



**Synthesis** s.r.l.

Piazza del Popolo, 13 int. 5  
44034 Copparo (Ferrara)  
tel. 0039 0532 860546  
fax 0039 0532 385035  
info@synthesissrl.com

**REGIONE EMILIA ROMAGNA  
PROVINCIA DI BOLOGNA  
COMUNE DI SAN PIETRO IN CASALE**

**MIRA IMMOBILIARE S.R.L.**

**Via della Pace civ. 8  
Galliera (Bo)**

**PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE)  
SAN PIETRO IN CASALE**

- MODELLO GEOLOGICO E SISMICO -

- MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE -

Consulenti

**Dr. Geol. Emanuele Stevanin**



**Dr. Geol. Emma Biondani**



Collaboratore

**Dr. Paolo Talassi**

Località

**Ambito 3 ANS-C – San Pietro in Casale (BO)**

Data

**30 maggio 2016**

Rif. 064/16-PT-Rev00



## **INDICE**

<b>PREMESSA</b>	<b>4</b>
<b>1. INQUADRAMENTO GENERALE</b>	<b>7</b>
1.1. Ubicazione del sito	7
1.2. Intervento previsto	7
1.3. Normativa di riferimento	7
<b>2. MODELLO GEOLOGICO E SISMICO</b>	<b>13</b>
2.1. Unità geologiche, litologiche e strutturali	13
2.2. Storia geologica del territorio	22
2.3. Sismotettonica e sezioni sismogeologiche	25
2.4. Forme del terreno e caratteri geomorfologici	36
2.5. Subsidenza	38
2.6. Rischio geologico	38
2.7. Caratteri idrogeologici e idrologici	38
2.8. Campagna di indagini	42
2.8.1. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PIEZOCONO (CPTU)	42
2.8.2. CAMPIONI DI TERRENO	43
2.9. Campagna geognostica - Risultati	49
2.9.1. ELABORAZIONE CPTU: CARATTERI LITOLOGICI - MODALITÀ DI VALUTAZIONE	49
2.9.2. ELABORAZIONE CPTU: DEFINIZIONE DELLE UNITÀ LITOTECNICHE	51
2.9.3. CAMPIONI DI TERRENO: RISULTATI ANALITICI	56
2.10. Analisi vincolistica	57
2.10.1. VINCOLO IDROGEOLOGICO	57
2.10.2. PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)	57
2.10.3. PIANO TERRITORIALE PER IL COORDINAMENTO PROVINCIALE (P.T.C.P.)	60
2.11. Pericolosità e Fattibilità del Regolamento Piano Strutturale Comunale	63
2.12. Aspetti geodinamici e sismicità	67
2.13. Aspetti sismici di dettaglio	73
2.13.1. CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO	73
2.13.2. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	75
2.13.3. PARAMETRI SISMICI DEFINITI IN BASE ALLE "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2008 (DM 14/01/2008)"	75
2.13.4. VERIFICA DELLE SOLLECITAZIONI SISMICHE SUI TERRENI INCOERENTI	77
2.13.4.1. <i>Fattori scatenanti: Definizione della Magnitudo attesa del sisma</i>	78
2.13.4.2. <i>Fattori scatenanti: Definizione dell'accelerazione sismica orizzontale</i>	78
2.13.4.3. <i>Fattori predisponenti: Profondità della falda</i>	83
2.13.4.4. <i>Fattori predisponenti: Resistenza mobilitabile dal terreno</i>	83
2.13.4.5. <i>Fattori predisponenti: Composizione granulometrica</i>	84
2.13.5. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE PER IL CASO SPECIFICO MEDIANTE LE PROVE CPTU	87
2.14. Note e prescrizioni	110
<b>3. MODELLO GEOTECNICO</b>	<b>113</b>
3.1. Problemi geotecnici e scelte tipologiche	113
3.2. Descrizione del programma delle indagini e delle prove geotecniche	113
3.3. Caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni	113
3.3.1. CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITÀ LITOTECNICHE INDIVIDUATE	113
3.3.2. CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLE CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI	120
3.4 Note e prescrizioni	122

	<p><b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com</p>	<p>MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b></p>	<p>RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016</p>
--	--	---	--



 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	--

## PREMESSA

Su incarico della **Ditta MIRA IMMOBILIARE S.R.L.**, con sede in Galliera – Via della Pace civ. 8, è stato effettuato lo studio descritto nella presente, relativo ad un Piano Urbanistico Attuativo di una parte dell’ambito 3ANS-C del Comune di San Pietro in Casale (BO)

A supporto dello studio, sono stati utilizzati dati bibliografici e cartografici disponibili, oltre ai risultati di indagini specifiche all’uopo eseguite in sito e più avanti descritte. Nello specifico, le indagini sono state effettuate al fine di integrare le conoscenze derivanti dai dati bibliografici a disposizione, allo scopo di ricavare indicazioni in merito alla ricostruzione dei caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici ed alla pericolosità geologica del sito in esame, nonché per ricostruire il modello geologico, il modello sismico e il modello geotecnico preliminare relativi al sito.

Le modalità d’indagine ed i risultati ottenuti sono descritti ed analizzati nel presente rapporto, costituito dalle seguenti parti principali:

- Parte Prima – Inquadramento generale
- Parte Seconda – Modello Geologico e Sismico
- Parte Terza – Modello Geotecnico Preliminare

Gli scriventi sono stati incaricati da Synthesis s.r.l. per la consulenza e per la predisposizione del presente elaborato.

	<p><b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com</p>	<p>MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b></p>	<p>RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016</p>
--	--	---	--

 <p><b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com</p>	<p>MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b></p>	<p>RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016</p>
---	---	--

- Parte Prima -

## INQUADRAMENTO GENERALE

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	--

## 1. INQUADRAMENTO GENERALE

### 1.1. Ubicazione del sito

Il sito in corrispondenza del quale è previsto l'intervento, è ubicato nel margine sud-ovest del centro edificato di San Pietro in Casale (BO).

Più precisamente tale sito è localizzato immediatamente a nord rispetto alla Strada Provinciale n. 1 bis, circa 1.20 km a sud-ovest rispetto a Piazza Papa Giovanni XXIII, circa 7.27 km ad est rispetto al centro di Pieve di Cento e circa 8.00 km in direzione ovest/nord-ovest dal centro di Altedo.

Coordinate WGS84: Latitudine 44.691315°; Longitudine 11.394219°.

### 1.2. Intervento previsto

L'ambito ANS-C3 è un ambito per nuovi insediamenti su area libera.

Come riportato nel Rapporto Ambientale – Valsat – Elaborato C - aggiornamento dicembre 2013 – Piano Strutturale Comunale, a quest'ambito si applicano i seguenti indirizzi:

- partecipando alle forme perequative generali, deve essere prevista e realizzata una fascia verde boscata continua e attrezzata con percorsi ciclo-pedonali come indicato nella Tav.1 del PSC;
- si dovrà definire questa parte del territorio attraverso un disegno urbano conclusivo e coerente con gli ultimi processi edificatori.

La porzione edificabile è rappresentata dalla zona che rimane tra la fascia boscata ed il territorio urbano consolidato ed in via di conclusione in attuazione del PRG vigente.

La Valutazione di Sostenibilità di questo ambito, ha stabilito una capacità edificatoria massima residenziale di 30.000 mq di SU.

Le dotazioni territoriali nella porzione edificabile, saranno: 6 mq per abitante teorico insediabile (da individuare sulla base di un parametro di 27 mq di SU per abitante teorico) da destinare a parcheggi pubblici mentre la rimanente quota di 24 mq/ab dovrà costituire la dotazione di verde pubblico attrezzato; la fascia boscata non comprende tale dotazione. Per le eventuali funzioni non residenziali ma compatibili le dotazioni sono quelle individuate all'art. 24.2 del PSC.

La tipologia insediativa deve essere coerente con il contesto circostante.

Dalle figure 1-4 e 1-5 si evince come l'area di studio ricada all'interno dell'ambito ANS-C3, ma non appartenga a sub-ambiti previsti nel POC.

### 1.3. Normativa di riferimento

A.G.I. "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini" (Giugno 1977)

D.P.R. 380/01 Testo Unico per l'Edilizia.

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. Ordinanza n. 3274" e successive modifiche.

Delibera Assemblea Legislativa Prog. N. 112 oggetto 2131 02/05/2007 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti "Norme tecniche per le Costruzioni", D. M. 14/01/2008.

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

L.R. 30 ottobre 2008, n. 19: "Norme per la riduzione del rischio sismico" e s.m.i.

Delibera Regione Emilia Romagna 1 febbraio 2010: *“Atto di indirizzo recante individuazione degli interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici e delle varianti, riguardanti parti strutturali che non rivestono carattere sostanziale e definizione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico, necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per la denuncia di inizio attività, ai sensi degli artt. 9, comma 4 e 10, comma 3, della L.R. n. 19 del 2008”.*

Delibere e riferimenti normativi della Regione Emilia Romagna, successivi agli eventi sismici del maggio 2012. DGR 2193/2015.

Supporti cartografici e grafici:

- Immagine 1-1. Foto da satellite – Google Earth
- Figura 1-2. Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:10.000
- Figura 1-3. Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:5.000
- Figura 1-4. Individuazione Ambiti e sub-ambiti previsti nel POC – Piano Operativo Comunale – San Pietro in Casale
- Figura 1-5. Assetto territoriale – Piano Strutturale Comunale – San Pietro in Casale



Immagine 1-1

**Foto da satellite – Google Earth**

Ubicazione dell'area oggetto di studio



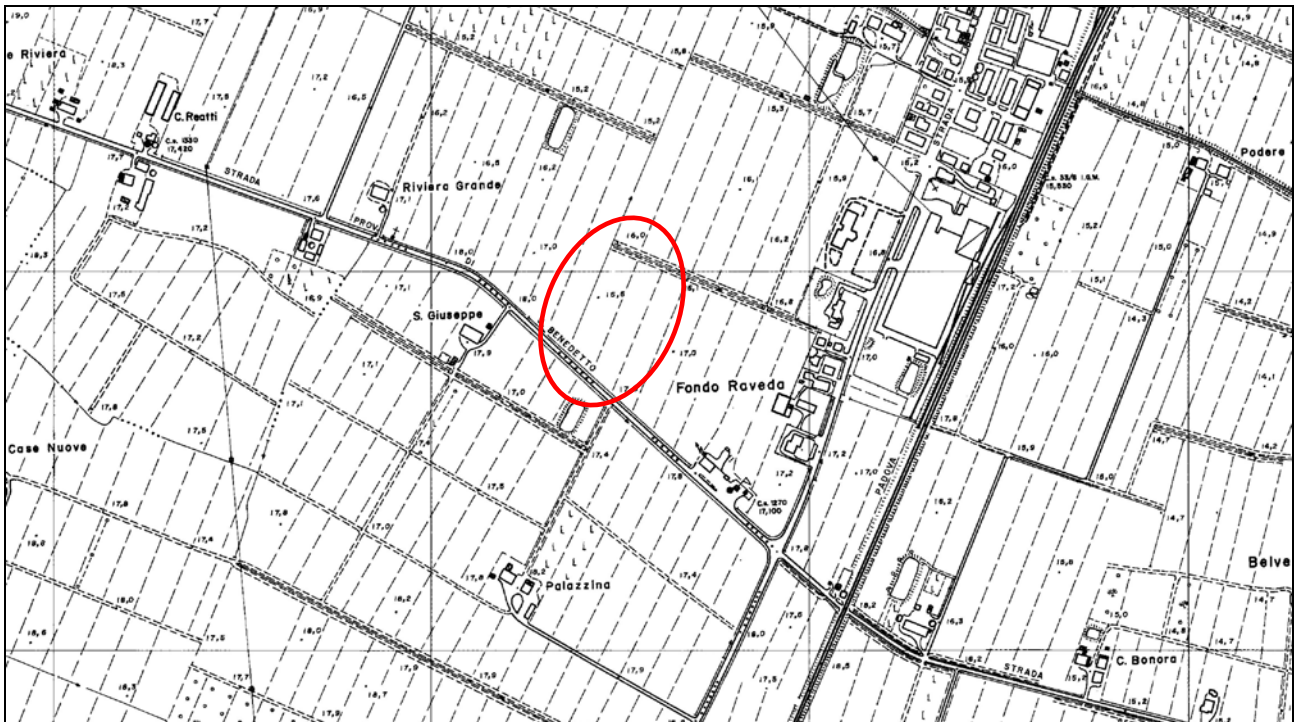


Figura 1-2  
**Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:10.000**  
Ubicazione dell'area oggetto di studio (cartografia non aggiornata)

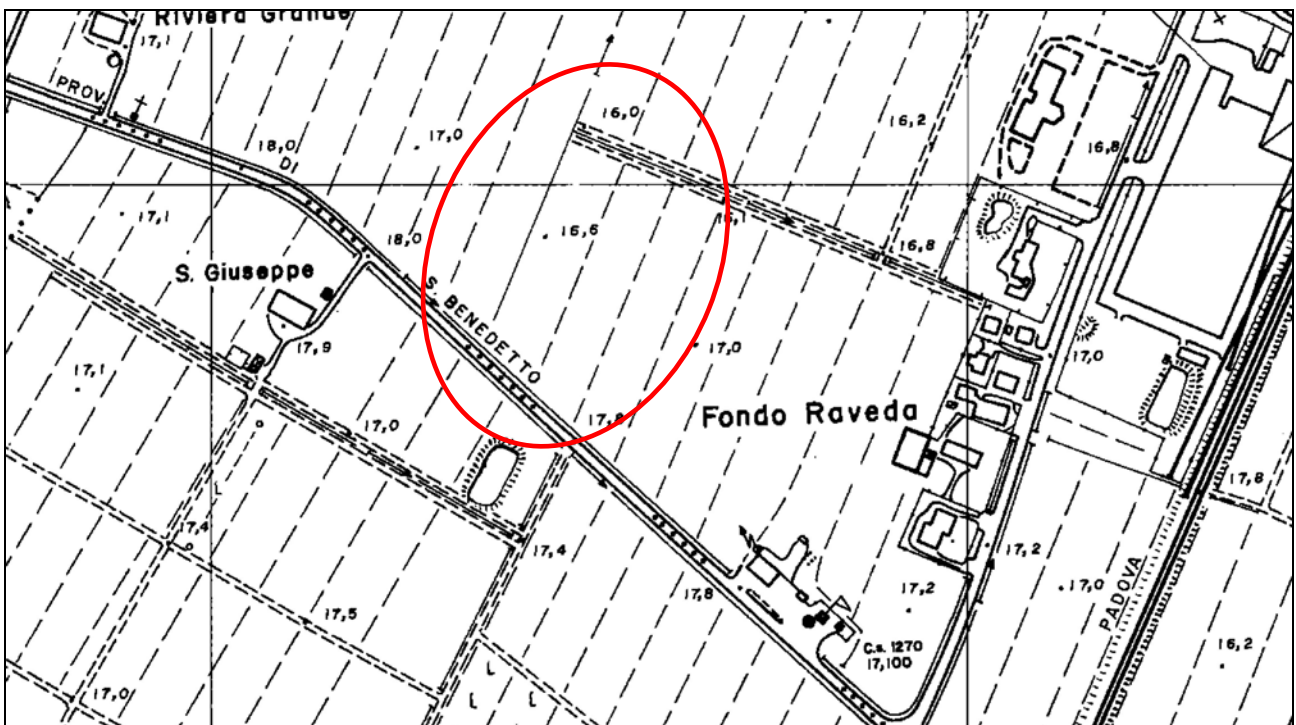


Figura 1-3  
**Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:5.000**  
Ubicazione dell'area in esame (cartografia non aggiornata)

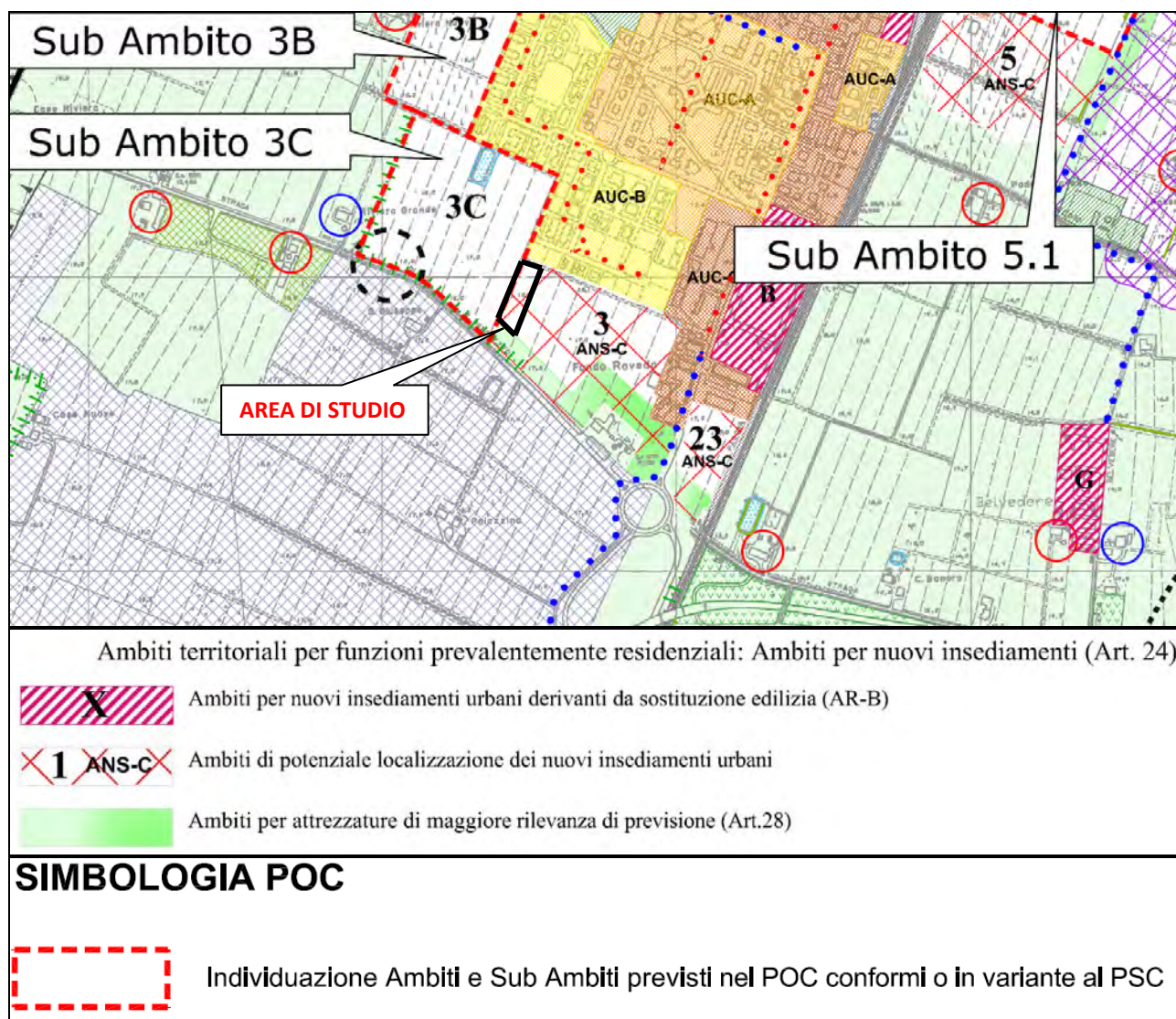


Figura 1-4  
**Piano Operativo Comunale – Comune di San Pietro in Casale**  
 Tav.1 – Individuazione Ambiti e sub-ambiti previsti nel POC



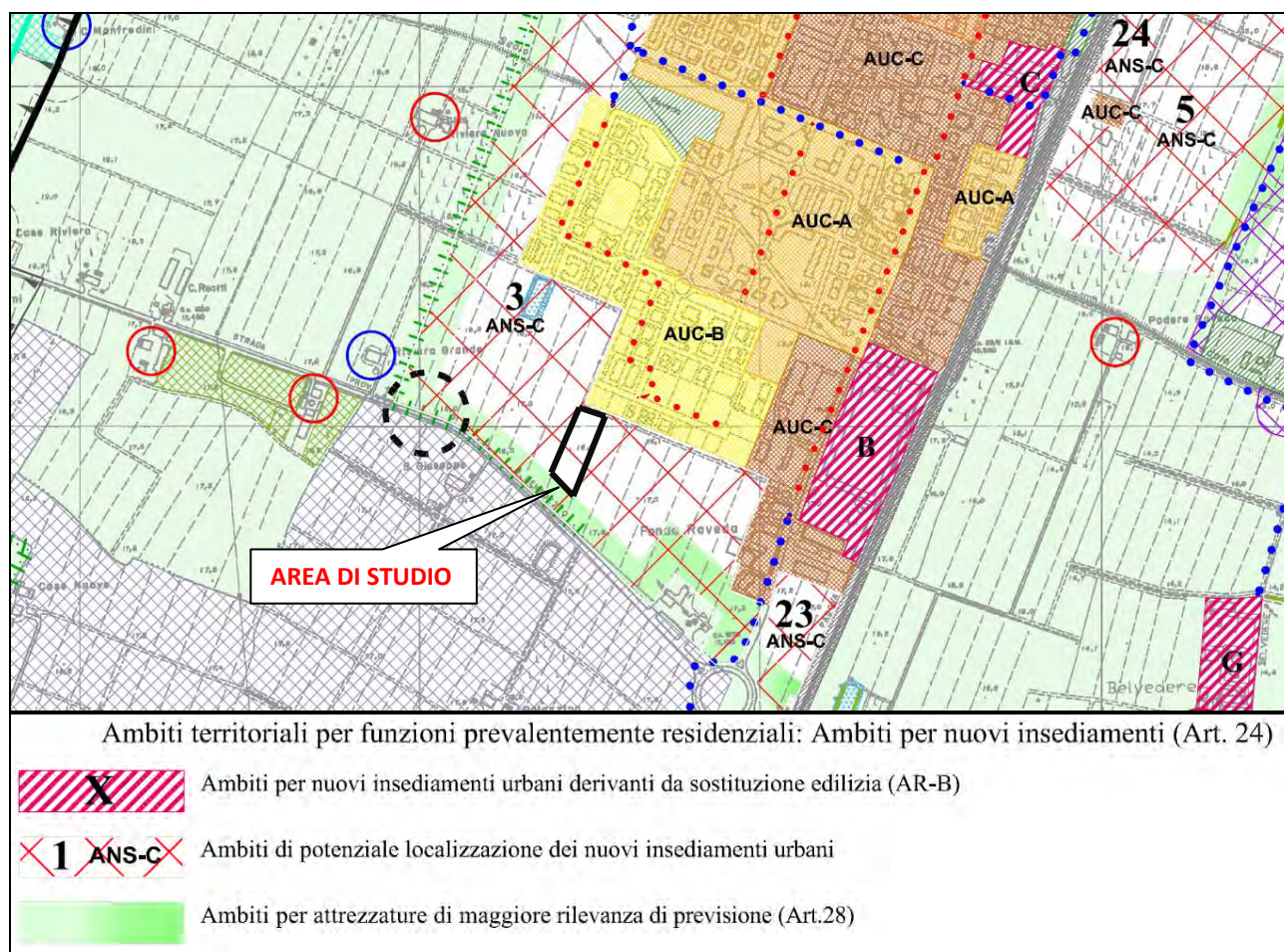


Figura 1-5

**Piano Strutturale Comunale elaborato in forma associata – aggiornamento dicembre 2013 – Comune di San Pietro in Casale**

Tav.1 – Assetto territoriale



 <p><b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com</p>	<p>MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b></p>	<p>RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016</p>
---	---	--

- Parte Seconda -

**MODELLO GEOLOGICO e SISMICO**

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	--

## 2. MODELLO GEOLOGICO E SISMICO

L'analisi del contesto geologico in cui è inserita l'area in esame, è stata effettuata in primo luogo consultando gli studi e la cartografia esistente a disposizione e in secondo luogo con l'analisi e l'elaborazione delle prove effettuate in sito.

### 2.1. Unità geologiche, litologiche e strutturali

Il territorio dell'Emilia Romagna è costituito dal versante Padano dell'Appennino settentrionale e dalla Pianura Padana a sud del Fiume Po; il limite regionale, infatti, coincide per lunghi tratti con lo spartiacque appenninico verso sud e con il corso del Po verso nord. Pur essendo due ambienti geomorfologici distinguibili, essi risultano strettamente correlati fra loro: il fronte della catena appenninica non coincide con il limite morfologico catena montuosa-pianura, ma è individuabile fra gli archi esterni delle Pieghe Emiliane e Ferraresi (Pieri & Groppi, 1981), sepolte dai sedimenti quaternari della Pianura Padana. Il fronte appenninico sovrascorre verso nord sulla piattaforma padano-veneta, di conseguenza l'evoluzione del territorio dell'Emilia Romagna risulta strettamente legata ai cambiamenti del settore esterno della catena nord-appenninica.

Di seguito si riportano alcuni stralci sulle caratteristiche strutturali e tettoniche descritte nello studio "Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'Appennino Tosco-Emiliano-Romagnolo e Val Padana" redatto dall'Università di Siena, dalla Regione Toscana, dalla Regione Emilia – Romagna e dall'Università di Bologna: *"...L'edificio dell'Appennino settentrionale è formato dalla sovrapposizione di varie unità tettoniche, deformate e scollate, parzialmente o totalmente, dal proprio basamento. L'impilamento e la traslazione delle scaglie tettoniche, provenienti dalla deformazione di domini paleogeografici molto diversi, è avvenuto attraverso un lungo processo cominciato nell'Oligocene. Tuttavia, come descritto successivamente, la configurazione attuale dell'Appennino settentrionale è il risultato di una serie di intense fasi tettoniche, cominciata nel Miocene superiore in concomitanza con l'apertura del bacino tirrenico, e importanti deformazioni della porzione orientale delle Alpi meridionali. Prima di descrivere per sommi capi le principali unità strutturali, procedendo dai livelli geometricamente più in basso, è opportuno ricordare che la pila orogena completa può essere ricostruita solo in alcune parti della zona in esame, in particolare nella porzione nordoccidentale, dalla Lunigiana sino al confine con le Alpi liguri. In altri settori, come l'Appennino romagnolo, le unità tettoniche più elevate sono state presumibilmente smantellate dall'erosione indotta dal sollevamento.*

Tenendo presente gli schemi geologici semplificati (Fig. 2.1-2), possiamo mettere in evidenza le seguenti unità tettonico-stratigrafiche:

- basamento crostale;
- evaporiti triassiche;
- unità toscane;
- Unità umbro-marchigiane-romagnole;
- Unità liguri e sub liguri;
- Unità epiliguri;
- Pianura Padana.

Si riporta la descrizione dell'unità Pianura Padana: *La Pianura Padana costituisce il riempimento sedimentario dell'avanfossa dell'attuale orogene appenninico, il cui substrato è costituito dalle falde tettoniche che formano la parte sepolta della catena. Le caratteristiche sedimentologiche e stratigrafiche delle successioni padane post-tortoniane sono descritte da un'ampia letteratura (e.g. Ghielmi et alii, 2010 e riferimenti), per lo più basata sull'interpretazione dei dati di sottosuolo (perforazioni profonde ed indagini sismiche). Si tratta di numerose formazioni, spesso di tipo torbiditico, riferibili ad un ambiente di avanfossa*

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	--

piuttosto profonda (e.g., Bagnolo, Fusignano, Canopo, Porto Corsini, Porto Garibaldi, Carola). E' solo dal Pleistocene medio che subentra una deposizione costiera e continentale (Formazione di Ravenna o Sabbie Gialle e Supersistema Emiliano-Romagnolo) che testimonia il rapido colmamento dell'avanfossa. In alcuni casi la sedimentazione è avvenuta in bacini satellite (piggy-back basins), formati sopra alle falde tettoniche in movimento verso NE (e.g., Cortemaggiore e Castell'Arquato). Un aspetto importante è l'enorme spessore della successione Plio-Quaternaria, che localmente eccede i 6 km (Fig. 2.1-3). Ghielmi et alii (2010) affermano che l'avanfossa padano-adriatica era principalmente alimentata dai materiali erosi dalla catena alpina, trasportati dai paleo-fiumi lombardi e veneti come l'Adda, il Mincio e l'Adige. Dal Miocene superiore al Pleistocene inferiore l'Appennino settentrionale, invece, fu una sottile fascia di terra emersa, con rilievo poco accentuato (Bartolini, 1999, 2003). Nonostante ciò, il volume dei sedimenti accumulati nella Pianura Padana suggerisce che negli ultimi 5 milioni di anni sarebbero stati erosi in media quasi 1500 m di copertura dalla parte emersa dell'Appennino, di cui forse 1 km nel solo Quaternario (Bartolini et alii, 1996; Bartolini, 1999). Localmente, tale smantellamento può essere stato molto più accentuato. Nell'Appennino romagnolo, le paleo-temperature raggiunte dalle torbiditi mioceniche (Marnoso Arenacea), dedotte dalla riflettanza della vitrinite e dalle tracce di fissione dell'apatite, rivelano che tali unità, ora affioranti, avrebbero perso sino a 4500 metri di copertura dal Messiniano superiore (Zattin et alii, 2000; Cerrina Feroni et alii, 2001). Tale forte erosione contrasta con l'attuale accentuato rilievo appenninico, e con il fatto che i maggiori rilievi della catena (tra cui il M. Cimone, il M. Cusna ed il M. Falterona) sono impostati sulle litologie arenacee delle Unità toscane, assai poco resistenti all'erosione. L'apparente contraddizione può essere risolta invocando un cospicuo sollevamento recente della catena, particolarmente accentuato dal Pleistocene medio, in grado di compensare lo smantellamento del rilievo. Le conseguenze di tale fenomeno sono peraltro messe in evidenza da molteplici indicatori geomorfologici (e.g., Argnani et alii, 1997, 2003; Cerrina Feroni et alii, 1997, 2001; Bartolini, 1999, 2003; Balestrieri et alii, 2003)...

...L'assetto strutturale della parte sepolta dell'Appennino è abbastanza conosciuto, tuttavia si riscontrano significative differenze nell'interpretazione dei dati di sottosuolo. Alcuni lavori (e.g. Castellarin et alii, 1985; Vai, 1987; Costa, 2003) suggeriscono che gran parte dei sovrascorrimenti che formano gli archi sepolti erano ben strutturati sin dalla fine del Miocene (Fig. 2.1-4). Secondo tale ipotesi, l'evoluzione pliocenico-quadernaria delle Pieghe emiliane, ferraresi e romagnole sarebbe avvenuta mediante la riattivazione "fuori-sequenza" di lineamenti interni, tra cui il fronte pede-appenninico che divide la catena affiorante dalla Pianura padana. Altre interpretazioni (e.g., Argnani et alii, 2003; Ghielmi et alii, 2010), pur confermando la riattivazione di strutture interne, mettono in evidenza il progressivo coinvolgimento dei settori esterni del sistema catena-avanfossa-avampaese adriatico. In tal caso, la strutturazione definitiva dell'arco strutturale più esterno (Pieghe ferraresi) è acquisita solo tra la fine del Pliocene e l'inizio del Pleistocene (Fig. 2.1-5).

A proposito di strutture recenti o attive (anche per quanto riguarda la sismogenesi), una certa attenzione è stata dedicata al fronte di accavallamento delle Liguridi sull'avanfossa padana, collocato al bordo tra catena e pianura (Fig. 2.1-5). Gli studi più recenti (e.g., Argnani et alii, 2003; Toscani et alii, 2006) considerano sostanzialmente inattivo dal Messiniano-Pliocene inferiore il settore del fronte da Piacenza a Parma, anche se deformazioni compressive pleistoceniche sono segnalate nei depositi marini neogenici del margine appenninico piacentino (Morelli e Costa, 1997). D'altra parte, evidenze geologiche e geomorfologiche (strati quadernari inclinati e piegati, anomalie del reticolo idrografico ecc.) suggeriscono la riattivazione recente del fronte delle Liguridi tra Reggio Emilia e Bologna (e.g., Ghiselli e Martelli, 1997; Argnani et alii, 2003; Boccaletti e Martelli, 2004; Bonini, 2007; Boccaletti et alii, 2010).

Un quadro dettagliato dei lineamenti tettonici riconosciuti nell'avanfossa padana centro-orientale è riportato in figura 2.1-6. Tale schema riveste una certa importanza rispetto all'oggetto di questa trattazione, ovvero l'analisi sismotettonica e la valutazione della potenzialità sismica dell'Emilia-Romagna. Come verrà discusso più avanti, se si eccettua l'Appennino romagnolo, l'epicentro di gran parte dei forti

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	--

terremoti storici avvenuti nella regione è collocato nella Pianura padana, in particolare tra Reggio Emilia e Rimini. E' dunque plausibile che tali eventi siano causati dall'attivazione di alcune delle strutture tettoniche riportate nello schema suddetto...

...La distribuzione dei regimi di sforzo tettonico, dedotti dalle informazioni geologico strutturali (Fig. 2.1-7), indica una prevalenza di stili compressivi, con varia orientazione dell'asse di massima compressione orizzontale in relazione all'andamento delle strutture. Indicazioni analoghe provengono dalle ricostruzioni basate sulla deformazione osservata nei fori delle perforazioni profonde (borehole break-out, e.g., Montone e Mariucci, 1999 per le Pieghe ferraresi)..."

Nel caso specifico l'area in esame, la quale posta in corrispondenza di sabbia limosa di piana alluvionale, vede la presenza di alcuni sovrascorrimenti profondi post-tortoniani dedotti, ubicati in direzione nord/nord-est e sud-est, di alcune isobate della base del Pliocene, poste alle profondità di mt 1.500 in direzione nord e nord-est e poste ad una profondità variabile da un minimo di mt 4.000 ad un massimo di mt 6.000, ubicate in direzione est, sud ed ovest e di alcune faglie profonde dirette dedotte, ubicate in direzione nord, nord-est e nord-ovest (Figura 2.1-8) (da [https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia\\_sgss/user/viewer.jsp?service=geologia](https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=geologia)).

#### Supporti grafici:

- Figura 2.1-1. Stralcio della carta strutturale della pianura padana e delle catene circostanti (da "Carta geomorfologica della Pianura Padana, scala 1:250.000)
- Figura 2.1-2. Schema semplificato delle principali unità tettonico-stratigrafiche
- Figura 2.1-3. Carta della profondità della base della successione Plio-Quaternaria nell'avanfossa Padano-Adriatica
- Figura 2.1-4. Quadro delle principali strutture tettoniche riconosciute nella parte sepolta dell'Appennino settentrionale
- Figura 2.1-5. Evoluzione dei principali sovrascorrimenti tra il fronte pedeappenninico e le Pieghe ferraresi
- Figura 2.1-6. Sovrascorrimenti sepolti dell'avanfossa padana centro-orientale
- Figura 2.1-7. Principali lineamenti strutturali attivi in Emilia-Romagna
- Figura 2.1-8. Stralcio Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna



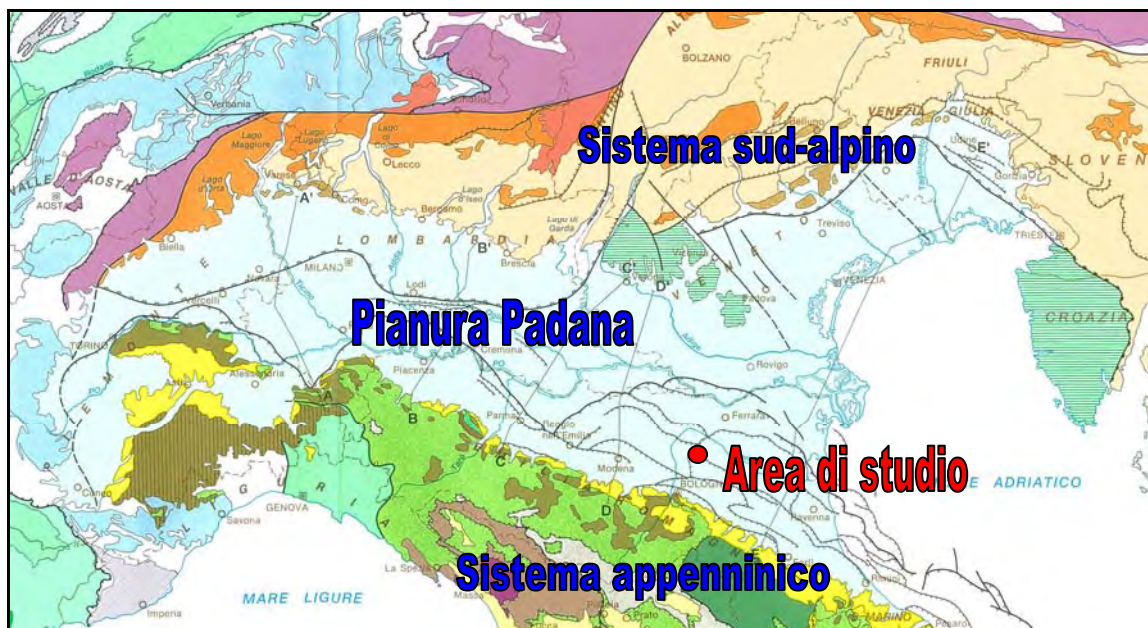


Figura 2.1-1

Stralcio della carta strutturale della pianura padana e delle catene circostanti (da “Carta geomorfologica della Pianura Padana, scala 1:250.000)



Figura 2.1-2

Schema semplificato delle principali unità tettonico-stratigrafiche presenti nella zona in esame (modificato dalla Carta geologica dell’Italia in scala 1: 1250000 di Compagnoni e Galluzzo, 2004). In rosso sono indicati i principali lineamenti tettonici. In celeste sono riportati i contatti tettonici: CF = Cervarola-Falterona, FT = Falda Toscana, OL = Ottone-Levanto, SV = Sestri-Voltaggio. 1 = Successioni sedimentarie continentali (Pliocene-Quaternario), 2 = Successioni continentali e marine, prevalentemente associate a tettonica estensionale, 11 = Unità Liguri e relative coperture (Epiliguri), 12 = Unità Subliguri, 14 = Unità appenniniche interne (derivate dal Dominio Toscano e relative avanfosse), 15 = Unità appenniniche intermedie (derivate dal Dominio Umbro-Marchigiano e relative avanfosse), 16 = Unità appenniniche esterne (Miocene superiore-Pliocene).

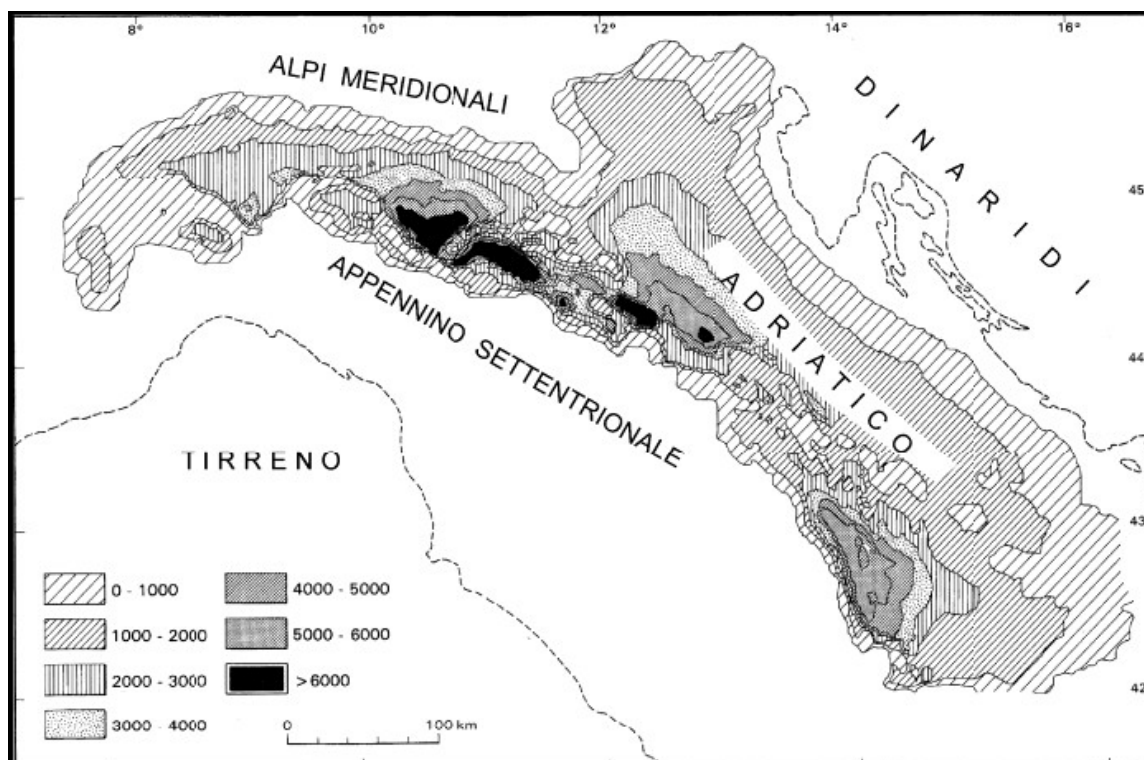


Figura 2.1-3

Carta della profondità della base della successione Plio-Quaternaria nell'avanfossa padano-adriatica. Gli intervalli tra le isobate, identificati dai simboli in legenda, sono espressi in metri (modificato da Bartolini et alii, 1996).



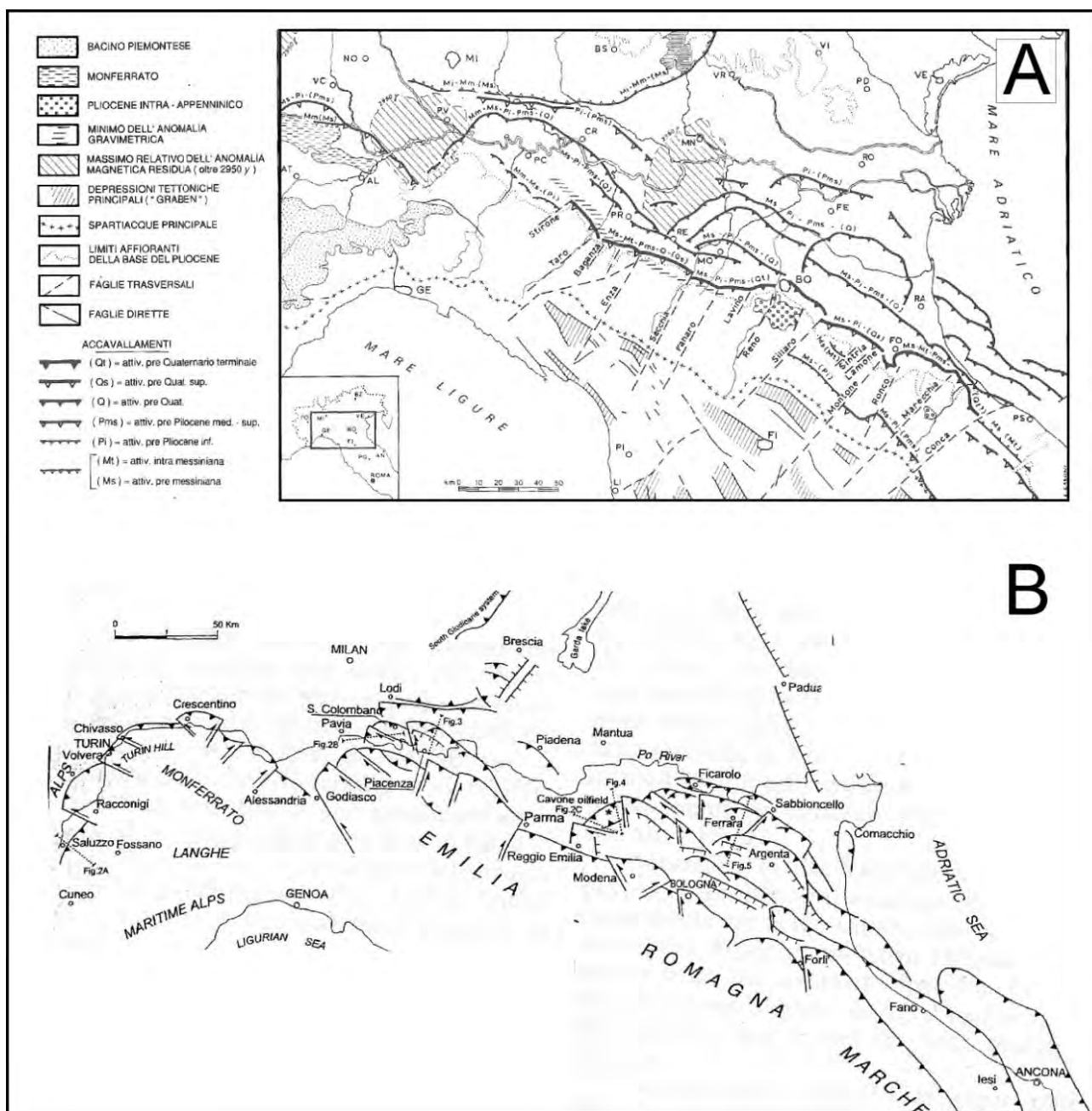


Figura 2.1-4

Quadro delle principali strutture tettoniche riconosciute nella parte sepolta dell'Appennino settentrionale attraverso i dati di sottosuolo (perforazioni profonde e linee sismiche). A) Assetto strutturale ed età dei principali lineamenti secondo Castellarin et alii (1985). B) Schema dei lineamenti attivi prima del Pliocene secondo Costa (2003).

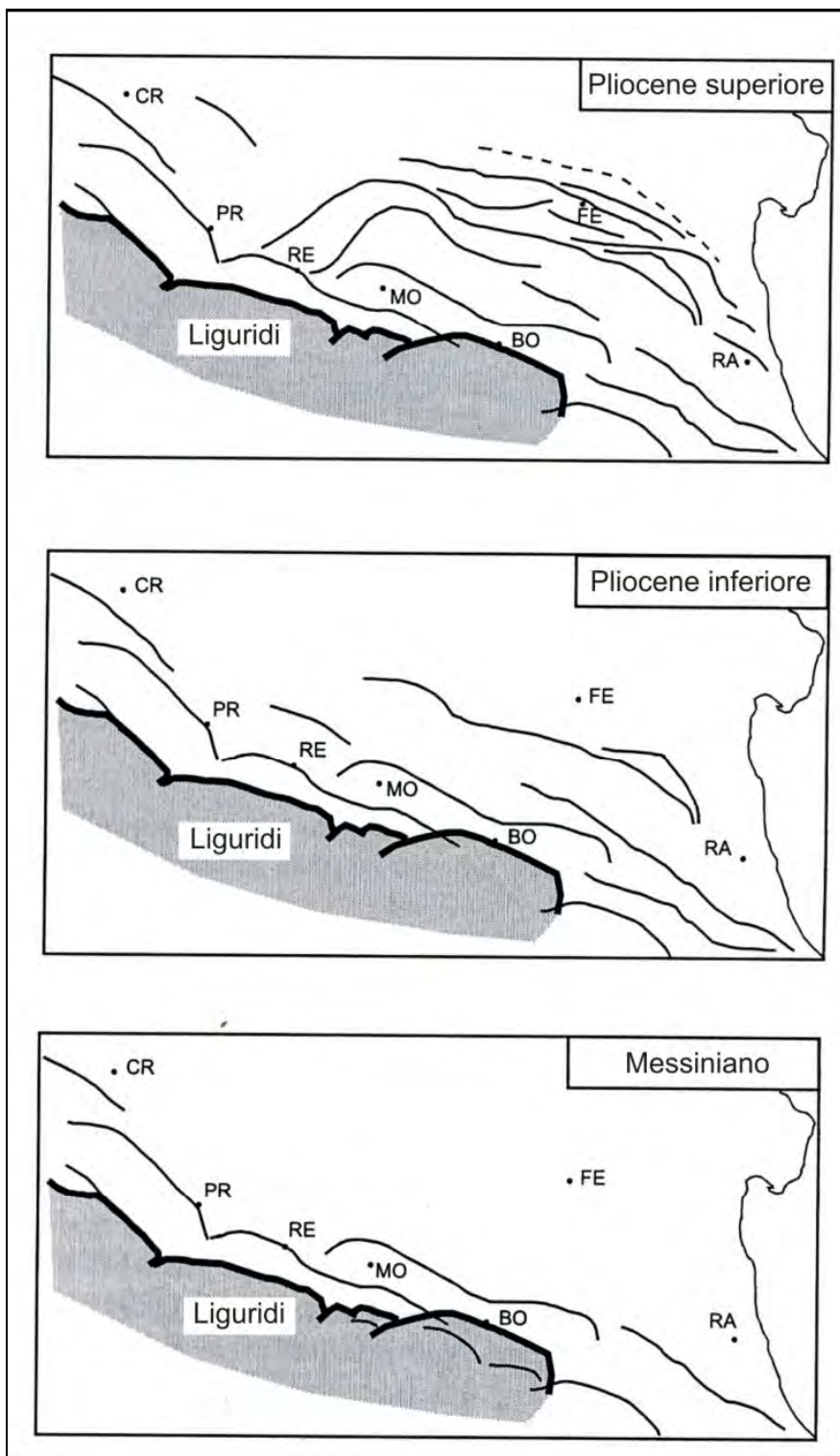


Figura 2.1-5

**Evoluzione dei principali sovrascorrimenti tra il fronte pedeappenninico e le Pieghe ferraresi, dal Messiniano al Pliocene superiore (modificato da Argani et alii, 2003). Il lineamento tratteggiato nel riquadro in alto è attribuito al Pleistocene inferiore. La linea spessa indica il fronte di accavallamento delle Liguridi sull'avanfossa padana. Le sigle identificano le città principali.**



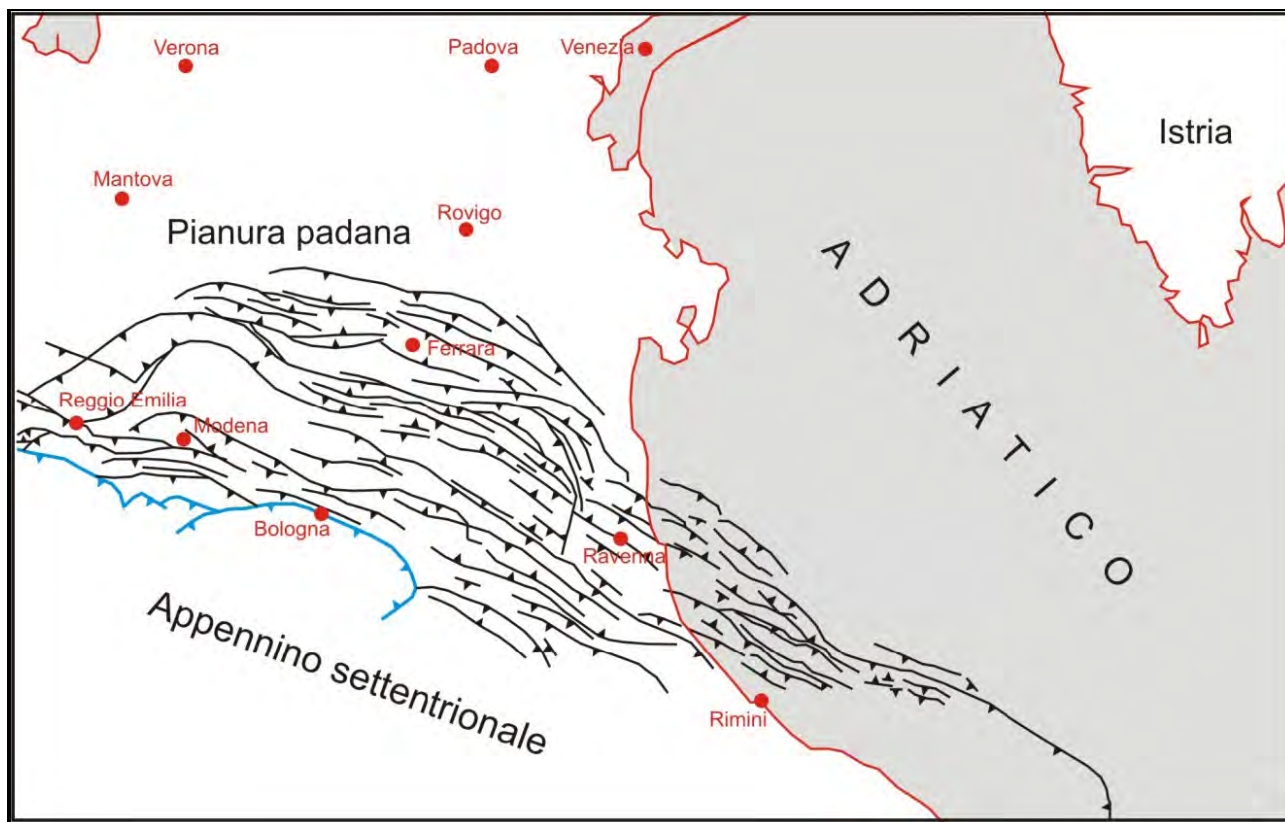


Figura 2.1-6

Sovrascorrimenti sepolti dell’avanfossa padana centro-orientale, riconosciuti in base all’interpretazione dei dati di sottosuolo (modificato da Ghielmi et alii, 2012). I lineamenti indicati, generati tra il Messiniano ed il Pleistocene medio, costituiscono le cosiddette Pieghere ferraresi, romagnole ed adriatiche. In blu è indicato il fronte di accavallamento delle Liguridi sull’avanfossa padana.

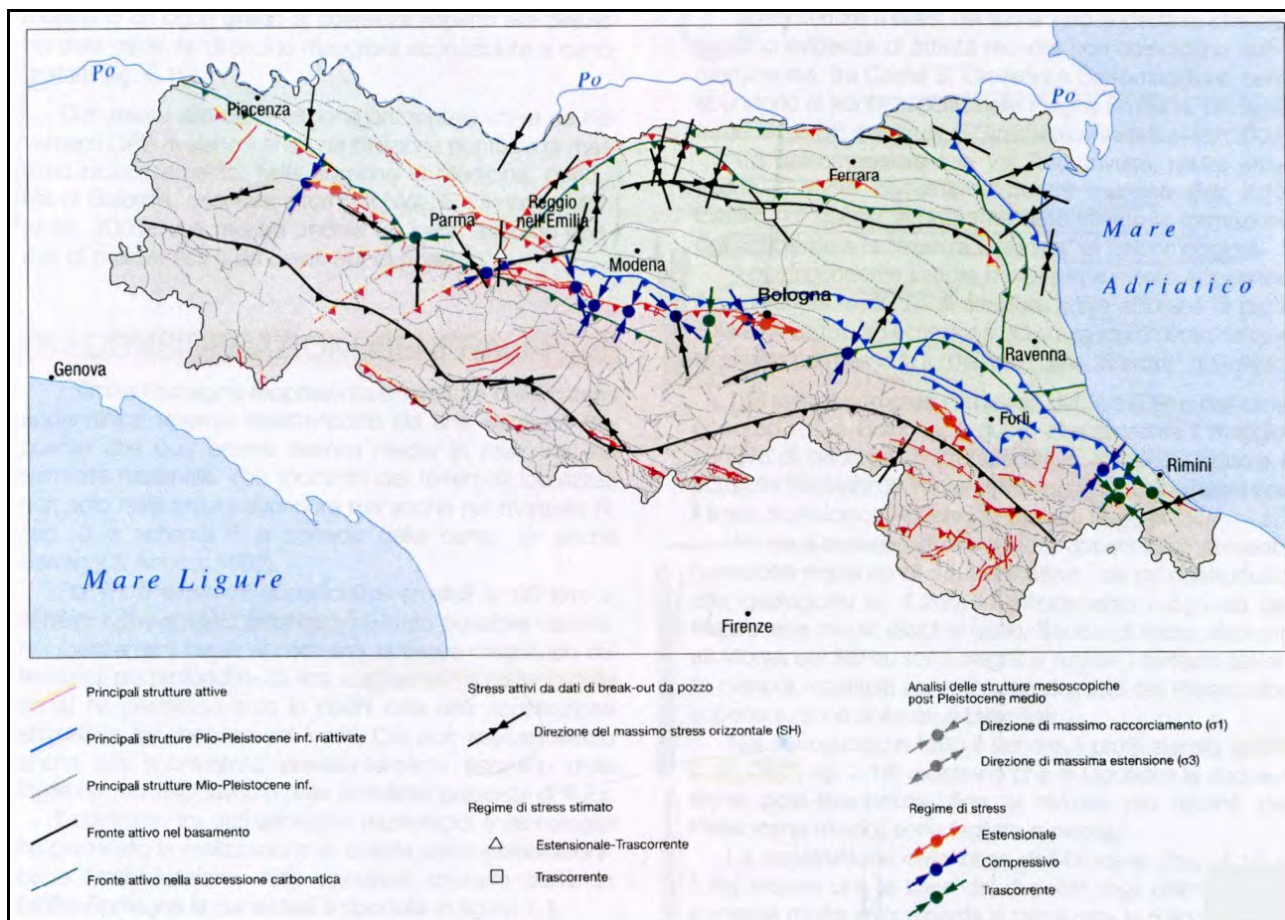


Figura 2.1-7

Principali lineamenti strutturali attivi in Emilia-Romagna e quadro dei regimi di sforzo dedotti da indicatori neotettonici ed analisi di pozzi profondi (borehole break-out). Modificata da Boccaletti e Martelli (2004).



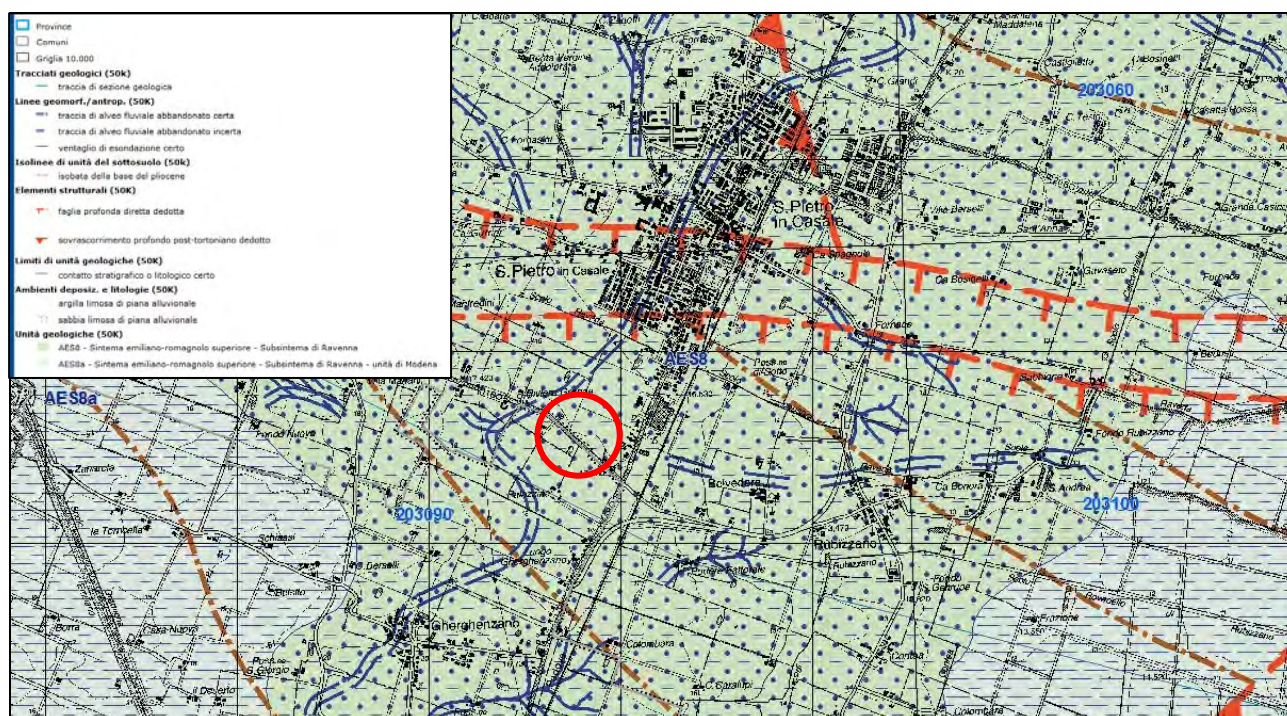


Figura 2.1-8

### Stralcio Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna – scala grafica

(da Cartografia Geologica della Regione Emilia Romagna – Servizio geologico sismico e dei suoli)

## 2.2. Storia geologica del territorio

Per quanto riguarda la situazione geologica locale, i dati bibliografici evidenziano come il sito sia ubicato in corrispondenza di una zona caratterizzata da depositi di canale, argine e rotta fluviale, con sabbie medie e fini.

Nello specifico, per quanto riguarda la litologia di superficie, l'area di studio risulta situata in corrispondenza di sabbie di piana alluvionale, come si evince dalla Carta Litologico-morfologica del Quadro Conoscitivo del P.S.C. Reno Galliera – Terre di Pianura, di cui se ne riporta uno stralcio in figura 2.2-3.

In base a quanto riportato nelle note relative alla cartografia geologica interattiva del sito della Regione Emilia Romagna, dal punto di vista geologico l'area in esame è posta in corrispondenza del Sistema emiliano – romagnolo superiore – Substema di Ravenna (AES8). Questa unità è costituita da ghiaie sabbiose, sabbie e limi ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, in contesti di conoide alluvionale, canale fluviale e piana alluvionale intravalliva; da limi, limi sabbiosi e limi argillosi, in contesti di piana inondabile; da alternanze di sabbie, limi ed argille, in contesti di piana deltizia; da sabbie prevalenti passanti ad argille e limi e localmente a sabbie ghiaiose, in contesti di piana litorale. Al tetto l'unità presenta spesso un suolo parzialmente decarbonatato non molto sviluppato di colore giallo-bruno.

### Supporti grafici:

- Figura 2.2-1. Sezione geologica del sottosuolo tra il margine appenninico e la Pianura Padana
- Figura 2.2-2. Stralcio Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna
- Figura 2.2-3. Tavola AQC.1.5.3 – Sistema naturale e ambientale – Carta geologica – Quadro Conoscitivo - P.S.C. elaborato in forma associata – Reno Galliera – Terre di Pianura



- Figura 2.2-4. Tavola AC.1.1b – Sistema naturale e ambientale – Carta litologico-morfologica – Quadro Conoscitivo - P.S.C. elaborato in forma associata – Reno Galliera – Terre di Pianura

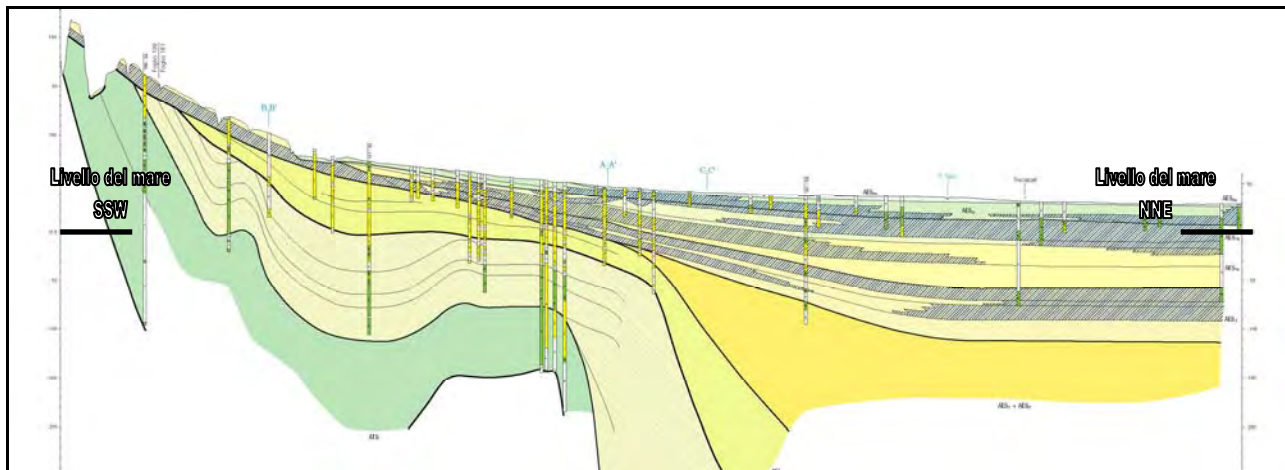


Figura 2.2-1  
**Sezione geologica del sottosuolo tra il margine appenninico e la Pianura Padana**  
 (da Regione Emilia Romagna – Servizio geologico, sismico e dei suoli)

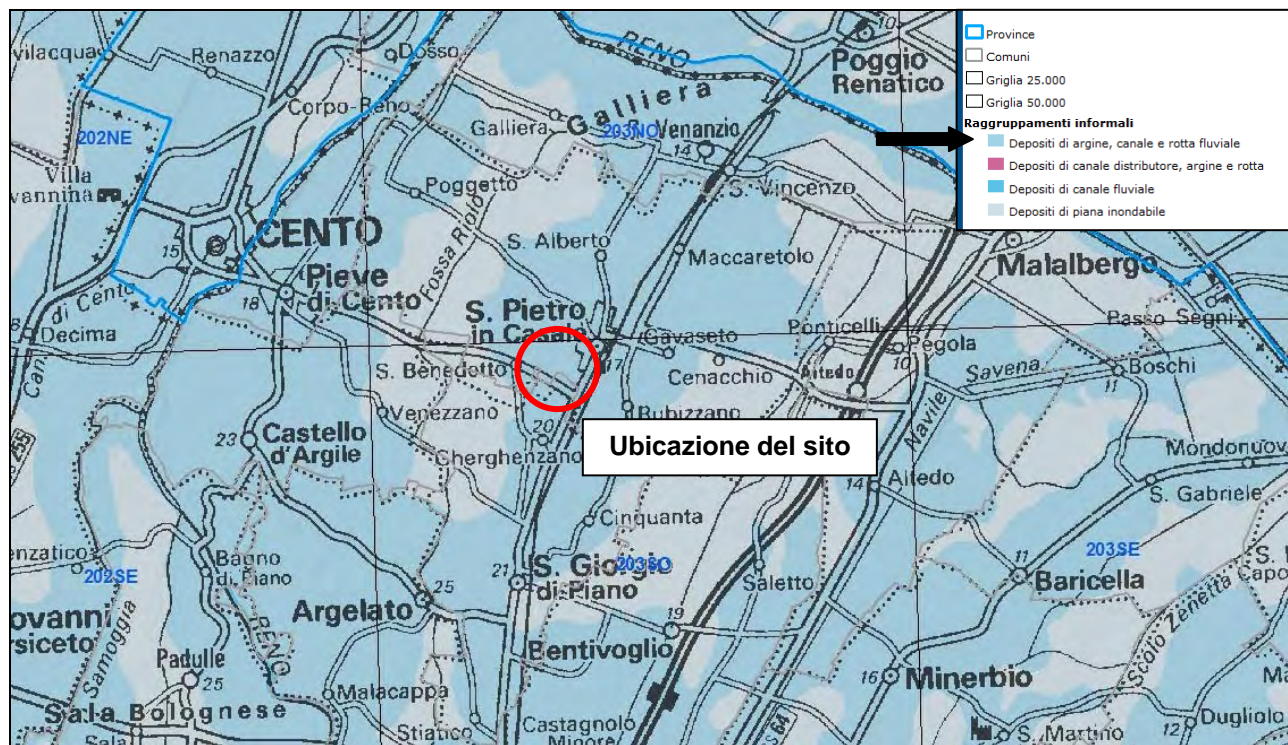
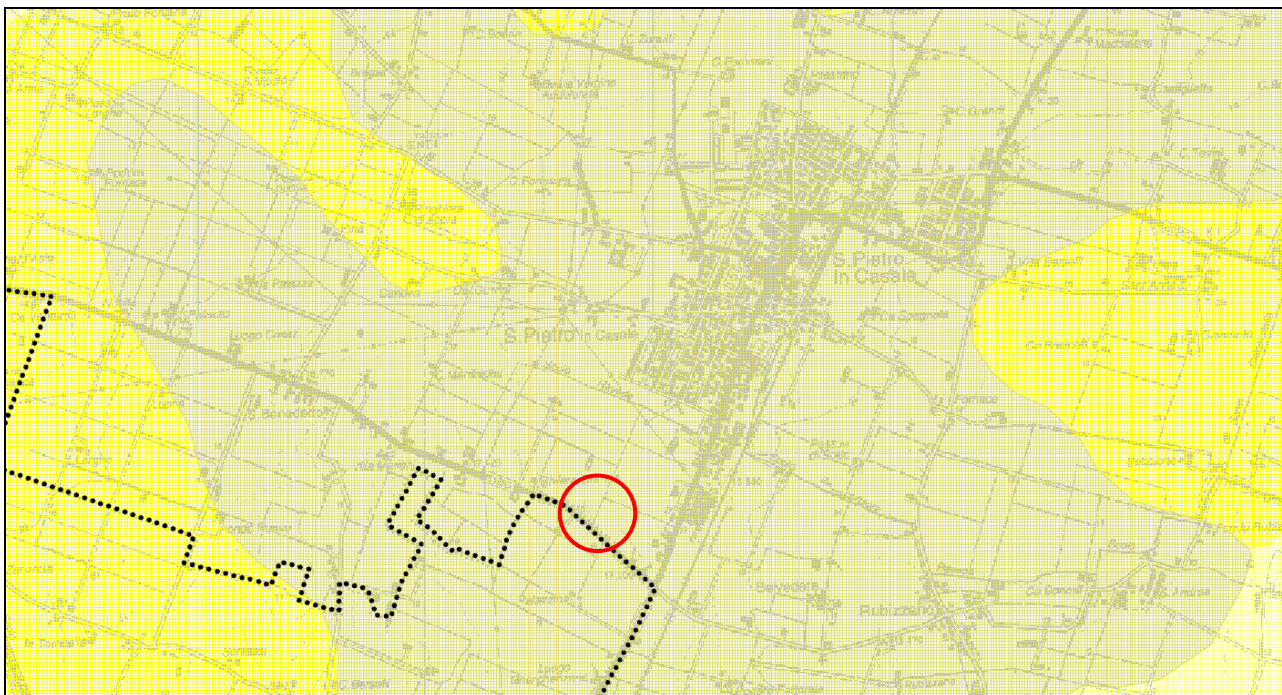


Figura 2.2-2  
**Stralcio Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna – scala grafica**  
 (da Cartografia Geologica della Regione Emilia Romagna – Servizio geologico sismico e dei suoli)



**LEGENDA** (Fonte dati: Regione Emilia Romagna)

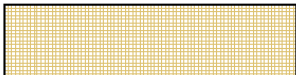

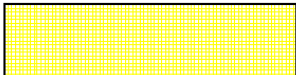


- ..... Confine Comunale
-  2 Sabbie, limi sabbiosi e limi - Depositi di conoide e terrazzo
-  5 Sabbie medie e fini - Depositi di canale e argine prossimale
-  6 Limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose - Depositi di argine distale
-  8 Limi argillosi e limi sabbiosi - Depositi di canale e argine indifferenziati
-  9 Argille limose, limi e sabbie finissime - Depositi di baia interdistributrice

Figura 2.2-3

**Tavola AQC.1.5.3 – Sistema naturale e ambientale – Carta geologica – Quadro Conoscitivo - P.S.C. elaborato in forma associata – Reno Galliera – Terre di Pianura**



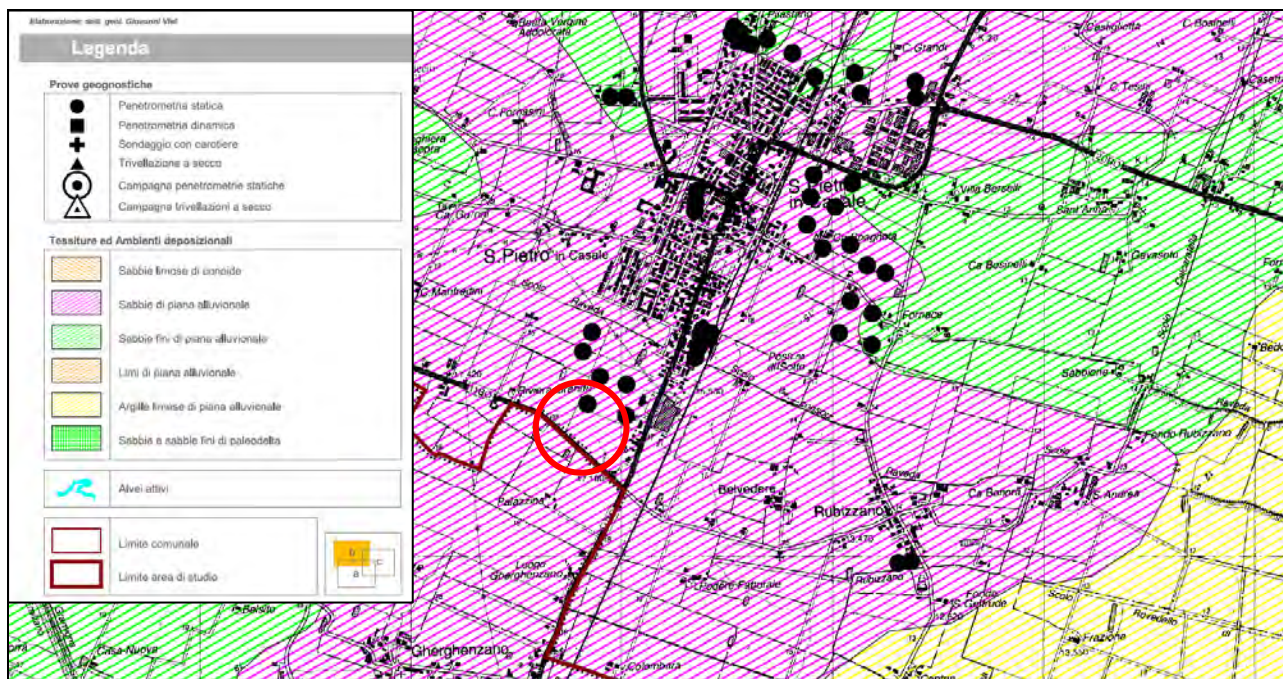


Figura 2.2-4

**Tavola AC.1.1b – Sistema naturale e ambientale – Carta litologico-morfologica – Quadro Conoscitivo - P.S.C. elaborato in forma associata – Reno Galliera – Terre di Pianura**

### 2.3. Sismotettonica e sezioni sismogeologiche

La sismicità rappresenta uno strumento indispensabile per le analisi sismotettoniche e un utile supporto alla geologia strutturale, in quanto varie tipologie di dati sismici, ottenuti attraverso differenti metodologie, garantiscono l'identificazione e la caratterizzazione delle strutture geologicamente attive. L'analisi della sismotettonica dell'Emilia-Romagna, evidenzia come questa sia costituita da strutture caratterizzate da attività da molto recenti ad attuali.

In particolare, come si evince dallo studio "Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'Appennino Tosco-Emiliano-Romagnolo e Val Padana" effettuato dall'Università di Siena, dalla Regione Toscana, dalla Regione Emilia-Romagna e dall'Università di Bologna, il Comune di San Pietro in Casale ricade in prossimità della traccia della sezione sismogeologica 6-6' (figure 2.3-1 e 2.3-2).

Di seguito si riporta uno stralcio della descrizione: *"La sezione 6-6', ..., presenta un'altra immagine dell'Appennino emiliano dal versante toscano, poco più a nord del bacino di Pistoia-Firenze, alla Dorsale ferrarese. Tra gli elementi salienti della sezione c'è da notare l'anticlinale di Castiglione dei Pepoli, una struttura in catena considerata attiva da Boccaletti et alii (2010). In questa zona, posta presso lo spartiacque Tirreno-Adriatico, le Liguridi sono scarse o assenti a causa dell'esumazione delle sottostanti torbiditi. Più a nord-est, sotto il bacino pliocenico del Bolognese, la coltre liguride riassume uno spessore consistente, superando i 4 km di spessore. La coltre liguride, comunque, scompare bruscamente poco oltre Bologna, mentre le sottostanti torbiditi mioceniche proseguono, pur assottigliandosi, sino alle Pieghe ferraresi. In quest'ultimo settore il substrato costituito da depositi pelagici e di piattaforma carbonatica meso-kenozoici, risulta tettonicamente sollevato sin quasi alla superficie. Ovviamente ciò determina anche il sollevamento relativo dei livelli triassici e del sottostante basamento crostale, posto a meno di 10 km dalla superficie. Per converso, tra Bologna e la Dorsale Ferrarese si osserva il massimo spessore dei depositi plio-quadernari dell'avanfossa padana. Dal punto di vista strutturale, la sezione in oggetto mostra che i principali sovrascorrimenti e faglie inverse interessano le torbiditi mioceniche, propagandosi sovente anche alle*

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	--

*sottostanti unità pelagiche, al Triassico e, in alcuni casi, al basamento cristallino. Meno evidente è il coinvolgimento nella fagliazione dei depositi di avanssola, in particolare dei livelli quaternari. Ciò, tra l'altro, rende difficile l'identificazione di faglie attive in Pianura padana con le usuali tecniche del rilevamento geologico-strutturale. Anche la copertura ligure presenta poche discontinuità tettoniche di interesse sismogenetico.”*

Le faglie derivanti dai movimenti dei sovrascorrimenti appenninici quindi, danno origine alle manifestazioni sismiche che interessano la regione (Figure 2.3-3, 2.3-4, 2.3-5, 2.3-6 e 2.3-7).

Il Comune di San Pietro in Casale, in base alla più recente zonazione sismogenetica pubblicata ZS9 (Meletti e Valensise, 2004), nella quale vengono individuate per tutto il territorio italiano n. 42 zone – sorgente identificate con un numero da 901 a 936 o con una lettera da A ad F, ricade in corrispondenza della zona sismogenetica 912.

La zona sismogenetica 912 viene caratterizzata dallo studio, come zona a regime tettonico debolmente compressivo con strutture compressive tipo thrust e con meccanismi di fagliazione prevalente inversa e corrisponde al settore di pianura compreso tra il fronte delle pieghe ferraresi e il margine appenninico padano. In tale zona i terremoti storici hanno raggiunto valori di Magnitudo pari a  $M = 5.9$  e le zone ipocentrali si registrano generalmente a profondità comprese tra 5 e 8 Km, con profondità efficace di 7 Km. Nella zona sismogenetica 912 è prevista, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo  $M_{max} = 6.14$  (Figura 2.3-8).

L'area in esame risulta individuabile quindi sul sistema di pieghe ferraresi, in una zona posta in corrispondenza della sorgente sismogenetica composta (struttura desunta sulla base della superficie regionale e dati geologici di sottosuolo che vengono sfruttate ben oltre la semplice identificazione delle faglie attive o caratteristiche tettoniche giovanili) ITCS051 – Carpi – Poggio renatico (Figure 2.3-9 e 2.3-10) le cui caratteristiche vengono riportate in Figura 2.3-11.

La storia sismica del territorio si evince anche dalle immagini di seguito riportate, in particolare in fig. 2.3-13, e dalla lettura dei dati scaricati da ISIDe e relativi agli eventi sismici registrati in un raggio di 50 Km dall'abitato di San Pietro in Casale a partire dal gennaio 2005; in allegato 8 si riporta la tabella riassuntiva degli eventi verificatisi a partire da gennaio 2005.

#### Supporti grafici:

- Figura 2.3-1. Traccia delle sezioni sismogeologiche
- Figura 2.3-2. Sezione sismogeologica 6-6'
- Figura 2.3-3. Principali strutture attive presenti in Emilia Romagna
- Figura 2.3-4. Carta degli epicentri dei terremoti della Regione Emilia-Romagna per classi di magnitudo
- Figura 2.3-5. Localizzazione degli epicentri dei principali terremoti che hanno interessato l'Emilia-Romagna e le aree limitrofe
- Figura 2.3-6. Epicentri dei principali terremoti e principali aree sismogenetiche dell'Emilia-Romagna e aree limitrofe.
- Figura 2.3-7. Sezione geologica attraverso la pianura modenese settentrionale
- Figura 2.3-8. Zonazione sismogenetica ZS9 per il Nord Italia
- Figura 2.3-9. Individuazione delle strutture compressive e di fagliazione su DISS 3.2.0
- Figura 2.3-10. Sorgente sismogenetica composta
- Figura 2.3-11. Sorgente Sismogenetica ITCS051
- Figura 2.3-12. Eventi registrati a partire dal 2005, in un raggio di 50 km rispetto al sito
- Figura 2.3-13. Grafico eventi della storia sismica di San Pietro in Casale al 01.2012



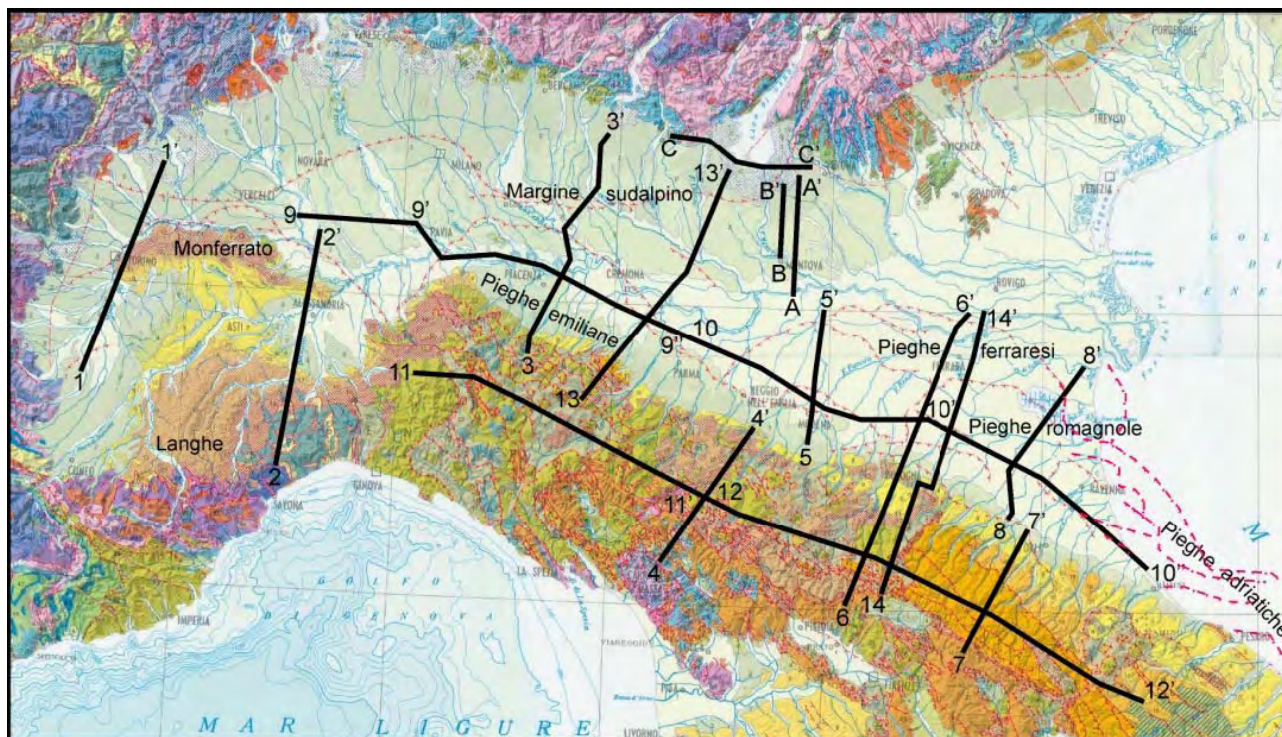


Figura 2.3-1

Traccia delle sezioni sismogeologiche, riportate sulla Carta geologica dell'Italia edita da Compagnoni e Galluzzo (2004). Le sezioni da 3-3' a 12-12' da Boccaletti et alii (2010). La sezione 14-14' è ripresa da Picotti e Pazzaglia (2008).

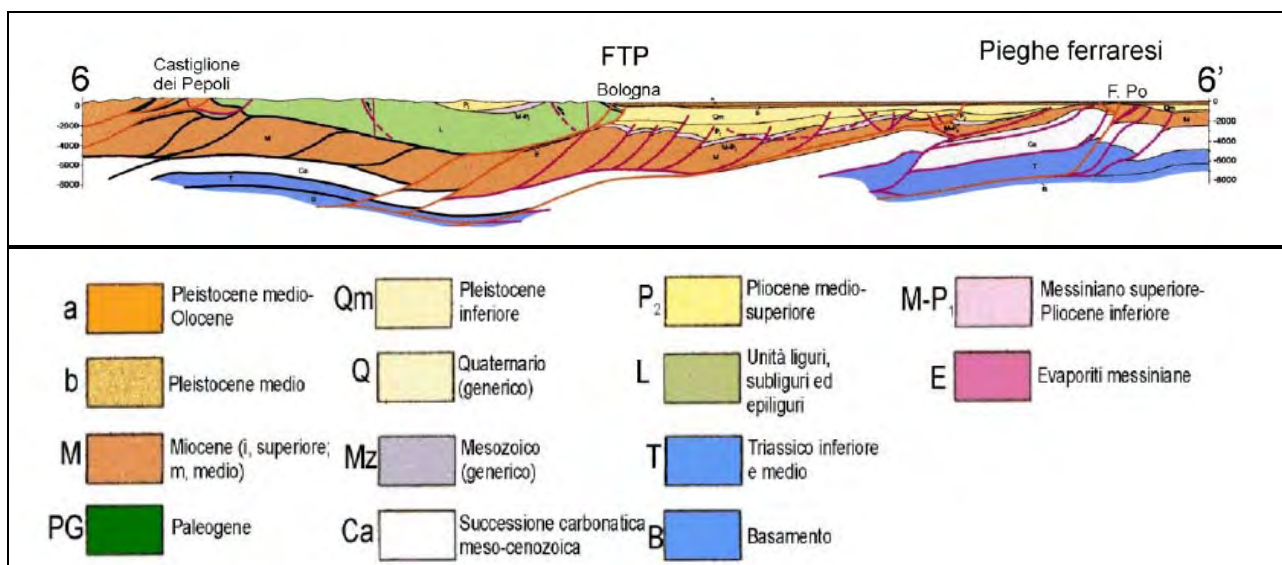


Figura 2.3-2

Sezione sismogeologica trasversale all'Appennino settentrionale (da Boccaletti et alii, 2010, modificata). La traccia della sezione è riportata in figura 2.3-1.



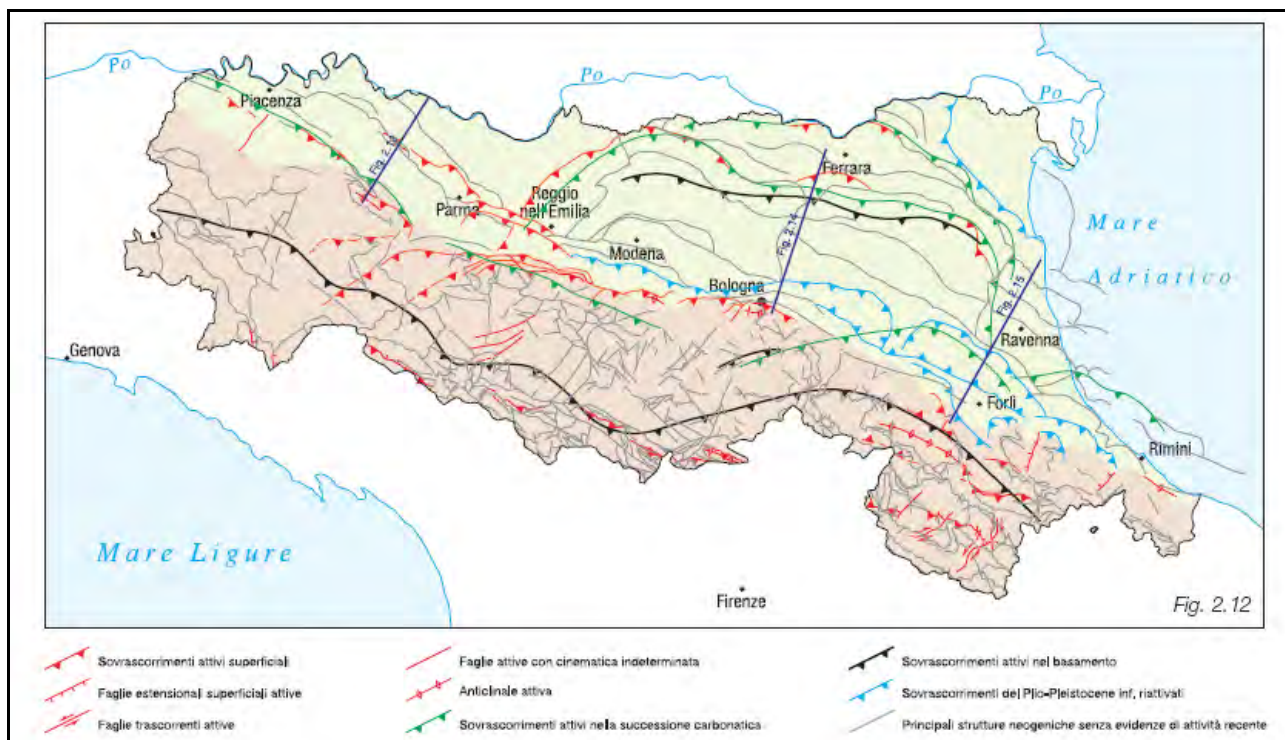
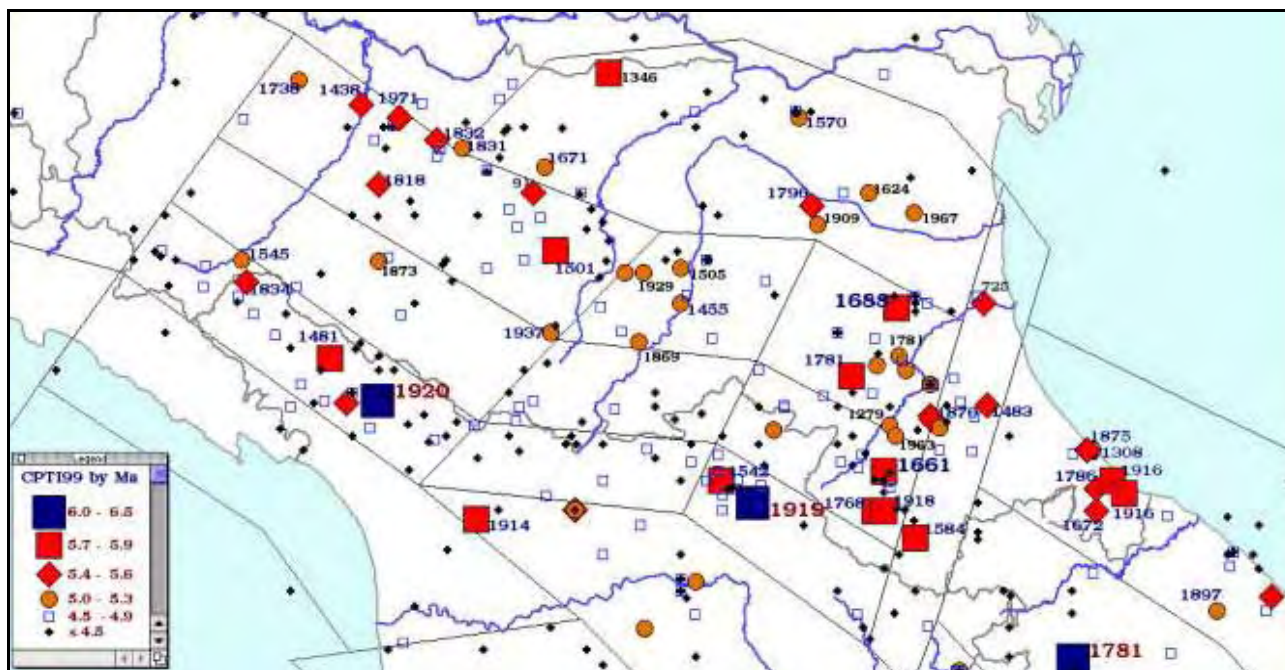


Figura 2.3-3  
**Principali strutture attive presenti in Emilia Romagna – scala grafica**  
 (da Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna – Note illustrative)



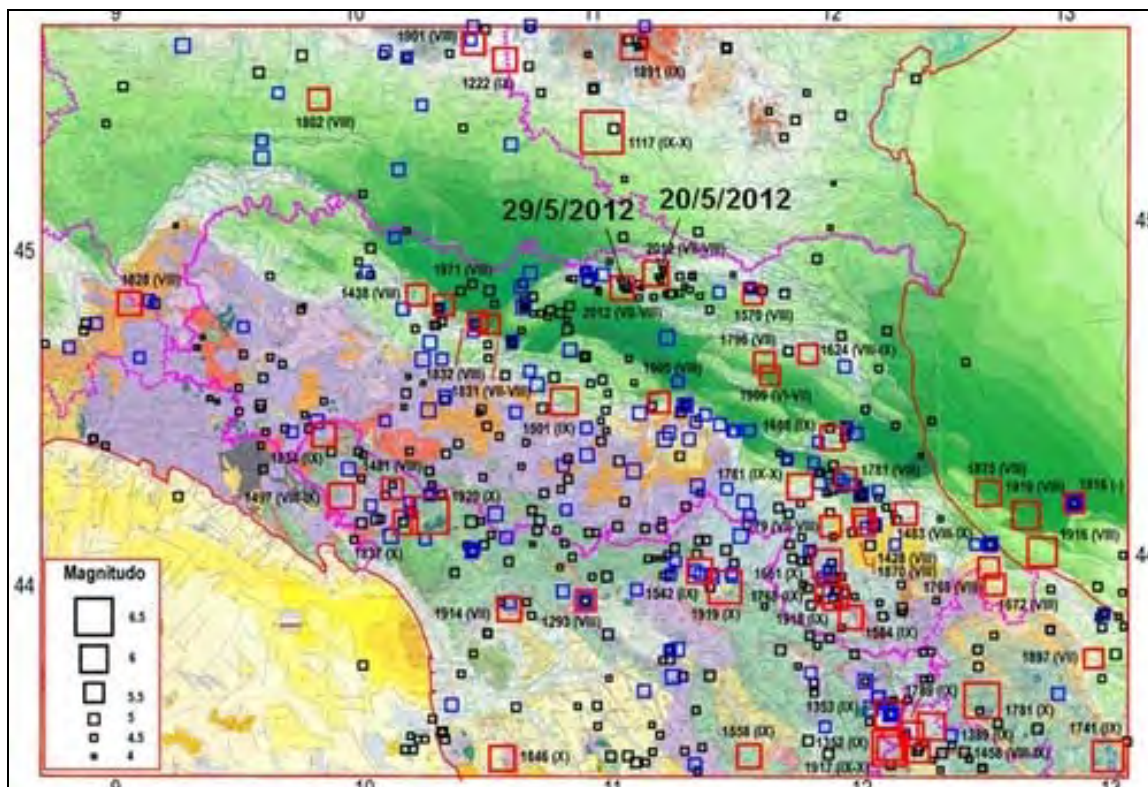


Figura 2.3-5

Localizzazione degli epicentri dei principali terremoti (magnitudo maggiore di 4) che hanno interessato l'Emilia-Romagna e le aree limitrofe. In azzurro i terremoti di magnitudo compresa tra 5 e 5,5, in rosso i terremoti di magnitudo maggiori di 5,5 (da Mantovani et al., 2013). Sono evidenziati anche i terremoti principali del 20 e 29 maggio 2012 e del 1570. Base cartografica: Structural Model of Italy (CNR, 1992).



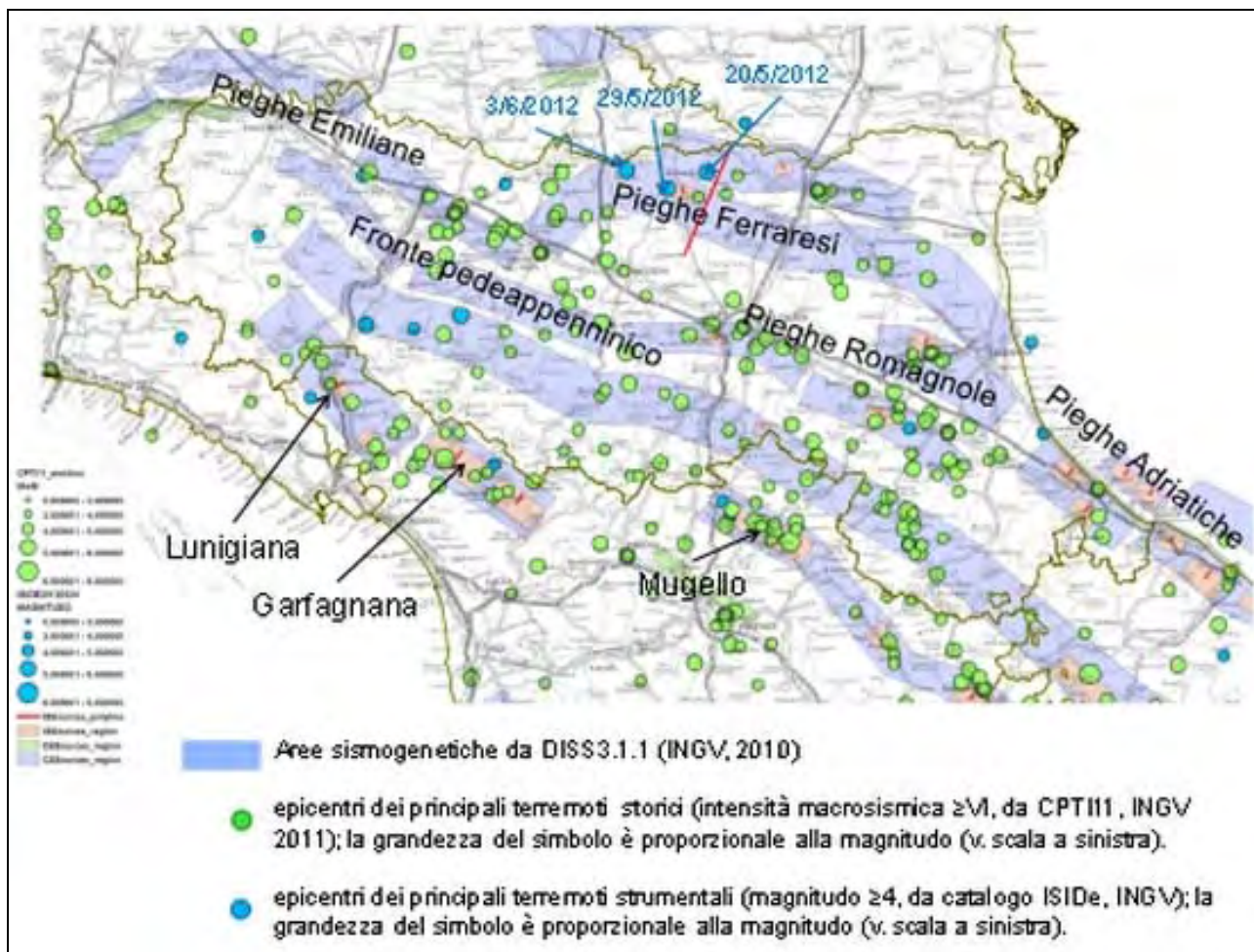


Figura 2.3-6

Epicentri dei principali terremoti e principali aree sismogenetiche dell'Emilia-Romagna e aree limitrofe. La linea rossa indica la traccia della sezione rappresentata sotto. (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/primo-piano/2013/terremoti-emiliani-2012-tra-certezze-storiche-e-indagini-scientifiche>)

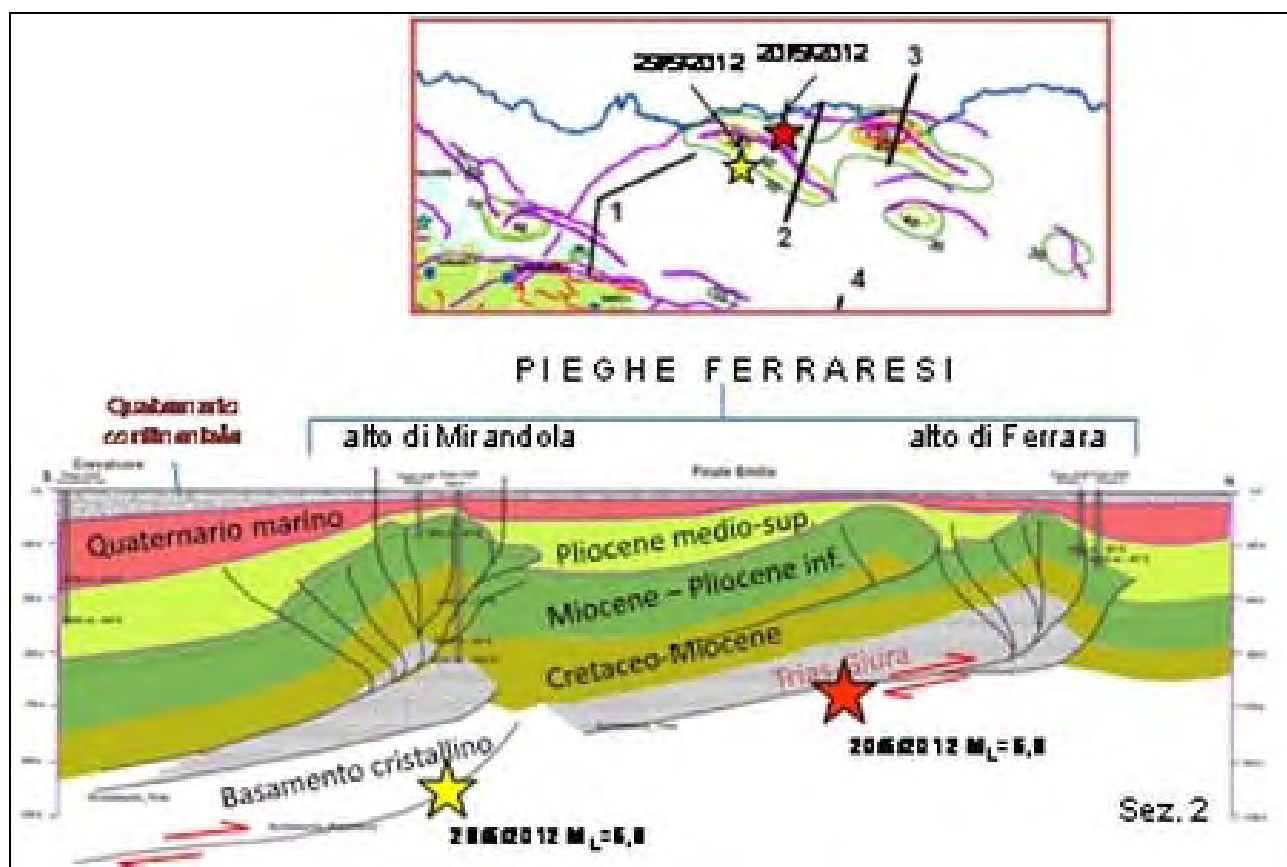


Figura 2.3-7

Sezione geologica attraverso la pianura modenese settentrionale, con proiezione degli ipocentri delle scosse principali del 20 e 29 maggio 2012 (da Martelli & Molinari, 2010). Profondità non in scala (sezione derivata da interpretazione diretta di un profilo sismico con scala verticale in tempi). (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/primo-piano/2013/terremoti-emiliani-2012-tra-certezze-storiche-e-indagini-scientifiche>)

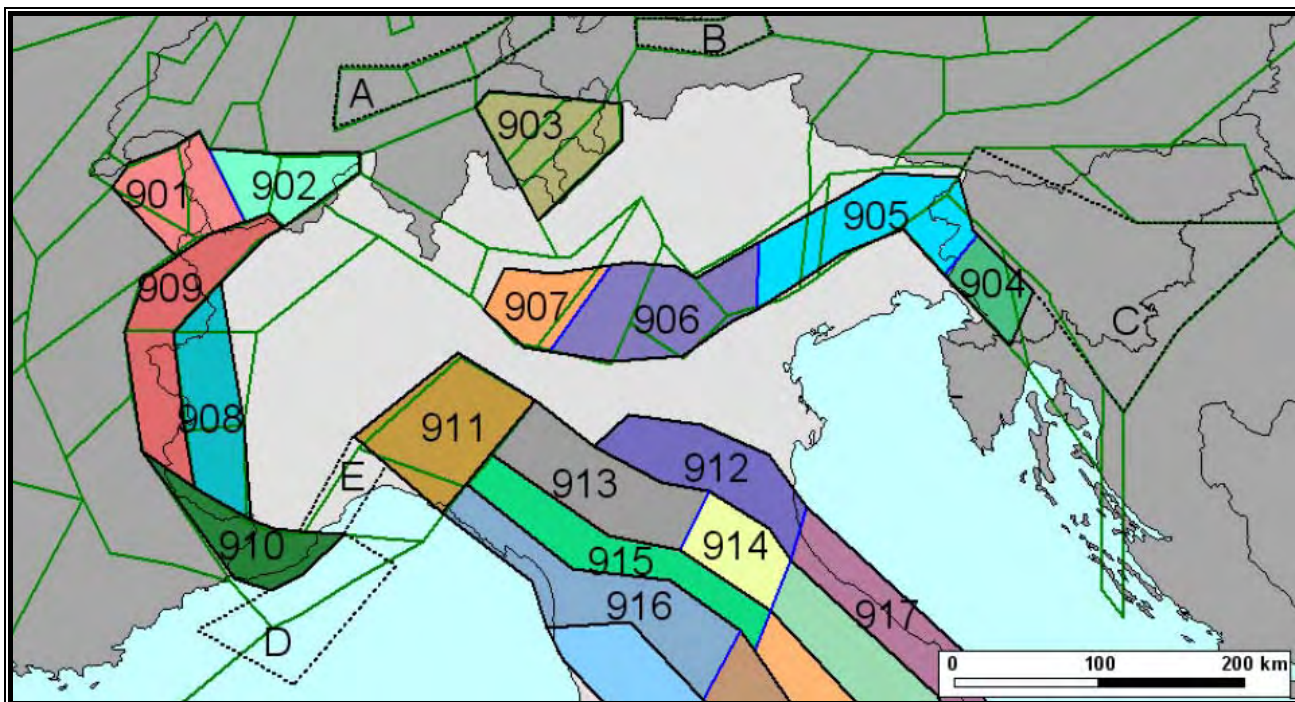


Figura 2.3–8  
**Zonazione sismogenetica ZS9 per il Nord Italia**

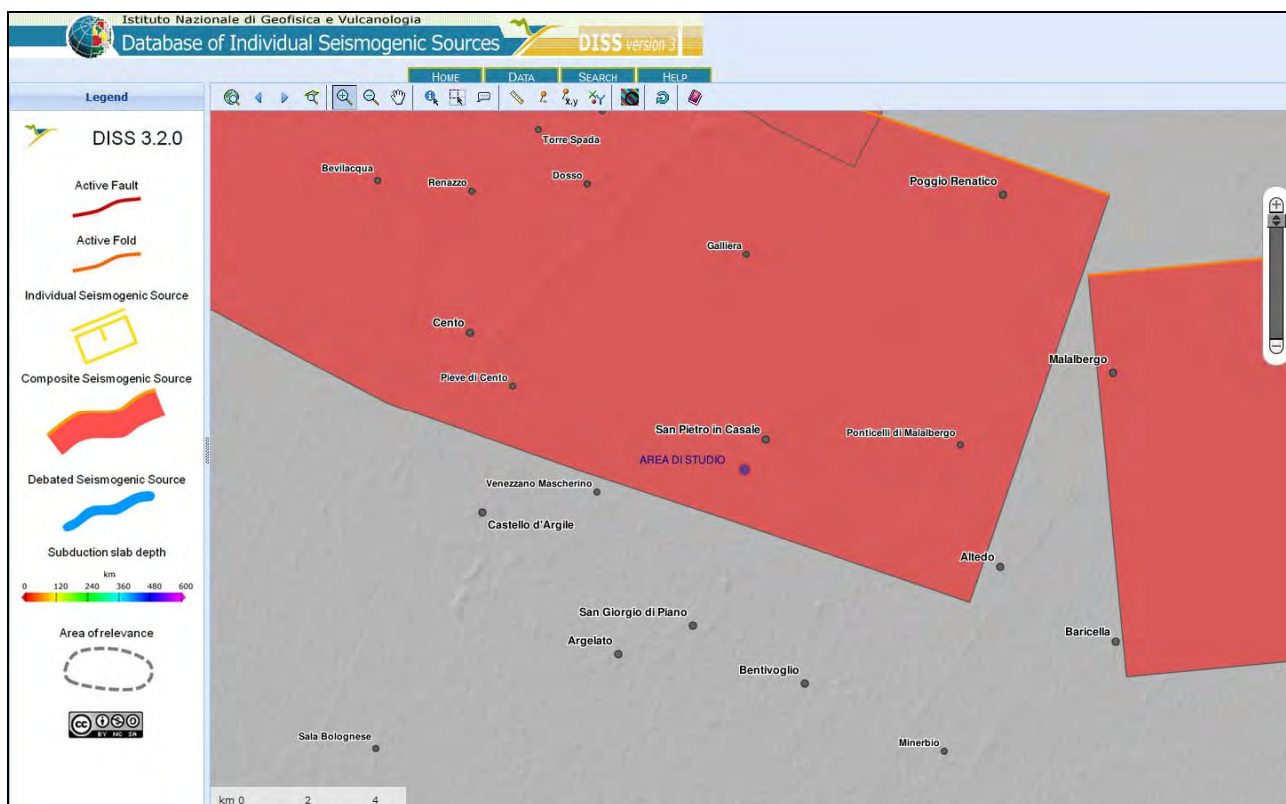


Figura 2.3–9  
**Individuazione delle strutture compressive e di fagliazione su DISS 3.2.0**



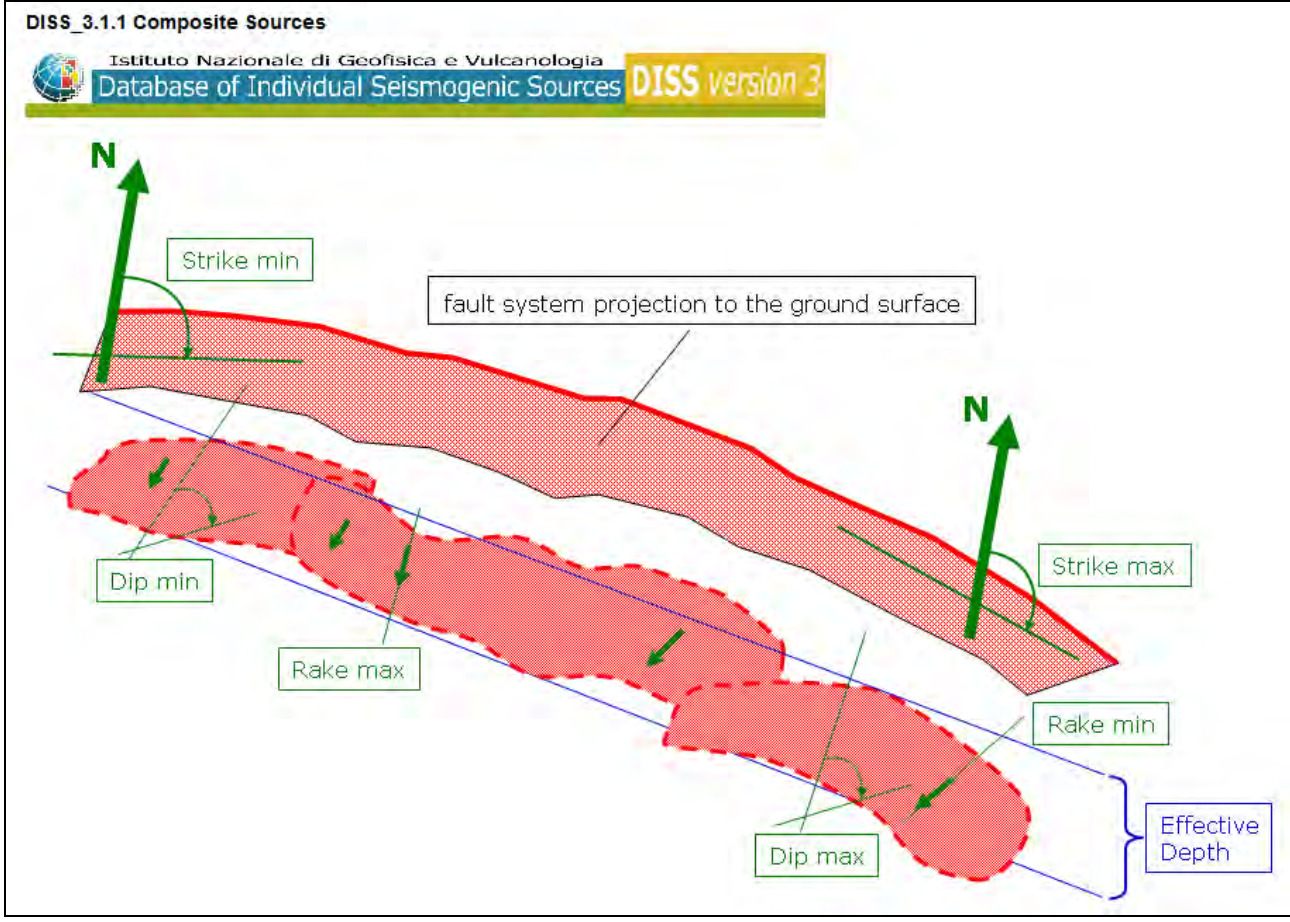


Figura 2.3–10  
**Sorgente sismogenetica composta**


<b>DISS-ID</b>	ITCS051		
<b>Name</b>	Carpi-Poggio Renatico		
<b>Compiler(s)</b>	Burrato P.(1)		
<b>Contributor(s)</b>	Burrato P.(1), D'Ambrogi C.(2), Maesano F.E.(2), Toscani G.(3)		
<b>Affiliation(s)</b>	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy 2) Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale; Servizio Geologico d'Italia; Via Vitaliano Brancati, 48, 00144 Roma, Italy 3) Universit di Pavia; Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente; Via Ferrata, 1, 27100 Pavia, Italy		
<b>Created</b>	16-Oct-2013		
<b>Updated</b>	01-Apr-2015		
<b>Display map ...</b>			
<b>Related sources</b>	<a href="#">ITIS107</a>		
<b>PARAMETRIC INFORMATION</b>			
	<b>PARAMETER</b>	<b>QUALITY</b>	<b>EVIDENCE</b>
	<b>Min depth [km]</b>	2.0 OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
	<b>Max depth [km]</b>	10.0 OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
	<b>Strike [deg] min... max</b>	50...120 OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
	<b>Dip [deg] min... max</b>	25...45 OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
	<b>Rake [deg] min... max</b>	80...100 OD	Inferred from geological and active stress data.
	<b>Slip Rate [mm/y] min... max</b>	0.5...1.04 LD	Based on geological data from Maesano et al. (2015).
	<b>Max Magnitude [Mw]</b>	6.0 OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).
LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;			
<b>ACTIVE FAULTS</b>			
	<b>ID</b>	<b>NAME</b>	<b>REFERENCES</b>
	78	Mirandola	Castaldini et al. [1979]
	79	Canalazzo di Finale Emilia	Castaldini et al. [1979]
	80	Concordia	Castaldini et al. [1979]

Figura 2.3–11

**Sorgente Sismogenetica ITCS051**



Figura 2.3-12  
 Eventi registrati a partire dal 2005, in un raggio di 50 km rispetto al sito - (Fonte ISIDe)

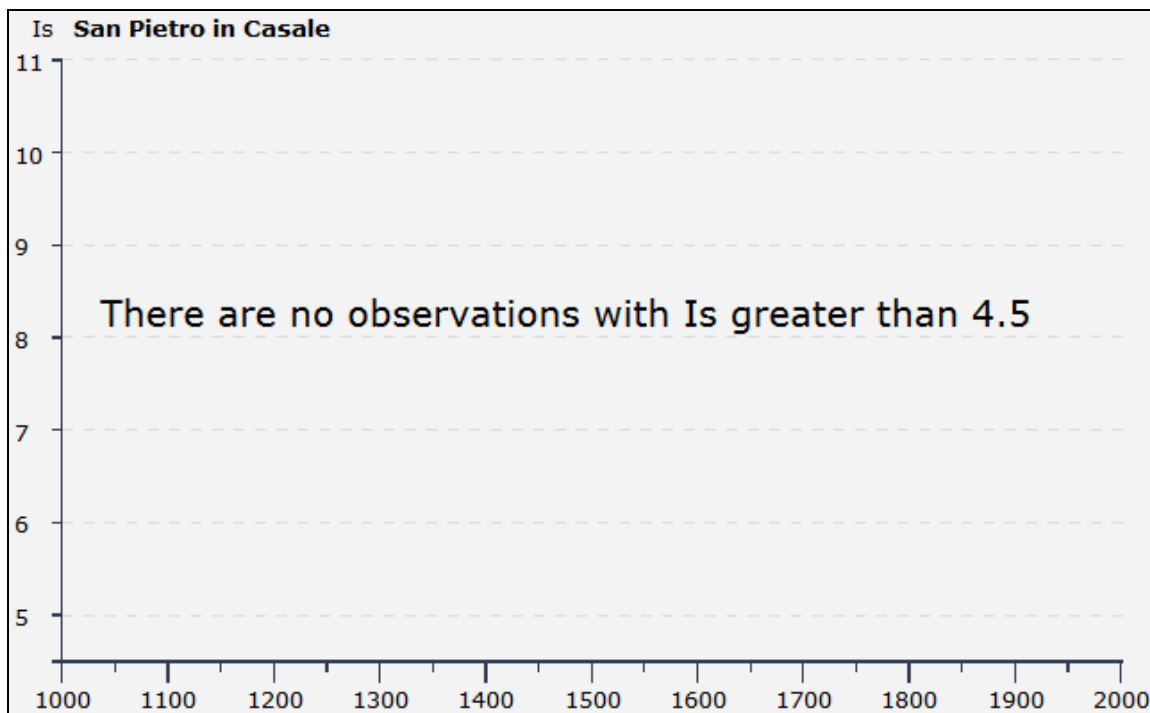


Figura 2.3-13  
 Grafico eventi della storia sismica di San Pietro in Casale  
 (da [http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query\\_place/](http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query_place/))



## 2.4. Forme del terreno e caratteri geomorfologici

L'area oggetto di studio è localizzata nella Pianura Padana e, quindi, la lettura dei caratteri geomorfologici può essere effettuata utilizzando i supporti cartacei a disposizione, integrati dalla conoscenza della zona derivante dall'esecuzione delle indagini riportate e descritte nella presente e di altre effettuate in zona.

Dall'analisi delle cartografie disponibili risulta che il sito di studio è localizzato all'interno di un'area suborizzontale, con quote prossime a + 16.60 mt mt rispetto al l.m.m. Come si vedrà più avanti, le indagini geognostiche eseguite, evidenziano la presenza di sedimenti originatisi prevalentemente in seguito ad eventi a bassa o nulla energia idrodinamica (depositi alluvionali), caratterizzati da depositi coesivi e coesivo-organici (argille, argille limose, limi argillosi e terreni organici e torbosi), poggianti su sedimenti originatisi in seguito ad eventi a medio-alta energia idrodinamica (dinamica fluviale) caratterizzati da depositi di terreni granulari (sabbie e sabbie limose) (Figura 2.3-2).

Le caratteristiche sopra descritte si possono leggere in parte, a piccola scala, anche sulla Carta Geomorfologica della Pianura Padana, in base alla quale nella zona si rilevano tratti di pianura alluvionale limosi ed argillosi, tratti di un dosso fluviale poco pronunciato o a forte pendenza longitudinale e tracce di un ventaglio di esondazione.

### Supporti cartografici

- Figura 2.4-1. Carta Geomorfologica della Pianura Padana – scala 1:250.000
- Figura 2.4-2. Grafici della resistenza alla punta delle prove analizzate

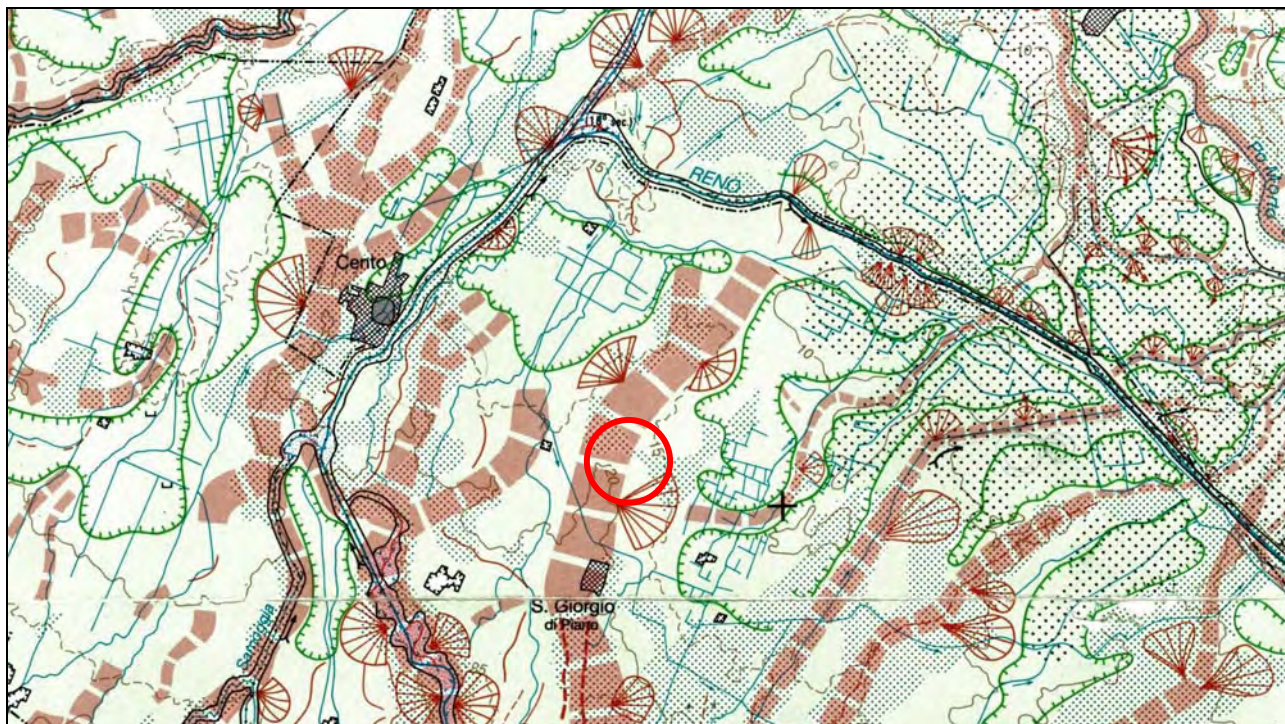


Figura 2.4-1

**Stralcio della Carta Geomorfologica della Pianura Padana - Scala 1:250.000**

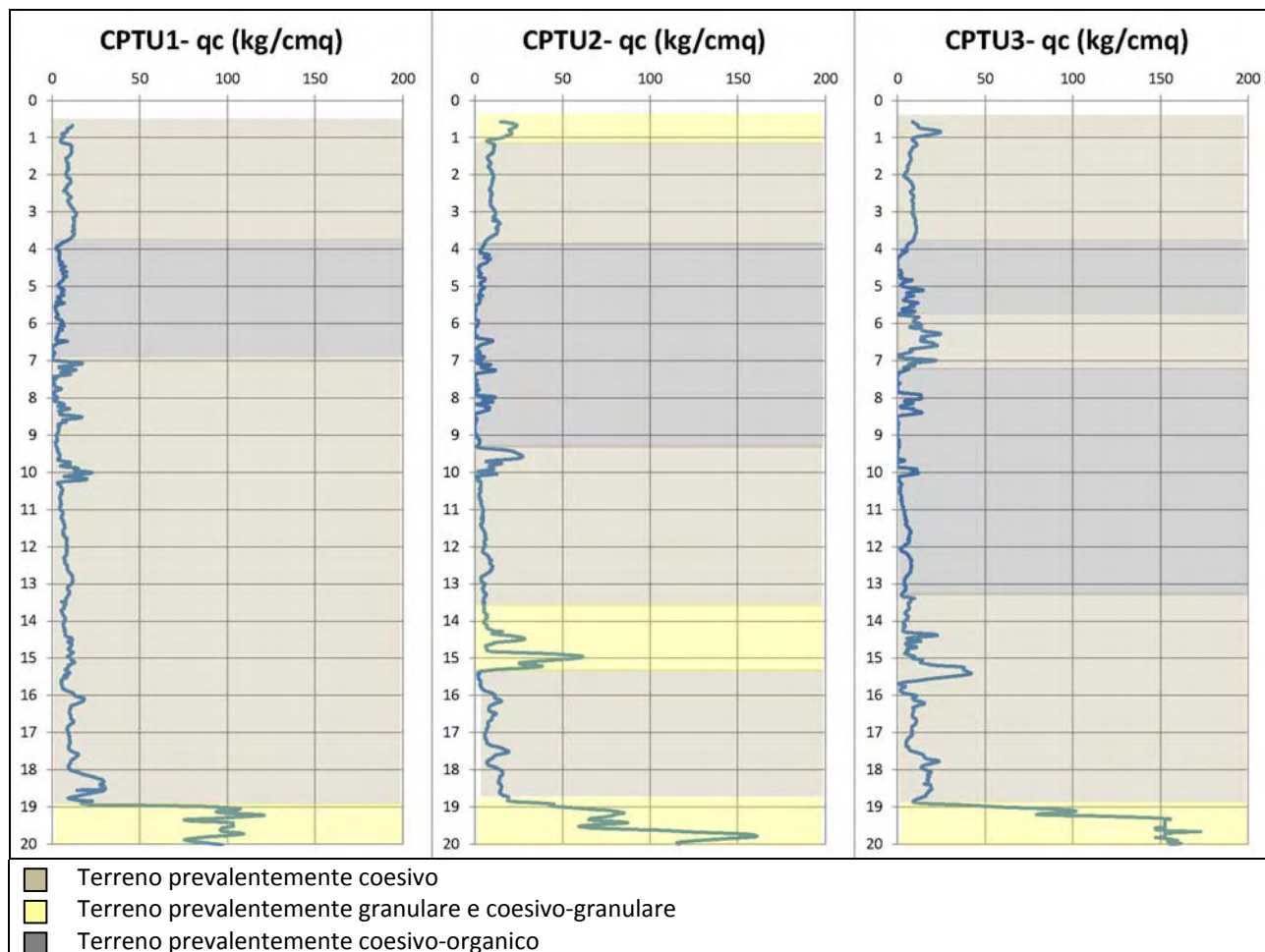


Figura 2.4-2

**Grafici della resistenza alla punta delle prove analizzate**



## 2.5. Subsidenza

In base agli studi messi a disposizione da Arpa, nell'area oggetto di studio la velocità di movimento verticale del suolo varia da mm -7.5 a mm 5 all'anno, considerando le isocinetiche relative al periodo di tempo 2006/2011, come si evince dalla cartografia in figura 2.4-1.

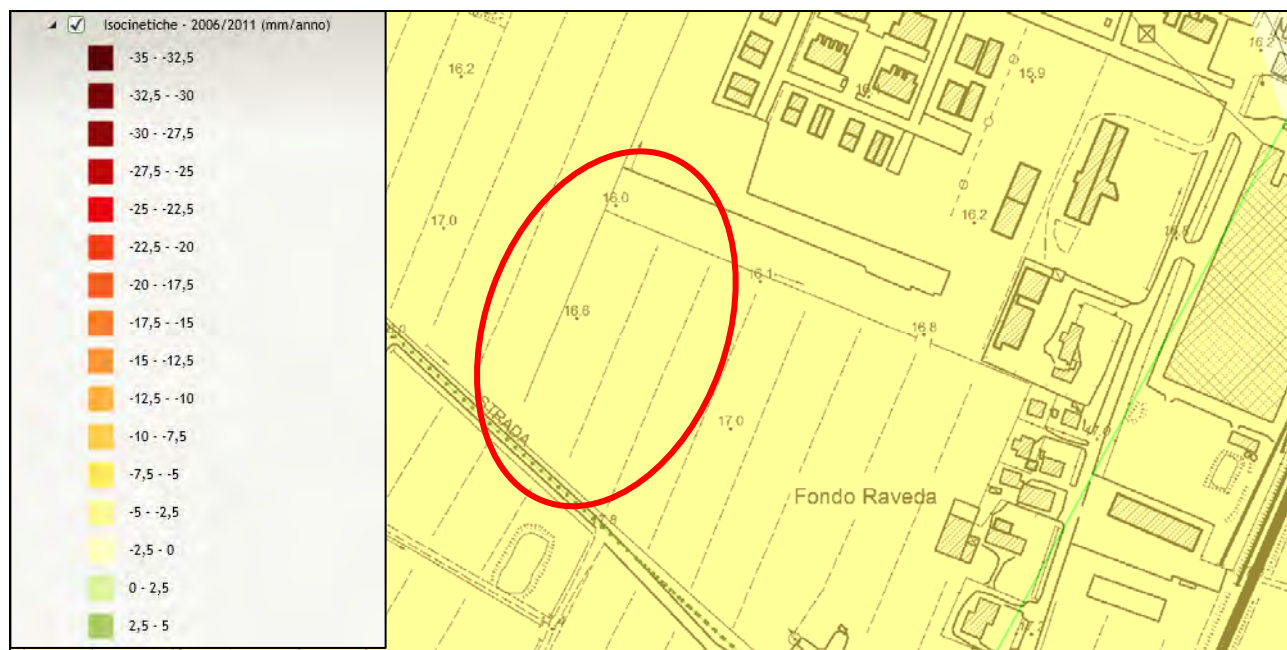


Figura 2.5-1

**Stralcio della cartografia delle velocità di movimento verticale del suolo; elaborata dall'ARPA Emilia-Romagna**  
(<http://servizigiis.arpa.emr.it/Geovistaweb/default.aspx>)

## 2.6. Rischio geologico

L'area oggetto di studio ricade all'interno di un vasto territorio di pianura, nel quale non sussistono quindi rischi legati a movimenti di versante, erosioni o sismicità connessa a fenomeni vulcanici. Per quanto riguarda i rischi legati a problematiche di tipo idrogeologico e sismico, si rimanda ai paragrafi specifici di seguito riportati.

## 2.7. Caratteri idrogeologici e idrologici

Ad interpretazione della situazione idrogeologica locale va innanzitutto segnalato come, dal punto di vista idrogeologico, si intenda acquifero *“una formazione idrogeologica permeabile che permette il deflusso significativo di una falda idrica sotterranea e la captazione di quantità apprezzabili d'acqua con mezzi economici”*.

In base alla definizione sopra riportata, la falda deve quindi avere un deflusso, il quale dovrà essere caratterizzato da spostamenti a prevalente componente orizzontale. Tale definizione è assunta dalla Delibera del 4 Febbraio 1977 che definisce *“falda superficiale”* un serbatoio d'acqua sotterranea che ha contatti diretti con le acque di superficie, presumendone quindi un flusso.



Nei fori residuali delle indagini eseguite, alla data di esecuzione delle stesse, è stata misurata la quota della falda (o superficie di saturazione), alle profondità indicate in tabella:

TABELLA 2.7-1

PROFONDITÀ SUPERFICIE FREATICA DAL P.C. IN DATA 18 MAGGIO 2016

Identificativo indagine	Profondità della sup. di saturazione dal p.c. (mt)
CPTU1	1.95
CPTU2	1.90
CPTU3	1.30

Vista la situazione al contorno, in base alle risultanze delle prove penetrometriche, l'acqua rilevata all'interno dei fori residuali delle indagini eseguite, corrisponde ad acqua d'infiltrazione superficiale o di saturazione a movimento prevalentemente verticale (manca la componente serbatoio) regimata soprattutto dall'evapotraspirazione e dall'infiltrazione efficace. Tale acqua di strato viene normalmente comunque denominata falda superficiale, anche se la tale terminologia non è corretta.

Dal Modello Idrogeologico del Quadro Conoscitivo del P.S.C. Reno Galliera – Terre di Pianura si evince che l'area di studio ricade in corrispondenza di un sistema idrogeologico delle alluvioni recenti, nello specifico acquifero a media conducibilità, formazione idrogeologica degli argini naturali.

Per quanto riguarda le acque di superficie, va segnalata la presenza dello Scolo Raveda, ubicato in direzione nord ad una distanza di circa mt 480. Si segnala, inoltre, la presenza di due piccoli maceri posti, rispettivamente a circa mt 90 in direzione sud e a circa mt 165 in direzione nord-ovest dall'area di studio. Viste le distanze del sito in esame dal corso d'acqua e dagli invasi, si ritiene che non possano concorrere direttamente nella regimazione della falda ma solamente, per quanto riguarda lo Scolo, in maniera secondaria per effetto dello scolo delle acque superficiali e, in genere, della regimazione delle acque meteoriche e irrigue.

Dalla Carta Idrogeologica del Quadro Conoscitivo del P.S.C. Reno Galliera – Terre di Pianura si evince che l'area di studio ricade nelle vicinanze della isofreatica con quota pari a 14 mt s.l.m.; pertanto si desume che i livelli misurati in data 18 maggio 2016, fossero superiori al livello medio annuo.

Supporti Grafici e Cartografici:

- Figura 2.7-1. Schema di identificazione del sistema acquifero
- Figura 2.7-2. Schema movimento dell'acqua nel sottosuolo
- Figura 2.7-3. Tavola AC.1.2b – Sistema naturale e ambientale – Carta Idrogeologica – Quadro Conoscitivo - P.S.C. elaborato in forma associata – Reno Galliera – Terre di Pianura
- Figura 2.7-4. Tavola AC.1.3 – Sistema naturale e ambientale – Modello Idrogeologico – Quadro Conoscitivo - P.S.C. elaborato in forma associata – Reno Galliera – Terre di Pianura

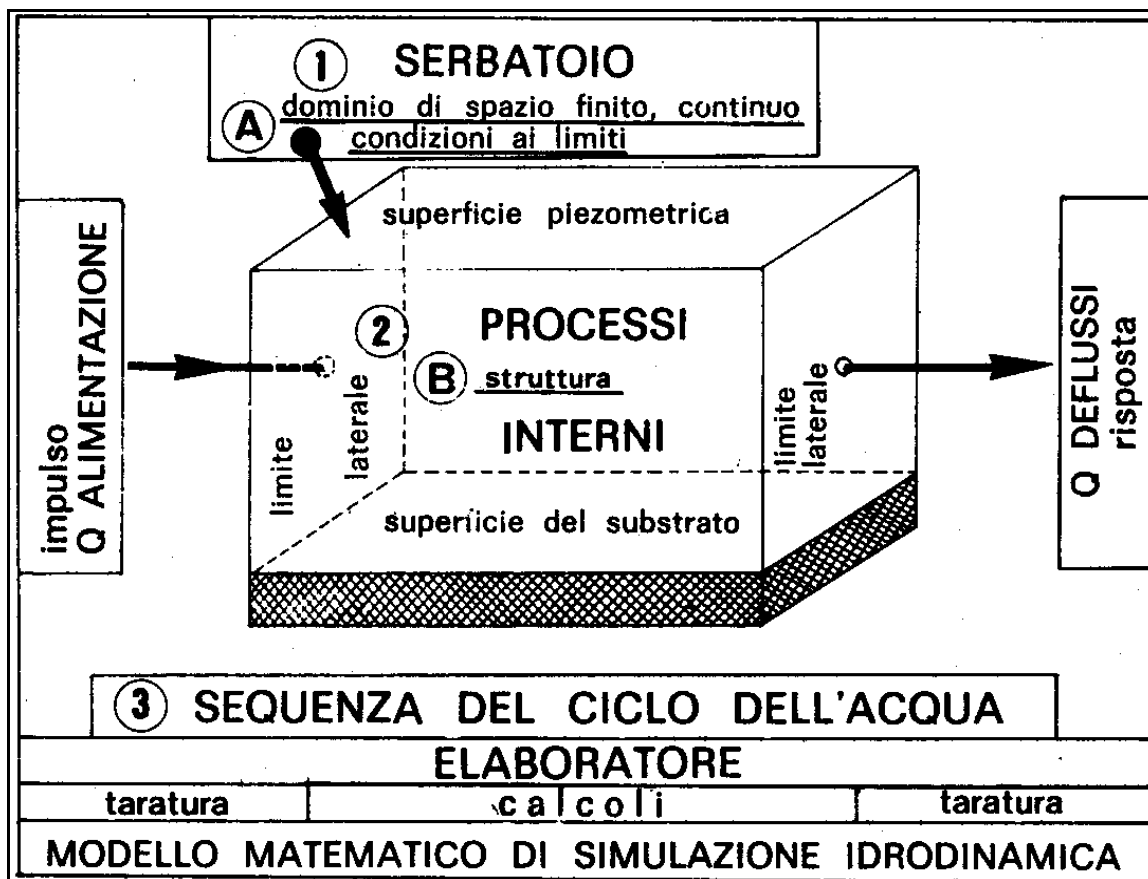


Figura 2.7-1  
 Schema di identificazione del sistema acquifero

<b>direzione</b>	<b>verso</b>	<b>fenomenologia</b>	<b>zone di umidità interessate</b>
prevalentemente verticale	discendente	percolazione verso la falda	zona di aerazione
	ascendente	ascensione capillare	
	alternato	oscillazioni del livello piezometrico	fascia di oscillazione
prevalentemente orizzontale	—	deflusso della falda	zona di saturazione

Figura 2.7-2  
 Movimento dell'acqua nel sottosuolo

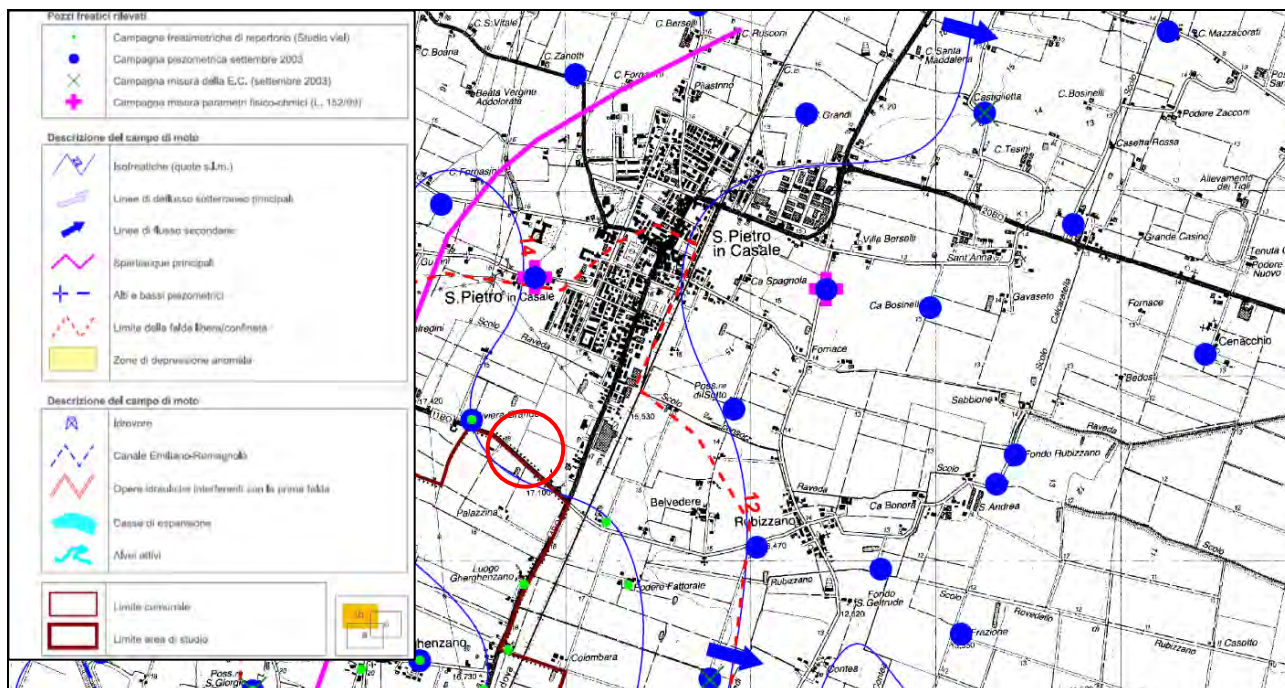


Figura 2.7-3

**Tavola AC.1.2b – Sistema naturale e ambientale – Carta Idrogeologica – Quadro Conoscitivo - P.S.C. elaborato in forma associata – Reno Galliera – Terre di Pianura**

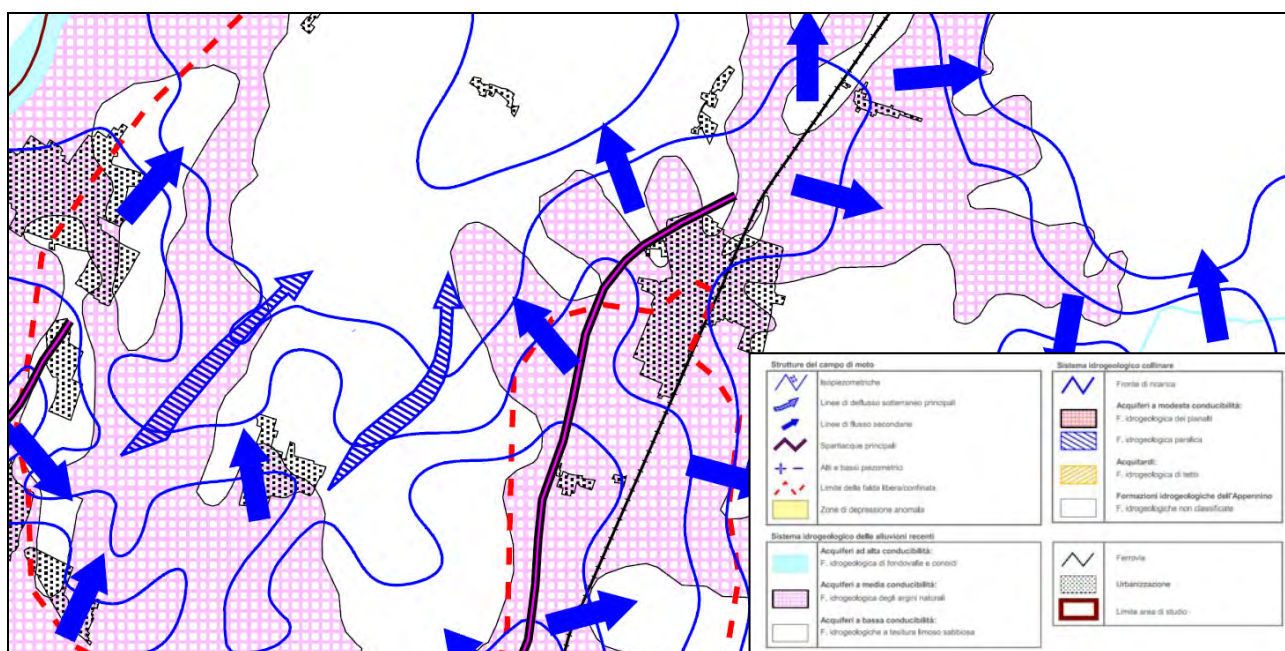


Figura 2.7-4

**Tavola AC.1.3 – Sistema naturale e ambientale – Modello Idrogeologico – Quadro Conoscitivo - P.S.C. elaborato in forma associata – Reno Galliera – Terre di Pianura**



 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	--

## 2.8. Campagna di indagini

Indagini eseguite: prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono, prelievo campioni di terreno per analisi di laboratorio terre.

### 2.8.1. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PIEZOCONO (CPTU)

Numero di indagini eseguite: 3.

In base alla circolare 2 Febbraio 2009, N. 617 – C.S.LL.PP., C6.2.2, le indagini geognostiche devono garantire una adeguata caratterizzazione geotecnica del volume significativo del terreno, definita come *“la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione dell’opera e che influenza l’opera stessa”*. A tal proposito, in funzione delle indicazioni riportate negli strumenti di pianificazione vigenti, degli scopi del presente lavoro e delle informazioni disponibili, sono stati definiti il numero e le profondità d’indagine.

Profondità d’indagine: CPTU1, mt 20.03 da piano campagna; CPTU2, mt 20.01 da piano campagna; CPTU3, mt 20.01 da piano campagna.

In base alla conoscenza della zona da parte degli scriventi e in relazione all’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, allegato 4, cap. 2.3, le profondità delle prove sono state programmate al fine di verificare l’eventuale presenza di strati spessi e continui di sabbia potenzialmente liquefacibile. Nello specifico, per manufatti con fondazioni superficiali, se fosse presente terreno sabbioso saturo a profondità superiori a mt 15.00/20.00 dal piano campagna, si potrebbe omettere la verifica della suscettibilità a liquefazione, in quanto il carico litostatico costituisce un fattore contrastante rispetto all’innescio di tale fenomeno. *La liquefazione è un fenomeno che si verifica in formazioni sabbiose sature d’acqua, con superfici di falda entro pochissimi metri dalla superficie. Molto difficilmente essa arriva ad interessare strati che si trovino a profondità maggiori di mt 15-20 (“La liquefazione del terreno in condizioni sismiche”, da Crespellani, Nardi, Simoncini, 1988). Questa profondità corrisponde, in campo libero, a una pressione litostatica totale intorno a 0.3 – 0.4 Mpa. È molto difficile che un evento sismico riesca a produrre variazioni di pressione interstiziale  $\Delta u$  superiori a questo valore (“La liquefazione dei terreni” – Teoria, normativa e procedura di calcolo, Di Bernardo, 2011).*

Le profondità raggiunte sono inoltre sufficienti ad indagare il volume significativo dal punto di vista geotecnico e a fornire informazioni in merito alla categoria di suolo.

Ditta incaricata per l’esecuzione delle prove penetrometriche: Geotea s.r.l. - Via della tecnica civ. 57/A4 – San Lazzaro di Savena (BO).

Note: l’ubicazione delle prove è stata indicata dalla Committenza e condizionata dalla presenza di una fascia, localizzata nei pressi del confine orientale e probabilmente costituita da riporto superficiale, più rilevata rispetto alla restante parte del lotto attualmente destinato ad erbario. Di fatto la quota di tale fascia è prossima a quella della Strada Provinciale a sud, mentre la zona ad erbario in corrispondenza della quale sono state effettuate tutte le prove, è più depressa. E’ presumibile che le quote finali delle strade di lottizzazione, siano prossime rispetto alla Strada Provinciale. Di tale situazione si dovrà tenere conto nelle successive fasi progettuali, in quanto i lotti 2, 4, 5, 6, 7, cadono in parte in corrispondenza dell’attuale erbario e in parte in corrispondenza della fascia più rilevata.

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	--

## 2.8.2. CAMPIONI DI TERRENO

In data 17 maggio 2016, per mezzo di un campionatore ad infissione sono stati prelevati n. 3 campioni di terreno nei pressi delle prove penetrometriche effettuate. Nello specifico, tali campioni sono stati prelevati per effettuare le prime analisi finalizzate a valutare i cedimenti post-sismici nelle argille.

Numero campioni prelevati: 3.

Modalità di prelievo: campionatore ad infissione.

Profondità di campionamento C1: da mt 1.30 a mt 2.00

Profondità di campionamento C2: da mt 1.30 a mt 2.00

Profondità di campionamento C3: da mt 1.30 a mt 2.00

Analisi effettuate: su n. 3 campioni classificazione limiti di consistenza di Atterberg.

Laboratorio incaricato: Geotea s.r.l. via della Tecnica civ. 57/A4 – San Lazzaro di Savena (Bo)

Supporti cartografici e grafici:

- Immagine 2.8-1. Foto da satellite - ubicazione indagini effettuate
- Immagine 2.8-2. Fase di esecuzione CPTU1
- Immagine 2.8-3. Fase di esecuzione CPTU2
- Immagine 2.8-4. Fase di esecuzione CPTU3
- Figura 2.8-5. Planimetria generale di progetto
- Figura 2.8-6. Stato di progetto – area di studio – ubicazione indagini



Immagine 2.8-1

**Foto da satellite – Google Earth**

Ubicazione indagini effettuate





Immagine 2.8-2  
**Fase di esecuzione CPTU1**



Immagine 2.8-3  
**Fase di esecuzione CPTU2**



Immagine 2.8-4

**Fase di esecuzione CPTU3**



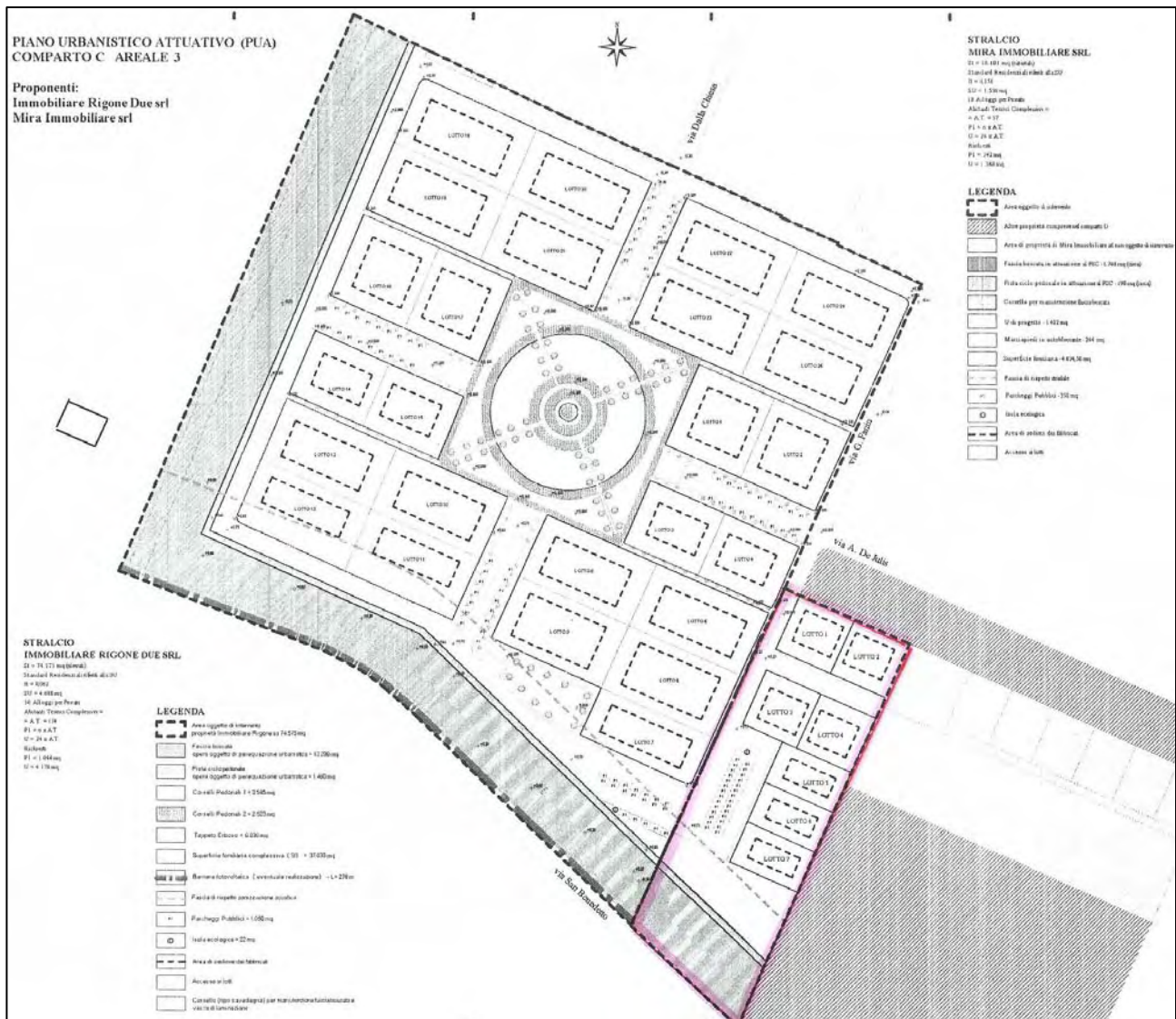


Figura 2.8-5  
 Planimetria generale di progetto



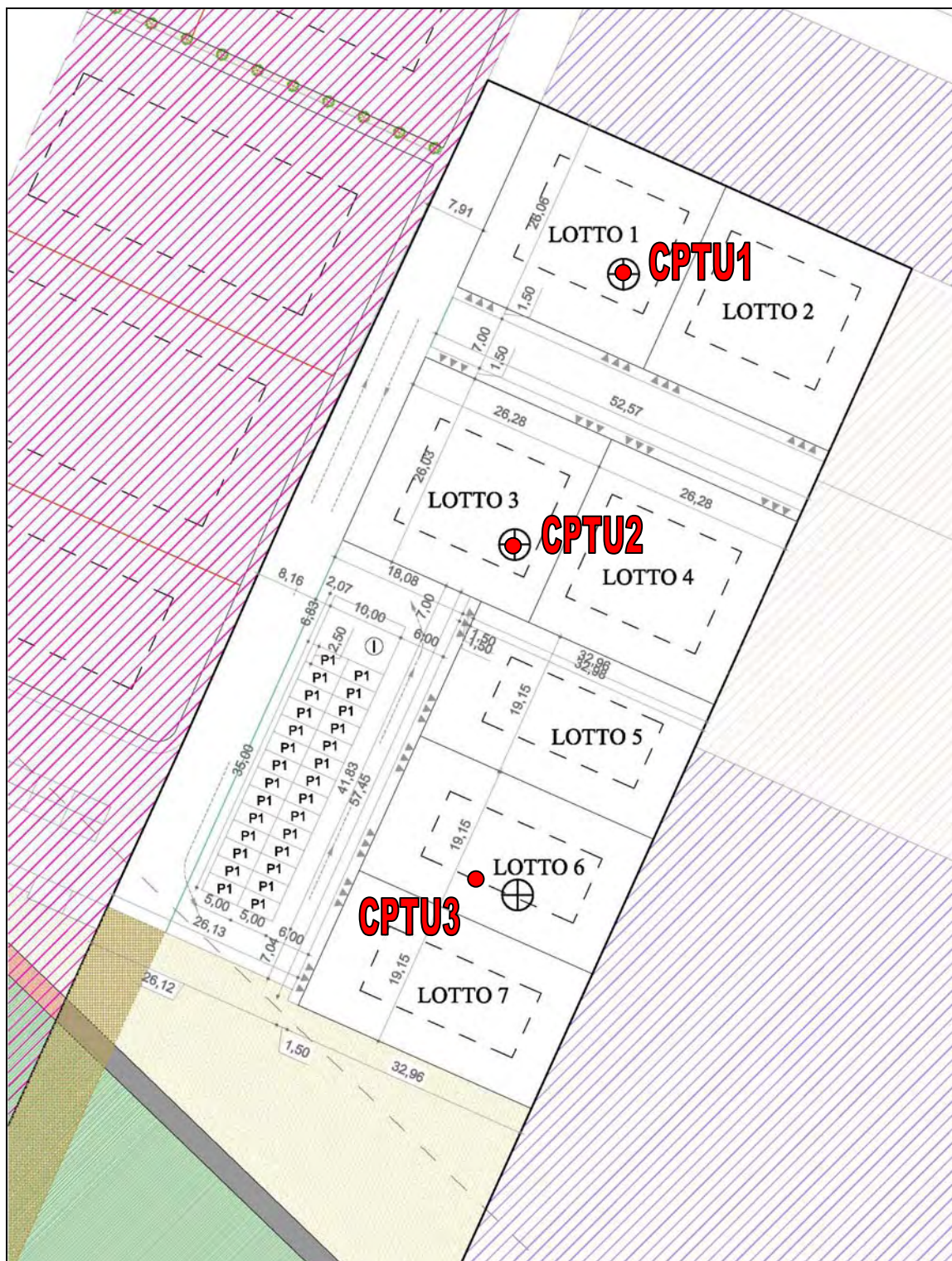


Figura 2.8-6  
Stato di progetto – area di studio – ubicazione indagini

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	--

## 2.9. Campagna geognostica - Risultati

Come accennato, al fine di acquisire dati specifici del sito, sono state effettuate tre prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono spinte a mt 20.03/20.01 da piano campagna e sono stati analizzati n. 3 campioni di terreno, prelevati a profondità comprese tra mt 1.30 e mt 2.00 da p.c.

### 2.9.1. ELABORAZIONE CPTU: CARATTERI LITOLGICI - MODALITÀ DI VALUTAZIONE

Per il riconoscimento delle successioni litostratigrafiche, è stato utilizzato il metodo di Robertson 1986, tramite applicazione di un pacchetto software Geostru. Tale metodo è uno dei consigliati per le elaborazioni delle CPTU nelle zone in cui ci si è trovati ad operare.

Si riporta di seguito il grafico del tipo di comportamento di terreno (SBT) utilizzato dal metodo di Robertson 1986. Esso utilizza 12 classi di tipo di suolo, a differenza del metodo Robertson 1990 che ne utilizza 9. Inoltre il metodo è basato sulla resistenza alla punta  $q_c$  ed il rapporto di attrito  $R_f$ , mentre i grafici più recenti sono sviluppati sulla base di parametri normalizzati.

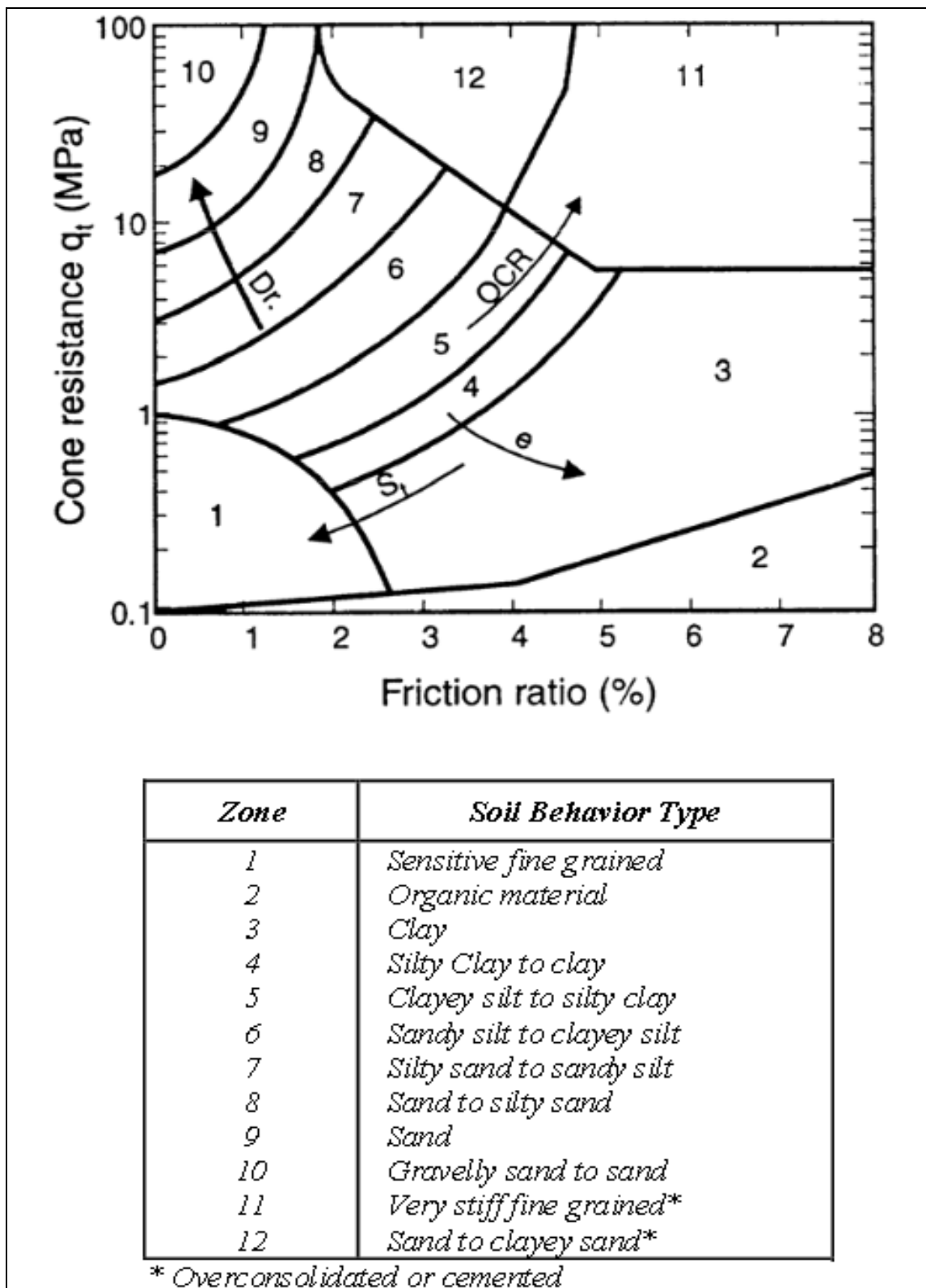


Figura 2.9.1-1

Grafico SBT di Robertson et al (1986) in base alla resistenza del cono CPT,  $q_t$ , e il rapporto di attrito,  $R_f$  (dove  $R_f = (f_s / q_t) \text{ il } 100\%$ )



## 2.9.2. ELABORAZIONE CPTU: DEFINIZIONE DELLE UNITÀ LITOTECNICHE

Come accennato, la zona in esame è situata all'interno della piana alluvionale originatasi in seguito alla deposizione dei materiali in sospensione nelle acque dei fiumi che attraversavano l'attuale Pianura Padana. I depositi fluviali che ne sono derivati, sono invariabilmente costituiti dall'alternanza ciclica di corpi sedimentari a granulometria prevalentemente fine, con corpi sedimentari a granulometria prevalentemente grossolana. Per mezzo dell'elaborazione delle prove, è stato possibile definire le litologie e gli strati elencati nelle seguenti tabelle, descritti con riferimento alla prevalenza dei terreni in essi contenuti.

TABELLA 2.9.2-1  
CPTU1 – DESCRIZIONI LITOLOGICHE

N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore (mt)	
	tetto (mt)	letto (mt)			
1	0.00	0.66	Preforo	0.66	
2	0.66	3.84	Argille	3.18	
3	3.84	6.98	Argille	3.14	
4	6.98	10.22	Argille	3.24	
5	10.22	13.80	Argille	3.58	
6	13.80	16.12	Argille limose - argille	2.32	
7	16.12	18.00	Argille	1.88	
8	18.00	18.92	Argille limose - argille	0.92	
9	18.92	20.04	Sabbie – sabbie limose	1.12	

TABELLA 2.9.2-2  
CPTU2 – DESCRIZIONI LITOLOGICHE

N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore (mt)	
	tetto (mt)	letto (mt)			
1	0.00	0.56	Preforo	0.56	
2	0.56	1.22	Limi sabbiosi e limi argillosi	0.66	
3	1.22	3.98	Argille	2.76	
4	3.98	9.34	Terreni organici e torbosi	5.36	
5	9.34	10.06	Limi argillosi e argille limose	0.72	
6	10.06	13.64	Argille	3.58	
7	13.64	15.32	Limi sabbiosi e limi argillosi	1.68	
8	15.32	18.82	Argille	3.50	
9	18.82	20.02	Sabbie – sabbie limose	1.20	

TABELLA 2.9.2-3

CPTU3 – DESCRIZIONI LITOLOGICHE

N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore (mt)	
	tetto (mt)	letto (mt)			
1	0.00	0.56	Preforo	0.56	
2	0.56	1.20	Limi argillosi e argille limose	0.64	
3	1.20	3.82	Argille	2.62	
4	3.82	5.76	Argille	1.94	
5	5.76	7.22	Limi argillosi e argille limose	1.46	
6	7.22	13.30	Terreni organici e torbosi	6.08	
7	13.30	14.24	Argille	0.94	
8	14.24	15.52	Limi argillosi e argille limose	1.28	
9	15.52	18.90	Argille	3.38	
10	18.90	20.02	Sabbie	1.12	

Le caratterizzazioni specifiche delle singole unità sono riportate nelle schede di elaborazione al paragrafo 3.3.1 della presente relazione.

Di seguito si riportano i grafici delle prove elaborate per mezzo del software Static Probing.

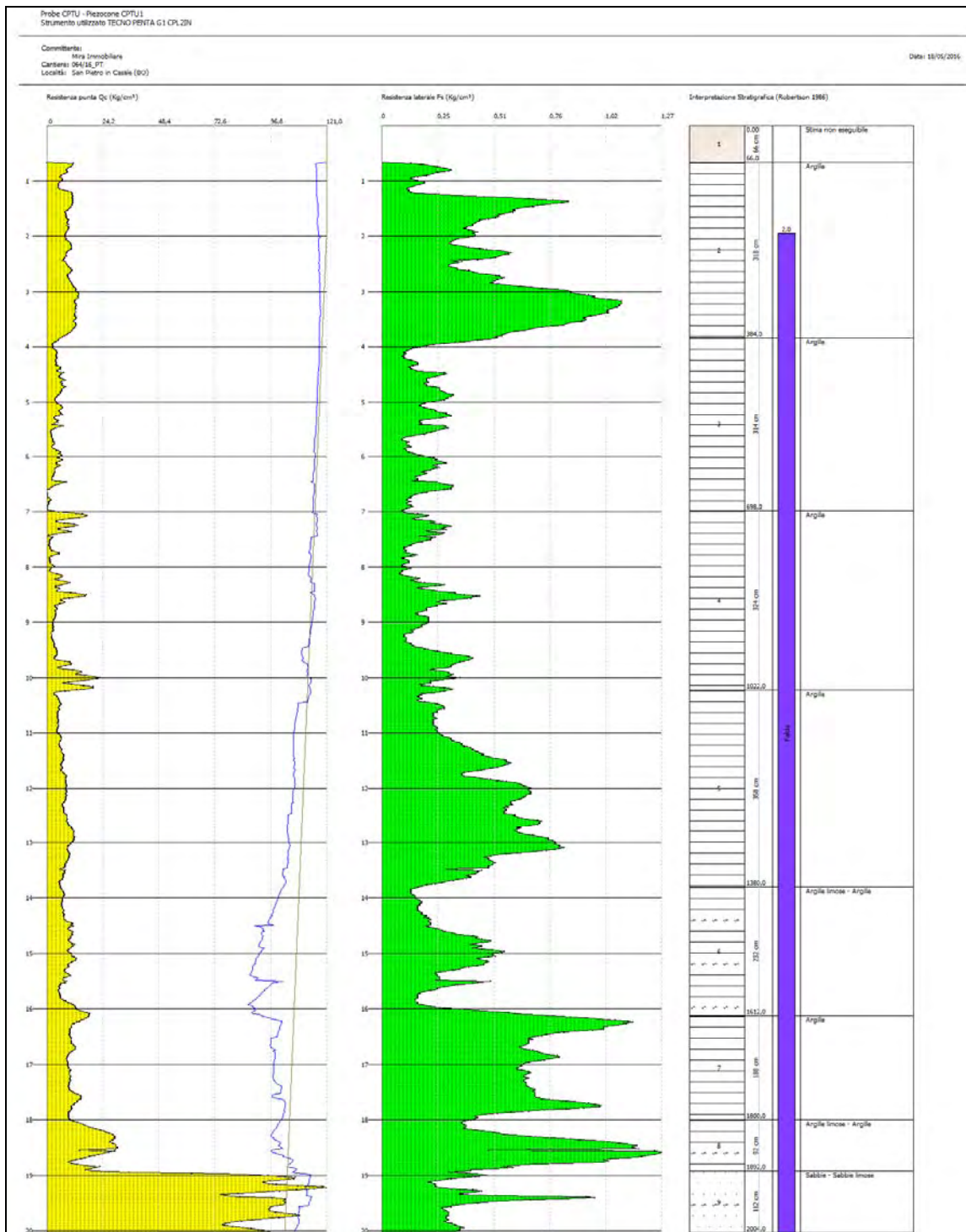


Figura 2.9.2-1  
 Grafico prova CPTU1



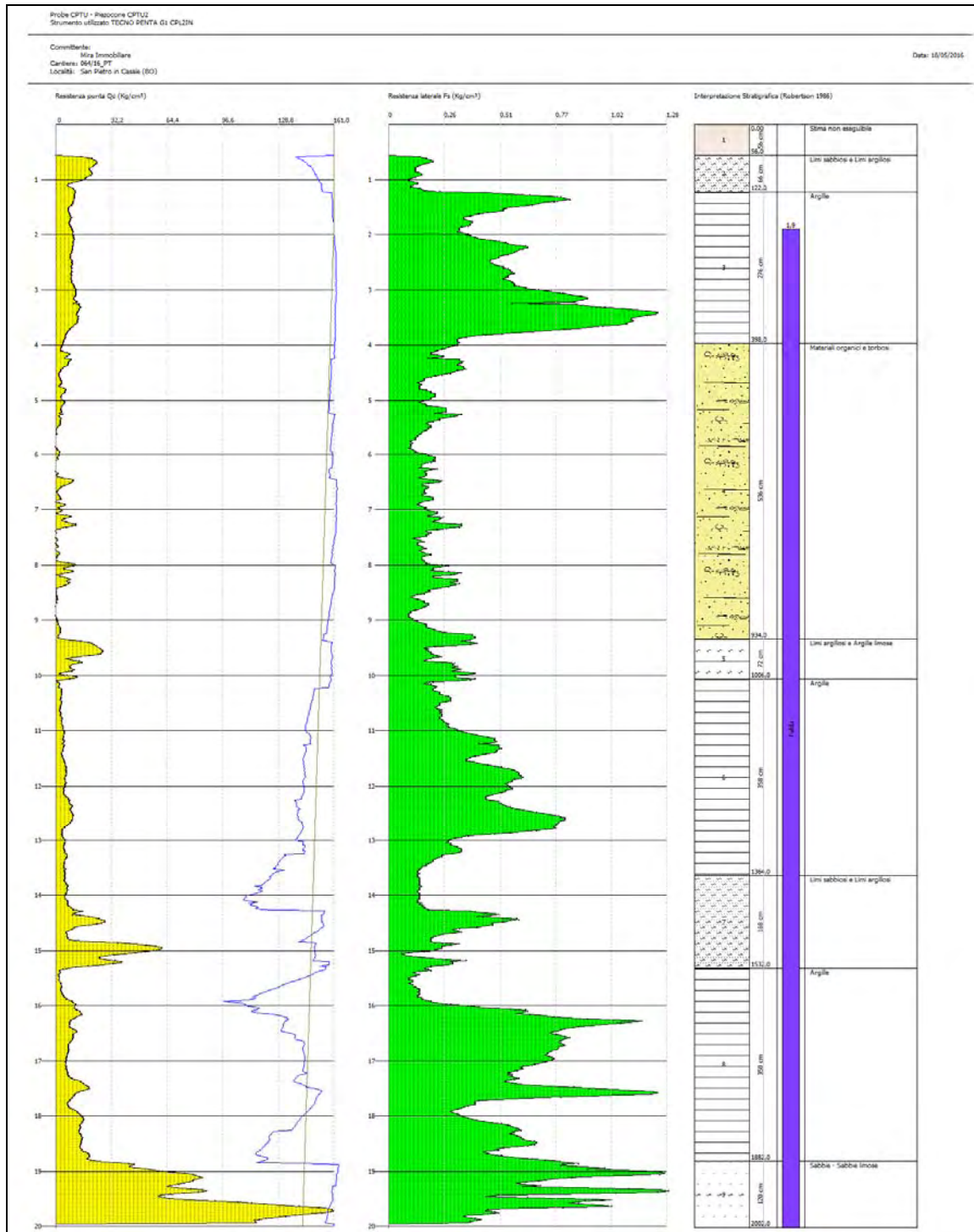


Figura 2.9.2-2  
**Grafico prova CPTU2**

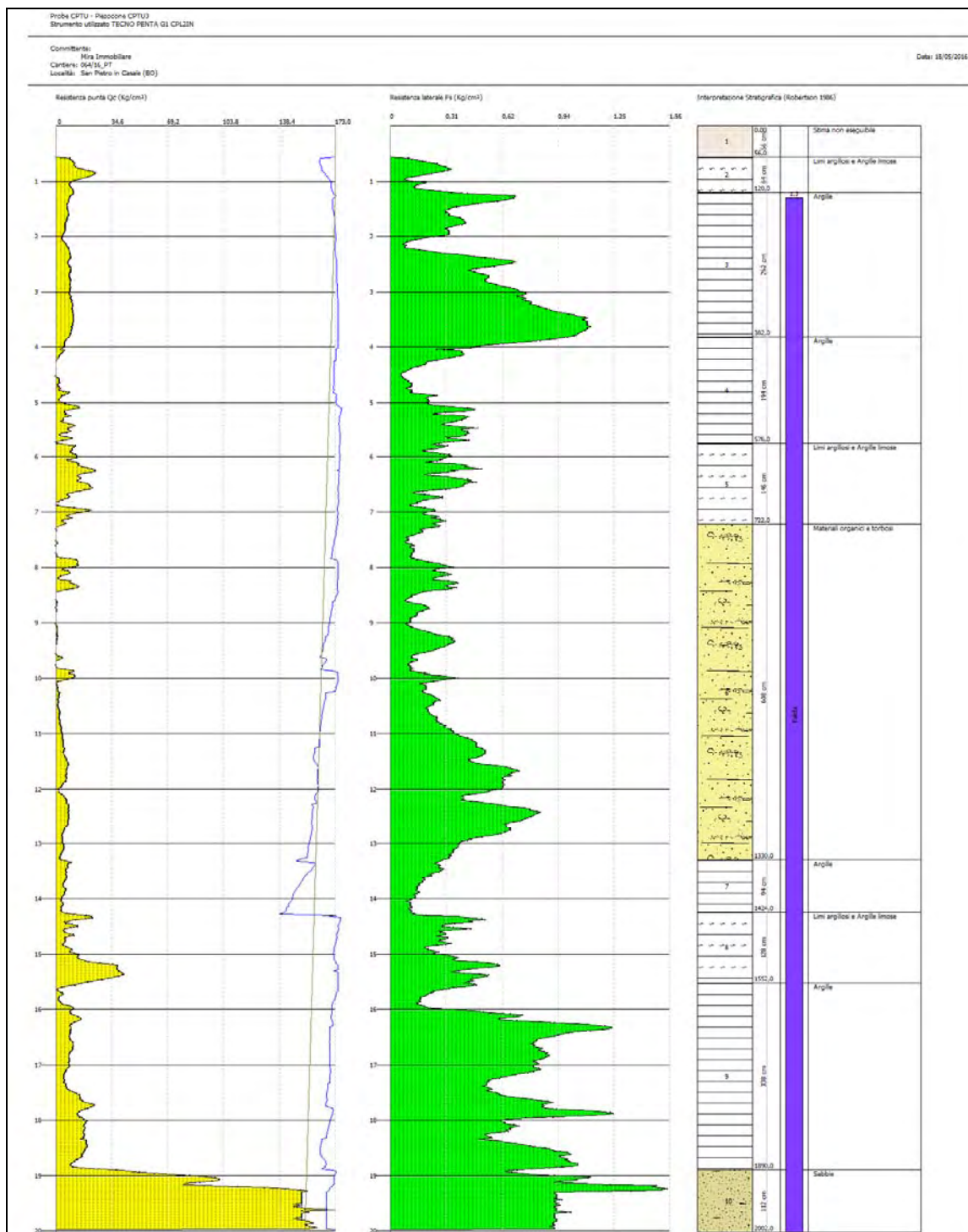


Figura 2.9.2-3  
**Grafico prova CPTU3**

Supporti Grafici:

- Allegati 1-3. Schede di elaborazione prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono

### 2.9.3. CAMPIONI DI TERRENO: RISULTATI ANALITICI

Per mezzo delle analisi di laboratorio è stato possibile definire come i terreni campionati siano così classificabili:

TABELLA 2.9.3-1  
LIMITI DI ATTERBERG

Nome campione	Classe Campione	Limite liquido (%)	Limite plastico (%)
C1	Q5	41	21
C2	Q5	37	20
C3	Q5	36	18

La classe del campione Q5 indica il grado di qualità del campione, nel caso specifico, sono tutti e tre campioni indisturbati.

Le analisi di laboratorio sono state eseguite con lo scopo di determinare l'indice di plasticità ( $I_p$ ) il quale, se  $\geq 30\%$  in concomitanza di un valore di  $c_u \leq 70$  kPa, rende necessaria la stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica nei terreni coesivi soffici, secondo l'allegato A3 della D.G.R. n. 2193 del 21/12/2015.

$$I_p = w_L - w_P$$

Con:

$w_L$  = limite liquido (%)

$w_P$  = limite plastico (%)

TABELLA 2.9.3-2  
INDICE DI PLASTICITÀ

Nome campione	Limite liquido (%)	Limite plastico (%)	Indice di plasticità (%)
C1	41	21	20
C2	37	20	17
C3	36	18	18

Per tutti e i campioni di terreno prelevati, l'indice di plasticità è minore del 30%.

#### Documentazione Allegata:

- Allegati 5 - 7. Certificati di laboratorio geotecnico



 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	--

## 2.10. Analisi vincolistica

### 2.10.1. VINCOLO IDROGEOLOGICO

Il Comune di San Pietro in Casale non ricade in una zona soggetta a vincolo idrogeologico, come risulta dall'allegato 1 della Delibera di Giunta della Regione Emilia Romagna n. 1117/2000.

### 2.10.2. PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)

Come si desume dagli estratti cartografici proposti in figura 2.10.2-2 e 2.10.2-3, la zona oggetto di studio ricade all'interno di un'area del bacino imbrifero di pianura e pedecollinare del fiume Reno, di applicazione dell'articolo 20 delle Norme di Piano; tale articolo cita testualmente:

*“art. 20 (controllo degli apporti d'acqua):*

*1. Al fine di non incrementare gli apporti d'acqua piovana al sistema di smaltimento e di favorire il riuso di tale acqua, per le aree ricadenti nel territorio di pianura e pedecollina indicate nelle tavole del “Titolo II Assetto della Rete Idrografica” i Comuni prevedono nelle zone di espansione, per le aree non già interessate da trasformazioni edilizie, che la realizzazione di interventi edilizi sia subordinata alla realizzazione di sistemi di raccolta delle acque piovane per un volume complessivo di almeno 500 m<sup>3</sup> per ettaro di superficie territoriale, ad esclusione delle superfici permeabili destinate a parco o a verde compatto che non scolino, direttamente o indirettamente e considerando saturo d'acqua il terreno, nel sistema di smaltimento delle acque meteoriche; sono inoltre escluse le superfici dei sistemi di raccolta a cielo aperto.*

*Gli strumenti di pianificazione dovranno garantire il permanere delle destinazioni d'uso e delle caratteristiche funzionali delle aree, riguardanti i contenuti del presente articolo, a meno di un'adeguata modifica, ove necessario, dei sistemi di raccolta.*

*2. I sistemi di raccolta di cui al comma precedente, ad uso di una o più delle zone di espansione, devono essere localizzati in modo tale da raccogliere le acque piovane prima della loro immissione nel corso d'acqua o collettore di bonifica ricevente individuato dall'Autorità idraulica competente. Essi possono essere inoltre previsti negli strumenti urbanistici come interventi complessivi elaborati d'intesa con l'Autorità idraulica competente.*

*3. Le caratteristiche funzionali dei sistemi di raccolta delle acque piovane sono stabilite, anche in caso di scarico indiretto nei corsi d'acqua o nei canali di bonifica, dall'Autorità idraulica competente (Servizi Tecnici di bacino o Consorzi di bonifica) con la quale devono essere preventivamente concordati i criteri di gestione e alla quale dovrà essere consentito il controllo funzionale nel tempo dei sistemi di raccolta.*

*Il progetto dei sistemi di raccolta dovrà, salvo quanto diversamente disposto dall'Autorità idraulica competente, far riferimento a quanto previsto nel documento d'indirizzo “Linee guida per la progettazione dei sistemi di raccolta delle acque piovane per il controllo degli apporti nelle reti idrografiche di pianura”.*

*4. L'adozione, nei terreni ad uso agricolo, di nuovi sistemi di drenaggio che riducano sensibilmente il volume specifico d'invaso, modificando quindi i regimi idraulici, è subordinata all'attuazione di interventi compensativi consistenti nella realizzazione di un volume d'invaso pari almeno a 100 m<sup>3</sup> per ogni ettaro di terreno drenato con tali sistemi e al parere favorevole, espresso sulla base di un'idonea documentazione in cui sia dimostrato il rispetto di quanto previsto dal presente comma, dell'Autorità idraulica competente. Ai fini dell'applicazione del presente comma, i sistemi di “drenaggio tubolare sotterraneo” e di “scarificazione con aratro talpa” sono da considerare come sistemi che riducono sensibilmente il volume specifico d'invaso.*

*5. I Comuni ricadenti nelle aree di applicazione del presente articolo, dettano norme o comunque emanano atti che consentono e/o promuovono, anche mediante incentivi, la realizzazione di sistemi di raccolta delle acque piovane anche nelle aree edificate.*

6.1 Comuni ricadenti nelle aree di applicazione del presente articolo e il cui territorio è in parte interessato da tratti non arginati dei corsi d'acqua principali, sulla base del quadro conoscitivo di cui all'art. 21 comma 3, possono individuare le parti di territorio che recapitano direttamente nei corsi d'acqua principali Reno, Idice, Savena, Quaderna, Zena, Sillaro e Santerno e proporre l'esclusione dal campo di applicazione dell'art.20. L'Autorità di Bacino decide in merito a tali proposte con atto del Comitato Istituzionale sul parere del Comitato tecnico.

7. Il valore minimo dei volumi previsti nei commi 1 e 4 del presente articolo può essere modificato con delibera del Comitato Istituzionale su conforme parere del Comitato Tecnico.”

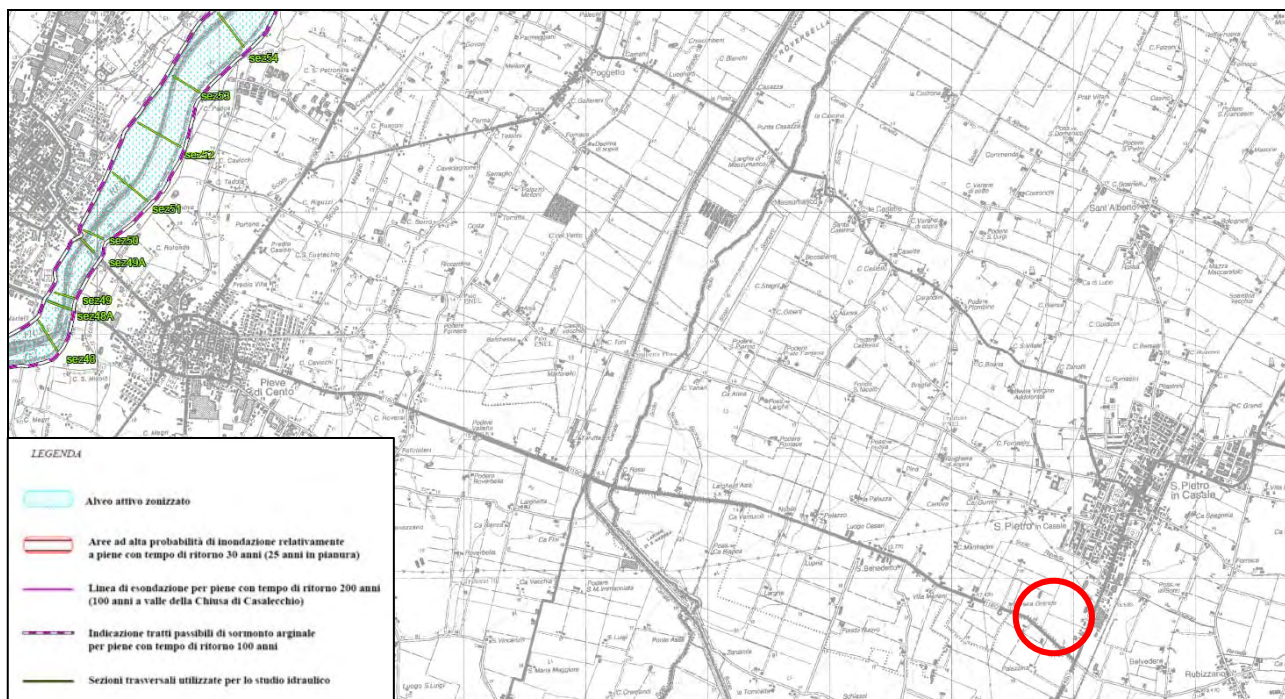


Figura 2.10.2-1

**Estratto cartografia P.S.A.I. – scala grafica**

(da Autorità di Bacino del Reno – Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico P.S.A.I., - tav. B.3, Aree passibili di inondazione e sezioni trasversali di riferimento)



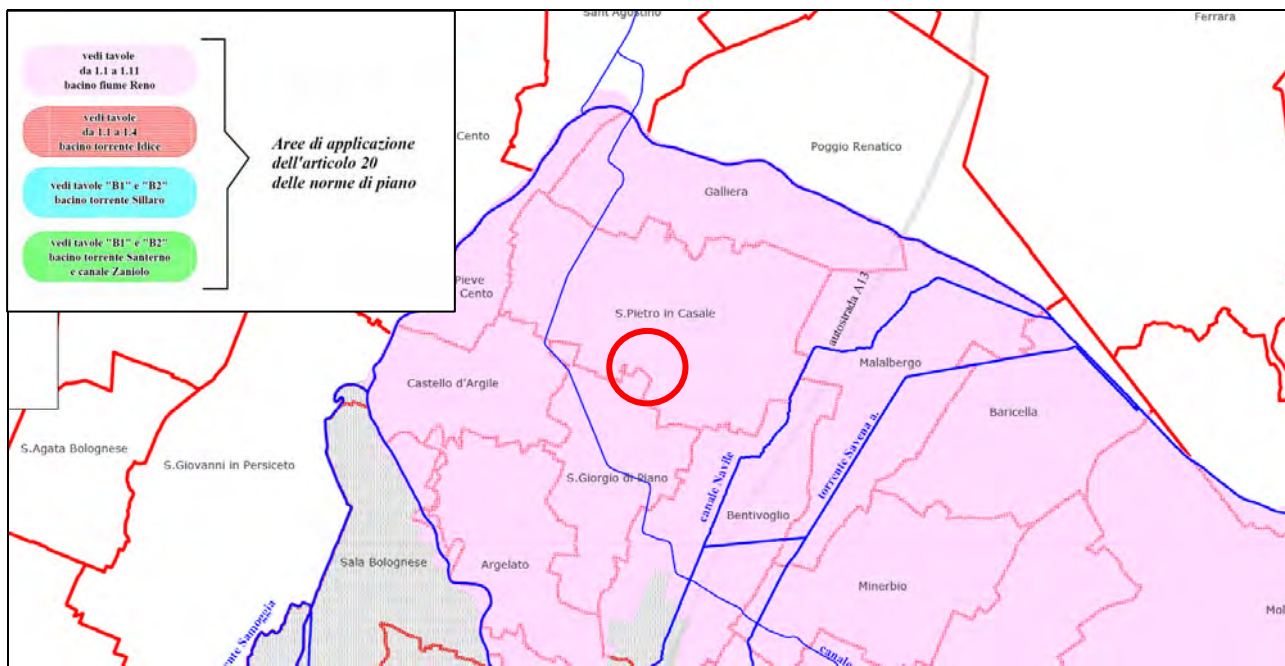


Figura 2.10.2-2

**Estratto cartografia P.S.A.I. – scala grafica**

(da Autorità di Bacino del Reno – Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico P.S.A.I., - tav. B.0/m5, Aree soggette al controllo degli apporti d’acqua)

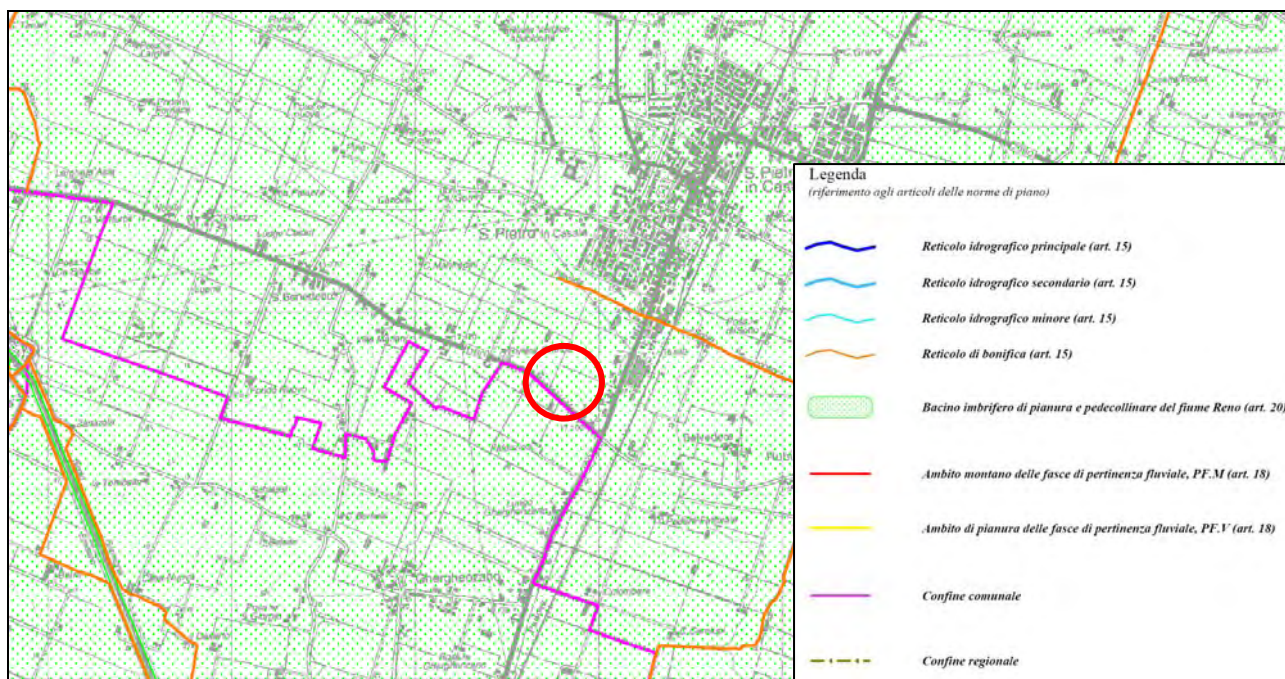


Figura 2.10.2-3

**Estratto cartografia P.S.A.I. – scala grafica**

(da Autorità di Bacino del Reno – Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico P.S.A.I., - tav. 1.6, Reticolo idrografico, ambiti territoriali normati)



### 2.10.3. PIANO TERRITORIALE PER IL COORDINAMENTO PROVINCIALE (P.T.C.P.)

Per quanto riguarda il piano per il coordinamento provinciale, come si evince dagli estratti cartografici di seguito riportati, la zona oggetto di studio ricade in corrispondenza di:

- un'area di controllo degli apporti d'acqua (PTCP art. 4.8) di tipo pianura, origine Reno;
- un ambito a prevalente alta vocazione produttiva agricola (PTCP Titolo 11.9);
- un'unità di paesaggio "pianura centrale" (PTCP artt. 3.1 e 3.2).

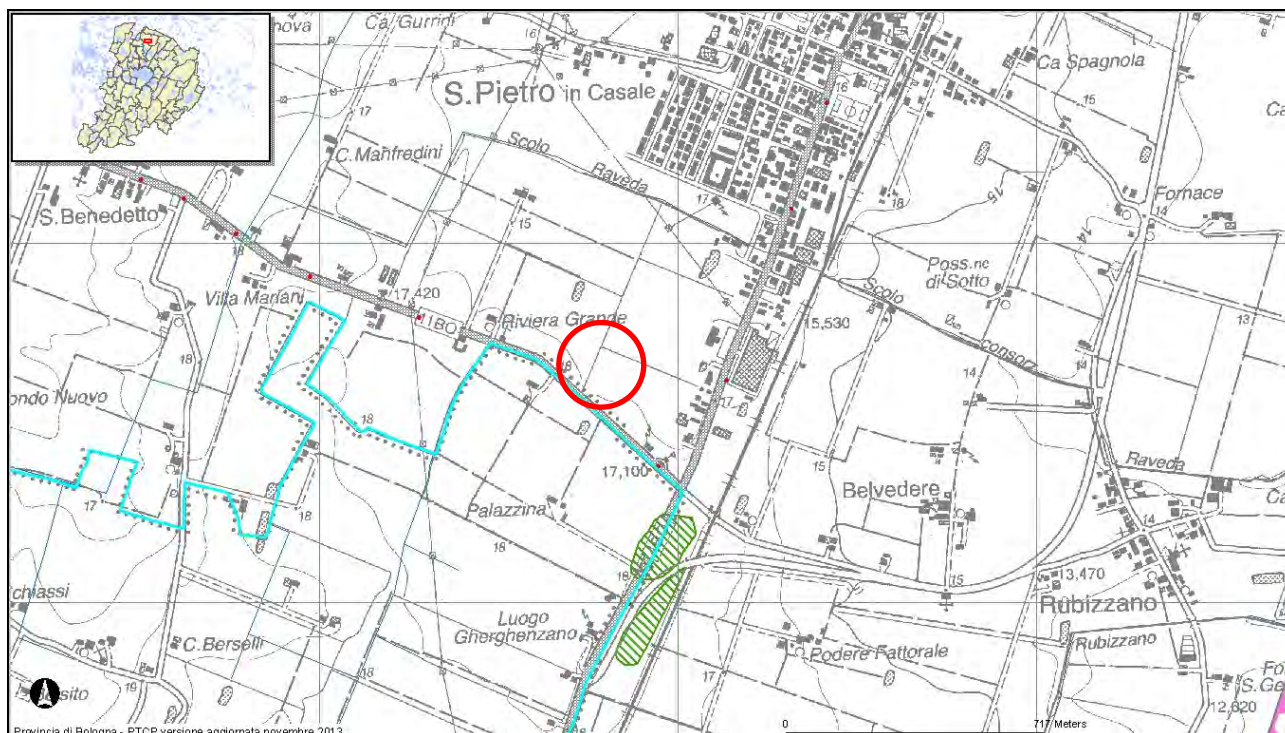


Figura 2.10.3-1

#### Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica

(da Provincia di Bologna – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – tav. 1 – Tutela dei sistemi ambientali e delle risorse naturali e storici-culturali)



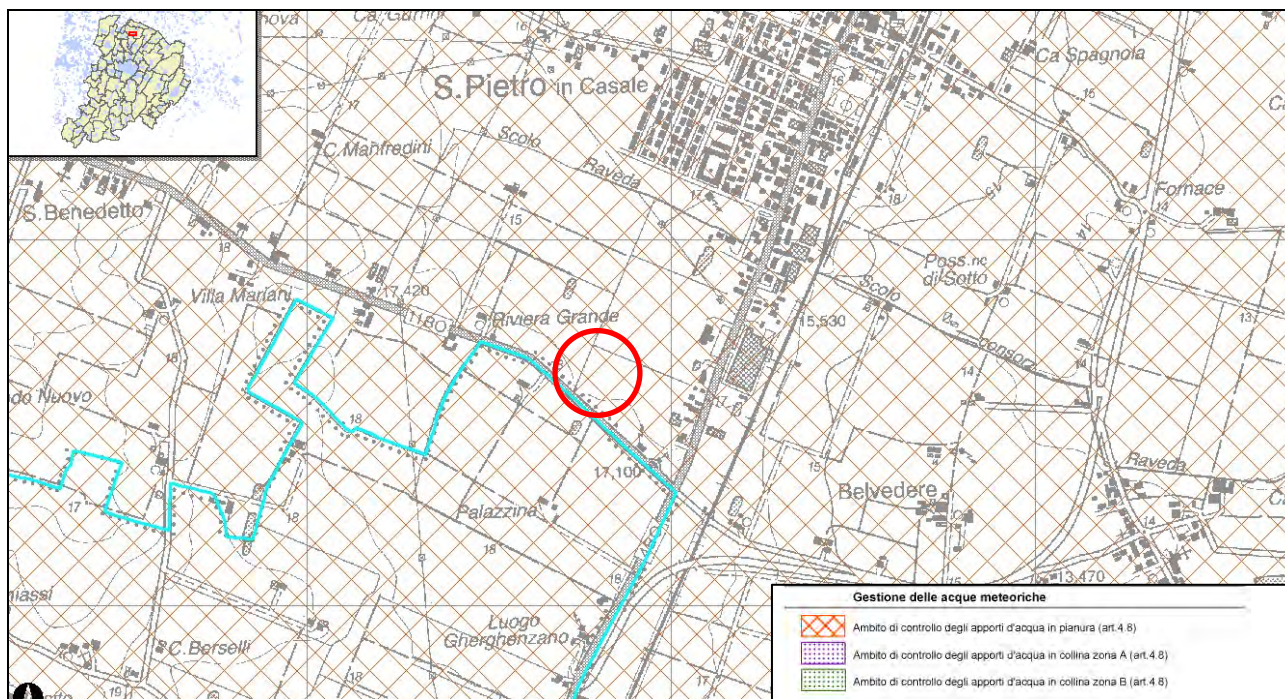


Figura 2.10.3-2

**Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica**

(da Provincia di Bologna – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – tav. 2A – Rischio da frana, assetto versanti e gestione delle acque meteoriche)

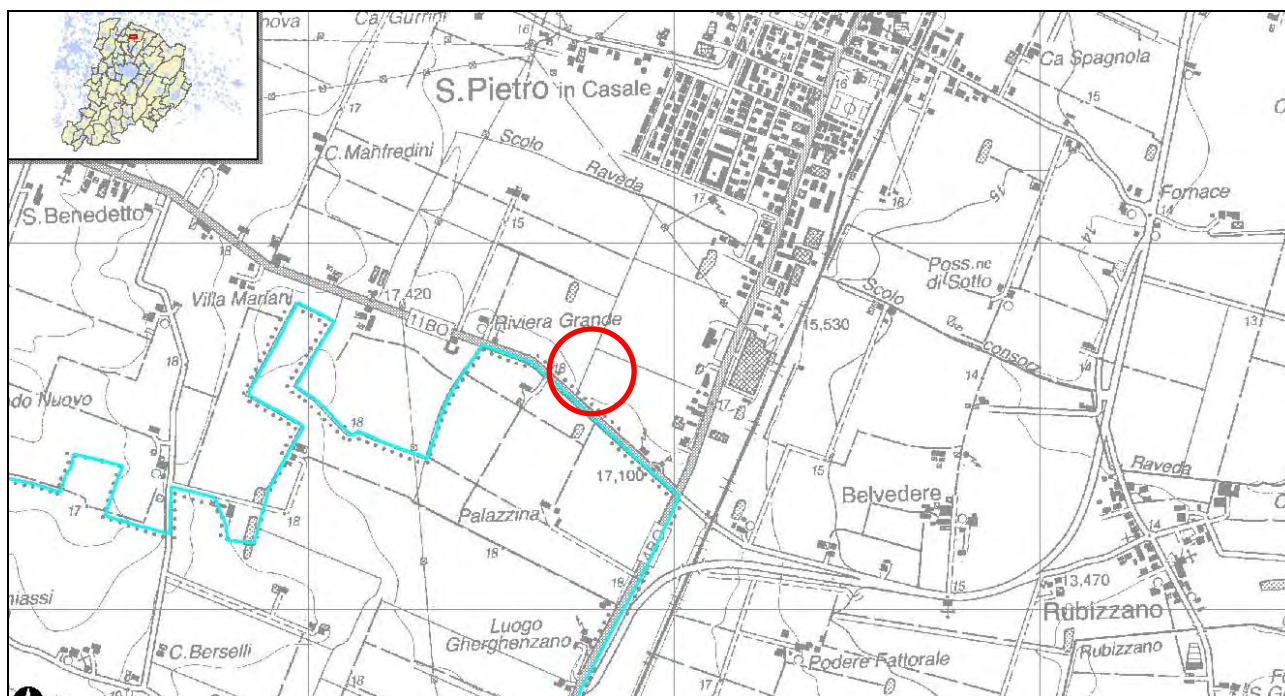


Figura 2.10.3-3

**Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica**

(da Provincia di Bologna – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – tav. 2B – Tutela delle acque superficiali e sotterranee)



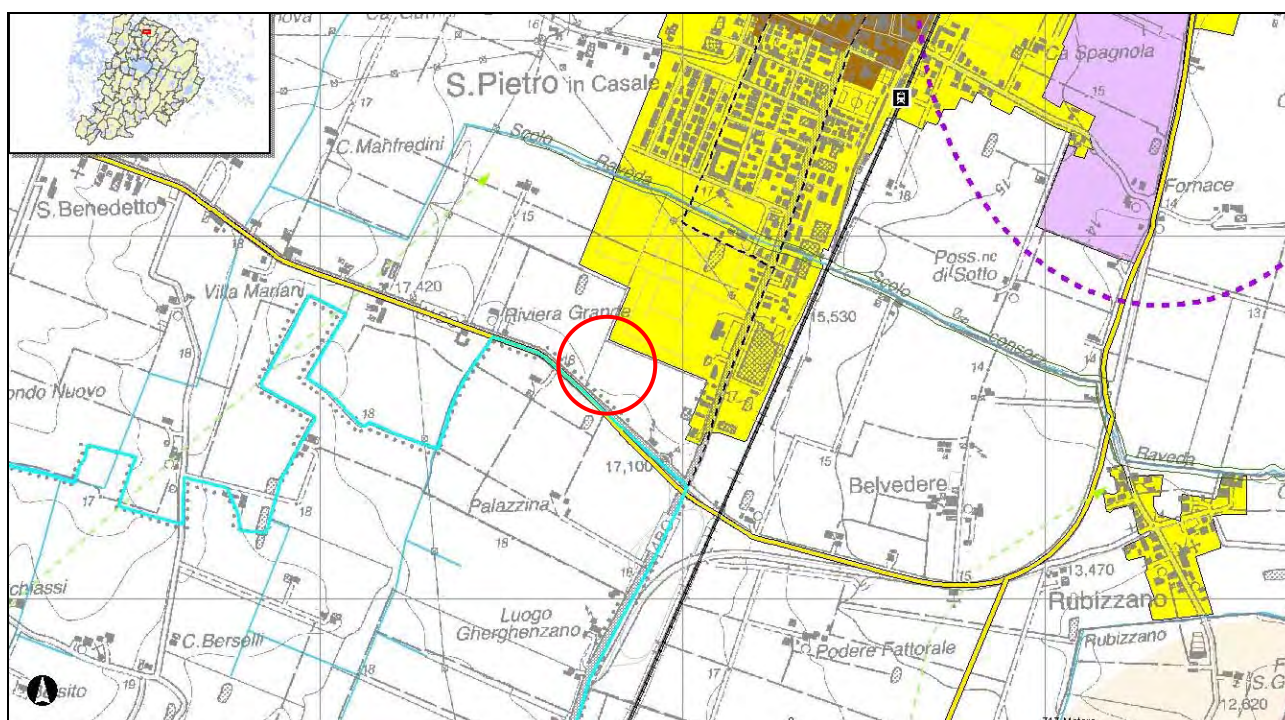


Figura 2.10.3-4

**Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica**

(da Provincia di Bologna – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – tav. 3 – Assetto evolutivo degli insediamenti, delle reti ambientali e delle reti per la mobilità)

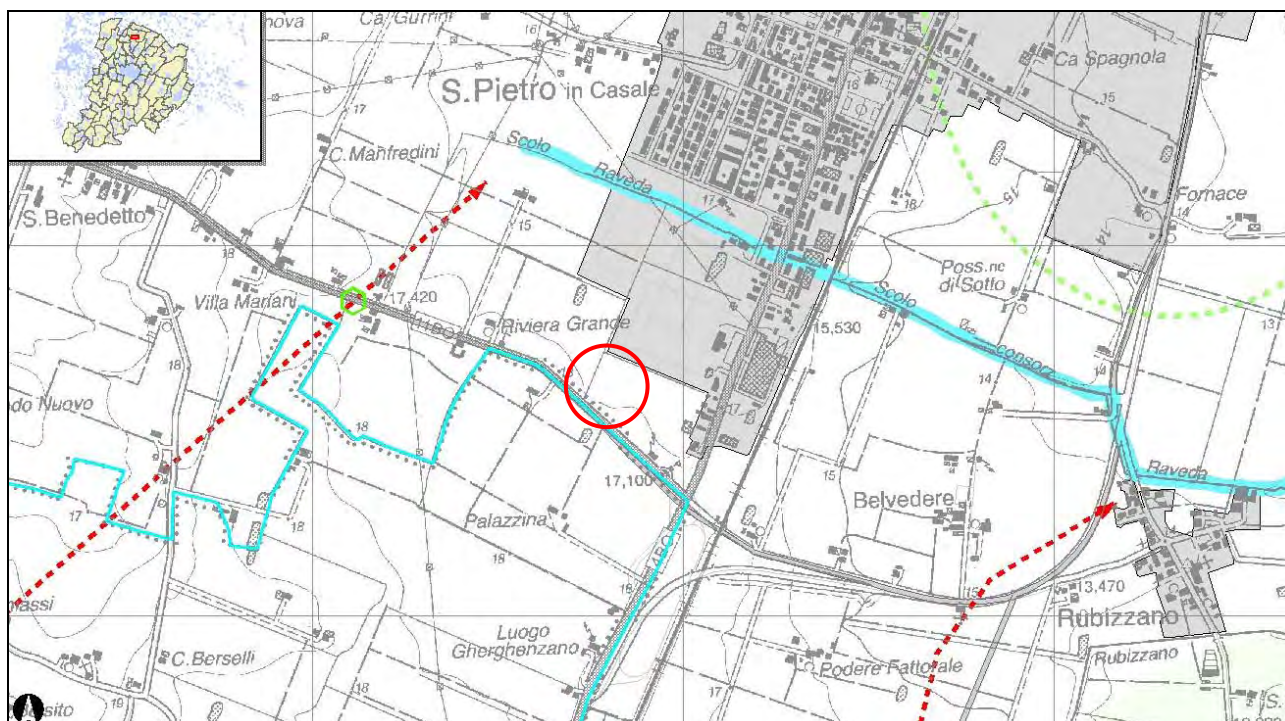


Figura 2.10.3-5

**Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica**

(da Provincia di Bologna – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – tav. 5 – Reti ecologiche)



 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	--

## 2.11. Pericolosità e Fattibilità del Regolamento Piano Strutturale Comunale

Per quanto riguarda la pianificazione comunale, il sito oggetto di studio è ubicato immediatamente a sud del territorio edificato ed in corrispondenza di un ambito territoriale per funzioni prevalentemente residenziali: ambiti per nuovi insediamenti (art. 24), nello specifico un ambito di potenziale localizzazione dei nuovi insediamenti, denominato 3 ANS-C.

Di seguito si riportano alcuni paragrafi dell'art. 24.2 – ambiti per nuovi insediamenti su area libera (ANS-C), riportati nelle Norme di Attuazione del PSC elaborato in forma associata – Unione Reno Galliera – Elaborato B:

### **Paragrafo 1): Definizione dell'ambito**

1. Ai sensi dell'Art. A-12 della L.R. n. 20/2000, gli ambiti per nuovi insediamenti sono quelle parti del territorio oggetto di trasformazione in termini di nuova urbanizzazione. Sono definiti ambiti per funzioni prevalentemente residenziale in quanto sono caratterizzati dalla compresenza di funzioni residenziali, nella prevalenza, ed altre funzioni compatibili con la residenza quali attività sociali, culturali, commerciali e direzionali. Essi assumono, nella tav. n.1 del PSC e nelle presenti Norme, la terminologia di "Ambiti di potenziale localizzazione dei nuovi insediamenti urbani a funzioni integrate" e mantengono il numero di identificazione già definito nel Verbale conclusivo della Conferenza di Pianificazione e nel testo dell'Accordo di Pianificazione.

2. Nella Tav. n. 1 del PSC all'interno di alcuni degli Ambiti per nuovi insediamenti, sono state individuate "aree per infrastrutture e/o dotazioni territoriali da attuare con procedure di perequazione urbanistica" che rivestono il significato di indirizzo per la redazione del POC e la progettazione dei successivi PUA. Non è la geometria dell'area che deve essere rispettata, quanto il posizionamento delle aree medesime rispetto il sistema dei servizi e delle dotazioni esistenti negli ambiti consolidati. La finalità espressa comunque nelle specifiche schede di Ambito, è quella che tali aree saranno acquisite al demanio pubblico secondo le regole della perequazione e nel momento in cui, attraverso l'inserimento in POC, verrà evidenziata dal Comune tale esigenza.

### **Paragrafo 5): Prestazioni ambientali comuni a tutti gli Ambiti**

1. Perseguendo l'obiettivo della sostenibilità dei nuovi insediamenti con funzioni miste o prevalentemente residenziali ed il raggiungimento di una adeguata qualità ambientale, in coerenza con le indicazioni della Valsat, per i nuovi insediamenti, in sede di POC e PUA si dovranno perseguire i seguenti obiettivi:

- Il POC dovrà verificare la capacità operativa dell'impianto di depurazione e fissare eventualmente i programmi per il suo potenziamento in relazione ai nuovi carichi insediativi previsti
- dovranno sempre essere previste reti fognarie separate per lo smaltimento dei reflui e sempre verificati gli scolmatori fognari esistenti
- si dovrà tendere al riutilizzo delle acque meteoriche nonché prevedere le opportune compensazioni idrauliche, ammettendole anche al di fuori degli Ambiti di riferimento, purché in accordo con l'Ente gestore; tali compensazioni idrauliche dovranno essere previste secondo quanto fissato al Titolo IV, art. 4.8 del PTCP, nonché nelle linee guida di indirizzo per la gestione delle acque meteoriche di dilavamento e delle acque di prima pioggia in attuazione della delibera della Giunta Regionale 286/2005
- si dovranno adottare idonei accorgimenti progettuali ed impiantistici che siano in grado di conseguire la diminuzione del consumo idrico, anche mediante il riutilizzo della risorsa acqua per scopi domestici
- si dovranno affrontare in modo appropriato le problematiche inerenti la sismica seguendo gli indirizzi riportati all'Art. 36 successivo

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	--

- dovrà essere sviluppata una mirata rete di percorsi ciclabili e pedonali in sede propria, relazionata con la rete ciclopedonale comunale
- si dovranno perfezionare e realizzare i tracciati di rete ecologica di competenza di ogni specifico Ambito se previsto, nel rispetto dell'impianto generale individuato nel PSC
- si dovrà perseguire nella progettazione e nella realizzazione dei nuovi edifici residenziali, un risultato prestazionale di risparmio energetico più alto possibile, nel rispetto di quanto declinato nel RUE (anche concedendo indici aggiuntivi finalizzati al raggiungimento di classi energetiche di livello superiore alla media)
- si dovrà edificare nei limiti fissati dalla Zonizzazione acustica comunale e dai Piani di risanamento acustico, non ammettendo comunque in linea generale, nuovi insediamenti residenziali in aree classificate in classe acustica superiore alla III°
- si dovrà garantire ai nuovi insediamenti condizioni di buona qualità dell'aria, prevedendo i servizi sensibili e le abitazioni almeno a 50 metri dalla viabilità a cui è stata attribuita la fascia acustica di classe IV salvo casi specifici precisati per ambito o Ambito fermo restando che non dovranno comunque essere collocati insediamenti residenziali in classe acustica superiore alla III.
- dovranno essere risolte contestualmente ed in via definitiva, le criticità elettromagnetiche presenti con interventi diretti sulle linee elettriche o sugli impianti di telefonia mobile, sia interrando, spostando, decentrando o effettuando bonifiche strutturali su tali infrastrutture.
- per quanto riguarda la sostenibilità dei nuovi insediamenti in relazione alle reti energetiche, in sede di POC il comune dovrà predisporre accordi o porre condizioni tali da riuscire a rispondere in modo appropriato alle indicazioni che, in particolare il gestore Hera, ha fissato in sede di Conferenza di pianificazione, fermo restando eventuali aggiornamenti nel caso in cui si rilevasse necessario sia da parte del Comune, che da parte del gestore, che da parte dei soggetti attuatori.

**paragrafo 6): Schede di Ambito**

...

**SAN PIETRO IN CASALE – AMBITO 3**

*a) Descrizione*

A questo Ambito, localizzato sul margine sud-ovest del centro edificato, si applicano i seguenti indirizzi:

- partecipando alle forme perequative generali, deve essere prevista e realizzata una fascia verde boscata continua e attrezzata con percorsi ciclo-pedonali fino a margine della Strada Provinciale San Benedetto, come indicato nella Tav. 1 del PSC; si dovrà definire per questa parte del territorio un disegno urbano conclusivo e coerente con gli ultimi processi edificatori.
- nel caso in cui l'Amministrazione Comunale o i privati attuatori, ritenessero necessaria una uscita sulla SP San Benedetto per migliorare l'accessibilità al nuovo Ambito, andrà attivato un confronto con il Servizio viabilità della Provincia di Bologna, per concordare di comune accordo la soluzione più idonea per tale intersezione; nel qual caso saranno definiti a carico dell'Ambito i relativi oneri compensativi.

La porzione edificabile è rappresentata dalla zona che rimane tra la fascia boscata ed il territorio urbano consolidato ed in via di conclusione in attuazione del PRG Vigente.

*b) Capacità insediativa potenziale*

Il PSC ha previsto per questo Ambito una potenziale capacità edificatoria massima residenziale riportata nella scheda di Valsat. In sede di POC è possibile definire una ulteriore quota per attività compatibili con la residenza nei limiti fissati al precedente paragrafo 2), comma 3.

Il POC assegnerà il "Diritto edificatorio minimo privato" in relazione agli indici perequati definiti all'Art 34 successivo.

Le dotazioni territoriali nella porzione edificabile, saranno: 6 mq per abitante teorico insediabile (da individuare sulla base di un parametro di 27 mq di SU per abitante teorico) da destinare a parcheggi pubblici, mentre la rimanente quota di 24 mq/ab dovrà costituire la dotazione di verde pubblico attrezzato; la fascia boscata non comprende tale dotazione.

Le ulteriori dotazioni territoriali in relazione alle altre funzioni previste oltre alla residenza, saranno così calcolate:

- *funzioni terziarie direzionali*

- 100 mq/100 mq di Superficie complessiva (SU + SA) suddivisi in 40mq/100 mq di SC per parcheggi pubblici e 60 mq/100 mq di SC per verde pubblico.

- *funzioni commerciali*

- secondo le specifiche norme di settore.

Tipologia insediativa coerente con il contesto circostante.

c) *Condizioni di sostenibilità*

Rispetto degli indirizzi generali riportati al paragrafo 4) precedente e nella Valsat.

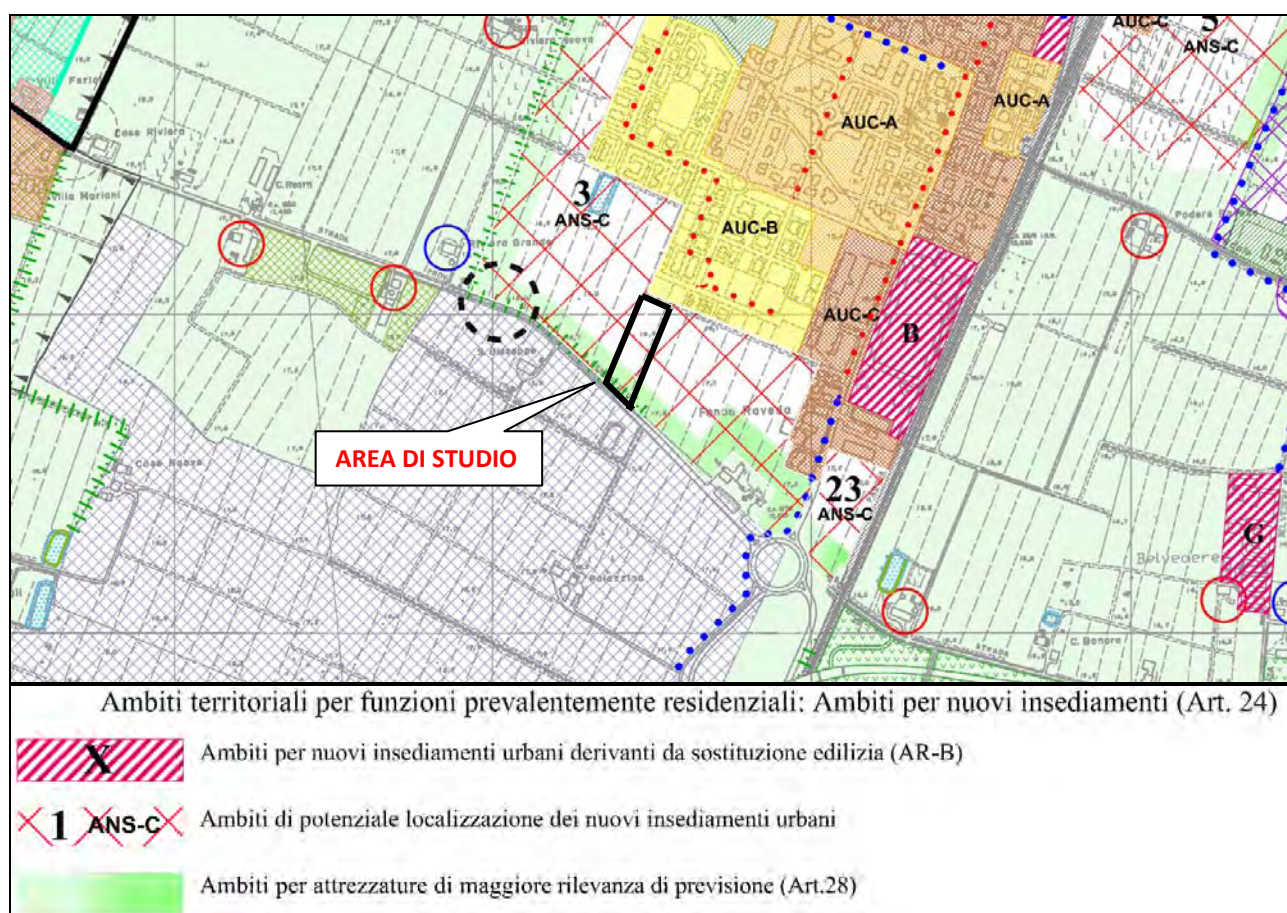


Figura 2.11-1

**Piano Strutturale Comunale elaborato in forma associata – aggiornamento dicembre 2013 – Comune di San Pietro in Casale**

Tav.1 – Assetto territoriale



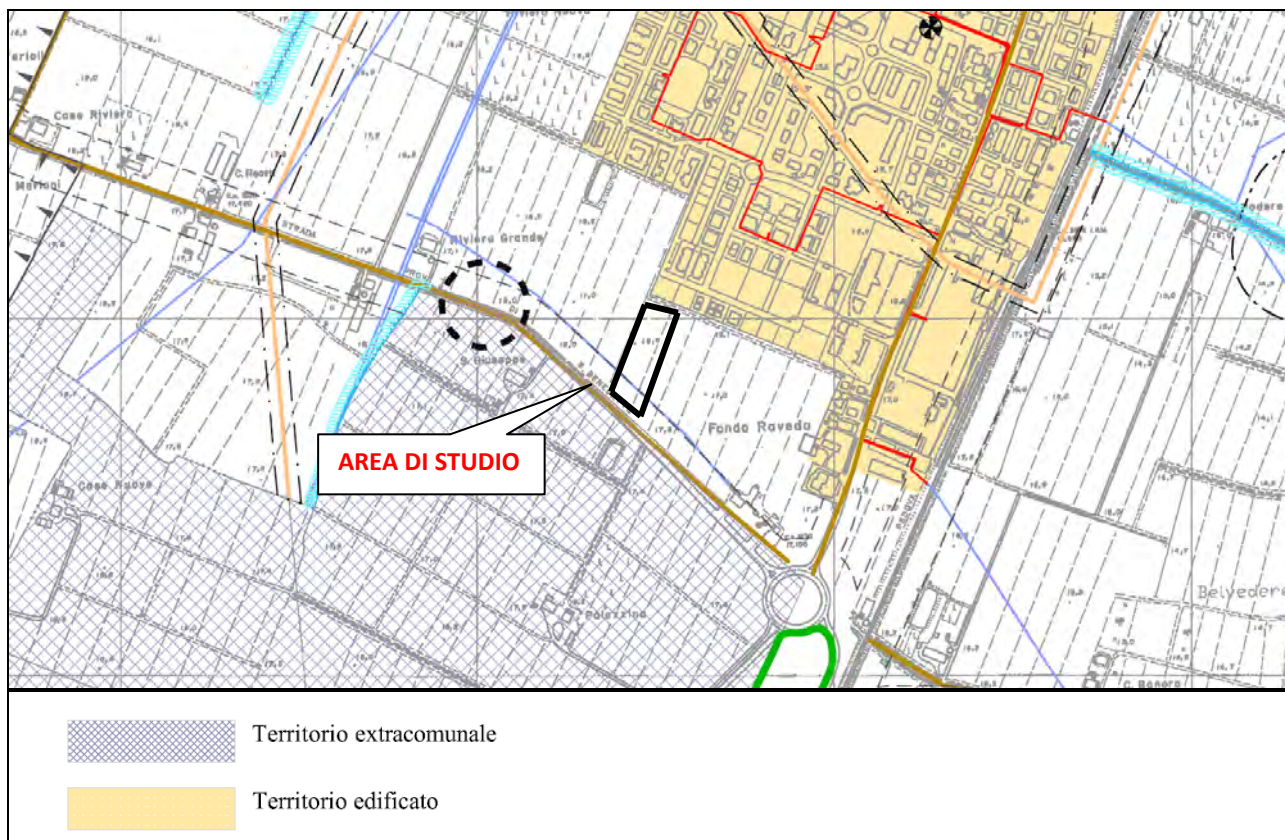


Figura 2.11-2

**Piano Strutturale Comunale elaborato in forma associata – aggiornamento dicembre 2013 – Comune di San Pietro in Casale**

Tav.2 – Carta unica del territorio

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	--

## 2.12. Aspetti geodinamici e sismicità

Con il D.M. 14/09/2005 “Norme Tecniche per le costruzioni”, è entrata in vigore la classificazione sismica del territorio nazionale, il quale è stato suddiviso in zone, ciascuna caratterizzata da un diverso valore di  $a_g$  = accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo rigido.

In seguito all’Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3274/03, il Comune di San Pietro in Casale è stato inserito, in base alla classificazione sismica, nella zona 3, alla quale corrisponde una sismicità bassa con PGA compreso fra 0.05 e 0.15 g e nella quale però, in particolari contesti geologici, possono venire amplificati gli effetti. La classificazione è stata eseguita in base all’accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Con OPCM 3519 del 28/04/2006 viene definita una nuova mappa di pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale, della quale uno stralcio è riportato in figura 2.12-1, espressa in termini di accelerazione massima al suolo  $a_{max}$  con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/sec; cat. A). In tale carta viene adottata una suddivisione con intervalli di accelerazione più dettagliati rispetto alla precedente, pari a 0.025, come previsto dal D.M. 14/09/2005. Da questa si desume che l’area di studio è compresa all’interno del range 0.150 g – 0.175 g.

La pericolosità di un sito, oltre alla severità della sorgente sismica, dipende dalle caratteristiche geologiche, morfologiche e geotecniche.

In particolare i possibili effetti di sito, intesi come associazione di caratteristiche geologiche e morfologiche che rende un luogo più o meno soggetto a danni conseguenti ad una scossa sismica, sono i seguenti:

- fattori di amplificazione del moto sismico;
- liquefazione o addensamento dei terreni;
- instabilità dei pendii.

Con riferimento alle linee guida dell’A.G.I. pubblicate nell’anno 2005, i fattori di amplificazione delle onde sismiche, sono di seguito elencati:

- effetti stratigrafici: depositi costituiti da terreni stratificati di caratteristiche meccaniche diverse da quelle della roccia sottostante;
- effetti di bordo: depositi di valle con bordi e morfologia del substrato irregolari, dove le onde sismiche possono subire fenomeni di rifrazione e riflessione, con generazione all’interfaccia di onde superficiali e concentrazioni di energia;
- effetti topografici: la sommità di rilievi collinari, creste, promontori costituiti da formazioni rocciose, profili di versante, pendii, bordi di terrazzi.

Nel territorio comunale di San Pietro in Casale, sono attesi effetti stratigrafici. Non sono attesi effetti di bordo; vengono esclusi anche gli effetti topografici, salvo nelle aree ubicate nei pressi o in corrispondenza di rilevati.

Per quanto riguarda la liquefazione o addensamento, nel territorio in cui ricade il sito oggetto di studio, tali fenomeni possono essere attesi in corrispondenza di strati granulari saturi (liquefazione) o insaturi (addensamento), spessi e continui, eventualmente presenti a profondità non superiori a 15/20 metri dal piano campagna.

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	--

Relativamente all'instabilità dei pendii, si ribadisce come il territorio del Comune di San Pietro in Casale ricada all'interno di una zona di pianura, nella quale tali fenomeni non possono essere attesi, se non in corrispondenza di rilevati artificiali o delle sponde dei corsi d'acqua di determinate altezze.

In base alla pianificazione vigente, della quale si riportano stralci di cartografie inerenti, si evince che l'area di studio ricade:

- in corrispondenza di una zona denominata L1 – area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale presenza di terreni predisponenti la liquefazione (art. 6.14) (P.T.C.P.);
- in corrispondenza di una categoria di suolo di fondazione (punto 3.2.1 DM 159/2005) di tipo D, calcolata e immediatamente a sud di una prova geognostica considerata PSC associato (P.S.C. – Quadro Conoscitivo – Carta macrozone sismiche);
- in corrispondenza di una zona denominata L1 – area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale presenza di terreni predisponenti la liquefazione (sabbie prevalenti potenziali) (Variante al P.T.C.P. – Tavola 2C – Rischio Sismico) e di un'area caratterizzata da propensione alla liquefazione/addensamento (P.S.C. Associato Reno Galliera (Rielaborazione Macrozonazione Sismica) (P.S.C. Associato Reno Galliera – Tav.A – Pericolosità sismica: tavola sovracomunale delle aree suscettibili di effetti locali);
- in corrispondenza di un'area omogenea di pericolosità sismica, nello specifico II = possibilità di liquefazione con cedimenti, tessiture e spessore da controllare (equivalente a L2 (PTCP) = area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione – Sabbie prevalenti certe) e ad un'area che richiede analisi approfondita (terzo livello)/DAL 112/2007); nelle immediate vicinanze della prova penetrometrica CPT del PSC, denominata 8\_spc/rep/CPT6 (P.S.C. Associato Reno Galliera – Tav.1a – Pericolosità sismica: tavola comunale delle aree suscettibili di effetti locali);
- in corrispondenza della zona II: contesto "Pianura 2" ( $v_{s30} = 200$  m/s), amplificazione con F.A. ( $P_{ga} = 1.5$ , F.A. S.I. (0.1s – 0.5s) = 1.8, F.A. S.I. (0.5s – 1.0s) = 2.5, possibilità di liquefazione con cedimenti, tessiture e spessori da controllare (richiesti approfondimenti di III livello) (P.S.C. Associato Reno Galliera – Tav.2a – Microzonazione sismica semplificata (DAL 112/2007)).

#### Supporti grafici:

- Figura 2.12-1. Zonizzazione sismica Emilia Romagna
- Figura 2.12-2. Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Rischio Sismico - tav. 3.3 – Carta delle aree suscettibili di effetti locali
- Figura 2.12-3. P.S.C. elaborato in forma associata – Reno Galliera – Terre di Pianura – Quadro Conoscitivo – Sistema naturale e ambientale- Tavola 3 (integrazione)– Carta macrozone sismiche
- Figura 2.12-4. Piano Strutturale Comunale elaborato in forma associata – aggiornamento dicembre 2013 – Comune di San Pietro in Casale - Tav.A – Pericolosità sismica: tavola sovracomunale delle aree suscettibili di effetti locali
- Figura 2.12-5. Piano Strutturale Comunale elaborato in forma associata – aggiornamento dicembre 2013 – Comune di San Pietro in Casale - Tav.1a – Pericolosità sismica: tavola comunale delle aree suscettibili di effetti locali
- Figura 2.12-6. Piano Strutturale Comunale elaborato in forma associata – aggiornamento dicembre 2013 – Comune di San Pietro in Casale - Tav.2a – Microzonazione sismica semplificata (DAL 112/2007)



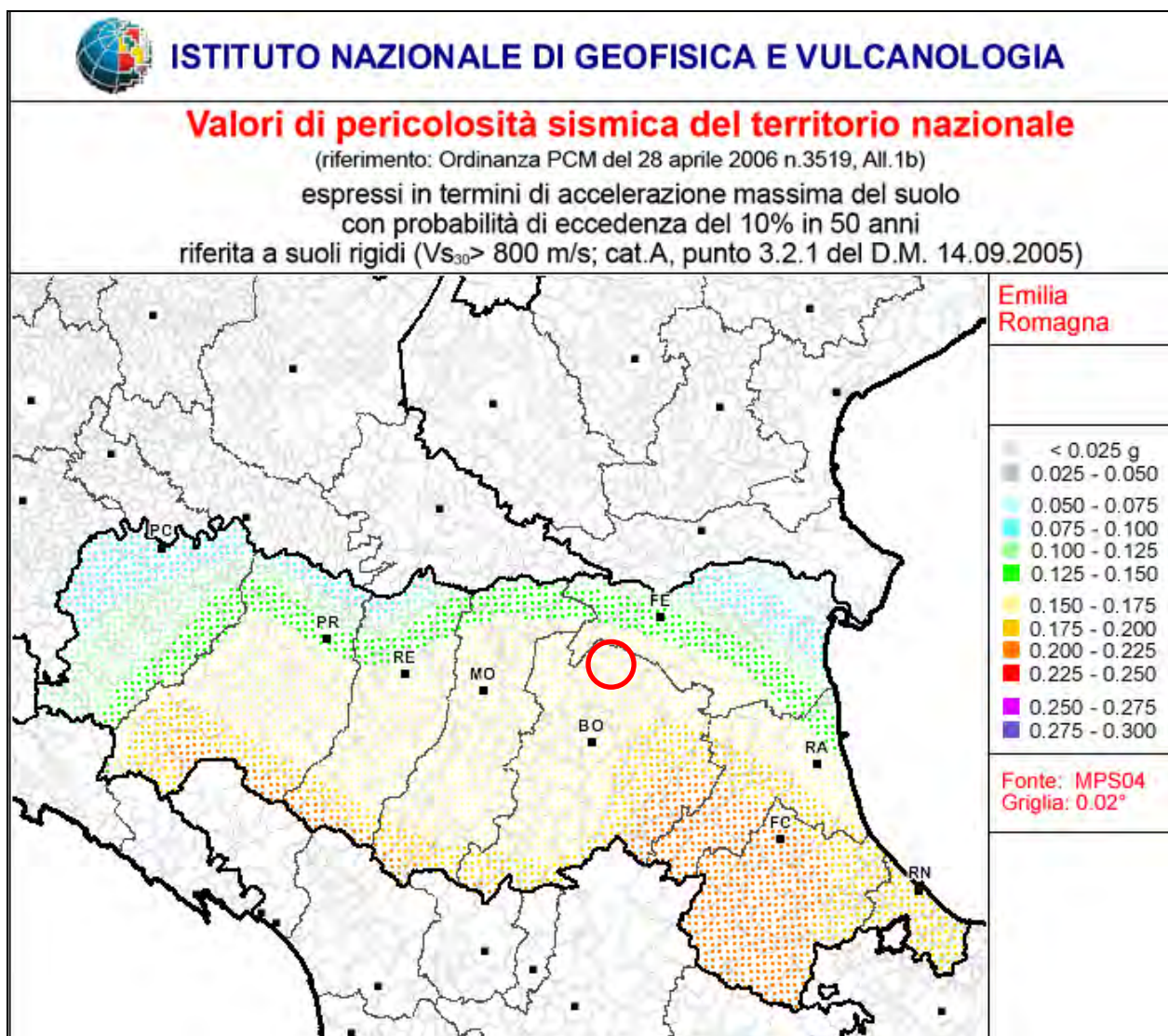


Figura 2.12-1  
 Zonizzazione sismica Emilia Romagna

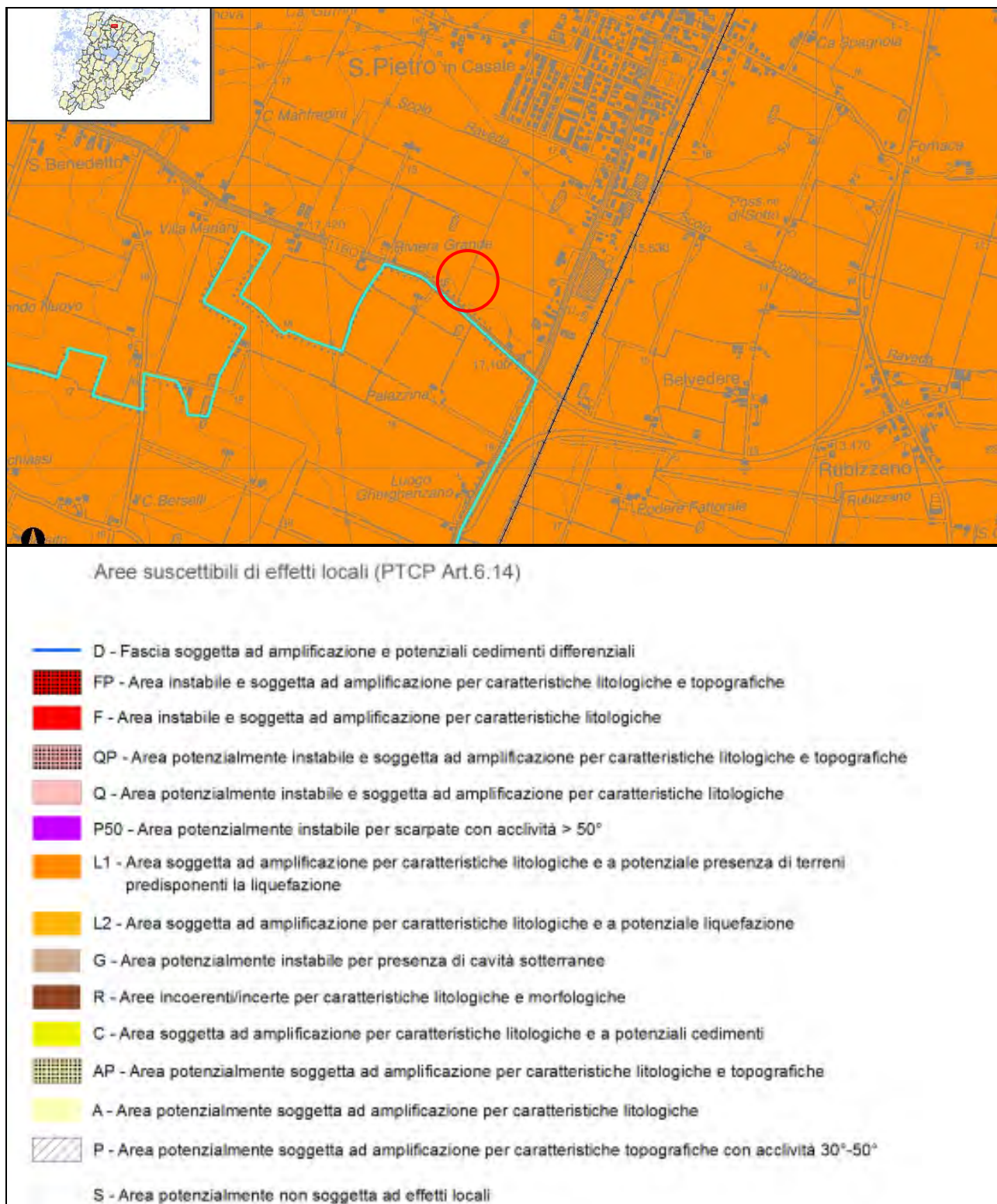


Figura 2.12-2

**Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica**

(da Provincia di Bologna – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – tav. 2C – Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali)



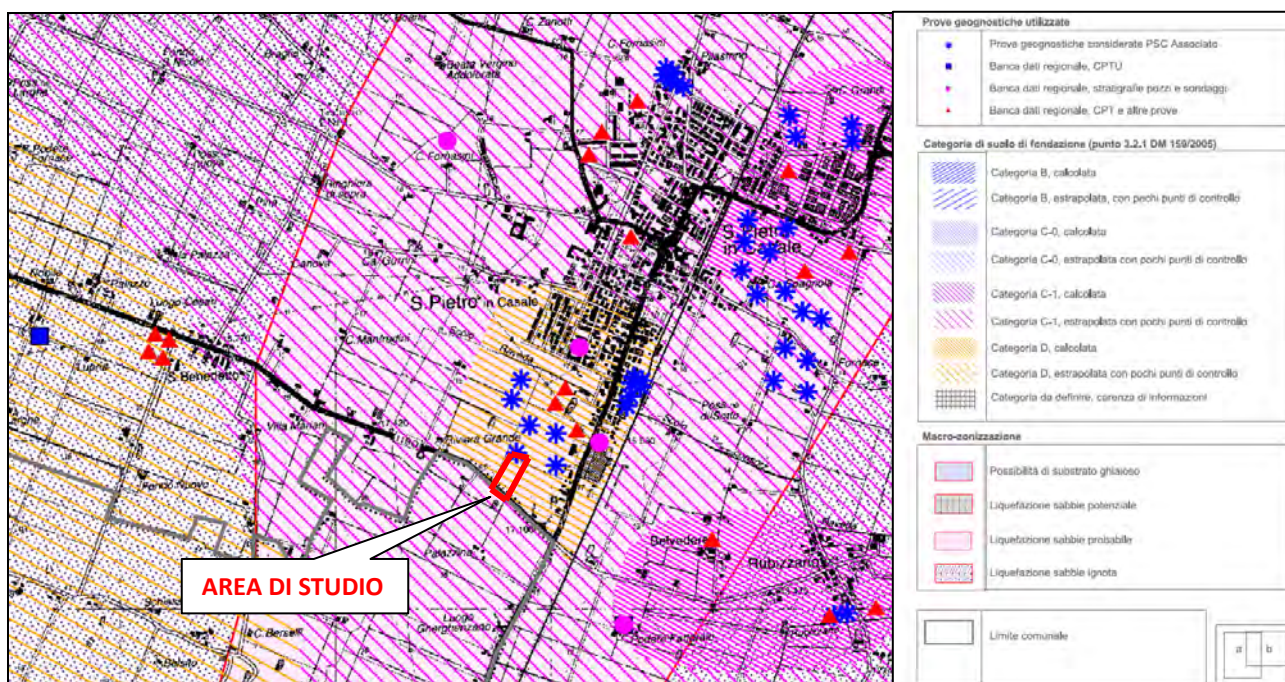


Figura 2.12-3

**Tavola 3 (integrazione) – Sistema naturale e ambientale – Carta macrozone sismiche – Quadro Conoscitivo - P.S.C. elaborato in forma associata – Reno Galliera – Terre di Pianura**

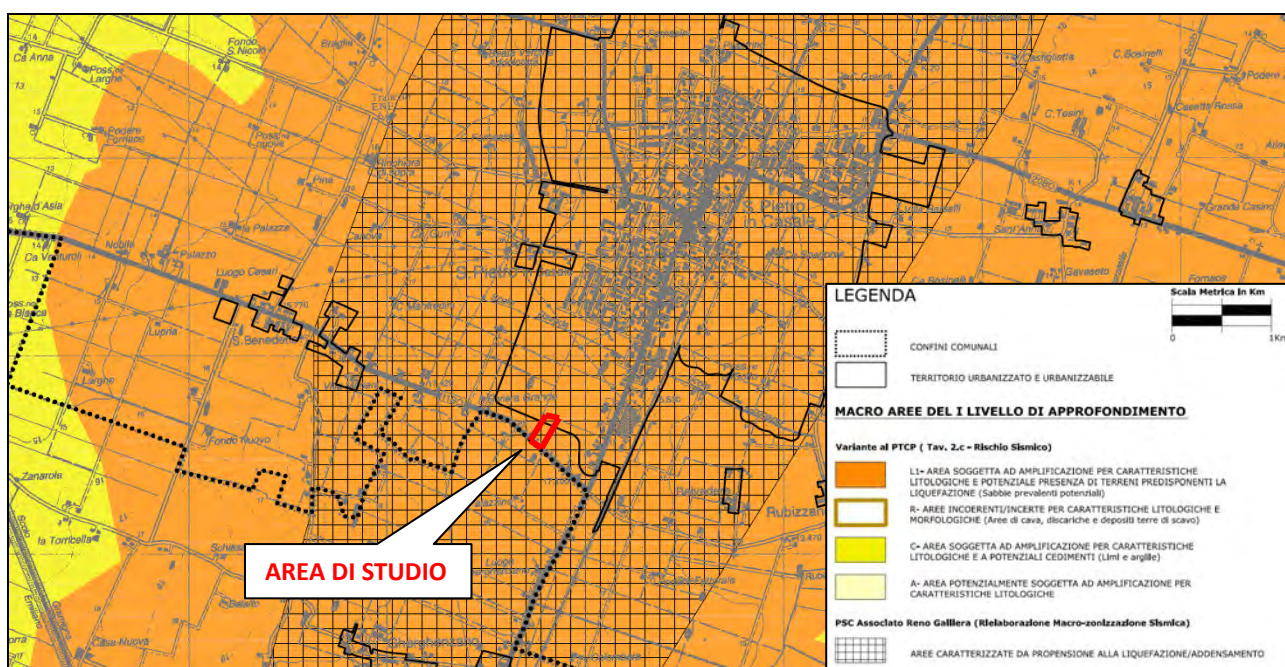


Figura 2.12-4

**Piano Strutturale Comunale elaborato in forma associata – aggiornamento dicembre 2013 – Comune di San Pietro in Casale**

Tav.A – Pericolosità sismica: tavola sovracomunale delle aree suscettibili di effetti locali



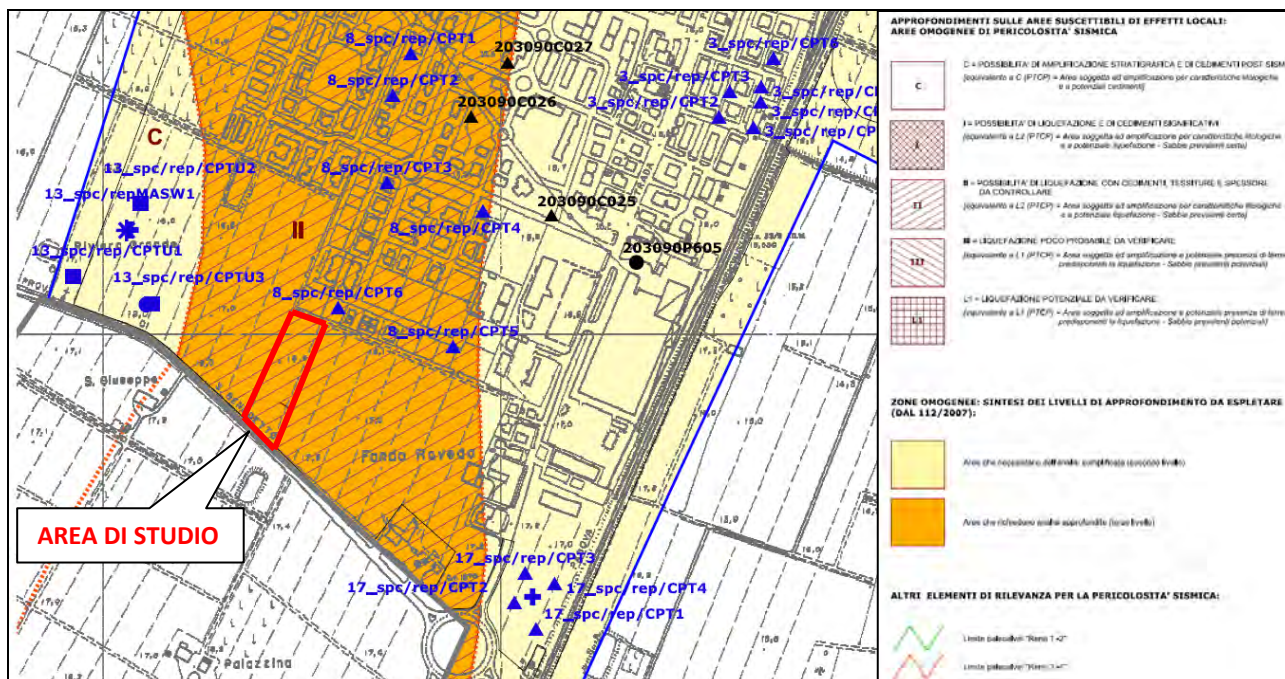


Figura 2.12-5

Piano Strutturale Comunale elaborato in forma associata – aggiornamento dicembre 2013 – Comune di San Pietro in Casale

Tav.1a – Pericolosità sismica: tavola comunale delle aree suscettibili di effetti locali

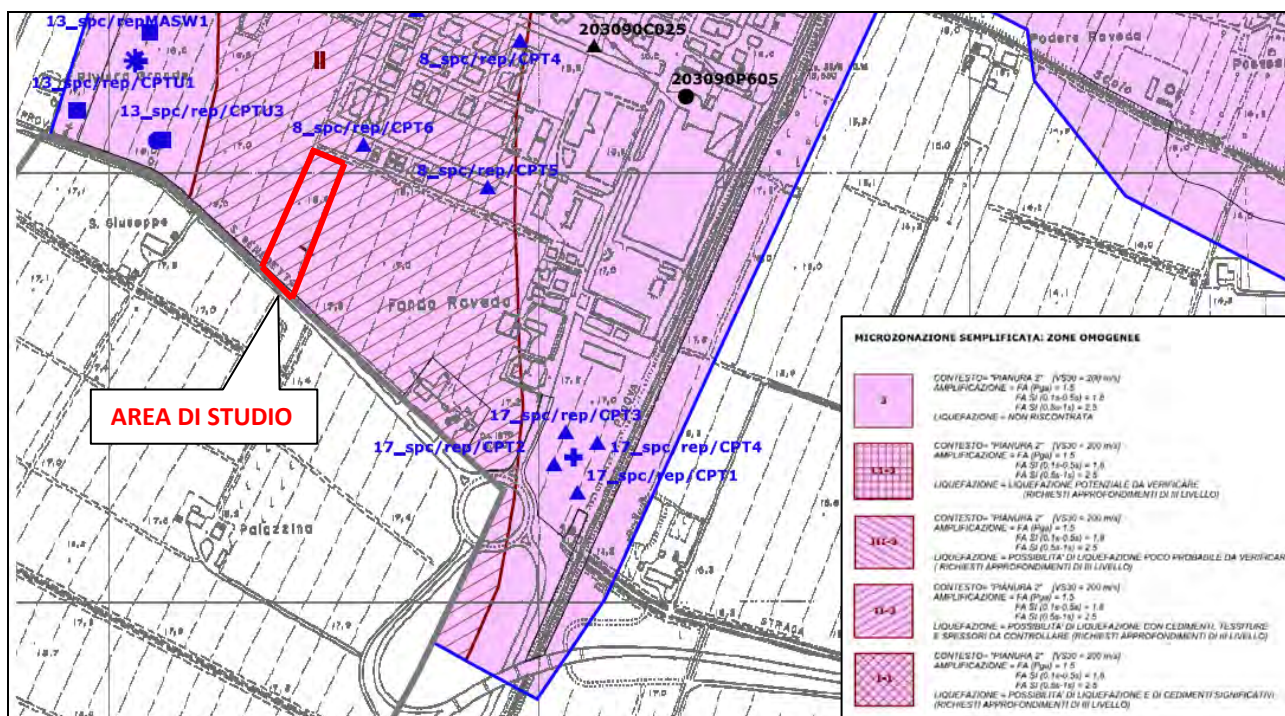


Figura 2.12-6

Piano Strutturale Comunale elaborato in forma associata – aggiornamento dicembre 2013 – Comune di San Pietro in Casale

Tav.2a – Microzonazione sismica semplificata (DAL 112/2007)

## 2.13. Aspetti sismici di dettaglio

### 2.13.1. CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, così come definito nel testo della normativa NTC08, rif. 7.11.3. In assenza di tali dati, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, così come di seguito indicato (Tabella 2.13.1-1).

TABELLA 2.13.1-1  
DESCRIZIONE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO A-E

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> , caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800 mt/sec, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 mt
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 mt, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 360 mt/sec e 800 mt/sec (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fine)
<b>C</b>	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 mt, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 180mt/sec e 360 mt/sec (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 \text{ kPa} < c_{u,30} < 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina)
<b>D</b>	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 mt, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ inferiori a 180 mt/sec (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 mt</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ mt/sec)

Per sottosuoli appartenenti alle ulteriori categorie S1 ed S2, di seguito descritte, è necessario definire anche la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o argille ad elevata sensibilità al collasso (Tabella 2.13.1-2).

TABELLA 2.13.1-2  
DESCRIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO S1-S2

Categoria	Descrizione
<b>S1</b>	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30}$ inferiori a 100 mt/sec (ovvero $10 \text{ kPa} < c_{u,30} < 20 \text{ kPa}$ ), che includono uno strato di almeno 8 mt di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 mt di torba o di argille altamente organiche
<b>S2</b>	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	--

Per l'identificazione della categoria di sottosuolo, è raccomandata la misura della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ . In particolare, fatta salva la necessità di estendere le indagini geotecniche nel volume significativo del terreno interagente con l'opera, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s,30}$ , definita mediante l'equazione delle NTC:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s].}$$

La velocità equivalente è ottenuta fissando l'equivalenza tra i tempi di arrivo delle onde di taglio che si propagano sia in un terreno omogeneo equivalente di spessore pari a 30 m, sia in un terreno stratificato come quello in esame, di spessore complessivo di 30 m. La definizione del valore della  $V_{s,30}$  assume, in questo caso, valori diversi da quelli ottenuti dalla media delle velocità dei singoli strati pesata sui relativi spessori; è dunque necessario enfaticizzare anche il contributo degli strati più deformabili.

In alternativa a misure di  $V_s$ , l'identificazione della categoria del sottosuolo può essere effettuata sulla base di altre grandezze geotecniche, come il numero dei colpi della prova penetrometrica dinamica ( $N_{SPT,30}$ ) per depositi di terreni prevalentemente a grana grossa nei primi 30 m di profondità e la resistenza non drenata ( $c_{u,30}$ ), per depositi prevalentemente a granulometria fine nei primi 30 m di profondità.

Nel caso specifico, come descritto nella Tavola 3 (integrazione) del Quadro Conoscitivo del P.S.C. elaborato in forma associata – Reno Galliera – Terre di Pianura – Carta macrozone sismiche, l'area di studio ricade in corrispondenza di una categoria di suolo di fondazione (punto 3.2.1 DM 159/2005) di tipo D, calcolata.

In base al criterio dell'analisi del parametro  $V_{s,30}$ , la categoria di suolo viene quindi definita come categoria **D**, ovvero: *“Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 mt, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  inferiori a 180 mt/sec (ovvero  $N_{SPT,30} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina)”*.

Tale dato dovrà essere confermato dall'analisi sulla liquefazione per confermare, ai sensi dell'NTC08, la possibilità dell'utilizzo dell'approccio semplificato.



### 2.13.2. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per configurazioni superficiali semplici si considera la seguente classificazione riportata in Tabella 2.13.2-1.

TABELLA 2.13.2-1

CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Nell'area di studio si è in presenza di categoria topografica **T1**.

### 2.13.3. PARAMETRI SISMICI DEFINITI IN BASE ALLE "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2008 (DM 14/01/2008)"

In base alla normativa tecnica per le costruzioni, si devono definire i parametri sismici in funzione delle coordinate geografiche del sito e della classe d'uso della costruzione. Inoltre, le opere e le componenti strutturali devono essere progettate, realizzate, collaudate e soggette a manutenzione, in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione, in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dalle presenti norme.

Ai fini della normativa di cui sopra le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento, nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$ : accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T^*_c$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

L'oggetto del presente studio riguarda il P.U.A. di una parte dell'ambito ANS-C3; ai fini della presente si prevede che, sul sito oggetto di studio, saranno realizzati interventi che rientreranno in Classe d'uso II, corrispondenti quindi a *costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali*[...].

Le azioni sismiche, per ogni costruzione, sono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

La vita nominale  $V_N$  viene definita pari a 50 anni.

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$ , varia al variare della classe d'uso, così come riportato in tabella 2.13.3-1.

TABELLA 2.13.3-1

CLASSI D'USO E COEFFICIENTI D'USO  $C_U$

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

L'area sulla quale insisteranno le opere, rientra nella categoria di sottosuolo D; i coefficienti  $S_s$  (amplificazione stratigrafica) e  $C_c$  possono essere calcolati, in funzione dei valori  $F_0$  e  $T_c^*$ , mediante le espressioni riportate in tabella 2.13.3-2, nelle quali  $g$  è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

TABELLA 2.13.3-2

COEFFICIENTI  $S_s$  E  $C_c$

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Le condizioni topografiche vengono valutate in funzione dei valori  $S_T$  (amplificazione topografica) riportati in Tabella 2.13.3-3.

TABELLA 2.13.3-3

VALUTAZIONE CONDIZIONI TOPOGRAFICHE SECONDO IL PARAMETRO  $S_T$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Ai fini del calcolo è stata scelta una vita nominale  $V_n$  di 50 anni, ed una classe d'uso II, con coefficiente d'uso  $c_u$  di 1.0. Da questa elaborazione, si ottengono i valori dei parametri sismici  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$ ,

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	--

determinati in funzione del periodo di ritorno  $T_R$  ed associati ad uno stato limite SLV, categoria del sottosuolo D e categoria topografica T1.

#### 2.13.4. VERIFICA DELLE SOLLECITAZIONI SISMICHE SUI TERRENI INCOERENTI

E' importante in questa fase distinguere fra terreni di fondazione incoerenti e terreni coesivi, i quali rispondono alle sollecitazioni di taglio in modo diverso.

Per prevedere il comportamento del terreno sottoposto ad azione sismica nei terreni incoerenti, è fondamentale conoscere il parametro densità relativa ( $D_r$ ); un terreno molto addensato ( $D_r \geq 70\%$ ) infatti, sottoposto a sollecitazioni di taglio, tende ad aumentare di volume (**fenomeno della dilatanza**) fino a raggiungere l'indice dei vuoti critico, oltre al quale cessa l'aumento di volume stesso. La densità relativa ( $D_r$ ) in corrispondenza di un aumento di volume diminuisce, come diminuisce l'angolo di resistenza al taglio ( $\phi$ ) legato direttamente ad essa.

Nei terreni di fondazione coesivi, nei quali la resistenza al taglio è espressa in condizioni drenate da un angolo di resistenza al taglio e da una coesione drenata e in condizioni non drenate, da una coesione non drenata, è dimostrato (Carroll, 1963) che l'azione sismica non produce variazioni negative nelle caratteristiche meccaniche.

*Nel caso in esame, in corrispondenza delle verticali d'indagine eseguite, sono stati rilevati depositi coesivo-granulari e granulari saturi. Per tali terreni sono stati determinati valori di densità relativa media inferiori al 70%. Pertanto, in virtù delle caratteristiche dei terreni e delle densità individuate, in caso di sollecitazione sismica non è previsto l'insorgere del fenomeno della dilatanza. A tale proposito si sottolinea inoltre come, in generale, tale fenomeno sia funzione anche della profondità alla quale si trova lo strato indagato: maggiore è la profondità dello strato, minore sarà la possibilità dell'insorgere del fenomeno.*

Per quanto riguarda il fenomeno della **liquefazione**, definito come la diminuzione della resistenza al taglio e/o di rigidità, causata dall'aumento della pressione interstiziale in un terreno saturo granulare durante una sollecitazione sismica, la probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verifichino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla, se si riscontra almeno una delle condizioni riportate di seguito. È sufficiente che solo uno di questi criteri sia soddisfatto per poter omettere ogni ulteriore tipo di verifica (Regione Emilia Romagna - atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica").

1. eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. accelerazione massima attesa in superficie in condizioni free-field (cioè in assenza di carichi superficiali, edifici o altro) minore di  $0.1g$ ;
3. accelerazione massima attesa in superficie in condizioni free-field minore di  $0.15g$  e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
  - frazione di fine FC, superiore al 20%, con indice di plasticità  $IP > 10\%$ ;
  - $FC \geq 35\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 20$ ;
  - $FC \leq 5\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 25$

dove  $(N_1)_{60}$  è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT, definito dalla relazione:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N$$

in cui il coefficiente  $C_N$  è ricavabile dall'espressione



 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	--

$$C_N = \left( \frac{p_a}{\sigma'_v} \right)^{0.5}$$

essendo  $p_a$  la pressione atmosferica e  $\sigma'_v$  la pressione efficace verticale.

4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 2.13.4.5-1 (a), nel caso di materiale con coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$  ed in Figura 2.13.4.5-1 (b) per coefficienti di uniformità  $U_c > 3.5$ ;

5. profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna, in presenza di topografia orizzontale e di strutture con fondazioni superficiali. Qualora si fosse in presenza di fondazioni profonde e/o su pendio inclinato, questo criterio non sarebbe più applicabile e la verifica alla liquefazione dovrebbe essere eseguita anche per profondità della falda superiori a mt 15.00 da p.c. Tuttavia è da tener presente che oltre i mt 20 di profondità, la probabilità che un livello sciolto possa subire liquefazione, diventa estremamente bassa.

Da evidenziare come, per il punto 4, sia chiaramente necessario prelevare un campione di sabbia da sottoporre ad analisi di laboratorio.

Quando nessuna delle condizioni prima descritte risulta soddisfatta, è necessario procedere alla valutazione di un coefficiente di sicurezza alla liquefazione, alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

I punti sopra elencati vengono esplicitati nei paragrafi successivi, in termini di fattori scatenanti il sisma quali magnitudo, accelerazione,  $a_g$  e fattori predisponenti quali profondità della falda, granulometria, ecc., ecc.

#### **2.13.4.1. Fattori scatenanti: Definizione della Magnitudo attesa del sisma**

La definizione della magnitudo attesa, utilizzata di seguito per le valutazioni sulla liquefazione, farà riferimento, alla massima magnitudo attesa relativa alla zona sismogenetica di riferimento (912), che risulta pari a  $M = 6.14$ . Tale assunzione viene suggerita anche dalla determinazione della Regione Emilia Romagna n. 1105 del 03/02/2014.

#### **2.13.4.2. Fattori scatenanti: Definizione dell'accelerazione sismica orizzontale**

(da "La liquefazione dei terreni" di Aldo di Bernardo)

Il parametro dell'accelerazione sismica orizzontale massima in superficie ( $a_{gmax}$ ) è riferito alla condizione *free-field*, cioè in assenza di carichi superficiali, edifici o altro. Il valore di soglia, indicato dalla normativa, è di 0.10 g. Questo significa che se l'accelerazione sismica orizzontale massima in superficie indotta dal sisma si colloca sotto questo limite è possibile omettere la verifica alla liquefazione.

Il parametro  $a_{gmax}$  si ricava direttamente dalla caratterizzazione sismica del sito, secondo le indicazioni del DM 14/01/2008, attraverso la relazione:

$$a_{gmax} = a_g S_s S_t$$

La grandezza  $a_g$  è l'accelerazione sismica orizzontale riferita al sito rigido, ricavabile dall'appendice B del DM 14/01/2008 in funzione delle coordinate geografiche del sito, e  $S_s$  e  $S_t$  sono i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.

Il valore di soglia introdotto nel DM 14/01/2008 non coincide con quello suggerito nell'Eurocodice 8, dove il limite viene posto a 0.15 g. Questa differenza nasce da un adattamento dell'Eurocodice 8 al contesto italiano. Anche se a livello mondiale sono noti casi di liquefazione avvenuti in corrispondenza di valori di  $a_{gmax}$  minori di 0.10, si ritiene che in Italia ciò sia molto improbabile. Per poter produrre fenomeni di liquefazione, eventi sismici che generano in superficie valori di accelerazione così bassi, devono essere caratterizzati da una durata insolitamente lunga. Cioè devono essere in grado di produrre un numero sufficientemente alto di cicli di carico per consentire, ai relativamente ridotti valori di  $\Delta u$ , di poter uguagliare, sommandosi, la pressione litostatica efficace agente.

Nel caso specifico, si valuta l'accelerazione massima orizzontale in base agli abachi dell'Atto di Indirizzo 112/2007 della Regione Emilia Romagna e alle tabelle della Deliberazione della Giunta Regionale del 21 dicembre 2015, n. 2193 della Regione Emilia Romagna, considerando il valore di accelerazione massima previsto per il Comune di San Pietro in Casale amplificato con il fattore di amplificazione PGA previsto per la PIANURA 2 con  $v_s = 200$  m/s. ( $a_{gmax} = a_{refg} \times F.A. P.G.A. = 0,158 \times 1,7 = 0,268g$ ).

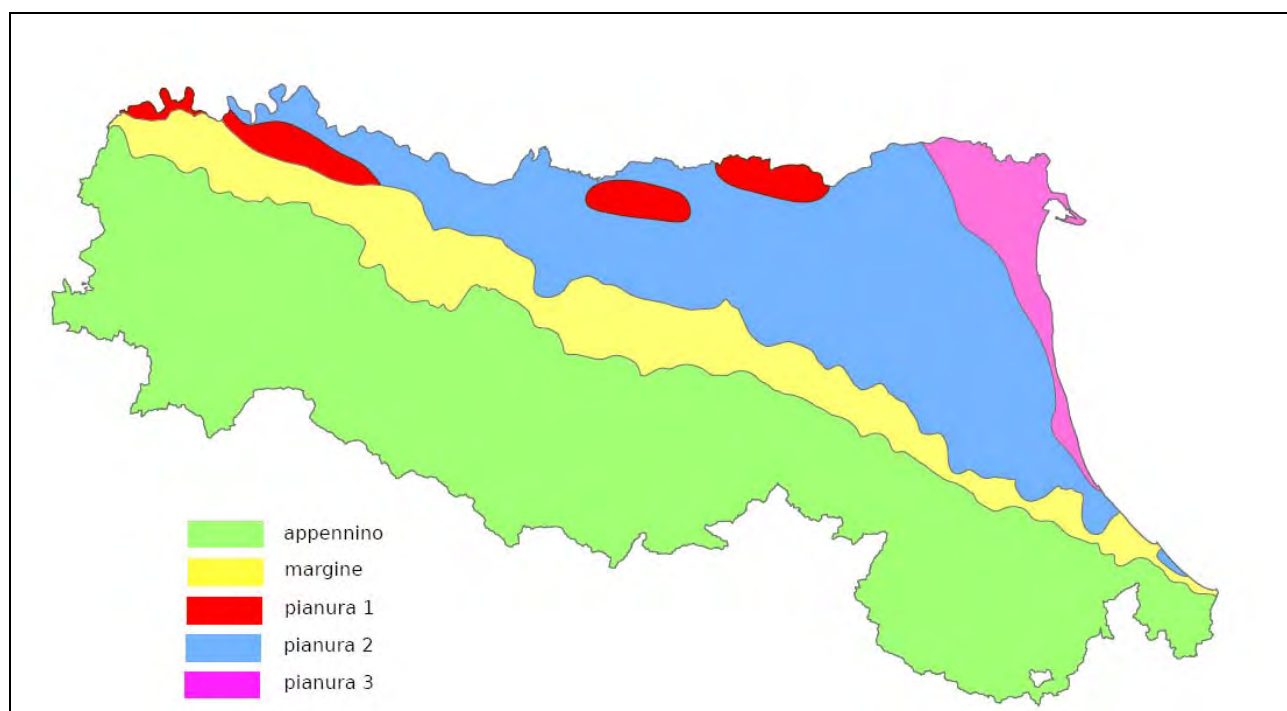


Figura 2.13.4.2-1

#### Localizzazione indicativa degli ambienti geomorfologici e litostratigrafici in Emilia Romagna

Una seconda valutazione che si rende necessaria, è la determinazione dell'accelerazione massima orizzontale riferita al sito rigido e dei parametri sismici, in base alle indicazioni fornite dalle NTC08. In questo caso, per il calcolo dei parametri sismici, è stato utilizzato il programma di calcolo, Spettri-NTC, ver.1.0.3, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

In figura 2.13.4.2-2 è rappresentata l'individuazione del sito di riferimento, in basso a sinistra la visualizzazione dei quattro nodi del reticolo che circoscrivono il sito stesso. La modalità di interpolazione scelta dei dati forniti per ciascuno di tali nodi, è la superficie rigata.

Il territorio italiano, come già accennato precedentemente, è suddiviso in un reticolo sovrapposto alla mappa probabilistica del rischio sismico sviluppata dal progetto S1 dell'INGV, e ad ogni nodo del reticolo

corrisponde un set di parametri fondamentali o indipendenti, tabulati nella normativa:  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$ ; per i punti con coordinate intermedie tra i nodi del reticolo si utilizzano metodi di interpolazione.

## FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

---

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

Nodi del reticolo intorno al sito



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Figura 2.13.4.2-2

Finestra di lavoro relativa alla FASE 1.

In allegato 13 si riportano i grafici degli spettri di risposta ottenuti in corrispondenza di ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1 (zona sismica di Categoria S1 – OPCM2003); in allegato 10 i grafici che rappresentano la variabilità dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T_c^*$  in funzione del periodo di ritorno  $T_r$  ed in allegato 9 è inserita una tabella riassuntiva dei valori degli stessi parametri  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T_c^*$  per ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1; la scelta del tempo di ritorno dipende da quella che, nella fase 2, viene definita strategia di progettazione.

In figura 2.13.4.2-3 si descrive la considerazione dei dati specifici relativi alla costruzione in oggetto.

In questo caso, come sopra riportato, si ipotizza di dover realizzare delle civili abitazioni con vita nominale  $V_n$  pari a 50 anni ed appartenenti alla classe d'uso II, a cui corrisponde un coefficiente  $C_u = 1.0$ . In base a tali valori viene determinato il periodo di riferimento per le costruzioni  $V_r$ , che risulta in questo caso pari a 50 anni. Sono quindi calcolati i valori dei periodi di ritorno corrispondenti alle probabilità di superamento per i quattro stati limiti previsti dalle NTC08. I dati in uscita in questa fase rappresentano una selezione effettuata sui dati ottenuti nella fase precedente in corrispondenza dei valori previsti per il periodo di ritorno dei quattro stati limite considerati (Allegati 14, 12 e 11).



Si pone in evidenza il fatto che i dati riportati nella tabella dell'allegato 11 sono relativi ai parametri per la costruzione di spettri di risposta per i diversi stati limite e riguardano la pericolosità sismica di base del sito, ossia l'azione sismica attesa su suolo rigido e orizzontale; questi dati, nell'ottica di uno studio di RSL mediante modellazione numerica, sono da intendere come la definizione delle forme spettrali dei terremoti di input.

## FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U$   info

---

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE	{	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="30"/>
		SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="50"/>
Stati limite ultimi - SLU	{	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="475"/>
		SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="975"/>

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

Stato Limite	Periodo di ritorno $T_R$ [anni]
SLO	30
SLD	50
SLV	475
SLC	975

**LEGENDA GRAFICO**

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Figura 2.13.4.2-3

Finestra di lavoro relativa alla FASE 2

In figura 2.13.4.2-4 è raffigurata la determinazione dell'azione di progetto corrispondente a ciascuno Stato Limite.

Nello specifico si determina l'azione di progetto per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) e di avere: un sottosuolo di categoria D, una zona topografica di categoria T1 e infine una quota del sito della costruzione pari all'altezza del rilievo topografico (e pertanto  $h/H = 0$ ).

Inseriti questi dati vengono forniti i valori dei coefficienti SS, CC e ST necessari per la determinazione dello spettro.

In questo caso, trattandosi dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), si seleziona l'opzione relativa allo spettro di progetto inelastico. Non avendo ricevuto informazioni dal tecnico strutturista si ipotizzano i parametri di  $q$  e  $q_0$  e cautelativamente si assegna la non regolarità della struttura in altezza.

Si riportano infine negli allegati 15, 16 e 17, il grafico relativo agli spettri per lo stato limite considerato e le tabelle con i parametri corrispondenti.

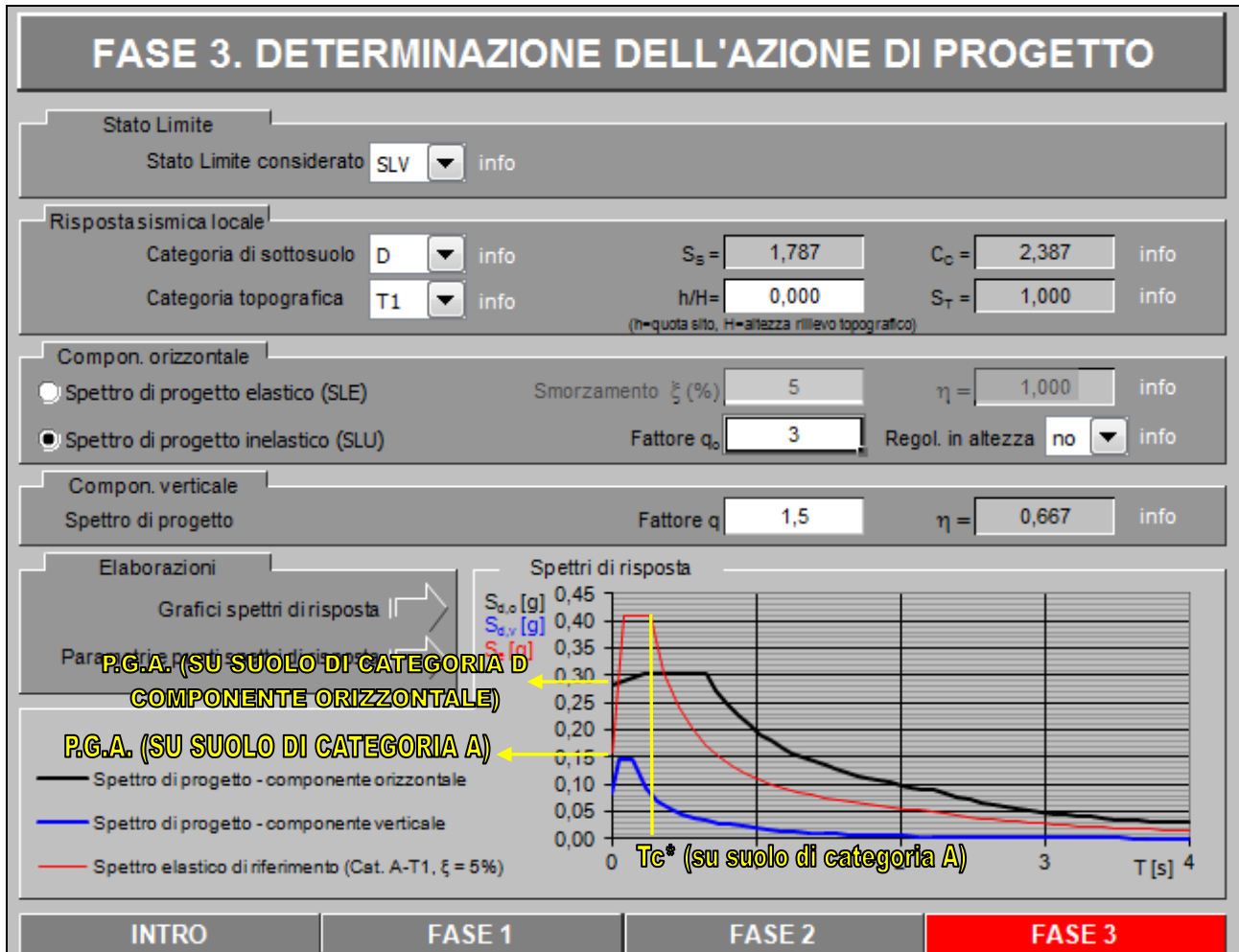


Figura 2.13.4.2-4  
**Spettri-NTC**

In base a quanto sopra riportato e alla definizione della accelerazione massima attesa in superficie ( $a_{gmax}$ ), nonché al calcolo dei fattori di amplificazione  $S_s$  e  $S_t$ , nel caso specifico  $S_s = 1.787$ , per lo stato limite SLU-SLV ( $a_g = 0.158g$ ) e  $S_t = 1$ , si definisce l'accelerazione massima orizzontale attesa al sito ( $a_{gmax}$ ) per SLU-SLV pari a **0.282g**.

Applicando questo criterio si conclude che l'accelerazione massima attesa è maggiore rispetto a quanto determinabile con la Deliberazione della Giunta Regionale del 21 dicembre 2015, n. 2193 della Regione Emilia Romagna. Inoltre, in entrambi i casi la verifica non è comunque soddisfatta, in quanto i valori sono superiori a 0.10 g, quindi è necessario procedere ad ulteriori verifiche ed elaborazioni relativamente al rischio di liquefazione.

Per le valutazioni di seguito riportate, si considera cautelativamente il valore dell'accelerazione massima attesa più elevato.

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	--

A commento di quanto precedentemente determinato per mezzo del software distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, va segnalato come lo spettro di risposta che risulta sia uno spettro di ampiezza corrispondente allo spettro teorico del terremoto a cui riferirsi. È la forma standardizzata dello spettro dei terremoti. La forma di questo spettro dipende dallo smorzamento  $\xi$  (5%), ma così creato è la convoluzione di tutte le incertezze e quindi come tale si riferisce ad un sisma teorico.

Supporti Grafici:

- Allegati 9-12. Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T^*_c$
- Allegati 13-17. Spettri di risposta e parametri SLV

**2.13.4.3. Fattori predisponenti: Profondità della falda**

(da “La liquefazione dei terreni” di Aldo di Bernardo)

Quando le sopraccitate condizioni non risultano soddisfatte, diventa necessario eseguire una prima valutazione geotecnica di tipo qualitativo e semi quantitativo sui terreni presenti nel sito indagato.

Il primo parametro da individuare è la posizione della falda rispetto al piano campagna. Se la profondità media stagionale del livello di falda è superiore a mt 15, in presenza di topografia orizzontale e di strutture con fondazioni superficiali, la verifica alla liquefazione può essere omessa. Questo limite coincide con quello indicato nell’Eurocodice 8. Si ammette quindi l’improbabilità che strutture con fondazioni superficiali in presenza di topografia suborizzontale, possano risentire degli effetti della liquefazione in livelli posti oltre i mt 15 di profondità.

Il DM 14/01/2008 parla di misura riferita al valore medio stagionale. Nell’Eurocodice 8 invece si fa riferimento alle condizioni prevalenti durante il periodo di vita dell’opera. Nel primo caso si tratta di eseguire una valutazione sulla base di dati storici, nel secondo di fare una previsione a lungo termine, con i problemi che ciò comporta. Qualora non fossero disponibili misure precise del livello di falda, è possibile effettuare una valutazione approssimativa attraverso una stima di massima dell’oscillazione del livello.

Nel caso specifico la falda risulta comunque a profondità inferiori a mt 15.00 da p.c., nettamente più prossima al piano campagna, come definito nel capitolo dedicato.

**2.13.4.4. Fattori predisponenti: Resistenza mobilabile dal terreno**

(da “La liquefazione dei terreni” di Aldo di Bernardo)

Vengono prese come riferimento le prove penetrometriche dinamiche e statiche. Nel caso di terreni costituiti da sabbie pulite, cioè con frazione fine trascurabile, la verifica alla liquefazione si può omettere quando la resistenza penetrometrica normalizzata è superiore a uno dei seguenti limiti:

- $(N_1)_{60} > 30$  nel caso di prove penetrometriche dinamiche;
- $q_{c1N} > 180$  nel caso di prove penetrometriche statiche.

Il parametro  $(N_1)_{60}$  rappresenta il valore di  $N_{SPT}$  riferito a un’efficienza di infissione del 60%, efficienza considerata standard per le prove eseguite in foro di sondaggio, e normalizzata per una pressione verticale efficace di 100 KPa. Si ottiene quindi dalla relazione:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} (100/\sigma'_v)^{0.5}$$

in cui  $\sigma'_v$  è la pressione litostatica efficace, espressa in KPa, alla profondità di misura.



 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	--

Utilizzando i dati di una prova dinamica continua, questi, ovviamente, dovranno prima essere convertiti in valori di  $N_{SPT}$  equivalenti.

La grandezza  $q_{c1N}$ , in modo analogo, indica il valore di resistenza alla punta  $q_c$  del penetrometro statico normalizzata alla pressione di riferimento di 100 KPa:

$$q_{c1N} = (q_c / 0.1) (100/\sigma'_v)^{0.5}$$

dove  $q_c$  è espresso in MPa e  $\sigma'_v$  in KPa.

Per quanto riguarda gli orizzonti coesivo-granulari, il DM 14/01/2008 non fornisce indicazioni relativamente al caso di sabbie con una frazione fine, limo-argillosa, significativa. È possibile in questi casi fare riferimento alle indicazioni dell'Eurocodice 8.

L'Eurocodice 8 al criterio di esclusione per le sabbie pulite ne aggiunge altri 2. La verifica alla liquefazione potrà quindi essere omessa quando:

- la sabbia abbia un contenuto di argilla superiore al 20%, con un indice plastico  $IP > 10\%$ ;
- la sabbia abbia un contenuto in limo superiore al 35% e, contemporaneamente, possieda una resistenza penetrometrica normalizzata superiore a 20, cioè  $(N_1)_{60} > 20$ ; non si fa riferimento alle prove statiche ma è ragionevole utilizzare un valore di  $q_{c1N}$  ridotto a 2/3 rispetto a quello indicato per le sabbie pulite, e quindi  $q_{c1N} > 120$ .

Ne consegue che per l'Eurocodice 8 sono da considerare sabbie pulite quelle in cui il contenuto in argilla sia inferiore al 20% e quello in limo al 35%. Si possono avere situazioni intermedie, con miscele di limo e argilla in varie proporzioni; inoltre la verifica delle condizioni dell'Eurocodice 8 comporta la necessità di eseguire analisi granulometriche su tutti i livelli sabbiosi saturi.

Quando la componente fine risulta abbondante, si opera come segue:

- se l'indice plastico è superiore a 10 (Eurocodice 8) o a 12 (Bray e Sancio) la verifica alla liquefazione può essere omessa;
- in caso contrario la decisione andrà presa sulla base di  $(N_1)_{60}$  o di  $q_{c1N}$ .

Nel caso specifico non sono state effettuate le valutazioni speditive di cui sopra in quanto, come si vedrà più avanti, in base alle valutazioni stratigrafiche, ai dati acquisiti e alle normative vigenti, è stata effettuata la verifica alla liquefazione tramite analisi delle intere colonne stratigrafiche delle CPTU.

#### **2.13.4.5. Fattori predisponenti: Composizione granulometrica**

(da "La liquefazione dei terreni" di Aldo di Bernardo)

Facendo riferimento ai classici schemi di Tsuchida (1970), incorporati in numerose normative nazionali e procedure di valutazione del rischio, vengono definiti due fusi granulometrici corrispondenti a depositi con diverso valore del coefficiente di uniformità.

Si ricorda che per coefficiente di uniformità si intende il rapporto:

$$U = d_{60} / d_{10}$$

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	--

in cui  $d_{60}$  e  $d_{10}$  sono, rispettivamente, i diametri corrispondenti al 10% e al 60% del peso del campione letti sulla curva granulometrica.

Secondo il DM 14/01/2008, che riprende le indicazioni dell'Eurocodice 8, si può omettere la verifica alla liquefazione, quando la curva granulometrica del terreno risulta esterna alle zone indicate.

A livello operativo l'applicazione di questo criterio implica l'esecuzione di un sondaggio con prelievo di campioni di sabbia satura a diverse profondità, con le difficoltà che questo comporta.

Interpretativamente è necessario che un profilo ricada completamente nei limiti indicati per poter essere indicato liquefacibile.

Nel caso specifico, non sono stati effettuati sondaggi a carotaggio continuo e prelevati campioni di terreno sui quali effettuare analisi granulometriche, rimandando ad una eventuale fase successiva tali approfondimenti.

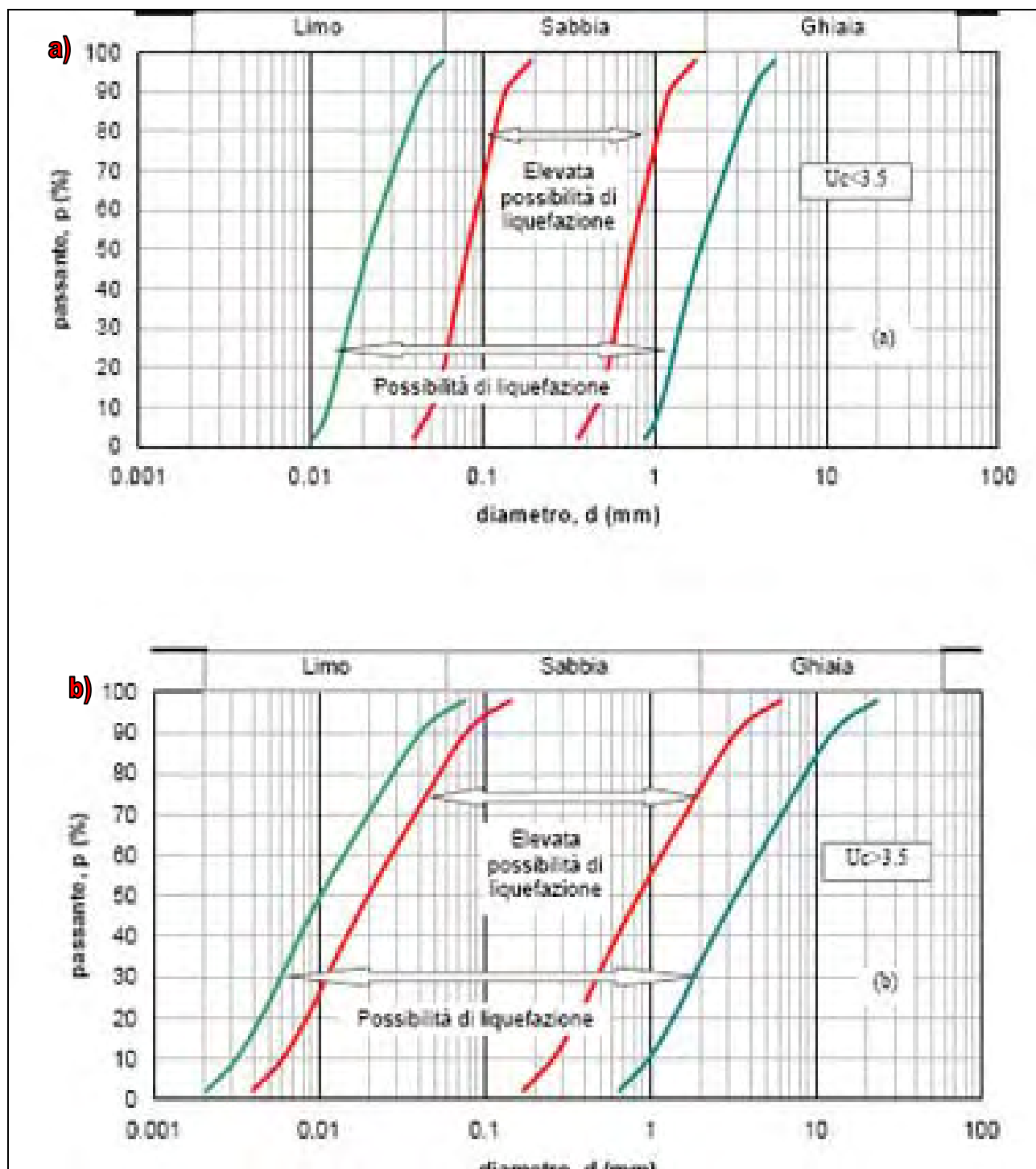


Figura 2.13.4.5-1

**Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione**



### 2.13.5. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE PER IL CASO SPECIFICO MEDIANTE LE PROVE CPTU

Nel caso in esame, in corrispondenza delle verticali di indagine CPTU, sono stati individuati livelli coesivo-granulari e granulari, saturi, ipotizzando un livello della falda a mt. 1.95/1.90/1.30 da piano campagna. Visti gli spessori, le caratteristiche e le profondità a cui si trovano, nella presente sono state effettuate le verifiche di seguito riportate riferite al possibile evento sismico.

Nello specifico, è stata valutata la **suscettibilità alla liquefazione** applicando un criterio indiretto corrispondente al metodo di Boulanger & Idriss (2014), come suggerito dall'allegato A3, punto A2.2, della D.G.R. del 21/12/2015, n. 2193.

Questo metodo utilizza le seguenti correlazioni:

$$1. q_{c1N} = C_N \cdot \frac{q_c}{p_a}$$

$$C_N = \left( \frac{p_a}{\sigma'_{v0}} \right)^m \leq 1.7$$

$$m = 1.338 - 0.249 \cdot (q_{c1Nes})^{0.264} \quad \text{con } 21 \leq q_{c1Nes} \leq 254$$

( $q_{c1Nes}$  è definito al punto 2 e  $m$  è determinato per via iterativa;  $p_a$  è la pressione atmosferica)

$$2. q_{c1Nes} = q_{c1N} + \Delta q_{c1N}$$

$$\Delta q_{c1N} = \left( 11.9 + \frac{q_{c1N}}{14.6} \right) \cdot \exp \left[ 1.63 - \frac{9.7}{FC + 2} - \left( \frac{15.7}{FC + 2} \right)^2 \right]$$

FC è il contenuto di fine espresso in %. In assenza di determinazione sperimentale di laboratorio FC può essere stimato con l'espressione empirica:

$$FC = 80 I_c - 137$$

in cui  $I_c$  è l'indice di classificazione del terreno da prova CPT proposto da Robertson (1990):

$$I_c = \sqrt{(\log F + 1.22)^2 + (\log Q_n - 3.47)^2}$$

con

$$F = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}} \cdot 100$$

$$Q_n = \left( \frac{q_c - \sigma_{v0}}{p_a} \right) \cdot \left( \frac{p_a}{\sigma'_{v0}} \right)^m$$

$$3. \text{CRR} = \exp \left[ \frac{q_{c1Ncs}}{113} + \left( \frac{q_{c1Ncs}}{1000} \right)^2 - \left( \frac{q_{c1Ncs}}{140} \right)^3 + \left( \frac{q_{c1Ncs}}{137} \right)^4 - 2.80 \right]$$

$$4. \text{MSF} = 1 + (\text{MSF}_{\max} - 1) \left[ 8.64 \exp \left( \frac{-M}{4} \right) - 1.325 \right]$$

$$\text{MSF}_{\max} = 1.09 + \left( \frac{q_{c1Ncs}}{180} \right)^3 \leq 2.2$$

$$5. K_{\sigma} = 1 - C_{\sigma} \cdot \ln \left( \frac{\sigma'_{v}}{P_a} \right) \leq 1.1$$

$$C_{\sigma} = \frac{1}{37.3 - 8.27(q_{c1Ncs})^{0.264}} \leq 0.3$$

$$5. \text{CSR}_{M;\sigma'v} = 0.65 \cdot \frac{a_{\max s}}{g} \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{\sigma'_{v0}} \cdot r_d$$

$$r_d = \exp [\alpha(z) + \beta(z) \cdot M]$$

$$\alpha(z) = -1.012 - 1.126 \cdot \text{sen} \left( \frac{z}{11.73} + 5.133 \right)$$

$$\beta(z) = 0.106 + 0.118 \cdot \text{sen} \left( \frac{z}{11.28} + 5.142 \right)$$

$$6. F_L = \frac{\text{CRR}_{M=7.5;\sigma'v=1atm}}{\text{CSR}_{M;\sigma'v}} \cdot \text{MSF} \cdot K_{\sigma}$$

In base alla deliberazione dell'assemblea legislativa della Regione Emilia Romagna n. 112 del 2 maggio 2007, è possibile che avvengano fenomeni di liquefazione quando  $FL < 1$ . La circolare del C.S.LL.PP. n. 617 del 2 febbraio 2009, demanda invece al progettista la decisione in merito alla scelta del margine di sicurezza nei confronti della liquefazione. Per quanto riguarda infine l'OPCM 3274 del 20 marzo 2003, un terreno deve essere considerato suscettibile a liquefazione, allorché lo sforzo di taglio generato dal terremoto ad una data profondità, supera l'80% dello sforzo critico che ha provocato la liquefazione durante terremoti passati alla medesima profondità; il livello di sforzo di taglio implica un fattore di sicurezza pari a 1.25.

Viste le tipologie di indagine eseguite, le peculiarità delle valutazioni introdotte dall'OPCM 3274 e le modalità di valutazione dei dati relativi alla pianificazione locale, si ritiene corretto e coerente nella presente definire che un deposito non è suscettibile a liquefazione quando  $FL > 1$  in linea con quanto riportato nel DAL 112/2007 della Regione Emilia Romagna.



Il calcolo dell'Indice del potenziale di Liquefazione (LPI), viene utilizzato per interpretare le valutazioni in termini di gravità del fenomeno liquefazione sulla profondità.

La procedura di calcolo si basa sul metodo elaborato da Iwasaki (1982).

Per valutare la gravità di liquefazione misurata in un dato sito, LPI è calcolato sulla base della seguente equazione:

$$LPI = \int_0^{20} (10 - 0,5z) \times F_L \times d_z$$

Dove:

$F_L = 1 - F.S.$  quando F.S. è minore di 1

$F_L = 0$  quando F.S. è maggiore di 1

$z$  è la profondità misurata in metri

Iwasaki propone 4 categorie basate sul valore numerico di LPI:

- $LPI = 0$  : il rischio di liquefazione è molto basso
- $0 < LPI \leq 5$  : il rischio di liquefazione è basso
- $5 < LPI \leq 15$  : il rischio di liquefazione è alto
- $LPI > 15$  : il rischio di liquefazione è molto alto



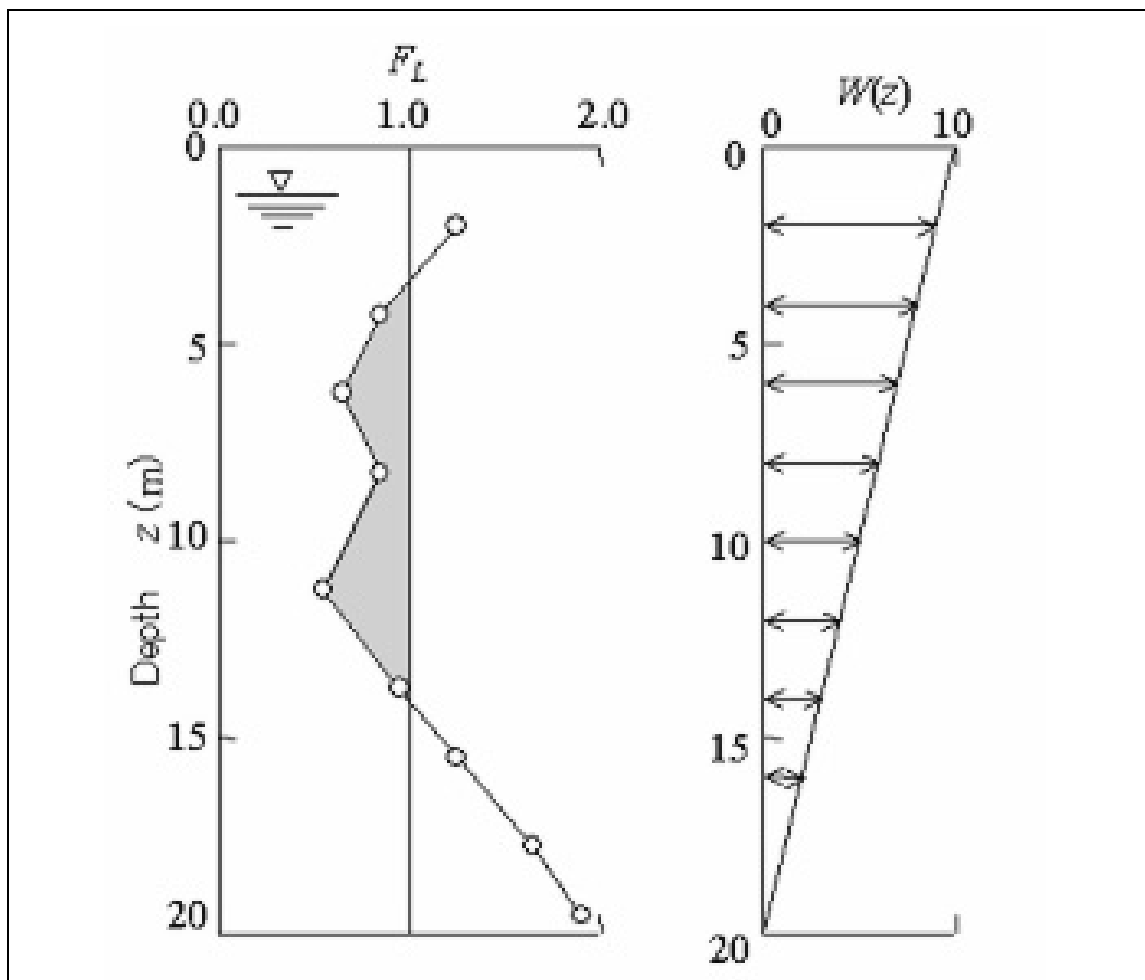


Figura 2.13.5-1

**Rappresentazione grafica della procedura di calcolo di LPI**

Come accennato, in linea con il DAL 112/2007 della Regione Emilia Romagna, nella presente si definisce che un deposito sabbioso risulta suscettibile a liquefazione quando  $F_s < 1$ .

Utilizzando il software CLiq v.1.7.6.49 è stato determinato il fattore  $F_s$  applicando il metodo di Boulanger & Idriss (2014), individuando quindi gli spessori caratterizzati da  $F_s < 1$ , di seguito elencati nelle tabelle, nelle quali, oltre agli spessori e alle profondità dei singoli strati liquefacibili, sono indicate anche le profondità dei macrostrati e gli spessori cumulativi degli strati liquefacibili.

I macrostrati distinguono gli spessori prevalentemente coesivi e prevalentemente granulari.

TABELLA 2.13.5-1

CPTU1 – STRATI CON FS<1

CPTU1	MACROSTRATI		STRATI LIQUEFACIBILI		
	PROF. TETTO (MT)	PROF. LETTO (MT)	PROFONDITÀ (MT)	SPESSORI (MT)	SPESSORI CUMULATIVI (MT)
	0.66	18.92	7.03 – 7.11	0.08	0.24
			7.41 – 7.45	0.04	
			7.51 – 7.53	0.02	
			9.97 – 10.03	0.06	
			10.15 – 10.19	0.04	
18.92	20.04	18.93 – 19.99	1.06	1.06	

TABELLA 2.13.5-2

CPTU2 – STRATI CON FS<1

CPTU2	MACROSTRATI		STRATI LIQUEFACIBILI		
	PROF. TETTO (MT)	PROF. LETTO (MT)	PROFONDITÀ (MT)	SPESSORI (MT)	SPESSORI CUMULATIVI (MT)
	0.56	1.22	-	-	-
	1.22	13.64	7.79 – 7.81	0.02	0.24
			9.43 – 9.65	0.22	
	13.64	15.32	14.83 – 15.27	0.44	0.44
	15.32	18.82	15.35 – 15.37	0.02	0.02
18.82	20.02	18.89 – 19.99	1.10	1.10	

TABELLA 2.13.5-3

CPTU3 – STRATI CON FS<1

CPTU3	MACROSTRATI		STRATI LIQUEFACIBILI		
	PROF. TETTO (MT)	PROF. LETTO (MT)	PROFONDITÀ (MT)	SPESSORI (MT)	SPESSORI CUMULATIVI (MT)
	0.56	18.90	6.21 – 6.35	0.14	0.78
			6.49 – 6.65	0.16	
			6.89 – 6.91	0.02	
			6.95 – 7.03	0.08	
			7.29 – 7.31	0.02	
			7.57 – 7.59	0.02	
			8.23 – 8.25	0.02	
			15.21 – 15.51	0.30	
			15.71 – 15.73	0.02	
			18.90	20.02	
19.33 – 19.65	0.32				
19.67 – 19.99	0.32				

Dalle tabelle sopra riportate si evince che l'unico spessore liquefacibile, con continuità orizzontale, è presente a profondità maggiori di mt 15.00 da piano campagna.

Per l'interpretazione di quanto sopra, si riporta uno stralcio della premessa dello studio "Confronto tra metodi semplificati di stima del rischio di liquefazione da prove CPT e CPTU" di J. Facciorusso, C. Madiati,

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	--

G. Vannucchi dal quale si evince che: *“L’indice LPI è calcolato con riferimento ad una verticale di prova. Gli effetti bi- e tri- dimensionali sono trascurati. Tale semplificazione può condurre talora a stime errate. In particolare se la liquefazione in un sito è limitata a lenti isolate, la liquefazione in superficie può non manifestarsi anche per valori significativi di LPI. Viceversa uno strato liquefatto sottile, profondo, molto diffuso ed esteso può determinare rottura del terreno e “lateral spreading” anche per bassi valori di LPI. La variabilità ed eterogeneità naturale delle condizioni stratigrafiche e geotecniche può spiegare la non sempre buona correlazione tra i valori dell’indice LPI e le evidenze di liquefazione”*.

Per completare l’esposizione, si riportano di seguito le interpretazioni stratigrafiche ricavate per mezzo del software che valuta la liquefazione in base alle stratigrafie elaborate inizialmente con il metodo di Robertson 1986 e successivamente con il metodo di Robertson 1990 sui parametri normalizzati. Il grafico di Robertson 1990 è presentato in termini di resistenza alla punta corretta  $q_t$ ; esso può essere utilizzato ugualmente con la resistenza alla punta non corretta,  $q_c$ , finché la differenza fra  $q_t$  e  $q_c$  è piccola, tranne nei terreni soffici a grana fine.

Dal confronto fra le sequenze ricavate emerge una sostanziale correlazione, con aumento e probabile sovrastima della frazione organica per Robertson 1990.



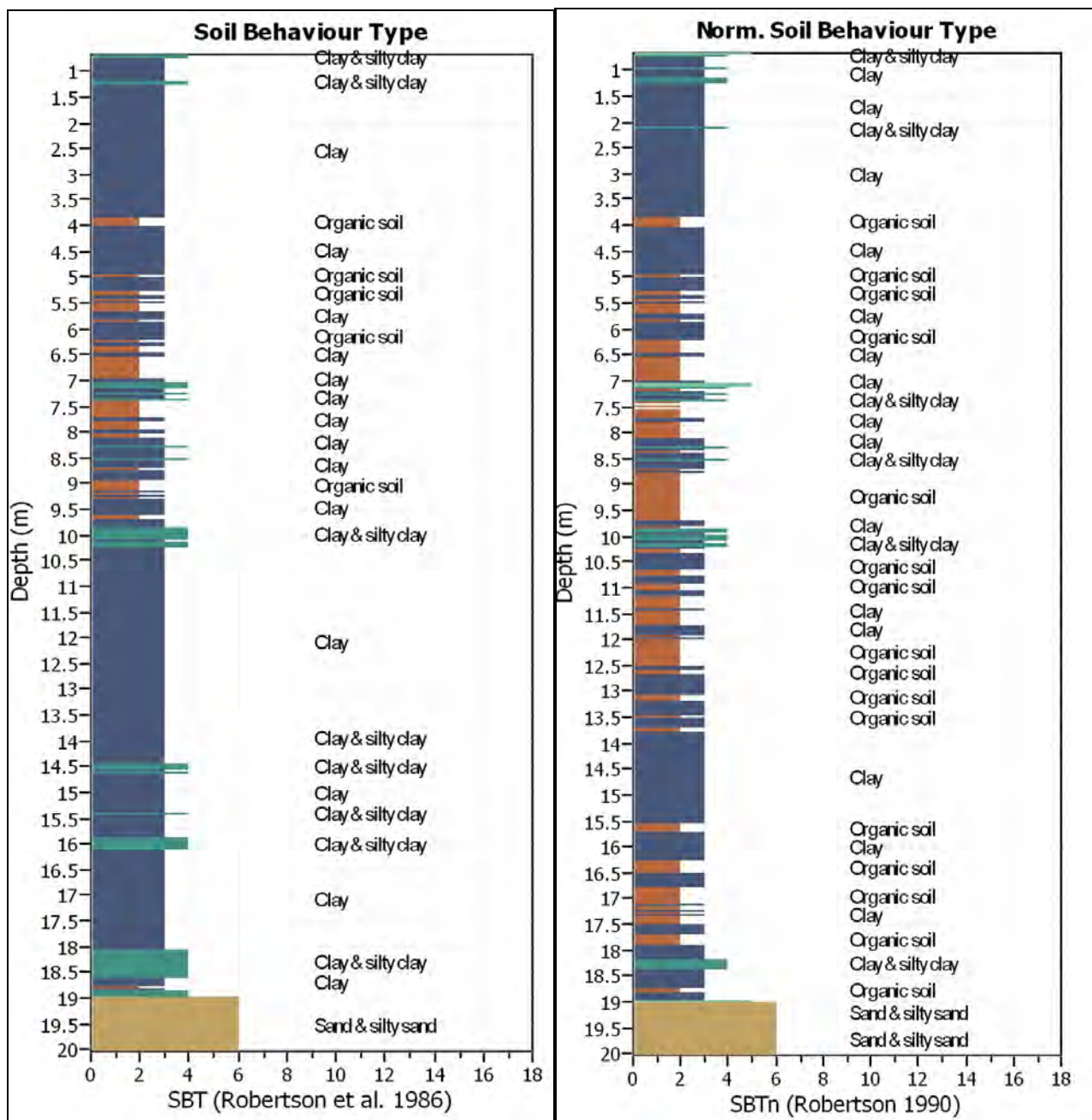


Figura 2.13.5-2

CPTU1 – Tipo di comportamento del terreno in base a Robertson 1986 e normalizzato in base a Robertson 1990

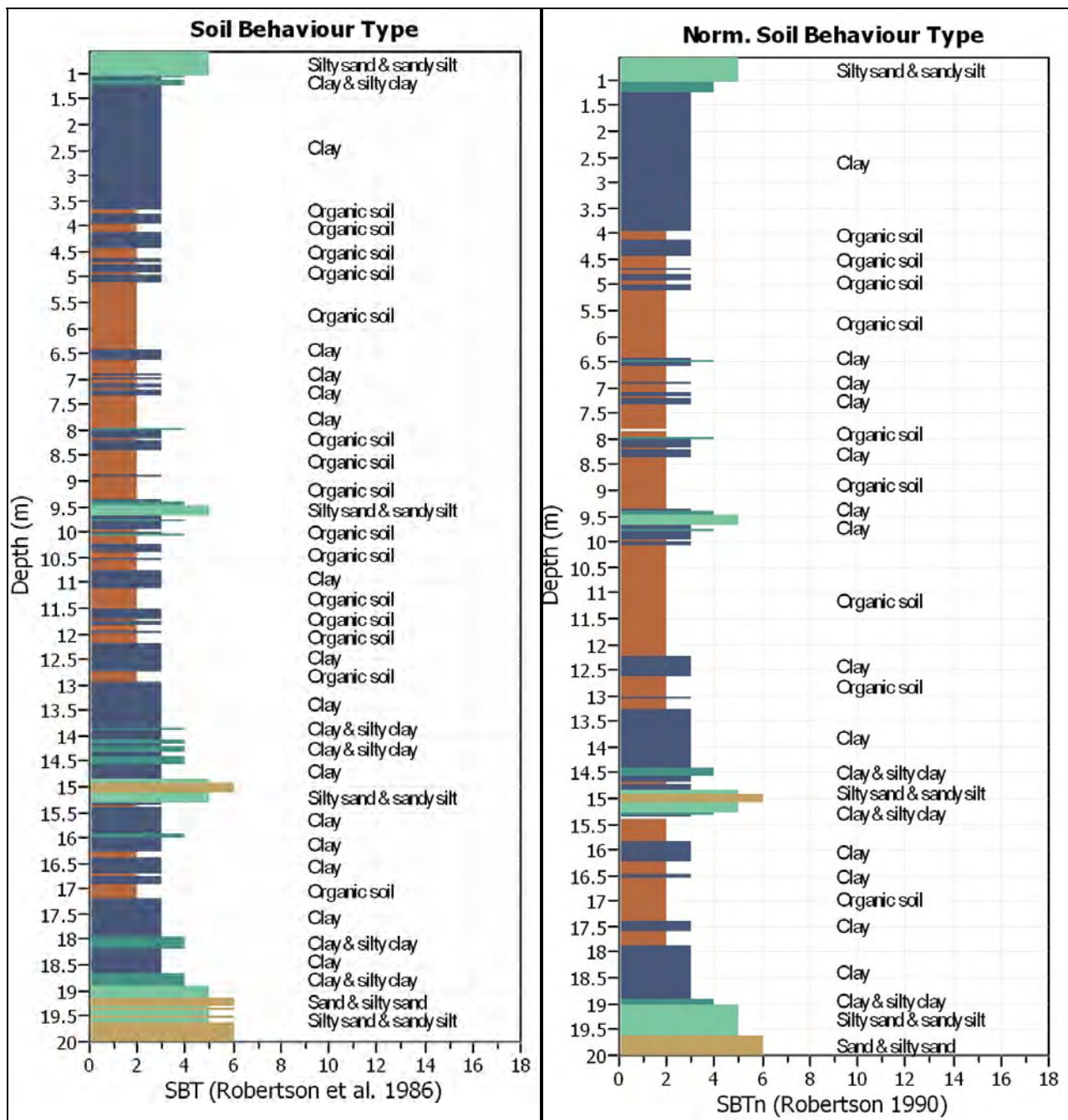


Figura 2.13.5-3

CPTU2 – Tipo di comportamento del terreno in base a Robertson 1986 e normalizzato in base a Robertson 1990

1990

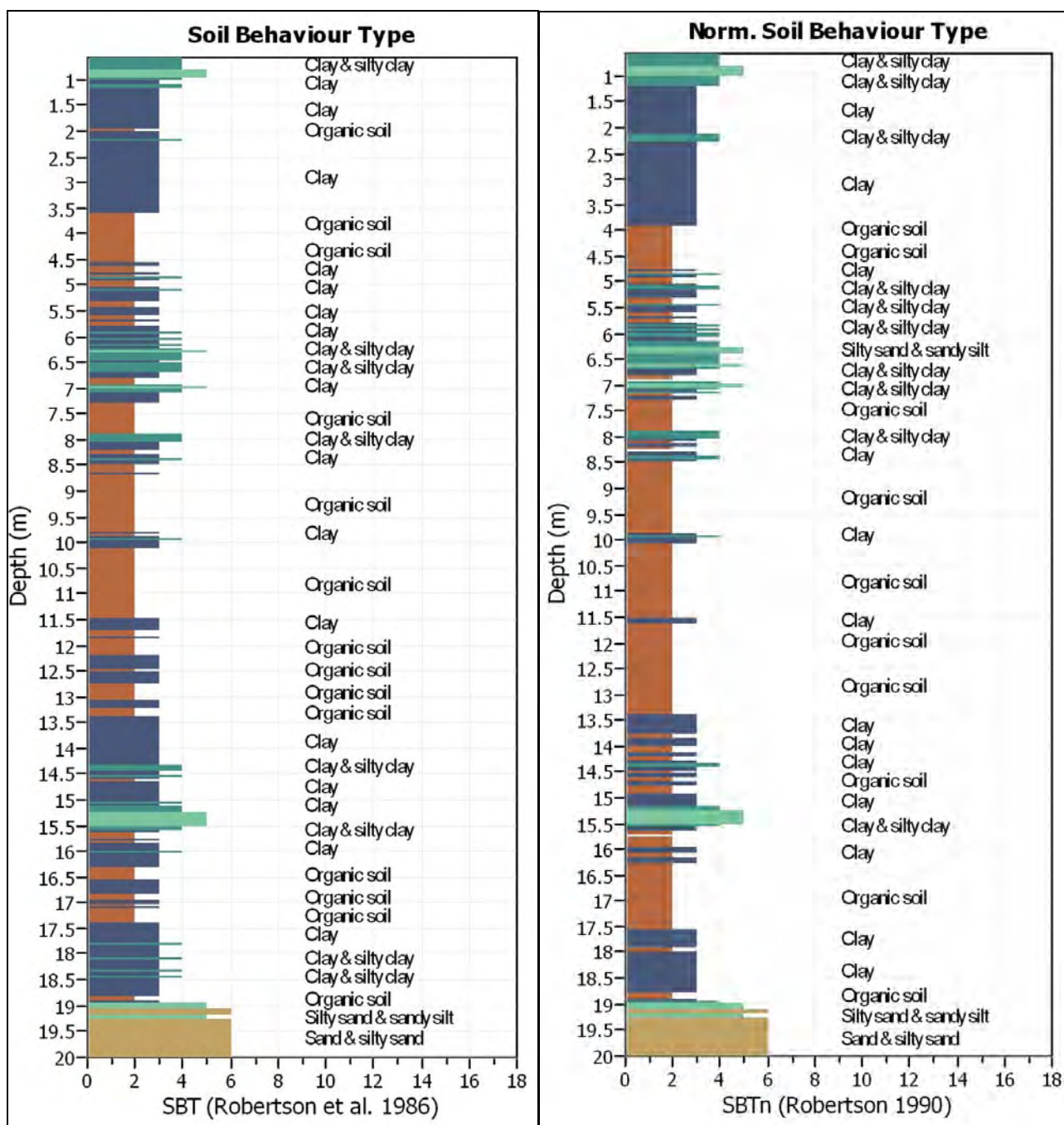


Figura 2.13.5-4

**CPTU3 – Tipo di comportamento del terreno in base a Robertson 1986 e normalizzato in base a Robertson 1990**

A seguire si riportano i grafici esplicativi delle valutazioni relative alle verifiche alla liquefazione.



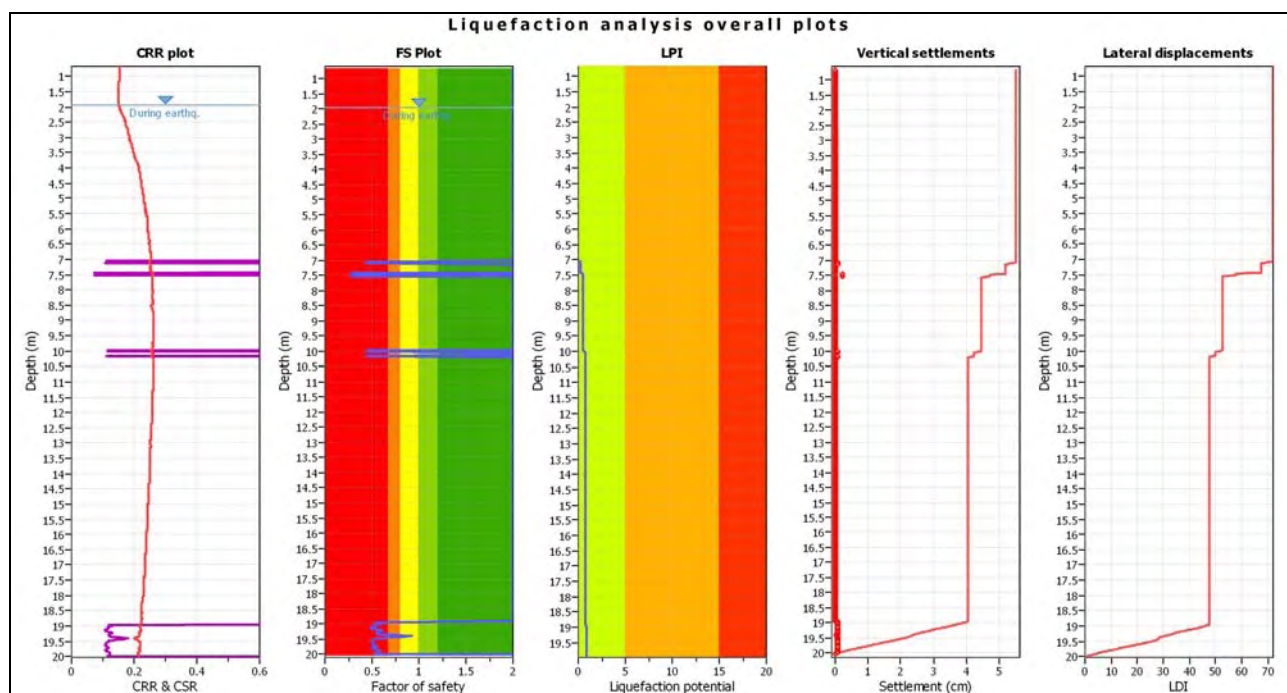


Figura 2.13.5-5  
 CPTU1 - Grafici riepilogativi analisi liquefazione

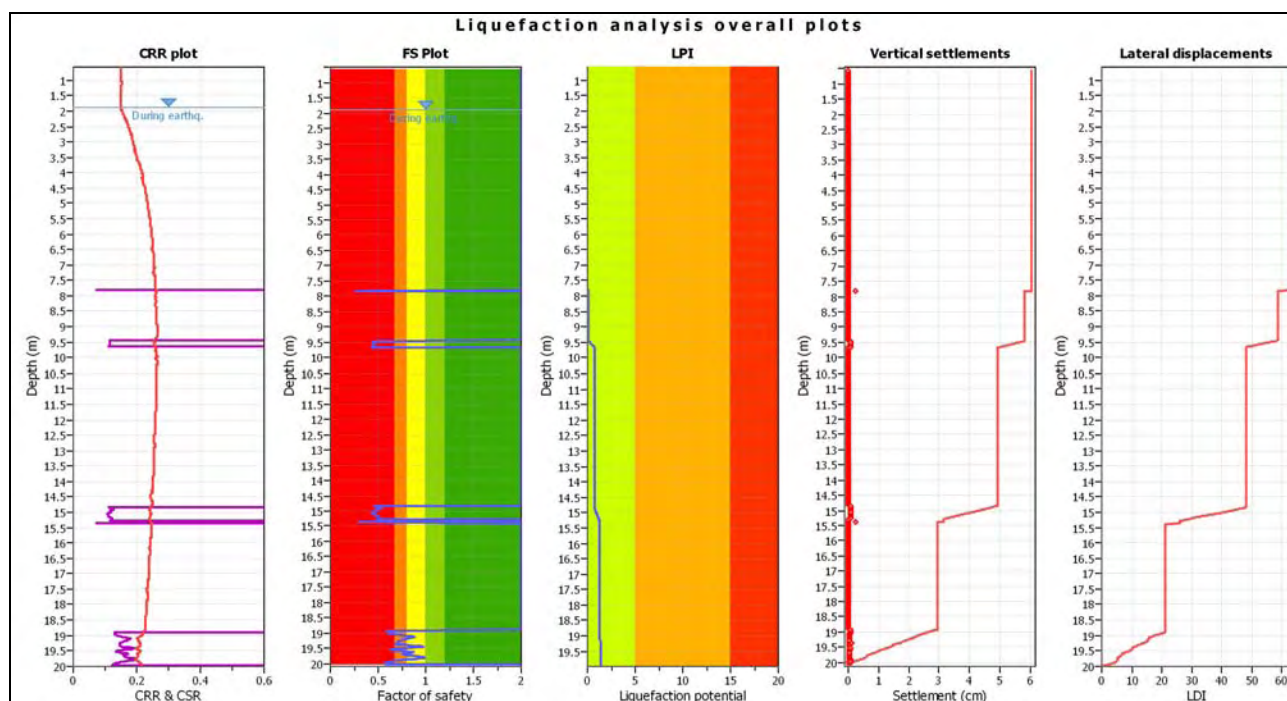


Figura 2.13.5-6  
 CPTU2 - Grafici riepilogativi analisi liquefazione

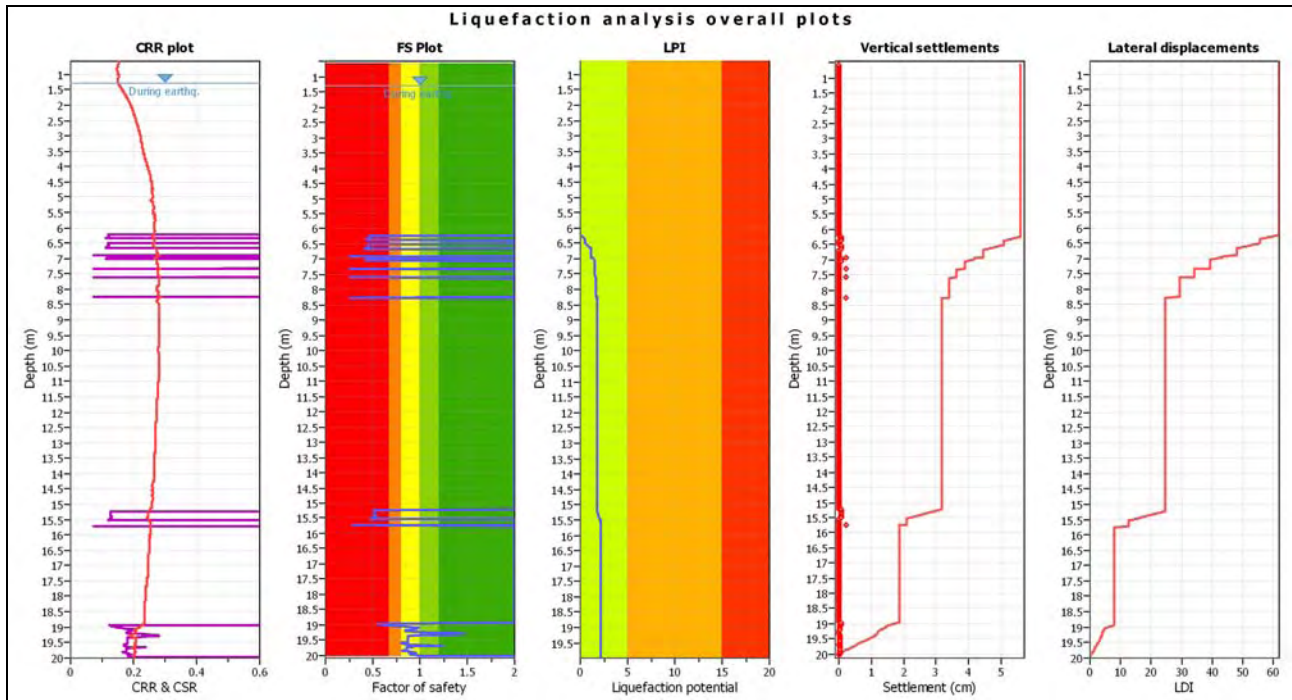


Figura 2.13.5-7  
**CPTU3 - Grafici riepilogativi analisi liquefazione**

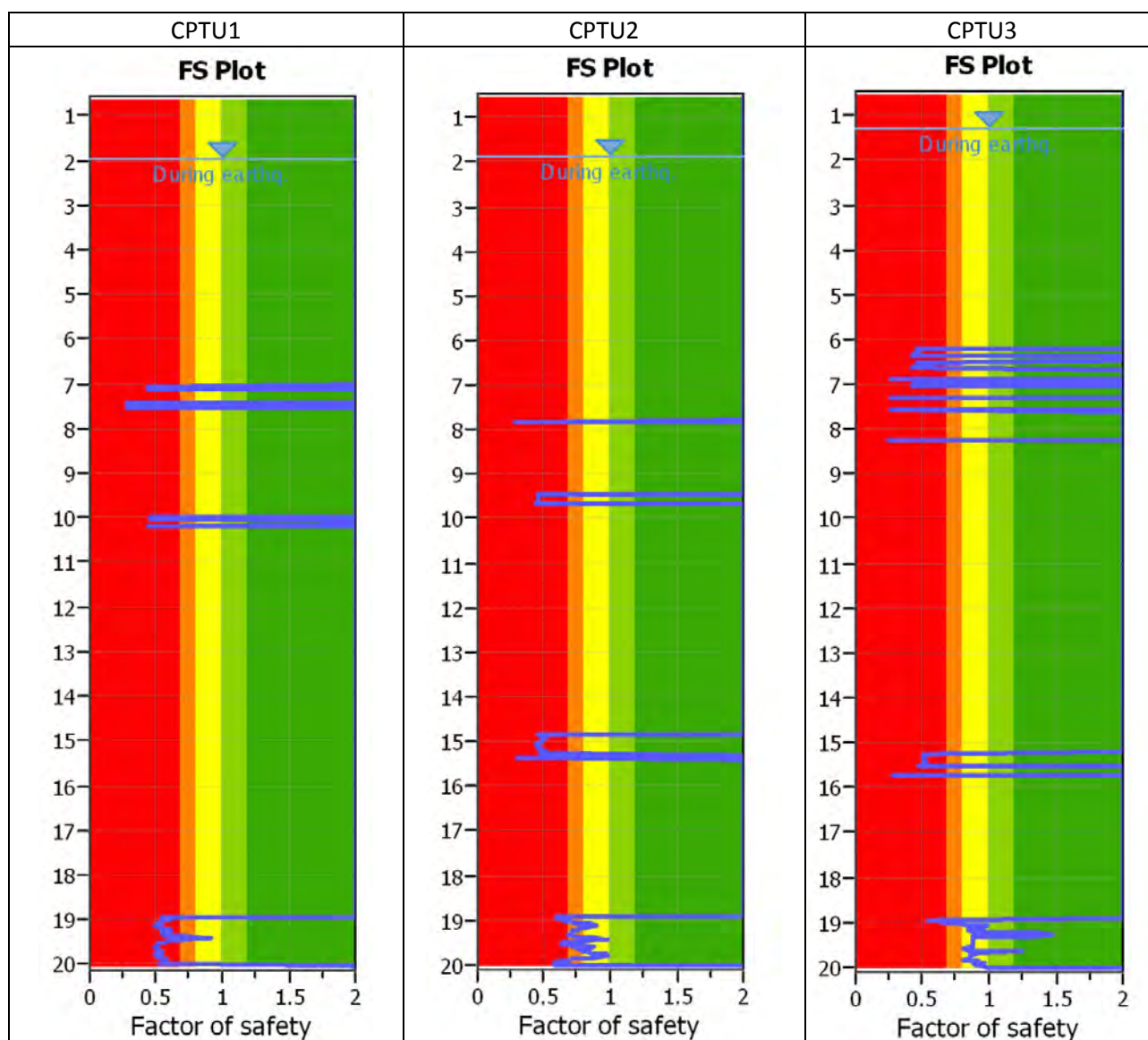


Figura 2.13.5-8

**Correlazione grafici FS**

A conferma di quanto precedentemente indicato, per stimare il grado di severità globale dovuta alla liquefazione del deposito, utilizzando lo stesso software CLiq v.1.7.6.49 è stato determinato l'Indice del Potenziale di Liquefazione in base a diversi autori, considerando una magnitudo pari a 6.14 ed una P.G.A = 0.28g. Il livello della falda è stato mantenuto invariato nell'ipotesi dell'avvenimento del sisma; a conoscenza degli scriventi non sono infatti disponibili studi specifici relativi alla variazione del livello della falda, nel corso degli eventi sismici. Nella verifica alla liquefazione sono stati considerati solamente i terreni sabbiosi per le caratteristiche specifiche del sito.



Nella figura seguente sono riportati i grafici di elaborazione dai quali emerge che, a conferma di quanto precedentemente indicato, in corrispondenza delle prove l'Indice del Potenziale di liquefazione risulta variabile entro i seguenti limiti:

- da circa 0.50 a circa 9.00 in corrispondenza della prova CPTU1;
- da circa 1.00 a circa 19.00 in corrispondenza dell'indagine CPTU2;
- da circa 1.00 a circa 22.00 in corrispondenza della prova CPTU3.

Con tutti gli approcci utilizzati dal software CLiq v.1.7.6.49, risulta che in corrispondenza di tutte e tre le prove effettuate, il rischio di liquefazione è basso, ad eccezione del metodo di Robertson (2009) il quale rileva un rischio di liquefazione alto in corrispondenza della verticale CPTU1, e molto alto in corrispondenza delle prove CPTU2 e CPTU3.

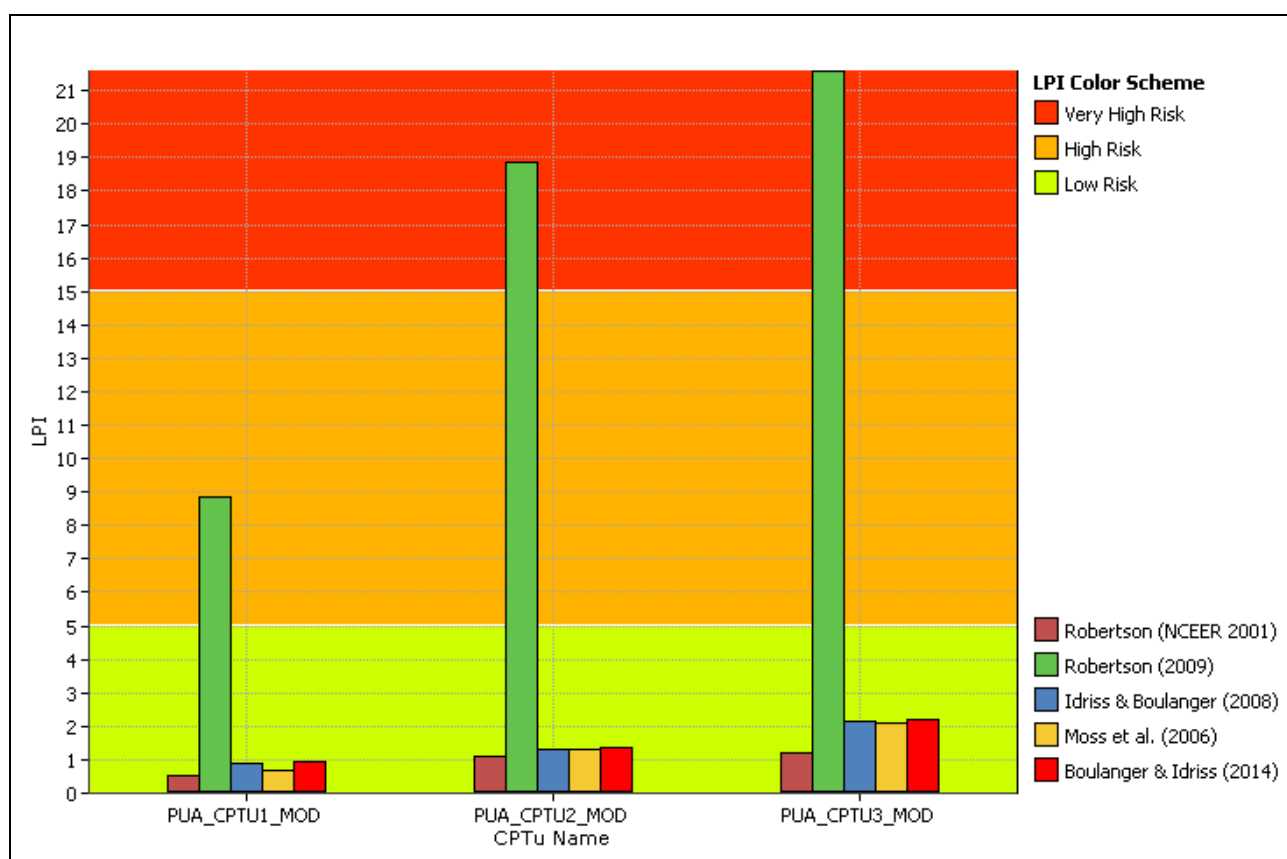


Figura 2.13.5-9  
**Istogrammi con calcolo valori LPI**

In base al metodo di Boulanger e Idriss (2014), suggerito dall'allegato A3, punto A2.2, della D.G.R. del 21/12/2015, n. 2193, l'Indice del Potenziale di Liquefazione assume i seguenti valori:

- IPL in corrispondenza di CPTU1 = 0.949**
- IPL in corrispondenza di CPTU2 = 1.387**
- IPL in corrispondenza di CPTU3 = 2.189**

In base agli Indici di Potenziale Liquefazione, il sito si definisce a rischio basso in corrispondenza delle tre prove effettuate.

Dal grafico riportato in figura 2.13.5-14 si evince che il valore dell'Indice di Potenziale liquefazione è minore di 5 (valore soglia tra il rischio di liquefazione basso/alto) sino a valori di ag pari a circa 0.50g in corrispondenza delle verticali di tutte e tre le prove effettuate.

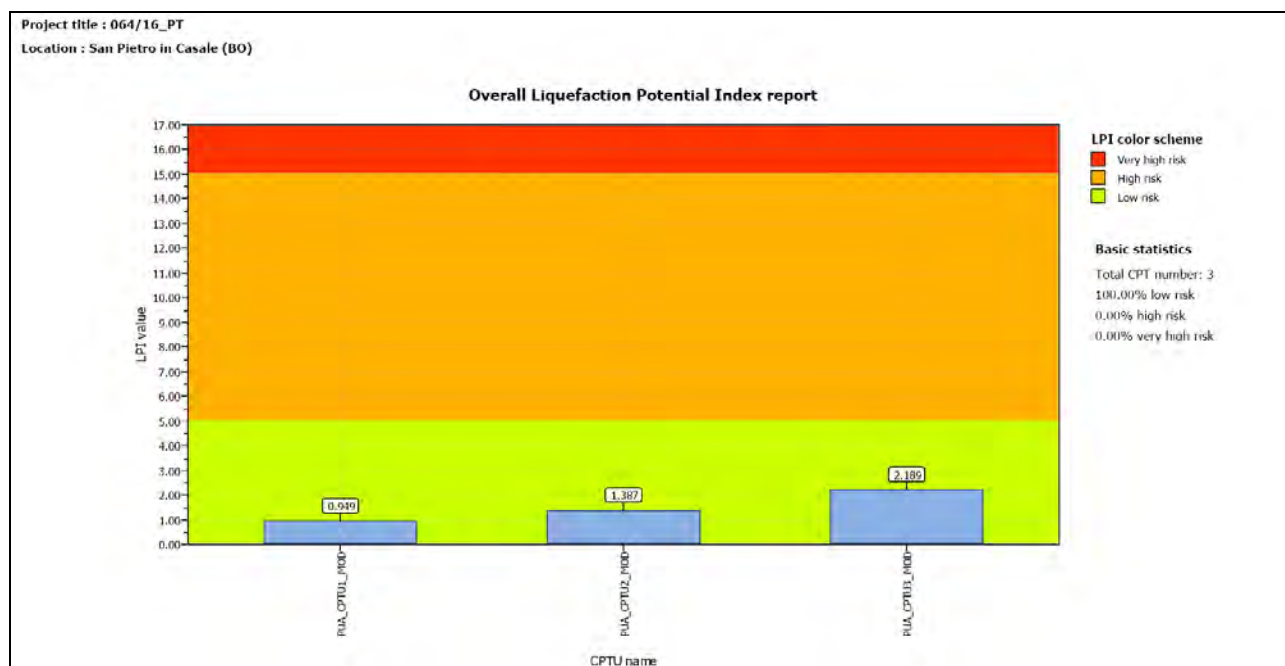


Figura 2.13.5-10  
 Isogrammi LPI – Boulanger & Idriss 2014

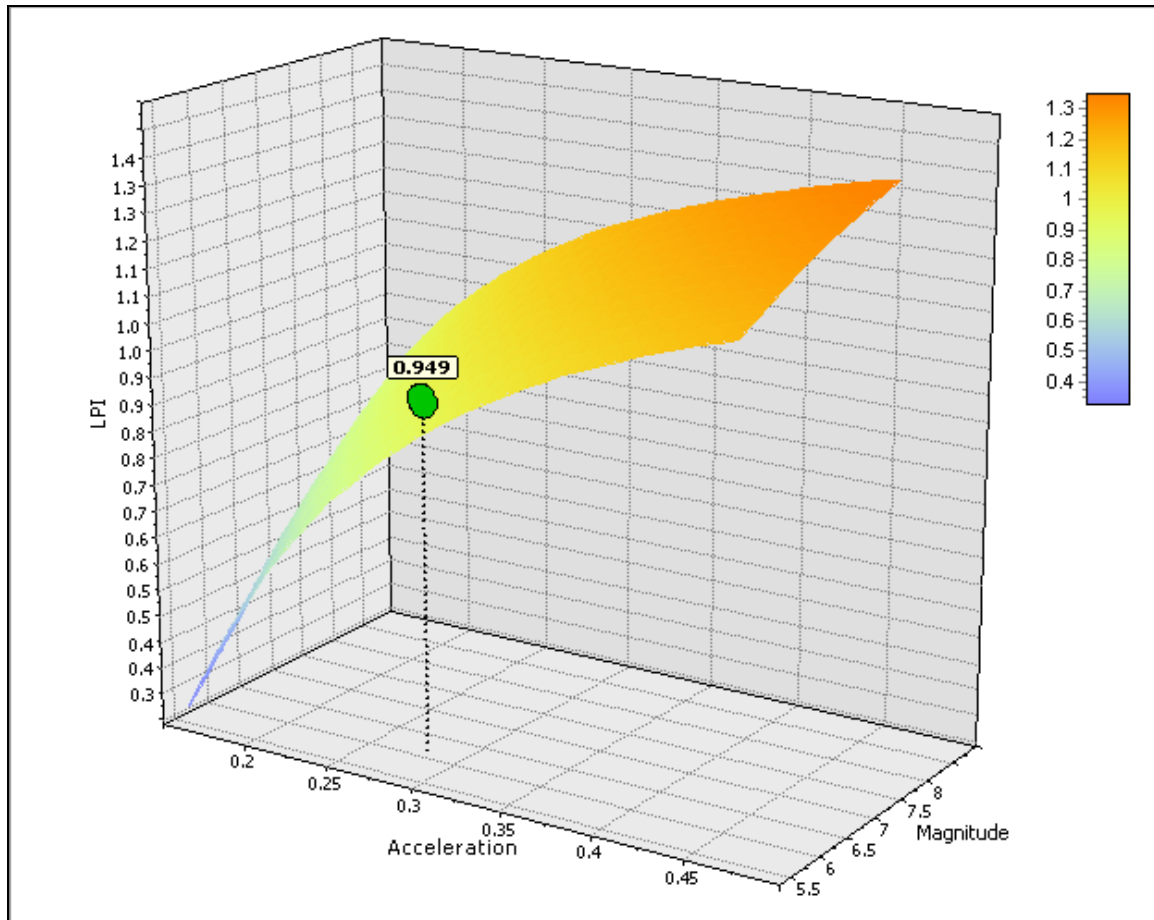


Figura 2.13.5-11  
CPTU1: Grafico LPI – Accelerazione – Magnitudo



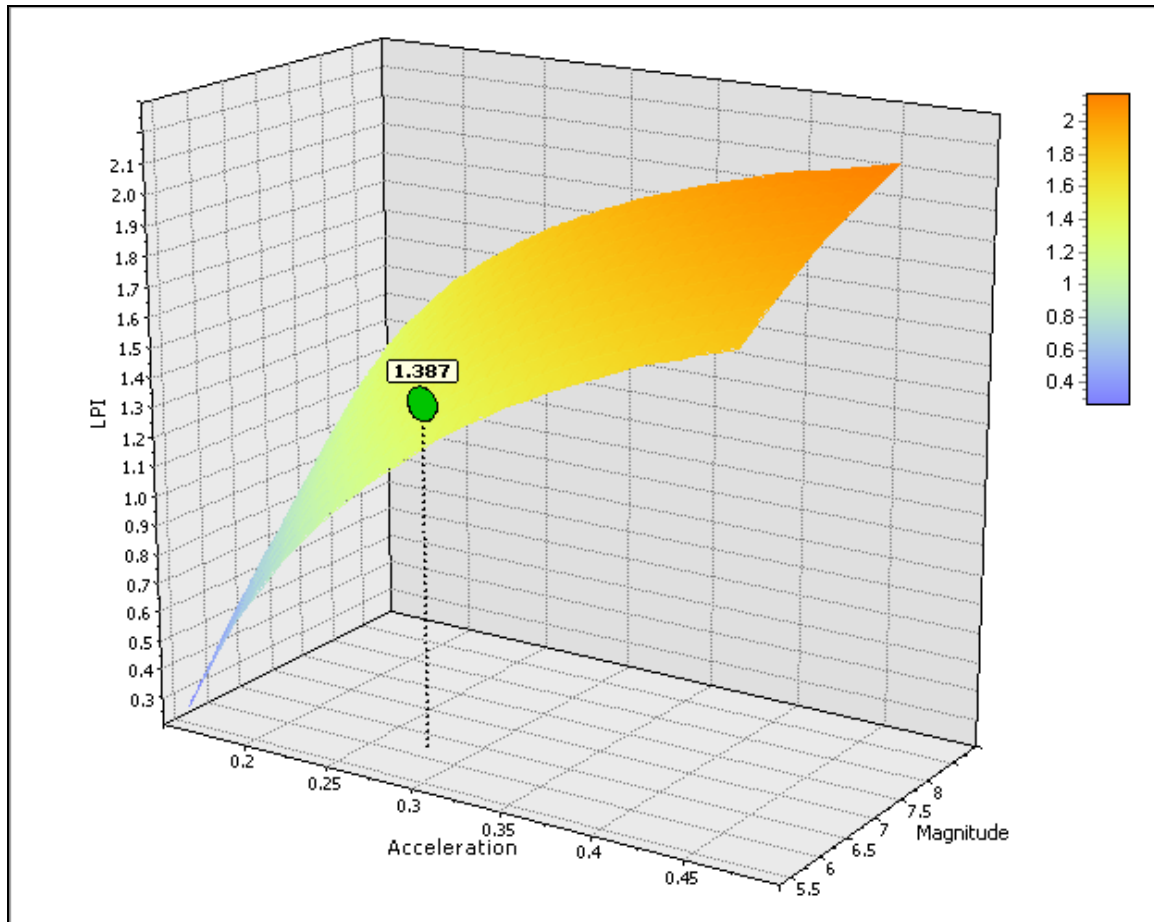


Figura 2.13.5-12  
CPTU2: Grafico LPI – Accelerazione – Magnitudo

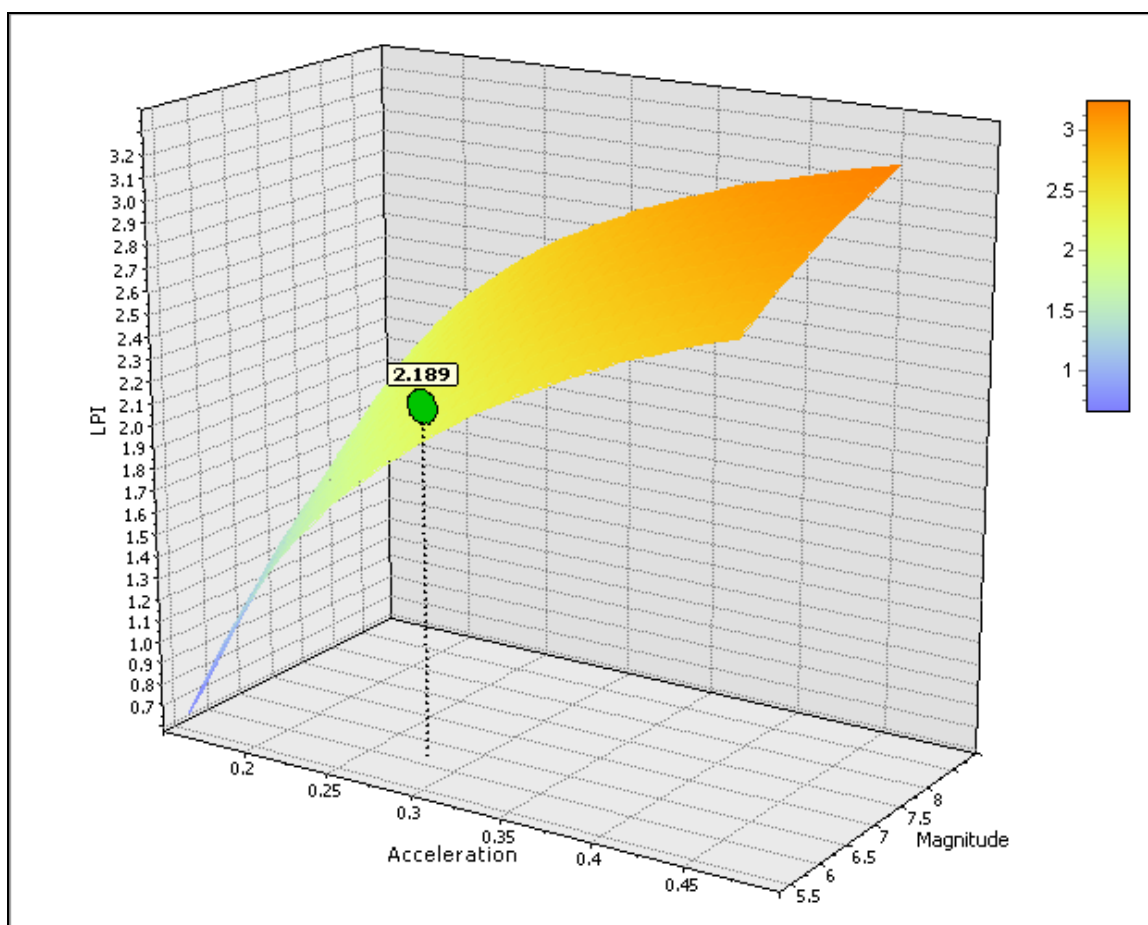


Figura 2.13.5-13  
CPTU3: Grafico LPI – Accelerazione – Magnitudo

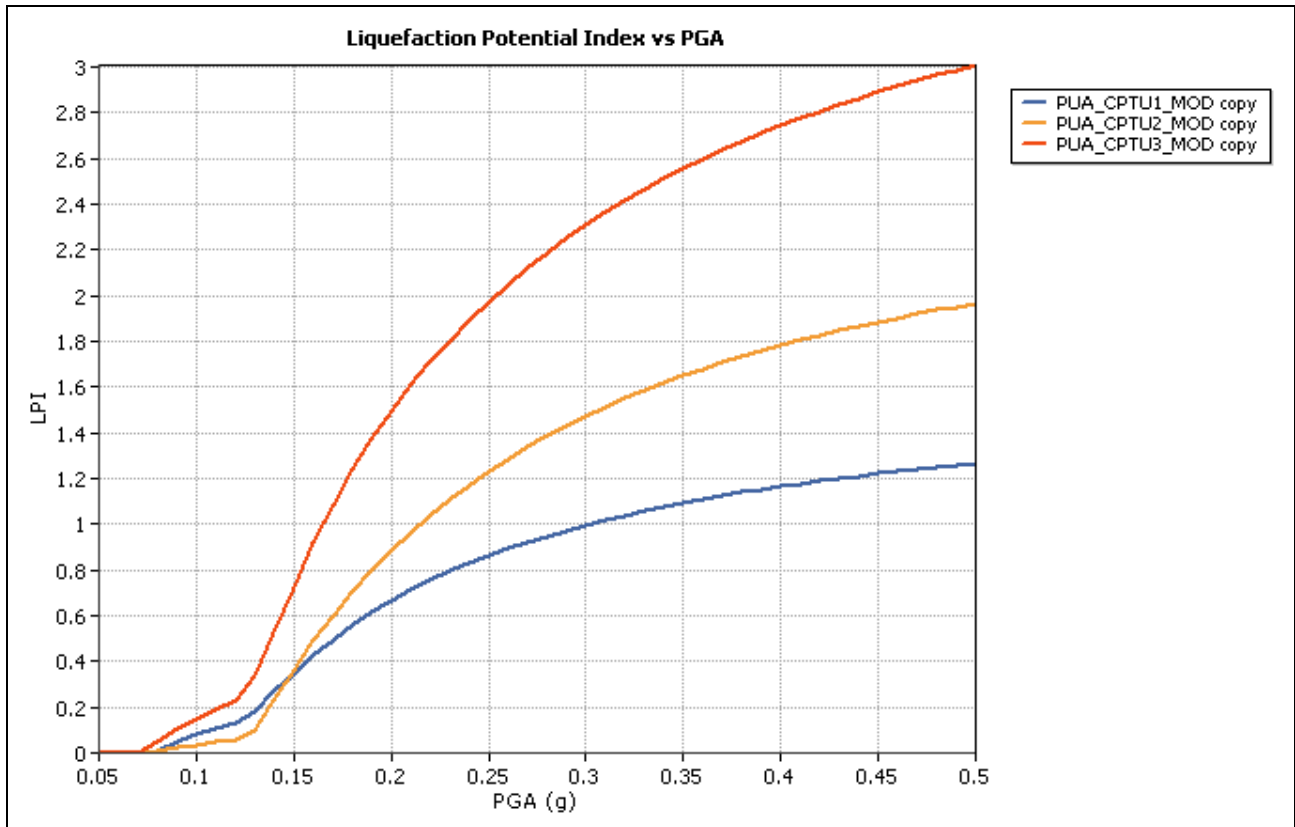


Figura 2.13.5-14  
**Grafico LPI – Accelerazione**



Per quanto riguarda la probabilità di liquefazione, valutata in base a diversi approcci, nella figura seguente è riportato l'istogramma con i relativi valori dal quale emerge che, in corrispondenza delle varie prove, le probabilità di innesco del fenomeno risultano le seguenti:

- in corrispondenza della prova CPTU1, variabile da circa il 5% a circa il 25%;
- in corrispondenza della prova CPTU2, variabile da circa il 5% a circa il 75%;
- in corrispondenza della prova CPTU3, variabile da circa il 5% a circa l'85%.

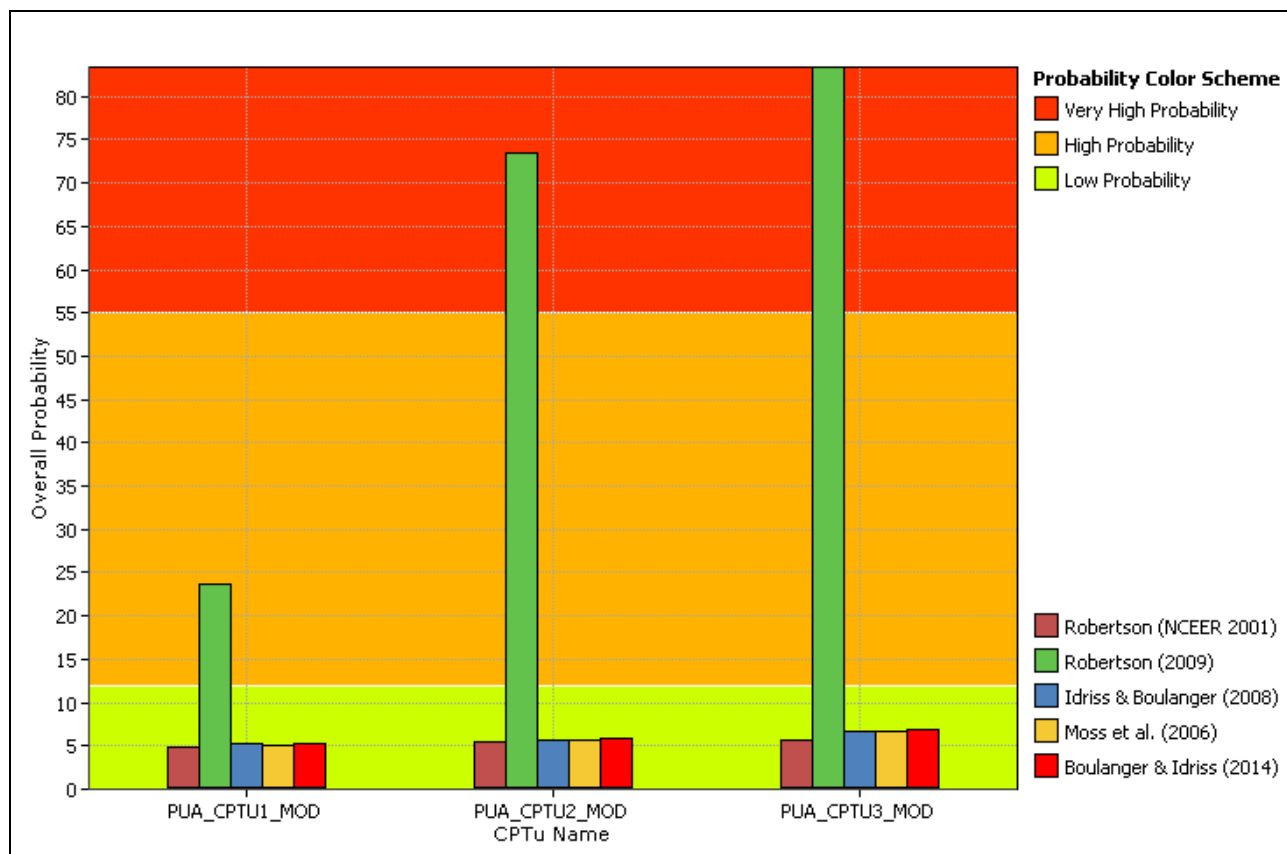


Figura 2.13.5-15  
**Grafico Probabilità innesco**

Per quanto riguarda i cedimenti verticali post-sismici, le valutazioni effettuate hanno permesso anche in questo caso di determinare la variabilità dei valori a seconda dell’approccio.

In particolare tali cedimenti risultano così quantificati:

- da circa cm 3.5 a circa cm 6.5, in corrispondenza della prova CPTU1;
- da circa cm 4.5 a circa cm 8.7, in corrispondenza della prova CPTU2;
- da circa cm 2.5 a circa cm 6.3, in corrispondenza della prova CPTU3.

Secondo Boulanger & Idriss (2014), i valori dei cedimenti post-sismici risultano i seguenti:

- cm 5.507, in corrispondenza della prova CPTU1;
- cm 6.043, in corrispondenza della prova CPTU2;
- cm 5.592, in corrispondenza della prova CPTU3.

Da evidenziare come i valori sopra riportati corrispondano di fatto a stime di massima, molto teoriche, basate su una serie di assunzioni che amplificano le approssimazioni, e comunque da valutarsi sia su base areale che su base puntuale, in relazione alle caratteristiche dei singoli interventi. Valutazioni più precise potranno eventualmente essere effettuate applicando le metodologie elencate nella D.G.R. 2193.

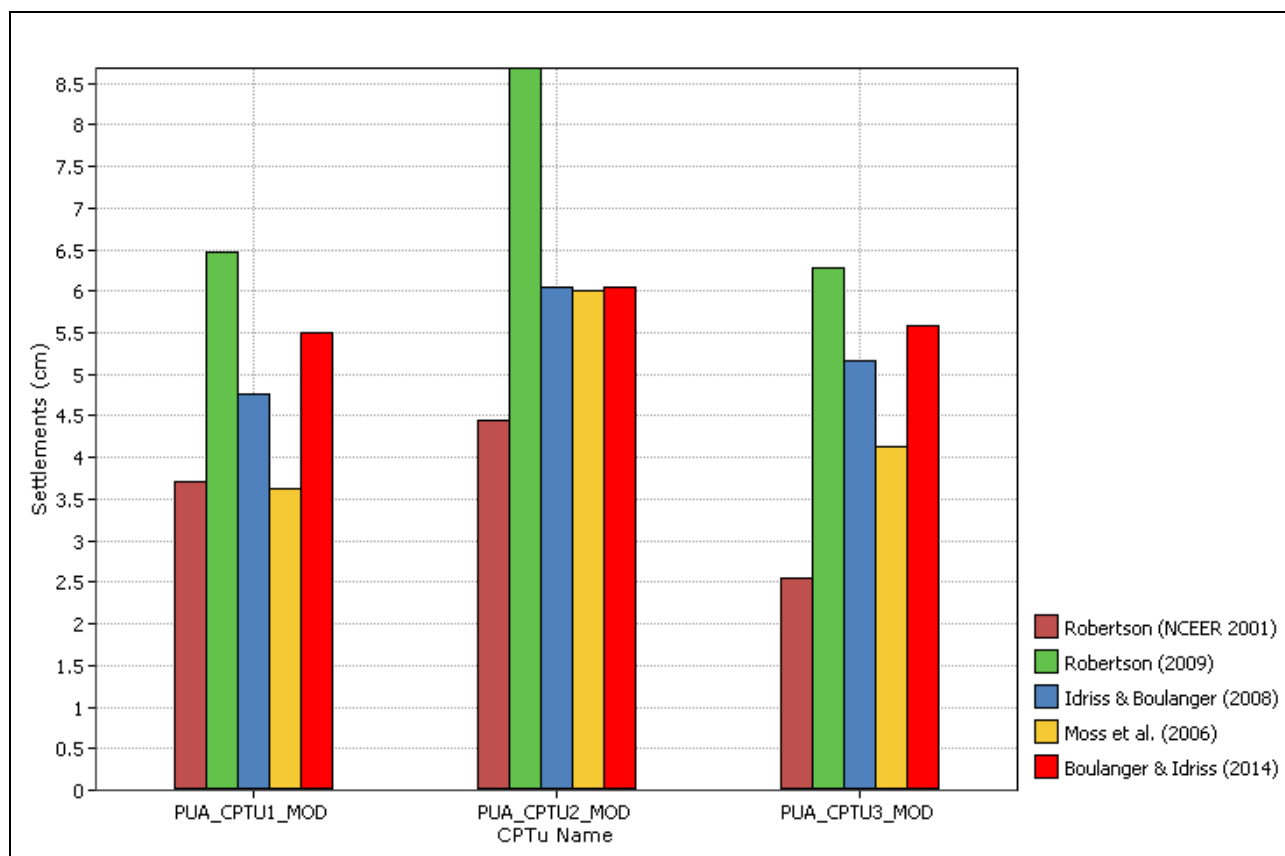


Figura 2.13.5-16

**Istogramma con calcolo valori cedimenti in funzione della correlazione utilizzata**

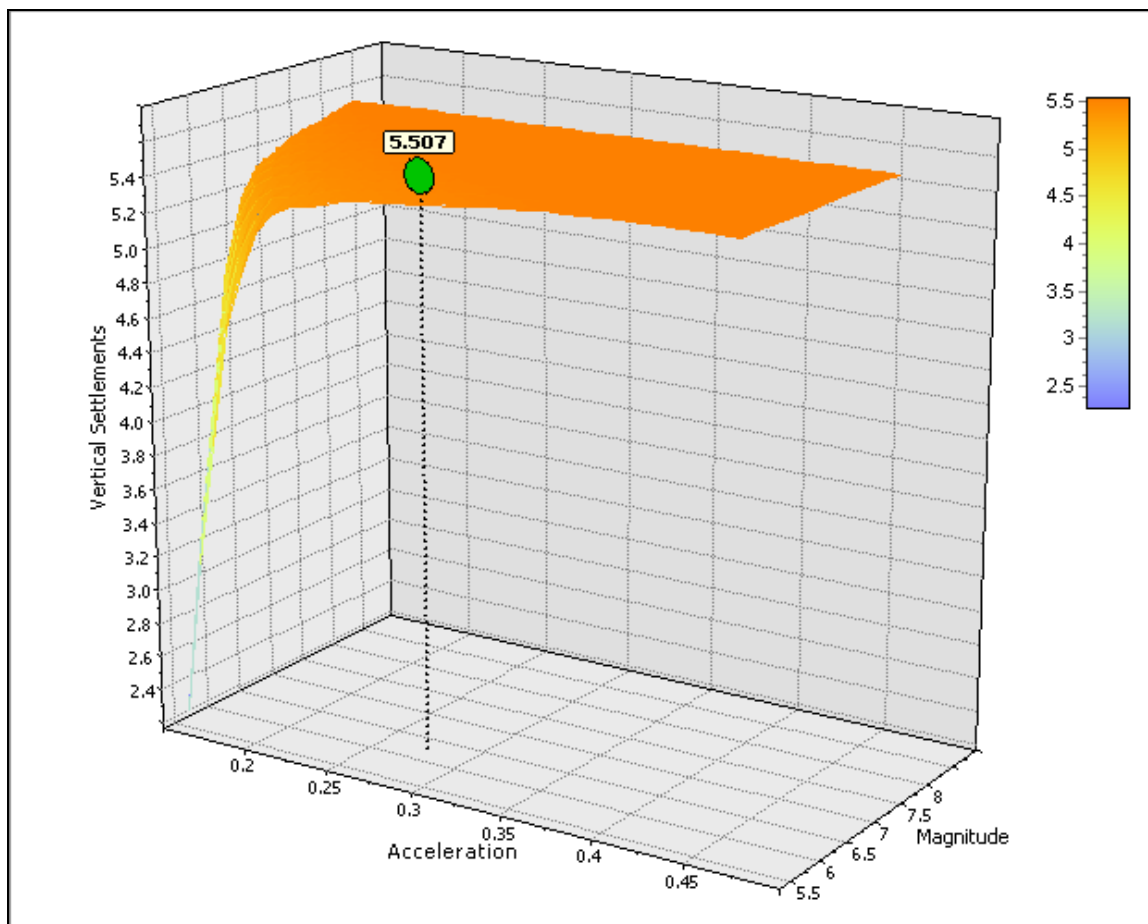


Figura 2.13.5-17

**CPTU1: Grafico Cedimento verticale – Accelerazione – Magnitudo**



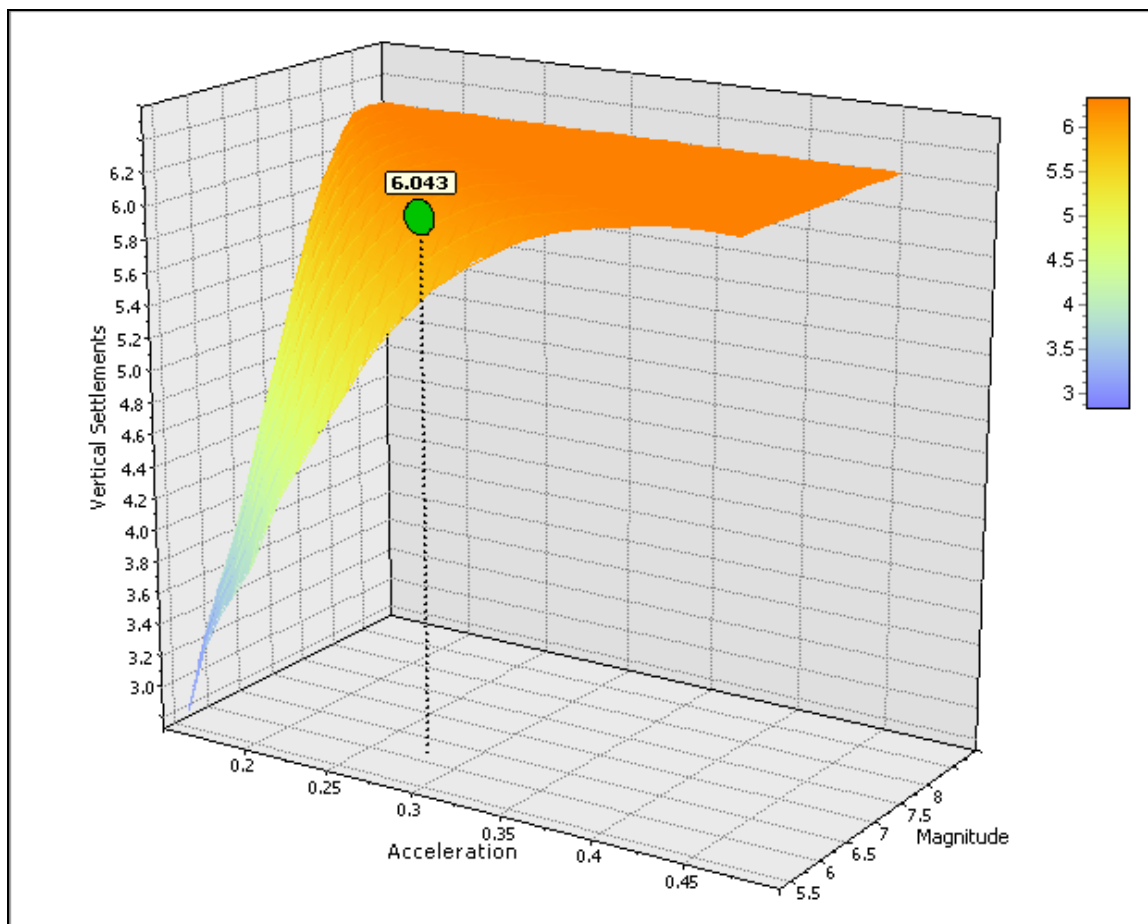


Figura 2.13.5-18  
CPTU2: Grafico Cedimento verticale – Accelerazione – Magnitudo

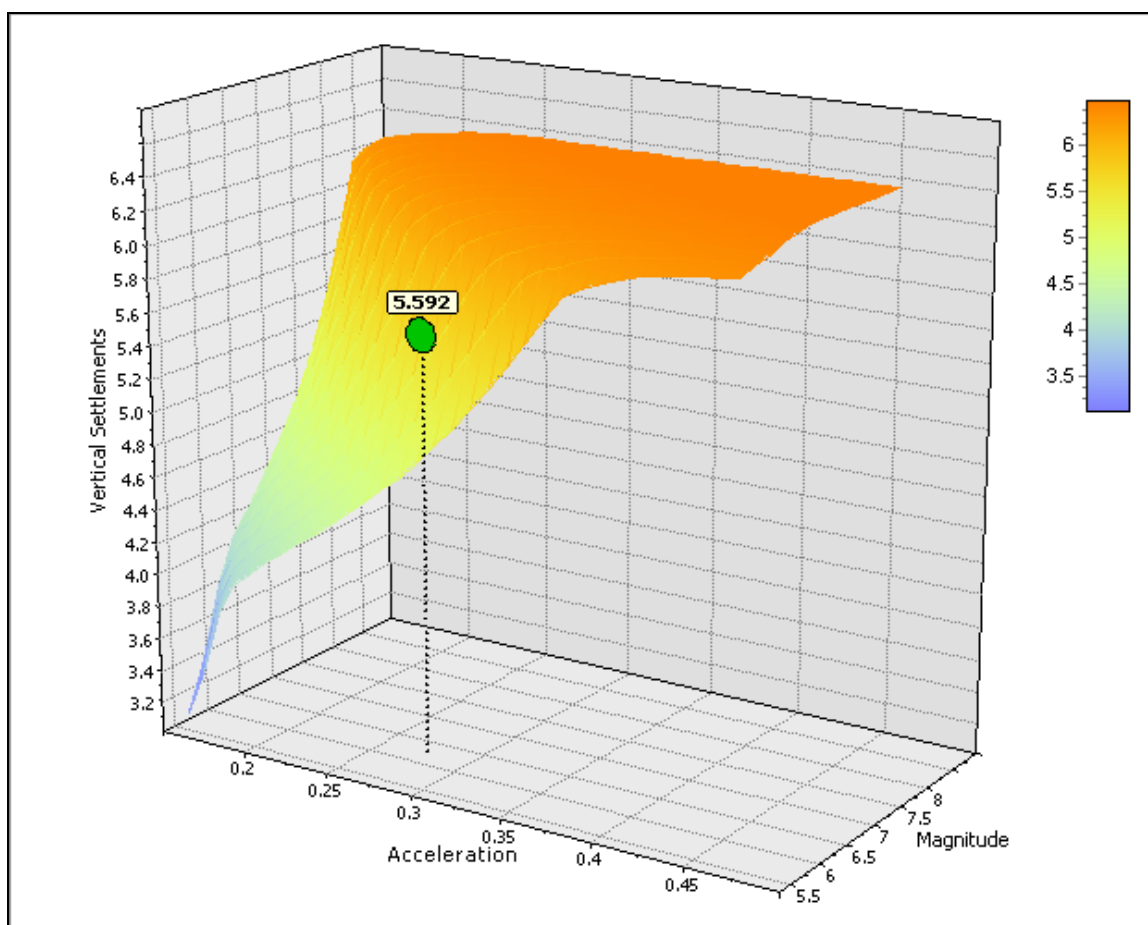


Figura 2.13.5-19  
**CPTU3: Grafico Cedimento verticale – Accelerazione – Magnitudo**

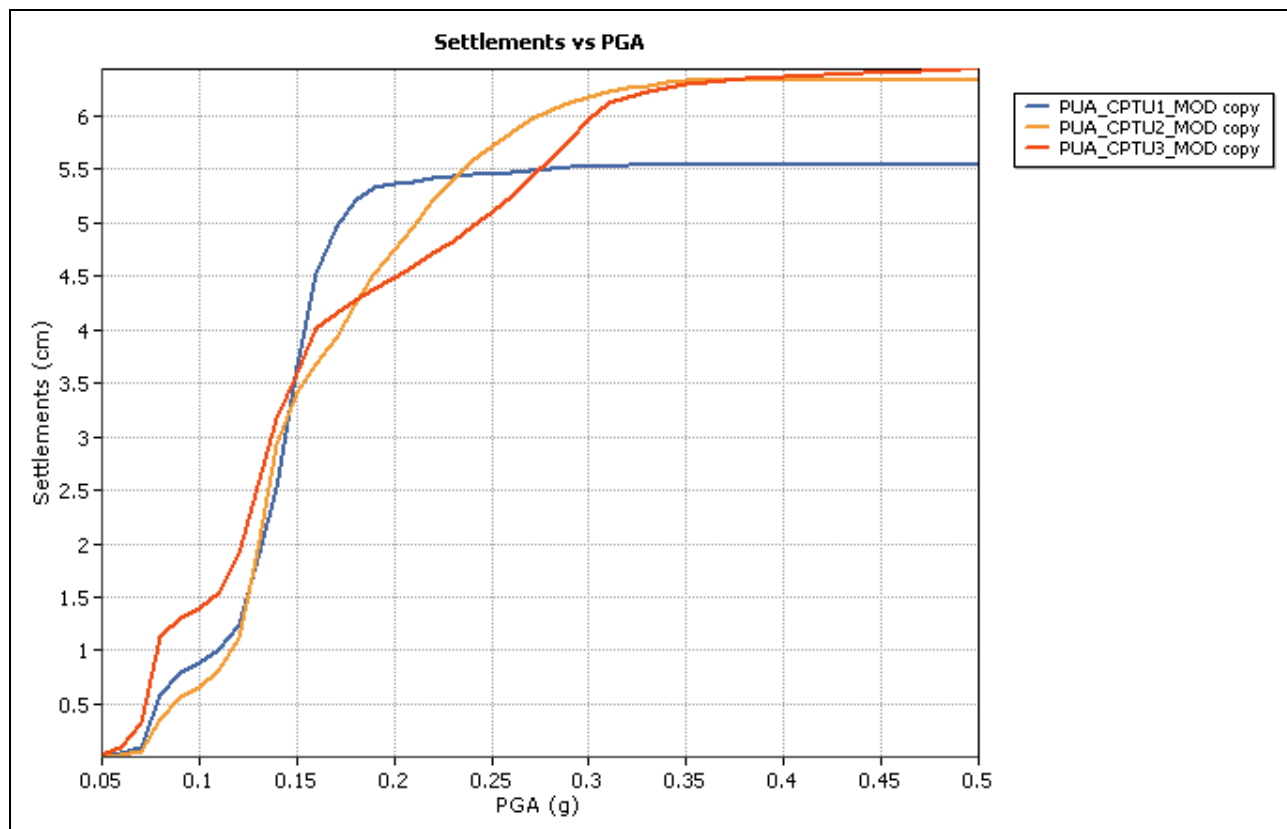


Figura 2.13.5-20

**Cedimenti verticali a confronto con aumento della PGA**

**2.14. Note e prescrizioni**

Nel sito, oggetto del presente studio, si rilevano complessivamente depositi di canale, argine e rotta fluviale. In sintesi, la parte della zona dell’ambito ANS-C3 analizzata è caratterizzata da terreni prevalentemente coesivi (argille, argille limose), interrotti da uno spessore di terreni coesivo-organici individuato da circa mt 3.50 a circa mt 7.00 in corrispondenza della CPTU1, da circa mt 4.00 a circa mt 9.50 in corrispondenza della CPTU2 e da circa mt 4.00 a circa mt 5.80 e da circa mt 7.30 a circa mt 13.30 in corrispondenza della CPTU3. A partire da circa mt 19.00, in corrispondenza di tutte e tre le prove, sono presenti terreni granulari (sabbie, sabbie limose).

In corrispondenza dei fori residuali delle indagini eseguite in data 18 maggio 2016, è stata misurata la quota della superficie di saturazione o falda freatica, a mt. 1.95/1.90/1.30 dal piano campagna. Nel caso in cui si rendesse necessario, la corretta profondità di tale superficie dovrà essere verificata per mezzo dell’installazione di piezometri i quali permettono di effettuare la misura diretta, oltre che il monitoraggio.

In seguito all’Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3274/03 il Comune di San Pietro in Casale è stato inserito, in base alla classificazione sismica, nella zona 3.

L’area di studio non risulta suscettibile ai fenomeni della dilatanza e risulta a basso rischio di liquefazione in corrispondenza delle tre prove effettuate.



 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	--

La **categoria di suolo di fondazione** caratteristica del sito in esame, individuata mediante l'analisi della Tavola 3 (integrazione) del Quadro Conoscitivo del P.S.C. elaborato in forma associata – Reno Galliera – Terre di Pianura – Carta macrozone sismiche, risulta essere la “**D**”.

La determinazione dei parametri sismici è stata effettuata ipotizzando una vita nominale  $V_n$  di 50 anni, ed una classe d'uso II, con coefficiente d'uso  $c_u$  di 1.0. Nel caso in cui, nelle successive fasi di progettazione, la vita nominale o la classe d'uso dovessero essere ridefinite, dovranno di conseguenza essere rideterminati i parametri sismici  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$ .

In allegato 18 è riportata una Scheda Tecnica riassuntiva dei principali parametri geologici e geotecnici relativi al sito in esame, utilizzabili per le successive valutazioni.

 <p><b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com</p>	<p>MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b></p>	<p>RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016</p>
---	---	--

- Parte Terza -

**MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE**



### 3. MODELLO GEOTECNICO

#### 3.1. Problemi geotecnici e scelte tipologiche

Come da accordi con il Progettista, nella presente viene fornita l'interpretazione geotecnica in base alle prove effettuate e, separatamente, potranno essere trasmessi i file delle singole prove.

Le informazioni di seguito riportate consentono di fornire un inquadramento geotecnico di massima della zona e, nelle successive fasi di progettazione, dovranno essere effettuati i necessari approfondimenti, funzione delle caratteristiche dei singoli progetti.

#### 3.2. Descrizione del programma delle indagini e delle prove geotecniche

Per quanto riguarda la campagna di indagini, si deve fare riferimento ai paragrafi 2.8 e 2.9 della presente.

#### 3.3. Caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni

##### 3.3.1. CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITÀ LITOTECNICHE INDIVIDUATE

Utilizzando i valori di resistenza misurati per mezzo delle prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono effettuate a supporto del presente lavoro, sono stati determinati i parametri geotecnici dei terreni indagati.

Di seguito sono elencate le modalità di valutazione dei principali parametri determinati con il software Geostru. Si ricorda che, viste le modalità di valutazione, i valori ricavati hanno esclusivamente validità orientativa.

Parametri geotecnici (validità orientativa) – correlazioni, bibliografia:

##### - TERRENI INCOERENTI

**Angolo di resistenza al taglio ( $\phi$ ):** Angolo di resistenza al taglio (Schmertmann 1977-1982) – per varie litologie (correlazione che generalmente sovrastima il valore)

**Densità relativa ( $D_r$  %):** Densità Relativa (Jamiolkowski 1985)

**Modulo Edometrico ( $E_d$ ):** Modulo Edometrico (Robertson & Campanella) da Schmertmann

##### **Peso unità di Volume Gamma:**

- Peso unità di Volume Gamma ( $t/m^3$ ) (Meyerhof)
- Peso unità di Volume Gamma saturo ( $t/m^3$ ) (Meyerhof)

**OCR - Grado di Sovraconsolidazione:** Grado di Sovraconsolidazione OCR (Larsson 1991 S.G.I.)



**- TERRENI COESIVI**

**Coesione Non Drenata (Cu):** Coesione non drenata (Terzaghi - valore minimo)

**Modulo Edometrico (Eed)** - Metodo generale del modulo edometrico.

**Modulo di deformazione non drenato** - Modulo di deformazione non drenato  $E_u$  (Cancelli ed altri 1980)

**Peso unità di Volume Gamma**

- Peso unità di Volume terreni coesivi ( $t/m^3$ ) (Meyerhof)
- Peso unità di Volume saturo terreni coesivi ( $t/m^3$ ) (Meyerhof)

**OCR** - Grado di Sovraconsolidazione OCR (Piacentini-Righi Inacos 1978)

Come più volte descritto, in corrispondenza del sito sono state effettuate tre prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono, per mezzo delle quali è stato possibile definire gli strati di seguito descritti. I dati nominali vengono fatti corrispondere in questo caso ai valori medi.

TABELLA 3.3.1-1

CPTU1 – PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA UNITÀ LITOTECNICHE

N. strato	Profondità		Descrizione	Parametrizzazione geotecnica
	tetto (mt)	letto (mt)		
1	0.00	0.66	Preforo.	-
2	0.66	3.84	Argille, localmente interrotte da argille limose – argille e, secondariamente, da limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$q_c = 9.75 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.54 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.85 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1.93 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.49 \text{ kg/cm}^2$ OCR > 9 $E_u = 355.00 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 43.01 \text{ kg/cm}^2$
3	3.84	6.98	Alternanza di argille con terreni organici e torbosi e con argille limose – argille. <i>Terreni coesivi poco consistenti</i>	$q_c = 3.85 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.20 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.67 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1.75 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.19 \text{ kg/cm}^2$ OCR = 2.39 $E_u = 122.38 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 22.10 \text{ kg/cm}^2$
4	6.98	10.22	Alternanza di terreni organici e torbosi con argille, argille limose – argille, limi argillosi e argille e con limi sabbiosi e limi argillosi. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$q_c = 6.11 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.21 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.75 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1.83 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.31 \text{ kg/cm}^2$ OCR = 1.62 $E_u = 195.82 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 31.97 \text{ kg/cm}^2$



5	10.22	13.80	Argille. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$q_c = 7.24 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.46 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.77 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.85 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.36 \text{ kg/cm}^2$ OCR = 2.63 $E_u = 225.78 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 36.03 \text{ kg/cm}^2$
6	13.80	16.12	Argille localmente interrotte da argille limose – argille e da limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$q_c = 8.96 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.30 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.81 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.89 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.45 \text{ kg/cm}^2$ OCR = 1.35 $E_u = 279.65 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 41.12 \text{ kg/cm}^2$
7	16.12	18.00	Argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 10.76 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.73 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.84 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.92 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.54 \text{ kg/cm}^2$ OCR = 2.98 $E_u = 339.71 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 45.01 \text{ kg/cm}^2$
8	18.00	18.92	Limi argillosi e argille limose interrotte da limi sabbiosi e limi argillosi e da argille. Secondaria presenza di argille limose – argille. <i>Terreni coesivi molto consistenti</i>	$q_c = 21.59 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.77 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.97 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.05 \text{ t/m}^3$ $C_u = 1.08 \text{ kg/cm}^2$ OCR = 2.90 $E_u = 740.60 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 43.18 \text{ kg/cm}^2$
9	18.92	20.04	Alternanza di sabbie - sabbie limose con sabbie. <i>Terreni granulari sciolti</i>	$q_c = 92.82 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.36 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.20 \text{ t/m}^3$ Dr = 27.58% $\phi = 35.00^\circ$ OCR < 0.5 $E_d = 65.15 \text{ kg/cm}^2$

TABELLA 3.3.1-2

CPTU2 – PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA UNITÀ LITOTECNICHE

N. strato	Profondità		Descrizione	Parametrizzazione geotecnica
	tetto (mt)	letto (mt)		
1	0.00	0.56	Preforo	-
2	0.56	1.22	Limi sabbiosi e limi argillosi, interrotti da sabbie limose - limi argillosi, poggianti su limi argillosi e argille limose.	$q_c = 16.86 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.14 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_{\text{coe}} = 1.94 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{inc}} = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat-coe}} = 2.02 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat-inc}} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.84 \text{ kg/cm}^2$ $D_r = 95.18\%$ $\phi = 39.15^\circ$ $\text{OCR}_{\text{coe}} > 9$ $\text{OCR}_{\text{inc}} = 0.70$ $E_u = 629.86 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 47.33 \text{ kg/cm}^2$ $E_d = 64.19 \text{ kg/cm}^2$
3	1.22	3.98	Argille. Puntuali livelli di argille limose – argille. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$q_c = 9.69 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.62 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.85 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.93 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.48 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} > 9$ $E_u = 350.87 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 42.87 \text{ kg/cm}^2$
4	3.98	9.34	Prevalenza di terreni organici e torbosi su argille e su argille limose – argille. Puntuali livelli di limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi poco consistenti</i>	$q_c = 2.78 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.20 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.59 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.67 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.14 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 1.95$ $E_u = 77.53 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 16.63 \text{ kg/cm}^2$
5	9.34	10.06	Limi sabbiosi e limi argillosi poggianti su sabbie limose - limi argillosi. Fitta alternanza di argille con limi argillosi e argille limose e con argille limose – argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 14.72 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.27 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.91 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.99 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.74 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 1.89$ $E_u = 514.95 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 48.43 \text{ kg/cm}^2$
6	10.06	13.64	Alternanza di argille con terreni organici e torbosi. <i>Terreni coesivi poco/moderatamente consistenti</i>	$q_c = 5.02 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.40 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.70 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.78 \text{ t/m}^3$



				$C_u = 0.25 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 2.33$ $E_u = 143.54 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 27.50 \text{ kg/cm}^2$
7	13.64	15.32	Argille limose – argille interrotte da limi argillosi e argille limose, argille e da limi sabbiosi e limi argillosi. Presenza di sabbie - sabbie limose e di sabbie limose - limi argillosi, a partire da mt 14.86.	$q_c = 18.36 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.24 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_{coe} = 1.94 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{inc} = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat-coe} = 2.02 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat-inc} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.92 \text{ kg/cm}^2$ $Dr = 5\%$ $\phi = 28.70^\circ$ $OCR_{coe} = 1.11$ $OCR_{inc} < 0.5$ $E_u = 634.45 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 45.33 \text{ kg/cm}^2$ $Ed = 21.36 \text{ kg/cm}^2$
8	15.32	18.82	Argille localmente interrotte da argille limose – argille e da limi argillosi e argille limose. Secondaria presenza di terreni organici e torbosi. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 10.20 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.55 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.83 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1.91 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.51 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 2.25$ $E_u = 319.13 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 43.95 \text{ kg/cm}^2$
9	18.82	20.02	Sabbie - sabbie limose alternate con sabbie limose - limi argillosi, poggianti su sabbie. <i>Terreni granulari sciolti</i>	$q_c = 85.63 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.71 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $Dr = 25.45\%$ $\phi = 34.63^\circ$ $OCR < 0.5$ $Ed = 62.58 \text{ kg/cm}^2$

TABELLA 3.3.1-3

CPTU3 – PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA UNITÀ LITOTECNICHE

N. strato	Profondità		Descrizione	Parametrizzazione geotecnica
	tetto (mt)	letto (mt)		
1	0.00	0.56	Preforo.	-
2	0.56	1.20	Alternanza di limi argillosi e argille limose con limi sabbiosi e limi argillosi e con argille limose – argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 13.54 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.20 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.91 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.99 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.68 \text{ kg/cm}^2$ OCR > 9 $E_u = 505.48 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 48.15 \text{ kg/cm}^2$
3	1.20	3.82	Argille. Da mt 2.08 a mt 2.28 presenza di terreni fini molto sensitivi poggianti su argille limose – argille. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$q_c = 8.22 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.59 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.82 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.90 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.41 \text{ kg/cm}^2$ OCR > 9 $E_u = 298.52 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 39.09 \text{ kg/cm}^2$
4	3.82	5.76	Prevalenza di terreni organici e torbosi su argille. Puntuali livelli di limi argillosi e argille limose e di argille limose – argille. <i>Terreni coesivi poco consistenti</i>	$q_c = 4.22 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.31 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.69 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.77 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.21 \text{ kg/cm}^2$ OCR = 4.65 $E_u = 140.36 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 23.88 \text{ kg/cm}^2$
5	5.76	7.22	Alternanza di argille limose – argille con limi argillosi e argille limose e con limi sabbiosi e limi argillosi. Secondaria presenza di argille e di terreni organici e torbosi. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 11.88 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.28 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.88 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.96 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.59 \text{ kg/cm}^2$ OCR = 3.13 $E_u = 421.75 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 46.69 \text{ kg/cm}^2$
6	7.22	13.30	Terreni organici e torbosi. locali interruzioni di argille, limi argillosi e argille limose e di argille limose – argille. <i>Terreni coesivi poco consistenti</i>	$q_c = 3.66 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.34 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.64 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.72 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.18 \text{ kg/cm}^2$ OCR = 2.43 $E_u = 100.61 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 21.17 \text{ kg/cm}^2$
7	13.30	14.24	Argille. Puntuali livelli di argille limose – argille.	$q_c = 5.32 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.18 \text{ kg/cm}^2$

			<i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$\gamma = 1.70 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.78 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.27 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 0.91$ $E_u = 150.76 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 28.78 \text{ kg/cm}^2$
8	14.24	15.52	Alternanza di argille con argille limose – argille, limi argillosi e argille limose e limi sabbiosi e limi argillosi. Secondaria presenza di sabbie limose - limi argillosi. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 17.38 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.37 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.94 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.02 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.87 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 1.80$ $E_u = 598.95 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 46.75 \text{ kg/cm}^2$
9	15.52	18.90	Argille localmente interrotte da argille limose – argille, limi argillosi e argille limose e da terreni organici e torbosi. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 11.56 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.72 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.86 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.94 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.58 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 3.07$ $E_u = 372.22 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 46.27 \text{ kg/cm}^2$
10	18.90	20.02	Sabbie - sabbie limose poggianti su sabbie. <i>Terreni granulari mediamente addensati</i>	$q_c = 126.18 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.94 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $D_r = 36.55\%$ $\phi = 36.74^\circ$ $\text{OCR} = 1.76$ $E_d = 74.98 \text{ kg/cm}^2$

Note relative alle tabelle:

- i valori dei parametri geotecnici si riferiscono alle singole medie relative agli spessori corrispondenti;
- ove sintetizzabile, in corsivo è indicato il comportamento prevalente dello strato.

Supporti Grafici:

- Allegato 4. Report CPTU



 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	--

### 3.3.2. CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLE CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Come ampiamente descritto ed indicato nelle tabelle alle pagine precedenti, fino a circa 19:00 mt di profondità dal piano campagna sono risultati nettamente prevalenti i terreni argillosi, a tratti organici. Tali terreni, a partire da circa mt 4.00 dal piano campagna e per spessori metrici, risultano essere poco consistenti e con valori di qc tendenzialmente molto bassi.

Nelle successive fasi di progettazione dovrà essere posta particolare attenzione a tale caratteristica e agli effetti che la stessa potrà causare nelle singole opere, in particolare per quanto riguarda i cedimenti da consolidazione, che potrebbero risultare particolarmente elevati. Per tali terreni la coesione non drenata è risultata particolarmente bassa e quindi, visti anche gli spessori, sarebbe opportuno valutare i cedimenti post-sismici nelle argille, previa determinazione dei valori dei limiti di Atterberg su campioni all'uopo prelevati. Si ricorda infatti che, per il presente studio, come da accordi preliminari con la Committenza, sono stati prelevati n. 3 campioni a quote relativamente superficiali (da mt 1.30 a mt 2.00 - immediatamente alla base di eventuali future fondazioni dirette), in corrispondenza di strati coesivi moderatamente consistenti. Su tali campioni, l'indice di plasticità è risultato minore del 30%.

Laddove infine dovesse risultare necessario trasmettere i carichi in profondità per mezzo di fondazioni profonde, si consiglia di verificare lo spessore e le caratteristiche delle sabbie individuate a circa 19.00 mt di profondità, al fine di intestare le eventuali fondazioni in corrispondenza di tale banco.

 <p><b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com</p>	<p>MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b></p>	<p>RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016</p>
---	---	--

### 3.4 Note e prescrizioni

Le elaborazioni delle prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono, hanno permesso di definire il modello geotecnico caratterizzato da terreni prevalentemente coesivi moderatamente consistenti, passanti a consistenti in profondità, interrotti da uno spessore di terreni coesivo-organici poco consistenti individuato da circa mt 3.50 a circa mt 7.00 in corrispondenza della CPTU1, da circa mt 4.00 a circa mt 9.50 in corrispondenza della CPTU2 e da circa mt 4.00 a circa mt 5.80 e da circa mt 7.30 a circa mt 13.30 in corrispondenza della CPTU3. A partire da circa mt 19.00, in corrispondenza di tutte e tre le prove, sono stati individuati terreni granulari sciolti in corrispondenza delle prove CPTU1 e CPTU2 e mediamente addensati in corrispondenza della prova CPTU3.

Come ampiamente descritto, le indagini sono state realizzate con una metodologia che non permette l'analisi diretta dei litotipi e quindi, come si è visto, per tali indagini la ricostruzione litostratigrafica è stata eseguita empiricamente sulla base di teorie tratte da diversi studiosi ed esperienze, così come in base a relazioni empiriche, sono stati valutati tutti i parametri geotecnici. Da notare inoltre come la metodologia utilizzata sia caratterizzata da margini di approssimazione interpretativi per quanto riguarda la ricostruzione litologica e per la parametrizzazione geotecnica, per la quale è possibile ottenere valori indicativi, comunque senz'altro meno approssimativi rispetto alle prove penetrometriche meccaniche.

In allegato 18 è riportata una Scheda Tecnica riassuntiva dei principali parametri geologici e geotecnici relativi al sito in esame, utilizzabili per le successive valutazioni.

Quanto riportato nella presente è finalizzato ad un inquadramento generale dell'area interessata dal Piano Urbanistico Attuativo. Salvo approfondimenti o integrazioni alla presente, nelle fasi di studio relative ai singoli lotti, mediante indagini mirate dovranno essere valutati gli aspetti geologici e geotecnici specifici, in relazione alle caratteristiche progettuali e alle tipologie di fondazioni previste. La valutazione delle azioni trasmesse dalla struttura alla fondazione, deve infatti derivare dall'analisi del comportamento dell'intera opera, in genere condotta esaminando la struttura in elevazione e non, alla quale sono applicate le azioni statiche e sismiche. Tale tipo di approccio dovrà essere condotto unitamente ai progettisti, durante le fasi di progettazione preliminare ed esecutiva.

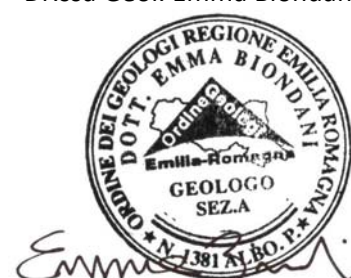
In tale occasione si potranno anche valutare, per ogni singolo lotto, le modalità di smaltimento delle acque meteoriche.

Copparo, 30 maggio 2016

Dr. Geol. Emanuele Stevanin



Dr.ssa Geol. Emma Biondani







 <p><b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com</p>	<p>MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b></p>	<p>RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016</p>
---	---	--

- Allegati 1/3 -

**CERTIFICATI PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA ELETTRICA E PIEZOCONO**

## PIEZOCONE PENETRATION TEST REPORT (CPTU)

### TEST INFORMATION

Commessa ( <i>Work order</i> )	16.117
Committente ( <i>Commissioner</i> )	SYNTHESIS S.R.L.
Cantiere ( <i>Site</i> )	PUA
Località ( <i>Locality</i> )	SAN PIETRO IN CASALE (BO)
Latitude:	-
Longitude:	-

### STRUMENTAZIONE UTILIZZATA (*INSTRUMENTAL FEATURES*)

Punta ( <i>Probe code</i> )	G1-CPL2IN TECNOPENTA
sistema di acquisizione ( <i>Acquisition system</i> )	D1-PEN8 TECNOPENTA
Diametro punta ( <i>Tip diameter</i> )	35.7 mm
Angolo punta ( <i>Tip angle</i> )	60°
Area punta ( <i>Tip area</i> )	10 cm <sup>2</sup>
Area manicotto ( <i>Sleeve surface</i> )	150 cm <sup>2</sup>
Passo di acquisizione dati ( <i>Data acquisition rate</i> )	2 cm/s

### Operatori (*Operators*)

Dott. Geol.	Maggi
Dott. Geol.	Dall'Olmo

<b>Keys:</b>
<i>Qc (Mpa) = cone resistance; Fs (Kpa) = sleeve friction</i>
<i>U0 (Kpa) = hydrostatic pore pressure; U2 (Kpa) = penetration pore pressure</i>
<i>Fr (%) = friction ratio; Incl 1-2 (°) = tilt angle</i>
<i>Technical reference: Standard Test Method for Electronic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soil (D5778-12)</i>

I dati e le relative elaborazioni di questa prova penetrometrica sono di proprietà fisica e intellettuale della GEOTEAs.r.l. e del Cliente indicato nell' intestazione. È vietata la riproduzione e l'utilizzo anche parziale dei dati contenuti senza autorizzazione esplicita.

*The physical and intellectual property of this CPT test, both data and graphics, is of GEOTEAs.r.l. and it's Client. Any disclosure, copying or distribution of this document is strictly prohibited without permission.*

PIEZOCONE PENETRATION TEST REPORT

Committente -  
Commissioner SYNTHESIS S.R.L.

Commessa - Work order 16.117

Livello di falda -  
Hydrostatic line 1.95 (m)



Località - Locality SAN PIETRO IN CASALE (BO)

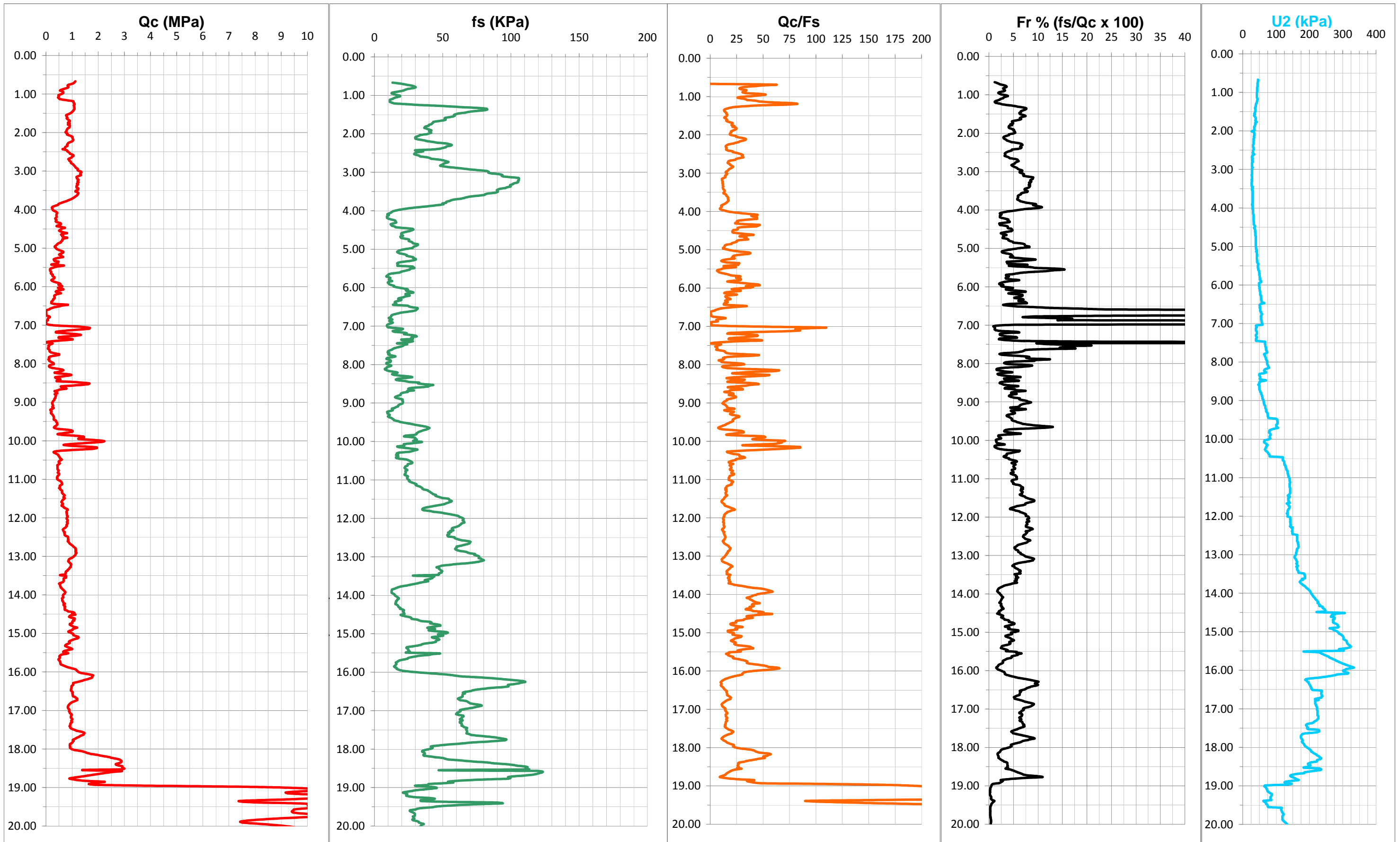
Data - Execution date 18/05/2016

Quota terreno -  
Ground level - (m)

Cantiere - Site PUA

CPTU test N. 1

Preforo - Prehole depth 0.65 (m)



Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)
0.67	1.12	13.22	45.56	0.02	2.07	1.77	0.91	39.96	42.22	-0.69	2.50	2.89	1.12	60.97	27.78	-0.46	2.88	4.01	0.26	14.09	30.0	-0.36	3.30	5.15	0.55	23.6	42.2	-0.20	3.63	6.27	0.32	18.37	54.4	-0.22	3.79
0.69	1.10	17.88	46.67	-0.71	1.95	1.79	0.84	39.74	37.78	-0.54	2.49	2.91	1.14	65.86	27.78	-0.46	2.89	4.03	0.30	12.87	30.0	-0.36	3.30	5.17	0.50	23.5	42.2	-0.19	3.63	6.29	0.33	17.37	54.4	-0.21	3.80
0.71	1.07	21.22	45.6	-0.35	1.95	1.81	0.90	37.63	37.78	-0.55	2.55	2.93	1.19	70.53	27.78	-0.47	2.90	4.05	0.37	12.21	31.1	-0.35	3.32	5.19	0.58	25.8	42.2	-0.18	3.64	6.31	0.31	19.71	55.6	-0.20	3.80
0.73	1.02	24.22	45.6	-0.24	2.07	1.83	0.91	36.85	37.78	-0.55	2.49	2.95	1.22	76.64	30.00	-0.45	2.89	4.07	0.41	10.76	31.1	-0.35	3.32	5.21	0.58	28.4	43.3	-0.20	3.66	6.33	0.27	19.04	55.6	-0.21	3.81
0.75	0.90	27.44	44.4	-0.43	1.99	1.85	0.90	36.63	36.67	-0.57	2.49	2.97	1.21	82.19	27.8	-0.47	2.96	4.09	0.42	9.43	31.1	-0.35	3.29	5.23	0.65	28.3	42.2	-0.18	3.66	6.35	0.27	16.82	55.6	-0.21	3.81
0.77	0.83	29.21	44.4	-1.23	2.20	1.87	0.89	38.41	36.67	-0.57	2.49	2.99	1.24	83.76	27.8	-0.48	2.92	4.11	0.41	10.54	31.1	-0.33	3.30	5.25	0.50	30.0	43.3	-0.17	3.64	6.37	0.25	15.04	55.6	-0.22	3.83
0.79	0.84	30.22	44.44	-0.41	2.06	1.89	0.84	39.86	34.44	-0.57	2.57	3.01	1.33	83.53	27.8	-0.44	2.92	4.13	0.40	9.99	31.1	-0.32	3.33	5.27	0.38	30.2	42.2	-0.17	3.64	6.39	0.21	14.82	55.6	-0.20	3.82
0.81	0.86	29.00	44.44	-0.74	2.27	1.91	0.82	41.74	34.44	-0.54	2.51	3.03	1.35	86.09	27.8	-0.47	2.97	4.15	0.40	9.11	31.1	-0.32	3.32	5.29	0.30	28.6	42.2	-0.19	3.66	6.41	0.21	15.59	56.7	-0.22	3.83
0.83	0.85	24.77	44.44	-0.87	2.29	1.93	0.80	40.08	34.44	-0.55	2.50	3.05	1.33	91.42	27.8	-0.47	2.99	4.17	0.40	9.33	32.2	-0.30	3.33	5.31	0.31	25.4	42.2	-0.19	3.64	6.43	0.21	15.93	56.7	-0.21	3.85
0.85	0.77	22.88	44.44	-0.87	2.30	1.95	0.78	40.97	34.44	-0.56	2.59	3.07	1.31	93.64	27.8	-0.44	2.96	4.19	0.41	9.33	32.2	-0.29	3.32	5.33	0.33	20.8	42.2	-0.17	3.67	6.45	0.32	13.82	56.7	-0.21	3.85
0.87	0.68	21.55	43.33	-0.85	2.12	1.97	0.78	41.53	34.44	-0.57	2.59	3.09	1.33	93.19	27.8	-0.47	2.96	4.21	0.38	10.44	32.2	-0.29	3.34	5.35	0.48	17.6	43.3	-0.16	3.69	6.47	0.83	24.15	64.4	-0.19	3.85
0.89	0.59	19.33	43.33	-0.74	2.08	1.99	0.75	40.09	34.44	-0.55	2.58	3.11	1.33	94.42	27.8	-0.45	2.96	4.23	0.36	12.33	32.2	-0.29	3.34	5.37	0.43	16.7	43.3	-0.16	3.68	6.49	0.63	25.37	56.7	-0.19	3.87
0.91	0.54	16.11	43.33	-0.75	2.20	2.01	0.78	38.21	26.67	0.15	2.67	3.13	1.25	100.2	27.8	-0.44	3.01	4.25	0.37	14.67	32.2	-0.27	3.34	5.39	0.45	16.9	43.3	-0.15	3.69	6.51	0.49	27.93	51.1	-0.18	3.87
0.93	0.62	13.11	43.33	-0.87	2.21	2.03	0.82	33.76	33.33	-0.53	2.63	3.15	1.17	105.6	26.7	-0.47	3.01	4.27	0.40	15.45	32.2	-0.25	3.36	5.41	0.32	17.4	43.3	-0.16	3.68	6.53	0.33	31.48	51.1	-0.19	3.87
0.95	0.66	12.56	43.33	-0.68	2.07	2.05	0.80	32.76	34.44	-0.50	2.51	3.17	1.18	105.9	27.8	-0.46	3.03	4.29	0.38	15.67	32.2	-0.27	3.36	5.43	0.22	16.93	44.4	-0.15	3.69	6.55	0.25	31.48	51.1	-0.20	3.87
0.97	0.66	14.46	43.33	-0.78	2.17	2.07	0.87	31.21	34.44	-0.52	2.55	3.19	1.18	105.6	27.8	-0.46	3.02	4.31	0.38	15.90	32.2	-0.25	3.37	5.45	0.67	27.82	46.7	-0.15	3.71	6.57	0.16	30.82	52.2	-0.18	3.88
0.99	0.62	15.79	43.33	-0.67	2.11	2.09	0.95	30.10	34.44	-0.52	2.61	3.21	1.22	105.8	27.8	-0.46	3.06	4.33	0.43	13.67	32.2	-0.25	3.36	5.47	0.52	28.38	46.7	-0.15	3.71	6.59	0.12	30.15	51.1	-0.17	3.88
1.01	0.55	18.68	42.22	-0.78	2.20	2.11	1.01	29.88	34.44	-0.49	2.55	3.23	1.24	105.1	27.8	-0.47	3.03	4.35	0.56	11.90	33.3	-0.23	3.37	5.49	0.35	29.15	45.6	-0.16	3.72	6.61	0.04	27.71	52.2	-0.17	3.88
1.03	0.48	18.69	42.22	-0.78	2.17	2.13	1.01	30.21	34.44	-0.49	2.55	3.25	1.22	105.3	27.8	-0.45	3.05	4.37	0.57	12.45	33.3	-0.23	3.37	5.51	0.27	26.04	45.6	-0.15	3.74	6.63	0.00	23.93	52.2	-0.17	3.88
1.05	0.49	16.47	42.22	-0.78	2.28	2.15	1.02	32.44	33.33	-0.49	2.58	3.27	1.21	104.3	26.7	-0.47	3.08	4.39	0.56	12.79	33.3	-0.22	3.37	5.53	0.19	25.82	45.6	-0.15	3.72	6.65	0.00	19.59	52.2	-0.16	3.88
1.07	0.49	14.59	42.22	-0.78	2.29	2.17	1.03	36.66	34.44	-0.49	2.58	3.29	1.24	102.0	27.8	-0.45	3.07	4.41	0.45	14.90	33.3	-0.21	3.38	5.55	0.15	23.71	45.6	-0.14	3.74	6.67	0.01	17.48	52.2	-0.17	3.91
1.09	0.47	13.37	42.22	-0.69	2.23	2.19	1.04	38.66	33.33	-0.53	2.66	3.31	1.21	101.3	27.8	-0.46	3.08	4.43	0.41	15.7	33.3	-0.22	3.37	5.57	0.16	21.49	46.7	-0.16	3.72	6.69	0.01	15.15	54.4	-0.16	3.91
1.11	0.49	11.49	42.22	-0.75	2.31	2.21	1.02	42.78	32.22	-0.52	2.65	3.33	1.19	99.52	26.7	-0.46	3.11	4.47	0.72	27.7	36.7	-0.21	3.43	5.59	0.16	19.38	46.7	-0.14	3.72	6.71	0.01	13.26	54.4	-0.16	3.91
1.13	0.52	11.27	42.22	-0.65	2.23	2.23	0.99	46.00	33.33	-0.52	2.68	3.35	1.22	99.30	26.7	-0.48	3.12	4.49	0.62	28.5	36.7	-0.20	3.43	5.61	0.20	18.15	46.7	-0.15	3.75	6.73	0.01	12.37	55.6	-0.16	3.91
1.15	0.67	11.38	43.33	-0.74	2.33	2.25	0.92	52.23	33.33	-0.47	2.66	3.37	1.19	99.74	26.7	-0.48	3.14	4.51	0.58	27.3	34.4	-0.21	3.46	5.63	0.20	13.71	48.9	-0.14	3.75	6.75	0.03	12.37	57.8	-0.15	3.91
1.17	0.87	11.28	44.44	-0.65	2.16	2.27	0.86	54.90	32.22	-0.50	2.64	3.39	1.17	97.19	26.7	-0.48	3.12	4.53	0.54	25.7	34.4	-0.21	3.45	5.65	0.19	10.82	48.9	-0.15	3.75	6.77	0.12	11.70	56.7	-0.16	3.93
1.19	1.04	12.6	44.44	-0.62	2.20	2.29	0.83	56.56	32.22	-0.45	2.61	3.41	1.18	95.85	26.7	-0.48	3.16	4.55	0.50	23.3	36.7	-0.20	3.45	5.67	0.21	10.15	48.9	-0.16	3.75	6.79	0.15	10.48	55.6	-0.14	3.93
1.21	1.05	14.6	43.33	-0.62	2.17	2.31	0.81	55.68	32.22	-0.49	2.69	3.43	1.18	92.18	26.7	-0.49	3.15	4.57	0.57	20.9	36.7	-0.20	3.47	5.69	0.26	9.15	50.0	-0.14	3.75	6.81	0.10	11.81	55.6	-0.15	3.94
1.23	1.07	23.2	43.33	-0.59	2.32	2.33	0.80	52.79	32.22	-0.49	2.70	3.45	1.24	90.54	30.0	-0.44	3.17	4.59	0.67	19.7	37.8	-0.20	3.47	5.71	0.25	8.82	50.0	-0.16	3.77	6.83	0.08	13.15	54.4	-0.15	3.94
1.25	1.09	31.9	42.22	-0.62	2.19	2.35	0.82	52.24	32.22	-0.45	2.66	3.47	1.23	89.65	27.8	-0.42	3.18	4.61	0.80	19.6	36.7	-0.21	3.47	5.73	0.26	10.60	50.0	-0.15	3.75	6.85	0.07	11.26	55.6	-0.15	3.95
1.27	1.09	45.0	42.22	-0.64	2.34	2.37	0.75	50.13	31.11	-0.49	2.69	3.49	1.22	90.31	30.0	-0.43	3.18	4.63	0.62	19.8	37.8	-0.19	3.47	5.75	0.31	11.71	50.0	-0.16	3.75	6.87	0.08	11.04	55.6	-0.14	3.97
1.29	1.07	55.5	40.00	-0.52	2.17	2.39	0.73	47.68	31.11	-0.47	2.71	3.51	1.14	90.31	27.8	-0.45	3.18	4.65	0.58	20.8	37.8	-0.20	3.50	5.77	0.32	11.15	51.1	-0.17	3.78	6.89	0.01	12.36	55.6	-0.14	3.97
1.31	1.08	64.8	40.00	-0.53	2.23	2.41	0.72	42.46	31.11	-0.44	2.67	3.53	1.13	88.32	27.8	-0.45	3.20	4.67	0.65	19.0	37.8	-0.20	3.50	5.79	0.30	10.60	51.1	-0.14	3.78	6.91	0.01	13.48	55.6	-0.14	3.96
1.33	1.08	75.9	38.89	-0.61	2.33	2.43	0.64	29.91	32.22	-0.44	2.67	3.55	1.20	83.43	30.0	-0.43	3.18	4.69	0.62	19.2	37.8	-0.20	3.51	5.81	0.25	11.38	51.1	-0.15	3.77	6.93	0.01	12.25	56.7	-0.14	3.97
1.35	1.08	82.2	38.89	-0.58	2.36	2.45	0.76	35.63	32.22	-0.49	2.74	3.57	1.24	81.21	30.0	-0.42	3.18	4.71	0.65	19.7	37.8	-0.21	3.50	5.83	0.21	12.82	52.2	-0.16	3.79	6.95	0.01	10.59	56.7	-0.15	3.97
1.37	1.09	82.6	38.89	-0.49	2.31	2.47	0.81	32.85	33.33	-0.44	2.71																								



Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)
7.39	0.72	27.9	40.0	-0.1	4.1	8.49	1.36	31.9	62.2	0.0	4.4	9.59	0.41	33.5	104.4	0.2	4.6	10.69	0.44	22.1	127.8	0.3	4.8	11.79	0.83	36.1	140.0	0.5	5.1	12.89	1.14	68.2	162.2	0.6	5.2
7.41	0.36	26.0	40.0	-0.1	4.1	8.51	1.66	36.2	51.1	0.0	4.4	9.61	0.39	36.8	103.3	0.2	4.6	10.71	0.44	22.7	128.9	0.3	4.8	11.81	0.80	40.7	137.8	0.5	5.1	12.91	1.17	70.2	162.2	0.6	5.2
7.43	0.08	22.5	40.0	-0.1	4.1	8.53	1.62	42.9	50.0	0.0	4.4	9.63	0.34	38.7	101.1	0.2	4.7	10.73	0.44	23.7	128.9	0.4	4.8	11.83	0.79	43.2	136.7	0.5	5.1	12.93	1.14	73.7	161.1	0.6	5.2
7.45	0.01	16.6	40.0	-0.1	4.1	8.55	1.35	40.1	50.0	0.0	4.4	9.65	0.31	40.3	101.1	0.2	4.7	10.75	0.45	24.0	130.0	0.4	4.8	11.85	0.78	48.5	135.6	0.5	5.1	12.95	1.14	73.1	161.1	0.6	5.2
7.47	0.24	23.9	66.7	-0.1	4.1	8.57	0.95	39.5	48.9	0.0	4.4	9.67	0.34	39.3	101.1	0.2	4.7	10.77	0.49	22.8	131.1	0.4	4.8	11.87	0.80	51.2	134.4	0.5	5.1	12.97	1.12	75.2	160.0	0.7	5.2
7.49	0.19	21.7	66.7	-0.1	4.1	8.59	0.57	34.5	46.7	0.0	4.4	9.69	0.45	38.0	103.3	0.2	4.7	10.79	0.47	22.9	131.1	0.4	4.9	11.89	0.79	54.6	134.4	0.5	5.1	12.99	1.08	76.7	160.0	0.6	5.2
7.51	0.14	21.1	66.7	-0.1	4.1	8.61	0.59	27.0	50.0	0.0	4.4	9.71	0.77	35.9	105.6	0.2	4.7	10.81	0.47	23.0	132.2	0.3	4.9	11.91	0.80	58.3	134.4	0.5	5.1	13.01	1.05	76.7	158.9	0.7	5.2
7.53	0.09	19.8	66.7	-0.1	4.1	8.63	0.74	24.9	50.0	0.0	4.4	9.73	0.98	34.0	94.4	0.2	4.7	10.83	0.45	22.8	134.4	0.4	4.9	11.93	0.80	60.8	132.2	0.5	5.1	13.03	1.01	76.3	156.7	0.6	5.2
7.55	0.12	17.6	67.8	-0.1	4.1	8.65	0.78	25.2	50.0	0.0	4.4	9.75	1.02	32.5	86.7	0.2	4.7	10.85	0.50	22.2	134.4	0.4	4.9	11.95	0.82	61.9	134.4	0.5	5.1	13.05	0.94	78.1	155.6	0.7	5.2
7.57	0.09	14.9	67.8	-0.1	4.1	8.67	0.54	28.8	50.0	0.0	4.4	9.77	1.00	31.6	81.1	0.2	4.7	10.87	0.50	22.2	134.4	0.4	4.9	11.97	0.83	62.9	134.4	0.6	5.1	13.07	0.89	78.8	155.6	0.7	5.2
7.59	0.09	13.7	67.8	-0.1	4.1	8.69	0.44	24.0	50.0	0.0	4.4	9.79	0.80	30.8	80.0	0.2	4.7	10.89	0.49	23.6	135.6	0.4	4.9	11.99	0.80	64.5	134.4	0.5	5.1	13.09	0.87	80.1	156.7	0.7	5.2
7.61	0.07	12.9	68.9	-0.1	4.1	8.71	0.33	24.5	50.0	0.0	4.4	9.81	0.61	30.7	80.0	0.2	4.7	10.91	0.45	24.6	135.6	0.4	4.9	12.01	0.80	65.2	134.4	0.5	5.1	13.11	0.87	78.2	158.9	0.7	5.2
7.63	0.12	11.6	68.9	-0.1	4.2	8.73	0.37	21.1	51.1	0.0	4.4	9.83	0.45	28.9	78.9	0.2	4.7	10.93	0.44	24.2	136.7	0.4	4.9	12.03	0.79	65.1	142.2	0.6	5.1	13.13	0.85	76.0	160.0	0.7	5.2
7.65	0.14	10.1	70.0	-0.1	4.2	8.75	0.42	19.7	52.2	0.0	4.5	9.85	0.67	22.9	81.1	0.2	4.7	10.95	0.42	23.9	136.7	0.4	4.9	12.05	0.82	64.6	142.2	0.6	5.1	13.15	0.88	72.1	161.1	0.6	5.2
7.67	0.14	9.8	70.0	-0.1	4.2	8.77	0.42	19.2	52.2	0.1	4.5	9.87	1.09	21.8	83.3	0.2	4.7	10.97	0.43	24.2	137.8	0.4	4.9	12.07	0.83	65.3	143.3	0.6	5.1	13.17	0.91	67.2	162.2	0.7	5.2
7.69	0.15	9.8	70.0	-0.1	4.2	8.79	0.34	19.1	54.4	0.1	4.5	9.89	1.43	27.6	83.3	0.2	4.7	10.99	0.43	24.7	137.8	0.4	4.9	12.09	0.82	65.7	142.2	0.6	5.1	13.19	0.94	59.9	163.3	0.7	5.2
7.71	0.20	11.0	71.1	-0.1	4.2	8.81	0.37	17.5	55.6	0.0	4.5	9.91	1.46	29.8	82.2	0.2	4.7	11.01	0.45	25.7	140.0	0.4	4.9	12.11	0.80	65.8	143.3	0.6	5.1	13.21	0.96	55.3	163.3	0.7	5.2
7.73	0.34	10.1	73.3	-0.1	4.2	8.83	0.38	16.1	55.6	0.0	4.5	9.93	1.27	29.7	81.1	0.2	4.7	11.03	0.51	25.3	141.1	0.4	4.9	12.13	0.83	64.0	143.3	0.6	5.1	13.23	0.95	49.8	161.1	0.7	5.2
7.75	0.50	10.8	73.3	-0.1	4.2	8.85	0.37	15.1	56.7	0.0	4.5	9.95	1.24	30.9	81.1	0.2	4.7	11.05	0.56	26.1	141.1	0.4	4.9	12.15	0.82	63.4	142.2	0.6	5.1	13.25	0.95	47.5	162.2	0.7	5.2
7.77	0.50	13.2	70.0	-0.1	4.2	8.87	0.36	16.1	57.8	0.0	4.5	9.97	1.61	30.1	82.2	0.2	4.7	11.07	0.59	27.6	141.1	0.4	4.9	12.17	0.80	62.6	143.3	0.6	5.1	13.27	0.95	45.5	163.3	0.7	5.2
7.79	0.33	15.4	64.4	-0.1	4.2	8.89	0.36	18.5	57.8	0.1	4.5	9.99	2.01	28.5	82.2	0.2	4.7	11.09	0.60	29.5	141.1	0.4	4.9	12.19	0.79	61.9	143.3	0.6	5.1	13.29	0.91	47.3	165.6	0.7	5.2
7.81	0.18	12.9	64.4	-0.1	4.2	8.91	0.33	20.6	58.9	0.1	4.5	10.01	2.23	34.7	76.7	0.2	4.7	11.11	0.61	30.8	142.2	0.4	4.9	12.21	0.80	60.8	143.3	0.6	5.1	13.31	0.90	47.3	161.1	0.7	5.2
7.83	0.12	9.6	66.7	-0.1	4.2	8.93	0.33	20.2	58.9	0.1	4.5	10.03	2.13	31.5	66.7	0.2	4.8	11.13	0.61	30.2	142.2	0.4	4.9	12.23	0.78	59.1	144.4	0.6	5.1	13.33	0.88	48.1	163.3	0.7	5.2
7.85	0.12	8.8	66.7	-0.1	4.2	8.95	0.30	20.8	58.9	0.1	4.5	10.05	1.73	26.6	64.4	0.2	4.8	11.15	0.57	31.2	141.1	0.4	4.9	12.25	0.76	57.1	143.3	0.6	5.1	13.35	0.83	48.7	163.3	0.7	5.2
7.87	0.13	10.5	67.8	-0.1	4.2	8.97	0.27	20.9	61.1	0.1	4.5	10.07	1.30	21.6	64.4	0.2	4.8	11.17	0.53	33.1	141.1	0.4	4.9	12.27	0.71	56.7	142.2	0.6	5.1	13.37	0.82	49.7	163.3	0.7	5.2
7.89	0.09	11.8	68.9	-0.1	4.2	8.99	0.26	20.8	62.2	0.1	4.5	10.09	0.91	21.7	64.4	0.2	4.8	11.19	0.53	34.1	141.1	0.4	4.9	12.29	0.66	56.8	150.0	0.6	5.1	13.39	0.77	49.3	163.3	0.7	5.2
7.91	0.13	12.0	68.9	-0.1	4.2	9.01	0.24	20.6	62.2	0.1	4.5	10.11	0.68	21.8	68.9	0.2	4.8	11.21	0.53	35.0	141.1	0.4	4.9	12.31	0.65	57.8	146.7	0.6	5.1	13.41	0.76	49.1	165.6	0.7	5.2
7.93	0.13	11.7	70.0	-0.1	4.2	9.03	0.24	19.2	63.3	0.1	4.5	10.13	1.03	16.8	71.1	0.2	4.8	11.23	0.51	35.2	141.1	0.4	4.9	12.33	0.66	55.3	148.9	0.6	5.1	13.43	0.76	47.3	166.7	0.7	5.2
7.95	0.18	9.4	71.1	-0.1	4.2	9.05	0.25	17.9	63.3	0.1	4.5	10.15	1.54	18.1	74.4	0.2	4.8	11.25	0.55	36.2	141.1	0.4	5.0	12.35	0.68	56.2	148.9	0.6	5.1	13.45	0.75	47.4	166.7	0.7	5.2
7.97	0.25	8.7	73.3	-0.1	4.2	9.07	0.26	17.3	63.3	0.1	4.5	10.17	1.94	22.8	73.3	0.2	4.8	11.27	0.56	38.9	142.2	0.4	5.0	12.37	0.72	54.1	148.9	0.6	5.2	13.47	0.73	46.8	167.8	0.7	5.3
7.99	0.30	9.2	73.3	-0.1	4.2	9.09	0.27	17.2	64.4	0.1	4.5	10.19	1.94	27.4	71.1	0.2	4.8	11.29	0.60	39.5	142.2	0.4	5.0	12.39	0.70	54.7	147.8	0.6	5.2	13.49	0.54	28.2	183.3	0.7	5.3
8.01	0.30	11.2	73.3	-0.1	4.2	9.11	0.25	15.7	64.4	0.1	4.5	10.21	1.77	31.5	70.0	0.2	4.8	11.31	0.62	40.6	142.2	0.4	5.0	12.41	0.71	54.9	148.9	0.6	5.2	13.51	0.77	43.7	185.6	0.7	5.3
8.03	0.18	12.4	73.3	-0.1	4.2	9.13	0.25	14.7	66.7	0.1	4.5	10.23	1.25	30.0	68.9	0.2	4.8	11.33	0.61	41.2	142.2	0.4	5.0	12.43	0.71	53.5	148.9	0.6	5.2	13.53	0.74	42.3	185.6	0.7	5.3
8.05	0.13	11.1	73.3	0.0	4.2	9.15	0.29	12.8	67.8	0.1	4.5	10.25	0.76	27.9	67.8	0.2	4.8	11.35	0.61	42.1	142.2	0.5	5.0	12.45	0.72	53.7	148.9	0.6	5.2	13.55	0.77	42.5	186.7	0.7	5.3
8.07	0.12	9.2	74.4	0.0	4.2	9.17	0.24	13.5	67.8	0.1	4.5	10.27	0.41	25.7	66.7	0.2	4.8	11.37	0.64	43.1	142.2	0.4	5.0	12.47	0.76	54.2	150.0	0.6	5.2	13.57	0.69	40.9	186.7	0.7	5.3
8.09	0.15	8.9	75.6	-0.1	4.2	9.19	0.18	13.2	67.8	0.1	4.6	10.29	0.29	17.9	67.8	0.2	4.8	11.39	0.67	45.0	142.2	0.4	5.0	12.49	0.83	58.6	163.3	0.6	5.2	13.59	0.68	38.7	186.7	0.7	5.3
8.11	0.24	7.7	76.7	-0.1	4.3	9.21	0.18	11.0	68.9	0.1	4.5	10.31	0.31	16.3	70.0	0.2	4.8	11.41	0.71	44.6	142.2	0.4	5.0	12.51</											

Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)
13.99	0.67	14.9	204.4	0.7	5.3	15.09	1.24	42.1	296.7	0.9	5.6	16.19	1.58	96.2	228.9	1.0	5.7	17.29	1.00	62.6	223.3	1.1	6.0	18.39	2.67	96.6	205.6	1.4	6.0	19.49	10.10	45.5	73.3	1.5	6.1
14.01	0.66	15.1	205.6	0.8	5.3	15.11	1.25	43.3	300.0	0.9	5.6	16.21	1.46	102.5	205.6	1.0	5.7	17.31	0.99	62.6	220.0	1.1	6.0	18.41	2.69	101.6	200.0	1.4	6.0	19.51	10.13	42.4	74.4	1.5	6.1
14.03	0.65	16.1	207.8	0.7	5.3	15.13	1.20	46.4	301.1	0.9	5.6	16.23	1.38	109.0	190.0	1.0	5.7	17.33	0.95	63.8	215.6	1.1	6.0	18.43	2.78	104.6	195.6	1.4	6.0	19.53	10.08	35.2	75.6	1.5	6.1
14.05	0.66	16.8	208.9	0.8	5.4	15.15	1.10	47.5	302.2	0.9	5.6	16.25	1.27	110.6	187.8	1.0	5.7	17.35	0.93	63.8	212.2	1.1	6.0	18.45	2.92	110.0	200.0	1.5	6.0	19.55	9.76	31.4	76.7	1.5	6.1
14.07	0.66	17.8	211.1	0.8	5.4	15.17	1.02	45.7	302.2	0.9	5.6	16.27	1.15	107.8	192.2	1.0	5.7	17.37	0.93	64.1	207.8	1.1	6.0	18.47	2.92	112.2	203.3	1.4	6.0	19.57	9.48	30.1	116.7	1.6	6.1
14.09	0.62	17.8	212.2	0.8	5.4	15.19	0.93	44.9	302.2	0.9	5.6	16.29	1.05	105.6	193.3	1.0	5.7	17.39	0.91	63.8	195.6	1.1	6.0	18.49	2.92	110.8	197.8	1.4	6.0	19.59	9.47	26.1	115.6	1.6	6.1
14.11	0.63	16.8	214.4	0.8	5.4	15.21	0.88	44.9	306.7	0.9	5.6	16.31	1.04	102.1	196.7	1.0	5.7	17.41	0.90	65.1	191.1	1.1	6.0	18.51	2.99	110.7	192.2	1.5	6.0	19.61	9.42	26.0	115.6	1.6	6.1
14.13	0.63	16.7	216.7	0.8	5.4	15.23	0.90	42.5	310.0	0.9	5.6	16.33	1.04	97.9	197.8	1.0	5.8	17.43	0.93	65.7	190.0	1.1	6.0	18.53	2.90	113.2	183.3	1.5	6.0	19.63	9.41	27.0	115.6	1.6	6.1
14.15	0.63	15.9	217.8	0.8	5.4	15.25	0.90	38.0	312.2	0.9	5.6	16.35	1.02	97.8	198.9	1.0	5.7	17.45	0.93	67.8	192.2	1.1	6.0	18.55	1.39	47.0	230.0	1.5	6.0	19.65	9.46	28.3	116.7	1.6	6.1
14.17	0.65	16.0	220.0	0.8	5.4	15.27	0.84	35.0	312.2	0.9	5.6	16.37	0.98	98.1	200.0	1.0	5.8	17.47	0.97	67.6	193.3	1.1	6.0	18.57	2.88	120.3	235.6	1.5	6.0	19.67	9.70	29.2	117.8	1.6	6.1
14.19	0.66	15.7	222.2	0.8	5.4	15.29	0.78	34.0	313.3	0.9	5.6	16.39	0.98	93.4	202.2	1.0	5.7	17.49	1.03	67.1	195.6	1.1	6.0	18.59	2.62	123.3	232.2	1.5	6.0	19.69	10.10	29.7	118.9	1.6	6.1
14.21	0.67	15.4	224.4	0.8	5.4	15.31	0.74	31.4	314.4	0.9	5.6	16.41	0.98	85.4	203.3	1.0	5.8	17.51	1.12	67.6	193.3	1.1	6.0	18.61	2.39	122.7	215.6	1.5	6.0	19.71	10.54	29.7	120.0	1.6	6.1
14.23	0.72	15.5	226.7	0.8	5.4	15.33	0.74	27.9	316.7	0.9	5.6	16.43	0.97	80.7	204.4	1.0	5.8	17.53	1.18	67.7	196.7	1.1	6.1	18.63	2.19	120.5	198.9	1.5	6.0	19.73	10.70	29.5	122.2	1.6	6.1
14.25	0.67	16.6	224.4	0.8	5.4	15.35	0.81	23.9	320.0	0.9	5.6	16.45	0.96	75.8	205.6	1.0	5.8	17.55	1.32	67.9	227.8	1.2	6.1	18.65	2.00	118.0	185.6	1.5	6.0	19.75	10.41	28.2	122.2	1.6	6.1
14.27	0.68	17.3	227.8	0.8	5.4	15.37	0.89	23.5	322.2	0.9	5.6	16.47	0.95	72.4	205.6	1.0	5.8	17.57	1.43	67.7	228.9	1.2	6.1	18.67	1.80	114.3	184.4	1.5	6.0	19.77	9.83	28.4	120.0	1.6	6.1
14.29	0.71	17.5	228.9	0.8	5.4	15.39	0.96	24.6	324.4	0.9	5.6	16.49	0.96	70.2	207.8	1.0	5.8	17.59	1.47	67.5	228.9	1.2	6.1	18.69	1.61	108.3	163.3	1.5	6.0	19.79	9.23	28.9	118.9	1.6	6.1
14.31	0.73	17.9	232.2	0.8	5.4	15.41	1.00	24.6	321.1	0.9	5.6	16.51	0.99	66.6	208.9	1.0	5.8	17.61	1.44	69.7	221.1	1.2	6.1	18.71	1.43	101.0	151.1	1.5	6.0	19.81	8.69	29.1	118.9	1.6	6.2
14.33	0.71	19.1	230.0	0.8	5.4	15.43	0.84	25.1	307.8	0.9	5.6	16.53	1.02	64.8	236.7	1.0	5.8	17.63	1.43	70.8	196.7	1.2	6.1	18.73	1.23	97.9	143.3	1.5	6.0	19.83	8.24	27.8	118.9	1.6	6.1
14.35	0.72	18.8	238.9	0.8	5.4	15.45	0.72	25.2	288.9	0.9	5.6	16.55	1.02	66.2	236.7	1.0	5.8	17.65	1.35	75.8	180.0	1.2	6.1	18.75	1.01	99.7	143.3	1.5	6.0	19.85	7.84	28.4	118.9	1.6	6.1
14.37	0.72	20.8	238.9	0.8	5.4	15.47	0.67	25.9	295.6	0.9	5.6	16.57	1.02	64.8	236.7	1.0	5.8	17.67	1.29	81.6	177.8	1.1	6.1	18.77	0.90	97.9	146.7	1.5	6.0	19.87	7.56	30.8	118.9	1.6	6.1
14.39	0.73	21.6	241.1	0.8	5.4	15.49	0.67	23.2	302.2	0.9	5.6	16.59	1.03	64.6	235.6	1.0	5.8	17.69	1.25	87.4	175.6	1.1	6.1	18.79	1.03	80.4	153.3	1.5	6.0	19.89	7.43	32.4	120.0	1.6	6.2
14.41	0.81	20.9	244.4	0.8	5.4	15.51	0.84	47.6	184.4	1.0	5.6	16.61	1.03	64.5	235.6	1.0	5.8	17.71	1.18	90.8	174.4	1.1	6.1	18.81	1.26	67.9	158.9	1.5	6.0	19.91	7.52	32.6	122.2	1.6	6.2
14.43	0.84	20.9	246.7	0.8	5.4	15.53	0.77	42.5	223.3	1.0	5.6	16.63	1.04	64.6	236.7	1.1	5.8	17.73	1.13	94.2	174.4	1.1	6.1	18.83	1.62	58.7	162.2	1.5	6.0	19.93	7.86	34.1	124.4	1.6	6.2
14.45	1.02	21.6	247.8	0.8	5.4	15.55	0.60	39.9	233.3	1.0	5.6	16.65	1.11	63.8	236.7	1.1	5.8	17.75	1.07	96.7	174.4	1.1	6.1	18.85	2.23	53.8	167.8	1.5	6.0	19.95	8.29	36.1	127.8	1.6	6.2
14.47	1.09	21.6	247.8	0.8	5.4	15.57	0.56	33.5	236.7	1.0	5.7	16.67	1.14	62.3	238.9	1.1	5.8	17.77	1.03	95.7	175.6	1.1	6.1	18.87	2.02	57.7	147.8	1.5	6.0	19.97	8.64	34.4	130.0	1.6	6.2
14.49	1.00	21.8	223.3	0.8	5.4	15.59	0.51	30.2	242.2	1.0	5.7	16.69	1.20	61.1	236.7	1.1	5.8	17.79	1.06	89.1	177.8	1.1	6.1	18.89	1.87	50.0	130.0	1.5	6.0	19.99	8.98	34.4	132.2	1.6	6.2
14.51	1.12	19.2	304.4	0.8	5.5	15.61	0.51	27.2	246.7	1.0	5.7	16.71	1.19	61.9	235.6	1.1	5.8	17.81	1.03	81.2	178.9	1.1	6.1	18.91	1.64	39.7	125.6	1.5	6.0	20.01	9.28	33.6	134.4	1.6	6.2
14.53	0.96	20.5	277.8	0.8	5.5	15.63	0.54	24.8	252.2	1.0	5.7	16.73	1.20	62.9	224.4	1.1	5.8	17.83	1.02	71.5	180.0	1.1	6.1	18.93	1.89	39.2	132.2	1.5	6.0	20.03	9.51	32.4	135.6	1.6	6.2
14.55	0.91	22.7	276.7	0.8	5.5	15.65	0.51	24.2	257.8	1.0	5.7	16.75	1.13	66.9	216.7	1.1	5.8	17.85	0.97	64.2	177.8	1.1	6.1	18.95	3.47	29.8	146.7	1.5	6.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
14.57	0.89	25.7	266.7	0.8	5.5	15.67	0.48	21.8	261.1	1.0	5.7	16.77	1.06	68.5	227.8	1.1	5.9	17.87	0.92	57.2	178.9	1.1	6.1	18.97	6.14	37.7	128.9	1.5	6.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
14.59	0.96	26.9	271.1	0.8	5.5	15.69	0.49	18.5	266.7	1.0	5.7	16.79	0.99	69.3	217.8	1.1	5.9	17.89	0.92	51.1	181.1	1.1	6.1	18.99	8.27	44.1	67.8	1.5	6.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
14.61	1.09	27.2	264.4	0.8	5.5	15.71	0.51	17.4	271.1	1.0	5.7	16.81	0.95	70.2	217.8	1.1	5.9	17.91	0.91	45.6	183.3	1.1	6.1	19.01	9.37	45.7	64.4	1.5	6.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
14.63	1.10	31.0	275.6	0.8	5.5	15.73	0.55	16.6	276.7	1.0	5.7	16.83	0.91	73.3	217.8	1.1	5.9	17.93	0.92	41.3	184.4	1.1	6.1	19.03	10.10	41.1	67.8	1.5	6.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
14.65	1.05	32.6	273.3	0.8	5.5	15.75	0.55	15.6	280.0	1.0	5.7	16.85	0.89	77.3	217.8	1.1	5.9	17.95	0.92	41.5	185.6	1.1	6.1	19.05	10.52	36.1	70.0	1.5	6.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
14.67	1.08	34.4	275.6	0.8	5.5	15.77	0.56	15.9	285.6	1.0	5.7	16.87	0.85	78.6	217.8	1.1	5.9	17.97	0.92	42.6	187.8	1.2	6.1	19.07	10.48	30.2	71.1	1.5	6.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
14.69	1.02	40.6	271.1	0.8	5.5	15.79	0.56	16.0	290.0	1.0	5.7	16.89	0.84	76.3	220.0	1.1	5.9	17.99	0.95	41.3	191.1	1.2	6.1	19.09	10.01	27.3	73.3	1.5	6.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
14.71	1.01	41.8																																	

PIEZOCONE PENETRATION TEST REPORT

Committente -  
Commissioner SYNTHESIS S.R.L.

Commessa - Work order 16.117

Livello di falda -  
Hydrostatic line 1.90 (m)

Località - Locality SAN PIETRO IN CASALE (BO)

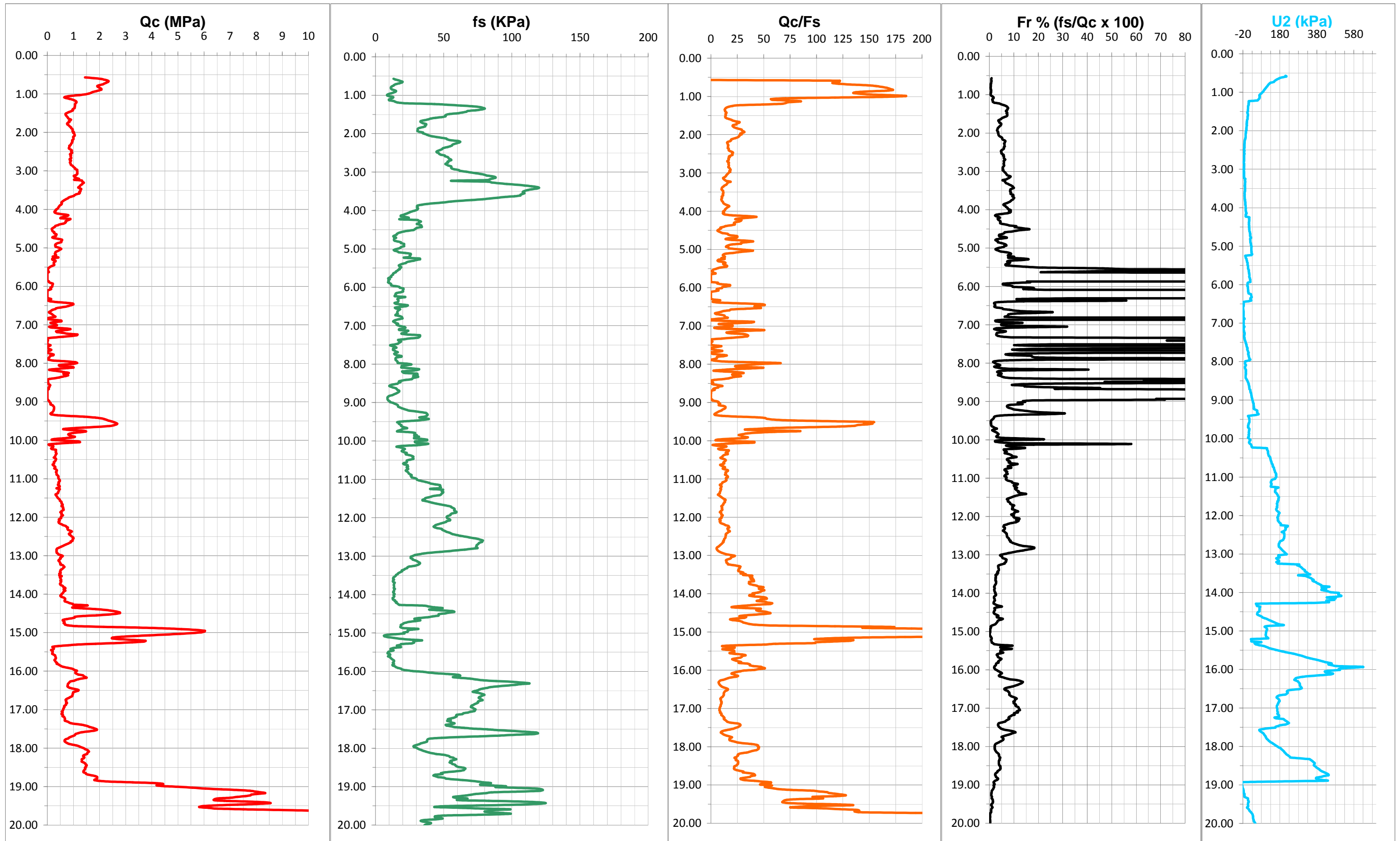
Data - Execution date 18/05/2016

Quota terreno -  
Ground level - (m)

Cantiere - Site PUA

CPTU test N. 2

Preforo - Prehole depth 0.55 (m)



Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)
0.57	1.44	13.25	210.00	0.21	-1.02	1.67	0.91	33.35	5.56	0.81	-0.22	2.79	0.87	51.33	-13.33	0.98	0.26	3.91	0.46	30.82	-6.7	1.04	0.60	5.03	0.54	13.5	25.6	1.38	0.84	6.15	0.00	15.57	8.9	1.71	1.09
0.59	1.78	14.58	214.44	0.03	-0.94	1.69	0.87	32.91	5.56	0.80	-0.20	2.81	0.89	52.44	-15.56	0.95	0.26	3.93	0.44	30.37	-6.7	1.06	0.60	5.05	0.48	14.2	25.6	1.38	0.85	6.17	0.00	14.80	8.9	1.70	1.08
0.61	2.05	16.81	195.6	0.23	-0.90	1.71	0.82	33.80	3.33	0.81	-0.21	2.83	0.89	53.44	-15.56	0.98	0.27	3.95	0.42	31.15	-5.6	1.06	0.62	5.07	0.43	16.3	25.6	1.38	0.85	6.19	0.00	14.91	8.9	1.74	1.10
0.63	2.18	18.36	180.0	0.23	-0.78	1.73	0.84	34.91	2.22	0.81	-0.21	2.85	0.92	55.33	-13.33	0.97	0.28	3.97	0.41	30.82	-5.6	1.08	0.61	5.09	0.37	17.1	25.6	1.37	0.87	6.21	0.00	14.35	11.1	1.73	1.09
0.65	2.29	19.92	172.2	0.22	-0.74	1.75	0.78	37.03	2.22	0.83	-0.20	2.87	0.97	55.67	-13.3	1.00	0.30	3.99	0.38	30.04	-5.6	1.07	0.63	5.11	0.31	22.0	25.6	1.38	0.86	6.23	0.00	14.13	11.1	1.73	1.10
0.67	2.35	19.36	163.3	0.28	-0.71	1.77	0.76	37.14	1.11	0.86	-0.16	2.89	0.99	55.45	-13.3	1.01	0.30	4.01	0.33	28.49	-5.6	1.09	0.62	5.13	0.31	25.8	26.7	1.40	0.86	6.25	0.00	21.80	23.3	1.77	1.12
0.69	2.33	17.59	156.7	0.26	-0.69	1.79	0.76	36.26	1.11	0.86	-0.17	2.91	1.03	56.00	-13.3	1.02	0.30	4.03	0.33	26.38	-4.4	1.09	0.63	5.15	0.29	25.9	26.7	1.40	0.87	6.27	0.00	18.69	24.4	1.77	1.12
0.71	2.26	15.25	151.1	0.31	-0.70	1.81	0.81	36.48	1.11	0.85	-0.16	2.93	1.07	57.78	-13.3	1.02	0.30	4.05	0.28	25.05	-5.6	1.10	0.64	5.17	0.30	25.1	26.7	1.41	0.86	6.29	0.00	16.69	25.6	1.75	1.12
0.73	2.18	13.93	146.7	0.33	-0.67	1.83	0.84	34.93	0.00	0.84	-0.17	2.95	1.07	61.00	-15.6	1.01	0.30	4.07	0.28	23.49	-5.6	1.12	0.63	5.19	0.33	25.3	27.8	1.41	0.87	6.31	0.04	16.13	26.7	1.78	1.14
0.75	2.12	13.16	130.0	0.28	-0.68	1.85	0.86	32.49	1.11	0.87	-0.16	2.97	1.14	62.00	-13.3	1.03	0.32	4.09	0.30	21.94	-3.3	1.12	0.64	5.21	0.32	25.2	30.0	1.43	0.87	6.33	0.15	16.69	27.8	1.78	1.15
0.77	2.00	12.05	124.4	0.30	-0.70	1.87	0.91	31.16	1.11	0.89	-0.14	2.99	1.14	66.56	-15.6	1.02	0.34	4.11	0.41	20.72	-3.3	1.12	0.65	5.23	0.21	20.9	26.7	1.43	0.89	6.35	0.09	16.91	21.1	1.79	1.15
0.79	1.92	11.39	120.0	0.35	-0.66	1.89	0.91	30.94	0.00	0.90	-0.14	3.01	1.14	70.12	-13.3	1.03	0.32	4.13	0.64	18.61	-1.1	1.16	0.64	5.25	0.42	32.5	-6.7	1.44	0.89	6.37	0.03	16.69	20.0	1.78	1.16
0.81	1.92	11.29	116.7	0.34	-0.66	1.91	0.95	30.95	0.00	0.87	-0.14	3.03	1.15	73.7	-15.6	1.01	0.32	4.15	0.80	18.50	0.0	1.16	0.66	5.27	0.24	32.8	-5.6	1.43	0.90	6.39	0.11	16.13	21.1	1.79	1.15
0.83	1.97	11.40	113.3	0.34	-0.66	1.93	0.98	30.73	-1.11	0.87	-0.14	3.05	1.14	77.2	-15.6	1.00	0.34	4.17	0.77	21.94	-4.4	1.18	0.65	5.29	0.19	30.0	-5.6	1.45	0.90	6.41	0.37	14.02	25.6	1.79	1.18
0.85	2.02	12.19	111.1	0.36	-0.65	1.95	0.97	31.95	-1.11	0.93	-0.11	3.07	1.15	79.9	-13.3	1.03	0.35	4.19	0.64	24.39	-4.4	1.18	0.66	5.31	0.21	27.91	-3.3	1.45	0.91	6.43	0.73	15.02	12.2	1.79	1.16
0.87	2.07	13.97	106.7	0.44	-0.62	1.97	0.97	34.85	-1.11	0.87	-0.12	3.09	1.13	81.6	-15.6	1.01	0.35	4.21	0.55	23.62	-4.4	1.16	0.66	5.33	0.30	24.80	0.0	1.46	0.90	6.45	0.98	19.13	-15.6	1.79	1.18
0.89	2.07	15.09	104.4	0.39	-0.66	1.99	1.01	34.74	-1.11	0.91	-0.07	3.11	1.10	85.5	-13.3	1.03	0.38	4.23	0.50	17.51	-4.4	1.19	0.65	5.35	0.32	22.91	0.0	1.46	0.90	6.47	1.00	23.69	-15.6	1.79	1.18
0.91	1.98	14.65	100.0	0.45	-0.60	2.01	0.99	36.52	-3.33	0.93	-0.10	3.13	1.02	87.8	-15.6	1.03	0.36	4.25	0.88	31.00	14.4	1.24	0.69	5.37	0.26	22.24	1.1	1.46	0.93	6.49	0.92	22.36	-16.7	1.79	1.18
0.93	1.88	13.22	97.78	0.44	-0.61	2.03	1.02	37.75	-3.33	0.90	-0.10	3.15	1.04	88.0	-13.3	1.04	0.38	4.27	0.84	31.66	14.4	1.24	0.71	5.39	0.24	19.91	2.2	1.45	0.93	6.51	0.80	17.36	-15.6	1.79	1.18
0.95	1.75	11.56	93.33	0.47	-0.62	2.05	1.04	39.31	-3.33	0.93	-0.08	3.17	1.07	85.9	-15.6	1.03	0.39	4.29	0.76	33.33	13.3	1.22	0.69	5.41	0.25	18.13	2.2	1.46	0.91	6.53	0.68	14.36	-15.6	1.79	1.19
0.97	1.67	9.68	91.11	0.52	-0.59	2.07	1.05	41.53	-4.44	0.93	-0.07	3.19	1.13	83.9	-13.3	1.03	0.40	4.31	0.70	32.22	14.4	1.23	0.71	5.43	0.26	17.13	5.6	1.45	0.93	6.55	0.50	15.13	-15.6	1.79	1.21
0.99	1.59	8.57	87.78	0.51	-0.61	2.09	1.04	44.87	-5.56	0.90	-0.08	3.21	1.21	82.3	-13.3	1.04	0.40	4.33	0.71	31.6	14.4	1.25	0.71	5.45	0.26	17.57	5.6	1.46	0.94	6.57	0.34	18.02	-17.8	1.79	1.21
1.01	1.45	8.70	83.33	0.53	-0.61	2.11	1.00	48.54	-5.56	0.91	-0.08	3.23	1.03	55.35	-13.3	1.03	0.40	4.35	0.68	30.3	13.3	1.23	0.71	5.47	0.18	18.80	5.6	1.47	0.94	6.59	0.31	17.25	-18.9	1.78	1.22
1.03	1.22	10.37	80.00	0.52	-0.62	2.13	0.99	51.99	-5.56	0.93	-0.07	3.25	1.32	83.39	-6.7	1.03	0.52	4.37	0.61	32.4	13.3	1.25	0.70	5.49	0.12	18.68	5.6	1.48	0.94	6.61	0.20	16.69	-18.9	1.79	1.23
1.05	0.92	12.94	74.44	0.60	-0.56	2.15	1.00	52.66	-5.56	0.93	-0.04	3.27	1.33	85.17	-8.9	1.01	0.52	4.39	0.47	33.7	12.2	1.24	0.70	5.51	0.08	17.57	6.7	1.48	0.96	6.63	0.16	16.13	-18.9	1.79	1.24
1.07	0.72	12.62	70.00	0.58	-0.62	2.17	1.00	55.22	-5.56	0.97	-0.03	3.29	1.36	90.50	-8.9	1.01	0.49	4.41	0.40	33.3	13.3	1.25	0.71	5.53	0.04	17.80	7.8	1.48	0.97	6.65	0.11	16.13	-17.8	1.82	1.23
1.09	0.65	11.2	68.89	0.62	-0.61	2.19	0.97	60.44	-6.67	0.98	-0.03	3.31	1.40	96.28	-8.9	1.03	0.53	4.43	0.31	34.0	12.2	1.23	0.72	5.55	0.03	16.57	7.8	1.48	0.98	6.67	0.06	15.91	-17.8	1.81	1.24
1.11	0.73	9.9	71.11	0.65	-0.61	2.21	0.95	62.11	-6.67	0.95	-0.02	3.33	1.34	103.7	-6.7	1.00	0.52	4.45	0.30	30.7	13.3	1.25	0.72	5.57	0.01	16.13	7.8	1.49	0.99	6.69	0.08	16.35	-16.7	1.82	1.25
1.13	0.85	10.0	70.00	0.65	-0.62	2.23	0.97	61.41	-8.89	0.94	0.09	3.35	1.33	109.3	-8.9	1.01	0.52	4.47	0.24	29.7	13.3	1.25	0.69	5.59	0.03	15.02	8.9	1.50	0.98	6.71	0.14	15.13	-16.7	1.82	1.25
1.15	0.96	13.2	70.00	0.68	-0.60	2.25	0.95	59.63	-10.00	0.96	0.08	3.37	1.28	114.4	-8.9	1.01	0.52	4.49	0.20	28.9	13.3	1.25	0.72	5.61	0.04	14.91	11.1	1.50	0.97	6.73	0.19	14.68	-16.7	1.83	1.26
1.17	1.04	14.6	67.78	0.73	-0.53	2.27	0.95	57.63	-10.00	0.94	0.08	3.39	1.25	118.4	-8.9	1.02	0.53	4.51	0.17	27.9	13.3	1.25	0.73	5.63	0.06	13.57	12.2	1.52	1.00	6.75	0.23	17.57	-16.7	1.83	1.26
1.19	1.09	16.2	63.33	0.74	-0.53	2.29	0.92	56.41	-11.11	0.94	0.08	3.41	1.23	119.9	-8.9	1.01	0.53	4.53	0.18	23.9	14.4	1.27	0.74	5.65	0.01	12.91	12.2	1.54	1.00	6.77	0.26	19.35	-16.7	1.85	1.27
1.21	1.12	22.6	58.89	0.74	-0.53	2.31	0.90	56.08	-11.11	0.96	0.11	3.43	1.18	118.4	-10.0	0.98	0.53	4.55	0.19	20.8	14.4	1.27	0.74	5.67	0.00	12.91	12.2	1.54	1.01	6.79	0.30	19.35	-16.7	1.84	1.28
1.23	1.10	43.3	12.22	0.74	-0.35	2.33	0.89	54.75	-11.11	0.93	0.11	3.45	1.24	114.5	-8.9	1.01	0.55	4.57	0.20	18.6	14.4	1.26	0.74	5.69	0.00	11.91	13.3	1.54	1.01	6.81	0.13	19.80	-16.7	1.87	1.28
1.25	1.07	53.1	12.22	0.76	-0.37	2.35	0.84	52.97	-12.22	0.96	0.11	3.47	1.30	111.7	-8.9	1.01	0.55	4.59	0.27	16.8	15.6	1.27	0.73	5.71	0.00	11.35	13.3	1.56	1.01	6.83	0.00	17.35	-17.8	1.85	1.28
1.27	1.06	62.8	12.22	0.72	-0.41	2.37	0.85	50.42	-12.22	0.93	0.10	3.49	1.27	109.7	-8.9	1.00	0.55	4.61	0.26	15															



Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)
7.27	1.13	32.8	-11.1	2.0	1.3	8.37	0.45	27.2	-5.6	2.2	1.5	9.49	2.35	20.3	14.4	2.4	1.7	10.59	0.26	20.3	132.2	2.5	1.9	11.69	0.59	53.1	163.3	2.7	2.1	12.79	0.44	74.8	174.4	2.8	2.3						
7.29	0.92	32.5	-12.2	2.0	1.3	8.39	0.29	26.7	-5.6	2.2	1.5	9.51	2.46	16.0	15.6	2.4	1.7	10.61	0.25	21.2	134.4	2.5	2.0	11.71	0.55	55.3	165.6	2.7	2.1	12.81	0.38	70.0	174.4	2.8	2.4						
7.31	0.60	31.2	-12.2	1.9	1.3	8.41	0.07	22.2	-5.6	2.2	1.5	9.53	2.55	17.6	15.6	2.4	1.7	10.63	0.20	23.6	134.4	2.5	2.0	11.73	0.59	55.8	166.7	2.7	2.1	12.83	0.36	65.4	180.0	2.8	2.4						
7.33	0.26	25.3	-13.3	1.9	1.3	8.43	0.00	19.3	-4.4	2.2	1.5	9.55	2.62	17.1	15.6	2.4	1.7	10.65	0.23	23.0	136.7	2.5	2.0	11.75	0.61	57.1	165.6	2.7	2.1	12.85	0.35	59.1	183.3	2.8	2.4						
7.35	0.02	21.2	-13.3	2.0	1.3	8.45	0.02	17.2	-1.1	2.2	1.5	9.57	2.67	18.0	15.6	2.4	1.7	10.67	0.27	23.9	140.0	2.5	2.0	11.77	0.60	57.9	163.3	2.7	2.1	12.87	0.36	54.0	187.8	2.8	2.4						
7.37	0.00	16.7	-12.2	2.0	1.3	8.47	0.01	18.3	1.1	2.2	1.5	9.59	2.64	19.0	13.3	2.4	1.7	10.69	0.30	22.9	141.1	2.5	2.0	11.79	0.62	58.0	165.6	2.7	2.2	12.89	0.35	47.3	191.1	2.8	2.4						
7.39	0.00	17.1	-12.2	1.9	1.3	8.49	0.04	16.8	3.3	2.2	1.5	9.61	2.56	18.8	11.1	2.4	1.7	10.71	0.30	23.3	142.2	2.5	2.0	11.81	0.62	57.7	162.2	2.7	2.1	12.91	0.36	41.1	195.6	2.8	2.4						
7.41	0.03	18.8	-11.1	1.9	1.3	8.51	0.01	16.1	5.6	2.2	1.5	9.63	2.41	19.8	11.1	2.3	1.7	10.73	0.27	24.0	142.2	2.5	2.0	11.83	0.56	58.3	160.0	2.7	2.2	12.93	0.37	35.5	198.9	2.8	2.4						
7.43	0.00	18.1	-10.0	2.0	1.3	8.53	0.04	13.0	6.7	2.2	1.5	9.65	1.92	21.5	8.9	2.4	1.7	10.75	0.31	23.2	146.7	2.5	2.0	11.85	0.54	59.4	161.1	2.7	2.2	12.95	0.41	32.7	204.4	2.8	2.4						
7.45	0.00	17.1	-8.9	2.0	1.3	8.55	0.08	11.0	8.9	2.2	1.5	9.67	1.37	23.2	8.9	2.4	1.7	10.77	0.35	22.2	147.8	2.5	2.0	11.87	0.50	58.9	163.3	2.7	2.2	12.97	0.43	29.2	207.8	2.8	2.4						
7.47	0.00	16.3	-6.7	2.0	1.3	8.57	0.11	10.1	11.1	2.2	1.5	9.69	0.90	19.7	8.9	2.4	1.8	10.79	0.36	22.8	148.9	2.5	2.0	11.89	0.54	56.1	167.8	2.7	2.2	12.99	0.53	27.7	212.2	2.8	2.4						
7.49	0.00	14.0	-5.6	2.0	1.3	8.59	0.08	11.2	11.1	2.3	1.5	9.71	0.61	19.0	7.8	2.4	1.7	10.81	0.35	23.7	150.0	2.5	2.0	11.91	0.54	55.0	172.2	2.7	2.2	13.01	0.59	26.0	216.7	2.8	2.4						
7.51	0.04	10.8	-4.4	2.0	1.3	8.61	0.09	12.8	12.2	2.2	1.5	9.73	0.83	16.8	12.2	2.4	1.7	10.83	0.33	24.2	151.1	2.5	2.0	11.93	0.54	54.9	177.8	2.7	2.2	13.03	0.55	26.0	172.2	2.8	2.4						
7.53	0.12	12.3	-3.3	2.0	1.4	8.63	0.06	14.9	13.3	2.3	1.5	9.75	1.34	15.9	15.6	2.4	1.7	10.85	0.35	24.6	153.3	2.5	2.0	11.95	0.60	53.3	175.6	2.7	2.2	13.05	0.49	25.9	171.1	2.9	2.4						
7.55	0.07	14.2	-1.1	2.0	1.3	8.65	0.03	15.7	14.4	2.3	1.5	9.77	1.48	24.7	14.4	2.4	1.8	10.87	0.35	25.5	153.3	2.5	2.0	11.97	0.55	52.2	173.3	2.7	2.2	13.07	0.52	27.2	175.6	2.9	2.4						
7.57	0.00	15.3	-1.1	2.0	1.4	8.67	0.06	16.1	14.4	2.3	1.5	9.79	1.29	29.0	13.3	2.4	1.8	10.89	0.35	26.6	156.7	2.5	2.0	11.99	0.52	52.4	171.1	2.7	2.2	13.09	0.48	27.3	177.8	2.9	2.4						
7.59	0.00	13.0	0.0	2.0	1.4	8.69	0.01	17.3	15.6	2.3	1.5	9.81	1.00	28.9	13.3	2.4	1.7	10.91	0.39	25.9	158.9	2.5	2.0	12.01	0.53	52.6	171.1	2.7	2.2	13.11	0.44	29.1	161.1	2.9	2.4						
7.61	0.01	13.0	1.1	2.0	1.4	8.71	0.00	17.5	15.6	2.3	1.5	9.83	0.85	28.6	12.2	2.4	1.7	10.93	0.42	26.6	160.0	2.6	2.0	12.03	0.52	53.7	168.9	2.7	2.2	13.13	0.43	30.4	165.6	2.9	2.4						
7.63	0.07	12.9	2.2	2.0	1.4	8.73	0.00	16.9	18.9	2.3	1.5	9.85	0.80	30.3	12.2	2.4	1.8	10.95	0.43	26.6	158.9	2.6	2.0	12.05	0.45	54.7	166.7	2.7	2.2	13.15	0.46	31.2	168.9	2.9	2.4						
7.65	0.15	14.2	5.6	2.0	1.4	8.75	0.00	15.9	20.0	2.3	1.6	9.87	0.84	28.5	13.3	2.4	1.8	10.97	0.42	29.0	160.0	2.6	2.0	12.07	0.45	54.6	168.9	2.7	2.2	13.17	0.47	32.4	173.3	2.9	2.4						
7.67	0.11	14.7	3.3	2.0	1.4	8.77	0.00	14.8	21.1	2.3	1.6	9.89	0.94	31.9	11.1	2.4	1.8	10.99	0.43	30.2	160.0	2.6	2.0	12.09	0.48	52.3	168.9	2.7	2.2	13.19	0.48	32.7	175.6	2.9	2.4						
7.69	0.00	16.3	3.3	2.0	1.4	8.79	0.00	13.5	21.1	2.3	1.6	9.91	1.06	30.2	12.2	2.4	1.8	11.01	0.44	30.5	158.9	2.6	2.0	12.11	0.43	51.8	168.9	2.7	2.2	13.21	0.52	32.1	161.1	2.9	2.4						
7.71	0.00	14.9	5.6	2.0	1.4	8.81	0.00	12.2	23.3	2.3	1.6	9.93	0.92	28.3	12.2	2.4	1.8	11.03	0.47	31.9	155.6	2.6	2.0	12.13	0.43	50.0	168.9	2.7	2.2	13.23	0.50	31.0	167.8	2.9	2.4						
7.73	0.02	13.8	7.8	2.0	1.4	8.83	0.00	10.0	24.4	2.3	1.6	9.95	0.60	33.8	11.1	2.4	1.8	11.05	0.48	34.3	153.3	2.6	2.0	12.15	0.44	48.1	172.2	2.7	2.2	13.25	0.59	28.5	167.8	2.9	2.4						
7.75	0.12	14.2	8.9	2.0	1.4	8.85	0.00	9.3	25.6	2.3	1.6	9.97	0.25	38.0	7.8	2.4	1.8	11.07	0.47	36.8	137.8	2.6	2.0	12.17	0.50	45.8	175.6	2.7	2.2	13.27	0.62	24.7	284.4	2.9	2.4						
7.77	0.24	15.9	11.1	2.0	1.4	8.87	0.00	8.8	25.6	2.3	1.6	9.99	0.17	37.7	11.1	2.4	1.8	11.09	0.43	39.5	134.4	2.6	2.0	12.19	0.56	44.1	178.9	2.7	2.2	13.29	0.66	23.5	273.3	2.9	2.4						
7.79	0.23	19.0	8.9	2.0	1.4	8.89	0.00	8.8	26.7	2.3	1.6	10.01	0.65	29.0	15.6	2.4	1.8	11.11	0.44	40.7	132.2	2.6	2.0	12.21	0.61	43.5	184.4	2.8	2.2	13.31	0.63	23.2	285.6	2.9	2.4						
7.81	0.11	19.0	8.9	2.0	1.4	8.91	0.00	8.8	27.8	2.3	1.6	10.03	1.19	29.0	20.0	2.4	1.8	11.13	0.44	43.9	131.1	2.6	2.0	12.23	0.71	42.7	185.6	2.7	2.2	13.33	0.59	21.7	291.1	2.9	2.4						
7.83	0.09	15.5	11.1	2.0	1.4	8.93	0.01	9.1	27.8	2.3	1.6	10.05	1.25	30.3	18.9	2.4	1.8	11.15	0.41	47.2	131.1	2.6	2.0	12.25	0.73	43.5	184.4	2.7	2.2	13.35	0.56	21.0	296.7	3.0	2.4						
7.85	0.08	14.7	11.1	2.1	1.4	8.95	0.01	9.6	30.0	2.3	1.6	10.07	0.79	38.6	15.6	2.4	1.8	11.17	0.42	47.5	134.4	2.6	2.0	12.27	0.79	45.3	222.2	2.8	2.2	13.37	0.51	19.4	301.1	3.0	2.4						
7.87	0.04	14.8	12.2	2.0	1.4	8.97	0.06	10.6	31.1	2.3	1.6	10.09	0.35	36.1	14.4	2.4	1.8	11.19	0.47	47.2	134.4	2.6	2.1	12.29	0.77	48.6	220.0	2.8	2.2	13.39	0.51	19.7	304.4	3.0	2.4						
7.89	0.00	14.8	13.3	2.1	1.4	8.99	0.08	10.8	31.1	2.3	1.6	10.11	0.05	30.7	13.3	2.4	1.8	11.21	0.47	47.9	132.2	2.6	2.1	12.31	0.78	48.8	208.9	2.8	2.3	13.41	0.49	18.7	312.2	3.0	2.4						
7.91	0.06	15.5	14.4	2.1	1.4	9.01	0.09	13.0	32.2	2.3	1.6	10.13	0.11	19.2	17.8	2.4	1.8	11.23	0.45	46.8	132.2	2.6	2.1	12.33	0.80	49.8	212.2	2.8	2.2	13.43	0.50	17.6	316.7	3.0	2.4						
7.93	0.23	16.0	15.6	2.1	1.4	9.03	0.12	14.0	33.3	2.3	1.6	10.15	0.22	15.4	23.3	2.4	1.9	11.25	0.35	40.1	131.1	2.6	2.1	12.35	0.87	51.1	211.1	2.8	2.3	13.45	0.51	16.6	314.4	3.0	2.4						
7.95	0.67	16.3	20.0	2.1	1.4	9.05	0.13	15.5	34.4	2.3	1.6	10.17	0.22	18.3	25.6	2.4	1.9	11.27	0.47	49.5	171.1	2.6	2.1	12.37	0.94	52.2	211.1	2.8	2.3	13.47	0.46	16.2	322.2	3.0	2.4						
7.97	1.08	16.3	11.1	2.1	1.4	9.07	0.12	16.3	34.4	2.3	1.6	10.19	0.20	20.0	26.7	2.4	1.9	11.29	0.45	48.6	162.2	2.6	2.1	12.39	0.89	54.2	205.6	2.8	2.3	13.49	0.50	15.1	328.9	3.0	2.4						
7.99	1.14	23.2	-6.7	2.1	1.4	9.09	0.20	16.6	37.8	2.3	1.6	10.21	0.15	21.6	27.8	2.4	1.9	11.31	0.44	48.6	155.6	2.6	2.1	12.41	0.87	55.3															

Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)
13.89	0.65	13.6	418.9	3.1	2.5	14.99	5.90	20.5	107.8	3.5	2.6	16.09	1.19	60.9	448.9	3.9	2.9	17.21	0.65	57.2	175.6	4.0	2.9	18.33	1.33	55.0	341.1	4.3	3.0	19.45	8.10	119.8	11.1	4.5	3.4
13.91	0.69	13.7	430.0	3.1	2.5	15.01	5.56	21.2	106.7	3.5	2.6	16.11	1.36	62.1	467.8	3.9	2.9	17.23	0.67	54.8	173.3	4.0	2.9	18.35	1.32	55.9	346.7	4.3	3.0	19.47	7.29	101.0	7.8	4.5	3.3
13.93	0.63	13.0	404.4	3.1	2.5	15.03	5.08	15.6	105.6	3.5	2.6	16.13	1.39	60.1	454.4	3.9	2.9	17.25	0.67	53.1	151.1	4.0	2.9	18.37	1.38	54.4	353.3	4.3	3.0	19.49	6.51	74.2	7.8	4.5	3.4
13.95	0.62	13.1	420.0	3.2	2.5	15.05	4.53	8.4	105.6	3.5	2.6	16.15	1.46	56.8	393.3	3.9	2.9	17.27	0.67	55.2	158.9	4.0	2.9	18.39	1.43	55.9	357.8	4.3	3.0	19.51	5.95	48.6	6.7	4.5	3.4
13.97	0.60	13.6	438.9	3.2	2.5	15.07	3.91	6.2	104.4	3.5	2.7	16.17	1.50	62.4	340.0	3.9	2.9	17.29	0.67	52.6	198.9	4.0	2.9	18.41	1.45	56.5	362.2	4.3	3.1	19.53	5.82	43.3	7.8	4.5	3.4
13.99	0.55	14.0	454.4	3.2	2.5	15.09	3.32	6.7	103.3	3.5	2.7	16.19	1.33	69.5	302.2	3.9	2.9	17.31	0.77	55.2	204.4	4.1	2.9	18.43	1.49	58.4	367.8	4.3	3.1	19.55	6.16	62.1	8.9	4.6	3.4
14.01	0.55	13.3	498.9	3.2	2.5	15.11	2.80	9.2	103.3	3.5	2.7	16.21	1.19	73.4	278.9	3.9	2.9	17.33	0.82	55.4	210.0	4.1	2.9	18.45	1.51	58.7	367.8	4.3	3.1	19.57	6.45	77.4	5.6	4.6	3.4
14.03	0.50	13.6	496.7	3.2	2.5	15.13	2.50	13.6	104.4	3.5	2.7	16.23	1.09	79.1	264.4	3.9	2.9	17.35	0.90	57.9	217.8	4.1	2.9	18.47	1.48	59.5	365.6	4.3	3.1	19.59	7.51	98.9	2.2	4.6	3.4
14.05	0.50	13.8	496.7	3.2	2.5	15.15	2.48	18.7	106.7	3.5	2.7	16.25	1.02	88.6	264.4	3.9	2.9	17.37	1.07	56.2	222.2	4.1	2.9	18.49	1.49	61.0	363.3	4.4	3.1	19.61	9.05	87.1	6.7	4.6	3.4
14.07	0.55	13.3	504.4	3.2	2.5	15.17	2.74	25.4	112.2	3.5	2.7	16.27	0.88	100.0	257.8	3.9	2.9	17.39	1.30	51.6	228.9	4.1	2.9	18.51	1.44	64.8	367.8	4.4	3.1	19.63	10.34	84.6	11.1	4.6	3.4
14.09	0.63	12.6	512.2	3.2	2.5	15.19	3.37	34.1	116.7	3.5	2.7	16.31	0.82	112.9	277.8	3.9	2.9	17.41	1.43	52.1	221.1	4.1	2.9	18.53	1.45	65.9	374.4	4.3	3.1	19.65	11.11	80.1	13.3	4.6	3.4
14.11	0.67	12.8	482.2	3.2	2.5	15.21	3.76	27.9	24.4	3.5	2.7	16.33	0.79	106.8	280.0	3.9	2.9	17.43	1.55	55.3	210.0	4.1	2.9	18.55	1.44	65.2	377.8	4.4	3.1	19.67	11.82	84.1	15.6	4.6	3.4
14.13	0.68	12.9	433.3	3.2	2.5	15.23	3.70	28.0	27.8	3.5	2.7	16.35	0.78	102.6	284.4	3.9	2.9	17.45	1.61	58.0	181.1	4.1	2.9	18.57	1.41	64.8	385.6	4.4	3.1	19.69	12.80	94.1	18.9	4.6	3.5
14.15	0.67	14.4	481.1	3.2	2.5	15.25	3.25	28.4	27.8	3.5	2.7	16.37	0.78	96.1	287.8	3.9	2.9	17.47	1.73	65.1	171.1	4.1	2.9	18.59	1.39	62.0	392.2	4.4	3.1	19.71	13.81	98.7	23.3	4.6	3.5
14.17	0.66	14.1	461.1	3.2	2.5	15.27	2.64	26.7	25.6	3.5	2.7	16.39	0.77	89.9	287.8	3.9	2.9	17.49	1.80	71.1	156.7	4.1	2.9	18.61	1.38	56.8	395.6	4.4	3.1	19.73	14.93	77.0	26.7	4.6	3.5
14.19	0.67	15.5	474.4	3.2	2.5	15.29	1.85	18.7	80.0	3.5	2.7	16.41	0.79	84.3	287.8	3.9	2.9	17.51	1.89	82.2	155.6	4.1	2.9	18.63	1.39	50.9	401.1	4.4	3.1	19.75	15.53	50.6	30.0	4.6	3.5
14.21	0.77	15.0	432.2	3.2	2.5	15.31	1.13	18.5	43.3	3.5	2.7	16.43	0.85	82.0	290.0	3.9	2.9	17.53	1.90	89.3	116.7	4.1	2.9	18.65	1.47	47.9	408.9	4.4	3.1	19.77	15.69	43.7	32.2	4.6	3.5
14.23	0.85	16.0	431.1	3.2	2.5	15.33	0.79	15.7	44.4	3.5	2.7	16.45	0.95	78.8	292.2	3.9	2.9	17.55	1.78	99.7	88.9	4.1	2.9	18.67	1.48	49.0	418.9	4.4	3.1	19.79	15.77	43.5	33.3	4.6	3.5
14.25	0.97	16.7	444.4	3.2	2.5	15.35	0.41	17.8	51.1	3.5	2.7	16.47	1.09	76.5	296.7	3.9	2.9	17.57	1.56	110.2	68.9	4.1	2.9	18.69	1.56	43.6	426.7	4.4	3.1	19.81	15.63	46.7	34.4	4.7	3.5
14.27	0.98	17.5	348.9	3.3	2.5	15.37	0.20	18.7	67.8	3.6	2.7	16.49	1.20	75.0	297.8	3.9	2.9	17.59	1.32	118.0	70.0	4.1	2.9	18.71	1.71	42.5	435.6	4.4	3.1	19.83	15.10	49.2	34.4	4.7	3.5
14.29	1.54	35.9	51.1	3.3	2.6	15.39	0.24	13.7	91.1	3.6	2.7	16.51	1.17	72.8	284.4	3.9	2.9	17.61	1.18	119.2	75.6	4.1	2.9	18.73	1.84	44.2	442.2	4.4	3.1	19.85	14.26	44.3	34.4	4.6	3.5
14.31	1.33	38.6	55.6	3.3	2.5	15.41	0.25	11.1	103.3	3.6	2.7	16.53	1.08	71.3	244.4	3.9	2.9	17.63	1.09	116.2	81.1	4.1	2.9	18.75	1.91	45.8	443.3	4.4	3.2	19.87	13.59	35.6	34.4	4.7	3.5
14.33	1.09	43.4	54.4	3.3	2.5	15.43	0.23	11.3	115.6	3.6	2.7	16.55	0.99	74.2	223.3	3.9	2.9	17.65	1.07	102.0	87.8	4.1	2.9	18.77	1.91	50.5	420.0	4.4	3.2	19.89	13.05	33.2	36.7	4.6	3.5
14.35	0.96	49.2	56.7	3.3	2.6	15.45	0.14	13.2	125.6	3.6	2.7	16.57	0.99	76.7	217.8	3.9	2.9	17.67	1.03	91.2	92.2	4.1	3.0	18.79	1.91	51.6	405.6	4.4	3.2	19.91	12.51	34.8	37.8	4.6	3.6
14.37	1.38	44.9	73.3	3.3	2.5	15.47	0.19	11.3	142.2	3.6	2.7	16.59	0.97	78.6	220.0	3.9	2.9	17.69	0.97	76.8	94.4	4.1	3.0	18.81	1.85	56.8	377.8	4.4	3.2	19.93	11.92	38.3	38.9	4.6	3.6
14.39	1.86	39.4	70.0	3.3	2.6	15.49	0.21	9.5	156.7	3.6	2.7	16.61	0.97	79.9	222.2	3.9	2.9	17.71	0.89	61.0	97.8	4.1	3.0	18.83	1.80	64.0	375.6	4.4	3.2	19.95	11.55	40.7	40.0	4.6	3.6
14.41	2.21	47.5	70.0	3.3	2.6	15.51	0.20	9.2	174.4	3.6	2.7	16.63	0.96	78.3	216.7	3.9	2.9	17.73	0.83	48.4	101.1	4.1	3.0	18.85	1.97	70.0	383.3	4.5	3.2	19.97	11.29	39.4	43.3	4.6	3.6
14.43	2.43	56.5	70.0	3.3	2.6	15.53	0.20	8.9	192.2	3.6	2.7	16.65	0.95	77.3	208.9	3.9	2.9	17.75	0.80	40.1	103.3	4.1	3.0	18.87	2.39	75.0	405.6	4.4	3.2	19.99	11.34	36.7	45.6	4.7	3.6
14.45	2.61	57.8	70.0	3.3	2.6	15.55	0.19	10.6	210.0	3.6	2.7	16.67	0.88	76.1	180.0	3.9	2.9	17.77	0.71	38.3	104.4	4.1	3.0	18.89	3.27	79.2	436.7	4.4	3.2	20.01	11.40	35.7	48.9	4.6	3.6
14.47	2.77	53.7	68.9	3.3	2.6	15.57	0.24	10.8	230.0	3.6	2.7	16.69	0.84	75.7	168.9	3.9	2.9	17.79	0.67	38.0	107.8	4.1	3.0	18.91	4.12	84.7	174.4	4.5	3.2	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
14.49	2.78	51.3	68.9	3.3	2.6	15.59	0.29	9.8	252.2	3.7	2.8	16.71	0.78	76.8	163.3	3.9	2.9	17.81	0.66	37.8	110.0	4.1	3.0	18.93	4.43	77.9	-25.6	4.5	3.2	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
14.51	2.61	46.4	61.1	3.3	2.6	15.61	0.30	9.2	268.9	3.7	2.8	16.73	0.72	77.3	162.2	3.9	2.9	17.83	0.67	37.8	115.6	4.1	3.0	18.95	4.34	76.8	-31.1	4.5	3.2	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
14.53	2.32	46.4	58.9	3.3	2.6	15.63	0.31	10.7	284.4	3.7	2.8	16.75	0.70	78.6	167.8	3.9	2.9	17.85	0.71	35.7	120.0	4.2	3.0	18.97	4.18	86.5	-28.9	4.5	3.2	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
14.55	1.89	46.2	57.8	3.3	2.6	15.65	0.32	11.1	301.1	3.7	2.8	16.77	0.72	75.8	172.2	3.9	2.9	17.87	0.76	33.4	125.6	4.2	3.0	18.99	4.47	95.8	-25.6	4.5	3.2	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
14.57	1.31	41.9	57.8	3.3	2.6	15.67	0.32	11.7	314.4	3.7	2.8	16.79	0.71	75.0	175.6	3.9	2.9	17.89	0.83	32.4	130.0	4.2	3.0	19.01	5.08	88.0	-24.4	4.5	3.2	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
14.59	1.05	38.8	64.4	3.4	2.6	15.69	0.30	12.6	327.8	3.7	2.8	16.81	0.72	75.2	177.8	3.9	2.9	17.91	0.96	30.7	137.8	4.2	3.0	19.03	5.56	102.7	-23.3	4.5	3.2	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
14.61	1.05	31.5	74.4	3.4	2.6	15.71	0.27	13.5	343.3	3.7																									

PIEZOCONE PENETRATION TEST REPORT

Committente -  
Commissioner SYNTHESIS S.R.L.

Località - Locality SAN PIETRO IN CASALE (BO)

Cantiere - Site PUA

Commessa - Work order 16.117

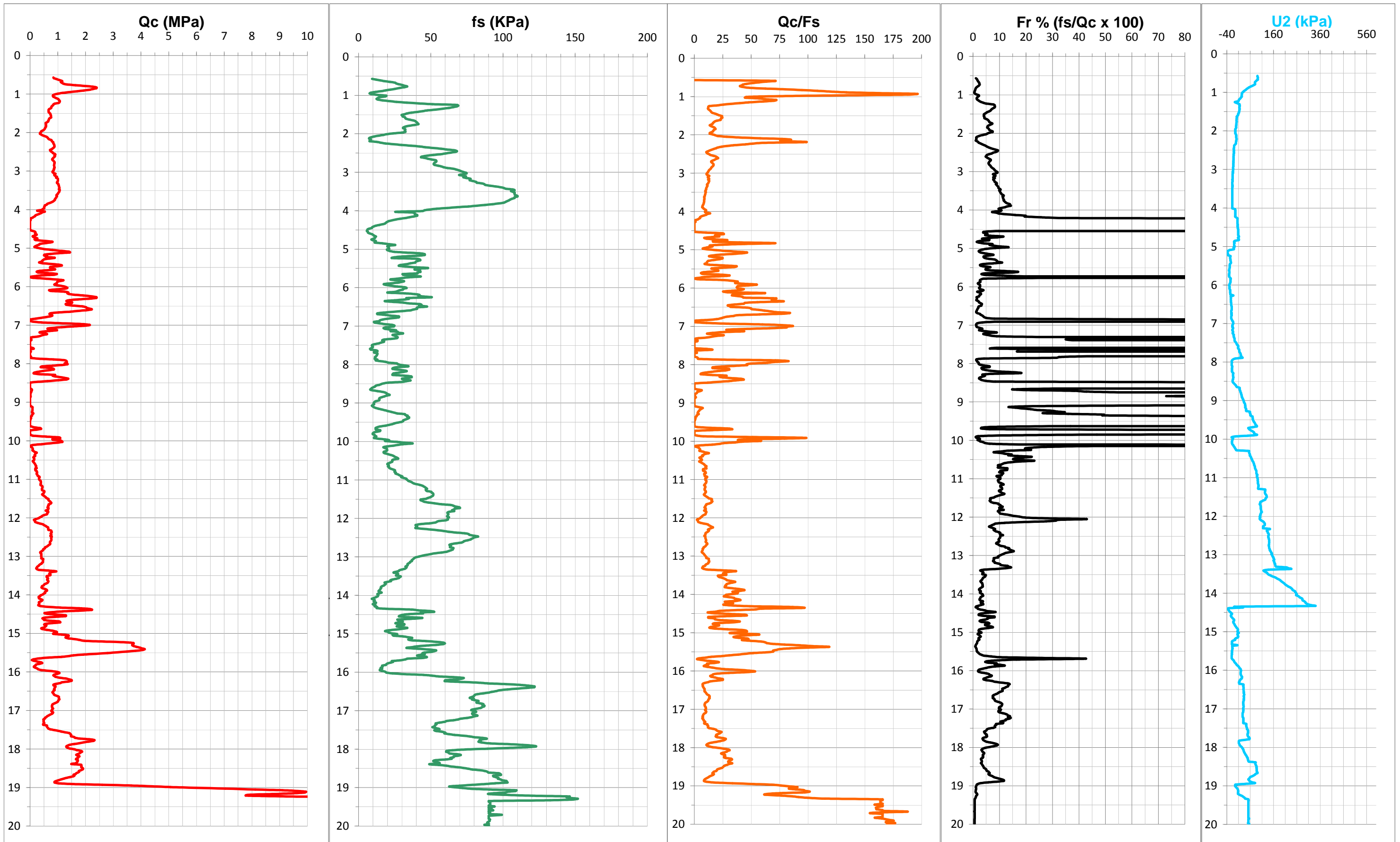
Data - Execution date 18/05/2016

CPTU test N. 3

Livello di falda -  
Hydrostatic line 1.30 (m)

Quota terreno -  
Ground level - (m)

Preforo - Prehole  
depth 0.55 (m)



Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)
0.57	0.84	9.31	91.11	-1.28	-2.39	1.67	0.67	39.36	2.22	-0.53	-2.45	2.79	0.88	52.03	-12.22	-0.22	-1.95	3.91	0.53	67.83	-16.7	0.05	-1.47	5.05	0.81	21.8	-10.0	0.41	-1.08	6.19	1.40	42.18	-25.6	0.59	-0.90
0.59	0.86	12.20	91.11	-0.60	-3.21	1.69	0.66	39.81	2.22	-0.53	-2.47	2.81	0.87	52.69	-11.11	-0.20	-1.92	3.93	0.51	61.38	-16.7	0.03	-1.47	5.07	1.15	24.7	-10.0	0.43	-1.08	6.21	1.59	41.40	-25.6	0.60	-0.90
0.61	0.95	14.98	93.3	-0.74	-2.93	1.71	0.66	40.59	2.22	-0.53	-2.40	2.83	0.87	55.14	-12.22	-0.18	-1.91	3.95	0.51	54.05	-16.7	0.05	-1.46	5.09	1.40	32.9	-27.8	0.45	-1.09	6.23	1.92	45.18	-24.4	0.59	-0.90
0.63	1.02	17.98	93.3	-1.03	-2.99	1.73	0.62	41.04	1.11	-0.52	-2.37	2.85	0.86	57.36	-12.22	-0.18	-1.90	3.97	0.51	49.16	-16.7	0.06	-1.45	5.11	1.43	42.4	-33.3	0.43	-1.08	6.25	2.17	50.29	-24.4	0.60	-0.90
0.65	1.11	21.76	92.2	-0.81	-3.01	1.75	0.56	41.38	2.22	-0.50	-2.36	2.87	0.87	58.92	-12.2	-0.18	-1.91	3.99	0.46	45.60	-16.7	0.05	-1.46	5.13	1.04	45.7	-40.0	0.44	-1.09	6.27	2.39	33.28	-12.2	0.62	-0.90
0.67	1.16	25.20	93.3	-0.88	-3.02	1.77	0.57	38.94	2.22	-0.52	-2.39	2.89	0.88	61.48	-12.2	-0.17	-1.87	4.01	0.41	44.38	-16.7	0.06	-1.46	5.15	0.73	45.8	-36.7	0.44	-1.08	6.29	2.39	34.95	-23.3	0.63	-0.88
0.69	1.11	25.98	87.8	-1.11	-3.10	1.79	0.57	35.39	1.11	-0.50	-2.41	2.91	0.89	65.59	-12.2	-0.16	-1.86	4.03	0.25	25.44	-5.6	0.13	-1.38	5.17	0.52	40.1	-36.7	0.45	-1.08	6.31	2.14	31.39	-23.3	0.63	-0.88
0.71	1.15	27.54	85.6	-0.94	-3.05	1.81	0.58	32.83	1.11	-0.50	-2.33	2.93	0.87	67.59	-12.2	-0.17	-1.87	4.05	0.53	38.11	-3.3	0.13	-1.38	5.19	0.51	30.1	-35.6	0.45	-1.09	6.33	1.72	24.84	-22.2	0.62	-0.88
0.73	1.21	30.10	81.1	-1.16	-2.98	1.83	0.57	31.39	1.11	-0.49	-2.34	2.95	0.87	69.37	-13.3	-0.17	-1.87	4.07	0.43	38.89	-3.3	0.14	-1.37	5.21	0.62	24.8	-34.4	0.46	-1.09	6.35	1.43	18.17	-22.2	0.63	-0.90
0.75	1.34	31.55	80.0	-1.17	-3.09	1.85	0.57	30.73	0.00	-0.48	-2.33	2.97	0.84	70.70	-13.3	-0.19	-1.85	4.09	0.40	39.00	-3.3	0.14	-1.37	5.23	0.57	23.1	-34.4	0.47	-1.09	6.37	1.31	23.61	-23.3	0.63	-0.90
0.77	1.64	33.66	81.1	-1.07	-3.09	1.87	0.55	31.74	0.00	-0.47	-2.39	2.99	0.84	72.37	-12.2	-0.14	-1.82	4.11	0.33	40.55	-3.3	0.15	-1.37	5.25	0.89	40.6	-24.4	0.47	-1.04	6.39	1.37	30.95	-22.2	0.63	-0.90
0.79	1.98	31.67	81.1	-1.08	-3.08	1.89	0.54	32.40	-1.11	-0.49	-2.35	3.01	0.81	74.37	-13.3	-0.15	-1.84	4.13	0.26	40.55	-3.3	0.15	-1.35	5.27	0.72	42.5	-25.6	0.46	-1.04	6.41	1.52	34.72	-22.2	0.62	-0.90
0.81	2.27	28.47	75.6	-1.13	-3.14	1.91	0.52	31.97	0.00	-0.49	-2.30	3.03	0.81	74.8	-13.3	-0.14	-1.82	4.15	0.19	38.11	-3.3	0.15	-1.34	5.29	0.52	42.7	-25.6	0.44	-1.03	6.43	1.49	42.61	-22.2	0.64	-0.90
0.83	2.40	25.26	68.9	-1.08	-3.08	1.93	0.49	32.30	-1.11	-0.48	-2.34	3.05	0.84	72.4	-13.3	-0.12	-1.80	4.17	0.18	35.22	-3.3	0.17	-1.34	5.31	0.46	40.7	-25.6	0.45	-1.03	6.45	1.29	43.61	-22.2	0.62	-0.88
0.85	2.39	22.06	62.2	-1.00	-3.14	1.95	0.44	32.42	-3.33	-0.44	-2.32	3.07	0.92	69.6	-15.6	-0.16	-1.79	4.19	0.13	32.55	-3.3	0.17	-1.33	5.33	0.43	39.49	-24.4	0.45	-1.04	6.47	1.31	41.94	-21.1	0.62	-0.88
0.87	2.26	18.85	55.6	-0.97	-3.06	1.97	0.40	29.53	-3.33	-0.45	-2.26	3.09	0.88	72.7	-13.3	-0.12	-1.76	4.21	0.08	28.78	-3.3	0.19	-1.34	5.35	0.43	39.38	-24.4	0.47	-1.03	6.49	1.51	47.39	-21.1	0.64	-0.87
0.89	2.14	15.99	51.1	-0.91	-3.06	1.99	0.39	23.87	-3.33	-0.43	-2.26	3.11	0.88	74.4	-15.6	-0.12	-1.76	4.23	0.02	25.78	-3.3	0.19	-1.34	5.37	0.33	35.83	-24.4	0.45	-1.03	6.51	1.89	40.94	-21.1	0.65	-0.90
0.91	1.93	12.00	45.6	-0.85	-3.13	2.01	0.36	19.54	-3.33	-0.43	-2.26	3.13	0.92	72.6	-15.6	-0.12	-1.79	4.27	0.02	21.03	5.6	0.22	-1.28	5.39	0.44	33.71	-23.3	0.46	-1.03	6.53	2.01	40.28	-21.1	0.65	-0.90
0.93	1.71	8.69	42.22	-0.82	-3.08	2.03	0.35	17.11	-3.33	-0.43	-2.30	3.15	0.97	74.7	-15.6	-0.11	-1.76	4.29	0.00	19.92	5.6	0.23	-1.28	5.41	0.75	28.94	-22.2	0.47	-1.03	6.55	2.04	40.50	-18.9	0.63	-0.88
0.95	1.45	7.71	37.78	-0.75	-3.02	2.05	0.40	13.89	-3.33	-0.43	-2.26	3.17	0.94	77.5	-15.6	-0.14	-1.76	4.31	0.00	19.14	5.6	0.23	-1.27	5.43	1.04	27.94	-22.2	0.47	-1.03	6.57	2.15	37.83	-18.9	0.65	-0.90
0.97	1.16	9.06	32.22	-0.72	-3.02	2.07	0.44	10.89	-3.33	-0.41	-2.30	3.19	0.99	77.0	-15.6	-0.14	-1.75	4.33	0.00	18.36	5.6	0.24	-1.25	5.45	1.15	32.27	-25.6	0.48	-1.03	6.59	2.22	35.94	-18.9	0.68	-0.88
0.99	1.00	13.41	30.00	-0.70	-3.03	2.09	0.52	8.89	-1.11	-0.40	-2.24	3.21	1.01	76.9	-15.6	-0.12	-1.75	4.35	0.00	16.7	5.6	0.24	-1.25	5.47	0.97	39.49	-27.8	0.48	-1.02	6.61	2.03	30.16	-18.9	0.66	-0.87
1.01	0.88	19.21	25.56	-0.69	-3.03	2.11	0.59	7.45	0.00	-0.40	-2.22	3.23	1.00	79.18	-15.6	-0.11	-1.67	4.37	0.00	14.4	5.6	0.24	-1.25	5.49	0.73	48.16	-27.8	0.48	-1.03	6.63	1.72	23.94	-18.9	0.66	-0.87
1.03	0.83	18.56	24.44	-0.66	-2.99	2.13	0.63	7.35	0.00	-0.37	-2.25	3.25	1.01	81.51	-15.6	-0.11	-1.65	4.39	0.00	11.8	5.6	0.24	-1.24	5.51	0.72	39.27	-27.8	0.49	-1.00	6.65	1.45	17.27	-18.9	0.68	-0.85
1.05	0.82	14.47	24.44	-0.62	-3.00	2.15	0.65	8.57	0.00	-0.40	-2.23	3.27	0.99	81.85	-16.7	-0.10	-1.66	4.41	0.00	10.5	5.6	0.26	-1.23	5.53	0.79	38.82	-27.8	0.47	-1.02	6.67	1.03	13.05	-21.1	0.68	-0.86
1.07	0.84	13.49	24.44	-0.61	-3.03	2.17	0.68	8.13	0.00	-0.36	-2.24	3.29	0.97	85.62	-15.6	-0.08	-1.63	4.43	0.00	9.5	6.7	0.27	-1.24	5.55	0.90	42.60	-27.8	0.46	-1.02	6.69	0.75	13.04	-21.1	0.68	-0.87
1.09	0.90	12.5	23.33	-0.60	-3.06	2.19	0.76	7.69	1.11	-0.36	-2.18	3.31	0.97	87.18	-15.6	-0.10	-1.62	4.45	0.00	9.1	6.7	0.27	-1.23	5.57	0.65	41.71	-28.9	0.49	-1.00	6.71	0.70	18.49	-21.1	0.70	-0.87
1.11	0.95	13.5	24.44	-0.61	-2.96	2.21	0.78	12.67	2.22	-0.37	-2.11	3.33	1.02	87.7	-16.7	-0.07	-1.61	4.47	0.00	7.1	5.6	0.26	-1.22	5.59	0.35	42.93	-28.9	0.48	-1.02	6.73	0.77	22.27	-18.9	0.70	-0.87
1.13	1.01	16.7	21.11	-0.58	-2.93	2.23	0.79	15.33	1.11	-0.36	-2.08	3.35	1.02	91.2	-16.7	-0.08	-1.62	4.49	0.00	6.1	6.7	0.27	-1.20	5.61	0.24	40.82	-30.0	0.49	-1.00	6.75	0.80	27.93	-21.1	0.70	-0.87
1.15	1.03	21.6	18.89	-0.58	-2.91	2.25	0.83	18.45	0.00	-0.36	-2.10	3.37	1.04	95.1	-16.7	-0.07	-1.61	4.51	0.00	5.9	6.7	0.28	-1.20	5.63	0.28	40.82	-30.0	0.48	-1.00	6.77	0.72	27.93	-18.9	0.72	-0.85
1.17	1.06	26.4	15.56	-0.54	-2.99	2.27	0.83	24.11	0.00	-0.37	-2.09	3.39	1.04	98.4	-16.7	-0.07	-1.59	4.53	0.00	5.8	6.7	0.28	-1.20	5.65	0.65	30.49	-28.9	0.49	-1.02	6.79	0.57	23.93	-18.9	0.73	-0.86
1.19	1.08	33.5	12.22	-0.56	-3.01	2.29	0.84	29.67	-1.11	-0.33	-2.10	3.41	1.05	100.6	-15.6	-0.05	-1.57	4.55	0.07	6.5	8.9	0.30	-1.19	5.67	0.96	31.04	-28.9	0.49	-1.03	6.81	0.39	19.60	-21.1	0.74	-0.87
1.21	1.06	41.7	11.11	-0.58	-2.95	2.31	0.87	36.34	-1.11	-0.35	-2.05	3.43	1.06	102.1	-16.7	-0.05	-1.58	4.57	0.16	6.5	8.9	0.30	-1.19	5.69	0.87	38.04	-28.9	0.48	-1.00	6.83	0.21	16.71	-21.1	0.74	-0.85
1.23	1.03	51.1	7.78	-0.54	-2.88	2.33	0.88	42.34	-1.11	-0.32	-2.05	3.45	1.06	107.0	-15.6	-0.05	-1.57	4.59	0.19	7.5	8.9	0.33	-1.19	5.71	0.39	43.04	-30.0	0.49	-1.00	6.85	0.02	14.82	-21.1	0.77	-0.86
1.25	0.88	68.3	-5.56	-0.57	-2.59	2.35	0.88	46.01	-3.33	-0.33	-2.07	3.47	1.04	108.1	-16.7	-0.05	-1.58	4.61	0.18	9.5	8.9	0.31	-1.17	5.73	0.16	34.71	-30.0	0.47	-1.00	6.87	0.00	14.48	-21.1	0.76	-0.84
1.27	0.84	69.0	0.00	-0.56	-2.53	2.37	0.88	51.68	-6.67	-0.33	-2.07	3.49	1.07	105.6	-16.7	-0.05	-1.57	4.63	0.18	10.2	8.9	0.33	-1.1												



Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)
7.33	0.00	22.8	-10.0	0.9	-0.8	8.43	1.02	33.4	-13.3	1.1	-0.4	9.53	0.00	24.8	74.4	1.5	-0.2	10.63	0.20	20.9	75.6	1.9	0.0	11.73	0.63	70.1	104.4	2.2	0.1	12.83	0.48	63.9	142.2	2.4	0.4
7.35	0.00	17.6	-10.0	0.9	-0.8	8.45	0.63	30.3	-13.3	1.1	-0.4	9.55	0.00	23.3	75.6	1.5	-0.2	10.65	0.22	20.4	76.7	1.9	0.0	11.75	0.67	66.5	105.6	2.2	0.1	12.85	0.45	62.6	143.3	2.4	0.4
7.37	0.05	16.4	-8.9	0.9	-0.8	8.47	0.25	20.8	-15.6	1.1	-0.4	9.57	0.00	20.9	78.9	1.5	-0.1	10.67	0.22	21.2	76.7	1.9	0.0	11.77	0.66	66.2	105.6	2.2	0.1	12.87	0.41	60.8	144.4	2.4	0.4
7.39	0.05	17.6	-6.7	0.9	-0.7	8.49	0.01	17.4	-15.6	1.1	-0.4	9.59	0.00	18.6	80.0	1.5	-0.1	10.69	0.21	21.3	78.9	1.9	0.0	11.79	0.64	64.7	105.6	2.2	0.1	12.89	0.37	57.3	144.4	2.4	0.4
7.41	0.00	17.5	-6.7	0.9	-0.7	8.51	0.00	15.6	-15.6	1.1	-0.4	9.61	0.00	15.0	82.2	1.5	-0.1	10.71	0.24	22.4	80.0	1.9	0.0	11.81	0.57	66.2	105.6	2.2	0.1	12.91	0.37	52.8	147.8	2.4	0.4
7.43	0.00	15.5	-6.7	0.9	-0.7	8.53	0.00	14.3	-13.3	1.2	-0.4	9.63	0.04	13.2	83.3	1.5	-0.1	10.73	0.18	23.9	80.0	1.9	0.0	11.83	0.64	62.8	106.7	2.2	0.1	12.93	0.40	50.0	148.9	2.4	0.4
7.45	0.00	14.0	-6.7	0.9	-0.7	8.55	0.00	11.9	-10.0	1.2	-0.4	9.65	0.16	11.8	87.8	1.5	-0.1	10.75	0.20	25.2	81.1	1.9	0.0	11.85	0.66	61.6	107.8	2.2	0.1	12.95	0.40	47.3	151.1	2.4	0.4
7.47	0.00	11.4	-3.3	0.9	-0.7	8.57	0.00	11.6	-6.7	1.2	-0.4	9.67	0.36	11.8	88.9	1.6	-0.1	10.77	0.20	25.2	82.2	2.0	0.0	11.87	0.62	61.7	107.8	2.2	0.1	12.97	0.40	44.4	153.3	2.4	0.4
7.49	0.00	9.6	-1.1	0.9	-0.7	8.59	0.00	10.5	-4.4	1.2	-0.4	9.69	0.40	11.9	70.0	1.6	-0.1	10.79	0.24	24.8	83.3	2.0	0.0	11.89	0.62	62.2	110.0	2.2	0.1	12.99	0.40	42.0	151.1	2.5	0.4
7.51	0.00	9.3	1.1	0.9	-0.7	8.61	0.00	9.4	-1.1	1.2	-0.4	9.71	0.24	15.0	52.2	1.6	-0.1	10.81	0.25	25.8	85.6	2.0	0.0	11.91	0.60	61.9	107.8	2.2	0.1	13.01	0.40	39.7	154.4	2.5	0.5
7.53	0.00	9.8	2.2	0.9	-0.7	8.63	0.00	8.8	0.0	1.2	-0.4	9.73	0.01	14.7	54.4	1.6	-0.1	10.83	0.26	25.5	86.7	2.0	0.0	11.93	0.50	61.6	105.6	2.2	0.1	13.03	0.41	38.7	155.6	2.5	0.5
7.55	0.00	9.8	3.3	0.9	-0.7	8.65	0.02	8.0	3.3	1.2	-0.4	9.75	0.00	11.8	56.7	1.6	-0.1	10.85	0.24	26.9	86.7	2.0	0.0	11.95	0.44	61.3	104.4	2.2	0.1	13.05	0.40	38.1	156.7	2.5	0.5
7.57	0.00	8.9	7.8	0.9	-0.7	8.67	0.06	9.8	14.4	1.2	-0.4	9.77	0.00	10.5	62.2	1.6	-0.1	10.87	0.25	27.9	86.7	2.0	0.0	11.97	0.41	62.6	103.3	2.2	0.1	13.07	0.48	37.4	160.0	2.5	0.5
7.59	0.09	7.9	8.9	0.9	-0.7	8.69	0.06	13.1	14.4	1.2	-0.4	9.79	0.00	9.8	67.8	1.6	-0.1	10.89	0.27	28.9	86.7	2.0	0.0	11.99	0.35	62.1	103.3	2.2	0.1	13.09	0.47	36.8	160.0	2.5	0.5
7.61	0.13	8.4	8.9	1.0	-0.7	8.71	0.04	16.6	14.4	1.2	-0.4	9.81	0.00	9.8	73.3	1.6	-0.1	10.91	0.28	30.3	88.9	2.0	0.0	12.01	0.31	61.7	101.1	2.2	0.1	13.11	0.47	36.9	162.2	2.5	0.5
7.63	0.03	12.0	7.8	1.0	-0.7	8.73	0.04	18.6	15.6	1.2	-0.4	9.83	0.00	11.1	76.7	1.6	-0.1	10.93	0.33	29.6	91.1	2.0	0.0	12.03	0.23	61.9	103.3	2.2	0.1	13.13	0.47	35.8	163.3	2.5	0.5
7.65	0.00	13.2	8.9	1.0	-0.7	8.75	0.03	19.4	17.8	1.2	-0.4	9.85	0.02	11.3	76.7	1.6	-0.1	10.95	0.34	31.4	88.9	2.0	0.0	12.05	0.14	60.5	101.1	2.2	0.2	13.15	0.47	35.6	160.0	2.5	0.5
7.67	0.00	10.8	12.2	1.0	-0.6	8.77	0.00	20.3	17.8	1.2	-0.4	9.87	0.10	12.3	80.0	1.6	-0.1	10.97	0.32	33.1	88.9	2.0	0.0	12.07	0.17	55.6	101.1	2.2	0.1	13.17	0.42	34.7	162.2	2.5	0.5
7.69	0.03	10.8	13.3	1.0	-0.6	8.79	0.01	21.5	20.0	1.2	-0.4	9.89	0.58	11.3	88.9	1.6	-0.1	10.99	0.32	33.3	91.1	2.0	0.0	12.09	0.17	54.2	103.3	2.2	0.2	13.19	0.41	33.9	163.3	2.5	0.5
7.71	0.00	13.0	13.3	1.0	-0.6	8.81	0.01	19.4	21.1	1.2	-0.3	9.91	1.05	10.7	50.0	1.6	-0.1	11.01	0.33	34.0	91.1	2.0	0.0	12.11	0.19	53.1	107.8	2.2	0.1	13.21	0.36	34.1	163.3	2.5	0.5
7.73	0.00	13.0	13.3	1.0	-0.6	8.83	0.01	17.8	21.1	1.2	-0.3	9.93	1.09	13.7	-4.4	1.7	-0.1	11.03	0.36	34.6	92.2	2.0	0.0	12.13	0.27	49.3	113.3	2.2	0.2	13.23	0.33	33.8	166.7	2.5	0.5
7.75	0.00	12.8	15.6	1.0	-0.6	8.85	0.02	16.1	23.3	1.2	-0.3	9.95	0.81	18.6	-18.9	1.6	-0.1	11.05	0.39	36.1	93.3	2.1	0.0	12.15	0.36	43.2	117.8	2.2	0.2	13.25	0.31	32.6	166.7	2.5	0.5
7.77	0.00	12.5	17.8	1.0	-0.6	8.87	0.01	14.7	23.3	1.2	-0.3	9.97	0.81	21.1	-15.6	1.7	-0.1	11.07	0.39	37.1	92.2	2.1	0.0	12.17	0.47	39.6	120.0	2.2	0.2	13.27	0.25	33.2	167.8	2.5	0.5
7.79	0.00	11.9	18.9	1.0	-0.6	8.89	0.00	14.3	24.4	1.3	-0.3	9.99	1.09	18.5	-13.3	1.7	-0.1	11.09	0.39	38.3	93.3	2.1	0.0	12.19	0.50	39.9	122.2	2.3	0.2	13.29	0.24	32.8	168.9	2.6	0.5
7.81	0.03	11.4	18.9	1.0	-0.6	8.91	0.00	14.5	24.4	1.2	-0.3	10.01	1.14	26.9	-15.6	1.7	-0.1	11.11	0.38	40.3	93.3	2.1	0.0	12.21	0.56	40.6	123.3	2.3	0.2	13.31	0.22	32.0	171.1	2.5	0.5
7.83	0.04	11.6	21.1	1.0	-0.6	8.93	0.00	14.1	26.7	1.2	-0.3	10.03	1.16	32.0	-16.7	1.7	-0.1	11.13	0.38	42.5	93.3	2.1	0.0	12.23	0.60	39.9	123.3	2.3	0.2	13.33	0.24	30.0	216.7	2.6	0.5
7.85	0.04	11.3	18.9	1.0	-0.6	8.95	0.00	12.0	27.8	1.3	-0.3	10.05	0.97	37.5	-17.8	1.7	-0.1	11.15	0.38	44.3	93.3	2.1	0.0	12.25	0.65	39.4	118.9	2.3	0.2	13.35	0.32	28.2	222.2	2.6	0.5
7.87	0.31	13.0	24.4	1.0	-0.6	8.97	0.00	11.1	30.0	1.3	-0.3	10.07	0.68	30.8	-17.8	1.7	-0.1	11.17	0.43	45.1	94.4	2.1	0.0	12.27	0.65	44.2	115.6	2.3	0.2	13.37	0.68	27.8	235.6	2.6	0.5
7.89	0.84	11.8	26.7	1.0	-0.6	8.99	0.00	10.7	31.1	1.3	-0.3	10.09	0.43	27.1	-17.8	1.7	-0.1	11.19	0.45	46.0	95.6	2.1	0.0	12.29	0.66	50.0	116.7	2.3	0.2	13.39	0.95	25.8	137.8	2.6	0.6
7.91	1.24	14.9	-3.3	1.0	-0.6	9.01	0.00	10.4	32.2	1.3	-0.3	10.11	0.12	23.9	-17.8	1.7	-0.1	11.21	0.45	46.7	95.6	2.1	0.0	12.31	0.66	55.0	115.6	2.3	0.2	13.41	0.74	24.2	117.8	2.6	0.5
7.93	1.31	18.8	-12.2	1.1	-0.6	9.03	0.00	10.8	33.3	1.3	-0.3	10.13	0.00	19.6	-16.7	1.7	-0.1	11.23	0.44	47.4	95.6	2.1	0.0	12.33	0.76	59.1	144.4	2.3	0.2	13.43	0.73	26.7	120.0	2.6	0.6
7.95	1.32	20.6	-16.7	1.1	-0.6	9.05	0.00	10.0	33.3	1.3	-0.3	10.15	0.03	17.1	-13.3	1.7	-0.1	11.25	0.43	46.6	94.4	2.1	0.0	12.35	0.77	62.6	135.6	2.3	0.2	13.45	0.69	27.4	125.6	2.6	0.6
7.97	1.32	26.5	-18.9	1.1	-0.6	9.07	0.00	9.3	36.7	1.3	-0.3	10.17	0.07	18.2	-11.1	1.7	-0.1	11.27	0.43	46.7	94.4	2.1	0.0	12.37	0.78	67.5	132.2	2.3	0.2	13.47	0.73	26.4	132.2	2.6	0.6
7.99	1.25	27.2	-18.9	1.1	-0.6	9.09	0.01	9.8	37.8	1.3	-0.3	10.19	0.09	19.6	-10.0	1.7	-0.1	11.29	0.45	47.4	94.4	2.1	0.0	12.39	0.76	73.6	132.2	2.3	0.3	13.49	0.73	26.0	134.4	2.6	0.6
8.01	1.36	29.2	-17.8	1.1	-0.6	9.11	0.04	10.6	38.9	1.3	-0.3	10.21	0.10	19.6	-6.7	1.7	0.0	11.31	0.51	50.4	124.4	2.1	0.0	12.41	0.74	76.2	135.6	2.4	0.3	13.51	0.61	29.1	137.8	2.7	0.6
8.03	1.19	32.8	-18.9	1.1	-0.6	9.13	0.09	11.8	38.9	1.3	-0.3	10.23	0.10	19.8	-5.6	1.7	0.0	11.33	0.51	50.6	124.4	2.1	0.0	12.43	0.76	76.8	135.6	2.3	0.3	13.53	0.60	28.4	144.4	2.6	0.6
8.05	0.81	34.4	-18.9	1.1	-0.5	9.15	0.09	13.7	40.0	1.3	-0.2	10.25	0.09	19.1	-3.3	1.7	0.0	11.35	0.49	51.5	124.4	2.1	0.0	12.45	0.77	80.0	137.8	2.4	0.3	13.55	0.62	27.9			

Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)	Prof. (m)	qc (Mpa)	fs (Kpa)	U2 (Kpa)	Incli 1 (°)	Incli 2 (°)
13.93	0.53	15.9	245.6	2.8	0.7	15.03	1.13	23.6	11.1	3.0	1.0	16.13	0.92	65.8	21.1	3.3	1.2	17.23	0.48	68.9	30.0	3.6	1.5	18.33	1.71	53.3	51.1	3.8	1.8	19.43	14.94	91.2	52.2	3.9	2.0
13.95	0.55	14.3	252.2	2.8	0.7	15.05	1.39	24.3	6.7	3.0	1.0	16.15	1.08	72.7	23.3	3.3	1.2	17.25	0.48	65.8	31.1	3.7	1.5	18.35	1.68	55.3	52.2	3.8	1.8	19.45	14.94	91.2	52.2	3.9	2.0
13.97	0.49	13.0	253.3	2.8	0.7	15.07	1.39	30.7	5.6	3.0	1.0	16.17	1.30	71.5	25.6	3.3	1.2	17.27	0.49	61.0	31.1	3.7	1.5	18.37	1.67	56.1	54.4	3.8	1.8	19.47	14.94	90.2	52.2	3.4	2.0
13.99	0.45	13.6	256.7	2.8	0.7	15.09	1.30	34.0	6.7	3.0	1.0	16.19	1.39	67.8	24.4	3.3	1.3	17.29	0.48	59.9	31.1	3.6	1.5	18.39	1.49	49.0	83.3	3.9	1.8	19.49	14.94	94.2	52.2	3.9	2.0
14.01	0.38	13.5	257.8	2.8	0.8	15.11	1.28	37.2	7.8	3.1	1.0	16.21	1.50	60.1	24.4	3.3	1.3	17.31	0.49	56.0	31.1	3.7	1.5	18.41	1.84	55.2	82.2	3.9	1.8	19.51	14.94	90.2	52.2	3.6	2.0
14.03	0.37	13.3	260.0	2.8	0.8	15.13	1.38	35.7	8.9	3.1	1.0	16.23	1.50	59.7	20.0	3.3	1.3	17.33	0.52	53.4	31.1	3.7	1.5	18.43	1.84	60.8	82.2	3.9	1.8	19.53	14.94	90.2	52.2	3.9	2.0
14.05	0.31	12.0	256.7	2.8	0.8	15.15	1.61	34.5	6.7	3.1	1.0	16.25	1.37	69.9	17.8	3.4	1.3	17.35	0.47	54.0	31.1	3.7	1.5	18.45	1.85	63.8	83.3	3.9	1.8	19.55	14.94	92.2	52.2	3.9	2.0
14.07	0.32	10.6	264.4	2.8	0.8	15.17	1.77	37.2	-1.1	3.1	1.0	16.27	1.15	82.6	14.4	3.3	1.3	17.37	0.47	53.3	31.1	3.7	1.5	18.47	1.84	68.8	85.6	3.9	1.8	19.57	14.42	90.2	52.2	3.9	2.0
14.09	0.32	9.3	270.0	2.8	0.8	15.19	1.95	46.7	-5.6	3.1	1.0	16.29	1.09	89.7	14.4	3.3	1.3	17.39	0.61	52.8	43.3	3.7	1.5	18.49	1.88	72.6	86.7	3.9	1.8	19.59	14.94	93.2	52.2	3.9	2.0
14.11	0.38	10.6	273.3	2.8	0.8	15.21	2.67	53.8	-4.4	3.1	1.0	16.31	0.94	102.1	12.2	3.3	1.3	17.41	0.60	52.8	43.3	3.7	1.5	18.51	1.91	76.0	87.8	3.9	1.9	19.61	14.46	90.2	52.2	3.9	2.0
14.13	0.44	11.3	280.0	2.8	0.8	15.23	3.44	58.6	-13.3	3.1	1.1	16.33	0.85	112.0	13.3	3.3	1.3	17.43	0.62	51.2	43.3	3.7	1.6	18.53	1.90	78.7	86.7	3.9	1.9	19.63	14.94	90.2	52.2	3.9	2.0
14.15	0.43	10.6	284.4	2.9	0.8	15.25	3.73	59.8	-17.8	3.1	1.1	16.35	0.85	117.6	13.3	3.3	1.3	17.45	0.64	53.0	43.3	3.7	1.6	18.55	1.85	84.2	87.8	3.9	1.9	19.65	15.14	91.2	52.2	3.9	2.0
14.17	0.39	10.7	284.4	2.9	0.8	15.27	3.73	58.5	-17.8	3.1	1.1	16.37	0.91	121.9	31.1	3.4	1.3	17.47	0.66	55.3	44.4	3.7	1.6	18.57	1.76	87.5	87.8	3.9	1.9	19.67	16.94	90.2	52.2	3.9	2.0
14.19	0.32	12.0	285.6	2.9	0.8	15.29	3.69	53.8	-17.8	3.1	1.1	16.39	0.91	121.8	31.1	3.4	1.3	17.49	0.73	56.0	45.6	3.7	1.6	18.59	1.77	89.2	87.8	3.9	1.9	19.69	14.94	91.2	52.2	3.9	2.0
14.21	0.32	11.7	292.2	2.9	0.8	15.31	3.69	46.4	-17.8	3.1	1.1	16.41	0.88	116.3	31.1	3.4	1.3	17.51	0.88	52.6	46.7	3.8	1.6	18.61	1.73	89.9	87.8	3.9	1.9	19.71	15.33	99.2	52.2	3.9	2.0
14.23	0.33	9.8	296.7	2.9	0.8	15.33	3.74	40.2	-17.8	3.1	1.1	16.43	0.88	109.4	31.1	3.4	1.3	17.53	1.01	53.7	46.7	3.8	1.6	18.63	1.66	97.1	88.9	3.9	1.9	19.73	14.94	90.2	52.2	3.9	2.0
14.25	0.31	10.7	297.8	2.9	0.8	15.35	3.83	37.0	5.6	3.1	1.1	16.45	0.86	103.1	32.2	3.4	1.3	17.55	1.13	57.7	50.0	3.8	1.6	18.65	1.64	98.3	91.1	3.9	1.9	19.75	14.93	90.2	52.2	3.9	2.0
14.27	0.30	11.8	302.2	2.9	0.8	15.37	3.95	33.3	-16.7	3.1	1.1	16.47	0.88	97.8	32.2	3.4	1.3	17.57	1.27	60.1	51.1	3.8	1.6	18.67	1.57	98.6	91.1	3.9	1.9	19.77	14.94	90.2	52.2	3.9	2.0
14.29	0.38	11.3	308.9	2.9	0.8	15.39	4.03	40.5	-16.7	3.2	1.1	16.49	0.85	95.3	31.1	3.4	1.3	17.59	1.42	59.5	51.1	3.8	1.6	18.69	1.60	93.2	83.3	3.9	1.9	19.79	14.94	90.2	52.2	3.9	2.0
14.31	0.63	12.9	321.1	2.9	0.8	15.41	4.13	49.2	-16.7	3.1	1.1	16.51	0.83	92.1	32.2	3.4	1.3	17.61	1.45	62.7	51.1	3.8	1.6	18.71	1.56	93.5	81.1	3.9	1.9	19.81	14.94	90.2	52.2	3.9	2.0
14.33	1.09	12.6	338.9	2.9	0.9	15.43	4.05	53.7	-15.6	3.1	1.1	16.53	0.81	90.0	32.2	3.4	1.4	17.63	1.48	66.5	51.1	3.8	1.6	18.73	1.45	95.3	75.6	3.9	1.9	19.83	14.44	91.0	52.2	3.9	2.0
14.35	1.85	19.2	-5.6	2.9	0.9	15.45	3.80	52.5	-16.7	3.2	1.1	16.55	0.83	86.2	32.2	3.4	1.4	17.65	1.48	72.3	48.9	3.8	1.6	18.75	1.32	96.9	70.0	3.9	1.9	19.85	14.94	90.7	55.2	3.9	2.0
14.37	2.17	36.8	30.0	2.9	0.9	15.47	3.49	50.4	-16.7	3.2	1.1	16.57	0.85	82.5	33.3	3.4	1.4	17.67	1.48	77.1	48.9	3.8	1.6	18.77	1.22	96.4	61.1	3.9	1.9	19.87	15.27	90.7	52.2	3.9	2.1
14.39	2.23	41.2	-33.3	2.9	0.9	15.49	3.15	45.4	-17.8	3.2	1.1	16.59	0.86	80.5	32.2	3.4	1.4	17.69	1.59	80.1	48.9	3.8	1.6	18.79	1.13	98.4	58.9	3.9	1.9	19.89	15.46	89.9	52.2	3.9	2.0
14.41	1.80	50.0	-34.4	2.9	0.9	15.51	2.79	44.2	-17.8	3.2	1.1	16.61	0.91	80.1	33.3	3.4	1.4	17.71	1.62	86.2	50.0	3.8	1.6	18.81	1.02	99.4	55.6	3.9	1.9	19.91	15.65	89.2	52.2	3.9	2.0
14.43	1.17	52.2	-33.3	2.9	0.9	15.53	2.38	45.8	-17.8	3.2	1.1	16.63	1.01	79.6	34.4	3.4	1.4	17.73	1.79	88.8	52.2	3.8	1.6	18.83	0.95	102.4	52.2	3.9	1.9	19.93	15.11	89.2	52.2	3.9	2.0
14.45	0.81	43.1	-31.1	2.9	0.9	15.55	1.92	42.9	-17.8	3.2	1.1	16.65	1.04	78.1	33.3	3.5	1.4	17.75	2.15	84.9	56.7	3.9	1.6	18.85	0.88	102.6	54.4	3.9	1.9	19.95	15.21	90.2	52.2	3.9	2.0
14.47	0.52	44.6	-28.9	2.9	0.9	15.57	1.57	40.6	-18.9	3.2	1.1	16.67	1.04	77.0	32.2	3.5	1.4	17.77	2.32	83.7	57.8	3.8	1.6	18.87	0.88	103.1	56.7	3.9	1.9	19.97	15.40	87.2	51.2	3.9	2.0
14.49	0.61	35.1	-24.4	2.9	0.9	15.59	1.40	45.6	-17.8	3.2	1.1	16.69	1.04	79.8	33.3	3.5	1.4	17.79	2.29	84.7	56.7	3.8	1.6	18.89	1.02	94.6	61.1	3.9	1.9	19.99	15.85	90.2	55.2	3.9	2.0
14.51	0.96	30.3	-22.2	2.9	0.9	15.61	1.14	47.3	-18.9	3.2	1.1	16.71	1.06	78.6	33.3	3.5	1.4	17.81	2.12	83.0	34.4	3.8	1.6	18.91	1.53	87.7	68.9	3.9	1.9	20.01	15.27	90.2	55.2	3.9	2.0
14.53	1.29	28.8	-17.8	2.9	0.9	15.63	0.65	44.5	-18.9	3.2	1.1	16.73	1.03	80.6	33.3	3.5	1.4	17.83	1.94	85.3	13.3	3.9	1.6	18.93	2.61	77.7	80.0	3.9	1.9	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
14.55	1.29	28.0	-18.9	2.9	0.9	15.65	0.34	33.8	-18.9	3.2	1.2	16.75	1.02	83.0	32.2	3.5	1.4	17.85	1.77	91.2	11.1	3.9	1.6	18.95	3.65	69.9	38.9	3.9	1.9	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
14.57	0.91	34.5	-22.2	2.9	0.9	15.67	0.13	32.5	-18.9	3.2	1.2	16.77	1.00	82.2	33.3	3.5	1.4	17.87	1.59	104.3	11.1	3.8	1.6	18.97	4.40	62.8	-3.3	3.9	1.9	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
14.59	0.54	44.2	-22.2	2.9	0.9	15.69	0.07	28.4	-18.9	3.2	1.2	16.79	0.96	81.7	32.2	3.5	1.4	17.89	1.44	113.7	11.1	3.9	1.7	18.99	5.06	66.3	-4.4	3.9	1.9	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
14.61	0.45	36.4	-21.1	3.0	0.9	15.71	0.14	23.0	-16.7	3.2	1.2	16.81	0.91	84.5	31.1	3.5	1.4	17.91	1.36	120.6	13.3	3.8	1.7	19.01	5.99	72.1	-4.4	3.9	2.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
14.63	0.49	26.9	-17.8	3.0	1.0	15.73	0.26	23.9	-13.3	3.2	1.2	16.83	0.84	86.5	31.1	3.5	1.4	17.93	1.31	122.9	14.4	3.8	1.7	19.03	7.04	77.7	-1.1	3.9	2.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
14.65	0.50	27.7	-15.6	3.0	1.0	15.75	0.39	22.3	-10.0	3.2	1.2	16.85	0.80	85.7	30.0	3.5	1.4	17.95	1.31	116.9	15.6	3.8	1.7	19.05	8.12	90.									

 <p><b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com</p>	<p>MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b></p>	<p>RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016</p>
---	---	--

- Allegato 4 -

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI – SOFTWARE GEOSTRU**

**CPTU1 - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI COESIVI**

**Coesione non drenata**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	3,84	9,75	0,54	0,31	0,28	Terzaghi	0,49
Strato 3	6,98	3,85	0,20	0,93	0,59	Terzaghi	0,19
Strato 4	10,22	6,11	0,21	1,55	0,89	Terzaghi	0,31
Strato 5	13,80	7,24	0,46	2,23	1,22	Terzaghi	0,36
Strato 6	16,12	8,96	0,30	2,80	1,50	Terzaghi	0,45
Strato 7	18,00	10,76	0,73	3,21	1,70	Terzaghi	0,54
Strato 8	18,92	21,59	0,77	3,49	1,84	Terzaghi	1,08

**Modulo Edometrico**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	3,84	9,75	0,54	0,31	0,28	Metodo generale del modulo Edometrico	43,01
Strato 3	6,98	3,85	0,20	0,93	0,59	Metodo generale del modulo Edometrico	22,10
Strato 4	10,22	6,11	0,21	1,55	0,89	Metodo generale del modulo Edometrico	31,97
Strato 5	13,80	7,24	0,46	2,23	1,22	Metodo generale del modulo Edometrico	36,03
Strato 6	16,12	8,96	0,30	2,80	1,50	Metodo generale del modulo Edometrico	41,12
Strato 7	18,00	10,76	0,73	3,21	1,70	Metodo generale del modulo Edometrico	45,01
Strato 8	18,92	21,59	0,77	3,49	1,84	Metodo generale del modulo Edometrico	43,18



Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	3,84	9,75	0,54	0,31	0,28	Cancelli 1980	355,00
Strato 3	6,98	3,85	0,20	0,93	0,59	Cancelli 1980	122,38
Strato 4	10,22	6,11	0,21	1,55	0,89	Cancelli 1980	195,82
Strato 5	13,80	7,24	0,46	2,23	1,22	Cancelli 1980	225,78
Strato 6	16,12	8,96	0,30	2,80	1,50	Cancelli 1980	279,65
Strato 7	18,00	10,76	0,73	3,21	1,70	Cancelli 1980	339,71
Strato 8	18,92	21,59	0,77	3,49	1,84	Cancelli 1980	740,60

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 2	3,84	9,75	0,54	0,31	0,28	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	6,98	3,85	0,20	0,93	0,59	Piacentini Righi 1978	2,39
Strato 4	10,22	6,11	0,21	1,55	0,89	Piacentini Righi 1978	1,62
Strato 5	13,80	7,24	0,46	2,23	1,22	Piacentini Righi 1978	2,63
Strato 6	16,12	8,96	0,30	2,80	1,50	Piacentini Righi 1978	1,35
Strato 7	18,00	10,76	0,73	3,21	1,70	Piacentini Righi 1978	2,98
Strato 8	18,92	21,59	0,77	3,49	1,84	Piacentini Righi 1978	2,9

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	3,84	9,75	0,54	0,31	0,28	Meyerhof	1,85
Strato 3	6,98	3,85	0,20	0,93	0,59	Meyerhof	1,67
Strato 4	10,22	6,11	0,21	1,55	0,89	Meyerhof	1,75
Strato 5	13,80	7,24	0,46	2,23	1,22	Meyerhof	1,77
Strato 6	16,12	8,96	0,30	2,80	1,50	Meyerhof	1,81
Strato 7	18,00	10,76	0,73	3,21	1,70	Meyerhof	1,84
Strato 8	18,92	21,59	0,77	3,49	1,84	Meyerhof	1,97

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	3,84	9,75	0,54	0,31	0,28	Meyerhof	1,93
Strato 3	6,98	3,85	0,20	0,93	0,59	Meyerhof	1,75
Strato 4	10,22	6,11	0,21	1,55	0,89	Meyerhof	1,83
Strato 5	13,80	7,24	0,46	2,23	1,22	Meyerhof	1,85
Strato 6	16,12	8,96	0,30	2,80	1,50	Meyerhof	1,89
Strato 7	18,00	10,76	0,73	3,21	1,70	Meyerhof	1,92
Strato 8	18,92	21,59	0,77	3,49	1,84	Meyerhof	2,05

**CPTU1 - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI INCOERENTI**

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 9	20,04	92,82	0,36	3,71	1,96	Jamiolkowski 1985	27,58

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 9	20,04	92,82	0,36	3,71	1,96	Schmertmann	35,00

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 9	20,04	92,82	0,36	3,71	1,96	Robertson & Campanella da Schmertmann	65,15

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 9	20,04	92,82	0,36	3,71	1,96	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 9	20,04	92,82	0,36	3,71	1,96	Meyerhof	1,90

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 9	20,04	92,82	0,36	3,71	1,96	Meyerhof	2,20

**CPTU2 - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	1,22	16,86	0,14	0,06	0,06	Terzaghi	0,84
Strato 3	3,98	9,69	0,62	0,40	0,33	Terzaghi	0,48
Strato 4	9,34	2,78	0,20	1,19	0,71	Terzaghi	0,14
Strato 5	10,06	14,72	0,27	1,77	0,99	Terzaghi	0,74
Strato 6	13,64	5,02	0,40	2,19	1,19	Terzaghi	0,25
Strato 7	15,32	18,36	0,24	2,70	1,44	Terzaghi	0,92
Strato 8	18,82	10,20	0,55	3,21	1,69	Terzaghi	0,51

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	1,22	16,86	0,14	0,06	0,06	Metodo generale del modulo Edometrico	47,33
Strato 3	3,98	9,69	0,62	0,40	0,33	Metodo generale del modulo Edometrico	42,87
Strato 4	9,34	2,78	0,20	1,19	0,71	Metodo generale del modulo Edometrico	16,63
Strato 5	10,06	14,72	0,27	1,77	0,99	Metodo generale del modulo Edometrico	48,43
Strato 6	13,64	5,02	0,40	2,19	1,19	Metodo generale del modulo Edometrico	27,50
Strato 7	15,32	18,36	0,24	2,70	1,44	Metodo generale del modulo Edometrico	45,33
Strato 8	18,82	10,20	0,55	3,21	1,69	Metodo generale del modulo Edometrico	43,95

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	1,22	16,86	0,14	0,06	0,06	Cancelli 1980	629,86
Strato 3	3,98	9,69	0,62	0,40	0,33	Cancelli 1980	350,87
Strato 4	9,34	2,78	0,20	1,19	0,71	Cancelli 1980	77,53
Strato 5	10,06	14,72	0,27	1,77	0,99	Cancelli 1980	514,95
Strato 6	13,64	5,02	0,40	2,19	1,19	Cancelli 1980	143,54
Strato 7	15,32	18,36	0,24	2,70	1,44	Cancelli 1980	634,45
Strato 8	18,82	10,20	0,55	3,21	1,69	Cancelli 1980	319,13

### Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 2	1,22	16,86	0,14	0,06	0,06	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	3,98	9,69	0,62	0,40	0,33	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 4	9,34	2,78	0,20	1,19	0,71	Piacentini Righi 1978	1,95
Strato 5	10,06	14,72	0,27	1,77	0,99	Piacentini Righi 1978	1,89
Strato 6	13,64	5,02	0,40	2,19	1,19	Piacentini Righi 1978	2,33
Strato 7	15,32	18,36	0,24	2,70	1,44	Piacentini Righi 1978	1,11
Strato 8	18,82	10,20	0,55	3,21	1,69	Piacentini Righi 1978	2,25

### Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	1,22	16,86	0,14	0,06	0,06	Meyerhof	1,94
Strato 3	3,98	9,69	0,62	0,40	0,33	Meyerhof	1,85
Strato 4	9,34	2,78	0,20	1,19	0,71	Meyerhof	1,59
Strato 5	10,06	14,72	0,27	1,77	0,99	Meyerhof	1,91
Strato 6	13,64	5,02	0,40	2,19	1,19	Meyerhof	1,70
Strato 7	15,32	18,36	0,24	2,70	1,44	Meyerhof	1,94
Strato 8	18,82	10,20	0,55	3,21	1,69	Meyerhof	1,83

### Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	1,22	16,86	0,14	0,06	0,06	Meyerhof	2,02
Strato 3	3,98	9,69	0,62	0,40	0,33	Meyerhof	1,93
Strato 4	9,34	2,78	0,20	1,19	0,71	Meyerhof	1,67
Strato 5	10,06	14,72	0,27	1,77	0,99	Meyerhof	1,99
Strato 6	13,64	5,02	0,40	2,19	1,19	Meyerhof	1,78
Strato 7	15,32	18,36	0,24	2,70	1,44	Meyerhof	2,02
Strato 8	18,82	10,20	0,55	3,21	1,69	Meyerhof	1,91



## CPTU2 - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI INCOERENTI

### Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	1,22	16,86	0,14	0,06	0,06	Jamiolkowski 1985	95,18
Strato 7	15,32	18,36	0,24	2,70	1,44	Jamiolkowski 1985	5,00
Strato 9	20,02	85,63	0,71	3,68	1,93	Jamiolkowski 1985	25,45

### Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	1,22	16,86	0,14	0,06	0,06	Schmertmann	39,15
Strato 7	15,32	18,36	0,24	2,70	1,44	Schmertmann	28,70
Strato 9	20,02	85,63	0,71	3,68	1,93	Schmertmann	34,63

### Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	1,22	16,86	0,14	0,06	0,06	Robertson & Campanella da Schmertmann	64,19
Strato 7	15,32	18,36	0,24	2,70	1,44	Robertson & Campanella da Schmertmann	21,36
Strato 9	20,02	85,63	0,71	3,68	1,93	Robertson & Campanella da Schmertmann	62,58

### Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 2	1,22	16,86	0,14	0,06	0,06	Larsson 1991 S.G.I.	0,70
Strato 7	15,32	18,36	0,24	2,70	1,44	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5
Strato 9	20,02	85,63	0,71	3,68	1,93	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	1,22	16,86	0,14	0,06	0,06	Meyerhof	1,90
Strato 7	15,32	18,36	0,24	2,70	1,44	Meyerhof	1,90
Strato 9	20,02	85,63	0,71	3,68	1,93	Meyerhof	1,90

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	1,22	16,86	0,14	0,06	0,06	Meyerhof	2,20
Strato 7	15,32	18,36	0,24	2,70	1,44	Meyerhof	2,20
Strato 9	20,02	85,63	0,71	3,68	1,93	Meyerhof	2,20

**CPTU3 - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	1,20	13,54	0,20	0,06	0,06	Terzaghi	0,68
Strato 3	3,82	8,22	0,59	0,38	0,26	Terzaghi	0,41
Strato 4	5,76	4,22	0,31	0,83	0,48	Terzaghi	0,21
Strato 5	7,22	11,88	0,28	1,15	0,63	Terzaghi	0,59
Strato 6	13,30	3,66	0,34	1,87	0,98	Terzaghi	0,18
Strato 7	14,24	5,32	0,18	2,55	1,30	Terzaghi	0,27
Strato 8	15,52	17,38	0,37	2,77	1,41	Terzaghi	0,87
Strato 9	18,90	11,56	0,72	3,23	1,63	Terzaghi	0,58

### Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	1,20	13,54	0,20	0,06	0,06	Metodo generale del modulo Edometrico	48,15
Strato 3	3,82	8,22	0,59	0,38	0,26	Metodo generale del modulo Edometrico	39,09
Strato 4	5,76	4,22	0,31	0,83	0,48	Metodo generale del modulo Edometrico	23,88
Strato 5	7,22	11,88	0,28	1,15	0,63	Metodo generale del modulo Edometrico	46,69
Strato 6	13,30	3,66	0,34	1,87	0,98	Metodo generale del modulo Edometrico	21,17
Strato 7	14,24	5,32	0,18	2,55	1,30	Metodo generale del modulo Edometrico	28,78
Strato 8	15,52	17,38	0,37	2,77	1,41	Metodo generale del modulo Edometrico	46,75
Strato 9	18,90	11,56	0,72	3,23	1,63	Metodo generale del modulo Edometrico	46,27

### Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	1,20	13,54	0,20	0,06	0,06	Cancelli 1980	505,48
Strato 3	3,82	8,22	0,59	0,38	0,26	Cancelli 1980	298,52
Strato 4	5,76	4,22	0,31	0,83	0,48	Cancelli 1980	140,36
Strato 5	7,22	11,88	0,28	1,15	0,63	Cancelli 1980	421,75
Strato 6	13,30	3,66	0,34	1,87	0,98	Cancelli 1980	100,61
Strato 7	14,24	5,32	0,18	2,55	1,30	Cancelli 1980	150,76
Strato 8	15,52	17,38	0,37	2,77	1,41	Cancelli 1980	598,95
Strato 9	18,90	11,56	0,72	3,23	1,63	Cancelli 1980	372,22

### Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 2	1,20	13,54	0,20	0,06	0,06	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	3,82	8,22	0,59	0,38	0,26	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 4	5,76	4,22	0,31	0,83	0,48	Piacentini Righi 1978	4,65
Strato 5	7,22	11,88	0,28	1,15	0,63	Piacentini Righi 1978	3,13
Strato 6	13,30	3,66	0,34	1,87	0,98	Piacentini Righi 1978	2,43
Strato 7	14,24	5,32	0,18	2,55	1,30	Piacentini Righi 1978	0,91
Strato 8	15,52	17,38	0,37	2,77	1,41	Piacentini Righi 1978	1,8
Strato 9	18,90	11,56	0,72	3,23	1,63	Piacentini Righi 1978	3,07

### Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	1,20	13,54	0,20	0,06	0,06	Meyerhof	1,91
Strato 3	3,82	8,22	0,59	0,38	0,26	Meyerhof	1,82
Strato 4	5,76	4,22	0,31	0,83	0,48	Meyerhof	1,69
Strato 5	7,22	11,88	0,28	1,15	0,63	Meyerhof	1,88
Strato 6	13,30	3,66	0,34	1,87	0,98	Meyerhof	1,64
Strato 7	14,24	5,32	0,18	2,55	1,30	Meyerhof	1,70
Strato 8	15,52	17,38	0,37	2,77	1,41	Meyerhof	1,94
Strato 9	18,90	11,56	0,72	3,23	1,63	Meyerhof	1,86

### Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	1,20	13,54	0,20	0,06	0,06	Meyerhof	1,99
Strato 3	3,82	8,22	0,59	0,38	0,26	Meyerhof	1,90
Strato 4	5,76	4,22	0,31	0,83	0,48	Meyerhof	1,77
Strato 5	7,22	11,88	0,28	1,15	0,63	Meyerhof	1,96
Strato 6	13,30	3,66	0,34	1,87	0,98	Meyerhof	1,72
Strato 7	14,24	5,32	0,18	2,55	1,30	Meyerhof	1,78
Strato 8	15,52	17,38	0,37	2,77	1,41	Meyerhof	2,02
Strato 9	18,90	11,56	0,72	3,23	1,63	Meyerhof	1,94



### CPTU3 - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 10	20,02	126,18	0,94	3,69	1,87	Jamiolkowski 1985	36,55

#### Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 10	20,02	126,18	0,94	3,69	1,87	Schmertmann	36,74

#### Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 10	20,02	126,18	0,94	3,69	1,87	Robertson & Campanella da Schmertmann	74,98

#### Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 10	20,02	126,18	0,94	3,69	1,87	Larsson 1991 S.G.I.	1,76

#### Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 10	20,02	126,18	0,94	3,69	1,87	Meyerhof	1,90

#### Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 10	20,02	126,18	0,94	3,69	1,87	Meyerhof	2,20

 <p><b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com</p>	<p>MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b></p>	<p>RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016</p>
---	---	--

- Allegati 5/7 -

**CERTIFICATI DI LABORATORIO GEOTECNICO**







# GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY  
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI SETTORE TERRE

## LIMITI DI ATTERBERG

### ATTERBERG LIMITS

Normativa di riferimento: UNI EN ISO/TS 17892-12

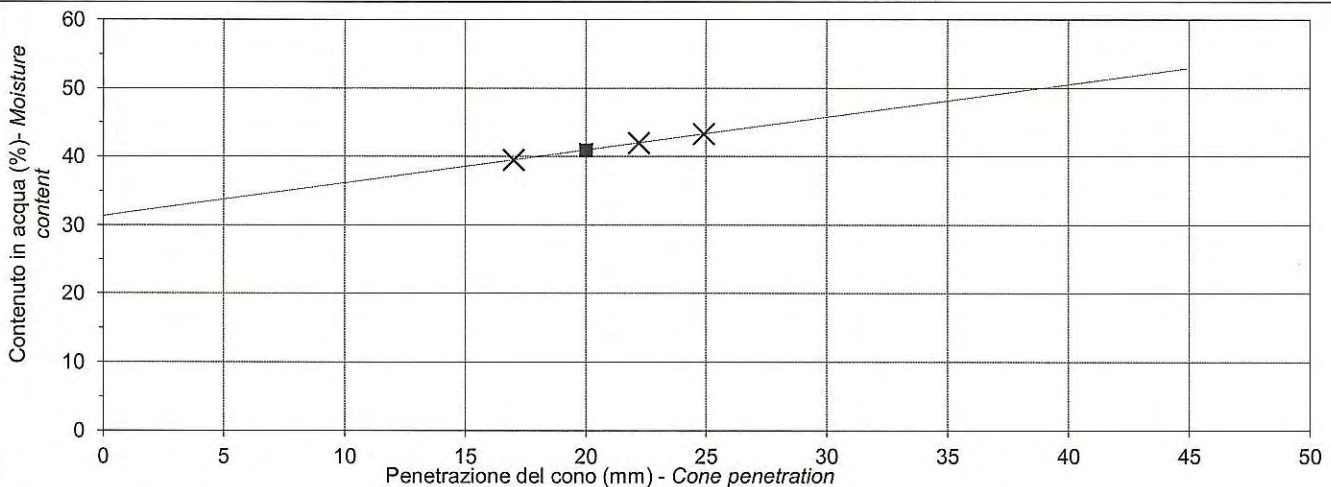
### Technical specification

Certificato - Test report	1233_16,117_001
Verbale - Acceptance report	1233
Committente - Commissioner	SYNTHESIS S.R.L.
Località - Locality	SAN PIETRO IN CASALE (BO)
Cantiere - Site	PUA
Sondaggio - Borehole	CPT1
Campione - Sample	C1
Profondità - Depth	1.30-2.00 m
Data ricevimento - Receiving date	17/05/2016
Data inizio prove - Test starting date	18/05/2016
Data fine prove - Test ending date	21/05/2016
Data certificazione - Report date	23/05/2016
Data apertura campione - Sample opening date	18/05/2016
Classe campione - Sample quality	Q5

	Provino 1 - Specimen 1	Provino 2 - Specimen 2	Provino 3 - Specimen 3
Penetrazione del cono (mm) - Cone penetration	24,90	17,00	22,20
Massa tara (g) - Tara weight	70,68	70,56	71,64
Massa campione umido + tara (g) Moist specimen + tara	97,83	100,66	103,98
Massa campione secco + tara (g) Dried specimen + tara	89,63	92,14	94,42
Contenuto in acqua (%) - Moisture content	43,27	39,48	41,97

**Limite liquido (%) - Liquid limit** 41

Massa tara (g) - Tara weight	72,09
Massa campione umido + tara (g) Moist specimen + tara	76,64
Massa campione secco + tara (g) Dried specimen + tara	75,84
<b>Limite plastico (%) - Plastic limit</b>	<b>21</b>



### Note - Remarks

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail laboratorio.geotea@database.it  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre







# GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY  
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI SETTORE TERRE

## LIMITI DI ATTERBERG

### ATTERBERG LIMITS

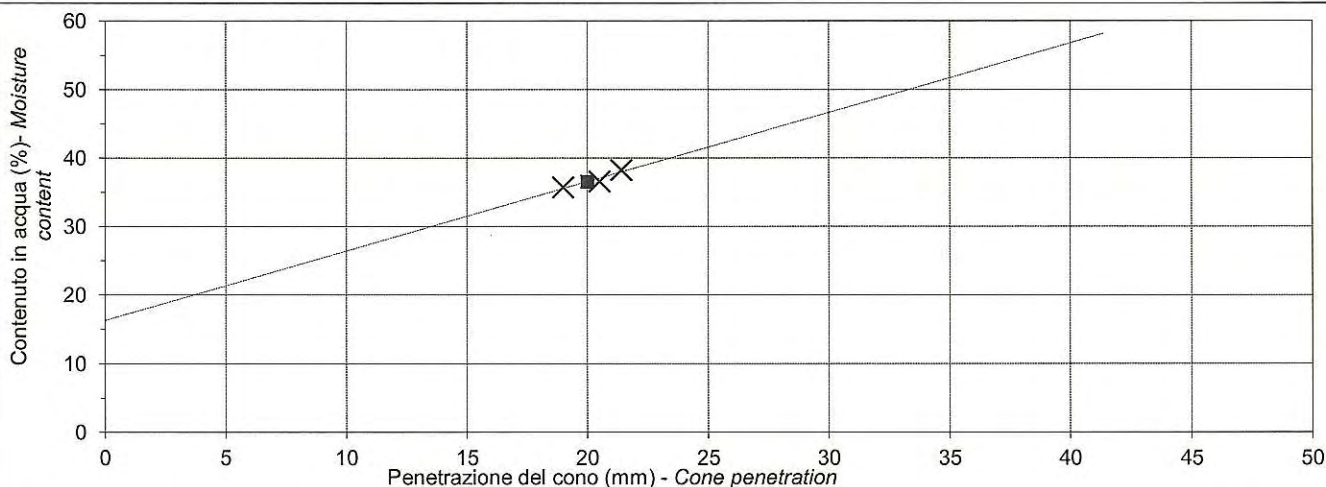
Normativa di riferimento: UNI EN ISO/TS 17892-12

### Technical specification

Certificato - Test report	1233_16,117_002
Verbale - Acceptance report	1233
Committente - Commissioner	SYNTHESIS S.R.L.
Località - Locality	SAN PIETRO IN CASALE (BO)
Cantiere - Site	PUA
Sondaggio - Borehole	CPT2
Campione - Sample	C2
Profondità - Depth	1.30-2.00 m
Data ricevimento - Receiving date	17/05/2016
Data inizio prove - Test starting date	18/05/2016
Data fine prove - Test ending date	21/05/2016
Data certificazione - Report date	23/05/2016
Data apertura campione - Sample opening date	18/05/2016
Classe campione - Sample quality	Q5

	Provino 1 - Specimen 1	Provino 2 - Specimen 2	Provino 3 - Specimen 3
Penetrazione del cono (mm) - Cone penetration	21,40	20,50	19,00
Massa tara (g) - Tara weight	71,72	70,57	70,47
Massa campione umido + tara (g) Moist specimen + tara	98,50	93,76	93,54
Massa campione secco + tara (g) Dried specimen + tara	91,09	87,55	87,47
Contenuto in acqua (%) - Moisture content	38,26	36,57	35,71
<b>Limite liquido (%) - Liquid limit</b>	<b>37</b>		

Massa tara (g) - Tara weight	70,65
Massa campione umido + tara (g) Moist specimen + tara	75,44
Massa campione secco + tara (g) Dried specimen + tara	74,65
<b>Limite plastico (%) - Plastic limit</b>	<b>20</b>



### Note - Remarks

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail laboratorio.geotea@database.it  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre







# GEOTECA s.r.l.

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY  
LABORATORIO ACCREDITATO DAL CONSIGLIO LAVORI PUBBLICI, SETTORE TERRE.

## LIMITI DI ATTERBERG

### ATTERBERG LIMITS

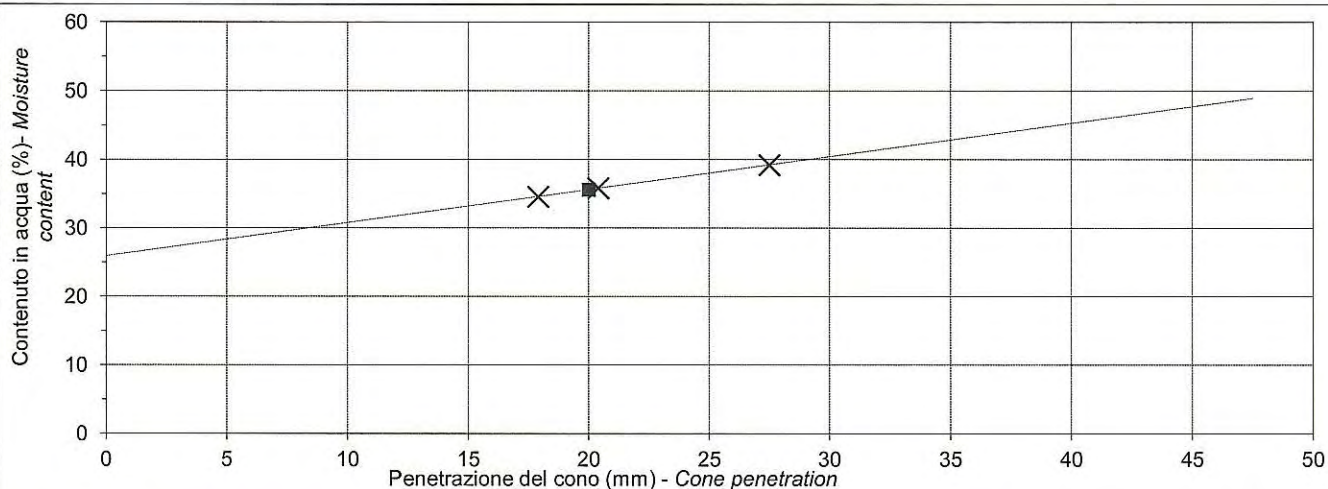
Normativa di riferimento: UNI EN ISO/TS 17892-12

### Technical specification

Certificato - <i>Test report</i>	1233_16,117_003
Verbale - <i>Acceptance report</i>	1233
Committente - <i>Commissioner</i>	SYNTHESIS S.R.L.
Località - <i>Locality</i>	SAN PIETRO IN CASALE (BO)
Cantiere - <i>Site</i>	PUA
Sondaggio - <i>Borehole</i>	CPT3
Campione - <i>Sample</i>	C3
Profondità - <i>Depth</i>	1.30-2.00 m
Data ricevimento - <i>Receiving date</i>	17/05/2016
Data inizio prove - <i>Test starting date</i>	18/05/2016
Data fine prove - <i>Test ending date</i>	21/05/2016
Data certificazione - <i>Report date</i>	23/05/2016
Data apertura campione - <i>Sample opening date</i>	18/05/2016
Classe campione - <i>Sample quality</i>	Q5

	Provino 1 - <i>Specimen 1</i>	Provino 2 - <i>Specimen 2</i>	Provino 3 - <i>Specimen 3</i>
Penetrazione del cono (mm) - <i>Cone penetration</i>	27,50	20,40	17,90
Massa tara (g) - <i>Tara weight</i>	70,86	71,98	71,97
Massa campione umido + tara (g) <i>Moist specimen + tara</i>	94,93	98,18	95,18
Massa campione secco + tara (g) <i>Dried specimen + tara</i>	88,15	91,27	89,22
Contenuto in acqua (%) - <i>Moisture content</i>	39,21	35,82	34,55
<b>Limite liquido (%) - <i>Liquid limit</i></b>	<b>36</b>		

Massa tara (g) - <i>Tara weight</i>	70,83
Massa campione umido + tara (g) <i>Moist specimen + tara</i>	74,70
Massa campione secco + tara (g) <i>Dried specimen + tara</i>	74,12
<b>Limite plastico (%) - <i>Plastic limit</i></b>	<b>18</b>



Note - *Remarks*

Direttore *Manager*

Sperimentatore *Technician*

Via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. +39 051 6255377; fax +39 051 4998378  
e-mail laboratorio.geotea@database.it  
Autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore Terre

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	--

- Allegato 8 -

**TABELLA RIASSUNTIVA EVENTI SISMICI - ISIDE**

Valori ricercati dal 01/01/2005 al 27/05/2016 per il comune di San Pietro in Casale ed un'area con distanza di 50 km.

I valori della magnitudo ricercata sono compresi da 3.00 a 10.00. Il numero totale dei terremoti registrati è 293.

Tempo Origine (UTC)	Latitudine	Longitudine	Profondità	Magnitudo	Fonte
4/5/16 8.17	44,349	10,825	33,40	3,2	SURVEY
25/2/16 20.55	44,962	11,171	10,20	3	BULLETIN
20/10/15 10.35	44,897	11,108	6,70	3,5	BULLETIN
24/8/15 3.43	44,259	11,939	21,70	3,5	BULLETIN
18/7/15 15.26	44,276	10,953	8,90	3	BULLETIN
12/12/14 7.01	44,866	11,140	7,40	3,2	BULLETIN
6/9/13 1.45	44,886	11,277	11,40	3,4	BULLETIN
4/9/13 7.03	44,900	11,259	10,20	3,3	BULLETIN
14/6/13 18.22	44,281	11,054	20,30	3,7	BULLETIN
4/5/13 5.11	44,869	11,521	11,10	3,8	BULLETIN
24/3/13 3.08	44,907	11,268	10,00	3	BULLETIN
5/1/13 21.26	45,114	11,661	5,60	3	BULLETIN
13/11/12 15.09	44,902	11,353	7,60	3	BULLETIN
14/9/12 2.47	44,828	11,439	8,70	3	BULLETIN
6/8/12 18.26	44,870	11,259	9,80	3	BULLETIN
16/7/12 10.06	44,851	11,230	9,20	3	BULLETIN
16/7/12 7.15	44,938	10,961	10,40	3,1	BULLETIN
16/7/12 1.00	44,913	10,936	7,70	3	BULLETIN
14/7/12 22.29	44,927	10,931	6,90	3	BULLETIN
1/7/12 21.02	44,857	11,225	9,20	3,2	BULLETIN
25/6/12 6.18	44,856	11,417	7,40	3	BULLETIN
23/6/12 20.18	44,863	11,273	9,20	3,1	BULLETIN
19/6/12 21.48	44,881	11,024	2,70	3,5	REMO
18/6/12 22.02	44,865	10,979	9,10	3,2	REMO
15/6/12 22.13	44,852	11,278	8,30	3,7	REMO
15/6/12 8.59	44,849	11,237	8,00	3,6	REMO
14/6/12 6.48	44,878	10,986	8,60	3,6	REMO
12/6/12 19.09	44,838	11,226	9,80	3,1	REMO
12/6/12 15.56	44,895	10,921	5,00	3,4	REMO
12/6/12 14.57	44,881	10,971	9,00	3	REMO
12/6/12 1.48	44,891	10,922	8,30	3,9	REMO
11/6/12 23.26	44,888	11,016	9,50	3	REMO
11/6/12 14.22	44,883	10,940	7,90	3,1	REMO
11/6/12 8.37	44,888	10,915	8,10	3	REMO
9/6/12 13.25	44,871	11,084	8,00	3,4	REMO
9/6/12 5.47	44,852	11,281	8,60	3	REMO
7/6/12 19.56	44,854	10,881	7,00	3,1	REMO
7/6/12 18.00	44,859	11,128	6,90	3,3	REMO
7/6/12 1.47	44,882	10,894	7,40	3,2	REMO
4/6/12 21.59	44,876	11,080	3,30	3	REMO
4/6/12 19.45	44,882	10,938	6,90	3,6	REMO



4/6/12 18.04	44,891	10,905	7,80	3,2	REMO
4/6/12 17.48	44,892	10,905	7,80	3,1	REMO
4/6/12 7.21	44,883	10,972	8,70	3,2	REMO
4/6/12 7.04	44,882	10,966	8,30	3,4	REMO
4/6/12 6.55	44,881	10,966	8,50	3,8	REMO
4/6/12 4.47	44,881	11,053	7,90	3,2	REMO
3/6/12 23.40	44,864	10,956	8,90	3,1	REMO
3/6/12 23.39	44,852	11,131	7,20	3,3	REMO
3/6/12 22.27	44,886	10,947	8,60	3,1	REMO
3/6/12 20.19	44,883	10,941	3,60	3,5	REMO
3/6/12 19.30	44,887	10,905	8,20	3,3	REMO
3/6/12 19.20	44,886	10,950	8,70	4,7	REMO
3/6/12 17.57	44,882	10,974	8,60	3,8	REMO
3/6/12 17.48	44,881	10,973	8,90	3,4	REMO
2/6/12 10.15	44,883	11,016	6,80	3,3	REMO
2/6/12 6.09	44,881	10,996	8,70	3	REMO
1/6/12 23.07	44,896	10,936	3,40	3,5	REMO
1/6/12 22.50	44,885	11,236	4,80	3,2	REMO
1/6/12 12.22	44,862	10,959	8,60	3,6	REMO
1/6/12 8.39	44,864	10,958	8,70	3,4	REMO
31/5/12 19.43	44,876	11,023	9,60	3,2	REMO
31/5/12 19.09	44,880	10,914	8,50	3	BULLETIN
31/5/12 19.04	44,881	10,984	6,80	3,8	REMO
31/5/12 18.55	44,879	10,979	10,40	3,6	REMO
31/5/12 15.16	44,859	10,916	8,80	3,3	REMO
31/5/12 14.58	44,866	10,874	8,20	3,7	REMO
31/5/12 11.18	44,792	11,452	9,50	3,2	REMO
31/5/12 11.03	44,865	10,959	9,50	3,2	REMO
31/5/12 4.21	44,842	11,227	8,60	3,6	REMO
31/5/12 0.36	44,901	10,969	7,00	3,1	REMO
30/5/12 15.14	44,903	10,912	6,20	3	REMO
30/5/12 14.15	44,861	11,082	7,80	3	REMO
30/5/12 12.01	44,872	11,072	3,50	3,2	REMO
30/5/12 8.51	44,919	10,916	8,00	3	BULLETIN
30/5/12 8.48	44,831	11,160	9,90	3,3	REMO
30/5/12 7.25	44,871	11,083	7,90	3,1	REMO
30/5/12 6.00	44,901	10,934	3,80	3,8	REMO
30/5/12 5.07	44,887	10,939	5,20	3,3	REMO
30/5/12 3.15	44,897	11,038	7,50	3,1	REMO
30/5/12 2.46	44,888	11,045	5,90	3,3	REMO
30/5/12 2.12	44,893	10,975	7,60	3,1	BULLETIN
29/5/12 21.17	44,861	11,081	8,60	3	REMO
29/5/12 21.16	44,901	10,923	4,00	3	REMO
29/5/12 19.28	44,901	10,882	3,80	3	REMO
29/5/12 19.25	44,872	11,026	4,00	3	REMO
29/5/12 18.59	44,853	11,178	7,70	3	REMO
29/5/12 18.52	44,881	11,001	7,80	3,1	REMO

29/5/12 18.44	44,855	11,106	3,30	3,1	REMO
29/5/12 18.43	44,909	10,945	7,60	3,2	BULLETIN
29/5/12 18.34	44,891	10,965	3,40	3	REMO
29/5/12 18.29	44,897	10,928	5,60	3,2	REMO
29/5/12 18.28	44,891	10,926	5,10	3,8	REMO
29/5/12 18.14	44,860	11,210	9,30	3	REMO
29/5/12 16.22	44,887	11,045	6,40	3	REMO
29/5/12 15.31	44,861	11,146	6,00	3,1	REMO
29/5/12 15.11	44,917	10,986	7,90	3,2	BULLETIN
29/5/12 14.57	44,862	11,117	3,70	3	REMO
29/5/12 14.39	44,891	11,028	8,00	3,9	REMO
29/5/12 14.31	44,896	11,008	7,90	3,5	REMO
29/5/12 14.30	44,860	11,080	8,00	3	REMO
29/5/12 14.00	44,892	10,903	5,40	3	REMO
29/5/12 13.59	44,915	10,911	8,00	3,1	BULLETIN
29/5/12 13.24	44,890	10,936	6,50	3,2	REMO
29/5/12 12.49	44,900	10,932	5,50	3	REMO
29/5/12 11.44	44,889	10,988	7,80	3,1	REMO
29/5/12 11.19	44,889	11,031	6,10	3,1	REMO
29/5/12 11.18	44,875	11,028	7,50	3,1	BULLETIN
29/5/12 11.14	44,895	10,902	5,80	3,1	REMO
29/5/12 11.13	44,871	11,047	21,60	3,3	BULLETIN
29/5/12 11.10	44,880	11,040	2,90	3,2	REMO
29/5/12 11.09	44,904	10,915	5,90	3,6	REMO
29/5/12 11.07	44,893	11,033	8,00	4	REMO
29/5/12 11.00	44,866	10,976	7,20	5,1	BULLETIN
29/5/12 11.00	44,856	10,941	8,70	5	REMO
29/5/12 10.55	44,865	10,980	4,40	5,3	REMO
29/5/12 10.27	44,874	10,922	7,90	3,4	REMO
29/5/12 10.27	44,870	11,102	9,90	3,6	REMO
29/5/12 10.26	44,881	11,122	9,20	3,1	REMO
29/5/12 10.14	44,861	10,958	8,20	3,3	REMO
29/5/12 10.03	44,857	11,101	2,50	4	REMO
29/5/12 9.48	44,913	10,974	7,60	3	BULLETIN
29/5/12 9.30	44,860	11,093	5,90	3,7	REMO
29/5/12 9.29	44,884	11,002	6,40	4,1	REMO
29/5/12 9.24	44,861	11,007	9,50	3,4	BULLETIN
29/5/12 9.14	44,890	11,028	7,50	3,5	REMO
29/5/12 9.12	44,871	10,966	8,00	3,1	REMO
29/5/12 9.03	44,847	11,133	4,40	3	REMO
29/5/12 9.01	44,897	11,010	6,20	3,5	REMO
29/5/12 8.58	44,878	10,927	3,70	3,2	REMO
29/5/12 8.47	44,904	10,969	7,70	3,5	BULLETIN
29/5/12 8.41	44,877	10,947	6,50	4,1	REMO
29/5/12 8.40	44,870	10,966	4,10	4,1	REMO
29/5/12 8.38	44,868	10,954	7,70	3,6	REMO
29/5/12 8.35	44,881	11,024	7,80	3,8	BULLETIN

29/5/12 8.31	44,860	11,114	7,90	3,1	BULLETIN
29/5/12 8.27	44,883	11,042	6,00	4,6	REMO
29/5/12 8.25	44,865	10,948	7,90	5	REMO
29/5/12 8.18	44,855	11,025	8,60	3,1	BULLETIN
29/5/12 8.15	44,860	11,085	6,80	3,8	REMO
29/5/12 8.14	44,848	11,152	6,40	3,9	REMO
29/5/12 8.12	44,890	11,028	7,40	3,5	REMO
29/5/12 8.04	44,856	11,067	9,30	3	REMO
29/5/12 8.00	44,887	11,116	18,80	3	REMO
29/5/12 7.59	44,876	11,056	7,40	3,3	REMO
29/5/12 7.55	44,878	11,073	8,10	3,1	REMO
29/5/12 7.54	44,872	11,051	10,50	3,2	REMO
29/5/12 7.49	44,861	11,131	4,20	3,7	REMO
29/5/12 7.44	44,874	11,023	9,80	3	REMO
29/5/12 7.42	44,875	11,036	7,20	3	REMO
29/5/12 7.35	44,882	11,068	10,60	3,2	REMO
29/5/12 7.34	44,906	11,006	8,40	3,8	REMO
29/5/12 7.32	44,851	11,141	7,60	3,2	REMO
29/5/12 7.30	44,860	11,054	5,50	3,2	REMO
29/5/12 7.27	44,868	11,095	8,60	3,2	REMO
29/5/12 7.20	44,861	11,104	8,20	3,2	BULLETIN
29/5/12 7.18	44,853	11,072	11,00	3,6	REMO
29/5/12 7.17	44,865	11,071	8,50	3,2	REMO
29/5/12 7.14	44,884	11,128	10,10	3,5	REMO
29/5/12 7.13	44,869	10,932	8,40	3,6	REMO
29/5/12 7.13	44,850	11,149	7,80	3,2	BULLETIN
29/5/12 7.12	44,858	11,159	6,50	3,8	REMO
29/5/12 7.11	44,853	11,112	7,70	3,6	REMO
29/5/12 7.09	44,864	11,102	7,70	3,6	BULLETIN
29/5/12 7.08	44,811	11,189	9,30	3,6	BULLETIN
29/5/12 7.07	44,846	10,990	3,50	4	REMO
29/5/12 7.00	44,842	11,066	8,10	5,6	REMO
28/5/12 21.27	44,839	11,225	9,10	3,3	REMO
27/5/12 20.25	44,857	11,168	4,50	3,8	REMO
27/5/12 18.18	44,871	11,164	6,00	3,8	REMO
27/5/12 6.39	44,833	11,349	7,30	3,1	REMO
27/5/12 2.55	44,841	11,357	5,00	3,2	REMO
26/5/12 21.07	44,826	11,163	10,20	3,8	REMO
26/5/12 16.46	44,842	11,230	8,90	3,2	REMO
26/5/12 16.23	44,790	11,422	9,60	3,2	REMO
26/5/12 5.51	44,841	11,226	8,90	3,4	REMO
25/5/12 13.54	44,867	11,087	3,10	3,4	REMO
25/5/12 13.14	44,869	11,091	4,00	3,7	REMO
25/5/12 12.45	44,865	11,087	3,80	3,8	REMO
25/5/12 10.31	44,841	11,222	8,90	3,9	REMO
25/5/12 5.27	44,858	11,315	7,50	3,2	REMO
24/5/12 14.34	44,846	11,245	7,80	3,3	REMO

24/5/12 6.26	44,837	11,160	8,50	3,4	REMO
24/5/12 4.29	44,881	11,300	3,10	3,1	REMO
23/5/12 23.27	44,873	11,133	3,90	3	REMO
23/5/12 21.41	44,846	11,244	8,70	3,9	REMO
23/5/12 16.41	44,859	11,087	7,10	3,2	REMO
23/5/12 14.17	44,864	11,084	6,70	3	REMO
23/5/12 8.48	44,801	11,433	6,00	3,2	REMO
23/5/12 6.51	44,853	11,189	6,20	3,7	REMO
22/5/12 12.46	44,880	11,202	7,00	3,4	BULLETIN
22/5/12 9.53	44,855	11,219	7,70	3	REMO
22/5/12 9.31	44,859	11,234	7,50	3,8	REMO
22/5/12 8.21	44,849	11,088	12,20	3,2	REMO
22/5/12 6.11	44,859	11,070	9,00	3,7	REMO
22/5/12 1.55	44,842	11,218	8,00	3,2	REMO
21/5/12 18.36	44,862	11,293	4,20	3,3	REMO
21/5/12 18.35	44,861	11,234	8,10	3,5	REMO
21/5/12 18.30	44,852	11,396	4,00	3,1	REMO
21/5/12 18.02	44,857	11,233	7,90	3,6	REMO
21/5/12 18.00	44,856	11,239	4,00	3,4	REMO
21/5/12 17.25	44,858	11,133	3,80	3,1	REMO
21/5/12 16.37	44,866	11,306	3,60	4,1	REMO
21/5/12 16.32	44,839	11,232	8,50	3,5	REMO
21/5/12 13.06	44,885	11,259	4,00	3,3	REMO
21/5/12 9.20	44,830	11,091	8,70	3,1	REMO
21/5/12 8.04	44,873	11,222	6,30	3,1	REMO
21/5/12 8.01	44,872	11,222	6,60	3,3	REMO
21/5/12 2.35	44,854	11,173	5,90	3,1	REMO
21/5/12 1.03	44,850	11,112	5,50	3,8	REMO
20/5/12 23.04	44,841	11,323	6,90	3,7	REMO
20/5/12 22.22	44,805	11,416	5,80	3,6	REMO
20/5/12 19.26	44,862	11,160	4,10	3,1	REMO
20/5/12 18.11	44,862	11,235	7,60	3,3	REMO
20/5/12 17.52	44,856	11,226	8,30	3,1	REMO
20/5/12 17.40	44,885	11,245	3,70	3,6	REMO
20/5/12 17.38	44,880	11,253	3,70	4,6	REMO
20/5/12 17.37	44,865	11,305	5,40	4,2	REMO
20/5/12 17.20	44,868	11,266	4,30	3,1	REMO
20/5/12 16.50	44,865	11,209	4,10	3	REMO
20/5/12 14.51	44,865	11,294	6,20	3,8	REMO
20/5/12 13.21	44,833	11,351	8,30	4,1	REMO
20/5/12 13.18	44,814	11,441	3,40	4,9	REMO
20/5/12 13.01	44,879	11,288	4,60	3,3	REMO
20/5/12 12.50	44,853	11,299	8,50	3,9	REMO
20/5/12 11.22	44,883	11,218	7,50	3,1	BULLETIN
20/5/12 10.59	44,875	11,332	8,40	3,5	BULLETIN
20/5/12 10.51	44,879	11,223	7,60	3,3	BULLETIN
20/5/12 10.12	44,893	11,137	6,80	3,9	BULLETIN



20/5/12 9.13	44,868	11,236	7,20	4,2	BULLETIN
20/5/12 8.47	44,898	11,185	10,00	3,4	BULLETIN
20/5/12 8.15	44,887	11,092	5,40	3,6	BULLETIN
20/5/12 7.42	44,847	11,153	8,80	3,5	BULLETIN
20/5/12 7.33	44,834	11,549	10,00	3,1	BULLETIN
20/5/12 7.23	44,873	11,409	5,00	3,6	BULLETIN
20/5/12 6.32	44,889	11,101	6,80	3,2	BULLETIN
20/5/12 6.13	44,884	11,173	6,10	3,2	BULLETIN
20/5/12 4.57	44,890	11,130	26,30	3,1	BULLETIN
20/5/12 4.50	44,919	11,258	10,00	3	BULLETIN
20/5/12 4.33	44,886	11,188	7,00	3,3	BULLETIN
20/5/12 3.34	44,873	11,228	7,00	3,3	BULLETIN
20/5/12 3.32	44,861	11,386	6,30	3,3	BULLETIN
20/5/12 3.24	44,823	11,090	10,00	3	BULLETIN
20/5/12 3.09	44,901	11,214	5,50	3,7	BULLETIN
20/5/12 3.09	44,738	11,447	10,00	3,2	BULLETIN
20/5/12 3.07	44,896	11,123	5,70	3,7	BULLETIN
20/5/12 3.02	44,860	11,152	9,10	5	BULLETIN
20/5/12 3.00	44,786	11,414	5,00	3,1	BULLETIN
20/5/12 2.57	44,850	11,260	6,40	3,2	BULLETIN
20/5/12 2.57	44,904	11,174	5,00	3	BULLETIN
20/5/12 2.54	44,897	11,103	3,50	3	BULLETIN
20/5/12 2.52	44,898	11,106	4,60	3,2	BULLETIN
20/5/12 2.46	44,847	11,366	5,00	3,4	BULLETIN
20/5/12 2.42	44,841	11,176	9,80	3,7	BULLETIN
20/5/12 2.41	44,894	11,201	5,00	3,3	BULLETIN
20/5/12 2.40	44,834	11,361	10,30	3,6	BULLETIN
20/5/12 2.39	44,881	11,227	6,60	4	BULLETIN
20/5/12 2.37	44,888	11,140	5,50	3,7	BULLETIN
20/5/12 2.35	44,825	11,479	25,90	4	BULLETIN
20/5/12 2.34	44,841	11,383	6,60	3,3	BULLETIN
20/5/12 2.32	44,913	11,242	8,40	3,8	BULLETIN
20/5/12 2.29	44,836	11,431	5,00	3,5	BULLETIN
20/5/12 2.26	44,876	11,375	7,30	3,6	BULLETIN
20/5/12 2.25	44,851	11,306	6,40	3,9	BULLETIN
20/5/12 2.21	44,890	11,115	4,90	4,1	BULLETIN
20/5/12 2.20	44,852	10,948	5,00	4,2	BULLETIN
20/5/12 2.20	44,867	11,398	5,00	3,7	BULLETIN
20/5/12 2.19	44,828	11,513	5,00	3,4	BULLETIN
20/5/12 2.16	44,885	11,093	6,00	3,2	BULLETIN
20/5/12 2.12	44,870	11,219	6,70	4,3	BULLETIN
20/5/12 2.11	44,860	11,341	10,90	4,3	BULLETIN
20/5/12 2.09	44,834	11,340	4,90	4,3	BULLETIN
20/5/12 2.07	44,874	11,270	6,10	5	BULLETIN
20/5/12 2.06	44,905	11,165	4,30	4,8	BULLETIN
20/5/12 2.06	44,879	11,120	5,00	4,8	BULLETIN
20/5/12 2.03	44,896	11,264	9,50	5,8	BULLETIN

19/5/12 23.13	44,911	11,247	9,30	4	BULLETIN
4/11/11 11.05	44,733	11,495	31,60	3	BULLETIN
27/7/11 1.13	44,993	11,315	2,00	3	BULLETIN
17/7/11 18.30	45,010	11,367	2,40	4,5	BULLETIN
17/7/11 18.22	45,023	11,300	4,40	3,1	BULLETIN
6/12/10 2.48	44,370	11,495	22,70	3,1	BULLETIN
5/12/10 8.17	44,352	11,528	24,70	3,2	BULLETIN
21/11/10 15.10	44,459	10,903	25,80	3,4	BULLETIN
19/9/10 0.00	44,255	11,583	29,00	3,4	BULLETIN
16/9/10 6.20	44,417	10,987	25,20	3,3	BULLETIN
16/11/09 22.21	44,878	11,415	1,00	3	BULLETIN
9/11/09 4.06	44,281	11,024	63,00	3,2	BULLETIN
23/7/08 3.22	44,893	11,193	2,00	3,2	BULLETIN
7/6/08 4.25	44,890	11,271	1,30	3	BULLETIN
7/4/08 7.30	44,394	10,935	16,00	3	BULLETIN
14/2/07 23.10	44,306	12,029	17,60	3,3	BULLETIN
27/3/06 8.04	44,258	11,009	59,40	3,6	BULLETIN

 <p><b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com</p>	<p>MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b></p>	<p>RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016</p>
---	---	--

- Allegati 9/12 -

**VALORI DEI PARAMETRI  $A_G$ ,  $F_O$ ,  $T^*_C$**

---

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**


---

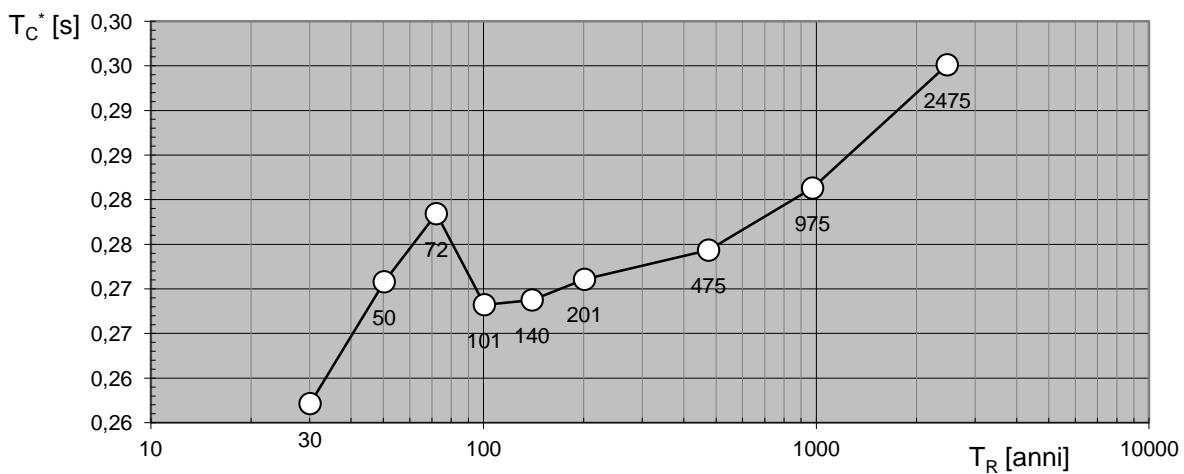
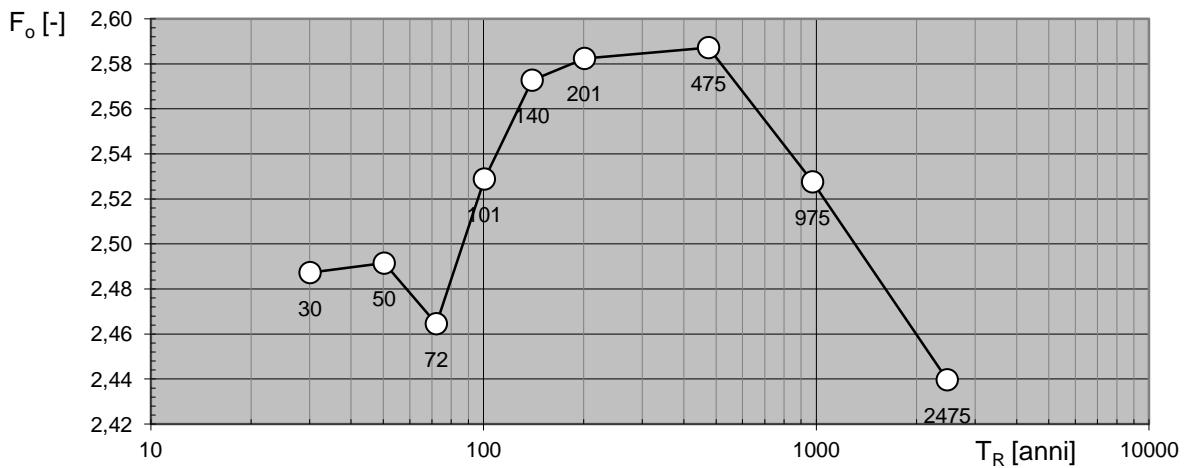
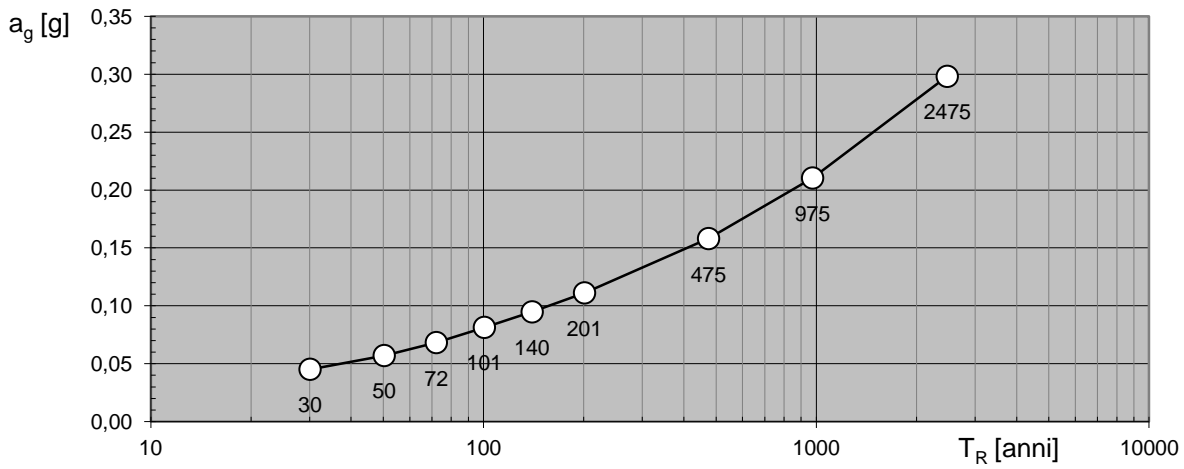
$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0,045	2,487	0,257
50	0,057	2,491	0,271
72	0,068	2,465	0,278
101	0,081	2,529	0,268
140	0,095	2,573	0,269
201	0,111	2,582	0,271
475	0,158	2,587	0,274
975	0,210	2,528	0,281
2475	0,298	2,440	0,295

---

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.



**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  : variabilità col periodo di ritorno  $T_R$**



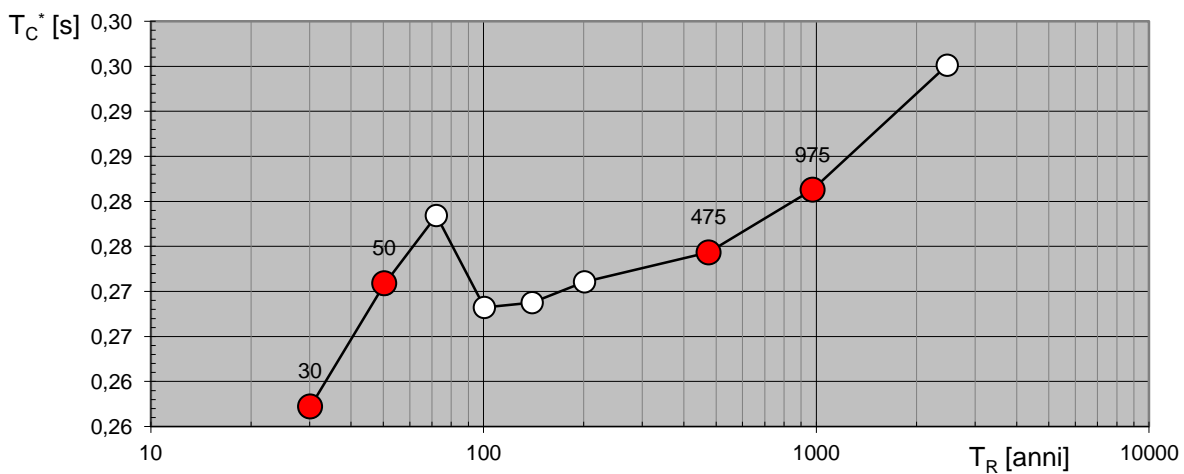
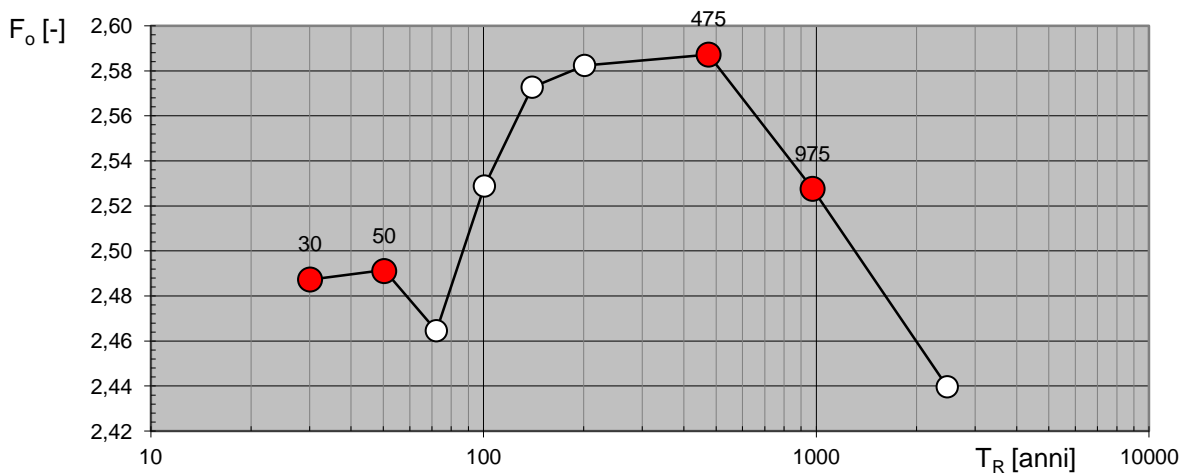
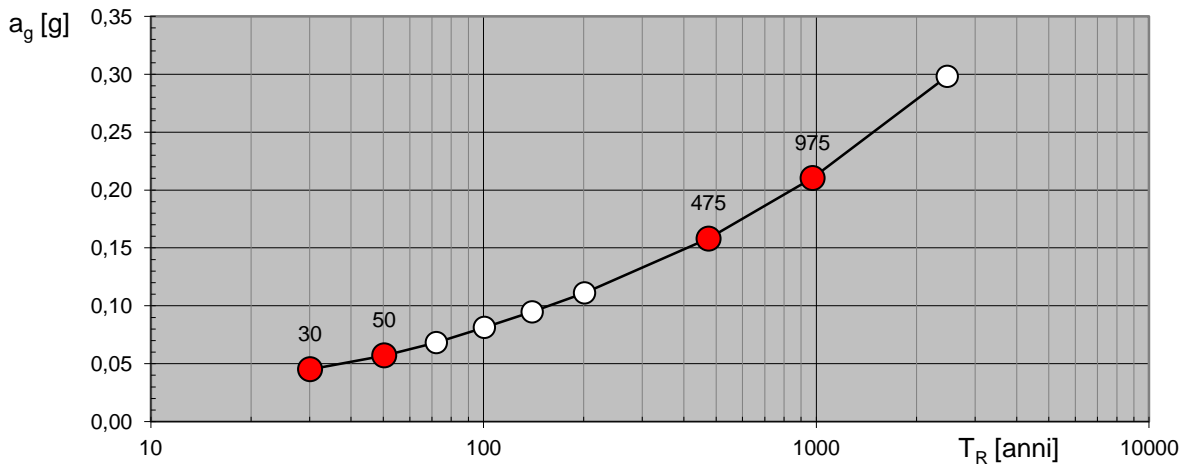
La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0,045	2,487	0,257
SLD	50	0,057	2,491	0,271
SLV	475	0,158	2,587	0,274
SLC	975	0,210	2,528	0,281

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

**Valori di progetto dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  in funzione del periodo di ritorno  $T_R$**



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

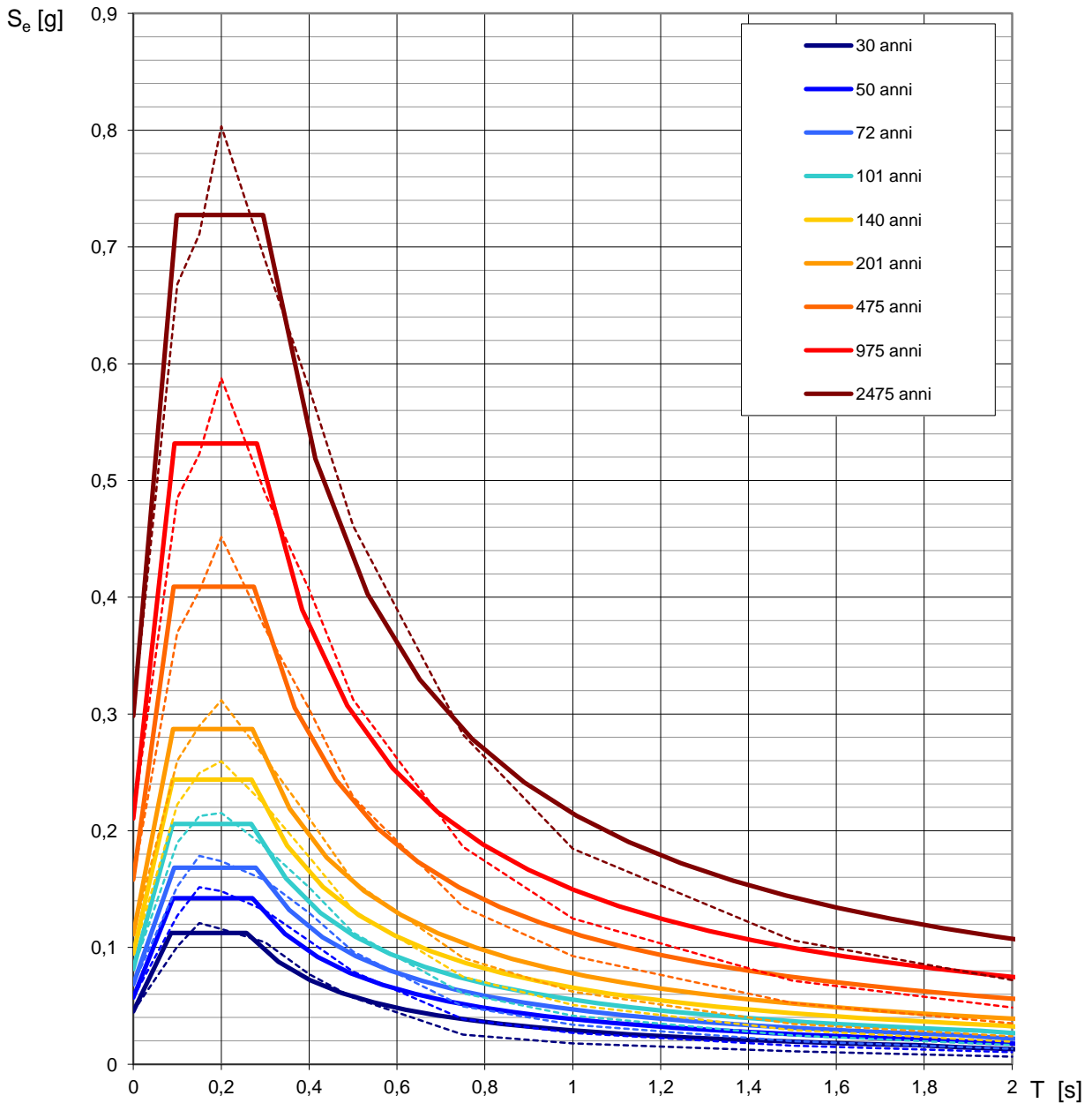
 <p><b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com</p>	<p>MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b></p>	<p>RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016</p>
---	---	--

- Allegati 13/17 -

**SPETTRI DI RISPOSTA E PARAMETRI SLV**



## Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno $T_R$ di riferimento

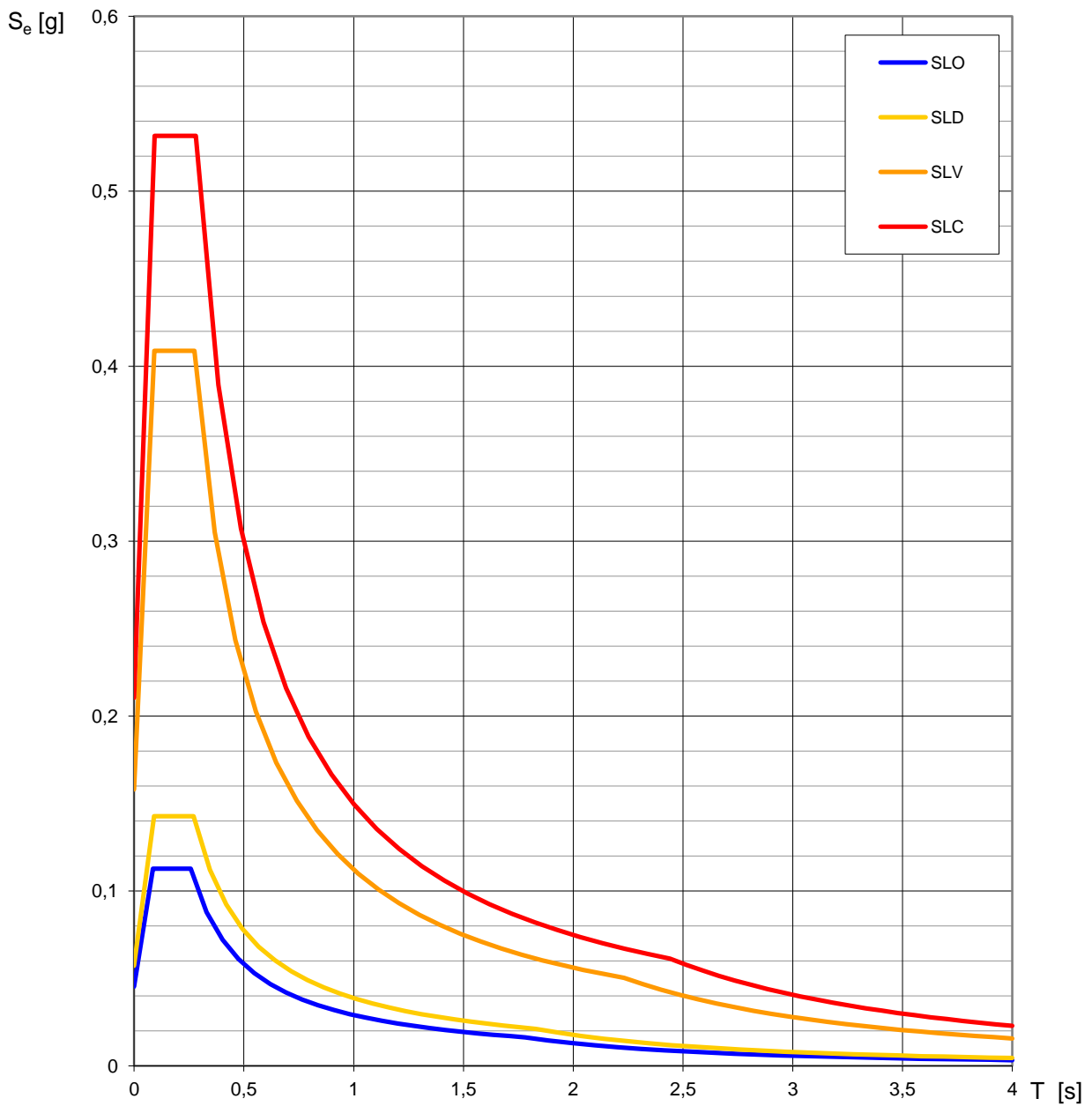


**NOTA:**

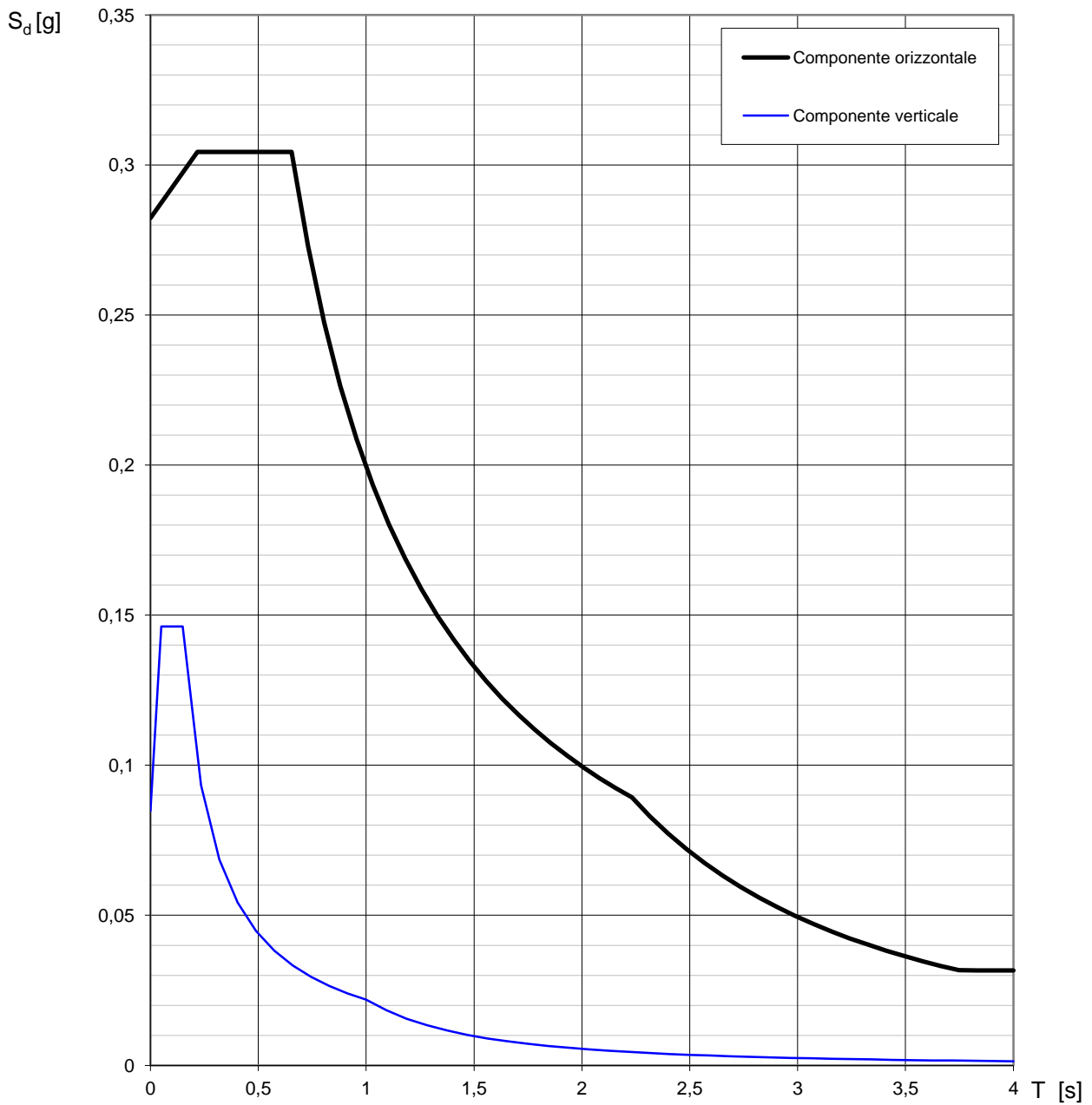
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

## Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,158 g
$F_o$	2,587
$T_C^*$	0,274 s
$S_S$	1,787
$C_C$	2,387
$S_T$	1,000
$q$	2,400

**Parametri dipendenti**

$S$	1,787
$\eta$	0,417
$T_B$	0,218 s
$T_C$	0,655 s
$T_D$	2,232 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,282
$T_B$ ←	0,218	0,304
$T_C$ ←	0,655	0,304
	0,730	0,273
	0,805	0,248
	0,880	0,226
	0,955	0,209
	1,030	0,193
	1,105	0,180
	1,181	0,169
	1,256	0,159
	1,331	0,150
	1,406	0,142
	1,481	0,135
	1,556	0,128
	1,631	0,122
	1,706	0,117
	1,781	0,112
	1,857	0,107
	1,932	0,103
	2,007	0,099
	2,082	0,096
	2,157	0,092
$T_D$ ←	2,232	0,089
	2,316	0,083
	2,400	0,077
	2,485	0,072
	2,569	0,067
	2,653	0,063
	2,737	0,059
	2,821	0,056
	2,906	0,053
	2,990	0,050
	3,074	0,047
	3,158	0,045
	3,242	0,042
	3,327	0,040
	3,411	0,038
	3,495	0,036
	3,579	0,035
	3,663	0,033
	3,747	0,032
	3,832	0,032
	3,916	0,032
	4,000	0,032

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell



**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_{gv}$	0,085 g
$S_S$	1,000
$S_T$	1,000
$q$	1,500
$T_B$	0,050 s
$T_C$	0,150 s
$T_D$	1,000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1,388
$S$	1,000
$\eta$	0,667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,085
$T_B \leftarrow$	0,050	0,146
$T_C \leftarrow$	0,150	0,146
	0,235	0,093
	0,320	0,069
	0,405	0,054
	0,490	0,045
	0,575	0,038
	0,660	0,033
	0,745	0,029
	0,830	0,026
	0,915	0,024
$T_D \leftarrow$	1,000	0,022
	1,094	0,018
	1,188	0,016
	1,281	0,013
	1,375	0,012
	1,469	0,010
	1,563	0,009
	1,656	0,008
	1,750	0,007
	1,844	0,006
	1,938	0,006
	2,031	0,005
	2,125	0,005
	2,219	0,004
	2,313	0,004
	2,406	0,004
	2,500	0,004
	2,594	0,003
	2,688	0,003
	2,781	0,003
	2,875	0,003
	2,969	0,002
	3,063	0,002
	3,156	0,002
	3,250	0,002
	3,344	0,002
	3,438	0,002
	3,531	0,002
	3,625	0,002
	3,719	0,002
	3,813	0,002
	3,906	0,001
	4,000	0,001

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

	<b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	---	--

- Allegato 18 -

**SCHEDA TECNICA RIASSUNTIVA**

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	MIRA IMMOBILIARE S.R.L. PIANO URBANISTICO ATTUATIVO – AMBITO 3 ANS-C (PARTE) SAN PIETRO IN CASALE (BO) <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico</b>	RIF. 064/16-PT-REV00 DEL 30/05/2016 P062/16-ES-REV00 DEL 14/04/2016
--	---	--

### SCHEDA TECNICA RIASSUNTIVA

<b>Ubicazione sito</b>	San Pietro in Casale – parte dell’ambito 3ANS-C
<b>Coordinate WGS84</b>	Latitudine 44.691315°; Longitudine 11.394219°
<b>Intervento previsto</b>	P.U.A. di una parte dell’ambito 3ANS-C
<b>Profondità falda in data 18/05/2016</b>	mt 1.95/1.90/1.30 dal piano campagna
<b>Tipologia indagini eseguite</b>	CPTU + analisi campioni di terreno
<b>Numero indagini</b>	3 + 3
<b>Profondità raggiunte con CPTU</b>	20.03/20.01 mt
<b>Profondità prelievo campioni di terreno</b>	1.30 – 2.00 mt da p.c.
<b>Zona sismica</b>	3 (PGA <0.05g)
<b>PGA locale</b>	0.28g
<b>Categoria di sottosuolo</b>	D
<b>Categoria topografica</b>	T1
<b>Dilatanza</b>	Non attesa
<b>Liquefazione</b>	Si veda capitolo dedicato
<b>Classe d’uso</b>	II
<b>Coefficiente <math>c_u</math></b>	1.0
<b><math>a_g</math> - SLV</b>	0.158g
<b><math>F_0</math> - SLV</b>	2.587
<b><math>T^*_c</math> - SLV</b>	0.274 sec
<b>Coefficiente <math>S_s</math></b>	1.787
<b>Coefficiente <math>C_c</math></b>	2.387
<b>Vita nominale</b>	50 anni
<b>Stato limite</b>	SLV