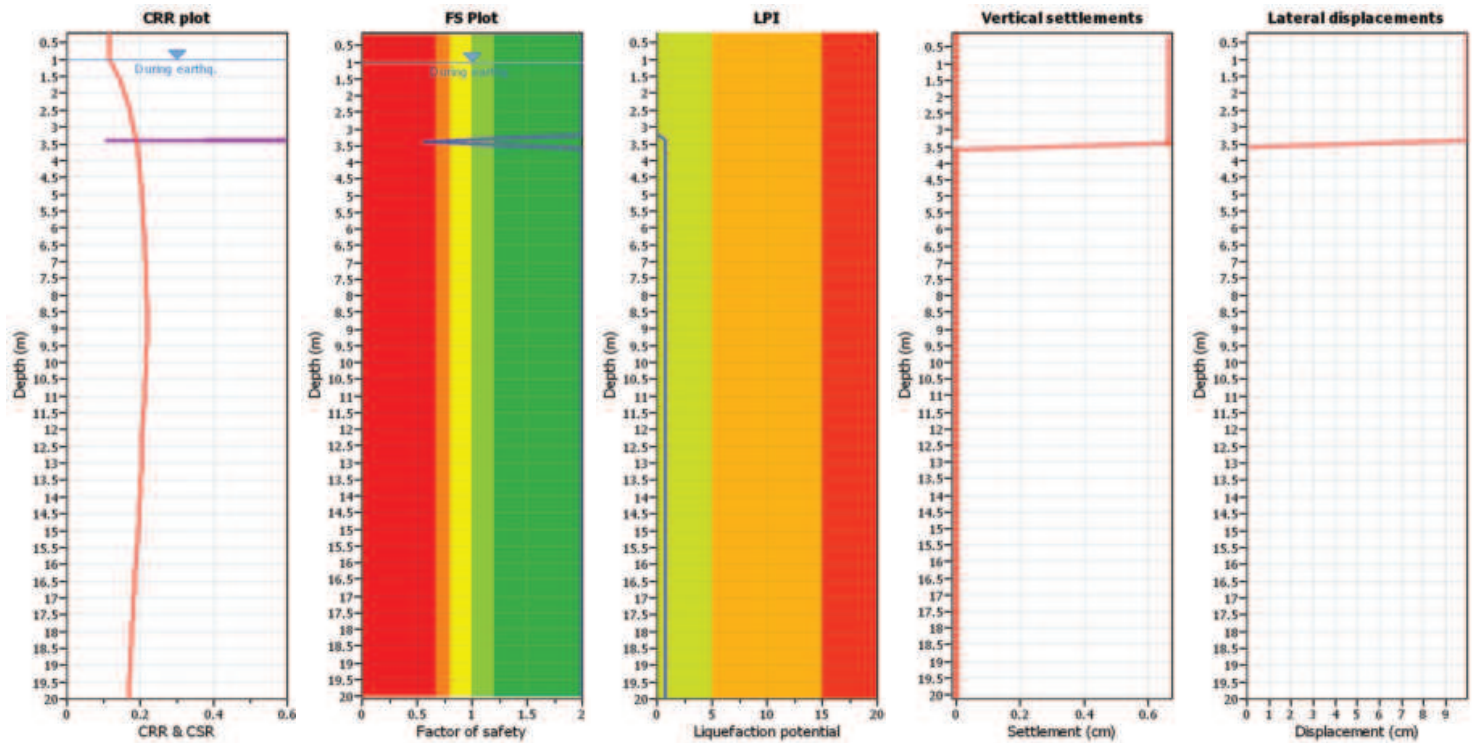
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	$K_p$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (earthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	$K_{\sigma}$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

F.S. color scheme

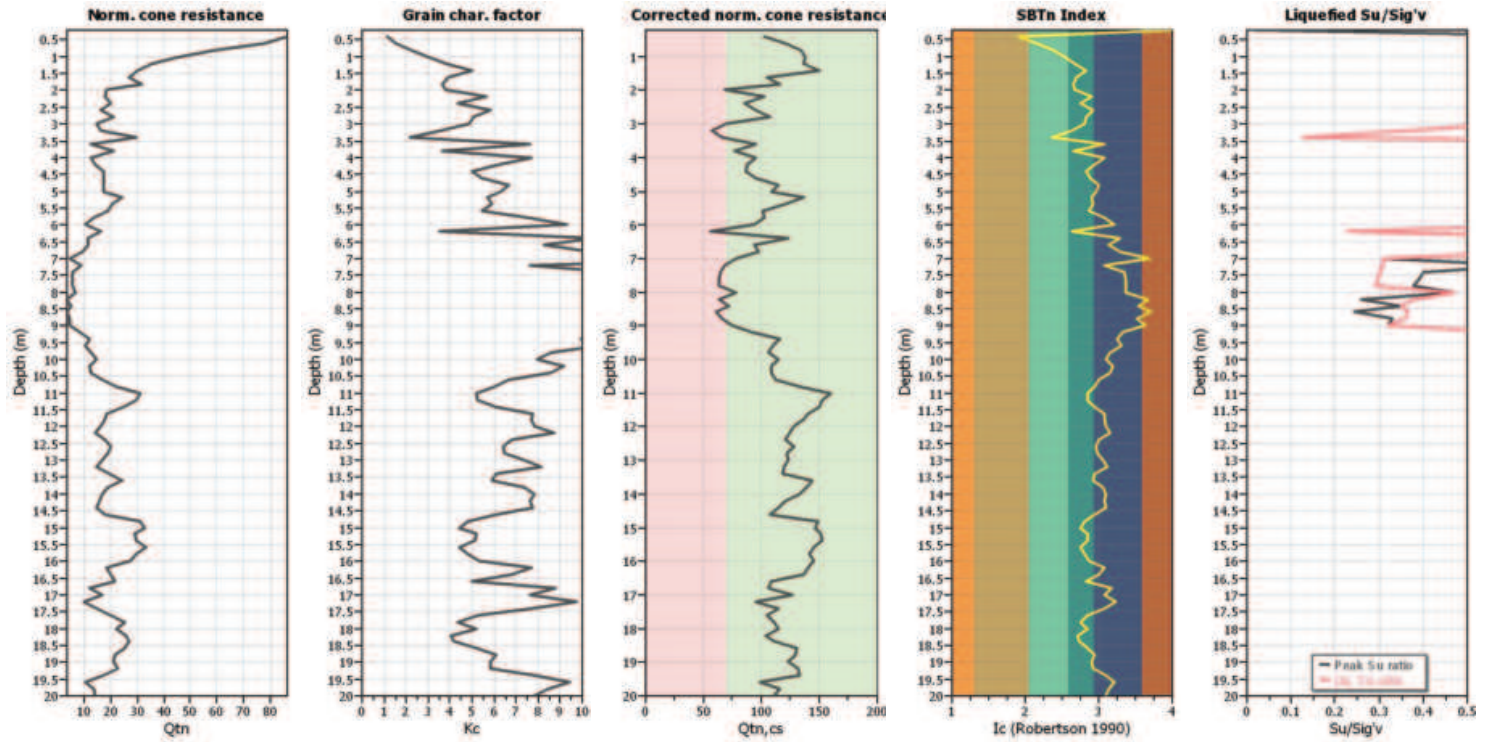
- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk



Check for strength loss plots (Robertson (2010))



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on $I_c$ value	$I_c$ cut-off value:	2.60	$K_p$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	$F_L$	$w_z$	$d_z$	LPI	Depth (m)	FS	$F_L$	$w_z$	$d_z$	LPI
0.20	2.00	0.00	9.90	0.20	0.00	0.40	2.00	0.00	9.80	0.20	0.00
0.60	2.00	0.00	9.70	0.20	0.00	0.80	2.00	0.00	9.60	0.20	0.00
1.00	2.00	0.00	9.50	0.20	0.00	1.20	2.00	0.00	9.40	0.20	0.00
1.40	2.00	0.00	9.30	0.20	0.00	1.60	2.00	0.00	9.20	0.20	0.00
1.80	2.00	0.00	9.10	0.20	0.00	2.00	2.00	0.00	9.00	0.20	0.00
2.20	2.00	0.00	8.90	0.20	0.00	2.40	2.00	0.00	8.80	0.20	0.00
2.60	2.00	0.00	8.70	0.20	0.00	2.80	2.00	0.00	8.60	0.20	0.00
3.00	2.00	0.00	8.50	0.20	0.00	3.20	2.00	0.00	8.40	0.20	0.00
3.40	0.56	0.44	8.30	0.20	0.72	3.60	2.00	0.00	8.20	0.20	0.00
3.80	2.00	0.00	8.10	0.20	0.00	4.00	2.00	0.00	8.00	0.20	0.00
4.20	2.00	0.00	7.90	0.20	0.00	4.40	2.00	0.00	7.80	0.20	0.00
4.60	2.00	0.00	7.70	0.20	0.00	4.80	2.00	0.00	7.60	0.20	0.00
5.00	2.00	0.00	7.50	0.20	0.00	5.20	2.00	0.00	7.40	0.20	0.00
5.40	2.00	0.00	7.30	0.20	0.00	5.60	2.00	0.00	7.20	0.20	0.00
5.80	2.00	0.00	7.10	0.20	0.00	6.00	2.00	0.00	7.00	0.20	0.00
6.20	2.00	0.00	6.90	0.20	0.00	6.40	2.00	0.00	6.80	0.20	0.00
6.60	2.00	0.00	6.70	0.20	0.00	6.80	2.00	0.00	6.60	0.20	0.00
7.00	2.00	0.00	6.50	0.20	0.00	7.20	2.00	0.00	6.40	0.20	0.00
7.40	2.00	0.00	6.30	0.20	0.00	7.60	2.00	0.00	6.20	0.20	0.00
7.80	2.00	0.00	6.10	0.20	0.00	8.00	2.00	0.00	6.00	0.20	0.00
8.20	2.00	0.00	5.90	0.20	0.00	8.40	2.00	0.00	5.80	0.20	0.00
8.60	2.00	0.00	5.70	0.20	0.00	8.80	2.00	0.00	5.60	0.20	0.00
9.00	2.00	0.00	5.50	0.20	0.00	9.20	2.00	0.00	5.40	0.20	0.00
9.40	2.00	0.00	5.30	0.20	0.00	9.60	2.00	0.00	5.20	0.20	0.00
9.80	2.00	0.00	5.10	0.20	0.00	10.00	2.00	0.00	5.00	0.20	0.00
10.20	2.00	0.00	4.90	0.20	0.00	10.40	2.00	0.00	4.80	0.20	0.00
10.60	2.00	0.00	4.70	0.20	0.00	10.80	2.00	0.00	4.60	0.20	0.00
11.00	2.00	0.00	4.50	0.20	0.00	11.20	2.00	0.00	4.40	0.20	0.00
11.40	2.00	0.00	4.30	0.20	0.00	11.60	2.00	0.00	4.20	0.20	0.00
11.80	2.00	0.00	4.10	0.20	0.00	12.00	2.00	0.00	4.00	0.20	0.00
12.20	2.00	0.00	3.90	0.20	0.00	12.40	2.00	0.00	3.80	0.20	0.00
12.60	2.00	0.00	3.70	0.20	0.00	12.80	2.00	0.00	3.60	0.20	0.00
13.00	2.00	0.00	3.50	0.20	0.00	13.20	2.00	0.00	3.40	0.20	0.00
13.40	2.00	0.00	3.30	0.20	0.00	13.60	2.00	0.00	3.20	0.20	0.00
13.80	2.00	0.00	3.10	0.20	0.00	14.00	2.00	0.00	3.00	0.20	0.00
14.20	2.00	0.00	2.90	0.20	0.00	14.40	2.00	0.00	2.80	0.20	0.00
14.60	2.00	0.00	2.70	0.20	0.00	14.80	2.00	0.00	2.60	0.20	0.00
15.00	2.00	0.00	2.50	0.20	0.00	15.20	2.00	0.00	2.40	0.20	0.00
15.40	2.00	0.00	2.30	0.20	0.00	15.60	2.00	0.00	2.20	0.20	0.00
15.80	2.00	0.00	2.10	0.20	0.00	16.00	2.00	0.00	2.00	0.20	0.00
16.20	2.00	0.00	1.90	0.20	0.00	16.40	2.00	0.00	1.80	0.20	0.00
16.60	2.00	0.00	1.70	0.20	0.00	16.80	2.00	0.00	1.60	0.20	0.00
17.00	2.00	0.00	1.50	0.20	0.00	17.20	2.00	0.00	1.40	0.20	0.00
17.40	2.00	0.00	1.30	0.20	0.00	17.60	2.00	0.00	1.20	0.20	0.00
17.80	2.00	0.00	1.10	0.20	0.00	18.00	2.00	0.00	1.00	0.20	0.00
18.20	2.00	0.00	0.90	0.20	0.00	18.40	2.00	0.00	0.80	0.20	0.00
18.60	2.00	0.00	0.70	0.20	0.00	18.80	2.00	0.00	0.60	0.20	0.00
19.00	2.00	0.00	0.50	0.20	0.00	19.20	2.00	0.00	0.40	0.20	0.00

**:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)**

Depth (m)	FS	$F_L$	$w_z$	$d_z$	LPI	Depth (m)	FS	$F_L$	$w_z$	$d_z$	LPI
19.40	2.00	0.00	0.30	0.20	0.00	19.60	2.00	0.00	0.20	0.20	0.00
19.80	2.00	0.00	0.10	0.20	0.00	20.00	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00

**Overall liquefaction potential: 0.72**

LPI = 0.00 - Liquefaction risk very low  
 LPI between 0.00 and 5.00 - Liquefaction risk low  
 LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high  
 LPI > 15.00 - Liquefaction risk very high

**Abbreviations**

**FS:** Calculated factor of safety for test point  
 **$F_L$ :** 1 - FS  
 **$w_z$ :** Function value of the extend of soil liquefaction according to depth  
 **$d_z$ :** Layer thickness (m)  
**LPI:** Liquefaction potential index value for test point

**:: Post-earthquake settlement due to soil liquefaction ::**

Depth (m)	$Q_{m,cs}$	FS	$e_v$ (%)	DF	Settlement (cm)	Depth (m)	$Q_{m,cs}$	FS	$e_v$ (%)	DF	Settlement (cm)
1.00	137.71	2.00	0.00	1.00	0.00	1.20	136.64	2.00	0.00	1.00	0.00
1.40	150.04	2.00	0.00	1.00	0.00	1.60	104.63	2.00	0.00	1.00	0.00
1.80	115.85	2.00	0.00	1.00	0.00	2.00	68.41	2.00	0.00	1.00	0.00
2.20	102.01	2.00	0.00	1.00	0.00	2.40	85.48	2.00	0.00	1.00	0.00
2.60	94.97	2.00	0.00	1.00	0.00	2.80	107.03	2.00	0.00	1.00	0.00
3.00	69.81	2.00	0.00	1.00	0.00	3.20	57.58	2.00	0.00	1.00	0.00
3.40	65.35	0.56	3.31	1.00	0.66	3.60	95.23	2.00	0.00	1.00	0.00
3.80	77.21	2.00	0.00	1.00	0.00	4.00	95.21	2.00	0.00	1.00	0.00
4.20	87.37	2.00	0.00	1.00	0.00	4.40	86.40	2.00	0.00	1.00	0.00
4.60	94.64	2.00	0.00	1.00	0.00	4.80	114.88	2.00	0.00	1.00	0.00
5.00	108.27	2.00	0.00	1.00	0.00	5.20	136.63	2.00	0.00	1.00	0.00
5.40	120.60	2.00	0.00	1.00	0.00	5.60	101.78	2.00	0.00	1.00	0.00
5.80	102.51	2.00	0.00	1.00	0.00	6.00	94.19	2.00	0.00	1.00	0.00
6.20	56.50	2.00	0.00	1.00	0.00	6.40	122.91	2.00	0.00	1.00	0.00
6.60	93.69	2.00	0.00	1.00	0.00	6.80	97.74	2.00	0.00	1.00	0.00
7.00	78.57	2.00	0.00	1.00	0.00	7.20	67.72	2.00	0.00	1.00	0.00
7.40	64.45	2.00	0.00	1.00	0.00	7.60	63.75	2.00	0.00	1.00	0.00
7.80	63.06	2.00	0.00	1.00	0.00	8.00	77.56	2.00	0.00	1.00	0.00
8.20	63.26	2.00	0.00	1.00	0.00	8.40	72.31	2.00	0.00	1.00	0.00
8.60	61.43	2.00	0.00	1.00	0.00	8.80	65.93	2.00	0.00	1.00	0.00
9.00	74.27	2.00	0.00	1.00	0.00	9.20	91.88	2.00	0.00	1.00	0.00
9.40	116.46	2.00	0.00	1.00	0.00	9.60	109.79	2.00	0.00	1.00	0.00
9.80	106.46	2.00	0.00	1.00	0.00	10.00	114.92	2.00	0.00	1.00	0.00
10.20	108.58	2.00	0.00	1.00	0.00	10.40	108.17	2.00	0.00	1.00	0.00
10.60	112.02	2.00	0.00	1.00	0.00	10.80	132.55	2.00	0.00	1.00	0.00
11.00	159.95	2.00	0.00	1.00	0.00	11.20	153.04	2.00	0.00	1.00	0.00
11.40	149.91	2.00	0.00	1.00	0.00	11.60	140.02	2.00	0.00	1.00	0.00
11.80	136.09	2.00	0.00	1.00	0.00	12.00	128.44	2.00	0.00	1.00	0.00
12.20	123.96	2.00	0.00	1.00	0.00	12.40	120.40	2.00	0.00	1.00	0.00
12.60	128.44	2.00	0.00	1.00	0.00	12.80	121.62	2.00	0.00	1.00	0.00
13.00	123.47	2.00	0.00	1.00	0.00	13.20	119.55	2.00	0.00	1.00	0.00
13.40	118.68	2.00	0.00	1.00	0.00	13.60	144.17	2.00	0.00	1.00	0.00
13.80	138.63	2.00	0.00	1.00	0.00	14.00	132.46	2.00	0.00	1.00	0.00
14.20	120.85	2.00	0.00	1.00	0.00	14.40	114.55	2.00	0.00	1.00	0.00
14.60	107.64	2.00	0.00	1.00	0.00	14.80	148.27	2.00	0.00	1.00	0.00
15.00	146.55	2.00	0.00	1.00	0.00	15.20	150.83	2.00	0.00	1.00	0.00
15.40	151.90	2.00	0.00	1.00	0.00	15.60	145.31	2.00	0.00	1.00	0.00
15.80	140.95	2.00	0.00	1.00	0.00	16.00	144.92	2.00	0.00	1.00	0.00
16.20	140.10	2.00	0.00	1.00	0.00	16.40	136.09	2.00	0.00	1.00	0.00
16.60	108.25	2.00	0.00	1.00	0.00	16.80	105.92	2.00	0.00	1.00	0.00
17.00	126.88	2.00	0.00	1.00	0.00	17.20	95.25	2.00	0.00	1.00	0.00
17.40	114.11	2.00	0.00	1.00	0.00	17.60	105.12	2.00	0.00	1.00	0.00
17.80	111.26	2.00	0.00	1.00	0.00	18.00	115.04	2.00	0.00	1.00	0.00
18.20	104.23	2.00	0.00	1.00	0.00	18.40	110.62	2.00	0.00	1.00	0.00
18.60	130.26	2.00	0.00	1.00	0.00	18.80	129.51	2.00	0.00	1.00	0.00
19.00	123.10	2.00	0.00	1.00	0.00	19.20	132.05	2.00	0.00	1.00	0.00
19.40	132.89	2.00	0.00	1.00	0.00	19.60	98.96	2.00	0.00	1.00	0.00
19.80	116.31	2.00	0.00	1.00	0.00	20.00	110.38	2.00	0.00	1.00	0.00

**:: Post-earthquake settlement due to soil liquefaction :: (continued)**

Depth (m)	$Q_{m,cs}$	FS	$e_v$ (%)	DF	Settlement (cm)	Depth (m)	$Q_{m,cs}$	FS	$e_v$ (%)	DF	Settlement (cm)
--------------	------------	----	-----------	----	--------------------	--------------	------------	----	-----------	----	--------------------

**Total estimated settlement: 0.66****Abbreviations**

$Q_{m,cs}$ :	Equivalent clean sand normalized cone resistance
FS:	Factor of safety against liquefaction
$e_v$ (%):	Post-liquefaction volumetric strain
DF:	$e_v$ depth weighting factor
Settlement:	Calculated settlement

**:: Strength loss calculation (Robertson (2009)) ::**

Depth (m)	$q_t$ (MPa)	$Q_{tn}$	$K_c$	$Q_{tn,cs}$	$I_c$	$S_{u(liq)}/\sigma'_v$	$S_{u(peak)}/\sigma'_v$
0.20	0.00	-1.00	26.61	-26.61	4.06	0.00	0.00
0.40	5.10	86.57	1.18	102.55	1.90	0.81	0.81
0.60	4.60	78.01	1.55	121.24	2.15	0.79	0.79
0.80	3.50	59.25	2.26	133.81	2.39	0.76	0.76
1.00	2.70	45.58	3.02	137.71	2.55	0.72	0.72
1.20	2.10	35.32	3.87	136.64	2.68	7.31	7.31
1.40	1.80	30.16	4.98	150.04	2.82	5.74	5.74
1.60	1.60	26.70	3.92	104.63	2.69	4.74	4.74
1.80	1.90	31.74	3.65	115.85	2.65	5.27	5.27
2.00	1.10	18.08	3.78	68.41	2.67	0.75	2.85
2.20	1.10	18.02	5.66	102.01	2.90	2.69	2.69
2.40	1.20	19.66	4.35	85.48	2.75	2.79	2.79
2.60	1.00	16.20	5.86	94.97	2.92	2.19	2.19
2.80	1.30	21.24	5.04	107.03	2.83	2.73	2.73
3.00	0.90	14.39	4.85	69.81	2.81	0.59	1.78
3.20	1.00	16.03	3.59	57.58	2.64	0.37	1.91
3.40	1.80	29.58	2.21	65.35	2.37	0.13	0.67
3.60	0.80	12.52	7.61	95.23	3.07	1.38	1.38
3.80	1.30	20.96	3.68	77.21	2.66	2.23	2.23
4.00	0.80	12.40	7.68	95.21	3.08	1.27	1.27
4.20	0.90	14.05	6.22	87.37	2.95	1.39	1.39
4.40	1.10	17.39	4.97	86.40	2.82	1.67	1.67
4.60	1.10	17.33	5.46	94.64	2.88	1.61	1.61
4.80	1.10	17.27	6.65	114.88	2.99	1.55	1.55
5.00	1.10	17.21	6.29	108.27	2.96	1.49	1.49
5.20	1.50	23.95	5.71	136.63	2.90	2.01	2.01
5.40	1.30	20.49	5.89	120.60	2.92	1.66	1.66
5.60	1.20	18.73	5.44	101.78	2.87	1.48	1.48
5.80	0.90	13.57	7.56	102.51	3.07	1.04	1.04
6.00	0.70	10.11	9.32	94.19	3.20	0.75	0.75
6.20	1.10	16.11	3.51	56.50	2.63	0.23	1.23
6.40	0.80	11.64	10.56	122.91	3.29	0.83	0.83
6.60	0.80	11.30	8.29	93.69	3.13	0.81	0.81
6.80	0.70	9.36	10.44	97.74	3.28	0.67	0.67
7.00	0.40	4.37	17.96	78.57	3.70	0.31	0.31
7.20	0.70	8.87	7.64	67.72	3.08	0.31	0.63
7.40	0.50	5.62	11.47	64.45	3.35	0.30	0.40
7.60	0.50	5.46	11.66	63.75	3.36	0.30	0.39
7.80	0.50	5.32	11.86	63.06	3.37	0.29	0.38
8.00	0.60	6.59	11.77	77.56	3.37	0.47	0.47
8.20	0.40	3.62	17.48	63.26	3.67	0.38	0.26
8.40	0.50	4.88	14.82	72.31	3.54	0.35	0.35
8.60	0.40	3.40	18.09	61.43	3.70	0.36	0.24
8.80	0.50	4.62	14.28	65.93	3.51	0.36	0.33
9.00	0.50	4.49	16.55	74.27	3.63	0.32	0.32
9.20	0.80	8.19	11.22	91.88	3.33	0.58	0.58
9.40	1.10	11.72	9.94	116.46	3.25	0.84	0.84
9.60	1.00	10.21	10.75	109.79	3.30	0.73	0.73

**:: Strength loss calculation (Robertson (2009)) :: (continued)**

Depth (m)	$q_t$ (MPa)	$Q_{tn}$	$K_c$	$Q_{tn,cs}$	$I_c$	$S_{u(liq)}/\sigma'_v$	$S_{u(peak)}/\sigma'_v$
9.80	1.20	12.37	8.60	106.46	3.15	0.88	0.88
10.00	1.40	14.44	7.96	114.92	3.10	1.03	1.03
10.20	1.20	11.81	9.19	108.58	3.20	0.84	0.84
10.40	1.30	12.68	8.53	108.17	3.15	0.91	0.91
10.60	1.70	16.84	6.65	112.02	2.99	1.20	1.20
10.80	2.20	21.90	6.05	132.55	2.94	1.57	1.57
11.00	3.10	30.94	5.17	159.95	2.84	2.22	2.22
11.20	3.00	29.26	5.23	153.04	2.85	2.09	2.09
11.40	2.60	24.60	6.09	149.91	2.94	1.76	1.76
11.60	2.00	18.07	7.75	140.02	3.09	1.29	1.29
11.80	2.00	17.71	7.68	136.09	3.08	1.26	1.26
12.00	1.90	16.39	7.84	128.44	3.09	1.17	1.17
12.20	1.70	14.17	8.75	123.96	3.16	1.01	1.01
12.40	2.10	17.65	6.82	120.40	3.01	1.26	1.26
12.60	2.40	20.08	6.40	128.44	2.97	1.43	1.43
12.80	2.30	18.81	6.47	121.62	2.97	1.34	1.34
13.00	2.10	16.68	7.40	123.47	3.06	1.19	1.19
13.20	1.90	14.63	8.17	119.55	3.12	1.05	1.05
13.40	2.50	19.57	6.06	118.68	2.94	1.40	1.40
13.60	3.10	24.34	5.92	144.17	2.92	1.74	1.74
13.80	2.50	18.86	7.35	138.63	3.05	1.35	1.35
14.00	2.30	16.89	7.84	132.46	3.09	1.21	1.21
14.20	2.20	15.80	7.65	120.85	3.08	1.13	1.13
14.40	2.10	14.74	7.77	114.55	3.09	1.05	1.05
14.60	2.50	17.68	6.09	107.64	2.94	1.26	1.26
14.80	4.20	31.00	4.78	148.27	2.80	2.18	2.18
15.00	4.50	32.99	4.44	146.55	2.76	2.31	2.31
15.20	4.10	29.15	5.17	150.83	2.84	2.06	2.06
15.40	4.20	29.46	5.16	151.90	2.84	2.08	2.08
15.60	4.70	33.07	4.39	145.31	2.75	2.31	2.31
15.80	4.30	29.47	4.78	140.95	2.80	2.07	2.07
16.00	4.10	27.40	5.29	144.92	2.86	1.93	1.93
16.20	2.90	18.26	7.67	140.10	3.08	1.30	1.30
16.40	3.20	20.06	6.78	136.09	3.00	1.43	1.43
16.60	3.40	21.53	5.03	108.25	2.83	1.51	1.51
16.80	2.10	12.10	8.75	105.92	3.16	0.86	0.86
17.00	2.80	16.58	7.65	126.88	3.08	1.18	1.18
17.20	1.80	9.79	9.73	95.25	3.23	0.70	0.70
17.40	2.60	14.84	7.69	114.11	3.08	1.06	1.06
17.60	3.40	20.12	5.23	105.12	2.85	1.41	1.41
17.80	4.20	25.46	4.37	111.26	2.75	1.76	1.76
18.00	3.80	22.17	5.19	115.04	2.85	1.55	1.55
18.20	4.30	25.69	4.06	104.23	2.71	1.76	1.76
18.40	4.50	26.61	4.16	110.62	2.72	1.82	1.82
18.60	4.40	25.05	5.20	130.26	2.85	1.75	1.75
18.80	3.90	21.31	6.08	129.51	2.94	1.52	1.52
19.00	3.90	21.15	5.82	123.10	2.91	1.50	1.50
19.20	4.20	22.64	5.83	132.05	2.91	1.60	1.60

**:: Strength loss calculation (Robertson (2009)) :: (continued)**

Depth (m)	$q_t$ (MPa)	$Q_{tn}$	$K_c$	$Q_{tn,cs}$	$I_c$	$S_{u(liq)}/\sigma'_v$	$S_{u(peak)}/\sigma'_v$
19.40	3.30	16.99	7.82	132.89	3.09	1.21	1.21
19.60	2.20	10.52	9.41	98.96	3.21	0.75	0.75
19.80	2.80	13.77	8.45	116.31	3.14	0.98	0.98
20.00	2.90	14.16	7.80	110.38	3.09	1.01	1.01

**Abbreviations**

$q_t$ :	Total cone resistance
$K_c$ :	Cone resistance correction factor due to fines
$Q_{tn,cs}$ :	Adjusted and corrected cone resistance due to fines
$I_c$ :	Soil behavior type index
$S_{u(liq)}/\sigma'_v$ :	Calculated liquefied undrained strength ratio
$S_{u(peak)}/\sigma'_v$ :	Calculated peak undrained strength ratio



**LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT**

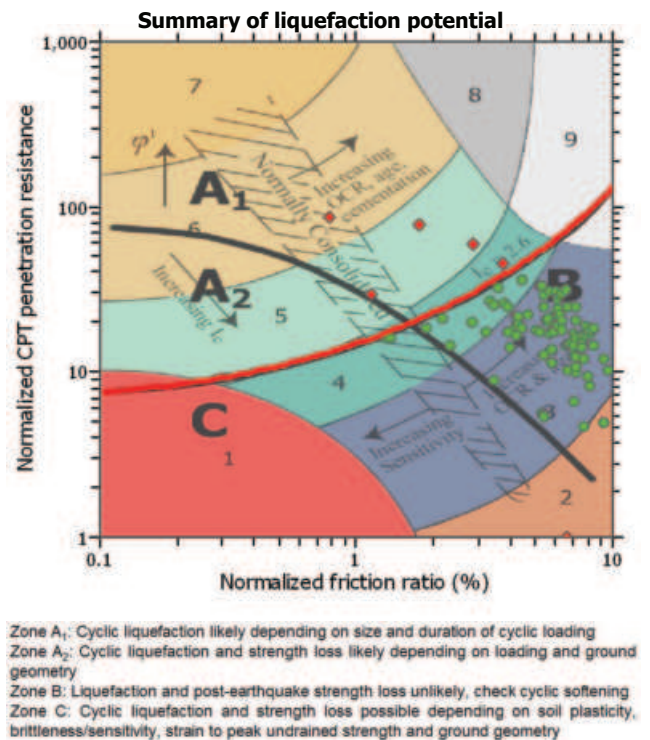
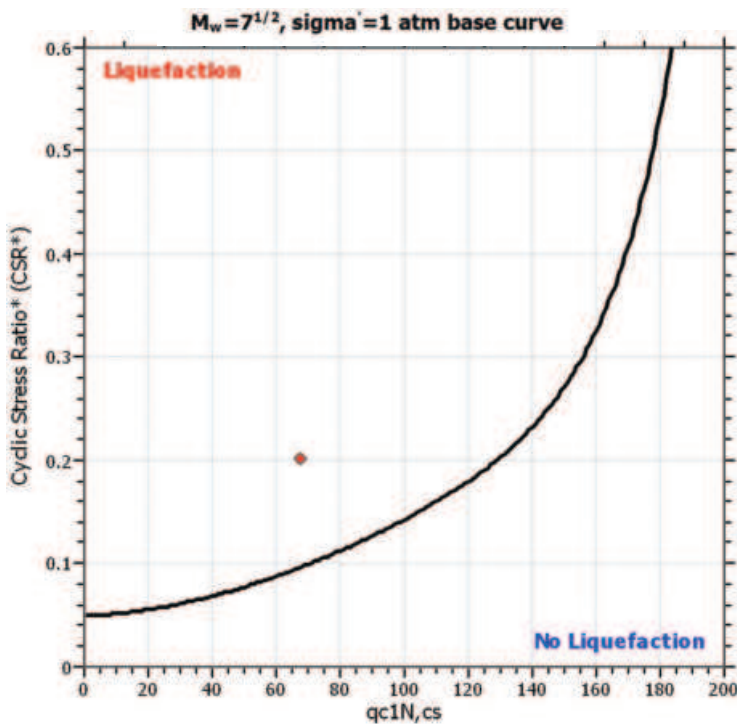
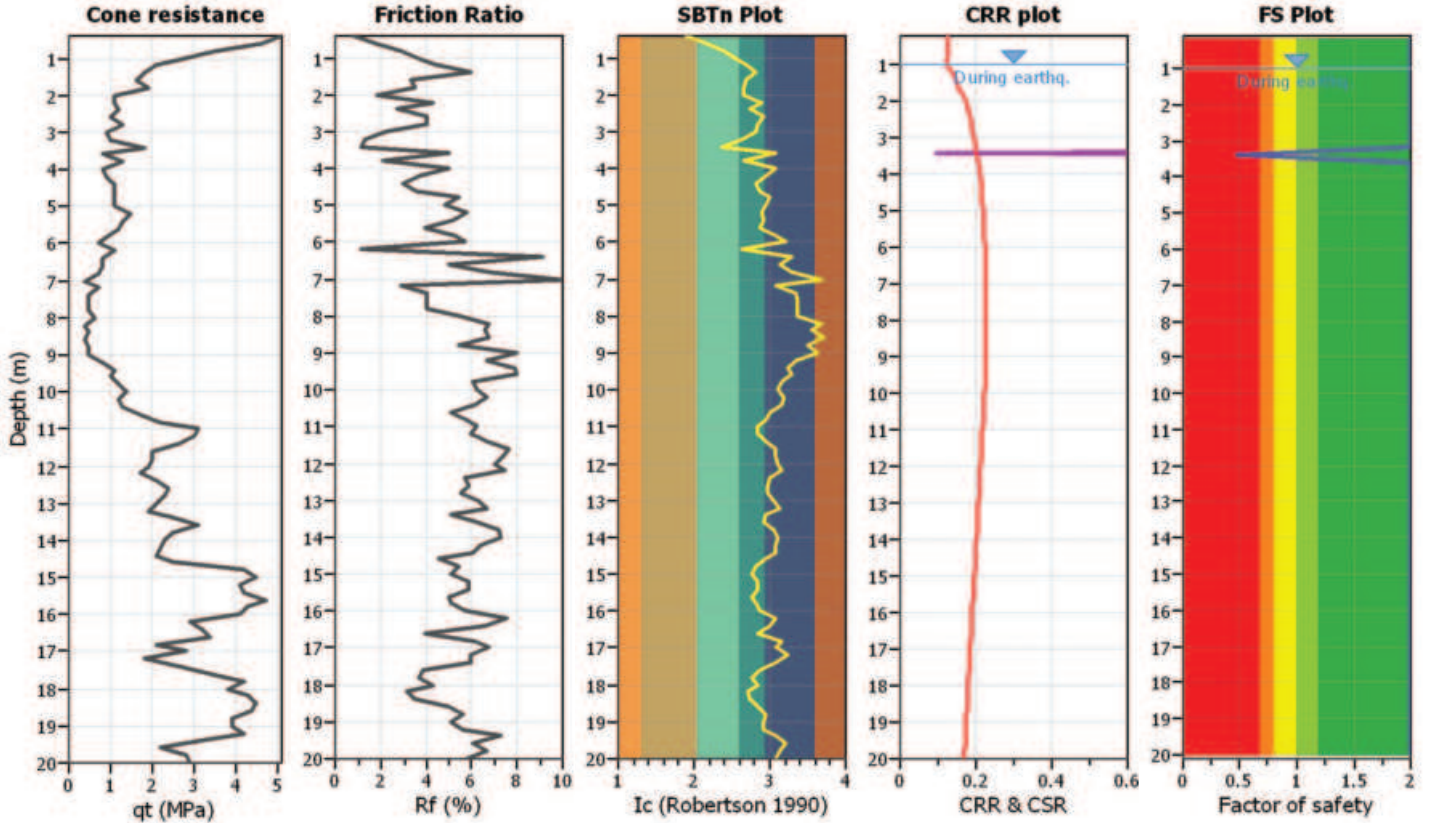
Project title : ACETUM S.r.l.

Location : Via Petrtini 440 - Cavezzo (MO)

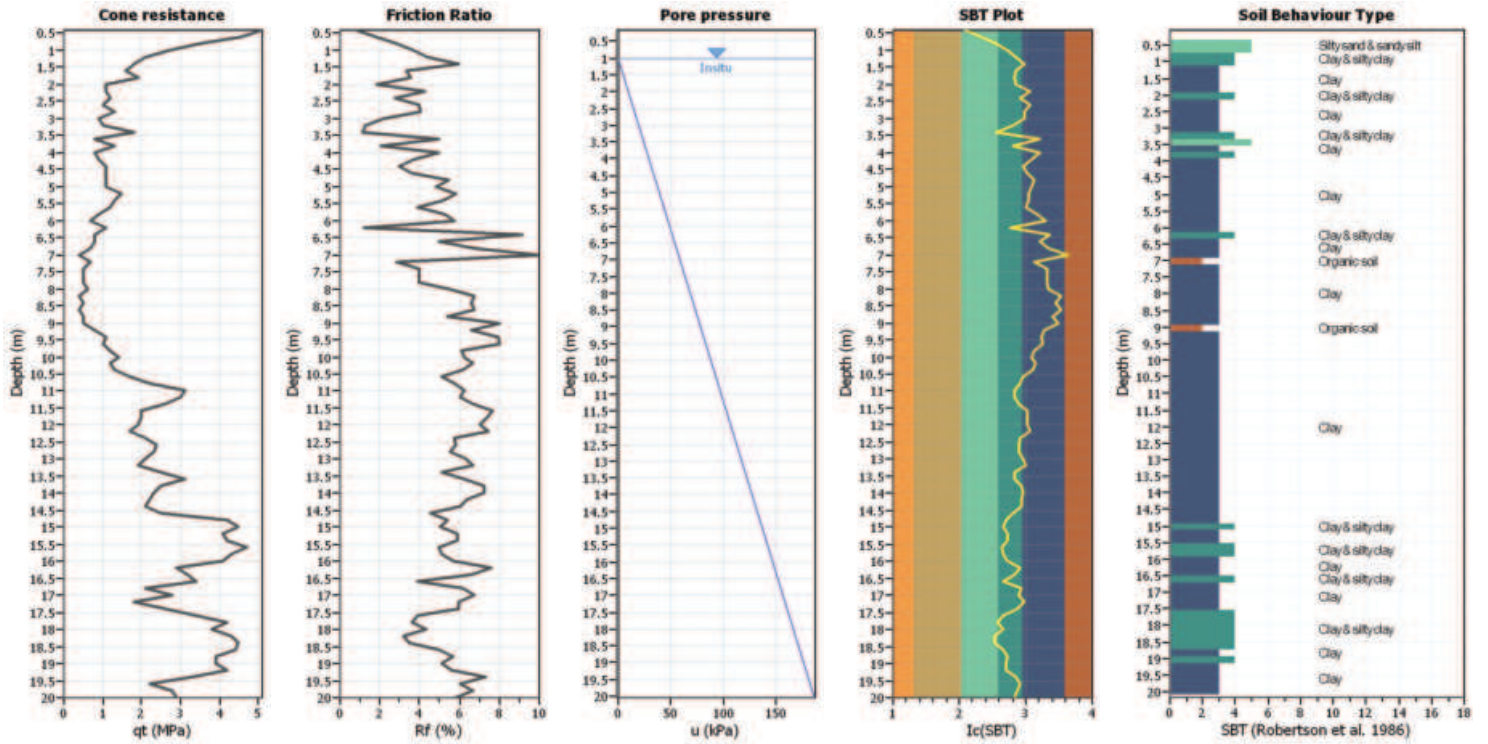
CPT file : CPT1

**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	I&B (2008)	G.W.T. (in-situ):	1.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	R&W (1998)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	1	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	No
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	N/A
Peak ground acceleration:	0.30	Unit weight calculation:	Based on SBT	$K_\sigma$ applied:	Yes	MSF method:	I&B, 2008



**CPT basic interpretation plots**



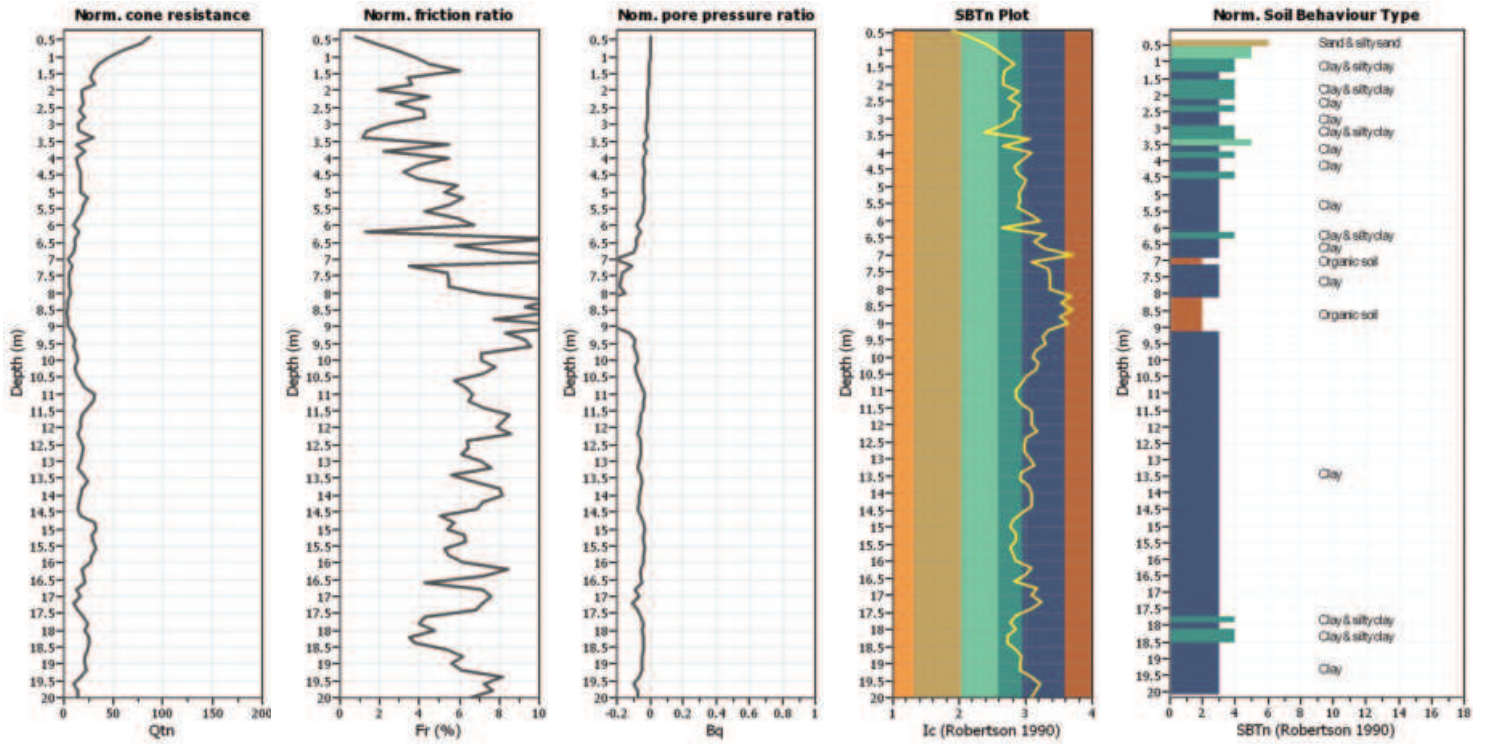
**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	I&B (2008)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	R&W (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	$K_{\sigma}$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

**SBT legend**

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

**CPT basic interpretation plots (normalized)**



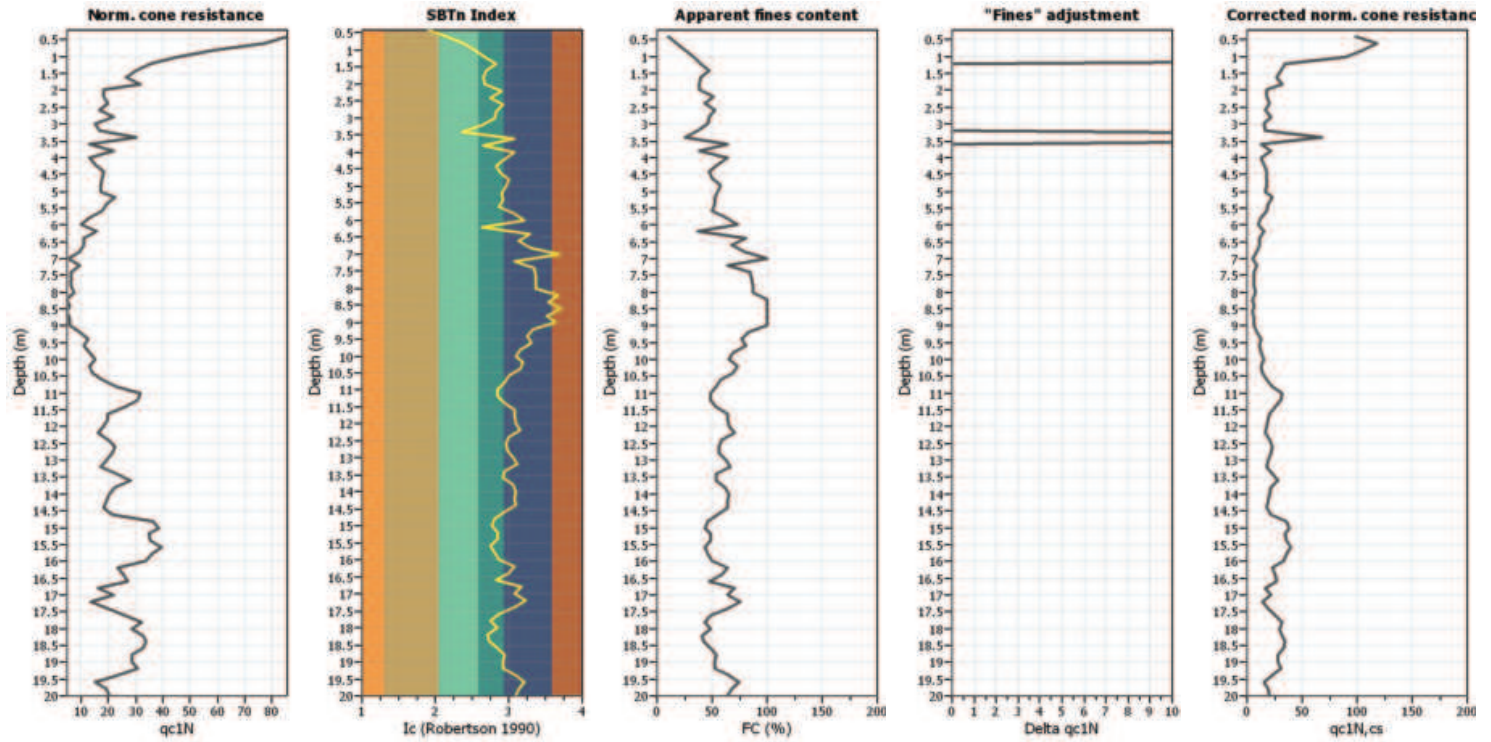
**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	I&B (2008)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	R&W (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K <sub>0</sub> applied:	Yes
Earthquake magnitude M <sub>w</sub> :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

**SBTn legend**

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

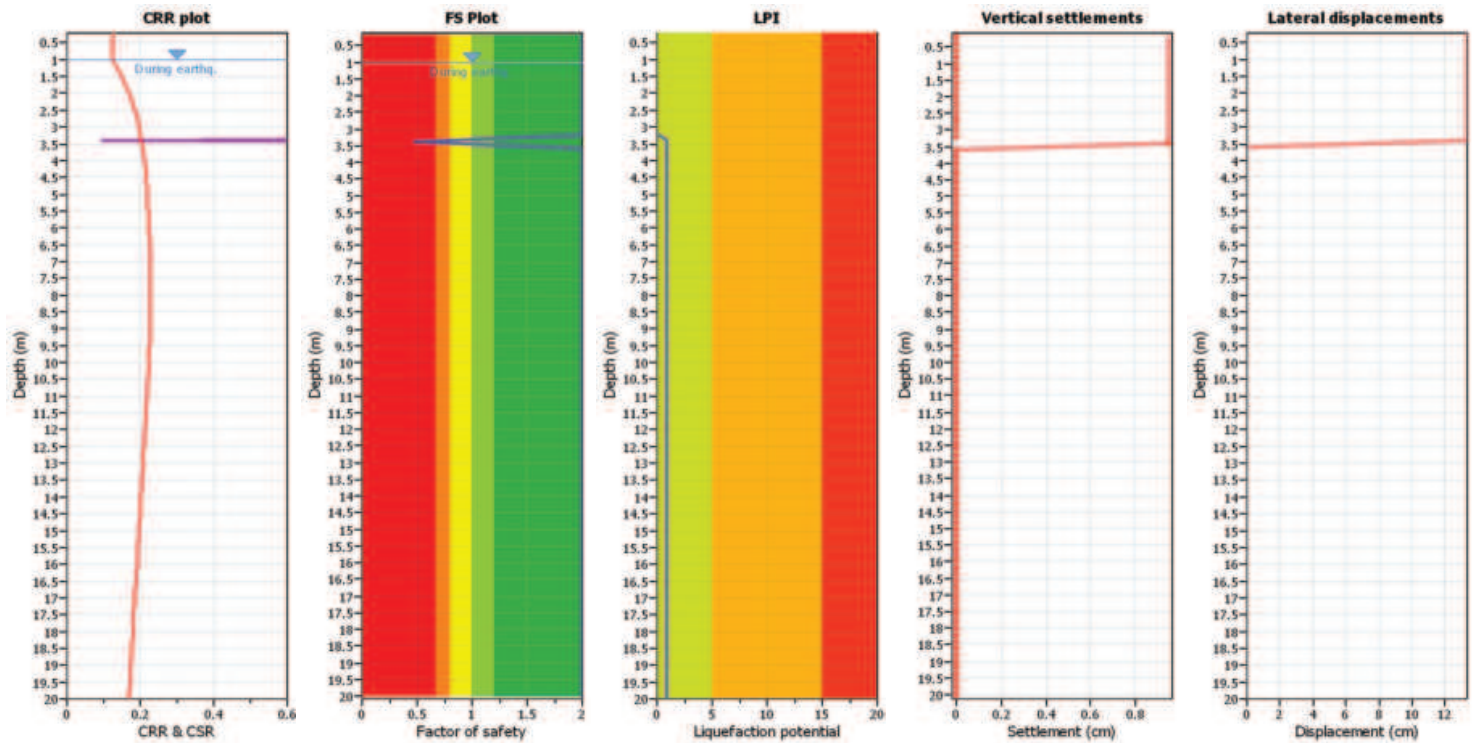
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	I&B (2008)	Depth to GW (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	R&W (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K <sub>c</sub> applied:	Yes
Earthquake magnitude M <sub>w</sub> :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method: I&B (2008)  
 Fines correction method: R&W (1998)  
 Points to test: Based on I<sub>c</sub> value  
 Earthquake magnitude M<sub>w</sub>: 6.14  
 Peak ground acceleration: 0.30  
 Depth to water table (insitu): 1.00 m

Depth to GWT (erthq.): 1.00 m  
 Average results interval: 1  
 I<sub>c</sub> cut-off value: 2.60  
 Unit weight calculation: Based on SBT  
 Use fill: No  
 Fill height: N/A

Fill weight: N/A  
 Transition detect. applied: No  
 K<sub>σ</sub> applied: Yes  
 Clay like behavior applied: Sands only  
 Limit depth applied: No  
 Limit depth: N/A

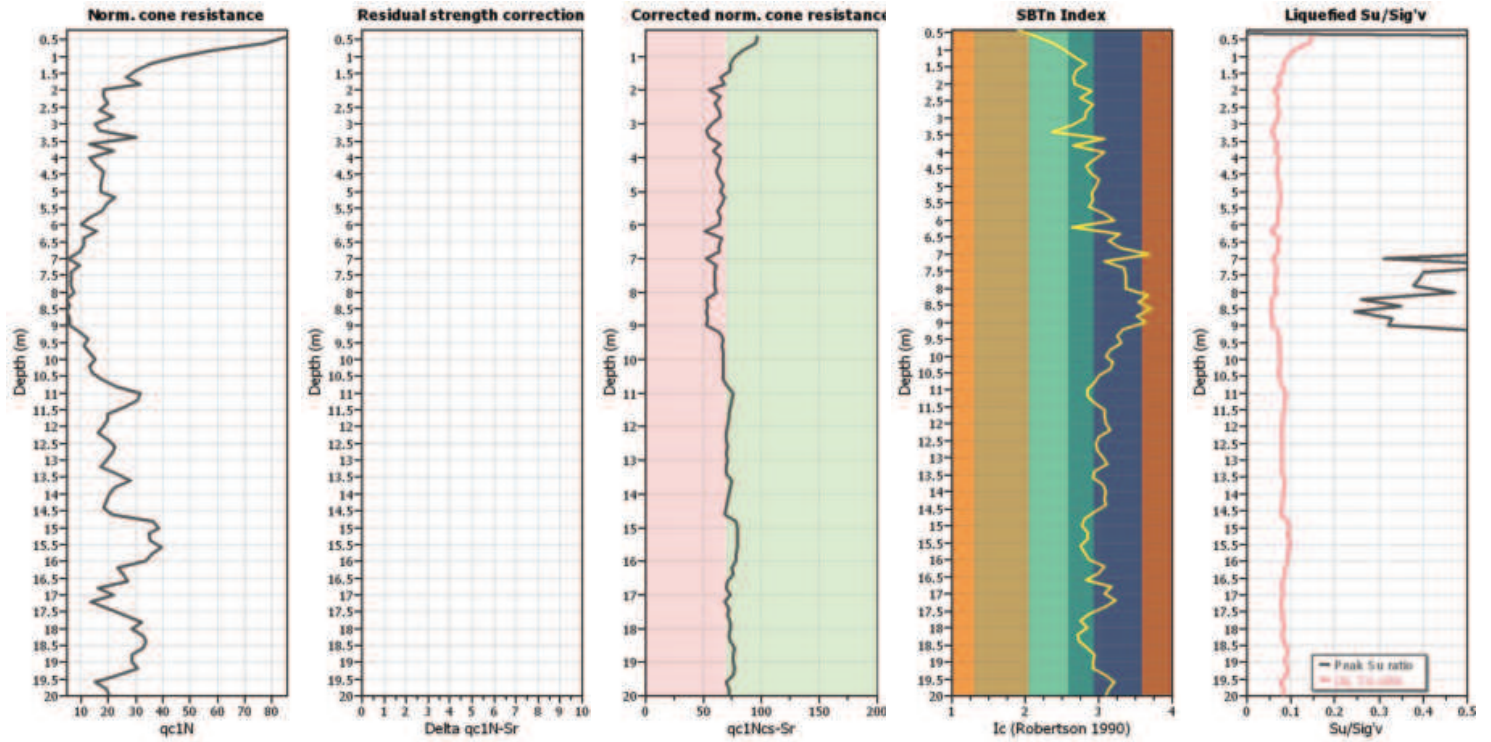
F.S. color scheme

Red: Almost certain it will liquefy  
 Orange: Very likely to liquefy  
 Yellow: Liquefaction and no liq. are equally likely  
 Green: Unlike to liquefy  
 Dark Green: Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

Red: Very high risk  
 Orange: High risk  
 Green: Low risk

**Check for strength loss plots (Idriss & Boulanger (2008))**



**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	I&B (2008)	Depth to GW (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	R&W (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K <sub>c</sub> applied:	Yes
Earthquake magnitude M <sub>w</sub> :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	$F_L$	$w_z$	$d_z$	LPI	Depth (m)	FS	$F_L$	$w_z$	$d_z$	LPI
0.20	2.00	0.00	9.90	0.20	0.00	0.40	2.00	0.00	9.80	0.20	0.00
0.60	2.00	0.00	9.70	0.20	0.00	0.80	2.00	0.00	9.60	0.20	0.00
1.00	2.00	0.00	9.50	0.20	0.00	1.20	2.00	0.00	9.40	0.20	0.00
1.40	2.00	0.00	9.30	0.20	0.00	1.60	2.00	0.00	9.20	0.20	0.00
1.80	2.00	0.00	9.10	0.20	0.00	2.00	2.00	0.00	9.00	0.20	0.00
2.20	2.00	0.00	8.90	0.20	0.00	2.40	2.00	0.00	8.80	0.20	0.00
2.60	2.00	0.00	8.70	0.20	0.00	2.80	2.00	0.00	8.60	0.20	0.00
3.00	2.00	0.00	8.50	0.20	0.00	3.20	2.00	0.00	8.40	0.20	0.00
3.40	0.48	0.52	8.30	0.20	0.87	3.60	2.00	0.00	8.20	0.20	0.00
3.80	2.00	0.00	8.10	0.20	0.00	4.00	2.00	0.00	8.00	0.20	0.00
4.20	2.00	0.00	7.90	0.20	0.00	4.40	2.00	0.00	7.80	0.20	0.00
4.60	2.00	0.00	7.70	0.20	0.00	4.80	2.00	0.00	7.60	0.20	0.00
5.00	2.00	0.00	7.50	0.20	0.00	5.20	2.00	0.00	7.40	0.20	0.00
5.40	2.00	0.00	7.30	0.20	0.00	5.60	2.00	0.00	7.20	0.20	0.00
5.80	2.00	0.00	7.10	0.20	0.00	6.00	2.00	0.00	7.00	0.20	0.00
6.20	2.00	0.00	6.90	0.20	0.00	6.40	2.00	0.00	6.80	0.20	0.00
6.60	2.00	0.00	6.70	0.20	0.00	6.80	2.00	0.00	6.60	0.20	0.00
7.00	2.00	0.00	6.50	0.20	0.00	7.20	2.00	0.00	6.40	0.20	0.00
7.40	2.00	0.00	6.30	0.20	0.00	7.60	2.00	0.00	6.20	0.20	0.00
7.80	2.00	0.00	6.10	0.20	0.00	8.00	2.00	0.00	6.00	0.20	0.00
8.20	2.00	0.00	5.90	0.20	0.00	8.40	2.00	0.00	5.80	0.20	0.00
8.60	2.00	0.00	5.70	0.20	0.00	8.80	2.00	0.00	5.60	0.20	0.00
9.00	2.00	0.00	5.50	0.20	0.00	9.20	2.00	0.00	5.40	0.20	0.00
9.40	2.00	0.00	5.30	0.20	0.00	9.60	2.00	0.00	5.20	0.20	0.00
9.80	2.00	0.00	5.10	0.20	0.00	10.00	2.00	0.00	5.00	0.20	0.00
10.20	2.00	0.00	4.90	0.20	0.00	10.40	2.00	0.00	4.80	0.20	0.00
10.60	2.00	0.00	4.70	0.20	0.00	10.80	2.00	0.00	4.60	0.20	0.00
11.00	2.00	0.00	4.50	0.20	0.00	11.20	2.00	0.00	4.40	0.20	0.00
11.40	2.00	0.00	4.30	0.20	0.00	11.60	2.00	0.00	4.20	0.20	0.00
11.80	2.00	0.00	4.10	0.20	0.00	12.00	2.00	0.00	4.00	0.20	0.00
12.20	2.00	0.00	3.90	0.20	0.00	12.40	2.00	0.00	3.80	0.20	0.00
12.60	2.00	0.00	3.70	0.20	0.00	12.80	2.00	0.00	3.60	0.20	0.00
13.00	2.00	0.00	3.50	0.20	0.00	13.20	2.00	0.00	3.40	0.20	0.00
13.40	2.00	0.00	3.30	0.20	0.00	13.60	2.00	0.00	3.20	0.20	0.00
13.80	2.00	0.00	3.10	0.20	0.00	14.00	2.00	0.00	3.00	0.20	0.00
14.20	2.00	0.00	2.90	0.20	0.00	14.40	2.00	0.00	2.80	0.20	0.00
14.60	2.00	0.00	2.70	0.20	0.00	14.80	2.00	0.00	2.60	0.20	0.00
15.00	2.00	0.00	2.50	0.20	0.00	15.20	2.00	0.00	2.40	0.20	0.00
15.40	2.00	0.00	2.30	0.20	0.00	15.60	2.00	0.00	2.20	0.20	0.00
15.80	2.00	0.00	2.10	0.20	0.00	16.00	2.00	0.00	2.00	0.20	0.00
16.20	2.00	0.00	1.90	0.20	0.00	16.40	2.00	0.00	1.80	0.20	0.00
16.60	2.00	0.00	1.70	0.20	0.00	16.80	2.00	0.00	1.60	0.20	0.00
17.00	2.00	0.00	1.50	0.20	0.00	17.20	2.00	0.00	1.40	0.20	0.00
17.40	2.00	0.00	1.30	0.20	0.00	17.60	2.00	0.00	1.20	0.20	0.00
17.80	2.00	0.00	1.10	0.20	0.00	18.00	2.00	0.00	1.00	0.20	0.00
18.20	2.00	0.00	0.90	0.20	0.00	18.40	2.00	0.00	0.80	0.20	0.00
18.60	2.00	0.00	0.70	0.20	0.00	18.80	2.00	0.00	0.60	0.20	0.00
19.00	2.00	0.00	0.50	0.20	0.00	19.20	2.00	0.00	0.40	0.20	0.00

**:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)**

Depth (m)	FS	$F_L$	$w_z$	$d_z$	LPI	Depth (m)	FS	$F_L$	$w_z$	$d_z$	LPI
19.40	2.00	0.00	0.30	0.20	0.00	19.60	2.00	0.00	0.20	0.20	0.00
19.80	2.00	0.00	0.10	0.20	0.00	20.00	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00

**Overall liquefaction potential: 0.87**

LPI = 0.00 - Liquefaction risk very low

LPI between 0.00 and 5.00 - Liquefaction risk low

LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high

LPI &gt; 15.00 - Liquefaction risk very high

**Abbreviations****FS:** Calculated factor of safety for test point **$F_L$ :** 1 - FS **$w_z$ :** Function value of the extend of soil liquefaction according to depth **$d_z$ :** Layer thickness (m)**LPI:** Liquefaction potential index value for test point



**:: Post-earthquake settlement due to soil liquefaction ::**

Depth (m)	$q_{c1H,cs}$	FS	$e_v$ (%)	DF	Settlement (cm)	Depth (m)	$q_{c1H,cs}$	FS	$e_v$ (%)	DF	Settlement (cm)
1.00	90.22	2.00	0.00	1.00	0.00	1.20	35.23	2.00	0.00	1.00	0.00
1.40	30.20	2.00	0.00	1.00	0.00	1.60	26.84	2.00	0.00	1.00	0.00
1.80	31.88	2.00	0.00	1.00	0.00	2.00	18.46	2.00	0.00	1.00	0.00
2.20	18.46	2.00	0.00	1.00	0.00	2.40	20.13	2.00	0.00	1.00	0.00
2.60	16.78	2.00	0.00	1.00	0.00	2.80	21.81	2.00	0.00	1.00	0.00
3.00	15.10	2.00	0.00	1.00	0.00	3.20	16.78	2.00	0.00	1.00	0.00
3.40	67.37	0.48	4.71	1.00	0.94	3.60	13.42	2.00	0.00	1.00	0.00
3.80	21.81	2.00	0.00	1.00	0.00	4.00	13.42	2.00	0.00	1.00	0.00
4.20	15.10	2.00	0.00	1.00	0.00	4.40	18.26	2.00	0.00	1.00	0.00
4.60	17.91	2.00	0.00	1.00	0.00	4.80	17.55	2.00	0.00	1.00	0.00
5.00	17.22	2.00	0.00	1.00	0.00	5.20	22.59	2.00	0.00	1.00	0.00
5.40	19.39	2.00	0.00	1.00	0.00	5.60	17.67	2.00	0.00	1.00	0.00
5.80	13.21	2.00	0.00	1.00	0.00	6.00	10.20	2.00	0.00	1.00	0.00
6.20	15.56	2.00	0.00	1.00	0.00	6.40	11.25	2.00	0.00	1.00	0.00
6.60	11.07	2.00	0.00	1.00	0.00	6.80	9.58	2.00	0.00	1.00	0.00
7.00	5.46	2.00	0.00	1.00	0.00	7.20	9.31	2.00	0.00	1.00	0.00
7.40	6.61	2.00	0.00	1.00	0.00	7.60	6.53	2.00	0.00	1.00	0.00
7.80	6.45	2.00	0.00	1.00	0.00	8.00	7.61	2.00	0.00	1.00	0.00
8.20	5.04	2.00	0.00	1.00	0.00	8.40	6.20	2.00	0.00	1.00	0.00
8.60	4.91	2.00	0.00	1.00	0.00	8.80	6.05	2.00	0.00	1.00	0.00
9.00	5.97	2.00	0.00	1.00	0.00	9.20	9.38	2.00	0.00	1.00	0.00
9.40	12.66	2.00	0.00	1.00	0.00	9.60	11.37	2.00	0.00	1.00	0.00
9.80	13.44	2.00	0.00	1.00	0.00	10.00	15.45	2.00	0.00	1.00	0.00
10.20	13.11	2.00	0.00	1.00	0.00	10.40	14.02	2.00	0.00	1.00	0.00
10.60	18.06	2.00	0.00	1.00	0.00	10.80	23.03	2.00	0.00	1.00	0.00
11.00	31.97	2.00	0.00	1.00	0.00	11.20	30.59	2.00	0.00	1.00	0.00
11.40	26.24	2.00	0.00	1.00	0.00	11.60	19.97	2.00	0.00	1.00	0.00
11.80	19.75	2.00	0.00	1.00	0.00	12.00	18.56	2.00	0.00	1.00	0.00
12.20	16.42	2.00	0.00	1.00	0.00	12.40	20.09	2.00	0.00	1.00	0.00
12.60	22.74	2.00	0.00	1.00	0.00	12.80	21.56	2.00	0.00	1.00	0.00
13.00	19.48	2.00	0.00	1.00	0.00	13.20	17.43	2.00	0.00	1.00	0.00
13.40	22.78	2.00	0.00	1.00	0.00	13.60	28.06	2.00	0.00	1.00	0.00
13.80	22.33	2.00	0.00	1.00	0.00	14.00	20.32	2.00	0.00	1.00	0.00
14.20	19.24	2.00	0.00	1.00	0.00	14.40	18.18	2.00	0.00	1.00	0.00
14.60	21.53	2.00	0.00	1.00	0.00	14.80	36.34	2.00	0.00	1.00	0.00
15.00	38.68	2.00	0.00	1.00	0.00	15.20	34.83	2.00	0.00	1.00	0.00
15.40	35.41	2.00	0.00	1.00	0.00	15.60	39.47	2.00	0.00	1.00	0.00
15.80	35.68	2.00	0.00	1.00	0.00	16.00	33.68	2.00	0.00	1.00	0.00
16.20	23.30	2.00	0.00	1.00	0.00	16.40	25.60	2.00	0.00	1.00	0.00
16.60	27.05	2.00	0.00	1.00	0.00	16.80	16.29	2.00	0.00	1.00	0.00
17.00	21.76	2.00	0.00	1.00	0.00	17.20	13.67	2.00	0.00	1.00	0.00
17.40	19.85	2.00	0.00	1.00	0.00	17.60	26.07	2.00	0.00	1.00	0.00
17.80	32.31	2.00	0.00	1.00	0.00	18.00	28.87	2.00	0.00	1.00	0.00
18.20	32.66	2.00	0.00	1.00	0.00	18.40	34.04	2.00	0.00	1.00	0.00
18.60	33.00	2.00	0.00	1.00	0.00	18.80	28.83	2.00	0.00	1.00	0.00
19.00	28.62	2.00	0.00	1.00	0.00	19.20	30.75	2.00	0.00	1.00	0.00
19.40	23.63	2.00	0.00	1.00	0.00	19.60	15.33	2.00	0.00	1.00	0.00
19.80	19.60	2.00	0.00	1.00	0.00	20.00	20.20	2.00	0.00	1.00	0.00

**:: Post-earthquake settlement due to soil liquefaction :: (continued)**

Depth (m)	$q_{c1N,cs}$	FS	$e_v$ (%)	DF	Settlement (cm)	Depth (m)	$q_{c1N,cs}$	FS	$e_v$ (%)	DF	Settlement (cm)
-----------	--------------	----	-----------	----	-----------------	-----------	--------------	----	-----------	----	-----------------

**Total estimated settlement: 0.94**

**Abbreviations**

- $q_{c1N,cs}$ : Equivalent clean sand normalized cone resistance
- FS: Factor of safety against liquefaction
- $e_v$  (%): Post-liquefaction volumetric strain
- DF:  $e_v$  depth weighting factor
- Settlement: Calculated settlement

**:: Strength loss calculation Idriss & Boulanger (2008) ::**

Depth (m)	$q_t$ (MPa)	$Q_{tm}$	$K_c$	$Q_{tm,cs}$	$I_c$	$S_{u(liq)}/\sigma'_v$	$S_{u(peak)}/\sigma'_v$
0.20	0.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	N/A	N/A
0.40	5.10	86.57	1.18	102.55	1.90	0.15	0.81
0.60	4.60	78.01	1.55	121.24	2.15	0.14	0.79
0.80	3.50	59.25	2.26	133.81	2.39	0.11	0.76
1.00	2.70	45.58	3.02	137.71	2.55	0.09	0.72
1.20	2.10	35.32	3.87	136.64	2.68	0.08	7.31
1.40	1.80	30.16	4.98	150.04	2.82	0.08	5.74
1.60	1.60	26.70	3.92	104.63	2.69	0.07	4.74
1.80	1.90	31.74	3.65	115.85	2.65	0.08	5.27
2.00	1.10	18.08	3.78	68.41	2.67	0.06	2.85
2.20	1.10	18.02	5.66	102.01	2.90	0.07	2.69
2.40	1.20	19.66	4.35	85.48	2.75	0.07	2.79
2.60	1.00	16.20	5.86	94.97	2.92	0.07	2.19
2.80	1.30	21.24	5.04	107.03	2.83	0.07	2.73
3.00	0.90	14.39	4.85	69.81	2.81	0.06	1.78
3.20	1.00	16.03	3.59	57.58	2.64	0.06	1.91
3.40	1.80	29.58	2.21	65.35	2.37	0.06	0.67
3.60	0.80	12.52	7.61	95.23	3.07	0.07	1.38
3.80	1.30	20.96	3.68	77.21	2.66	0.06	2.23
4.00	0.80	12.40	7.68	95.21	3.08	0.07	1.27
4.20	0.90	14.05	6.22	87.37	2.95	0.07	1.39
4.40	1.10	17.39	4.97	86.40	2.82	0.07	1.67
4.60	1.10	17.33	5.46	94.64	2.88	0.07	1.61
4.80	1.10	17.27	6.65	114.88	2.99	0.07	1.55
5.00	1.10	17.21	6.29	108.27	2.96	0.07	1.49
5.20	1.50	23.95	5.71	136.63	2.90	0.08	2.01
5.40	1.30	20.49	5.89	120.60	2.92	0.07	1.66
5.60	1.20	18.73	5.44	101.78	2.87	0.07	1.48
5.80	0.90	13.57	7.56	102.51	3.07	0.07	1.04
6.00	0.70	10.11	9.32	94.19	3.20	0.07	0.75
6.20	1.10	16.14	3.50	56.53	2.63	0.05	1.23
6.40	0.80	11.64	10.56	122.91	3.29	0.07	0.83
6.60	0.80	11.30	8.29	93.69	3.13	0.07	0.81
6.80	0.70	9.36	10.44	97.74	3.28	0.07	0.67
7.00	0.40	4.37	17.96	78.57	3.70	0.06	0.31
7.20	0.70	8.87	7.64	67.72	3.08	0.07	0.63
7.40	0.50	5.62	11.47	64.45	3.35	0.07	0.40
7.60	0.50	5.46	11.66	63.75	3.36	0.07	0.39
7.80	0.50	5.32	11.86	63.06	3.37	0.06	0.38
8.00	0.60	6.59	11.77	77.56	3.37	0.07	0.47
8.20	0.40	3.62	17.48	63.26	3.67	0.06	0.26
8.40	0.50	4.88	14.82	72.31	3.54	0.06	0.35
8.60	0.40	3.40	18.09	61.43	3.70	0.06	0.24
8.80	0.50	4.62	14.28	65.93	3.51	0.06	0.33
9.00	0.50	4.49	16.55	74.27	3.63	0.06	0.32
9.20	0.80	8.19	11.22	91.88	3.33	0.07	0.58
9.40	1.10	11.72	9.94	116.46	3.25	0.07	0.84
9.60	1.00	10.21	10.75	109.79	3.30	0.07	0.73

**:: Strength loss calculation (Idriss & Boulanger (2008)) :: (continued)**

Depth (m)	$q_t$ (MPa)	$Q_{tn}$	$K_c$	$Q_{tn,cs}$	$I_c$	$S_{u(liq)}/\sigma'_v$	$S_{u(peak)}/\sigma'_v$
9.80	1.20	12.37	8.60	106.46	3.15	0.07	0.88
10.00	1.40	14.44	7.96	114.92	3.10	0.08	1.03
10.20	1.20	11.81	9.19	108.58	3.20	0.07	0.84
10.40	1.30	12.68	8.53	108.17	3.15	0.08	0.91
10.60	1.70	16.84	6.65	112.02	2.99	0.08	1.20
10.80	2.20	21.92	6.05	132.59	2.94	0.08	1.57
11.00	3.10	30.98	5.17	160.06	2.84	0.09	2.22
11.20	3.00	29.29	5.23	153.11	2.85	0.09	2.09
11.40	2.60	24.61	6.09	149.92	2.94	0.09	1.76
11.60	2.00	18.07	7.75	140.02	3.09	0.08	1.29
11.80	2.00	17.71	7.68	136.09	3.08	0.08	1.26
12.00	1.90	16.39	7.84	128.44	3.09	0.08	1.17
12.20	1.70	14.17	8.75	123.96	3.16	0.08	1.01
12.40	2.10	17.65	6.82	120.40	3.01	0.08	1.26
12.60	2.40	20.08	6.40	128.44	2.97	0.08	1.43
12.80	2.30	18.81	6.47	121.62	2.97	0.08	1.34
13.00	2.10	16.68	7.40	123.47	3.06	0.08	1.19
13.20	1.90	14.63	8.17	119.55	3.12	0.08	1.05
13.40	2.50	19.55	6.07	118.64	2.94	0.08	1.40
13.60	3.10	24.30	5.93	144.05	2.92	0.09	1.74
13.80	2.50	18.86	7.35	138.63	3.05	0.08	1.35
14.00	2.30	16.89	7.84	132.46	3.09	0.08	1.21
14.20	2.20	15.80	7.65	120.85	3.08	0.08	1.13
14.40	2.10	14.74	7.77	114.55	3.09	0.08	1.05
14.60	2.50	17.65	6.09	107.58	2.94	0.08	1.26
14.80	4.20	30.68	4.81	147.58	2.80	0.09	2.18
15.00	4.50	32.62	4.47	145.82	2.76	0.10	2.31
15.20	4.10	28.81	5.21	150.02	2.85	0.09	2.06
15.40	4.20	29.09	5.19	151.02	2.85	0.10	2.08
15.60	4.70	32.61	4.43	144.40	2.76	0.10	2.31
15.80	4.30	29.03	4.82	139.99	2.80	0.09	2.07
16.00	4.10	27.06	5.33	144.10	2.86	0.09	1.93
16.20	2.90	18.26	7.67	140.10	3.08	0.09	1.30
16.40	3.20	20.06	6.78	136.09	3.00	0.09	1.43
16.60	3.40	21.14	5.08	107.43	2.83	0.08	1.51
16.80	2.10	12.10	8.75	105.92	3.16	0.08	0.86
17.00	2.80	16.58	7.65	126.88	3.08	0.08	1.18
17.20	1.80	9.79	9.73	95.25	3.23	0.08	0.70
17.40	2.60	14.84	7.69	114.11	3.08	0.08	1.06
17.60	3.40	19.77	5.28	104.36	2.86	0.08	1.41
17.80	4.20	24.81	4.44	110.07	2.76	0.08	1.76
18.00	3.80	21.76	5.24	114.10	2.85	0.08	1.55
18.20	4.30	24.97	4.13	103.06	2.72	0.08	1.76
18.40	4.50	25.83	4.23	109.30	2.73	0.08	1.82
18.60	4.40	24.55	5.26	129.09	2.85	0.09	1.75
18.80	3.90	21.25	6.09	129.35	2.94	0.09	1.52
19.00	3.90	20.98	5.85	122.65	2.91	0.09	1.50
19.20	4.20	22.46	5.86	131.57	2.92	0.09	1.60

**:: Strength loss calculation (Idriss & Boulanger (2008)) :: (continued)**

Depth (m)	$q_t$ (MPa)	$Q_{tn}$	$K_c$	$Q_{tn,cs}$	$I_c$	$S_{u(liq)}/\sigma'_v$	$S_{u(peak)}/\sigma'_v$
19.40	3.30	16.99	7.82	132.89	3.09	0.09	1.21
19.60	2.20	10.52	9.41	98.96	3.21	0.08	0.75
19.80	2.80	13.77	8.45	116.31	3.14	0.08	0.98
20.00	2.90	14.16	7.80	110.38	3.09	0.08	1.01

**Abbreviations**

$q_t$ :	Total cone resistance
$K_c$ :	Cone resistance correction factor due to fines
$Q_{tn,cs}$ :	Adjusted and corrected cone resistance due to fines
$I_c$ :	Soil behavior type index
$S_{u(liq)}/\sigma'_v$ :	Calculated liquefied undrained strength ratio
$S_{u(peak)}/\sigma'_v$ :	Calculated peak undrained strength ratio

**LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT**

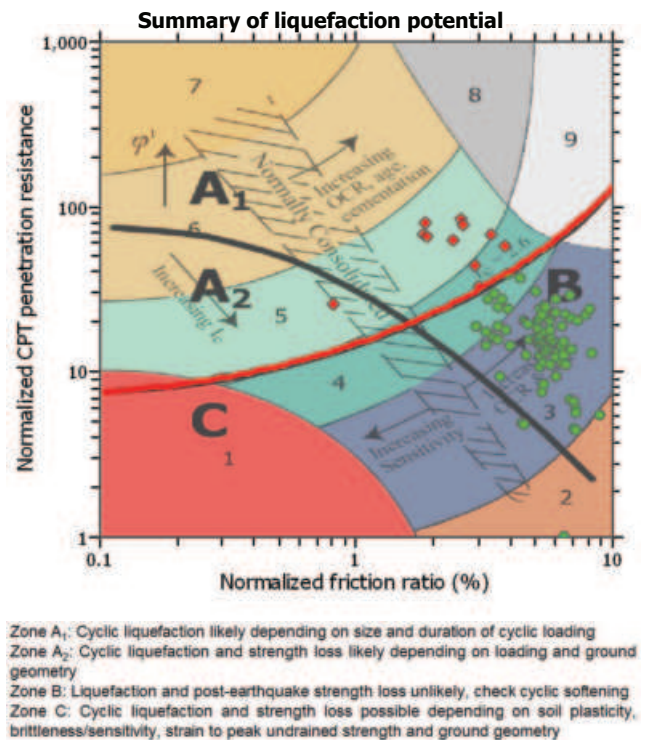
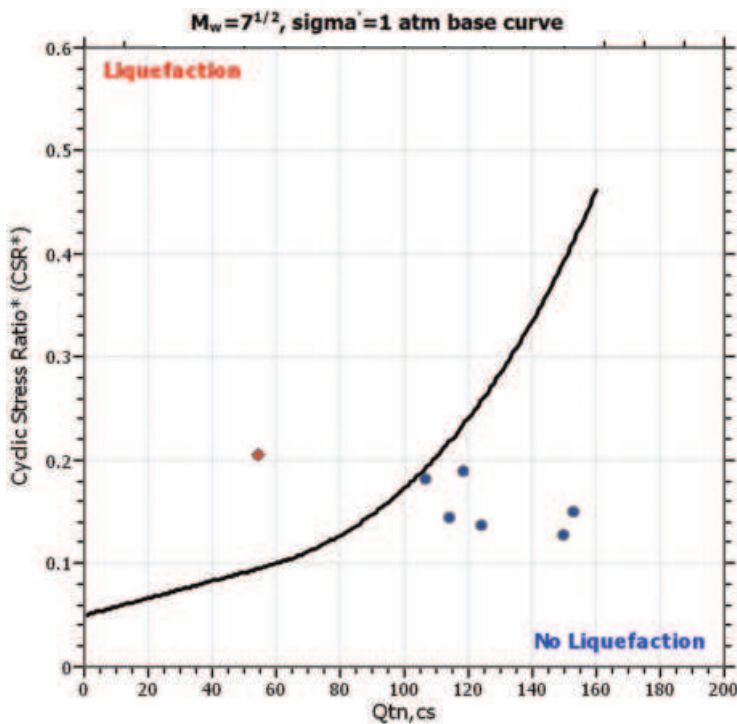
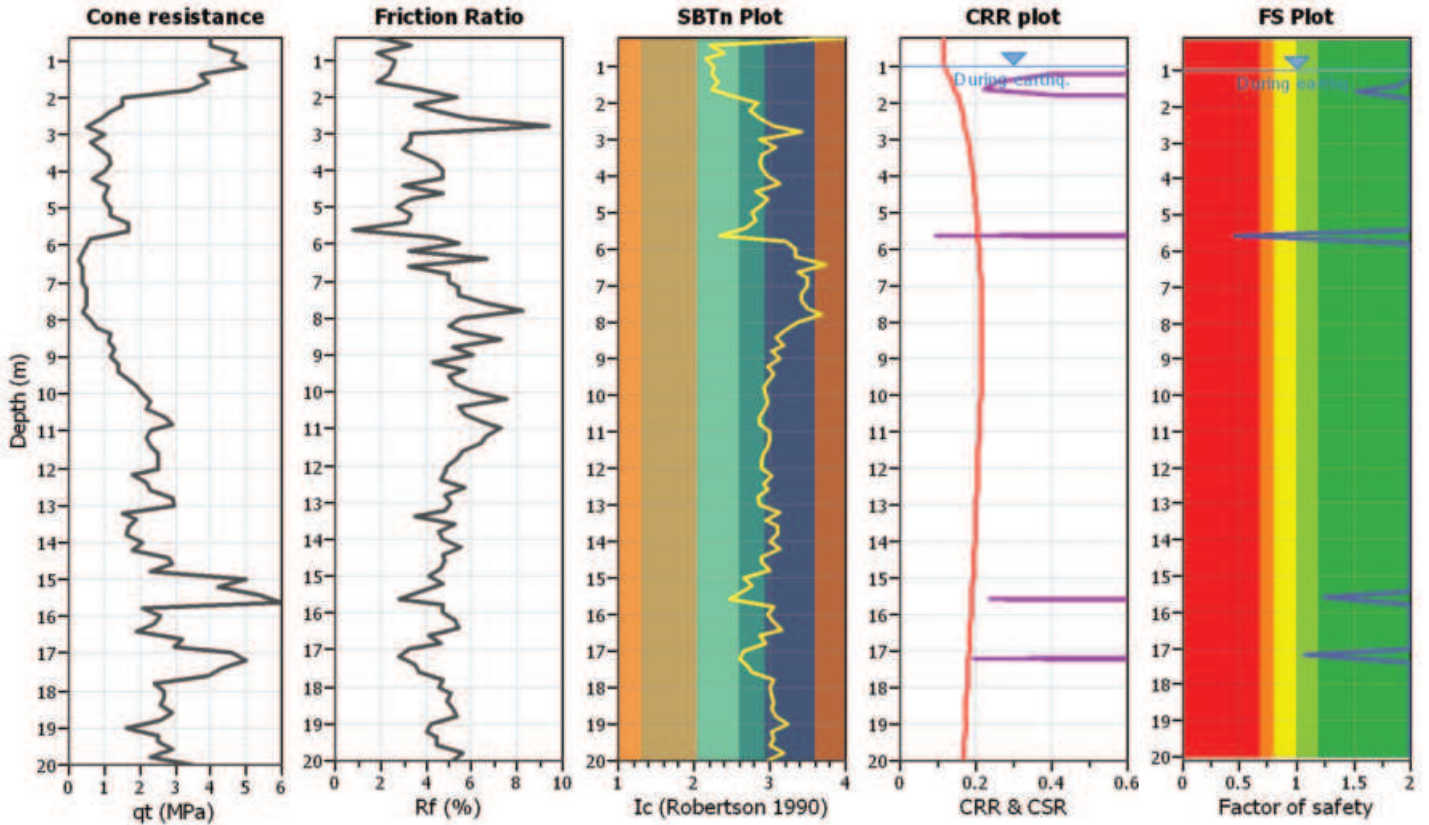
Project title : ACETUM S.r.l.

Location : Via Sandro Pertini, 440 - Cavezzo (MO)

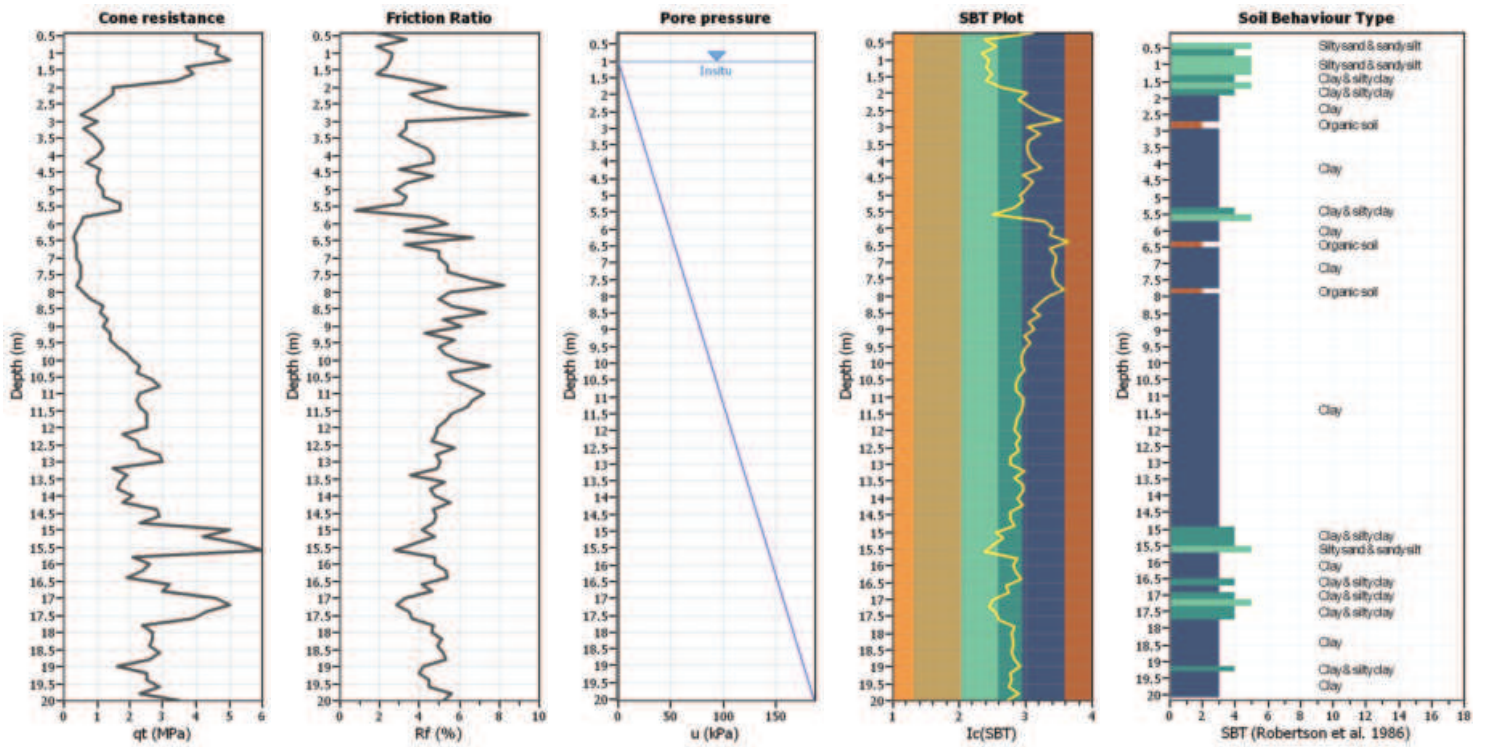
CPT file : CPT4

**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	1.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	1	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	No
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	N/A
Peak ground acceleration:	0.30	Unit weight calculation:	Based on SBT	$K_0$ applied:	Yes	MSF method:	Method based



**CPT basic interpretation plots**



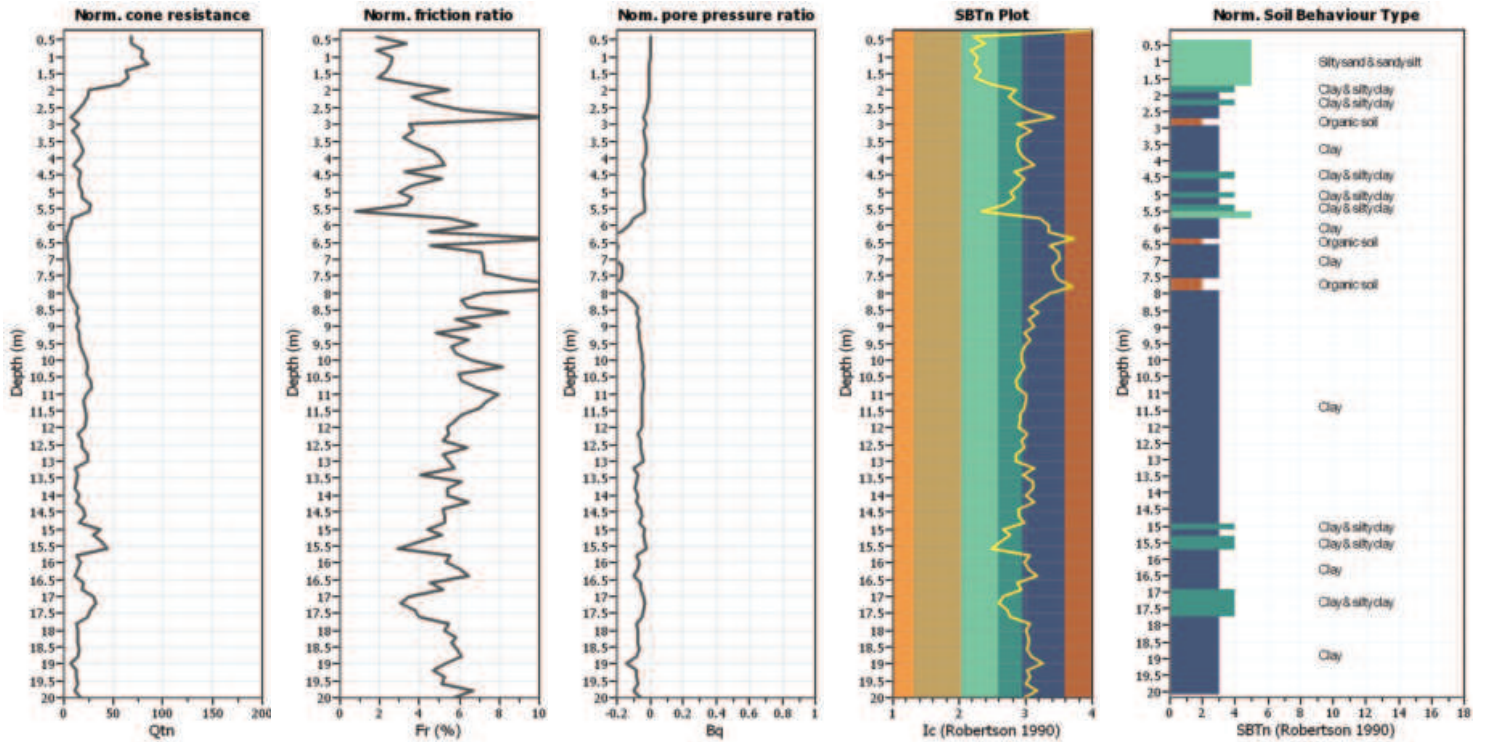
**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	$K_p$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

**SBT legend**

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

**CPT basic interpretation plots (normalized)**



**Input parameters and analysis data**

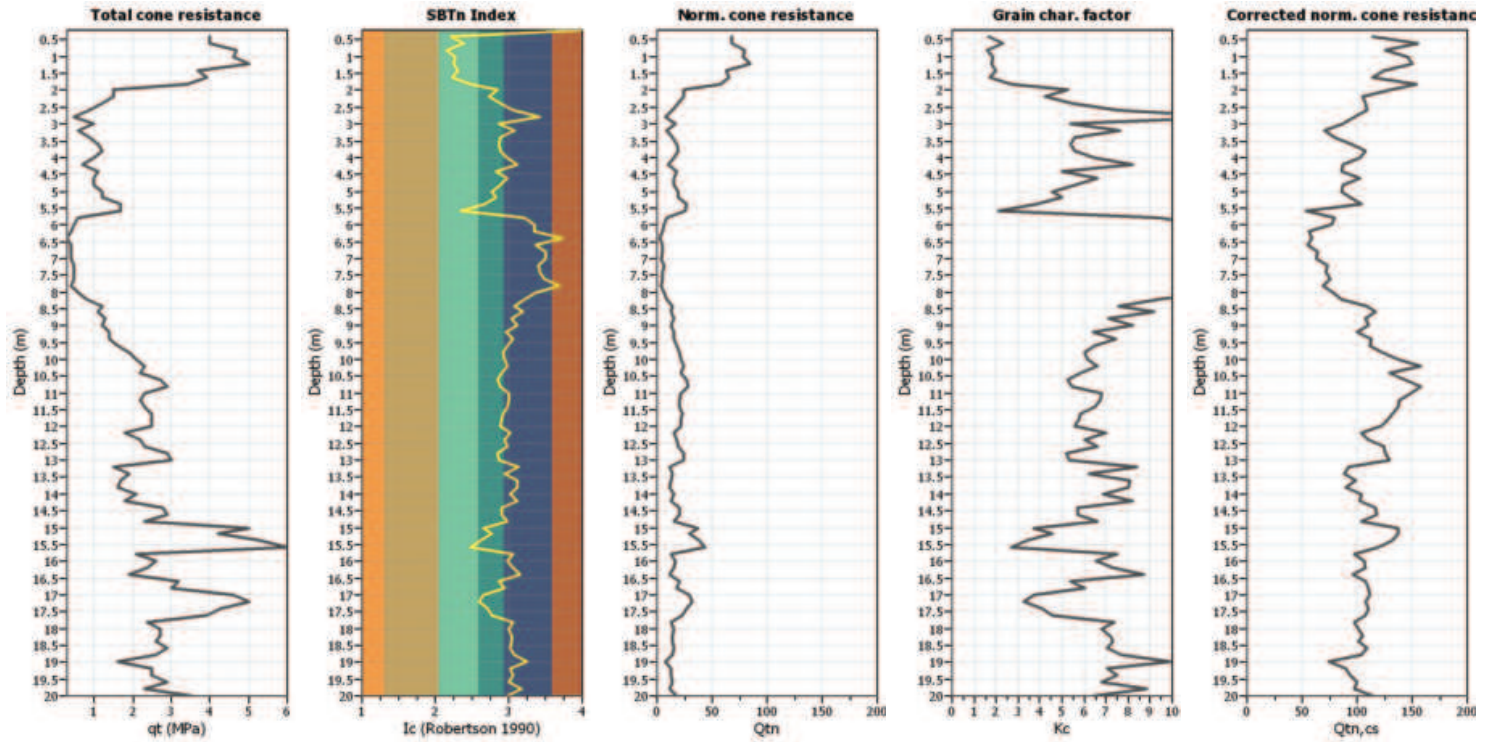
Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	$K_p$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

**SBTn legend**

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



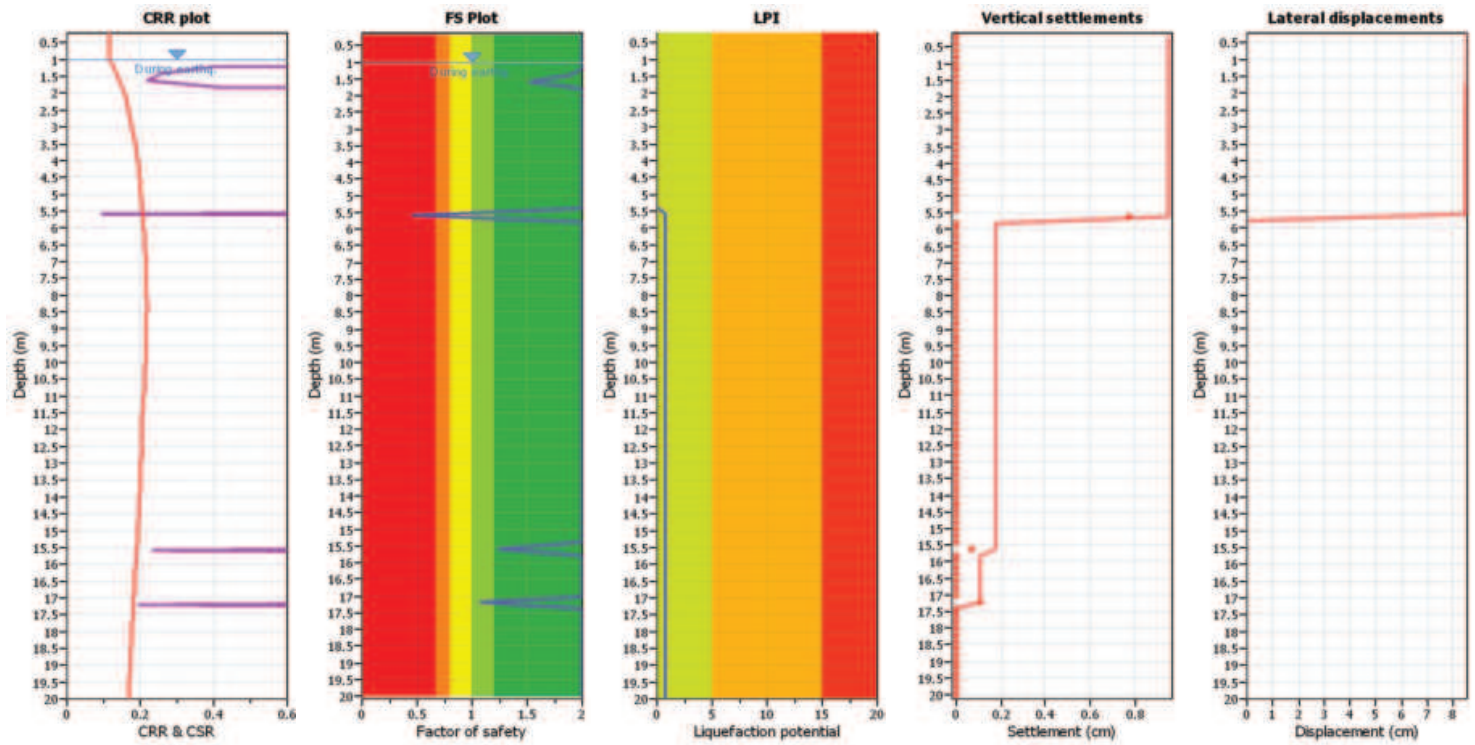
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	$K_p$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (earthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	$K_p$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

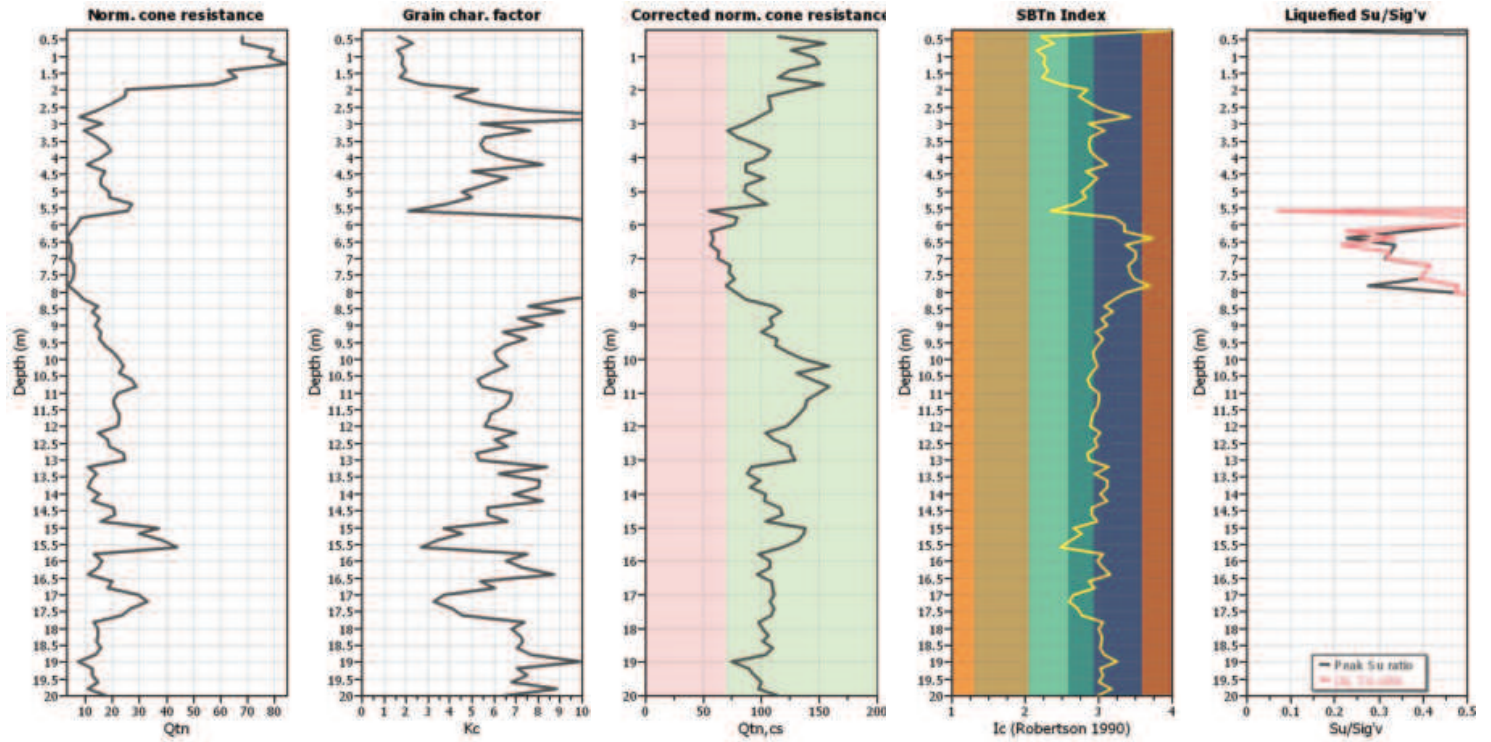
F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

Check for strength loss plots (Robertson (2010))



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K <sub>0</sub> applied:	Yes
Earthquake magnitude M <sub>w</sub> :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

**:: Liquefaction Potential Index calculation data ::**

Depth (m)	FS	$F_L$	$w_z$	$d_z$	LPI	Depth (m)	FS	$F_L$	$w_z$	$d_z$	LPI
0.20	2.00	0.00	9.90	0.20	0.00	0.40	2.00	0.00	9.80	0.20	0.00
0.60	2.00	0.00	9.70	0.20	0.00	0.80	2.00	0.00	9.60	0.20	0.00
1.00	2.00	0.00	9.50	0.20	0.00	1.20	2.00	0.00	9.40	0.20	0.00
1.40	1.90	0.00	9.30	0.20	0.00	1.60	1.53	0.00	9.20	0.20	0.00
1.80	2.00	0.00	9.10	0.20	0.00	2.00	2.00	0.00	9.00	0.20	0.00
2.20	2.00	0.00	8.90	0.20	0.00	2.40	2.00	0.00	8.80	0.20	0.00
2.60	2.00	0.00	8.70	0.20	0.00	2.80	2.00	0.00	8.60	0.20	0.00
3.00	2.00	0.00	8.50	0.20	0.00	3.20	2.00	0.00	8.40	0.20	0.00
3.40	2.00	0.00	8.30	0.20	0.00	3.60	2.00	0.00	8.20	0.20	0.00
3.80	2.00	0.00	8.10	0.20	0.00	4.00	2.00	0.00	8.00	0.20	0.00
4.20	2.00	0.00	7.90	0.20	0.00	4.40	2.00	0.00	7.80	0.20	0.00
4.60	2.00	0.00	7.70	0.20	0.00	4.80	2.00	0.00	7.60	0.20	0.00
5.00	2.00	0.00	7.50	0.20	0.00	5.20	2.00	0.00	7.40	0.20	0.00
5.40	2.00	0.00	7.30	0.20	0.00	5.60	0.46	0.54	7.20	0.20	0.78
5.80	2.00	0.00	7.10	0.20	0.00	6.00	2.00	0.00	7.00	0.20	0.00
6.20	2.00	0.00	6.90	0.20	0.00	6.40	2.00	0.00	6.80	0.20	0.00
6.60	2.00	0.00	6.70	0.20	0.00	6.80	2.00	0.00	6.60	0.20	0.00
7.00	2.00	0.00	6.50	0.20	0.00	7.20	2.00	0.00	6.40	0.20	0.00
7.40	2.00	0.00	6.30	0.20	0.00	7.60	2.00	0.00	6.20	0.20	0.00
7.80	2.00	0.00	6.10	0.20	0.00	8.00	2.00	0.00	6.00	0.20	0.00
8.20	2.00	0.00	5.90	0.20	0.00	8.40	2.00	0.00	5.80	0.20	0.00
8.60	2.00	0.00	5.70	0.20	0.00	8.80	2.00	0.00	5.60	0.20	0.00
9.00	2.00	0.00	5.50	0.20	0.00	9.20	2.00	0.00	5.40	0.20	0.00
9.40	2.00	0.00	5.30	0.20	0.00	9.60	2.00	0.00	5.20	0.20	0.00
9.80	2.00	0.00	5.10	0.20	0.00	10.00	2.00	0.00	5.00	0.20	0.00
10.20	2.00	0.00	4.90	0.20	0.00	10.40	2.00	0.00	4.80	0.20	0.00
10.60	2.00	0.00	4.70	0.20	0.00	10.80	2.00	0.00	4.60	0.20	0.00
11.00	2.00	0.00	4.50	0.20	0.00	11.20	2.00	0.00	4.40	0.20	0.00
11.40	2.00	0.00	4.30	0.20	0.00	11.60	2.00	0.00	4.20	0.20	0.00
11.80	2.00	0.00	4.10	0.20	0.00	12.00	2.00	0.00	4.00	0.20	0.00
12.20	2.00	0.00	3.90	0.20	0.00	12.40	2.00	0.00	3.80	0.20	0.00
12.60	2.00	0.00	3.70	0.20	0.00	12.80	2.00	0.00	3.60	0.20	0.00
13.00	2.00	0.00	3.50	0.20	0.00	13.20	2.00	0.00	3.40	0.20	0.00
13.40	2.00	0.00	3.30	0.20	0.00	13.60	2.00	0.00	3.20	0.20	0.00
13.80	2.00	0.00	3.10	0.20	0.00	14.00	2.00	0.00	3.00	0.20	0.00
14.20	2.00	0.00	2.90	0.20	0.00	14.40	2.00	0.00	2.80	0.20	0.00
14.60	2.00	0.00	2.70	0.20	0.00	14.80	2.00	0.00	2.60	0.20	0.00
15.00	2.00	0.00	2.50	0.20	0.00	15.20	2.00	0.00	2.40	0.20	0.00
15.40	2.00	0.00	2.30	0.20	0.00	15.60	1.24	0.00	2.20	0.20	0.00
15.80	2.00	0.00	2.10	0.20	0.00	16.00	2.00	0.00	2.00	0.20	0.00
16.20	2.00	0.00	1.90	0.20	0.00	16.40	2.00	0.00	1.80	0.20	0.00
16.60	2.00	0.00	1.70	0.20	0.00	16.80	2.00	0.00	1.60	0.20	0.00
17.00	2.00	0.00	1.50	0.20	0.00	17.20	1.07	0.00	1.40	0.20	0.00
17.40	2.00	0.00	1.30	0.20	0.00	17.60	2.00	0.00	1.20	0.20	0.00
17.80	2.00	0.00	1.10	0.20	0.00	18.00	2.00	0.00	1.00	0.20	0.00
18.20	2.00	0.00	0.90	0.20	0.00	18.40	2.00	0.00	0.80	0.20	0.00
18.60	2.00	0.00	0.70	0.20	0.00	18.80	2.00	0.00	0.60	0.20	0.00
19.00	2.00	0.00	0.50	0.20	0.00	19.20	2.00	0.00	0.40	0.20	0.00

**:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)**

Depth (m)	FS	$F_L$	$w_z$	$d_z$	LPI	Depth (m)	FS	$F_L$	$w_z$	$d_z$	LPI
19.40	2.00	0.00	0.30	0.20	0.00	19.60	2.00	0.00	0.20	0.20	0.00
19.80	2.00	0.00	0.10	0.20	0.00	20.00	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00

**Overall liquefaction potential: 0.78**

LPI = 0.00 - Liquefaction risk very low

LPI between 0.00 and 5.00 - Liquefaction risk low

LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high

LPI &gt; 15.00 - Liquefaction risk very high

**Abbreviations****FS:** Calculated factor of safety for test point **$F_L$ :** 1 - FS **$w_z$ :** Function value of the extend of soil liquefaction according to depth **$d_z$ :** Layer thickness (m)**LPI:** Liquefaction potential index value for test point

**:: Post-earthquake settlement due to soil liquefaction ::**

Depth (m)	$Q_{m,cs}$	FS	$e_v$ (%)	DF	Settlement (cm)	Depth (m)	$Q_{m,cs}$	FS	$e_v$ (%)	DF	Settlement (cm)
1.00	145.71	2.00	0.00	1.00	0.00	1.20	150.24	2.00	0.00	1.00	0.00
1.40	124.17	1.90	0.00	1.00	0.00	1.60	114.41	1.53	0.00	1.00	0.00
1.80	153.31	2.00	0.00	1.00	0.00	2.00	130.49	2.00	0.00	1.00	0.00
2.20	105.50	2.00	0.00	1.00	0.00	2.40	107.62	2.00	0.00	1.00	0.00
2.60	108.39	2.00	0.00	1.00	0.00	2.80	96.96	2.00	0.00	1.00	0.00
3.00	86.86	2.00	0.00	1.00	0.00	3.20	70.47	2.00	0.00	1.00	0.00
3.40	79.78	2.00	0.00	1.00	0.00	3.60	94.56	2.00	0.00	1.00	0.00
3.80	107.76	2.00	0.00	1.00	0.00	4.00	102.51	2.00	0.00	1.00	0.00
4.20	87.14	2.00	0.00	1.00	0.00	4.40	86.41	2.00	0.00	1.00	0.00
4.60	102.53	2.00	0.00	1.00	0.00	4.80	87.02	2.00	0.00	1.00	0.00
5.00	85.81	2.00	0.00	1.00	0.00	5.20	94.11	2.00	0.00	1.00	0.00
5.40	104.37	2.00	0.00	1.00	0.00	5.60	54.40	0.46	3.85	1.00	0.77
5.80	79.07	2.00	0.00	1.00	0.00	6.00	76.98	2.00	0.00	1.00	0.00
6.20	56.66	2.00	0.00	1.00	0.00	6.40	58.76	2.00	0.00	1.00	0.00
6.60	55.69	2.00	0.00	1.00	0.00	6.80	63.56	2.00	0.00	1.00	0.00
7.00	62.72	2.00	0.00	1.00	0.00	7.20	72.87	2.00	0.00	1.00	0.00
7.40	71.96	2.00	0.00	1.00	0.00	7.60	76.28	2.00	0.00	1.00	0.00
7.80	69.62	2.00	0.00	1.00	0.00	8.00	77.67	2.00	0.00	1.00	0.00
8.20	86.37	2.00	0.00	1.00	0.00	8.40	109.38	2.00	0.00	1.00	0.00
8.60	116.61	2.00	0.00	1.00	0.00	8.80	107.24	2.00	0.00	1.00	0.00
9.00	110.15	2.00	0.00	1.00	0.00	9.20	99.89	2.00	0.00	1.00	0.00
9.40	113.11	2.00	0.00	1.00	0.00	9.60	111.96	2.00	0.00	1.00	0.00
9.80	122.85	2.00	0.00	1.00	0.00	10.00	136.68	2.00	0.00	1.00	0.00
10.20	158.05	2.00	0.00	1.00	0.00	10.40	129.90	2.00	0.00	1.00	0.00
10.60	143.97	2.00	0.00	1.00	0.00	10.80	158.04	2.00	0.00	1.00	0.00
11.00	149.14	2.00	0.00	1.00	0.00	11.20	138.69	2.00	0.00	1.00	0.00
11.40	137.32	2.00	0.00	1.00	0.00	11.60	132.40	2.00	0.00	1.00	0.00
11.80	127.96	2.00	0.00	1.00	0.00	12.00	122.07	2.00	0.00	1.00	0.00
12.20	103.61	2.00	0.00	1.00	0.00	12.40	110.40	2.00	0.00	1.00	0.00
12.60	124.02	2.00	0.00	1.00	0.00	12.80	125.08	2.00	0.00	1.00	0.00
13.00	129.71	2.00	0.00	1.00	0.00	13.20	91.80	2.00	0.00	1.00	0.00
13.40	88.10	2.00	0.00	1.00	0.00	13.60	99.29	2.00	0.00	1.00	0.00
13.80	90.25	2.00	0.00	1.00	0.00	14.00	103.68	2.00	0.00	1.00	0.00
14.20	102.65	2.00	0.00	1.00	0.00	14.40	116.05	2.00	0.00	1.00	0.00
14.60	118.11	2.00	0.00	1.00	0.00	14.80	104.14	2.00	0.00	1.00	0.00
15.00	137.81	2.00	0.00	1.00	0.00	15.20	136.60	2.00	0.00	1.00	0.00
15.40	132.21	2.00	0.00	1.00	0.00	15.60	118.65	1.24	0.36	1.00	0.07
15.80	97.69	2.00	0.00	1.00	0.00	16.00	106.77	2.00	0.00	1.00	0.00
16.20	107.79	2.00	0.00	1.00	0.00	16.40	96.72	2.00	0.00	1.00	0.00
16.60	108.18	2.00	0.00	1.00	0.00	16.80	110.29	2.00	0.00	1.00	0.00
17.00	111.50	2.00	0.00	1.00	0.00	17.20	107.13	1.07	0.53	1.00	0.11
17.40	110.69	2.00	0.00	1.00	0.00	17.60	108.26	2.00	0.00	1.00	0.00
17.80	97.60	2.00	0.00	1.00	0.00	18.00	101.32	2.00	0.00	1.00	0.00
18.20	105.52	2.00	0.00	1.00	0.00	18.40	101.37	2.00	0.00	1.00	0.00
18.60	109.25	2.00	0.00	1.00	0.00	18.80	104.13	2.00	0.00	1.00	0.00
19.00	73.89	2.00	0.00	1.00	0.00	19.20	89.30	2.00	0.00	1.00	0.00
19.40	93.43	2.00	0.00	1.00	0.00	19.60	99.52	2.00	0.00	1.00	0.00
19.80	97.93	2.00	0.00	1.00	0.00	20.00	114.49	2.00	0.00	1.00	0.00

**:: Post-earthquake settlement due to soil liquefaction :: (continued)**

Depth (m)	$Q_{m,cs}$	FS	$e_v$ (%)	DF	Settlement (cm)	Depth (m)	$Q_{m,cs}$	FS	$e_v$ (%)	DF	Settlement (cm)
--------------	------------	----	-----------	----	--------------------	--------------	------------	----	-----------	----	--------------------

**Total estimated settlement: 0.95****Abbreviations**

$Q_{m,cs}$ :	Equivalent clean sand normalized cone resistance
FS:	Factor of safety against liquefaction
$e_v$ (%):	Post-liquefaction volumetric strain
DF:	$e_v$ depth weighting factor
Settlement:	Calculated settlement

**:: Strength loss calculation (Robertson (2009)) ::**

Depth (m)	$q_t$ (MPa)	$Q_{tn}$	$K_c$	$Q_{tn,cs}$	$I_c$	$S_{u(liq)}/\sigma'_v$	$S_{u(peak)}/\sigma'_v$
0.20	0.00	-1.00	26.61	-26.61	4.06	0.00	0.00
0.40	4.00	67.87	1.69	114.68	2.21	0.77	0.77
0.60	4.00	67.81	2.28	154.71	2.39	0.77	0.77
0.80	4.70	79.64	1.58	125.87	2.16	0.80	0.80
1.00	4.60	77.88	1.87	145.71	2.28	0.79	0.79
1.20	5.00	84.61	1.78	150.24	2.24	0.80	0.80
1.40	3.70	62.45	1.99	124.17	2.31	0.76	0.76
1.60	3.90	65.79	1.74	114.41	2.23	0.77	0.77
1.80	3.40	57.22	2.68	153.31	2.48	0.75	0.75
2.00	1.50	24.86	5.25	130.49	2.85	3.76	3.76
2.20	1.50	24.80	4.25	105.50	2.73	3.55	3.55
2.40	1.20	19.64	5.48	107.62	2.88	2.67	2.67
2.60	0.90	14.48	7.48	108.39	3.06	1.88	1.88
2.80	0.50	7.62	12.72	96.96	3.42	0.94	0.94
3.00	1.00	16.07	5.41	86.86	2.87	1.91	1.91
3.20	0.60	9.21	7.65	70.47	3.08	1.06	1.06
3.40	0.90	14.25	5.60	79.78	2.89	1.57	1.57
3.60	1.10	17.59	5.37	94.56	2.87	1.87	1.87
3.80	1.20	19.23	5.60	107.76	2.89	1.97	1.97
4.00	1.00	15.78	6.50	102.51	2.98	1.56	1.56
4.20	0.70	10.62	8.21	87.14	3.12	1.01	1.01
4.40	1.10	17.36	4.98	86.41	2.82	1.60	1.60
4.60	1.00	15.60	6.57	102.53	2.98	1.40	1.40
4.80	1.00	15.54	5.60	87.02	2.89	1.35	1.35
5.00	1.20	18.89	4.54	85.81	2.77	1.59	1.59
5.20	1.20	18.83	5.00	94.11	2.82	1.54	1.54
5.40	1.70	27.27	3.83	104.37	2.68	2.16	2.16
5.60	1.70	25.66	2.12	54.40	2.35	0.07	0.65
5.80	0.60	8.45	9.35	79.07	3.21	0.64	0.64
6.00	0.50	6.70	11.49	76.98	3.35	0.49	0.49
6.20	0.40	4.95	11.46	56.66	3.35	0.22	0.36
6.40	0.30	3.16	18.57	58.76	3.72	0.34	0.23
6.60	0.40	4.71	11.83	55.69	3.37	0.21	0.34
6.80	0.40	4.56	13.94	63.56	3.49	0.32	0.33
7.00	0.40	4.42	14.20	62.72	3.51	0.32	0.32
7.20	0.50	5.83	12.50	72.87	3.41	0.42	0.42
7.40	0.50	5.66	12.72	71.96	3.42	0.40	0.40
7.60	0.50	5.49	13.89	76.28	3.49	0.39	0.39
7.80	0.40	3.87	17.98	69.62	3.70	0.48	0.28
8.00	0.60	6.61	11.75	77.67	3.37	0.47	0.47
8.20	0.80	9.23	9.36	86.37	3.21	0.66	0.66
8.40	1.20	14.46	7.56	109.38	3.07	1.03	1.03
8.60	1.10	12.75	9.14	116.61	3.19	0.91	0.91
8.80	1.30	15.06	7.12	107.24	3.03	1.08	1.08
9.00	1.20	13.41	8.21	110.15	3.12	0.96	0.96
9.20	1.40	15.62	6.40	99.89	2.97	1.12	1.12
9.40	1.40	15.25	7.42	113.11	3.06	1.09	1.09
9.60	1.60	17.31	6.47	111.96	2.97	1.24	1.24



**:: Strength loss calculation (Robertson (2009)) :: (continued)**

Depth (m)	$q_t$ (MPa)	$Q_{tn}$	$K_c$	$Q_{tn,cs}$	$I_c$	$S_{u(liq)}/\sigma'_v$	$S_{u(peak)}/\sigma'_v$
9.80	1.90	20.43	6.01	122.85	2.93	1.46	1.46
10.00	2.10	22.29	6.13	136.68	2.94	1.59	1.59
10.20	2.30	24.05	6.57	158.05	2.98	1.72	1.72
10.40	2.20	22.38	5.80	129.90	2.91	1.60	1.60
10.60	2.70	27.28	5.28	143.97	2.86	1.95	1.95
10.80	2.90	28.84	5.48	158.04	2.88	2.06	2.06
11.00	2.30	22.02	6.77	149.14	3.00	1.57	1.57
11.20	2.20	20.54	6.75	138.69	3.00	1.47	1.47
11.40	2.30	21.12	6.50	137.32	2.98	1.51	1.51
11.60	2.50	22.68	5.84	132.40	2.91	1.62	1.62
11.80	2.50	22.25	5.75	127.96	2.91	1.59	1.59
12.00	2.50	21.84	5.59	122.07	2.89	1.56	1.56
12.20	1.80	14.86	6.97	103.61	3.02	1.06	1.06
12.40	2.20	18.29	6.04	110.40	2.93	1.31	1.31
12.60	2.30	18.85	6.58	124.02	2.99	1.35	1.35
12.80	2.90	23.97	5.22	125.08	2.85	1.70	1.70
13.00	3.00	24.43	5.31	129.71	2.86	1.74	1.74
13.20	1.50	10.95	8.38	91.80	3.14	0.78	0.78
13.40	1.90	14.18	6.21	88.10	2.95	1.01	1.01
13.60	1.70	12.26	8.10	99.29	3.11	0.88	0.88
13.80	1.60	11.23	8.03	90.25	3.11	0.80	0.80
14.00	2.10	15.13	6.85	103.68	3.01	1.08	1.08
14.20	1.80	12.47	8.23	102.65	3.12	0.89	0.89
14.40	2.80	20.29	5.72	116.05	2.90	1.44	1.44
14.60	2.90	20.76	5.69	118.11	2.90	1.48	1.48
14.80	2.30	15.72	6.63	104.14	2.99	1.12	1.12
15.00	5.00	37.10	3.71	137.81	2.66	2.57	2.57
15.20	4.20	30.02	4.55	136.60	2.77	2.10	2.10
15.40	5.30	38.56	3.43	132.21	2.62	2.65	2.65
15.60	6.00	44.05	2.69	118.65	2.48	0.72	0.72
15.80	2.10	13.05	7.49	97.69	3.06	0.93	0.93
16.00	2.60	16.40	6.51	106.77	2.98	1.17	1.17
16.20	2.40	14.77	7.30	107.79	3.05	1.05	1.05
16.40	1.90	11.10	8.71	96.72	3.16	0.79	0.79
16.60	3.20	20.06	5.39	108.18	2.87	1.42	1.42
16.80	3.00	18.24	6.05	110.29	2.93	1.30	1.30
17.00	4.60	29.91	3.73	111.50	2.66	2.04	2.04
17.20	5.00	32.66	3.28	107.13	2.59	0.68	0.68
17.40	4.30	26.92	4.11	110.69	2.72	1.85	1.85
17.60	3.90	23.69	4.57	108.26	2.77	1.64	1.64
17.80	2.40	13.18	7.40	97.60	3.06	0.94	0.94
18.00	2.70	14.89	6.80	101.32	3.01	1.06	1.06
18.20	2.70	14.70	7.18	105.52	3.04	1.05	1.05
18.40	2.60	13.90	7.29	101.37	3.05	0.99	0.99
18.60	2.90	15.53	7.03	109.25	3.03	1.11	1.11
18.80	2.60	13.54	7.69	104.13	3.08	0.97	0.97
19.00	1.60	7.45	9.92	73.89	3.25	0.53	0.53
19.20	2.50	12.64	7.06	89.30	3.03	0.90	0.90

**:: Strength loss calculation (Robertson (2009)) :: (continued)**

Depth (m)	$q_t$ (MPa)	$Q_{tn}$	$K_c$	$Q_{tn,cs}$	$I_c$	$S_{u(liq)}/\sigma'_v$	$S_{u(peak)}/\sigma'_v$
19.40	2.50	12.49	7.48	93.43	3.06	0.89	0.89
19.60	2.90	14.63	6.80	99.52	3.01	1.05	1.05
19.80	2.30	11.05	8.87	97.93	3.17	0.79	0.79
20.00	3.50	17.66	6.48	114.49	2.98	1.26	1.26

**Abbreviations**

$q_t$ :	Total cone resistance
$K_c$ :	Cone resistance correction factor due to fines
$Q_{tn,cs}$ :	Adjusted and corrected cone resistance due to fines
$I_c$ :	Soil behavior type index
$S_{u(liq)}/\sigma'_v$ :	Calculated liquefied undrained strength ratio
$S_{u(peak)}/\sigma'_v$ :	Calculated peak undrained strength ratio

**LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT**

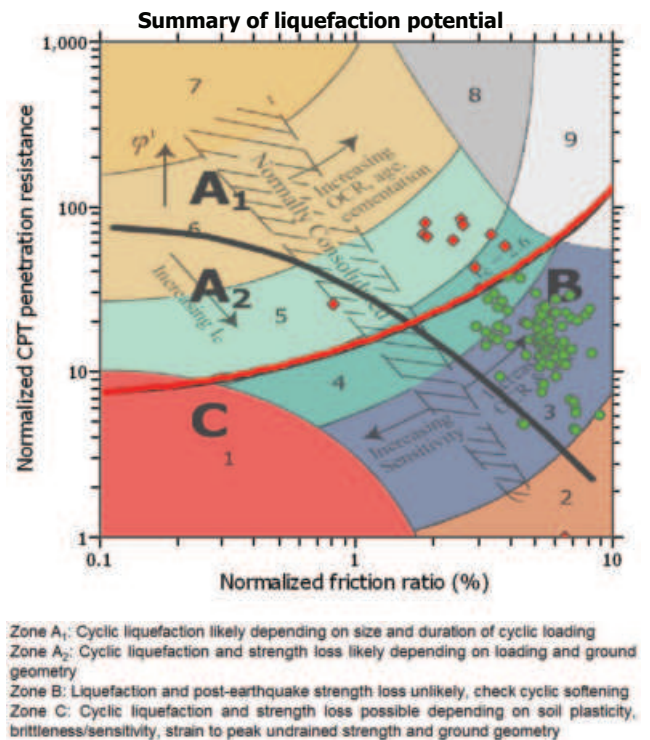
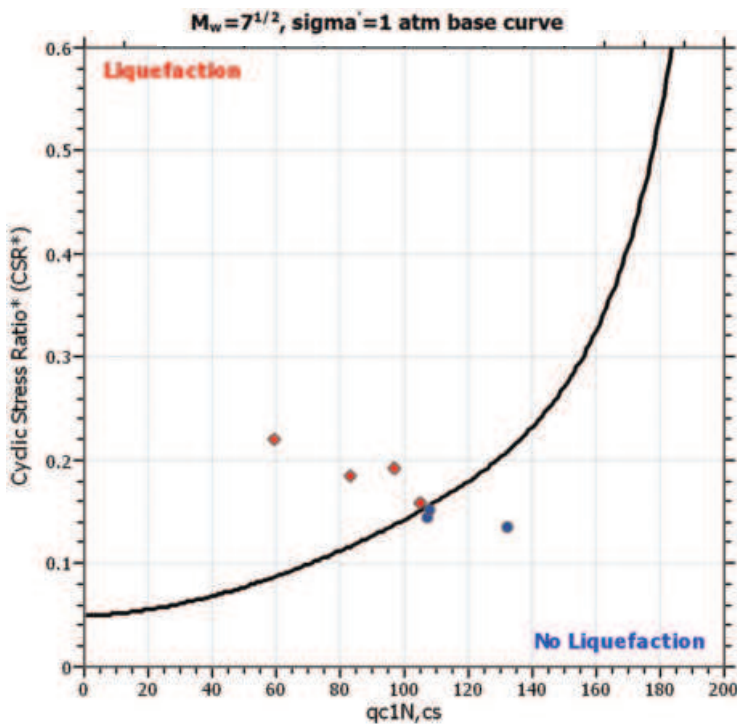
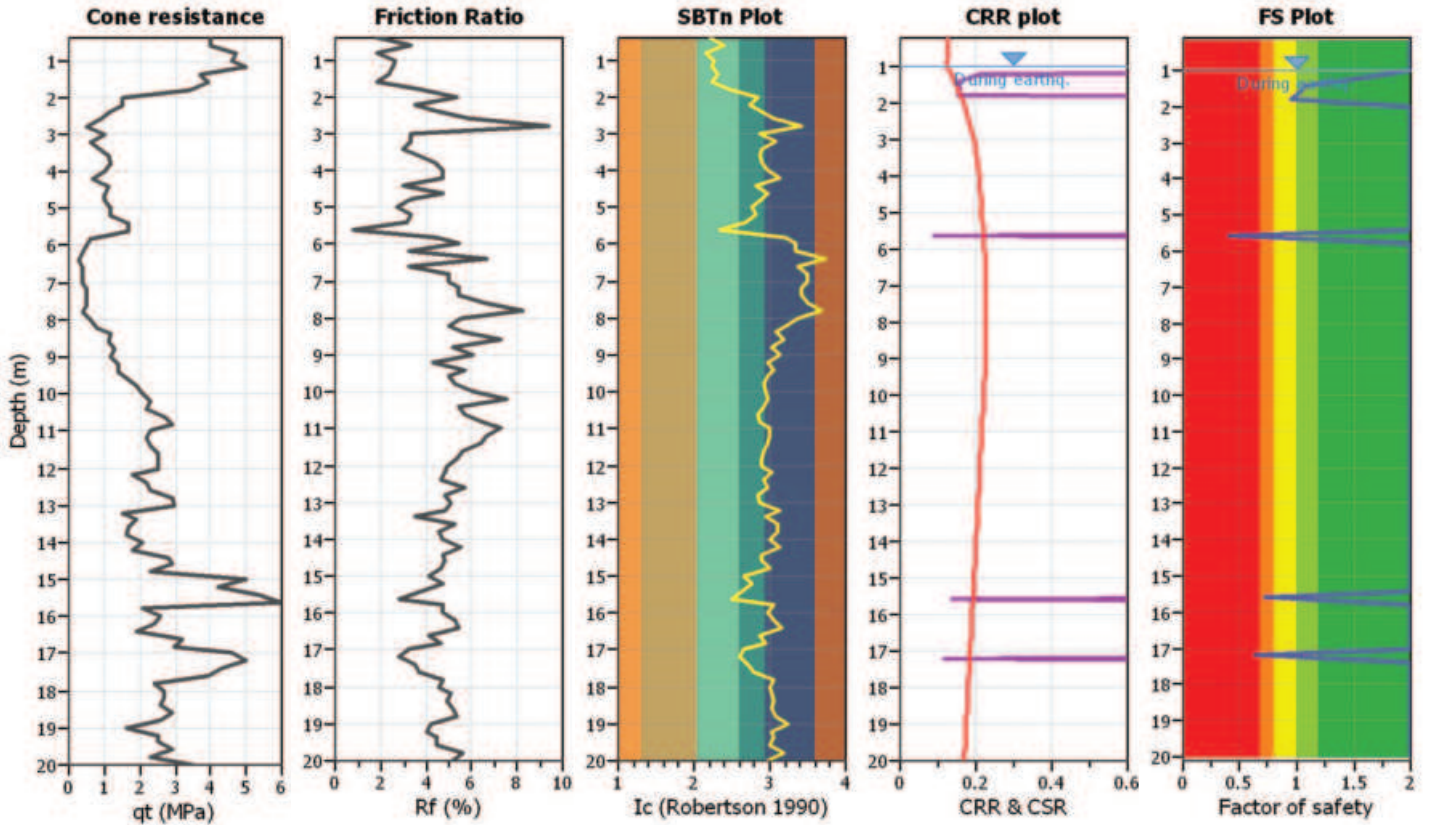
Project title : ACETUM S.r.l.

Location : Via Sandro Pertini, 440 - Cavezzo (MO)

CPT file : CPT4

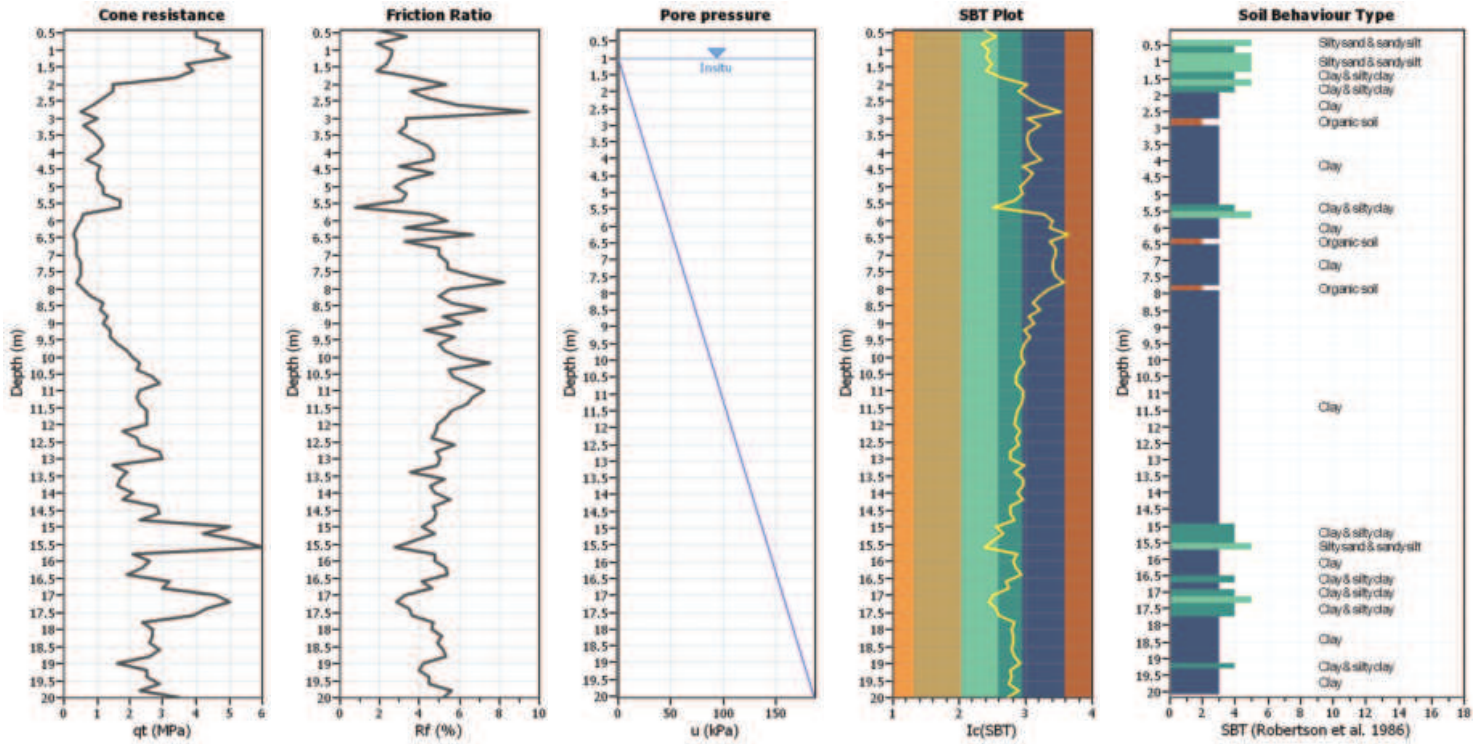
**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	I&B (2008)	G.W.T. (in-situ):	1.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	R&W (1998)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	1	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	No
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	N/A
Peak ground acceleration:	0.30	Unit weight calculation:	Based on SBT	$K_\sigma$ applied:	Yes	MSF method:	I&B, 2008



Zone A<sub>1</sub>: Cyclic liquefaction likely depending on size and duration of cyclic loading  
 Zone A<sub>2</sub>: Cyclic liquefaction and strength loss likely depending on loading and ground geometry  
 Zone B: Liquefaction and post-earthquake strength loss unlikely, check cyclic softening  
 Zone C: Cyclic liquefaction and strength loss possible depending on soil plasticity, brittleness/sensitivity, strain to peak undrained strength and ground geometry

**CPT basic interpretation plots**



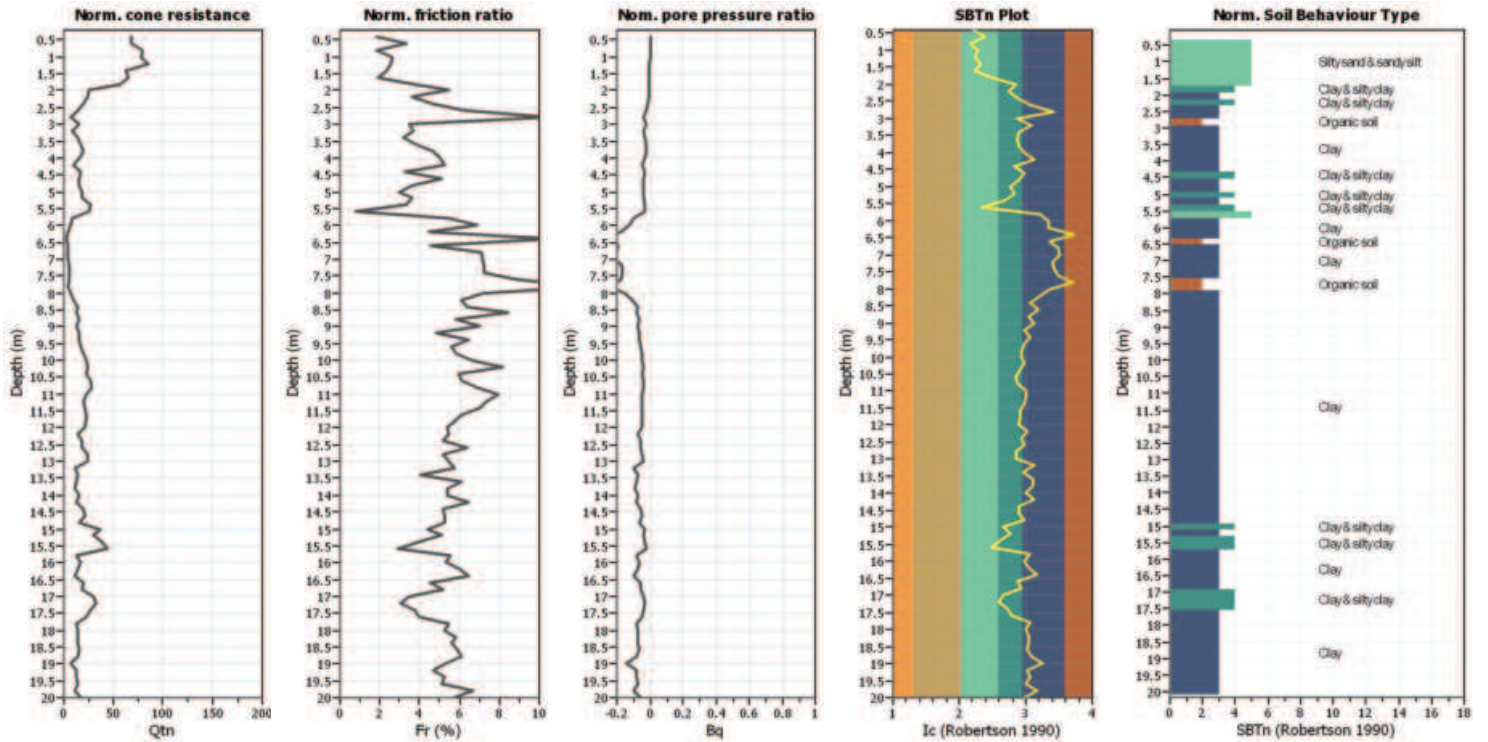
**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	I&B (2008)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	R&W (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K <sub>c</sub> applied:	Yes
Earthquake magnitude M <sub>w</sub> :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

**SBT legend**

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

**CPT basic interpretation plots (normalized)**



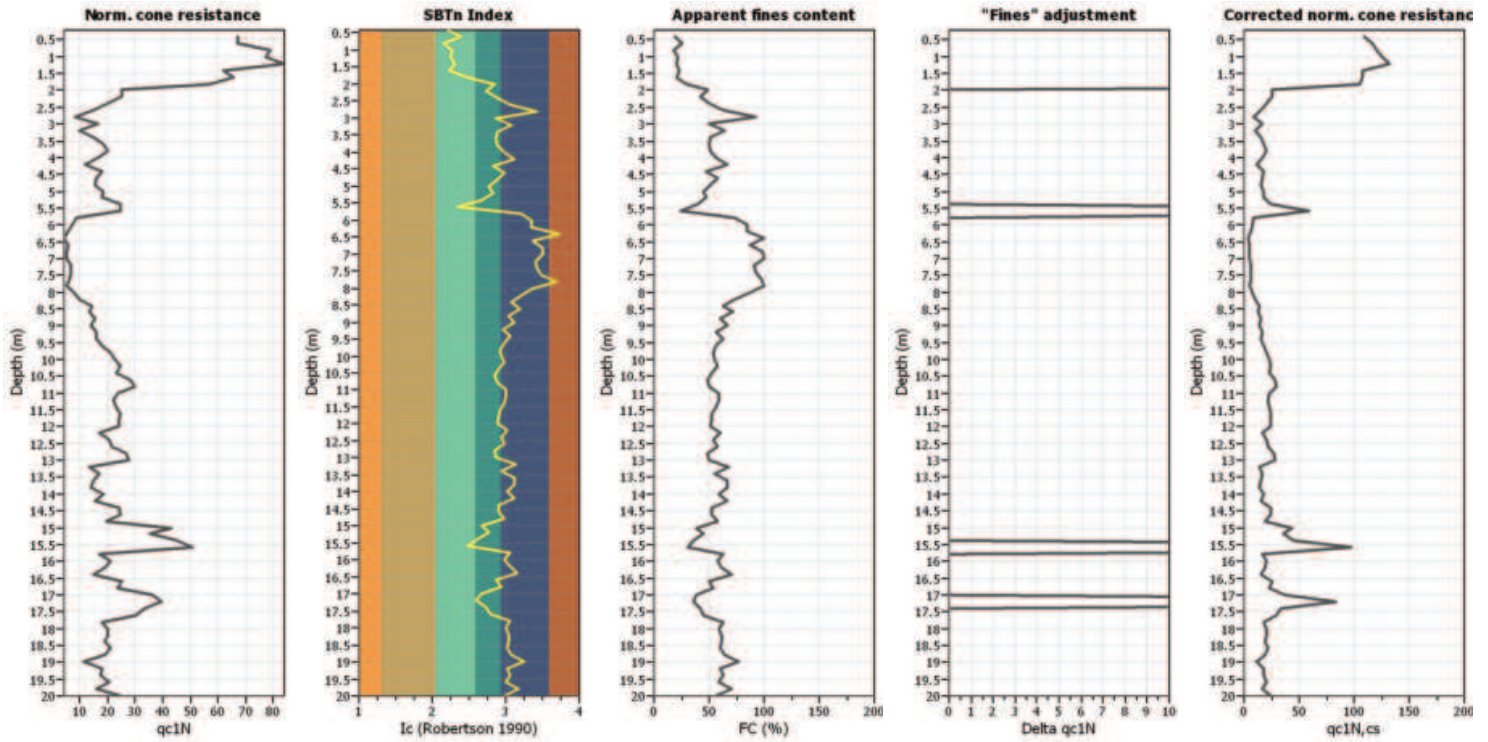
**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	I&B (2008)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	R&W (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K <sub>0</sub> applied:	Yes
Earthquake magnitude M <sub>w</sub> :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

**SBTn legend**

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

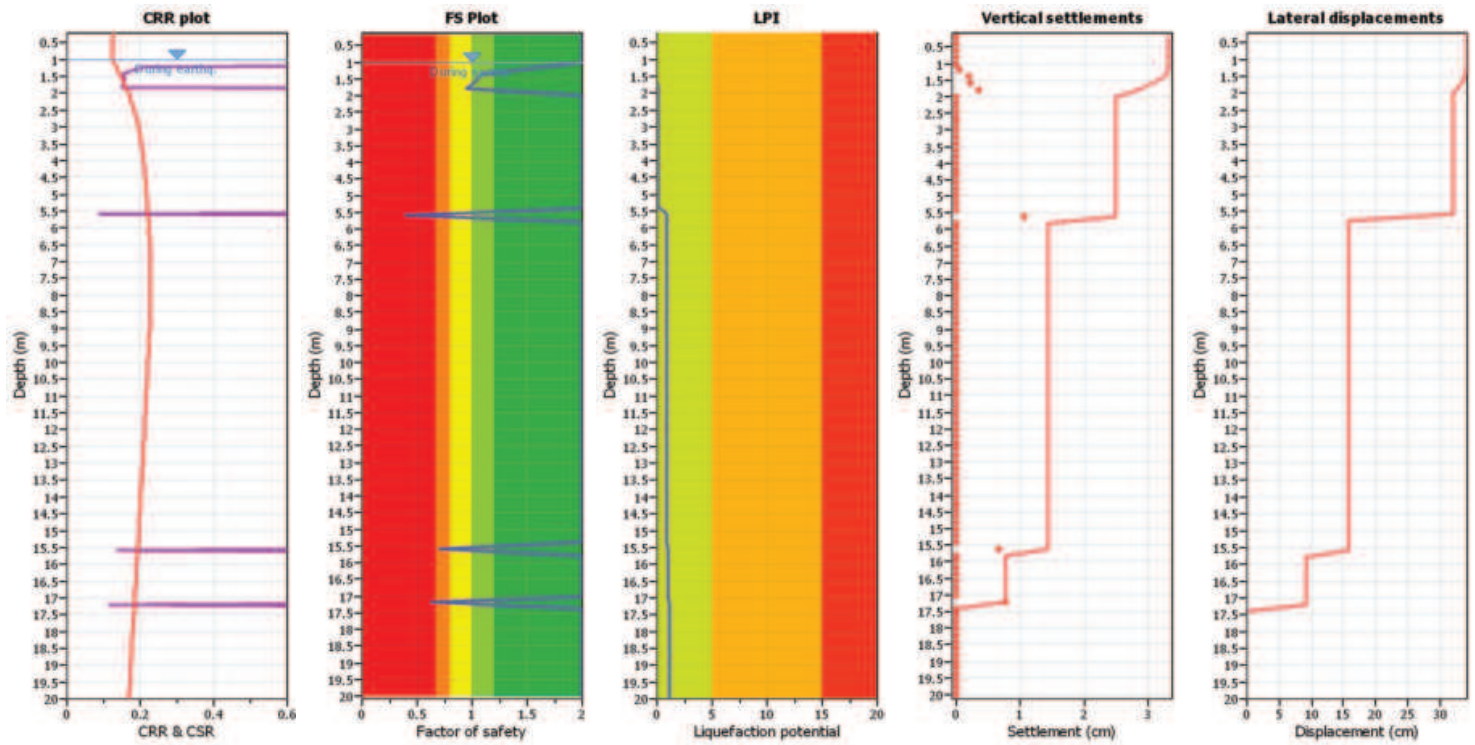
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	I&B (2008)	Depth to GW (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	R&W (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	$K_{cs}$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method: I&B (2008)  
 Fines correction method: R&W (1998)  
 Points to test: Based on Ic value  
 Earthquake magnitude  $M_w$ : 6.14  
 Peak ground acceleration: 0.30  
 Depth to water table (insitu): 1.00 m

Depth to GWT (erthq.): 1.00 m  
 Average results interval: 1  
 Ic cut-off value: 2.60  
 Unit weight calculation: Based on SBT  
 Use fill: No  
 Fill height: N/A

Fill weight: N/A  
 Transition detect. applied: No  
 $K_c$  applied: Yes  
 Clay like behavior applied: Sands only  
 Limit depth applied: No  
 Limit depth: N/A

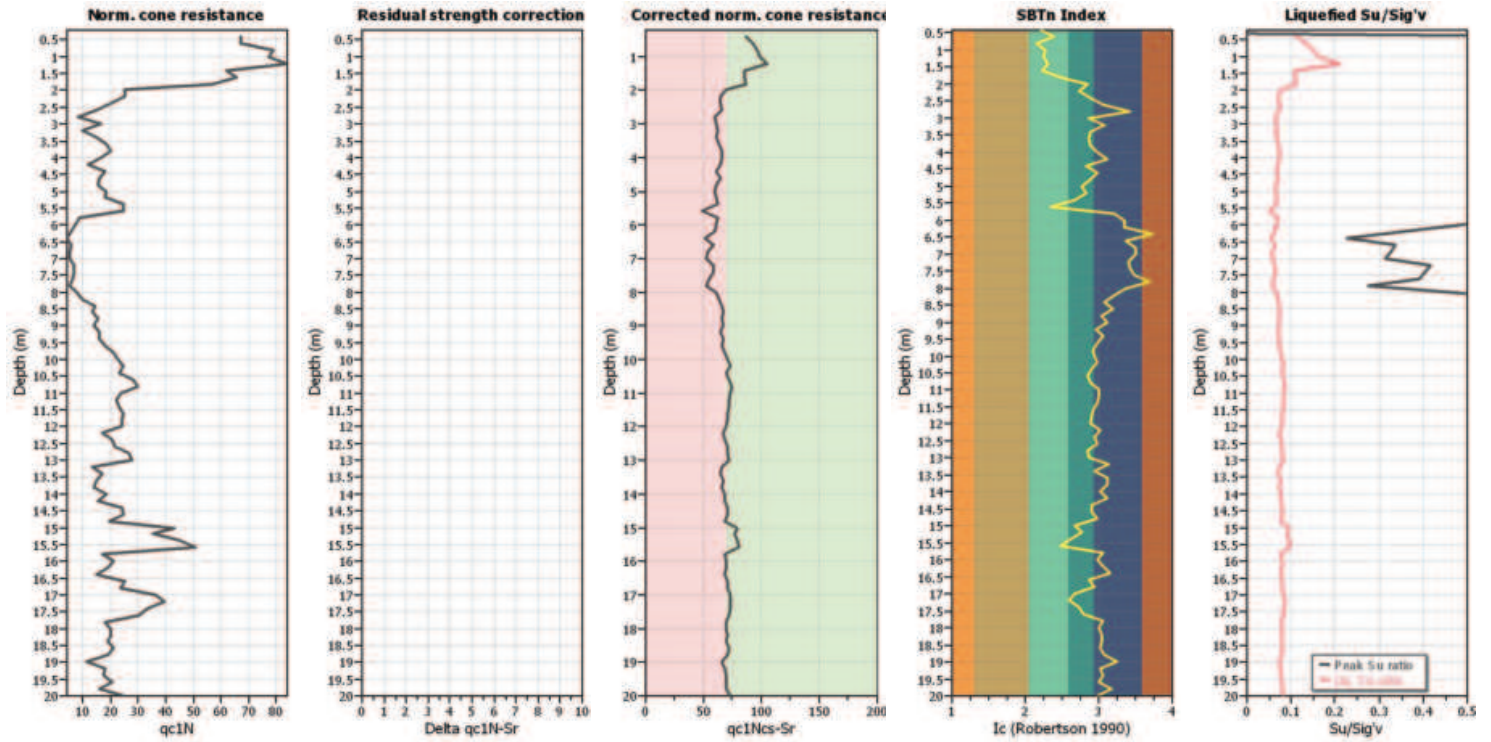
F.S. color scheme

Red: Almost certain it will liquefy  
 Orange: Very likely to liquefy  
 Yellow: Liquefaction and no liq. are equally likely  
 Green: Unlike to liquefy  
 Dark Green: Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

Red: Very high risk  
 Orange: High risk  
 Green: Low risk

**Check for strength loss plots (Idriss & Boulanger (2008))**



**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	I&B (2008)	Depth to GW (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	R&W (1998)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K <sub>c</sub> applied:	Yes
Earthquake magnitude M <sub>w</sub> :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.30	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A



:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	$F_L$	$w_z$	$d_z$	LPI	Depth (m)	FS	$F_L$	$w_z$	$d_z$	LPI
0.20	2.00	0.00	9.90	0.20	0.00	0.40	2.00	0.00	9.80	0.20	0.00
0.60	2.00	0.00	9.70	0.20	0.00	0.80	2.00	0.00	9.60	0.20	0.00
1.00	2.00	0.00	9.50	0.20	0.00	1.20	1.55	0.00	9.40	0.20	0.00
1.40	1.08	0.00	9.30	0.20	0.00	1.60	1.03	0.00	9.20	0.20	0.00
1.80	0.95	0.05	9.10	0.20	0.09	2.00	2.00	0.00	9.00	0.20	0.00
2.20	2.00	0.00	8.90	0.20	0.00	2.40	2.00	0.00	8.80	0.20	0.00
2.60	2.00	0.00	8.70	0.20	0.00	2.80	2.00	0.00	8.60	0.20	0.00
3.00	2.00	0.00	8.50	0.20	0.00	3.20	2.00	0.00	8.40	0.20	0.00
3.40	2.00	0.00	8.30	0.20	0.00	3.60	2.00	0.00	8.20	0.20	0.00
3.80	2.00	0.00	8.10	0.20	0.00	4.00	2.00	0.00	8.00	0.20	0.00
4.20	2.00	0.00	7.90	0.20	0.00	4.40	2.00	0.00	7.80	0.20	0.00
4.60	2.00	0.00	7.70	0.20	0.00	4.80	2.00	0.00	7.60	0.20	0.00
5.00	2.00	0.00	7.50	0.20	0.00	5.20	2.00	0.00	7.40	0.20	0.00
5.40	2.00	0.00	7.30	0.20	0.00	5.60	0.40	0.60	7.20	0.20	0.87
5.80	2.00	0.00	7.10	0.20	0.00	6.00	2.00	0.00	7.00	0.20	0.00
6.20	2.00	0.00	6.90	0.20	0.00	6.40	2.00	0.00	6.80	0.20	0.00
6.60	2.00	0.00	6.70	0.20	0.00	6.80	2.00	0.00	6.60	0.20	0.00
7.00	2.00	0.00	6.50	0.20	0.00	7.20	2.00	0.00	6.40	0.20	0.00
7.40	2.00	0.00	6.30	0.20	0.00	7.60	2.00	0.00	6.20	0.20	0.00
7.80	2.00	0.00	6.10	0.20	0.00	8.00	2.00	0.00	6.00	0.20	0.00
8.20	2.00	0.00	5.90	0.20	0.00	8.40	2.00	0.00	5.80	0.20	0.00
8.60	2.00	0.00	5.70	0.20	0.00	8.80	2.00	0.00	5.60	0.20	0.00
9.00	2.00	0.00	5.50	0.20	0.00	9.20	2.00	0.00	5.40	0.20	0.00
9.40	2.00	0.00	5.30	0.20	0.00	9.60	2.00	0.00	5.20	0.20	0.00
9.80	2.00	0.00	5.10	0.20	0.00	10.00	2.00	0.00	5.00	0.20	0.00
10.20	2.00	0.00	4.90	0.20	0.00	10.40	2.00	0.00	4.80	0.20	0.00
10.60	2.00	0.00	4.70	0.20	0.00	10.80	2.00	0.00	4.60	0.20	0.00
11.00	2.00	0.00	4.50	0.20	0.00	11.20	2.00	0.00	4.40	0.20	0.00
11.40	2.00	0.00	4.30	0.20	0.00	11.60	2.00	0.00	4.20	0.20	0.00
11.80	2.00	0.00	4.10	0.20	0.00	12.00	2.00	0.00	4.00	0.20	0.00
12.20	2.00	0.00	3.90	0.20	0.00	12.40	2.00	0.00	3.80	0.20	0.00
12.60	2.00	0.00	3.70	0.20	0.00	12.80	2.00	0.00	3.60	0.20	0.00
13.00	2.00	0.00	3.50	0.20	0.00	13.20	2.00	0.00	3.40	0.20	0.00
13.40	2.00	0.00	3.30	0.20	0.00	13.60	2.00	0.00	3.20	0.20	0.00
13.80	2.00	0.00	3.10	0.20	0.00	14.00	2.00	0.00	3.00	0.20	0.00
14.20	2.00	0.00	2.90	0.20	0.00	14.40	2.00	0.00	2.80	0.20	0.00
14.60	2.00	0.00	2.70	0.20	0.00	14.80	2.00	0.00	2.60	0.20	0.00
15.00	2.00	0.00	2.50	0.20	0.00	15.20	2.00	0.00	2.40	0.20	0.00
15.40	2.00	0.00	2.30	0.20	0.00	15.60	0.71	0.29	2.20	0.20	0.13
15.80	2.00	0.00	2.10	0.20	0.00	16.00	2.00	0.00	2.00	0.20	0.00
16.20	2.00	0.00	1.90	0.20	0.00	16.40	2.00	0.00	1.80	0.20	0.00
16.60	2.00	0.00	1.70	0.20	0.00	16.80	2.00	0.00	1.60	0.20	0.00
17.00	2.00	0.00	1.50	0.20	0.00	17.20	0.63	0.37	1.40	0.20	0.10
17.40	2.00	0.00	1.30	0.20	0.00	17.60	2.00	0.00	1.20	0.20	0.00
17.80	2.00	0.00	1.10	0.20	0.00	18.00	2.00	0.00	1.00	0.20	0.00
18.20	2.00	0.00	0.90	0.20	0.00	18.40	2.00	0.00	0.80	0.20	0.00
18.60	2.00	0.00	0.70	0.20	0.00	18.80	2.00	0.00	0.60	0.20	0.00
19.00	2.00	0.00	0.50	0.20	0.00	19.20	2.00	0.00	0.40	0.20	0.00

**:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)**

Depth (m)	FS	$F_L$	$w_z$	$d_z$	LPI	Depth (m)	FS	$F_L$	$w_z$	$d_z$	LPI
19.40	2.00	0.00	0.30	0.20	0.00	19.60	2.00	0.00	0.20	0.20	0.00
19.80	2.00	0.00	0.10	0.20	0.00	20.00	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00

**Overall liquefaction potential: 1.18**

LPI = 0.00 - Liquefaction risk very low

LPI between 0.00 and 5.00 - Liquefaction risk low

LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high

LPI &gt; 15.00 - Liquefaction risk very high

**Abbreviations****FS:** Calculated factor of safety for test point **$F_L$ :** 1 - FS **$w_z$ :** Function value of the extend of soil liquefaction according to depth **$d_z$ :** Layer thickness (m)**LPI:** Liquefaction potential index value for test point

**:: Post-earthquake settlement due to soil liquefaction ::**

Depth (m)	$q_{c1H,cs}$	FS	$e_v$ (%)	DF	Settlement (cm)	Depth (m)	$q_{c1H,cs}$	FS	$e_v$ (%)	DF	Settlement (cm)
1.00	125.40	2.00	0.00	1.00	0.00	1.20	132.28	1.55	0.23	1.00	0.05
1.40	107.38	1.08	0.94	1.00	0.19	1.60	107.86	1.03	1.15	1.00	0.23
1.80	105.08	0.95	1.72	1.00	0.34	2.00	25.17	2.00	0.00	1.00	0.00
2.20	25.17	2.00	0.00	1.00	0.00	2.40	20.13	2.00	0.00	1.00	0.00
2.60	15.10	2.00	0.00	1.00	0.00	2.80	8.39	2.00	0.00	1.00	0.00
3.00	16.78	2.00	0.00	1.00	0.00	3.20	10.07	2.00	0.00	1.00	0.00
3.40	15.10	2.00	0.00	1.00	0.00	3.60	18.46	2.00	0.00	1.00	0.00
3.80	20.13	2.00	0.00	1.00	0.00	4.00	16.78	2.00	0.00	1.00	0.00
4.20	11.74	2.00	0.00	1.00	0.00	4.40	17.87	2.00	0.00	1.00	0.00
4.60	16.03	2.00	0.00	1.00	0.00	4.80	15.74	2.00	0.00	1.00	0.00
5.00	18.38	2.00	0.00	1.00	0.00	5.20	18.06	2.00	0.00	1.00	0.00
5.40	24.65	2.00	0.00	1.00	0.00	5.60	59.31	0.40	5.29	1.00	1.06
5.80	8.85	2.00	0.00	1.00	0.00	6.00	7.30	2.00	0.00	1.00	0.00
6.20	5.79	2.00	0.00	1.00	0.00	6.40	4.31	2.00	0.00	1.00	0.00
6.60	5.64	2.00	0.00	1.00	0.00	6.80	5.56	2.00	0.00	1.00	0.00
7.00	5.49	2.00	0.00	1.00	0.00	7.20	6.73	2.00	0.00	1.00	0.00
7.40	6.64	2.00	0.00	1.00	0.00	7.60	6.55	2.00	0.00	1.00	0.00
7.80	5.18	2.00	0.00	1.00	0.00	8.00	7.62	2.00	0.00	1.00	0.00
8.20	9.97	2.00	0.00	1.00	0.00	8.40	14.61	2.00	0.00	1.00	0.00
8.60	13.24	2.00	0.00	1.00	0.00	8.80	15.38	2.00	0.00	1.00	0.00
9.00	14.03	2.00	0.00	1.00	0.00	9.20	16.11	2.00	0.00	1.00	0.00
9.40	15.91	2.00	0.00	1.00	0.00	9.60	17.91	2.00	0.00	1.00	0.00
9.80	20.94	2.00	0.00	1.00	0.00	10.00	22.82	2.00	0.00	1.00	0.00
10.20	24.64	2.00	0.00	1.00	0.00	10.40	23.31	2.00	0.00	1.00	0.00
10.60	28.20	2.00	0.00	1.00	0.00	10.80	29.91	2.00	0.00	1.00	0.00
11.00	23.49	2.00	0.00	1.00	0.00	11.20	22.22	2.00	0.00	1.00	0.00
11.40	22.97	2.00	0.00	1.00	0.00	11.60	24.69	2.00	0.00	1.00	0.00
11.80	24.43	2.00	0.00	1.00	0.00	12.00	24.18	2.00	0.00	1.00	0.00
12.20	17.21	2.00	0.00	1.00	0.00	12.40	20.85	2.00	0.00	1.00	0.00
12.60	21.58	2.00	0.00	1.00	0.00	12.80	27.00	2.00	0.00	1.00	0.00
13.00	27.67	2.00	0.00	1.00	0.00	13.20	13.61	2.00	0.00	1.00	0.00
13.40	17.12	2.00	0.00	1.00	0.00	13.60	15.16	2.00	0.00	1.00	0.00
13.80	14.13	2.00	0.00	1.00	0.00	14.00	18.44	2.00	0.00	1.00	0.00
14.20	15.63	2.00	0.00	1.00	0.00	14.40	24.29	2.00	0.00	1.00	0.00
14.60	24.96	2.00	0.00	1.00	0.00	14.80	19.52	2.00	0.00	1.00	0.00
15.00	43.03	2.00	0.00	1.00	0.00	15.20	35.62	2.00	0.00	1.00	0.00
15.40	44.98	2.00	0.00	1.00	0.00	15.60	96.83	0.71	3.32	1.00	0.66
15.80	16.99	2.00	0.00	1.00	0.00	16.00	20.99	2.00	0.00	1.00	0.00
16.20	19.17	2.00	0.00	1.00	0.00	16.40	14.95	2.00	0.00	1.00	0.00
16.60	25.43	2.00	0.00	1.00	0.00	16.80	23.59	2.00	0.00	1.00	0.00
17.00	36.60	2.00	0.00	1.00	0.00	17.20	83.11	0.63	3.86	1.00	0.77
17.40	33.61	2.00	0.00	1.00	0.00	17.60	30.11	2.00	0.00	1.00	0.00
17.80	17.99	2.00	0.00	1.00	0.00	18.00	20.19	2.00	0.00	1.00	0.00
18.20	20.04	2.00	0.00	1.00	0.00	18.40	19.13	2.00	0.00	1.00	0.00
18.60	21.29	2.00	0.00	1.00	0.00	18.80	18.85	2.00	0.00	1.00	0.00
19.00	11.31	2.00	0.00	1.00	0.00	19.20	17.86	2.00	0.00	1.00	0.00
19.40	17.74	2.00	0.00	1.00	0.00	19.60	20.59	2.00	0.00	1.00	0.00
19.80	16.03	2.00	0.00	1.00	0.00	20.00	24.78	2.00	0.00	1.00	0.00

**:: Post-earthquake settlement due to soil liquefaction :: (continued)**

Depth (m)	$q_{c1N,cs}$	FS	$e_v$ (%)	DF	Settlement (cm)	Depth (m)	$q_{c1N,cs}$	FS	$e_v$ (%)	DF	Settlement (cm)
--------------	--------------	----	-----------	----	--------------------	--------------	--------------	----	-----------	----	--------------------

**Total estimated settlement: 3.30****Abbreviations**

$q_{c1N,cs}$ :	Equivalent clean sand normalized cone resistance
FS:	Factor of safety against liquefaction
$e_v$ (%):	Post-liquefaction volumetric strain
DF:	$e_v$ depth weighting factor
Settlement:	Calculated settlement

**:: Strength loss calculation Idriss & Boulanger (2008) ::**

Depth (m)	$q_t$ (MPa)	$Q_{tm}$	$K_c$	$Q_{tm,cs}$	$I_c$	$S_{u(liq)}/\sigma'_v$	$S_{u(peak)}/\sigma'_v$
0.20	0.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	N/A	N/A
0.40	4.00	67.87	1.69	114.68	2.21	0.11	0.77
0.60	4.00	67.81	2.28	154.71	2.39	0.13	0.77
0.80	4.70	79.64	1.58	125.87	2.16	0.15	0.80
1.00	4.60	77.88	1.87	145.71	2.28	0.16	0.79
1.20	5.00	84.61	1.78	150.24	2.24	0.21	0.80
1.40	3.70	62.45	1.99	124.17	2.31	0.11	0.76
1.60	3.90	65.79	1.74	114.41	2.23	0.11	0.77
1.80	3.40	57.22	2.68	153.31	2.48	0.11	0.75
2.00	1.50	24.86	5.25	130.49	2.85	0.08	3.76
2.20	1.50	24.80	4.25	105.50	2.73	0.07	3.55
2.40	1.20	19.64	5.48	107.62	2.88	0.07	2.67
2.60	0.90	14.48	7.48	108.39	3.06	0.07	1.88
2.80	0.50	7.62	12.72	96.96	3.42	0.07	0.94
3.00	1.00	16.07	5.41	86.86	2.87	0.07	1.91
3.20	0.60	9.21	7.65	70.47	3.08	0.07	1.06
3.40	0.90	14.25	5.60	79.78	2.89	0.07	1.57
3.60	1.10	17.59	5.37	94.56	2.87	0.07	1.87
3.80	1.20	19.23	5.60	107.76	2.89	0.07	1.97
4.00	1.00	15.78	6.50	102.51	2.98	0.07	1.56
4.20	0.70	10.62	8.21	87.14	3.12	0.07	1.01
4.40	1.10	17.36	4.98	86.41	2.82	0.07	1.60
4.60	1.00	15.60	6.57	102.53	2.98	0.07	1.40
4.80	1.00	15.54	5.60	87.02	2.89	0.07	1.35
5.00	1.20	18.89	4.54	85.81	2.77	0.06	1.59
5.20	1.20	18.83	5.00	94.11	2.82	0.07	1.54
5.40	1.70	27.27	3.83	104.37	2.68	0.07	2.16
5.60	1.70	25.69	2.12	54.42	2.35	0.05	0.65
5.80	0.60	8.45	9.35	79.07	3.21	0.07	0.64
6.00	0.50	6.70	11.49	76.98	3.35	0.07	0.49
6.20	0.40	4.95	11.46	56.66	3.35	0.06	0.36
6.40	0.30	3.16	18.57	58.76	3.72	0.06	0.23
6.60	0.40	4.71	11.83	55.69	3.37	0.06	0.34
6.80	0.40	4.56	13.94	63.56	3.49	0.06	0.33
7.00	0.40	4.42	14.20	62.72	3.51	0.06	0.32
7.20	0.50	5.83	12.50	72.87	3.41	0.06	0.42
7.40	0.50	5.66	12.72	71.96	3.42	0.06	0.40
7.60	0.50	5.49	13.89	76.28	3.49	0.06	0.39
7.80	0.40	3.87	17.98	69.62	3.70	0.06	0.28
8.00	0.60	6.61	11.75	77.67	3.37	0.07	0.47
8.20	0.80	9.23	9.36	86.37	3.21	0.07	0.66
8.40	1.20	14.46	7.56	109.38	3.07	0.07	1.03
8.60	1.10	12.75	9.14	116.61	3.19	0.07	0.91
8.80	1.30	15.06	7.12	107.24	3.03	0.07	1.08
9.00	1.20	13.41	8.21	110.15	3.12	0.07	0.96
9.20	1.40	15.62	6.40	99.89	2.97	0.07	1.12
9.40	1.40	15.25	7.42	113.11	3.06	0.07	1.09
9.60	1.60	17.31	6.47	111.96	2.97	0.07	1.24

**:: Strength loss calculation (Idriss & Boulanger (2008)) :: (continued)**

Depth (m)	$q_t$ (MPa)	$Q_{tn}$	$K_c$	$Q_{tn,cs}$	$I_c$	$S_{u(liq)}/\sigma'_v$	$S_{u(peak)}/\sigma'_v$
9.80	1.90	20.46	6.01	122.93	2.93	0.08	1.46
10.00	2.10	22.31	6.13	136.71	2.94	0.08	1.59
10.20	2.30	24.05	6.57	158.05	2.98	0.08	1.72
10.40	2.20	22.42	5.80	130.00	2.91	0.08	1.60
10.60	2.70	27.33	5.27	144.09	2.86	0.08	1.95
10.80	2.90	28.88	5.48	158.15	2.88	0.09	2.06
11.00	2.30	22.02	6.77	149.14	3.00	0.08	1.57
11.20	2.20	20.54	6.75	138.69	3.00	0.08	1.47
11.40	2.30	21.12	6.50	137.32	2.98	0.08	1.51
11.60	2.50	22.68	5.84	132.39	2.91	0.08	1.62
11.80	2.50	22.24	5.75	127.93	2.91	0.08	1.59
12.00	2.50	21.82	5.59	122.00	2.89	0.08	1.56
12.20	1.80	14.86	6.97	103.61	3.02	0.08	1.06
12.40	2.20	18.28	6.04	110.37	2.93	0.08	1.31
12.60	2.30	18.85	6.58	124.02	2.99	0.08	1.35
12.80	2.90	23.88	5.23	124.88	2.85	0.08	1.70
13.00	3.00	24.32	5.32	129.47	2.86	0.08	1.74
13.20	1.50	10.95	8.38	91.80	3.14	0.07	0.78
13.40	1.90	14.18	6.21	88.10	2.95	0.07	1.01
13.60	1.70	12.26	8.10	99.29	3.11	0.08	0.88
13.80	1.60	11.23	8.03	90.25	3.11	0.07	0.80
14.00	2.10	15.13	6.85	103.68	3.01	0.08	1.08
14.20	1.80	12.47	8.23	102.65	3.12	0.08	0.89
14.40	2.80	20.20	5.73	115.83	2.90	0.08	1.44
14.60	2.90	20.66	5.70	117.84	2.90	0.08	1.48
14.80	2.30	15.72	6.63	104.14	2.99	0.08	1.12
15.00	5.00	36.67	3.74	137.13	2.66	0.10	2.57
15.20	4.20	29.65	4.58	135.86	2.78	0.09	2.10
15.40	5.30	38.05	3.46	131.46	2.62	0.10	2.65
15.60	6.00	43.42	2.72	117.94	2.49	0.10	0.72
15.80	2.10	13.05	7.49	97.69	3.06	0.08	0.93
16.00	2.60	16.40	6.51	106.77	2.98	0.08	1.17
16.20	2.40	14.77	7.30	107.79	3.05	0.08	1.05
16.40	1.90	11.10	8.71	96.72	3.16	0.08	0.79
16.60	3.20	19.82	5.43	107.62	2.87	0.08	1.42
16.80	3.00	18.20	6.05	110.17	2.94	0.08	1.30
17.00	4.60	29.28	3.78	110.55	2.67	0.08	2.04
17.20	5.00	31.94	3.32	106.18	2.60	0.09	0.68
17.40	4.30	26.29	4.17	109.63	2.72	0.08	1.85
17.60	3.90	23.11	4.64	107.16	2.78	0.08	1.64
17.80	2.40	13.18	7.40	97.60	3.06	0.08	0.94
18.00	2.70	14.89	6.80	101.32	3.01	0.08	1.06
18.20	2.70	14.70	7.18	105.52	3.04	0.08	1.05
18.40	2.60	13.90	7.29	101.37	3.05	0.08	0.99
18.60	2.90	15.53	7.03	109.25	3.03	0.08	1.11
18.80	2.60	13.54	7.69	104.13	3.08	0.08	0.97
19.00	1.60	7.45	9.92	73.89	3.25	0.07	0.53
19.20	2.50	12.64	7.06	89.30	3.03	0.08	0.90

**:: Strength loss calculation (Idriss & Boulanger (2008)) :: (continued)**

Depth (m)	$q_t$ (MPa)	$Q_{tn}$	$K_c$	$Q_{tn,cs}$	$I_c$	$S_{u(liq)}/\sigma'_v$	$S_{u(peak)}/\sigma'_v$
19.40	2.50	12.49	7.48	93.43	3.06	0.08	0.89
19.60	2.90	14.63	6.80	99.52	3.01	0.08	1.05
19.80	2.30	11.05	8.87	97.93	3.17	0.08	0.79
20.00	3.50	17.66	6.48	114.49	2.98	0.08	1.26

**Abbreviations**

$q_t$ :	Total cone resistance
$K_c$ :	Cone resistance correction factor due to fines
$Q_{tn,cs}$ :	Adjusted and corrected cone resistance due to fines
$I_c$ :	Soil behavior type index
$S_{u(liq)}/\sigma'_v$ :	Calculated liquefied undrained strength ratio
$S_{u(peak)}/\sigma'_v$ :	Calculated peak undrained strength ratio

**STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dott. Francesco**

Via G. Matteotti, 63 – 46025 Poggio Rusco (MN)

Tel.: 0386.733246 – Fax: 0386.733246 – E-mail: [f-gabrielli.geologo@libero.it](mailto:f-gabrielli.geologo@libero.it)

C.F. GBR FNC 69M26 G186J – P.IVA 02323450201

## PROVINCIA DI MODENA COMUNE DI CAVEZZO

### **COMPARTO ACETUM** PROGETTO DI TRASFORMAZIONE URBANISTICA DI AREA AGRICOLA IN AREA PRODUTTIVA UBICATA IN VIA CAVOUR, IN LOCALITA' MOTTA NEL TERRITORIO COMUNALE DI CAVEZZO

COMMITTENZA:

**ACETUM S.r.l.**

Via Sandro Pertini, 440 – 41032 CAVEZZO (MO)

### **MICROZONAZIONE SISMICA MODELLAZIONE SISMICA CONCERNENTE LA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE RELAZIONE DI INTEGRAZIONE**

ai sensi D.M. 14 Gennaio 2008 – D.P.R. 5 Giugno 2001, n. 328

IL GEOLOGO

FRANCESCO GABRIELLI



POGGIO RUSCO, FEBBRAIO 2015



<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Relazione di integrazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il “Comparto Acetum”, ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica</i>	<i>Febbraio 2015</i>

Ad integrazione alla documentazione geologico tecnica e sismica a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva presso il “Comparto Acetum”, presentata nel Novembre 2014, ed in risposta a quanto richiesto dalla Provincia di Modena, ovvero le schede di analisi di liquefazione per la definizione del potenziale di liquefazione per verticali di indagine, prove penetrometriche CPT2 e CPT3, eseguite nel Luglio 2012, nel corso della prima campagna di indagine, si presenta quanto di seguito riportato.

### **Valutazione del potenziale di liquefazione**

Sulla base di quanto contenuto nelle recenti carte di microzonazione sismica di primo livello “Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica” (MOPS) redatta dalla regione Emilia-Romagna, per la quale l’area di studio rientra in zona L : *“Aree potenzialmente suscettibili di liquefazione: occorre valutare il fattore di amplificazione e verificare la presenza di condizioni predisponesti la liquefazione: nel caso sia confermata la presenza di tali condizioni occorre stimare l’indice di liquefazione (terzo livello di approfondimento)”*.

*Ai fini della progettazione (NTC 2008) nelle aree in cui è confermata la presenza di condizioni predisponesti la liquefazione (categoria di sottosuolo S2) non è ammessa la definizione dell’azione sismica tramite l’approccio semplificato descritto al punto 3.2.2 delle NTC 2008, e, dalla “Carta dei fattori di amplificazione e del rischio di liquefazione” redatta dalla Regione Emilia-Romagna, per la quale la zona di studio ricade nella fascia di transizione tra le zone classificate LQ1 “presenza di terreni suscettibili di liquefazione già nei primi 10 metri dal piano campagna” e LQ2 “presenza di terreni suscettibili di liquefazione tra 10 e 20 metri dal piano campagna”, pur tuttavia evidenziando che le indagini in sito eseguite abbiano evidenziato nel comparto indagato, l’assenza, fino alla profondità di 30 metri, di depositi costituiti da sabbie sature, aventi un comportamento meccanico granulare/incoerente. (N.T.C. 7.11.3.4), occorre fare una valutazione preventiva del potenziale rischio liquefazione dei terreni riscontrati in sito.*

Nella carta del rischio sismico “Carta delle aree suscettibili di effetti locali” elaborata per il Nuovo P.T.C.P approvato dalla Provincia di Modena con atto D.C.P. n.46 del 18/03/2009, l’area di studio ricade in zona 7 *“aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione. Gli studi richiesti per un approfondimento di III livello sono: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi”*.

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733246 – Fax: 0386.733246 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 1
---	--	--------

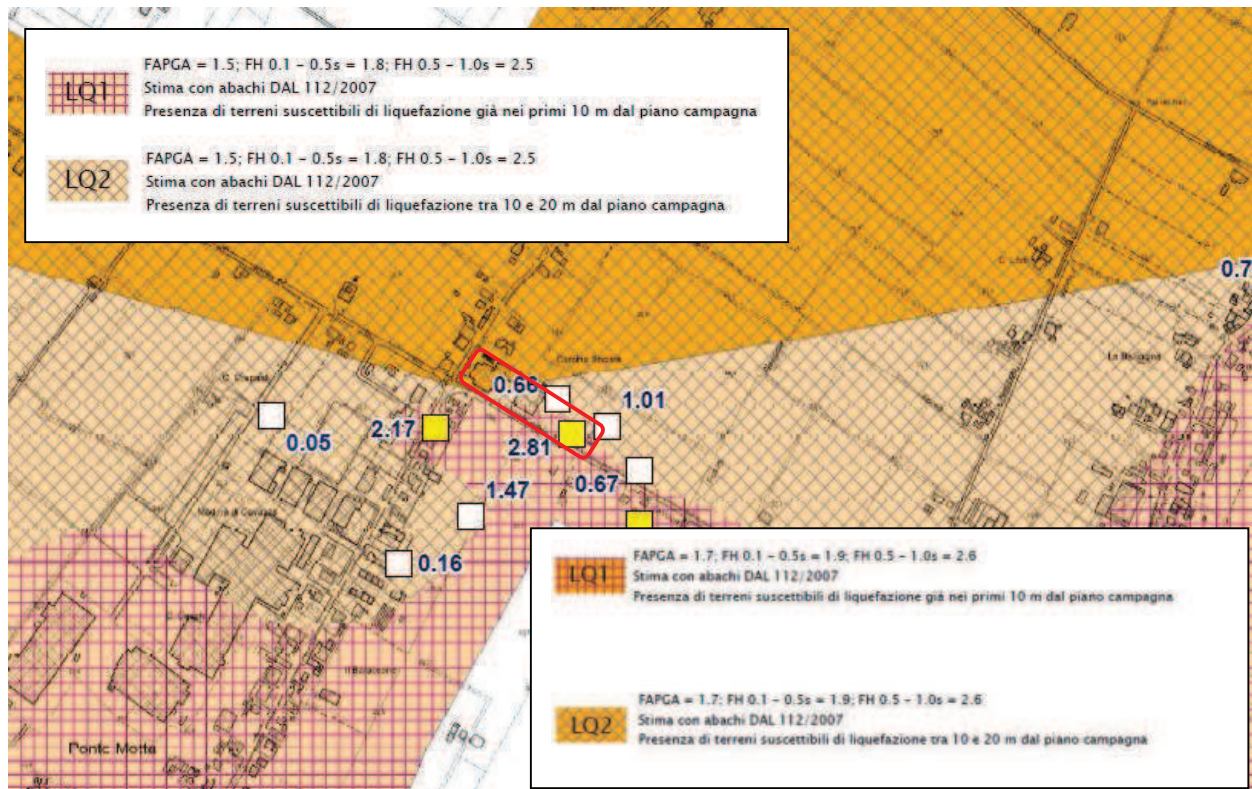
<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione di integrazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Febbraio 2015



- A** Zona suscettibile di amplificazione.  
E' ritenuta sufficiente la stima del fattore di amplificazione tramite procedure semplificate.  
(secondo livello di approfondimento)
- A** Ambito non interessato dallo studio di microzonazione sismica
- L** Zona potenzialmente suscettibile di liquefazione.  
Occorre valutare il fattore di amplificazione e verificare la presenza di condizioni predisponenti la liquefazione; nel caso sia confermata la presenza di tali condizioni occorre stimare l'indice di liquefazione (terzo livello di approfondimento).  
Ai fini della progettazione (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008), nelle aree in cui è confermata la presenza di condizioni predisponenti la liquefazione (categoria di sottosuolo S2) non è ammessa la definizione dell'azione sismica tramite l'approccio semplificato descritto al punto 3.2.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008.
- L** Ambito non interessato dallo studio di microzonazione sismica

**FIGURA 1** – CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA MOPS (REGIONE EMILIA-ROMAGNA)

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione di integrazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Febbraio 2015



**FIGURA 2** – CARTA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE E DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE (REGIONE EMILIA-ROMAGNA)

Come indicato nella DAL n. 112/2007, tra i metodi semplificati sono raccomandati quelli basati su prove CPT e tra questi in particolare il metodo di Robertson e Wride (1998) e Idriss & Boulanger (2008).

Per il presente studio sono state quindi realizzate le verifiche della propensione alla liquefazione e dei cedimenti potenziali indotti da sisma sulle verticali delle prove penetrometriche statiche eseguite.

Per i calcoli è stato utilizzato il programma “Cliq 1.7” della Geologismiki Geotechnical Software, sviluppato in collaborazione con il Prof. Peter Robertson.

L’algoritmo di calcolo utilizzato si basa sul metodo di Robertson e Wride (1998), recentemente aggiornato dallo stesso P.K. Robertson (2009-2010) e sul metodo di Idriss & Boulanger (2008).

Le analisi eseguite seguono le procedure di riferimento dettate dall’NCEER.

Lo stesso software esegue il calcolo dei cedimenti attesi secondo il metodo proposto da Zhang ed al. (2002), calcolando per tutti i livelli che hanno un fattore di sicurezza inferiore a 2.

Il potenziale di liquefazione si ottiene eseguendo il calcolo del fattore di sicurezza  $FS_L$ , definito dal rapporto CRR su CSR.

Le metodologie utilizzate permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso il confronto tra le caratteristiche granulometriche e di addensamento del deposito, espresse dai valori della resistenza penetrometrica  $q_c$  normalizzati con lo sforzo tagliante indotto dal sisma (CRR e CSR), ottenuti mediante le seguenti relazioni:

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733246 – Fax: 0386.733246 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 3
---	--	--------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
Relazione di integrazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Febbraio 2015

$$CSR = 0,65 \cdot (a_{max}) / (g) \cdot (\sigma_{vo} / \sigma_{vo}') \cdot r_d \cdot 1 / (MSF \cdot K\sigma)$$

dove:  $a_{max}$  = accelerazione sismica di picco al piano campagna;

$g$  = accelerazione di gravità;

$\sigma_{vo}$  = pressione verticale totale alla profondità  $z$  dal p.c.;

$\sigma_{vo}'$  = pressione verticale efficace alla profondità  $z$  da p.c.;

$r_d$  = fattore di riduzione delle tensioni alla profondità interessata;

$MSF$  = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma;

$K\sigma$  = coefficiente correttivo funzione delle tensioni efficaci alla profondità interessata.

### Metodo di Robertson & Wride (1998)

$$CRR_{7,5} = 0,833 \cdot [(q_{c1N})_{es} / 1000] + 0,05 \quad q_{c1N} \leq 50$$

$$CRR_{7,5} = 93 \cdot [(q_{c1N})_{es} / 1000]^3 + 0,08 \quad 50 \leq q_{c1N} \leq 160$$

dove:  $(q_{c1N})_{es}$  = resistenza penetrometrica statica normalizzata e corretta per l'influenza del contenuto in fini.

### Metodo di Idriss & Boulanger (2008)

Il valore di  $MSF$  è calcolato sulla base della relazione (Idriss & Boulanger):

$$MSF = 6,9 \exp(-M/4) - 0,058$$

Dal valore di  $(q_{c1N})$  è possibile ottenere la resistenza alla liquefazione, per eventi sismici di magnitudo di momento pari a  $M=7.5$ , mediante la seguente espressione valida per sabbie pulite.

$$CRR = \exp \cdot [(q_{c1N}/540) + (q_{c1N}/67)^2 - (q_{c1N}/80)^3 + (q_{c1N}/114)^4 - 3]$$

dove:  $(q_{c1N})_{es}$  = resistenza penetrometrica statica normalizzata e corretta per l'influenza del contenuto in fini.

Il fattore di sicurezza alla liquefazione  $FS_L$  è definito dal rapporto  $CRR$  su  $CSR$ :

$$FS_L = CRR \cdot MSF / CSR$$

La liquefazione è in relazione al fattore di sicurezza nel seguente modo:

- $FS_L > 1,25$                       **liquefazione assente**

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733246 – Fax: 0386.733246 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 4
---	--	--------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
Relazione di integrazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Febbraio 2015

- $1,0 < FS_L < 1,25$       **liquefazione possibile**
- $FS_L < 1,00$             **liquefazione molto probabile**

I parametri di input sono stati scelti in maniera ragionata sulla base delle conoscenze acquisite, in modo da risultare i più cautelativi possibili:

- $M_w = 6,14$  ( $M_{w_{max}}$  Zona 912 di ZS9, come suggerito dagli ICMS);
- $a_{max} = 0,30g$ ;

**Le verifiche sono state eseguite con l'accelerazione massima misurata in superficie nell'evento del 29 Maggio 2012 e riportata nelle mappe di scuotimento dell'INGV pari a:  $a_{max}$  in superficie (g) = 0.30g.**

Magnitudo momento definita sulla base della recente crisi sismica del Maggio 2012 con epicentro Finale Emilia e Medolla:  $M_w = 6.10$  (anno 2012).

- quota piezometrica misurata: posta a 3,00 m da p.c.;
- quota piezometrica da sisma: posta sempre a -1,00 m da p.c.

Per il dettaglio delle verifiche eseguite si rimanda negli allegati, in cui sono riportati i report del software per i quali sono indicati i parametri di input utilizzati e sono rappresentati in forma grafica gli andamenti con la profondità del fattore o sicurezza, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi per le prove penetrometriche CPT 2 e CPT 3 eseguite nel mese di Luglio 2012, come richiesto dalla Provincia di Modena. Al termine della procedura è stato valutato l'indice del potenziale di liquefazione  $I_L$  (Sonmez, 1982) che viene così definito dalla seguente relazione:

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz$$

in cui  $z$  è la profondità dal piano campagna in metri e  $w(z) = 10 - 0.5z$ ; ad una data quota  $z$  il fattore  $F(z) = F$  vale:

$$F = 1 - F_L \text{ se } F_L \leq 1.0$$

$$F = 0 \text{ se } F_L > 1.0$$

dove  $F_L$  è il fattore di sicurezza alla liquefazione alla quota considerata.

Le categorie individuate dalla presente metodologia sono le seguenti:

$$0 < I_L \leq 5 \rightarrow \text{Rischio di liquefazione "basso"}$$

$$5 < I_L \leq 15 \rightarrow \text{Rischio di liquefazione "elevato"}$$

$$I_L > 15 \rightarrow \text{Rischio di liquefazione "estremamente elevato"}$$

Nella tabella seguente vengono riepilogati le risultanze delle verifiche eseguite:

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733246 – Fax: 0386.733246 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 5
---	--	--------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Relazione di integrazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica</i>	<i>Febbraio 2015</i>

Verticale d'indagine	Rischio di liquefazione $I_L$ Robertson e Wride (1998)	Rischio di liquefazione $I_L$ Idriss & Boulanger (2008)
CPT2 – 20 m (Luglio 2012)	0,07	1,81
CPT3 – 15 m (Luglio 2012)	0,38	1,77

Pertanto, nelle verticali indagate il rischio di liquefazione è risultato  $I_L < 2,50$ ) e, pertanto, risulta **molto basso**.

### **Cedimenti post sismici**

In condizioni di sisma vi possono essere effetti di “riordino” dei sedimenti, con possibilità di cedimenti significativi e che possono coinvolgere sia i depositi granulari poco addensati e recenti (olocenici), sia i sedimenti fini poco coesivi.

Nell'ultimo decennio sono state elaborate procedure di stima delle potenziali deformazioni post-sisma anche nei sedimenti fini (limi e argille a comportamento “non drenato”), provocate da perdite di resistenza.

Quest'ultimo fenomeno è noto con il termine “cyclic softening” (Idriss & Boulanger, 2004-2007).

Per la stima dei cedimenti post sisma, si è proceduto alla verifica basata sulla classificazione di comportamento di tutti i terreni proposta da Robertson (1990; 2009).

La figura propone il diagramma (Q<sub>tn</sub>-F) di classificazione nel quale si distinguono le zone di potenziale liquefazione e/o di “cyclic softening”.

Le zone A1 e A2 corrispondono ai sedimenti di bassa coesione attribuibili a comportamento granulare e suscettibili di liquefazione ciclica, in particolare i sedimenti che ricadono nella zona A2 risultano più suscettibili a perdite anche significative di resistenza in caso di sisma; le Zone B e C ( $I_c > 2,6$ ) corrispondono invece ai terreni coesivi a comportamento argilloso ed entrambi sensibili a “cyclic softening”, in particolare i sedimenti che ricadono nella zona C risultano più suscettibili a perdite di resistenza post-sisma. Limi non plastici saturi spesso cadono nella zona C, tuttavia, il loro CRR è fortemente controllato dalla coesione non drenata  $c_u$ .

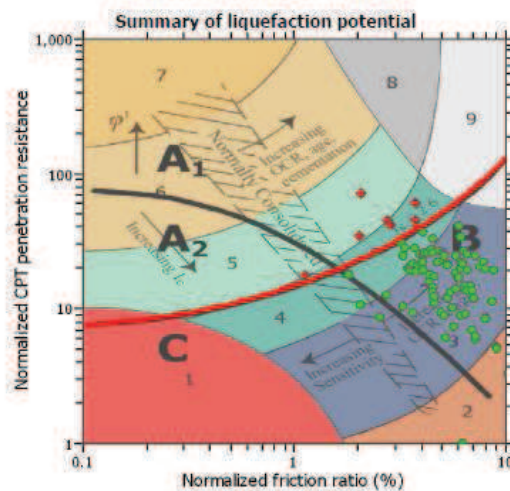
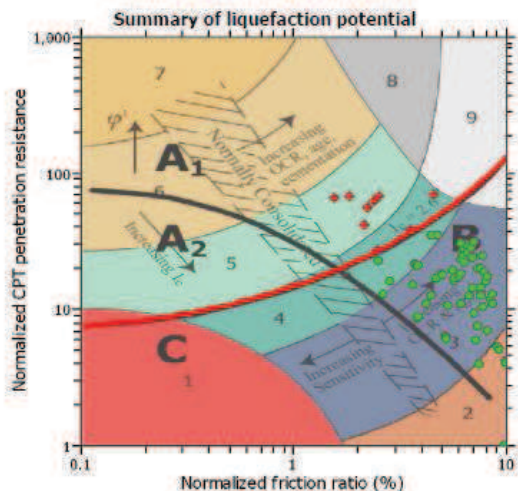
Nella medesima figura è riportato, inoltre, il plottaggio dei risultati dell'indagine CPT: si evince che i sedimenti a comportamento granulare ( $I_c > 2,60$ ) (**poche lettere**), si distribuiscono nel campo A2 (miscela di sabbie – da sabbie limose e limi sabbiosi). I depositi fini ricadono quasi esclusivamente nella zona B.

Considerando che la verifica ha tenuto conto di un livello piezometrico in caso di sisma pari a -1 m, l'analisi è stata impostata sia sulle tessiture granulari, sia su quelle fini, in condizioni sature.

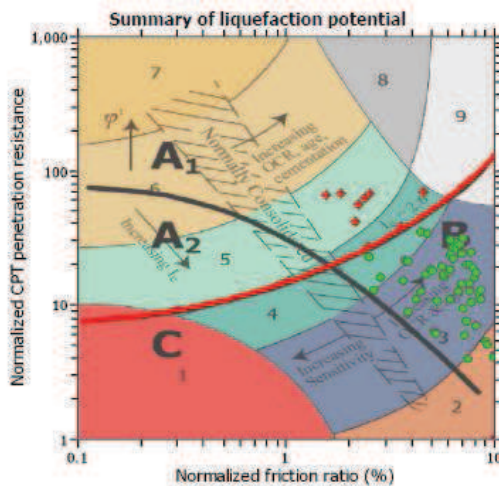
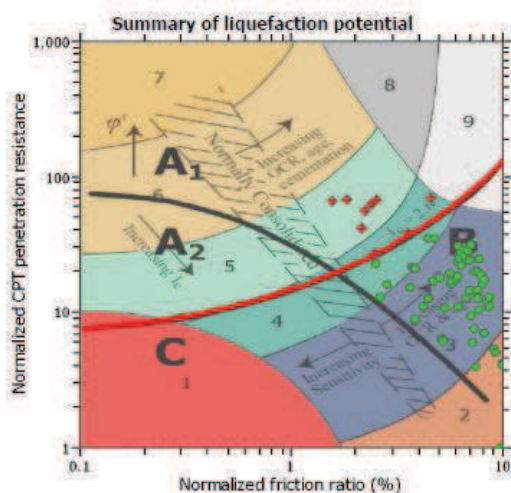
STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733246 – Fax: 0386.733246 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 6
---	--	--------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Relazione di integrazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica	Febbraio 2015

PROVA PENETROMETRICA CPT2



PROVA PENETROMETRICA CPT3



Zone A<sub>1</sub>: Cyclic liquefaction likely depending on size and duration of cyclic loading  
 Zone A<sub>2</sub>: Cyclic liquefaction and strength loss likely depending on loading and ground geometry  
 Zone B: Liquefaction and post-earthquake strength loss unlikely, check cyclic softening  
 Zone C: Cyclic liquefaction and strength loss possible depending on soil plasticity, brittleness/sensitivity, strain to peak undrained strength and ground geometry

RISULTANZE INDAGINI PENETROMETRICHE - CLASSIFICAZIONE DI P.K. ROBERTSON (2009)

**Cedimenti post-sismici in terreni granulari**

Nei sedimenti saturi a comportamento granulare, in particolare, si è proceduto alla stima automatica dei cedimenti utilizzando la recente procedura di Robertson (2009).

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733246 – Fax: 0386.733246 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 7
---	--	--------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Relazione di integrazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica</i>	<i>Febbraio 2015</i>

L'approccio si basa sulla valutazione delle deformazioni volumetriche post-cicliche e calcola i cedimenti sulla base dell'entità del fattore di sicurezza alla liquefazione FL calcolato (se <2,00) e sulla base degli esiti di densità relativa Dr desunti dalle resistenze di punta (qc1N)cs, in accordo con le correlazioni per le stime dei cedimenti di post-liquefazione nelle sabbie sature da prove CPT proposte da Zhang et Al. (2007).

I risultati cumulativi dei cedimenti indotti da sisma sono anch'essi stati calcolati attraverso il software Cliq v. 1.7.5.27 della Geologismiki Geotechnical Software e riportati graficamente in allegato: in sintesi, si è ottenuto in valore del cedimento post sismico in terreni granulari saturi compresi tra pari a **0,59 cm e 4,14 cm**, in linea con i valori ottenuti mediante le verifiche condotte sulle verticali pregresse, compresi tra 0,66 e 3,30 cm.

### **Cedimenti post-sismici in terreni coesivi**

Per i sedimenti fini coesivi a comportamento fine (zone B e C), il cedimento è causato principalmente da fenomeni di riconsolidazione conseguenti alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto e al manifestarsi di deformazioni da taglio indotte dalle sollecitazioni cicliche.

Generalmente, le deformazioni di riconsolidazione post-sisma sono ritenute molto più piccole di quelle osservate nei sedimenti granulari ed i cedimenti rilevati in seguito a sismi recenti (Loma Prieta; Chi-Chi; Kocaeli) risultano statisticamente modesti anche per potenti intervalli di depositi di argille compressibili (Boulanger and Idriss, 2007). Nella letteratura scientifica si reputa che le deformazioni volumetriche medie di strati a grana fine siano contenute entro l'1%. Inoltre, in riferimento al verificarsi di eventuali problematiche legate alla compressibilità dei livelli coesivi superficiali, argillosi e argilloso-limosi, caratterizzati da permeabilità da molto bassa a praticamente nulla, si fa notare come la dissipazione delle pressioni interstiziali indotte dal passaggio dell'onda sismica, avvenga in tempi sicuramente più lunghi rispetto alla breve durata di un sisma. Tuttavia, essendo presenti tra i terreni superficiali di natura coesiva livelli di consistenza da soffice a plastica, moderatamente compressibili sé ritenuto opportuno produrre una valutazione dei cedimenti post sismici nei terreni compresi fra 2.00 m di quota e -10.00 m circa; lo spessore massimo dello strato indagato è quindi pari a 800 cm.

A tale scopo è stata utilizzata la seguente formula (DAL 112/2007):

$$\Delta H = \varepsilon_{VR} * H$$

dove: H = altezza dello strato;

$\varepsilon_{VR}$  (%) = deformazione volumetrica post-ciclica, calcolabile nel seguente modo:

$$\varepsilon_{vr} = \frac{\alpha C_r}{1 + e_0} \log \left( \frac{1}{1 - \frac{\Delta H}{\sigma'_0}} \right)$$

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733246 – Fax: 0386.733246 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 8
---	--	--------



<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Relazione di integrazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base, a supporto del progetto per la trasformazione urbanistica di area agricola in produttiva, presso il "Comparto Acetum", ubicata in fregio a Via Cavour in località Motta nel territorio comunale di Cavezzo (MO) – Microzonazione Sismica</i>	<i>Febbraio 2015</i>

dove:  $\alpha$  = costante sperimentale in prima approssimazione uguale a 1,0;

$C_r$  = indice di riconsolidazione post-ciclica = 0,225  $C_c$ ,

$C_c$  = indice di compressione ottenuto mediante la relazione  $C_c = 0,0348 + 0,0162 I_p$ ;

$e_0$  = indice dei vuoti iniziale, ottenuto dalla relazione  $C_c = 0,40 (e - 0,25)$ ;

$\Delta u/\sigma'_0$  = rapporto di pressione interstiziale.

Nei calcoli sono stati assunti valori prudenziali ricavati dalla letteratura geotecnica. In particolare è stato posto:

$C_c = 0,2778 \div 0,2940$  ipotizzando un IP = 15÷16%;

$C_r = 0,00625 \div 0,06615$ ;

$e_0 = 0,944 \div 0,985$ ;

$\Delta u/\sigma'_0$  = valutato con riferimento al grafico di figura 3 dell' Atto di indirizzo regionale, pari a 0,20.

TABELLA 1 – CEDIMENTI PERMANENTI POST-SISMICI TERRENI COESIVI

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733246 – Fax: 0386.733246 Cell.: 339.4073066 – e-mail: f-gabrielli.geologo@libero.it	ACETUM S.r.l. Via Sandro Pertini, 440 41032 – CAVEZZO (MO)	Pag. 9
---	--	--------



COMUNE DI CAVEZZO  
PROVINCIA DI MODENA

---

# P.D.R. 2

**Piano Della Ricostruzione**

**L.R. 16/2012**

<b>RELAZIONI GEOLOGICHE SISMICHE</b>	
<b>INT. 4 AREA D'AVANT GARDE TRICOT</b>	
<b>INTESA UNICA PDR SECONDO STRALCIO IN DATA 19/1/2015</b>	

Progetto

STUDIO  
ARCH. PAOLO ARTIOLI

Collaboratori:

ELLENIA s.n.c. - Ostiglia  
CLARA BORSATTI

Adottato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Approvato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Publicato sul BURERT n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

**Comune di Cavezzo**  
**Provincia di Modena**

**RELAZIONE INTEGRATIVA**  
**(seconda revisione)**



**OGGETTO:**  
**Studio del terreno di fondazione di un**  
**capannone industriale sede della**  
**“Società D’Avant Garde Tricot” oggetto**  
**di demolizione e ricostruzione**  
**Via Cavour n. 248,**  
**nel Comune di Cavezzo (MO)**

Dott. Geol. Pierluigi Dallari  
Novembre 2014  
Rif. 277/13

ASSOCIATO



**GEO GROUP s.r.l.**  
Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA  
Tel. 059/3967169 Fax. 059/5332019  
E-mail: [geo.group@libero.it](mailto:geo.group@libero.it)  
P.IVA e C.F. 02981500362  
[www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)



AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE  
PER LA QUALITÀ CERTIFICATO DA DNV  
= UNI EN ISO 9001:2008 =

**RELAZIONE INTEGRATIVA  
NOVEMBRE 2014**

**OGGETTO**

**Studio del terreno di fondazione di un capannone industriale, sede della "Società D'Avant Garde Tricot" oggetto di demolizione e ricostruzione, sito in Via Cavour n. 248, nel Comune di Cavezzo (MO)"**

**GEO GROUP s.r.l.**

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)



## INDICE DEL CONTENUTO

<b>1. PREMESSE</b> .....	<b>3</b>
<b>2 STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA (ORDINANZA n. 70 del 13/11/2012)</b> .....	<b>6</b>
<b>3 RELAZIONE GEOLOGICA</b> .....	<b>7</b>
3.1 CAMPAGNA GEOGNOSTICA.....	7
3.2 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE E LITOSTRATIGRAFICHE DEL SOTTOSUOLO.....	7
<b>4 STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (III LIVELLO DI APPROFONDIMENTO)</b> .....	<b>9</b>
4.1 R.S.L. MEDIANTE VERIFICA MONODIMENSIONALE IN CAMPO LINEARE EQUIVALENTE.....	9
4.2 MODELLO SISMICO COSTITUTIVO CONSIDERATO.....	11
4.3 RISULTATI OTTENUTI.....	15
<b>5. VERIFICA DELLA SUSCETTIVITÀ DEL SITO AL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE</b> .....	<b>20</b>
<b>6. CONCLUSIONI</b> .....	<b>23</b>

## ALLEGATI

ALL. n. 1 Verifica della suscettibilità alla liquefazione;

---

### GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: info@geogroupmodena.it



## 1. PREMESSE

Nel mese di Novembre 2014, a seguito delle ulteriori integrazioni richieste dalla Provincia di Modena, è stato redatto il seguente studio integrativo, nei confronti della relazione geologica, geotecnica e sismica, da noi redatta nel mese di Maggio 2013, con oggetto l'intervento di demolizione e ricostruzione di un fabbricato industriale, sito in Via Cavour n. 248 nel Comune di Cavezzo, sede della "Società D'Avant Garde Tricot.

La prima integrazione (OTTOBRE 2014) è stata redatta, a seguito della richiesta formulata dalla Provincia di Modena, in accordo con le risultanze degli studi di microzonazione sismica, realizzati dalla Regione Emilia Romagna in seguito all' Ordinanza del Commissario delegato per la ricostruzione n. 70 del 13/11/2012, per il territorio comunale di Cavezzo.

A seguito della seconda richiesta di integrazioni, formulata in data 27 novembre 2014 dalla Provincia di Modena, si procede all'integrazione dell'analisi RSL eseguita per la redazione della precedente documentazione integrativa presentata.



**Fig. 1.1** – Panoramica aerea dell'area in esame (in rosso)  
(ORTOFOTO AGEA 2011 – Regione Emilia Romagna).

### **GEO GROUP s.r.l.**

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)



## 2 CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLE RICHIESTE REDATTE DALLA PROVINCIA DI MODENA

In riferimento alle richieste espresse dalla Provincia di Modena è possibile affermare quanto segue:

- L'analisi RSL, svolta a supporto della relazione integrativa redatta da Noi in data 21-10-2014, ha determinato un valore di PGA (T= 0 sec) pari a **0.243 g**. L'analisi è stata svolta considerando come input sismico le azioni derivanti da n. 7 accelerogrammi naturali, spettro compatibili e scalati per il Comune di Cavezzo, in accordo con quanto esposto nel §7 del DM 14/01/2008. Gli accelerogrammi sono stati prelevati dal "European Strong-motion Database" attraverso il software REXEL. La totalità degli accelerogrammi estratti dal database correlato è riferito a un suolo di Tipo A e a un tempo di ritorno pari a 475 anni (SLV Cu= Il Vn = 50 anni).
- Non risulta tecnicamente corretto comparare i dati derivanti dall'analisi RSL svolta e i valori derivati dalle *shakemaps* redatte da INGV in quanto:
  - Le succitate cartografie, seppur rappresentano un valido strumento conoscitivo nei riguardi degli effetti derivati dagli eventi sismici del Maggio 2012, **non rappresentano alla data attuale alcun strumento normativo ne sono contenute in nessuna linea guida per la progettazione delle opere all'interno delle aree terremotate.**
  - I valori di PGA contenuti nelle *shakemaps* derivano dall'interpolazione spaziale dei valori derivati per le singole stazioni accelerometriche: detto ciò il dato risulta attendibile solamente per il punto di misura, mentre, allontanandosi dalla strumentazione accelerometrica, le tecniche di interpolazione si basano su assunzioni lineari e ipotizzate. In aggiunta, i valori di PGA registrati dagli stessi accelerometri possono, in alcuni casi, aver risentito di effetti locali dovuti all'interazione, per fenomeni di rifrazione e riflessione a scala locale, tra onde di taglio e onde di superficie. In tal caso i valori di PGA risulterebbero più elevati di quelli derivabili dalle analisi RSL, in quanto, nel secondo caso, è possibile compiere la modellazione delle sole onde SH, trascurando la potenziale interazione con onde di superficie che si originerebbero a scala locale per fenomeni di interferenza di tipo costruttiva dovuti all'interazione con il piano campagna.

### GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: info@geogroupmodena.it



- In aggiunta, poiché l'identificazione dell'azione sismica di riferimento viene eseguita alla luce del DM 14/01/2008, adottando un metodo probabilistico collegato a tempi di ritorno e probabilità di eccedenza degli eventi finora considerati e misurati, non risulta pertanto coerente utilizzare valori di PGA pari 0.295 g (anche se registrati) in quanto non sono relazionabili a nessun tempo di ritorno e, indirettamente, a nessun stato limite. Sulla scorta di ciò è evidente come il valore di PGA ottenuto dall'analisi RSL, svolta precedentemente, non possa essere messo in relazione e comparato a quello misurato e/o interpolato per il sito durante l'evento del 29/05/2012.

Premesso quanto appena esposto, si procede a rieseguire l'analisi RSL utilizzando i n. 7 accelerogrammi utilizzati per la precedente verifica congiuntamente all'impiego dei n. 3 accelerogrammi, forniti dal Servizio Geologico e Sismico della Regione Emilia Romagna, riferiti al territorio Comunale di Cavezzo.

A titolo di confronto verrà rieseguita la verifica della suscettività del sito al fenomeno della liquefazione, utilizzando il valore di PGA derivante dalle shakemaps redatte da INGV (0.295 g)

---

**GEO GROUP s.r.l.**

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

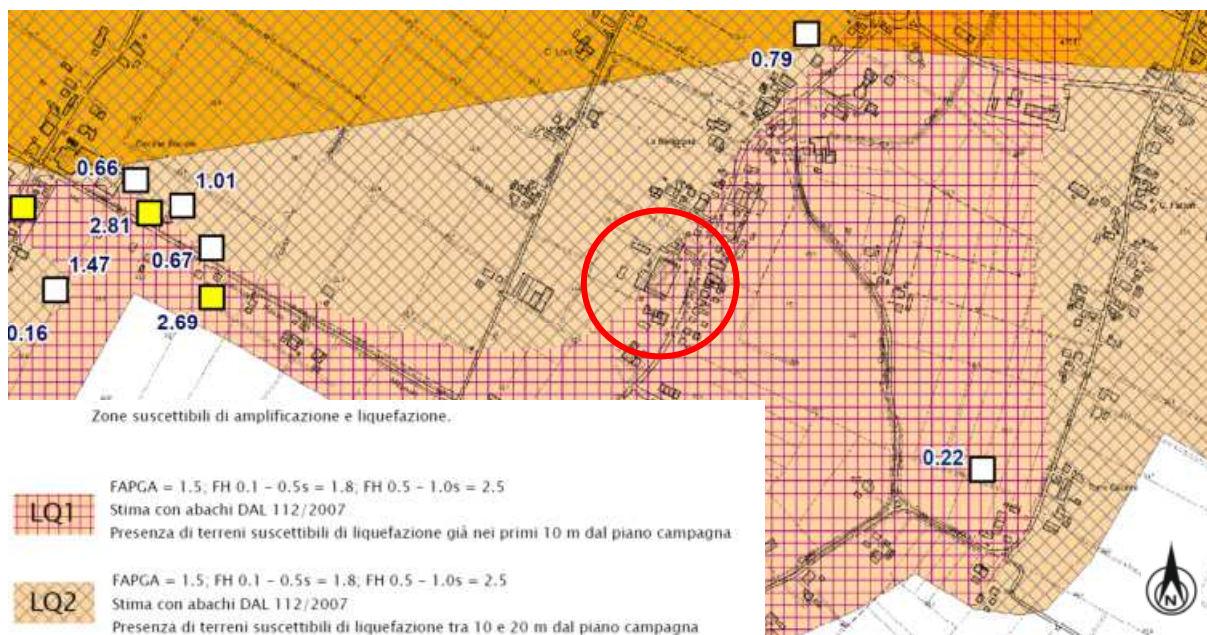
p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)





## 2 STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA (ORDINANZA n. 70 del 13/11/2012)

Facendo riferimento alle cartografie relative agli studi di microzonazione sismica, realizzati dalla Regione Emilia Romagna in seguito all' Ordinanza del Commissario delegato per la ricostruzione n. 70 del 13/11/2012, l'area in oggetto ricade all'interno di aree suscettibili di amplificazioni stratigrafiche e potenziale suscettività al fenomeno della liquefazione sismica.



**Fig. 2.1** – Stralcio della “Carta dei fattori di amplificazione e del rischio di liquefazione”, realizzata per gli studi di microzonazione sismica (Regione Emilia Romagna – Ordinanza del 13/11/2012)

Sulla scorta di quanto appena esposto, non è possibile pertanto definire l'azione sismica di progetto attraverso l'approccio semplificato imposto dal D.M. 14/01/2008 NTC, ma la ricostruzione della pericolosità sismica del sito sarà definita sulla base di specifici studi, svolti in accordo con il terzo livello di approfondimento in conformità con la normativa regionale DAL 112/07. Trattandosi di strumenti pianificatori, gli studi di microzonazione sismica sono volti a definire la pericolosità sismica su scala comunale. In fase esecutiva, relazionabile alla progettazione o verifica ingegneristica di opere e infrastrutture, qualora non vengano delineate criticità imputabili a potenziale liquefacibilità del sottosuolo, la progettazione potrà seguire l'approccio semplificato definito dal DM 14/01/2008 NTC, per la ricostruzione dell'azione sismica di progetto.

### GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: info@geogroupmodena.it



### 3 RELAZIONE GEOLOGICA

#### 3.1 CAMPAGNA GEOGNOSTICA

In relazione alla litologia presente nell'area e in funzione agli interventi in progetto, la campagna geognostica e' stata espletata mediante le seguenti indagini:

- n. 2 prove penetrometriche statiche CPT, eseguite in data 09/05/2013;
- n. 1 indagine sismica a rifrazione MASW, eseguita in data 14/05/2013;
- n. 1 indagine sismica passiva HVSR, eseguita in data 14/05/2013.

#### 3.2 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE E LITOSTRATIGRAFICHE DEL SOTTOSUOLO

Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione geotecnica e litostratigrafica delle prove penetrometriche CPT eseguite nel mese di maggio 2013, si può riassumere quanto segue:

- Le prove CPT n. 1 e 2 eseguite hanno rilevato, al di sotto del piano cortilivo, la presenza di un primo livello di **argilla limosa a medio - scarsa consistenza** con intercalazioni decimetriche sabbiose ( $0.78 \text{ MPa} < R_p < 2.16 \text{ MPa}$ ) fino alla profondità di -4.20 m da p.c. nella CPT n. 1 e -5.00 m da p.c. nella CPT n. 2. Segue un livello di **argilla limosa a scarsa consistenza** ( $0.49 \text{ MPa} < R_p < 0.88 \text{ MPa}$  nella CPT n. 1 e  $0.69 \text{ MPa} < R_p < 1.08 \text{ MPa}$  nella CPT n. 2) che si approfondisce fino a -9.60 m da p.c. nella CPT n. 1 e fino a -9.00 m da p.c. nella CPT n. 2, con la presenza di alcuni livelli sabbiosi decimetrici nella CPT n. 2. Si trova, poi, un livello di **argilla limosa a media consistenza** ( $1.18 \text{ MPa} < R_p < 1.86 \text{ MPa}$ ) fino alla quota di -11.00 m da p.c. nella CPT n. 1 e -10.40 m da p.c. nella CPT n. 2. Segue, infine, un livello di **argilla limosa ad elevata consistenza** con intercalazioni sabbiose decimetriche ( $1.47 \text{ MPa} < R_p < 8.53 \text{ MPa}$ ) fino alla massima profondità indagata dalle prove, ovvero -20.40 m da p.c. nella CPT n. 1 e -15.40 m da p.c. nella CPT n. 2.
- Per quanto riguarda il grado di consolidazione dei materiali coesivi è stata rinvenuta la presenza di terreni sovraconsolidati **SC** (con  $\text{OCR} > 4$ ) fino a -4.20 m da p.c. in entrambe le prove CPT; seguiti da un'alternanza di terreni leggermente sovraconsolidati **LC** ( $2 < \text{OCR} < 4$ ) e terreni normalmente consolidati **NC** ( $1 < \text{OCR} < 2$ )

#### GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)



fino alle massime quote indagate dalle prove, ovvero -20.40 m da p.c. nella CPT n. 1 e -15.40 m da p.c. nella CPT n. 2.

- Al termine delle prove penetrometriche CPT non è stato possibile determinare la misura del livello piezometrico all'interno dei fori di sondaggio mediante freatimetro elettroacustico; si assume, quindi, il valore di  $D_w = -2.50 \text{ m da p.c.}$ , risultato da altre prove penetrometriche da Noi eseguite in area limitrofa.

---

**GEO GROUP s.r.l.**

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)



## 4 STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (III LIVELLO DI APPROFONDIMENTO)

### 4.1 R.S.L. MEDIANTE VERIFICA MONODIMENSIONALE IN CAMPO LINEARE EQUIVALENTE

Alla luce di quanto esposto nel § 3.2.2 del D.M. 14/01/2008 e in accordo con quanto esposto nella D.a.I. 112/2007 della Regione Emilia Romagna, è stata definita l'azione sismica di progetto secondo uno studio di risposta sismica locale, secondo III livello di approfondimento.

Per ottemperare ai riferimenti normativi citati l'analisi è stata svolta secondo quanto indicato al § 7.11.3 del D.M. 14/01/2008, attraverso analisi numerica monodimensionale in campo lineare equivalente. Per fare ciò è stato utilizzato come strumento di lavoro il software di calcolo STRATA (University of Texas - Austin).

Ai fini della restituzione degli spettri di accelerazione, relativi allo stato limite SLV, è stata svolta la verifica dell'amplificazione del sito mediante l'utilizzo di un modello simulato in campo lineare equivalente. Tale analisi è svolta per ottemperare a ciò che è richiesto dalla normativa nazionale vigente (NNTC 2008) e dalla normativa regionale dell'Emilia Romagna (D.a.I. n° 112/2007).

Il software STRATA è in grado di valutare la risposta sismica di un deposito di terreno, considerando un profilo monodimensionale in cui si propagano linearmente le onde sismiche, in funzione dei parametri dinamici attribuiti al terreno. Il terreno viene schematizzato come un sistema di  $N$  strati orizzontali omogenei, isotropi e visco-elastici, sovrastanti un semispazio uniforme, attraversati da un treno di onde di taglio che incidono verticalmente le superfici. Ogni strato è descritto per mezzo dello spessore  $H$ , del modulo di taglio massimo  $G_{max}$  o dalla corrispondente velocità massima  $V_{max}$ , dal valore dello smorzamento  $D$ , dal peso dell'unità di volume  $\gamma$  e dalle curve di decadimento del modulo di rigidezza a taglio normalizzato ( $G / G_0 - \gamma$ ) e le corrispondenti curve dello smorzamento ( $D - \gamma$ ) con la deformazione di taglio  $\gamma$ .

Il modello lineare visco-elastico fa riferimento al modello reologico di Kelvin-Voigt, costituito da una molla e uno smorzatore viscoso in parallelo. Tale modello è descritto quindi dalla rigidezza ( $G$ ) e dallo smorzamento ( $D$ ). L'onda monodimensionale viene descritta dall'equazione in cui lo spostamento provocato ( $u$ ) è funzione della profondità ( $z$ ) e del tempo ( $t$ ):

#### GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)



$$u(z, t) = A \exp [i (\omega t + k^* z)] + B \exp [i (\omega t - k^* z)]$$

Nell'equazione appena presentata A e B rappresentano le corrispettive amplificazioni del tetto e della base dello strato considerato. Il fattore  $k^*$  risulta dipendente dal modulo di taglio ( $G$ ), dal grado di smorzamento ( $D$ ) e dalla densità del terreno ( $\rho$ ). Le relazioni sono le seguenti:

$$k^* = \frac{\omega}{v_s^*}$$

$$v_s^* = \sqrt{\frac{G^*}{\rho}}$$

$$G^* = G \left( 1 - 2D^2 + i2D \sqrt{1 - D^2} \right) \approx G(1 + i2D)$$

Dove  $G^*$  e  $v_s^*$  sono rappresentano il modulo di taglio e la velocità di taglio.

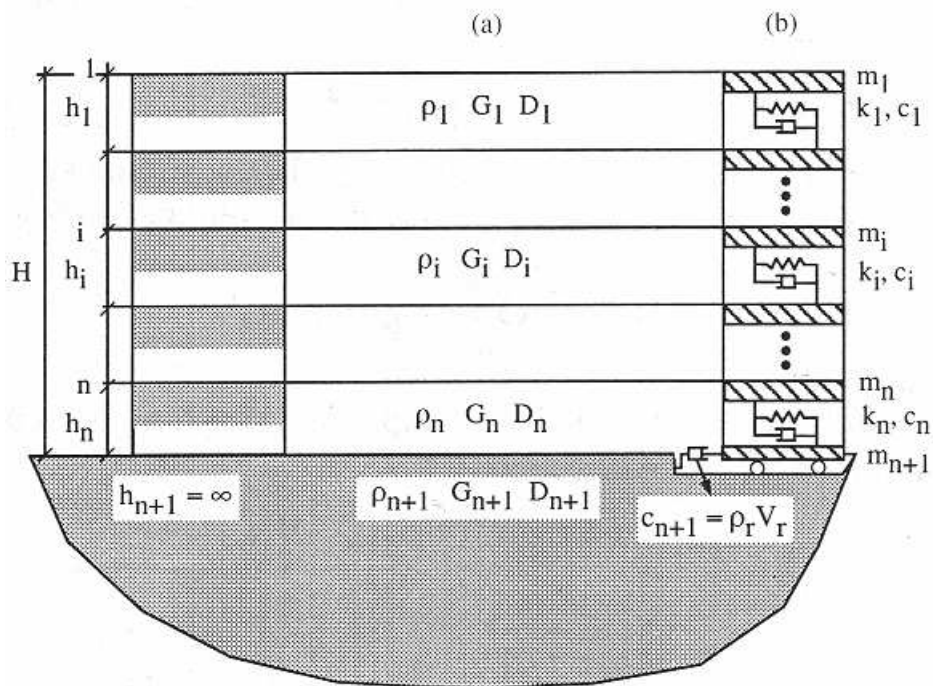


Fig. 4.1 – Modello a strati continui adottato per la simulazione con il codice di calcolo STRATA

### GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: info@geogroupmodena.it



## 4.2 MODELLO SISMICO COSTITUTIVO CONSIDERATO

Il modello simulato deriva dai dati ottenuti dalle prove che compongono la campagna geognostica eseguita in sito. Tale profilo approssima il comportamento del sottosuolo, dal punto di vista sismico, in corrispondenza dell'area studiata.

Il profilo considerato deriva dall'interpolazione dei dati provenienti dall'indagine MASW eseguita e i dati, di natura bibliografica, disponibili per il sito di riferimento.

Nel contesto geologico-strutturale, nel quale il Comune di Cavezzo si inserisce, è possibile assumere, secondo classificazione geofisica ma non stratigrafica, la base del Sintema Emiliano-Romagnolo superiore (S.E.R.S.) come substrato rigido (bedrock sismico). Nonostante tale piano non rappresenti il substrato geologico, è possibile individuare in tale luogo il riferimento nelle modellazioni di risposta sismica locale RSL, al disotto del quale è possibile escludere la verificabilità di fenomeni di amplificazione del segnale sismico degni di nota. Dalla consultazione della Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna (BOCCALETTI, M., et al., 2004) la base del S.E.R.S. , in corrispondenza del sito in esame, è posto alla quota di circa -100 m, rispetto al livello medio del mare. In via cautelativa si assume tale profondità come riferita al piano campagna.

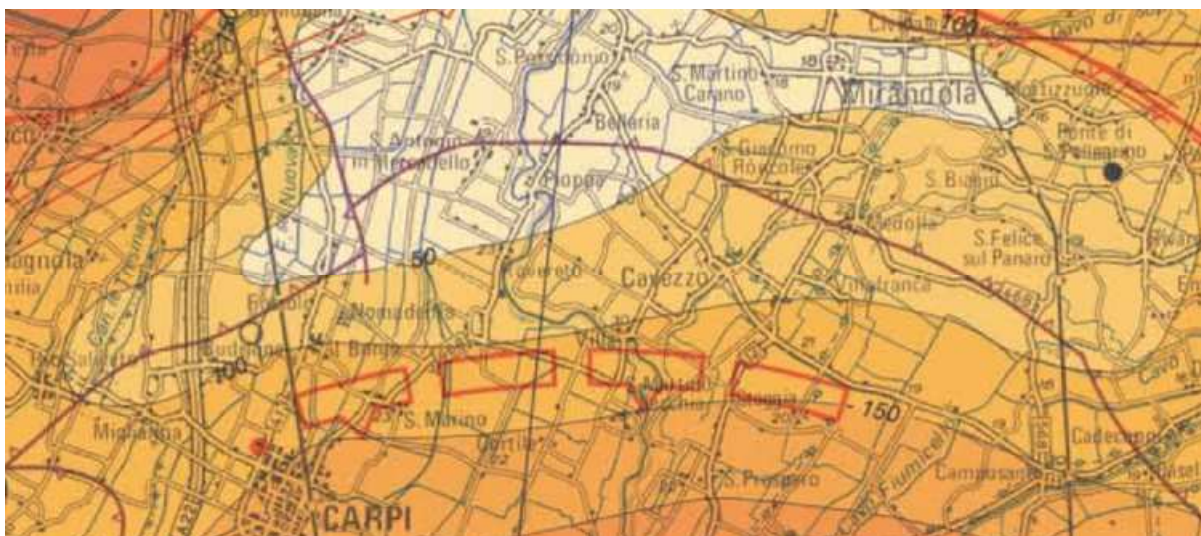


Fig. 4.2 – Stralcio della "Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna" (BOCCALETTI M. et alii, 2004)

Considerando quindi la presenza del bedrock sismico alla profondità di circa -100 m da p.c. di profondità, è stata svolta un'interpolazione polinomiale tra i dati di superficie e quelli

### GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)



bibliografici. Il risultato è un profilo che individua le caratteristiche meccaniche principali del sottosuolo, relativa all'area in oggetto. Il profilo considerato risulta essere il seguente:

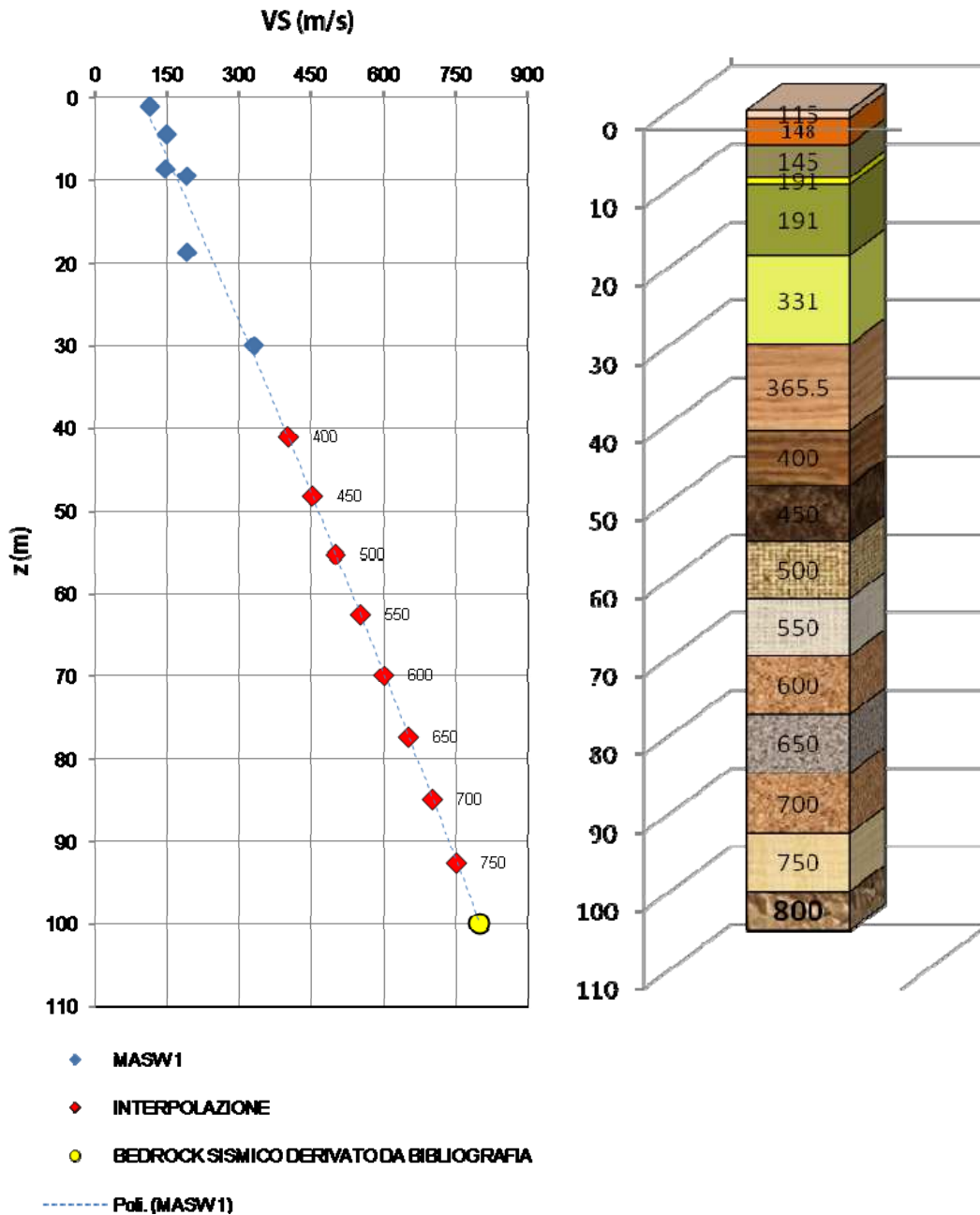


Fig. 4.3 – Modello sismico costitutivo, utilizzato per l'analisi RSL in oggetto

Per descrivere il comportamento dinamico dei terreni costituenti il modello sono state considerate curve di decadimento dei moduli di rigidità e smorzamento, al variare della deformazione percentuale  $\gamma(\%)$ . Si riportano successivamente le curve di decadimento considerate per l'esecuzione del calcolo di risposta sismica locale:

#### GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: info@geogroupmodena.it



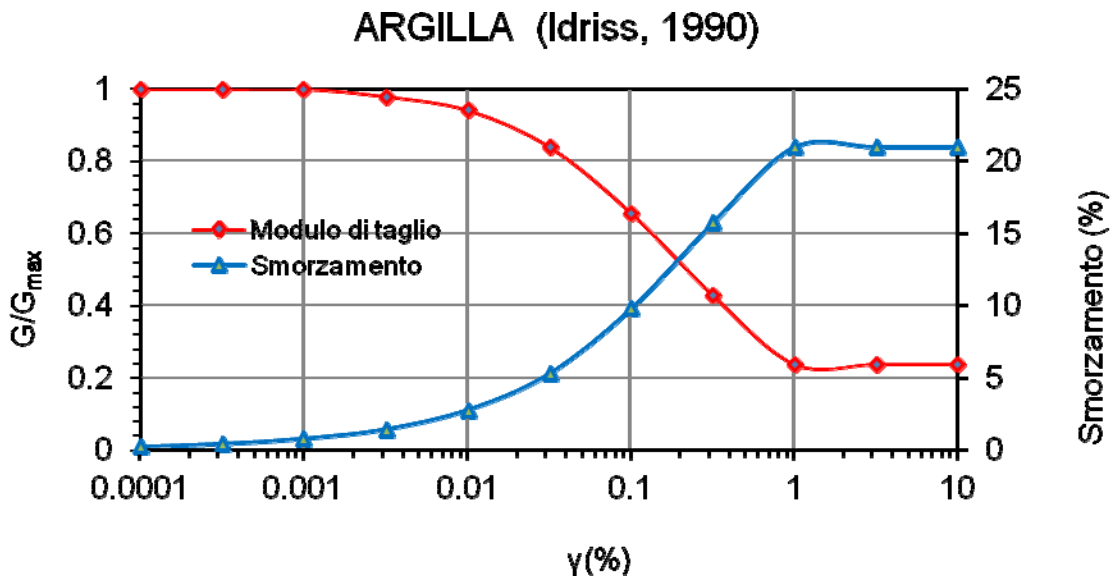


Fig. 4.4 – Curva di decadimento dei moduli  $G/G_{max}$  e  $D$ , utilizzata per descrivere il comportamento dei materiali coesivi che compongono il sottosuolo in oggetto

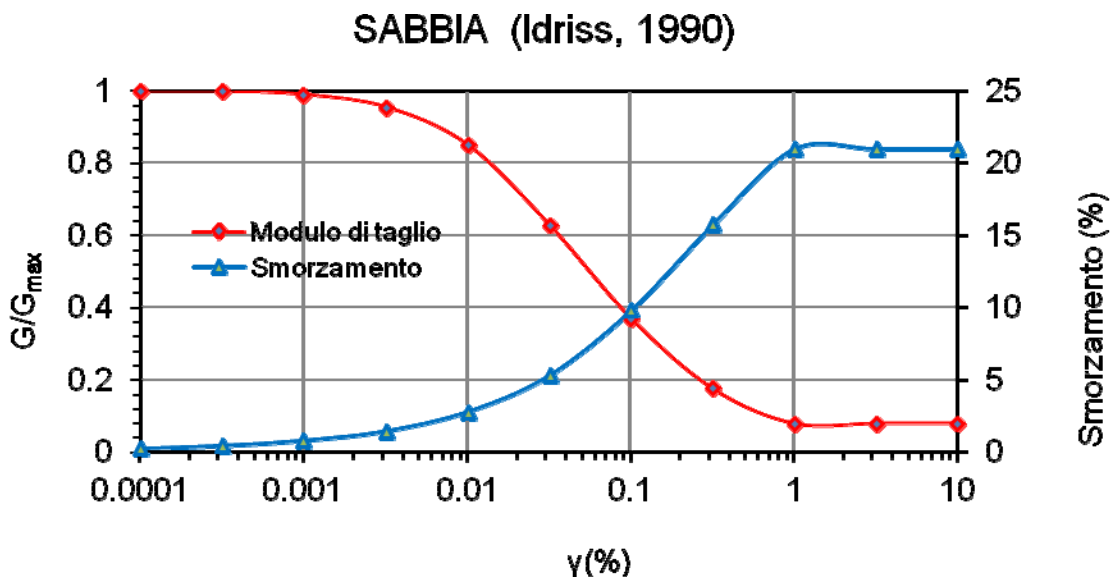


Fig. 4.5 – Curva di decadimento dei moduli  $G/G_{max}$  e  $D$ , utilizzata per descrivere il comportamento dei livelli sabbiosi che si rinvergono nel sottosuolo in oggetto

Trattandosi di una verifica diretta ai fini progettuali, in accordo con quanto esposto nel § 7.3 del D.M. 14/01/2008, l'analisi RSL in oggetto è stata svolta adottando come input sismico 7 accelerogrammi, corrispondenti allo stato limite SLV. Gli accelerogrammi reali e misurati, sono stati individuati mediante l'utilizzo del software REXEL v. 3.5 (Computer aided code-based real record selection for seismic analysis of structures) realizzato dal Dipartimento di Strutture per l'ingegneria e l'architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II.

#### GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena  
 Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)  
 Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019  
 p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: info@geogroupmodena.it





Utilizzando le coordinate relative al sito di riferimento, considerando una categoria di sottosuolo A e una classe d'uso pari a II, sono stati definiti n.7 accelerogrammi per lo stato limite SLV, relative a un tempo di ritorno pari a 475 anni. Gli accelerogrammi sono stati prelevati dal "European Strong-motion Database". Gli accelerogrammi sono stati successivamente scalati secondo l'accelerazione, attesa al suolo rigido per il Comune di Cavezzo, pari a 0.150 g.

**In accordo con quanto richiesto a fini integrativi dalla Provincia di Modena, l'analisi RSL ha previsto l'utilizzo anche dei n. 3 accelerogrammi, forniti dal Servizio Geologico e Sismico della Regione Emilia Romagna, riferiti al territorio Comunale di Cavezzo (.**

Successivamente si illustrano i codici relativi agli accelerogrammi considerati e i relativi valori di accelerazione (g), registrati in funzione del tempo.

STATO LIMITE	N°	CODICE
SLV	1	000287xa_record
	2	000428ya_record
	3	002025xa_record
	4	004675xa_record
	5	005819xa_record
	6	005819ya_record
	7	006335ya_record
	8	000046xa_036009Cavezzo
	9	000126xa_036009Cavezzo
	10	000354xa_036009Cavezzo
<b>STATO LIMITE SALVAGUARDIA VITA [SLV]</b>		

#### **GEO GROUP s.r.l.**

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: info@geogroupmodena.it



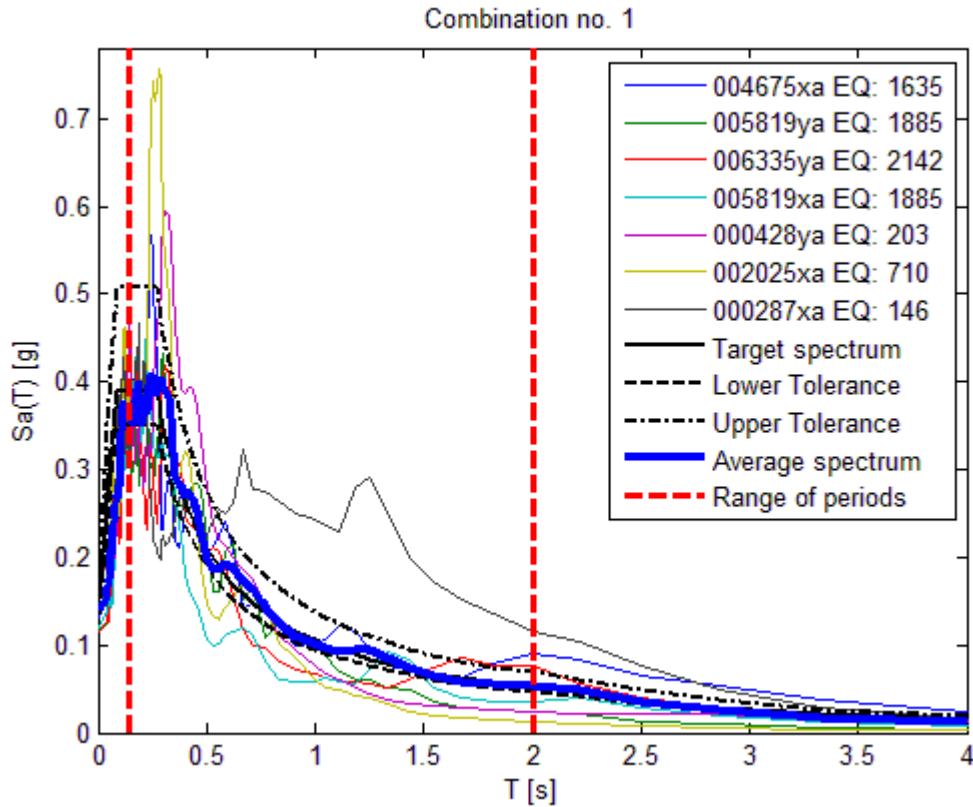


Fig. 4.6 – Forme spettrali relative agli accelerogrammi considerati

### 4.3 RISULTATI OTTENUTI

Sulla scorta delle verifiche svolte mediante software STRATA, in riferimento al modello considerato, è stato possibile definire, nel dominio delle frequenze, la funzione FTT (Trasformata di Fourier), la funzione TF (Funzione di trasferimento) e rapporto spettrale di amplificazione.

#### GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)



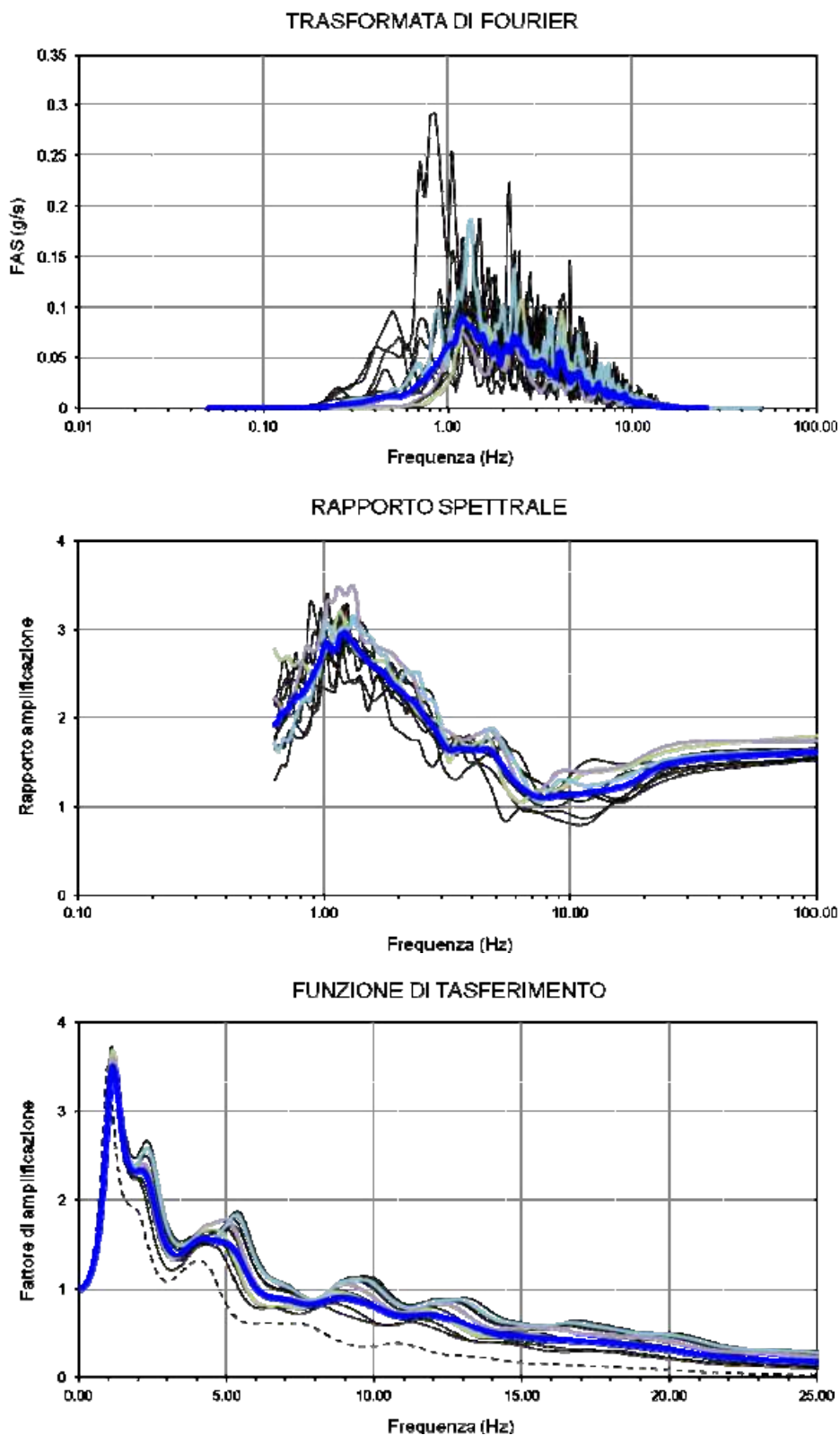


Fig. 4.7 – In alto: funzione FTT, rapporto spettrale di amplificazione e funzione di trasferimento.

### GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: info@geogroupmodena.it



Definiti i parametri che descrivono il comportamento del sottosuolo nel campo elastico lineare e descritti gli accelerogrammi su suolo rigido validi per il sito in oggetto, attraverso il software STRATA sono state definite le seguenti forme spettrali, in termini accelerazione e velocità alla superficie:

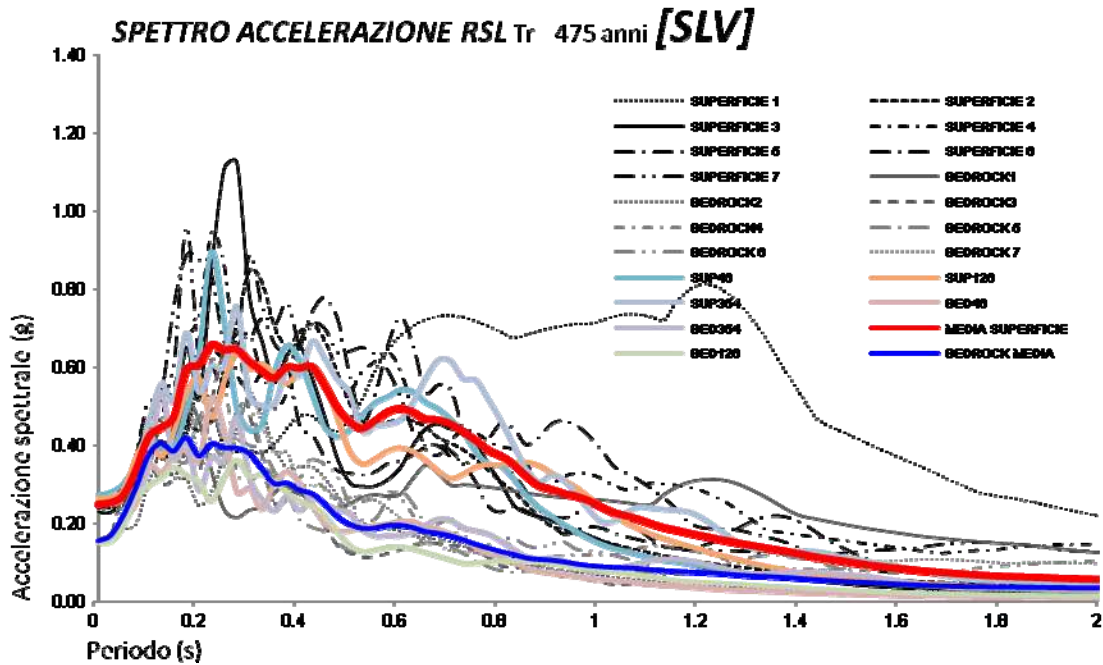


Fig. 4.8 – Accelerazioni spettrali relative a un periodo di ritorno pari a 475 anni (SLV)

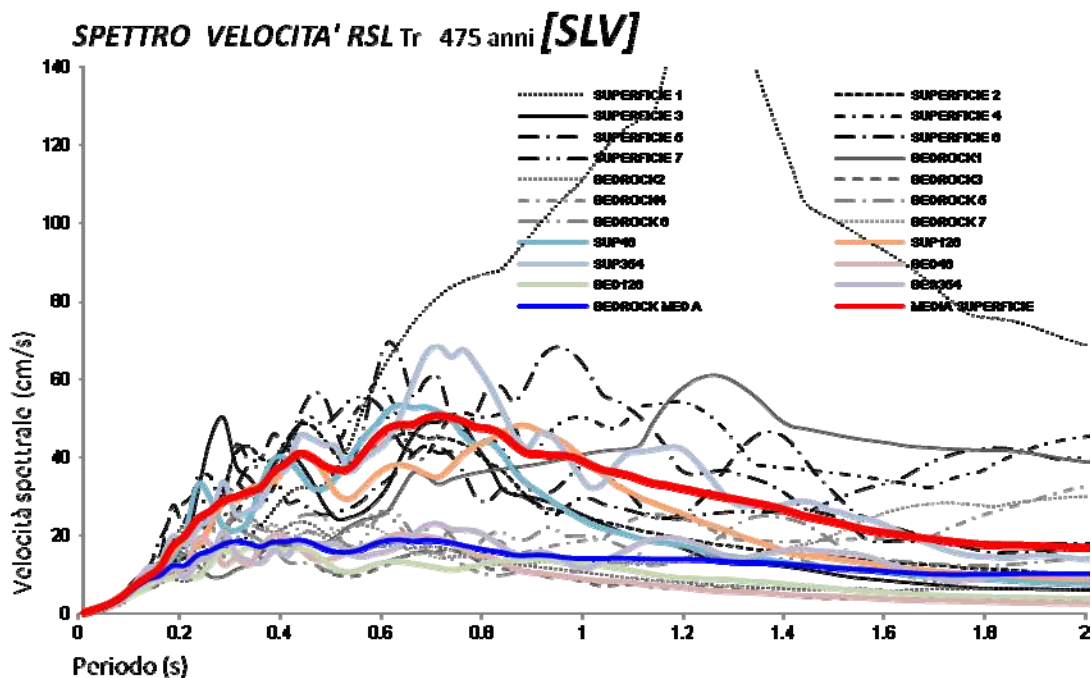


Fig. 4.9 – Velocità spettrali relative a un periodo di ritorno pari a 475 anni (SLV)

**GEO GROUP s.r.l.**

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena  
 Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)  
 Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019  
 p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)



Dati i valori di accelerazione ottenuti dal calcolo eseguito, è stato definito lo spettro normalizzato per lo stato limite considerato. Così facendo è stato ottenuto lo spettro a probabilità uniforme, sulla base dei risultati ottenuti mediante il software STRATA.

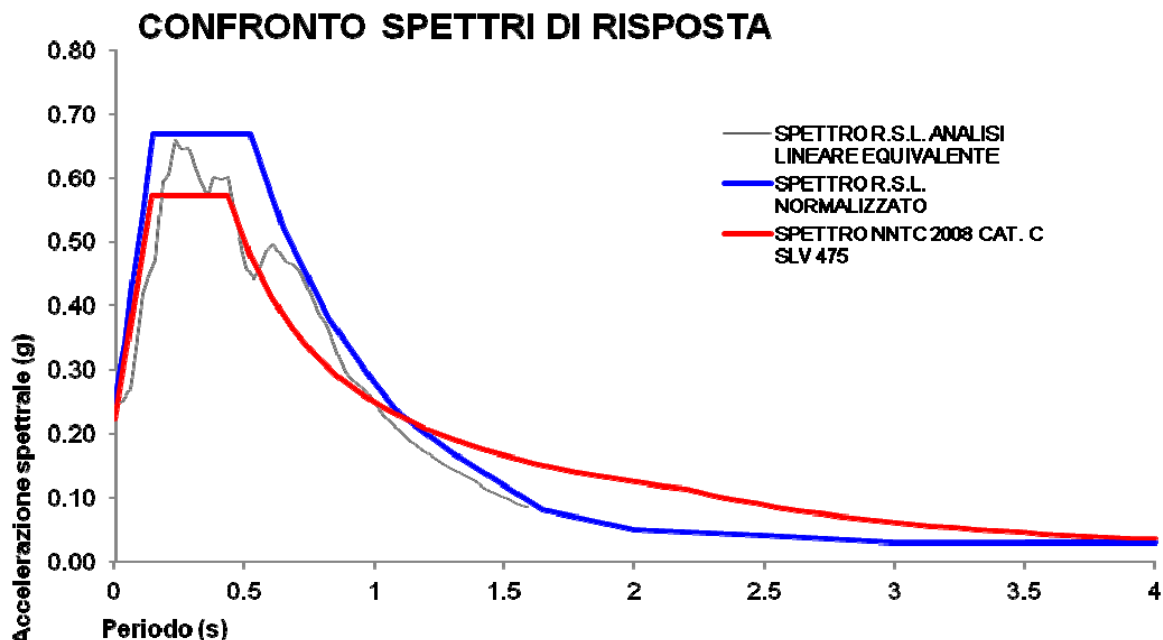


Fig. 4.10 – Confronto tra lo spettro di accelerazione calcolato secondo NTC (CAT. C-SLV) (in rosso tratteggiato) e lo spettro di accelerazione ottenuto dal calcolo mediante software STRATA (in blu) (SLV)

Da quanto è possibile osservare nelle figure appena riportate, lo spettro calcolato per una categoria di sottosuolo C, sottostima l'azione sismica per il sito in oggetto nella prima porzione dello spettro considerato (Intervallo T(s) compreso tra 0.00 s e 1.00 s). Considerando quindi gli spettri derivanti dall'analisi RSL è possibile definire un' azione sismica maggiore rispetto a quella identificata dall'approccio semplificato NNTC. Si riportano successivamente i parametri che identificano lo spettro normalizzato derivante dalla mediana della totalità degli spettri derivati a seguito dell'analisi RSL:

	Tr	Ag (g)	S	n	T*	f <sub>0</sub>	T <sub>c</sub> (Sec)	T <sub>b</sub> (Sec)	T <sub>d</sub> (Sec)	Amax (g)
<b>SLV</b>	475	0.150	1.62	1	0.269	2.66	0.520	0.150	2.213	<b>0.248</b>

Tab. 1.1 – Parametri che identificano lo spettro normalizzato, derivato dall'analisi mediante il software di calcolo STRATA

L'azione sismica derivata rappresenta il valore della mediana di tutti i n. 9 spettri di accelerazione derivanti nel corso dell'analisi RSL. Rappresenta, pertanto, il valore statisticamente più probabile e rappresentativo da considerare ai fini progettuali.

## GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: info@geogroupmodena.it



L'azione sismica maggiore derivata, in termini di spettro di accelerazione, è rappresentata dallo spettro riferito all'accelerogramma 00046\_Cavezzo. Come visibile successivamente (Fig. n. 4.11), per tale input sismico l'analisi RSL eseguita ha derivato un valore di PGA (T=0 sec) pari a **0.271 g**.

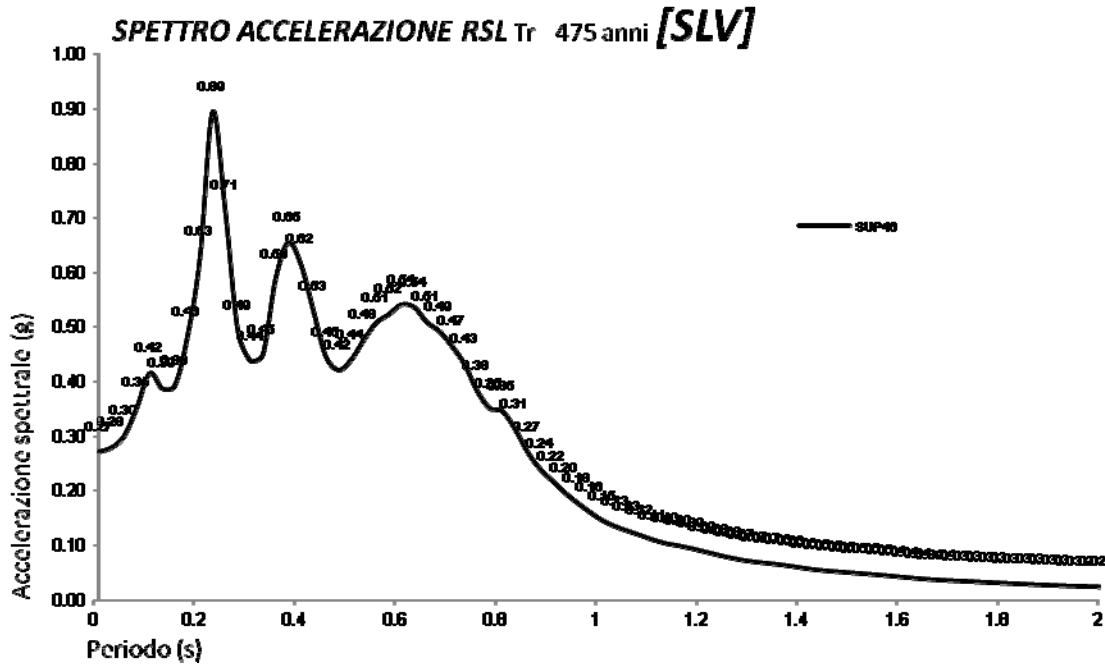


Fig. 4.11 – Spettro di accelerazione massimo, relativo all'input 00046\_Cavezzo considerato nel corso dell'analisi RSL eseguita



## 5. VERIFICA DELLA SUSCETTIVITÀ DEL SITO AL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE

Poiché l'azione sismica di riferimento risulta superiore, rispetto a quella delineata secondo approccio semplificato nel precedente studio, si procede alla verifica della suscettività a liquefazione del sito considerando gli esisti dello studio RSL precedentemente sviluppato.

Le verifiche sono state svolte considerando le n. 2 verticali di prova CPT, attraverso il software LiqIT (GEOLOGISMIKI), secondo il metodo proposto da Boulanger & Idriss (2004).

La metodologia di calcolo utilizzata per la stima dei valori di LPI è la procedura semi-empirica proposta dagli autori BOULANGER & IDRIS (2004). Tale scelta operativa è stata adottata in quanto, a seguito degli eventi sismici verificatesi nei mesi di maggio e giugno 2012, il "Gruppo di Lavoro Liquefazione" della Regione Emilia Romagna, ha decretato essere l'approccio di calcolo maggiormente adeguato per la stima dei fenomeni di liquefazione.

La procedura semi-empirica utilizzata si articola nelle seguenti fasi di calcolo:

1) Definiti di valori di  $q_c$  viene calcolato il valore di  $q_{c1N}$  attraverso la seguente relazione:

$$q_{c1N} = \frac{C_N \times q_c}{P_a} \quad C_N = \left( \frac{P_a}{\sigma_{vo}} \right)^m \leq 1.7$$

dove  $m$  viene definito per via iterativa tramite la seguente relazione, finche non viene soddisfatta la relazione  $\Delta m < 0.01$ :

$$m = 1.338 - 0.249 \times (q_{c1N})^{0.264}$$

2) Una volta derivato il valore di  $q_{c1N}$  si procede al calcolo del parametro  $I_c$ .

3) Se la condizione di  $I_c < 2.60$  risulta essere verificata, allora è possibile calcolare la resistenza ciclica secondo le seguenti relazioni:

### **GEO GROUP s.r.l.**

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: info@geogroupmodena.it



$$q_{c1Ncs} = q_{c1N} + \Delta q_{c1N}$$

where :

$$\Delta q_{c1N} = \left( 5.4 + \frac{q_{c1N}}{16} \right) \times e^{\left( 1.63 + \frac{9.7}{FC+0.01} - \left( \frac{15.7}{FC+0.01} \right)^2 \right)}$$

4) Qualora fosse verificata la condizione di  $l_c > 2.60$ , la resistenza ciclica CRR viene stimata secondo la presente relazione:

$$CRR_{M=7.5, \sigma'_{vo}=1} = 0.80 \times \frac{S_u}{\sigma'_{vo}} \times K_d$$

5) Ottenuto il valore di CRR, si procede alla valutazione e stima dell'azione sismica di riferimento CSR. Il rapporto di tensione ciclica, descrittivo dell'azione sismica ad una determinata profondità, viene valutato attraverso la relazione proposta da Seed e Idriss (1971):

$$CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \frac{a_{max s}}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} r_d$$

Dove  $a_{max}$  rappresenta l'accelerazione di picco al suolo,  $g$  è l'accelerazione di gravità,  $\sigma_v$  e  $\sigma'_v$  sono le tensioni reostatiche verticali totali e efficaci,  $r_d$  è un coefficiente riduttivo dell'azione sismica.

$$r_d = 1 - 0.012 z$$

6) Sulla scorta dei valori di CSR e CRR derivati è possibile calcolare il fattore di sicurezza alla liquefazione di ciascun punto considerato. Data la distribuzione dei fattori sicurezza in funzione della profondità è possibile ricavare il potenziale di liquefazione attraverso la seguente relazione:

$$I_L = \int_0^{20} F(z) w(z) dz$$

in cui  $z$  è la profondità dal piano campagna in metri,  $w(z) = 10 - 0.5 z$  e  $FL = 1 - FL$  (Se  $FL \leq 1.0$ ) e  $FL = 0$  (se  $FL > 1.0$ ).

**GEO GROUP s.r.l.**

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena  
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)  
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019  
p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)





L'analisi del potenziale di liquefazione delle verticali di prova è stata eseguita nei primi 20.00 m di sottosuolo, nei quali le fonti bibliografiche indicano la verificabilità dei fenomeni e le normative di riferimento prescrivono l'analisi. In base al valore di IL ottenuto è possibile fornire un'indicazione del rischio di liquefazione. In considerazione delle linee guida emesse dalla Regione Emilia Romagna, a seguito degli eventi sismici di Maggio e Giugno 2012, si considera la classificazione di rischio definita da **Sonmez 2003**:

INDICE DI LIQUEFAZIONE	Rischio di liquefazione
LPI=0	Nulla
0<LPI≤2	Basso
2<LPI≤5	Moderato
5<LPI≤10	Alto
15>LPI	Molto alto

Per ottemperare alle richieste espresse dalla Provincia di Modena e in accordo con le risultanze derivanti dalle mappe di scuotimento, pubblicate da INGV, sono state eseguite nuovamente le verifiche della suscettività del sito nei confronti dei fenomeni di liquefazione. Le verifiche sono state svolte considerando una magnitudo di riferimento **M = 6.14**, una accelerazione massima al suolo **A<sub>max</sub> = 0.295 g (Shakemaps INGV)**, ipotizzando la soggiacenza della falda freatica alla profondità di **Dw -2.50 m da p.c.**

Dalle verifiche alla liquefazione eseguite per l'area in oggetto sono stati derivati i seguenti indici di liquefazione:

PROVA	IL	L	Rischio di liquefazione
CPT 1	0.67	20.00 m da p.c.	Basso
CPT2	0.58	15.00 m da p.c.	Basso

**A fronte degli indici di potenziale liquefazione ottenuti per le n. 2 verticali di prova CPT eseguite è possibile affermare che il rischio, collegato alla verificabilità di fenomeni di liquefazione, è da ritenersi basso.**

#### **GEO GROUP s.r.l.**

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: info@geogroupmodena.it



## 6. CONCLUSIONI

Sulla scorta dell'analisi RSL svolta e in seguito alle verifiche della suscettività a liquefazione eseguite, è stato possibile definire un quadro conoscitivo, coerente con un approfondimento di III livello (Normativa Regionale DAL 112/07), per il fabbricato industriale sede della "Società D'Avant Garde Tricot", sito in Via Cavour n. 248, nel Comune di Cavezzo. **A fronte delle richieste espresse dalla Provincia di Modena, l'analisi RSL è stata integrata considerando i n. 3 input sismici forniti dal Servizio Geologico e Sismico della Regione Emilia Romagna, riferiti al territorio comunale di Cavezzo. Sulla scorta delle risultanze ottenute dalla seguente analisi è stato derivato un valore di  $PGA_{\text{MEDIANA}}$  pari a 0.248 g (T = 0 sec) e un valore di  $PGA_{\text{MAX}}$  pari a 0.271 g (T = 0 sec) (input 00046\_Cavezzo).**

Alla luce di quanto emerso dalle verifiche in oggetto, nonostante l'area ricada in zone suscettibili di effetti locali e potenziale liquefazione (Studi Microzonazione sismica – Regione Emilia Romagna – Ordinanza n. 70 del 13/11/2012), è possibile affermare che la suscettività al fenomeno di liquefazione non coesiste, dato che **gli indici potenziali di liquefazione risultano caratteristici di una classe di rischio "basso" (SOMNEZ 2003)**. Tale affermazione risulta pienamente coerente con l'assetto stratigrafico delineato, in quanto, in riferimento alle n. 2 verticali di prova CPT non sono state rilevate unità sabbiose degne di nota.

Detto ciò, data la dimostrazione dell'inesistenza di condizioni che conducano a considerare valida la classificazione del sottosuolo secondo categoria di suolo S2, in quanto tale classificazione descrive depositi suscettibili a fenomeni di liquefazione ( $IP > 2.00$ ), risulta lecito e ammissibile derivare l'azione sismica di progetto secondo approccio semplificato proposto dalla vigente normativa nazionale NTC DM 14/01/2008, considerando una categoria di suolo tipo C, coerentemente da quanto emerso in seguito alla campagna geofisica svolta nel mese di maggio 2013.

A disposizione per ulteriori chiarimenti cogliamo l'occasione per porgere distinti saluti.

Modena, 02 Dicembre 2014



Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

**GEO GROUP s.r.l.**

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)





**GEO GROUP s.r.l.**

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it) - e-mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)

***ALLEGATO N° 1***

***VERIFICA DELLA SUSCETTIVITÀ AL  
FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE***



## LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

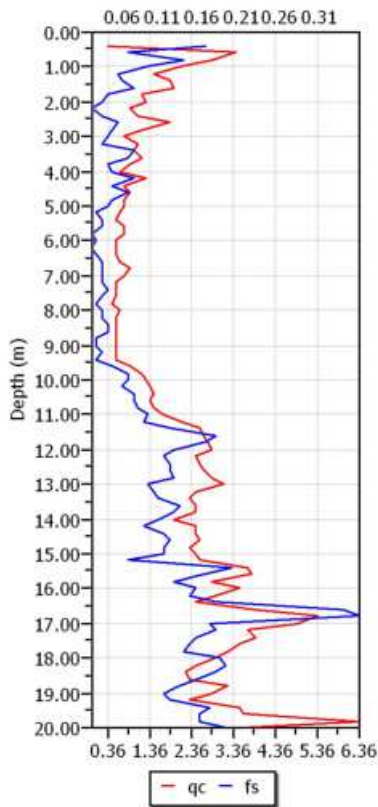
**Project title : Cavezzo**

**Project subtitle : Via Cavour**

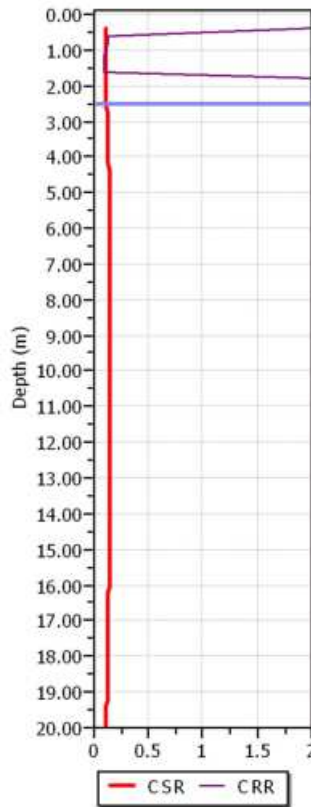
### Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Cone Penetration Test	Depth to water table:	2.50 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14
Analysis method:	Boulanger & Idriss (2004)	Peak ground acceleration:	0.29 g
Fines correction method:	Boulanger & Idriss	User defined F.S.:	1.00

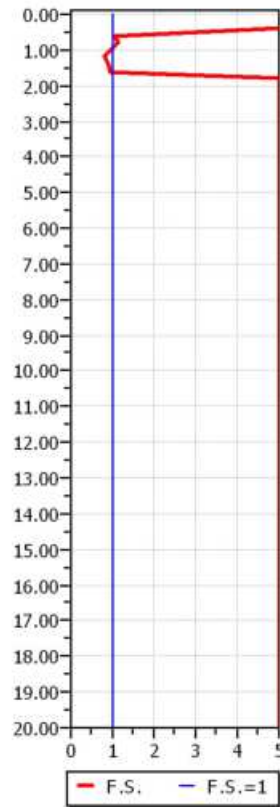
**CPT data graph**



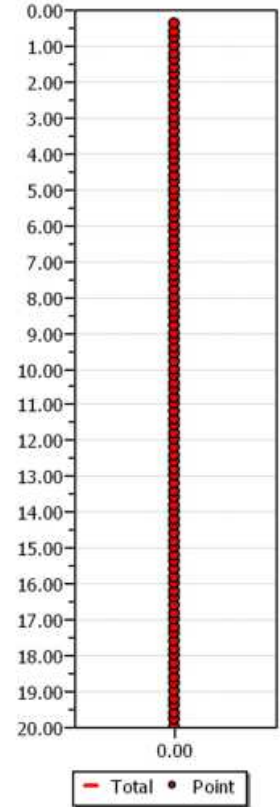
**Shear stress ratio**



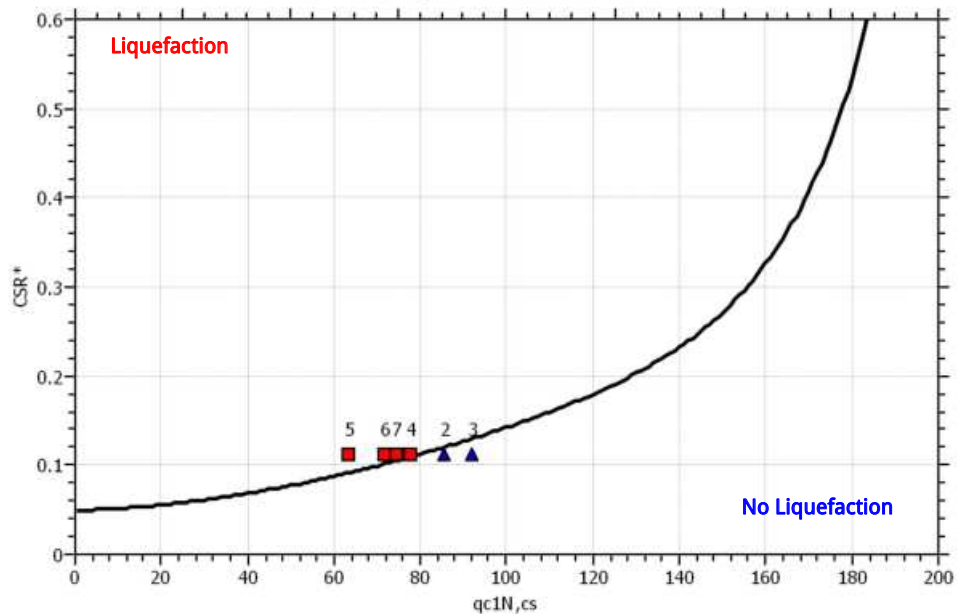
**Factor of safety**

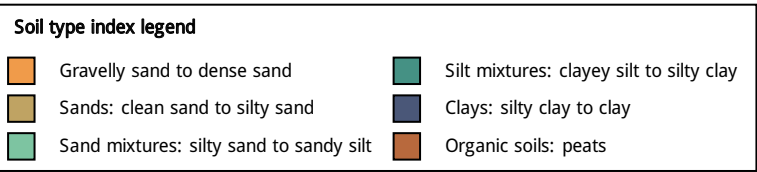
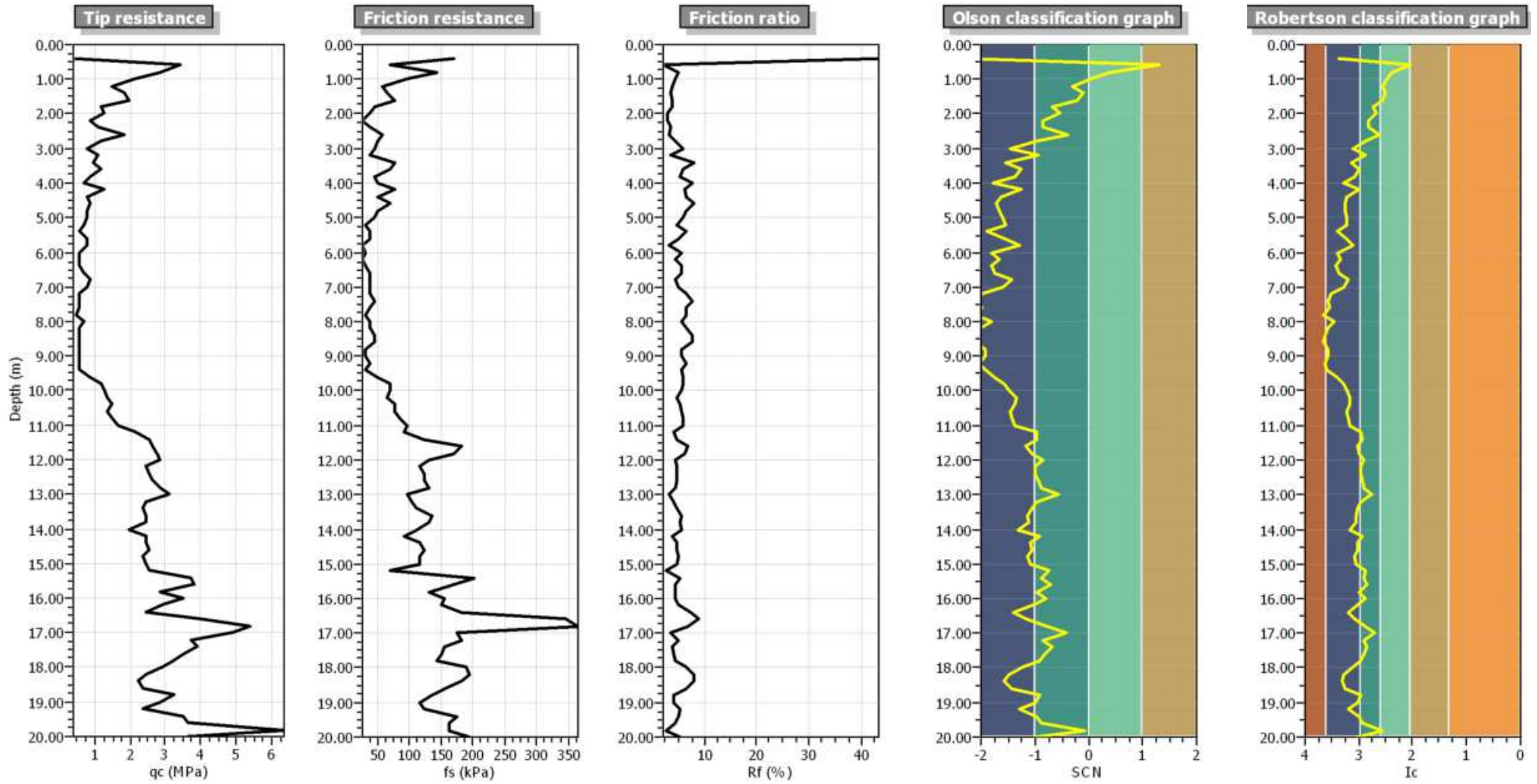


**Settlements (cm)**



**$M_w=7^{1/2}$ ,  $\sigma'_v=1$  atm base curve**





**:: Field input data ::**

Point ID	Depth (m)	$q_c$ (MPa)	$f_s$ (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/mE)
1	0.40	0.39	169.28	86.66	19.00
2	0.60	3.42	71.43	14.28	19.00
3	0.80	2.84	143.84	26.29	19.00
4	1.00	2.15	97.85	29.38	19.00
5	1.20	1.47	58.71	34.05	19.00
6	1.40	1.86	65.56	30.95	19.00
7	1.60	1.96	78.28	33.22	19.00
8	1.80	1.17	45.99	42.00	19.00
9	2.00	1.27	39.14	38.80	19.00
10	2.20	0.88	26.42	46.60	19.00
11	2.40	1.08	39.14	46.92	19.00
12	2.60	1.86	58.71	36.19	19.00
13	2.80	1.17	51.86	50.00	19.00
14	3.00	0.78	45.99	65.14	19.00
15	3.20	1.08	39.14	50.13	19.00
16	3.40	0.98	78.28	67.51	19.00
17	3.60	1.17	71.43	58.49	19.00
18	3.80	0.88	45.99	63.43	19.00
19	4.00	0.68	51.86	79.26	19.00
20	4.20	1.27	78.28	58.96	19.00
21	4.40	0.78	51.86	74.20	19.00
22	4.60	0.88	71.43	75.98	19.00
23	4.80	0.78	51.86	76.06	19.00
24	5.00	0.78	45.99	74.42	19.00
25	5.20	0.68	32.29	75.23	19.00
26	5.40	0.59	39.14	89.88	19.00
27	5.60	0.78	39.14	73.74	19.00
28	5.80	0.78	26.42	67.00	19.00
29	6.00	0.59	32.29	88.78	19.00
30	6.20	0.59	26.42	85.35	19.00
31	6.40	0.59	32.29	91.05	19.00
32	6.60	0.68	39.14	86.30	19.00
33	6.80	0.88	39.14	72.28	19.00
34	7.00	0.78	39.14	79.83	19.00
35	7.20	0.59	39.14	100.00	19.00
36	7.40	0.59	45.99	100.00	19.00
37	7.60	0.59	39.14	100.00	19.00
38	7.80	0.49	32.29	100.00	19.00
39	8.00	0.68	39.14	93.27	19.00
40	8.20	0.59	39.14	100.00	19.00
41	8.40	0.59	45.99	100.00	19.00
42	8.60	0.59	45.99	100.00	19.00
43	8.80	0.59	32.29	100.00	19.00
44	9.00	0.59	32.29	100.00	19.00
45	9.20	0.59	39.14	100.00	19.00
46	9.40	0.59	32.29	100.00	19.00
47	9.60	0.88	51.86	89.49	19.00
48	9.80	1.17	71.43	79.22	19.00
49	10.00	1.27	71.43	75.09	19.00
50	10.20	1.37	65.56	69.65	19.00
51	10.40	1.47	78.28	70.14	19.00
52	10.60	1.37	78.28	74.56	19.00
53	10.80	1.47	85.13	73.02	19.00
54	11.00	1.66	97.85	69.65	19.00
55	11.20	2.15	91.00	55.81	19.00

**:: Field input data (continued) ::**

Point ID	Depth (m)	$q_c$ (MPa)	$f_s$ (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/mE)
56	11.40	2.54	124.27	54.53	19.00
57	11.60	2.64	182.97	60.94	19.00
58	11.80	2.74	169.28	57.96	19.00
59	12.00	2.84	130.14	51.61	19.00
60	12.20	2.45	117.42	56.57	19.00
61	12.40	2.54	124.27	56.21	19.00
62	12.60	2.64	124.27	54.82	19.00
63	12.80	2.84	130.14	52.83	19.00
64	13.00	3.13	97.85	44.11	19.00
65	13.20	2.45	104.70	56.05	19.00
66	13.40	2.35	110.57	59.39	19.00
67	13.60	2.45	136.99	62.09	19.00
68	13.80	2.45	130.14	61.37	19.00
69	14.00	1.96	110.57	70.04	19.00
70	14.20	2.45	91.00	55.05	19.00
71	14.40	2.45	117.42	60.31	20.00
72	14.60	2.54	124.27	59.91	21.00
73	14.80	2.35	117.42	63.22	22.00
74	15.00	2.45	117.42	61.59	23.00
75	15.20	2.54	71.43	50.92	24.00
76	15.40	3.72	202.54	53.52	25.00
77	15.60	3.82	169.28	49.36	26.00
78	15.80	2.84	130.14	58.28	27.00
79	16.00	3.52	156.56	52.26	28.00
80	16.20	2.94	149.71	60.55	29.00
81	16.40	2.45	182.97	75.80	30.00
82	16.60	3.91	345.40	65.65	31.00
83	16.80	5.38	364.97	52.22	32.00
84	17.00	4.89	176.13	42.90	33.00
85	17.20	3.72	182.97	55.98	34.00
86	17.40	3.91	156.56	51.14	35.00
87	17.60	3.52	149.71	55.77	36.00
88	17.80	3.23	143.84	59.96	37.00
89	18.00	2.94	188.85	72.01	38.00
90	18.20	2.45	195.69	85.13	39.00
91	18.40	2.25	182.97	89.79	40.00
92	18.60	2.35	156.56	84.20	41.00
93	18.80	3.23	136.99	62.61	42.00
94	19.00	2.84	117.42	67.43	43.00
95	19.20	2.35	124.27	81.80	44.00
96	19.40	3.52	176.13	65.62	45.00
97	19.60	3.62	163.41	63.25	46.00
98	19.80	6.36	163.41	38.02	47.00
99	20.00	3.62	195.69	68.95	48.00

Depth : Depth from free surface, at which CPT was performed (m)  
 $q_c$  : Measured cone resistance  
 $f_s$  : Sleeve friction resistance  
Fines content : Percentage of fines in soil (%)  
Unit weight : Bulk soil unit weight (kPa)

**:: Cyclic Stress Ratio calculation (CSR fully adjusted and normalized) ::**

Point ID	Depth (m)	Sigma (kPa)	u (kPa)	Sigma' (kPa)	$r_d$	CSR	MSF	$CSR_{eq,M=7.5}$	$K_{sigma}$	CSR*
1	0.40	7.60	0.00	7.60	1.00	0.19	1.67	0.11	1.00	0.11
2	0.60	11.40	0.00	11.40	1.00	0.19	1.67	0.11	1.00	0.11

<b>:: Cyclic Stress Ratio calculation (CSR fully adjusted and normalized) (continued) ::</b>
--

Point ID	Depth (m)	Sigma (kPa)	u (kPa)	Sigma' (kPa)	$r_d$	CSR	MSF	$CSR_{eq, M=7.5}$	$K_{\sigma}$	CSR*
3	0.80	15.20	0.00	15.20	1.00	0.19	1.67	0.11	1.00	0.11
4	1.00	19.00	0.00	19.00	0.99	0.19	1.67	0.11	1.00	0.11
5	1.20	22.80	0.00	22.80	0.99	0.19	1.67	0.11	1.00	0.11
6	1.40	26.60	0.00	26.60	0.99	0.19	1.67	0.11	1.00	0.11
7	1.60	30.40	0.00	30.40	0.99	0.19	1.67	0.11	1.00	0.11
8	1.80	34.20	0.00	34.20	0.98	0.19	1.67	0.11	1.00	0.11
9	2.00	38.00	0.00	38.00	0.98	0.18	1.67	0.11	1.00	0.11
10	2.20	41.80	0.00	41.80	0.98	0.18	1.67	0.11	1.00	0.11
11	2.40	45.60	0.00	45.60	0.97	0.18	1.67	0.11	1.00	0.11
12	2.60	49.40	0.98	48.42	0.97	0.19	1.67	0.11	1.00	0.11
13	2.80	53.20	2.94	50.26	0.97	0.19	1.67	0.12	1.00	0.12
14	3.00	57.00	4.91	52.09	0.96	0.20	1.67	0.12	1.00	0.12
15	3.20	60.80	6.87	53.93	0.96	0.20	1.67	0.12	1.00	0.12
16	3.40	64.60	8.83	55.77	0.95	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
17	3.60	68.40	10.79	57.61	0.95	0.21	1.67	0.13	1.00	0.13
18	3.80	72.20	12.75	59.45	0.95	0.22	1.67	0.13	1.00	0.13
19	4.00	76.00	14.71	61.28	0.94	0.22	1.67	0.13	1.00	0.13
20	4.20	79.80	16.68	63.12	0.94	0.22	1.67	0.13	1.00	0.13
21	4.40	83.60	18.64	64.96	0.93	0.23	1.67	0.14	1.00	0.14
22	4.60	87.40	20.60	66.80	0.93	0.23	1.67	0.14	1.00	0.14
23	4.80	91.20	22.56	68.64	0.93	0.23	1.67	0.14	1.00	0.14
24	5.00	95.00	24.52	70.47	0.92	0.23	1.67	0.14	1.00	0.14
25	5.20	98.80	26.49	72.31	0.92	0.24	1.67	0.14	1.00	0.14
26	5.40	102.60	28.45	74.15	0.91	0.24	1.67	0.14	1.00	0.14
27	5.60	106.40	30.41	75.99	0.91	0.24	1.67	0.14	1.00	0.14
28	5.80	110.20	32.37	77.83	0.91	0.24	1.67	0.14	1.00	0.14
29	6.00	114.00	34.34	79.66	0.90	0.24	1.67	0.15	1.00	0.15
30	6.20	117.80	36.30	81.50	0.90	0.24	1.67	0.15	1.00	0.15
31	6.40	121.60	38.26	83.34	0.89	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
32	6.60	125.40	40.22	85.18	0.89	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
33	6.80	129.20	42.18	87.02	0.88	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
34	7.00	133.00	44.15	88.85	0.88	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
35	7.20	136.80	46.11	90.69	0.87	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
36	7.40	140.60	48.07	92.53	0.87	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
37	7.60	144.40	50.03	94.37	0.86	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
38	7.80	148.20	51.99	96.21	0.86	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
39	8.00	152.00	53.95	98.05	0.86	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
40	8.20	155.80	55.92	99.88	0.85	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
41	8.40	159.60	57.88	101.72	0.85	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
42	8.60	163.40	59.84	103.56	0.84	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
43	8.80	167.20	61.80	105.40	0.84	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
44	9.00	171.00	63.77	107.23	0.83	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
45	9.20	174.80	65.73	109.07	0.83	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
46	9.40	178.60	67.69	110.91	0.82	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
47	9.60	182.40	69.65	112.75	0.82	0.25	1.67	0.15	0.99	0.15
48	9.80	186.20	71.61	114.59	0.81	0.25	1.67	0.15	0.99	0.15
49	10.00	190.00	73.58	116.42	0.81	0.25	1.67	0.15	0.99	0.15
50	10.20	193.80	75.54	118.26	0.80	0.25	1.67	0.15	0.99	0.15
51	10.40	197.60	77.50	120.10	0.80	0.25	1.67	0.15	0.99	0.15
52	10.60	201.40	79.46	121.94	0.79	0.25	1.67	0.15	0.99	0.15
53	10.80	205.20	81.42	123.78	0.79	0.25	1.67	0.15	0.99	0.15
54	11.00	209.00	83.39	125.61	0.78	0.25	1.67	0.15	0.99	0.15
55	11.20	212.80	85.35	127.45	0.78	0.25	1.67	0.15	0.99	0.15
56	11.40	216.60	87.31	129.29	0.77	0.24	1.67	0.15	0.99	0.15
57	11.60	220.40	89.27	131.13	0.77	0.24	1.67	0.15	0.99	0.15



**:: Cyclic Stress Ratio calculation (CSR fully adjusted and normalized) (continued) ::**

Point ID	Depth (m)	Sigma (kPa)	u (kPa)	Sigma' (kPa)	r <sub>d</sub>	CSR	MSF	CSR <sub>eq,M=7.5</sub>	K <sub>sigma</sub>	CSR*
58	11.80	224.20	91.23	132.97	0.76	0.24	1.67	0.15	0.98	0.15
59	12.00	228.00	93.19	134.81	0.76	0.24	1.67	0.15	0.98	0.15
60	12.20	231.80	95.16	136.64	0.76	0.24	1.67	0.14	0.98	0.15
61	12.40	235.60	97.12	138.48	0.75	0.24	1.67	0.14	0.98	0.15
62	12.60	239.40	99.08	140.32	0.75	0.24	1.67	0.14	0.98	0.15
63	12.80	243.20	101.04	142.16	0.74	0.24	1.67	0.14	0.98	0.15
64	13.00	247.00	103.00	144.00	0.74	0.24	1.67	0.14	0.98	0.15
65	13.20	250.80	104.97	145.83	0.73	0.24	1.67	0.14	0.98	0.15
66	13.40	254.60	106.93	147.67	0.73	0.24	1.67	0.14	0.98	0.14
67	13.60	258.40	108.89	149.51	0.72	0.24	1.67	0.14	0.98	0.14
68	13.80	262.20	110.85	151.35	0.72	0.23	1.67	0.14	0.98	0.14
69	14.00	266.00	112.81	153.19	0.71	0.23	1.67	0.14	0.98	0.14
70	14.20	269.80	114.78	155.02	0.71	0.23	1.67	0.14	0.98	0.14
71	14.40	273.80	116.74	157.06	0.70	0.23	1.67	0.14	0.98	0.14
72	14.60	278.00	118.70	159.30	0.70	0.23	1.67	0.14	0.98	0.14
73	14.80	282.40	120.66	161.74	0.70	0.23	1.67	0.14	0.98	0.14
74	15.00	287.00	122.63	164.38	0.69	0.23	1.67	0.14	0.98	0.14
75	15.20	291.80	124.59	167.21	0.69	0.23	1.67	0.14	0.97	0.14
76	15.40	296.80	126.55	170.25	0.68	0.22	1.67	0.13	0.97	0.14
77	15.60	302.00	128.51	173.49	0.68	0.22	1.67	0.13	0.97	0.14
78	15.80	307.40	130.47	176.93	0.67	0.22	1.67	0.13	0.97	0.14
79	16.00	313.00	132.44	180.56	0.67	0.22	1.67	0.13	0.97	0.14
80	16.20	318.80	134.40	184.40	0.66	0.22	1.67	0.13	0.97	0.13
81	16.40	324.80	136.36	188.44	0.66	0.21	1.67	0.13	0.97	0.13
82	16.60	331.00	138.32	192.68	0.66	0.21	1.67	0.13	0.96	0.13
83	16.80	337.40	140.28	197.12	0.65	0.21	1.67	0.13	0.96	0.13
84	17.00	344.00	142.25	201.75	0.65	0.21	1.67	0.12	0.96	0.13
85	17.20	350.80	144.21	206.59	0.64	0.21	1.67	0.12	0.96	0.13
86	17.40	357.80	146.17	211.63	0.64	0.20	1.67	0.12	0.96	0.13
87	17.60	365.00	148.13	216.87	0.64	0.20	1.67	0.12	0.96	0.13
88	17.80	372.40	150.09	222.31	0.63	0.20	1.67	0.12	0.96	0.12
89	18.00	380.00	152.06	227.94	0.63	0.20	1.67	0.12	0.96	0.12
90	18.20	387.80	154.02	233.78	0.62	0.20	1.67	0.12	0.96	0.12
91	18.40	395.80	155.98	239.82	0.62	0.19	1.67	0.12	0.96	0.12
92	18.60	404.00	157.94	246.06	0.62	0.19	1.67	0.11	0.96	0.12
93	18.80	412.40	159.90	252.50	0.61	0.19	1.67	0.11	0.95	0.12
94	19.00	421.00	161.87	259.13	0.61	0.19	1.67	0.11	0.95	0.12
95	19.20	429.80	163.83	265.97	0.61	0.18	1.67	0.11	0.96	0.12
96	19.40	438.80	165.79	273.01	0.60	0.18	1.67	0.11	0.95	0.11
97	19.60	448.00	167.75	280.25	0.60	0.18	1.67	0.11	0.95	0.11
98	19.80	457.40	169.71	287.69	0.59	0.18	1.67	0.11	0.94	0.11
99	20.00	467.00	171.68	295.32	0.59	0.18	1.67	0.11	0.95	0.11

- Depth : Depth from free surface, at which CPT was performed (m)
- Sigma : Total overburden pressure at test point, during earthquake (kPa)
- u : Water pressure at test point, during earthquake (kPa)
- Sigma' : Effective overburden pressure, during earthquake (kPa)
- r<sub>d</sub> : Nonlinear shear mass factor
- CSR : Cyclic Stress Ratio
- MSF : Magnitude Scaling Factor
- CSR<sub>eq,M=7.5</sub> : CSR adjusted for M= 7.5
- K<sub>sigma</sub> : Effective overburden stress factor
- CSR\* : CSR fully adjusted

**:: Cyclic Resistance Ratio calculation CRR<sub>7.5</sub> ::**

Point ID	q <sub>c</sub> (MPa)	FC (%)	C <sub>n</sub>	q <sub>c1N</sub>	D <sub>q</sub>	q <sub>c1N,cs</sub>	CRR <sub>7.5</sub>
1	0.39	86.66	1.70	6.65	32.13	38.78	2.00

**:: Cyclic Resistance Ratio calculation CRR<sub>7.5</sub> (continued) ::**

Point ID	q <sub>c</sub> (MPa)	FC (%)	C <sub>n</sub>	q <sub>c1N</sub>	D <sub>q</sub>	q <sub>c1N,cs</sub>	CRR <sub>7.5</sub>
2	3.42	14.28	1.70	58.22	27.22	85.43	0.12
3	2.84	26.29	1.70	48.24	43.49	91.73	0.13
4	2.15	29.38	1.70	36.59	41.03	77.62	0.11
5	1.47	34.05	1.70	24.95	38.18	63.14	0.09
6	1.86	30.95	1.70	31.60	39.82	71.42	0.10
7	1.96	33.22	1.70	33.27	40.89	74.16	0.10
8	1.17	42.00	1.70	19.96	37.17	57.13	2.00
9	1.27	38.80	1.70	21.62	37.56	59.19	2.00
10	0.88	46.60	1.70	14.97	35.55	50.52	2.00
11	1.08	46.92	1.70	18.30	36.72	55.02	2.00
12	1.86	36.19	1.69	31.34	40.68	72.02	2.00
13	1.17	50.00	1.70	19.96	37.32	57.29	2.00
14	0.78	65.14	1.70	13.31	34.83	48.14	2.00
15	1.08	50.13	1.65	17.71	36.54	54.25	2.00
16	0.98	67.51	1.62	15.82	35.66	51.48	2.00
17	1.17	58.49	1.56	18.27	36.67	54.94	2.00
18	0.88	63.43	1.55	13.64	34.98	48.62	2.00
19	0.68	79.26	1.53	10.51	33.59	44.10	2.00
20	1.27	58.96	1.45	18.39	36.71	55.09	2.00
21	0.78	74.20	1.45	11.37	33.99	45.35	2.00
22	0.88	75.98	1.41	12.43	34.32	46.75	2.00
23	0.78	76.06	1.39	10.86	33.78	44.64	2.00
24	0.78	74.42	1.36	10.63	33.72	44.35	2.00
25	0.68	75.23	1.34	9.14	33.19	42.34	2.00
26	0.59	89.88	1.31	7.71	32.44	40.15	2.00
27	0.78	73.74	1.27	9.97	33.51	43.48	2.00
28	0.78	67.00	1.25	9.77	33.56	43.33	2.00
29	0.59	88.78	1.23	7.23	32.29	39.52	2.00
30	0.59	85.35	1.21	7.09	32.30	39.39	2.00
31	0.59	91.05	1.18	6.95	32.15	39.10	2.00
32	0.68	86.30	1.16	7.92	32.57	40.50	2.00
33	0.88	72.28	1.13	9.96	33.53	43.49	2.00
34	0.78	79.83	1.11	8.70	32.96	41.66	2.00
35	0.59	100.00	1.10	6.43	31.83	38.26	2.00
36	0.59	100.00	1.08	6.31	31.79	38.11	2.00
37	0.59	100.00	1.06	6.20	31.75	37.95	2.00
38	0.49	100.00	1.04	5.08	31.37	36.45	2.00
39	0.68	93.27	1.02	6.98	32.13	39.10	2.00
40	0.59	100.00	1.00	5.88	31.64	37.52	2.00
41	0.59	100.00	0.98	5.78	31.61	37.39	2.00
42	0.59	100.00	0.97	5.68	31.58	37.26	2.00
43	0.59	100.00	0.95	5.59	31.54	37.13	2.00
44	0.59	100.00	0.94	5.50	31.51	37.01	2.00
45	0.59	100.00	0.92	5.41	31.48	36.89	2.00
46	0.59	100.00	0.91	5.32	31.45	36.77	2.00
47	0.88	89.49	0.90	7.90	32.51	40.41	2.00
48	1.17	79.22	0.89	10.42	33.56	43.99	2.00
49	1.27	75.09	0.88	11.15	33.89	45.04	2.00
50	1.37	69.65	0.87	11.86	34.24	46.10	2.00
51	1.47	70.14	0.86	12.56	34.48	47.03	2.00
52	1.37	74.56	0.84	11.54	34.04	45.58	2.00
53	1.47	73.02	0.83	12.23	34.31	46.54	2.00
54	1.66	69.65	0.83	13.73	34.90	48.63	2.00
55	2.15	55.81	0.82	17.70	36.51	54.21	2.00
56	2.54	54.53	0.82	20.81	37.61	58.41	2.00

**:: Cyclic Resistance Ratio calculation CRR<sub>7.5</sub> (continued) ::**

Point ID	q <sub>c</sub> (MPa)	FC (%)	C <sub>n</sub>	q <sub>c1N</sub>	D <sub>q</sub>	q <sub>c1N,cs</sub>	CRR <sub>7.5</sub>
57	2.64	60.94	0.81	21.39	37.73	59.12	2.00
58	2.74	57.96	0.80	21.97	37.98	59.94	2.00
59	2.84	51.61	0.79	22.54	38.23	60.77	2.00
60	2.45	56.57	0.78	19.08	36.98	56.06	2.00
61	2.54	56.21	0.77	19.66	37.19	56.85	2.00
62	2.64	54.82	0.77	20.24	37.40	57.64	2.00
63	2.84	52.83	0.76	21.59	37.89	59.48	2.00
64	3.13	44.11	0.76	23.70	38.55	62.26	2.00
65	2.45	56.05	0.74	18.07	36.63	54.70	2.00
66	2.35	59.39	0.73	17.12	36.26	53.38	2.00
67	2.45	62.09	0.72	17.69	36.41	54.10	2.00
68	2.45	61.37	0.72	17.51	36.36	53.87	2.00
69	1.96	70.04	0.70	13.67	34.87	48.54	2.00
70	2.45	55.05	0.70	17.15	36.32	53.47	2.00
71	2.45	60.31	0.69	16.96	36.19	53.14	2.00
72	2.54	59.91	0.69	17.47	36.37	53.84	2.00
73	2.35	63.22	0.67	15.82	35.74	51.56	2.00
74	2.45	61.59	0.67	16.30	35.93	52.23	2.00
75	2.54	50.92	0.66	16.75	36.20	52.94	2.00
76	3.72	53.52	0.67	24.88	39.04	63.92	2.00
77	3.82	49.36	0.66	25.20	39.16	64.36	2.00
78	2.84	58.28	0.63	17.94	36.56	54.50	2.00
79	3.52	52.26	0.63	22.33	38.15	60.48	2.00
80	2.94	60.55	0.61	17.96	36.53	54.49	2.00
81	2.45	75.80	0.59	14.43	35.02	49.45	2.00
82	3.91	65.65	0.61	23.75	38.47	62.22	2.00
83	5.38	52.22	0.62	33.29	42.00	75.30	2.00
84	4.89	42.90	0.60	29.35	40.49	69.83	2.00
85	3.72	55.98	0.57	21.13	37.70	58.83	2.00
86	3.91	51.14	0.56	21.92	38.01	59.93	2.00
87	3.52	55.77	0.54	19.05	36.98	56.03	2.00
88	3.23	59.96	0.52	16.90	36.17	53.07	2.00
89	2.94	72.01	0.51	14.83	35.23	50.07	2.00
90	2.45	85.13	0.48	11.80	33.93	45.73	2.00
91	2.25	89.79	0.47	10.49	33.40	43.88	2.00
92	2.35	84.20	0.46	10.73	33.58	44.31	2.00
93	3.23	62.61	0.46	14.99	35.46	50.44	2.00
94	2.84	67.43	0.45	12.65	34.56	47.21	2.00
95	2.35	81.80	0.42	9.94	33.35	43.29	2.00
96	3.52	65.62	0.44	15.38	35.54	50.92	2.00
97	3.62	63.25	0.43	15.48	35.62	51.11	2.00
98	6.36	38.02	0.46	29.44	40.22	69.66	2.00
99	3.62	68.95	0.41	14.72	35.25	49.98	2.00

q<sub>c</sub> : Measured cone resistance  
 FC : Fines content  
 C<sub>n</sub> : Stress normalization factor  
 q<sub>c1N</sub> : Normalized cone resistance  
 D<sub>q</sub> : Cone adjustment portion due to fines  
 q<sub>c1N,cs</sub> : Normalized and adjusted cone resistance  
 CRR<sub>7.5</sub> : Cyclic resistance ratio for M<sub>w</sub>=7.5

**:: Settlements calculation for saturated sands ::**

Point ID	q <sub>c</sub> (MPa)	q <sub>c1</sub>	FS <sub>i</sub>	e <sub>v</sub> (%)	Settle. (cm)
1	0.39	14.34	5.00	0.00	0.00
2	3.42	102.44	1.06	0.70	0.00

**:: Settlements calculation for saturated sands (continued) ::**

Point ID	$q_c$ (MPa)	$q_{c1}$	$FS_c$	$e_v$ (%)	Settle. (cm)
3	2.84	73.51	1.15	0.51	0.00
4	2.15	49.88	0.97	3.46	0.00
5	1.47	31.04	0.82	5.45	0.00
6	1.86	36.41	0.91	5.02	0.00
7	1.96	35.85	0.94	4.91	0.00
8	1.17	20.28	5.00	0.00	0.00
9	1.27	20.84	5.00	0.00	0.00
10	0.88	13.76	5.00	0.00	0.00
11	1.08	16.10	5.00	0.00	0.00
12	1.86	26.98	5.00	0.00	0.00
13	1.17	16.73	5.00	0.00	0.00
14	0.78	10.95	5.00	0.00	0.00
15	1.08	14.80	5.00	0.00	0.00
16	0.98	13.23	5.00	0.00	0.00
17	1.17	15.62	5.00	0.00	0.00
18	0.88	11.54	5.00	0.00	0.00
19	0.68	8.84	5.00	0.00	0.00
20	1.27	16.17	5.00	0.00	0.00
21	0.78	9.81	5.00	0.00	0.00
22	0.88	10.88	5.00	0.00	0.00
23	0.78	9.54	5.00	0.00	0.00
24	0.78	9.42	5.00	0.00	0.00
25	0.68	8.13	5.00	0.00	0.00
26	0.59	6.89	5.00	0.00	0.00
27	0.78	9.07	5.00	0.00	0.00
28	0.78	8.96	5.00	0.00	0.00
29	0.59	6.64	5.00	0.00	0.00
30	0.59	6.57	5.00	0.00	0.00
31	0.59	6.49	5.00	0.00	0.00
32	0.68	7.50	5.00	0.00	0.00
33	0.88	9.53	5.00	0.00	0.00
34	0.78	8.39	5.00	0.00	0.00
35	0.59	6.23	5.00	0.00	0.00
36	0.59	6.16	5.00	0.00	0.00
37	0.59	6.10	5.00	0.00	0.00
38	0.49	5.04	5.00	0.00	0.00
39	0.68	6.99	5.00	0.00	0.00
40	0.59	5.93	5.00	0.00	0.00
41	0.59	5.88	5.00	0.00	0.00
42	0.59	5.83	5.00	0.00	0.00
43	0.59	5.78	5.00	0.00	0.00
44	0.59	5.73	5.00	0.00	0.00
45	0.59	5.68	5.00	0.00	0.00
46	0.59	5.63	5.00	0.00	0.00
47	0.88	8.38	5.00	0.00	0.00
48	1.17	11.08	5.00	0.00	0.00
49	1.27	11.91	5.00	0.00	0.00
50	1.37	12.72	5.00	0.00	0.00
51	1.47	13.53	5.00	0.00	0.00
52	1.37	12.53	5.00	0.00	0.00
53	1.47	13.32	5.00	0.00	0.00
54	1.66	14.99	5.00	0.00	0.00
55	2.15	19.26	5.00	0.00	0.00
56	2.54	22.60	5.00	0.00	0.00
57	2.64	23.30	5.00	0.00	0.00

**:: Settlements calculation for saturated sands (continued) ::**

Point ID	$q_c$ (MPa)	$q_{c1}$	$FS_L$	$e_v$ (%)	Settle. (cm)
58	2.74	24.00	5.00	0.00	0.00
59	2.84	24.68	5.00	0.00	0.00
60	2.45	21.13	5.00	0.00	0.00
61	2.54	21.83	5.00	0.00	0.00
62	2.64	22.52	5.00	0.00	0.00
63	2.84	24.04	5.00	0.00	0.00
64	3.13	26.35	5.00	0.00	0.00
65	2.45	20.46	5.00	0.00	0.00
66	2.35	19.52	5.00	0.00	0.00
67	2.45	20.20	5.00	0.00	0.00
68	2.45	20.08	5.00	0.00	0.00
69	1.96	15.97	5.00	0.00	0.00
70	2.45	19.84	5.00	0.00	0.00
71	2.45	19.71	5.00	0.00	0.00
72	2.54	20.36	5.00	0.00	0.00
73	2.35	18.65	5.00	0.00	0.00
74	2.45	19.27	5.00	0.00	0.00
75	2.54	19.87	5.00	0.00	0.00
76	3.72	28.78	5.00	0.00	0.00
77	3.82	29.26	5.00	0.00	0.00
78	2.84	21.55	5.00	0.00	0.00
79	3.52	26.47	5.00	0.00	0.00
80	2.94	21.83	5.00	0.00	0.00
81	2.45	18.00	5.00	0.00	0.00
82	3.91	28.48	5.00	0.00	0.00
83	5.38	38.71	5.00	0.00	0.00
84	4.89	34.79	5.00	0.00	0.00
85	3.72	26.13	5.00	0.00	0.00
86	3.91	27.17	5.00	0.00	0.00
87	3.52	24.16	5.00	0.00	0.00
88	3.23	21.87	5.00	0.00	0.00
89	2.94	19.64	5.00	0.00	0.00
90	2.45	16.16	5.00	0.00	0.00
91	2.25	14.68	5.00	0.00	0.00
92	2.35	15.12	5.00	0.00	0.00
93	3.23	20.52	5.00	0.00	0.00
94	2.84	17.80	5.00	0.00	0.00
95	2.35	14.54	5.00	0.00	0.00
96	3.52	21.53	5.00	0.00	0.00
97	3.62	21.84	5.00	0.00	0.00
98	6.36	37.87	5.00	0.00	0.00
99	3.62	21.28	5.00	0.00	0.00

**Total settlement : 0.00**

- $q_c$  : Measured cone resistance
- $q_{c1}$  : Normalized cone resistance (according to Ishihara)
- $FS_L$  : Factor of safety against liquefaction
- $e_v$  : Post-liquefaction volumetric strain
- Settle. : Calculated settlement

**:: Overall liquefaction potential according to Iwasaki ::**

Point ID	F	$w_z$	$I_L$	Point ID	F	$w_z$	$I_L$
1	0.00	9.80	0.00	2	0.00	9.70	0.00
3	0.00	9.60	0.00	4	0.03	9.50	0.05
5	0.18	9.40	0.35	6	0.09	9.30	0.17

**:: Overall liquefaction potential according to Iwasaki (continued) ::**

Point ID	F	w <sub>z</sub>	I <sub>L</sub>	Point ID	F	w <sub>z</sub>	I <sub>L</sub>
7	0.06	9.20	0.11	8	0.00	9.10	0.00
9	0.00	9.00	0.00	10	0.00	8.90	0.00
11	0.00	8.80	0.00	12	0.00	8.70	0.00
13	0.00	8.60	0.00	14	0.00	8.50	0.00
15	0.00	8.40	0.00	16	0.00	8.30	0.00
17	0.00	8.20	0.00	18	0.00	8.10	0.00
19	0.00	8.00	0.00	20	0.00	7.90	0.00
21	0.00	7.80	0.00	22	0.00	7.70	0.00
23	0.00	7.60	0.00	24	0.00	7.50	0.00
25	0.00	7.40	0.00	26	0.00	7.30	0.00
27	0.00	7.20	0.00	28	0.00	7.10	0.00
29	0.00	7.00	0.00	30	0.00	6.90	0.00
31	0.00	6.80	0.00	32	0.00	6.70	0.00
33	0.00	6.60	0.00	34	0.00	6.50	0.00
35	0.00	6.40	0.00	36	0.00	6.30	0.00
37	0.00	6.20	0.00	38	0.00	6.10	0.00
39	0.00	6.00	0.00	40	0.00	5.90	0.00
41	0.00	5.80	0.00	42	0.00	5.70	0.00
43	0.00	5.60	0.00	44	0.00	5.50	0.00
45	0.00	5.40	0.00	46	0.00	5.30	0.00
47	0.00	5.20	0.00	48	0.00	5.10	0.00
49	0.00	5.00	0.00	50	0.00	4.90	0.00
51	0.00	4.80	0.00	52	0.00	4.70	0.00
53	0.00	4.60	0.00	54	0.00	4.50	0.00
55	0.00	4.40	0.00	56	0.00	4.30	0.00
57	0.00	4.20	0.00	58	0.00	4.10	0.00
59	0.00	4.00	0.00	60	0.00	3.90	0.00
61	0.00	3.80	0.00	62	0.00	3.70	0.00
63	0.00	3.60	0.00	64	0.00	3.50	0.00
65	0.00	3.40	0.00	66	0.00	3.30	0.00
67	0.00	3.20	0.00	68	0.00	3.10	0.00
69	0.00	3.00	0.00	70	0.00	2.90	0.00
71	0.00	2.80	0.00	72	0.00	2.70	0.00
73	0.00	2.60	0.00	74	0.00	2.50	0.00
75	0.00	2.40	0.00	76	0.00	2.30	0.00
77	0.00	2.20	0.00	78	0.00	2.10	0.00
79	0.00	2.00	0.00	80	0.00	1.90	0.00
81	0.00	1.80	0.00	82	0.00	1.70	0.00
83	0.00	1.60	0.00	84	0.00	1.50	0.00
85	0.00	1.40	0.00	86	0.00	1.30	0.00
87	0.00	1.20	0.00	88	0.00	1.10	0.00
89	0.00	1.00	0.00	90	0.00	0.90	0.00
91	0.00	0.80	0.00	92	0.00	0.70	0.00
93	0.00	0.60	0.00	94	0.00	0.50	0.00
95	0.00	0.40	0.00	96	0.00	0.30	0.00
97	0.00	0.20	0.00	98	0.00	0.10	0.00
99	0.00	0.00	0.00				

**Overall potential I<sub>L</sub> : 0.67**

I<sub>L</sub> = 0.00 - No liquefaction  
I<sub>L</sub> between 0.00 and 5.00 - Liquefaction not probable  
I<sub>L</sub> between 5.00 and 15.00 - Liquefaction probable  
I<sub>L</sub> > 15.00 - Liquefaction certain



## LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

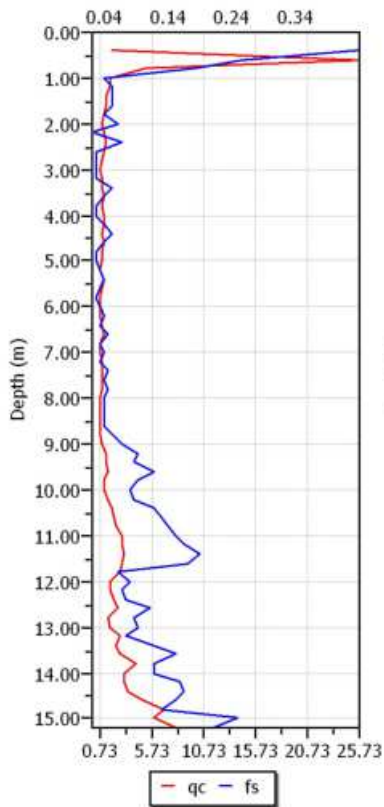
**Project title : Cavezzo**

**Project subtitle : Via Cavour**

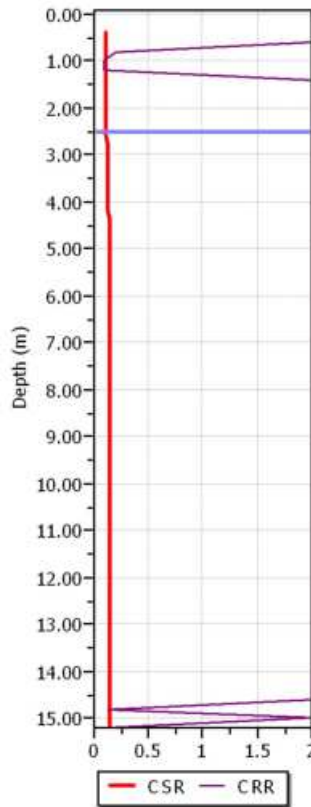
### Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Cone Penetration Test	Depth to water table:	2.50 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14
Analysis method:	Boulanger & Idriss (2004)	Peak ground acceleration:	0.29 g
Fines correction method:	Boulanger & Idriss	User defined F.S.:	1.00

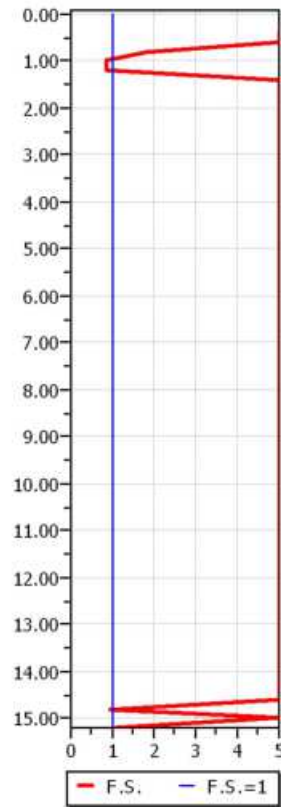
**CPT data graph**



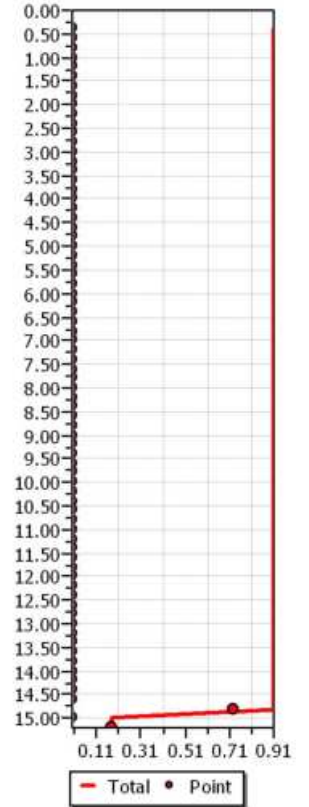
**Shear stress ratio**



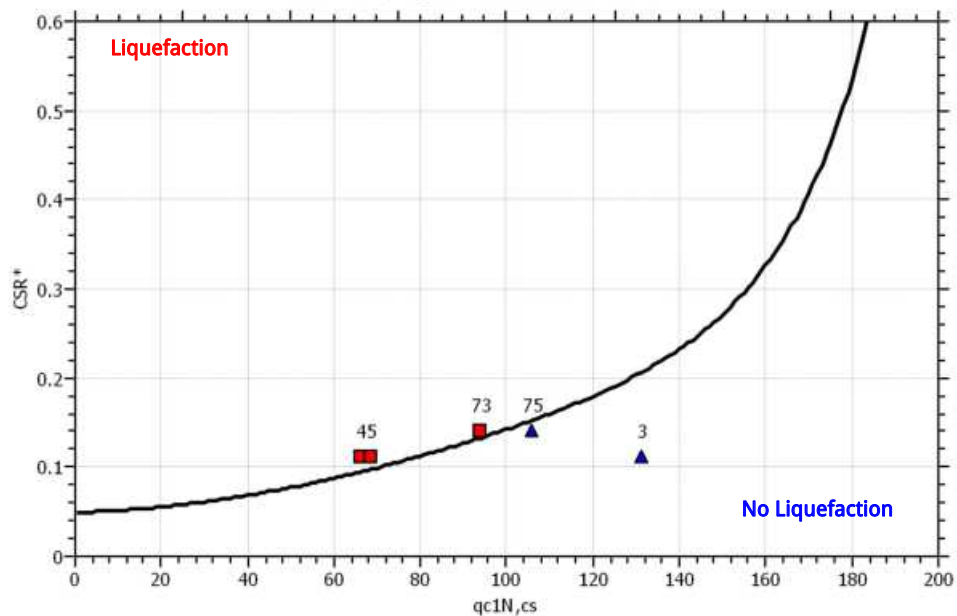
**Factor of safety**

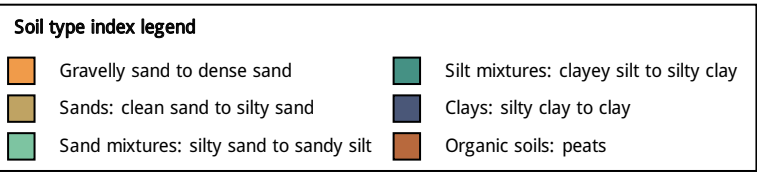
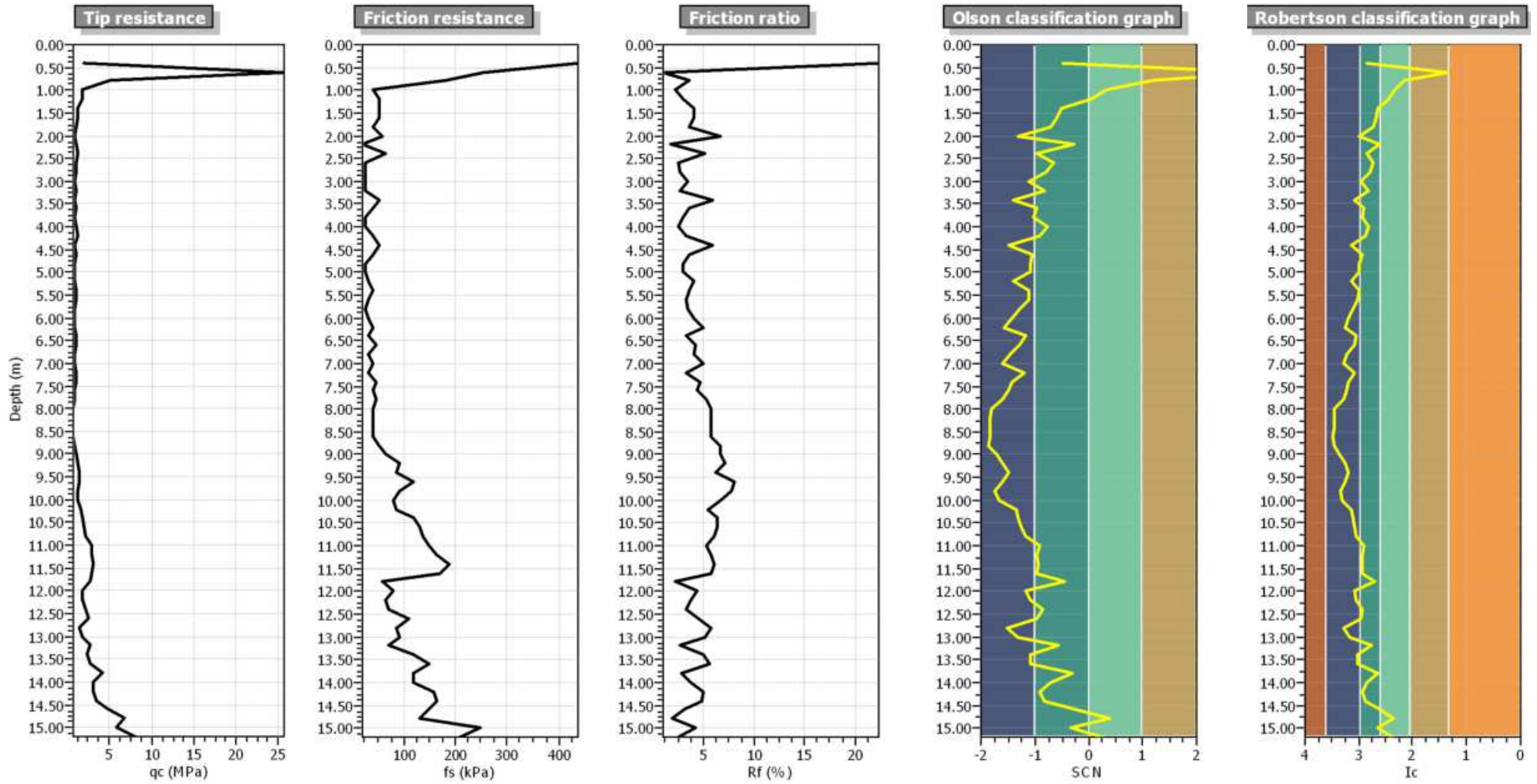


**Settlements (cm)**



**$M_w=7^{1/2}$ ,  $\sigma_v=1$  atm base curve**







**:: Field input data ::**

Point ID	Depth (m)	$q_c$ (MPa)	$f_s$ (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/mE)
1	0.40	1.96	437.38	48.60	19.00
2	0.60	25.73	254.40	0.94	19.00
3	0.80	5.19	182.97	17.37	19.00
4	1.00	1.76	39.14	23.64	19.00
5	1.20	1.76	51.86	28.07	19.00
6	1.40	1.27	51.86	38.03	19.00
7	1.60	1.27	51.86	39.69	19.00
8	1.80	1.08	39.14	42.43	19.00
9	2.00	0.88	58.71	57.79	19.00
10	2.20	1.08	19.57	36.50	19.00
11	2.40	1.27	65.56	49.21	19.00
12	2.60	1.08	26.42	42.41	19.00
13	2.80	0.98	26.42	46.30	19.00
14	3.00	0.78	26.42	55.40	19.00
15	3.20	0.98	26.42	47.72	19.00
16	3.40	0.88	51.86	64.01	19.00
17	3.60	1.08	39.14	51.52	19.00
18	3.80	0.88	26.42	53.91	19.00
19	4.00	1.08	26.42	46.95	19.00
20	4.20	1.17	39.14	50.18	19.00
21	4.40	0.88	51.86	68.30	19.00
22	4.60	1.08	39.14	54.92	19.00
23	4.80	0.88	26.42	57.63	19.00
24	5.00	0.88	26.42	58.36	19.00
25	5.20	0.78	32.29	68.23	19.00
26	5.40	1.08	39.14	57.55	19.00
27	5.60	0.98	32.29	59.15	19.00
28	5.80	0.78	26.42	67.00	19.00
29	6.00	0.78	32.29	71.60	19.00
30	6.20	0.78	39.14	76.35	19.00
31	6.40	0.98	32.29	61.86	19.00
32	6.60	1.08	45.99	64.39	19.00
33	6.80	0.78	32.29	74.96	19.00
34	7.00	0.78	39.14	79.83	19.00
35	7.20	0.98	32.29	64.55	19.00
36	7.40	0.98	45.99	72.04	19.00
37	7.60	0.88	39.14	75.37	19.00
38	7.80	0.88	45.99	79.58	19.00
39	8.00	0.68	39.14	93.27	19.00
40	8.20	0.68	39.14	94.26	19.00
41	8.40	0.68	39.14	95.25	19.00
42	8.60	0.68	39.14	96.24	19.00
43	8.80	0.78	51.86	94.37	19.00
44	9.00	0.98	65.56	85.79	19.00
45	9.20	1.27	91.00	78.17	19.00
46	9.40	1.37	85.13	73.04	19.00
47	9.60	1.47	117.42	77.11	19.00
48	9.80	1.17	91.00	84.95	19.00
49	10.00	1.17	78.28	82.00	19.00
50	10.20	1.57	85.13	67.95	19.00
51	10.40	1.86	117.42	66.35	19.00
52	10.60	2.05	130.14	63.95	19.00
53	10.80	2.25	136.99	61.01	19.00
54	11.00	2.84	149.71	52.66	19.00
55	11.20	2.84	163.41	54.68	19.00

**:: Field input data (continued) ::**

Point ID	Depth (m)	$q_c$ (MPa)	$f_s$ (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/mE)
56	11.40	3.13	188.85	53.57	19.00
57	11.60	2.94	169.28	54.53	19.00
58	11.80	2.64	58.71	41.20	19.00
59	12.00	1.76	78.28	64.23	19.00
60	12.20	1.76	65.56	61.19	19.00
61	12.40	2.15	71.43	53.58	19.00
62	12.60	2.45	110.57	56.10	19.00
63	12.80	1.47	85.13	78.28	19.00
64	13.00	1.76	91.00	69.54	19.00
65	13.20	2.74	71.43	44.63	19.00
66	13.40	2.35	117.42	60.59	19.00
67	13.60	2.64	149.71	60.14	19.00
68	13.80	4.21	117.42	37.06	19.00
69	14.00	3.13	117.42	48.46	19.00
70	14.20	3.13	156.56	54.03	19.00
71	14.40	3.42	163.41	51.20	20.00
72	14.60	4.79	149.71	37.03	21.00
73	14.80	6.85	130.14	24.63	22.00
74	15.00	5.87	247.55	38.45	23.00
75	15.20	8.02	208.41	26.47	24.00

Depth : Depth from free surface, at which CPT was performed (m)  
 $q_c$  : Measured cone resistance  
 $f_s$  : Sleeve friction resistance  
Fines content : Percentage of fines in soil (%)  
Unit weight : Bulk soil unit weight (kPa)

**:: Cyclic Stress Ratio calculation (CSR fully adjusted and normalized) ::**

Point ID	Depth (m)	Sigma (kPa)	u (kPa)	Sigma' (kPa)	$r_d$	CSR	MSF	$CSR_{eq,M=7.5}$	$K_{sigma}$	CSR*
1	0.40	7.60	0.00	7.60	1.00	0.19	1.67	0.11	1.00	0.11
2	0.60	11.40	0.00	11.40	1.00	0.19	1.67	0.11	1.00	0.11
3	0.80	15.20	0.00	15.20	1.00	0.19	1.67	0.11	1.00	0.11
4	1.00	19.00	0.00	19.00	0.99	0.19	1.67	0.11	1.00	0.11
5	1.20	22.80	0.00	22.80	0.99	0.19	1.67	0.11	1.00	0.11
6	1.40	26.60	0.00	26.60	0.99	0.19	1.67	0.11	1.00	0.11
7	1.60	30.40	0.00	30.40	0.99	0.19	1.67	0.11	1.00	0.11
8	1.80	34.20	0.00	34.20	0.98	0.19	1.67	0.11	1.00	0.11
9	2.00	38.00	0.00	38.00	0.98	0.18	1.67	0.11	1.00	0.11
10	2.20	41.80	0.00	41.80	0.98	0.18	1.67	0.11	1.00	0.11
11	2.40	45.60	0.00	45.60	0.97	0.18	1.67	0.11	1.00	0.11
12	2.60	49.40	0.98	48.42	0.97	0.19	1.67	0.11	1.00	0.11
13	2.80	53.20	2.94	50.26	0.97	0.19	1.67	0.12	1.00	0.12
14	3.00	57.00	4.91	52.09	0.96	0.20	1.67	0.12	1.00	0.12
15	3.20	60.80	6.87	53.93	0.96	0.20	1.67	0.12	1.00	0.12
16	3.40	64.60	8.83	55.77	0.95	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
17	3.60	68.40	10.79	57.61	0.95	0.21	1.67	0.13	1.00	0.13
18	3.80	72.20	12.75	59.45	0.95	0.22	1.67	0.13	1.00	0.13
19	4.00	76.00	14.71	61.28	0.94	0.22	1.67	0.13	1.00	0.13
20	4.20	79.80	16.68	63.12	0.94	0.22	1.67	0.13	1.00	0.13
21	4.40	83.60	18.64	64.96	0.93	0.23	1.67	0.14	1.00	0.14
22	4.60	87.40	20.60	66.80	0.93	0.23	1.67	0.14	1.00	0.14
23	4.80	91.20	22.56	68.64	0.93	0.23	1.67	0.14	1.00	0.14
24	5.00	95.00	24.52	70.47	0.92	0.23	1.67	0.14	1.00	0.14
25	5.20	98.80	26.49	72.31	0.92	0.24	1.67	0.14	1.00	0.14
26	5.40	102.60	28.45	74.15	0.91	0.24	1.67	0.14	1.00	0.14

**:: Cyclic Stress Ratio calculation (CSR fully adjusted and normalized) (continued) ::**

Point ID	Depth (m)	Sigma (kPa)	u (kPa)	Sigma' (kPa)	$r_d$	CSR	MSF	$CSR_{eq,M=7.5}$	$K_{sigma}$	CSR*
27	5.60	106.40	30.41	75.99	0.91	0.24	1.67	0.14	1.00	0.14
28	5.80	110.20	32.37	77.83	0.91	0.24	1.67	0.14	1.00	0.14
29	6.00	114.00	34.34	79.66	0.90	0.24	1.67	0.15	1.00	0.15
30	6.20	117.80	36.30	81.50	0.90	0.24	1.67	0.15	1.00	0.15
31	6.40	121.60	38.26	83.34	0.89	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
32	6.60	125.40	40.22	85.18	0.89	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
33	6.80	129.20	42.18	87.02	0.88	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
34	7.00	133.00	44.15	88.85	0.88	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
35	7.20	136.80	46.11	90.69	0.87	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
36	7.40	140.60	48.07	92.53	0.87	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
37	7.60	144.40	50.03	94.37	0.86	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
38	7.80	148.20	51.99	96.21	0.86	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
39	8.00	152.00	53.95	98.05	0.86	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
40	8.20	155.80	55.92	99.88	0.85	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
41	8.40	159.60	57.88	101.72	0.85	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
42	8.60	163.40	59.84	103.56	0.84	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
43	8.80	167.20	61.80	105.40	0.84	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
44	9.00	171.00	63.77	107.23	0.83	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
45	9.20	174.80	65.73	109.07	0.83	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
46	9.40	178.60	67.69	110.91	0.82	0.25	1.67	0.15	1.00	0.15
47	9.60	182.40	69.65	112.75	0.82	0.25	1.67	0.15	0.99	0.15
48	9.80	186.20	71.61	114.59	0.81	0.25	1.67	0.15	0.99	0.15
49	10.00	190.00	73.58	116.42	0.81	0.25	1.67	0.15	0.99	0.15
50	10.20	193.80	75.54	118.26	0.80	0.25	1.67	0.15	0.99	0.15
51	10.40	197.60	77.50	120.10	0.80	0.25	1.67	0.15	0.99	0.15
52	10.60	201.40	79.46	121.94	0.79	0.25	1.67	0.15	0.99	0.15
53	10.80	205.20	81.42	123.78	0.79	0.25	1.67	0.15	0.99	0.15
54	11.00	209.00	83.39	125.61	0.78	0.25	1.67	0.15	0.99	0.15
55	11.20	212.80	85.35	127.45	0.78	0.25	1.67	0.15	0.99	0.15
56	11.40	216.60	87.31	129.29	0.77	0.24	1.67	0.15	0.99	0.15
57	11.60	220.40	89.27	131.13	0.77	0.24	1.67	0.15	0.99	0.15
58	11.80	224.20	91.23	132.97	0.76	0.24	1.67	0.15	0.98	0.15
59	12.00	228.00	93.19	134.81	0.76	0.24	1.67	0.15	0.99	0.15
60	12.20	231.80	95.16	136.64	0.76	0.24	1.67	0.14	0.99	0.15
61	12.40	235.60	97.12	138.48	0.75	0.24	1.67	0.14	0.98	0.15
62	12.60	239.40	99.08	140.32	0.75	0.24	1.67	0.14	0.98	0.15
63	12.80	243.20	101.04	142.16	0.74	0.24	1.67	0.14	0.98	0.15
64	13.00	247.00	103.00	144.00	0.74	0.24	1.67	0.14	0.98	0.15
65	13.20	250.80	104.97	145.83	0.73	0.24	1.67	0.14	0.98	0.15
66	13.40	254.60	106.93	147.67	0.73	0.24	1.67	0.14	0.98	0.14
67	13.60	258.40	108.89	149.51	0.72	0.24	1.67	0.14	0.98	0.14
68	13.80	262.20	110.85	151.35	0.72	0.23	1.67	0.14	0.98	0.14
69	14.00	266.00	112.81	153.19	0.71	0.23	1.67	0.14	0.98	0.14
70	14.20	269.80	114.78	155.02	0.71	0.23	1.67	0.14	0.98	0.14
71	14.40	273.80	116.74	157.06	0.70	0.23	1.67	0.14	0.98	0.14
72	14.60	278.00	118.70	159.30	0.70	0.23	1.67	0.14	0.97	0.14
73	14.80	282.40	120.66	161.74	0.70	0.23	1.67	0.14	0.97	0.14
74	15.00	287.00	122.63	164.38	0.69	0.23	1.67	0.14	0.97	0.14
75	15.20	291.80	124.59	167.21	0.69	0.23	1.67	0.14	0.96	0.14

**:: Cyclic Stress Ratio calculation (CSR fully adjusted and normalized) (continued) ::**

Point ID	Depth (m)	Sigma (kPa)	u (kPa)	Sigma' (kPa)	r <sub>d</sub>	CSR	MSF	CSR <sub>eq,M=7.5</sub>	K <sub>sigma</sub>	CSR*
----------	-----------	-------------	---------	--------------	----------------	-----	-----	-------------------------	--------------------	------

Depth : Depth from free surface, at which CPT was performed (m)  
 Sigma : Total overburden pressure at test point, during earthquake (kPa)  
 u : Water pressure at test point, during earthquake (kPa)  
 Sigma' : Effective overburden pressure, during earthquake (kPa)  
 r<sub>d</sub> : Nonlinear shear mass factor  
 CSR : Cyclic Stress Ratio  
 MSF : Magnitude Scaling Factor  
 CSR<sub>eq,M=7.5</sub> : CSR adjusted for M= 7.5  
 K<sub>sigma</sub> : Effective overburden stress factor  
 CSR\* : CSR fully adjusted

**:: Cyclic Resistance Ratio calculation CRR<sub>7.5</sub> ::**

Point ID	q <sub>c</sub> (MPa)	FC (%)	C <sub>n</sub>	q <sub>c1N</sub>	D <sub>q</sub>	q <sub>c1N,cs</sub>	CRR <sub>7.5</sub>
1	1.96	48.60	1.70	33.27	41.99	75.26	2.00
2	25.73	0.94	1.41	361.70	0.00	361.70	2.00
3	5.19	17.37	1.70	88.16	43.03	131.19	0.21
4	1.76	23.64	1.70	29.94	36.00	65.94	0.09
5	1.76	28.07	1.70	29.94	38.35	68.29	0.10
6	1.27	38.03	1.70	21.62	37.50	59.13	2.00
7	1.27	39.69	1.70	21.62	37.63	59.25	2.00
8	1.08	42.43	1.70	18.30	36.61	54.90	2.00
9	0.88	57.79	1.70	14.97	35.52	50.50	2.00
10	1.08	36.50	1.70	18.30	36.21	54.50	2.00
11	1.27	49.21	1.70	21.62	37.91	59.53	2.00
12	1.08	42.41	1.70	18.30	36.60	54.90	2.00
13	0.98	46.30	1.70	16.63	36.13	52.76	2.00
14	0.78	55.40	1.70	13.31	34.97	48.27	2.00
15	0.98	47.72	1.66	16.22	36.00	52.22	2.00
16	0.88	64.01	1.63	14.34	35.21	49.56	2.00
17	1.08	51.52	1.57	16.85	36.23	53.09	2.00
18	0.88	53.91	1.55	13.64	35.10	48.74	2.00
19	1.08	46.95	1.49	16.08	35.94	52.02	2.00
20	1.17	50.18	1.45	17.06	36.31	53.36	2.00
21	0.88	68.30	1.44	12.71	34.56	47.28	2.00
22	1.08	54.92	1.40	15.04	35.58	50.61	2.00
23	0.88	57.63	1.38	12.16	34.54	46.70	2.00
24	0.88	58.36	1.35	11.89	34.44	46.33	2.00
25	0.78	68.23	1.33	10.40	33.76	44.16	2.00
26	1.08	57.55	1.29	13.84	35.13	48.97	2.00
27	0.98	59.15	1.26	12.37	34.60	46.97	2.00
28	0.78	67.00	1.25	9.77	33.56	43.33	2.00
29	0.78	71.60	1.22	9.57	33.41	42.99	2.00
30	0.78	76.35	1.20	9.39	33.26	42.65	2.00
31	0.98	61.86	1.17	11.45	34.24	45.69	2.00
32	1.08	64.39	1.15	12.35	34.51	46.85	2.00
33	0.78	74.96	1.13	8.87	33.10	41.97	2.00
34	0.78	79.83	1.11	8.70	32.96	41.66	2.00
35	0.98	64.55	1.09	10.66	33.91	44.57	2.00
36	0.98	72.04	1.07	10.47	33.72	44.19	2.00
37	0.88	75.37	1.05	9.27	33.24	42.51	2.00
38	0.88	79.58	1.04	9.12	33.10	42.22	2.00
39	0.68	93.27	1.02	6.98	32.13	39.10	2.00
40	0.68	94.26	1.00	6.86	32.07	38.93	2.00
41	0.68	95.25	0.98	6.74	32.01	38.76	2.00
42	0.68	96.24	0.97	6.63	31.96	38.59	2.00
43	0.78	94.37	0.95	7.46	32.28	39.74	2.00

**:: Cyclic Resistance Ratio calculation CRR<sub>7.5</sub> (continued) ::**

Point ID	q <sub>c</sub> (MPa)	FC (%)	C <sub>n</sub>	q <sub>c1N</sub>	D <sub>q</sub>	q <sub>c1N,cs</sub>	CRR <sub>7.5</sub>
44	0.98	85.79	0.94	9.19	33.02	42.21	2.00
45	1.27	78.17	0.93	11.81	34.06	45.87	2.00
46	1.37	73.04	0.92	12.54	34.42	46.96	2.00
47	1.47	77.11	0.90	13.26	34.59	47.85	2.00
48	1.17	84.95	0.89	10.42	33.46	43.88	2.00
49	1.17	82.00	0.88	10.28	33.46	43.74	2.00
50	1.57	67.95	0.87	13.59	34.88	48.47	2.00
51	1.86	66.35	0.86	16.00	35.75	51.74	2.00
52	2.05	63.95	0.85	17.51	36.32	53.82	2.00
53	2.25	61.01	0.84	18.99	36.89	55.88	2.00
54	2.84	52.66	0.84	23.85	38.68	62.53	2.00
55	2.84	54.68	0.83	23.57	38.57	62.15	2.00
56	3.13	53.57	0.82	25.82	39.37	65.19	2.00
57	2.94	54.53	0.81	23.87	38.68	62.56	2.00
58	2.64	41.20	0.80	21.15	37.55	58.70	2.00
59	1.76	64.23	0.78	13.70	34.98	48.68	2.00
60	1.76	61.19	0.77	13.54	34.98	48.52	2.00
61	2.15	53.58	0.77	16.51	36.10	52.61	2.00
62	2.45	56.10	0.76	18.66	36.84	55.50	2.00
63	1.47	78.28	0.74	10.80	33.71	44.52	2.00
64	1.76	69.54	0.73	12.93	34.62	47.54	2.00
65	2.74	44.63	0.74	20.37	37.40	57.77	2.00
66	2.35	60.59	0.73	17.12	36.24	53.36	2.00
67	2.64	60.14	0.73	19.19	36.97	56.17	2.00
68	4.21	37.06	0.74	31.22	40.74	71.96	2.00
69	3.13	48.46	0.72	22.54	38.22	60.76	2.00
70	3.13	54.03	0.71	22.32	38.14	60.46	2.00
71	3.42	51.20	0.71	24.31	38.85	63.16	2.00
72	4.79	37.03	0.72	34.57	41.89	76.46	2.00
73	6.85	24.63	0.74	50.46	43.12	93.58	0.13
74	5.87	38.45	0.72	42.12	44.66	86.77	2.00
75	8.02	26.47	0.73	58.74	46.99	105.73	0.15

- q<sub>c</sub> : Measured cone resistance
- FC : Fines content
- C<sub>n</sub> : Stress normalization factor
- q<sub>c1N</sub> : Normalized cone resistance
- D<sub>q</sub> : Cone adjustment portion due to fines
- q<sub>c1N,cs</sub> : Normalized and adjusted cone resistance
- CRR<sub>7.5</sub> : Cyclic resistance ratio for M<sub>w</sub>=7.5

**:: Settlements calculation for saturated sands ::**

Point ID	q <sub>c</sub> (MPa)	q <sub>c1</sub>	FS <sub>1</sub>	e <sub>v</sub> (%)	Settle. (cm)
1	1.96	71.69	5.00	0.00	0.00
2	25.73	769.75	5.00	0.00	0.00
3	5.19	134.34	1.83	0.02	0.00
4	1.76	40.81	0.84	4.72	0.00
5	1.76	37.25	0.87	5.02	0.00
6	1.27	24.91	5.00	0.00	0.00
7	1.27	23.30	5.00	0.00	0.00
8	1.08	18.59	5.00	0.00	0.00
9	0.88	14.43	5.00	0.00	0.00
10	1.08	16.81	5.00	0.00	0.00
11	1.27	19.02	5.00	0.00	0.00
12	1.08	15.62	5.00	0.00	0.00
13	0.98	13.94	5.00	0.00	0.00

**:: Settlements calculation for saturated sands (continued) ::**

Point ID	$q_c$ (MPa)	$q_{c1}$	$FS_c$	$e_v$ (%)	Settle. (cm)
14	0.78	10.95	5.00	0.00	0.00
15	0.98	13.46	5.00	0.00	0.00
16	0.88	11.91	5.00	0.00	0.00
17	1.08	14.32	5.00	0.00	0.00
18	0.88	11.54	5.00	0.00	0.00
19	1.08	13.89	5.00	0.00	0.00
20	1.17	14.93	5.00	0.00	0.00
21	0.88	11.03	5.00	0.00	0.00
22	1.08	13.30	5.00	0.00	0.00
23	0.88	10.74	5.00	0.00	0.00
24	0.88	10.59	5.00	0.00	0.00
25	0.78	9.30	5.00	0.00	0.00
26	1.08	12.62	5.00	0.00	0.00
27	0.98	11.34	5.00	0.00	0.00
28	0.78	8.96	5.00	0.00	0.00
29	0.78	8.86	5.00	0.00	0.00
30	0.78	8.76	5.00	0.00	0.00
31	0.98	10.82	5.00	0.00	0.00
32	1.08	11.78	5.00	0.00	0.00
33	0.78	8.47	5.00	0.00	0.00
34	0.78	8.39	5.00	0.00	0.00
35	0.98	10.38	5.00	0.00	0.00
36	0.98	10.27	5.00	0.00	0.00
37	0.88	9.16	5.00	0.00	0.00
38	0.88	9.07	5.00	0.00	0.00
39	0.68	6.99	5.00	0.00	0.00
40	0.68	6.92	5.00	0.00	0.00
41	0.68	6.86	5.00	0.00	0.00
42	0.68	6.80	5.00	0.00	0.00
43	0.78	7.70	5.00	0.00	0.00
44	0.98	9.54	5.00	0.00	0.00
45	1.27	12.30	5.00	0.00	0.00
46	1.37	13.14	5.00	0.00	0.00
47	1.47	13.96	5.00	0.00	0.00
48	1.17	11.08	5.00	0.00	0.00
49	1.17	10.99	5.00	0.00	0.00
50	1.57	14.54	5.00	0.00	0.00
51	1.86	17.13	5.00	0.00	0.00
52	2.05	18.79	5.00	0.00	0.00
53	2.25	20.43	5.00	0.00	0.00
54	2.84	25.57	5.00	0.00	0.00
55	2.84	25.38	5.00	0.00	0.00
56	3.13	27.81	5.00	0.00	0.00
57	2.94	25.89	5.00	0.00	0.00
58	2.64	23.14	5.00	0.00	0.00
59	1.76	15.32	5.00	0.00	0.00
60	1.76	15.22	5.00	0.00	0.00
61	2.15	18.47	5.00	0.00	0.00
62	2.45	20.86	5.00	0.00	0.00
63	1.47	12.43	5.00	0.00	0.00
64	1.76	14.82	5.00	0.00	0.00
65	2.74	22.91	5.00	0.00	0.00
66	2.35	19.52	5.00	0.00	0.00
67	2.64	21.82	5.00	0.00	0.00
68	4.21	34.54	5.00	0.00	0.00

**:: Settlements calculation for saturated sands (continued) ::**

Point ID	$q_c$ (MPa)	$q_{c1}$	$FS_L$	$e_v$ (%)	Settle. (cm)
69	3.13	25.55	5.00	0.00	0.00
70	3.13	25.40	5.00	0.00	0.00
71	3.42	27.60	5.00	0.00	0.00
72	4.79	38.37	5.00	0.00	0.00
73	6.85	54.39	0.93	3.65	0.73
74	5.87	46.25	5.00	0.00	0.00
75	8.02	62.67	1.08	0.91	0.18

**Total settlement : 0.91**

- $q_c$  : Measured cone resistance
- $q_{c1}$  : Normalized cone resistance (according to Ishihara)
- $FS_L$  : Factor of safety against liquefaction
- $e_v$  : Post-liquefaction volumetric strain
- Settle. : Calculated settlement

**:: Overall liquefaction potential according to Iwasaki ::**

Point ID	F	$w_z$	$I_L$	Point ID	F	$w_z$	$I_L$
1	0.00	9.80	0.00	2	0.00	9.70	0.00
3	0.00	9.60	0.00	4	0.16	9.50	0.30
5	0.13	9.40	0.24	6	0.00	9.30	0.00
7	0.00	9.20	0.00	8	0.00	9.10	0.00
9	0.00	9.00	0.00	10	0.00	8.90	0.00
11	0.00	8.80	0.00	12	0.00	8.70	0.00
13	0.00	8.60	0.00	14	0.00	8.50	0.00
15	0.00	8.40	0.00	16	0.00	8.30	0.00
17	0.00	8.20	0.00	18	0.00	8.10	0.00
19	0.00	8.00	0.00	20	0.00	7.90	0.00
21	0.00	7.80	0.00	22	0.00	7.70	0.00
23	0.00	7.60	0.00	24	0.00	7.50	0.00
25	0.00	7.40	0.00	26	0.00	7.30	0.00
27	0.00	7.20	0.00	28	0.00	7.10	0.00
29	0.00	7.00	0.00	30	0.00	6.90	0.00
31	0.00	6.80	0.00	32	0.00	6.70	0.00
33	0.00	6.60	0.00	34	0.00	6.50	0.00
35	0.00	6.40	0.00	36	0.00	6.30	0.00
37	0.00	6.20	0.00	38	0.00	6.10	0.00
39	0.00	6.00	0.00	40	0.00	5.90	0.00
41	0.00	5.80	0.00	42	0.00	5.70	0.00
43	0.00	5.60	0.00	44	0.00	5.50	0.00
45	0.00	5.40	0.00	46	0.00	5.30	0.00
47	0.00	5.20	0.00	48	0.00	5.10	0.00
49	0.00	5.00	0.00	50	0.00	4.90	0.00
51	0.00	4.80	0.00	52	0.00	4.70	0.00
53	0.00	4.60	0.00	54	0.00	4.50	0.00
55	0.00	4.40	0.00	56	0.00	4.30	0.00
57	0.00	4.20	0.00	58	0.00	4.10	0.00
59	0.00	4.00	0.00	60	0.00	3.90	0.00
61	0.00	3.80	0.00	62	0.00	3.70	0.00
63	0.00	3.60	0.00	64	0.00	3.50	0.00
65	0.00	3.40	0.00	66	0.00	3.30	0.00
67	0.00	3.20	0.00	68	0.00	3.10	0.00
69	0.00	3.00	0.00	70	0.00	2.90	0.00
71	0.00	2.80	0.00	72	0.00	2.70	0.00
73	0.07	2.60	0.04	74	0.00	2.50	0.00
75	0.00	2.40	0.00				

**:: Overall liquefaction potential according to Iwasaki (continued) ::**

Point ID	F	w <sub>z</sub>	I <sub>L</sub>	Point ID	F	w <sub>z</sub>	I <sub>L</sub>
----------	---	----------------	----------------	----------	---	----------------	----------------

**Overall potential I<sub>L</sub> : 0.58**

- I<sub>L</sub> = 0.00 - No liquefaction
- I<sub>L</sub> between 0.00 and 5.00 - Liquefaction not probable
- I<sub>L</sub> between 5.00 and 15.00 - Liquefaction probable
- I<sub>L</sub> > 15.00 - Liquefaction certain





COMUNE DI CAVEZZO  
PROVINCIA DI MODENA

---

**Piano Della Ricostruzione**

**L.R. 16/2012**

<p><b>RELAZIONI GEOLOGICHE SISMICHE</b></p> <p><b>INT. 5 NUOVO POLO SCOLASTICO</b></p> <p><b>INTESA UNICA PDR SECONDO STRALCIO IN DATA 19/1/2015</b></p>	
--	--

Progetto

STUDIO  
ARCH. PAOLO ARTIOLI

Collaboratori:

ELLENIA s.n.c. - Ostiglia  
CLARA BORSATTI

Adottato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Approvato con atto di C.C. n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

Publicato sul BURERT n. \_\_\_\_ del \_\_/\_\_/\_\_

---

PROVINCIA DI MODENA  
COMUNE DI CAVEZZO

## PROPOSTA DI VARIANTE AL PSC



---

## RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDROMORFOLOGICA, IDRAULICA, GEOLOGICA E SISMICA

A cura di:  
DOTT. GEOL. Valeriano Franchi  
V.le Caduti in Guerra 1, 41121 Modena  
TEL. 059-226540  
e-mail: valerianofranchi@tin.it

---

GIUGNO 2013



## *Indice*

---

0	PREMESSA .....	3
1	LA PROPOSTA DI VARIANTE AL PSC.....	4
1.1	Descrizione del progetto di variante .....	4
1.2	L'attuale destinazione dell'area di variante .....	6
1.3	Le mutate caratteristiche morfologiche dell'area e l'opportunità di un suo cambio di destinazione urbanistica .....	7
2	MATRICI AMBIENTALI DELL'AREA DI VARIANTE .....	10
2.1	Litologia di superficie .....	10
2.2	Geomorfologia.....	10
2.3	Idrografia superficiale ed officiosità idraulica del reticolo idrografico minore	12
2.4	Idrogeologia e vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale .....	14
2.5	Resistenza meccanica dei terreni .....	16
3	PERICOLOSITA' SISMICA.....	21
3.1	Pericolosità sismica di base .....	21
3.2	Pericolosità sismica locale.....	27
3.3	Caratteristiche sismiche del terreno dell'area di studio.....	29
4	SINTESI E FATTIBILITA' PROGETTUALE .....	37

## 0 PREMESSA

La presente relazione è stata redatta quale supporto, per quanto concerne gli aspetti idromorfologici, idraulici, idrogeologici, geologici e sismici, della richiesta di cambio di destinazione d'uso, presentata dalla Sig.ra Scaltriti Luciana all'Amministrazione Comunale di Cavezzo (MO), per l'area di sua proprietà ubicata in Via I Maggio, censita nel NTC al Foglio 21, part. 345, ed attualmente destinata dal PSC comunale ad "Ambito agricolo".

Nella presente relazione verranno esaminati i rapporti esistenti tra l'area oggetto di variante al PSC e le matrici ambientali relative al suolo, al sottosuolo (negli aspetti litologici, geomorfologici, geotecnici e sismici) ed alle acque superficiali e sotterranee, al fine di verificare l'idoneità progettuale ed identificare le eventuali indicazioni/prescrizioni per le fasi attuative.

Per quanto riguarda gli aspetti generali riguardanti il contesto geologico - tettonico, la litologia, la geomorfologia, l'idrografia e l'idraulica, si farà riferimento agli elaborati cartografici del QC del PSC comunale ed alle relative note descrittive, richiamando solo in caso di necessità esplicativa i concetti essenziali di carattere generale, per lasciare maggior spazio alla descrizione di dettaglio dell'area specifica. Si è ritenuto doveroso compiere un approfondimento iniziale relativamente alle recenti nuove conoscenze sismiche, acquisite a seguito degli eventi sismici del maggio - giugno 2012.

Come livello di approfondimento intermedio, si è tenuto conto anche di quanto contenuto nella relazione geologica e sismica a corredo del POC3 di Cavezzo e, in particolare, degli aspetti geologici, idrogeologici e sismici relativi all'area interessata dai Comparti AN. 1/I e AN. 2/I NORD, più prossimi all'area d'interesse.

Per gli aspetti geotecnici e sismici, in questa sede sono stati integrati dati di recentissima acquisizione che aiutano a definire con maggiore dettaglio le caratteristiche di resistenza meccanica e le principali caratteristiche sismiche dei terreni dell'area di variante.

Infine con riferimento alle mutate condizioni topografiche dell'area, si sono svolte considerazioni e valutazioni di natura idromorfologica nonché una verifica sulla natura inerte dei terreni riportati sull'area.

## 1 LA PROPOSTA DI VARIANTE AL PSC

### 1.1 Descrizione del progetto di variante

L'area per cui si richiede il cambio di destinazione urbanistica è situata in via I maggio, alla periferia occidentale del Capoluogo, ed è censita nel NCT al Foglio 21, part. 345 (figura 3). La sua superficie è pari a 11.495 m<sup>2</sup> ed è destinata, dal vigente PSC, a funzioni agricole. Per posizione (interclusa fra canale e strada) e dimensione contenuta, l'area è di fatto poco sfruttabile per gli usi agricoli, anche se, come verrà illustrato in seguito, la proprietà si è attivata in passato per migliorarne le caratteristiche produttive. Inoltre, la realizzazione in corso di un nuovo polo scolastico ha dotato l'area di tutti i servizi di urbanizzazione, vocandola a funzioni urbane.

La richiesta è di rendere edificabile parte dell'area sopra citata, consentendone usi residenziali e complementari, comunque funzionali alla nuova configurazione del quartiere.



FIG. 1 - Ubicazione dell'area di studio.

VARIANTE AL PSC DEL COMUNE DI CAVEZZO -  
CAMBIO DI DESTINAZIONE D'AMBITO PER UN'AREA UBICATA IN VIA I MAGGIO  
RELAZIONE GEOLOGIA, GEOTECNICA, SISMICA ED IDRAULICA

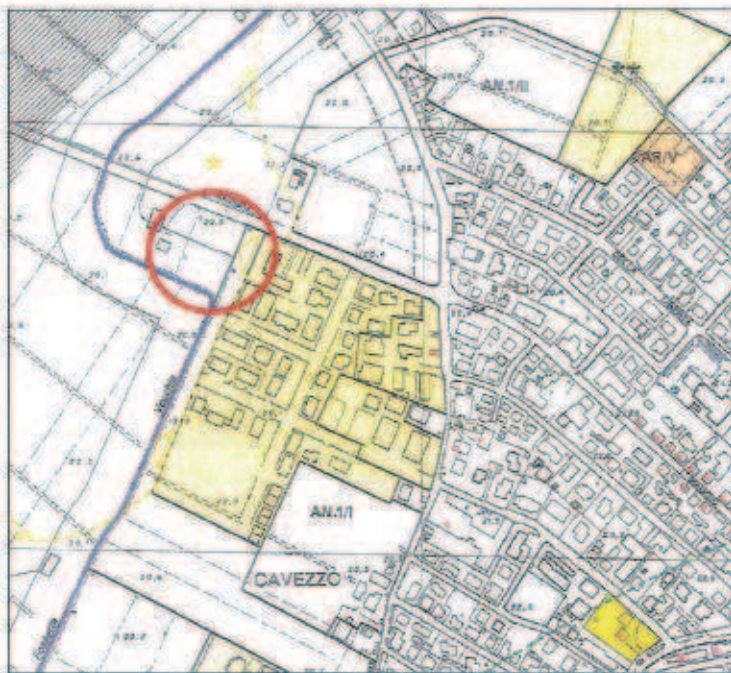


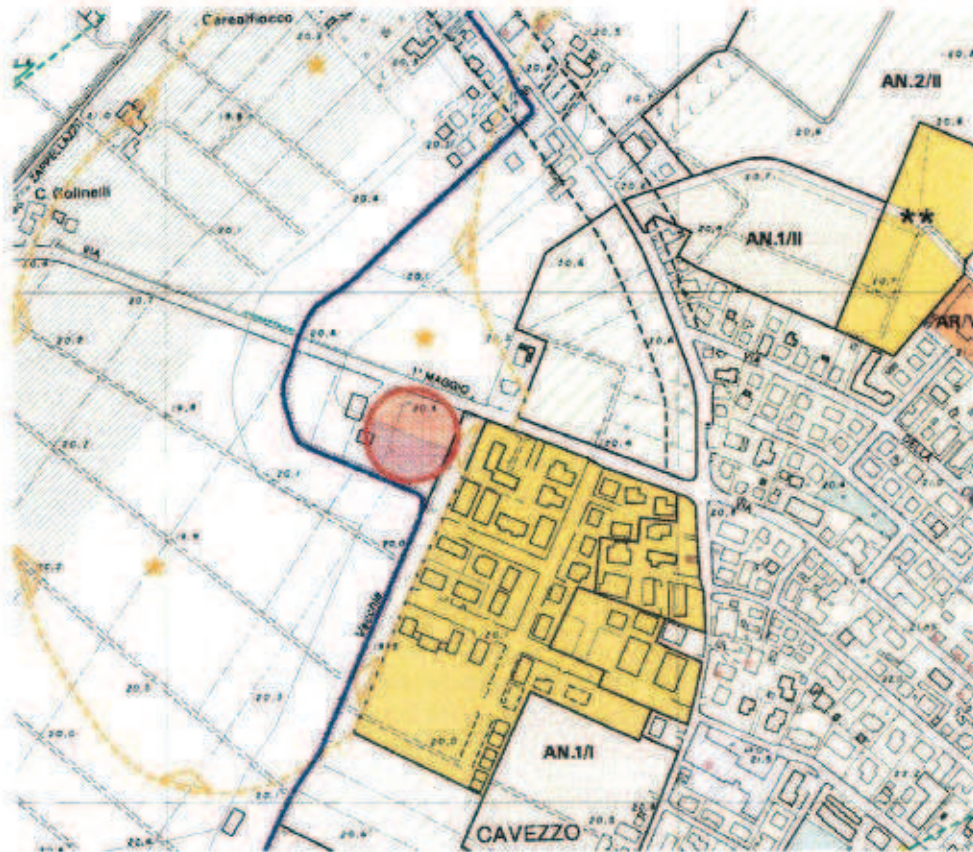
FIG. 2 - Stralcio della carta delle destinazioni urbanistiche del PSC. Il cerchio rosso individua l'area di studio.







FIG. 3 - Ipotesi di trasformazione dell'area di studio.

VARIANTE AL PSC DEL COMUNE DI CAVEZZO -  
 CAMBIO DI DESTINAZIONE D'AMBITO PER UN'AREA UBICATA IN VIA I MAGGIO  
 RELAZIONE GEOLOGIA, GEOTECNICA, SISMICA ED IDRAULICA

1.2 L'attuale destinazione dell'area di variante



ZONE ED ELEMENTI DI TUTELA

-  AREE AD ELEVATA PERICOLOSITA' IDRAULICA (TRIN.1)
-  AREE MORFOLOGICAMENTE DEPRESSE (TRIN.2)
-  DOSSI E FALCODOSSI (TNAT.3)
-  ELEMENTI VEGETALI DI INTERESSE PAESAGGISTICO-AMBIENTALE (TNAT.2)

TECNICO RURALI










-  ZONE DI TUTELA DEL DAVERO DEI CORSI D'ACQUA (AVA.1)
-  ZONE DI TUTELA NATURALISTICA ED AMBIENTALE DELLE AREE COLENALI DEL FIUME SECCO (IAVA.2)
-  GIARDINI E PARCHI DI VALORE PAESAGGISTICO-AMBIENTALE (AVA.3)
-  AREE RIMBOSCHITE (AVA.4)
-  AMBITI AGRICOLI PERIURBANI DI RILIEVO PAESAGGISTICO (AVR.1)
-  AMBITI AGRICOLI DI TUTELA DEI CORSI D'ACQUA MINORI E DEL CANALE DIVERSIVO (AVR.2)
-  AMBITI AD ALTA VOCAZIONE PRODUTTIVA AGRICOLA (IAPA.1)
-  AMBITI AD ALTA VOCAZIONE PRODUTTIVA AGRICOLA DI TUTELA AMBIENTALE (IAPA.2)
-  POLO ESTRATTIVO (PE)

FIG. 4 - Estratto della tavola di PSC vigente tav2\_4



L'area per cui si richiede il cambio di destinazione urbanistica è attualmente classificata dal vigente PSC (fig. 4) in parte come "Ambiti agricoli di tutela dei corsi d'acqua minori e del canale diversivo (AVP.2)" ed in parte come "Ambiti ad alta vocazione produttiva agricola (APA.1), è inoltre interamente contenuta all'interno delle "aree morfologicamente depresse (TRIN.2)" ed è lambita a sud dalla Fossetta Vecchia con relativa tutela di alveo: "Zone di tutela dell'alveo dei corsi d'acqua (AVA.1)".

### 1.3 Le mutate caratteristiche morfologiche dell'area e l'opportunità di un suo cambio di destinazione urbanistica

Circa la classificazione come area morfologicamente depressa è necessario ricordare che detta classificazione discende da una elaborazione del DTM (modello matematico del terreno) che portò ad individuare sul territorio forme concave chiuse che a causa della loro topografia potevano dare origine a ristagni d'acqua, o comunque a fenomeni di deflusso difficoltoso delle acque meteoriche anche in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi.

L'individuazione di detta elaborazione venne riportata nella tavola della geomorfologia del QC Tav. 1-10, di cui è riportato un estratto nella successiva fig. 5.

Dal confronto dell'area morfologicamente depressa riportata nella tavola di QC e quella riportata nella tavola di PSC, appare evidente come il perimetro della stessa sia stato correttamente modificato spostandone il limite oltre il margine orientale dell'edificato di Cavezzo.



Foto 1 - Veduta dell'area da sud verso nord-est

Detta modifica si è resa necessaria in quanto con l'edificazione di questa porzione di territorio si sono recuperate quote superiori a quelle che caratterizzano l'area morfologicamente depressa, di fatto rendendola non più tale.

La stessa modifica di quota, ancorché non a seguito di edificazione, è avvenuta sull'area in oggetto, dove il proprietario negli anni passati ha riportata del terreno per migliorare le qualità agricole dell'area.

Di fatto la proprietà, proprio per risolvere i problemi di ristagno idrico in cui versava la zona e che impedivano di coltivarla con successo, ha riportata del terreno naturale su tutta l'area per spessori di circa 50-60 cm così da raggiungere quote utili a consentire lo sgrondo rapido delle acque meteoriche. All'area, essendo raccolta tra via I Maggio a nord, l'edificato esistente ad est e la Fossetta Vecchia con una sponda leggermente rilevata a sud, veniva infatti preclusa ogni possibilità di deflusso.

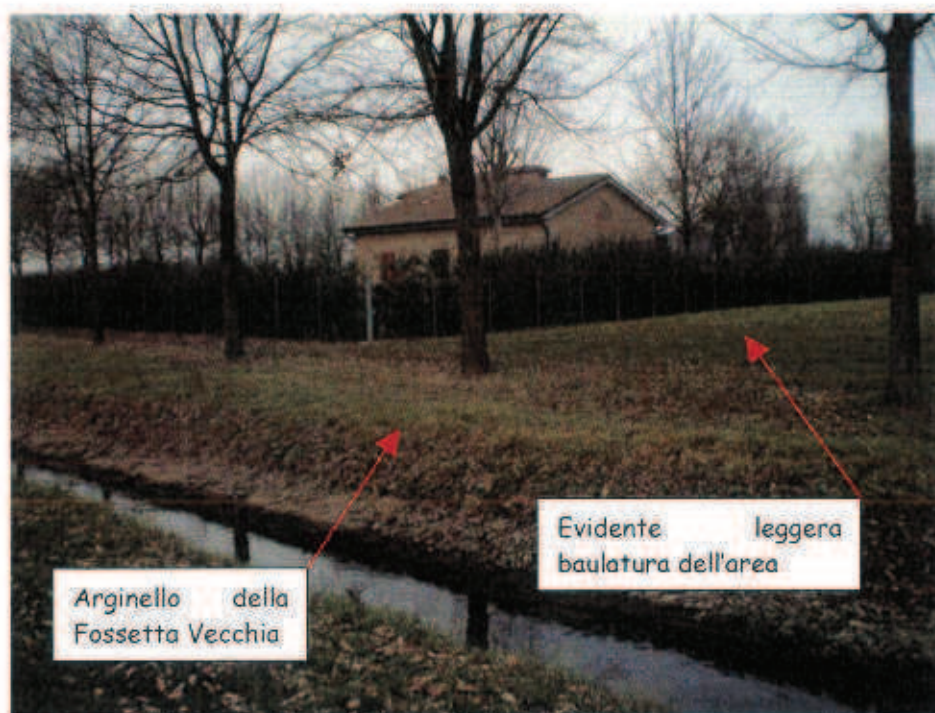


Foto 2 - Veduta dell'area da sud verso nord-ovest

Le modificate condizioni topografiche dell'area sono ben visibili direttamente sul posto, dove risultano evidenti anche ad una semplice verifica visiva le quote leggermente più elevate possedute dall'area rispetto a quelle di via I Maggio.

Al fine di avere garanzie sul terreno riportata sull'area, in occasione della campagna geognostica descritta nei paragrafi successivi, sono stati prelevati 2 campioni in corrispondenza della CPT 1 e CPT 3, ubicate come riportata in fig. 9, quindi inviati a laboratorio per una analisi chimica.

VARIANTE AL PSC DEL COMUNE DI CAVEZZO -  
CAMBIO DI DESTINAZIONE D'AMBITO PER UN'AREA UBICATA IN VIA I MAGGIO  
RELAZIONE GEOLOGIA, GEOTECNICA, SISMICA ED IDRAULICA

Il profilo analitico scelto prevedeva previsto la ricerca dei metalli e degli idrocarburi; i risultati ottenuti sono sintetizzati nella seguente tabella, mentre i certificati d'analisi sono riportati in allegato.

Parametro	udm	Campione CPT1	Campione CPT 3	Limiti residenziali (D.Lgs 152/06)	aree.
Residuo secco a 105°	%	84,5	79,0	/	
Scheletro	%	12,3	4,3	/	
Arsenico	mg/kg	2,37	1,83	20	
Cadmio	mg/kg	<LQ	<LQ	2	
Cobalto	mg/kg	4,0	<LQ	20	
Cromo totale	mg/kg	42,5	48,4	150	
Cromo IV	mg/kg	<LQ	<LQ	2	
Mercurio	mg/kg	0,09	0,04	1	
Nichel	mg/kg	42,7	45,5	120	
Piombo totale	mg/kg	16,4	24,1	100	
Rame	mg/kg	53,9	68,9	120	
Zinco	mg/kg	71,1	85,9	150	
Idrocarburi pesanti (C>12)	mg/kg	<LQ	<LQ	50	

I risultati delle analisi hanno evidenziato essere terreno naturale non contaminato.

## 2 MATRICI AMBIENTALI DELL'AREA DI VARIANTE

### 2.1 Litologia di superficie

La litologia di superficie, che caratterizza il terreno alla profondità di circa un metro dal piano campagna, escludendo il suolo ed il terreno vegetale superficiale, è caratterizzata dalla presenza di terreni a prevalente percentuale limosa.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000

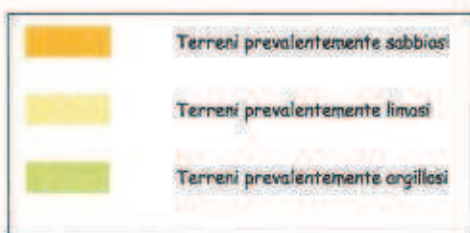


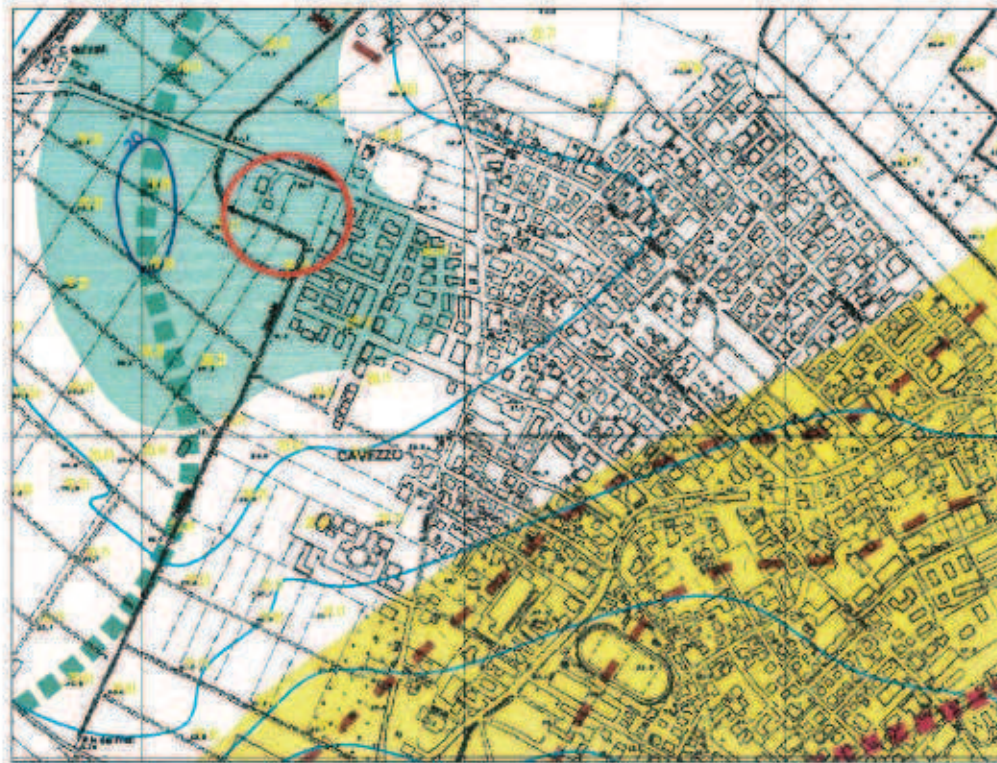
FIG. 5- Litologia di superficie (Estratto Tav. 1-9 - PSC Comune di Cavezzo). Il cerchio rosso individua l'area di studio.

### 2.2 Geomorfologia

La morfologia superficiale dell'area è sub-pianeggiante, con quote medie di 20 m s.l.m., all'interno di una zona cartografata come "area morfologicamente depressa"; si tratta di un'area individuata mediante l'elaborazione modellizzata delle quote del terreno naturale, particolarmente sensibile ai fini idraulici, in cui non solo eventi alluvionali, ma anche eventi

VARIANTE AL PSC DEL COMUNE DI CAVEZZO -  
CAMBIO DI DESTINAZIONE D'AMBITO PER UN'AREA UBICATA IN VIA I MAGGIO  
RELAZIONE GEOLOGIA, GEOTECNICA, SISMICA ED IDRAULICA

meteorici intensi possono generare difficoltà di drenaggio superficiale, con conseguenti ristagni d'acqua.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000



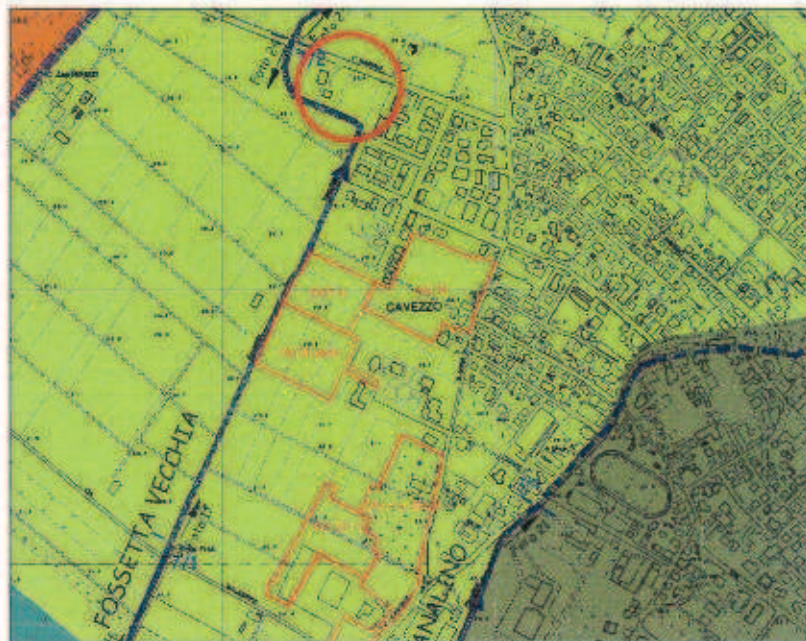
FIG. 6 - Geomorfologia (Estratto Tav. 1-10 - PSC Comune di Cavezzo). Il cerchio rosso individua l'area di studio.

Per l'area in esame, pertanto, si possono prevedere difficoltà particolari al deflusso delle acque superficiali meteoriche.

Altro elemento morfologicamente significativo, riconoscibile nell'area d'intervento, e in relazione al primo elemento, è rappresentato da una linea di impluvio principale che indica l'asse verso cui si riversa il deflusso idrico superficiale.

### 2.3 Idrografia superficiale ed officiosità idraulica del reticolo idrografico minore

L'area in esame appartiene al bacino idrografico della Fossetta Vecchia (figura 7), un fosso ad uso promiscuo (scolo ed irriguo) che ha origine poco a sud del capoluogo, per proseguire poi verso nord oltre il confine comunale; come segnalato nelle schede tecniche a corredo del PSC, è interessante notare come il corso d'acqua, nel tratto a nord della Via I° Maggio, benché ricevente parte delle acque provenienti dal depuratore comunale, presenta comunque discrete caratteristiche ambientali.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000



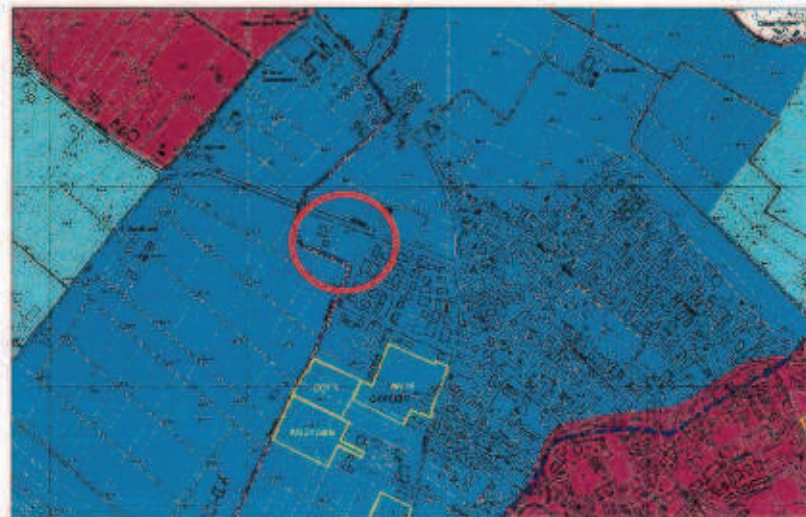
FIG. 7 - Idrografia superficiale (Estratto Tav. 1-11 - PSC Comune di Cavezzo). Il cerchio rosso individua l'area di studio.

VARIANTE AL PSC DEL COMUNE DI CAVEZZO -  
CAMBIO DI DESTINAZIONE D'AMBITO PER UN'AREA UBICATA IN VIA I MAGGIO  
RELAZIONE GEOLOGIA, GEOTECNICA, SISMICA ED IDRAULICA

Se per quanto riguarda il sistema irriguo-scolante, l'area in esame fa riferimento al solo sistema idrografico minore, per gli accenni in merito alla valutazione sull'erosività del territorio, che riguarda più prettamente il fiume Secchia, si rimanda a quanto contenuto nella relazione di QC del PSC.

Con riferimento alla "Carta della criticità e della pericolosità idraulica" del PTCP 2009 (Tav. 2.3.1) della Provincia di Modena, l'area in esame si colloca in corrispondenza di una zona depressa ad elevata criticità idraulica (aree a rapido scorrimento ad elevata criticità idraulica).

Per quanto riguarda le verifiche sulla capacità idraulica di smaltimento delle portate di piena che si producono sul territorio di Cavezzo e che influenzano l'efficienza dei corsi d'acqua del reticolo idrografico superficiale, in figura 8 si riporta un estratto dell'elaborato 1.21. del PSC "Carico idraulico sui bacini extraurbani".



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000

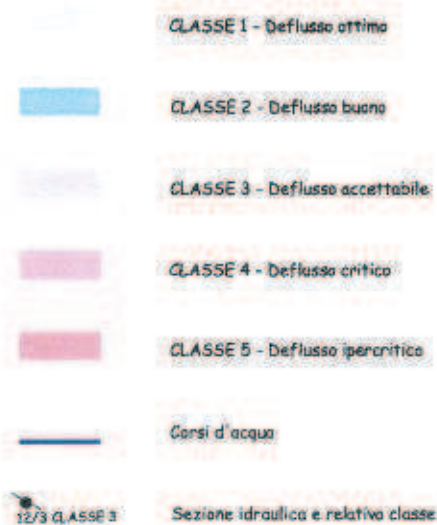


FIG. 8 - Carico idraulico sui bacini extraurbani (Estratto Tav. 1-21 - PSC Comune di Cavezzo). Il cerchio rosso individua l'area di studio.

VARIANTE AL PSC DEL COMUNE DI CAVEZZO -  
CAMBIO DI DESTINAZIONE D'AMBITO PER UN'AREA UBICATA IN VIA I MAGGIO.  
RELAZIONE GEOLOGIA, GEOTECNICA, SISMICA ED IDRAULICA

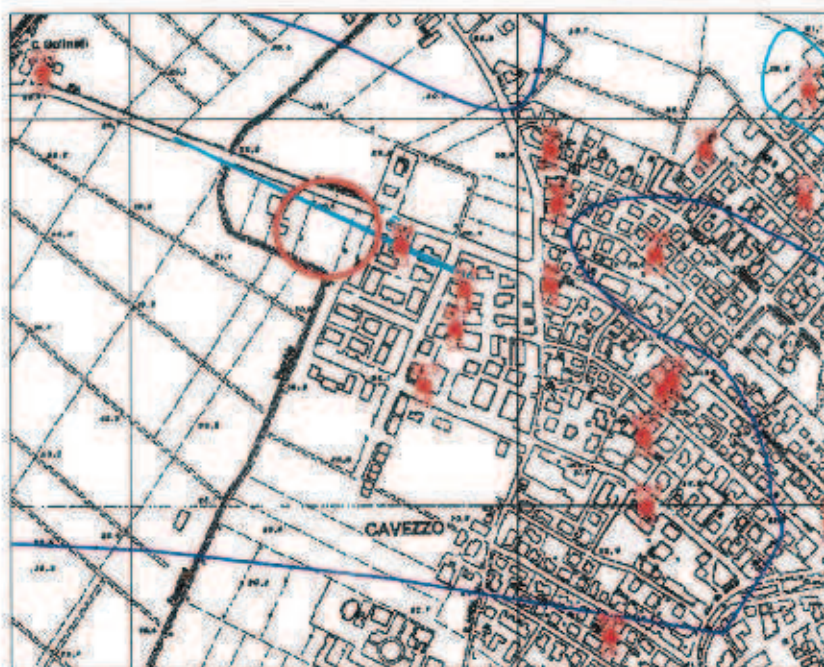
---

Per quanto riguarda l'area in esame, si è detto che appartiene al bacino idrografico della Fossetta Vecchia sulla quale è stata eseguita la relativa verifica idraulica facendo riferimento alla sezione denominata 7/2.

Sulla base del calcolo della portata di verifica, il bacino della Fossetta Vecchia rientra in CLASSE II, ovvero si configura come un bacino idrografico con un buon deflusso delle portate di piena, caratterizzato, cioè, da una buona possibilità di ricevere apporti idrici.

#### 2.4 Idrogeologia e vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale

In corrispondenza dell'area di studio, la falda superficiale si attesta a profondità di circa -1.5 m dal p.c. (figura 9), con quota piezometrica di 18.9 m s.l.m.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000

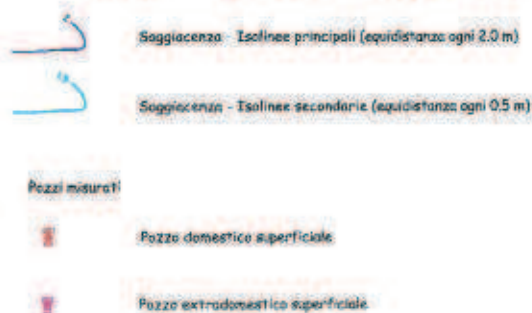


FIG. 9 - Saggiacenza della falda superficiale (Estretto Tav. I-14A - PSC Comune di Cavezzo). Il cerchio rosso individua l'area di studio.

Per quanto riguarda le falde profonde, nell'area gli acquiferi significativi si sviluppano sempre a profondità discretamente elevate:



VARIANTE AL PSC DEL COMUNE DI CAVEZZO -  
CAMBIO DI DESTINAZIONE D'AMBITO PER UN'AREA UBICATA IN VIA I MAGGIO  
RELAZIONE GEOLOGIA, GEOTECNICA, SISMICA ED IDRAULICA

- intorno ai 30-40 m dal p.d.c., si rilevano intercalazioni significative di sabbie fini e medie, in cui si può individuare un primo acquifero captato da diversi pozzi presenti sul territorio comunale;
- oltre i 50 m, dove s'individua un secondo acquifero, abbondantemente sfruttato, specialmente per scopi produttivi; non si segnalano tuttavia sul territorio comunale pozzi utilizzati ad uso acquedottistico.

In corrispondenza delle 4 prove penetrometriche statiche eseguite per questo studio, la falda è stata intercettata da -0.8 m a -1.4 m dal p.d.c.

Con riferimento infine all'elaborazione eseguita dal PSC della "Vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale" di cui in figura 10 si riporta un estratto, l'area di studio si colloca in una zona a grado di vulnerabilità dell'acquifero superficiale Medio-Alta, in rapporto principalmente alle caratteristiche litologiche ed alla capacità di attenuazione del suolo, presenti nell'area.



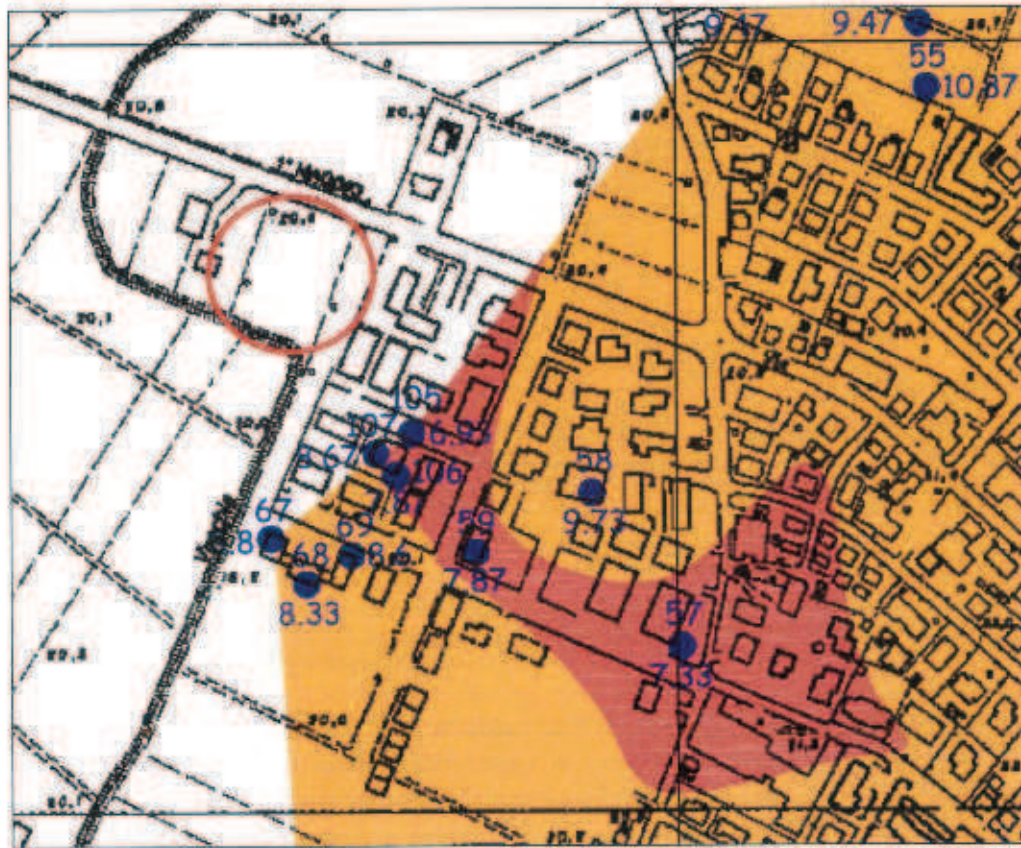
Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5.000



FIG. 10 - Vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale (Estratto Tav. 1-15 - PSC Comune di Cavezzo). Il cerchio rosso individua l'area di studio.

## 2.5 Resistenza meccanica dei terreni

L'elaborazione relativa alle Tav. 1.19A e 1.19B del PSC non intercetta l'area di studio, poiché per essa non sono presenti dati penetrometrici. Vista, però, la vicinanza ad un'area indagata da prove d'archivio, è possibile attendersi una classe di resistenza, per il primo strato di terreno (da -1 a -4 m dal p.d.c.) da mediocre a scarsa. E' possibile, inoltre, attendersi anche un peggioramento delle resistenze oltre i primi 4 m dal p.d.c.



Fuori scala - Dettaglio topografico: 1:5,000



FIG. 11- Resistenza meccanica del terreno (Elab.  $R_p$  medio 1° strato 1-4 m) - (Estratta Tav. 1-19A - PSC Comune di Cavezzo). Il cerchio rosso individua l'area di studio.

VARIANTE AL PSC DEL COMUNE DI CAVEZZO -  
CAMBIO DI DESTINAZIONE D'AMBITO PER UN'AREA UBICATA IN VIA I MAGGIO.  
RELAZIONE GEOLOGIA, GEOTECNICA, SISMICA ED IDRAULICA

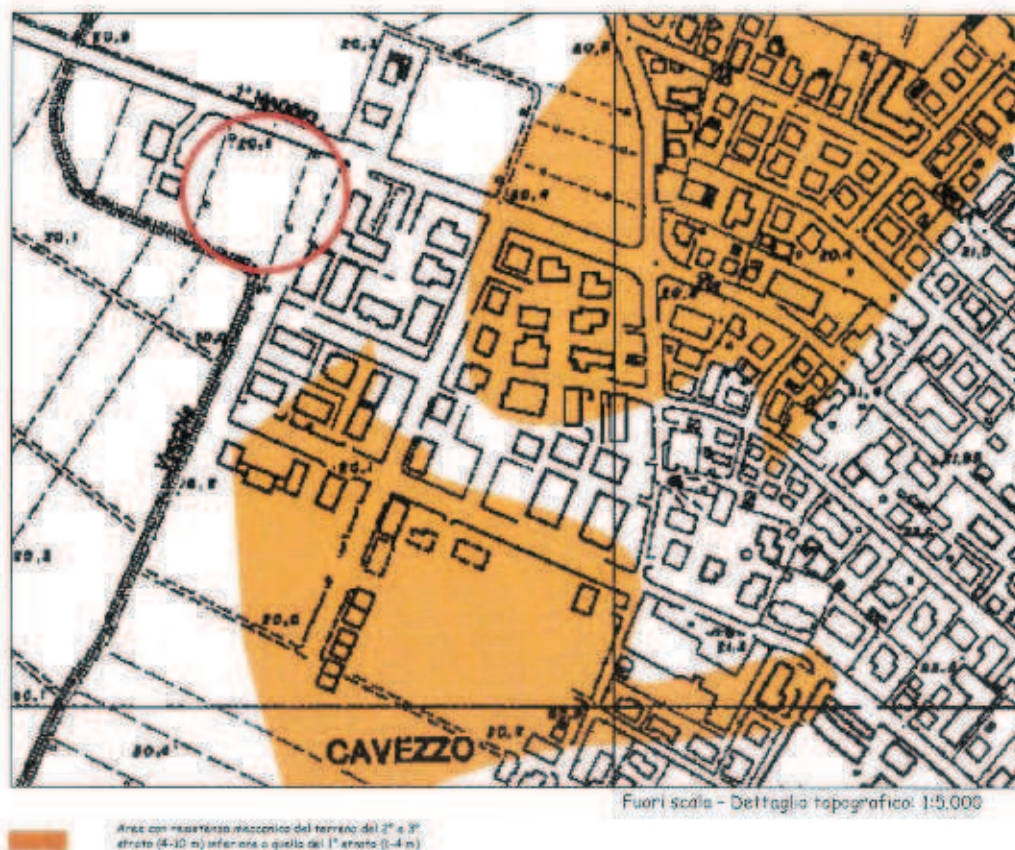


FIG. 12 - Resistenza meccanica del terreno (Elab.  $R_p$  medio 2° e 3° strato (4-10 m) <  $R_p$  medio 1° strato (1-4 m) - (Estratto Tav. 1-19B - PSC Comune di Cavezzo). Il cerchio rosso individua l'area di studio.

Con riferimento agli elaborati di PSC suddetti, la caratterizzazione geotecnica dei terreni del primo sottosuolo in termini di resistenza meccanica è stata condotta attraverso l'analisi di prove penetrometriche esistenti, tutte spinte sino alla profondità di 10,0 m dal p.d.c.; tale spessore, una volta escluso il primo metro di terreno superficiale, era stato suddiviso in tre intervalli dello spessore di 3,0 m ciascuno, utili al fine della costruzione della carta e descrittivi ai fini geotecnici:

- intervallo 1) da 1,0 m a 4,0 m
- intervallo 2) da 4,0 m a 7,0 m
- intervallo 3) da 7,0 m a 10,0 m

L'elaborazione automatica (carta della "Resistenza meccanica del terreno" - tavola 1.19A) è stata eseguita utilizzando i valori di  $R_p$  medio riferiti al primo strato di terreno compreso tra 1,0 e 4,0 metri di profondità, in quanto direttamente interessato, nella maggior parte dei casi, dalle più comuni opere di fondazione, pur non essendo comunque stati trascurati gli strati sottostanti.

Per completare la caratterizzazione geotecnica dei terreni del primo sottosuolo presenti entro i limiti dell'area in esame, i dati d'archivio esistenti sono stati implementati

VARIANTE AL PSC DEL COMUNE DI CAVEZZO -  
CAMBIO DI DESTINAZIONE D'AMBITO PER UN'AREA UBICATA IN VIA I MAGGIO  
RELAZIONE GEOLOGIA, GEOTECNICA, SISMICA ED IDRAULICA

attraverso l'esecuzione di 4 prove penetrometriche statiche spinte sino alla profondità di 20.0 dal piano campagna.

L'ubicazione delle prove (CPT nr. 1- e 4- variante PSC) viene riportata nella figura seguente (figura 13), mentre i relativi tabulati numerici e diagrammi delle resistenze vengono riportati in Allegato 1 in coda alla relazione.

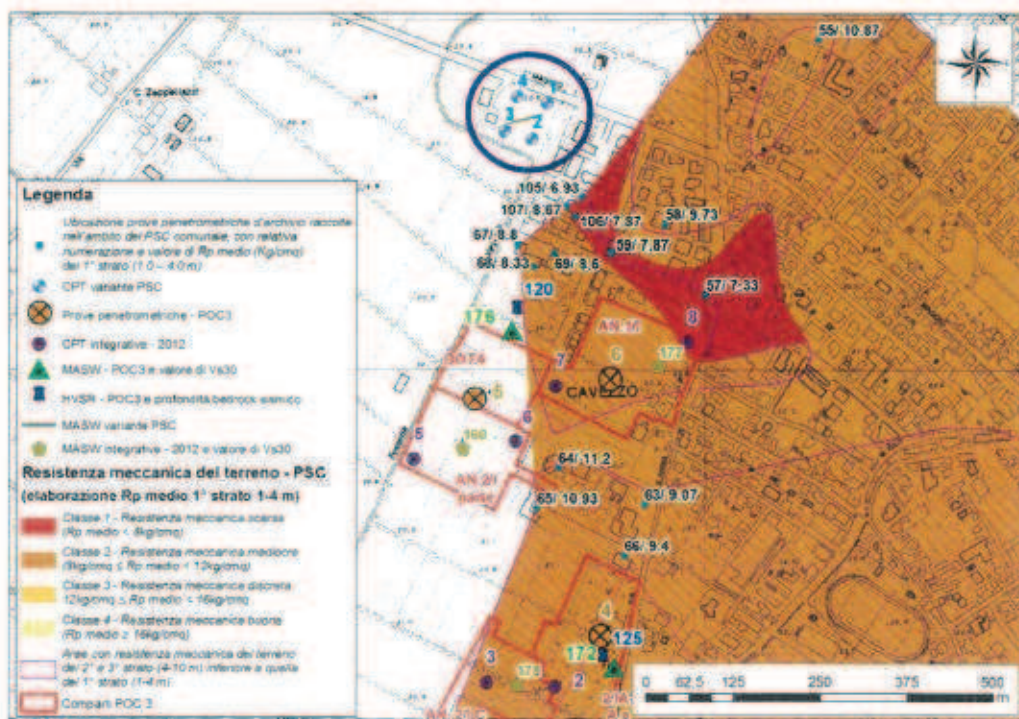


FIG. 13 - Ubicazione sondaggi geognostici eseguiti nell'area di studio (all'interno del cerchio blu) e ubicazione dei sondaggi geognostici contemplati dal PSC e dal POC3 di Cavezzo.

Le prove eseguite sono state esaminate, in analogia con quanto fatto nel PSC, considerando i primi 10.0 m di profondità, escludendo il primo metro di terreno superficiale e suddividendo il restante spessore in tre intervalli, per ognuno dei quali è stato valutato il valore di  $R_p$  medio.

	$R_p$ medio CPT nr. 1	$R_p$ medio CPT nr. 2	$R_p$ medio CPT nr. 3	$R_p$ medio CPT nr. 4
1° STRATO (1-4 m)	10.8 $Kg/cm^2$	11.6 $Kg/cm^2$	10 $Kg/cm^2$	11 $Kg/cm^2$
2° STRATO (4-7 m)	8.4 $Kg/cm^2$	8 $Kg/cm^2$	8.5 $Kg/cm^2$	10 $Kg/cm^2$
3° STRATO (7-10 m)	16.8 $Kg/cm^2$	17 $Kg/cm^2$	19 $Kg/cm^2$	17.6 $Kg/cm^2$

Rispetto ai dati già elaborati, le quattro prove di recente esecuzione evidenziano caratteristiche geotecniche dei terreni mediamente mediocri, con valori medi di resistenza meccanica che, entro i primi 4.0 metri di profondità, risultano pari a circa 10.5  $kg/cm^2$ . Nei livelli sottostanti (da -4 a -10 m), i valori di resistenza diminuiscono ad un valor medio di circa 9  $kg/cm^2$ , avvalorando l'ipotesi di cui sopra, secondo la quale, anche per l'area in esame è possibile una riduzione dei valori di resistenza con la profondità (almeno nello

VARIANTE AL PSC DEL COMUNE DI CAVEZZO -  
CAMBIO DI DESTINAZIONE D'AMBITO PER UN'AREA UBICATA IN VIA I MAGGIO  
RELAZIONE GEOLOGIA, GEOTECNICA, SISMICA ED IDRAULICA

spessore -4 m -7 m). Nell'ultimo strato considerato (-7 m -10 m), le resistenze alla punta aumentano verso valori buoni, in media pari a circa 17.9 kg/cm<sup>2</sup>.

In corrispondenza dei punti di prova si è discretizzato il terreno indagato in livelli caratterizzati da valori di Rp e Rl relativamente costanti per tutto lo spessore dello strato. Infine, sono stati calcolati i principali parametri geotecnici medi associati agli strati utilizzando le correlazioni empiriche proposte da vari autori.

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )
Eu:	Modulo di deformazione non drenato (Kg/cm <sup>2</sup> )
Mo:	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
G:	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
OCR:	Grado di sovraconsolidazione
Puv:	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
PuvS:	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey:	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey
1	1,80	C	0,5	321,6	40,4	105,0	4,1	1,8	1,9	--	--	--
2	2,20	CI	0,8	555,4	48,4	146,5	1,9	1,9	2,0	36,3	34,5	37,5
3	3,20	C	0,4	290,8	38,4	99,8	5,5	1,8	1,9	--	--	--
4	3,80	C	0,5	363,4	43,5	114,3	7,6	1,9	1,9	--	--	--
5	4,20	CI	0,9	624,3	47,2	158,1	1,1	1,9	2,0	30,9	32,8	42,5
6	6,20	C	0,4	275,6	37,8	98,2	5,8	1,8	1,9	--	--	--
7	7,80	C	0,3	259,0	36,9	95,9	5,6	1,8	1,9	--	--	--
8	8,80	C	0,6	423,6	46,8	127,8	9,0	1,9	2,0	--	--	--
9	15,40	C	1,6	1197,1	66,0	237,1	9,0	2,1	2,1	--	--	--
10	16,40	C	0,6	500,5	48,4	145,3	9,0	1,9	2,0	--	--	--
11	20,00	C	1,1	852,1	48,8	197,2	9,0	2,0	2,1	--	--	--

Parametri geotecnici dei livelli considerati omogenei per litologia e resistenze - CPT1

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey
1	2,40	C	0,5	341,5	42,0	109,4	4,2	1,8	1,9	--	--	--
2	3,40	CI	0,5	332,8	41,7	108,7	0,7	1,8	1,9	14,5	29,9	23,0
3	4,20	CI	0,7	510,0	48,3	140,4	0,8	1,9	2,0	23,5	31,3	35,0
4	7,80	C	0,4	274,5	38,1	99,0	5,5	1,8	1,9	--	--	--
5	9,20	C	0,7	559,2	48,2	150,6	9,0	1,9	2,0	--	--	--
6	13,20	C	1,5	1089,4	60,2	224,2	9,0	2,0	2,1	--	--	--
7	15,00	CI	2,2	1640,7	90,2	287,0	0,8	2,1	2,2	39,6	32,7	112,8
8	16,80	C	0,9	726,1	41,8	179,4	9,0	2,0	2,0	--	--	--
9	20,00	C	1,2	911,7	52,2	205,5	9,0	2,0	2,1	--	--	--

Parametri geotecnici dei livelli considerati omogenei per litologia e resistenze - CPT2

VARIANTE AL PSC DEL COMUNE DI CAVEZZO -  
CAMBIO DI DESTINAZIONE D'AMBITO PER UN'AREA UBICATA IN VIA I MAGGIO  
RELAZIONE GEOLOGIA, GEOTECNICA, SISMICA ED IDRAULICA

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey
1	2,20	C	0,4	320,8	40,4	105,0	4,3	1,8	1,9	--	--	--
2	3,40	C	0,4	279,4	37,5	97,5	5,2	1,8	1,9	--	--	--
3	4,00	CI	0,6	411,6	45,9	123,2	0,8	1,9	2,0	20,4	31,0	28,3
4	6,00	C	0,4	276,4	37,8	98,2	5,7	1,8	1,9	--	--	--
5	8,00	C	0,4	337,9	42,7	111,5	7,7	1,8	1,9	--	--	--
6	8,60	C	0,8	573,9	48,0	152,4	9,0	1,9	2,0	--	--	--
7	14,20	CI	1,5	1124,8	62,0	228,2	0,7	2,0	2,1	33,1	31,9	77,5
8	14,80	C	0,7	524,6	48,3	148,3	9,0	1,9	2,0	--	--	--
9	16,20	CI	1,4	1038,4	58,2	219,6	<0,5	2,0	2,1	26,4	30,3	72,8
10	16,80	C	0,6	494,8	48,4	144,7	9,0	1,9	2,0	--	--	--
11	20,00	CI	1,4	1042,8	59,0	221,4	<0,5	2,0	2,1	24,2	29,7	73,8

Parametri geotecnici dei livelli considerati omogenei per litologia e resistenze - CPT3

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey
1	2,80	C	0,5	368,5	43,5	114,3	5,6	1,9	1,9	--	--	--
2	3,40	C	0,4	289,4	38,4	99,8	5,5	1,8	1,9	--	--	--
3	4,00	CI	0,6	411,3	45,9	123,2	0,8	1,9	2,0	20,0	30,9	28,3
4	5,40	CI	0,6	411,6	46,0	123,9	0,6	1,9	2,0	16,8	30,0	28,5
5	6,80	C	0,4	320,9	41,5	107,9	7,0	1,8	1,9	--	--	--
6	7,80	C	0,4	276,1	38,4	99,8	6,0	1,8	1,9	--	--	--
7	8,60	C	0,6	479,5	48,1	137,3	9,0	1,9	2,0	--	--	--
8	17,00	CI	1,5	1107,4	61,4	226,9	0,6	2,0	2,1	30,6	31,3	76,8
9	18,20	C	0,8	613,3	45,9	163,7	9,0	1,9	2,0	--	--	--
10	20,00	CI	1,5	1106,7	62,6	229,6	<0,5	2,0	2,1	25,1	29,8	78,3

Parametri geotecnici dei livelli considerati omogenei per litologia e resistenze - CPT4

Dall'esame delle prove penetrometriche eseguite emerge come la zona oggetto d'indagine sia caratterizzata da un sottosuolo costituito da terreni prevalentemente coesivi, argillosi, argilloso - limosi, argilloso - sabbiosi e sabbioso - argillosi, con rarissime intercalazioni di sabbie, solitamente sciolte.

I valori medi di resistenza geomeccanica sono generalmente mediocri, con la coesione non drenata che nei primi 10 metri raggiunge un valore massimo pari a circa 78 kPa (salvo poi raggiungere valori buoni fino a fondo prove), e la densità relativa delle componenti incoerenti compresa tra il 14 e il 39%.

### 3 PERICOLOSITA' SISMICA

La pericolosità sismica di un'area può essere suddivisa in una *pericolosità di base* ed in una *pericolosità locale*, data da aspetti locali del territorio e del terreno.

#### 3.1 Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di base di un'area dipende dalle sorgenti sismogenetiche, dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti passati, aspetti che sono presi in considerazione per definire le zone della classificazione sismica nazionale. Da tali caratteristiche deriva il moto di input atteso, per il calcolo del quale non sono valutate le caratteristiche locali ed il territorio è considerato uniforme, cioè pianeggiante e costituito da suolo rigido, in cui la velocità di propagazione delle onde S è maggiore di 800 m/s ("Suolo A" dell'Eurocodice 8, dell'OPCM 3274/2003 e del D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le costruzioni").

Il dato di partenza per un'analisi della potenzialità sismica di un territorio è certamente la ricostruzione delle strutture tettoniche maggiormente attive nel tempo geologico più recente, all'incirca l'ultimo milione di anni (neotettonica). Sono queste le strutture che possono, se confermate anche da dati macrosismici e/o sismologici, ragionevolmente costituire sorgente di terremoti anche in futuro.

Per gli aspetti generali relativi alla tettonica, alla neotettonica ed alle sorgenti sismogenetiche pertinenti al territorio comunale di Cavezzo, si rimanda alla Relazione del QC del PSC, ritenendo, in questa sede, ridondante riprenderne la trattazione.

In breve, le strutture attive più prossime all'area di studio coincidono con l'alto delle Pieghe Ferraresi e delle Pieghe Emiliane per le quali le principali evidenze di attività derivano dai profili sismici: dagli stessi emerge anche che le strutture attive e recenti si collegano in profondità con strutture compressive profonde che interessano la successione carbonatica ed il basamento (si vedano le linee rosse di figura 1, rappresentanti sovrascorrimenti attivi nel post Pleistocene Medio).

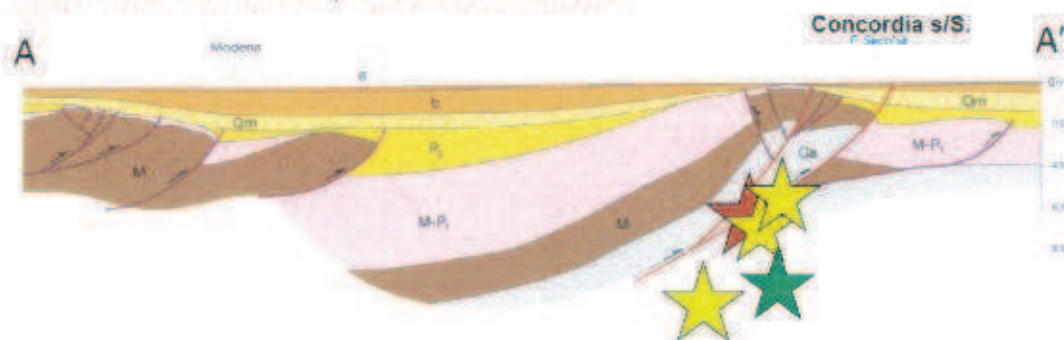


FIG. 14 - Sezione geologica, con proiezione degli ipocentri di  $ML > 5$  dei sismi del maggio - giugno 2012: La dimensione delle stelle è proporzionale alla magnitudo. Stella rossa: terremoti del 20 maggio 2012; stelle gialle: terremoti del 29 maggio 2012; stelle verdi: terremoti del 3 giugno 2012. (Fonte: L. Martelli (2012) - "The 2012 May 20 earthquake in the Emilia Plain. The geologic point of view - presentazione).

È proprio in corrispondenza di tali strutture attive riportate in figura 1 che si sono sviluppati i recenti eventi sismici che hanno interessato il territorio della bassa pianura emiliana nell'ultima decade di maggio 2012: come si vede in figura, gli ipocentri dei terremoti del 20 (max.  $M_L = 5.9$ ) e 29 (max.  $M_L = 5.8$ ) maggio 2012 si concentrano proprio in corrispondenza delle suddette strutture attive, a profondità di 6,3 e 10,2 km.

Escludendo i recenti eventi sismici, la precedente storia sismica del Capoluogo (figura 2), limitatamente ai terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 4-5 gradi MCS, così come estratti dal catalogo parametrico CPTI04 dei terremoti italiani dell'INGV, rivela come le intensità al sito di maggior grado (tra cui 5 gradi MCS è il valore più ricorrente) siano dovute a terremoti con epicentri localizzati in Emilia e in Bassa Padana, tutti registrati durante il secolo scorso. Intensità al sito di grado < 5 gradi MCS sono dovute a terremoti con epicentri localizzati tutti in Emilia, con intensità al sito maggiori per quelli con epicentro nel Parmense.

Terremoti con epicentri geograficamente più lontani, rispetto al territorio comunale, al di fuori del limite regionale, hanno determinato intensità al sito mai superiori a 4 gradi MCS (3 è il valore più ricorrente); tra questi i più frequenti sono stati localizzati in un intorno prossimo al Lago di Garda (ovest: Franciacorta e Salò; est: Valle d'Illasi).

Selsmic history of Cavezzo [44.838, 11.028]									
Total number of earthquakes: 14									
Effects		Earthquake occurred:							
Is:		Anno Me Gi Or	Area epicentrale	Studio	nMDP	Io	Mw		
3		1887 02 23 05 21 50	Liguria occidentale	CFTI	1515	9	6.29		
4		1891 06 07 01 06 14	Valle d'illasi	CFTI	403	8-9	5.71		
2-3		1894 11 27	FRANCIACORTA	DOM	168	6-7	4.85		
F		1895 04 14 22 17	Slovenia	CFTI	296	8	6.25		
F		1898 03 04	CALESTANO	DOM	260	6-7	5.07		
3-4		1901 10 30 14 49 58	Salò	CFTI	191	8	5.67		
3		1904 02 25 18 47 50	Reggiano	CFTI	62	6	5.13		
5		1909 01 13 00 45	BASSA PADANA	DOM	799	6-7	5.53		
2		1957 08 27 11 54	ZOCCA	DOM	58	6	5.06		
NF		1965 11 09 15 35	ALTA V SECCHIA	DOM	32	5	5.01		
4		1971 07 15 01 33 23	Parmense	CFTI	228	7-8	5.61		
3-4		1983 11 09 16 20 52	Parmense	CFTI	835	6-7	5.10		
NF		1986 12 06 17 07 19	BONDENO	DOM	604	6	4.56		
5		1996 10 15 09 55 60	CORREGGIO	INGVAM	135	7	5.44		

this file has been downloaded from INGV - DBMI04

FIG. 15 - Osservazioni macrosismiche per Cavezzo (Stucchi et alii., 2007).

Dall'esame della Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna<sup>1</sup> emerge come, statisticamente parlando, la sismicità strumentale rilevata nel territorio di pianura in cui ricade Cavezzo mostri una frequenza progressivamente minore con la profondità degli

<sup>1</sup> M. Boccaletti & L. Martelli (a cura di) (2004) - Carta sismotettonica della Regione Emilia-Romagna, scala 1:250.000 - Note illustrative. Servizio Geologico, sismico e dei suoli - Regione Emilia-Romagna, S.ELICA, Firenze, 60 p.



VARIANTE AL PSC DEL COMUNE DI CAVEZZO -  
CAMBIO DI DESTINAZIONE D'AMBITO PER UN'AREA UBICATA IN VIA I MAGGIO  
RELAZIONE GEOLOGIA, GEOTECNICA, SISMICA ED IDRAULICA

ipocentri, e una magnitudo generalmente < di 4. La massima frequenza si registra nei primi 15 km di profondità, diminuisce da 15 a 35 km di profondità, ed aumenta leggermente a profondità maggiori di 35 km.

Gli epicentri dei terremoti, rilevati da dati macrosismici (figura 3), mostrano una distribuzione delle magnitudo piuttosto irregolare: i valori più alti ( $M \geq 5.5$ ) sono registrati nelle aree a nord e a nord-ovest di Mirandola; quelli intermedi ( $5 \leq M < 5.5$ ) e minori ( $4 \leq M < 5$ ) sono presenti nel settore occidentale compreso tra Carpi e Novellara.

La risoluzione dei meccanismi focali evidenzia la presenza predominante di faglie sismogenetiche inverse, concentrate in particolare a nord di Mirandola, con Magnitudo Momento pari a circa 5,5; faglie sismogenetiche trascorrenti ed inverse - trascorrenti sono presenti nel settore occidentale, compreso tra i territori dei comuni di Carpi, Correggio, Bagnolo in Piano, Novellara e Campagnola Emilia.

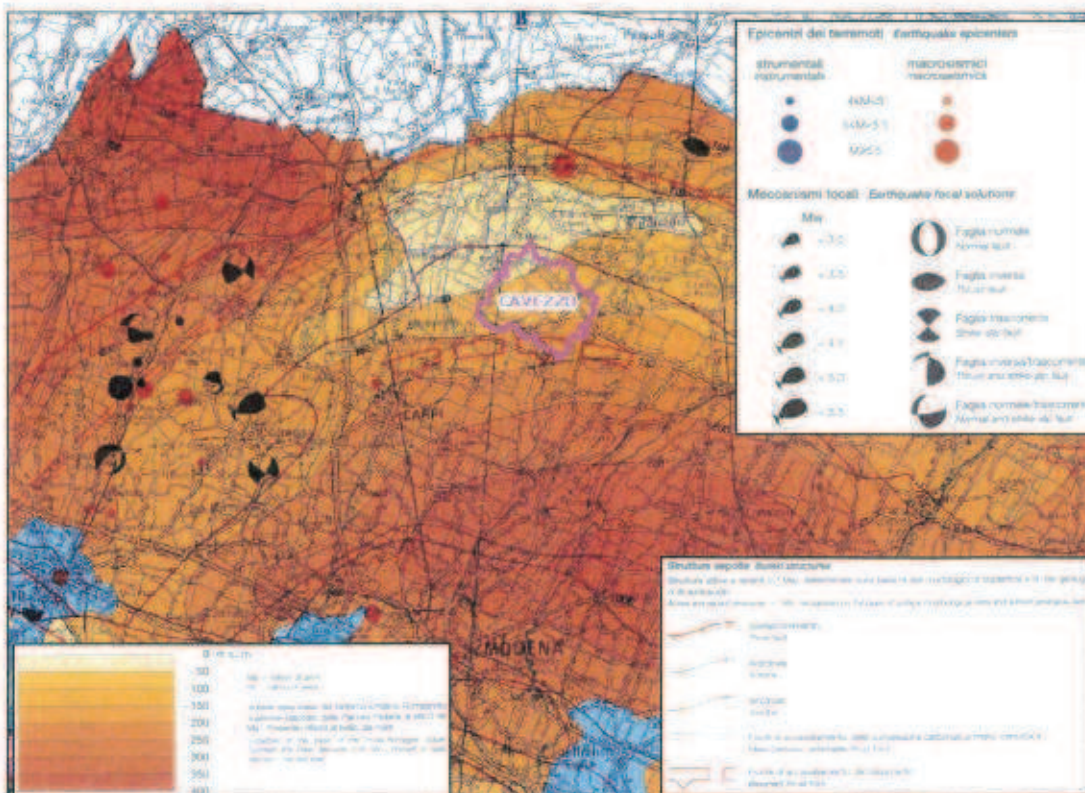


FIG. 16 - Carta Sismotettonica a scala 1:250.000 della R.E.R. (I cerchi rossi gli epicentri dei terremoti rilevati da dati macrosismici; i cerchi a spicchi neri rappresentano la risoluzione dei meccanismi focali dei terremoti.)

Chiaramente, il quadro della sismicità storica, alla luce dei recenti eventi sismici che hanno interessato il territorio della bassa pianura emiliana, viene sostanzialmente modificato, come si vede in figura 4: compaiono epicentri di magnitudo compresa tra 4 e 6 che si allineano su di una linea con direzione O-E, interessando due Sorgenti Sismogenetiche Composite (CSS) individuate dal Database of Individual Seismogenetic Sources (DISS)

dell'INGV<sup>2</sup>: la ITCS051 "Novi-Poggio Renatico" e la ITCS050 "Poggio Rusco-Migliarina" (figura 5). In particolare, l'epicentro del sisma più intenso del 20 maggio 2012 ricade all'interno della Sorgente Sismogenetica Individuale (ISS) "ITIS 107 - Mirandola", circa 4 km a nord-est del centro di Cavezzo: lo strike della sorgente (direzione geografica del lato maggiore del rettangolo verde) corrisponde molto bene con lo strike del piano di thrust che ha generato il sisma di magnitudo 5.9 del 20 maggio 2012 (riquadro interno di figura 5), confermando le interpretazioni geometriche del database dell'INGV.

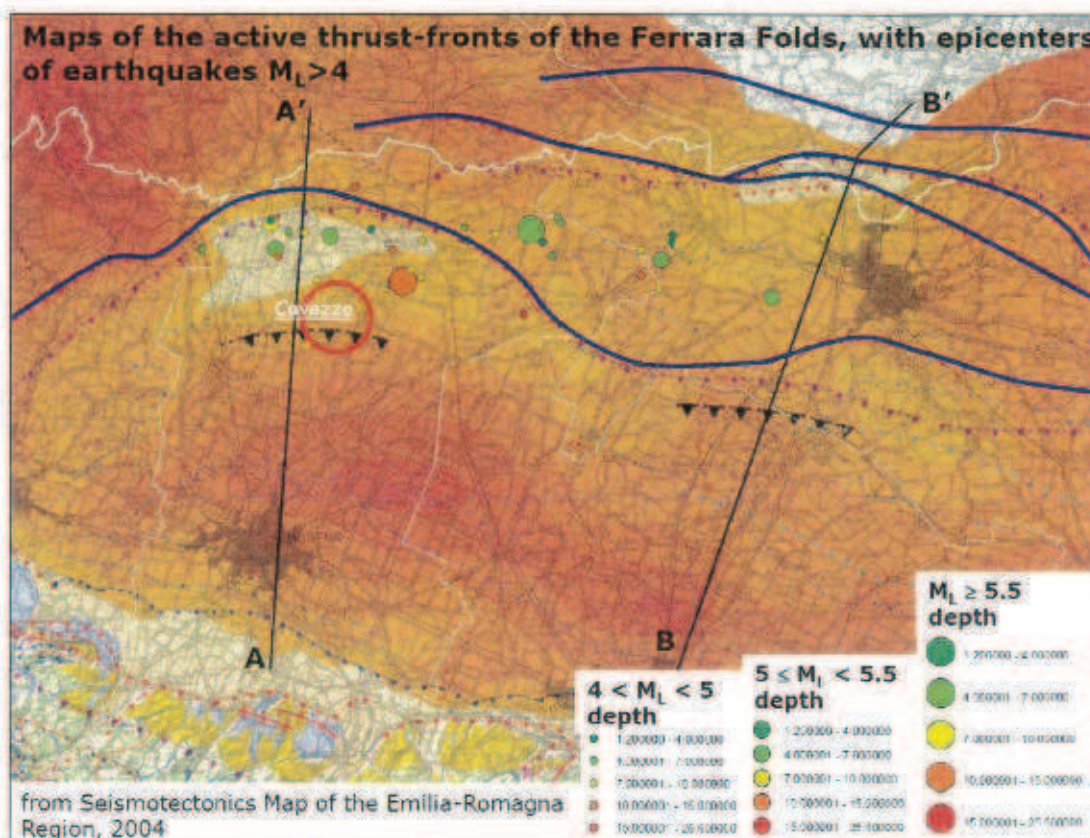


FIG. 17 - Ubicazione degli epicentri dei recenti eventi sismici del maggio 2012. (Fonte: L. Martelli (2012) - "The 2012 May 20 earthquake in the Emilia Plain, The geologic point of view - presentazione). (Il cerchio rosso individua, a grandi linee, l'ubicazione del territorio comunale di Cavezzo.)

Lo stesso database DISS dell'INGV (con aggiornamento precedente il sisma del 20 maggio 2012) segnalava come tale sorgente sismogenetica individuale non fosse associata a nessun terremoto storico e/o strumentale e per questo potesse rappresentare una lacuna sismica; cosa ovviamente non più vera alla luce degli ultimi dati. Lo stesso database, nonostante tale lacuna, riusciva ad ipotizzare, per tale sorgente, sulla base della sua dimensione, la possibilità di generare terremoti di  $M_w$  5,9. Sempre secondo il DISS, il basso tasso di slip (scorrimento sul piano di rottura) suggerisce tempi di ritorno lunghi per potenziali sismi.

<sup>2</sup> DISS Working Group (2010). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than  $M$  5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>. © INGV 2010 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - All rights reserved.

VARIANTE AL PSC DEL COMUNE DI CAVEZZO -  
CAMBIO DI DESTINAZIONE D'AMBITO PER UN'AREA UBICATA IN VIA I MAGGIO  
RELAZIONE GEOLOGIA, GEOTECNICA, SISMICA ED IDRAULICA

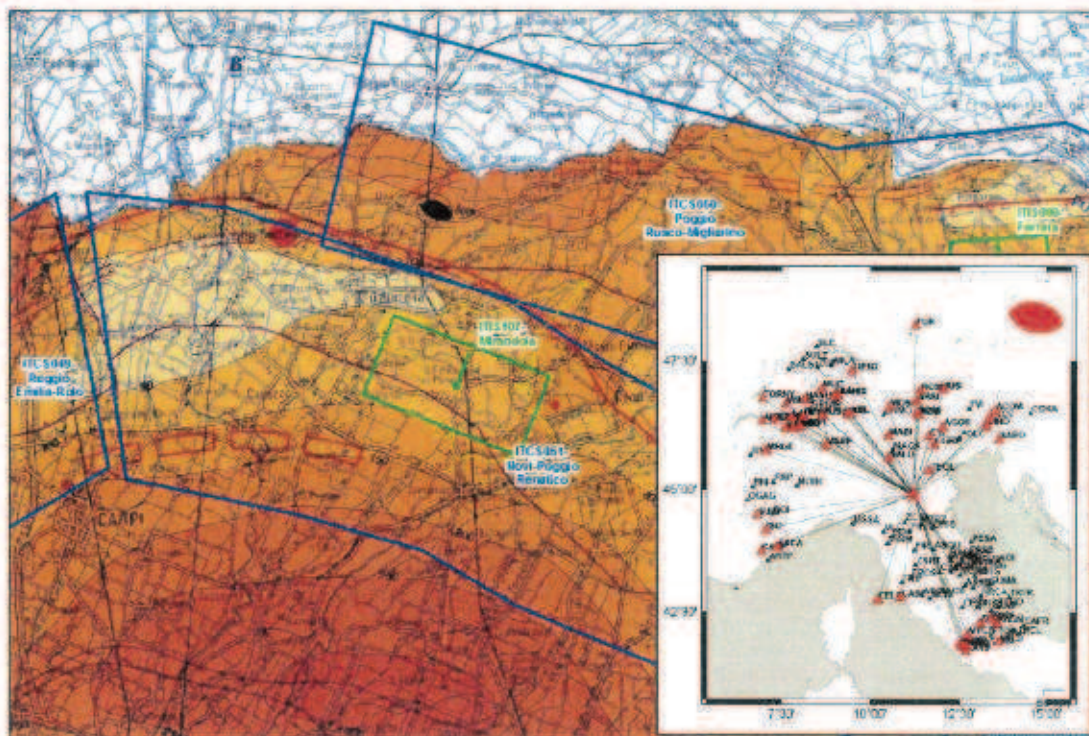


FIG. 18 - Carta delle principali Sorgenti Sismogenetiche Individuali (ISS - rettangoli di colore verde) e delle Sorgenti Sismogenetiche Composite (CSS - strisce con contorno blu), nel territorio provinciale di Modena, georeferenziate sulla Carta sismotettonica dell'Emilia-Romagna (base cartografica alla scala 1:250.000). Nel riquadro: soluzione del meccanismo focale del sisma di magnitudo 5.9 del 20 maggio 2012 (fonte: INGV, Terremoto in Pianura Padana-Emiliana - 20 maggio 2012 ML 5.9, Secondo comunicato - ore 14,00 del 20 maggio 2012).

La pericolosità sismica di base è definita secondo una procedura basata sui risultati dello studio dell'INGV, disponibili sul sito web (<http://esse1.mi.ingv.it/>) nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica". In tali mappe, la pericolosità si sgancia dalle divisioni amministrative e viene distribuita sui 10751 nodi, a distanza reciproca non superiore a 10 km, di un reticolo geografico regolare che copre l'intero territorio nazionale. Ogni nodo è caratterizzato da specifiche curve di pericolosità che definiscono la frequenza media annua di occorrenza di una serie di terremoti caratterizzati da diversi livelli di severità, espressa, ad esempio, in termini di  $a_g$  (meglio nota come PGA, accelerazione orizzontale di picco).

L'esame della mappa probabilistica di pericolosità sismica del territorio provinciale (figura 6) evidenzia valori di accelerazione massima al suolo, calcolati per probabilità di superamento in 50 anni del 10% (distribuzione del 50° percentile - mappa mediana, che è la mappa di riferimento per ogni probabilità di superamento), variabili tra 0.125 e 0.15, nel settore settentrionale del territorio comunale, a 0.15 e 0.175 nel settore meridionale.

VARIANTE AL PSC DEL COMUNE DI CAVEZZO -  
CAMBIO DI DESTINAZIONE D'AMBITO PER UN'AREA UBICATA IN VIA I MAGGIO  
RELAZIONE GEOLOGIA, GEOTECNICA, SISMICA ED IDRAULICA

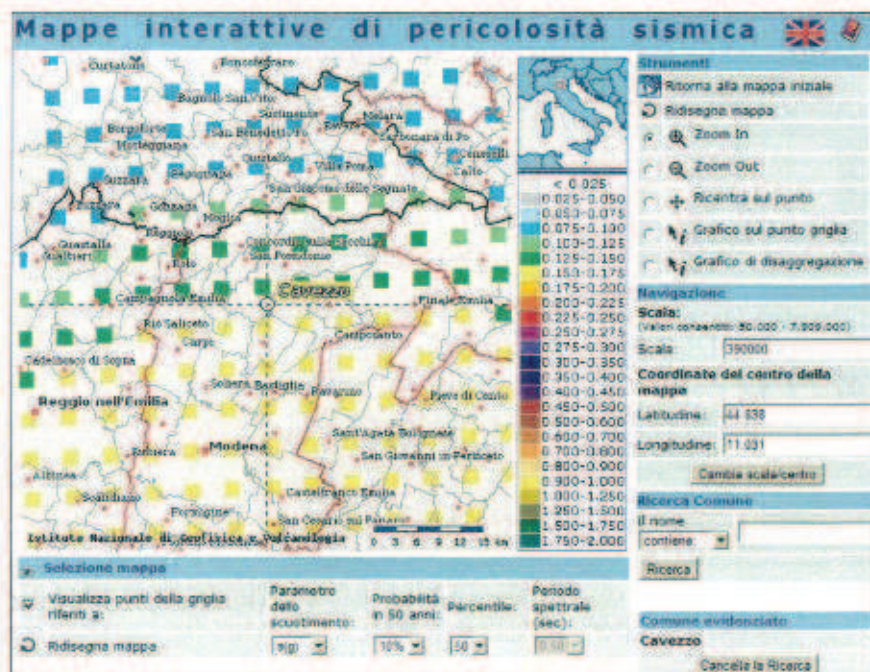


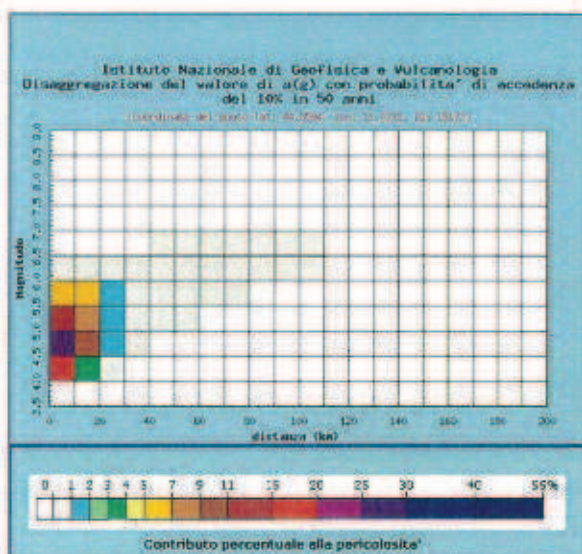
FIG. 19 - Mappa probabilistica di pericolosità sismica del territorio comunale. Sono evidenziati, in colore, i punti della griglia nazionale caratterizzati da valori di  $a_g$  con probabilità di occorrenza del 10% in 50 anni - Sito web INGV.

L'accelerazione massima orizzontale al suolo di riferimento (PGA), fissata per l'intero territorio comunale di Cavezzo dalla Tabella 2, Allegato 4 della Del. dell'Assemblea Legislativa n. 112 del 2/5/2007, risulta essere pari a 0.150. Come si vede, tale valore risulta mediato rispetto ai valori minimo e massimo evidenziati per il territorio comunale dalla mappa probabilistica di pericolosità sismica di figura 6.

Da ognuno dei punti componenti la griglia di pericolosità si può generare il rispettivo grafico di disaggregazione: rappresentazione grafica del contributo di distanza chilometrica e magnitudo al verificarsi di quella determinata accelerazione sismica, utile nell'individuazione della sorgente sismogenetica che contribuisce maggiormente a produrre il valore di scuotimento stimato in termini probabilistici.

L'analisi di disaggregazione ha un importante significato nell'ambito di studi di microzonazione sismica, di analisi di liquefazione, di analisi di risposta sismica locale e di studi di stabilità dei versanti, in cui è necessaria la conoscenza dei parametri del terremoto di scenario. I risultati dell'analisi di disaggregazione possono inoltre risultare utili al fine di selezionare (o simulare) accelerogrammi a scopi di progettazione e/o per analisi dinamiche (es. analisi numeriche di risposta sismica locale).

Di seguito si riporta il grafico di disaggregazione tridimensionale del valore di  $a(g)$  con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni per il nodo della griglia nazionale corrispondente a Cavezzo (figura 20), dove  $\epsilon$  rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R.



Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.950	9.250	0.583

FIG. 20 - Pericolosità sismica - Comune di Cavezzo: gráfico de desagregação do valor de  $a(g)$  (0,125-0,15) com probabilidade de ocorrência de 10% em 50 anos.

Dal gráfico de desagregação sopra riportato è possibile identificare, per il Capoluogo, un **valore medio di Magnitudo momento ( $M_w$ )** molto prossimo a 5, e un **valore medio di Distanza** chilometrica dalla sorgente sismogenetica di 10 km; valori che contribuiscono per il 25-30% alla pericolosità sismica locale. Valori che contribuiscono, in percentuale, in modo minore alla pericolosità sismica di base, ma pur sempre da tenere in considerazione, sono anche le coppie  $(M4-4.5; D10)_{15-20\%}$ ,  $(M5-5.5; D10)_{9-11\%}$  e  $(M5.5-6; D10-20)_{5-7\%}$ .

Nella segnalazione dell'INGV "Pericolosità sismica, zone sismiche e normativa sismica nella zona dei terremoti del maggio 2012" presentata (21 giugno 2012) sulla home-page del sito web dell'istituto<sup>3</sup>, datata 31 maggio 2012, si ipotizza, per la "zona" interessata dagli ultimi eventi sismici del maggio 2012, una magnitudo massima pari a 6,2 (quindi già rivista rispetto a quanto precedentemente contenuto nel DISS); inoltre, viene espressa l'opinione, sempre secondo l'INGV, che "la mappa di pericolosità sismica di riferimento sia perfezionabile, ma che l'eventuale aggiornamento che tenga conto solo degli ultimi terremoti non ne determini, complessivamente, variazioni significative".

### 3.2 Pericolosità sismica locale

Accanto ad una sismicità di base, la sismicità di un'area risulta inoltre caratterizzata da una sismicità locale, in quanto il moto sismico in superficie può essere influenzato dalle condizioni geologiche e morfologiche locali; in particolare alcune forme e depositi del paesaggio possono amplificare il moto sismico e favorire fenomeni di instabilità dei terreni quali cedimenti, frane o fenomeni di liquefazione (effetti locali).

<sup>3</sup> <http://www.ingv.it/primo-piano/segnalazioni/2012/06011552/>

VARIANTE AL PSC DEL COMUNE DI CAVEZZO -  
 CAMBIO DI DESTINAZIONE D'AMBITO PER UN'AREA UBICATA IN VIA I MAGGIO  
 RELAZIONE GEOLOGIA, GEOTECNICA, SISMICA ED IDRAULICA

La zonazione del territorio sulla base della risposta sismica del terreno è perciò uno dei più importanti ed efficaci strumenti di definizione e rappresentazione della pericolosità sismica e quindi un'azione indispensabile per la prevenzione e riduzione del rischio sismico, dal momento che fornisce un contributo essenziale per l'individuazione delle aree a maggior pericolosità sismica.

Il PTCP della Provincia di Modena, nella Tavola 2.2 a.2 "Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali" (figura 8), identifica, relativamente al territorio comunale di Cavezzo, aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione, per cui è richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi e in cui la microzonazione sismica deve avvalersi di approfondimenti di III livello.



7	<p>Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione</p> <p><u>Studi</u>: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi;</p> <p><u>Microzonazione sismica</u>: approfondimenti di II livello.</p>
8	<p>Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti</p> <p><u>Studi</u>: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi;</p> <p><u>Microzonazione sismica</u>: sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti.</p>

FIG. 21 - Stralcio della Tav. 2.2 a.2 "Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali" del PTCP della Provincia di Modena. Il punto rosso identifica l'area di studio. Un refuso contenuto nel PTCP 2009 indica, relativamente alla classe 7, approfondimenti di II livello nella microzonazione sismica, ma la corretta dicitura è: "approfondimenti di III livello".

L'area di studio, infine, è compresa all'interno di una zona definita potenzialmente suscettibile di liquefazione dalla recente microzonazione sismica effettuata dalla Regione Emilia-Romagna per le aree interne al "cratere" degli eventi sismici di maggio - giugno 2012 - "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica" (versione 1,2 - 02/01/2013) (figura 22).



FIG. 22 - Stralcio della "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica" (versione 1,2 - 02/01/2013) - Comune di Cavezzo (MO). Il punto rosso identifica approssimativamente l'area di studio.

### 3.3 Caratteristiche sismiche del terreno dell'area di studio

Come già descritto, in superficie sono presenti terreni a prevalente componente argillosa; la geomorfologia indica la presenza di un'area depressa sede, verosimilmente, di deposizioni fluviali distali, a prevalente componente fine.

Dalla ricostruzione stratigrafica ricavata dall'elaborazione delle prove penetrometriche effettuate per quest'area, risulta la presenza di terreni a prevalente componente argillosa per tutti i 20 m indagati, con vari livelli intermedi argilloso-sabbiosi, sabbioso-argillosi o, più raramente, sabbiosi e poco addensati.

Tale contesto stratigrafico - morfologico induce a ritenere piuttosto bassa la possibilità di liquefazione, in caso di sisma, dei livelli sabbiosi poco addensati.

Per la definizione delle caratteristiche sismiche dell'area è stata eseguita una indagine geofisica MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves - onde di Rayleigh) utilizzando

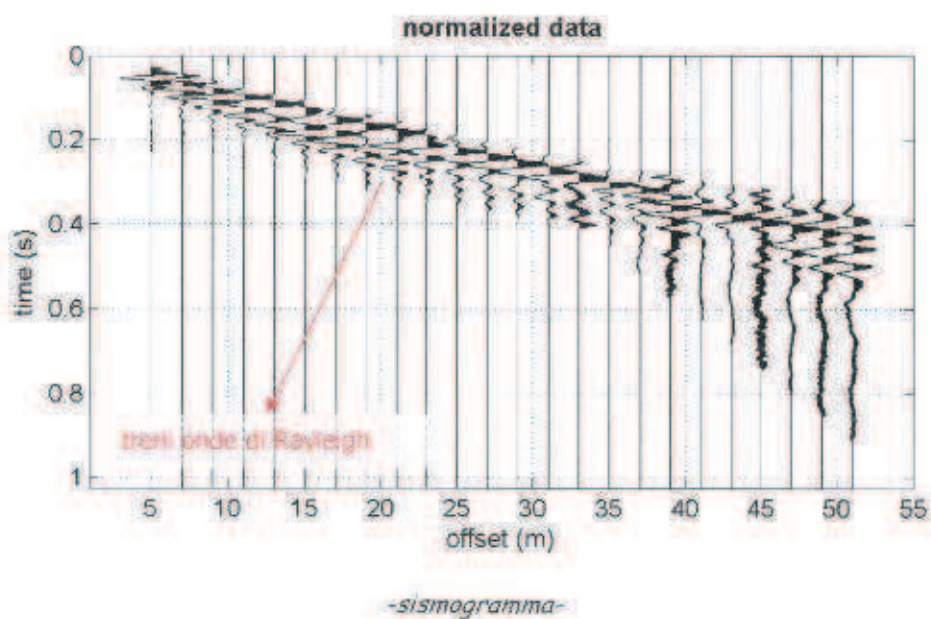
VARIANTE AL PSC DEL COMUNE DI CAVEZZO -  
CAMBIO DI DESTINAZIONE D'AMBITO PER UN'AREA UBICATA IN VIA I MAGGIO  
RELAZIONE GEOLOGIA, GEOTECNICA, SISMICA ED IDRAULICA

un sismografo multicanale "PASI 16S24-U", dotato di 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, collegati allo strumento tramite cavi elettrici schermati. L'ubicazione è indicata in figura 23.



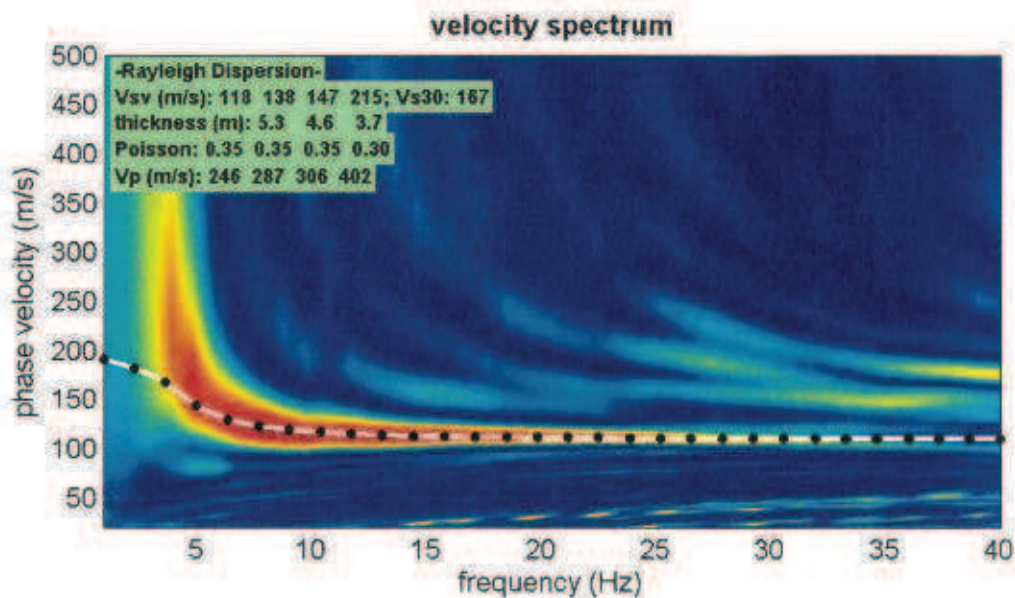
FIG. 23 - Ubicazione sferdimento sismico.

Di seguito si riporta il sismogramma dell'acquisizione effettuata.



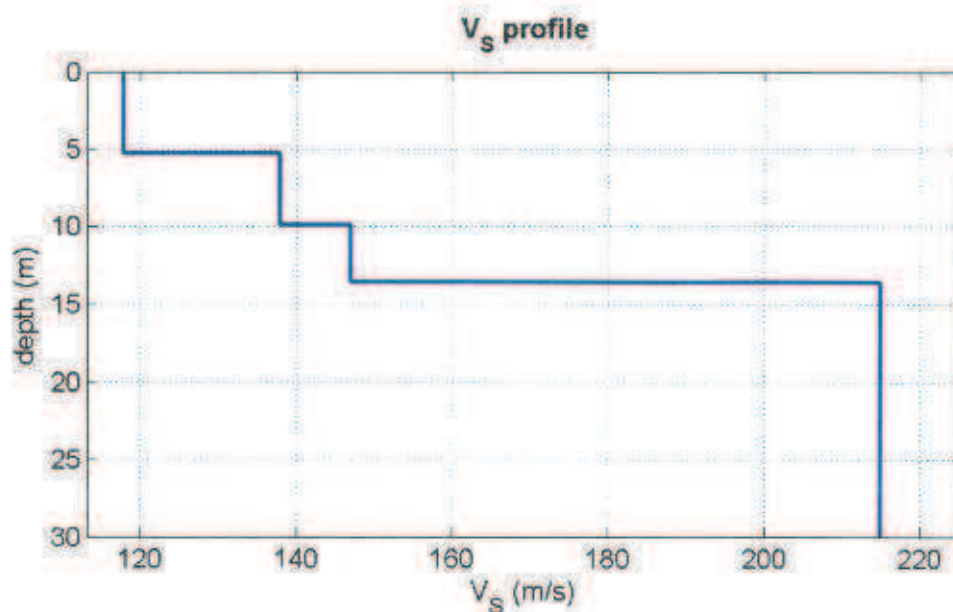


La fase successiva è consistita nel calcolo della curva di dispersione, visualizzata tramite diagramma frequenza-numero d'onda con appropriata scala cromatica dell'ampiezza.



Utilizzando la curva di dispersione si è proceduto ad individuare la curva della velocità di fase apparente del modo fondamentale e, ove possibile, dei modi superiori.

Avendo a disposizione informazioni addizionali, quali ad esempio le prove CPT eseguite, è stato possibile impostare un modello geologico/geofisico con il quale definire parametri quali lo spessore degli strati, la velocità delle onde P stimata ed il coefficiente di Poisson. Tale modello consente una più accurata inversione dei dati di campagna e di conseguenza una migliore definizione della sismostratigrafia del sito.



Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/sec)
3.5	5.3	118
9.9	4.6	138
13.6	3.7	147
30	16.4	215

L'indagine MASW eseguita ha dato il seguente risultato:  
 - Vs<sub>30</sub> pari a **167** m/sec.

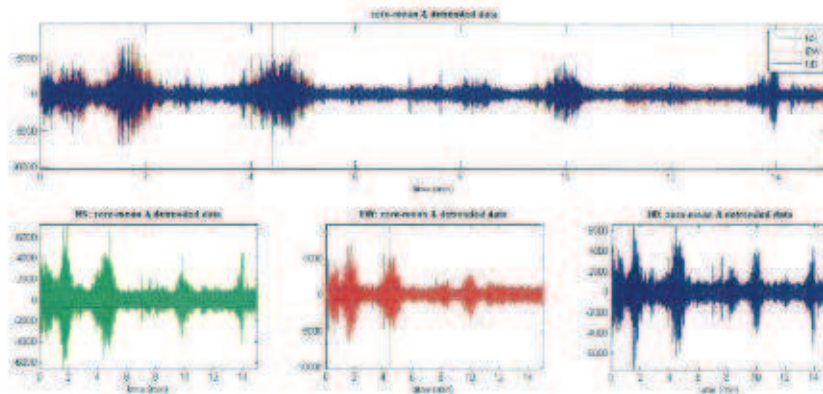
Tale valore permette di attribuire il terreno di fondazione all'interno della classe D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità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

In prossimità dell'area in studio, in occasione del POC3 di Cavezzo, sono state eseguite indagini geofisiche con la tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) applicata alle onde di superficie (Rayleigh) generate da sorgenti ambientali superficiali (microtremori). L'ubicazione è indicata sempre in figura 23.

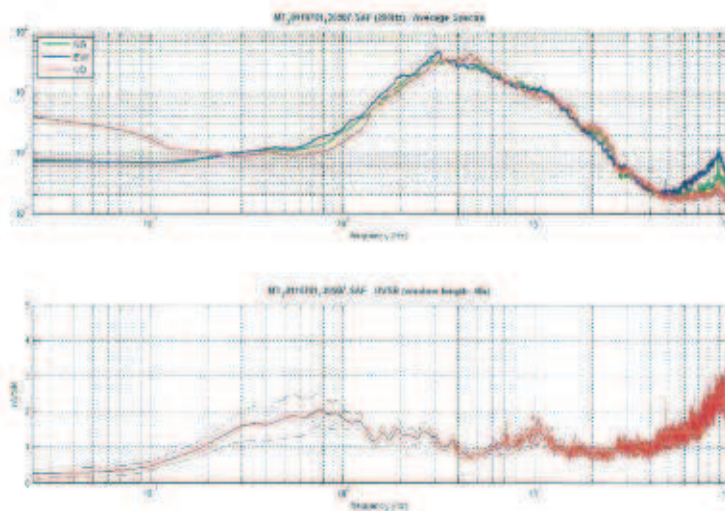
La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito.

VARIANTE AL PSC DEL COMUNE DI CAVEZZO -  
CAMBIO DI DESTINAZIONE D'AMBITO PER UN'AREA UBICATA IN VIA I MAGGIO  
RELAZIONE GEOLOGIA, GEOTECNICA, SISMICA ED IDRAULICA

E' stata eseguita una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione.



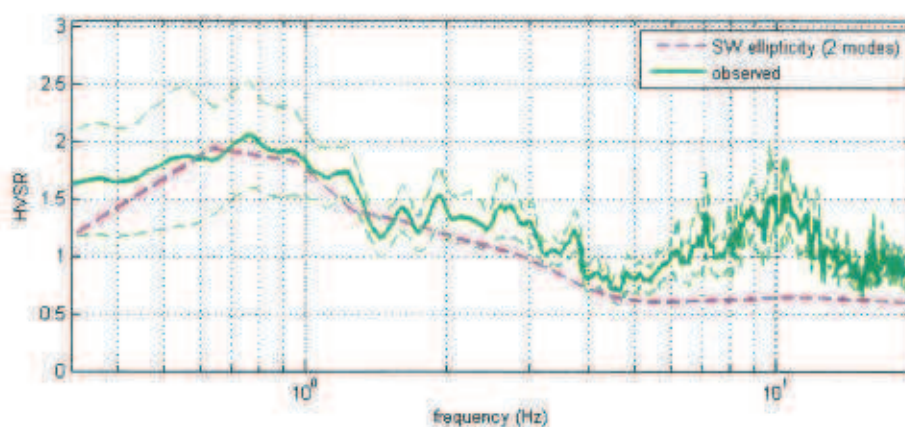
- acquisizione di campagna -



- diagramma frequenza /HVSR -

Dall'interpolazione dei risultati dell'indagine MASW e dell'acquisizione HVSR è stata stimata la profondità del bedrock sismico come riportato nel seguente diagramma:

VARIANTE AL PSC DEL COMUNE DI CAVEZZO -  
 CAMBIO DI DESTINAZIONE D'AMBITO PER UN'AREA UBICATA IN VIA I MAGGIO  
 RELAZIONE GEOLOGIA, GEOTECNICA, SISMICA ED IDRAULICA



- Stima della Profondità del Bedrock Sismico -

Dall'elaborazione effettuata è risultata una frequenza di picco compresa tra 0,5Hz ed 1,0 Hz.

I coefficienti di amplificazione relativi al profilo stratigrafico presente all'interno dell'area, così come da DAL RER 112/2007, relativamente all'ambito PIANURA 2, sono i seguenti:

F.A. PGA:	<b>1.5</b>
F.A. Intensità spettrale - $0.1s < T_0 < 0.5s$ :	<b>1.8</b>
F.A. Intensità spettrale - $0.5s < T_0 < 1s$ :	<b>2.5</b>

In occasione dei recenti eventi sismici del maggio - giugno 2013, il gruppo di Lavoro EMERGEO dell'INGV ha cartografato i luoghi ove si sono verificate manifestazioni superficiali della liquefazione dei livelli sabbiosi presenti in profondità. Per l'area di studio, a differenza di diversi punti all'interno del territorio comunale di Cavezzo, non vi sono state manifestazioni superficiali di liquefazione (figura 24).



FIG. 24 - Stralcio della carta dei fenomeni superficiali dovuti alla liquefazione dei livelli sabbiosi presenti nel sottosuolo (aree di Cavezzo, Camposanto e San Felice s/P.). A cura di: EMERGEO (INGV). Il cerchio rosso individua l'area di studio.

È stata comunque eseguita la **verifica a liquefazione** in corrispondenza della CPT2, poiché in essa i terreni con percentuale di sabbie mostrano i valori più bassi di densità relativa, quindi, di resistenza alla liquefazione. La verifica è stata eseguita utilizzando il Metodo di Robertson e Wride 1998 - C.N.R. - GNDT - coefficiente di sicurezza relativo alle varie zone sismiche I-I-III-IV cat. (Allegato 2). Per la trattazione teorica di riferimento si rimanda all'Allegato 3).

Nel caso in esame è stata eseguita la **verifica a liquefazione** facendo riferimento all'accelerazione sismica massima ( $g$ ) = 0,28 ricavata dalla shake map dell'INGV, per l'area in esame, in occasione del sisma del 29 maggio 2012, ad una magnitudo del sisma pari a 5.8, ad una profondità della falda pari a -1,4 m e ad una correzione per la magnitudo (MSF) pari a 1,93.

La liquefazione è in relazione al **coefficiente di sicurezza** nel seguente modo:

- $F_s \geq 1,25$	LIQUEFAZIONE ASSENTE
- $1,0 < F_s < 1,25$	LIQUEFAZIONE POSSIBILE
- $F_s < 1$	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE

La verifica ha individuato, per la CPT nr. 2, **liquefazione possibile** (ovvero  $1 < F_s < 1,25$ ), per tre sottili ( $H = 0,2$  m) livelli superficiali, a -2,6 m, -3,6 m e a -4 m, composti da sabbie limose/limi sabbiosi, caratterizzati da un basso grado di addensamento (Allegato 2). La stessa verifica ha individuato un solo strato ( $H = 0,2$  m), alla profondità di -3,8 m, con **liquefazione molto probabile**, anch'esso caratterizzato da un basso grado di addensamento. L'**Indice di Potenziale Liquefazione**, misura degli effetti che l'eventuale liquefazione dei livelli potenzialmente liquefacibili potrebbe produrre in superficie, è risultato pari a 0,22, ovvero con potenziale di rottura basso, difficilmente in grado di dare origine a manifestazioni superficiali della liquefazione.

Sulla scorta delle osservazioni dei fenomeni di liquefazione effettuate dal gruppo di lavoro EMERGEO dell'INGV e sulla verifica diretta eseguita per questo studio sulla CPT2, è possibile ritenere che, per l'area in esame, il rischio di avere manifestazioni superficiali in caso di liquefazione siano **trascurabili**.

Si è comunque proceduto, sempre in corrispondenza della CPT2, ad eseguire un calcolo dei cedimenti post-sismici nei livelli saturi risultati possibilmente e molto probabilmente liquefacibili. Il calcolo è stato effettuato attraverso la procedura proposta da Zhang et al. (2002), dove la deformazione volumetrica post-liquefazione ( $\varepsilon_v$ ) è calcolata tramite apposite formule che combinano il fattore di sicurezza alla liquefazione (FSL) con la resistenza alla punta normalizzata, equivalente alle sabbie pulite,  $(q_{c1N})_{cs}$ .

L'integrazione con la profondità dei singoli valori di assestamento verticale, mediante la formula:

$$S = \sum_{i=1}^J \varepsilon_{vi} \Delta z_i$$

VARIANTE AL PSC DEL COMUNE DI CAVEZZO -  
CAMBIO DI DESTINAZIONE D'AMBITO PER UN'AREA UBICATA IN VIA I MAGGIO  
RELAZIONE GEOLOGIA, GEOTECNICA, SISMICA ED IDRAULICA

dove:  $\epsilon_{vi}$  è la deformazione volumetrica post-liquefazione dello strato i-esimo e  $\Delta z_i$  è lo spessore dello strato i-esimo, ha restituito un valore di 0,7 cm (figura 25).

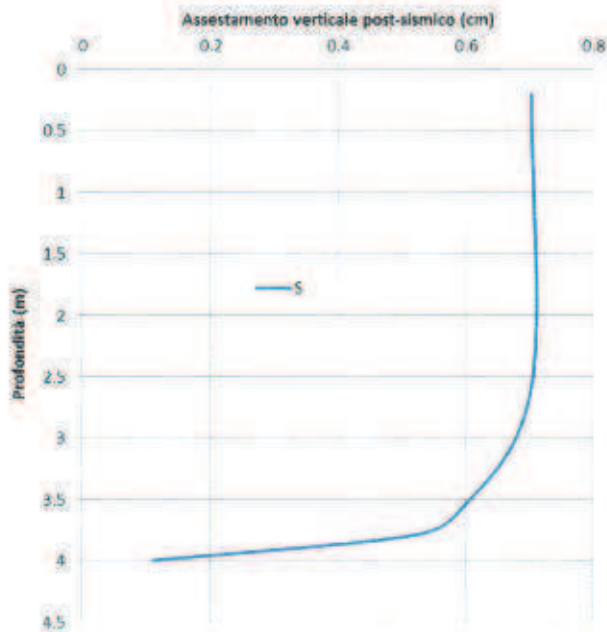


FIG. 25 - Diagramma degli assestamenti post-sismici che si possono attendere, in corrispondenza della CPT2, in occasione di un evento sismico con intensità pari a quella registratosi in occasione del sisma del 29 maggio 2012.

Anche l'entità degli assestamenti post-sismici conferma l'ipotesi di un basso potenziale di rischio in relazione agli effetti della liquefazione in superficie.

#### 4 SINTESI E FATTIBILITA' PROGETTUALE

Per quanto riguarda la **litologia** di superficie l'area di studio è ubicata in una zona caratterizzata da una litologia superficiale a prevalente percentuale argillosa

Dal punto di vista **geomorfologico** in occasione della redazione del PSC venne caratterizzata come area morfologicamente depressa, ovvero ricompresa all'interno di un avvallamento in cui non solo eventi alluvionali, ma anche eventi meteorici intensi possono generare difficoltà di drenaggio superficiale, con conseguenti ristagni d'acqua.

La proprietà per migliorare le caratteristiche di produttività agricola dell'area, ha riportato terreno inerte per spessori di circa 50 cm su tutta l'area, di fatto rendendola non più depressa, ma con quote uguali se non addirittura leggermente superiori alle aree circostanti. La nuova configurazione topografica ha di fatto superato la criticità che l'aveva resa ineditabile.

Per quanto riguarda la **stratigrafia**, dall'esame delle prove penetrometriche eseguite emerge come la zona sia caratterizzata da un sottosuolo costituito da terreni prevalentemente argillosi, argilloso-sabbiosi e sabbioso-argillosi, con rare e sottili intercalazioni sabbiose o limo-sabbiose/sabbioso-limose.

Le **caratteristiche geotecniche** dei terreni risultano mediamente mediocri fino a circa 10 m dal p.d.c., con la coesione non drenata che nei primi 10 metri raggiunge un valore massimo pari a circa 78 kPa (salvo poi raggiungere valori buoni fino a fondo prove), e la densità relativa delle componenti incoerenti compresa tra il 14 e il 39%. Anche i valori medi di resistenza alla punta penetrometrica (Rpm) evidenziano caratteristiche geotecniche dei terreni mediamente mediocri, con valori che, entro i primi 4.0 metri di profondità, risultano pari a circa 10.5 kg/cm<sup>2</sup>. Nei livelli sottostanti (da -4 a -10 m), i valori di resistenza diminuiscono ad un valor medio di circa 9 kg/cm<sup>2</sup>. Nell'ultimo strato considerato (-7 m -10 m), le resistenze alla punta aumentano verso valori buoni, in media pari a circa 17.9 kg/cm<sup>2</sup>.

Dal punto di vista **sismico**, il terreno possiede una Vs<sub>30</sub> in media pari a 167 m/sec; tale valore permette di attribuire il terreno di fondazione all'interno della classe D - *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).*

Il bedrock sismico è stato individuato a profondità superiori a 100 m, per cui i fattori di amplificazione sismica, con il II livello di approfondimento della Dal RER 112/2007, risultano pari a:

F.A. PGA:	1.5
F.A. Intensità spettrale - 0.1s < T <sub>0</sub> < 0.5s:	1.8
F.A. Intensità spettrale - 0.5s < T <sub>0</sub> < 1s:	2.5

La **verifica a liquefazione** ha individuato, per la CPT nr. 2 (considerata potenzialmente più suscettibile a liquefazione avendo livelli incoerenti con valori minimi di densità relativa), liquefazione possibile (ovvero  $1 < F_s < 1,25$ ), per tre sottili livelli superficiali, a -2,6 m, -3,6 m e a -4 m, composti da sabbie limose/limi sabbiosi, caratterizzati da un basso grado di addensamento. La stessa verifica ha individuato un solo strato, alla profondità di -3,8 m, con liquefazione molto probabile, anch'esso caratterizzato da un basso grado di addensamento. L'Indice di Potenziale Liquefazione, che misura degli effetti che l'eventuale liquefazione dei livelli potenzialmente liquefacibili potrebbe produrre in superficie, è risultato pari a **0,22**, ovvero con potenziale di rottura basso, difficilmente in grado di dare origine a manifestazioni superficiali della liquefazione.

La stima dei **cedimenti post-sismici** negli strati incoerenti, sotto falda, risultati potenzialmente liquefacibili, ha determinato un valore complessivo (sempre in corrispondenza della CPT2) nell'ordine di circa **1 cm**.

Per quanto riguarda l'**idrografia**, l'area appartiene al bacino idrografico della Fossetta Vecchia, un fosso ad uso promiscuo (scolo ed irriguo) che ha origine poco a sud del capoluogo e che, nel tratto prossimo all'area, presenta discrete caratteristiche ambientali.

Per quanto riguarda l'**officiosità del reticolo idrografico minore**, con riferimento alla "Carta della criticità e della pericolosità idraulica" del PTCP 2009 (Tav. 2.3.1) della Provincia di Modena, l'area in esame si colloca in corrispondenza di una zona depressa ad elevata criticità idraulica (aree a rapido scorrimento ad elevata criticità idraulica). Sulla base del calcolo della portata di verifica, il bacino della Fossetta Vecchia si configura come un bacino idrografico con un buon deflusso delle portate di piena, caratterizzato, cioè, da una buona possibilità di ricevere apporti idrici.

In **conclusione**, considerate le analisi geotecniche e sismiche, si considera idonea la proposta di variante al PSC relativamente all'area in esame, riservando alla fase attuativa l'approfondimento delle analisi geotecniche, soprattutto in relazione alla presenza di terreni con caratteristiche di resistenza mediocri nei primi 10 m dal piano campagna. Sempre alla fase attuativa è demandato l'approfondimento della risposta sismica locale che, sulla base del miglior dettaglio stratigrafico eventualmente raggiunto, potrà meglio definire i fattori di amplificazione del segnale sismico per quanto riguarda la PGA e le intensità di Housner. Poiché in questa fase è stata evidenziata la possibilità di liquefazione, in fase attuativa anche la verifica a liquefazione dovrà essere approfondita utilizzando il migliore dettaglio stratigrafico eventualmente raggiunto e, possibilmente, utilizzando più di una metodologia di analisi. Si consiglia, inoltre, di effettuare tale verifica utilizzando il fattore di amplificazione della PGA maggiormente conservativo tra quello ricavato da analisi di risposta sismica locale e quello registrato durante il sisma del 20 maggio 2012.

Alla fase attuativa è affidato il calcolo più approfondito dei cedimenti post-sismici per gli strati che, in questa fase, sono risultati particolarmente suscettibili a cedimenti sulla base dell'analisi speditiva eseguita (sia per gli strati eventualmente identificati dalle nuove prove con  $c_u$  minori di 70 kPa ed  $I_p \geq 30\%$ , che su quelli che risulteranno potenzialmente liquefacibili).



VARIANTE AL PSC DEL COMUNE DI CAVEZZO -  
CAMBIO DI DESTINAZIONE D'AMBITO PER UN'AREA UBICATA IN VIA I MAGGIO  
RELAZIONE GEOLOGIA, GEOTECNICA, SISMICA ED IDRAULICA

---

Considerate le analisi del reticolo idrografico e minore, attenzione dovrà essere riservata alla corretta gestione delle acque bianche e nere, prevedendo, laddove fattibile, l'utilizzo di reti separate e, in particolare per le nere, l'utilizzo di tubature a perfetta tenuta. Al fine di preservare le attualmente buone condizioni idrauliche, si rendono necessari interventi volti alla riduzione dei deflussi superficiali delle acque di prima pioggia, quali vasche di laminazione e/o parziale riutilizzo in loco delle acque di gronda, laddove ritenute non inquinate.

Modena 01/06/2013

Dott. Geol Valeriano Franchi

## ALLEGATO 1

<p><b>TABULATI E GRAFICI PROVE CPT</b></p>
--



Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

Telefono 059/313999

Telefax 059/454827



**PROVA PENETROMETRICA STATICA**

Penetrometro Gouda

Certificato n. : 216/13

Data emissione: 22/03/13

Committente : C/O DOTT. FRANCHI VALERIANO

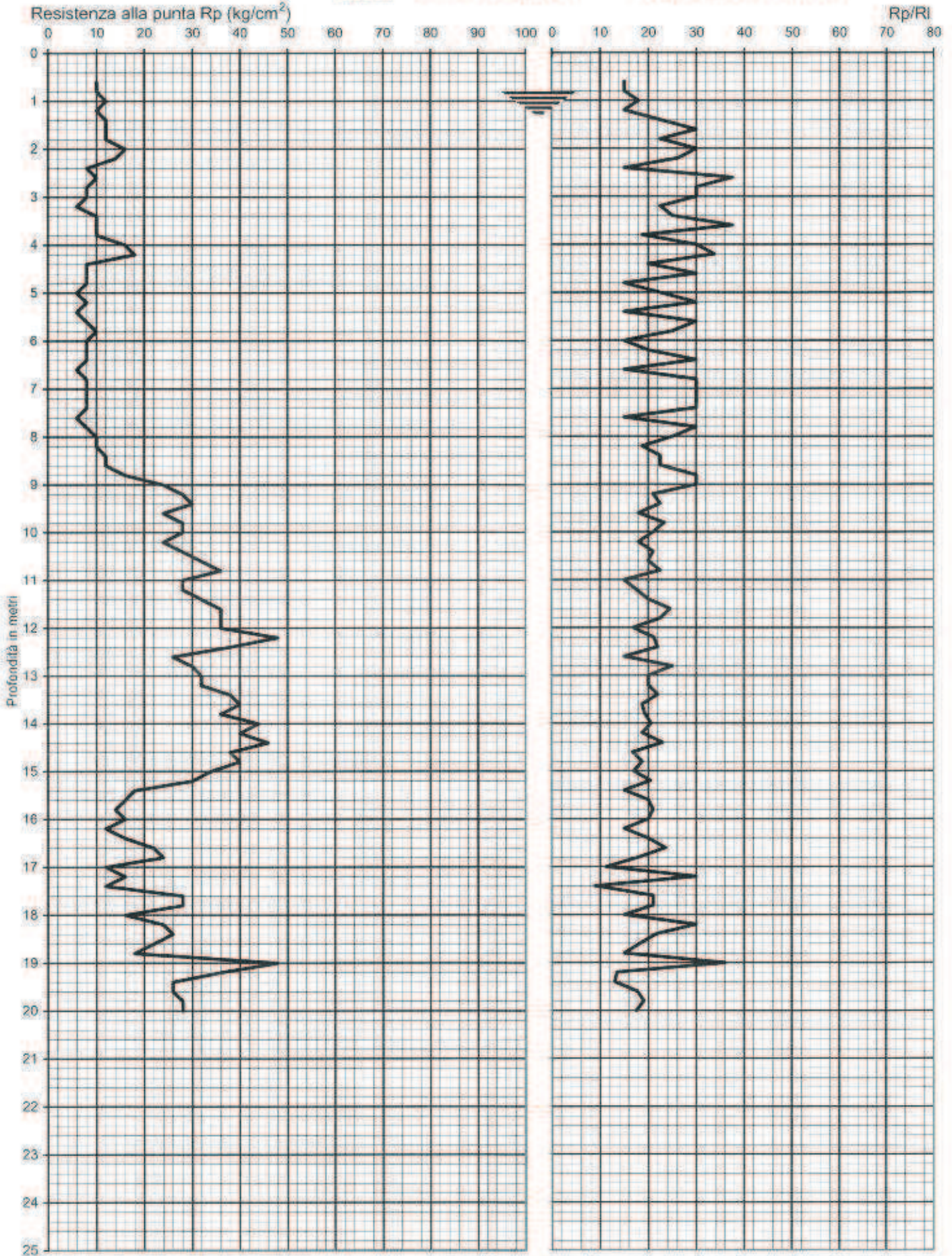
Località : STRADA PROV.LE N. 5 CAVEZZO

Prova numero : 1

Data : 22/03/2013

Operatore : DR. REBECCHI

Quota : P.C.



Prof. (m)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	P + L (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp (kg/cm <sup>2</sup> )	Rl (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp/Rl [-]
0.20					
0.40					
0.60	10	20	10	0.67	15.00
0.80	10	20	10	0.67	15.00
1.00	12	22	12	0.67	18.00
1.20	10	20	10	0.67	15.00
1.40	12	20	12	0.53	22.50
1.60	12	18	12	0.40	30.00
1.80	12	20	12	0.53	22.50
2.00	16	24	16	0.53	30.00
2.20	14	22	14	0.53	26.25
2.40	8	16	8	0.53	15.00
2.60	10	14	10	0.27	37.50
2.80	8	12	8	0.27	30.00
3.00	8	12	8	0.27	30.00
3.20	6	10	6	0.27	22.50
3.40	10	16	10	0.40	25.00
3.60	10	14	10	0.27	37.50
3.80	10	18	10	0.53	18.75
4.00	16	24	16	0.53	30.00
4.20	18	26	18	0.53	33.75
4.40	8	14	8	0.40	20.00
4.60	8	12	8	0.27	30.00
4.80	8	16	8	0.53	15.00
5.00	6	10	6	0.27	22.50
5.20	8	12	8	0.27	30.00
5.40	6	12	6	0.40	15.00
5.60	8	12	8	0.27	30.00
5.80	10	16	10	0.40	25.00
6.00	8	16	8	0.53	15.00
6.20	8	14	8	0.40	20.00
6.40	8	12	8	0.27	30.00
6.60	6	12	6	0.40	15.00
6.80	8	12	8	0.27	30.00
7.00	8	12	8	0.27	30.00
7.20	8	12	8	0.27	30.00
7.40	8	12	8	0.27	30.00
7.60	6	12	6	0.40	15.00
7.80	8	12	8	0.27	30.00
8.00	10	16	10	0.40	25.00
8.20	10	18	10	0.53	18.75
8.40	12	20	12	0.53	22.50
8.60	12	20	12	0.53	22.50
8.80	16	24	16	0.53	30.00
9.00	24	36	24	0.80	30.00
9.20	28	48	28	1.33	21.00
9.40	30	50	30	1.33	22.50
9.60	24	44	24	1.33	18.00
9.80	28	46	28	1.20	23.33
10.00	28	48	28	1.33	21.00
10.20	24	44	24	1.33	18.00
10.40	28	48	28	1.33	21.00
10.60	32	56	32	1.60	20.00
10.80	36	60	36	1.60	22.50
11.00	28	56	28	1.87	15.00
11.20	28	52	28	1.60	17.50
11.40	32	58	32	1.60	20.00
11.60	36	58	36	1.47	24.55
11.80	36	60	36	1.60	22.50
12.00	36	68	36	2.13	16.88
12.20	48	82	48	2.27	21.18
12.40	38	64	38	1.73	21.92
12.60	28	52	28	1.73	15.00
12.80	30	48	30	1.20	25.00
13.00	32	56	32	1.60	20.00
13.20	32	58	32	1.60	20.00
13.40	38	64	38	1.73	21.92
13.60	40	72	40	2.13	18.75
13.80	36	64	36	1.87	19.29
14.00	44	76	44	2.13	20.63
14.20	40	72	40	2.13	18.75
14.40	46	76	46	2.00	23.00
14.60	38	72	38	2.27	16.76
14.80	40	72	40	2.13	18.75
15.00	34	64	34	2.00	17.00

Prof. (m)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	P + L (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp (kg/cm <sup>2</sup> )	Rl (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp/Rl [-]
15.20	30	52	30	1.47	20.45
15.40	18	36	18	1.20	15.00
15.60	18	28	16	0.80	20.00
15.80	14	24	14	0.67	21.00
16.00	18	28	16	0.80	20.00
16.20	12	24	12	0.80	15.00
16.40	16	28	16	0.80	20.00
16.60	22	36	22	0.93	23.57
16.80	24	44	24	1.33	18.00
17.00	12	28	12	1.07	11.25
17.20	16	24	16	0.53	30.00
17.40	12	32	12	1.33	9.00
17.60	28	48	28	1.33	21.00
17.80	28	48	28	1.33	21.00
18.00	16	32	16	1.07	15.00
18.20	24	36	24	0.80	30.00
18.40	26	44	26	1.20	21.67
18.60	22	40	22	1.20	18.33
18.80	18	36	18	1.20	15.00
19.00	48	68	48	1.33	36.00
19.20	36	76	36	2.67	13.50
19.40	26	56	26	2.00	13.00
19.60	26	48	26	1.47	17.73
19.80	28	50	28	1.47	19.09
20.00	28	52	28	1.80	17.50
20.20					
20.40					
20.60					
20.80					
21.00					
21.20					
21.40					
21.60					
21.80					
22.00					
22.20					
22.40					
22.60					
22.80					
23.00					
23.20					
23.40					
23.60					
23.80					
24.00					
24.20					
24.40					
24.60					
24.80					
25.00					
25.20					
25.40					
25.60					
25.80					
26.00					
26.20					
26.40					
26.60					
26.80					
27.00					
27.20					
27.40					
27.60					
27.80					
28.00					
28.20					
28.40					
28.60					
28.80					
29.00					
29.20					
29.40					
29.60					
29.80					
30.00					



Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

Telefono 059/313999

Telefax 059/454827



## **PROVA PENETROMETRICA STATICA**

Penetrometro Gouda

Certificato n. : **217/13**

Data emissione: **22/03/13**

Committente : **C/O DOTT. FRANCHI VALERIANO**

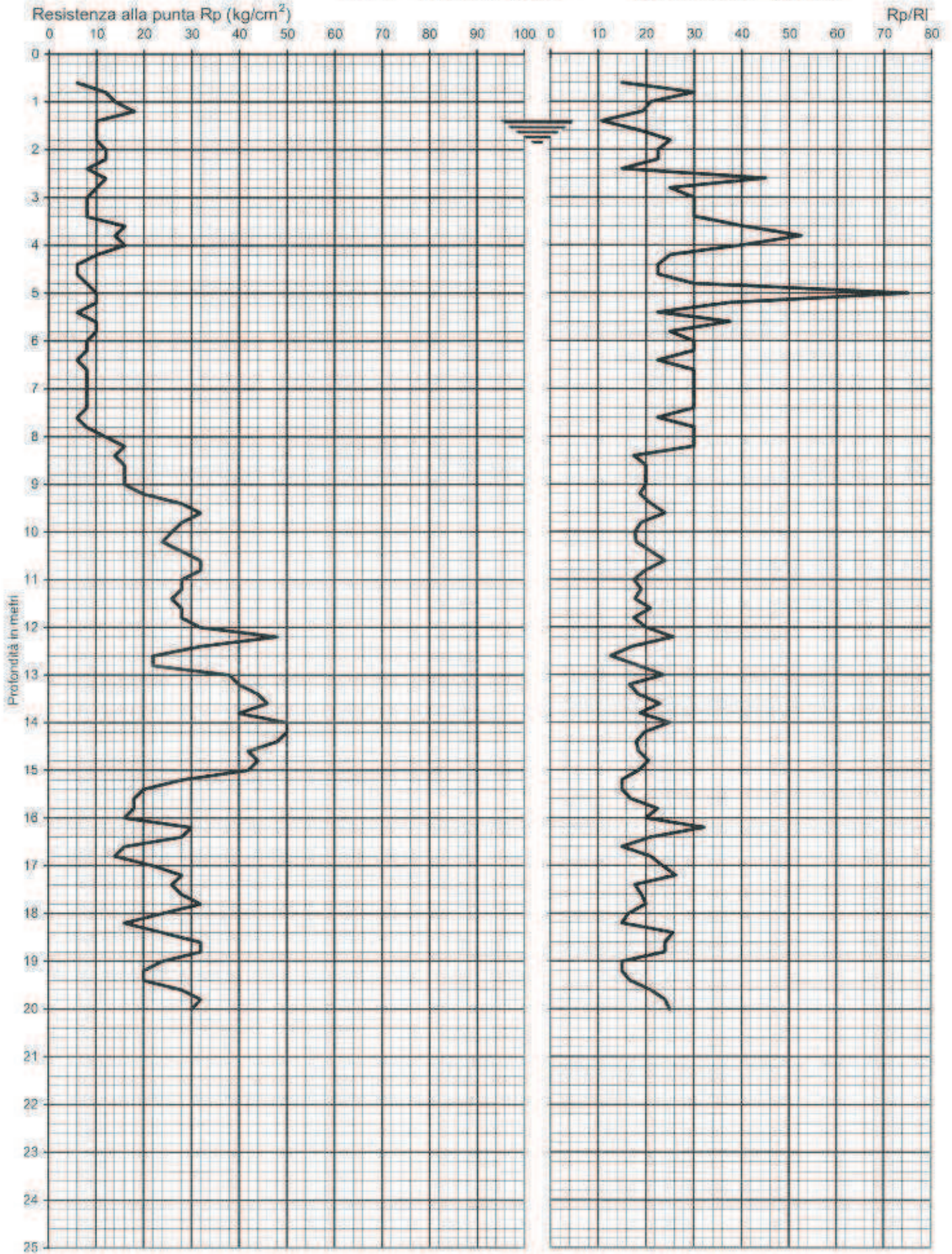
Località : **STRADA PROV.LE N. 5 CAVEZZO**

Prova numero : **2**

Data : **22/03/2013**

Operatore : **DR. REBECCHI**

Quota : **P.C.**



Prof. (m)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	P + L (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp (kg/cm <sup>2</sup> )	RI (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp/RI [-]
0.20					
0.40					
0.60	6	12	6	0.40	15.00
0.80	12	18	12	0.40	30.00
1.00	14	24	14	0.67	21.00
1.20	18	32	18	0.93	19.20
1.40	10	24	10	0.93	10.71
1.60	10	18	10	0.53	18.75
1.80	10	16	10	0.40	25.00
2.00	12	20	12	0.53	22.50
2.20	12	20	12	0.53	22.50
2.40	8	16	8	0.53	15.00
2.60	12	18	12	0.27	45.00
2.80	10	18	10	0.40	25.00
3.00	8	12	8	0.27	30.00
3.20	8	12	8	0.27	30.00
3.40	8	12	8	0.27	30.00
3.60	16	22	16	0.40	40.00
3.80	14	18	14	0.27	52.50
4.00	16	22	16	0.40	40.00
4.20	10	16	10	0.40	25.00
4.40	6	10	6	0.27	22.50
4.60	6	10	6	0.27	22.50
4.80	8	12	8	0.27	30.00
5.00	10	12	10	0.13	75.00
5.20	10	14	10	0.27	37.50
5.40	6	10	6	0.27	22.50
5.60	10	14	10	0.27	37.50
5.80	10	16	10	0.40	25.00
6.00	8	12	8	0.27	30.00
6.20	8	12	8	0.27	30.00
6.40	6	10	6	0.27	22.50
6.60	8	12	8	0.27	30.00
6.80	8	12	8	0.27	30.00
7.00	8	12	8	0.27	30.00
7.20	8	12	8	0.27	30.00
7.40	8	12	8	0.27	30.00
7.60	6	10	6	0.27	22.50
7.80	8	12	8	0.27	30.00
8.00	12	18	12	0.40	30.00
8.20	16	24	16	0.53	30.00
8.40	14	26	14	0.80	17.50
8.60	16	28	16	0.80	20.00
8.80	16	28	16	0.80	20.00
9.00	16	28	16	0.80	20.00
9.20	20	36	20	1.07	18.75
9.40	28	48	28	1.33	21.00
9.60	32	52	32	1.33	24.00
9.80	28	50	28	1.47	19.09
10.00	26	48	26	1.47	17.73
10.20	24	44	24	1.33	16.00
10.40	28	48	28	1.33	21.00
10.60	32	52	32	1.33	24.00
10.80	32	56	32	1.60	20.00
11.00	28	52	28	1.60	17.50
11.20	28	50	28	1.47	19.09
11.40	26	48	26	1.47	17.73
11.60	28	48	28	1.33	21.00
11.80	28	52	28	1.60	17.50
12.00	32	56	32	1.60	20.00
12.20	48	76	48	1.87	25.71
12.40	32	60	32	1.87	17.14
12.60	22	48	22	1.73	12.69
12.80	22	40	22	1.20	18.33
13.00	38	62	38	1.60	23.75
13.20	40	76	40	2.40	16.67
13.40	44	80	44	2.40	18.33
13.60	46	76	46	2.00	23.00
13.80	40	72	40	2.13	18.75
14.00	50	80	50	2.00	25.00
14.20	50	88	50	2.53	19.74
14.40	48	88	48	2.67	18.00
14.60	42	76	42	2.27	18.53
14.80	44	76	44	2.13	20.63
15.00	42	76	42	2.27	18.53

Prof. (m)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	P + L (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp (kg/cm <sup>2</sup> )	RI (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp/RI [-]
15.20	28	56	28	1.87	15.00
15.40	20	40	20	1.33	15.00
15.60	18	34	18	1.07	16.88
15.80	18	30	18	0.80	22.50
16.00	16	28	16	0.80	20.00
16.20	30	44	30	0.93	32.14
16.40	28	48	28	1.33	21.00
16.60	16	32	16	1.07	15.00
16.80	14	24	14	0.67	21.00
17.00	22	36	22	0.93	23.57
17.20	28	44	28	1.07	26.25
17.40	26	48	26	1.47	17.73
17.60	28	50	28	1.47	19.09
17.80	32	56	32	1.60	20.00
18.00	24	46	24	1.47	16.36
18.20	16	32	16	1.07	15.00
18.40	24	38	24	0.93	25.71
18.60	32	52	32	1.33	24.00
18.80	32	52	32	1.33	24.00
19.00	24	48	24	1.60	15.00
19.20	20	40	20	1.33	15.00
19.40	20	38	20	1.20	16.67
19.60	28	48	28	1.33	21.00
19.80	32	52	32	1.33	24.00
20.00	30	48	30	1.20	25.00
20.20					
20.40					
20.60					
20.80					
21.00					
21.20					
21.40					
21.60					
21.80					
22.00					
22.20					
22.40					
22.60					
22.80					
23.00					
23.20					
23.40					
23.60					
23.80					
24.00					
24.20					
24.40					
24.60					
24.80					
25.00					
25.20					
25.40					
25.60					
25.80					
26.00					
26.20					
26.40					
26.60					
26.80					
27.00					
27.20					
27.40					
27.60					
27.80					
28.00					
28.20					
28.40					
28.60					
28.80					
29.00					
29.20					
29.40					
29.60					
29.80					
30.00					





Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

Telefono 059/313999

Telefax 059/454827



## **PROVA PENETROMETRICA STATICA**

Penetrometro Gouda

Certificato n. : **218/13**

Data emissione: 22/03/13

Committente : C/O DOTT. FRANCHI VALERIANO

Località : STRADA PROV.LE N. 5 CAVEZZO

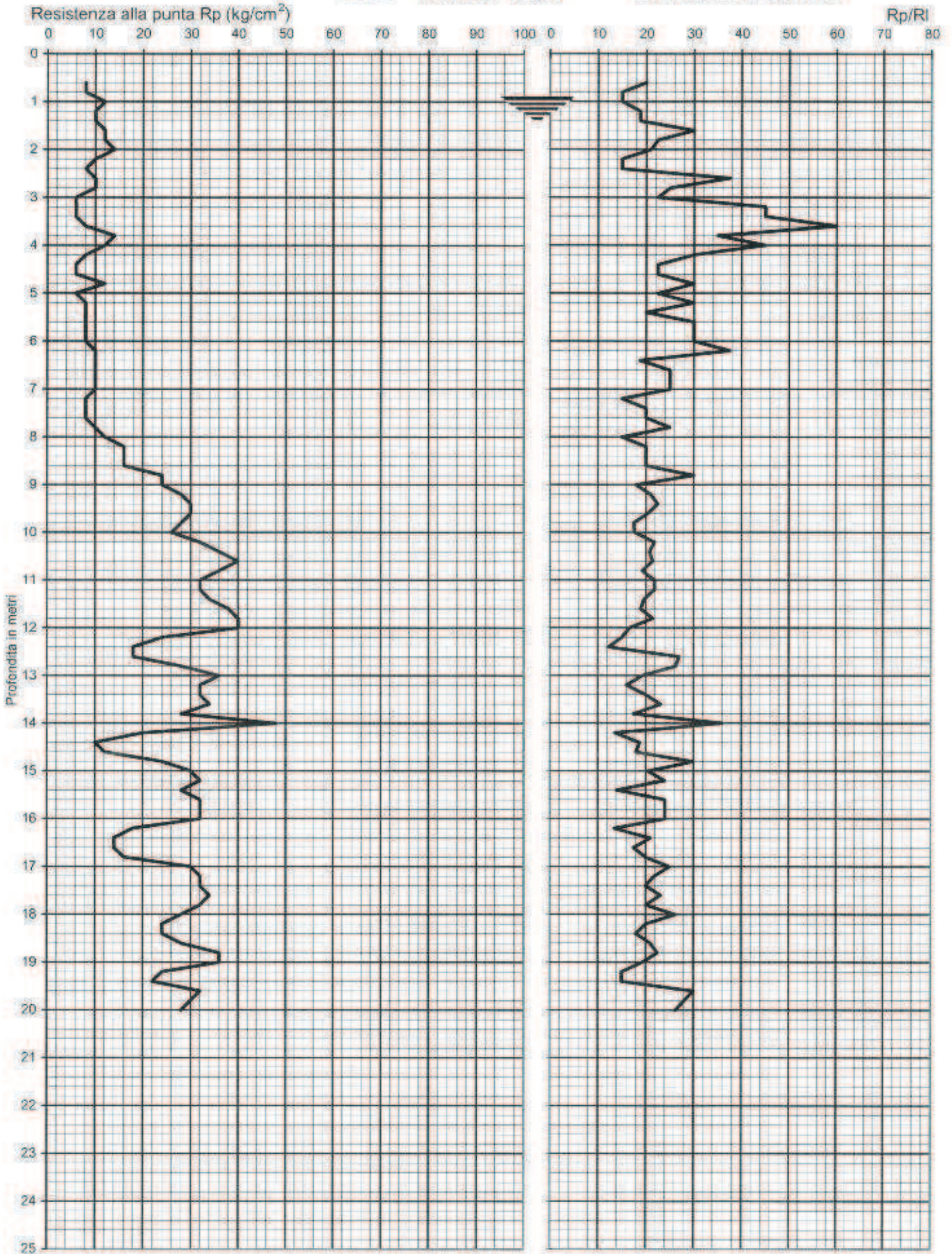
Prova numero : 3

Data : 22/03/2013

Operatore : DR. REBECCHI

Quota : P.C.

Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA



Prof. (m)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	P + L (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp (kg/cm <sup>2</sup> )	Rl (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp/Rl [-]
0,20					
0,40					
0,60	8	14	8	0,40	20,00
0,80	8	16	8	0,53	15,00
1,00	12	24	12	0,80	15,00
1,20	10	18	10	0,53	18,75
1,40	10	18	10	0,53	18,75
1,60	12	18	12	0,40	30,00
1,80	12	20	12	0,53	22,50
2,00	14	24	14	0,67	21,00
2,20	10	20	10	0,67	15,00
2,40	8	16	8	0,53	15,00
2,60	10	14	10	0,27	37,50
2,80	10	16	10	0,40	25,00
3,00	6	10	6	0,27	22,50
3,20	6	8	6	0,13	45,00
3,40	6	8	6	0,13	45,00
3,60	8	10	8	0,13	60,00
3,80	14	20	14	0,40	35,00
4,00	12	16	12	0,27	45,00
4,20	8	12	8	0,27	30,00
4,40	6	10	6	0,27	22,50
4,60	6	10	6	0,27	22,50
4,80	12	18	12	0,40	30,00
5,00	6	10	6	0,27	22,50
5,20	8	12	8	0,27	30,00
5,40	8	14	8	0,40	20,00
5,60	8	12	8	0,27	30,00
5,80	8	12	8	0,27	30,00
6,00	8	12	8	0,27	30,00
6,20	10	14	10	0,27	37,50
6,40	10	18	10	0,53	18,75
6,60	10	16	10	0,40	25,00
6,80	10	16	10	0,40	25,00
7,00	10	16	10	0,40	25,00
7,20	8	16	8	0,53	15,00
7,40	8	14	8	0,40	20,00
7,60	8	14	8	0,40	20,00
7,80	10	16	10	0,40	25,00
8,00	12	24	12	0,80	15,00
8,20	16	28	16	0,80	20,00
8,40	16	28	16	0,80	20,00
8,60	16	28	16	0,80	20,00
8,80	24	36	24	0,80	30,00
9,00	24	44	24	1,33	18,00
9,20	28	48	28	1,33	21,00
9,40	30	50	30	1,33	22,50
9,60	30	52	30	1,47	20,45
9,80	28	52	28	1,60	17,50
10,00	26	48	26	1,47	17,73
10,20	32	54	32	1,47	21,82
10,40	36	62	36	1,73	20,77
10,60	40	68	40	1,87	21,43
10,80	36	64	36	1,87	19,29
11,00	32	54	32	1,47	21,82
11,20	32	54	32	1,47	21,82
11,40	34	60	34	1,73	19,62
11,60	36	68	36	2,00	19,00
11,80	40	68	40	1,87	21,43
12,00	40	76	40	2,40	16,67
12,20	24	48	24	1,60	15,00
12,40	18	40	18	1,47	12,27
12,60	18	28	18	0,67	27,00
12,80	28	44	28	1,07	26,25
13,00	36	64	36	1,87	19,29
13,20	32	62	32	2,00	16,00
13,40	32	56	32	1,60	20,00
13,60	34	56	34	1,47	23,18
13,80	28	52	28	1,60	17,50
14,00	48	68	48	1,33	36,00
14,20	20	42	20	1,47	13,64
14,40	10	18	10	0,53	18,75
14,60	12	22	12	0,67	18,00
14,80	24	36	24	0,80	30,00
15,00	30	52	30	1,47	20,45

Prof. (m)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	P + L (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp (kg/cm <sup>2</sup> )	Rl (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp/Rl [-]
15,20	32	52	32	1,33	24,00
15,40	28	58	28	2,00	14,00
15,60	32	52	32	1,33	24,00
15,80	32	52	32	1,33	24,00
16,00	32	52	32	1,33	24,00
16,20	18	38	18	1,33	13,50
16,40	14	24	14	0,67	21,00
16,60	14	26	14	0,80	17,50
16,80	16	28	16	0,80	20,00
17,00	30	48	30	1,20	25,00
17,20	32	54	32	1,47	21,82
17,40	32	56	32	1,60	20,00
17,60	34	56	34	1,47	23,18
17,80	32	56	32	1,60	20,00
18,00	28	44	28	1,07	26,25
18,20	24	42	24	1,20	20,00
18,40	24	44	24	1,33	18,00
18,60	28	48	28	1,33	21,00
18,80	36	60	36	1,60	22,50
19,00	36	64	36	1,87	19,29
19,20	24	48	24	1,60	15,00
19,40	22	44	22	1,47	15,00
19,60	32	48	32	1,07	30,00
19,80	30	46	30	1,07	28,13
20,00	28	44	28	1,07	26,25
20,20					
20,40					
20,60					
20,80					
21,00					
21,20					
21,40					
21,60					
21,80					
22,00					
22,20					
22,40					
22,60					
22,80					
23,00					
23,20					
23,40					
23,60					
23,80					
24,00					
24,20					
24,40					
24,60					
24,80					
25,00					
25,20					
25,40					
25,60					
25,80					
26,00					
26,20					
26,40					
26,60					
26,80					
27,00					
27,20					
27,40					
27,60					
27,80					
28,00					
28,20					
28,40					
28,60					
28,80					
29,00					
29,20					
29,40					
29,60					
29,80					
30,00					



Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

Telefono 059/313999

Telefax 059/454827



## **PROVA PENETROMETRICA STATICA**

Penetrometro Gouda

Certificato n. : **219/13**

Data emissione: 22/03/13

Committente : C/O DOTT. FRANCHI VALERIANO

Località : STRADA PROV.LE N. 5 CAVEZZO

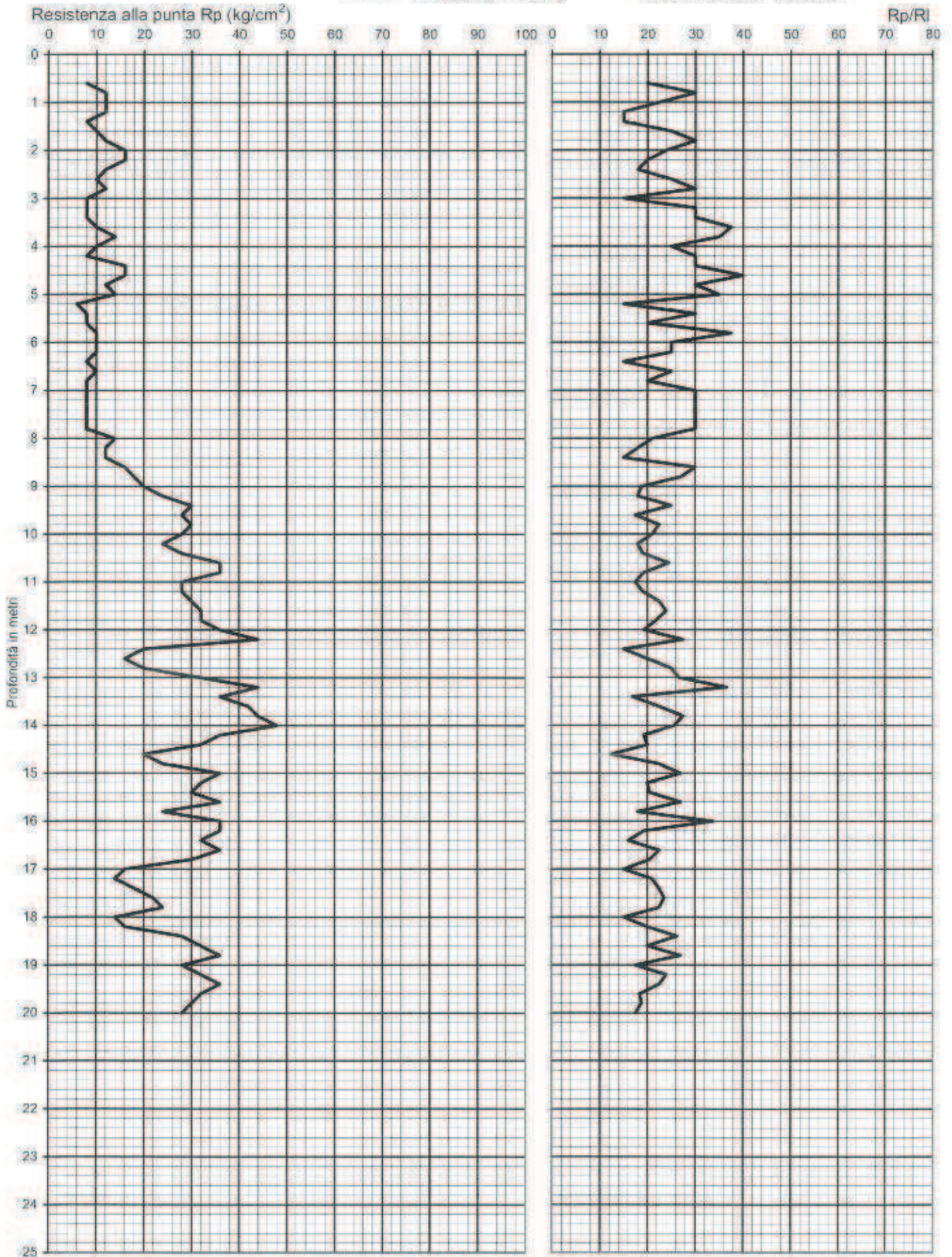
Prova numero : 4

Data : 22/03/2013

Operatore : DR. REBECCHI

Quota : P.C.

Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA



Prof. (m)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	P + L (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp (kg/cm <sup>2</sup> )	RI (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp/RI [-]
0,20					
0,40					
0,60	8	14	8	0,40	20,00
0,80	12	18	12	0,40	30,00
1,00	12	20	12	0,53	22,50
1,20	12	24	12	0,80	15,00
1,40	8	16	8	0,53	15,00
1,60	10	16	10	0,40	25,00
1,80	12	18	12	0,40	30,00
2,00	16	26	16	0,67	24,00
2,20	16	28	16	0,80	20,00
2,40	12	22	12	0,67	18,00
2,60	10	16	10	0,40	25,00
2,80	12	18	12	0,40	30,00
3,00	8	16	8	0,53	15,00
3,20	8	12	8	0,27	30,00
3,40	8	12	8	0,27	30,00
3,60	10	14	10	0,27	37,50
3,80	14	20	14	0,40	35,00
4,00	10	16	10	0,40	25,00
4,20	8	12	8	0,27	30,00
4,40	16	24	16	0,53	30,00
4,60	16	22	16	0,40	40,00
4,80	12	18	12	0,40	30,00
5,00	14	20	14	0,40	35,00
5,20	6	12	6	0,40	15,00
5,40	8	12	8	0,27	30,00
5,60	8	14	8	0,40	20,00
5,80	10	14	10	0,27	37,50
6,00	10	16	10	0,40	25,00
6,20	10	16	10	0,40	25,00
6,40	8	16	8	0,53	15,00
6,60	10	16	10	0,40	25,00
6,80	8	14	8	0,40	20,00
7,00	8	12	8	0,27	30,00
7,20	8	12	8	0,27	30,00
7,40	8	12	8	0,27	30,00
7,60	8	12	8	0,27	30,00
7,80	8	12	8	0,27	30,00
8,00	14	24	14	0,67	21,00
8,20	12	22	12	0,67	18,00
8,40	12	24	12	0,80	15,00
8,60	16	24	16	0,53	30,00
8,80	18	26	18	0,67	27,00
9,00	20	36	20	1,07	18,75
9,20	24	44	24	1,33	18,00
9,40	30	48	30	1,20	25,00
9,60	28	52	28	1,60	17,50
9,80	30	50	30	1,33	22,50
10,00	28	48	28	1,33	21,00
10,20	24	44	24	1,33	18,00
10,40	28	50	28	1,47	19,09
10,60	36	58	36	1,47	24,55
10,80	36	64	36	1,87	19,29
11,00	28	52	28	1,60	17,50
11,20	28	50	28	1,47	19,09
11,40	30	50	30	1,33	22,50
11,60	32	52	32	1,33	24,00
11,80	32	54	32	1,47	21,82
12,00	36	64	36	1,87	19,29
12,20	44	68	44	1,60	27,50
12,40	20	40	20	1,33	15,00
12,60	16	28	16	0,80	20,00
12,80	20	32	20	0,80	25,00
13,00	32	50	32	1,20	26,67
13,20	44	62	44	1,20	36,67
13,40	36	68	36	2,13	16,88
13,60	42	70	42	1,87	22,50
13,80	44	68	44	1,80	27,50
14,00	48	76	48	1,87	25,71
14,20	36	64	36	1,87	19,29
14,40	32	56	32	1,60	20,00
14,60	20	44	20	1,60	12,50
14,80	24	40	24	1,07	22,50
15,00	36	56	36	1,33	27,00

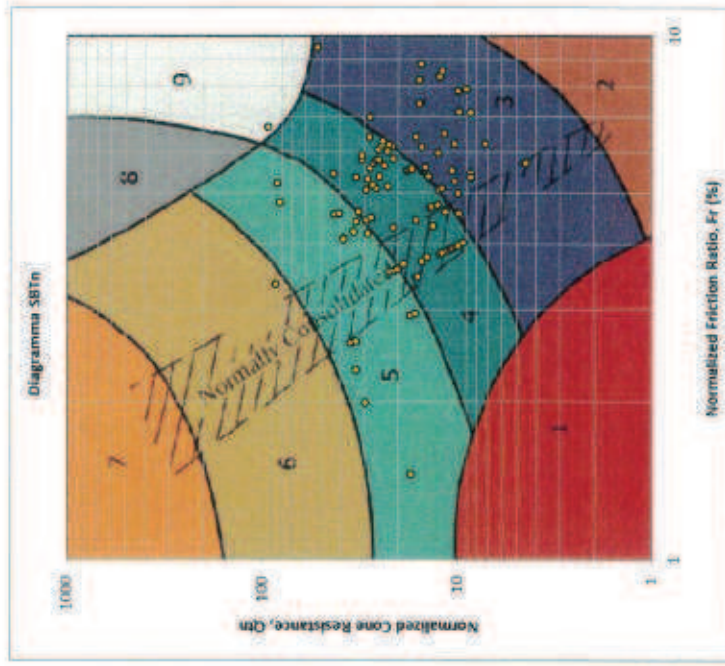
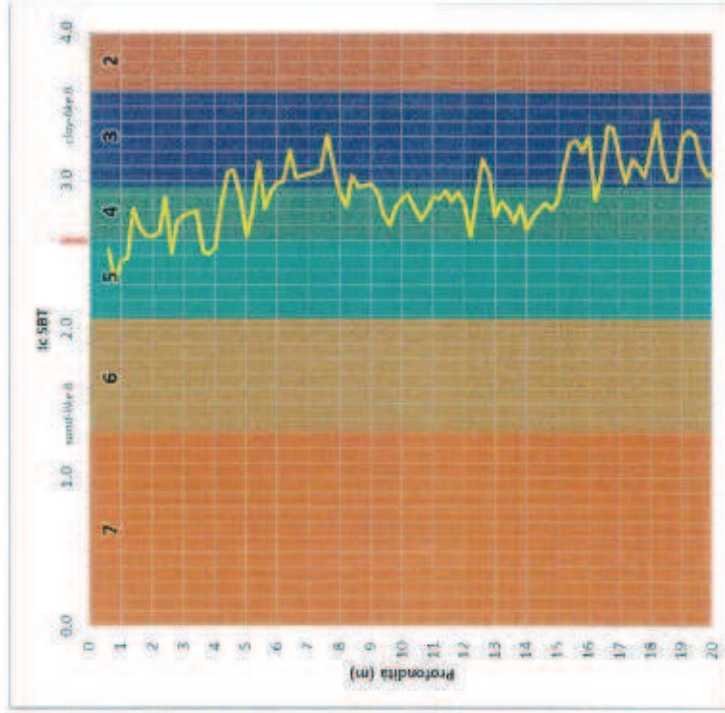
Prof. (m)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	P + L (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp (kg/cm <sup>2</sup> )	RI (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp/RI [-]
15,20	32	56	32	1,60	20,00
15,40	30	52	30	1,47	23,45
15,60	36	56	36	1,33	27,00
15,80	24	44	24	1,33	18,00
16,00	36	52	36	1,07	33,75
16,20	36	64	36	1,87	19,29
16,40	32	62	32	2,00	16,00
16,60	36	60	36	1,60	22,50
16,80	30	52	30	1,47	20,45
17,00	16	32	16	1,07	15,00
17,20	14	24	14	0,67	21,00
17,40	18	30	18	0,80	22,50
17,60	22	36	22	0,93	23,57
17,80	24	40	24	1,07	22,50
18,00	14	28	14	0,93	15,00
18,20	16	28	16	0,80	20,00
18,40	28	44	28	1,07	26,25
18,60	32	56	32	1,60	20,00
18,80	36	56	36	1,33	27,00
19,00	28	52	28	1,60	17,50
19,20	32	52	32	1,33	24,00
19,40	36	60	36	1,60	22,50
19,60	32	58	32	1,73	18,46
19,80	30	54	30	1,60	18,75
20,00	28	52	28	1,60	17,50
20,20					
20,40					
20,60					
20,80					
21,00					
21,20					
21,40					
21,60					
21,80					
22,00					
22,20					
22,40					
22,60					
22,80					
23,00					
23,20					
23,40					
23,60					
23,80					
24,00					
24,20					
24,40					
24,60					
24,80					
25,00					
25,20					
25,40					
25,60					
25,80					
26,00					
26,20					
26,40					
26,60					
26,80					
27,00					
27,20					
27,40					
27,60					
27,80					
28,00					
28,20					
28,40					
28,60					
28,80					
29,00					
29,20					
29,40					
29,60					
29,80					
30,00					

## ALLEGATO 2

### VERIFICHE ALLA LIQUEFAZIONE

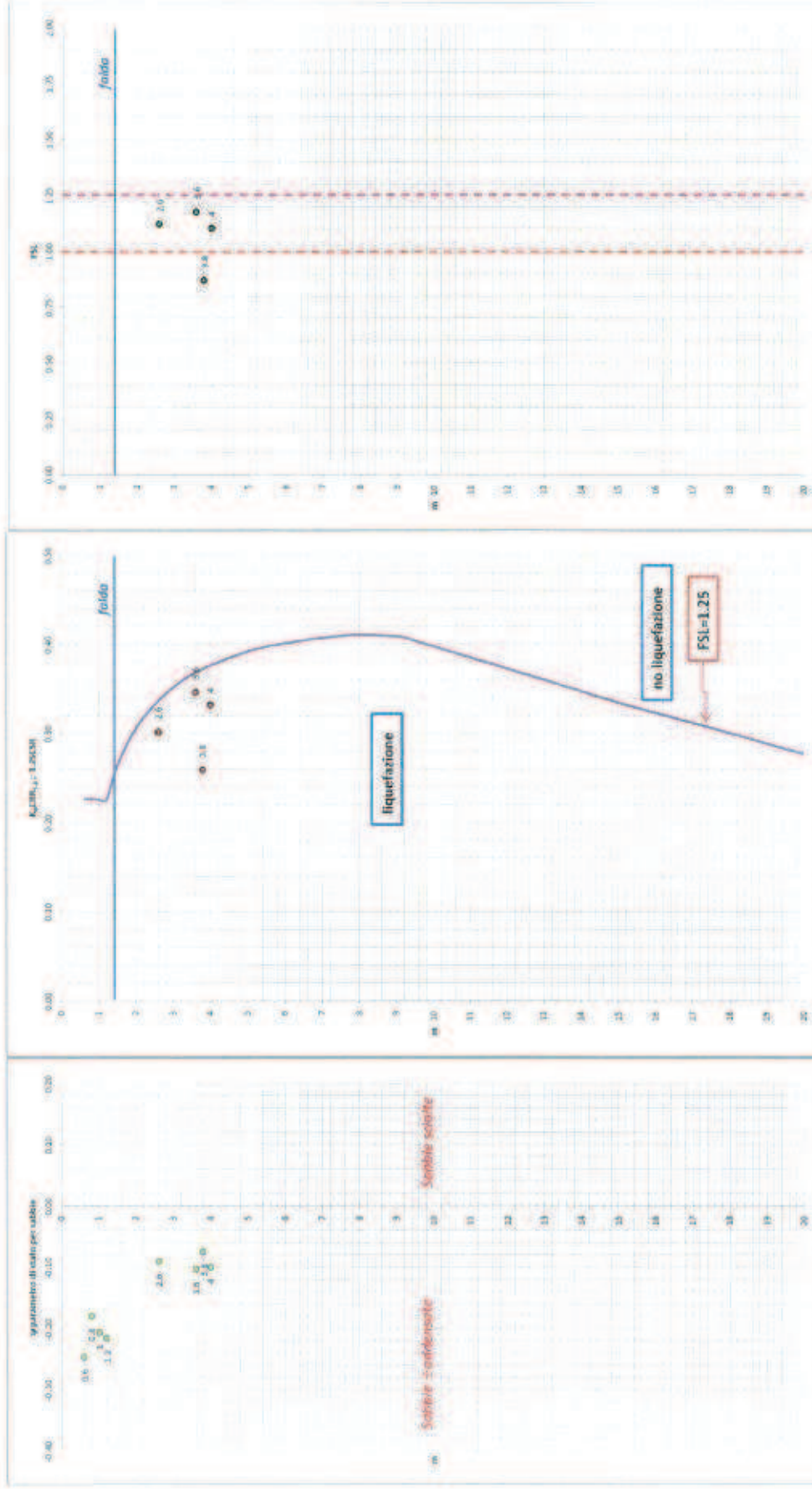
Profondità m	$\sigma_{10}$ kPa	$\sigma_v$ kPa	$f_v$ kPa	$q_c/f_v$	$R_q$ kPa	$f_s$	SBT	Tipologia di terreno	$q_{cav}$	$R_c$	$q_{c15}/q_c$	$CBR_{15}$	$CBR_{30}$	$R_s$	$\%_c$	$\%_p$	CSR	FSL	LPI
2,6	40,59	26,86	1178,80	26,15	45,00	101,32	5	terreno sabbioso da molto sabbioso a fine sabbioso	33,368	2,815	92,732	0,152	0,300	1,000	0,980	7,74	0,270	1,132	0,004
3,0	58,92	35,27	1,299,05	39,23	40,00	101,32	5	terreno sabbioso da molto sabbioso a fine sabbioso	35,673	2,815	102,385	0,180	0,347	1,000	0,972	10,427	0,295	1,178	0,001
3,8	62,55	37,06	1,372,89	26,15	52,50	101,32	5	terreno sabbioso da molto sabbioso a fine sabbioso	26,666	2,815	83,723	0,135	0,260	1,000	0,971	13,056	0,298	1,071	0,009
4	66,33	38,86	1,359,06	39,23	40,00	101,32	5	terreno sabbioso da molto sabbioso a fine sabbioso	33,195	3,207	96,802	0,172	0,343	1,000	0,969	11,769	0,301	1,105	0,005

Calcolo dell'FSL e dell'LPI nei 20 m indagati dalla CPT2.

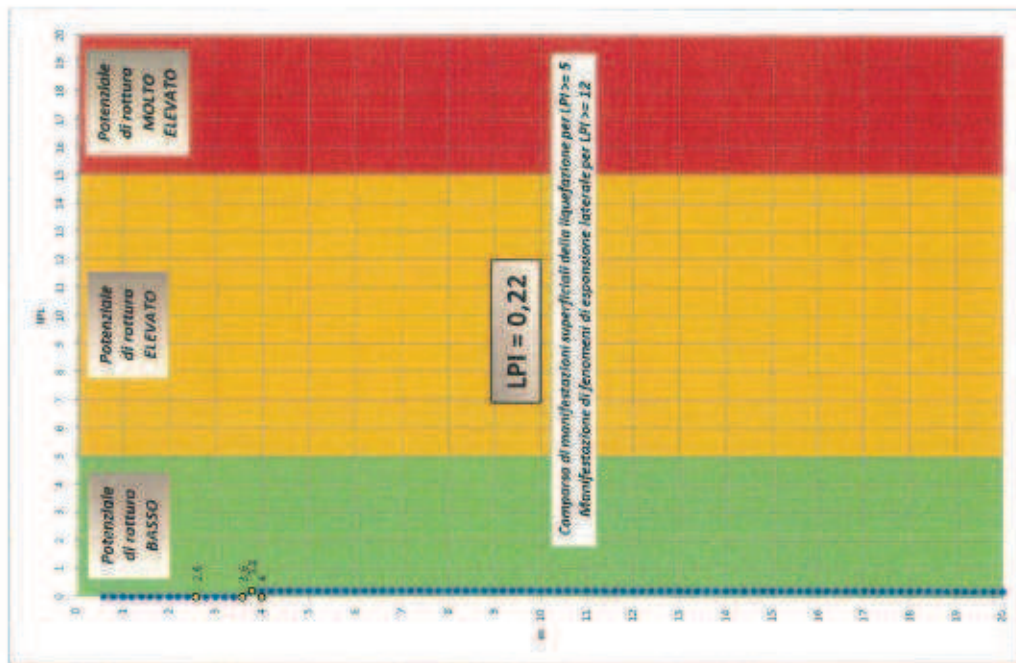


A sinistra: profilo dell'indice di Comportamento del terreno con la profondità per la CPT2; a destra: diagramma dell'indice di comportamento del terreno (SBT) per la CPT2, da cui è possibile trarre indicazione anche del grado di consolidazione degli strati di terreno indagati (punti gialli).





CPTZ – A sinistra: profilo del parametro di stato per gli strati a componente sabbiosa ( $w_L$ ); in centro: profilo del rapporto CRR5.8/CSR in relazione ad un valore soglia dell’FSL pari ad 1,25; a destra: profilo dei valori di FSL in rapporto alle soglie di 1 e 1,25.



Profilo dei valori cumulati dell'Indice di Potenziale Liquefazione per la CPT2.

## ALLEGATO 3

### CENNI TEORICI SULLA LIQUEFAZIONE

### (CSR) - Rapporto di Sforzo Ciclico – Cyclic Stress Ratio

Esprime lo stato di sforzo indotto dal sisma nel terreno.

$$CSR = \frac{\tau_c}{\sigma'_{v0}}$$

dove:

$$\tau_c = 0,65 \frac{a_{max}}{g} \sigma_{v0} r_d$$

$a_{max}$  è l'accelerazione orizzontale di picco alla superficie generata dal terremoto, stimabile con approccio semplificato NTC08, come  $S \cdot a_g$  od ottenuta direttamente da misurazioni dirette in occasione del sisma;

$g$  è l'accelerazione di gravità, pari a 9,81 m/s;

$\sigma_{v0}$  è la pressione geostatica verticale totale,

$\sigma'_{v0}$  è la pressione geostatica verticale efficace;

$r_d$  è il coefficiente di riduzione dello sforzo che tiene conto dei fenomeni di amplificazione sismica indotti dalla deformabilità del terreno. Per progetti non particolarmente critici, può essere calcolato come Youd et al. 2001<sup>1</sup>;

$$r_d = 1 - 0,00765 \cdot z \text{ per } z \leq 9,15 \text{ m}$$

$$r_d = 1,174 - 0,0267 \cdot z \text{ per } 9,15 < z \leq 23 \text{ m}$$

### (CRR) – Rapporto di Resistenza Ciclico – Cyclic Resistance Ratio

Esprime la capacità del terreno di resistere alla liquefazione.

Le correlazioni tra CPT e CRR si basano su valori normalizzati della resistenza penetrometrica, in relazione alla tensione di confinamento a cui è riferita la prova.

La normalizzazione della resistenza alla punta utilizzata da Robertson & Wride (1998)<sup>2</sup> è data dalla seguente espressione:

$$Q_{zn} = \left[ \frac{(q_c - \sigma_{v0})}{p_a} \right] \cdot \left[ \frac{p_a}{\sigma'_{v0}} \right]^n$$

dove:

<sup>1</sup> Youd T.L., Idriss I.M., Andrus R.D., Arango A., Castro G., Christian J.T., Dobry R., Finn W.D.L., Harder L.F., Hynes M.E., Ishihara K., Koester J.P., Liao S.S.C., Marcuson W.F., Martin G.R., Mitchell J.K., Moriwaki Y., Power M.S., Robertson P.K., Seed R.B., Stoke K.H. (2001) - "Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, October 2001, pp. 817-833.

<sup>2</sup> Robertson, P.K. and Wride, C.E. (1998) - Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test. Canadian Geotechnical Journal, Ottawa, 35(3): 442-459.

$q_c$  è la resistenza alla punta del penetrometro statico. Per terreni fini, coesivi, in luogo di  $q_c$  dovrebbe essere utilizzata la sua formulazione corretta della pressione neutra registrata dal piezocono (ovvero  $q_{t1}$ ); in terreni sabbiosi  $q_c$  è approssimabile a  $q_t$ .

$n$  è un esponente che tiene conto della natura del terreno (coesiva o incoerente) e che viene iterativamente calcolato sulla base dell'Indice di Comportamento ( $I_c$ ) nella sua più recente definizione (Robertson, 2009)<sup>3</sup> – Si veda oltre.

La normalizzazione della resistenza di attrito laterale è invece data dalla seguente relazione:

$$F = \left[ \frac{f_s}{(q_c - \sigma_{v0})} \right] \cdot 100\%$$

dove:

$f_s$  è la resistenza d'attrito laterale.

Come si diceva,  $Q_{cn}$  viene ricavato in base al valore dell'Indice di Comportamento ( $I_c$ ) in modo iterativo, iniziando il processo di calcolo da  $n=1$ , valore tipico dei terreni coesivi. L'espressione di  $I_c$  è la seguente:

$$I_c = [(3.47 - \log Q)^2 + (1.22 + \log F)^2]^{0.5}$$

Ricavato  $I_c$  per  $n=1$ , si calcola il nuovo esponente  $n$  con la seguente formula:

$$n = 0.381(I_c) + 0.05 \left( \frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right) - 0.15$$

e si ricalcola  $I_c$ .

Quando la differenza tra  $n_i$  ed  $n_{i+1}$  è  $< 0,01$ , il processo iterativo cessa ed il valore ultimo di  $n$  viene utilizzato per ricavare il  $Q_{cn}$ . Parallelamente, il valore di  $I_c$  calcolato con l'ultimo valore di  $n$  viene considerato rappresentativo del "comportamento del terreno" (Soil Behaviour Type – SBT), sulla base della classificazione di Robertson (2010)<sup>4</sup> (tabella 1).

SBT zone	Proposed common SBT description
1	<i>Sensitive fine-grained</i>
2	<i>Clay - organic soil</i>
3	<i>Clays: clay to silty clay</i>
4	<i>Silt mixtures: clayey silt &amp; silty clay</i>
5	<i>Sand mixtures: silty sand to sandy silt</i>
6	<i>Sands: clean sands to silty sands</i>
7	<i>Dense sand to gravelly sand</i>
8	<i>Stiff sand to clayey sand*</i>
9	<i>Stiff fine-grained*</i>

\* *Overconsolidated or cemented*

Tabella 1 – Definizione delle classi di comportamento del terreno secondo Robertson (2010).

Laddove si sia in presenza di sabbie non pulite (sabbie limose, sabbie argillose ecc.), il valore di  $Q_{cn}$  deve essere corretto per ottenere un valore equivalente per sabbia pulita, secondo la seguente relazione:

<sup>3</sup> Robertson, P.K. (2009) - Interpretation of cone penetration tests – a unified approach. Canadian Geotechnical Journal, 46:1337-1355.

<sup>4</sup> Robertson, P.K. (2010) - Soil behaviour type from the CPT: an update. 2nd International Symposium on Cone Penetration Testing, CPT'10, Huntington Beach, CA, USA. www.cpt10.com

$$(Q_{tm})_{CS} = K_c \cdot Q_{tm}$$

dove:

$K_c$  è un fattore correttivo che tiene conto delle caratteristiche granulometriche del terreno in base alle seguenti relazioni (come da Zhang et al., 2002)<sup>5</sup>:

se  $I_c \leq 1,64$  allora  $K_c = 1$

se  $1,64 \leq I_c \leq 2,36$  e  $F < 0,5$  allora  $K_c = 1$

se  $I_c \geq 2,6$ : si usino altri criteri, ma se  $F > 1$  allora probabilmente non liquefacibile

se  $1,64 < I_c < 2,6$  allora  $K_c = -0,403I_c^4 + 5,581I_c^3 - 21,63I_c^2 + 33,75I_c - 17,88$

Da qui, il calcolo della CRR è effettuato in base alle seguenti relazioni:

$$CRR_{7,5} = 93 \cdot \left[ \frac{(Q_{tm})_{CS}}{1000} \right]^2 + 0,08 \quad \text{se } 50 \leq (Q_{tm})_{CS} \leq 160$$

$$CRR_{7,5} = 0,833 \cdot \left[ \frac{(Q_{tm})_{CS}}{1000} \right] + 0,05 \quad \text{se } (Q_{tm})_{CS} < 50$$

$(k_\sigma)$  - Fattore correttivo della resistenza alla liquefazione (CRR) per valori elevati della tensione geostatica

La banca dati relativa ai casi di liquefazione storici, utilizzata per ricavare correlazioni empiriche per la stima del CRR, risulta avere una limitazione derivante dal fatto che i dati sono relativi a depositi superficiali, di profondità inferiore a 15 m, caratterizzati da valori modesti della tensione di confinamento. Risultati di laboratorio mostrano che la resistenza alla liquefazione cresce al crescere della tensione di confinamento, in modo NON lineare. Vi è, quindi, l'esigenza di introdurre un fattore correttivo,  $k_\sigma$ , per valori della tensione geostatica elevati (Youd et al., 2001 – nota 1).

$K_\sigma = 1$  per  $\sigma'_{v0} > p_a$

$$K_\sigma = \left( \frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right)^{(f-1)} \quad \text{per } \sigma'_{v0} \leq p_a$$

dove:

$\sigma'_{v0}$  è la tensione litostatica verticale efficace,

$p_a$  è la pressione atmosferica,

$f$  è un parametro funzione della densità relativa, della storia tensionale e dell'età del deposito nel seguente modo:

$f = 0,8$  per  $D_r \leq 40\%$

<sup>5</sup> Zhang, G., Robertson, P.K. and Brachman, R.W.J. (2002) - Estimating Liquefaction Induced Ground Settlements From CPT for Level Ground, Canadian Geotechnical Journal, 39(5): 1168-1180.

$$f = 0,8 - 0,005(D_r - 40) \text{ per } 40\% < D_r < 80\%$$

$$f = 0,6 \text{ per } D_r > 80\%$$

dove:

$D_r$  è la densità relativa espressa in percentuale.

#### (MSF) – Fattore di scala per la magnitudo -Magnitude Scaling Factor

Come calcolato da Youd et al. (2001) (nota 1), considerato più cautelativo rispetto ai valori di Ambraseys (1988)<sup>6</sup>:

$$MSF = \frac{10^{-2,24}}{M_w^{2,56}}$$

dove:

$M_w$  è la magnitudo momento per il terremoto atteso nel sito d'interesse.

#### (FSL) - Fattore di sicurezza per la liquefazione

Matematicamente, l'equilibrio tra CRR e CSR viene raggiunto quando il rapporto tra essi raggiunge l'unità; la liquefazione, pertanto, può avere luogo qualora il valore del rapporto risulti minore di 1. Secondo le NTC08, l'adeguatezza del Fattore di Sicurezza deve essere valutata dal progettista. Adottando il criterio indicato dall' EC8 (EN 1998-5, 2005), uno strato di terreno è considerato suscettibile alla liquefazione qualora abbia  $FSL \leq 1,25$ .

$$FSL = \frac{CRR_{7,5}}{CSR} \cdot MSF \cdot K_\sigma$$

(con  $K_\sigma = 1$  per profondità inferiori a 15 m).

#### (LPI) – Indice di potenziale liquefazione – Liquefaction Potential Index

La liquefazione può manifestarsi localmente, senza comportare necessariamente il collasso o una perdita di funzionalità delle strutture interagenti con il terreno. Le effettive conseguenze dell'innescarsi del fenomeno della liquefazione dipendono dall'estensione del fenomeno stesso, dalla profondità a cui si verifica e dalle condizioni del piano campagna. Pertanto occorre affiancare alla valutazione puntuale della suscettibilità alla liquefazione alle diverse profondità una stima globale dell'incidenza del fenomeno e delle sue conseguenze.

Matematicamente l'LPI è un parametro che tiene conto dello spessore dello strato liquefacibile e della sua vicinanza alla superficie libera, insieme alla "distanza" dal valore unitario del Fattore di Sicurezza nei confronti della liquefazione.

<sup>6</sup> Ambraseys N.N. (1988) - "Engineering seismology", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 17, pp. 1-105.

La sua formulazione è la seguente (da Iwasaki et al., 1982)<sup>7</sup>:

$$LPI = \int_0^{20} F(z) \cdot w(z) \cdot dz$$

dove:

$z$  è la profondità dello strato potenzialmente liquefacibile rispetto al piano campagna espressa in metri,

$F(z)$  è funzione del Fattore di Sicurezza alla profondità  $z$ , dato dalle seguenti espressioni (da Facciorusso, 2008)<sup>8</sup>, tarate appositamente sul metodo di Robertson & Wride (1998):

$$F(z) = 0 \text{ per } FSL > 1,4$$

$$F(z) = 2 \cdot 10^6 \cdot e^{-18,427 \cdot FSL} \text{ per } 0,95 < FSL < 1,4$$

$$F(z) = 1 - FSL \text{ per } FSL \leq 0,95$$

$$w(z) = 10 - 0,5 \cdot z$$

L'indice viene convenzionalmente valutato integrando su uno spessore di 20 m perché raramente sono stati riportati in letteratura effetti in superficie associabili a fenomeni di liquefazione avvenuti a profondità maggiori. Valori crescenti dell'indice portano ad ipotizzare conseguenze potenzialmente più gravi sul terreno e sulle strutture con esso interagenti e, quindi, l'opportunità di studi più accurati con analisi numeriche avanzate e/o di interventi di mitigazione del rischio di liquefazione.

Le indicazioni fornite da Iwasaki et al. (1982), per quanto riguarda i valori soglia del potenziale di liquefazione, sono riassunte nella tabella 2:

LPI	Potenziale di rottura
$\leq 5$	basso
$5 \leq LPI \leq 15$	elevato
$LPI \geq 15$	molto elevato

Tabella 2 – valori soglia del potenziale di liquefazione (da: Iwasaki et al., 1982).

Comparsa di manifestazioni superficiali della liquefazione si hanno solitamente per  $LPI \geq 5$ ; per  $LPI \geq 12$  si può avere manifestazione di fenomeni di espansione laterale.

### Parametro di stato per le sabbie ( $\psi$ )

Utile comparazione tra FSL e grado di addensamento delle sabbie è il parametro  $\psi$  così come definito da Robertson (2012)<sup>9</sup>:

$$\psi = 0,56 - 0,33 \log(Q_{zn})_{CS}$$

Valori negativi del parametro indicano sabbie addensate; valori positivi indicano sabbie sciolte.

<sup>7</sup> Iwasaki, T., Tokida, K., Tatsuoka, F., Watanabe, S., Yasuda, S. & Sato, H. (1982) – Micronotation for soil liquefaction using simplified methods. Proceedings 3<sup>rd</sup> Int. Conf. on Micronotation, Seattle, 885-896.

<sup>8</sup> Facciorusso, J. (2008) – Calcolo del potenziale di liquefazione su vasta scala: approccio deterministico e approccio probabilistico. Incontro annuale dei ricercatori di geotecnica 2008 – IARG 2008, Catania, 15-17 settembre 2008.

<sup>9</sup> Robertson, P.K. (2012) – Interpretation of in-situ tests – some insight. Mitchell Lecture – ISC'4 Brazil, sept. 2012.



## **ALLEGATO 4**

<p><b>CERTIFICATI ANALISI CHIMICHE SUI TERRENI</b></p>
--

Egr. Sig.  
**FRANCHI VALERIANO**  
 Via Maestra di Bagazzano, 97/2  
 41015 NONANTOLA (MO)

**Rapporto di prova:**
**01320/13**

Emesso il: 24/05/2013

Descrizione del campione: Terreno medio-composito prelevato in data 22/03/2013 alla profondità di -0,40 -0,50 m da p.c. vicino PSI presso Cavezzo (MO)

 Prelievo eseguito da:  
 N° accettazione:

 Committente:  
 01320/13/CH

 Data prelievo: 22/03/2013  
 Data arrivo: 20/05/2013  
 Data inizio analisi: 20/05/2013

MOPG 08/04 Rev 04

Parametro	Valori	Udm	U	LQ	Data fine analisi	Metodo	Limiti	
							Verde pubblico (A)	Industria (B)
Residuo secco a 105°C	84,5	%			20/05/13	CNR IRSA 2 par. 2.4.1 Q 64 Vol 2 1984	/	/
Scheletro	12,3	%		0,1	21/05/13	DM 13/09/1999 GU n°248 21/10/1999 Met II.1	/	/
Arsenico (come As)	2,37	mg/kg s.s.		0,02	23/05/13	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3080 A Mar 29 2003	20	50
Cadmio (come Cd)	<LQ	mg/kg s.s.		0,5	23/05/13	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3020 Mar 29 2003	2	15
Cobalto (come Co)	4,0	mg/kg s.s.		2,0	23/05/13	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3020 Mar 29 2003	20	250
Cromo totale (come Cr)	42,5	mg/kg s.s.		2,0	23/05/13	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3020 Mar 29 2003	150	800
Cromo VI (come Cr)	<LQ	mg/kg s.s.		0,5	22/05/13	CNR IRSA 1.6 Q 64 Vol 3 1986	2	15
Mercurio (come Hg)	0,09	mg/kg s.s.		0,02	23/05/13	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3200 A1 Mar 29 2003	1	5
Nichel (come Ni)	42,7	mg/kg s.s.		2,0	23/05/13	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3020 Mar 29 2003	120	500
Piombo totale (come Pb)	16,4	mg/kg s.s.		2,0	23/05/13	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3020 Mar 29 2003	100	1000
Rame (come Cu)	53,9	mg/kg s.s.		2,0	23/05/13	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3020 Mar 29 2003	120	600
Zinco (come Zn)	71,1	mg/kg s.s.		2,0	23/05/13	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3020 Mar 29 2003	150	1500

SEGUE A PAGINA 2

**NOTE:**

I limiti sopra citati sono riferiti al D.Lgs. 152/06 Parte quarta Allegato 5 Tabella 1. s.s. = I valori sono da riferirsi al campione essiccato a 105°C.

 Udm = unità di misura; LQ = limite di quantificazione  
 U = incertezza di misura. Incertezza calcolata su richiesta del cliente.


**ANALISI CHIMICHE - CONTROLLO QUALITA'  
CONSULENZE TECNICHE**

 Via G. Fucà, 152 - 41122 MODENA  
 Tel 059-254836 Fax 059-2558942  
 e-mail: info@chemicalab.it  
 R.E.A. n° 337282 - C.F. e P.IVA 02857780361

 Egr. Sig.  
**FRANCHI VALERIANO**  
 Via Maestra di Bagazzano, 97/2  
 41015 NONANTOLA (MO)

**Rapporto di prova:**
**01320/13**

Emesso il: 24/05/2013

Descrizione del campione: Terreno medio-composito prelevato in data 22/03/2013 alla profondità di -0,40 -0,50 m da p.c. vicino PSI presso Cavezzo (MO)

 Prelievo eseguito da: Committente  
 N° accettazione: 01320/13/CH

 Data prelievo: 22/03/2013  
 Data arrivo: 20/05/2013  
 Data inizio analisi: 20/05/2013

MDPG 08/04 Rev 04

Parametro	Valori	Udm	U	LQ	Data fine analisi	Metodo	Limiti	
							Verde pubblico (A)	industriale (B)
Idrocarburi pesanti (C>12)	<LQ	mg/kg s.s.		10	23/05/13	EPA 3550C 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 8015C 2007	50	750

FINE RAPPORTO DI PROVA

**NOTE:**

I limiti sopra citati sono riferiti al D.Lgs. 152/06 Parte quarta Allegato 5 Tabella 1, s.s.= I valori sono da riferirsi al campione essiccato a 105°C.

 Udm = unità di misura; LQ = limite di quantificazione;  
 U = incertezza di misura. Incertezza calcolata su richiesta del cliente.

**IL RESPONSABILE DEL LABORATORIO**  
 Dott. Domenico Giovini


Egr. Sig.  
**FRANCHI VALERIANO**  
Via Maestra di Bagazzano, 97/2  
41015 NONANTOLA (MO)

**Rapporto di prova:**
**01321/13**

Emesso il: 24/05/2013

Descrizione del campione: Terreno medio-composito prelevato in data 22/03/2013 alla profondità di -0,40 -0,50 m da p.c. vicino PS3 presso Cavezzo (MO)

 Prelievo eseguito da: Committente  
N° accettazione: 01321/13/CH

 Data prelievo: 22/03/2013  
Data arrivo: 20/05/2013  
Data inizio analisi: 20/05/2013

MDPG 08/04 Rev 04

Parametro	Valori	Udm	U	LQ	Data fine analisi	Metodo	Limiti	
							Verde pubblico (A)	Industriale (B)
Residuo secco a 105°C	79,0	%			20/05/13	CNR IRSA 2 par. 2.4.1 Q 64 Vol 2 1984	/	/
Scheletro	4,3	%		0,1	21/05/13	DM 13/09/1999 Gu n°248 21/10/1999 Met II.1	/	/
Arsenico (come As)	1,83	mg/kg s.s.		0,02	23/05/13	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3080 A Mar 29 2003	20	50
Cadmio (come Cd)	<LQ	mg/kg s.s.		0,5	23/05/13	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3020 Mar 29 2003	2	15
Cobalto (come Co)	<LQ	mg/kg s.s.		2,0	23/05/13	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3020 Mar 29 2003	20	250
Cromo totale (come Cr)	48,4	mg/kg s.s.		2,0	23/05/13	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3020 Mar 29 2003	150	800
Cromo VI (come Cr)	<LQ	mg/kg s.s.		0,5	22/05/13	CNR IRSA 16 Q 64 Vol 3 1986	2	15
Mercurio (come Hg)	0,04	mg/kg s.s.		0,02	23/05/13	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3200 A I Mar 29 2003	1	5
Nichel (come Ni)	45,5	mg/kg s.s.		2,0	23/05/13	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3020 Mar 29 2003	120	500
Piombo totale (come Pb)	24,1	mg/kg s.s.		2,0	23/05/13	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3020 Mar 29 2003	100	1000
Rame (come Cu)	68,9	mg/kg s.s.		2,0	23/05/13	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3020 Mar 29 2003	120	600
Zinco (come Zn)	85,9	mg/kg s.s.		2,0	23/05/13	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3020 Mar 29 2003	150	1500

SEGUE A PAGINA 2

**NOTE:**

I limiti sopra citati sono riferiti al D.Lgs. 152/06 Parte quarta Allegato 5 Tabella I. s.s.= I valori sono da riferirsi al campione essiccato a 105°C.

Udm = unità di misura; LQ = limite di quantificazione;

U = incertezza di misura. Incertezza calcolata su richiesta del cliente



Egr. Sig.  
**FRANCHI VALERIANO**  
 Via Maestra di Bagazzano, 97/2  
 41015 NONANTOLA (MO)

**Rapporto di prova:**
**01321/13**

Emesso il: 24/05/2013

Descrizione del campione: Terreno medio-composito prelevato in data 22/03/2013 alla profondità di -0,40 -0,50 m da p.c. vicino PS3 presso Cavezzo (MO)

 Prelievo eseguito da:  
 N° accettazione:

 Committente:  
 01321/13/CH

 Data prelievo: 22/03/2013  
 Data arrivo: 20/05/2013  
 Data inizio analisi: 20/05/2013

MDPG 08/04 Rev 04

Parametro	Valori	Udm	U	LQ	Data fine analisi	Metodo	Limiti
							Verde pubblico (A) Industriale (B)
Idrocarburi pesanti (C>12)	<LQ	mg/kg s.s.		10	23/05/13	EPA 3550C 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 8015C 2007	50 750

FINE RAPPORTO DI PROVA

**NOTE:**

I limiti sopra citati sono riferiti al D.Lgs. 152/06 Parte quarta Allegato 5 Tabella 1. s.s.= I valori sono da riferirsi al campione essiccato a 105°C.

 Udm = unità di misura; LQ = limite di quantificazione;  
 U = incertezza di misura, incertezza calcolata su richiesta del cliente.

**IL RESPONSABILE DEL LABORATORIO**  
 Dott. Domenico Giovini


## PROPOSTA DI VARIANTE AL PSC



## RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDROMORFOLOGICA, IDRAULICA, GEOLOGICA E SISMICA

### **INTEGRAZIONE SISMICA CON ANALISI RSL**

CON MODIFICHE APPORTATE IN DATA 14 NOVEMBRE 2014

A cura di:  
DOTT. GEOL. Valeriano Franchi  
V.le Caduti in Guerra 1, 41121 Modena  
TEL. 059-226540

e-mail: valerianofranchi@tin.it

NOVEMBRE 2014

**E**  
Comune di Cavezzo  
Comune di Cavezzo  
Protocollo N.0002911/2015 del 07/03/2015



## **INDICE CONTENUTI**

Premessa .....	3
1. Profili stratigrafico e di $V_s$ .....	4
2. Selezione degli accelerogrammi di input e analisi di risposta sismica locale.....	7
3. Rischio liquefazione .....	11



## PREMESSA

A seguito della “Microzonazione sismica e analisi della condizione limite per l’emergenza delle aree epicentrali dei terremoti della pianura emiliana di maggio-giugno 2012” (Ordinanza del Commissario Delegato – Presidente della Regione Emilia-Romagna n. 70/2012), effettuata dalla Regione Emilia-Romagna per tutti i territori comunali compresi all’interno del cratere sismico, si è ritenuto necessario adeguare l’analisi di pericolosità sismica locale effettuata, con approccio semplificato, nella relazione a supporto della richiesta di cambio di destinazione d’uso per l’area ubicata in Via I Maggio, censita nel NTC al Foglio 21, part. 345, ed attualmente destinata dal PSC comunale ad “Ambito agricolo”.

Infatti, la cartografia di Microzonazione Sismica del Comune di Cavezzo classifica l’area come “LQ2” – zona con terreni suscettibili di liquefazione tra 10 e 20 m dal p.c. -, ovvero nella quale non è ammessa la definizione della risposta sismica locale con approccio semplificato, bensì tramite l’utilizzo di apposito codice di calcolo. Pochi metri ad est dell’area, le stesse carte di microzonazione della Regione Emilia-Romagna evidenziano la presenza, in corrispondenza di alcune verticali penetrometriche, di valori dell’Indice di Liquefazione (come da Sonmez, 2003), tra -15 e -20 m, compresi tra 1.33 e 1.74 (rischio liquefazione basso).

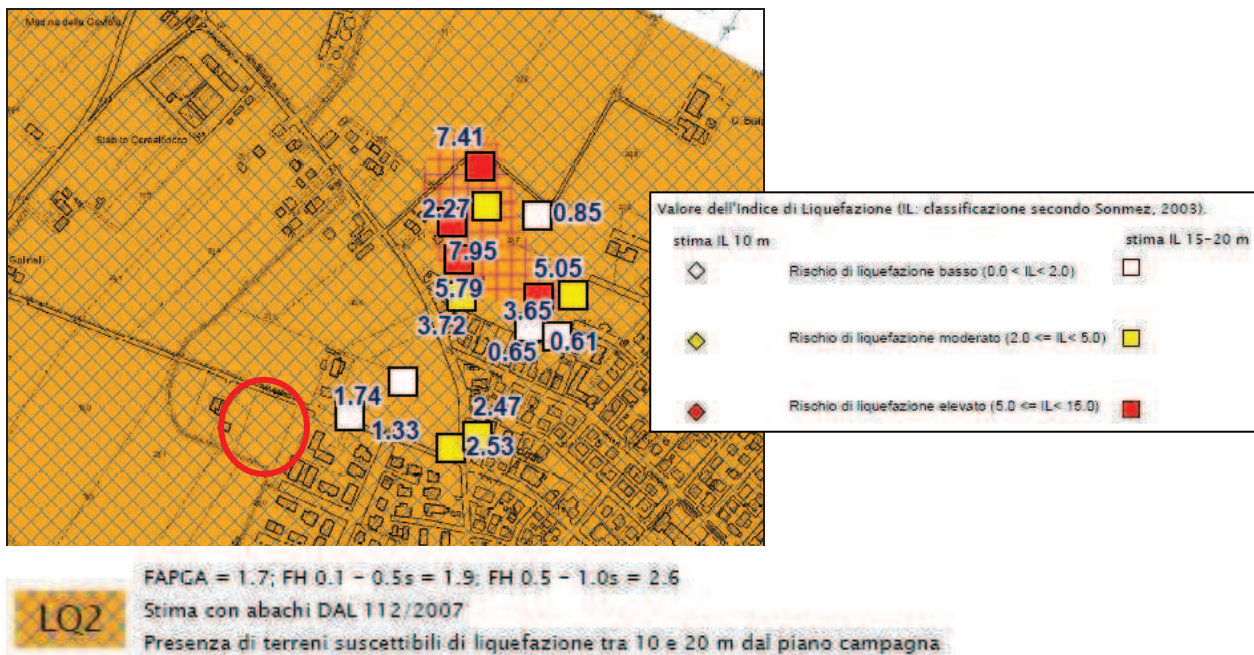


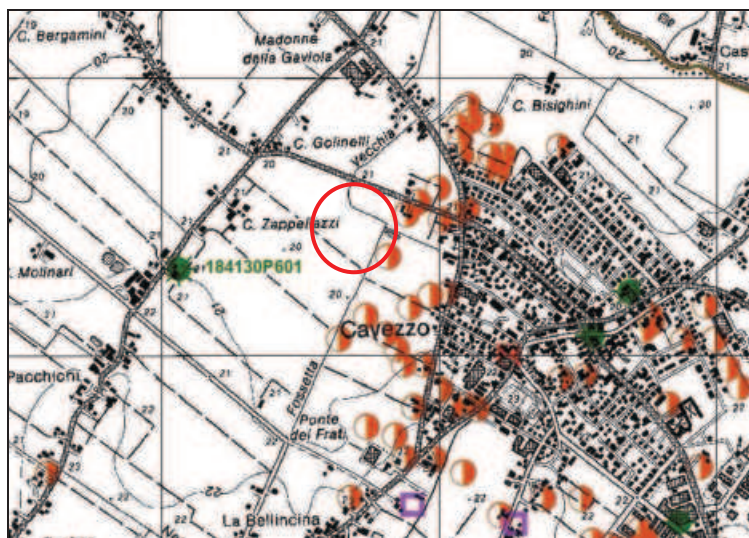
Figura 1 – Stralcio della carta di Microzonazione sismica e analisi della condizione limite per l’emergenza delle aree epicentrali dei terremoti della pianura emiliana di maggio-giugno 2012” (Ordinanza del Commissario Delegato – Presidente della Regione Emilia-Romagna n. 70/2012), effettuata dalla Regione Emilia-Romagna per il territorio comunale di Cavezzo. Il cerchio rosso identifica l’area d’indagine.

Nella presente relazione verrà, pertanto, eseguita un’analisi di risposta sismica locale, lineare equivalente, nel dominio delle frequenze, utilizzando il codice di calcolo

"STRATA"<sup>1</sup>, per determinare il fattore di amplificazione litostratigrafico della PGA. Verrà, inoltre, eseguita nuovamente l'analisi di suscettibilità alla liquefazione, utilizzando i valori massimi di PGA e di magnitudo registrati in occasione degli eventi sismici del maggio-giugno 2012 e l'algoritmo di calcolo sviluppato da Robertson & Wride (1998), nelle sue più recenti modifiche introdotte da Youd et al. (2001) e da Robertson (2009).

## 1. PROFILI STRATIGRAFICO E DI $V_s$

Il profilo stratigrafico è stato inserito, fino a -20 m, sulla base dell'elaborazione delle quattro prove penetrometriche eseguite per la precedente relazione (evidenziato in rosso in Tabella 1). Oltre tale profondità, fino a -55 m, la stratigrafia è stata assunta uguale a quella ricavabile da un pozzo per acqua (codice RER – 184130P601, figura 2) posto circa 800 m ad ovest dell'area di studio (si veda l'Allegato 1) (evidenziato in blu in Tabella 1). La stratigrafia del pozzo individua il primo importante strato sabbioso da -45,50 a -55 m, così come riportato anche dalla Sezione nr. 032 (figura 3), sempre contenuta nel database geognostico regionale, nel tratto compreso tra il pozzo "Camposanto 1", ad est, ed il sondaggio "201030 MO10 Pr.", ad ovest. Dalla stessa Sezione nr. 032 (ovvero quella più prossima al sito d'indagine) si può ricavare la stratigrafia da -55 m all'ipotetico bedrock sismico (in verde in tabella 1); quest'ultimo può essere assunto coincidente con la profondità del limite tra Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) e Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI) ovvero, da figura 3, con la profondità del passaggio tra gruppo acquifero A e gruppo acquifero B, pari a circa -120 m dal piano campagna del sito d'indagine. Tale profondità risulta paragonabile a quella identificata tramite HVSR nella precedente relazione a cura dello scrivente (frequenza di picco compresa tra 0,5Hz ed 1,0 Hz) ed anche dalla recente elaborazione effettuata dalla Regione Emilia-Romagna per le carte di microzonazione sismica delle aree epicentrali dei terremoti della pianura emiliana di maggio-giugno 2012 (figura 4): nella figura si vede come l'area in esame in questo studio ricada in prossimità del limite tra zona A1 e zona A2; si può, pertanto, assumere come profondità del bedrock sismico quella di -120 m dal p.c.



<sup>1</sup> Kottke, A.R. & Rathje, E.M. (2008) – Technical Manual for Strata. PEER Report 2008, Pacific Earthquake Engineering Research Center, College of Engineering, University of California, Berkeley, 81 p.

Figura 2 - Estratto del database geognostico della Regione Emilia-Romagna. Il cerchio rosso identifica l'area di studio.

I valori di  $V_s$ , fino a -30 m, sono stati calcolati dal profilo MASW eseguito per la precedente relazione; da -30 m al bedrock sismico stimato, i valori (evidenziati in arancione in Tabella 1) sono stati estrapolati attraverso una linea di tendenza calcolata sui primi 30 m. Il valore della  $V_s$  per il bedrock sismico è stato assunto pari a 800 m/s.

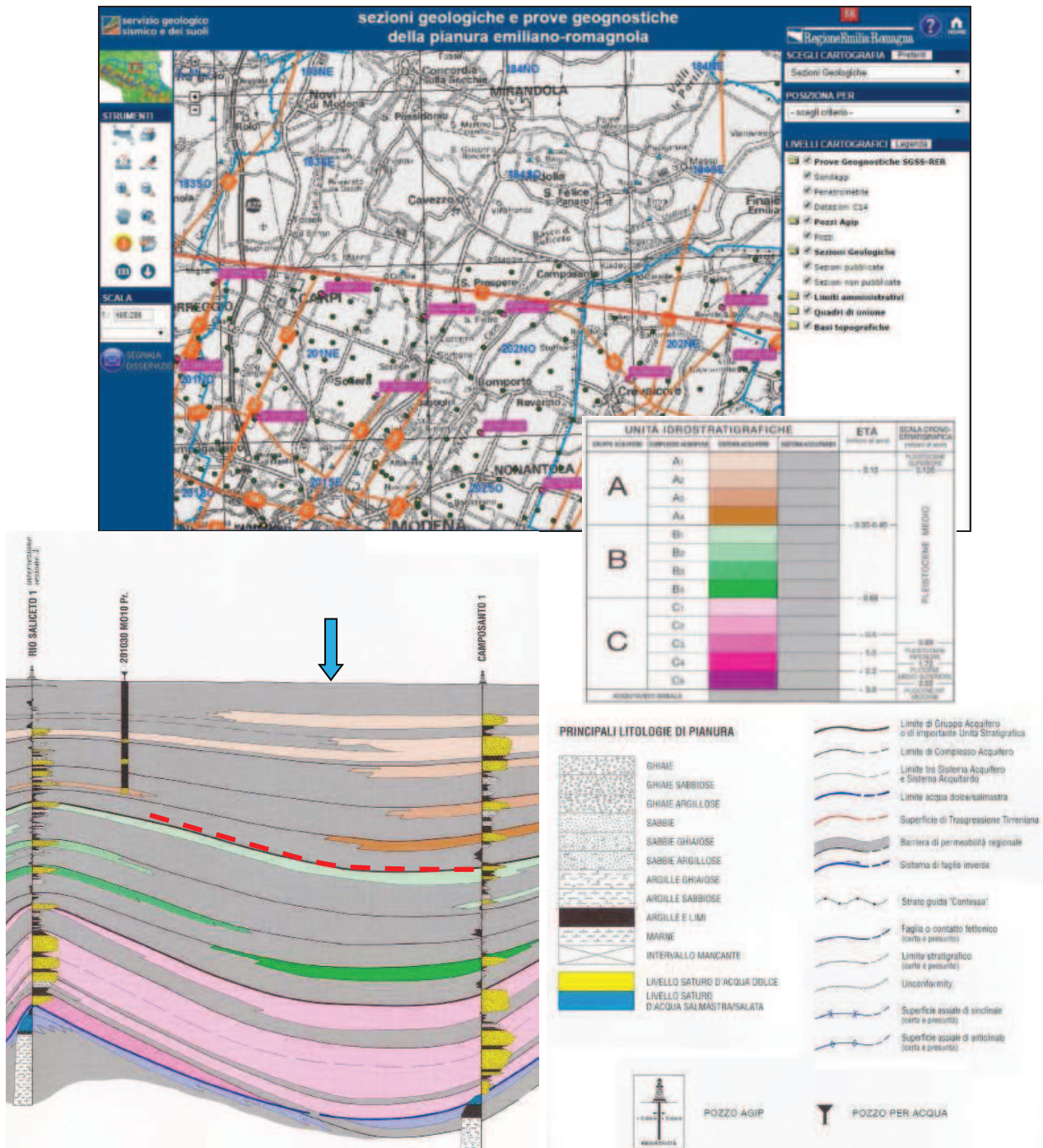


Figura 3 - Stralcio della sezione geologica nr. 032 del database Regione Emilia-Romagna delle sezioni geologiche e prove geognostiche della pianura emiliano-romagnola. Con la linea rossa tratteggiata è stata indicata la profondità del bedrock sismico stimata. La freccia blu localizza, indicativamente, la posizione dell'area d'indagine.

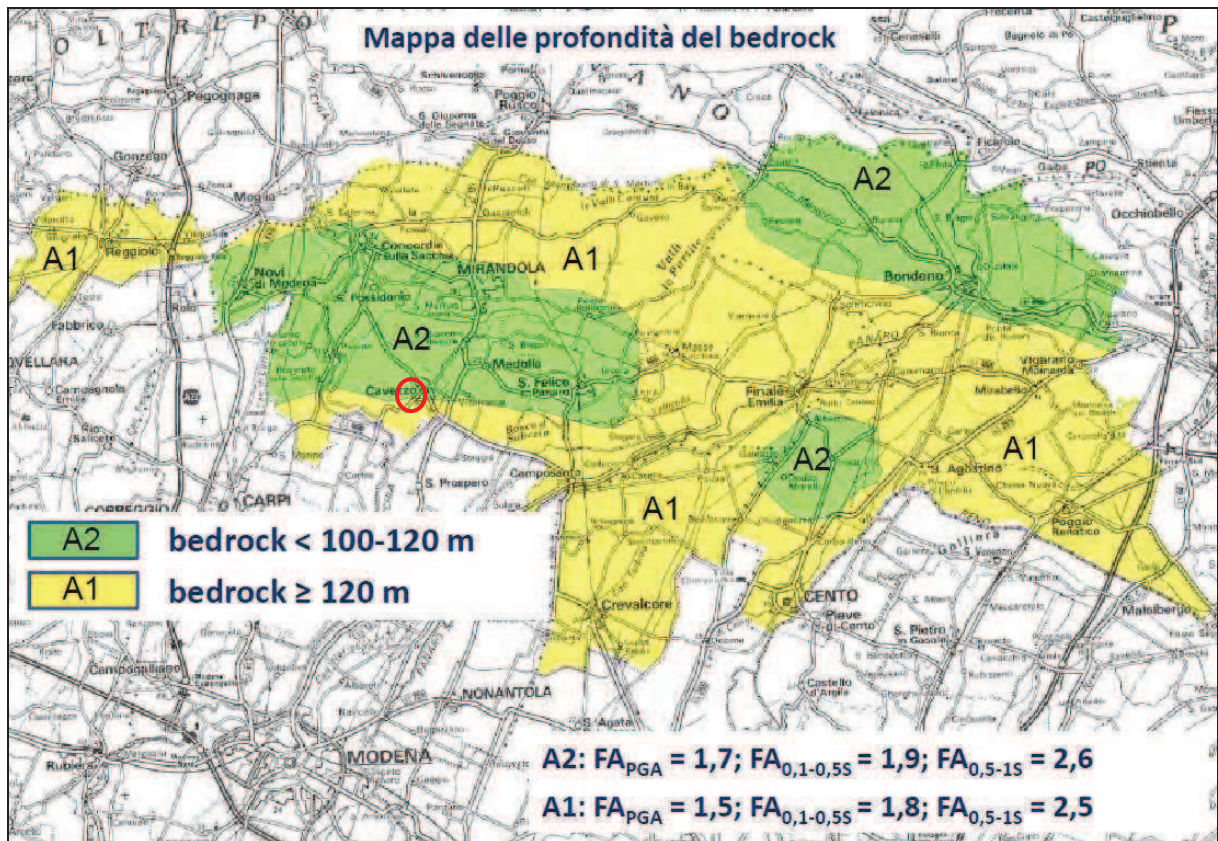


Figura 4 – Mappa delle profondità del bedrock sismico elaborata dalla Regione Emilia-Romagna per la Microzonazione sismica e analisi della condizione limite per l'emergenza delle aree epicentrali dei terremoti della pianura emiliana di maggio-giugno 2012. Il cerchio rosso individua l'area d'indagine.

N.	Litologia	Prof.	Spess.	$V_s$	$\gamma$
...	...	m	m	m/s	kN/m <sup>3</sup>
1	sabbie	2.2	2.2	118	17.60
2	argille	3	0.8	118	17.40
3	sabbie	4	1	118	16.90
4	argille	10	6	138	17.50
5	argille	13.6	3.6	147	19.10
6	argille	20	6.4	174	19.00
7	argille	30	10	215	19.10
8	argille	45.5	15.5	267	19.00
9	sabbie	55	9.5	301	18.00
10	argille	65	10	336	19.00
11	argille	80	15	390	19.00
12	sabbie	90	10	425	18.00
13	argille	120	30	532	19.00
	bedrock			800.00	22.00

Tabella 1 - Ricostruzione dei sismostrati utilizzati per l'analisi di risposta sismica locale. Legenda: si veda spiegazione nel testo.

## 2. SELEZIONE DEGLI ACCELEROGRAMMI DI INPUT E ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

Propedeutica alla selezione degli accelerogrammi di input previsti da normativa per l'analisi di risposta sismica locale, è stata l'analisi del Database Macrosismico Italiano 2011 (DBMI11), per ricostruire la storia sismica dell'area; questo al fine di scegliere l'ultimo terremoto più intenso (senza cercare in tempi più lontani, dove gli effetti assumono un grado di incertezza sempre maggiore). Una volta selezionato il terremoto di riferimento, se ne può ottenere lo scenario geografico, che rappresenta la distribuzione delle località ove si sono registrate le intensità MCS. Dallo scenario geografico è quindi possibile misurare la distanza dell'epicentro del terremoto di riferimento dal luogo d'indagine. Infine, si registra la magnitudo dell'evento all'epicentro. La coppia distanza-magnitudo permette, insieme ai parametri sismici di riferimento precedentemente acquisiti, di impostare la ricerca degli accelerogrammi spettro-compatibili attraverso il software dedicato "REXEL V.3.5".

Dall'esame della storia sismica del Capoluogo (Tabella 2), è possibile identificare almeno 3 eventi che hanno determinato effetti macrosismici rilevanti per Cavezzo: il più antico, datato 1909, ha avuto epicentro nella bassa padana e Mw pari a 5.53; il secondo, datato 25 dicembre 1978 ha avuto epicentro nella bassa mantovana (sebbene la localizzazione dell'INGV lo ponga a soli 3.1 km da Cavezzo) e Mw strumentale pari a 4.22; il terzo, datato 15 ottobre 1996 ha avuto epicentro a Correggio e Mw pari a 5.41. Nel Database non compaiono ancora gli eventi sismici del 20 e 29 maggio 2012, con epicentri, rispettivamente, a Massa Finalese ed a Medolla e Mw strumentali, rispettivamente, pari a 5.9 e 5.8. Dall'esame di Tabella 2 si vede come sia possibile selezionare un range di magnitudo che va da **4.22** a **5.9** ed un range di distanze che va da **3** a **60** km.

I[MCS]	Data	Ax	Io	Mw	Distanza
5-6	1978 12 25	Bassa mantovana	5	<b>4.22</b>	<b>3.1 km</b>
5	1909 01 13	Bassa padana	6-7	<b>5.53</b>	<b>60 km</b>
5	1996 10 15	Correggio	7	<b>5.41</b>	<b>28 km</b>
4	1971 07 15	Parmense	8	<b>5.64</b>	<b>54 km</b>
4	2000 06 18	Parmense	5-6	<b>4.43</b>	<b>31 km</b>
-	2012 05 29	Medolla	-	<b>5.8</b>	<b>4 km</b>
-	2012 05 20	Massa Finalese	-	<b>5.9</b>	<b>15 km</b>

Tabella 2 - Sei eventi sismici della storia recente di Cavezzo che possono essere considerati rappresentativi della sismicità di riferimento per la scelta dei 7 accelerogrammi.

Dall'analisi di disaggregazione della pericolosità sismica di base, eseguibile dal sito web dell'INGV<sup>2</sup>, utilizzando una probabilità di eccedenza consona al periodo di riferimento  $V_R$  di 50 del livello prestazionale di progetto, ovvero pari al 10% in 50 anni, risulta un coppia magnitudo/distanza media pari a 5/9, con  $\varepsilon$  pari a 0,7. La selezione operata dal software "REXEL" (Figura 5) mostra 7 accelerogrammi naturali il cui spettro di risposta medio risulta compatibile con lo spettro di risposta di riferimento.

<sup>2</sup> <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>

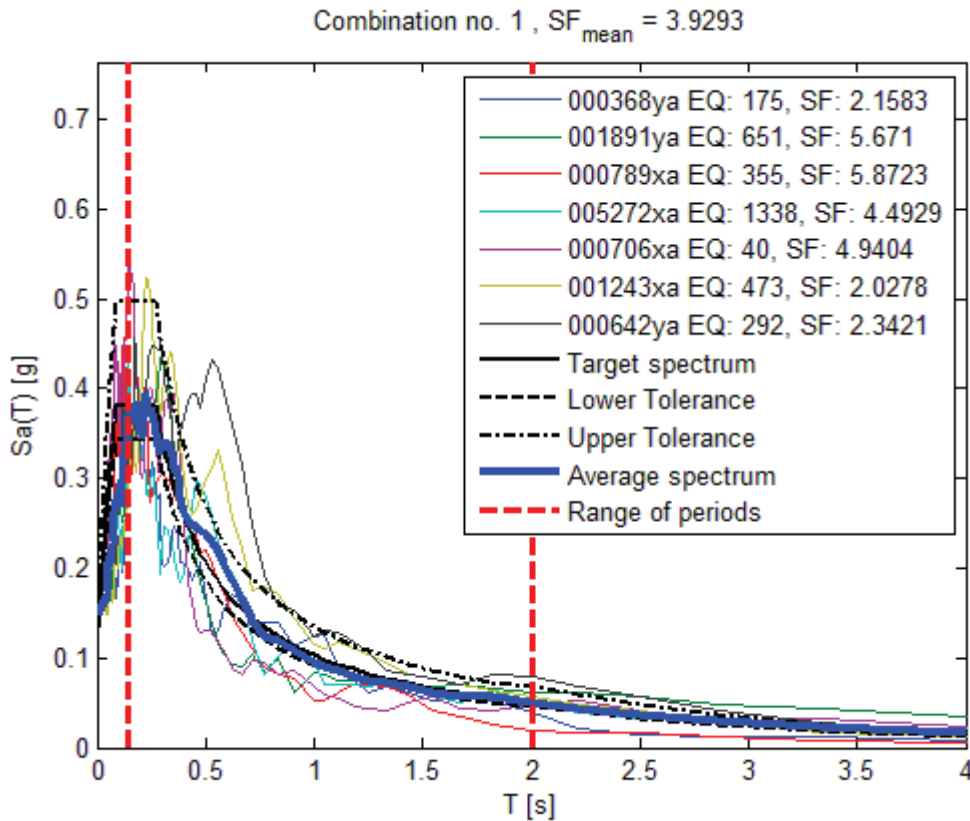


Figura 5 - La combinazione di 7 accelerogrammi naturali individuata tramite software "REXEL", la cui media risulta compatibile con lo spettro di risposta di riferimento.

Da subito occorre evidenziare come il fattore di scala (SF) medio sia pari a 3.9; più alto risulta il fattore di scala singolo relativo agli accelerogrammi:

- 001891ya (SF=5.7)
- 000789xa (SF=5.9)
- 005272xa (SF=4.5)
- 000706xa (SF=4.9)

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]	PGA_X [m/s <sup>2</sup> ]	PGA_Y [m/s <sup>2</sup> ]	EC8 Site class	SF
368	175	ST143	Lazio Abruzzo	07/05/1984	5.9	normal	22	0.628	0.6706	A	2.16
1891	651	ST1320	Kranidia	25/10/1984	5.5	?	23	0.3488	0.2552	A	5.67
789	355	ST225	Umbria Marche (aftershock)	12/10/1997	5.2	oblique	22	0.2465	0.1874	A	5.87
5272	1338	ST2487	Mt. Vatnafjöll	25/05/1987	6	oblique	24	0.3222	0.243	A	4.49
706	40	ST20	Friuli (aftershock)	11/05/1976	4.9	thrust	14	0.293	0.2808	A	4.94
1243	473	ST575	Izmit (aftershock)	13/09/1999	5.8	oblique	15	0.7138	3.112	A	2.03
642	292	ST225	Umbria Marche (aftershock)	14/10/1997	5.6	normal	23	0.524	0.618	A	2.34
mean:					5.6		20.4	0.44	0.76		

Tabella 3 - Descrizione dettagliata degli accelerogrammi selezionati da "REXEL", il cui spettro di risposta medio risulta compatibile con lo spettro di risposta di riferimento.

Come input stratigrafico, per STRATA, sono stati scelti i valori di litologia, spessore, peso di volume e Vs precedentemente descritti in Tabella 1. Come moto di input sono stati inseriti 4 dei 7 accelerogrammi naturali selezionati tramite REXEL (quelli con fattore di scala minore) scalandoli in base al SF di Tabella 3 e figura 4, e ad essi aggiungendo i 3 accelerogrammi disponibili per il territorio comunale di Cavezzo dal sito web della Regione Emilia-Romagna, così come indicato dalla DAL RER 112/2007. Variando spessori degli strati, Vs e curve di degrado, STRATA ha eseguito, per i 7 accelerogrammi, 100 analisi di risposta sismica.

Gli spettri di risposta elastici in superficie ed al bedrock sono dati dalla mediana dei valori di pseudo-accelerazione generati dalle 100 iterazioni.

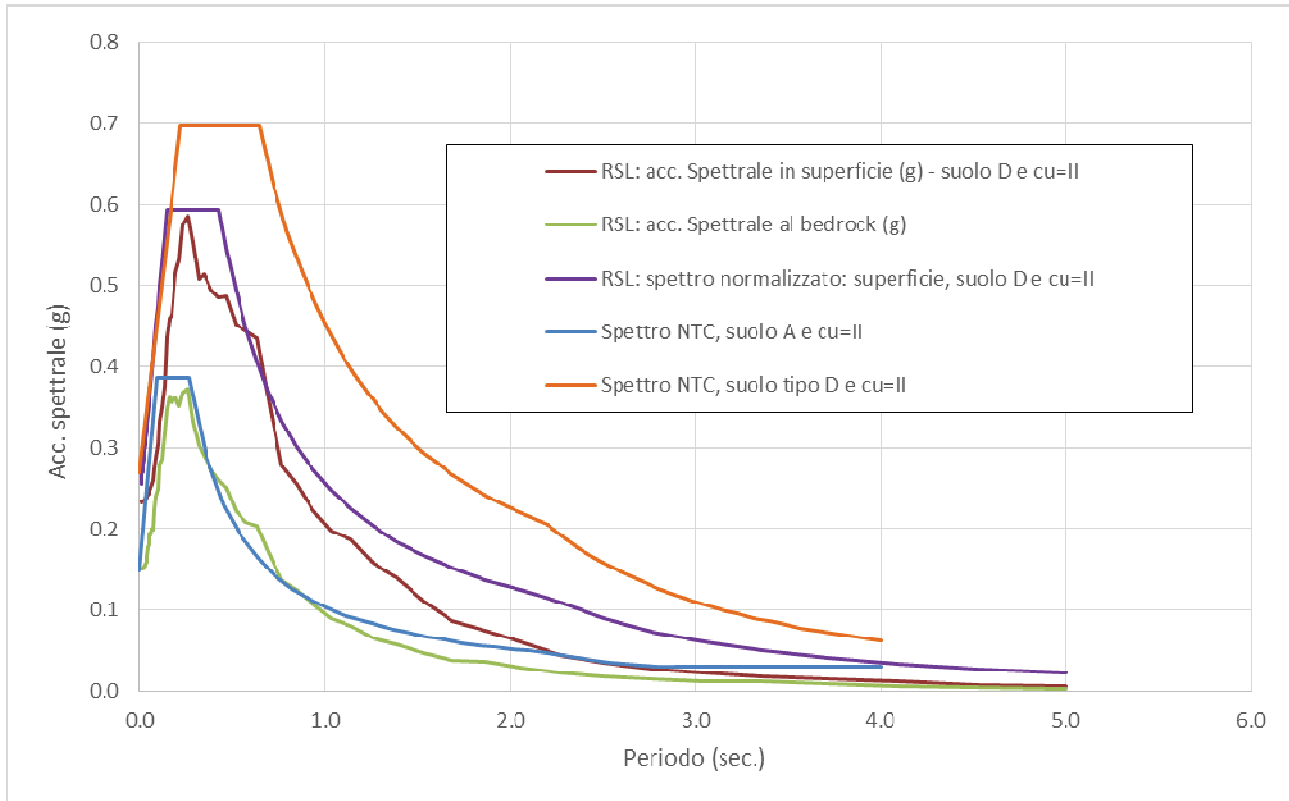


Figura 6 - Confronto tra lo spettro di risposta elastico (componente orizzontale) di normativa di riferimento per l'area in esame ( $V_N=50$  e  $C_u=II$ ), lo spettro di risposta elastico (componente orizzontale) di normativa per suolo di tipo D e  $T_r=475$  e gli spettri medi di risposta elastici ottenuti, in superficie ed al bedrock, dall'analisi di risposta sismica locale eseguita per questo studio.

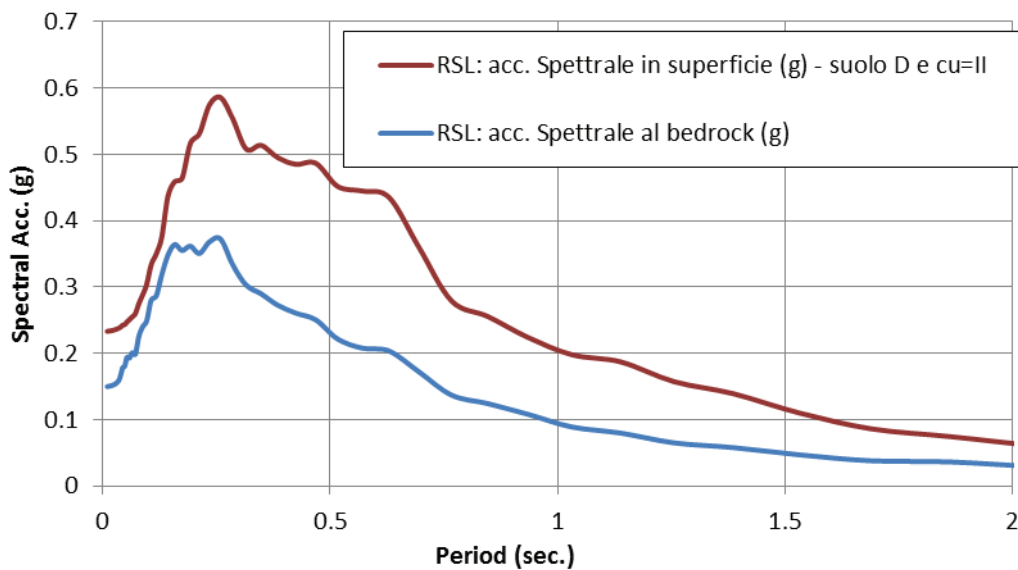


Figura 7 - Confronto tra l'accelerazione spettrale in superficie e al bedrock sismico.

Come si vede in figura 7, la sequenza litostratigrafica locale amplifica il segnale sismico, con fattori di amplificazione bassi per T compreso tra 0s e 0.1s e superiori a 1,5 fino al limite selezionato T=2s.

Dalla normalizzazione dello spettro medio di risposta in superficie (in pseudo-accelerazione, componente orizzontale) si ricava un coefficiente di amplificazione stratigrafica pari a **1,53** che, per lo stato limite SLV, determina una PGA, in superficie, pari a **0.25g**.

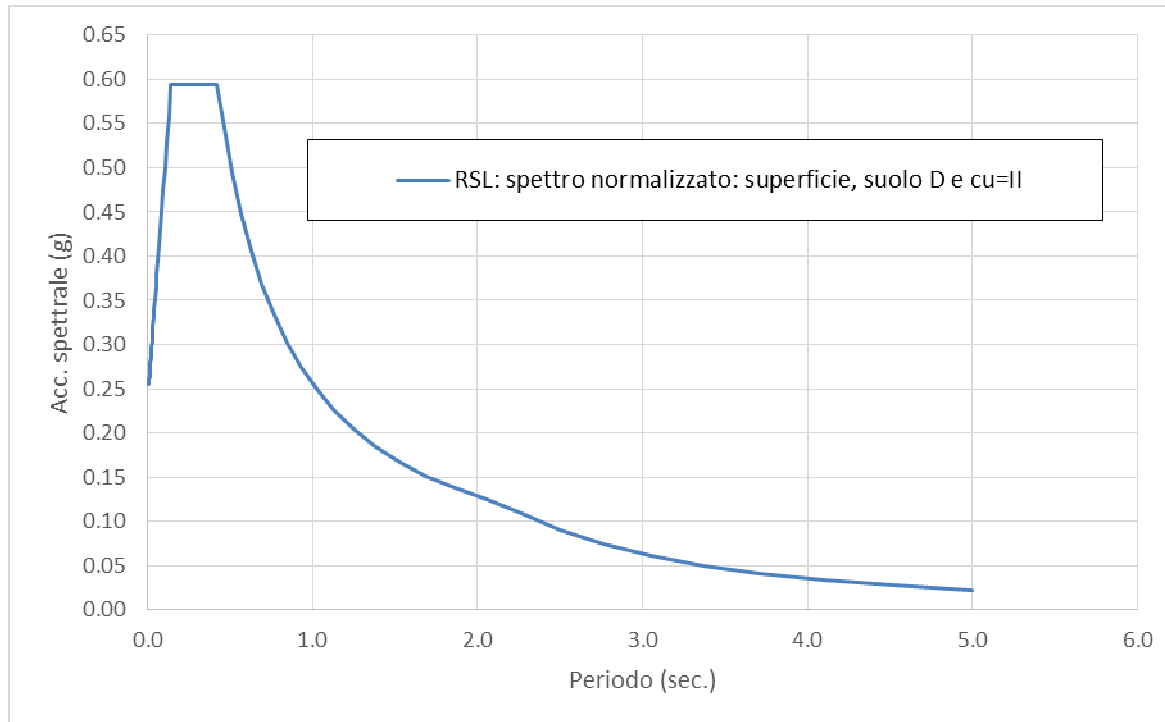


Figura 8 - Spettro medio di risposta in superficie, normalizzato (in pseudo-accelerazione, componente orizzontale). In Allegato 2 il tabulato numerico per la costruzione dello spettro normalizzato.

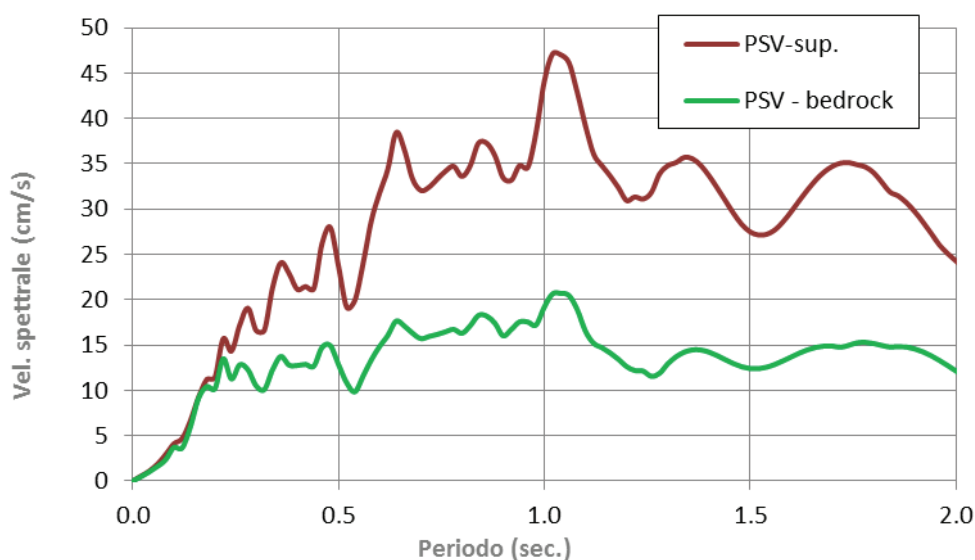


Figura 9 - Confronto tra l'andamento delle pseudo-velocità in superficie e al bedrock sismico.



Il rapporto dell'intensità di Housner calcolato, per i due periodi 0-0,5s e 0,5-1s, attraverso il rapporto tra le curve di pseudo-velocità in superficie e al bedrock, è risultato, rispettivamente, pari a **1,5** e **2,1** (figura 9).

L'analisi di risposta sismica locale ha, pertanto, individuato la seguente terna di fattori di amplificazione:

FA PGA/PGA<sub>0</sub>: **1,53**

FA SI/SI<sub>0</sub>: **1,5**<sub>0-0,5s</sub> – **2,1**<sub>0,5-1s</sub>

### 3. RISCHIO LIQUEFAZIONE

In base ai risultati dei sondaggi penetrometrici effettuati nella precedente relazione, non sono mai stati individuati strati sabbiosi nei 20 metri indagati, bensì alcuni sottili livelli, nei primi 6 m dal p.d.c., composti da miscele sabbiose (sabbie limose e limi sabbiosi).

Durante le indagini geognostiche la falda è stata rilevata a profondità comprese tra - 0,5 e -1 m dal piano campagna.

In occasione dei recenti eventi sismici del maggio – giugno 2013, il gruppo di Lavoro EMERGEO dell'INGV ha cartografato i luoghi ove si sono verificate manifestazioni superficiali della liquefazione dei livelli sabbiosi presenti in profondità. Per l'area di studio, a differenza di diversi punti all'interno del territorio comunale di Cavezzo, non vi sono state manifestazioni superficiali di liquefazione (figura 10).



Figura 10 - Stralcio della carta dei fenomeni superficiali dovuti alla liquefazione dei livelli sabbiosi presenti nel sottosuolo (aree di Cavezzo, Camposanto e San Felice s/P.). A cura di: EMERGEO (INGV). Il cerchio rosso individua l'area di studio.

Nonostante i presupposti per l'occorrenza del fenomeno siano insufficienti, considerato il quadro degli effetti locali al contorno, determinatosi a seguito degli eventi sismici del 20 e 29 maggio 2012, si è comunque proceduto ad un'analisi di suscettibilità alla liquefazione in corrispondenza delle 4 verticali penetrometriche, utilizzando l'algoritmo di calcolo sviluppato da Robertson & Wride (1998)<sup>3</sup>, nelle sue più recenti modifiche introdotte da Youd et al. (2001)<sup>4</sup> e da Robertson (2009)<sup>5</sup>.

<sup>3</sup> Robertson, P.K. & Wride, C.E. (1998) – Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test. Canadian Geotechnical Journal, 35(3): 442-459.1

<sup>4</sup> Youd T.L., Idriss I.M., Andrus R.D., Arango A., Castro G., Christian J.T., Dobry R., Finn W.D.L., Harder L.F., Hynes M.E., Ishihara K., Koester J.P., Liao S.S.C., Marcuson W.F., Martin G.R., Mitchell J.K., Moriwaki Y., Power M.S.,

Per la magnitudo e la PGA da utilizzare nell’algoritmo di calcolo si sono utilizzati:

- il valore di magnitudo massimo registrato in occasione degli eventi sismici del maggio-giugno 2012, pari a **5.9**;
- il valore di accelerazione massima al suolo ricavabile dalle mappe di scuotimento dell’INGV prodotte a seguito degli eventi sismici del maggio-giugno 2012, pari a **0,3**.

Prova	M <sub>w</sub>	a <sub>g</sub>	LPI (Indice Pot. Liquef.)	LP <sub>b</sub> I (Indice Probabilità liquefazione)	FSL<1 Intervalli di profondità
CPT1	5.9	0.3	<b>0,12</b> (pericolosità bassa)	<b>2.6</b> (non liquefazione quasi certa)	-2.6 m
CPT2	5.9	0.3	<b>0.45</b> (pericolosità bassa)	<b>3.6</b> (non liquefazione quasi certa)	da -3.8 a -4 m
CPT3	5.9	0.3	<b>0.5</b> (pericolosità bassa)	<b>3.2</b> (non liquefazione quasi certa)	-2.6 m; -4 m
CPT4	5.9	0.3	<b>0.23</b> (pericolosità bassa)	<b>2.8</b> (non liquefazione quasi certa)	-4.6 m

Tabella 4 - Riassunto dei risultati dell’analisi di suscettibilità alla liquefazione in corrispondenza delle 4 verticali penetrometriche, nello scenario di magnitudo/PGA selezionato.

Da quanto è riassunto in tabella 4, è possibile constatare una suscettibilità alla liquefazione pressoché assente in tutte le 4 verticali.

Per i risultati delle verifiche alla liquefazione e la relativa trattazione teorica si rimanda all’Allegato 3.

Modena, 14/11/2014

Il Tecnico incaricato

*Dott. Geol. Valeriano Franchi*



Robertson P.K., Seed R.B., Stoke K.H. (2001) - "Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, October 2001, pp. 817-833.

<sup>4</sup> Robertson, P.K. and Wride, C.E. (1998) - Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test. Canadian Geotechnical Journal, Ottawa, 35(3): 442-459.

<sup>5</sup> Robertson, P.K. (2009) - Interpretation of cone penetration tests – a unified approach. Canadian Geotechnical Journal, 46: 1337-1355.

# **Allegato 1**

## **Indagini geognostiche Archivio dati geognostici della Regione Emilia-Romagna**

Pratica N° 2485 13

COMPENSORIO 13  
COMUNE-Istat 409

P601

-Ditta Acquedotti Sacchi S.p.A.  
residente a Modena in Via Setti 31  
-Pozzo ad uso zootecnico in Comune di Covazzo  
Frazione Covazzo Località Zafferbazzi 1P  
-Data di ultimazione della perforazione: 12/01/78  
-Ditta perforatrice: Gabinetti Rodolfo

Mapp. N° 20 / Fg. 20  
GENIO CIVILE - MODENA  
002916 23 MAR 78  
Cat. \_\_\_\_\_

CARATTERISTICHE DEL POZZO	
*evenpozzo (si o no)	<u>no</u>
*diametro interno tubi mm.	<u>102</u>
*profondità mt.	<u>55</u>

EQUIPAGGIAMENTO	
*tipo della pompa	<u>Sommer</u>
*potenza Cv	<u>1</u>
kW	
*prevalenza mt.	<u>34</u>
*portata lt/sec.	<u>806</u> <u>minuto</u> <u>1.3</u> <u>l/sec</u>

-Livello statico mt. 10.60  
-Portata pozzo: lt/sec. 1  
-Superficie irrigata:  
ha. \_\_\_\_\_ are \_\_\_\_\_ ca. \_\_\_\_\_  
-Consumo giornaliero (24 ore):  
metri cubi 4

STRATIGRAFIA DEL TERRENO		REGIONE
Indicare la natura dei terreni e le FALDE ACQUIFERE attraversati		Falde cattive
-da mt. <u>0 - 5,00</u> a mt. _____ <u>terza</u>		
-da mt. <u>5</u> a mt. <u>5,50</u> <u>sabbia tosca</u>		
-da mt. <u>5,50</u> a mt. <u>45,50</u> <u>argilla</u>		
-da mt. <u>45,50</u> a mt. <u>55</u> <u>sabbie sotto acquifero</u>		
-da mt. _____ a mt. _____		
-da mt. _____ a mt. _____		
-da mt. _____ a mt. _____		
-da mt. _____ a mt. _____		

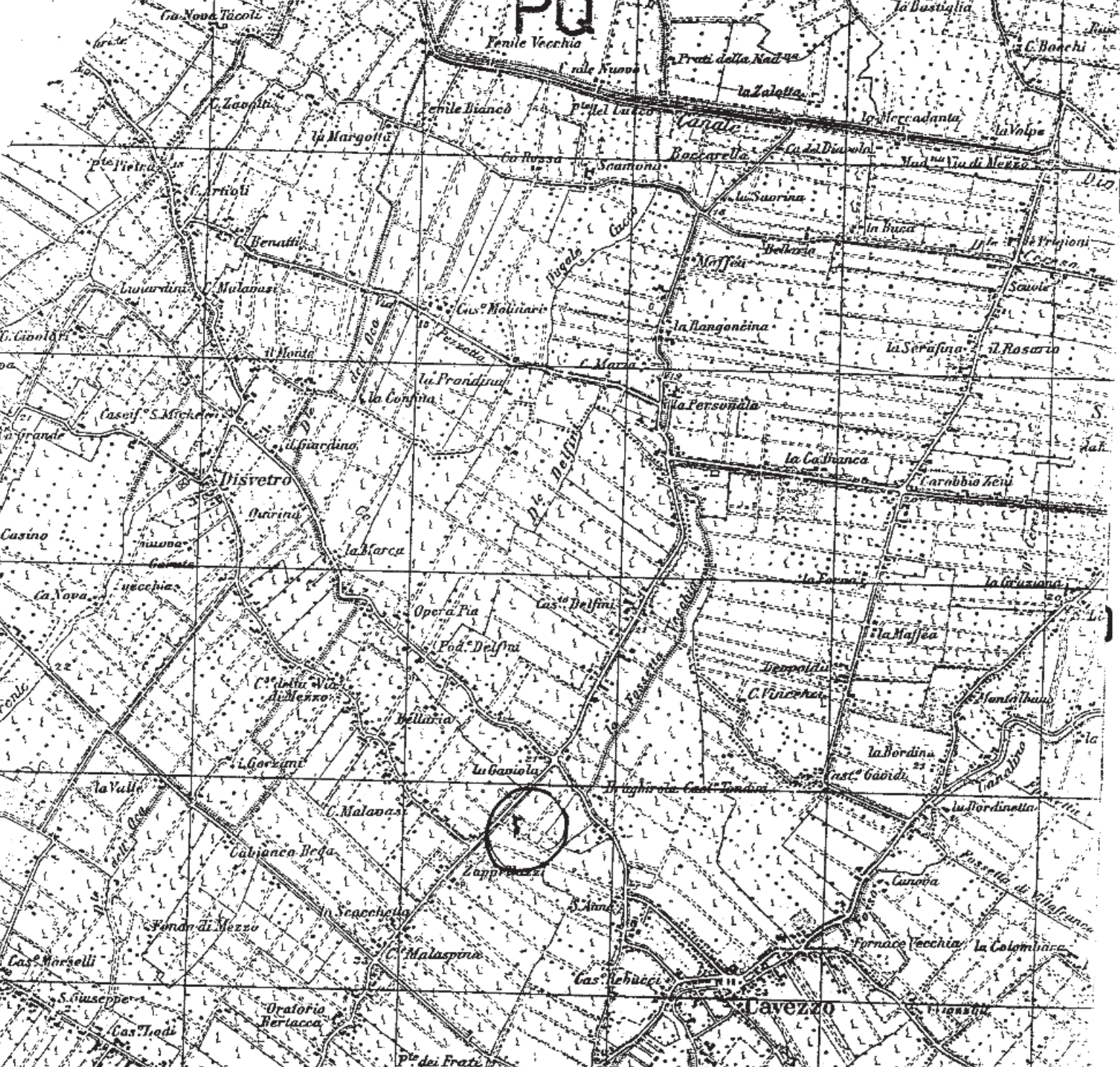
Localizzazione del pozzo					
Long.	<u>31</u>	lat.	<u>66</u>	Ha.	<u>7</u>
Quota piano campagna: m.s.l.m.					

La Ditta sottoscritta afferma, sotto la propria responsabilità, che la presente dichiarazione è completa e veritiera.

Data 23/3/78  
Firma \_\_\_\_\_

ANNOTAZIONI: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

N.B. : Qualora la Ditta sia in possesso di referti di analisi dell'acqua del pozzo, rilasciati da Laboratori o Gabinetti, è invitata ad allegarne copia.



7 58 59 (S. Prospero) 60 61 62  
 1000m. 500m. 0 1 2K.  
 Scala di 1: 25 000

- Ferrovie Formate**  
 K. 101  
 Sottopassaggio  
 a livello  
 C. 2
- Ferrovie ad un binario**  
 id. a due binari  
 id. a scartamento ridotto. Tronconi a vapore od elettrico in sede propria. Funicolare
- Telefonica stabile per passeggeri o materiali**  
 K. 2  
 con muri
- Strade a fondo artificiale, con manutenzione regolare:**  
 K. 2  
 con muri
- Stradone largo oltre 8 m. (1° cl.)
  - Strada a doppio transito da 6 ad 8 m. (2° cl.)
  - Strada a semplice transito da 3 a 6 m. (3° cl.)
  - Autostrada
  - Strada rotabile in costruzione

- Strade a fondo naturale, senza manutenzione regolare, non sempre praticabili:**
- con muri Carreggiabile (4° cl.)
  - id. Carrettabile (5° cl.)
  - Campestre
  - Trattura, pista o braccia
  - Malterria
  - Casso, colle, valico
  - facile Sentiero, per soli pedoni
  - difficile
- Ponti**
- per ferrovie
  - per strade ord. di muratura di ferro di legno di barche sospese pedanate
  - per autostrade
- Limiti di:** Stato provincia comune bosco collina Termine

- o Casa in muratura, barnoco
- Opifici a forza idraulica
- Centrale elettrica a forza
- Chiese ed oratori
- Fumaiolo, torre, guglia, o
- Cappella o pilone, croce is
- Pietra o colonna indicat
- Stazione radiotelegrafica
- Miniera, arrotatore, por
- Faro, farale, monumento
- Acquedotti: su madotto su canale
- Canali larghi almeno 3 m. Condotto

80 | 60  
20 | 1,3

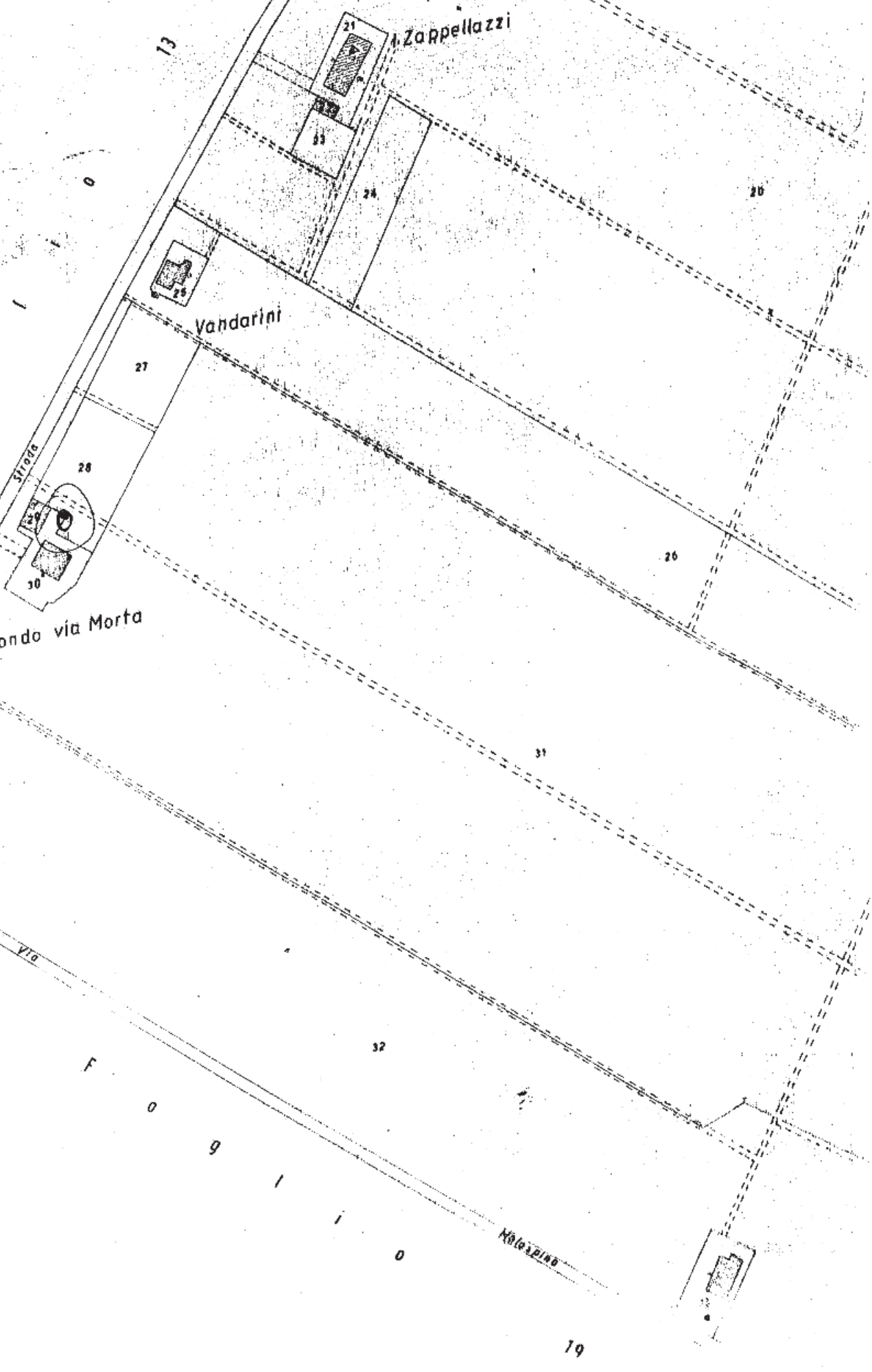
F  
O  
G  
I  
O

Fondo via Morta

Strada

Vandarini

A. Zappellazzi



## **Allegato 2**

### **Valori numerici**

**Spettro di risposta in superficie, normalizzato (in  
pseudo-accelerazione, componente orizzontale)**

T(s)	Se (g)
0.01	0.258273
0.011037	0.261101
0.012181	0.264222
0.013444	0.267666
0.014838	0.271467
0.016376	0.275663
0.018074	0.280293
0.019947	0.285403
0.022015	0.291044
0.024298	0.297269
0.026817	0.304139
0.029597	0.311721
0.032666	0.32009
0.036052	0.329326
0.03979	0.33952
0.043915	0.350771
0.048468	0.363188
0.053493	0.376893
0.059038	0.392018
0.065159	0.408711
0.071914	0.427135
0.07937	0.44747
0.087599	0.469912
0.09668	0.494681
0.106704	0.522018
0.117766	0.552189
0.129975	0.585487
0.14345	0.597828
0.158322	0.597828
0.174736	0.597828
0.192852	0.597828
0.212846	0.597828
0.234912	0.597828
0.259266	0.597828
0.286146	0.597828
0.315811	0.597828
0.348553	0.597828
0.384689	0.597828
0.424571	0.568159
0.468588	0.514788
0.517168	0.466432
0.570785	0.422617
0.629961	0.382919
0.695271	0.346949
0.767353	0.314358

T(s)	Se (g)
0.846907	0.284829
0.934709	0.258073
1.031614	0.233831
1.138566	0.211866
1.256605	0.191964
1.386883	0.173932
1.530666	0.157594
1.689356	0.14279
1.864499	0.129377
2.057799	0.117224
2.271139	0.102886
2.506597	0.084464
2.766465	0.069341
3.053276	0.056926
3.369821	0.046734
3.719184	0.038366
4.104766	0.031497
4.530323	0.025857
5	0.021228

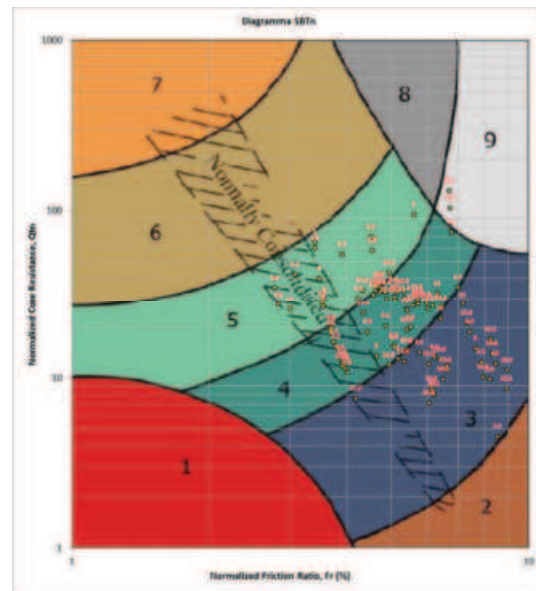
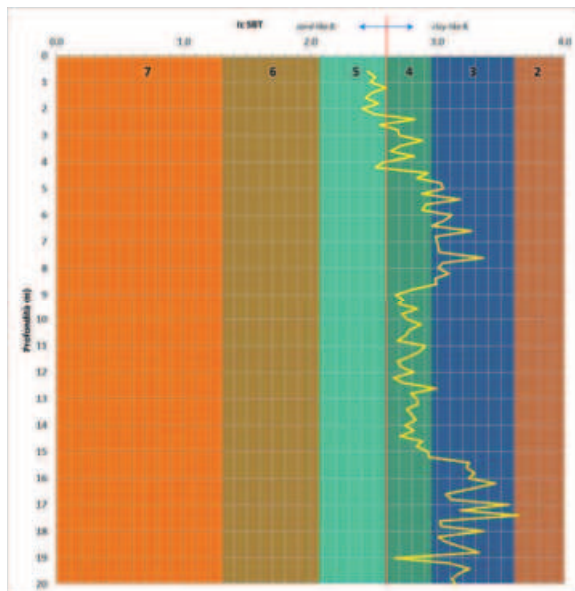


## **Allegato 3**

# **Risultati dell'analisi di rischio liquefazione**

Strato	Prof. da p.d.c.	$\sigma'_{10}$	$\sigma'_{20}$	$q_c$	$f_s$	$q_c/f_s$	$R_b$	$I_c$	SBT	Tipologia di terreno	$F_C$	$q_{c10}$	$K_c$	$(q_{c10}/f_s)$	$CRR_{0.5}$	$CRR_{1.5}$	$K_s$	$V_s$	$T_c$	CSR	FSL	LPI	$D_r$	Probabilità inida liquefazione	LPbl
6	1,6	22.04	12.23	1176.80	39.23	30.00	101.32	2.43	5	Miscela sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi	4	60.04	2.46	147.67	0.36	0.84	1.000	0.98776	3.254729	0.265115	3.15	0.000	0.022	Non liquet. quasi certa	0.041
8	2	29.39	15.65	1569.06	52.30	30.00	101.32	2.41	5	Miscela sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi	27	65.02	2.36	153.24	0.41	0.92	1.000	0.9847	4.526064	0.276382	3.32	0.000	0.019	Non liquet. quasi certa	0.034
9	2,2	33.06	17.37	1372.93	52.30	26.25	101.32	2.50	5	Miscela sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi	31	55.35	2.78	153.99	0.42	0.93	1.000	0.98317	4.859627	0.279831	3.32	0.000	0.019	Non liquet. quasi certa	0.033
11	2,6	40.18	20.56	980.67	26.15	37.50	101.32	2.55	5	Miscela sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi	33	34.88	3.01	105.15	0.19	0.42	1.000	0.98011	5.887859	0.286334	1.45	0.000	0.226	Liquefazione improbabile	0.393
18	4	65.00	31.64	1569.06	52.30	30.00	101.32	2.57	5	Miscela sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi	34	39.73	3.15	124.94	0.26	0.58	1.000	0.9694	9.419724	0.297687	1.94	0.000	0.101	Non liquet. quasi certa	0.161
19	4,2	68.70	33.38	1765.20	52.30	33.75	101.32	2.52	5	Miscela sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi	31	41.93	2.85	119.68	0.24	0.53	1.000	0.96787	9.940575	0.29777	1.78	0.000	0.130	Non liquet. quasi certa	0.206
																						<b>0.000</b>		<b>0.867</b>	

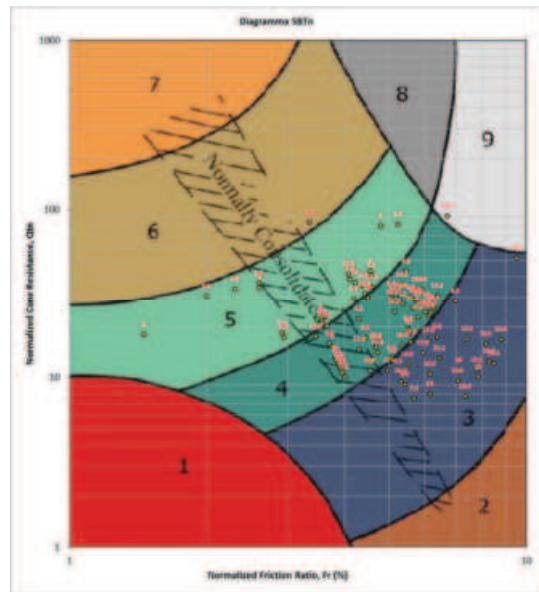
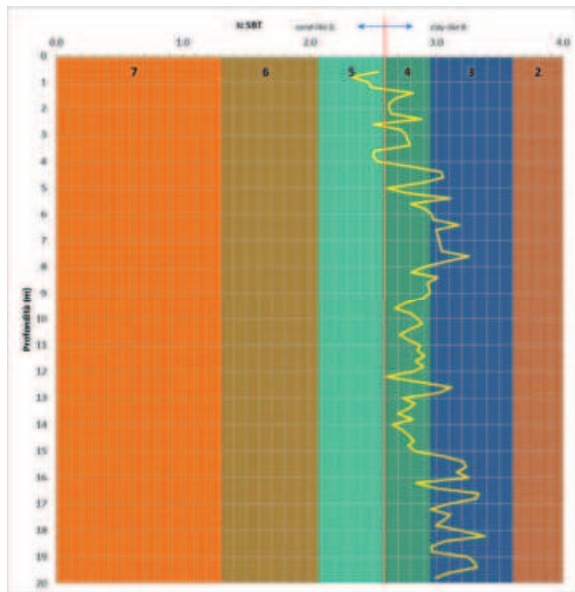
Calcolo dell'FSL, dell'LPI e dell'LPbl nei 20 m indagati dalla CPT1.



A sinistra: profilo dell'Indice di Comportamento del terreno con la profondità per la CPT1; a destra: diagramma dell'Indice di comportamento del terreno per la CPT1, da cui è possibile trarre indicazione anche del grado di consolidazione generale degli strati di terreno indagati (punti gialli).

Strato	Prof. da p.d.c.	$\sigma'_{10}$	$\sigma'_{100}$	$q_c$	$f_s$	$q_c/f_s$	$R_p$	$I_c$	SBT	Tipologia di terreno	$F_C$	$q_{c1M}$	$K_c$	$(q_{c1M})_{FS}$	$CRR_{7.5}$	$CRR_{15}$	$K_S$	$V_d$	$\tau_c$	CSR	FSL	LPI	$D_r$	Probabilità in caso di liquefazione	LPbi
11	2.5	40.12	26.39	1176.80	26.15	45.00	101.32	2.50	5	Miscela sabbiosa - da sabbie limose a fini sabbiosi	31	33.72	2.79	94.18	0.16	0.35	1.000	0.98011	5.679306	0.222781	1.57	0.000	0.186	Liquefazione improbabile	0.323
16	3.6	57.74	34.19	1569.06	39.23	40.00	101.32	2.51	5	Miscela sabbiosa - da sabbie limose a fini sabbiosi	31	36.56	2.83	103.35	0.18	0.40	1.000	0.97246	8.394108	0.245485	1.65	0.000	0.162	Liquefazione improbabile	0.266
17	3.8	61.25	35.74	1372.93	26.15	52.50	101.32	2.50	5	Miscela sabbiosa - da sabbie limose a fini sabbiosi	31	30.49	2.77	84.50	0.14	0.30	1.000	0.97093	8.890477	0.248736	1.21	0.001	0.348	Liquefazione improbabile	0.563
18	4	64.87	37.40	1569.06	39.23	40.00	101.32	2.54	5	Miscela sabbiosa - da sabbie limose a fini sabbiosi	32	34.16	2.95	100.87	0.18	0.39	1.000	0.9694	9.401348	0.251357	1.54	0.000	0.193	Liquefazione improbabile	0.308
																						<b>0.001</b>		<b>1.460</b>	

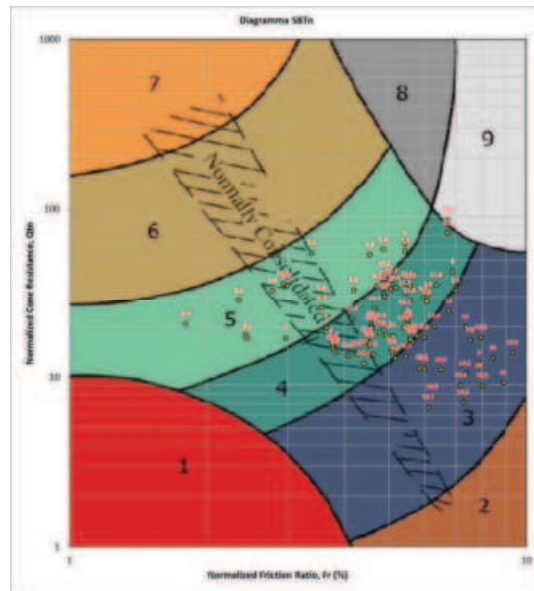
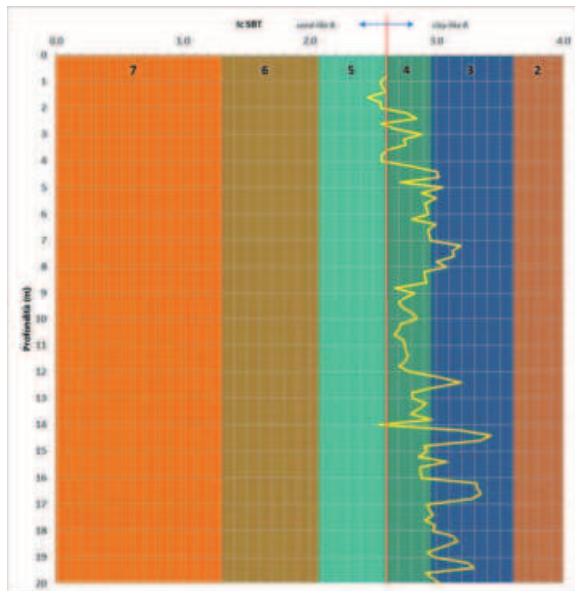
Calcolo dell'FSL, dell'LPI e dell'LPbi nei 20 m indagati dalla CPT2.



A sinistra: profilo dell'Indice di Comportamento del terreno con la profondità per la CPT2; a destra: diagramma dell'Indice di comportamento del terreno per la CPT2, da cui è possibile trarre indicazione anche del grado di consolidazione generale degli strati di terreno indagati (punti gialli).

Strato	Prof. da p.d.c.	$\sigma'_{10}$	$\sigma'_{20}$	$q_c$	$f_s$	$q_c/f_s$	$B_{10}$	$I_c$	SBT	Tipologia di terreno	$F_C$	$q_{c10}$	$K_c$	$(q_{c10})_{CS}$	$CRR_{7.5}$	$CRR_{15}$	$K_s$	$V_s$	$T_c$	CSR	FSL	LPI	$D_r$	Probabilità in liquefazione	LPbl
6	1.6	21.80	13.96	1176.80	39.23	30.00	101.32	2.46	5	Miscela sabbiosa - da sabbie limose a limi sabbiosi	29	55.25	2.57	142.18	0.35	0.77	1.000	0.98776	3.219783	0.230711	3.33	0.000	0.019	Non liquif. quasi certa	0.034
11	2.6	40.03	22.37	980.67	26.15	37.50	101.32	2.57	5	Miscela sabbiosa - da sabbie limose a limi sabbiosi	34	32.95	3.12	102.80	0.18	0.40	1.000	0.98011	5.864775	0.262202	1.53	0.000	0.198	Liquefazione improbabile	0.345
17	3.8	60.52	31.09	1372.93	39.23	35.00	101.32	2.57	5	Miscela sabbiosa - da sabbie limose a limi sabbiosi	34	35.10	3.12	109.48	0.20	0.45	1.000	0.97093	8.785195	0.282543	1.58	0.000	0.181	Liquefazione improbabile	0.293
18	4	64.02	32.63	1176.80	26.15	45.00	101.32	2.57	5	Miscela sabbiosa - da sabbie limose a limi sabbiosi	34	28.61	3.13	89.45	0.15	0.32	1.000	0.9694	9.278695	0.284344	1.14	0.002	0.394	lg. e non lg. ugualmente prob.	0.630
68	14	254.85	125.36	4707.19	130.76	36.00	101.32	2.55	5	Miscela sabbiosa - da sabbie limose a limi sabbiosi	33	36.47	3.02	110.15	0.20	0.45	0.958	0.8002	30.4878	0.243204	1.86	0.000	0.115	Non liquif. quasi certa	0.069
																					<b>0.002</b>			<b>1.371</b>	

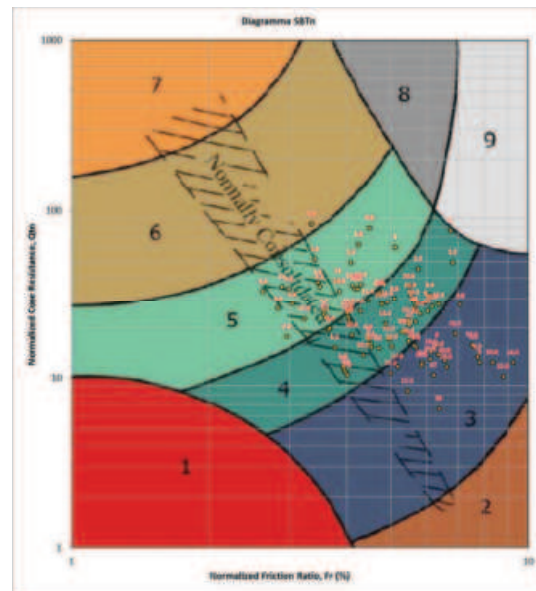
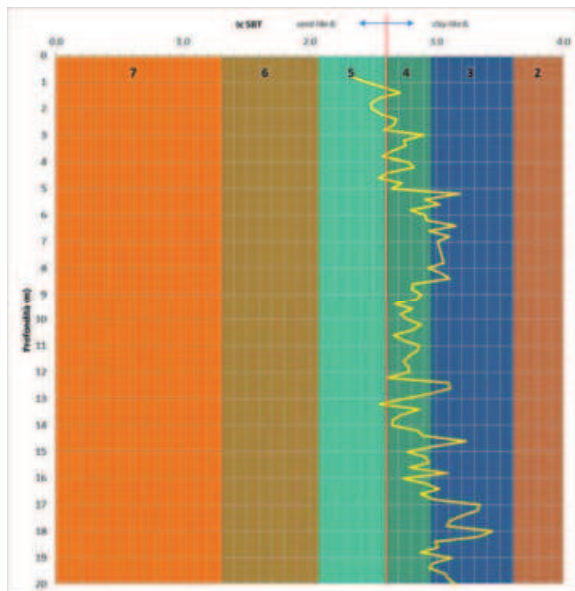
Calcolo dell'FSL, dell'LPI e dell'LPbl nei 20 m indagati dalla CPT3.



A sinistra: profilo dell'Indice di Comportamento del terreno con la profondità per la CPT3; a destra: diagramma dell'Indice di comportamento del terreno per la CPT3, da cui è possibile trarre indicazione anche del grado di consolidazione generale degli strati di terreno indagati (punti gialli).

Strato	Prof. da p.d.c.	$\sigma'_{10}$	$\sigma'_{20}$	$q_c$	$f_s$	$q_c/f_s$	$R_b$	$I_c$	SBT	Tipologia di terreno	$F_C$	$q_{c10}$	$K_c$	$(q_{c10}/f_s)$	$CRR_{0.5}$	$CRR_{0.2}$	$K_{\sigma}$	$r_d$	$r_c$	CSR	FSL	LPI	$D_r$	Probabilità inida liquefazione	LPbl
6	1.6	21.74	13.90	980.67	39.23	25.00	101.32	2.55	5	Miscela sabbiose -da sabbie limose a limi sabbiosi	33	49.31	3.05	150.21	0.40	0.87	1.000	0.98776	3.211027	0.231066	3.78	0.000	0.012	Non liquet. quasi certa	0.023
7	1.8	25.34	15.53	1176.80	39.23	30.00	101.32	2.48	5	Miscela sabbiose -da sabbie limose a limi sabbiosi	30	51.48	2.68	138.03	0.32	0.72	1.000	0.98623	3.735444	0.240607	2.98	0.000	0.026	Non liquet. quasi certa	0.048
12	2.8	43.76	24.14	1176.80	39.23	30.00	101.32	2.58	5	Miscela sabbiose -da sabbie limose a limi sabbiosi	35	37.70	3.24	121.95	0.25	0.55	1.000	0.97858	6.402415	0.265188	2.07	0.000	0.083	Non liquet. quasi certa	0.142
17	3.8	61.44	32.01	1372.93	39.23	35.00	101.32	2.57	5	Miscela sabbiose -da sabbie limose a limi sabbiosi	34	34.35	3.16	108.58	0.20	0.44	1.000	0.97093	8.918755	0.278905	1.58	0.000	0.181	Liquefazione improbabile	0.293
21	4.6	75.83	38.55	1569.06	39.23	40.00	101.32	2.55	5	Miscela sabbiose -da sabbie limose a limi sabbiosi	33	33.22	3.01	100.16	0.17	0.38	1.000	0.96481	10.93693	0.28373	1.35	0.000	0.270	Liquefazione improbabile	0.416
64	13.2	238.83	117.18	4314.93	117.68	36.67	101.32	2.55	5	Miscela sabbiose -da sabbie limose a limi sabbiosi	33	35.45	3.04	107.93	0.20	0.44	0.971	0.82156	29.33333	0.250324	1.74	0.000	0.139	Non liquet. quasi certa	0.094
																						<b>0.000</b>		<b>1.016</b>	

Calcolo dell'FSL, dell'LPI e dell'LPbl nei 20 m indagati dalla CPT4.



A sinistra: profilo dell'Indice di Comportamento del terreno con la profondità per la CPT4; a destra: diagramma dell'Indice di comportamento del terreno per la CPT4, da cui è possibile trarre indicazione anche del grado di consolidazione generale degli strati di terreno indagati (punti gialli).