



PROVINCIA DI MODENA

Area Lavori Pubblici

Direttore Ing. Alessandro Manni

Servizio Lavori Speciali e Manutenzione Opere Pubbliche

telefono 059 209 623 fax 059 343 706

viale Jacopo Barozzi 340 - 41124 Modena c.f. e p.i. 01375710363

centralino 059 209 111 www.provincia.modena.it provinciadi.modena@cert.provincia.modena.it

Servizio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 - Registrazione N. 3256 -A-

POTENZIAMENTO DEL COLLEGAMENTO FRA
S.S. n° 12 "ABETONE - BRENNERO" E S.P. n° 413 "ROMANA"
CON NUOVO PONTE SUL FIUME SECCHIA IN LOCALITA' PASSO DELL'UCCELLINO
1° LOTTO
ALLARGAMENTO DELLA S.P. n° 413 NEL TRATTO COMPRESO FRA IL
SISTEMA TANGENZIALE DI MODENA E LA S.P. n° 13 DI CAMPOGALLIANO

PROGETTO ESECUTIVO

RIFERIMENTO ELABORATO

PE 02

RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA

PROT. n°

4793

SCALA

DATA

MAGGIO 2018

CL. 11.15.02

DEL

14 FEB. 2019

FASC. 65

SUB /

revisione	data	descrizione	redatto	controllato	approvato

N



ubicazione intervento

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Alessandro Manni

PROGETTISTA

Dott. Ing. Eugenio Santi

COLLABORATORI ALLA PROGETTAZIONE

Geom. Alberto Garuti

Geom. Eleonora Montaguti

Geom. Paolo Lancellotti

COORDINATORE IN MATERIA DI SICUREZZA E DI SALUTE DURANTE LA
PROGETTAZIONE DELL'OPERA

Dott. Ing. Eugenio Santi

CONSULENTE GEOLOGICO

Dott. Antonio Gatti



Eugenio Santi

Alberto Garuti

Eleonora Montaguti

Paolo Lancellotti

Eugenio Santi

Antonio Gatti

INDICE GENERALE

1. PREMESSA	1
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-AMMINISTRATIVO	1
3. INQUADRAMENTO NORMATIVO	6
4. USO DEL SUOLO, VINCOLI AMBIENTALI E CULTURALI	7
5. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO	13
6. INDAGINI REALIZZATE	24
7. VERIFICA A LIQUEFAZIONE	25
8. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEL SITO	82
9. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E LOCALE	99
10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	130
11. ALLEGATI	131

1. PREMESSA

Il presente lavoro costituisce parte integrante del progetto per la realizzazione dei lavori di allargamento della sede stradale sulla S.P. 413 "Romana" in località San Pancrazio in comune di Modena.

Si tratta in dettaglio dello studio dei terreni di fondazione alla base nord-est del rilevato stradale esistente che dovrebbe ospitare il nuovo ampliamento della carreggiata tra la frazione di San Pancrazio e la rotatoria con la S.P. 13 di Campogalliano.

L'indagine è stata effettuata mediante reperimento di materiale bibliografico conoscitivo, sopralluoghi, rilievi diretti sul sito e indagini geognostiche.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO - AMMINISTRATIVO

L'area di studio è ubicata a nord dell'abitato di Modena, in adiacenza all'argine del Fiume Secchia, in località San Pancrazio, in provincia di Modena.

I principali riferimenti sono:

a. Riferimenti cartografici (fig. 2.1 - 2.2)

C.T.R.: Tavola 201 SE "Modena" (1:25.000);
Sezione 201110 "Modena Nord-Ovest" (1:10.000);
Elementi 201111 "Lesignana" (1:5000).

b. Copertura aereofotogrammetrica (fig. 2.4)

- Foto aeree RER 1954
- Foto aeree RER 1973-1978
- Ortofoto digitali AIMA 1996
- Ortofoto digitali Terraitaly 2000
- Ortofoto digitali QB 2003
- Ortofoto AGEA-RER 2008
- Ortofoto AGEA-RER 2011

c. Riferimenti catastali (fig. 2.3)

Foglio 42, Mappale 234 - comune di Modena
Foglio 43, Mappali 271, 272, 273, 274, 275, 276 e 292 - comune di Modena

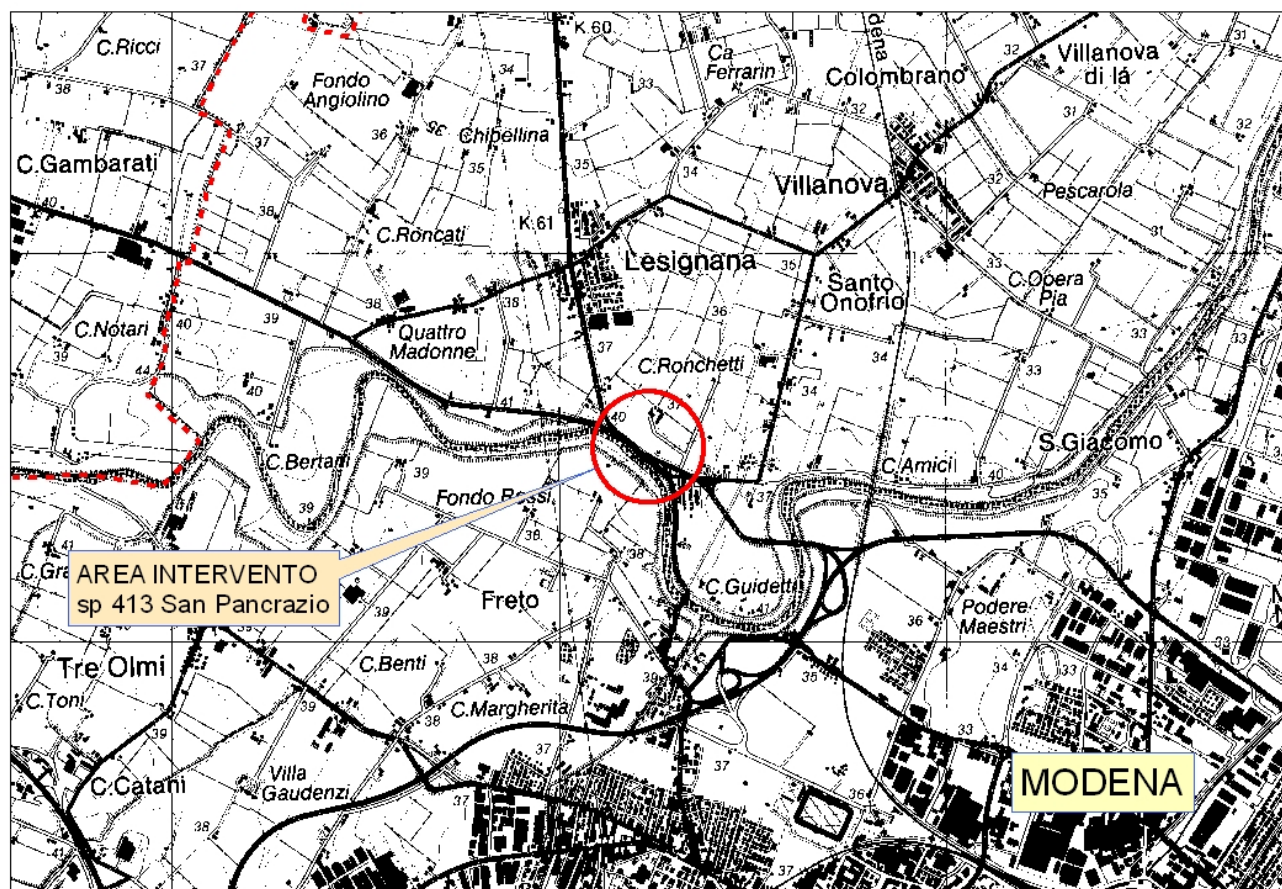


Figura 2.1: Localizzazione area di indagine su C.T.R. a scala 1:25.000.

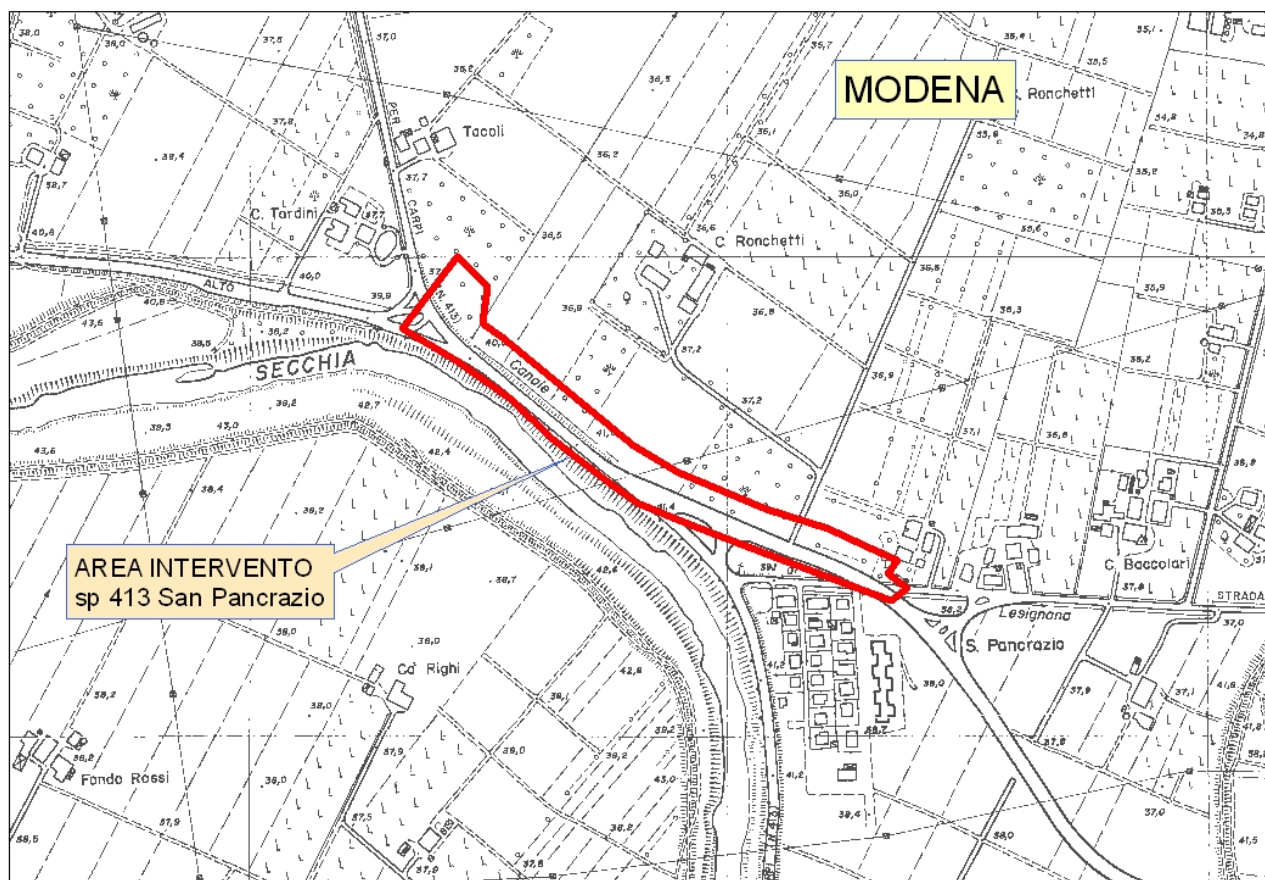


Figura 2.2: Localizzazione area di indagine su C.T.R. a scala 1:5.000.

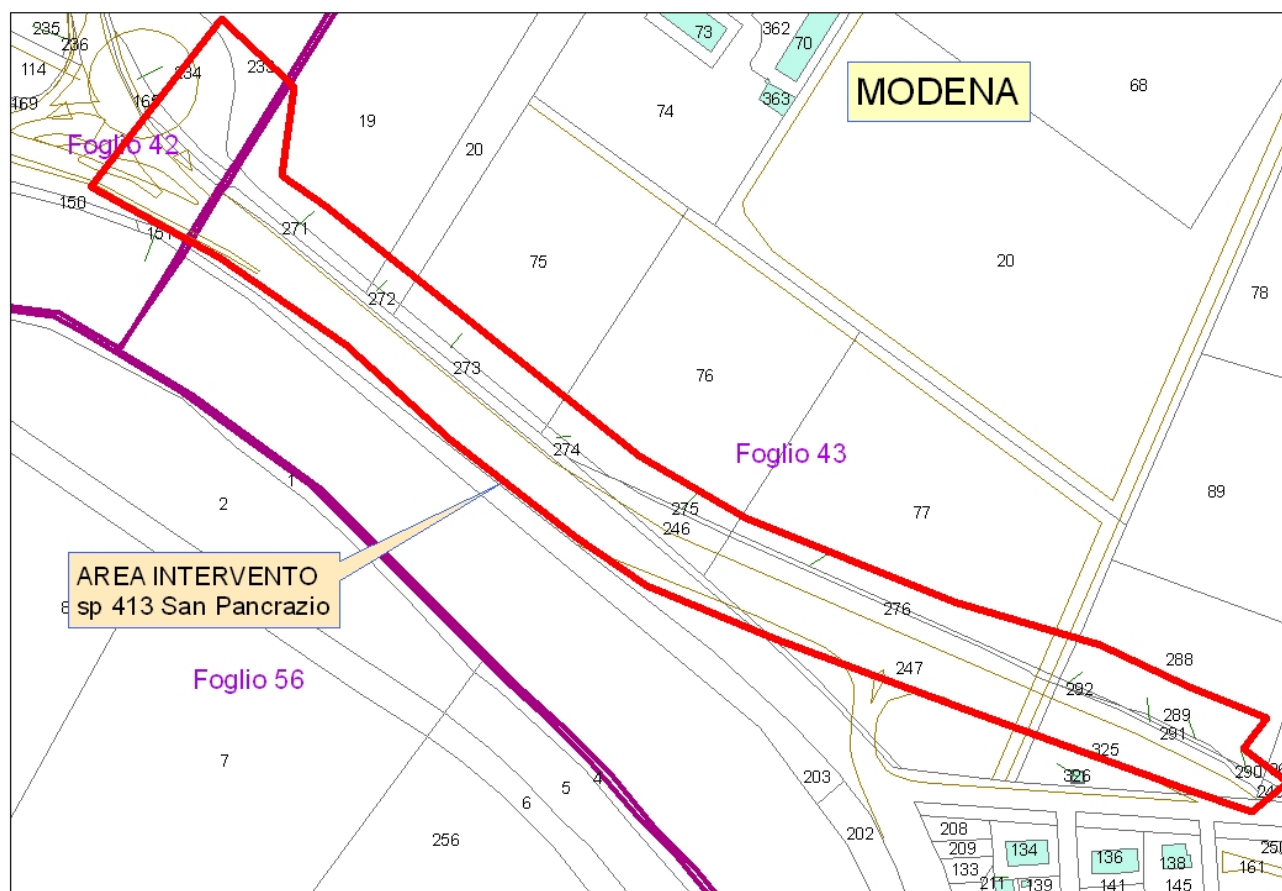


Figura 2.3: Localizzazione area di indagine su planimetria catastale a scala 1:2.000.

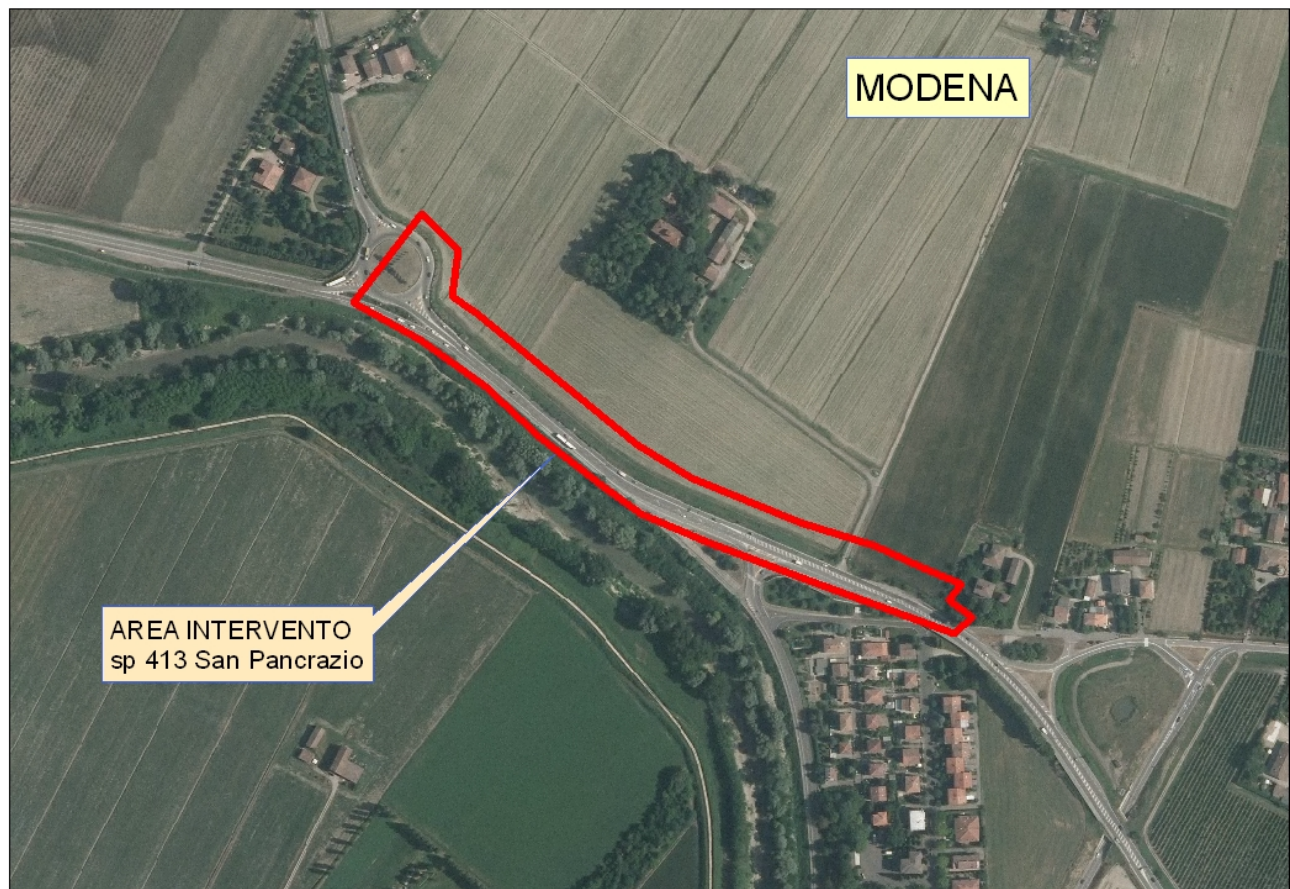


Figura 2.4: Localizzazione area di indagine su Ortofoto satellitare Agea 2011 scala 1:2.000.

3. INQUADRAMENTO NORMATIVO

- **D.P.R. 380/2001**

- **Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003**

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

- **Eurocodice 7**

Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

- **Eurocodice 8**

Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

- **D.M. 14 Gennaio 2008**

Norme Tecniche per le costruzioni.

- **Circolare n. 617 del 02/02/2009**

L'area di intervento non risulta vincolata ai sensi del "Vincolo idrogeologico" (Regio Decreto n.3267 del 30/12/1923 e Legge Regionale n.47 del 07/12/1978).

4. USO DEL SUOLO, VINCOLI AMBIENTALI E CULTURALI

Il territorio interessato dagli interventi in oggetto è costituito da zone agricole e da infrastrutture viarie esistenti come verificato dai rilievi e confermato dalla cartografia dell'uso del suolo pubblicata dalla Regione Emilia-Romagna (ed 2008). Tale area, escludendo le infrastrutture per la mobilità, viene classificata con la sigla "SE" definita come zona di "*Seminativi semplici irrigui*".

Quanto precedentemente descritto si può riscontrare nella Carta dell'Uso del Suolo della Regione Emilia-Romagna (ed. 2008) (fig. 4.1) e nella legenda (fig. 4.2).

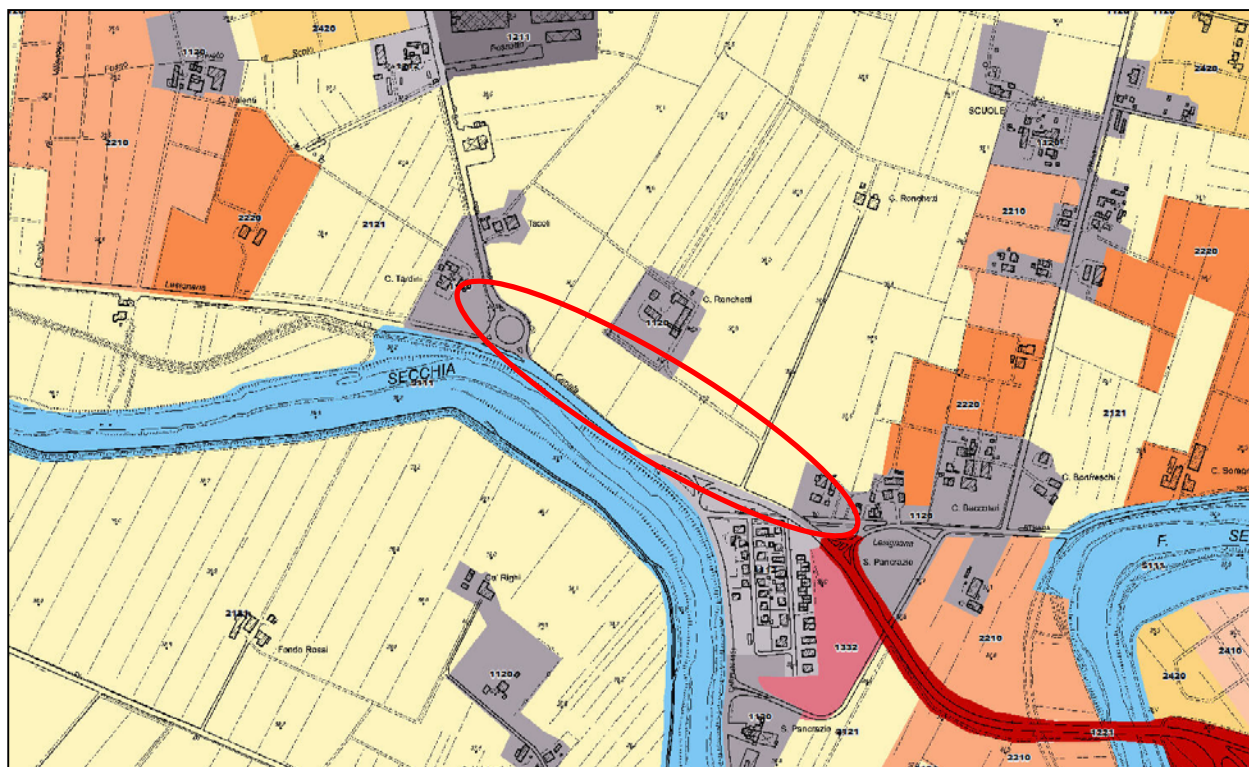


Figura 4.1: Carta Uso del suolo - Regione Emilia-Romagna ed. 2008.

Legenda

Carta Tecnica Regionale

Ctr 25.000

Value

High : 0



Low : 0

Uso del Suolo

Uso del Suolo 2008 Edizione 2011

TERRITORI MODELLATI ARTIFICIALMENTE

- 1.1.1.1 - Ec - Tessuto residenziale compatto e denso
- 1.1.1.2 - Er - Tessuto residenziale rado
- 1.1.2.0 - Ed - Tessuto residenziale discontinuo
- 1.2.1.1 - Ia - Insediamenti produttivi
- 1.2.1.2 - Ic - Insediamenti commerciali
- 1.2.1.3 - Is - Insediamenti di servizi
- 1.2.1.4 - Io - Insediamenti ospedalieri
- 1.2.1.5 - It - Impianti tecnologici
- 1.2.2.1 - Rs - Reti stradali
- 1.2.2.2 - Rf - Reti ferroviarie
- 1.2.2.3 - Rm - Impianti di smistamento merci
- 1.2.2.4 - Rt - Impianti delle telecomunicazioni
- 1.2.2.5 - Re - Reti per la distribuzione e produzione dell'energia
- 1.2.2.6 - Ri - Reti per la distribuzione idrica
- 1.2.3.1 - Nc - Aree portuali commerciali

in evoluzione

- 3.2.3.2 - Ta - Rimboschimenti recenti
- 3.3.1.0 - Ds - Spiagge, dune e sabbie
- 3.3.2.0 - Dr - Rocce nude, falesie e affioramenti
- 3.3.3.1 - Dc - Aree calanchive
- 3.3.3.2 - Dx - Aree con vegetazione rada di altro tipo
- 3.3.4.0 - Di - Aree percorse da incendi

AMBIENTE UMIDO

- 4.1.1.0 - Ui - Zone umide interne
- 4.1.2.0 - Ut - Torbiere
- 4.2.1.1 - Up - Zone umide salmastre
- 4.2.1.2 - Uv - Valli salmastre
- 4.2.1.3 - Ua - Acquaculture in zone umide salmastre
- 4.2.2.0 - Us - Saline

AMBIENTE DELLE ACQUE

- 5.1.1.1 - Af - Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa
- 5.1.1.2 - Av - Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante
- 5.1.1.3 - Ar - Argini
- 5.1.1.4 - Ac - Canali e idrovie
- 5.1.2.1 - An - Bacini naturali
- 5.1.2.2 - Ap - Bacini produttivi
- 5.1.2.3 - Ax - Bacini artificiali
- 5.1.2.4 - Aa - Acquaculture in ambiente continentale
- 5.2.1.1 - Ma - Acquaculture in mare

- 1.2.3.2 - Nd - Aree portuali da diporto
- 1.2.3.3 - Np - Aree portuali per la pesca
- 1.2.4.1 - Fc - Aeroporti commerciali
- 1.2.4.2 - Fs - Aeroporti per volo sportivo e eliporti
- 1.2.4.3 - Fm - Aeroporti militari
- 1.3.1.1 - Qa - Aree estrattive attive
- 1.3.1.2 - Qi - Aree estrattive inattive
- 1.3.2.1 - Qq - Discariche e depositi di cave, miniere e industrie
- 1.3.2.2 - Qu - Discariche di rifiuti solidi urbani
- 1.3.2.3 - Qr - Depositi di rottami
- 1.3.3.1 - Qc - Cantieri e scavi
- 1.3.3.2 - Qs - Suoli rimaneggiati e artefatti
- 1.4.1.1 - Vp - Parchi e ville
- 1.4.1.2 - Vx - Aree incolte urbane
- 1.4.2.1 - Vt - Campeggi e strutture turistico-ricettive
- 1.4.2.2 - Vs - Aree sportive
- 1.4.2.3 - Vd - Parchi di divertimento
- 1.4.2.4 - Vq - Campi da golf
- 1.4.2.5 - Vi - Ippodromi
- 1.4.2.6 - Va - Autodromi
- 1.4.2.7 - Vr - Aree archeologiche
- 1.4.2.8 - Vb - Stabilimenti balneari
- 1.4.3.0 - Vm - Cimiteri

TERRITORI AGRICOLI

- 2.1.1.0 - Sn - Seminativi non irrigui
- 2.1.2.1 - Se - Seminativi semplici irrigui
- 2.1.2.2 - Sv - Vivai

- 2.1.2.3 - So - Colture orticole
- 2.1.3.0 - Sr - Risaie
- 2.2.1.0 - Cv - Vigneti
- 2.2.2.0 - Cf - Frutteti
- 2.2.3.0 - Co - Oliveti
- 2.2.4.1 - Cp - Pioppeti colturali
- 2.2.4.2 - Ci - Altre colture da legno
- 2.3.1.0 - Pp - Prati stabili
- 2.4.1.0 - Zt - Colture temporanee associate a colture permanenti
- 2.4.2.0 - Zo - Sistemi colturali e particellari complessi
- 2.4.3.0 - Ze - Aree con colture agricole e spazi naturali importanti

TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMINATURALI

- 3.1.1.1 - Bf - Boschi a prevalenza di faggi
- 3.1.1.2 - Bq - Boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni
- 3.1.1.3 - Bs - Boschi a prevalenza di salici e pioppi
- 3.1.1.4 - Bp - Boschi planiziali a prevalenza di farnie e frassini
- 3.1.1.5 - Bc - Castagneti da frutto
- 3.1.2.0 - Ba - Boschi di conifere
- 3.1.3.0 - Bm - Boschi misti di conifere e latifoglie
- 3.2.1.0 - Tp - Praterie e brughiere di alta quota
- 3.2.2.0 - Tc - Cespuglieti e arbusteti
- 3.2.3.1 - Tn - Vegetazione arbustiva e arborea

Figura 4.2: Legenda della Carta Uso del suolo - Regione Emilia-Romagna ed. 2008.

Di seguito si illustra la carta 1.1 "Tutela delle risorse paesistiche e storico culturali" del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Modena adottato nel 2009 in cui si evidenzia l'esistenza di:

Ambiti ed elementi territoriali di interesse paesaggistico-ambientale

- Art. 39) Zona di particolare interesse paesaggistico-ambientale

Ambiti ed elementi territoriali di interesse storico culturale

- Art. 44 A) Viabilità storica;

come riportato in figura 4.3.

Se per i lavori di realizzazione dell'intervento in esame non occorre procedere all'abbattimento di vegetazione arborea.

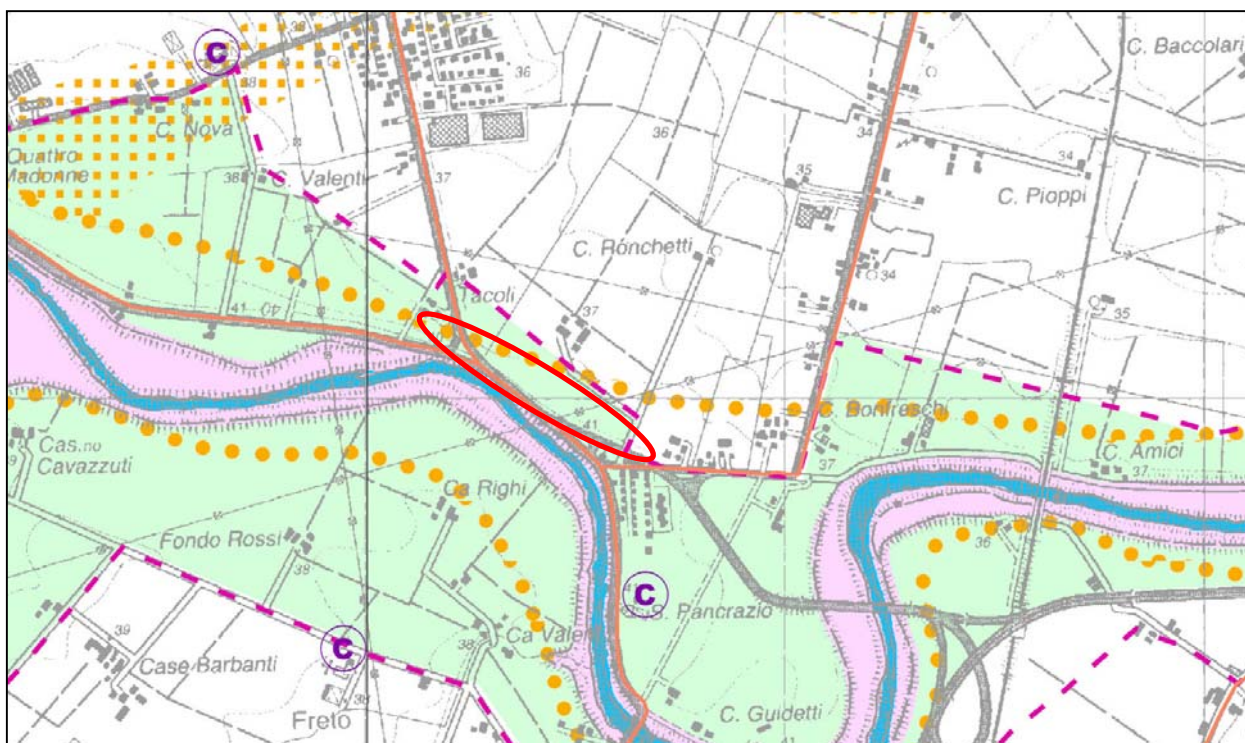


Figura 4.3: Carta 1.1 della Tutela delle risorse paesistiche e storico culturali - PTCP della Provincia di Modena ed. 2009.

VOCI DI LEGENDA	
Rete idrografica e risorse idriche superficiali e sotterranee	
	Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art. 10)
Zone di tutela dei caratteri ambientali di laghi bacini e corsi d'acqua (Art. 9)	
	Fasce di espansione inondabili (Art. 9, comma 2, lettera a)
	Zone di tutela ordinaria (Art. 9, comma 2, lettera b)
	Compresenza di fasce di espansione inondabili e zone di tutela naturalistica
	Zone di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei (Art. 12)
Elementi strutturanti la forma del territorio	
Sistema dei crinali e sistema collinare (Art. 20)	
	Crinale
	Collina
Dossi di pianura (Art. 23A)	
	Paleodossi di accertato interesse (Art. 23A, comma 2, lettera a)
	Dossi di ambito fluviale recente (Art. 23A, comma 2, lettera b)
	Paleodossi di modesta rilevanza (Art. 23A, comma 2, lettera c)
Calanchi (Art. 23B)	
	A Calanchi peculiari (Art. 23B, comma 2, lettera a)
	B Calanchi tipici (Art. 23B, comma 2, lettera b)
	C Forme sub-calanchive (Art. 23B, comma 2, lettera c)
Crinali (Art. 23C)	
	Crinali spartiacque principali (Art. 23C, comma 1, lettera a)
	Crinale spartiacque principale che rappresenta la connotazione fisiografica e paesistica di delimitazione delle regioni Emilia Romagna e Toscana (Art. 23C, comma 1, lettera a)
	Crinali minori (Art. 23C, comma 1, lettera b)
	Patrimonio geologico (Art. 23D)
	Zone di tutela naturalistica (Art. 24)
Rete ecologica provinciale - sistema delle aree protette	
Progetti di tutela, recupero e valorizzazione e "Aree Studio" (Art. 32)	
	Progetti di tutela, recupero e valorizzazione (Art. 32, comma 1)
	Aree studio (Art. 32, comma 4)
Struttura del paesaggio e tutela del paesaggio identitario	
Principali ambiti di paesaggio (Art. 34)	
	Ambito di crinale (Art. 34, comma 4a)
	Ambito di quinta collinare (Art. 34, comma 4b)
	Ambito fluviale di alta pianura (Art. 34, comma 4c)
	Ambito delle valli di bassa pianura (Art. 34, comma 4d)
Ambiti ed elementi territoriali di interesse paesaggistico ambientale	
	Zone di particolare interesse paesaggistico-ambientale (Art. 39)
	Zone di particolare interesse paesaggistico e ambientale soggette a decreto di tutela (Art. 40)
Ambiti ed elementi territoriali di interesse storico culturale - sistema delle risorse archeologiche	
Zone ed elementi di interesse storico archeologico (Art. 41A)	
	Complessi archeologici (Art. 41A, comma 2, lettera a)
	Aree di accertata e rilevante consistenza archeologica (Art. 41A, comma 2, lettera b1)
	Aree di concentrazione di materiali archeologici (Art. 41A, comma 2, lettera b2)
	Fascia di rispetto archeologico della via Emilia (Art. 41A, comma 5)
Zone ed elementi di tutela dell'impianto storico della centuriazione (Art. 41B)	
	Zone di tutela degli elementi della centuriazione (Art. 41B, comma 2, lettera a)
	Elementi della centuriazione (Art. 41B, comma 2, lettera b)
	Insedimenti urbani storici e strutture insediative storiche non urbane (Art. 42)
	Sistema dei terreni interessati dalle partecipanze (Art. 43A)
	Terreni interessati da bonifiche storiche di pianura (Art. 43B)
	Viabilità storica (Art. 44A)
	Viabilità panoramica (Art. 44B)
	Canali storici (Art. 44C)
	Strutture di interesse storico testimoniale (Art. 44D)
	A = Bastione
	B = Bosco
	C = Chiesa
	D = Cimitero
	E = Fornace
	F = Opificio
	G = Oratorio
	H = Ponte
	I = Prato
	L = Risaia
	M = Tabernacolo
	N = Castello
	O = Villa e abitazione
	P = Scuola
	Q = Stazione ferroviaria
	R = Ospedale
	S = Manufatto idraulico
	T = Teatro
	U = Cantina
	V = Museo
	W = Barchessone
	Z = Polveriera

Figura 4.4: Legenda della Carta 1.1 della Tutela delle risorse paesistiche e storico culturali - PTCP della Provincia di Modena ed. 2009.

Di seguito si illustra la carta 1.2 "Tutela delle risorse naturali, forestali e della biodiversità del territorio" del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Modena adottato nel 2009 in cui si evidenzia che l'area di intervento ricade all'interno del corridoio ecologico primario (Art. 28) come mostrato nelle figure 4.5 e 4.6.

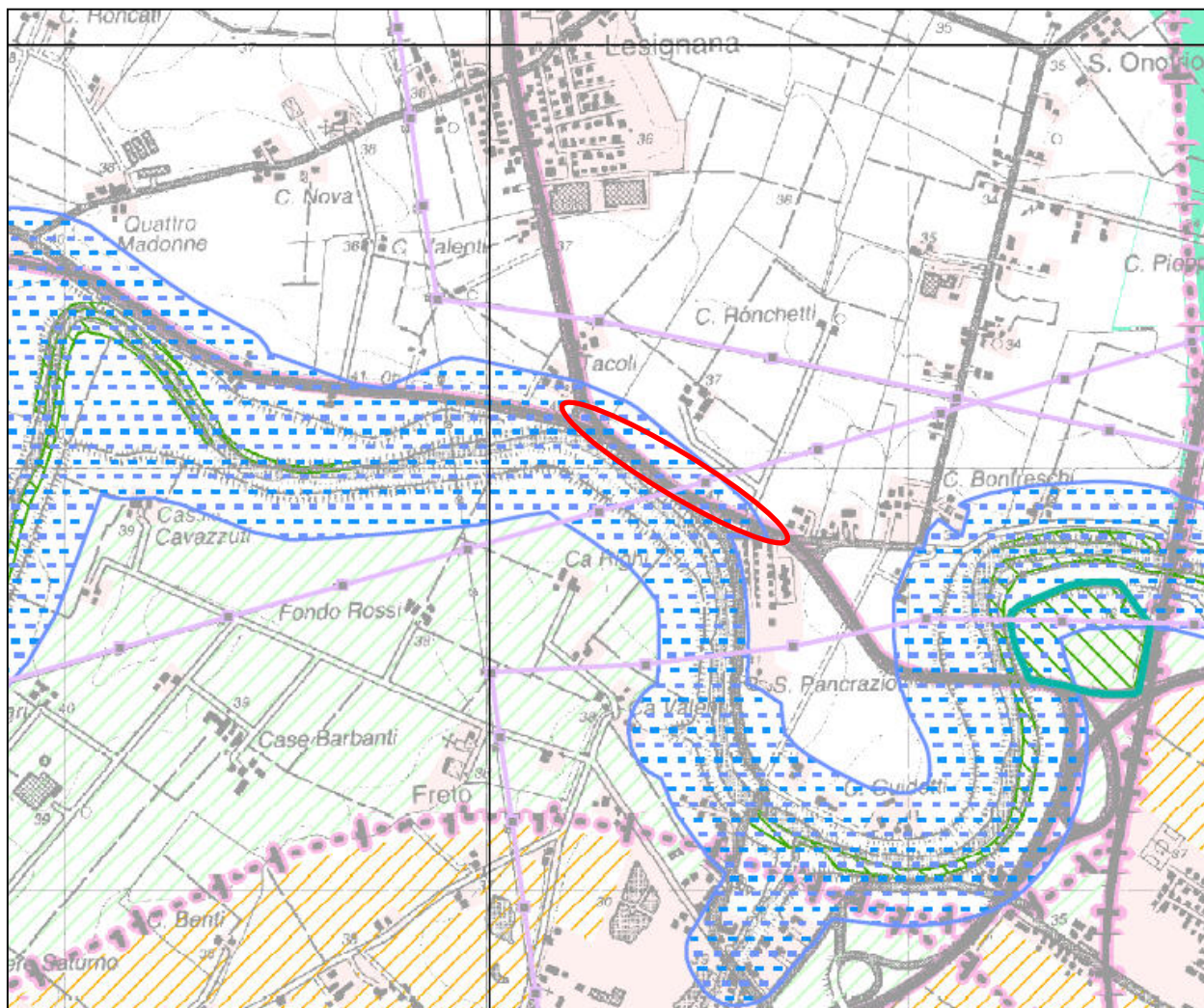


Figura 4.5: Carta 1.2 della Tutela delle risorse naturali, forestali e della biodiversità del territorio - PTCP della Provincia di Modena ed. 2009.



































VOCI DI LEGENDA	
Aree Protette (L.R. 06/2005)	
	Parco Regionale - zona parco (Art.31)
	Parco Regionale - area contigua (Art.31)
	Riserve Naturali (Art.31)
<i>Territori vocati all'ampliamento o istituzione di aree protette (Art.31)</i>	
	Proposta di Aree di Riequilibrio Ecologico
	Proposta di "Paesaggio naturale e seminaturale protetto della collina occidentale modenese"
Parchi Provinciali	
	Parco della Resistenza Monte Santa Giulia
Rete Natura 2000	
	Siti di Importanza Comunitaria - SIC (Art.30)
	Zone di Protezione Speciale - ZPS (Art.30)
	Siti di Importanza Comunitaria e Zone di Protezione Speciale - SIC e ZPS (Art.30)
Sistema forestale boschivo	
	Aree forestali (Art.21)
Elementi funzionali della rete ecologica provinciale	
	Nodi ecologici complessi (Art.28)
	Nodi ecologici semplici (Art.28)
	Corridoi ecologici primari (Art.28)
	Corridoi ecologici secondari (Art.28)
	Connettivo ecologico diffuso (Art.28)
	Direzioni di collegamento ecologico (Art.28)
	Varchi ecologici (Art.28)
Potenziali elementi funzionali alla costituzione della rete ecologica locale	
	Corridoi ecologici locali (Art.29)
	Zone umide
	Maceri principali (Art.44C)
	Fontanili (Art.12A)
	Zona di tutela dei fontanili (Art.12A)
	Mitigazione TAV
	Ambiti agricoli periurbani di rilievo provinciale (Art.72)
Principali fenomeni di frammentazione della rete ecologica	
<i>Insedati</i>	
	Territorio insediato al 2006
<i>Infrastrutturali della mobilità</i>	
	Infrastrutture viarie esistenti
	Infrastrutture ferroviarie esistenti
	Infrastrutture viarie di progetto
	Infrastrutture ferroviarie di progetto
<i>Infrastrutturali tecnologici</i>	
	Sistema elettrodotti ad altissima e alta tensione
	Siti di emittenza radio televisiva individuati dal PLERT
	Opere di regimazione idraulica
	Impianti idrovori
<i>Produttivi</i>	
	Escavazione di inerti

Figura 4.6: Legenda della Carta 1.2 della Tutela delle risorse naturali, forestali e della biodiversità del territorio - PTCP della Provincia di Modena ed. 2009.

5. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

a. Premessa

Dal punto di vista geologico il territorio comunale di Modena ricade nella pianura alluvionale entro la quale, negli ultimi 4.000-5.000 anni dell'Olocene, gli affluenti appenninici del fiume Po (Secchia e Panaro), hanno determinando l'attuale assetto morfologico ed altimetrico del territorio che, a sua volta, dipende dai movimenti tettonici, dalla subsidenza naturale e dall'intervento antropico.

I fiumi che scorrono in questa porzione di pianura si trovano in uno stadio di maturità evolutiva in cui la fase deposizionale prevale su quella erosiva a causa della bassa capacità di deflusso e della esigua capacità di trasporto; questo quadro è confermato dalla presenza di meandri e di alvei pensili che hanno reso necessaria la costruzione di argini artificiali.

In assenza di argini artificiali i fiumi tendono a divagare e quando le acque di piena traboccano si verifica un deposito differenziato con la sedimentazione di elementi fini o grossolani in funzione della diversa energia cinetica della corrente. In prossimità dell'alveo il fiume tende a depositare materiali più grossolani formando dossi di tracimazione (argini naturali), oltre che ventagli e canali di esondazione in corrispondenza delle rotte; tali emergenze morfologiche si manifestano sia lungo i corsi attuali dei fiumi che in corrispondenza di alvei abbandonati (paleoalvei).

Nelle aree distali più depresse, poste tra un fiume e l'altro, l'energia cinetica della corrente diminuisce ed i depositi si fanno sempre più fini per diventare prevalentemente argillosi nelle basse dove la prolungata permanenza delle acque favorisce la sedimentazione delle particelle in sospensione; per la maggiore costipabilità dei materiali fini rispetto a quelli sabbiosi, si determina poi un aumento dei dislivelli fra i dossi dei paleoalvei e le valli, oltre che fra la rete idrografica ed il livello medio del territorio.

In questa situazione, in concomitanza con gli eventi alluvionali, è possibile che un fiume cambi il suo percorso.

Per quanto riguarda l'evoluzione di Secchia e Panaro negli ultimi due secoli, vanno sottolineati due aspetti: uno relativo all'alta pianura, dove i fiumi hanno un letto più basso rispetto alla pianura circostante ("incassato") e uno relativo al settore di media-bassa pianura, dove i fiumi scorrono in un alveo più alto rispetto al territorio circostante ("pensile"). Nell'alta pianura, come conseguenze dell'attività estrattiva e della costruzione di muri ed argini a difesa dalle alluvioni, si assiste ad un approfondimento del letto dei fiumi ed al cambiamento del loro alveo da un tracciato con più canali ("canali anastomosati") ad un tracciato con un unico canale ("monocursale"). L'abbassamento degli alvei ha avuto ripercussioni anche sull'idrologia sotterranea; infatti, i depositi alluvionali rimasti più alti dei corsi d'acqua non sono più, come un tempo, acquiferi ricchi di acque e invece di essere alimentati sono drenati dal fiume. Nel settore di media-bassa pianura vengono realizzati numerosi tagli di "meandri", con conseguenti "raddrizzamenti" di tratti fluviali: sono stati realizzati sia lungo il F. Secchia (tra Modena e Rovereto e presso Quistello) sia lungo il Panaro (presso il Ponte di S.Ambrogio, presso Finale Emilia e a nord di Bondeno), soprattutto, per facilitare il deflusso delle acque nei periodi di piena riducendo così il pericolo di alluvioni. Infatti le tortuosità rallentavano la corrente mantenendo quindi elevato il pericolo di esondazione del fiume. Questi tagli hanno accorciato Secchia e Panaro di circa 10-11 km, corrispondenti all'11-12% della loro lunghezza totale in pianura, e hanno cambiato i loro tracciati da alvei con numerose anse ("meandri") ad alvei con lunghi tratti rettilinei. Questi interventi tuttavia non risolvevano il problema delle alluvioni ma semplicemente lo trasferivano a valle del tratto tagliato. Quindi, tra la fine anni '70 e l'inizio anni '80, sono state costruite le "casce di espansione" per la regolazione degli eventi di

piena: presso Rubiera sul F. Secchia e presso S. Anna sul F. Panaro. Si tratta di aree in cui i fiumi nei periodi di piena possono espandere le loro acque senza recare alcun danno.

La frequente corrispondenza riscontrata nell'area esaminata tra dossi e paleoalvei è spiegabile analizzando dal punto di vista dei processi di sedimentazione, il modello evolutivo, almeno nelle linee generali, della pianura olocenica. I fiumi appenninici, a valle delle conoidi pedemontane, tendono a proseguire verso il collettore principale su alvei pensili formati da sedimenti che il corso l'acqua non è più in grado di portare a carico.

Nel caso di rotte e tracimazioni, le acque si espandono nella pianura depositando, nelle immediate vicinanze dell'alveo, i materiali più grossolani e più lontano decantano, una volta cessato il flusso, i sedimenti più fini. Questi ultimi sedimenti si costipano di più di quelli costituenti l'alveo e si determinano così, già per processi naturali, dei notevoli dislivelli fra fiumi e territori circostanti.

Per i corsi d'acqua di pianura, non arginati artificialmente, rotte e tracimazioni sono un fenomeno ricorrente che favorisce i cambiamenti d'alveo; in un bacino subsidente, l'accrescersi della pianura avviene perciò sia orizzontalmente, con il giustapporsi di diversi successivi corpi d'alveo, che verticalmente, con il sovrapporsi di successivi cicli di riempimento dei bacini di esondazione.

Su questo meccanismo è intervenuto l'uomo, che, per porsi al riparo dalle esondazioni, ha innalzato argini artificiali di pari passo con il naturale innalzamento del fondo dei fiumi, ed ha impedito nello stesso tempo, l'arrivo di nuovi apporti detritici nelle aree comprese tra i vari fiumi esaltando così i dislivelli tra letti fluviali e aree circostanti (figura 5.1).

Risulta così spiegabile nelle sue linee essenziali il particolare panorama altimetrico del territorio esaminato che vede le zone più rilevate in corrispondenza dei corsi fluviali attuali ed estinti.

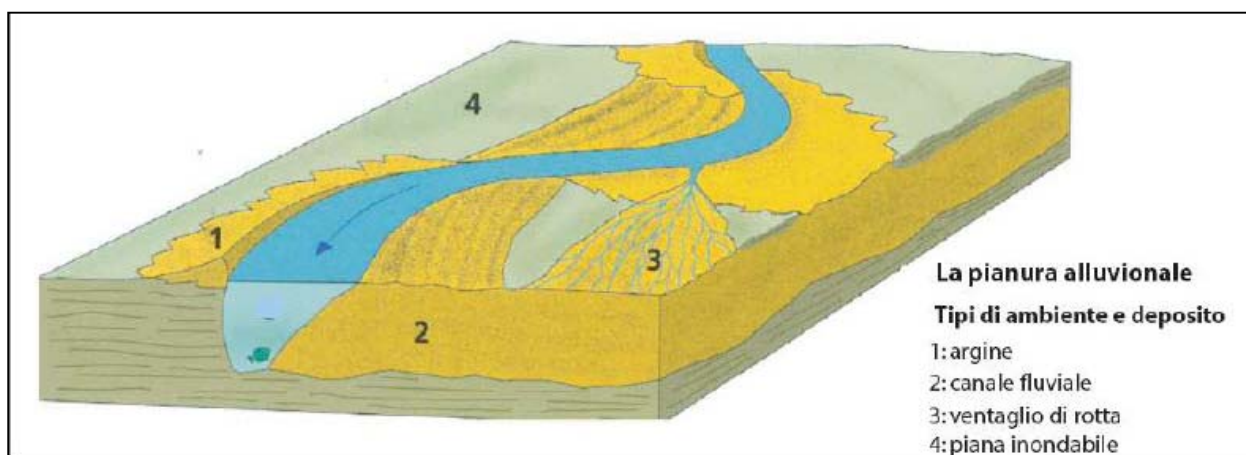


Figura 5.1: Schema di riferimento per l'interpretazione degli ambienti deposizionali in aree di pianura.

b. Lineamenti geologici e strutturali

Il territorio comunale di Modena si sviluppa nell'area di media pianura, in un settore deposizionalmente influenzato dalle alluvioni del fiume Secchia.

L'evoluzione geologica del territorio in studio va necessariamente inquadrata in un contesto regionale; essa ricade nella parte centro-meridionale della Pianura Padana, che costituisce dal punto di vista geologico, un grande bacino subsidente plio-quadernario di tipo sedimentario, che comincia a delinearsi sin dall'inizio del Triassico (225 milioni di anni fa) e viene interessato da subsidenza differenziata sia nel tempo che nello spazio, in diversi periodi (Mesozoico, Cenozoico, ma soprattutto Pliocene e Quaternario), con movimenti verticali controllati dai caratteri strutturali presenti in profondità; più in particolare, l'area ricade nel suo settore appenninico, in diretta influenza del Po e dei suoi affluenti di destra.

Nell'ambito del suddetto bacino, i terreni olocenici, di origine alluvionale, poggiano sul sottostante Pleistocene continentale e/o marino. L'assetto geologico strutturale profondo della Pianura Padana è noto soprattutto grazie ai dati emersi dalle perforazioni profonde e dalle prospezioni geofisiche effettuate per le ricerche petrolifere esposti nelle pubblicazioni di PIERI & GROPPI (1981) e CASSANO ed altri (1986), nelle quali viene aggiornata la sintesi stratigrafica e strutturale dell'area e puntualizzati l'andamento, l'evoluzione e la cronologia degli eventi tettonici dei diversi comparti del bacino.

Dal punto di vista strutturale la Pianura Padana non costituisce una unità omogenea: fanno infatti parte del suo sottosuolo le pieghe più esterne dell'Appennino settentrionale e delle Alpi meridionali lombarde, l'avampaese comune alle due catene e, nel Veneto, l'avampaese delle Alpi meridionali orientali e della catena dinarica; su questi elementi è impostata l'avanfossa pliocenico-quadernaria dell'Appennino.

In figura 5.2 è riportato un estratto dello schema tettonico regionale edita dalla Regione Emilia-Romagna nelle Note illustrative alla carta sismotettonica alla scala 1:250.000 (2004) che mette in evidenza la presenza di un ampio bacino, fortemente subsidente ed attivo sin dal Plio-Pleistocene, che si estende tra Carpi e Cento di Ferrara, denominato "Bacino di Carpi" o meglio noto come "Sinclinale di Bologna-Bomporto-Reggio Emilia, collocata tra due grandi archi di pieghe, che costituiscono la porzione più esterna dell'Appennino settentrionale, rappresentati dalle "Zona delle pieghe pedeappenniniche", a sud, più prossime alla catena appenninica, e dalla "Dorsale Ferrarese a nord; quest'ultima è caratterizzata da un'ampia struttura anticlinale molto evidente ed elevata, che corre da Massa Finalese a Mirandola, con direzione complessiva E/SE-N/NW e che, in corrispondenza di Novi di Modena e Correggio, subisce una decisa inflessione verso sud, con andamento SE-NW.

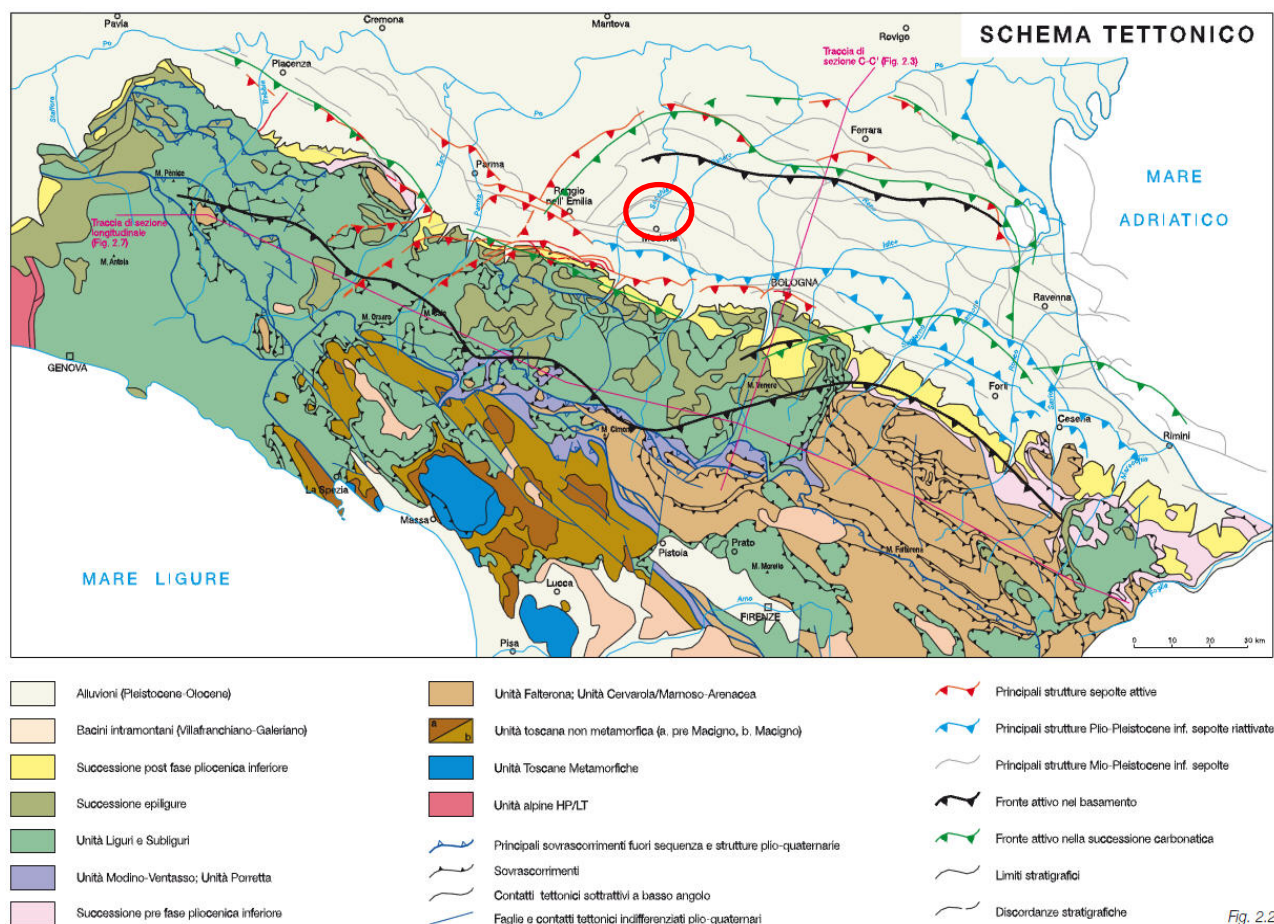


Fig. 2.2

Figura 5.2: Carta dello schema tettonico regionale edita dalla Regione Emilia-Romagna nelle Note illustrative alla Carta sismotettonica alla scala 1:250.000 (2004). Il cerchio rosso individua l'area in studio.

Da un punto di vista sedimentario, la sedimentazione terziaria e quaternaria in quest'area della pianura è stata essenzialmente detritica, si sono cioè deposte serie clastiche di considerevole spessore e solo nel Messiniano si riscontra un episodio evaporitico; si possono riconoscere essenzialmente due cicli di sedimentazione, distinguendo una zona marginale, in cui ad una deposizione clastica grossolana succedono sedimenti prevalentemente argillosi ed una zona centrale, in cui prosegue una sedimentazione torbidityca indisturbata. La deposizione sedimentaria presenta inoltre frequenti variazioni di facies, sia laterali che verticali, come risultato delle particolari condizioni strutturali venutesi a creare in vari settori della pianura in seguito all'evoluzione tettonica.

Alla deposizione della facies evaporitica miocenica superiore, corrisponde una fase di marcata regressione e ad essa si accompagna probabilmente una fase tettonica di notevole intensità. Il piegamento pedeappenninico e l'abbassamento del livello del mare, portano all'emersione delle culminazioni delle principali anticlinali, tra le quali la Dorsale Ferrarese, ove s'instaurano rilevanti processi erosivi che provocano la scomparsa di spessori anche notevoli di sedimenti.

Nel tardo Messiniano e nel Pliocene inferiore si manifesta un graduale innalzamento del livello delle acque del bacino, che porta al ristabilimento graduale delle condizioni che regnavano in precedenza; come conseguenza si ha la deposizione di successioni trasgressive su aree precedentemente emerse, mentre nelle zone sinclinali continuano a deporsi sedimenti torbidityci.

Al termine del Pliocene inferiore un'accentuata attività tettonica porta ad un nuovo piegamento e sollevamento dell'area e quindi all'accentuarsi di alcune strutture preesistenti; nelle aree altimetricamente più elevate, tra cui Camurana ed altri tratti della Dorsale Ferrarese, s'instaurano sensibili fenomeni erosivi.

Con il Pliocene medio inizia una nuova ingressione marina di limitata entità, che comporta la deposizione, nelle aree sinclinali, di depositi torbiditici grossolani.

Il Quaternario segna un abbassamento regionale all'interno del bacino padano, accentuandosi ulteriormente la subsidenza differenziale delle diverse strutture; la diversità di spessore è imputabile alla marcata differenza di subsidenza cui l'area in oggetto è stata sottoposta durante il Quaternario. Il Quaternario si chiude poi con una decisa regressione del dominio marino, con il passaggio da una sedimentazione di tipo marino, che caratterizza il Pliocene e parte del Pleistocene, ad una di tipo continentale, con il colmamento del golfo padano, che si trasforma progressivamente in pianura alluvionale attraverso l'accumulo di sedimenti fluviali e fluvioglaciali, derivanti dal rapido smantellamento e modellamento delle catene montuose circostanti (figura 5.3).

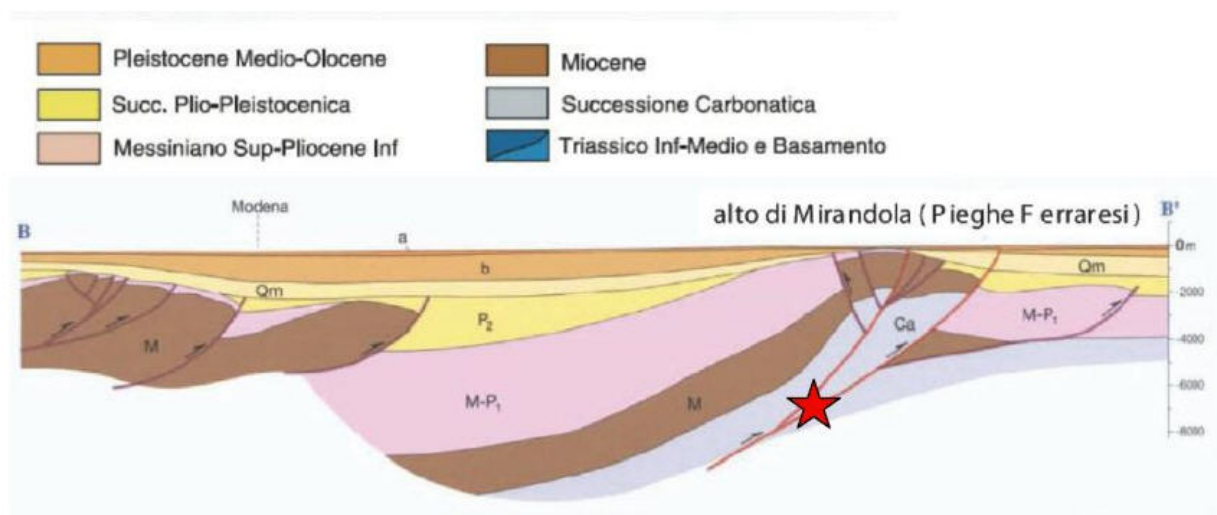


Figura 5.3: Sezione geologica schematica, indicativa della situazione strutturale profonda pianura modenese (da Boccaletti et al. - 2004).

Per la ricostruzione stratigrafica del sottosuolo della pianura modenese si è fatto riferimento ai dati della Regione Emilia Romagna - Agip [1998] e di Amorosi e Farina [1994], Amorosi e Farina [1995], Elmi et al. [1984], Farina et al. [2001b]. Tali lavori sono stati eseguiti essenzialmente tramite correlazione su base litologica e geometrica di dati stratigrafici relativi a sondaggi esistenti e perforazioni a scopo principalmente idropotabile.

Secondo quanto proposto da Regione Emilia Romagna - Agip, 1998, vengono distinte (figura 5.4) 3 sequenze deposizionali, denominate supersintemi:

- 1) Supersintema del Pliocene medio-superiore;
- 2) Supersintema del Quaternario Marino (che in realtà incomincia già dal Pliocene superiore);
- 3) Supersintema Emiliano Romagnolo suddiviso in inferiore e superiore.

Queste tre Sequenze deposizionali corrispondono ai cicli trasgressivo-regressivi P2, Qm, e Qc cartografati in affioramento da Ricci Lucchi et Al. (1982), esse costituiscono la risposta sedimentaria ad altrettante fasi tettoniche regionali.

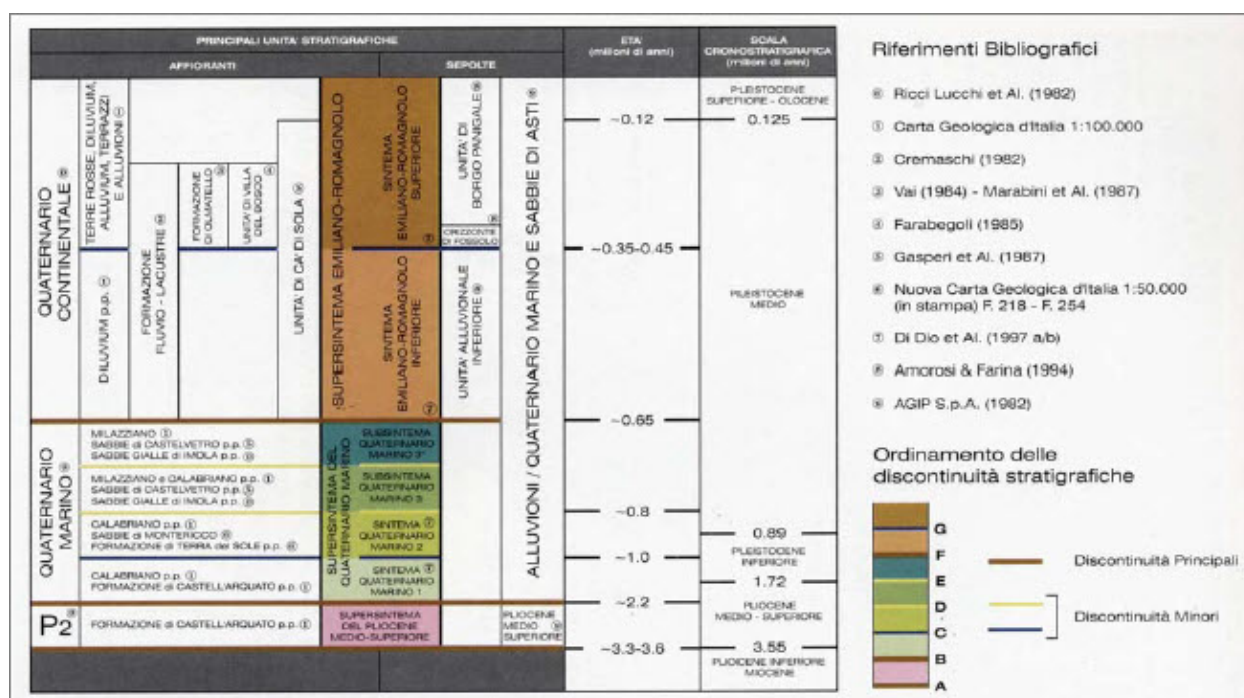
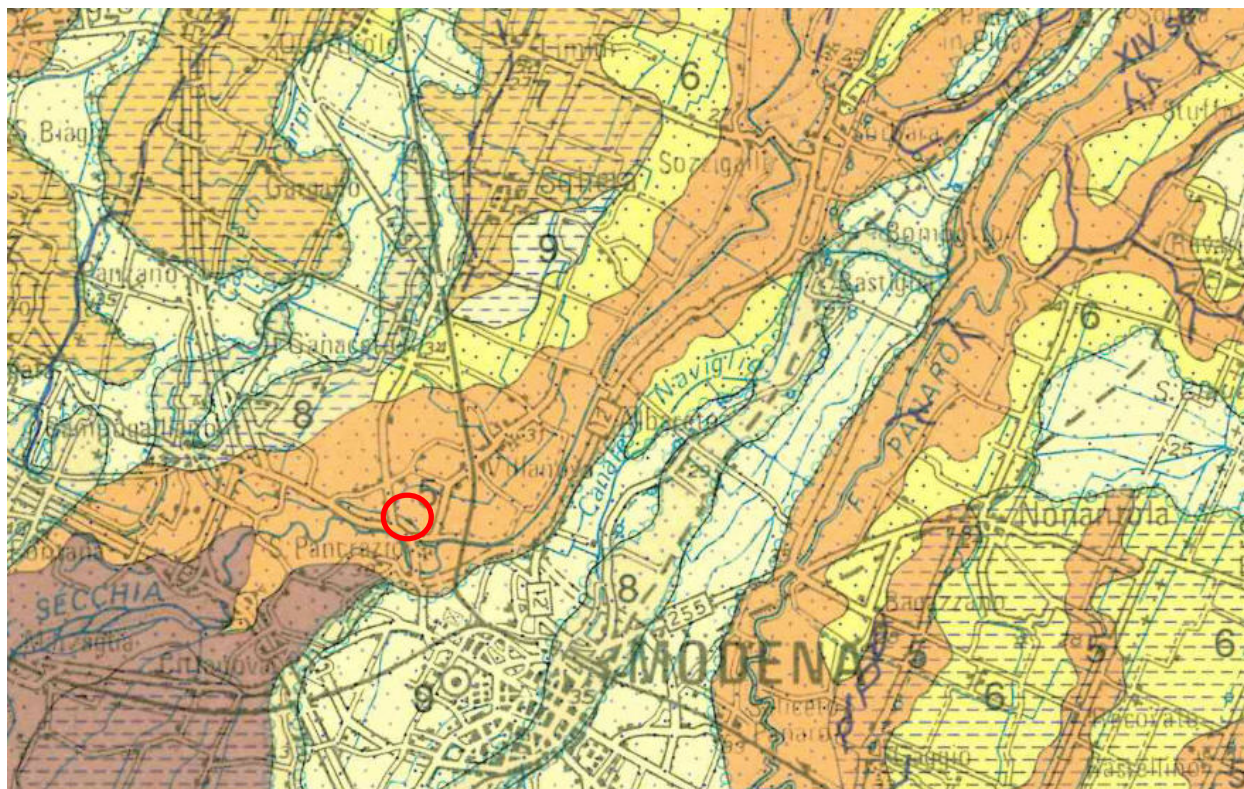


Figura 5.4: Inquadramento geologico stratigrafico della pianura emiliana romagnola.

Nello specifico l'area d'intervento ricade sui terreni appartenenti alla Piana alluvionale (figura 5.5). Essa è costituita da sabbie medie e fini in spessore decimetrico passanti lateralmente ed intercalanti a sabbie fini e finissime limose, subordinatamente limi argillosi, localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi, depositi di canale e argine prossimale.



19

coarse sand in lenticular and ribbon shaped bodies. Channel and undifferentiated levee deposits.
At the top soils with various degree of evolution.

8

Limi argillosi e limi sabbiosi, subordinatamente sabbie fini e finissime, in strati di spessore decimetrico; localmente sabbie in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale e argine indifferenziati.

Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.

Clayey silt and sandy silt, smaller amounts of fine and very fine sand, in beds tens of centimeters thick; locally sand in lenticular and ribbon-shaped bodies. Channel and undifferentiated levee deposits.
At the top soils of various degree of evolution.

Argille limose, argille e limi argillosi laminati, localmente concentrazioni di materiali organici

Regione Emilia-Romagna

CARTA GEOLOGICA DI PIANURA DELL'EMILIA-ROMAGNA

GEOLOGICAL MAP OF THE EMILIA-ROMAGNA PLAIN

a cura di Domenico PRETI

DEPOSITI ALLUVIONALI ALLUVIAL DEPOSITS

CONOIDI E TERRAZZI ALLUVIONALI ALLUVIAL FAN AND TERRACE

1

Ghiaie e sabbie in corpi canalizzati e lenticolari amalgamati, intercalate a sabbie e sabbie limose in strati di spessore decimetrico. Depositi di conoide e di terrazzo.
Al tetto e all'interno suoli a diverso grado di evoluzione.
Gravel and sand in channelled and lenticular bodies amalgamated, intercalated with sand and silty sand in beds tens of centimeters thick. Alluvial fan and terrace.
At the top and within, soils of various degree of evolution.

2

Sabbie, limi sabbiosi e limi, in strati di spessore decimetrico, ghiaie sabbiose e sabbie in corpi canalizzati e lenticolari. Depositi di conoide e di terrazzo.
Al tetto e all'interno suoli a diverso grado di evoluzione.
Sandy silt and silt in beds tens of centimeters thick; sandy gravel and sand in channelled or lenticular bodies. Fan and terrace deposits.
At the top and within, soils of various degree of evolution.

3

Limi e limi argillosi in strati di spessore decimetrico, subordinatamente ghiaie e ghiaie sabbiose in corpi canalizzati e lenticolari. Depositi di conoide e di terrazzo.
Al tetto e all'interno suoli a diverso grado di evoluzione.
Silt and clayey silt in beds tens of centimeters thick; small amounts of gravel and sandy gravel in channelled and lenticular bodies. Alluvial fan and terrace.
At the top and within, soils of various degree of evolution.

4

Ghiaie, sabbie, limi e limi argillosi. Depositi alluvionali indifferenziati.
Gravels, sands, silts and clayey silts. Undifferentiated alluvial deposits.

UNITA' PEDOSTRATIGRAFICHE PEDOSTRATIGRAPHIC UNITS



Depositi ai primi stadi di alterazione, fronte di alterazione < 1m (50-100 cm).
Al tetto suoli calcarei con differenziazione del profilo in orizzonti A-C, A-Bw-C; Hue degli orizzonti B 2,5Y-10YR.
Al tetto e all'interno dei sedimenti reperti di Età Medioevale e di Età Moderna.
Olocene: tardo antico (VI secolo d.C.) - Età Moderna.
Deposits at the first stages of weathering, weathering front < 1m (50-100 cm).
At the top calcareous soils and profile differentiated into horizons A-C, A-Bw-C; Hue of horizons B 2,5Y-10YR.
At the top and within sediments, remains from Middle Age to Modern Age.
Holocene (Middle Age - Modern Age)



Depositi a basso grado di alterazione, con fronte di alterazione > 1m (100-150 cm).
Al tetto suoli con orizzonti superficiali decarbonatati o parzialmente decarbonatati con differenziazione del profilo in orizzonti A-Bw-Bk-C; Hue degli orizzonti B 2,5Y-10YR.
Nelle porzioni dell'unità costituite da depositi prevalentemente fini, il fronte di alterazione può raggiungere 3-4 m ed è costituito da più suoli sovrapposti, saldati o distinti, con differenziazione del profilo in orizzonti A-Bw-Bk(C)-Ab-Bwb-Cb; Hue degli orizzonti B 2,5Y-10YR.
All'interno dei suoli reperti del Mesolitico all'Età Romana.
Nei depositi di cordone litorale e dune eoliche l'elevata antropizzazione unita all'attuale e passata sommersione non consentono il riconoscimento o lo sviluppo del profilo di alterazione proprio di questa unità.
Olocene: Mesolitico - Età Romana.
Deposits with a low weathering degree, weathering front > 1m (100-150 cm).
At the top, soils with surficial decarbonated or partially decarbonated horizons, and profile differentiated into horizons A-Bw-Bk-C; Hue of horizons B 2,5Y-10YR.
In the portions of the unit made up of mainly fine deposits, the weathering front may be 3-4 m and is composed of a number of overlapping soils, composite and compound paleosols, and profile differentiated into horizons A-Bw-Bk(C)-Ab-Bwb-Cb; Hue of horizons B 2,5Y-10YR.
Within the soils there remains from Mesolithic Age to Roman Age.
On the beach ridges and the eolic dune deposits intense human activity together with present and past submersion, don't allow a record or a development of the weathering profile, which is typical of this unit.
Holocene: Mesolithic - Roman Age

PIANA ALLUVIONALE ALLUVIAL PLAIN

5

Sabbie medie e fini in strati di spessore decimetrico passanti lateralmente ed intercalate a sabbie fini e finissime limose, subordinatamente limi argillosi; localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale e argine prossimale.
Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.
Medium and fine sand in beds tens of centimeters thick, changing laterally and/or intercalated to fine and very fine silty sand, smaller amount of clayey silt; locally medium and coarse sand in lenticular, ribbon shaped bodies. Channel and proximal levee.
At the top, soils with various degree of evolution.

6

Limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose e subordinatamente sabbie limoso-argillose intercalate in strati di spessore decimetrico. Depositi di argine distale.
Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.
Sandy silt, fine and very fine sand, silty clay and smaller amounts of silty-clayey sand intercalated in beds tens of centimeters thick. Distal levee deposits.
At the top, soils with various degree of evolution.

7

Sabbie medie e fini, limi e argille limose intercalati in strati di spessore decimetrico; localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale e argine indifferenziati.
Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.
Medium and fine sand, silt and silty clay intercalated in beds tens of centimeters thick; locally medium and coarse sand in lenticular and ribbon shaped bodies. Channel and undifferentiated levee deposits.
At the top soils with various degree of evolution.

8

Limi argillosi e limi sabbiosi, subordinatamente sabbie fini e finissime, in strati di spessore decimetrico; localmente sabbie in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale e argine indifferenziati.
Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.
Clayey silt and sandy silt, smaller amounts of fine and very fine sand, in beds tens of centimeters thick; locally sand in lenticular and ribbon-shaped bodies. Channel and undifferentiated levee deposits.
At the top soils of various degree of evolution.

9

Argille limose, argille e limi argillosi laminati, localmente concentrazioni di materiali organici parzialmente decomposti. Area interfuviale e depositi di palude.
Silty clay, clay and laminated clayey silt, locally concentrations of partially decomposed organic matter. Back-swamp deposits.

10

Sabbie medie e grossolane subordinatamente ghiaie e ghiaie sabbiose, limi e limi sabbiosi in strati di spessore decimetrico. Depositi di piana a meandri.
Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.
Medium and coarse sand, to a lesser extent gravel and sandy gravel, smaller amounts of silt and sandy silt in bed tens of centimeters thick. Meander belt deposits.
At the top, soils of various degree of evolution.



traccia di canale estinto
channel remnant

XV sec.

età: 1709 - XI sec.
age: 1709 - XI sec.

traccia di canale estinto interpretata
channel remnant (inferred)

ventaglio di rotta
crevasse splay



limite del bacino di provenienza
e deposizione del sedimento
limit of sediment provenance
and deposition basin

Figura 5.6: Legenda della carta geologica di pianura dell'Emilia-Romagna in scala 1:25.000 (Reg. E-R Ed. 1999).

c. Caratterizzazione litologica e stratigrafica

Le indagini eseguite presso il sito in esame evidenziano una sequenza litostratigrafica in cui si incontrano depositi prevalentemente limo-argillosi tipici di zona di piana alluvionale intercalati a sottilissimi e locali depositi sabbiosi e limosi caratteristici dell'ambiente di alveo fluviale. Oltre ad una eterogeneità verticale si osserva una modesta variabilità deposizionale anche in senso orizzontale soprattutto in corrispondenza delle verticali d'indagine CPT_03 e CPT_04.

Nella Sezione litotecnica, allegata alla presente relazione, sono evidenziati i rapporti geometrici che intercorrono tra i differenti litostrati. Si osserva infatti che si incontrano depositi aventi una buona continuità laterale costituiti prevalentemente da limi argillosi a differente consistenza.

In corrispondenza delle verticali CPT_03 e CPT_04 si è incontrata, alla profondità variabile tra 10 e 12 metri dal p.c., un livello di sabbie limose dello spessore di circa 0.40 m. Tale livello non si ritrova nelle verticali CPT_01 e CPT_02 indice del fatto che tali eventi deposizionali sono frutto di episodi di rotta fluviale concentrati in piccole porzioni di territorio e soprattutto limitate nel tempo.

L'indagine che ha raggiunto la profondità massima è la CPT_03, centrale rispetto all'intervento in progetto, che si è spinta fino a 30 m dal p.c. investigando uno strato di circa 14 m di limi argillosi da plastici a compatti a buona consistenza e limi argilloso sabbiosi molto addensati.

d. Caratterizzazione idrogeologica

La Pianura Padana, nel suo complesso è un grande bacino sedimentario, caratterizzato da notevole subsidenza, sede di sedimentazione marina fino a tutto il Quaternario antico, mentre dall'Olocene (Quaternario recente) è stato colmato dai depositi morenici e fluvioglaciali, lungo il margine alpino e da depositi fluviali negli altri settori.

In particolare, per quanto riguarda specificatamente il settore emiliano, la pianura alluvionale vede la presenza di sedimenti ghiaiosi indifferenziati in matrice sabbiosa e/o limosa, nella zona di alta pianura, a cui si intercalano, verso nord, strati di materiali fini, presenti sino poco a N delle città di Parma, Reggio Emilia e Modena e di dominio appenninico; nella media pianura sono presenti sedimenti pelitici con intercalazioni sabbiose e sabbioso-limose, ad estensione complessivamente ridotta, intercalate in sequenze prevalenti limo-argillose con trasmissività molto bassa, ancora riferibili ai corsi d'acqua appenninici, fino alla direttrice Busseto-Novellara-Concordia-Mirandola, a nord della quale prevalgono i sedimenti sabbiosi depositi dal F. Po, con un acquifero a sabbie prevalenti, idrogeologicamente connesso con il fiume stesso.

Il sistema acquifero è strettamente connesso a tale modello deposizionale: nella zona di media pianura, caratterizzata, come detto, da sequenze limo-argillose con intercalazioni sabbiose, che solo raramente raggiungono il 5% dello spessore totale, gli orizzonti sabbiosi ospitano falde idriche raccordantesi con quelle delle conoidi dell'alta pianura; hanno pertanto una alimentazione abbastanza remota, mentre possono ritenersi trascurabili i fenomeni di infiltrazione diretta dalla superficie, essendo questa caratterizzata prevalentemente da limi e argille. L'acquifero principale, inteso come quello solitamente sfruttato, si presenta quindi generalmente compartimentato, con una potenzialità idrica complessivamente molto scarsa, con valori di trasmissività molto bassi; in superficie (entro i primi 10 m) è frequente riscontrare livelli acquiferi sospesi, di tipo freatico, completamente separati dall'acquifero principale e dotati di acque scadenti.

Secondo le recenti ricerche condotte negli ultimi anni dall'Ufficio Geologico della RER, nel sottosuolo della Regione Emilia Romagna si riconoscono tre Gruppi Acquiferi, separati da barriere di permeabilità, ad estensione regionale, denominati Gruppo Acquifero A, B, e C (figura 5.6).

I tre gruppi acquiferi sono suddivisi in tredici unità idrostratigrafiche inferiori, denominate complessi acquiferi. La distinzione tra gruppo acquifero e complesso acquifero è effettuata sulla base del volume immagazzinato (maggiore nel primo), oltre che sullo spessore e sulla continuità areale dei livelli impermeabili delle diverse unità.

PRINCIPALI UNITÀ STRATIGRAFICHE					ETÀ (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITÀ IDROSTRATIGRAFICHE						
AFFRANTI			SERPENTE				GRUPPO ACQUIFERO	CONFINAMENTO ACQUIFERO					
QUATERNARIO CONTINENTALE	DILUVIUM p.p.	TERRE ROSSE, DILUVIUM, ALLUVIUM, TERRAZZI - E ALLUVIONI	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	UNITÀ DI CA' DI SOLA	SUPERSISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLA	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLA SUPERIORE	UNITÀ DI BORDO PANICALE	ORIZZONTE di FOSCOLO	ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI	-0.12	PLUSTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	A	A1
										-0.35-0.45	PURISTOCENE MEDIO		A2
													A3
													A4
QUATERNARIO MARINO	MILAZZANO p.p. SABBI GIALLE DI SOLA p.p.	MILAZZANO e CALABRIANO p.p. SABBI E CASTELVETRO p.p. SABBI GIALLE DI SOLA p.p.	CALABRIANO p.p. SABBI DI MONTERICO FORMAZIONE di TERRA del SOLE p.p.	CALABRIANO p.p. FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	SUPERSISTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 3	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 2	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 1	ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI	-0.65		B	B1
										-0.8			B2
										-1.0			B3
										-2.2			B4
P ₂	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	SUPERSISTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 1	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 2	SUPERSISTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 3	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 2	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 1	ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI	-3.3-3.6	PLUSTOCENE MEDIO - SUPERIORE	C	C1
										-3.9	PLUSTOCENE INFERIORE MIOCENE		C2
													C3
													C4
										-3.9	PLUSTOCENE INFERIORE MIOCENE		C5
										ACQUITTO BASALE			

Figura 5.6: Schema delle unità idrostratigrafiche a scala regionale.

Di seguito si riporta la sezione geologica del Fiume Secchia redatta dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna riferita alla conoide alluvionale appenninica.

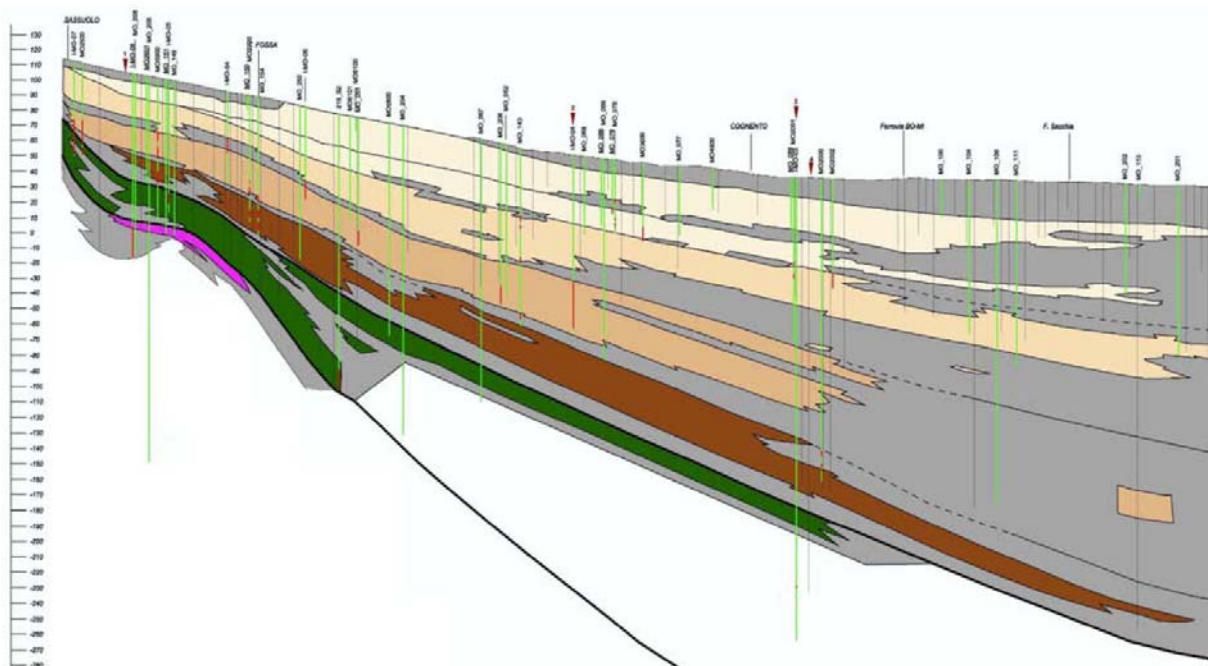


Figura 5.7: Sezione geologica della conoide appenninica del Fiume Secchia (Regione Emilia-Romagna).

Nello specifico dell'area di San Pancrazio, a nord del comune di Modena, la falda freatica è attestata ad una profondità di circa 1.4 metri dal p.c., come evidenziato nei report originali delle indagini allegati alla presente relazione.

Di seguito è rappresentata la carta della soggiacenza media della falda (anno 2011) estratta dal "Report sulle acque superficiali e sotterranee in provincia di Modena anno 2010-2011" dell'ARPA Modena (Fig. 5.8) dove si ricava che il dato desunto durante le indagini geognostiche risulta abbastanza rappresentativo per l'area di studio. Infatti nella cartografia in esame si riporta una soggiacenza per la falda tra 0,0 e -5,0 m dal p.c. del tutto in linea con la misura di -1.40 m eseguita durante le indagini geognostiche.

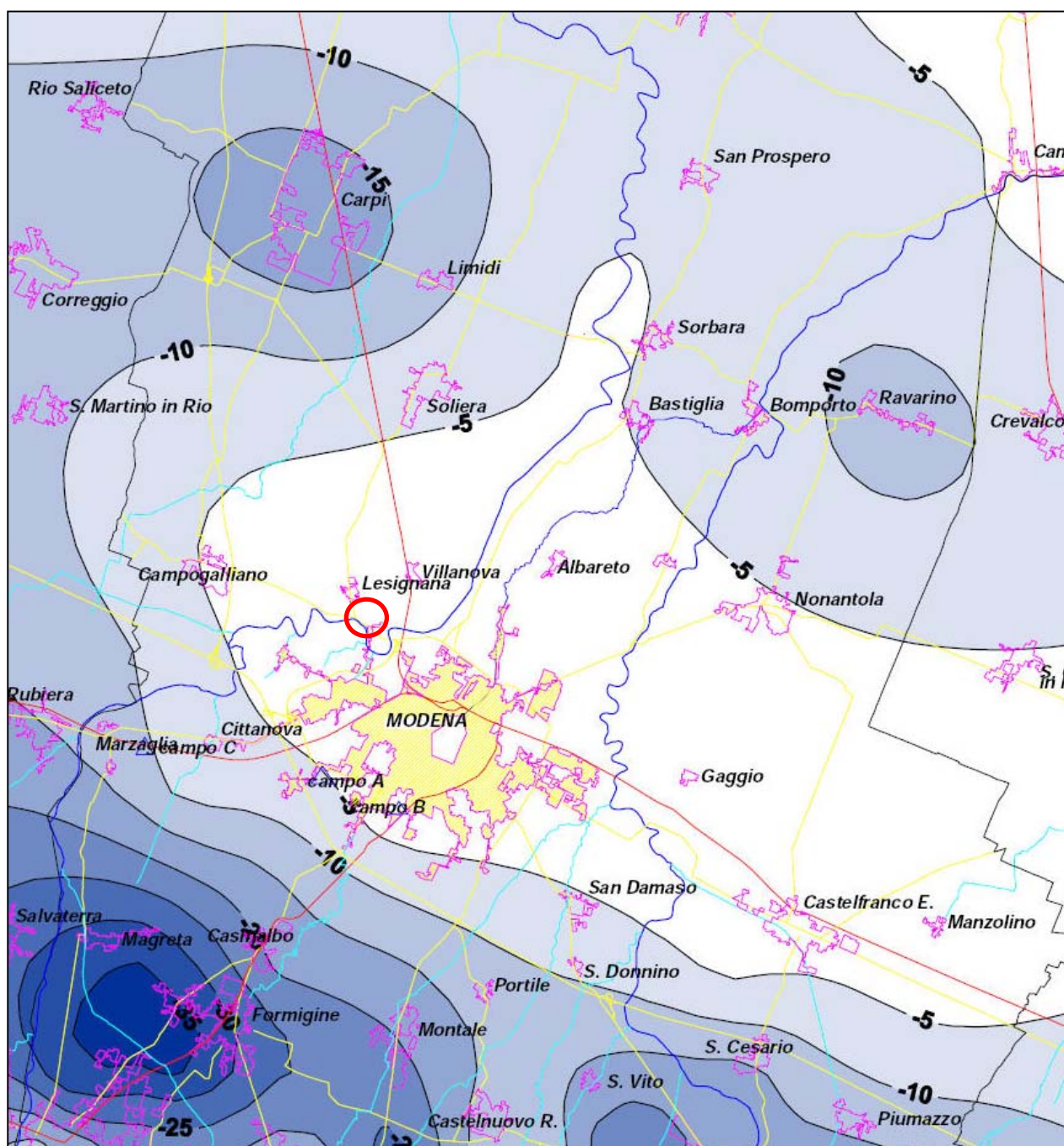


Figura 5.8 – Carta della soggiacenza (m) media anno 2011 (Fonte: ARPA Modena)

6. INDAGINI REALIZZATE

Al fine di determinare le caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni di fondazione si è provveduto a reperire tutte le informazioni provenienti da indagini geognostiche (prove penetrometriche statiche meccaniche CPT) eseguite nell'area di intervento (figura 6.1):

- n. 4 prove penetrometriche statiche meccaniche SAN PANCRAZIO_01, SAN PANCRAZIO _02, SAN PANCRAZIO _03 e SAN PANCRAZIO _04 della lunghezza totale di 75.00 m d'indagine;

Le indagini geognostiche sono state eseguite dal Laboratorio di prove geotecniche in sito: Prove Penetrometriche S.r.l. di Castelnuovo Rangone - Modena.



Figura 6.1: Ubicazione delle indagini geognostiche su base Ortofoto Satellitare Agea2011

In allegato alla presente relazione sono riportati i diagrammi penetrometrici delle prove effettuate.

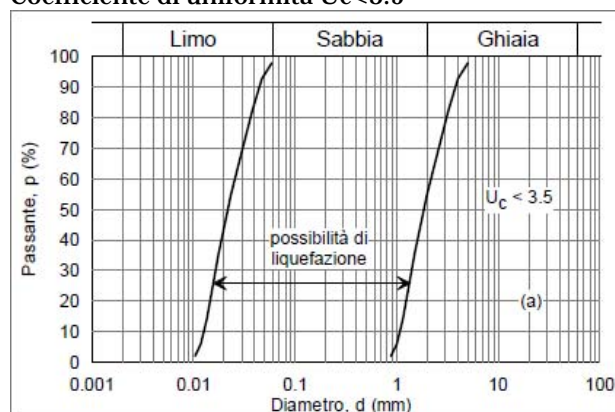
7. VERIFICA A LIQUEFAZIONE

La verifica a liquefazione è stata condotta sulle verticali di indagine che interessano la futura opera stradale.

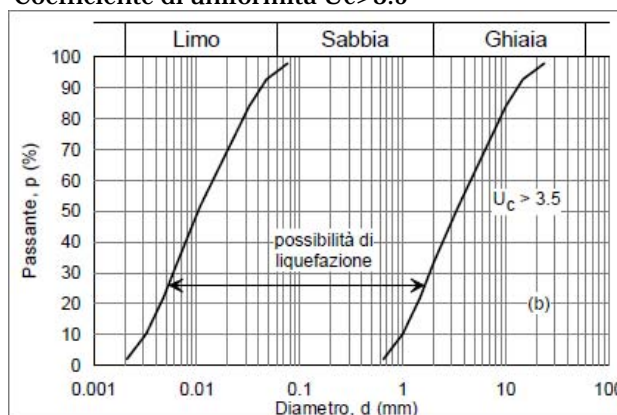
Si ricorda che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0.1g$;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(M)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(M)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$.

Coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$



Coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$



Sulla base dei risultati delle indagini geognostiche, ai sensi del capitolo 7.11.3.4 delle NTC08, si è provveduto ad eseguire le verifiche sul potenziale di liquefazione dei terreni investigati mediante metodi semplificati.

Si propongono di seguito le verifiche effettuate con il metodo di Idriss&Boulanger come suggerito dalla Determinazione n. 1105 del 03/02/2014 della Regione Emilia-Romagna.

L'Indice di Potenziale Liquefazione generale (Sonmez), per ognuna delle verticali d'indagine, è riassunto al termine dell'elaborato, unitamente alla valutazione del rischio.

Per le motivazioni descritte al capitolo precedente si è considerata la falda media ad una quota di -1.40 m dal p.c..

Dall'analisi delle indagini penetrometriche si ricava che nell'intorno del sito oggetto del presente studio sono presenti terreni potenzialmente liquefacibili solo in corrispondenza di alcuni modesti livelli di spessore decimetrico. In corrispondenza della verticale d'indagine San Pancrazio_01 è presente un singolo livello di spessore pari a 20 cm, attestato alla profondità di 2,20-2.40 m dal p.c., che, secondo le verifiche condotte, risulta potenzialmente soggetto a liquefazione.

In corrispondenza della prova San Pancrazio_02 un livello con caratteristiche simili a quelle della prova precedente e presente alla profondità di 4,00-4.20 metri dal p.c..

La prova penetrometrica statica (CPT) eseguita sulla verticale n. 3 presenta tre livelli potenzialmente liquefacibili rispettivamente a 3.40-3.60 m, 4.20-4.60 m e 11.60-11.80 m dal p.c.. Per finire, sulla verticale San Pancrazio_04 risulta potenzialmente liquefacibile un singolo livello di spessore pari a 20 cm collocato alla profondità di 3.60-3.80 m dal p.c.

Lo scrivente ritiene che la tipologia di rilevato in progetto e la condizione di predisposizione a liquefazione degli strati sottoposti a verifica possano garantire sufficienti condizioni di sicurezza in virtù del discontinuo e limitato spessore degli strati costituiti da sabbie limose. Si ricorda che la costruzione del rilevato porta ad una maggiore compattazione degli strati sottostanti e di conseguenza anche ad una minor predisposizione al fenomeno della liquefazione.

Di seguito si riporta una sintesi delle verifiche della suscettibilità di liquefazione eseguite:

VERTICALE D'INDAGINE	FALDA IN METRI DAL P.C.	PROF. STRATO LIQUEFACIBILE	RISCHIO LIQUEFAZIONE	INDICE DI POTENZIALE LIQUEFAZIONE (Sonmez)
SAN PANCRAZIO_01	-1.40	2.20-2.40	BASSO	0.66
SAN PANCRAZIO_02	-1.40	4.00-4.20	BASSO	0.82
SAN PANCRAZIO_03	-1.40	3.40-3.60 4.20-4.60 11.60-11.80	MODERATO	2.76
SAN PANCRAZIO_04	-1.40	3.60-3.80	BASSO	0.87

Tabella 7.1: Sintesi della suscettibilità di liquefazione

I diagrammi completi delle verifiche a liquefazione eseguite sulle tre verticali penetrometriche sono riportati di seguito unitamente alla descrizione del metodo di Idriss & Boulanger (2014).

Il calcolo della suscettibilità di liquefazione è stata effettuata con Software Liquiter versione 2016.18.4.431 della ditta Geostru Software sulle 3 verticali CPT effettuate.

METODO DI IDRIS & BOULANGER

Nel metodo proposto da **Idriss e Boulanger** l'indice di comportamento **I_C** per il tipo di suolo è ricavato con le formule riportate di seguito:

$$I_c = \left[(\log_{10} Q - 3,47)^2 + (\log_{10} R_f + 1,22)^2 \right]^{0,5} \quad (6.0a)$$

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n \quad (6.0b)$$

$$R_f = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{vo}} 100 \quad (6.0c)$$

dove

q_c è la resistenza alla punta misurata

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

f_s è l'attrito del manicotto

n è un'esponente che dipende dal tipo di suolo, variabile tra 0,5 e 1.

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

$$q_{c1N} = C_Q \cdot \left(\frac{q_c}{Pa} \right) \quad (6.1)$$

$$C_Q = \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n \leq 1,7 \quad (6.2)$$

dove **n** si determina per via iterativa dalla seguente relazione:

$$n = 1,338 - 0,249 \cdot q_{c1N}^{0,264} \quad (6.3)$$

La correzione della resistenza alla punta dovuta al contenuto di materiale fine viene valutata mediante la seguente procedura:

$$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} + \Delta q_{c1N} \quad (6.4a)$$

$$\Delta q_{c1N} = \left(5,4 + \frac{q_{c1N}}{16} \right) \cdot \exp \left[1,63 + \frac{9,7}{FC + 0,01} - \left(\frac{15,7}{FC + 0,01} \right)^2 \right] \quad (6.4b)$$

Dove la frazione di fine FC(%) viene calcolata mediante l'espressione seguente:

$$FC(\%) = 2,8 \cdot (I_c)^{2,60} \quad (6.5)$$

La resistenza alla liquefazione per una magnitudo pari a 7,5 (**CRR_{7,5}**) si calcola da:

$$CRR = \exp \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{540} + \left(\frac{(q_{c1N})_{cs}}{67} \right)^2 - \left(\frac{(q_{c1N})_{cs}}{80} \right)^3 + \left(\frac{(q_{c1N})_{cs}}{114} \right)^4 - 3 \right] \quad (6.6)$$

Per $z_W > z$, con z_W profondità della falda, e per $(q_{c1N})_{cs} \leq 160$ il terreno è non liquefacibile (NL).

Il rapporto di sforzo ciclico **CSR** (*Cyclic Stress Ratio*) si determina da:

$$CSR = 0,65 \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \right) \cdot r_d \quad (6.7)$$

Dove per il coefficiente di riduzione delle tensioni r_d si utilizza la formula, con M si indica la magnitudo:

$$r_d = \exp[\alpha(z) + \beta(z) \cdot M] \quad (6.8a)$$

$$\alpha = -1,1012 - 1,126 \cdot \operatorname{sen} \left[\frac{z}{11,73} + 5,133 \right] \quad (6.8b)$$

$$\beta = 0,106 + 0,118 \cdot \operatorname{sen} \left[\frac{z}{11,28} + 5,142 \right] \quad (6.8c)$$

Il fattore di sicurezza alla liquefazione è definito nel modo seguente:

$$FS = \frac{CRR_{7,5}}{CSR} \cdot MSF \cdot K_\sigma \quad (6.9)$$

Per determinare il fattore di scala della magnitudo **MSF**, la formula di **Idriss & Boulanger** utilizza l'espressione:

$$MSF = 6,9 \cdot \exp \left(-\frac{M}{4} \right) - 0,058 \leq 1,8 \quad (6.10)$$

Il fattore di correzione della pressione di confinamento K_σ è dato da:

$$K_\sigma = 1 - C_\sigma \cdot \ln \left(\frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right) \leq 1 \quad (6.11a)$$

$$C_\sigma = \frac{1}{37,3 - 8,27 \cdot (q_{c1N})^{0,264}} \leq 0,3 \quad (6.11b)$$

DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: SP 413 Allargamento San Pancrazio - Modena

Codice identificativo CPT_01

Cliente: Provincia di Modena

Data 21/06/2016

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1,25

FALDA

Profondità falda idrica 1,4 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0,163

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

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

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1,5

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6,14

Peak ground acceleration (PGA) 0,26

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Stima non eseguibile	0	0,2	0	0	0	0	0	47	0
2	Sabbie limose	0,2	0,4	17,65	20,59	0	0	1800	33	0
3	Limo argilloso- sabbioso	0,4	0,6	17,65	20,59	0	0	500	20	0
4	Limo argilloso molto soffice	0,6	0,8	16,69	17,47	0	0	400	20	0
5	Sabbia argilloso- limosa	0,8	1	17,65	20,59	0	0	700	20	0
6	Limo argilloso plastico	1	1,2	18,65	19,43	0	0	1300	67	0
7	Limo argilloso- sabbioso	1,2	1,4	17,65	20,59	0	0	1000	40	0
8	Limo argilloso- sabbioso	1,4	1,6	17,65	20,59	0	0	1000	40	0
9	Limo argilloso plastico	1,6	1,8	18,36	19,14	0	0	1100	67	0
10	Limo argilloso-	1,8	2	17,65	20,59	0	0	1500	93	0

	sabbioso addensato									
11	Sabbia argilloso- limosa	2	2,2	17,65	20,59	0	0	1700	53	0
12	Limo argilloso- sabbioso	2,2	2,4	17,65	20,59	0	0	1800	67	0
13	Limo argilloso plastico	2,4	2,6	18,49	19,28	0	0	1200	73	0
14	Limo argilloso- sabbioso	2,6	2,8	17,65	20,59	0	0	1400	60	0
15	Limo argilloso soffice	2,8	3	18	18,78	0	0	900	53	0
16	Limo argilloso soffice	3	3,2	17,79	18,57	0	0	800	40	0
17	Limo argilloso- sabbioso addensato	3,2	3,4	17,65	20,59	0	0	900	60	0
18	Limo argilloso- sabbioso	3,4	3,6	17,65	20,59	0	0	1000	40	0
19	Limo argilloso plastico	3,6	3,8	18,48	19,26	0	0	1200	67	0
20	Limo argilloso soffice	3,8	4	17,98	18,76	0	0	900	53	0
21	Limo argilloso- sabbioso	4	4,2	17,65	20,59	0	0	2000	80	0
22	Sabbia argilloso- limosa	4,2	4,4	17,65	20,59	0	0	1700	40	0
23	Limo argilloso soffice	4,4	4,6	17,52	18,31	0	0	700	40	0
24	Argilla limosa soffice	4,6	4,8	17,76	18,54	0	0	800	53	0
25	Limo argilloso plastico	4,8	5	18,14	18,93	0	0	1000	60	0
26	Limo argilloso plastico	5	5,2	18,31	19,09	0	0	1100	67	0
27	Limo argilloso- sabbioso addensato	5,2	5,4	17,65	20,59	0	0	1000	67	0
28	Limo argilloso- sabbioso	5,4	5,6	17,65	20,59	0	0	1000	40	0
29	Limo argilloso soffice	5,6	5,8	17,49	18,28	0	0	700	33	0
30	Argilla limosa soffice	5,8	6	17,21	17,99	0	0	600	47	0
31	Argilla limosa soffice	6	6,2	17,73	18,51	0	0	800	53	0
32	Limo argilloso	6,2	6,4	18,58	19,37	0	0	1300	60	0

33	plastico Limo argilloso	6,4	6,6	18,83	19,61	0	0	1500	87	0
34	plastico Limo argilloso	6,6	6,8	19,23	20,02	0	0	1900	93	0
35	plastico Limo argilloso- sabbioso	6,8	7	17,65	20,59	0	0	1600	100	0
36	addensato Limo argilloso	7	7,2	18,57	19,36	0	0	1300	80	0
37	plastico Limo argilloso	7,2	7,4	19,13	19,92	0	0	1800	93	0
38	plastico Limo argilloso- sabbioso	7,4	7,6	17,65	20,59	0	0	2500	100	0
39	argilloso Limo argilloso	7,6	7,8	19,69	20,48	0	0	2500	127	0
40	consistente Limo argilloso- sabbioso	7,8	8	17,65	20,59	0	0	1900	120	0
41	molto addensato Limo argilloso	8	8,2	19,13	19,91	0	0	1800	100	0
42	plastico Limo argilloso- sabbioso	8,2	8,4	17,65	20,59	0	0	1800	113	0
43	molto addensato Limo argilloso- sabbioso	8,4	8,6	17,65	20,59	0	0	1900	127	0
44	molto addensato Limo argilloso- sabbioso	8,6	8,8	17,65	20,59	0	0	1600	113	0
45	molto addensato Limo argilloso	8,8	9	19,3	20,09	0	0	2000	120	0
46	consistente Limo argilloso	9	9,2	19,3	20,08	0	0	2000	120	0
47	consistente Limo argilloso- sabbioso	9,2	9,4	17,65	20,59	0	0	2000	133	0
48	molto addensato Limo argilloso- sabbioso	9,4	9,6	17,65	20,59	0	0	2900	180	0
49	molto addensato Limo argilloso	9,6	9,8	19,68	20,46	0	0	2500	133	0
50	consistente Limo argilloso	9,8	10	19,54	20,32	0	0	2300	133	0
51	consistente Limo	10	10,2	19,29	20,08	0	0	2000	113	0

	argilloso consistente									
52	Limo	10,2	10,4	19,53	20,32	0	0	2300	127	0
	argilloso consistente									
53	Sabbia	10,4	10,6	17,65	20,59	0	0	2500	60	0
	argilloso- limosa									
54	Limo	10,6	10,8	17,65	20,59	0	0	900	60	0
	argilloso- sabbioso addensato									
55	Limo	10,8	11	17,85	18,63	0	0	900	47	0
	argilloso soffice									
56	Limo	11	11,2	17,62	18,4	0	0	800	40	0
	argilloso soffice									
57	Limo	11,2	11,4	18,04	18,82	0	0	1000	47	0
	argilloso soffice									
58	Limo	11,4	11,6	17,65	20,59	0	0	1300	53	0
	argilloso- sabbioso									
59	Limo	11,6	11,8	18,37	19,15	0	0	1200	67	0
	argilloso plastico									
60	Limo	11,8	12	18,64	19,43	0	0	1400	73	0
	argilloso plastico									
61	Limo	12	12,2	17,65	20,59	0	0	1000	73	0
	argilloso- sabbioso addensato									
62	Limo	12,2	12,4	18,02	18,8	0	0	1000	47	0
	argilloso soffice									
63	Limo	12,4	12,6	18,01	18,8	0	0	1000	53	0
	argilloso soffice									
64	Stima non eseguibile	12,6	12,8	0	0	0	0	800	60	0
65	Limo	12,8	13	17,81	18,59	0	0	900	53	0
	argilloso soffice									
66	Limo	13	13,2	17,65	20,59	0	0	900	60	0
	argilloso- sabbioso addensato									
67	Limo	13,2	13,4	17,65	20,59	0	0	900	67	0
	argilloso- sabbioso addensato									
68	Limo	13,4	13,6	18	18,78	0	0	1000	60	0
	argilloso plastico									
69	Limo	13,6	13,8	17,65	20,59	0	0	1000	73	0
	argilloso- sabbioso addensato									
70	Limo	13,8	14	18,48	19,27	0	0	1300	60	0
	argilloso plastico									
71	Limo	14	14,2	18,86	19,64	0	0	1600	93	0
	argilloso plastico									
72	Limo	14,2	14,4	18,97	19,75	0	0	1700	93	0
	argilloso plastico									

73	Limo argilloso- sabbioso	14,4	14,6	17,65	20,59	0	0	1500	60	0
74	Limo argilloso soffice	14,6	14,8	17,97	18,76	0	0	1000	53	0
75	Stima non eseguibile	14,8	15	0	0	0	0	800	0	0

Idriss & Boulanger, 2014

Correzione per la magnitudo (MSF)

1,1

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione e litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente di riduzione (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1,60	25,306	23,345	9,869	4,104	2,728	2,924084	0,000	1,027	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
1,80	29,134	25,211	10,856	6,257	2,845	2,749118	0,000	1,023	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
2,00	33,252	27,368	14,804	6,341	2,786	2,47391	0,000	1,019	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
2,20	37,370	29,525	16,778	3,188	2,558	2,31787	84,207	1,015	0,120	0,217	0,629	Terreno suscettibile di liquefazione	7,71	Alto
2,40	41,488	31,681	17,765	3,810	2,609	2,205312	84,207	1,011	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
2,60	45,344	33,576	11,843	6,322	2,884	2,271807	84,207	1,007	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
2,80	49,462	35,733	13,817	4,443	2,748	2,138233	84,207	1,003	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
3,00	53,218	37,527	8,882	6,259	2,989	2,194625	84,207	0,998	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso

3,20	56,932	39,280	7,895	5,383	2,994	2,155608	84,207	0,994	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
3,40	61,050	41,437	8,882	7,152	3,054	2,047428	84,207	0,990	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
3,60	65,168	43,593	9,869	4,279	2,886	1,952681	84,207	0,985	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
3,80	69,020	45,484	11,843	5,924	2,934	1,858944	84,207	0,981	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
4,00	72,772	47,275	8,882	6,407	3,057	1,861758	84,207	0,976	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
4,20	76,890	49,431	19,738	4,160	2,695	1,665572	84,207	0,971	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
4,40	81,008	51,588	16,778	2,471	2,608	1,647796	84,207	0,966	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
4,60	84,670	53,289	6,908	6,501	3,181	1,735711	84,207	0,962	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
4,80	88,378	55,035	7,895	7,448	3,183	1,675197	84,207	0,957	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
5,00	92,164	56,860	9,869	6,609	3,083	1,606731	84,207	0,952	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
5,20	95,982	58,717	10,856	6,673	3,063	1,5575	84,207	0,947	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
5,40	100,100	60,873	9,869	7,445	3,137	1,525208	84,207	0,942	0,120	0,217	0,000	Terreno non	7,71	Molto basso

5,60	104,218	63,030	9,869	4,465	3,005	1,484	124	84,207	0,937	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscetti- bile di liquefaz- ione	7,71	Molto basso
5,80	107,874	64,725	6,908	5,573	3,206	1,481	993	84,207	0,932	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscetti- bile di liquefaz- ione	7,71	Molto basso
6,00	111,472	66,361	5,922	9,621	3,425	1,462	143	84,207	0,926	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscetti- bile di liquefaz- ione	7,71	Molto basso
6,20	115,174	68,102	7,895	7,739	3,263	1,411	1429	84,207	0,921	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscetti- bile di liquefaz- ione	7,71	Molto basso
6,40	119,048	70,015	12,830	5,081	2,980	1,348	765	84,207	0,916	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscetti- bile di liquefaz- ione	7,71	Molto basso
6,60	122,970	71,975	14,804	6,318	3,001	1,311	1469	84,207	0,911	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscetti- bile di liquefaz- ione	7,71	Molto basso
6,80	126,974	74,018	18,752	5,245	2,876	1,270	563	84,207	0,905	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscetti- bile di liquefaz- ione	7,71	Molto basso
7,00	131,092	76,175	15,791	6,808	3,017	1,252	2826	84,207	0,900	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscetti- bile di liquefaz- ione	7,71	Molto basso
7,20	134,964	78,085	12,830	6,867	3,098	1,238	465	84,207	0,895	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscetti- bile di liquefaz- ione	7,71	Molto basso
7,40	138,948	80,108	17,765	5,599	2,934	1,200	967	84,207	0,889	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscetti- bile di liquefaz- ione	7,71	Molto basso
7,60	143,066	82,265	24,673	4,243	2,750	1,165	145	84,207	0,884	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscetti- bile di liquefaz	7,71	Molto basso

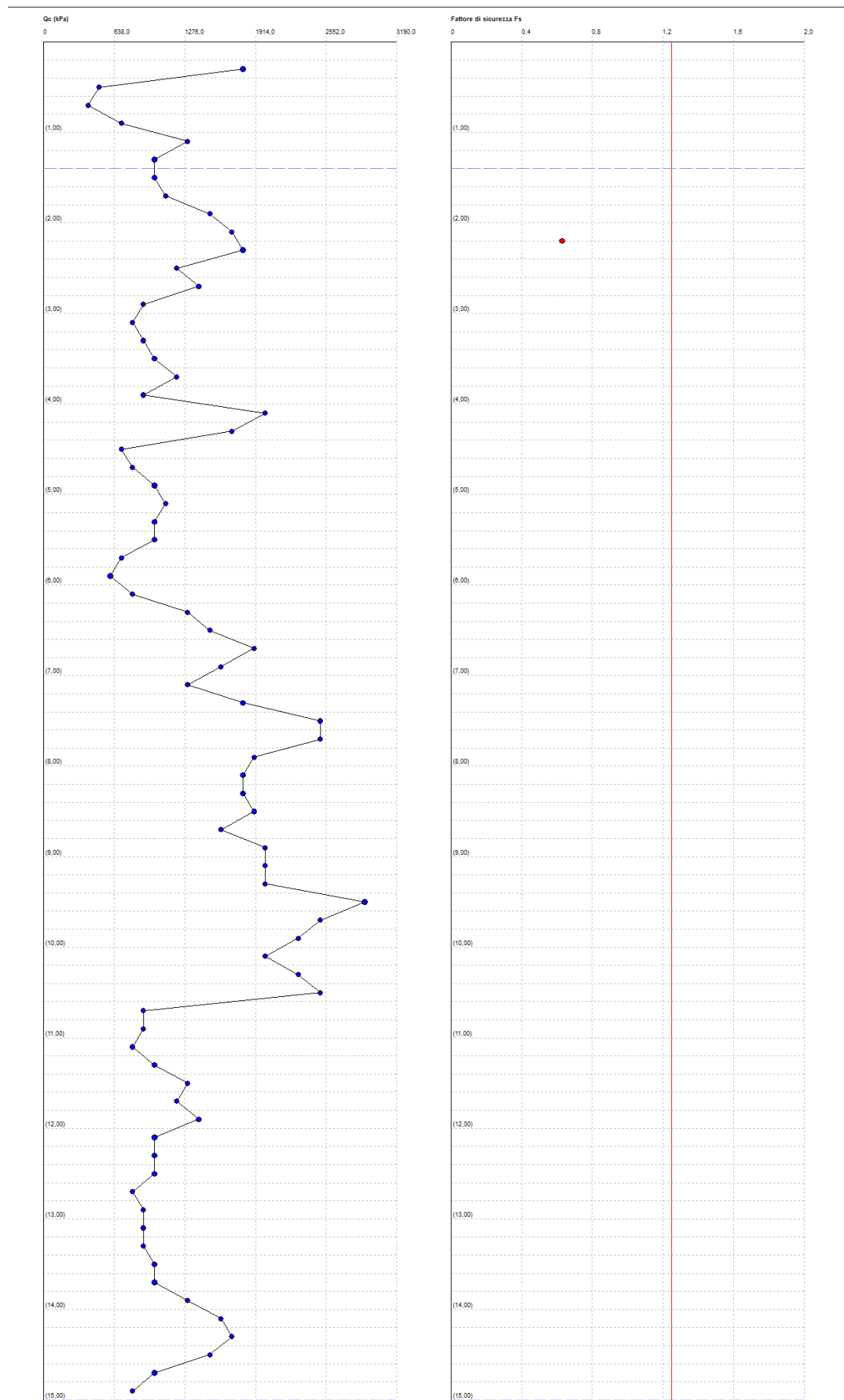
7,80	147,162	84,399	24,673	5,398	2,828	1,144088	84,207	0,878	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
8,00	151,280	86,556	18,752	6,862	2,997	1,13077	84,207	0,873	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
8,20	155,262	88,577	17,765	6,080	2,986	1,112142	84,207	0,868	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
8,40	159,380	90,733	17,765	6,888	3,029	1,091528	84,207	0,862	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
8,60	163,498	92,890	18,752	7,314	3,035	1,070914	84,207	0,857	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
8,80	167,616	95,047	15,791	7,889	3,124	1,053506	84,207	0,851	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
9,00	171,634	97,103	19,738	6,563	2,998	1,034011	84,207	0,846	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
9,20	175,650	99,158	19,738	6,578	3,004	1,017187	84,207	0,840	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
9,40	179,768	101,315	19,738	7,307	3,041	1,00008	84,207	0,834	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
9,60	183,886	103,471	28,621	6,627	2,892	0,9846725	84,207	0,829	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
9,80	187,978	105,602	24,673	5,753	2,905	0,9689688	84,207	0,823	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
10,00	192,042	107,705	22,699	6,309	2,966	0,9536459	84,207	0,818	0,120	0,217	0,000	Terreno non	7,71	Molto basso

10,20	196,058	109,759	19,738	6,264	3,020	0,93803 23	84,207	0,812	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	7,71	Molto basso
10,40	200,122	111,862	22,699	6,048	2,965	0,92556 86	84,207	0,807	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	7,71	Molto basso
10,60	204,240	114,019	24,673	2,614	2,706	0,91296 15	84,207	0,801	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	7,71	Molto basso
10,80	208,358	116,175	8,882	8,675	3,449	0,88308 11	84,207	0,796	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	7,71	Molto basso
11,00	212,084	117,940	8,882	6,832	3,391	0,87083 3	84,207	0,790	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	7,71	Molto basso
11,20	215,764	119,659	7,895	6,847	3,454	0,85733 29	84,207	0,785	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	7,71	Molto basso
11,40	219,528	121,461	9,869	6,022	3,323	0,84921 17	84,207	0,779	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	7,71	Molto basso
11,60	223,646	123,618	12,830	4,924	3,163	0,84085 09	84,207	0,774	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	7,71	Molto basso
11,80	227,476	125,487	11,843	6,889	3,292	0,82787 02	84,207	0,768	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	7,71	Molto basso
12,00	231,362	127,412	13,817	6,247	3,207	0,82014 64	84,207	0,763	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	7,71	Molto basso
12,20	235,480	129,568	9,869	9,548	3,475	0,79982 82	84,207	0,758	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz	7,71	Molto basso

12,40	239,240	131,367	9,869	6,178	3,364	0,789522	84,207	0,752	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
12,60	243,000	133,166	9,869	7,001	3,403	0,7795098	84,207	0,747	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
12,80	243,000	131,204	7,895	10,772	3,621	0,7853421	84,207	0,741	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
13,00	246,718	132,961	8,882	8,113	3,493	0,778096	84,207	0,736	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
13,20	250,836	135,118	8,882	9,243	3,536	0,7662601	84,207	0,731	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
13,40	254,954	137,274	8,882	10,387	3,574	0,7547504	84,207	0,726	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
13,60	258,710	139,069	9,869	8,094	3,463	0,7482299	84,207	0,720	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
13,80	262,828	141,226	9,869	9,903	3,524	0,737371	84,207	0,715	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
14,00	266,682	143,118	12,830	5,807	3,266	0,7359853	84,207	0,710	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
14,20	270,610	145,085	15,791	6,996	3,232	0,7336122	84,207	0,705	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
14,40	274,560	147,074	16,778	6,524	3,193	0,7268382	84,207	0,700	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	7,71	Molto basso
14,60	278,678	149,230	14,804	4,913	3,176	0,7128094	84,207	0,695	0,120	0,217	0,000	Terreno non	7,71	Molto basso

14,80	282,430	151,021	9,869	7,386	3,477	0,69136 85	84,207	0,690	0,120	0,217	0,000	suscepti bile di liquefaz ione Terreno non suscepti bile di liquefaz ione	7,71	Molto basso
15,00	282,430	149,060	7,895	0,000	3,477	0,69354 38	84,207	0,685	0,120	0,217	0,000	Terreno non suscepti bile di liquefaz ione	7,71	Molto basso

IPL (Sonmez)=0,66 Zcrit=20 m Rischio=Basso



DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: SP 413 Allargamento San Pancrazio - Modena

Codice identificativo CPT_02

Cliente: Provincia di Modena

Data 21/06/2016

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1,25

FALDA

Profondità falda idrica 1,4 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0,163

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

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

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1,5

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6,14

Peak ground acceleration (PGA) 0,26

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Stima non eseguibile	0	0,2	0	0	0	0	0	107	0
2	Limo argilloso- sabbioso	0,2	0,4	17,65	20,59	0	0	5500	213	0
3	Limo argilloso consistente	0,4	0,6	20,3	21,08	0	0	3500	160	0
4	Limo argilloso- sabbioso molto addensato	0,6	0,8	17,65	20,59	0	0	2500	193	0
5	Argille plastiche	0,8	1	18,52	19,3	0	0	1200	113	0
6	Limo argilloso- sabbioso addensato	1	1,2	17,65	20,59	0	0	1100	87	0
7	Limo argilloso- sabbioso addensato	1,2	1,4	17,65	20,59	0	0	1300	93	0
8	Limo argilloso plastico	1,4	1,6	18,88	19,66	0	0	1500	87	0
9	Limo	1,6	1,8	17,65	20,59	0	0	900	60	0

	argilloso- sabbioso addensato									
10	Stima non eseguibile	1,8	2	17,8	18,58	0	0	800	60	0
11	Argilla limosa soffice	2	2,2	17,79	18,57	0	0	800	53	0
12	Limo argilloso- sabbioso	2,2	2,4	17,65	20,59	0	0	1200	40	0
13	Limo argilloso- sabbioso addensato	2,4	2,6	17,65	20,59	0	0	900	67	0
14	Limo argilloso soffice	2,6	2,8	18,15	18,94	0	0	1000	47	0
15	Limo argilloso- sabbioso addensato	2,8	3	17,65	20,59	0	0	900	60	0
16	Limo argilloso soffice	3	3,2	18,31	19,1	0	0	1100	53	0
17	Limo argilloso- sabbioso molto addensato	3,2	3,4	17,65	20,59	0	0	1500	113	0
18	Limo argilloso- sabbioso	3,4	3,6	17,65	20,59	0	0	1500	53	0
19	Limo argilloso- sabbioso addensato	3,6	3,8	17,65	20,59	0	0	1200	93	0
20	Sabbia	3,8	4	18,63	21,57	0	0	2300	27	0
21	Limo argilloso- sabbioso	4	4,2	17,65	20,59	0	0	2100	73	0
22	Limo argilloso- sabbioso	4,2	4,4	17,65	20,59	0	0	1500	53	0
23	Limo argilloso- sabbioso	4,4	4,6	17,65	20,59	0	0	1100	47	0
24	Limo argilloso plastico	4,6	4,8	18,71	19,49	0	0	1400	80	0
25	Limo argilloso- sabbioso addensato	4,8	5	17,65	20,59	0	0	1200	87	0
26	Limo argilloso- sabbioso addensato	5	5,2	17,65	20,59	0	0	1000	67	0
27	Limo argilloso plastico	5,2	5,4	18,57	19,35	0	0	1300	67	0
28	Limo argilloso- sabbioso	5,4	5,6	17,65	20,59	0	0	1200	53	0
29	Limo argilloso plastico	5,6	5,8	18,42	19,21	0	0	1200	67	0
30	Argilla limosa	5,8	6	17,14	17,93	0	0	600	40	0

31	soffice Argilla limosa soffice	6	6,2	17,14	17,92	0	0	600	47	0
32	10646713	6,2	6,4	0	0	0	0	700	67	0
33	Limo argilloso- sabbioso addensato	6,4	6,6	17,65	20,59	0	0	1000	87	0
34	Limo argilloso- sabbioso addensato	6,6	6,8	17,65	20,59	0	0	1000	67	0
35	Limo argilloso- sabbioso	6,8	7	17,65	20,59	0	0	1400	60	0
36	Limo argilloso- sabbioso	7	7,2	17,65	20,59	0	0	1500	67	0
37	Limo argilloso plastico	7,2	7,4	18,67	19,45	0	0	1400	67	0
38	Limo argilloso plastico	7,4	7,6	19,29	20,08	0	0	2000	100	0
39	Limo argilloso- sabbioso molto addensato	7,6	7,8	17,65	20,59	0	0	2000	140	0
40	Limo argilloso plastico	7,8	8	19,11	19,89	0	0	1800	100	0
41	Limo argilloso- sabbioso molto addensato	8	8,2	17,65	20,59	0	0	1500	113	0
42	Limo argilloso- sabbioso addensato	8,2	8,4	17,65	20,59	0	0	1700	107	0
43	Limo argilloso- sabbioso addensato	8,4	8,6	17,65	20,59	0	0	1400	87	0
44	10646713	8,6	8,8	0	0	0	0	900	80	0
45	Limo argilloso plastico	8,8	9	19,28	20,06	0	0	2000	93	0
46	Limo argilloso- sabbioso molto addensato	9	9,2	17,65	20,59	0	0	2400	160	0
47	Limo argilloso consistente	9,2	9,4	19,8	20,58	0	0	2700	153	0
48	Limo argilloso consistente	9,4	9,6	19,66	20,45	0	0	2500	140	0
49	Limo argilloso- sabbioso molto addensato	9,6	9,8	17,65	20,59	0	0	2700	173	0
50	Limo argilloso consistente	9,8	10	19,86	20,64	0	0	2800	153	0

51	Limo argilloso- sabbioso molto addensato	10	10,2	17,65	20,59	0	0	2500	167	0
52	Limo argilloso consistente	10,2	10,4	19,73	20,51	0	0	2600	120	0
53	Limo argilloso plastico	10,4	10,6	18,75	19,53	0	0	1500	87	0
54	Limo argilloso soffice	10,6	10,8	17,99	18,78	0	0	1000	53	0
55	Limo argilloso- sabbioso	10,8	11	17,65	20,59	0	0	1200	47	0
56	Limo argilloso plastico	11	11,2	18,33	19,11	0	0	1200	60	0
57	Limo argilloso soffice	11,2	11,4	17,98	18,76	0	0	1000	53	0
58	Limo argilloso plastico	11,4	11,6	18,47	19,26	0	0	1300	67	0
59	Limo argilloso plastico	11,6	11,8	18,73	19,52	0	0	1500	80	0
60	Limo argilloso plastico	11,8	12	18,47	19,25	0	0	1300	67	0
61	Limo argilloso soffice	12	12,2	18,15	18,93	0	0	1100	53	0
62	Limo argilloso soffice	12,2	12,4	17,96	18,74	0	0	1000	53	0
63	Limo argilloso- sabbioso addensato	12,4	12,6	17,65	20,59	0	0	1100	73	0
64	Limo argilloso plastico	12,6	12,8	18,59	19,38	0	0	1400	73	0
65	Limo argilloso- sabbioso	12,8	13	17,65	20,59	0	0	1900	80	0
66	Sabbia argilloso- limosa	13	13,2	17,65	20,59	0	0	2200	67	0
67	Limo argilloso- sabbioso	13,2	13,4	17,65	20,59	0	0	2400	93	0
68	Limo argilloso soffice	13,4	13,6	17,48	18,26	0	0	800	47	0
69	Limo argilloso plastico	13,6	13,8	17,93	18,71	0	0	1000	60	0
70	Limo argilloso- sabbioso addensato	13,8	14	17,65	20,59	0	0	1600	107	0
71	Limo argilloso plastico	14	14,2	19,04	19,82	0	0	1800	107	0
72	Limo argilloso	14,2	14,4	19,03	19,82	0	0	1800	107	0

73	plastico Limo argilloso consistente	14,4	14,6	19,31	20,1	0	0	2100	127	0
74	Limo argilloso consistente	14,6	14,8	19,22	20,01	0	0	2000	113	0
75	Stima non eseguibile	14,8	15	0	0	0	0	1600	0	0

Idriss & Boulanger, 2014

Correzione per la magnitudo (MSF) 1,09

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione e litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1,60	25,816	23,855	14,804	5,902	2,738	2,675512	0,000	1,027	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
1,80	29,934	26,011	8,882	6,896	2,933	2,794599	0,000	1,023	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
2,00	33,650	27,766	7,895	7,829	3,018	2,734613	0,000	1,019	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
2,20	37,364	29,519	7,895	6,950	2,997	2,624417	0,000	1,015	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
2,40	41,482	31,675	11,843	3,453	2,692	2,358401	0,000	1,011	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
2,60	45,600	33,832	8,882	7,842	3,031	2,355006	0,000	1,007	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
2,80	49,388	35,659	9,869	4,944	2,876	2,241678	0,000	1,003	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
3,00	53,506	37,815	8,882	7,088	3,028	2,183285	0,000	0,998	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso

3,20	57,326	39,674	10,856	5,083	2,882	2,06072	0,000	0,994	0,000	0,000	0,000	Terreno non susce- tibile di liquef- azione	18,47	Molto basso
3,40	61,444	41,831	14,804	7,855	2,935	1,91621 5	0,000	0,990	0,000	0,000	0,000	Terreno non susce- tibile di liquef- azione	18,47	Molto basso
3,60	65,562	43,987	14,804	3,695	2,720	1,85579 5	0,000	0,985	0,000	0,000	0,000	Terreno non susce- tibile di liquef- azione	18,47	Molto basso
3,80	69,680	46,144	11,843	8,228	3,036	1,84074 6	0,000	0,981	0,000	0,000	0,000	Terreno non susce- tibile di liquef- azione	18,47	Molto basso
4,00	73,994	48,497	22,699	1,213	2,311	1,66100 6	74,098	0,976	0,111	0,252	0,487	Terreno susce- tibile di liquef- azione	18,47	Molto alto
4,20	78,112	50,653	20,725	3,610	2,644	1,63234	74,098	0,971	0,111	0,252	0,000	Terreno non susce- tibile di liquef- azione	18,47	Molto basso
4,40	82,230	52,810	14,804	3,738	2,768	1,64084 7	74,098	0,966	0,111	0,252	0,000	Terreno non susce- tibile di liquef- azione	18,47	Molto basso
4,60	86,348	54,967	10,856	4,637	2,941	1,63652 5	74,098	0,962	0,111	0,252	0,000	Terreno non susce- tibile di liquef- azione	18,47	Molto basso
4,80	90,246	56,903	13,817	6,108	2,951	1,56577 9	74,098	0,957	0,111	0,252	0,000	Terreno non susce- tibile di liquef- azione	18,47	Molto basso
5,00	94,364	59,060	11,843	7,869	3,084	1,54115 2	74,098	0,952	0,111	0,252	0,000	Terreno non susce- tibile di liquef- azione	18,47	Molto basso
5,20	98,482	61,217	9,869	7,432	3,138	1,51859 8	74,098	0,947	0,111	0,252	0,000	Terreno non susce- tibile di liquef- azione	18,47	Molto basso
5,40	102,352	63,125	12,830	5,594	2,977	1,45899	74,098	0,942	0,111	0,252	0,000	Terreno	18,47	Molto

						8							non suscetti bile di liquefaz ione		basso
5,60	106,470	65,282	11,843	4,847	2,973	1,42903 7	74,098	0,937	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	18,47	Molto basso	
5,80	110,312	67,163	11,843	6,149	3,048	1,39830 7	74,098	0,932	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	18,47	Molto basso	
6,00	113,898	68,787	5,922	8,229	3,393	1,41757 7	74,098	0,926	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	18,47	Molto basso	
6,20	117,482	70,410	5,922	9,741	3,449	1,38934 3	74,098	0,921	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	18,47	Molto basso	
6,40	117,482	68,449	6,908	11,502	3,429	1,41401 5	74,098	0,916	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	18,47	Molto basso	
6,60	121,600	70,605	9,869	9,904	3,266	1,35636 3	74,098	0,911	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	18,47	Molto basso	
6,80	125,718	72,762	9,869	7,663	3,201	1,32381 7	74,098	0,905	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	18,47	Molto basso	
7,00	129,836	74,919	13,817	4,724	2,954	1,27580 6	74,098	0,900	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	18,47	Molto basso	
7,20	133,954	77,075	14,804	4,905	2,948	1,24471 5	74,098	0,895	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	18,47	Molto basso	
7,40	137,844	79,004	13,817	5,308	3,002	1,22403 2	74,098	0,889	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	18,47	Molto basso	
7,60	141,860	81,059	19,738	5,382	2,890	1,18625 6	74,098	0,884	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di	18,47	Molto basso	

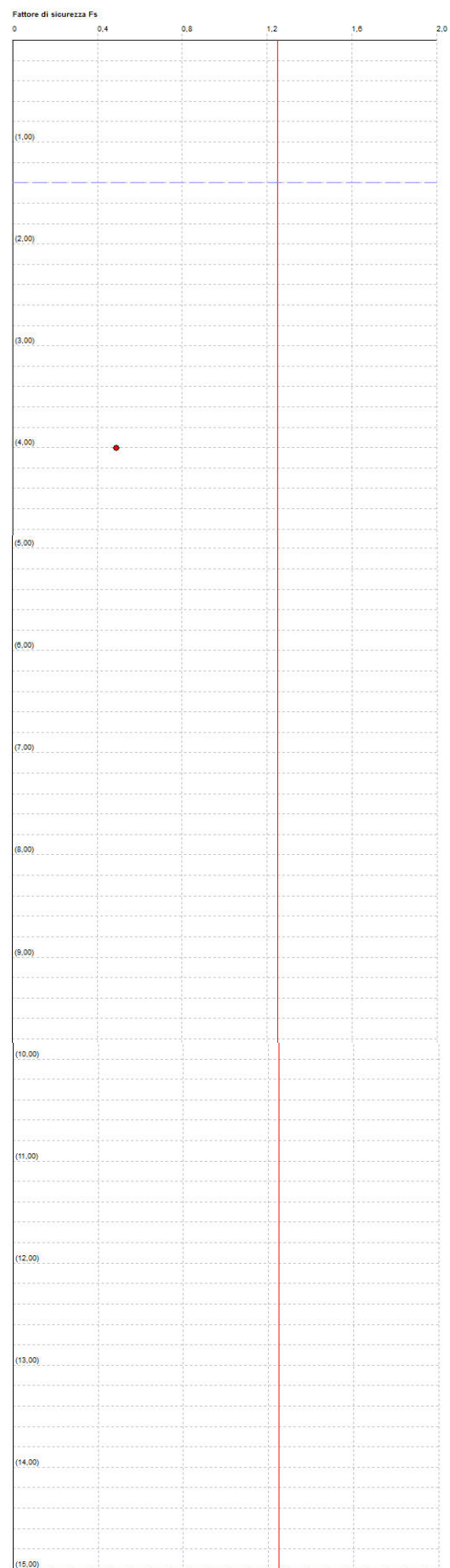
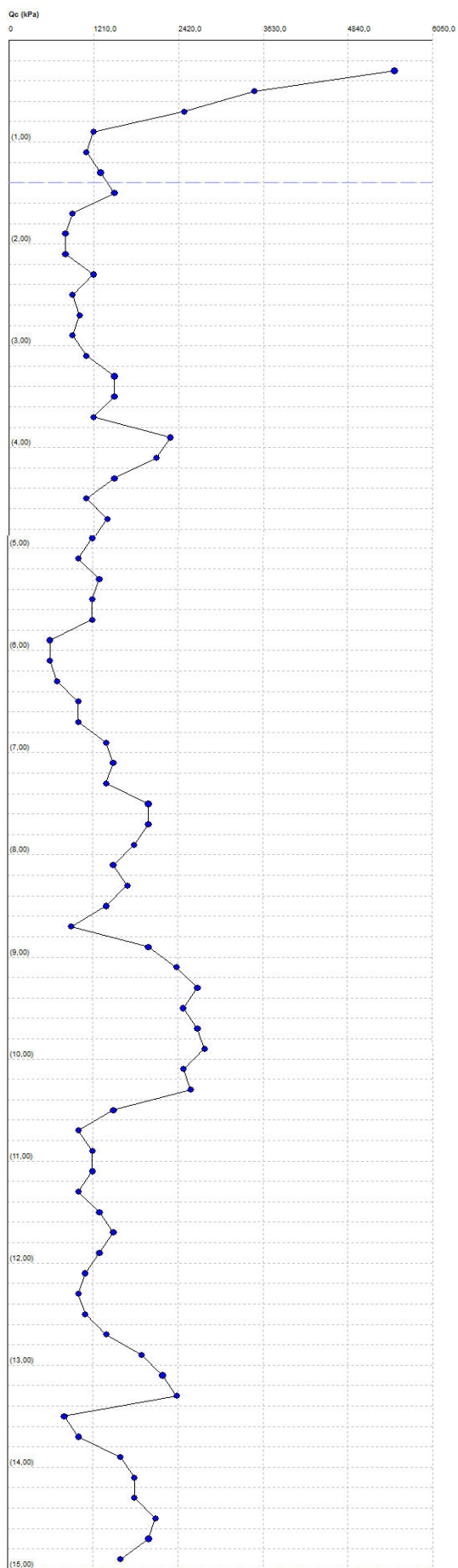
7,80	145,978	83,215	19,738	7,551	2,998	1,163351	74,098	0,878	0,111	0,252	0,000	liquefazione Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
8,00	149,956	85,232	17,765	6,060	2,974	1,145665	74,098	0,873	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
8,20	154,074	87,389	14,804	8,396	3,140	1,128047	74,098	0,868	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
8,40	158,192	89,545	16,778	6,940	3,048	1,103909	74,098	0,862	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
8,60	162,310	91,702	13,817	7,029	3,128	1,086236	74,098	0,857	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
8,80	162,310	89,741	8,882	10,845	3,413	1,113021	74,098	0,851	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
9,00	166,322	91,791	19,738	5,072	2,908	1,080073	74,098	0,846	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
9,20	170,440	93,948	23,686	7,176	2,955	1,058733	74,098	0,840	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
9,40	174,556	96,103	26,647	6,058	2,870	1,039907	74,098	0,834	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
9,60	178,646	98,231	24,673	6,031	2,900	1,023653	74,098	0,829	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
9,80	182,764	100,388	26,647	6,873	2,920	1,006941	74,098	0,823	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
10,00	186,892	102,555	27,634	5,855	2,864	0,99109	74,098	0,818	0,111	0,252	0,000	Terreno	18,47	Molto

						6							non suscetti bile di liquefaz ione		basso
10,20	191,010	104,711	24,673	7,233	2,972	0,97527 81	74,098	0,812	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	18,47	Molto basso	
10,40	195,112	106,852	25,660	4,990	2,853	0,96055 31	74,098	0,807	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	18,47	Molto basso	
10,60	199,018	108,797	14,804	6,687	3,144	0,94207 04	74,098	0,801	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	18,47	Molto basso	
10,80	202,774	110,592	9,869	6,648	3,313	0,92493 72	74,098	0,796	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	18,47	Molto basso	
11,00	206,892	112,748	11,843	4,733	3,152	0,91110 19	74,098	0,790	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	18,47	Molto basso	
11,20	210,714	114,609	11,843	6,065	3,225	0,89800 11	74,098	0,785	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	18,47	Molto basso	
11,40	214,466	116,400	9,869	6,747	3,338	0,88301 1	74,098	0,779	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	18,47	Molto basso	
11,60	218,318	118,290	12,830	6,194	3,209	0,87444 48	74,098	0,774	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	18,47	Molto basso	
11,80	222,222	120,233	14,804	6,261	3,160	0,86462 98	74,098	0,768	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	18,47	Molto basso	
12,00	226,072	122,122	12,830	6,239	3,223	0,85003 6	74,098	0,763	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	18,47	Molto basso	
12,20	229,858	123,946	10,856	6,091	3,294	0,83539 04	74,098	0,758	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di	18,47	Molto basso	

12,40	233,606	125,733	9,869	6,916	3,377	0,8225135	74,098	0,752	0,111	0,252	0,000	liquefazione Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
12,60	237,724	127,890	10,856	8,466	3,396	0,8117374	74,098	0,747	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
12,80	241,600	129,804	13,817	6,302	3,218	0,8066432	74,098	0,741	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
13,00	245,718	131,961	18,752	4,836	3,027	0,8034285	74,098	0,736	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
13,20	249,836	134,118	21,712	3,436	2,881	0,7969462	74,098	0,731	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
13,40	253,954	136,274	23,686	4,334	2,915	0,7892572	74,098	0,726	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
13,60	257,606	137,965	7,895	8,665	3,589	0,7480706	74,098	0,720	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
13,80	261,348	139,746	9,869	8,123	3,467	0,7447914	74,098	0,715	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
14,00	265,466	141,902	15,791	8,018	3,262	0,7484004	74,098	0,710	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
14,20	269,430	143,905	17,765	6,991	3,181	0,7431766	74,098	0,705	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
14,40	273,394	145,908	17,765	7,009	3,186	0,7341292	74,098	0,700	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	18,47	Molto basso
14,60	277,414	147,966	20,725	6,968	3,128	0,73091	74,098	0,695	0,111	0,252	0,000	Terreno	18,47	Molto

						75						non suscetti bile di liquefaz ione		basso
14,80	281,416	150,007	19,738	6,575	3,136	0,72025 4	74,098	0,690	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	18,47	Molto basso
15,00	281,416	148,046	15,791	0,000	3,136	0,72033 4	74,098	0,685	0,111	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	18,47	Molto basso

IPL (Sonmez)=0,82 Zcrit=20 m Rischio=Basso



DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: SP 413 Allargamento San Pancrazio - Modena

Codice identificativo CPT_03

Cliente: Provincia di Modena

Data 21/06/2016

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1,25

FALDA

Profondità falda idrica 1,4 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0,163

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

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

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1,5

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6,14

Peak ground acceleration (PGA) 0,26

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Stima non eseguibile	0	0,2	0	0	0	0	0	53	0
2	Limo argilloso molto consistente	0,2	0,4	21,74	22,53	0	0	8400	393	0
3	Limo argilloso molto consistente	0,4	0,6	21,05	21,83	0	0	5500	320	0
4	Limo argilloso consistente	0,6	0,8	20,2	20,98	0	0	3300	180	0
5	Limo argilloso- sabbioso	0,8	1	17,65	20,59	0	0	2000	80	0
6	Limo argilloso- sabbioso molto addensato	1	1,2	17,65	20,59	0	0	1700	140	0
7	Argille plastiche	1,2	1,4	18,51	19,29	0	0	1200	120	0
8	Limo argilloso soffice	1,4	1,6	18,19	18,98	0	0	1000	47	0
9	Limo	1,6	1,8	17,65	20,59	0	0	1500	60	0

10	argilloso- sabbioso Limo	1,8	2	17,65	20,59	0	0	1400	47	0
11	argilloso- sabbioso Limo	2	2,2	18,48	19,27	0	0	1200	60	0
12	argilloso plastico Limo	2,2	2,4	17,65	20,59	0	0	900	67	0
13	argilloso- sabbioso addensato Limo	2,4	2,6	18,15	18,94	0	0	1000	47	0
14	argilloso soffice Limo	2,6	2,8	17,65	20,59	0	0	900	33	0
15	argilloso- sabbioso Limo	2,8	3	17,65	20,59	0	0	900	33	0
16	argilloso- sabbioso Limo	3	3,2	17,65	20,59	0	0	1000	40	0
17	argilloso plastico Limo	3,2	3,4	18,3	19,09	0	0	1100	67	0
18	Sabbia argilloso- limosa	3,4	3,6	17,65	20,59	0	0	1900	53	0
19	Limo argilloso- sabbioso	3,6	3,8	17,65	20,59	0	0	1100	40	0
20	Limo argilloso- sabbioso addensato	3,8	4	17,65	20,59	0	0	1200	80	0
21	Sabbia argilloso- limosa	4	4,2	17,65	20,59	0	0	2000	53	0
22	Sabbie limose	4,2	4,4	17,65	20,59	0	0	2500	47	0
23	Limo argilloso- sabbioso	4,4	4,6	17,65	20,59	0	0	1800	60	0
24	Limo argilloso soffice	4,6	4,8	17,92	18,7	0	0	900	47	0
25	Sabbia argilloso- limosa	4,8	5	17,65	20,59	0	0	1300	40	0
26	Limo argilloso- sabbioso	5	5,2	17,65	20,59	0	0	1500	53	0
27	Limo argilloso plastico	5,2	5,4	18,42	19,2	0	0	1200	60	0
28	Limo argilloso plastico	5,4	5,6	18,42	19,2	0	0	1200	67	0
29	Limo argilloso plastico	5,6	5,8	18,81	19,59	0	0	1500	73	0
30	Limo argilloso plastico	5,8	6	18,55	19,34	0	0	1300	80	0
31	Limo argilloso plastico	6	6,2	18,68	19,46	0	0	1400	67	0

32	Limo argilloso plastico	6,2	6,4	18,68	19,46	0	0	1400	73	0
33	Sabbia argilloso- limosa	6,4	6,6	17,65	20,59	0	0	1300	40	0
34	Limo argilloso- sabbioso	6,6	6,8	17,65	20,59	0	0	1100	40	0
35	Limo argilloso plastico	6,8	7	18,06	18,84	0	0	1000	60	0
36	Sabbia argilloso- limosa	7	7,2	17,65	20,59	0	0	1800	53	0
37	Limo argilloso plastico	7,2	7,4	18,9	19,68	0	0	1600	80	0
38	Limo argilloso plastico	7,4	7,6	19,45	20,24	0	0	2200	100	0
39	Limo argilloso plastico	7,6	7,8	19,45	20,24	0	0	2200	107	0
40	Limo argilloso- sabbioso	7,8	8	17,65	20,59	0	0	1900	67	0
41	Limo argilloso- sabbioso	8	8,2	17,65	20,59	0	0	2500	100	0
42	Limo argilloso consistente	8,2	8,4	19,45	20,23	0	0	2200	133	0
43	Limo argilloso- sabbioso molto addensato	8,4	8,6	17,65	20,59	0	0	1900	120	0
44	Limo argilloso- sabbioso molto addensato	8,6	8,8	17,65	20,59	0	0	2200	153	0
45	Limo argilloso consistente	8,8	9	19,44	20,22	0	0	2200	127	0
46	Limo argilloso- sabbioso molto addensato	9	9,2	17,65	20,59	0	0	2000	133	0
47	Limo argilloso consistente	9,2	9,4	19,35	20,14	0	0	2100	113	0
48	Limo argilloso- sabbioso	9,4	9,6	17,65	20,59	0	0	2100	93	0
49	Limo argilloso consistente	9,6	9,8	19,43	20,22	0	0	2200	113	0
50	Limo argilloso- sabbioso molto addensato	9,8	10	17,65	20,59	0	0	1600	120	0
51	Limo argilloso- sabbioso addensato	10	10,2	17,65	20,59	0	0	1200	87	0

52	Limo argilloso- sabbioso	10,2	10,4	17,65	20,59	0	0	2000	80	0
53	Limo argilloso- sabbioso	10,4	10,6	17,65	20,59	0	0	1900	80	0
54	Limo argilloso plastico	10,6	10,8	19,07	19,85	0	0	1800	93	0
55	Limo argilloso- sabbioso	10,8	11	17,65	20,59	0	0	2200	87	0
56	Limo argilloso plastico	11	11,2	19,25	20,03	0	0	2000	93	0
57	Sabbia	11,2	11,4	17,65	20,59	0	0	2800	47	0
58	Sabbie limose	11,4	11,6	17,65	20,59	0	0	3800	80	0
59	Limo argilloso- sabbioso addensato	11,6	11,8	17,65	20,59	0	0	1000	67	0
60	Limo argilloso- sabbioso	11,8	12	17,65	20,59	0	0	1400	47	0
61	Limo argilloso plastico	12	12,2	18,13	18,91	0	0	1100	60	0
62	Limo argilloso- sabbioso addensato	12,2	12,4	17,65	20,59	0	0	1000	67	0
63	Limo argilloso soffice	12,4	12,6	17,48	18,26	0	0	800	47	0
64	Limo argilloso soffice	12,6	12,8	17,72	18,5	0	0	900	53	0
65	Stima non eseguibile	12,8	13	17,47	18,25	0	0	800	60	0
66	Limo argilloso soffice	13	13,2	17,92	18,7	0	0	1000	47	0
67	10646713	13,2	13,4	17,65	20,59	0	0	800	87	0
68	Limo argilloso- sabbioso addensato	13,4	13,6	17,65	20,59	0	0	1000	67	0
69	Limo argilloso soffice	13,6	13,8	17,69	18,47	0	0	900	53	0
70	Limo argilloso plastico	13,8	14	18,92	19,71	0	0	1700	93	0
71	Limo argilloso- sabbioso molto addensato	14	14,2	17,65	20,59	0	0	1900	120	0
72	Limo argilloso plastico	14,2	14,4	19,12	19,91	0	0	1900	100	0
73	Limo argilloso plastico	14,4	14,6	19,12	19,9	0	0	1900	107	0
74	Limo argilloso plastico	14,6	14,8	18,07	18,86	0	0	1100	67	0
75	Limo	14,8	15	18,24	19,03	0	0	1200	60	0

76	argilloso plastico Limo	15	15,2	17,65	20,59	0	0	1400	47	0
77	argilloso- sabbioso Limo	15,2	15,4	17,65	20,59	0	0	1200	80	0
78	argilloso- sabbioso addensato Limo	15,4	15,6	18,39	19,17	0	0	1300	67	0
79	argilloso plastico Limo	15,6	15,8	18,05	18,84	0	0	1100	53	0
80	argilloso soffice Limo	15,8	16	18,9	19,68	0	0	1700	93	0
81	argilloso plastico Sabbia	16	16,2	17,65	20,59	0	0	2200	60	0
82	argilloso- limosa Limo	16,2	16,4	19	19,78	0	0	1800	93	0
83	argilloso plastico Limo	16,4	16,6	18,52	19,3	0	0	1400	73	0
84	argilloso plastico Limo	16,6	16,8	17,83	18,61	0	0	1000	47	0
85	argilloso soffice Limo	16,8	17	17,65	20,59	0	0	1100	47	0
86	argilloso- sabbioso Limo	17	17,2	17,65	20,59	0	0	1400	93	0
87	argilloso- sabbioso addensato Limo	17,2	17,4	17,65	20,59	0	0	2000	87	0
88	argilloso sabbioso Limo	17,4	17,6	19,52	20,3	0	0	2400	120	0
89	argilloso consistente Limo	17,6	17,8	18,98	19,76	0	0	1800	100	0
90	argilloso plastico Limo	17,8	18	19,27	20,05	0	0	2100	107	0
91	argilloso plastico Limo	18	18,2	19,17	19,96	0	0	2000	113	0
92	argilloso consistente Limo	18,2	18,4	17,65	20,59	0	0	2000	127	0
93	argilloso- sabbioso molto addensato Limo	18,4	18,6	17,65	20,59	0	0	2000	127	0
94	argilloso- sabbioso molto addensato Limo	18,6	18,8	19,5	20,29	0	0	2400	140	0
95	argilloso consistente Limo	18,8	19	19,16	19,95	0	0	2000	120	0
96	argilloso consistente Limo	19	19,2	19,5	20,29	0	0	2400	120	0

	argilloso consistente									
97	Limo	19,2	19,4	19,84	20,63	0	0	2900	160	0
	argilloso consistente									
98	Limo	19,4	19,6	19,9	20,69	0	0	3000	180	0
	argilloso consistente									
99	Limo	19,6	19,8	19,5	20,28	0	0	2400	133	0
	argilloso consistente									
100	Limo	19,8	20	19,57	20,35	0	0	2500	133	0
	argilloso consistente									
101	Limo	20	20,2	19,41	20,2	0	0	2300	113	0
	argilloso consistente									
102	Limo	20,2	20,4	19,71	20,49	0	0	2700	153	0
	argilloso consistente									
103	Limo	20,4	20,6	17,65	20,59	0	0	3300	207	0
	argilloso- sabbioso molto addensato									
104	Limo	20,6	20,8	17,65	20,59	0	0	2900	180	0
	argilloso- sabbioso molto addensato									
105	Limo	20,8	21	19,56	20,34	0	0	2500	147	0
	argilloso consistente									
106	Limo	21	21,2	19,56	20,34	0	0	2500	127	0
	argilloso consistente									
107	Limo	21,2	21,4	19,32	20,1	0	0	2200	100	0
	argilloso plastico									
108	Limo	21,4	21,6	17,65	20,59	0	0	1400	47	0
	argilloso- sabbioso									
109	Limo	21,6	21,8	17,65	20,59	0	0	1200	47	0
	argilloso- sabbioso									
110	Limo	21,8	22	17,65	20,59	0	0	1600	67	0
	argilloso- sabbioso									
111	Limo	22	22,2	17,65	20,59	0	0	1500	60	0
	argilloso- sabbioso									
112	Limo	22,2	22,4	18,69	19,47	0	0	1600	80	0
	argilloso plastico									
113	Limo	22,4	22,6	18,26	19,04	0	0	1300	67	0
	argilloso plastico									
114	Limo	22,6	22,8	18,41	19,19	0	0	1400	80	0
	argilloso plastico									
115	Limo	22,8	23	18,41	19,19	0	0	1400	73	0
	argilloso plastico									
116	Limo	23	23,2	17,65	20,59	0	0	1400	87	0
	argilloso- sabbioso addensato									
117	Limo	23,2	23,4	19,46	20,25	0	0	2400	120	0
	argilloso									

118	consistente Limo argilloso plastico	23,4	23,6	18,67	19,45	0	0	1600	93	0
119	Limo argilloso- sabbioso	23,6	23,8	17,65	20,59	0	0	1500	60	0
120	Limo argilloso- sabbioso	23,8	24	17,65	20,59	0	0	1500	67	0
121	Limo argilloso plastico	24	24,2	19,01	19,79	0	0	1900	107	0
122	Limo argilloso molto consistente	24,2	24,4	20,71	21,5	0	0	4800	220	0
123	Limo argilloso consistente	24,4	24,6	19,87	20,65	0	0	3000	180	0
124	Limo argilloso consistente	24,6	24,8	19,53	20,31	0	0	2500	127	0
125	Limo argilloso consistente	24,8	25	19,45	20,23	0	0	2400	147	0
126	Limo argilloso consistente	25	25,2	19,52	20,31	0	0	2500	120	0
127	Limo argilloso consistente	25,2	25,4	19,67	20,45	0	0	2700	140	0
128	Limo argilloso consistente	25,4	25,6	19,52	20,3	0	0	2500	120	0
129	Limo argilloso consistente	25,6	25,8	19,73	20,52	0	0	2800	140	0
130	Limo argilloso consistente	25,8	26	19,52	20,3	0	0	2500	120	0
131	Limo argilloso- sabbioso	26	26,2	17,65	20,59	0	0	1600	67	0
132	Limo argilloso- sabbioso	26,2	26,4	17,65	20,59	0	0	2200	93	0
133	Limo argilloso plastico	26,4	26,6	19,17	19,96	0	0	2100	107	0
134	Limo argilloso consistente	26,6	26,8	20,03	20,81	0	0	3300	167	0
135	Limo argilloso consistente	26,8	27	19,97	20,75	0	0	3200	147	0
136	Limo argilloso consistente	27	27,2	19,72	20,5	0	0	2800	153	0
137	Limo argilloso consistente	27,2	27,4	19,58	20,36	0	0	2600	140	0
138	Limo argilloso consistente	27,4	27,6	19,5	20,29	0	0	2500	140	0
139	Limo argilloso consistente	27,6	27,8	19,71	20,5	0	0	2800	153	0
140	Limo	27,8	28	17,65	20,59	0	0	2500	107	0

141	argilloso-sabbioso Limo argilloso consistente	28	28,2	19,57	20,36	0	0	2600	140	0
142	argilloso-sabbioso Limo argilloso plastico	28,2	28,4	17,65	20,59	0	0	2600	107	0
143	Sabbia argilloso-limosa	28,4	28,6	19,33	20,11	0	0	2300	107	0
144	Argilla torbosa dura	28,6	28,8	17,65	20,59	0	0	1700	53	0
145	Argilla molto dura	28,8	29	20,66	21,44	0	0	4700	747	0
146	Limo argilloso molto compatto	29	29,2	21,94	22,72	0	0	9800,01	1007	0
147	Stima non eseguibile	29,2	29,4	22,86	23,64	0	0	16900	973	0
148	Limo argilloso-sabbioso molto addensato	29,4	29,6	0	0	0	0	17900,01	833	0
149	Stima non eseguibile	29,6	29,8	17,65	20,59	0	0	22900,01	967	0
150		29,8	30	0	0	0	0	19800,01	0	0

Idriss & Boulanger, 2014

Correzione per la magnitudo (MSF) 1,09

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale e effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione e litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1,60	27,156	25,195	9,869	4,831	2,791	2,800315	0,000	1,027	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	39,75	Molto basso
1,80	31,274	27,351	14,804	4,085	2,650	2,474718	0,000	1,023	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	39,75	Molto basso
2,00	35,392	29,508	13,817	3,444	2,632	2,402189	0,000	1,019	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	39,75	Molto basso
2,20	39,246	31,401	11,843	5,169	2,808	2,370765	0,000	1,015	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscettibile di	39,75	Molto basso

2,40	43,364	33,557	8,882	7,821	3,027	2,37182	0,000	1,011	0,000	0,000	0,000	liquefaz ione Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
2,60	47,152	35,384	9,869	4,933	2,873	2,25298 1	0,000	1,007	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
2,80	51,270	37,541	8,882	3,888	2,853	2,19409 8	0,000	1,003	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
3,00	55,388	39,697	8,882	3,907	2,869	2,11186 6	0,000	0,998	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
3,20	59,506	41,854	9,869	4,253	2,873	2,0107	0,000	0,994	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
3,40	63,324	43,711	10,856	6,463	2,975	1,92843 9	0,000	0,990	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
3,60	67,442	45,867	18,752	2,892	2,588	1,75596 5	77,874	0,985	0,114	0,245	0,519	Terreno suscetti bile di liquefaz ione	15,77	Molto alto
3,80	71,560	48,024	10,856	3,889	2,854	1,80485 2	77,874	0,981	0,114	0,245	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	15,77	Molto basso
4,00	75,678	50,181	11,843	7,115	3,012	1,73526 2	77,874	0,976	0,114	0,245	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	15,77	Molto basso
4,20	79,796	52,337	19,738	2,760	2,589	1,60646 9	76,417	0,971	0,113	0,250	0,499	Terreno suscetti bile di liquefaz ione	18,84	Molto alto
4,40	83,914	54,494	24,673	1,945	2,432	1,53237 4	78,774	0,966	0,115	0,252	0,507	Terreno suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto alto
4,60	88,032	56,651	17,765	3,505	2,709	1,53841 8	78,774	0,962	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di	19,30	Molto basso

4,80	91,772	58,429	8,882	5,815	3,090	1,58552	78,774	0,957	0,115	0,252	0,000	liquefaz ione Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
5,00	95,890	60,586	12,830	3,322	2,820	1,50397	78,774	0,952	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
5,20	100,008	62,743	14,804	3,786	2,816	1,45205 4	78,774	0,947	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
5,40	103,848	64,621	11,843	5,474	3,004	1,44013 8	78,774	0,942	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
5,60	107,688	66,500	11,843	6,134	3,044	1,40899	78,774	0,937	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
5,80	111,606	68,457	14,804	5,258	2,933	1,36183 6	78,774	0,932	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
6,00	115,474	70,363	12,830	6,754	3,061	1,34362 8	78,774	0,926	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
6,20	119,366	72,294	13,817	5,232	2,970	1,31124 2	78,774	0,921	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
6,40	123,258	74,225	13,817	5,718	3,003	1,28499 7	78,774	0,916	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
6,60	127,376	76,381	12,830	3,411	2,897	1,26034 6	78,774	0,911	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
6,80	131,494	78,538	10,856	4,130	3,019	1,23961 4	78,774	0,905	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
7,00	135,262	80,345	9,869	6,939	3,204	1,22015	78,774	0,900	0,115	0,252	0,000	Terreno	19,30	Molto

						5						non suscetti bile di liquefaz ione		basso
7,20	139,380	82,501	17,765	3,192	2,784	1,17446 7	78,774	0,895	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
7,40	143,316	84,476	15,791	5,492	2,983	1,15695	78,774	0,889	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
7,60	147,364	86,563	21,712	4,872	2,846	1,12691 9	78,774	0,884	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
7,80	151,412	88,649	21,712	5,223	2,872	1,10711 1	78,774	0,878	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
8,00	155,530	90,806	18,752	3,841	2,843	1,08993	78,774	0,873	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
8,20	159,648	92,963	24,673	4,273	2,783	1,06651 2	78,774	0,868	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
8,40	163,694	95,047	21,712	6,531	2,957	1,05044 6	78,774	0,862	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
8,60	167,812	97,204	18,752	6,928	3,031	1,03349	78,774	0,857	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
8,80	171,930	99,361	21,712	7,544	3,012	1,01527 8	78,774	0,851	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
9,00	175,974	101,443	21,712	6,275	2,963	0,99909 28	78,774	0,846	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
9,20	180,092	103,600	19,738	7,308	3,047	0,98253 8	78,774	0,840	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di	19,30	Molto basso

9,40	184,120	105,667	20,725	5,898	2,973	0,96745 73	78,774	0,834	0,115	0,252	0,000	liquefaz ione Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
9,60	188,238	107,823	20,725	4,865	2,923	0,95202 42	78,774	0,829	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
9,80	192,282	109,906	21,712	5,628	2,954	0,93808 15	78,774	0,823	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
10,00	196,400	112,063	15,791	8,549	3,197	0,91947 42	78,774	0,818	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
10,20	200,518	114,219	11,843	8,705	3,320	0,90071 34	78,774	0,812	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
10,40	204,636	116,376	19,738	4,456	2,940	0,89428 58	78,774	0,807	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
10,60	208,754	118,533	18,752	4,730	2,982	0,87983 53	78,774	0,801	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
10,80	212,724	120,542	17,765	5,859	3,068	0,86642 04	78,774	0,796	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
11,00	216,842	122,698	21,712	4,387	2,917	0,85818 41	78,774	0,790	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
11,20	220,848	124,743	19,738	5,227	3,007	0,84414 82	78,774	0,785	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
11,40	224,966	126,900	27,634	1,825	2,603	0,84151 36	78,774	0,779	0,115	0,252	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	19,30	Molto basso
11,60	229,084	129,056	37,503	2,240	2,542	0,84037	74,784	0,774	0,111	0,232	0,517	Terreno	39,75	Molto

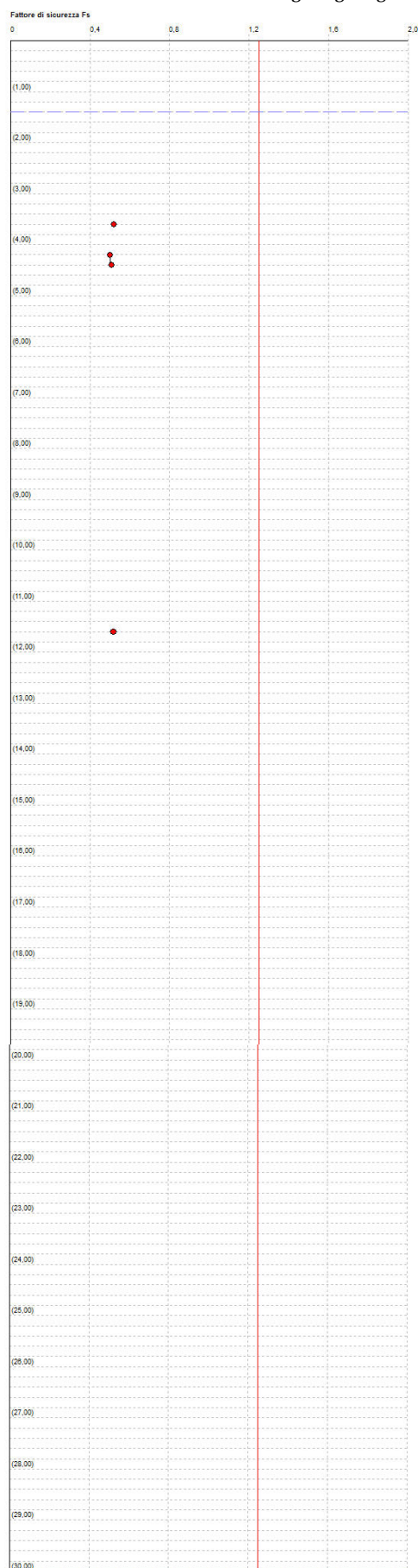
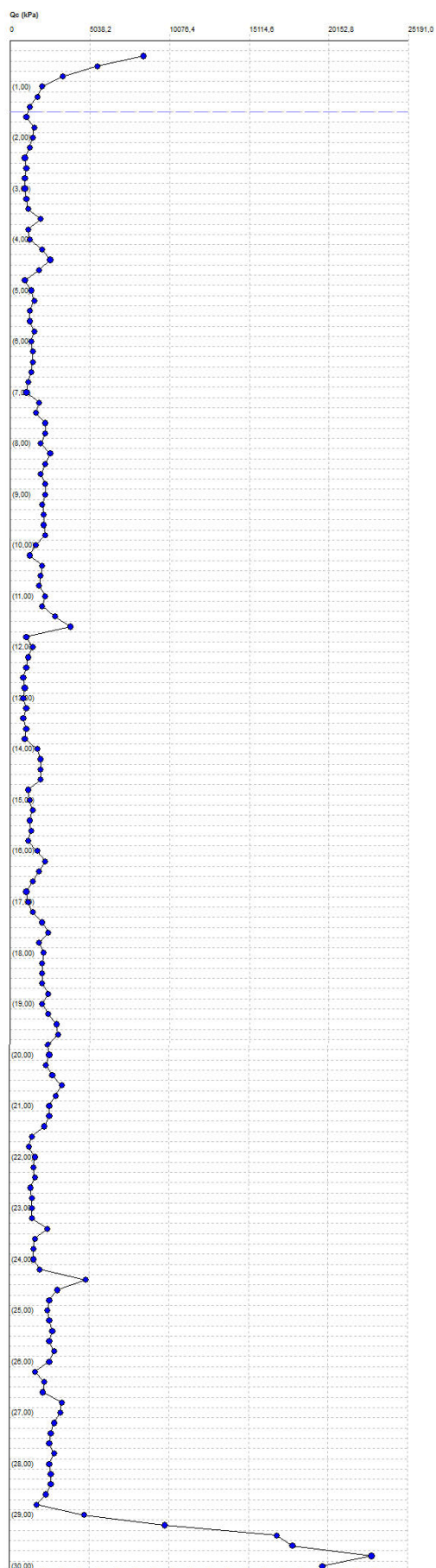
						71						susce- tibile di liquefazione		alto
11,80	233,202	131,213	9,869	8,738	3,453	0,7903904	74,784	0,768	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	39,75	Molto basso
12,00	237,320	133,370	13,817	4,042	3,108	0,7871981	74,784	0,763	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	39,75	Molto basso
12,20	241,102	135,190	10,856	6,986	3,363	0,7709919	74,784	0,758	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	39,75	Molto basso
12,40	245,220	137,347	9,869	8,877	3,477	0,7571132	74,784	0,752	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	39,75	Molto basso
12,60	248,872	139,038	7,895	8,528	3,582	0,7424609	74,784	0,747	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	39,75	Molto basso
12,80	252,572	140,776	8,882	8,186	3,518	0,7367218	74,784	0,741	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	39,75	Molto basso
13,00	256,222	142,465	7,895	11,034	3,663	0,7250414	74,784	0,736	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	39,75	Molto basso
13,20	259,962	144,244	9,869	6,351	3,412	0,7225528	74,784	0,731	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	39,75	Molto basso
13,40	264,080	146,400	7,895	16,234	3,782	0,7059397	74,784	0,726	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	39,75	Molto basso
13,60	268,198	148,557	9,869	9,155	3,522	0,7024164	74,784	0,720	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	39,75	Molto basso
13,80	271,892	150,290	8,882	8,438	3,558	0,6913996	74,784	0,715	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	39,75	Molto basso

14,00	275,834	152,270	16,778	6,530	3,204	0,70431 13	74,784	0,710	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
14,20	279,952	154,427	18,752	7,407	3,198	0,69987 65	74,784	0,705	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
14,40	283,934	156,447	18,752	6,188	3,152	0,69178 37	74,784	0,700	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
14,60	287,914	158,466	18,752	6,637	3,177	0,68369 44	74,784	0,695	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
14,80	291,686	160,277	10,856	8,289	3,485	0,65567 88	74,784	0,690	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
15,00	295,492	162,122	11,843	6,633	3,389	0,65156 92	74,784	0,685	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
15,20	299,610	164,278	13,817	4,271	3,209	0,64921 27	74,784	0,680	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
15,40	303,728	166,435	11,843	8,926	3,480	0,63530 58	74,784	0,675	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
15,60	307,562	168,307	12,830	6,751	3,373	0,63154 54	74,784	0,670	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
15,80	311,330	170,114	10,856	6,720	3,458	0,61875 04	74,784	0,665	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
16,00	315,266	172,089	16,778	6,716	3,259	0,62927 81	74,784	0,660	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
16,20	319,384	174,246	21,712	3,190	2,954	0,63381 68	74,784	0,655	0,111	0,232	0,000	Terreno non	39,75	Molto basso

16,40	323,340	176,240	17,765	6,298	3,226	0,61781 65	74,784	0,651	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
16,60	327,200	178,139	13,817	6,805	3,365	0,60076 55	74,784	0,646	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
16,80	330,922	179,900	9,869	7,025	3,549	0,58183 4	74,784	0,641	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
17,00	335,040	182,056	10,856	6,144	3,470	0,57853 16	74,784	0,637	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
17,20	339,158	184,213	13,817	8,767	3,448	0,58163 3	74,784	0,632	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
17,40	343,276	186,370	19,738	5,251	3,152	0,59128 59	74,784	0,628	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
17,60	347,336	188,468	23,686	5,846	3,107	0,59462 41	74,784	0,623	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
17,80	351,288	190,459	17,765	6,903	3,282	0,57444 97	74,784	0,619	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
18,00	355,298	192,508	20,725	6,133	3,186	0,57625 18	74,784	0,615	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
18,20	359,290	194,538	19,738	6,887	3,243	0,56808 37	74,784	0,610	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
18,40	363,408	196,695	19,738	7,760	3,280	0,56223 54	74,784	0,606	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz	39,75	Molto basso

18,60	367,526	198,852	19,738	7,780	3,286	0,55618 42	74,784	0,602	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
18,80	371,584	200,948	23,686	6,902	3,177	0,56047	74,784	0,598	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
19,00	375,574	202,977	19,738	7,387	3,279	0,54549 08	74,784	0,594	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
19,20	379,632	205,074	23,686	5,940	3,143	0,55005 19	74,784	0,590	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
19,40	383,758	207,238	28,621	6,359	3,086	0,55535 26	74,784	0,586	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
19,60	387,896	209,415	29,608	6,891	3,099	0,55238 31	74,784	0,582	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
19,80	391,952	211,510	23,686	6,623	3,185	0,53412 27	74,784	0,578	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso
20,00	396,022	213,618	24,673	6,321	3,158	0,53165 5	74,784	0,574	0,111	0,232	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	39,75	Molto basso

IPL (Sonmez)=2,76 Zcrit=20 m Rischio=Moderato



DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: SP 413 Allargamento San Pancrazio - Modena

Codice identificativo CPT_04

Cliente: Provincia di Modena

Data 21/06/2016

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1,25

FALDA

Profondità falda idrica 1,4 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0,163

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

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

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1,5

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6,14

Peak ground acceleration (PGA) 0,26

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Stima non eseguibile	0	0,2	0	0	0	0	0	47	0
2	Limo argilloso- sabbioso molto addensato	0,2	0,4	17,65	20,59	0	0	2100	140	0
3	Argille plastiche	0,4	0,6	18,79	19,57	0	0	1400	133	0
4	Limo argilloso plastico	0,6	0,8	18,22	19,01	0	0	1000	60	0
5	Argilla limosa soffice	0,8	1	17,84	18,63	0	0	800	53	0
6	Limo argilloso- sabbioso	1	1,2	17,65	20,59	0	0	1300	47	0
7	10646713	1,2	1,4	0	0	0	0	700	73	0
8	Limo argilloso- sabbioso	1,4	1,6	17,65	20,59	0	0	700	27	0
9	Argilla limosa soffice	1,6	1,8	17,82	18,6	0	0	800	53	0
10	Limo argilloso	1,8	2	17,81	18,6	0	0	800	47	0

11	soffice Limo argilloso	2	2,2	17,58	18,36	0	0	700	40	0
12	soffice Limo argilloso- sabbioso	2,2	2,4	17,65	20,59	0	0	800	27	0
13	Sabbia argilloso- limosa	2,4	2,6	17,65	20,59	0	0	1000	27	0
14	Limo argilloso soffice	2,6	2,8	18	18,78	0	0	900	47	0
15	Limo argilloso soffice	2,8	3	17,56	18,34	0	0	700	33	0
16	Limo argilloso- sabbioso	3	3,2	17,65	20,59	0	0	1300	53	0
17	Limo argilloso- sabbioso	3,2	3,4	17,65	20,59	0	0	1000	40	0
18	Sabbia	3,4	3,6	18,63	21,57	0	0	1800	20	0
19	Limo argilloso- sabbioso	3,6	3,8	17,65	20,59	0	0	1500	60	0
20	Limo argilloso- sabbioso	3,8	4	17,65	20,59	0	0	900	40	0
21	Limo argilloso- sabbioso	4	4,2	17,65	20,59	0	0	800	33	0
22	Limo argilloso- sabbioso	4,2	4,4	17,65	20,59	0	0	1300	53	0
23	Limo argilloso soffice	4,4	4,6	17,96	18,75	0	0	900	47	0
24	Limo argilloso soffice	4,6	4,8	17,96	18,75	0	0	900	53	0
25	Limo argilloso- sabbioso	4,8	5	17,65	20,59	0	0	900	40	0
26	Argilla torbosa molto dura	5	5,2	17,23	18,01	0	0	600	53	0
27	Limo argilloso soffice	5,2	5,4	17,5	18,28	0	0	700	33	0
28	Limo argilloso plastico	5,4	5,6	18,59	19,37	0	0	1300	73	0
29	Limo argilloso plastico	5,6	5,8	18,3	19,08	0	0	1100	60	0
30	Limo argilloso- sabbioso	5,8	6	17,65	20,59	0	0	1200	53	0
31	Limo argilloso soffice	6	6,2	17,72	18,51	0	0	800	40	0
32	Limo argilloso- sabbioso	6,2	6,4	17,65	20,59	0	0	1100	40	0
33	Limo argilloso- sabbioso addensato	6,4	6,6	17,65	20,59	0	0	900	60	0

34	Limo argilloso plastico	6,6	6,8	18,28	19,06	0	0	1100	60	0
35	Limo argilloso plastico	6,8	7	18,57	19,36	0	0	1300	60	0
36	Limo argilloso- sabbioso	7	7,2	17,65	20,59	0	0	1300	47	0
37	Limo argilloso plastico	7,2	7,4	18,93	19,71	0	0	1600	93	0
38	Limo argilloso plastico	7,4	7,6	18,56	19,35	0	0	1300	80	0
39	Limo argilloso plastico	7,6	7,8	18,81	19,6	0	0	1500	80	0
40	Limo argilloso consistente	7,8	8	19,31	20,09	0	0	2000	120	0
41	Limo argilloso plastico	8	8,2	19,12	19,91	0	0	1800	107	0
42	Limo argilloso- sabbioso addensato	8,2	8,4	17,65	20,59	0	0	1600	107	0
43	Limo argilloso- sabbioso	8,4	8,6	17,65	20,59	0	0	1600	67	0
44	Limo argilloso- sabbioso	8,6	8,8	17,65	20,59	0	0	1200	47	0
45	Limo argilloso plastico	8,8	9	18,91	19,7	0	0	1600	80	0
46	Limo argilloso soffice	9	9,2	18,07	18,85	0	0	1000	53	0
47	Limo argilloso soffice	9,2	9,4	17,4	18,18	0	0	700	33	0
48	Sabbia argilloso- limosa	9,4	9,6	17,65	20,59	0	0	1300	40	0
49	Limo argilloso plastico	9,6	9,8	18,53	19,32	0	0	1300	60	0
50	Limo argilloso- sabbioso	9,8	10	17,65	20,59	0	0	1300	53	0
51	Limo argilloso- sabbioso addensato	10	10,2	17,65	20,59	0	0	1200	87	0
52	Sabbia	10,2	10,4	18,63	21,57	0	0	2000	33	0
53	Sabbia argilloso- limosa	10,4	10,6	17,65	20,59	0	0	2500	60	0
54	Limo argilloso soffice	10,6	10,8	17,36	18,14	0	0	700	40	0
55	Limo argilloso soffice	10,8	11	18,04	18,82	0	0	1000	47	0
56	Sabbia argilloso- limosa	11	11,2	17,65	20,59	0	0	1000	27	0

57	Limo argilloso- sabbioso	11,2	11,4	17,65	20,59	0	0	900	33	0
58	Limo argilloso- sabbioso	11,4	11,6	17,65	20,59	0	0	700	27	0
59	Argilla limosa soffice	11,6	11,8	17,33	18,12	0	0	700	53	0
60	Limo argilloso soffice	11,8	12	17,33	18,11	0	0	700	40	0
61	Limo argilloso soffice	12	12,2	17	17,79	0	0	600	33	0
62	Limo argilloso soffice	12,2	12,4	17,32	18,1	0	0	700	40	0
63	Limo argilloso soffice	12,4	12,6	17,31	18,09	0	0	700	40	0
64	Limo argilloso soffice	12,6	12,8	18,18	18,97	0	0	1100	53	0
65	Limo argilloso plastico	12,8	13	18,49	19,28	0	0	1300	67	0
66	Limo argilloso- sabbioso addensato	13	13,2	17,65	20,59	0	0	1000	73	0
67	Limo argilloso- sabbioso	13,2	13,4	17,65	20,59	0	0	1000	33	0
68	Limo argilloso- sabbioso	13,4	13,6	17,65	20,59	0	0	900	40	0
69	Limo argilloso- sabbioso addensato	13,6	13,8	17,65	20,59	0	0	900	60	0
70	Limo argilloso- sabbioso	13,8	14	17,65	20,59	0	0	1300	53	0
71	Limo argilloso plastico	14	14,2	18,32	19,11	0	0	1200	67	0
72	Limo argilloso plastico	14,2	14,4	18,32	19,11	0	0	1200	60	0
73	Limo argilloso- sabbioso	14,4	14,6	17,65	20,59	0	0	1200	47	0
74	Limo argilloso- sabbioso	14,6	14,8	17,65	20,59	0	0	1400	53	0
75	Stima non eseguibile	14,8	15	0	0	0	0	1400	0	0

Idriss & Boulanger, 2014

Correzione per la magnitudo (MSF) 1,08

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione e litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1,60	22,148	20,187	6,908	3,983	2,787	3,420429	0,000	1,027	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	17,48	Molto basso
1,80	25,868	21,945	7,895	6,846	2,929	3,169161	0,000	1,023	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	17,48	Molto basso
2,00	29,588	23,704	7,895	6,101	2,910	3,019683	0,000	1,019	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	17,48	Molto basso
2,20	33,260	25,415	6,908	5,999	2,958	2,959626	0,000	1,015	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	17,48	Molto basso
2,40	37,378	27,571	7,895	3,540	2,788	2,746696	0,000	1,011	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	17,48	Molto basso
2,60	41,496	29,728	9,869	2,817	2,677	2,52445	0,000	1,007	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	17,48	Molto basso
2,80	45,252	31,523	8,882	5,499	2,910	2,469754	0,000	1,003	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	17,48	Molto basso
3,00	48,920	33,229	6,908	5,069	2,976	2,467227	0,000	0,998	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	17,48	Molto basso
3,20	53,038	35,386	12,830	4,250	2,755	2,173995	0,000	0,994	0,000	0,000	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	17,48	Molto basso
3,40	57,156	37,543	9,869	4,242	2,847	2,16700	0,000	0,990	0,000	0,000	0,000	Terreno	17,48	Molto

						3						non suscetti bile di liquefaz ione		basso
3,60	61,470	39,895	17,765	1,150	2,333	1,92776 2	70,925	0,985	0,108	0,257	0,467	Terreno suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto alto
3,80	65,588	42,052	14,804	4,183	2,747	1,90983 8	70,925	0,981	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
4,00	69,706	44,209	8,882	4,818	2,958	1,95582 2	70,925	0,976	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
4,20	73,824	46,365	7,895	4,544	2,995	1,91052 2	70,925	0,971	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
4,40	77,942	48,522	12,830	4,337	2,835	1,76387 6	70,925	0,966	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
4,60	81,692	50,311	8,882	5,744	3,044	1,77714 4	70,925	0,962	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
4,80	85,442	52,099	8,882	6,507	3,090	1,73141	70,925	0,957	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
5,00	89,560	54,256	8,882	4,936	3,024	1,67916 5	70,925	0,952	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
5,20	93,162	55,897	5,922	10,457	3,389	1,68788 6	70,925	0,947	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
5,40	96,818	57,591	6,908	5,471	3,162	1,63089 2	70,925	0,942	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
5,60	100,692	59,504	12,830	6,087	2,986	1,52394 7	70,925	0,937	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz	17,48	Molto basso

5,80	104,508	61,359	10,856	6,027	3,048	1,506578	70,925	0,932	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	17,48	Molto basso
6,00	108,626	63,515	11,843	4,856	2,967	1,459539	70,925	0,926	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	17,48	Molto basso
6,20	112,328	65,256	7,895	5,817	3,171	1,46168	70,925	0,921	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	17,48	Molto basso
6,40	116,446	67,413	10,856	4,067	2,967	1,400758	70,925	0,916	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	17,48	Molto basso
6,60	120,564	69,569	8,882	7,698	3,227	1,379328	70,925	0,911	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	17,48	Molto basso
6,80	124,376	71,420	10,856	6,150	3,099	1,33822	70,925	0,905	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	17,48	Molto basso
7,00	128,248	73,331	12,830	5,121	2,996	1,30118	70,925	0,900	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	17,48	Molto basso
7,20	132,366	75,487	12,830	4,025	2,939	1,272058	70,925	0,895	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	17,48	Molto basso
7,40	136,308	77,468	15,791	6,354	3,002	1,236918	70,925	0,889	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	17,48	Molto basso
7,60	140,178	79,377	12,830	6,898	3,105	1,222454	70,925	0,884	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	17,48	Molto basso
7,80	144,098	81,335	14,804	5,900	3,017	1,193878	70,925	0,878	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscettibile di liquefazione	17,48	Molto basso
8,00	148,116	83,392	19,738	6,480	2,953	1,161512	70,925	0,873	0,108	0,257	0,000	Terreno non	17,48	Molto basso

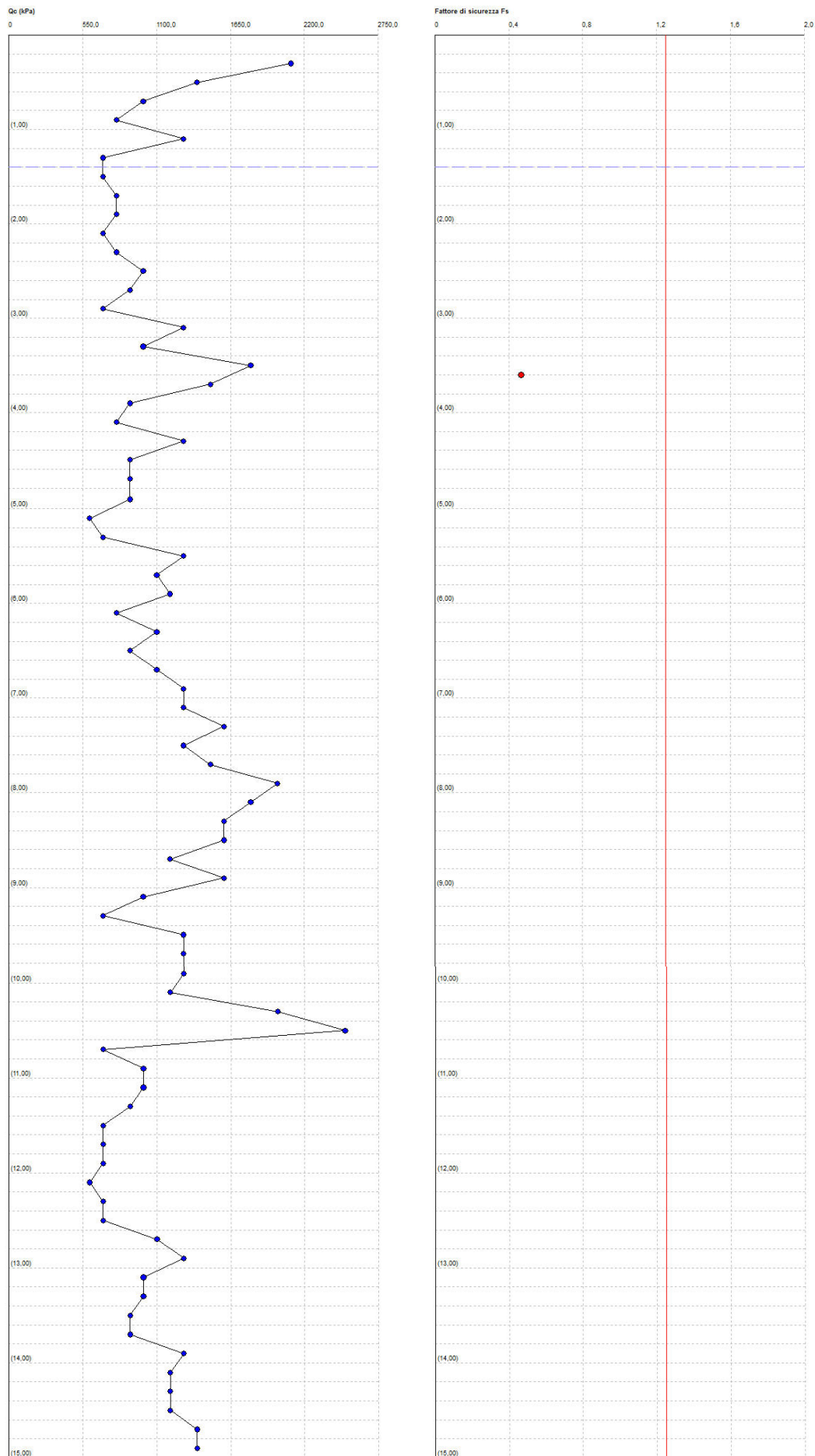
8,20	152,098	85,413	17,765	6,493	2,995	1,143	806	70,925	0,868	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
8,40	156,216	87,569	15,791	7,411	3,082	1,124	747	70,925	0,862	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
8,60	160,334	89,726	15,791	4,654	2,956	1,103	283	70,925	0,857	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
8,80	164,452	91,883	11,843	4,539	3,066	1,086	6617	70,925	0,851	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
9,00	168,392	93,861	15,791	5,588	3,021	1,064	219	70,925	0,846	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
9,20	172,162	95,670	9,869	6,402	3,246	1,051	1603	70,925	0,840	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
9,40	175,798	97,345	6,908	6,295	3,404	1,037	522	70,925	0,834	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
9,60	179,916	99,501	12,830	3,571	3,000	1,015	5512	70,925	0,829	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
9,80	183,780	101,404	12,830	5,375	3,115	0,999	337	70,925	0,823	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
10,00	187,898	103,561	12,830	4,766	3,090	0,981	1576	70,925	0,818	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
10,20	192,016	105,718	11,843	8,631	3,292	0,963	398	70,925	0,812	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz	17,48	Molto basso

10,40	196,330	108,070	19,738	1,830	2,688	0,94986 04	70,925	0,807	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti- bile di liquefaz- ione	17,48	Molto basso
10,60	200,448	110,227	24,673	2,609	2,696	0,93742 13	70,925	0,801	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti- bile di liquefaz- ione	17,48	Molto basso
10,80	204,076	111,894	6,908	8,066	3,532	0,91155 87	70,925	0,796	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti- bile di liquefaz- ione	17,48	Molto basso
11,00	207,840	113,696	9,869	5,933	3,293	0,90207 86	70,925	0,790	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti- bile di liquefaz- ione	17,48	Molto basso
11,20	211,958	115,853	9,869	3,426	3,163	0,88680 64	70,925	0,785	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti- bile di liquefaz- ione	17,48	Molto basso
11,40	216,076	118,010	8,882	4,825	3,304	0,87035 88	70,925	0,779	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti- bile di liquefaz- ione	17,48	Molto basso
11,60	220,194	120,166	6,908	5,627	3,477	0,85179 19	70,925	0,774	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti- bile di liquefaz- ione	17,48	Molto basso
11,80	223,818	121,829	6,908	11,130	3,660	0,84064 11	70,925	0,768	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti- bile di liquefaz- ione	17,48	Molto basso
12,00	227,440	123,490	6,908	8,465	3,594	0,82976 78	70,925	0,763	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti- bile di liquefaz- ione	17,48	Molto basso
12,20	230,998	125,086	5,922	8,943	3,701	0,81677 71	70,925	0,758	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti- bile di liquefaz- ione	17,48	Molto basso
12,40	234,618	126,745	6,908	8,595	3,612	0,80918 4	70,925	0,752	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti- bile di liquefaz- ione	17,48	Molto basso
12,60	238,236	128,402	6,908	8,662	3,622	0,79906 38	70,925	0,747	0,108	0,257	0,000	Terreno non	17,48	Molto basso

12,80	242,030	130,234	10,856	6,177	3,319	0,79825 17	70,925	0,741	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
13,00	245,886	132,129	12,830	6,356	3,258	0,79193 51	70,925	0,736	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
13,20	250,004	134,286	9,869	9,733	3,498	0,77339 23	70,925	0,731	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
13,40	254,122	136,442	9,869	4,424	3,299	0,76185 79	70,925	0,726	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
13,60	258,240	138,599	8,882	6,233	3,445	0,74783 68	70,925	0,720	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
13,80	262,358	140,756	8,882	9,410	3,560	0,73682 58	70,925	0,715	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
14,00	266,476	142,912	12,830	5,128	3,233	0,73696 57	70,925	0,710	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
14,20	270,298	144,773	11,843	7,207	3,365	0,72565 47	70,925	0,705	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
14,40	274,120	146,634	11,843	6,480	3,342	0,71690 83	70,925	0,700	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
14,60	278,238	148,790	11,843	5,099	3,286	0,70712 82	70,925	0,695	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
14,80	282,356	150,947	13,817	4,742	3,202	0,70289 39	70,925	0,690	0,108	0,257	0,000	Terreno non suscetti bile di liquefaz	17,48	Molto basso

15,00	282,356	148,986	13,817	0,000	3,202	0,71145 48	70,925	0,685	0,108	0,257	0,000	ione Terreno non suscelli bile di liquefaz ione	17,48	Molto basso
-------	---------	---------	--------	-------	-------	---------------	--------	-------	-------	-------	-------	---	-------	----------------

IPL (Sonmez)=0,87 Zcrit=20 m Rischio=Basso



8. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEL SITO

a. Indagini geognostiche

a1. I dati ottenuti

Le indagini geognostiche sono state eseguite dalla ditta Prove Penetrometriche Srl (Castelnuovo Rangone, Modena), dotata di concessione Ministeriale per le indagini geognostiche in sito da parte del Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, in base alla circolare n. 7619/STC del 08/09/2010, facente riferimento all'art. 59 del DPR. 6.6.2001 n. 380; di cui al NUOVO TESTO UNICO, "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI" (14/01/2008) cap. 6.2.2.

Per l'ubicazione delle prove si veda la planimetria riportata in figura 6.1 e 6.2, mentre per i certificati in originale delle indagini si rimanda agli allegati.

Di seguito si descrivono nel dettaglio le modalità esecutive relative delle prove penetrometriche statiche effettuate:

- n. 4 prove penetrometriche statiche meccaniche CPT, denominate SAN PANCRAZIO_01, SAN PANCRAZIO _02, SAN PANCRAZIO _03 e SAN PANCRAZIO _04 della lunghezza totale di 75.00 m d'indagine.

a2. Interpretazione delle indagini geognostiche

a2.1 Prove penetrometriche statiche

Dall'analisi dei valori desunti dalle prove penetrometriche statiche è stato possibile dettagliare e ricostruire la stratigrafia del sottosuolo e determinare i parametri geotecnici di riferimento dei terreni di fondazione. Le prove effettuate hanno confermato la presenza nei terreni di fondazione costituiti da materiali a granulometria prevalentemente fine (Limi argillosi). I valori riportati sia nelle tabelle che nei diagrammi della prova penetrometrica statica meccanica rappresentano i valori della resistenza alla penetrazione della punta meccanica (R_p), infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm/s}$), espressi in MPa, i valori della resistenza laterale specifica (R_l), in MPa ed i valori del rapporto delle resistenze R_p/R_l .

Le elaborazioni di tali prove è stata eseguita con l'ausilio del programma di calcolo "Static Probing 2016 - rel. 2016.18.2.422" della ditta GEOSTRU Software Sas.

I parametri geotecnici desunti dall'elaborazione con il codice di calcolo Static Probing rappresentano già i valori caratteristici attraverso l'utilizzo del metodo della distribuzione normale R.C. di seguito illustrata.

Parametri caratteristici con Static

Dal menu Dati generali, Calcolo qc, è possibile scegliere come valutare qc nello strato. Inoltre è possibile selezionare molte opzioni, tra queste un particolare chiarimento a:

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di q_{ck} viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$q_{C_{1k}} = q_{C_{medio}} - 1.645 \cdot (\sigma_{qc})$$

dove σ_{qc} è la deviazione standard di qc.

Distribuzione normale R..C.

Il valore di q_{ck} viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di qc distribuiti normalmente:

$$q_{C_{1k}} = q_{C_{medio}} - 1.645 \cdot (\sigma_{qc}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di campioni.

La natura litologica dei terreni oggetto della prova penetrometrica è dedotta dall'analisi dei diagrammi penetrometrici mediante l'interpretazione proposta da Begemann e Searle (1979).

Si riportano nell'allegato tecnico alla presente relazione i diagrammi e le stratigrafie desunte dalle prove penetrometriche statiche e le relative elaborazioni geotecniche.

SP 415 Allargamento San Pancrazio - Modena - CPT_01										
Unità Litotecnica n.	Unità litotecnica	Sigla Unità Litotecnica	Consistenza Addensamento	Profondità strato da m.	Profondità strato a m.	Gamma (kN/m3)	Gamma_sat (kN/m3)	F'caratteristico (°)	C' caratteristico (kPa)	Cu caratteristico (kPa)
1	SUOLO AGRARIO	--	--	0,0	1,0	18,50	19,50	24,20	2,00	10,80
2	LIMO ARGILLOSO	LA	SOFFICE	1,0	6,2	18,50	19,50	22,40	5,00	46,20
3	LIMO ARGILLOSO	LA	CONSISTENTE	6,2	10,4	19,00	20,00	22,30	8,00	83,50
4	LIMO ARGILLOSO SABBIOSO	LAS	PLASTICO	10,4	15,0	19,00	20,00	17,40	5,00	45,20

SP 415 Allargamento San Pancrazio - Modena - CPT_02										
Unità Litotecnica n.	Unità litotecnica	Sigla Unità Litotecnica	Consistenza Addensamento	Profondità strato da m.	Profondità strato a m.	Gamma (kN/m3)	Gamma_sat (kN/m3)	F'caratteristico (°)	C' caratteristico (kPa)	Cu caratteristico (kPa)
1	SUOLO AGRARIO	--	--	0,0	1,0	18,50	19,50	24,20	2,00	10,80
2	LIMO ARGILLOSO	LA	PLASTICO	1,0	6,4	18,50	19,50	22,40	5,00	46,20
3	LIMO ARGILLOSO	LA	MOLTO ADDENSATO	6,4	10,4	19,00	20,00	22,30	8,00	83,50
4	LIMO ARGILLOSO SABBIOSO	LAS	PLASTICO	10,4	15,0	19,00	20,00	17,40	5,00	45,20

SP 415 Allargamento San Pancrazio - Modena - CPT_03										
Unità Litotecnica n.	Unità litotecnica	Sigla Unità Litotecnica	Consistenza Addensamento	Profondità strato da m.	Profondità strato a m.	Gamma (kN/m3)	Gamma_sat (kN/m3)	F'caratteristico (°)	C' caratteristico (kPa)	Cu caratteristico (kPa)
1	SUOLO AGRARIO	--	--	0,0	1,0	18,50	19,50	33,40	5,00	80,00
2	LIMO ARGILLOSO	LA	PLASTICO	1,0	3,4	18,50	19,50	22,90	5,00	47,50
3	LIMO ARGILLOSO SABBIOSO	LAS	--	3,4	7,2	19,00	20,00	20,80	5,00	59,10
4	LIMO ARGILLOSO	LA	PLASTICO	7,2	11,2	19,00	20,00	20,50	8,00	86,20
5	SABBIA ARGILLOSO LIMOSA	SAL	--	11,2	11,6	19,50	20,50	21,40	10,00	124,40
6	LIMO ARGILLOSO	LA	PLASTICO	11,6	16,2	19,50	20,50	16,20	5,00	49,60
7	LIMO ARGILLOSO	LA	CONSISTENTE	16,2	21,4	19,50	20,50	17,70	8,00	89,70
8	LIMO ARGILLOSO	LA	PLASTICO	21,4	24,2	19,50	20,50	15,10	5,00	61,20
9	LIMO ARGILLOSO SABBIOSO	LAS	MOLTO ADDENSATO	24,2	29,0	19,50	20,50	17,10	10,00	109,60
10	LIMO ARGILLOSO	LA	COMPATTO	29,0	30,0	19,50	20,50	25,30	25,00	500,00

SP 415 Allargamento San Pancrazio - Modena - CPT_04										
Unità Litotecnica n.	Unità litotecnica	Sigla Unità Litotecnica	Consistenza Addensamento	Profondità strato da m.	Profondità strato a m.	Gamma (kN/m3)	Gamma_sat (kN/m3)	F _i caratteristico (°)	C' caratteristico (kPa)	Cu caratteristico (kPa)
1	SUOLO AGRARIO	--	--	0,0	0,8	18,50	19,50	29,30	2,00	23,30
2	LIMO ARGILLOSO	LA	SOFFICE	0,8	6,6	18,50	19,50	21,90	4,00	40,70
3	LIMO ARGILLOSO	LA	PLASTICO	6,6	10,2	19,00	20,00	20,20	5,00	57,20
4	SABBIE ARGILLOSO LIMOSE	SAL	--	10,2	10,6	19,00	20,00	21,50	8,00	89,70
5	LIMO ARGILLOSO	LA	SOFFICE	10,6	15,0	19,00	20,00	16,60	4,00	39,30

La correlazione tra le differenti indagini geognostiche è stata eseguita e rappresentata nella sezione litotecnica di seguito rappresentata (Figura 8.1 e 8.2). Nella sezione litotecnica sono state riportate, in scala appropriata, i grafici delle resistenze desunte durante l'esecuzione delle indagini (Rp resistenza alla punta e Fs resistenza laterale) espresse in (MPa).



Figura 8.1: Planimetria con la traccia della sezione litotecnica

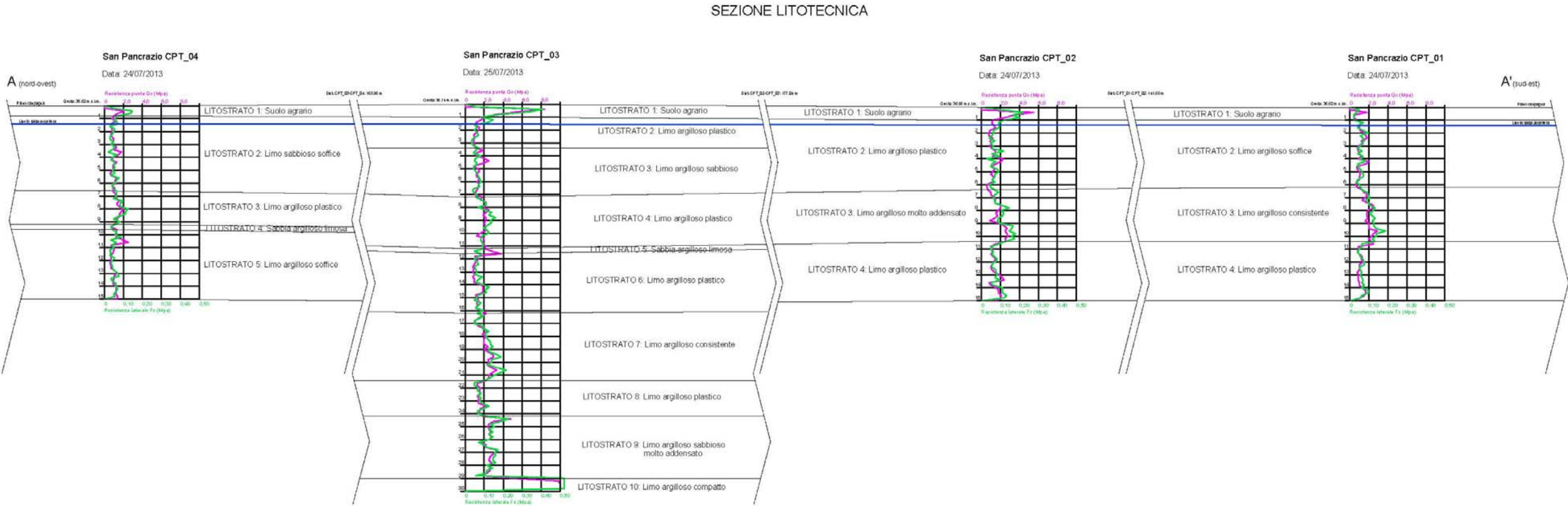


Figura 8.2: Sezione litotecnica A-A'

b. – Il calcolo della capacità portante e dei cedimenti

I lavori di costruzione dell'allargamento della sede stradale esistente, oggetto del presente lavoro, si dovranno sviluppare mediante la realizzazione di uno scavo preliminare del suolo agrario (indicativamente di 0.60-0.80 m), la stabilizzazione, mediante l'aggiunta di calce, di uno strato di circa 0.20-0.40 m di terreno in sito, la costruzione di un rilevato con terreno di riporto di 3.00-3.50 m di spessore, anch'esso stabilizzato a calce ed infine il pacchetto di fondazione stradale di circa 0.5 m. Al termine dei lavori il rilevato avrà un'altezza fuori terra di circa 3.50 m e uno spessore globale di circa 4.50 m.

Da una prima analisi dei carichi agenti sulla fondazione, comprensivi del carico stradale, si è giunti alla definizione di un valore pari a 105.5 KPa.

Di seguito, per ogni verticale d'indagine, si riporta la valutazione della capacità portante del terreno e la stima dei possibili cedimenti attesi.

In base alle risultanze del processo di calcolo (Geostru Software s.r.l.) si evince che la capacità portante dei terreni è risultata idonea alla realizzazione delle opere in progetto. Per quanto riguarda i cedimenti si evidenzia che per la realizzazione del rilevato sono da attendersi degli abbassamenti dell'intero rilevato compresi tra 7 e 14 cm.

Per la valutazione dei cedimenti si è scelto di utilizzare, per gli strati incoerenti, la formulazione empirica di Buisman-Sanglerat valida per sabbie argillose. Per quanto riguarda gli strati coesivi si è invece deciso di utilizzare la correlazione di Buisman valida per limi e argille di media plasticità e alluvioni attuali argille plastiche e suoli organici.

Si consiglia di eseguire lo strato del tappeto d'usura del manto bituminoso almeno 12 mesi dopo il termine dei lavori in modo da consentire almeno un parziale assestamento del rilevato. Diversamente si può accelerare il processo di consolidazione edometrica introducendo preventivamente nel terreno un sistema per la dissipazione delle sovrappressioni che si verrebbero a creare in seguito alla costruzione del rilevato. La valutazione delle profondità, interasse e dimensionamento del sistema di dissipazione delle sovrappressioni interstiziali andrà valutato con uno specifico studio in base alla tecnica ed alla tipologia prescelta.

San Pancrazio CPT_01 - calcolo della capacità portante e dei cedimenti

DATI GENERALI FONDAZIONE SUPERFICIALE

Larghezza	10,25 m
Lunghezza	100 m
Immorsamento	1 m
Tipo	Nastriforme
Peso di volume sopra piano posa	19 kN/m ³
Peso di volume sotto piano posa	19 kN/m ³
Carico agente sulla fondazione	105,5 KPa
Valore di qc minimo	1000 KPa
Fattore di sicurezza	2,5
Terreno prevalentemente	Coesivo

CARICO LIMITE

TERZAGHI	137,29 KPa
SCHMERTMANN	476,60 KPa
MEYERHOF	328,52 KPa

CARICO AMMISSIBILE

TERZAGHI	54,92 KPa
SCHMERTMANN	190,64 KPa
MEYERHOF	131,41 KPa
HERMINIER	100,00 KPa

CEDIMENTI

z:	Profondità di calcolo (m)
q:	Sovraccarico a metà strato (Mpa)
qc:	Resistenza punta (Mpa)
Mo:	Modulo Edometrico (Mpa)
w:	Cedimento (cm)

Strato	z	q	qc	Mo	w
1	0,10	0,086	0,0	0,0	0,000
2	0,30	0,084	1,8	9,0	0,000
3	0,50	0,082	0,5	4,0	0,000
4	0,70	0,081	0,4	6,0	0,000
5	0,90	0,079	0,7	5,6	0,000
6	1,10	0,078	1,3	7,8	0,200
7	1,30	0,077	1,0	5,0	0,306
8	1,50	0,075	1,0	5,0	0,301
9	1,70	0,074	1,1	6,6	0,224
10	1,90	0,073	1,5	7,5	0,194
11	2,10	0,072	1,7	8,5	0,168
12	2,30	0,07	1,8	9,0	0,156
13	2,50	0,069	1,2	7,2	0,192

14	2,70	0,068	1,4	7,0	0,195
15	2,90	0,067	0,9	5,4	0,249
16	3,10	0,066	0,8	4,8	0,276
17	3,30	0,065	0,9	7,2	0,181
18	3,50	0,064	1,0	5,0	0,257
19	3,70	0,063	1,2	7,2	0,176
20	3,90	0,062	0,9	5,4	0,231
21	4,10	0,061	2,0	10,0	0,123
22	4,30	0,061	1,7	8,5	0,143
23	4,50	0,06	0,7	4,2	0,285
24	4,70	0,059	0,8	4,8	0,246
25	4,90	0,058	1,0	6,0	0,194
26	5,10	0,057	1,1	6,6	0,174
27	5,30	0,057	1,0	5,0	0,227
28	5,50	0,056	1,0	5,0	0,224
29	5,70	0,055	0,7	4,2	0,263
30	5,90	0,055	0,6	9,0	0,121
31	6,10	0,054	0,8	4,8	0,224
32	6,30	0,053	1,3	7,8	0,136
33	6,50	0,053	1,5	9,0	0,117
34	6,70	0,052	1,9	11,4	0,091
35	6,90	0,051	1,6	8,0	0,128
36	7,10	0,051	1,3	7,8	0,130
37	7,30	0,05	1,8	10,8	0,093
38	7,50	0,05	2,5	12,5	0,079
39	7,70	0,049	2,5	7,5	0,131
40	7,90	0,048	1,9	9,5	0,102
41	8,10	0,048	1,8	10,8	0,089
42	8,30	0,047	1,8	9,0	0,105
43	8,50	0,047	1,9	9,5	0,099
44	8,70	0,046	1,6	8,0	0,116
45	8,90	0,046	2,0	6,0	0,153
46	9,10	0,045	2,0	6,0	0,151
47	9,30	0,045	2,0	10,0	0,090
48	9,50	0,044	2,9	14,5	0,061
49	9,70	0,044	2,5	7,5	0,117
50	9,90	0,044	2,3	6,9	0,126
51	10,10	0,043	2,0	6,0	0,144
52	10,30	0,043	2,3	6,9	0,124
53	10,50	0,042	2,5	12,5	0,068
54	10,70	0,042	0,9	7,2	0,116
55	10,90	0,042	0,9	5,4	0,154
56	11,10	0,041	0,8	4,8	0,171
57	11,30	0,041	1,0	6,0	0,136
58	11,50	0,04	1,3	6,5	0,124
59	11,70	0,04	1,2	7,2	0,111
60	11,90	0,04	1,4	8,4	0,094
61	12,10	0,039	1,0	5,0	0,157

62	12,30	0,039	1,0	6,0	0,130
63	12,50	0,039	1,0	6,0	0,129
64	12,70	0,038	0,8	8,0	0,096
65	12,90	0,038	0,9	5,4	0,140
66	13,10	0,038	0,9	7,2	0,104
67	13,30	0,037	0,9	7,2	0,103
68	13,50	0,037	1,0	6,0	0,123
69	13,70	0,037	1,0	5,0	0,146
70	13,90	0,036	1,3	7,8	0,093
71	14,10	0,036	1,6	9,6	0,075
72	14,30	0,036	1,7	10,2	0,070
73	14,50	0,035	1,5	7,5	0,094
74	14,70	0,035	1,0	6,0	0,117
75	14,90	0,035	0,8	8,0	0,087

Totale cedimento (teorico)	10,551
Totale cedimento (reale)	7,914
Totale cedimento (reale per fondazione rigida)	6,228

San Pancrazio CPT_02 - calcolo della capacità portante e dei cedimenti

DATI GENERALI FONDAZIONE SUPERFICIALE

Larghezza	10,25 m
Lunghezza	100 m
Immorsamento	1 m
Tipo	Nastriforme
Peso di volume sopra piano posa	19 kN/m ³
Peso di volume sotto piano posa	19 kN/m ³
Carico agente sulla fondazione	105,5 KPa
Valore di qc minimo	1000 KPa
Fattore di sicurezza	2,5
Terreno prevalentemente	Coesivo

CARICO LIMITE

TERZAGHI	137,29 KPa
SCHMERTMANN	476,60 KPa
MEYERHOF	328,52 KPa

CARICO AMMISSIBILE

TERZAGHI	54,92 KPa
SCHMERTMANN	190,64 KPa
MEYERHOF	131,41 KPa
HERMINIER	100,00 KPa

CEDIMENTI

z: Profondità di calcolo (m)
q: Sovraccarico a metà strato (Mpa)
qc: Resistenza punta (Mpa)
Mo: Modulo Edometrico (Mpa)
w: Cedimento (cm)

Strato	z	q	qc	Mo	w
1	0,10	0,086	0,0	0,0	0,000
2	0,30	0,084	5,5	8,25	0,000
3	0,50	0,082	3,5	10,5	0,000
4	0,70	0,081	2,5	12,5	0,000
5	0,90	0,079	1,2	7,2	0,000
6	1,10	0,078	1,1	5,5	0,284
7	1,30	0,077	1,3	6,5	0,236
8	1,50	0,075	1,5	9,0	0,167
9	1,70	0,074	0,9	7,2	0,206
10	1,90	0,073	0,8	4,8	0,303
11	2,10	0,072	0,8	4,8	0,298
12	2,30	0,07	1,2	6,0	0,235
13	2,50	0,069	0,9	7,2	0,192
14	2,70	0,068	1,0	6,0	0,227
15	2,90	0,067	0,9	7,2	0,187
16	3,10	0,066	1,1	6,6	0,200
17	3,30	0,065	1,5	7,5	0,174
18	3,50	0,064	1,5	7,5	0,171
19	3,70	0,063	1,2	6,0	0,211
20	3,90	0,062	2,3	11,5	0,108
21	4,10	0,061	2,1	10,5	0,117
22	4,30	0,061	1,5	7,5	0,162
23	4,50	0,06	1,1	5,5	0,217
24	4,70	0,059	1,4	8,4	0,140
25	4,90	0,058	1,2	6,0	0,194
26	5,10	0,057	1,0	5,0	0,230
27	5,30	0,057	1,3	7,8	0,145
28	5,50	0,056	1,2	6,0	0,186
29	5,70	0,055	1,2	7,2	0,153
30	5,90	0,055	0,6	9,0	0,121
31	6,10	0,054	0,6	9,0	0,120
32	6,30	0,053	0,7	7,0	0,152
33	6,50	0,053	1,0	5,0	0,210
34	6,70	0,052	1,0	5,0	0,208
35	6,90	0,051	1,4	7,0	0,147
36	7,10	0,051	1,5	7,5	0,135
37	7,30	0,05	1,4	8,4	0,119
38	7,50	0,05	2,0	6,0	0,165
39	7,70	0,049	2,0	10,0	0,098

40	7,90	0,048	1,8	10,8	0,090
41	8,10	0,048	1,5	7,5	0,128
42	8,30	0,047	1,7	8,5	0,112
43	8,50	0,047	1,4	7,0	0,134
44	8,70	0,046	0,9	9,0	0,103
45	8,90	0,046	2,0	6,0	0,153
46	9,10	0,045	2,4	12,0	0,076
47	9,30	0,045	2,7	8,1	0,111
48	9,50	0,044	2,5	7,5	0,119
49	9,70	0,044	2,7	13,5	0,065
50	9,90	0,044	2,8	8,4	0,104
51	10,10	0,043	2,5	12,5	0,069
52	10,30	0,043	2,6	7,8	0,110
53	10,50	0,042	1,5	9,0	0,094
54	10,70	0,042	1,0	6,0	0,140
55	10,90	0,042	1,2	6,0	0,138
56	11,10	0,041	1,2	7,2	0,114
57	11,30	0,041	1,0	6,0	0,136
58	11,50	0,04	1,3	7,8	0,103
59	11,70	0,04	1,5	9,0	0,089
60	11,90	0,04	1,3	7,8	0,102
61	12,10	0,039	1,1	6,6	0,119
62	12,30	0,039	1,0	6,0	0,130
63	12,50	0,039	1,1	5,5	0,140
64	12,70	0,038	1,4	8,4	0,091
65	12,90	0,038	1,9	9,5	0,080
66	13,10	0,038	2,2	11,0	0,068
67	13,30	0,037	2,4	12,0	0,062
68	13,50	0,037	0,8	4,8	0,154
69	13,70	0,037	1,0	6,0	0,122
70	13,90	0,036	1,6	8,0	0,091
71	14,10	0,036	1,8	10,8	0,067
72	14,30	0,036	1,8	10,8	0,066
73	14,50	0,035	2,1	6,3	0,112
74	14,70	0,035	2,0	6,0	0,117
75	14,90	0,035	1,6	8,0	0,087
Totale cedimento (teorico)				10,013	
Totale cedimento (reale)				7,510	
Totale cedimento (reale per fondazione rigida)				5,910	

San Pancrazio CPT_03 - calcolo della capacità portante e dei cedimenti

DATI GENERALI FONDAZIONE SUPERFICIALE

Larghezza	10,25 m
Lunghezza	100 m
Immorsamento	1 m
Tipo	Nastriforme
Peso di volume sopra piano posa	19 kN/m ³
Peso di volume sotto piano posa	19 kN/m ³
Carico agente sulla fondazione	105,5 KPa
Valore di qc minimo	1000 KPa
Fattore di sicurezza	2,5
Terreno prevalentemente	Coesivo

CARICO LIMITE

TERZAGHI	137,29 KPa
SCHMERTMANN	476,60 KPa
MEYERHOF	328,52 KPa

CARICO AMMISSIBILE

TERZAGHI	54,92 KPa
SCHMERTMANN	190,64 KPa
MEYERHOF	131,41 KPa
HERMINIER	100,00 KPa

CEDIMENTI

z:	Profondità di calcolo (m)
q:	Sovraccarico a metà strato (Mpa)
qc:	Resistenza punta (Mpa)
Mo:	Modulo Edometrico (Mpa)
w:	Cedimento (cm)

Strato	z	q	qc	Mo	w
1	0,10	0,086	0,0	0,0	0,000
2	0,30	0,084	8,4	25,2	0,000
3	0,50	0,082	5,5	16,5	0,000
4	0,70	0,081	3,3	9,9	0,000
5	0,90	0,079	2,0	10,0	0,000
6	1,10	0,078	1,7	8,5	0,183
7	1,30	0,077	1,2	7,2	0,213
8	1,50	0,075	1,0	6,0	0,251
9	1,70	0,074	1,5	7,5	0,197
10	1,90	0,073	1,4	7,0	0,208
11	2,10	0,072	1,2	7,2	0,199
12	2,30	0,07	0,9	7,2	0,196
13	2,50	0,069	1,0	6,0	0,231

14	2,70	0,068	0,9	7,2	0,189
15	2,90	0,067	0,9	7,2	0,187
16	3,10	0,066	1,0	5,0	0,264
17	3,30	0,065	1,1	6,6	0,197
18	3,50	0,064	1,9	9,5	0,135
19	3,70	0,063	1,1	5,5	0,230
20	3,90	0,062	1,2	6,0	0,208
21	4,10	0,061	2,0	10,0	0,123
22	4,30	0,061	2,5	12,5	0,097
23	4,50	0,06	1,8	9,0	0,133
24	4,70	0,059	0,9	5,4	0,218
25	4,90	0,058	1,3	6,5	0,179
26	5,10	0,057	1,5	7,5	0,153
27	5,30	0,057	1,2	7,2	0,157
28	5,50	0,056	1,2	7,2	0,155
29	5,70	0,055	1,5	9,0	0,123
30	5,90	0,055	1,3	7,8	0,140
31	6,10	0,054	1,4	8,4	0,128
32	6,30	0,053	1,4	8,4	0,127
33	6,50	0,053	1,3	6,5	0,162
34	6,70	0,052	1,1	5,5	0,189
35	6,90	0,051	1,0	6,0	0,171
36	7,10	0,051	1,8	9,0	0,113
37	7,30	0,05	1,6	9,6	0,104
38	7,50	0,05	2,2	6,6	0,150
39	7,70	0,049	2,2	6,6	0,148
40	7,90	0,048	1,9	9,5	0,102
41	8,10	0,048	2,5	12,5	0,077
42	8,30	0,047	2,2	6,6	0,144
43	8,50	0,047	1,9	9,5	0,099
44	8,70	0,046	2,2	11,0	0,084
45	8,90	0,046	2,2	6,6	0,139
46	9,10	0,045	2,0	10,0	0,091
47	9,30	0,045	2,1	6,3	0,143
48	9,50	0,044	2,1	10,5	0,085
49	9,70	0,044	2,2	6,6	0,133
50	9,90	0,044	1,6	8,0	0,109
51	10,10	0,043	1,2	6,0	0,144
52	10,30	0,043	2,0	10,0	0,085
53	10,50	0,042	1,9	9,5	0,089
54	10,70	0,042	1,8	10,8	0,078
55	10,90	0,042	2,2	11,0	0,075
56	11,10	0,041	2,0	6,0	0,137
57	11,30	0,041	2,8	14,0	0,058
58	11,50	0,04	3,8	11,4	0,071
59	11,70	0,04	1,0	5,0	0,160
60	11,90	0,04	1,4	7,0	0,113
61	12,10	0,039	1,1	6,6	0,119

62	12,30	0,039	1,0	5,0	0,156
63	12,50	0,039	0,8	4,8	0,161
64	12,70	0,038	0,9	5,4	0,142
65	12,90	0,038	0,8	4,8	0,158
66	13,10	0,038	1,0	6,0	0,125
67	13,30	0,037	0,8	6,4	0,116
68	13,50	0,037	1,0	5,0	0,148
69	13,70	0,037	0,9	5,4	0,136
70	13,90	0,036	1,7	10,2	0,071
71	14,10	0,036	1,9	9,5	0,076
72	14,30	0,036	1,9	11,4	0,063
73	14,50	0,035	1,9	11,4	0,062
74	14,70	0,035	1,1	6,6	0,106
75	14,90	0,035	1,2	7,2	0,097
76	15,10	0,035	1,4	7,0	0,099
77	15,30	0,034	1,2	6,0	0,114
78	15,50	0,034	1,3	7,8	0,087
79	15,70	0,034	1,1	6,6	0,102
80	15,90	0,034	1,7	10,2	0,066
81	16,10	0,033	2,2	11,0	0,060
82	16,30	0,033	1,8	10,8	0,061
83	16,50	0,033	1,4	8,4	0,078
84	16,70	0,033	1,0	6,0	0,108
85	16,90	0,032	1,1	5,5	0,117
86	17,10	0,032	1,4	7,0	0,092
87	17,30	0,032	2,0	10,0	0,064
88	17,50	0,032	2,4	7,2	0,088
89	17,70	0,031	1,8	10,8	0,058
90	17,90	0,031	2,1	6,3	0,099
91	18,10	0,031	2,0	6,0	0,103
92	18,30	0,031	2,0	10,0	0,061
93	18,50	0,03	2,0	10,0	0,061
94	18,70	0,03	2,4	7,2	0,084
95	18,90	0,03	2,0	6,0	0,100
96	19,10	0,03	2,4	7,2	0,083
97	19,30	0,03	2,9	8,7	0,068
98	19,50	0,029	3,0	9,0	0,065
99	19,70	0,029	2,4	7,2	0,081
100	19,90	0,029	2,5	7,5	0,077
101	20,10	0,029	2,3	6,9	0,084
102	20,30	0,029	2,7	8,1	0,071
103	20,50	0,028	3,3	9,9	0,058
104	20,70	0,028	2,9	14,5	0,039
105	20,90	0,028	2,5	7,5	0,075
106	21,10	0,028	2,5	7,5	0,074
107	21,30	0,028	2,2	6,6	0,084
108	21,50	0,028	1,4	7,0	0,079
109	21,70	0,027	1,2	6,0	0,091

110	21,90	0,027	1,6	8,0	0,068
111	22,10	0,027	1,5	7,5	0,072
112	22,30	0,027	1,6	9,6	0,056
113	22,50	0,027	1,3	7,8	0,069
114	22,70	0,027	1,4	8,4	0,063
115	22,90	0,026	1,4	8,4	0,063
116	23,10	0,026	1,4	7,0	0,075
117	23,30	0,026	2,4	7,2	0,072
118	23,50	0,026	1,6	9,6	0,054
119	23,70	0,026	1,5	7,5	0,069
120	23,90	0,026	1,5	7,5	0,068
121	24,10	0,025	1,9	11,4	0,045
122	24,30	0,025	4,8	14,4	0,035
123	24,50	0,025	3,0	9,0	0,056
124	24,70	0,025	2,5	7,5	0,067
125	24,90	0,025	2,4	7,2	0,069
126	25,10	0,025	2,5	7,5	0,066
127	25,30	0,025	2,7	8,1	0,061
128	25,50	0,024	2,5	7,5	0,065
129	25,70	0,024	2,8	8,4	0,058
130	25,90	0,024	2,5	7,5	0,065
131	26,10	0,024	1,6	8,0	0,060
132	26,30	0,024	2,2	11,0	0,044
133	26,50	0,024	2,1	6,3	0,076
134	26,70	0,024	3,3	9,9	0,048
135	26,90	0,024	3,2	9,6	0,049
136	27,10	0,023	2,8	8,4	0,056
137	27,30	0,023	2,6	7,8	0,060
138	27,50	0,023	2,5	7,5	0,062
139	27,70	0,023	2,8	8,4	0,055
140	27,90	0,023	2,5	12,5	0,037
141	28,10	0,023	2,6	7,8	0,058
142	28,30	0,023	2,6	13,0	0,035
143	28,50	0,023	2,3	6,9	0,065
144	28,70	0,022	1,7	8,5	0,053
145	28,90	0,022	4,7	14,1	0,032
146	29,10	0,022	9,8	29,4	0,015
147	29,30	0,022	16,9	50,7	0,009
148	29,50	0,022	17,9	35,8	0,012
149	29,70	0,022	22,9	34,35	0,013
150	29,90	0,022	19,8	39,6	0,011
Totale cedimento (teorico)				14,705	
Totale cedimento (reale)				11,029	
Totale cedimento (reale per fondazione rigida)				8,680	

San Pancrazio CPT_04 - calcolo della capacità portante e dei cedimenti

DATI GENERALI FONDAZIONE SUPERFICIALE

Larghezza	10,25 m
Lunghezza	100 m
Immorsamento	1 m
Tipo	Nastriforme
Peso di volume sopra piano posa	19 kN/m ³
Peso di volume sotto piano posa	19 kN/m ³
Carico agente sulla fondazione	105,5 KPa
Valore di qc minimo	888 KPa
Fattore di sicurezza	2,5
Terreno prevalentemente	Coesivo

CARICO LIMITE

TERZAGHI	121,60 KPa
SCHMERTMANN	445,22 KPa
MEYERHOF	292,24 KPa

CARICO AMMISSIBILE

TERZAGHI	48,64 KPa
SCHMERTMANN	178,09 KPa
MEYERHOF	116,90 KPa
HERMINIER	88,80 KPa

CEDIMENTI

z:	Profondità di calcolo (m)
q:	Sovraccarico a metà strato (Mpa)
qc:	Resistenza punta (Mpa)
Mo:	Modulo Edometrico (Mpa)
w:	Cedimento (cm)

Strato	z	q	qc	Mo	w
1	0,10	0,086	0,0	0,0	0,000
2	0,30	0,084	2,1	10,5	0,000
3	0,50	0,082	1,4	8,4	0,000
4	0,70	0,081	1,0	6,0	0,000
5	0,90	0,079	0,8	4,8	0,000
6	1,10	0,078	1,3	6,5	0,240
7	1,30	0,077	0,7	7,0	0,219
8	1,50	0,075	0,7	5,6	0,269
9	1,70	0,074	0,8	4,8	0,308
10	1,90	0,073	0,8	4,8	0,303
11	2,10	0,072	0,7	4,2	0,341
12	2,30	0,07	0,8	6,4	0,220
13	2,50	0,069	1,0	5,0	0,277

14	2,70	0,068	0,9	5,4	0,253
15	2,90	0,067	0,7	4,2	0,320
16	3,10	0,066	1,3	6,5	0,203
17	3,30	0,065	1,0	5,0	0,261
18	3,50	0,064	1,8	9,0	0,143
19	3,70	0,063	1,5	7,5	0,169
20	3,90	0,062	0,9	7,2	0,173
21	4,10	0,061	0,8	6,4	0,192
22	4,30	0,061	1,3	6,5	0,186
23	4,50	0,06	0,9	5,4	0,221
24	4,70	0,059	0,9	5,4	0,218
25	4,90	0,058	0,9	7,2	0,162
26	5,10	0,057	0,6	9,0	0,128
27	5,30	0,057	0,7	4,2	0,270
28	5,50	0,056	1,3	7,8	0,143
29	5,70	0,055	1,1	6,6	0,167
30	5,90	0,055	1,2	6,0	0,182
31	6,10	0,054	0,8	4,8	0,224
32	6,30	0,053	1,1	5,5	0,193
33	6,50	0,053	0,9	7,2	0,146
34	6,70	0,052	1,1	6,6	0,157
35	6,90	0,051	1,3	7,8	0,132
36	7,10	0,051	1,3	6,5	0,156
37	7,30	0,05	1,6	9,6	0,104
38	7,50	0,05	1,3	7,8	0,127
39	7,70	0,049	1,5	9,0	0,109
40	7,90	0,048	2,0	6,0	0,161
41	8,10	0,048	1,8	10,8	0,089
42	8,30	0,047	1,6	8,0	0,118
43	8,50	0,047	1,6	8,0	0,117
44	8,70	0,046	1,2	6,0	0,155
45	8,90	0,046	1,6	9,6	0,096
46	9,10	0,045	1,0	6,0	0,151
47	9,30	0,045	0,7	4,2	0,214
48	9,50	0,044	1,3	6,5	0,137
49	9,70	0,044	1,3	7,8	0,113
50	9,90	0,044	1,3	6,5	0,134
51	10,10	0,043	1,2	6,0	0,144
52	10,30	0,043	2,0	10,0	0,085
53	10,50	0,042	2,5	12,5	0,068
54	10,70	0,042	0,7	4,2	0,200
55	10,90	0,042	1,0	6,0	0,138
56	11,10	0,041	1,0	5,0	0,164
57	11,30	0,041	0,9	7,2	0,113
58	11,50	0,04	0,7	5,6	0,144
59	11,70	0,04	0,7	4,2	0,190
60	11,90	0,04	0,7	4,2	0,189
61	12,10	0,039	0,6	9,0	0,087

62	12,30	0,039	0,7	4,2	0,185
63	12,50	0,039	0,7	4,2	0,184
64	12,70	0,038	1,1	6,6	0,116
65	12,90	0,038	1,3	7,8	0,097
66	13,10	0,038	1,0	5,0	0,150
67	13,30	0,037	1,0	5,0	0,149
68	13,50	0,037	0,9	7,2	0,103
69	13,70	0,037	0,9	7,2	0,102
70	13,90	0,036	1,3	6,5	0,112
71	14,10	0,036	1,2	7,2	0,100
72	14,30	0,036	1,2	7,2	0,099
73	14,50	0,035	1,2	6,0	0,118
74	14,70	0,035	1,4	7,0	0,100
75	14,90	0,035	1,4	14,0	0,050
Totale cedimento (teorico)				11,590	
Totale cedimento (reale)				8,692	
Totale cedimento (reale per fondazione rigida)				6,841	

9. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E LOCALE

a. Sismicità delle aree di interesse

Allo stato attuale la normativa di riferimento in materia sismica risulta essere il D.M. 14 gennaio 2008 recante "norme tecniche per le costruzioni", entrata in vigore a partire dal 1 luglio 2009.

La classificazione sismica dei comuni della regione Emilia-Romagna introdotta ai sensi del punto 3 dell'Allegato 1 dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 maggio 2003, prevede che il territorio nazionale sia suddiviso in quattro zone sismiche, caratterizzate da quattro diversi valori di accelerazione (a_g).

Nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formulazione degli elenchi delle medesime zone" all'allegato 1.A" sono individuate quattro zone sismiche orizzontale massima convenzionale su suolo di tipo A, ai quali ancorare lo spettro di risposta elastico.

Ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima al suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800 \text{ m/s}$ secondo lo schema seguente. I valori di accelerazione delle quattro zone sismiche sono maggiormente specificati rispetto all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 secondo la schema di seguito proposto (tabella 9.1):

Tabella 9.1: Valori di accelerazione al suolo a_g

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g) – OPCM 3519	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g) – OPCM 3472
1	$0.25 < a_g \leq 0.35 g$	$0.35 g$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25 g$	$0.25 g$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15 g$	$0.15 g$
4	$\leq 0.05 g$	$0.05 g$

Di seguito si riportano le classificazioni della sismicità dei comuni interessati dagli interventi in base alle vecchie normative e ovviamente anche in base alla nuova e vigente classificazione proposta dall'OPCM 3274/2003 e s.m.i (tabella 9.2).

Tabella 9.2: Classificazione della sismicità del comune e valore dell'accelerazione al suolo a_g

Comune	Classificazione sismica (Decreti fino al 1984)	Classificazione sismica OPCM 3274/2003	a_g
Modena	n.c.	3	$0.15 g$

b. Sismicità storica delle aree di intervento

In Pianura Padana la superficie di base del Sistema Emiliano Romagnolo (0.45 Ma) è la più recente superficie di discordanza angolare in scala regionale.

La geometria di questa superficie è articolata in zone più o meno depresse. In particolare sono evidenti gli alti di Mirandola – San Possidonio e Finale Emilia (tra Reggio Emilia e Ferrara), di San Bartolomeo in Bosco (a sud di Ferrara) e di Bondeno-Casaglia-Occhiobello (a nord-ovest di Ferrara), dove la base del SERS è a una profondità inferiore a 100 m s.l.m. Queste zone di alto ricadono tutte sul culmine della dorsale ferrarese, permettendo di ipotizzare un'attività tardo – pleistocenica di questa struttura.

Lo studio in dettaglio delle strutture sepolte della Pianura Padana è possibile soprattutto grazie all'interpretazione di profili sismici.

I terreni più recenti che registrano diffuse deformazioni alla mesoscala sono le Sabbie di Imola e il Sistema Emiliano-Romagnolo inferiore (SERI) di età compresa tra 0.8 e 0.45 Ma; risulta dunque evidente, anche da osservazioni di campagna, che gran parte del margine appenninico-padano e del sottosuolo padano-adriatico sono stati interessati da deformazioni più recenti di 0.45 Ma.

Nell'area di studio la SERS è indicata a una profondità prossima attorno ai 250 m.

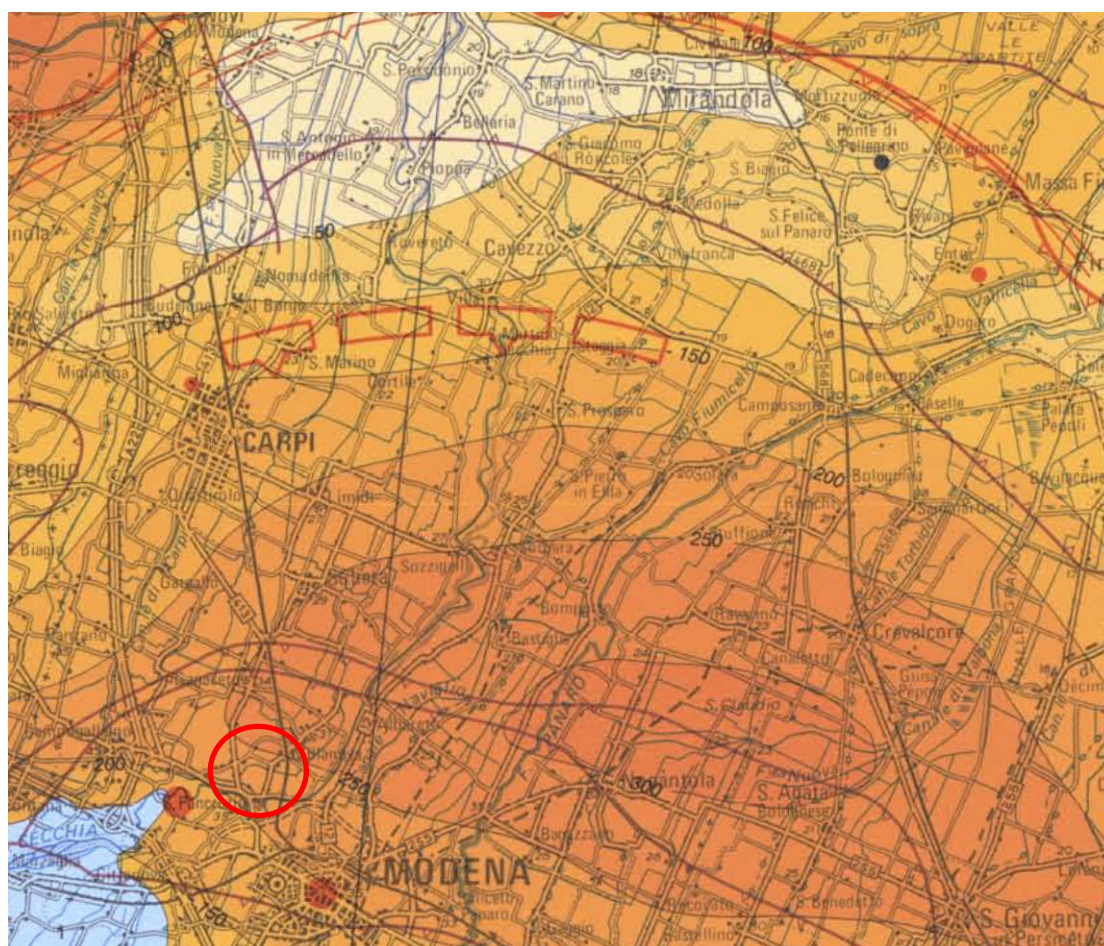


Figura 9.1: Carta Sismotettonica redatta dalla Regione Emilia Romagna (2004).

Nella tabella 9.3 sono riportati i dati storici del comune di Modena, definiti nel Gruppo di lavoro CPTI (2011) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2011 (CPTI11), INGV, Bologna con aggiornamento DBMI11 (dicembre 2011) reperibile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>

Storia sismica di Modena [44.647, 10.925]



Numero di eventi: 139

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw	
7	1222 12 25 12:30	Basso Bresciano	18	7-8 5.84 ±0.56	
7-8	1249 09	Modena	4	6-7 4.93 ±0.34	
5	1323 02 25 19:00	Bologna	5	5 4.30 ±0.34	
5	1348 01 25 15:30	Carinzia	58	9-10 7.02 ±0.18	
3	1349 09 09 08:15	Viterbese-Umbria	9		
7	1399 07 20 23:00	Modenese	6	7 5.14 ±0.34	
NR	1438 06 11 02:00	Parmense	10	8 5.57 ±0.34	
NR	1465 04 07 15:30	Pianura Padana	11	5-6 4.51 ±0.34	
6	1474 03 11 20:30	MODENA	12	5 4.30 ±0.34	
7-8	1501 06 05 10:00	Appennino modenese	20	9 5.98 ±0.32	
6	1504 12 31 04:00	Bolognese	15		
6	1505 01 03 02:00	Bolognese	31	8 5.57 ±0.25	
5	1505 01 20 23:50	Bolognese	11		
5	1505 01 27 02:40	Bolognese	2		
4-5	1511 03 26 14:40	Slovenia	66	9 6.98 ±0.17	
4	1522 10 05 00:10	Pianura Padana	6	5 4.80 ±0.54	
5	1536 08 17 00:05	Appennino tosco-emiliano?	10	6-7 5.29 ±0.56	
4	1542 06 13 02:15	Mugello	46	9 5.94 ±0.21	
NR	1545 06 09 15:45	Valle del Taro	8	7-8 5.25 ±0.78	
6	1547 02 10 13:20	Reggio Emilia	13	7 5.14 ±0.34	
F	1561 11 24 01:25	Ferrara	5	5-6 4.51 ±0.34	
4	1570 11 17 19:10	Ferrara	60	7-8 5.46 ±0.25	
NR	1591 05 24	REGGIO EMILIA	4	6 4.72 ±0.34	
F	1608 01 06 22:20	Reggio Emilia	2	5-6 4.51 ±0.34	
4	1624 03 19 19:45	Argenta	18	7-8 5.47 ±0.49	
6-7	1661 03 21 23:00	Modenese	4	6-7 4.93 ±0.34	

F	1661	03	22	12:50	Appennino romagnolo	79	9	6.09	±0.16
7	1671	06	20	10:00	Modena-Reggio Emilia	8	7	5.25	±0.72
F	1779	07	14	19:30	Bolognese	17			
F	1779	11	23	18:30	Bolognese	14	5	4.99	±0.31
F	1779	12	24	17:00	Pistoiese	9	5-6	4.64	±0.39
4	1781	04	04	21:20	Romagna	96	9-10	5.94	±0.17
4-5	1806	02	12		NOVELLARA	28	7	5.19	±0.39
4-5	1810	12	25	00:45	NOVELLARA	33	6	5.29	±0.22
5	1811	07	15	22:44	SASSUOLO	21	6-7	5.25	±0.40
3	1818	12	09	18:55	Parmense	26	7	5.28	±0.35
3	1828	10	09	02:20	Valle Staffora	114	8	5.76	±0.15
4	1830	01	26	04:30	Appennino bolognese	11	5-6	4.74	±0.65
3	1831	07	14	15:30	Reggiano	8	5-6	4.69	±0.44
4-5	1831	09	11	18:15	Reggiano	25	7-8	5.54	±0.32
4	1832	03	11	06:45	Carpi (MO)	14	5	4.80	±0.37
4-5	1832	03	11	08:45	Reggiano	14			
7	1832	03	13	03:30	Reggiano	98	7-8	5.53	±0.18
4	1834	02	14	13:15	Valle del Taro-Lunigiana	112	9	5.83	±0.15
3	1834	07	04	00:45	Lunigiana-Parmense	24			
5	1834	10	04	19:00	Bolognese	12	6	4.85	±0.43
5	1837	04	11	17:00	Alpi Apuane	60	9	5.81	±0.20
NR	1841	10	15	22:00	SANGUINETTO	19	5	4.19	±0.44
F	1846	08	14	12:00	Toscana settentrionale	122	9	5.91	±0.13
6	1850	09	18	06:20	Modenese	7	5	4.30	±0.34
F	1857	02	01		PARMENSE	22	6-7	5.09	±0.25
4	1864	03	15		ZOCCA	13	6-7	4.90	±0.71
6	1869	06	25	13:58	Media valle del Reno	18	7-8	5.42	±0.48
4	1870	10	30	18:34	Romagna	41	8	5.58	±0.27
2-3	1873	03	12	20:04	Marche meridionali	196	8	5.95	±0.10
5	1873	05	16	19:35	REGGIANO	15	6-7	5.09	±0.59
5	1873	06	29	03:58	Bellunese	199	9-10	6.32	±0.11
3-4	1873	09	17		LIGURIA ORIENTALE	67	6-7	5.43	±0.15

F	1874	10	07	IMOLESE	60	7	5.02 ±0.18
3	1881	01	24 16:14	Bolognese	38	7	5.16 ±0.30
F	1885	02	26 20:48	SCANDIANO	78	6	5.19 ±0.15
5	1886	10	15 02:20	COLLECCHIO	44	6	4.70 ±0.24
4-5	1887	02	23 05:21	Liguria occidentale	1516	6.97	±0.15
4-5	1891	06	07 01:06	Valle d'Illasi	403	8-9	5.86 ±0.06
3	1892	01	05	GARDA OCC.	100	6-7	5.02 ±0.15
NF	1894	02	09 12:48	Valle d'Illasi	116	6	4.77 ±0.15
3	1894	11	27 05:07	FRANCIACORTA	183	6	5.07 ±0.10
3	1895	05	18 19:55	Fiorentino	401	8	5.43 ±0.08
4	1898	03	04 21:05	Valle del Parma	313	7-8	5.41 ±0.09
2	1899	06	26 23:17	Valle del Bisenzio	138	7	5.06 ±0.15
3	1901	10	30 14:49	Salò	190	8	5.70 ±0.10
NF	1903	07	27 03:46	LUNIGIANA	79	7-8	5.25 ±0.17
4	1904	02	25 18:47	Reggiano	62	6	5.05 ±0.18
4	1904	06	10 11:15	Frignano	102	6	5.03 ±0.18
NF	1904	11	17 05:02	Pistoiese	204	7	5.15 ±0.14
RS	1905	11	26 06:48	Irpinia	136	7-8	5.21 ±0.13
3-4	1908	06	02 22:30	FRIGNANO	18	4-5	4.52 ±0.25
5	1909	01	13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7	5.53 ±0.09
RS	1909	08	25 00:22	MURLO	283	7-8	5.37 ±0.10
NF	1910	03	22 23:29	Bassa modenese	15	5	4.30 ±0.34
2	1911	02	19 07:18	Romagna meridionale	181	7	5.28 ±0.11
RS	1914	10	26 03:43	TAVERNETTE	67	7	5.41 ±0.16
5	1914	10	27 09:22	Garfagnana	618	7	5.76 ±0.09
4	1915	01	13 06:52	Avezzano	1041	11	7.00 ±0.09
4	1915	10	10 23:08	REGGIO EMILIA	30	6	5.02 ±0.22
3	1916	05	17 12:49	Alto Adriatico	132	5.95	±0.14
5	1916	08	16 07:06	Alto Adriatico	257	6.14	±0.14
4	1918	05	06 08:05	Reggiano	8	5-6	4.52 ±0.69
4	1918	11	10 15:12	Appennino romagnolo	187	9	5.88 ±0.11
4	1919	06	29 15:06	Mugello	566	10	6.29 ±0.09

5-6	1920 09 07 05:55	Garfagnana	756	10 6.48 ±0.09
6	1923 06 28 15:11	FORMIGINE	22	6 4.88 ±0.24
3	1926 01 01 18:04	Slovenia	63	7-8 5.85 ±0.18
4	1928 06 13 08:00	CARPI	35	6 4.78 ±0.23
4	1929 04 10 05:43	Bolognese	87	7 5.03 ±0.13
NF	1929 04 12 00:32	Bolognese	7	5.09 ±0.37
5	1929 04 19 04:15	Bolognese	82	
5	1929 04 20 01:09	Bolognese	109	7 5.34 ±0.13
4	1929 04 22 08:25	Bolognese	41	
5	1929 04 29 18:35	Bolognese	45	
5	1929 05 11 19:22	Bolognese	64	
4	1931 06 10 17:01	Modenese	14	4 4.42 ±0.22
3	1934 06 13 09:06	BORGIO VAL DI TARO	29	6 4.99 ±0.24
4	1936 10 18 03:10	BOSCO CANSIGLIO	267	9 6.12 ±0.09
4-5	1937 12 10 18:03	APP. MODENESE	28	6 5.17 ±0.25
5	1939 10 15 14:05	Garfagnana	62	6-7 5.08 ±0.16
4	1951 05 15 22:54	LODIGIANO	154	6-7 5.39 ±0.14
3	1957 08 27 11:54	ZOCCA	58	5 4.65 ±0.21
F	1963 07 19 05:45	Mar Ligure	463	6.02 ±0.14
NF	1965 11 09 15:35	ALTA V. SECCHIA	32	5 4.74 ±0.25
4	1967 04 03 16:36	Reggiano	47	5-6 4.69 ±0.19
4	1967 12 30 04:19	BASSA PADANA	40	6 5.24 ±0.19
5	1971 07 15 01:33	Parmense	229	8 5.64 ±0.09
4	1971 09 11 23:18	Correggio	15	5 4.23 ±0.31
4-5	1976 05 06 20:00	Friuli	770	9-10 6.46 ±0.09
3	1976 09 11 16:35	Friuli	40	5.63 ±0.09
4	1976 09 15 09:21	Friuli	54	5.98 ±0.15
5	1978 12 25 22:53	Bassa mantovana	28	5 4.22 ±0.22
NF	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09
4-5	1980 12 23 12:01	Piacentino	38	6-7 4.60 ±0.09
6	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7 5.06 ±0.09
NF	1984 04 29 05:02	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7 5.65 ±0.09

2-3	1986 12 06 17:07	BONDENO	604	6 4.61 \pm 0.10
6	1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6 4.74 \pm 0.09
4-5	1987 05 08 11:10	Bassa modenese	17	6 4.57 \pm 0.23
2	1988 02 08 11:24	Garfagnana	75	6 4.53 \pm 0.13
4	1988 03 15 12:03	Reggiano	160	6 4.66 \pm 0.12
3	1992 04 17 11:59	Monteveglia	56	4-5 4.32 \pm 0.18
3	1995 08 24 17:27	Appennino bolognese	56	6 4.48 \pm 0.09
2-3	1995 10 10 06:54	LUNIGIANA	341	7 4.85 \pm 0.09
5-6	1996 10 15 09:56	Correggio	135	7 5.41 \pm 0.09
3	1997 05 12 22:13	Reggiano	56	4-5 4.22 \pm 0.27
3	1997 09 26 09:40	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9 6.01 \pm 0.09
3-4	1998 02 21 02:21	Reggiano	104	5 4.34 \pm 0.17
3	1998 03 26 16:26	Appennino umbro-marchigiano	408	6 5.29 \pm 0.09
4	1999 07 07 17:16	Frignano	32	5 4.70 \pm 0.09
4	2000 06 18 07:42	Parmense	300	5-6 4.43 \pm 0.09
4-5	2003 09 14 21:42	Appennino bolognese	133	6 5.29 \pm 0.09
4	2004 11 24 22:59	Lago di Garda	176	7-8 5.06 \pm 0.09

Tabella 9.3a: Storia sismica del comune di Modena (MO).

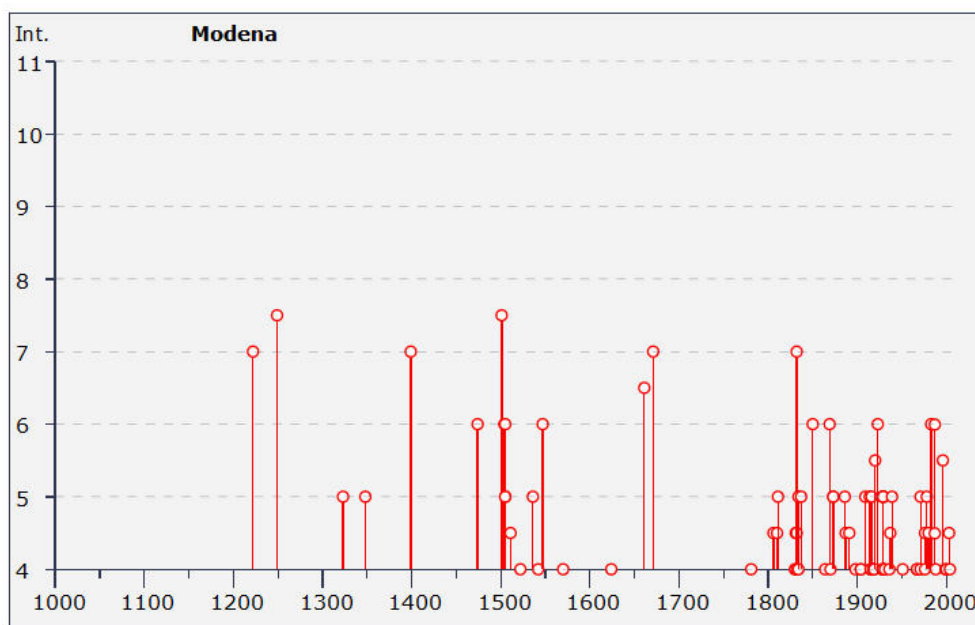


Tabella 9.3b: Storia sismica del comune di Modena (MO).

La sismicità storica non tiene conto della recente crisi sismica verificatasi la mattina del 20 Maggio 2012 con un terremoto di magnitudo locale pari a 5.9 con epicentro Finale Emilia e la mattina del 29 Maggio con terremoto di magnitudo locale pari a 5.8 ed epicentro fra i Comuni di Medolla e Cavezzo.

c. Individuazione della pericolosità sismica del sito

Di seguito si riportano i dati salienti per la definizione della pericolosità sismica del sito che sono stati inseriti nel foglio di calcolo "Spetti NTC v. 1.03" scaricabile dal sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (<http://www.infrastrutture.gov.it/consuplp/>).

FASE 1 - Individuazione della pericolosità del sito

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE
10,89826

LATITUDINE
44,67759

☐ Ricerca per comune

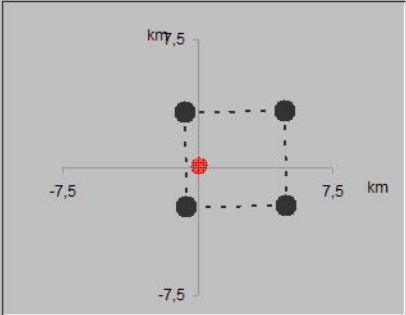
REGIONE
Piemonte

PROVINCIA
Torino

COMUNE
Agliè

Elaborazioni grafiche
Grafici spettri di risposta
Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche
Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito


Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo
☒ Sito esterno al reticolo
☐ Interpolazione su 3 nodi
☒ Interpolazione corretta

Interpolazione
superficie rigata

FASE 2 - Scelta della strategia di progettazione

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

Stati limite ultimi - SLU

SLO - $P_{VR} = 81\%$

SLD - $P_{VR} = 63\%$

SLV - $P_{VR} = 10\%$

SLC - $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

Grafici parametri azione ☐

Grafici spettri di risposta ☐

Tabella parametri azione ☐

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

- - □ - - Strategia per costruzioni ordinarie

- - ■ - - Strategia scelta

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	45	0,056	2,499	0,265
SLD	75	0,071	2,480	0,275
SLV	712	0,190	2,470	0,282
SLC	1462	0,248	2,440	0,289

Tabella 9.4: Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno Stato Limite.

FASE 3 – Determinazione dell'azione di progetto

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato

SLV ▼

info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo

C ▼

info

Categoria topografica

T1 ▼

info

$S_S =$

1,419

 $h/H =$

0,500

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

$C_c =$

1,594

 $S_T =$

1,000

info
info

Compon. orizzontale

☒ Spettro di progetto elastico (SLE)
Smorzamento ξ (%)

5

info

☐ Spettro di progetto inelastico (SLU)
Fattore q_o

3,5

Regol. in altezza

no ▼

info

$\eta =$

1,000

info

Compon. verticale

Spettro di progetto

$Fattore\ q$

1,5

 $\eta =$

0,667

info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta
→

Parametri e punti spettri di risposta
→

— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

Spettri di risposta

- Parametri dello “Spettro di risposta orizzontale e verticale per lo stato limite: SLV”

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,190 g
F_o	2,470
T_C^*	0,282 s
S_s	1,419
C_C	1,594
S_T	1,000
q	2,800

Parametri dipendenti

S	1,419
η	0,357
T_B	0,150 s
T_C	0,450 s
T_D	2,359 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)

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

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

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

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

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 η 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	0,269
T_B	0,150	0,237
T_C	0,450	0,237
	0,541	0,198
	0,632	0,169
	0,723	0,148
	0,813	0,131
	0,904	0,118
	0,995	0,107
	1,086	0,098
	1,177	0,091
	1,268	0,084
	1,359	0,079
	1,450	0,074
	1,541	0,069
	1,632	0,065
	1,723	0,062
	1,813	0,059
	1,904	0,056
	1,995	0,054
	2,086	0,051
	2,177	0,049
	2,268	0,047
T_D	2,359	0,045
	2,437	0,042
	2,515	0,040
	2,593	0,038
	2,671	0,038
	2,750	0,038
	2,828	0,038
	2,906	0,038
	2,984	0,038
	3,062	0,038
	3,140	0,038
	3,219	0,038
	3,297	0,038
	3,375	0,038
	3,453	0,038
	3,531	0,038
	3,609	0,038
	3,687	0,038
	3,766	0,038
	3,844	0,038
	3,922	0,038
	4,000	0,038

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0,112 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	1,453
S	1,000
η	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	0,112
$T_B \leftarrow$	0,050	0,184
$T_C \leftarrow$	0,150	0,184
	0,235	0,117
	0,320	0,086
	0,405	0,068
	0,490	0,056
	0,575	0,048
	0,660	0,042
	0,745	0,037
	0,830	0,033
	0,915	0,030
$T_D \leftarrow$	1,000	0,028
	1,094	0,023
	1,188	0,020
	1,281	0,017
	1,375	0,015
	1,469	0,013
	1,563	0,011
	1,656	0,010
	1,750	0,009
	1,844	0,008
	1,938	0,007
	2,031	0,007
	2,125	0,006
	2,219	0,006
	2,313	0,005
	2,406	0,005
	2,500	0,004
	2,594	0,004
	2,688	0,004
	2,781	0,004
	2,875	0,003
	2,969	0,003
	3,063	0,003
	3,156	0,003
	3,250	0,003
	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	0,002
	4,000	0,002

Di seguito si riportano anche i dati salienti per la definizione della pericolosità sismica del sito che sono stati elaborati mediante il codice di calcolo Geostru PS.



[HOME](#)

[ABOUT US](#)

[PRODOTTI](#)

[CONTATTACI](#)

GEOSTRU PARAMETRI SISMICI

Geostru PS consente di individuare la pericolosità sismica secondo le NTC di tutte le località Italiane compreso le Isole direttamente su mappa geografica. Geostru PS fornisce oltre ai parametri sismici (ag, F0 e TC. *) per gli stati limite SLO, SLD, SLV, SLC, tipici del luogo o della costruzione in esame, i coefficienti sismici (kh, kv) orizzontali e verticali per: Muri di sostegno flessibili e rigidi, Paratie, Stabilità dei pendii e Fondazioni. Geostru PS fornisce un file di uscita in formato TXT il quale oltre ad essere importato automaticamente in tutti i software **GEOSTRU** potrà essere utilizzato come base di relazione tecnica sulla pericolosità sismica di sito. **Geostru PS PRO** consente inoltre di generare Spettri di risposta elastici delle componenti orizzontali e verticali, lo spettro di progetto ed il coefficiente Kh per un assegnato periodo della struttura.

Data ultimo rilascio il 27-02-2016

(1)* Coordinate WGS84 (°)

Latitudine

Longitudine

(1)* Coordinate ED50 (°)

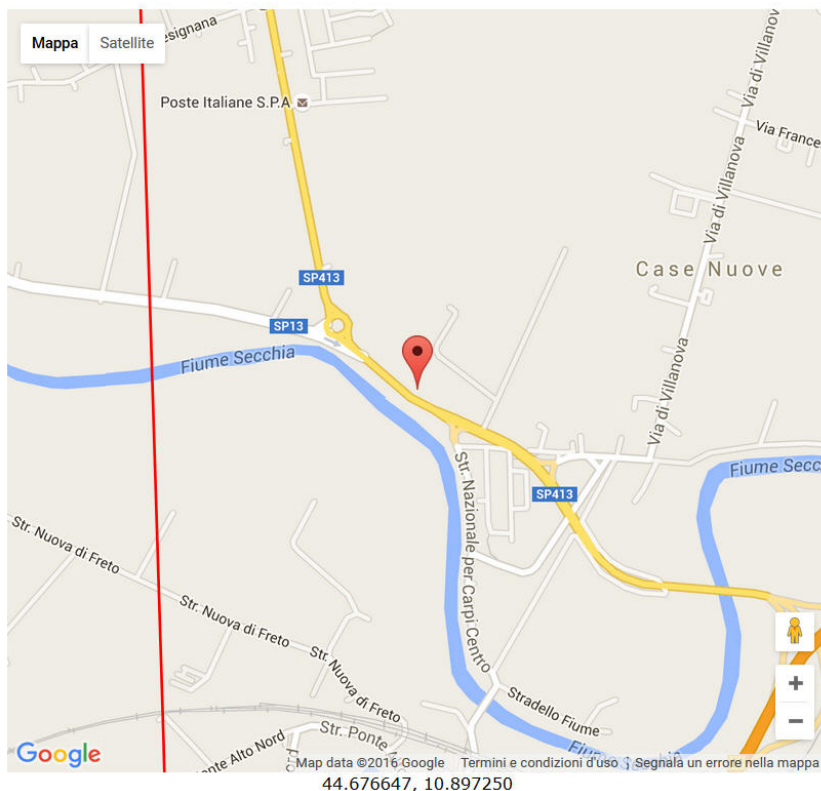
Latitudine

Longitudine

Classe dell'edificio

Cu = 1.5

Vita nominale
(Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie
>=50,
Grandi opere >=100)
Interpolazione



CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI

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

H (m)
us (m)

Categoria sottosuolo
Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss * Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,42	1,34
Cc * Coeff. funz. categoria	1,63	1,61	1,60	1,58
St * Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,015	0,019	0,065	0,103
kv	0,008	0,010	0,032	0,051
Amax [m/s ²]	0,824	1,035	2,637	3,249
Beta	0,180	0,180	0,240	0,310

Calcola

* I valori di Ss, Cc ed St possono essere variati.

d. Valutazione del "Rischio sismico"

La "Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali" del PTCP 2009 (approvato con DCP n.46/2009) è stata elaborata partendo, per le aree di pianura, dalla carta dei depositi affioranti e dalla carta dei depositi sepolti. In questo modo sono stati identificati i depositi che possono determinare effetti locali (suscettibili di amplificazione sismica: ghiaie, sabbie e limi; predisponenti alla liquefazione: sabbie fini ben classate entro 20 m da p.c. e falda con soggiacenza inferiore a 15 m; soggetti a forti cedimenti: argille e limi).

Di seguito viene riportato lo stralcio della cartografia della tavola 2.2 delle aree potenzialmente soggette ad effetti locali per eventi sismici del PTCP 2009.

Effetti attesi	
1	Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche <i>studi</i> ": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi); <i>microzonazione sismica</i> ": approfondimenti di III livello.
2	Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche <i>studi</i> ": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi); <i>microzonazione sismica</i> ": approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.
3	Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche <i>studi</i> ": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche; <i>microzonazione sismica</i> ": approfondimenti di III livello.
4	Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche <i>studi</i> ": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche; <i>microzonazione sismica</i> ": approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.
5	Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche <i>studi</i> ": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico; <i>microzonazione sismica</i> ": approfondimenti di II livello.
6	Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche <i>studi</i> ": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico; <i>microzonazione sismica</i> ": approfondimenti di II livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.
7	Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione <i>studi</i> ": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi; <i>microzonazione sismica</i> ": approfondimenti di III livello.
8	Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti <i>studi</i> ": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi; <i>microzonazione sismica</i> ": sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti.
9	Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali <i>studi</i> ": indagini per caratterizzare V_{S0} ; in caso V_{S0} maggiore/uguale di 800 m/s non è richiesta nessuna ulteriore indagine, in caso V_{S0} minore di 800 m/s è richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico; <i>microzonazione sismica</i> ": non richiesta nel primo caso, nel secondo caso approfondimenti di II livello.
10	Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche <i>studi</i> ": indagini per caratterizzare V_{S0} e valutazione del coefficiente di amplificazione topografico; in caso V_{S0} maggiore/uguale di 800 m/s è sufficiente la sola valutazione del coefficiente di amplificazione topografico, in caso V_{S0} minore di 800 m/s occorre valutare anche il coefficiente di amplificazione litologico; <i>microzonazione sismica</i> ": valutazione degli effetti della topografia, con particolare attenzione nelle aree prossime ai bordi di scarpata, negli ambiti immediatamente superiori ai settori soggetti ad amplificazione topografica, nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, in caso V_{S0} minore di 800 m/s valutazione anche del coefficiente di amplificazione litologico.

Figura 9.3: Legenda della carta delle aree potenzialmente soggette ad effetti locali per eventi sismici.



Figura 9.4: Carta delle aree potenzialmente soggette ad effetti locali per eventi sismici (Tavola 2.2 PTCP 2009), in scala 1:25.000.

L'area in esame è collocata su in una fascia di pianura classificata come "Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione" (7).
Nel capitolo n. 8 sulla caratterizzazione geotecnica vengono approfondite le problematiche relative alla liquefazione dei terreni.

e. Definizione della categoria di sottosuolo ai fini sismici

Attraverso l'elaborazione delle indagini geognostiche si è potuto ricavare la categoria di sottosuolo ai fini sismici mediante l'uso del programma di calcolo Static Probing della ditta Geostru Software Srl.

Le NTC 14 gennaio 2008 individuano 5 categorie di sottosuolo ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto. Nel caso specifico si è scelto di risalire alla categoria di sottosuolo ai fini sismici attraverso l'elaborazione della prova penetrometrica SanPancrazio_03 essendo l'unica che ha raggiunto la profondità di 30 metri dal piano campagna. Per quanto riguarda i sottili livelli a potenziale liquefazione evidenziati dall'elaborazione, riportate nello specifico capitolo, si può escludere la presenza di un sottosuolo di tipo S2 (per cui sarebbe necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche).

Di seguito si riporta l'elaborazione per la stima della categoria sismica del sottosuolo in corrispondenza dell'opera in progetto appartenente alla categoria "C" ovvero *"terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ Kpa nei terreni a grana fina)"*.

STIMA CATEGORIA SUOLO

Stima categoria di sottosuolo secondo le norme tecniche per le Costruzioni 14-01-2008 (NTC 2008).

Prova Nr. San Pancrazio_03

Profondità	Descrizione	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tipo	Autore Vs	Vs (m/s)	Autore Cu	Cu (KPa)
0,2	Stima non eseguibile	0,0	0,053				Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	0,0
0,4	Limo argilloso molto consistente	8,4	0,393	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	322,57	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	280,0
0,6	Limo argilloso molto consistente	5,5	0,32	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	296,5	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	183,3
0,8	Limo argilloso consistente	3,3	0,18	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	267,84	Marsland 1974- Marsland e	110,0

							Powell 1979	
1	Limo argilloso- sabbioso	2,0	0,08	Incoerente	Jamiołkowski et al 1985	283,63	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	66,7
1,2	Limo argilloso- sabbioso molto addensato	1,7	0,14	Incoerente	Jamiołkowski et al 1985	273,01	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	56,7
1,4	Argille plastiche	1,2	0,12	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	219	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	40,0
1,6	Limo argilloso soffice	1,0	0,047	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	211,2	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	33,3
1,8	Limo argilloso- sabbioso	1,5	0,06	Incoerente	Jamiołkowski et al 1985	265,09	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	50,0
2	Limo argilloso- sabbioso	1,4	0,047	Incoerente	Jamiołkowski et al 1985	260,83	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	46,7
2,2	Limo argilloso plastico	1,2	0,06	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	219	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	40,0
2,4	Limo argilloso- sabbioso addensato	0,9	0,067	Incoerente	Jamiołkowski et al 1985	235,11	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	30,0
2,6	Limo argilloso soffice	1,0	0,047	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	211,2	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	33,3
2,8	Limo argilloso- sabbioso	0,9	0,033	Incoerente	Jamiołkowski et al 1985	235,11	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	30,0
3	Limo argilloso- sabbioso	0,9	0,033	Incoerente	Jamiołkowski et al 1985	235,11	Marsland 1974- Marsland e	30,0

							Powell 1979	
3,2	Limo argilloso- sabbioso	1,0	0,04	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	241	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	33,3
3,4	Limo argilloso plastico	1,1	0,067	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	215,24	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	36,7
3,6	Sabbia argilloso- limosa	1,9	0,053	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	280,24	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	63,3
3,8	Limo argilloso- sabbioso	1,1	0,04	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	246,46	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	36,7
4	Limo argilloso- sabbioso addensato	1,2	0,08	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	251,55	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	40,0
4,2	Sabbia argilloso- limosa	2,0	0,053	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	283,63	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	66,7
4,4	Sabbie limose	2,5	0,047	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	298,9	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	83,3
4,6	Limo argilloso- sabbioso	1,8	0,06	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	276,7	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	60,0
4,8	Limo argilloso soffice	0,9	0,047	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	206,82	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	30,0
5	Sabbia argilloso- limosa	1,3	0,04	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	256,33	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	43,3
5,2	Limo argilloso- sabbioso	1,5	0,053	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	265,09	Marsland 1974- Marsland e	50,0

							Powell 1979	
5,4	Limo argilloso plastico	1,2	0,06	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	219	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	40,0
5,6	Limo argilloso plastico	1,2	0,067	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	219	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	40,0
5,8	Limo argilloso plastico	1,5	0,073	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	228,95	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	50,0
6	Limo argilloso plastico	1,3	0,08	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	222,52	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	43,3
6,2	Limo argilloso plastico	1,4	0,067	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	225,83	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	46,7
6,4	Limo argilloso plastico	1,4	0,073	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	225,83	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	46,7
6,6	Sabbia argilloso- limosa	1,3	0,04	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	256,33	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	43,3
6,8	Limo argilloso- sabbioso	1,1	0,04	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	246,46	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	36,7
7	Limo argilloso plastico	1,0	0,06	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	211,2	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	33,3
7,2	Sabbia argilloso- limosa	1,8	0,053	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	276,7	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	60,0
7,4	Limo argilloso plastico	1,6	0,08	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	231,91	Marsland 1974- Marsland e	53,3

							Powell 1979	
7,6	Limo argilloso plastico	2,2	0,1	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	247,08	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	73,3
7,8	Limo argilloso plastico	2,2	0,107	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	247,08	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	73,3
8	Limo argilloso- sabbioso	1,9	0,067	Incoerente	Jamiołkowski et al 1985	280,24	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	63,3
8,2	Limo argilloso- sabbioso	2,5	0,1	Incoerente	Jamiołkowski et al 1985	298,9	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	83,3
8,4	Limo argilloso consistente	2,2	0,133	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	247,08	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	73,3
8,6	Limo argilloso- sabbioso molto addensato	1,9	0,12	Incoerente	Jamiołkowski et al 1985	280,24	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	63,3
8,8	Limo argilloso- sabbioso molto addensato	2,2	0,153	Incoerente	Jamiołkowski et al 1985	290,06	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	73,3
9	Limo argilloso consistente	2,2	0,127	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	247,08	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	73,3
9,2	Limo argilloso- sabbioso molto addensato	2,0	0,133	Incoerente	Jamiołkowski et al 1985	283,63	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	66,7
9,4	Limo argilloso consistente	2,1	0,113	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	244,8	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	70,0
9,6	Limo argilloso- sabbioso	2,1	0,093	Incoerente	Jamiołkowski et al 1985	286,91	Marsland 1974- Marsland e	70,0

							Powell 1979	
9,8	Limo argilloso consistente	2,2	0,113	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	247,08	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	73,3
10	Limo argilloso- sabbioso molto addensato	1,6	0,12	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	269,14	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	53,3
10,2	Limo argilloso- sabbioso addensato	1,2	0,087	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	251,55	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	40,0
10,4	Limo argilloso- sabbioso	2,0	0,08	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	283,63	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	66,7
10,6	Limo argilloso- sabbioso	1,9	0,08	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	280,24	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	63,3
10,8	Limo argilloso plastico	1,8	0,093	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	237,41	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	60,0
11	Limo argilloso- sabbioso	2,2	0,087	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	290,06	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	73,3
11,2	Limo argilloso plastico	2,0	0,093	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	242,44	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	66,7
11,4	Sabbia	2,8	0,047	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	306,97	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	93,3
11,6	Sabbie limose	3,8	0,08	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	329,81	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	126,7
11,8	Limo argilloso- sabbioso	1,0	0,067	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	241	Marsland 1974- Marsland e	33,3

	addensato						Powell 1979	
12	Limo argilloso- sabbioso	1,4	0,047	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	260,83	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	46,7
12,2	Limo argilloso plastico	1,1	0,06	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	215,24	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	36,7
12,4	Limo argilloso- sabbioso addensato	1,0	0,067	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	241	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	33,3
12,6	Limo argilloso soffice	0,8	0,047	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	202,03	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	26,7
12,8	Limo argilloso soffice	0,9	0,053	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	206,82	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	30,0
13	Stima non eseguibile	0,8	0,06	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	202,03	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	26,7
13,2	Limo argilloso soffice	1,0	0,047	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	211,2	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	33,3
13,4	10646713	0,8	0,087	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	228,69	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	26,7
13,6	Limo argilloso- sabbioso addensato	1,0	0,067	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	241	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	33,3
13,8	Limo argilloso soffice	0,9	0,053	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	206,82	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	30,0
14	Limo argilloso plastico	1,7	0,093	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	234,72	Marsland 1974- Marsland e	56,7

							Powell 1979	
14,2	Limo argilloso- sabbioso molto addensato	1,9	0,12	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	280,24	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	63,3
14,4	Limo argilloso plastico	1,9	0,1	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	239,97	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	63,3
14,6	Limo argilloso plastico	1,9	0,107	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	239,97	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	63,3
14,8	Limo argilloso plastico	1,1	0,067	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	215,24	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	36,7
15	Limo argilloso plastico	1,2	0,06	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	219	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	40,0
15,2	Limo argilloso- sabbioso	1,4	0,047	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	260,83	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	46,7
15,4	Limo argilloso- sabbioso addensato	1,2	0,08	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	251,55	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	40,0
15,6	Limo argilloso plastico	1,3	0,067	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	222,52	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	43,3
15,8	Limo argilloso soffice	1,1	0,053	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	215,24	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	36,7
16	Limo argilloso plastico	1,7	0,093	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	234,72	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	56,7
16,2	Sabbia argilloso- limosa	2,2	0,06	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	290,06	Marsland 1974- Marsland e	73,3

							Powell 1979	
16,4	Limo argilloso plastico	1,8	0,093	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	237,41	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	60,0
16,6	Limo argilloso plastico	1,4	0,073	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	225,83	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	46,7
16,8	Limo argilloso soffice	1,0	0,047	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	211,2	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	33,3
17	Limo argilloso- sabbioso	1,1	0,047	Incoerente	Jamiołkowski et al 1985	246,46	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	36,7
17,2	Limo argilloso- sabbioso addensato	1,4	0,093	Incoerente	Jamiołkowski et al 1985	260,83	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	46,7
17,4	Limo argilloso- sabbioso	2,0	0,087	Incoerente	Jamiołkowski et al 1985	283,63	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	66,7
17,6	Limo argilloso consistente	2,4	0,12	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	251,39	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	80,0
17,8	Limo argilloso plastico	1,8	0,1	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	237,41	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	60,0
18	Limo argilloso plastico	2,1	0,107	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	244,8	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	70,0
18,2	Limo argilloso consistente	2,0	0,113	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	242,44	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	66,7
18,4	Limo argilloso- sabbioso	2,0	0,127	Incoerente	Jamiołkowski et al 1985	283,63	Marsland 1974- Marsland e	66,7

	molto addensato						Powell 1979	
18,6	Limo argilloso- sabbioso molto addensato	2,0	0,127	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	283,63	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	66,7
18,8	Limo argilloso consistente	2,4	0,14	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	251,39	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	80,0
19	Limo argilloso consistente	2,0	0,12	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	242,44	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	66,7
19,2	Limo argilloso consistente	2,4	0,12	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	251,39	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	80,0
19,4	Limo argilloso consistente	2,9	0,16	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	261,04	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	96,7
19,6	Limo argilloso consistente	3,0	0,18	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	262,81	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	100,0
19,8	Limo argilloso consistente	2,4	0,133	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	251,39	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	80,0
20	Limo argilloso consistente	2,5	0,133	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	253,45	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	83,3
20,2	Limo argilloso consistente	2,3	0,113	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	249,27	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	76,7
20,4	Limo argilloso consistente	2,7	0,153	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	257,36	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	90,0
20,6	Limo argilloso- sabbioso	3,3	0,207	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	319,06	Marsland 1974- Marsland e	110,0

	molto addensato						Powell 1979	
20,8	Limo argilloso- sabbioso molto addensato	2,9	0,18	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	309,51	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	96,7
21	Limo argilloso consistente	2,5	0,147	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	253,45	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	83,3
21,2	Limo argilloso consistente	2,5	0,127	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	253,45	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	83,3
21,4	Limo argilloso plastico	2,2	0,1	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	247,08	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	73,3
21,6	Limo argilloso- sabbioso	1,4	0,047	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	260,83	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	46,7
21,8	Limo argilloso- sabbioso	1,2	0,047	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	251,55	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	40,0
22	Limo argilloso- sabbioso	1,6	0,067	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	269,14	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	53,3
22,2	Limo argilloso- sabbioso	1,5	0,06	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	265,09	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	50,0
22,4	Limo argilloso plastico	1,6	0,08	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	231,91	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	53,3
22,6	Limo argilloso plastico	1,3	0,067	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	222,52	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	43,3
22,8	Limo argilloso plastico	1,4	0,08	Coesivo	Jamiolkows ki et al 1985	225,83	Marsland 1974- Marsland e	46,7

							Powell 1979	
23	Limo argilloso plastico	1,4	0,073	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	225,83	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	46,7
23,2	Limo argilloso- sabbioso addensato	1,4	0,087	Incoerente	Jamiołkowski et al 1985	260,83	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	46,7
23,4	Limo argilloso consistente	2,4	0,12	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	251,39	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	80,0
23,6	Limo argilloso plastico	1,6	0,093	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	231,91	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	53,3
23,8	Limo argilloso- sabbioso	1,5	0,06	Incoerente	Jamiołkowski et al 1985	265,09	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	50,0
24	Limo argilloso- sabbioso	1,5	0,067	Incoerente	Jamiołkowski et al 1985	265,09	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	50,0
24,2	Limo argilloso plastico	1,9	0,107	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	239,97	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	63,3
24,4	Limo argilloso molto consistente	4,8	0,22	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	288,58	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	160,0
24,6	Limo argilloso consistente	3,0	0,18	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	262,81	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	100,0
24,8	Limo argilloso consistente	2,5	0,127	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	253,45	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	83,3
25	Limo argilloso consistente	2,4	0,147	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	251,39	Marsland 1974- Marsland e	80,0

							Powell 1979	
25,2	Limo argilloso consistente	2,5	0,12	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	253,45	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	83,3
25,4	Limo argilloso consistente	2,7	0,14	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	257,36	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	90,0
25,6	Limo argilloso consistente	2,5	0,12	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	253,45	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	83,3
25,8	Limo argilloso consistente	2,8	0,14	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	259,23	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	93,3
26	Limo argilloso consistente	2,5	0,12	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	253,45	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	83,3
26,2	Limo argilloso- sabbioso	1,6	0,067	Incoerente	Jamiołkowski et al 1985	269,14	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	53,3
26,4	Limo argilloso- sabbioso	2,2	0,093	Incoerente	Jamiołkowski et al 1985	290,06	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	73,3
26,6	Limo argilloso plastico	2,1	0,107	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	244,8	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	70,0
26,8	Limo argilloso consistente	3,3	0,167	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	267,84	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	110,0
27	Limo argilloso consistente	3,2	0,147	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	266,21	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	106,7
27,2	Limo argilloso consistente	2,8	0,153	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	259,23	Marsland 1974- Marsland e	93,3

							Powell 1979	
27,4	Limo argilloso consistente	2,6	0,14	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	255,43	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	86,7
27,6	Limo argilloso consistente	2,5	0,14	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	253,45	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	83,3
27,8	Limo argilloso consistente	2,8	0,153	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	259,23	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	93,3
28	Limo argilloso- sabbioso	2,5	0,107	Incoerente	Jamiołkowski et al 1985	298,9	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	83,3
28,2	Limo argilloso consistente	2,6	0,14	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	255,43	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	86,7
28,4	Limo argilloso- sabbioso	2,6	0,107	Incoerente	Jamiołkowski et al 1985	301,67	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	86,7
28,6	Limo argilloso plastico	2,3	0,107	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	249,27	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	76,7
28,8	Sabbia argilloso- limosa	1,7	0,053	Incoerente	Jamiołkowski et al 1985	273,01	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	56,7
29	Argilla torbosa dura	4,7	0,747	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	287,37	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	156,7
29,2	Argilla molto dura	9,8	1,007	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	332,62	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	326,7
29,4	Limo argilloso molto	16,9	0,973	Coesivo	Jamiołkowski et al 1985	370,72	Marsland 1974- Marsland e	563,3

	compatto						Powell 1979	
29,6	Stima non eseguibile	17,9	0,833				Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	596,7
29,8	Limo argilloso- sabbioso molto addensato	22,9	0,967	Incoerente	Jamiolkows ki et al 1985	503,01	Marsland 1974- Marsland e Powell 1979	763,3

Vs,30
Cu,30

204,07 m/s
56,13 KPa

Terreno con spessore non superiore a 20m posto su substrato di riferimento con vs>800 m/s...No

Stima categoria suolo Vs,30
Categoria suolo tipo: CATEGORIA SUOLO TIPO:C

Per definire l'azione sismica di progetto, si valuta l'effetto della risposta sismica locale (RSL) (C7.11.3.1 NTC 2008) determinando la categoria di sottosuolo specifica del sito.

Individuazione categoria di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III) secondo: **Vs,30**

Categoria suolo tipo:C


C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In base alle considerazioni svolte ed alle indicazioni impartite è possibile attribuire PARERE FAVOREVOLE all'intervento in oggetto. Si è infatti verificata l'assenza di controindicazioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche.

11. ALLEGATI

- Grafici originali delle indagini penetrometriche;	132
- Parametri geotecnici elaborati su stratigrafia semplificata;	149
- Grafici Qc-Fs e stratigrafia (Searle semplificato);	182
- Documentazione fotografica;	186

	<p>PROVE PENETROMETRICHE SRL Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO) Tel. 059/535046 – Fax 059/539166 e-mail: provepenetrometriche@alice.it www.provepenetrometriche.com</p>	<p>36.00</p>
<p>Decreto di Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 54953 del 29/05/2006 – Settore C – Prove in Sito</p>		
<p><u>PROVA CPT N. 01</u></p>		<p>Pagina 1/3</p>
<p>CERTIFICATO N. 02611</p> <p>Verbale di Accettazione n. 0780 del 24/07/2013</p> <p>Committente: Provincia di Modena</p> <p>Località: Modena, San Pancrazio SP413</p> <p>Cantiere: studio terreno di fondazione</p> <p>Data prova: 24/07/2013 Data emissione certificato: 26/07/2013</p>		
<p>Attrezzatura utilizzata</p> <ul style="list-style-type: none"> - Penetrometro statico Pagani TG 63-100 autoancorante, avente spinta massima pari a 100 kN, montato su sottocarro cingolato; il penetrometro è dotato di dispositivo idraulico di spinta che agisce alternativamente sulla batteria di aste interne ed esterne. - Punta conica meccanica tipo "Begemann" avente le seguenti caratteristiche: <ul style="list-style-type: none"> o diametro ϕ 35,70 mm; o area punta 10 cm²; o manicotto di attrito laterale avente diametro ϕ pari a 35,70 mm, h = 133 mm, area 150 cm²; - Batteria di aste esterne, cave, aventi diametro esterno pari a 36 mm, con alcuni anelli allargatori; - Batteria di aste interne a sezione piena, diametro 0,5-1,0 mm minore del diametro interno delle aste cave - Cella di carico mod. AEP TC4 (n. matricola: 701046) per la misura, alternativamente, del valore della resistenza alla punta, della resistenza laterale e della resistenza totale, sottoposta a taratura a cura del Politecnico di Milano in data 15/02/2011 (n. certificato SIT n. 150/2011). - Software di elaborazione: "Fondazio" ver. 6.66 elaborato dallo Studio Merlin di Castelmasa (RO). 		
<p>Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni</p> <p>Nel corso della prova sono state utilizzate n. 3 aste con allargatori.</p>		
<p>Eventuali metodi e/o procedure non normalizzate</p> <p>La prova è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - AGI (1977): "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche". 		
<p>Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure</p> <p>Non si è reso necessaria l'esecuzione di prefiori.</p> <p>Nel corso della prova il penetrometro è stato ancorato al terreno per mezzo di n. 2 ancoraggi laterali.</p> <p>Al termine della prova è stata rilevata acqua a -1.40 m dal p.c.</p> <p>Non si sono riscontrate anomalie nelle misure.</p> <p>Incertezza associata alle misure: 12.6% per valori di qc – 15.6% per valori di fs. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo (k=2) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.</p>		
<p>IL DIRETTORE</p> <p>Dott. Geol. Pier Luigi Dallari</p>	<p>IL RESPONSABILE DI SITO</p> <p>Dott. Geol. Davide Gualdi</p>	



PROVE PENETROMETRICHE SRL

Via per Modena, 8 - 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel: 059-535046 - e-mail: provepenetrometriche@alice.it - www.provepenetrometriche.com

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

CPT	01
certificato n°	02611
n° verb. accett.	0780 del 24/07/13

Committente: Provincia di Modena
Cantiere: Studio terreno di fondazione
Località: Modena, San Pancrazio SP413

U.M.: MPa Data esec.: 24/07/2013
Pagina: 2/3 Data certificato: 28/07/2013
Elaborato: Falda: -1,40 m

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	MPa	kPa	-	%	m	-	-	-	MPa	kPa	-	%
0,20	0,0	0,0		0,0	47,00	0									
0,40	18,0	25,0		1,8	33,00	55	1,8								
0,60	5,0	10,0		0,5	20,00	25	4,0								
0,80	4,0	7,0		0,4	20,00	20	5,0								
1,00	7,0	10,0		0,7	20,00	35	2,9								
1,20	13,0	16,0		1,3	67,00	19	5,2								
1,40	10,0	20,0		1,0	40,00	25	4,0								
1,60	10,0	16,0		1,0	40,00	25	4,0								
1,80	11,0	17,0		1,1	67,00	16	6,1								
2,00	15,0	25,0		1,5	93,00	16	6,2								
2,20	17,0	31,0		1,7	53,00	32	3,1								
2,40	18,0	26,0		1,8	67,00	27	3,7								
2,60	12,0	22,0		1,2	73,00	16	6,1								
2,80	14,0	25,0		1,4	60,00	23	4,3								
3,00	9,0	18,0		0,9	53,00	17	5,9								
3,20	8,0	16,0		0,8	40,00	20	5,0								
3,40	9,0	15,0		0,9	60,00	15	6,7								
3,60	10,0	19,0		1,0	40,00	25	4,0								
3,80	12,0	18,0		1,2	67,00	18	5,6								
4,00	9,0	19,0		0,9	53,00	17	5,9								
4,20	20,0	28,0		2,0	80,00	25	4,0								
4,40	17,0	29,0		1,7	40,00	43	2,4								
4,60	7,0	13,0		0,7	40,00	18	5,7								
4,80	8,0	14,0		0,8	53,00	15	6,6								
5,00	10,0	18,0		1,0	60,00	17	6,0								
5,20	11,0	20,0		1,1	67,00	16	6,1								
5,40	10,0	20,0		1,0	67,00	15	6,7								
5,60	10,0	20,0		1,0	40,00	25	4,0								
5,80	7,0	13,0		0,7	33,00	21	4,7								
6,00	6,0	11,0		0,6	47,00	13	7,8								
6,20	8,0	15,0		0,8	53,00	15	6,6								
6,40	13,0	21,0		1,3	60,00	22	4,6								
6,60	15,0	24,0		1,5	67,00	17	5,8								
6,80	18,0	32,0		1,9	93,00	20	4,9								
7,00	16,0	30,0		1,6	100,00	16	6,3								
7,20	13,0	28,0		1,3	80,00	16	6,2								
7,40	18,0	30,0		1,8	93,00	19	5,2								
7,60	25,0	39,0		2,5	100,00	25	4,0								
7,80	25,0	40,0		2,5	127,00	20	5,1								
8,00	19,0	38,0		1,9	120,00	16	6,3								
8,20	18,0	36,0		1,8	100,00	18	5,6								
8,40	18,0	33,0		1,8	113,00	16	6,3								
8,60	19,0	36,0		1,9	127,00	15	6,7								
8,80	16,0	35,0		1,6	113,00	14	7,1								
9,00	20,0	37,0		2,0	120,00	17	6,0								
9,20	20,0	38,0		2,0	120,00	17	6,0								
9,40	20,0	38,0		2,0	133,00	15	6,7								
9,60	30,0	50,0		2,9	180,00	17	6,0								
9,80	26,0	53,0		2,5	133,00	20	5,1								
10,00	23,0	43,0		2,3	133,00	17	5,8								
10,20	20,0	40,0		2,0	113,00	18	5,7								
10,40	23,0	40,0		2,3	127,00	18	5,5								
10,60	26,0	45,0		2,5	60,00	43	2,3								
10,80	9,0	18,0		0,9	60,00	15	6,7								
11,00	9,0	18,0		0,9	47,00	19	5,2								
11,20	8,0	15,0		0,8	40,00	20	5,0								
11,40	10,0	16,0		1,0	47,00	21	4,7								
11,60	13,0	20,0		1,3	53,00	25	4,1								
11,80	12,0	20,0		1,2	67,00	18	5,6								
12,00	14,0	24,0		1,4	73,00	19	5,2								
12,20	10,0	21,0		1,0	73,00	14	7,3								
12,40	10,0	21,0		1,0	47,00	21	4,7								
12,60	10,0	17,0		1,0	53,00	19	5,3								
12,80	8,0	16,0		0,8	60,00	13	7,5								
13,00	9,0	18,0		0,9	53,00	17	5,9								
13,20	9,0	17,0		0,9	60,00	15	6,7								
13,40	9,0	18,0		0,9	67,00	13	7,4								
13,60	10,0	20,0		1,0	60,00	17	6,0								
13,80	10,0	19,0		1,0	73,00	14	7,3								
14,00	13,0	24,0		1,3	60,00	22	4,6								
14,20	16,0	25,0		1,6	93,00	17	5,8								
14,40	17,0	31,0		1,7	93,00	18	5,5								
14,60	15,0	29,0		1,5	60,00	25	4,0								
14,80	10,0	19,0		1,0	53,00	19	5,3								
15,00	8,0	16,0		0,8											

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

Lo sperimentatore: Dott. Geol. Davide Gualdi
Il direttore laboratorio: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari



PROVE PENETROMETRICHE SRL

Via per Modena, 8 - 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-535046 - e-mail: provepenetrometriche@alice.it - www.provepenetrometriche.com

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

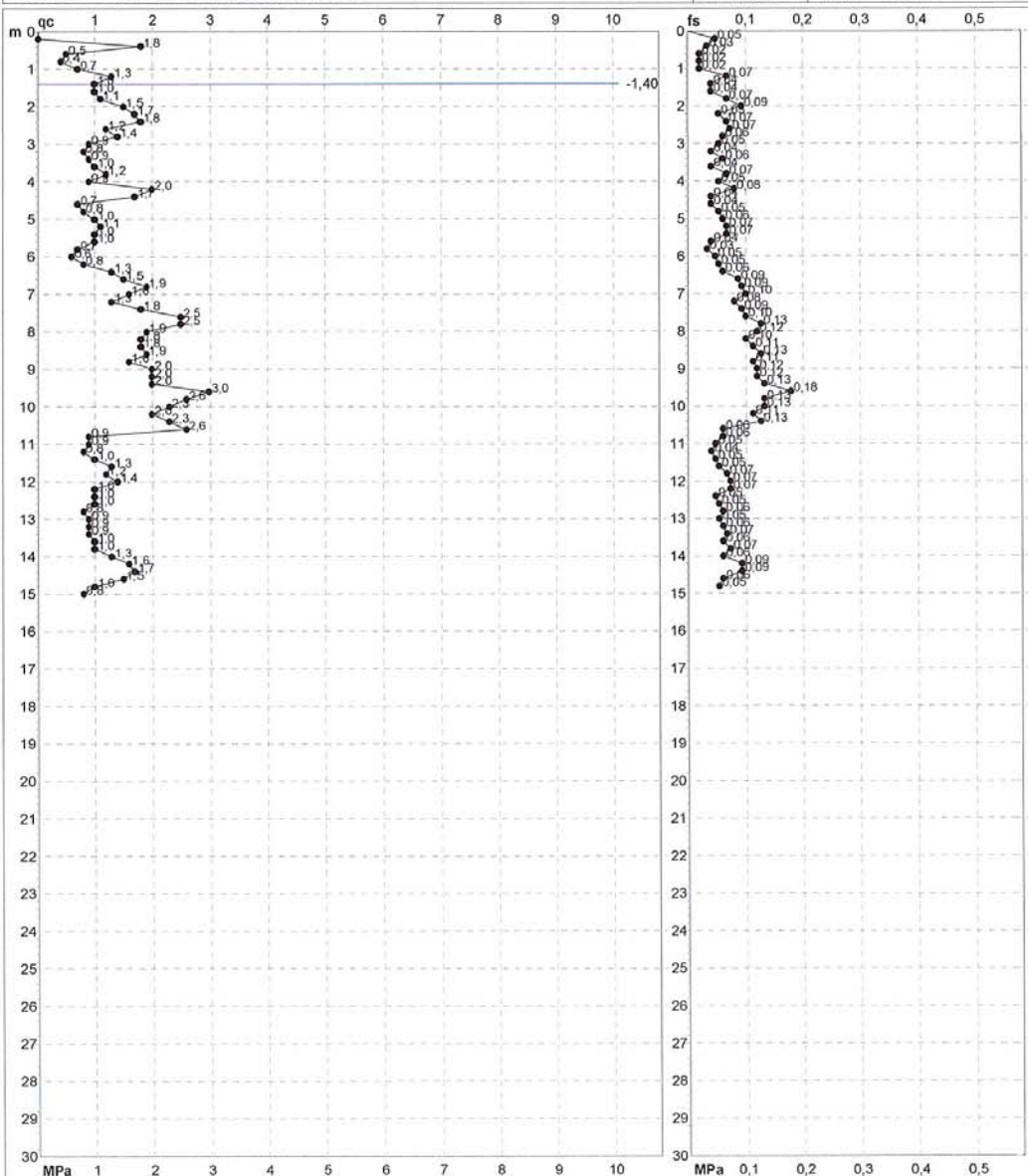
CPT 01

certificato n° 02611

n° verb. accett. 0780 del 24/07/13

Committente: Provincia di Modena
Cantiere: Studio terreno di fondazione
Località: Modena, San Pancrazio SP413

U.M.: MPa Data eseg.: 24/07/2013
Scala: 1:150 Data certificato: 26/07/2013
Pagina: 3/3 Quota inizio:
Elaborato: Falda: -1,40 m



Penetrometro: Pagani TG63-100
Responsabile: Dott. Geol. Davide Gualdi
Assistente:

Corr. astine: kN/ml

Cod. punta:

Preforo: n°

Lo sperimentatore: Dott. Geol. Davide Gualdi

Il direttore laboratorio: Dott. Geol. Riccardo Dallari

FON018

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

135



PROVE PENETROMETRICHE SRL

Via per Modena, 8 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-535046 - e-mail: provepenetrometriche@alice.it - www.provepenetrometriche.com

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

CPT 02

certificato n° 02612

n° verb. accett. 0780 del 24/07/13

Committente: Provincia di Modena

Cantiere: Studio terreno di fondazione

Località: Modena, San Pancrazio SP413

U.M.: MPa

Data esec.: 24/07/2013

Data certificato: 26/07/2013

Pagina: 2/3

Elaborato: Falda: -2,40 m

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,0	107,00	0									
0,40	56,0	72,0		5,5	213,00	26	3,8								
0,60	36,0	68,0		3,5	160,00	23	4,4								
0,80	25,0	49,0		2,5	193,00	13	7,7								
1,00	12,0	41,0		1,2	113,00	11	9,4								
1,20	11,0	28,0		1,1	87,00	13	7,9								
1,40	13,0	26,0		1,3	93,00	14	7,2								
1,60	15,0	29,0		1,5	87,00	17	5,8								
1,80	9,0	22,0		0,9	60,00	15	6,7								
2,00	8,0	17,0		0,8	60,00	13	7,5								
2,20	8,0	17,0		0,8	53,00	15	6,6								
2,40	12,0	20,0		1,2	40,00	30	3,3								
2,60	9,0	15,0		0,9	67,00	13	7,4								
2,80	10,0	20,0		1,0	47,00	21	4,7								
3,00	9,0	16,0		0,9	60,00	15	6,7								
3,20	11,0	20,0		1,1	53,00	21	4,8								
3,40	15,0	23,0		1,5	113,00	13	7,5								
3,60	15,0	32,0		1,5	53,00	28	3,5								
3,80	12,0	20,0		1,2	93,00	13	7,8								
4,00	23,0	37,0		2,3	27,00	85	1,2								
4,20	21,0	25,0		2,1	73,00	29	3,5								
4,40	15,0	26,0		1,5	53,00	28	3,5								
4,60	11,0	19,0		1,1	47,00	23	4,3								
4,80	14,0	21,0		1,4	80,00	18	5,7								
5,00	12,0	24,0		1,2	87,00	14	7,3								
5,20	10,0	23,0		1,0	67,00	15	6,7								
5,40	13,0	23,0		1,3	67,00	19	5,2								
5,60	12,0	22,0		1,2	53,00	23	4,4								
5,80	12,0	20,0		1,2	67,00	18	5,6								
6,00	6,0	16,0		0,6	40,00	15	6,7								
6,20	6,0	12,0		0,6	47,00	13	7,8								
6,40	7,0	14,0		0,7	67,00	10	9,6								
6,60	10,0	20,0		1,0	87,00	11	8,7								
6,80	10,0	23,0		1,0	67,00	15	6,7								
7,00	14,0	24,0		1,4	60,00	23	4,3								
7,20	15,0	24,0		1,5	67,00	22	4,5								
7,40	14,0	24,0		1,4	67,00	21	4,8								
7,60	20,0	30,0		2,0	100,00	20	5,0								
7,80	20,0	35,0		2,0	140,00	14	7,0								
8,00	18,0	39,0		1,8	100,00	18	5,6								
8,20	15,0	30,0		1,5	113,00	13	7,5								
8,40	17,0	34,0		1,7	107,00	16	6,3								
8,60	14,0	30,0		1,4	87,00	16	6,2								
8,80	9,0	22,0		0,9	80,00	11	8,9								
9,00	20,0	32,0		2,0	93,00	22	4,7								
9,20	24,0	38,0		2,4	160,00	15	6,7								
9,40	28,0	52,0		2,7	153,00	18	5,5								
9,60	25,0	48,0		2,5	140,00	18	5,6								
9,80	28,0	49,0		2,7	173,00	16	6,2								
10,00	29,0	55,0		2,8	153,00	19	5,3								
10,20	26,0	49,0		2,5	167,00	16	6,4								
10,40	27,0	52,0		2,6	120,00	23	4,4								
10,60	15,0	33,0		1,5	87,00	17	5,8								
10,80	10,0	23,0		1,0	53,00	19	5,3								
11,00	12,0	20,0		1,2	47,00	28	3,9								
11,20	12,0	19,0		1,2	60,00	20	5,0								
11,40	10,0	19,0		1,0	53,00	19	5,3								
11,60	13,0	21,0		1,3	67,00	19	5,2								
11,80	15,0	25,0		1,5	80,00	19	5,3								
12,00	13,0	25,0		1,3	67,00	19	5,2								
12,20	11,0	21,0		1,1	53,00	21	4,8								
12,40	10,0	18,0		1,0	53,00	19	5,3								
12,60	11,0	19,0		1,1	73,00	15	6,6								
12,80	14,0	25,0		1,4	73,00	19	5,2								
13,00	19,0	30,0		1,9	80,00	24	4,2								
13,20	22,0	34,0		2,2	67,00	33	3,0								
13,40	24,0	34,0		2,4	93,00	28	3,9								
13,60	8,0	22,0		0,8	47,00	17	5,9								
13,80	10,0	17,0		1,0	60,00	17	6,0								
14,00	16,0	25,0		1,6	107,00	15	6,7								
14,20	18,0	34,0		1,8	107,00	17	5,9								
14,40	18,0	34,0		1,8	107,00	17	5,9								
14,60	21,0	37,0		2,1	127,00	17	6,0								
14,80	20,0	39,0		2,0	113,00	18	5,7								
15,00	16,0	33,0		1,6											

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0,20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

Lo sperimentatore: **Dott. Geol. Davide Gualdi**
Il direttore laboratorio: **Dott. Geol. Pier Luigi Dallari**

FON018

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820



PROVE PENETROMETRICHE SRL

Via per Modena, 8 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel: 059-535046 - e-mail: provepenetrometriche@alice.it - www.provepenetrometriche.com

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

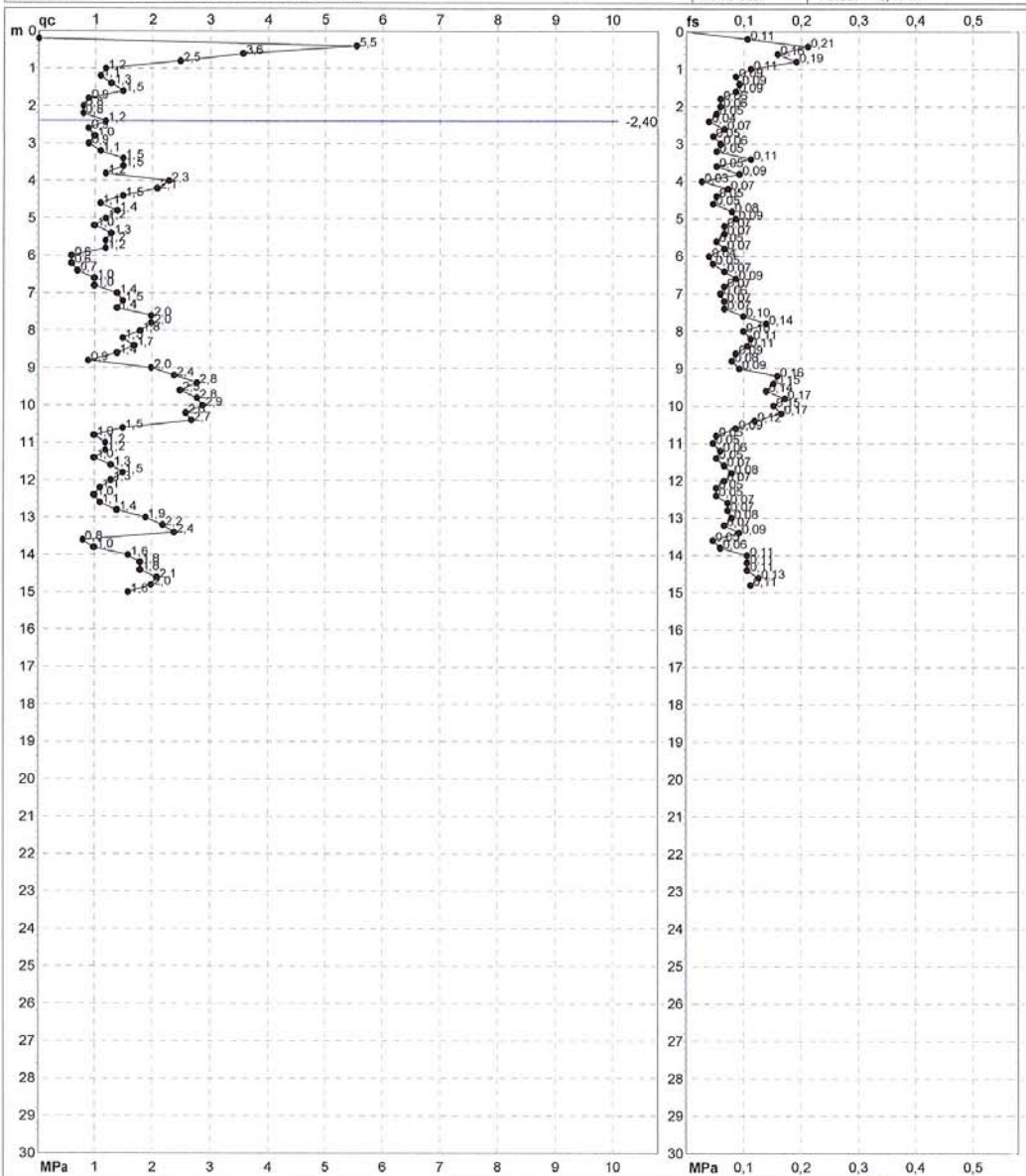
CPT 02

certificato n° 02612

n° verb. accett. 0780 del 24/07/13

Committente: Provincia di Modena
Cantiere: Studio terreno di fondazione
Località: Modena, San Pancrazio SP413

U.M.: MPa Data esec.: 24/07/2013
Scala: 1:150 Data certificato: 26/07/2013
Pagina: 3/3 Quota inizio:
Elaborato: Falda: -2,40 m



Penetrometro: Pagani TG63-100
Responsabile: Dott. Geol. Davide Gualdi
Assistente:

Corr. astine: kN/ml

Cod. punta:

Preforo: m

Lo sperimentatore: Dott. Geol. Davide Gualdi

Il direttore laboratorio: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

FON018

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

138



PROVE PENETROMETRICHE SRL

Via per Modena, 8 - 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel: 059-535046 - e-mail: provepenetrometriche@alice.it - www.provepenetrometriche.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT 03

certificato n° 02613

n° verb. accett. 0780 del 24/07/13

Committente: Provincia di Modena

Cantieri: Studio terreno di fondazione

Località: Modena, San Pancrazio SP413

U.M.: MPa

Data esec.: 25/07/2013

Data certificato: 26/07/2013

Pagina: 2/3

Elaborato:

Falda: -2,60 m

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0	-	0,0	53,00	0		15,20	14,0	23,0	-	1,4	47,00	30	3,4
0,40	88,0	94,0	-	8,4	393,00	22	4,6	15,40	12,0	19,0	-	1,2	80,00	15	6,7
0,60	56,0	115,0	-	5,5	320,00	18	5,7	15,60	13,0	25,0	-	1,3	67,00	19	5,2
0,80	34,0	82,0	-	3,3	180,00	19	5,3	15,80	11,0	21,0	-	1,1	53,00	21	4,8
1,00	20,0	47,0	-	2,0	80,00	25	4,0	16,00	17,0	25,0	-	1,7	93,00	18	5,5
1,20	17,0	29,0	-	1,7	140,00	12	8,2	16,20	22,0	36,0	-	2,2	60,00	37	2,7
1,40	12,0	33,0	-	1,2	120,00	10	10,0	16,40	18,0	27,0	-	1,8	93,00	19	5,2
1,60	10,0	28,0	-	1,0	47,00	21	4,7	16,60	14,0	28,0	-	1,4	73,00	19	5,2
1,80	15,0	22,0	-	1,5	60,00	25	4,0	16,80	10,0	21,0	-	1,0	47,00	21	4,7
2,00	14,0	23,0	-	1,4	47,00	30	3,4	17,00	11,0	18,0	-	1,1	47,00	23	4,3
2,20	12,0	19,0	-	1,2	60,00	20	5,0	17,20	14,0	21,0	-	1,4	93,00	15	6,8
2,40	9,0	18,0	-	0,9	67,00	13	7,4	17,40	20,0	34,0	-	2,0	87,00	23	4,4
2,60	10,0	20,0	-	1,0	47,00	21	4,7	17,60	24,0	37,0	-	2,4	120,00	20	5,0
2,80	9,0	16,0	-	0,9	33,00	27	3,7	17,80	18,0	36,0	-	1,8	100,00	18	5,6
3,00	9,0	14,0	-	0,9	33,00	27	3,7	18,00	21,0	36,0	-	2,1	107,00	20	5,1
3,20	10,0	15,0	-	1,0	40,00	25	4,0	18,20	20,0	36,0	-	2,0	113,00	18	5,7
3,40	11,0	17,0	-	1,1	67,00	16	6,1	18,40	20,0	37,0	-	2,0	127,00	16	6,4
3,60	19,0	29,0	-	1,9	53,00	36	2,8	18,60	20,0	39,0	-	2,0	127,00	16	6,4
3,80	11,0	19,0	-	1,1	40,00	28	3,6	18,80	24,0	43,0	-	2,4	140,00	17	5,8
4,00	12,0	18,0	-	1,2	80,00	15	6,7	19,00	20,0	41,0	-	2,0	120,00	17	6,0
4,20	20,0	32,0	-	2,0	53,00	38	2,7	19,20	24,0	42,0	-	2,4	120,00	20	5,0
4,40	25,0	33,0	-	2,5	47,00	53	1,9	19,40	30,0	48,0	-	2,9	160,00	19	5,3
4,60	18,0	25,0	-	1,8	60,00	30	3,3	19,60	31,0	55,0	-	3,0	180,00	17	5,8
4,80	9,0	18,0	-	0,9	47,00	19	5,2	19,80	24,0	51,0	-	2,4	133,00	18	5,5
5,00	13,0	20,0	-	1,3	40,00	33	3,1	20,00	26,0	46,0	-	2,5	133,00	20	5,1
5,20	15,0	21,0	-	1,5	53,00	28	3,5	20,20	23,0	43,0	-	2,3	113,00	20	4,9
5,40	12,0	20,0	-	1,2	60,00	20	5,0	20,40	28,0	45,0	-	2,7	153,00	18	5,5
5,60	12,0	21,0	-	1,2	67,00	18	5,6	20,60	34,0	57,0	-	3,3	207,00	16	6,1
5,80	15,0	25,0	-	1,5	73,00	21	4,9	20,80	30,0	61,0	-	2,9	180,00	17	6,0
6,00	13,0	24,0	-	1,3	80,00	16	6,2	21,00	26,0	53,0	-	2,5	147,00	18	5,7
6,20	14,0	26,0	-	1,4	67,00	21	4,8	21,20	25,0	47,0	-	2,5	127,00	20	5,1
6,40	14,0	24,0	-	1,4	73,00	19	5,2	21,40	22,0	41,0	-	2,2	100,00	22	4,5
6,60	13,0	24,0	-	1,3	40,00	33	3,1	21,60	14,0	29,0	-	1,4	47,00	30	3,4
6,80	11,0	17,0	-	1,1	40,00	28	3,6	21,80	12,0	19,0	-	1,2	47,00	26	3,9
7,00	10,0	16,0	-	1,0	60,00	17	6,0	22,00	16,0	23,0	-	1,6	67,00	24	4,2
7,20	18,0	27,0	-	1,8	53,00	34	2,9	22,20	15,0	25,0	-	1,5	60,00	25	4,0
7,40	16,0	24,0	-	1,6	80,00	20	5,0	22,40	16,0	25,0	-	1,6	80,00	20	5,0
7,60	22,0	34,0	-	2,2	100,00	22	4,5	22,60	13,0	25,0	-	1,3	67,00	19	5,2
7,80	22,0	37,0	-	2,2	107,00	21	4,9	22,80	14,0	24,0	-	1,4	80,00	18	5,7
8,00	19,0	35,0	-	1,9	67,00	28	3,5	23,00	14,0	26,0	-	1,4	73,00	19	5,2
8,20	26,0	36,0	-	2,5	100,00	28	3,8	23,20	14,0	25,0	-	1,4	87,00	16	6,2
8,40	22,0	37,0	-	2,2	133,00	17	6,0	23,40	24,0	37,0	-	2,4	120,00	20	5,0
8,60	19,0	39,0	-	1,9	120,00	16	6,3	23,60	16,0	34,0	-	1,6	93,00	17	5,8
8,80	22,0	40,0	-	2,2	153,00	14	7,0	23,80	15,0	29,0	-	1,5	60,00	25	4,0
9,00	22,0	45,0	-	2,2	127,00	17	5,8	24,00	15,0	24,0	-	1,5	67,00	22	4,5
9,20	20,0	39,0	-	2,0	133,00	15	6,7	24,20	19,0	29,0	-	1,9	107,00	18	5,6
9,40	21,0	41,0	-	2,1	113,00	19	5,4	24,40	49,0	65,0	-	4,8	220,00	22	4,5
9,60	21,0	38,0	-	2,1	93,00	23	4,4	24,60	31,0	64,0	-	3,0	180,00	17	5,8
9,80	22,0	36,0	-	2,2	113,00	19	5,1	24,80	25,0	52,0	-	2,5	127,00	20	5,1
10,00	16,0	33,0	-	1,6	120,00	13	7,5	25,00	24,0	43,0	-	2,4	147,00	16	6,1
10,20	12,0	30,0	-	1,2	87,00	14	7,3	25,20	26,0	48,0	-	2,5	120,00	22	4,6
10,40	20,0	33,0	-	2,0	80,00	25	4,0	25,40	28,0	46,0	-	2,7	140,00	20	5,0
10,60	19,0	31,0	-	1,9	80,00	24	4,2	25,60	26,0	47,0	-	2,5	120,00	22	4,6
10,80	18,0	30,0	-	1,8	93,00	19	5,2	25,80	29,0	47,0	-	2,8	140,00	21	4,8
11,00	22,0	36,0	-	2,2	87,00	25	4,0	26,00	26,0	47,0	-	2,5	120,00	22	4,6
11,20	20,0	33,0	-	2,0	93,00	22	4,7	26,20	16,0	34,0	-	1,6	67,00	20	4,2
11,40	29,0	43,0	-	2,8	47,00	62	1,6	26,40	22,0	32,0	-	2,2	93,00	24	4,2
11,60	39,0	46,0	-	3,8	80,00	49	2,1	26,60	21,0	35,0	-	2,1	107,00	20	5,1
11,80	10,0	22,0	-	1,0	67,00	15	6,7	26,80	34,0	50,0	-	3,3	167,00	20	4,9
12,00	14,0	24,0	-	1,4	47,00	30	3,4	27,00	33,0	58,0	-	3,2	147,00	22	4,5
12,20	11,0	18,0	-	1,1	60,00	18	5,5	27,20	29,0	51,0	-	2,8	153,00	19	5,3
12,40	10,0	19,0	-	1,0	67,00	15	6,7	27,40	27,0	50,0	-	2,6	140,00	19	5,2
12,60	8,0	18,0	-	0,8	47,00	17	5,9	27,60	25,0	46,0	-	2,5	140,00	18	5,6
12,80	9,0	16,0	-	0,9	53,00	17	5,9	27,80	29,0	50,0	-	2,8	153,00	19	5,3
13,00	8,0	16,0	-	0,8	60,00	13	7,5	28,00	26,0	49,0	-	2,5	107,00	24	4,1
13,20	10,0	19,0	-	1,0	47,00	21	4,7	28,20	27,0	43,0	-	2,8	140,00	19	5,2
13,40	8,0	15,0	-	0,8	87,00	9	10,9	28,40	27,0	48,0	-	2,8	107,00	25	4,0
13,60	10,0	23,0	-	1,0	67,00	15	6,7	28,60	23,0	39,0	-	2,3	107,00	21	4,7
13,80	9,0	19,0	-	0,9	53,00	17	5,9	28,80	17,0	33,0	-	1,7	53,00	32	3,1
14,00	17,0	25,0	-	1,7	93,00	18	5,5	29,00	48,0	56,0	-	4,7	747,00	6	15,6
14,20	19,0	33,0	-	1,9	120,00	16	6,3	29,20	100,0	212,0	-	9,8	1007,00	10	10,1
14,40	19,0	37,0	-	1,9	100,00	19	5,3	29,40	172,0	323,0	-	16,9	973,00	18	5,7
14,60	19,0	34,0	-	1,9	107,00	18	5,6	29,60	183,0	329,0	-	17,9	833,00	22	4,6
14,80	11,0	27,0	-	1,1	67,00	16	6,1	29,80	234,0	359,0	-	22,9	967,00	24	4,1
15,00	12,0	22,0	-	1,2	60,00	20	5,0	30,00	202,0	347,0	-	19,8			

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmetmann (fs / qc)*100

Lo sperimentatore: Dott. Paolo Calicetti

Il direttore laboratorio: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

FON018

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820



PROVE PENETROMETRICHE SRL

Via per Modena, 8 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel: 059-535046 - e-mail: provepenetrometriche@alice.it - www.provepenetrometriche.com

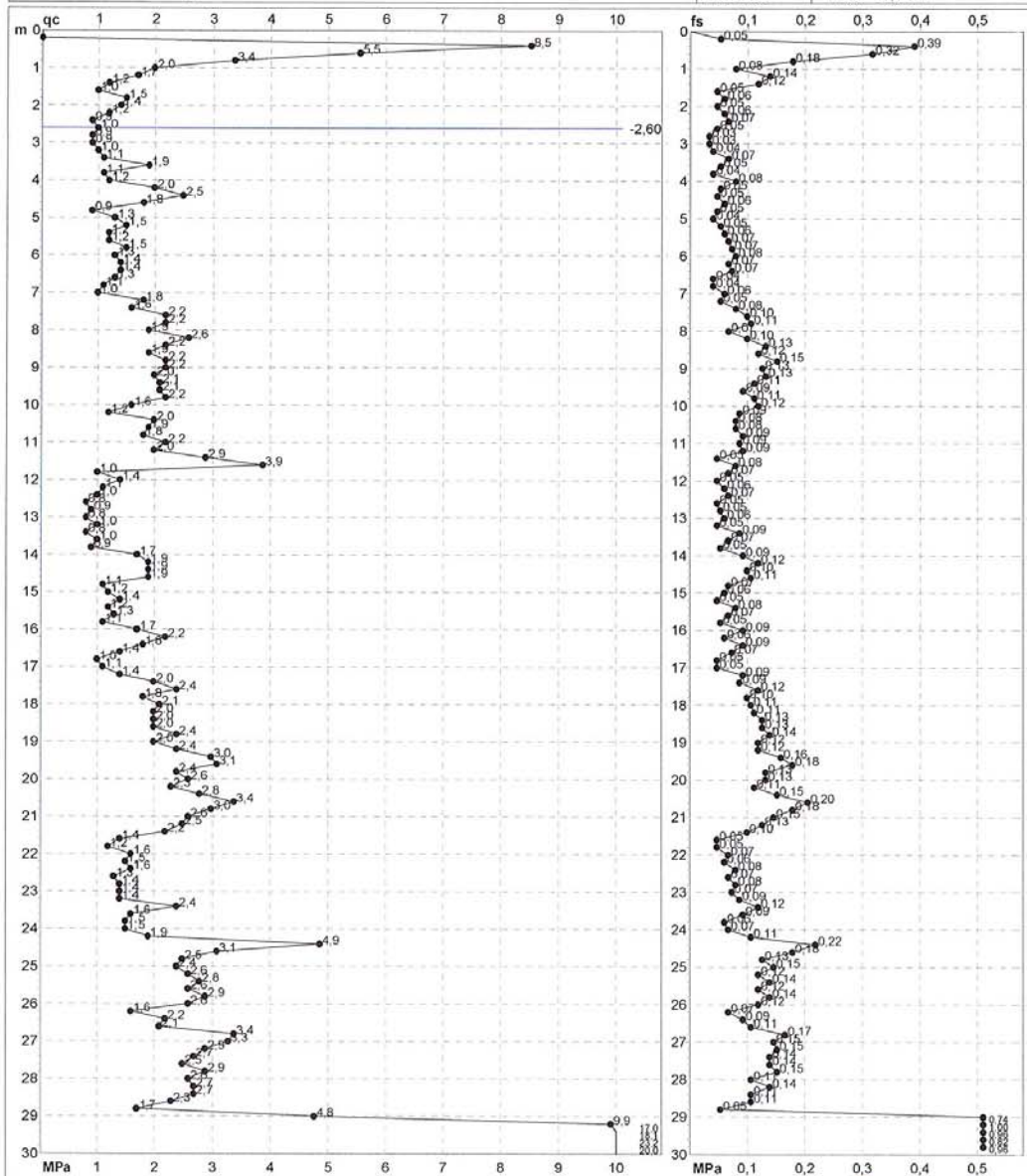
**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

CPT 03

certificato n° 02613
n° verb. accett. 0780 del 24/07/13

Committente: Provincia di Modena
Cantiere: Studio terreno di fondazione
Località: Modena, San Pancrazio SP413

U.M.: MPa Data eseg.: 25/07/2013
Scala: 1:150 Data certificato: 26/07/2013
Pagina: 3/3 Quota inizio:
Elaborato: Falda: -2.60 m



Penetrometro: GOUDA 200 kN
Responsabile: Dott. Paolo Calicetti
Assistente:

Corr. astine: kN/ml

Cod. punta:

Preforo:
Lo sperimentatore: Dott. Paolo Calicetti
Il direttore laboratorio: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

FON018

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

141



PROVE PENETROMETRICHE SRL

Via per Modena, 8 - 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel: 059-535046 - e-mail: provepenetrometriche@alice.it - www.provepenetrometriche.com

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

CPT 04

certificato n° 02614

n° verb. accett. 0780 del 24/07/13

Committente: Provincia di Modena

Cantiere: Studio terreno di fondazione

Località: Modena, San Pancrazio SP413

U.M.: MPa

Data esec.: 24/07/2013

Pagina: 2/3

Data certificato: 26/07/2013

Elaborato:

Falda: -1,40 m

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,0	47,00	0									
0,40	21,0	28,0		2,1	140,00	15	6,7								
0,60	14,0	35,0		1,4	133,00	11	9,5								
0,80	10,0	30,0		1,0	60,00	17	6,0								
1,00	8,0	17,0		0,8	53,00	15	6,6								
1,20	13,0	21,0		1,3	47,00	28	3,6								
1,40	7,0	14,0		0,7	73,00	10	10,4								
1,60	7,0	18,0		0,7	27,00	26	3,9								
1,80	8,0	12,0		0,8	53,00	15	6,6								
2,00	8,0	16,0		0,8	47,00	17	5,9								
2,20	7,0	14,0		0,7	40,00	18	5,7								
2,40	8,0	14,0		0,8	27,00	30	3,4								
2,60	10,0	14,0		1,0	27,00	37	2,7								
2,80	9,0	13,0		0,9	47,00	19	5,2								
3,00	7,0	14,0		0,7	33,00	21	4,7								
3,20	13,0	18,0		1,3	53,00	25	4,1								
3,40	10,0	18,0		1,0	40,00	25	4,0								
3,60	18,0	24,0		1,8	20,00	90	1,1								
3,80	15,0	18,0		1,5	60,00	25	4,0								
4,00	9,0	18,0		0,9	40,00	23	4,4								
4,20	8,0	14,0		0,8	33,00	24	4,1								
4,40	13,0	18,0		1,3	53,00	25	4,1								
4,60	9,0	17,0		0,9	47,00	19	5,2								
4,80	9,0	16,0		0,9	53,00	17	5,9								
5,00	9,0	17,0		0,9	40,00	23	4,4								
5,20	6,0	12,0		0,6	53,00	11	8,8								
5,40	7,0	15,0		0,7	33,00	21	4,7								
5,60	13,0	18,0		1,3	73,00	18	5,6								
5,80	11,0	22,0		1,1	60,00	16	5,5								
6,00	12,0	21,0		1,2	53,00	23	4,4								
6,20	8,0	16,0		0,8	40,00	20	5,0								
6,40	11,0	17,0		1,1	40,00	28	3,6								
6,60	9,0	15,0		0,9	60,00	15	6,7								
6,80	11,0	20,0		1,1	60,00	18	5,5								
7,00	13,0	22,0		1,3	60,00	22	4,6								
7,20	13,0	22,0		1,3	47,00	28	3,6								
7,40	16,0	23,0		1,6	93,00	17	5,8								
7,60	13,0	27,0		1,3	80,00	16	6,2								
7,80	15,0	27,0		1,5	80,00	19	5,3								
8,00	20,0	32,0		2,0	120,00	17	6,0								
8,20	18,0	35,0		1,8	107,00	17	5,9								
8,40	16,0	32,0		1,6	107,00	15	6,7								
8,60	16,0	32,0		1,6	67,00	24	4,2								
8,80	12,0	22,0		1,2	47,00	26	3,9								
9,00	16,0	23,0		1,6	80,00	20	5,0								
9,20	10,0	22,0		1,0	53,00	19	5,3								
9,40	7,0	15,0		0,7	33,00	21	4,7								
9,60	13,0	18,0		1,3	40,00	33	3,1								
9,80	13,0	19,0		1,3	60,00	22	4,6								
10,00	13,0	22,0		1,3	53,00	25	4,1								
10,20	12,0	20,0		1,2	87,00	14	7,3								
10,40	20,0	33,0		2,0	33,00	61	1,7								
10,60	25,0	30,0		2,5	60,00	42	2,4								
10,80	7,0	16,0		0,7	40,00	18	5,7								
11,00	10,0	16,0		1,0	47,00	21	4,7								
11,20	10,0	17,0		1,0	27,00	37	2,7								
11,40	9,0	13,0		0,9	33,00	27	3,7								
11,60	7,0	12,0		0,7	27,00	26	3,9								
11,80	7,0	11,0		0,7	53,00	13	7,6								
12,00	7,0	15,0		0,7	40,00	18	5,7								
12,20	6,0	12,0		0,6	33,00	18	5,5								
12,40	7,0	12,0		0,7	40,00	18	5,7								
12,60	7,0	13,0		0,7	40,00	18	5,7								
12,80	11,0	17,0		1,1	53,00	21	4,8								
13,00	13,0	21,0		1,3	67,00	19	5,2								
13,20	10,0	20,0		1,0	73,00	14	7,3								
13,40	10,0	21,0		1,0	33,00	30	3,3								
13,60	9,0	14,0		0,9	40,00	23	4,4								
13,80	9,0	15,0		0,9	60,00	15	6,7								
14,00	13,0	22,0		1,3	53,00	25	4,1								
14,20	12,0	20,0		1,2	67,00	18	5,6								
14,40	12,0	22,0		1,2	60,00	20	5,0								
14,60	12,0	21,0		1,2	47,00	26	3,9								
14,80	14,0	21,0		1,4	53,00	26	3,8								
15,00	14,0	22,0		1,4											

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0,20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

Lo sperimentatore: Dott. Geol. Davide Gualdi

Il direttore laboratorio: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

FON018

Software by dott. Geol. Diego Merlini 0425-840820



PROVE PENETROMETRICHE SRL

Via per Modena, 8 - 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel: 059-535046 - e-mail: provepenetrometriche@alice.it - www.provepenetrometriche.com

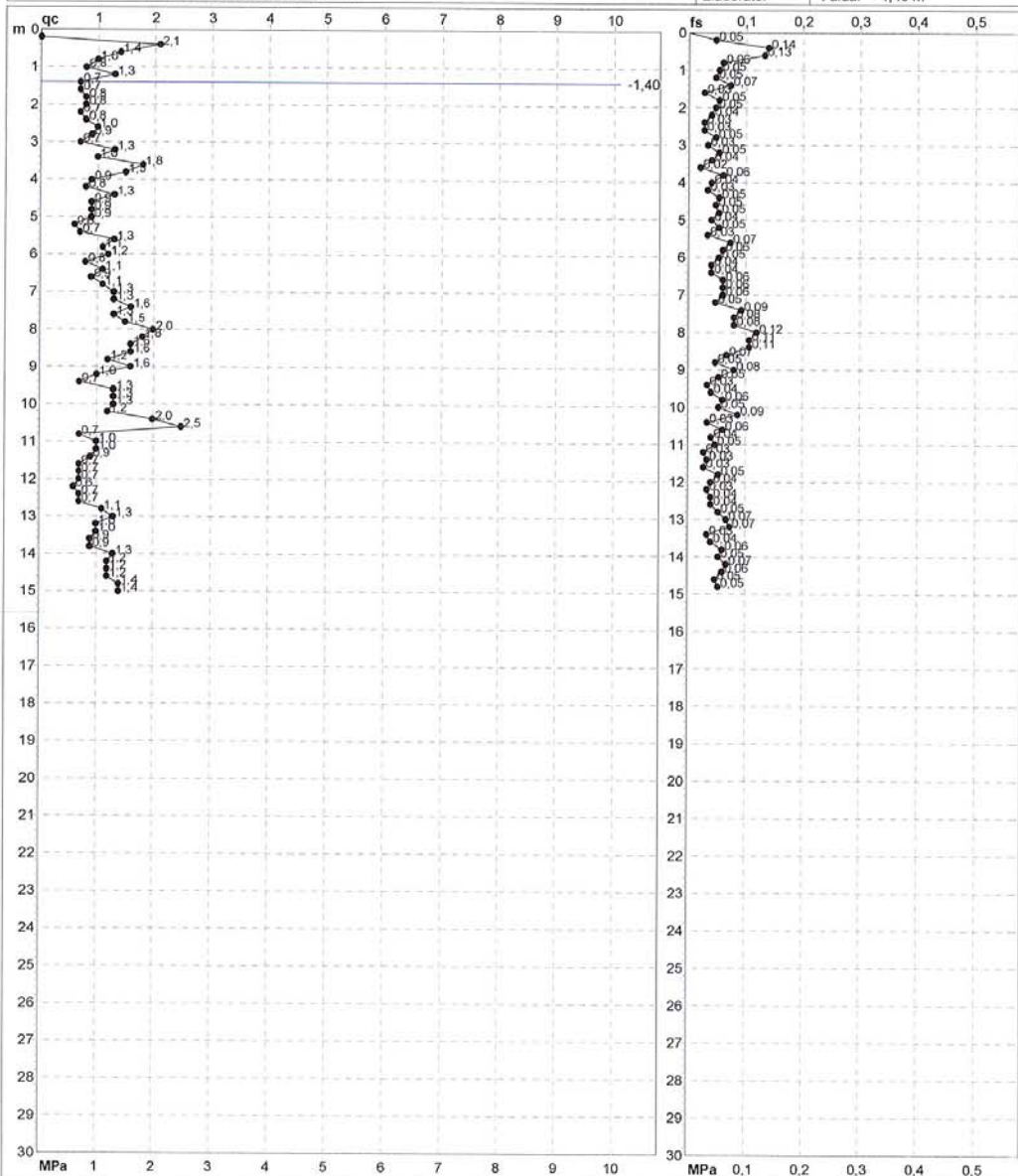
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT 04

certificato n° 02614
n° verb. accett. 0780 del 24/07/13

Committente: Provincia di Modena
Cantiere: Studio terreno di fondazione
Località: Modena, San Pancrazio SP413

U.M.: MPa Data esec.: 24/07/2013
Scala: 1:150 Data certificato: 26/07/2013
Pagina: 3/3 Quota inizio:
Elaborato: Falda: -1,40 m



Penetrometro: Pagani TG63-100
Responsabile: Dott. Geol. Davide Gualdi
Assistente:

Corr.astline: kN/ml

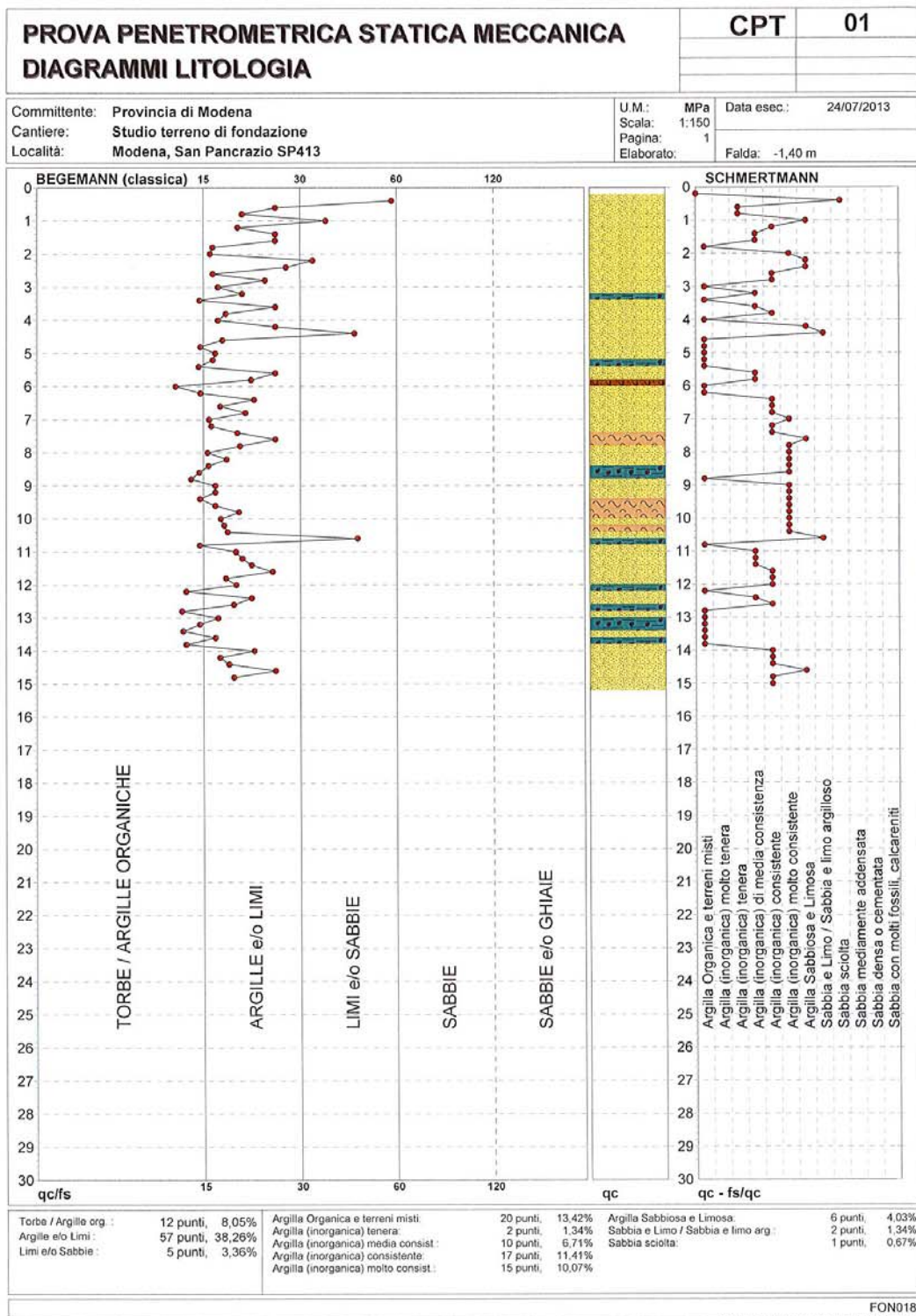
Cod. punta:

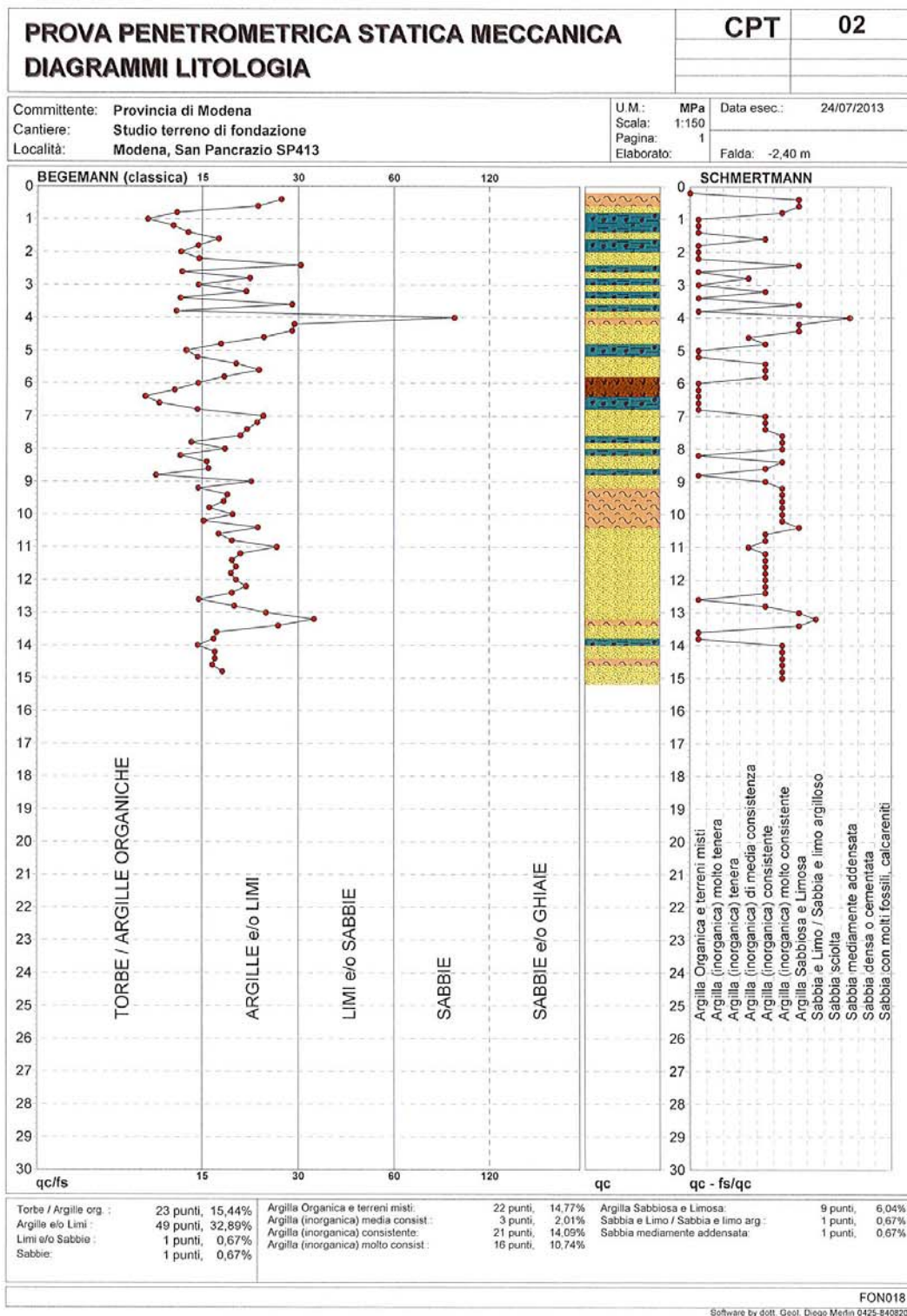
Preforo: m
Lo sperimentatore: Dott. Geol. Davide Gualdi
Il direttore laboratorio: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

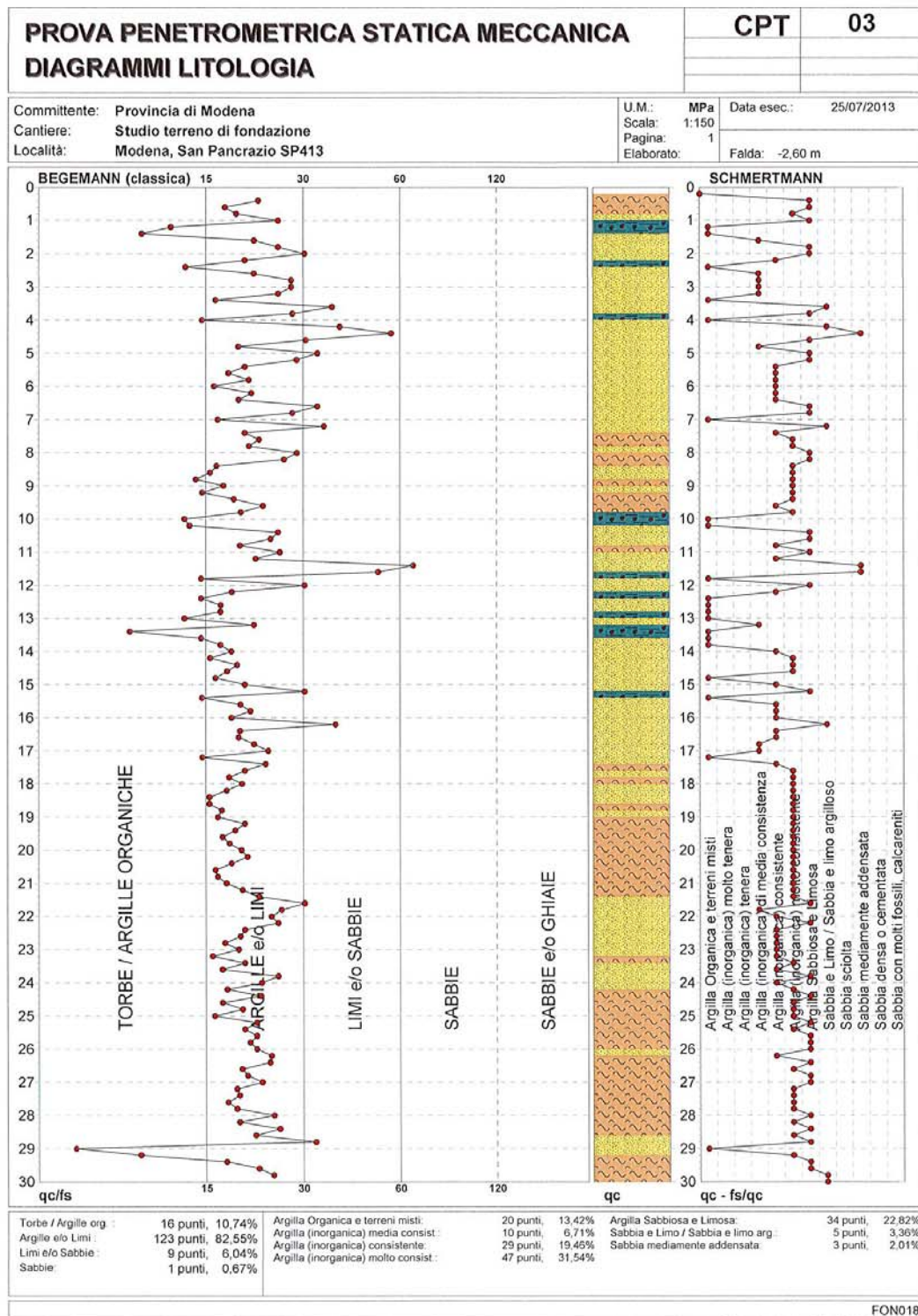
FON018

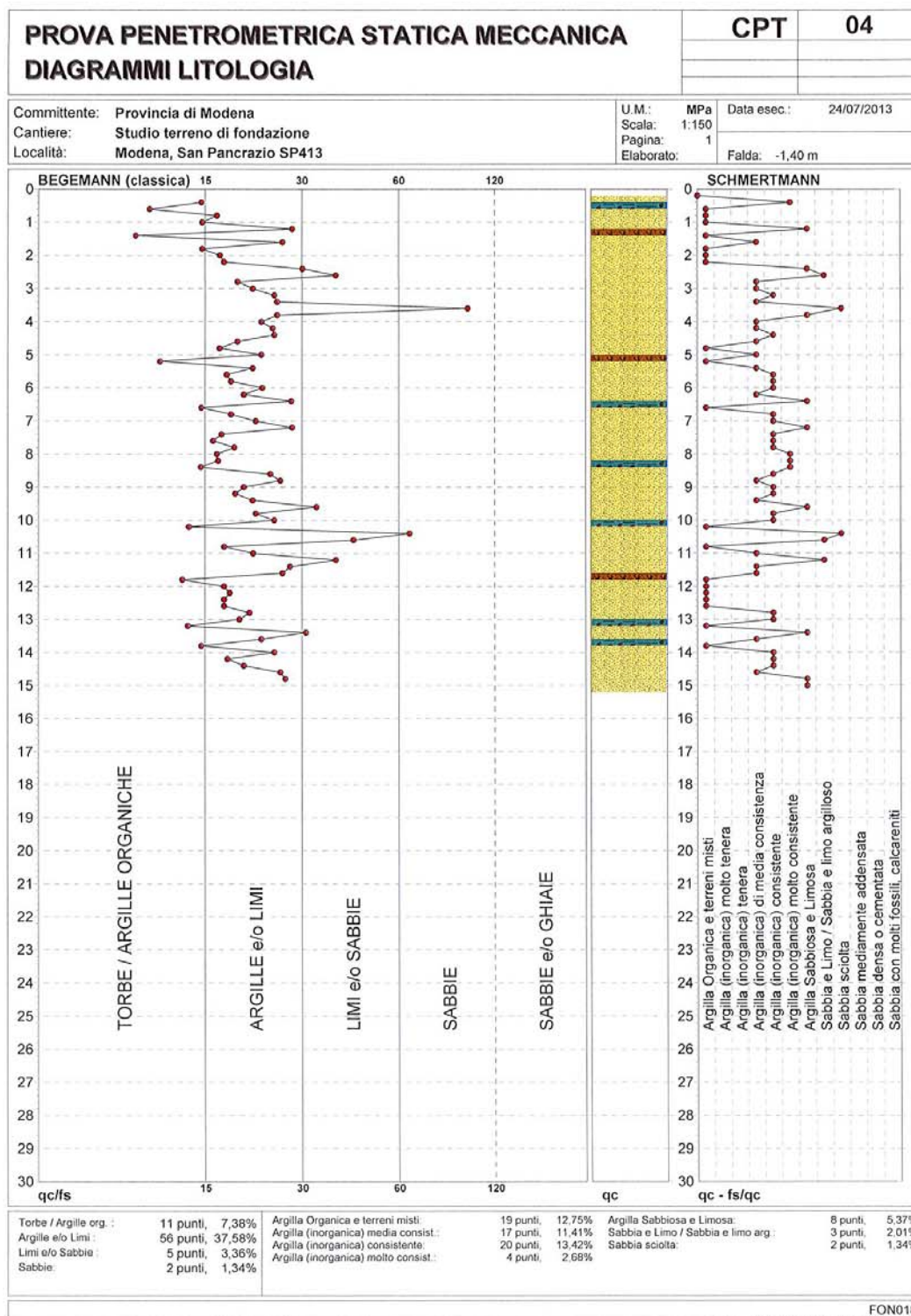
Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI		
<p>Valutazioni in base al rapporto: $F = (q_c / f_s)$ Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977 Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :</p>		
$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 1470 \text{ kPa}$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$1470 \text{ kPa} < F \leq 2940 \text{ kPa}$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$2940 \text{ kPa} < F \leq 5880 \text{ kPa}$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 5880 \text{ kPa}$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI
<p>Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di q_c e di $FR = (f_s / q_c) \%$:</p>		
- AO	= argilla organica e terreni misti	
- Att	= argilla (inorganica) molto tenera	
- At	= argilla (inorganica) tenera	
- Am	= argilla (inorganica) di media consistenza	
- Ac	= argilla (inorganica) consistente	
- Acc	= argilla (inorganica) molto consistente	
- ASL	= argilla sabbiosa e limosa	
- SAL	= sabbia e limo / sabbia e limo argilloso	
- Ss	= sabbia sciolta	
- Sm	= sabbia mediamente addensata	
- Sd	= sabbia densa o cementata	
- SC	= sabbia con molti fossili, calcareniti	
<p>Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:</p>		
<p>- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi - quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.</p>		









PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: Provincia di Modena Cantiere: Allargamento SP 413 San Pancrazio Località: Modena	
---	--

Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (200 kN)

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35,7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

Caratteristiche Strumentali GOUDA 100 kN

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35,7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	20

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
(CONE PENETRATION TEST)

CPT

PROVE CPT : METODOLOGIA DELL' INDAGINE

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm / s} \pm 0,5 \text{ cm / s}$).

La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica.

La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale : punta / manicotto tipo "**Begemann**".

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

- diametro Punta Conica meccanica	\varnothing	= 35,7 mm
- area di punta	A_p	= 10 cm ²
- angolo di apertura del cono	α	= 60 °
- superficie laterale del manicotto	A_m	= 150 cm ²

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

REGISTRAZIONE DATI.

Una cella di carico, che rileva gli sforzi di infissione, è montata all'interno di un'unità rimovibile, chiamata "selettore", che preme alternativamente sull'asta interna e su quella esterna.

Durante la fase di spinta le aste sono azionate automaticamente da un comando idraulico. L'operatore deve solamente controllare i movimenti di spinta per l'infissione delle aste.

I valori acquisiti dalla cella di carico sono visualizzati sul display di una Sistema Acquisizione Automatico (qualora presente) o sui manometri.

Per mezzo di un software (in alcuni strumenti) è possibile sia durante l'acquisizione, che in un secondo momento a prove ultimate trasferire i dati ad un PC.

Le letture di campagna (che possono essere rilevate dal sistema di acquisizione sia in Kg che in Kg/cm²) durante l'infissione sono le seguenti:

- Lettura alla punta **LP** = prima lettura di campagna durante l'infissione relativa all'infissione della sola punta
- Lettura laterale **LT** = seconda lettura di campagna relativa all'infissione della punta+manicotto
- Lettura totale **LLTT** = terza lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (tale lettura non sempre viene rilevata in quanto non è influente metodologicamente ai fini interpretativi).

METODOLOGIA DI ELABORAZIONE

I dati rilevati della prova sono quindi una coppia di valori per ogni intervallo di lettura costituiti da LP (Lettura alla punta) e LT (Lettura della punta + manicotto), le relative resistenze vengono quindi desunte per differenza, inoltre la resistenza laterale viene conteggiata 20 cm sotto (alla quota della prima lettura della punta).

Trasferiti i dati ad un PC vengono elaborati da un programma di calcolo "**STATIC PROBING**" della GeoStru

La resistenze specifiche **Qc** (Resistenza alla punta **RP**) e **Ql** Resistenza Laterale **RL** o **fs** attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) vengono desunte tramite opportune costanti e sulla base dei valori specifici dell'area di base della punta e dell'area del manicotto di frizione laterale tenendo in debito conto che:

$$\begin{aligned}A_p &= \text{l'area punta (base del cono punta tipo "Begemann") } = 10 \text{ cm}^2 \\A_m &= \text{area del manicotto di frizione } = 150 \text{ cm}^2 \\C_t &= \text{costante di trasformazione } = 10\end{aligned}$$

Il programma Static Probing permette inoltre l'archiviazione, la gestione e l'elaborazione delle Prove Penetrometriche Statiche.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la

consistenza in generale del terreno. L'utilizzo dei dati dovrà comunque essere trattato con spirito critico e possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

I dati di uscita principali sono RP (Resistenza alla punta) e RL (Resistenza laterale o fs, attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) che il programma calcola automaticamente; inoltre viene calcolato il Rapporto RP/RL (Rapporto Begemann 1965) e il Rapporto RL/RP (Rapporto Schmertmann 1978 – FR %).

I valori sono calcolati con queste formule:

$$Q_c (RP) = (LP \times Ct) / 10 \text{ cm}^2. \quad \text{Resistenza alla punta}$$

$$Q_l (RL) (fs) = [(LT - LP) \times Ct] / 150 \text{ cm}^2. \quad \text{Resistenza laterale}$$

$Q_c (RP)$ = Lettura alla punta LP x Costante di Trasformazione Ct / Superficie Punta A_p

$Q_l (RL) (fs)$ = Lettura laterale LT- Lettura alla punta LP x Costante di Trasformazione Ct / A_m area del manicotto di frizione

N.B.

- $A_p = 10 \text{ cm}^2$ e $A_m = 150 \text{ cm}^2$

- la resistenza laterale viene conteggiata **20 cm sotto** (alla quota della prima lettura della punta)

VALUTAZIONI STATISTICHE

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Static Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Medio

Media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Media (+) s

Media (+) scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Media (-) s

Media (-) scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

CORRELAZIONI

Scegliendo il tipo di interpretazione litologica (consigliata o meno a seconda del tipo di penetrometro utilizzato) si ha in automatico la stratigrafia con il passo dello strumento ed interpolazione automatica degli strati. Il programma esegue inoltre il grafico (per i vari autori) Profondità/Valutazioni litologiche, per visualizzare in maniera diretta l'andamento delle litologie presenti lungo la verticale indagata.

INTERPRETAZIONI LITOLOGICHE (Autori di riferimento)

- Searle 1979
- Douglas Olsen 1981 (consigliato per CPTE)
- A.G.I. 1977 (consigliato per CPT)
- Schmertmann 1978 (consigliato per CPT)
- Robertson 1983-1986 (consigliato per CPTE)
- Begemann 1965 (consigliato per CPT)

Suddivisione delle metodologie di indagine con i Penetrometri statici

CPT (Cone Penetration Test – punta Meccanica tipo Begemann)

CPTE (Cone Penetration Test Electric – punta elettrica)

CPTU (Piezocono)

Per quanto riguarda la PUNTA ELETTRICA generalmente tale strumento permette di ottenere dati in continuo con un passo molto ravvicinato (anche 2 cm.) rispetto al PUNTA MECCANICA (20 cm.).

Per il PIEZOCONO i dati di inserimento oltre a quelli di LP e LT sono invece la pressione neutrale misurata ed il tempo di dissipazione (tempo intercorrente misurato tra la misura della sovrappressione neutrale e la pressione neutrale o pressione della colonna d'acqua). Tale misurazione si effettua generalmente misurando la sovrappressione ottenuta in fase di spinta e la pressione neutrale (dissipazione nel tempo) misurata in fase di alleggerimento di spinta (arresto penetrazione). Il programma usato per le elaborazioni permette di immettere $U_1 - U_2 - U_3$ cioè la sovrappressione neutrale misurata rispettivamente con filtro poroso posizionato nel cono, attorno al cono, o attorno al manicotto a seconda del tipo di piezocono utilizzato. Tale sovrappressione (che è data dalla somma della pressione idrostatica preesistente la

penetrazione e dalle pressioni dei pori prodotte dalla compressione) può essere positiva o negativa e generalmente varia da (-1 a max. + 10-20 kg/cmq) ed è prodotta dalla compressione o dilatazione del terreno a seguito della penetrazione. Per il calcolo oltre ai dati strumentali generali si deve immettere per una correzione dei valori immessi :

Area punta del cono (area esterna punta)

Area interna punta del cono (area del restringimento in prossimità del setto poroso – interna cono-manicotto). Generalmente il rapporto tra le aree varia da (0,70 – 1,00).

Il Passo del penetrometro (l'intervallo entro cui effettua la lettura, generalmente per penetrometri normali è 20 cm., per le punte elettriche-piezoconi può essere di 2 cm).

Il programma elabora quindi i dati di resistenza alla punta e laterale f_s con le opportune correzioni dovute alla normalizzazione (con la tensione litostatica e con la pressione dei pori). Robertson definisce infine il valore caratteristico del I_c (Indice di tipo dello strato) e Contenuto in materiale fine FC % (cioè la percentuale di contenuto argilloso < 2 micron).

CORRELAZIONI GEOTECNICHE

Scegliendo il tipo di interpretazione litologica si ha in automatico la stratigrafia con il passo dello strumento ed interpolazione automatica degli strati.

Ad ogni strato mediato il programma calcola la Q_c media, la f_s media, il peso di volume naturale medio, il comportamento geotecnico (coesivo, incoerente o coesivo-incoerente), ed applica una texture.

L'utilizzo dei dati dovrà comunque essere trattato con spirito critico e possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

TERRENI INCOERENTI

Angolo di Attrito

Angolo di Attrito (Durgunoglu-Mitchell 1973-1975) – per sabbie N.C. e S.C. non cementate

Angolo di Attrito (Meyerhof 1951) – per sabbie N.C. e S.C.

Angolo di Attrito Herminier

Angolo di Attrito (Caquot) - per sabbie N.C. e S.C. non cementate e per prof. > 2 mt. in terreni saturi o > 1 mt. non saturi

Angolo di Attrito (Koppejan) - per sabbie N.C. e S.C. non cementate e per prof. > 2 mt. in terreni saturi o > 1 mt. non saturi

Angolo di Attrito (De Beer 1965-1967) - per sabbie N.C. e S.C. non cementate e per prof. > 2 mt. in terreni saturi o > 1 mt. non saturi

Angolo di Attrito (Robertson & Campanella 1983) - per sabbie non cementate quarzose

Angolo di Attrito (Schmertmann 1977-1982) – per varie litologie (correlazione che generalmente sovrastima il valore)

Densità relativa (%)

Densità Relativa (Baldi ed altri 1978-1983 - Schmertmann 1976) - per sabbie NC non cementate

Densità Relativa (Schmertmann)

Densità Relativa (Harman 1976)

Densità Relativa (Lancellotta 1983)

Densità Relativa (Jamiolkowski 1985)

Densità Relativa (Larsson 1995) - per sabbie omogenee non gradate

Modulo di Young

Modulo di Young (Schmertmann 1970-1978) $E_y(25) - E_y(50)$ - modulo secante riferito rispettivamente al 25 % e 50 % del valore di rottura – prima fase della curva carico/deformazione

Modulo di Young secante drenato (Robertson & Campanella 1983) $E_y(25) - E_y(50)$ - per sabbie NC Quarzose.

Modulo di Young (ISOPT-1 1988) $E_y(50)$ - per sabbie OC sovraconsolidate e SC

Modulo Edometrico

Modulo Edometrico (Robertson & Campanella) da Schmertmann

Modulo Edometrico (Lunne-Christoffersen 1983 - Robertson and Powell 1997) - valido per sabbie NC

Modulo Edometrico (Kulhawy-Mayne 1990)

Modulo Edometrico (Mitchell & Gardner 1975) – valido per sabbie

Modulo Edometrico (Buisman - Sanglerat) – valido per sabbie argillose

Peso di Volume

Peso di Volume (Meyerhof) -

Peso di Volume saturo (Meyerhof) -

Modulo di deformazione di taglio

Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per **sabbie** e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Fattori di compressibilità

Ramo di carico C (autori vari)

Ramo di carico medio C_{rm} (autori vari)

OCR - Grado di Sovraconsolidazione

Grado di Sovraconsolidazione OCR - (metodo Stress-History)

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

Grado di Sovraconsolidazione OCR (Piacentini-Righi Inacos 1978)

Grado di Sovraconsolidazione OCR - (Ladd e Foot - Ladd ed altri 1977)

Modulo Di Reazione K_0

(Kulhawy Maine, 1990).

Correlazione NSPT

Meardi – Meigh 1972

Meyerhof

TERRENI COESIVI

Coesione Non Drenata

Coesione non drenata (Lunne & Eide)

Coesione non drenata (Rolf Larsson SGI 1995) - suoli fini granulari

Coesione non drenata (Baligh ed altri 1976-1980) in tale elaborazione occorre inserire il valore di N_k (generalmente variabile da 11 a 25)

Coesione non drenata (Marsland 1974-Marsland e Powell 1979)

Coesione non drenata Sunda (relazione sperimentale)

Coesione non drenata (Lunne T.-Kleven A. 1981)

Coesione non drenata (Kjekstad. 1978)

Coesione non drenata (Lunne, Robertson and Powell 1977)

Coesione non drenata (Terzaghi - valore minimo)

Coesione non drenata (Begemann)
Coesione non drenata (De Beer) - valida per debole coesione.

Indice Di Compressione C

Indice di Compressione Vergine Cc (Schmertmann)
Indice di Compressione Vergine Cc (Schmertmann 1978)
Fattore di compressibilità ramo di carico C (Piacentini-Righi Inacos 1978)
Fattore di compressibilità medio ramo di carico Crm (Piacentini-Righi Inacos 1978).

Modulo Edometrico-Confinato

Mitchell - Gardnerr (1975) Mo (Eed) (Kg/cm²) per limi e argille.
Metodo generale del modulo edometrico.
Buisman correlazione valida per limi e argille di media plasticità – Alluvioni attuali argille plastiche – suoli organici (W 90-130)
Buisman e Sanglerat valida per litotipi argille copatte

Valore medio degli autori su suoli coesivi

Modulo di deformazione non drenato

Modulo di deformazione non drenato Eu (Cancelli ed altri 1980)
Modulo di deformazione non drenato Eu (Ladd ed altri 1977) – (Inserire valore n $30 < n < 1500$ sulla base di esperienze acquisite e del tipo litologico)

Peso di Volume

Peso di Volume terreni coesivi (t/m³) (Meyerhof)
Peso di Volume saturo terreni coesivi (t/m³) (Meyerhof)

Modulo di deformazione di taglio)

Imai & Tonouchi (1982)

OCR

Grado di Sovraconsolidazione OCR - (metodo Stress-History)
Grado di Sovraconsolidazione OCR (P.W. Mayne 1991) - per argille ed argille sovraconsolidate
Grado di Sovraconsolidazione OCR (Larsson 1991 S.G.I.)
Grado di Sovraconsolidazione OCR (Piacentini-Righi Inacos 1978)
Grado di Sovraconsolidazione Jamiolkowski et altri 1979 – valida per argilla di Taranto
Grado di Sovraconsolidazione Schmertmann 1978

Coefficiente Di Consolidazione Verticale

Coefficiente di Consolidazione Cv (Piacentini-Righi, 1988)

Permeabilità

Coefficiente di Permeabilità K (Piacentini-Righi, 1988)

PROVA ...San Pancrazio_01

Committente: Provincia di Modena 02611
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data: 24/07/2013
Profondità prova: 15,00 mt
Località: Modena

Profondità (m)	Lettura punta (Mpa)	Lettura laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,047	0,0	
0,40	0,00	0,0	1,8	0,033	54,545	1,8
0,60	0,00	0,0	0,5	0,02	25,0	4,0
0,80	0,00	0,0	0,4	0,02	20,0	5,0
1,00	0,00	0,0	0,7	0,02	35,0	2,9
1,20	0,00	0,0	1,3	0,067	19,403	5,2
1,40	0,00	0,0	1,0	0,04	25,0	4,0
1,60	0,00	0,0	1,0	0,04	25,0	4,0
1,80	0,00	0,0	1,1	0,067	16,418	6,1
2,00	0,00	0,0	1,5	0,093	16,129	6,2
2,20	0,00	0,0	1,7	0,053	32,075	3,1
2,40	0,00	0,0	1,8	0,067	26,866	3,7
2,60	0,00	0,0	1,2	0,073	16,438	6,1
2,80	0,00	0,0	1,4	0,06	23,333	4,3
3,00	0,00	0,0	0,9	0,053	16,981	5,9
3,20	0,00	0,0	0,8	0,04	20,0	5,0
3,40	0,00	0,0	0,9	0,06	15,0	6,7
3,60	0,00	0,0	1,0	0,04	25,0	4,0
3,80	0,00	0,0	1,2	0,067	17,91	5,6
4,00	0,00	0,0	0,9	0,053	16,981	5,9
4,20	0,00	0,0	2,0	0,08	25,0	4,0
4,40	0,00	0,0	1,7	0,04	42,5	2,4
4,60	0,00	0,0	0,7	0,04	17,5	5,7
4,80	0,00	0,0	0,8	0,053	15,094	6,6
5,00	0,00	0,0	1,0	0,06	16,667	6,0
5,20	0,00	0,0	1,1	0,067	16,418	6,1
5,40	0,00	0,0	1,0	0,067	14,925	6,7
5,60	0,00	0,0	1,0	0,04	25,0	4,0
5,80	0,00	0,0	0,7	0,033	21,212	4,7
6,00	0,00	0,0	0,6	0,047	12,766	7,8
6,20	0,00	0,0	0,8	0,053	15,094	6,6
6,40	0,00	0,0	1,3	0,06	21,667	4,6
6,60	0,00	0,0	1,5	0,087	17,241	5,8
6,80	0,00	0,0	1,9	0,093	20,43	4,9
7,00	0,00	0,0	1,6	0,1	16,0	6,3
7,20	0,00	0,0	1,3	0,08	16,25	6,2
7,40	0,00	0,0	1,8	0,093	19,355	5,2
7,60	0,00	0,0	2,5	0,1	25,0	4,0
7,80	0,00	0,0	2,5	0,127	19,685	5,1
8,00	0,00	0,0	1,9	0,12	15,833	6,3
8,20	0,00	0,0	1,8	0,1	18,0	5,6
8,40	0,00	0,0	1,8	0,113	15,929	6,3
8,60	0,00	0,0	1,9	0,127	14,961	6,7
8,80	0,00	0,0	1,6	0,113	14,159	7,1
9,00	0,00	0,0	2,0	0,12	16,667	6,0
9,20	0,00	0,0	2,0	0,12	16,667	6,0
9,40	0,00	0,0	2,0	0,133	15,038	6,7
9,60	0,00	0,0	2,9	0,18	16,111	6,2
9,80	0,00	0,0	2,5	0,133	18,797	5,3
10,00	0,00	0,0	2,3	0,133	17,293	5,8

10,20	0,00	0,0	2,0	0,113	17,699	5,7
10,40	0,00	0,0	2,3	0,127	18,11	5,5
10,60	0,00	0,0	2,5	0,06	41,667	2,4
10,80	0,00	0,0	0,9	0,06	15,0	6,7
11,00	0,00	0,0	0,9	0,047	19,149	5,2
11,20	0,00	0,0	0,8	0,04	20,0	5,0
11,40	0,00	0,0	1,0	0,047	21,277	4,7
11,60	0,00	0,0	1,3	0,053	24,528	4,1
11,80	0,00	0,0	1,2	0,067	17,91	5,6
12,00	0,00	0,0	1,4	0,073	19,178	5,2
12,20	0,00	0,0	1,0	0,073	13,699	7,3
12,40	0,00	0,0	1,0	0,047	21,277	4,7
12,60	0,00	0,0	1,0	0,053	18,868	5,3
12,80	0,00	0,0	0,8	0,06	13,333	7,5
13,00	0,00	0,0	0,9	0,053	16,981	5,9
13,20	0,00	0,0	0,9	0,06	15,0	6,7
13,40	0,00	0,0	0,9	0,067	13,433	7,4
13,60	0,00	0,0	1,0	0,06	16,667	6,0
13,80	0,00	0,0	1,0	0,073	13,699	7,3
14,00	0,00	0,0	1,3	0,06	21,667	4,6
14,20	0,00	0,0	1,6	0,093	17,204	5,8
14,40	0,00	0,0	1,7	0,093	18,28	5,5
14,60	0,00	0,0	1,5	0,06	25,0	4,0
14,80	0,00	0,0	1,0	0,053	18,868	5,3
15,00	0,00	0,0	0,8	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Distribuzione normale R.C. (Mpa)	fs Distribuzione normale R.C. (Mpa)	Gamma (KN/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1,00	0,235	0,028	15,4	Incoerente-Coesivo	Argilla torbosa molto dura
6,20	1,004	0,056	19,2	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso soffice
10,40	1,827	0,113	19,2	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso consistente
15,00	1,016	0,059	19,2	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso plastico

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI San Pancrazio_01

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (KPa)

Prof. Strato (m)		qc (Mpa)	fs (Mpa)	Lunne & Eide	Marsland 1974 & Marsland and Powell 1979	De Beer	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	1,00	0,235	0,028	13,02	7,8	11,75	13,37	11,96	11,77
Strato 2	6,20	1,004	0,056	55,00	33,5	50,2	55,22	49,40	50,01
Strato 3	10,40	1,827	0,113	99,61	60,9	91,35	98,32	87,97	91,20
Strato 4	15,00	1,016	0,059	50,79	33,9	50,8	45,64	40,84	50,99

Modulo Edometrico (Mpa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buisman	Buisman Sanglerat
Strato 1	1,00	0,235	0,028	1,88	1,43	3,52	0,70
Strato 2	6,20	1,004	0,056	5,02	4,32	6,02	3,01
Strato 3	10,40	1,827	0,113	9,14	4,40	10,96	5,48
Strato 4	15,00	1,016	0,059	5,08	4,34	6,10	3,05

Modulo di deformazione non drenato Eu (Mpa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	1,00	0,235	0,028	8,52	0,35
Strato 2	6,20	1,004	0,056	36,01	1,50
Strato 3	10,40	1,827	0,113	65,22	2,74
Strato 4	15,00	1,016	0,059	33,25	1,53

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Mpa)
Strato 1	1,00	0,235	0,028	Imai & Tomauchi	4,68
Strato 2	6,20	1,004	0,056	Imai & Tomauchi	11,37
Strato 3	10,40	1,827	0,113	Imai & Tomauchi	16,40
Strato 4	15,00	1,016	0,059	Imai & Tomauchi	11,46

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Stress-History
Strato 1	1,00	0,235	0,028	0,71
Strato 2	6,20	1,004	0,056	0,53
Strato 3	10,40	1,827	0,113	<0,5
Strato 4	15,00	1,016	0,059	<0,5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	1,00	0,235	0,028	Meyerhof	15,80
Strato 2	6,20	1,004	0,056	Meyerhof	18,17
Strato 3	10,40	1,827	0,113	Meyerhof	19,15
Strato 4	15,00	1,016	0,059	Meyerhof	18,04

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	1,00	0,235	0,028	Meyerhof	16,58
Strato 2	6,20	1,004	0,056	Meyerhof	18,96
Strato 3	10,40	1,827	0,113	Meyerhof	19,93
Strato 4	15,00	1,016	0,059	Meyerhof	18,83

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	Schmertman n	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkowsk i 1985
Strato 1	1,00	0,235	0,028	< 5	< 5	5	5	33,26
Strato 2	6,20	1,004	0,056	12,59	9,05	13,11	12,96	13,6
Strato 3	10,40	1,827	0,113	19,69	12,19	16,9	20,12	5,89
Strato 4	15,00	1,016	0,059	< 5	< 5	5	5	5

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Durguno uglu- Mitchell 1973	Caquot	Koppeja n	De Beer	Schmert mann	Robertso n & Campane lla 1983	Herminie r	Meyerho f 1951
Strato 1	1,00	0,235	0,028	30,04	26,76	23,61	22,17	28,7	33,82	22,39	18,08
Strato 2	6,20	1,004	0,056	29,2	25,34	22,12	20,81	29,27	31,97	22,52	21,6
Strato 3	10,40	1,827	0,113	28,93	24,85	21,61	20,34	29,71	31,31	22,46	25,36
Strato 4	15,00	1,016	0,059	24,38	20,03	16,54	15,72	28,7	22,91	21,55	21,65

Modulo di Young (Mpa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 1	1,00	0,235	0,028	0,59	0,47	3,62
Strato 2	6,20	1,004	0,056	2,51	2,01	14,97
Strato 3	10,40	1,827	0,113	4,57	3,65	26,56
Strato 4	15,00	1,016	0,059	2,54	2,03	15,65

Modulo Edometrico (Mpa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Robertson & Campanella da Schmertman n	Lunne- Christofferse n 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy- Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 1	1,00	0,235	0,028	0,48	0,92	1,07	0,47	1,88
Strato 2	6,20	1,004	0,056	1,24	3,94	6,54	2,01	5,02
Strato 3	10,40	1,827	0,113	2,03	7,17	12,36	3,65	9,13
Strato 4	15,00	1,016	0,059	1,93	3,99	4,90	2,03	5,08

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	G
Strato 1	1,00	0,235	0,028	Imai & Tomauchi	4,68
Strato 2	6,20	1,004	0,056	Imai & Tomauchi	11,37
Strato 3	10,40	1,827	0,113	Imai & Tomauchi	16,40
Strato 4	15,00	1,016	0,059	Imai & Tomauchi	11,46

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Stress-History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 1	1,00	0,235	0,028	0,71	>9	<0,5	8,36
Strato 2	6,20	1,004	0,056	0,53	>9	<0,5	3,5
Strato 3	10,40	1,827	0,113	<0,5	>9	<0,5	2,48
Strato 4	15,00	1,016	0,059	<0,5	3,33	<0,5	0,62

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Ko
Strato 1	1,00	0,235	0,028	Kulhawy & Mayne (1990)	0,28

Strato 2	6,20	1,004	0,056	Kulhawy & Mayne (1990)	0,23
Strato 3	10,40	1,827	0,113	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 4	15,00	1,016	0,059	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	C	Crm
Strato 1	1,00	0,235	0,028	0,62201	0,08086
Strato 2	6,20	1,004	0,056	0,19691	0,0256
Strato 3	10,40	1,827	0,113	0,13839	0,01799
Strato 4	15,00	1,016	0,059	0,19537	0,0254

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	1,00	0,235	0,028	Meyerhof	17,65
Strato 2	6,20	1,004	0,056	Meyerhof	17,65
Strato 3	10,40	1,827	0,113	Meyerhof	17,65
Strato 4	15,00	1,016	0,059	Meyerhof	17,65

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	1,00	0,235	0,028	Meyerhof	20,59
Strato 2	6,20	1,004	0,056	Meyerhof	20,59
Strato 3	10,40	1,827	0,113	Meyerhof	20,59
Strato 4	15,00	1,016	0,059	Meyerhof	20,59

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	1,00	0,235	0,028	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 2	6,20	1,004	0,056	Piacentini-Righi 1988	1,335067E-10
Strato 3	10,40	1,827	0,113	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 4	15,00	1,016	0,059	Piacentini-Righi 1988	4,325679E-11

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm²/s)
Strato 1	1,00	0,235	0,028	Piacentini-Righi 1988	7,188999E-08
Strato 2	6,20	1,004	0,056	Piacentini-Righi 1988	4,100504E-06
Strato 3	10,40	1,827	0,113	Piacentini-Righi 1988	5,589064E-07
Strato 4	15,00	1,016	0,059	Piacentini-Righi 1988	1,344462E-06

PROVA ...San Pancrazio_02

Committente: Provincia di Modena

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 24/07/2013

Profondità prova: 15,00 mt

Località: Modena

Profondità (m)	Lettura punta (Mpa)	Lettura laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,107	0,0	
0,40	0,00	0,0	5,5	0,213	25,822	3,9
0,60	0,00	0,0	3,5	0,16	21,875	4,6
0,80	0,00	0,0	2,5	0,193	12,953	7,7
1,00	0,00	0,0	1,2	0,113	10,619	9,4
1,20	0,00	0,0	1,1	0,087	12,644	7,9
1,40	0,00	0,0	1,3	0,093	13,978	7,2
1,60	0,00	0,0	1,5	0,087	17,241	5,8
1,80	0,00	0,0	0,9	0,06	15,0	6,7
2,00	0,00	0,0	0,8	0,06	13,333	7,5
2,20	0,00	0,0	0,8	0,053	15,094	6,6
2,40	0,00	0,0	1,2	0,04	30,0	3,3
2,60	0,00	0,0	0,9	0,067	13,433	7,4
2,80	0,00	0,0	1,0	0,047	21,277	4,7
3,00	0,00	0,0	0,9	0,06	15,0	6,7
3,20	0,00	0,0	1,1	0,053	20,755	4,8
3,40	0,00	0,0	1,5	0,113	13,274	7,5
3,60	0,00	0,0	1,5	0,053	28,302	3,5
3,80	0,00	0,0	1,2	0,093	12,903	7,8
4,00	0,00	0,0	2,3	0,027	85,185	1,2
4,20	0,00	0,0	2,1	0,073	28,767	3,5
4,40	0,00	0,0	1,5	0,053	28,302	3,5
4,60	0,00	0,0	1,1	0,047	23,404	4,3
4,80	0,00	0,0	1,4	0,08	17,5	5,7
5,00	0,00	0,0	1,2	0,087	13,793	7,3
5,20	0,00	0,0	1,0	0,067	14,925	6,7
5,40	0,00	0,0	1,3	0,067	19,403	5,2
5,60	0,00	0,0	1,2	0,053	22,642	4,4
5,80	0,00	0,0	1,2	0,067	17,91	5,6
6,00	0,00	0,0	0,6	0,04	15,0	6,7
6,20	0,00	0,0	0,6	0,047	12,766	7,8
6,40	0,00	0,0	0,7	0,067	10,448	9,6
6,60	0,00	0,0	1,0	0,087	11,494	8,7
6,80	0,00	0,0	1,0	0,067	14,925	6,7
7,00	0,00	0,0	1,4	0,06	23,333	4,3
7,20	0,00	0,0	1,5	0,067	22,388	4,5
7,40	0,00	0,0	1,4	0,067	20,896	4,8
7,60	0,00	0,0	2,0	0,1	20,0	5,0
7,80	0,00	0,0	2,0	0,14	14,286	7,0
8,00	0,00	0,0	1,8	0,1	18,0	5,6
8,20	0,00	0,0	1,5	0,113	13,274	7,5
8,40	0,00	0,0	1,7	0,107	15,888	6,3
8,60	0,00	0,0	1,4	0,087	16,092	6,2
8,80	0,00	0,0	0,9	0,08	11,25	8,9
9,00	0,00	0,0	2,0	0,093	21,505	4,7
9,20	0,00	0,0	2,4	0,16	15,0	6,7
9,40	0,00	0,0	2,7	0,153	17,647	5,7
9,60	0,00	0,0	2,5	0,14	17,857	5,6
9,80	0,00	0,0	2,7	0,173	15,607	6,4
10,00	0,00	0,0	2,8	0,153	18,301	5,5

10,20	0,00	0,0	2,5	0,167	14,97	6,7
10,40	0,00	0,0	2,6	0,12	21,667	4,6
10,60	0,00	0,0	1,5	0,087	17,241	5,8
10,80	0,00	0,0	1,0	0,053	18,868	5,3
11,00	0,00	0,0	1,2	0,047	25,532	3,9
11,20	0,00	0,0	1,2	0,06	20,0	5,0
11,40	0,00	0,0	1,0	0,053	18,868	5,3
11,60	0,00	0,0	1,3	0,067	19,403	5,2
11,80	0,00	0,0	1,5	0,08	18,75	5,3
12,00	0,00	0,0	1,3	0,067	19,403	5,2
12,20	0,00	0,0	1,1	0,053	20,755	4,8
12,40	0,00	0,0	1,0	0,053	18,868	5,3
12,60	0,00	0,0	1,1	0,073	15,068	6,6
12,80	0,00	0,0	1,4	0,073	19,178	5,2
13,00	0,00	0,0	1,9	0,08	23,75	4,2
13,20	0,00	0,0	2,2	0,067	32,836	3,0
13,40	0,00	0,0	2,4	0,093	25,806	3,9
13,60	0,00	0,0	0,8	0,047	17,021	5,9
13,80	0,00	0,0	1,0	0,06	16,667	6,0
14,00	0,00	0,0	1,6	0,107	14,953	6,7
14,20	0,00	0,0	1,8	0,107	16,822	5,9
14,40	0,00	0,0	1,8	0,107	16,822	5,9
14,60	0,00	0,0	2,1	0,127	16,535	6,0
14,80	0,00	0,0	2,0	0,113	17,699	5,7
15,00	0,00	0,0	1,6	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Distribuzione normale R.C. (Mpa)	fs Distribuzione normale R.C. (Mpa)	Gamma (KN/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1,00	1,147	0,157	16,8	Incoerente-Coesivo	Argilla torbosa consistente
6,40	1,058	0,064	21,0	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso plastico
10,40	1,667	0,112	21,0	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso- sabbioso molto addensato
15,00	1,321	0,073	21,0	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso plastico

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI San Pancrazio_02

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (KPa)

Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Lunne & Eide	Marsland 1974 & Marsland and Powell 1979	De Beer	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	1,00	1,147	0,157	65,21	38,2	57,35	66,98	56,88
Strato 2	6,40	1,058	0,064	57,12	35,3	52,9	57,91	52,96
Strato 3	10,40	1,667	0,112	88,98	55,6	83,35	87,93	83,36
Strato 4	15,00	1,321	0,073	66,41	44,0	66,05	62,26	65,70

Modulo Edometrico (Mpa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buisman	Buisman Sanglerat
Strato 1	1,00	1,147	0,157	5,74	4,56	6,88	3,44
Strato 2	6,40	1,058	0,064	5,29	4,42	6,35	3,17
Strato 3	10,40	1,667	0,112	8,34	4,63	10,00	5,00
Strato 4	15,00	1,321	0,073	6,61	4,72	7,93	3,96

Modulo di deformazione non drenato Eu (Mpa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	1,00	1,147	0,157	42,70	1,71
Strato 2	6,40	1,058	0,064	37,40	1,59
Strato 3	10,40	1,667	0,112	58,26	2,50
Strato 4	15,00	1,321	0,073	43,48	1,97

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Mpa)
Strato 1	1,00	1,147	0,157	Imai & Tomauchi	12,34
Strato 2	6,40	1,058	0,064	Imai & Tomauchi	11,74
Strato 3	10,40	1,667	0,112	Imai & Tomauchi	15,50
Strato 4	15,00	1,321	0,073	Imai & Tomauchi	13,45

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Stress-History
Strato 1	1,00	1,147	0,157	3,18
Strato 2	6,40	1,058	0,064	<0.5
Strato 3	10,40	1,667	0,112	<0.5
Strato 4	15,00	1,321	0,073	<0.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	1,00	1,147	0,157	Meyerhof	18,45
Strato 2	6,40	1,058	0,064	Meyerhof	18,23
Strato 3	10,40	1,667	0,112	Meyerhof	18,96
Strato 4	15,00	1,321	0,073	Meyerhof	18,48

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	1,00	1,147	0,157	Meyerhof	19,24
Strato 2	6,40	1,058	0,064	Meyerhof	19,02
Strato 3	10,40	1,667	0,112	Meyerhof	19,75
Strato 4	15,00	1,321	0,073	Meyerhof	19,27

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	Schmertman n	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkowsk i 1985
Strato 1	1,00	1,147	0,157	39,82	58,31	57,38	40,43	76,21
Strato 2	6,40	1,058	0,064	9,41	< 5	7,01	9,76	11,72
Strato 3	10,40	1,667	0,112	< 5	< 5	7,63	13,85	5
Strato 4	15,00	1,321	0,073	< 5	< 5	5	5	5

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Durguno uglu- Mitchell 1973	Caquot	Koppeja n	De Beer	Schmert mann	Robertso n & Campane lla 1983	Herminie r	Meyerho f 1951
Strato 1	1,00	1,147	0,157	37,26	34,19	31,42	29,3	36,16	42,31	29,48	22,25
Strato 2	6,40	1,058	0,064	27,97	23,97	20,69	19,5	28,7	30,11	22,22	21,84
Strato 3	10,40	1,667	0,112	27,35	23,13	19,81	18,7	28,7	28,86	22,07	24,63
Strato 4	15,00	1,321	0,073	24,64	20,22	16,75	15,9	28,7	23,31	21,61	23,05

Modulo di Young (Mpa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 1	1,00	1,147	0,157	2,87	2,29	10,33
Strato 2	6,40	1,058	0,064	2,64	2,12	16,29
Strato 3	10,40	1,667	0,112	4,17	3,33	25,67
Strato 4	15,00	1,321	0,073	3,30	2,64	20,34

Modulo Edometrico (Mpa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Robertson & Campanella da Schmertman n	Lunne- Christofferse n 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy- Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 1	1,00	1,147	0,157	4,65	4,50	8,58	2,29	5,73
Strato 2	6,40	1,058	0,064	1,13	4,15	7,14	2,12	5,29
Strato 3	10,40	1,667	0,112	1,76	6,54	11,10	3,33	8,33
Strato 4	15,00	1,321	0,073	2,32	5,18	7,42	2,64	6,60

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	G
Strato 1	1,00	1,147	0,157	Imai & Tomauchi	12,34
Strato 2	6,40	1,058	0,064	Imai & Tomauchi	11,74
Strato 3	10,40	1,667	0,112	Imai & Tomauchi	15,50
Strato 4	15,00	1,321	0,073	Imai & Tomauchi	13,45

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Stress-History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 1	1,00	1,147	0,157	3,18	>9	1,12	>9
Strato 2	6,40	1,058	0,064	<0.5	7,75	<0.5	3,16
Strato 3	10,40	1,667	0,112	<0.5	6,9	<0.5	1,9
Strato 4	15,00	1,321	0,073	<0.5	3,34	<0.5	0,78

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Ko
Strato 1	1,00	1,147	0,157	Kulhawy & Mayne (1990)	0,74

Strato 2	6,40	1,058	0,064	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 3	10,40	1,667	0,112	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 4	15,00	1,321	0,073	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	C	Crm
Strato 1	1,00	1,147	0,157	0,18071	0,02349
Strato 2	6,40	1,058	0,064	0,19028	0,02474
Strato 3	10,40	1,667	0,112	0,14524	0,01888
Strato 4	15,00	1,321	0,073	0,16573	0,02155

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	1,00	1,147	0,157	Meyerhof	17,65
Strato 2	6,40	1,058	0,064	Meyerhof	17,65
Strato 3	10,40	1,667	0,112	Meyerhof	17,65
Strato 4	15,00	1,321	0,073	Meyerhof	17,65

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	1,00	1,147	0,157	Meyerhof	20,59
Strato 2	6,40	1,058	0,064	Meyerhof	20,59
Strato 3	10,40	1,667	0,112	Meyerhof	20,59
Strato 4	15,00	1,321	0,073	Meyerhof	20,59

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	1,00	1,147	0,157	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 2	6,40	1,058	0,064	Piacentini-Righi 1988	1,199907E-11
Strato 3	10,40	1,667	0,112	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 4	15,00	1,321	0,073	Piacentini-Righi 1988	1,06389E-10

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm²/s)
Strato 1	1,00	1,147	0,157	Piacentini-Righi 1988	3,508844E-07
Strato 2	6,40	1,058	0,064	Piacentini-Righi 1988	3,883596E-07
Strato 3	10,40	1,667	0,112	Piacentini-Righi 1988	5,0996E-07
Strato 4	15,00	1,321	0,073	Piacentini-Righi 1988	4,299322E-06

PROVA ...San Pancrazio_03

Committente: Provincia di Modena
Strumento utilizzato: GOUDA 100 kN
Prova eseguita in data: 25/07/2013
Profondità prova: 30,00 mt
Località: Modena

02613

Profondità (m)	Lettura punta (Mpa)	Lettura laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,053	0,0	
0,40	0,00	0,0	8,4	0,393	21,374	4,7
0,60	0,00	0,0	5,5	0,32	17,188	5,8
0,80	0,00	0,0	3,3	0,18	18,333	5,5
1,00	0,00	0,0	2,0	0,08	25,0	4,0
1,20	0,00	0,0	1,7	0,14	12,143	8,2
1,40	0,00	0,0	1,2	0,12	10,0	10,0
1,60	0,00	0,0	1,0	0,047	21,277	4,7
1,80	0,00	0,0	1,5	0,06	25,0	4,0
2,00	0,00	0,0	1,4	0,047	29,787	3,4
2,20	0,00	0,0	1,2	0,06	20,0	5,0
2,40	0,00	0,0	0,9	0,067	13,433	7,4
2,60	0,00	0,0	1,0	0,047	21,277	4,7
2,80	0,00	0,0	0,9	0,033	27,273	3,7
3,00	0,00	0,0	0,9	0,033	27,273	3,7
3,20	0,00	0,0	1,0	0,04	25,0	4,0
3,40	0,00	0,0	1,1	0,067	16,418	6,1
3,60	0,00	0,0	1,9	0,053	35,849	2,8
3,80	0,00	0,0	1,1	0,04	27,5	3,6
4,00	0,00	0,0	1,2	0,08	15,0	6,7
4,20	0,00	0,0	2,0	0,053	37,736	2,7
4,40	0,00	0,0	2,5	0,047	53,191	1,9
4,60	0,00	0,0	1,8	0,06	30,0	3,3
4,80	0,00	0,0	0,9	0,047	19,149	5,2
5,00	0,00	0,0	1,3	0,04	32,5	3,1
5,20	0,00	0,0	1,5	0,053	28,302	3,5
5,40	0,00	0,0	1,2	0,06	20,0	5,0
5,60	0,00	0,0	1,2	0,067	17,91	5,6
5,80	0,00	0,0	1,5	0,073	20,548	4,9
6,00	0,00	0,0	1,3	0,08	16,25	6,2
6,20	0,00	0,0	1,4	0,067	20,896	4,8
6,40	0,00	0,0	1,4	0,073	19,178	5,2
6,60	0,00	0,0	1,3	0,04	32,5	3,1
6,80	0,00	0,0	1,1	0,04	27,5	3,6
7,00	0,00	0,0	1,0	0,06	16,667	6,0
7,20	0,00	0,0	1,8	0,053	33,962	2,9
7,40	0,00	0,0	1,6	0,08	20,0	5,0
7,60	0,00	0,0	2,2	0,1	22,0	4,5
7,80	0,00	0,0	2,2	0,107	20,561	4,9
8,00	0,00	0,0	1,9	0,067	28,358	3,5
8,20	0,00	0,0	2,5	0,1	25,0	4,0
8,40	0,00	0,0	2,2	0,133	16,541	6,0
8,60	0,00	0,0	1,9	0,12	15,833	6,3
8,80	0,00	0,0	2,2	0,153	14,379	7,0
9,00	0,00	0,0	2,2	0,127	17,323	5,8
9,20	0,00	0,0	2,0	0,133	15,038	6,7
9,40	0,00	0,0	2,1	0,113	18,584	5,4
9,60	0,00	0,0	2,1	0,093	22,581	4,4
9,80	0,00	0,0	2,2	0,113	19,469	5,1
10,00	0,00	0,0	1,6	0,12	13,333	7,5

10,20	0,00	0,0	1,2	0,087	13,793	7,3
10,40	0,00	0,0	2,0	0,08	25,0	4,0
10,60	0,00	0,0	1,9	0,08	23,75	4,2
10,80	0,00	0,0	1,8	0,093	19,355	5,2
11,00	0,00	0,0	2,2	0,087	25,287	4,0
11,20	0,00	0,0	2,0	0,093	21,505	4,7
11,40	0,00	0,0	2,8	0,047	59,574	1,7
11,60	0,00	0,0	3,8	0,08	47,5	2,1
11,80	0,00	0,0	1,0	0,067	14,925	6,7
12,00	0,00	0,0	1,4	0,047	29,787	3,4
12,20	0,00	0,0	1,1	0,06	18,333	5,5
12,40	0,00	0,0	1,0	0,067	14,925	6,7
12,60	0,00	0,0	0,8	0,047	17,021	5,9
12,80	0,00	0,0	0,9	0,053	16,981	5,9
13,00	0,00	0,0	0,8	0,06	13,333	7,5
13,20	0,00	0,0	1,0	0,047	21,277	4,7
13,40	0,00	0,0	0,8	0,087	9,195	10,9
13,60	0,00	0,0	1,0	0,067	14,925	6,7
13,80	0,00	0,0	0,9	0,053	16,981	5,9
14,00	0,00	0,0	1,7	0,093	18,28	5,5
14,20	0,00	0,0	1,9	0,12	15,833	6,3
14,40	0,00	0,0	1,9	0,1	19,0	5,3
14,60	0,00	0,0	1,9	0,107	17,757	5,6
14,80	0,00	0,0	1,1	0,067	16,418	6,1
15,00	0,00	0,0	1,2	0,06	20,0	5,0
15,20	0,00	0,0	1,4	0,047	29,787	3,4
15,40	0,00	0,0	1,2	0,08	15,0	6,7
15,60	0,00	0,0	1,3	0,067	19,403	5,2
15,80	0,00	0,0	1,1	0,053	20,755	4,8
16,00	0,00	0,0	1,7	0,093	18,28	5,5
16,20	0,00	0,0	2,2	0,06	36,667	2,7
16,40	0,00	0,0	1,8	0,093	19,355	5,2
16,60	0,00	0,0	1,4	0,073	19,178	5,2
16,80	0,00	0,0	1,0	0,047	21,277	4,7
17,00	0,00	0,0	1,1	0,047	23,404	4,3
17,20	0,00	0,0	1,4	0,093	15,054	6,6
17,40	0,00	0,0	2,0	0,087	22,989	4,4
17,60	0,00	0,0	2,4	0,12	20,0	5,0
17,80	0,00	0,0	1,8	0,1	18,0	5,6
18,00	0,00	0,0	2,1	0,107	19,626	5,1
18,20	0,00	0,0	2,0	0,113	17,699	5,7
18,40	0,00	0,0	2,0	0,127	15,748	6,4
18,60	0,00	0,0	2,0	0,127	15,748	6,4
18,80	0,00	0,0	2,4	0,14	17,143	5,8
19,00	0,00	0,0	2,0	0,12	16,667	6,0
19,20	0,00	0,0	2,4	0,12	20,0	5,0
19,40	0,00	0,0	2,9	0,16	18,125	5,5
19,60	0,00	0,0	3,0	0,18	16,667	6,0
19,80	0,00	0,0	2,4	0,133	18,045	5,5
20,00	0,00	0,0	2,5	0,133	18,797	5,3
20,20	0,00	0,0	2,3	0,113	20,354	4,9
20,40	0,00	0,0	2,7	0,153	17,647	5,7
20,60	0,00	0,0	3,3	0,207	15,942	6,3
20,80	0,00	0,0	2,9	0,18	16,111	6,2
21,00	0,00	0,0	2,5	0,147	17,007	5,9
21,20	0,00	0,0	2,5	0,127	19,685	5,1
21,40	0,00	0,0	2,2	0,1	22,0	4,5
21,60	0,00	0,0	1,4	0,047	29,787	3,4
21,80	0,00	0,0	1,2	0,047	25,532	3,9
22,00	0,00	0,0	1,6	0,067	23,881	4,2
22,20	0,00	0,0	1,5	0,06	25,0	4,0
22,40	0,00	0,0	1,6	0,08	20,0	5,0

22,60	0,00	0,0	1,3	0,067	19,403	5,2
22,80	0,00	0,0	1,4	0,08	17,5	5,7
23,00	0,00	0,0	1,4	0,073	19,178	5,2
23,20	0,00	0,0	1,4	0,087	16,092	6,2
23,40	0,00	0,0	2,4	0,12	20,0	5,0
23,60	0,00	0,0	1,6	0,093	17,204	5,8
23,80	0,00	0,0	1,5	0,06	25,0	4,0
24,00	0,00	0,0	1,5	0,067	22,388	4,5
24,20	0,00	0,0	1,9	0,107	17,757	5,6
24,40	0,00	0,0	4,8	0,22	21,818	4,6
24,60	0,00	0,0	3,0	0,18	16,667	6,0
24,80	0,00	0,0	2,5	0,127	19,685	5,1
25,00	0,00	0,0	2,4	0,147	16,327	6,1
25,20	0,00	0,0	2,5	0,12	20,833	4,8
25,40	0,00	0,0	2,7	0,14	19,286	5,2
25,60	0,00	0,0	2,5	0,12	20,833	4,8
25,80	0,00	0,0	2,8	0,14	20,0	5,0
26,00	0,00	0,0	2,5	0,12	20,833	4,8
26,20	0,00	0,0	1,6	0,067	23,881	4,2
26,40	0,00	0,0	2,2	0,093	23,656	4,2
26,60	0,00	0,0	2,1	0,107	19,626	5,1
26,80	0,00	0,0	3,3	0,167	19,76	5,1
27,00	0,00	0,0	3,2	0,147	21,769	4,6
27,20	0,00	0,0	2,8	0,153	18,301	5,5
27,40	0,00	0,0	2,6	0,14	18,571	5,4
27,60	0,00	0,0	2,5	0,14	17,857	5,6
27,80	0,00	0,0	2,8	0,153	18,301	5,5
28,00	0,00	0,0	2,5	0,107	23,364	4,3
28,20	0,00	0,0	2,6	0,14	18,571	5,4
28,40	0,00	0,0	2,6	0,107	24,299	4,1
28,60	0,00	0,0	2,3	0,107	21,495	4,7
28,80	0,00	0,0	1,7	0,053	32,075	3,1
29,00	0,00	0,0	4,7	0,747	6,292	15,9
29,20	0,00	0,0	9,8	1,007	9,732	10,3
29,40	0,00	0,0	16,9	0,973	17,369	5,8
29,60	0,00	0,0	17,9	0,833	21,489	4,7
29,80	0,00	0,0	22,9	0,967	23,681	4,2
30,00	0,00	0,0	19,8	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Distribuzione normale R.C. (Mpa)	fs Distribuzione normale R.C. (Mpa)	Gamma (KN/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1,00	1,709	0,205	17,4	Incoerente-Coesivo	Argille plastiche
3,40	1,031	0,063	21,7	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso plastico
7,20	1,296	0,057	21,7	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso- sabbioso
11,20	1,897	0,104	21,7	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso plastico
11,60	2,718	0,064	21,7	Incoerente-Coesivo	Sabbia argilloso- limosa
16,20	1,135	0,07	21,7	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso plastico
21,40	2,014	0,121	21,7	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso consistente
24,20	1,425	0,075	21,7	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso plastico
29,00	2,475	0,156	21,7	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso- sabbioso molto addensato
30,00	14,266	0,756	21,7	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso

compatto

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI San Pancrazio_03

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (KPa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Lunne & Eide	Marsland 1974 & Marsland and Powell 1979	De Beer	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	1,00	1,709	0,205	97,38	57,0	85,45	100,02	89,49	85,32
Strato 2	3,40	1,031	0,063	56,56	34,4	51,55	58,09	51,98	51,98
Strato 3	7,20	1,296	0,057	69,40	43,2	64,8	69,72	62,38	64,72
Strato 4	11,20	1,897	0,104	101,17	63,2	94,85	100,10	89,56	95,12
Strato 5	11,60	2,718	0,064	146,69	90,6	135,9	145,58	130,26	136,31
Strato 6	16,20	1,135	0,07	54,32	37,8	56,75	49,27	44,09	56,88
Strato 7	21,40	2,014	0,121	101,33	67,1	100,7	94,73	84,75	101,01
Strato 8	24,20	1,425	0,075	64,87	47,5	71,25	54,97	49,19	71,59
Strato 9	29,00	2,475	0,156	122,42	82,5	123,75	111,89	100,11	123,56
Strato 10	30,00	14,266	0,756	795,76	475,5	713,3	801,77	717,38	712,94

Modulo Edometrico (Mpa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buisman	Buisman Sanglerat
Strato 1	1,00	1,709	0,205	8,55	4,58	10,25	5,13
Strato 2	3,40	1,031	0,063	5,16	4,37	6,19	3,09
Strato 3	7,20	1,296	0,057	6,48	4,70	7,78	3,89
Strato 4	11,20	1,897	0,104	9,49	4,26	11,38	5,69
Strato 5	11,60	2,718	0,064	6,80	5,44	8,15	8,15
Strato 6	16,20	1,135	0,07	5,68	4,54	6,81	3,40
Strato 7	21,40	2,014	0,121	5,04	4,03	6,04	6,04
Strato 8	24,20	1,425	0,075	7,13	4,75	8,55	4,28
Strato 9	29,00	2,475	0,156	6,19	4,95	7,43	7,43
Strato 10	30,00	14,266	0,756	35,67	28,53	42,80	21,40

Modulo di deformazione non drenato Eu (Mpa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	1,00	1,709	0,205	63,76	2,56
Strato 2	3,40	1,031	0,063	37,03	1,56
Strato 3	7,20	1,296	0,057	45,44	1,94
Strato 4	11,20	1,897	0,104	66,24	2,85
Strato 5	11,60	2,718	0,064	96,05	4,09
Strato 6	16,20	1,135	0,07	35,57	1,71
Strato 7	21,40	2,014	0,121	66,35	3,03
Strato 8	24,20	1,425	0,075	42,47	2,15
Strato 9	29,00	2,475	0,156	80,15	3,71
Strato 10	30,00	14,266	0,756	521,02	21,39

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Mpa)
Strato 1	1,00	1,709	0,205	Imai & Tomauchi	15,74
Strato 2	3,40	1,031	0,063	Imai & Tomauchi	11,56
Strato 3	7,20	1,296	0,057	Imai & Tomauchi	13,29
Strato 4	11,20	1,897	0,104	Imai & Tomauchi	16,78
Strato 5	11,60	2,718	0,064	Imai & Tomauchi	20,90
Strato 6	16,20	1,135	0,07	Imai & Tomauchi	12,26
Strato 7	21,40	2,014	0,121	Imai & Tomauchi	17,40
Strato 8	24,20	1,425	0,075	Imai & Tomauchi	14,09
Strato 9	29,00	2,475	0,156	Imai & Tomauchi	19,74
Strato 10	30,00	14,266	0,756	Imai & Tomauchi	57,56

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Stress-History
Strato 1	1,00	1,709	0,205	4,57
Strato 2	3,40	1,031	0,063	0,55
Strato 3	7,20	1,296	0,057	<0.5
Strato 4	11,20	1,897	0,104	<0.5
Strato 5	11,60	2,718	0,064	<0.5
Strato 6	16,20	1,135	0,07	<0.5
Strato 7	21,40	2,014	0,121	<0.5
Strato 8	24,20	1,425	0,075	<0.5
Strato 9	29,00	2,475	0,156	<0.5
Strato 10	30,00	14,266	0,756	0,89

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	1,00	1,709	0,205	Meyerhof	19,11
Strato 2	3,40	1,031	0,063	Meyerhof	18,22
Strato 3	7,20	1,296	0,057	Meyerhof	18,56
Strato 4	11,20	1,897	0,104	Meyerhof	19,18
Strato 5	11,60	2,718	0,064	Meyerhof	19,79
Strato 6	16,20	1,135	0,07	Meyerhof	18,15
Strato 7	21,40	2,014	0,121	Meyerhof	19,18
Strato 8	24,20	1,425	0,075	Meyerhof	18,44
Strato 9	29,00	2,475	0,156	Meyerhof	19,49
Strato 10	30,00	14,266	0,756	Meyerhof	22,57

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	1,00	1,709	0,205	Meyerhof	19,90
Strato 2	3,40	1,031	0,063	Meyerhof	19,00
Strato 3	7,20	1,296	0,057	Meyerhof	19,34
Strato 4	11,20	1,897	0,104	Meyerhof	19,96
Strato 5	11,60	2,718	0,064	Meyerhof	20,57
Strato 6	16,20	1,135	0,07	Meyerhof	18,94
Strato 7	21,40	2,014	0,121	Meyerhof	19,96
Strato 8	24,20	1,425	0,075	Meyerhof	19,23
Strato 9	29,00	2,475	0,156	Meyerhof	20,27
Strato 10	30,00	14,266	0,756	Meyerhof	23,36

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	Schmertman n	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkowski i 1985
Strato 1	1,00	1,709	0,205	50,66	71,96	70,23	51,36	86,63
Strato 2	3,40	1,031	0,063	13,44	10,21	14,19	13,82	26,05
Strato 3	7,20	1,296	0,057	10,53	< 5	6,12	10,89	5,8
Strato 4	11,20	1,897	0,104	< 5	< 5	8,66	15,52	5
Strato 5	11,60	2,718	0,064	< 5	11,16	16,63	23,22	5
Strato 6	16,20	1,135	0,07	< 5	< 5	5	5	5
Strato 7	21,40	2,014	0,121	< 5	< 5	5	8,24	5
Strato 8	24,20	1,425	0,075	< 5	< 5	5	5	5
Strato 9	29,00	2,475	0,156	< 5	< 5	5	9,54	5
Strato 10	30,00	14,266	0,756	57,6	48,6	52,81	58,35	24,44

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Durguno uglu- Mitchell 1973	Caquot	Koppeja n	De Beer	Schmert mann	Robertso n & Campane lla 1983	Herminie r	Meyerho f 1951
Strato 1	1,00	1,709	0,205	39,02	35,99	33,31	31,03	38,07	44,09	32,8	24,82
Strato 2	3,40	1,031	0,063	29,36	25,51	22,3	20,97	29,43	32,19	22,66	21,72
Strato 3	7,20	1,296	0,057	27,47	23,36	20,04	18,91	28,7	29,25	22,1	22,93
Strato 4	11,20	1,897	0,104	27,33	23,07	19,74	18,64	28,7	28,74	22,07	25,69
Strato 5	11,60	2,718	0,064	28,23	23,95	20,66	19,48	29,56	30,08	22,28	29,44
Strato 6	16,20	1,135	0,07	23,26	18,76	15,21	14,5	28,7	20,31	21,46	22,2
Strato 7	21,40	2,014	0,121	24,79	20,25	16,78	15,93	28,7	23,36	21,63	26,22
Strato 8	24,20	1,425	0,075	22,33	17,66	14,05	13,44	28,7	17,99	21,39	23,52
Strato 9	29,00	2,475	0,156	24,33	19,68	16,18	15,38	28,7	22,21	21,58	28,33
Strato 10	30,00	14,266	0,756	32,3	27,89	24,8	23,26	34,8	35,24	23,84	45

Modulo di Young (Mpa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 1	1,00	1,709	0,205	4,27	3,42	12,59
Strato 2	3,40	1,031	0,063	2,58	2,06	15,23
Strato 3	7,20	1,296	0,057	3,24	2,59	19,96
Strato 4	11,20	1,897	0,104	4,74	3,79	29,21
Strato 5	11,60	2,718	0,064	6,80	5,44	39,85
Strato 6	16,20	1,135	0,07	2,84	2,27	17,48
Strato 7	21,40	2,014	0,121	5,04	4,03	31,02
Strato 8	24,20	1,425	0,075	3,56	2,85	21,95
Strato 9	29,00	2,475	0,156	6,19	4,95	38,11
Strato 10	30,00	14,266	0,756	35,67	28,53	145,06

Modulo Edometrico (Mpa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Robertson & Campanella da Schmertman n	Lunne- Christofferse n 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy- Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 1	1,00	1,709	0,205	5,73	6,70	13,22	3,42	8,54
Strato 2	3,40	1,031	0,063	1,33	4,04	7,34	2,06	5,16
Strato 3	7,20	1,296	0,057	1,41	5,08	8,72	2,59	6,48
Strato 4	11,20	1,897	0,104	1,97	7,44	12,83	3,79	9,48
Strato 5	11,60	2,718	0,064	2,78	10,66	19,16	5,44	13,59
Strato 6	16,20	1,135	0,07	2,60	4,45	5,62	2,27	5,68
Strato 7	21,40	2,014	0,121	3,31	7,90	11,95	4,03	10,07
Strato 8	24,20	1,425	0,075	3,85	5,59	6,35	2,85	7,12

Strato 9	29,00	2,475	0,156	4,41	9,71	14,32	4,95	12,38
Strato 10	30,00	14,266	0,756	8,55	29,94	111,07	21,40	21,40

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	G (Mpa)
Strato 1	1,00	1,709	0,205	Imai & Tomauchi	15,74
Strato 2	3,40	1,031	0,063	Imai & Tomauchi	11,56
Strato 3	7,20	1,296	0,057	Imai & Tomauchi	13,29
Strato 4	11,20	1,897	0,104	Imai & Tomauchi	16,78
Strato 5	11,60	2,718	0,064	Imai & Tomauchi	20,90
Strato 6	16,20	1,135	0,07	Imai & Tomauchi	12,26
Strato 7	21,40	2,014	0,121	Imai & Tomauchi	17,40
Strato 8	24,20	1,425	0,075	Imai & Tomauchi	14,09
Strato 9	29,00	2,475	0,156	Imai & Tomauchi	19,74
Strato 10	30,00	14,266	0,756	Imai & Tomauchi	57,56

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Stress-History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 1	1,00	1,709	0,205	4,57	>9	0,86	>9
Strato 2	3,40	1,031	0,063	0,55	>9	<0.5	6,03
Strato 3	7,20	1,296	0,057	<0.5	5,46	<0.5	2,42
Strato 4	11,20	1,897	0,104	<0.5	5,93	<0.5	1,9
Strato 5	11,60	2,718	0,064	<0.5	3,92	<0.5	2,31
Strato 6	16,20	1,135	0,07	<0.5	2,65	<0.5	0,52
Strato 7	21,40	2,014	0,121	<0.5	3,5	<0.5	0,77
Strato 8	24,20	1,425	0,075	<0.5	1,86	<0.5	<0.5
Strato 9	29,00	2,475	0,156	<0.5	3,17	<0.5	0,63
Strato 10	30,00	14,266	0,756	0,89	>9	<0.5	5,74

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Ko
Strato 1	1,00	1,709	0,205	Kulhawy & Mayne (1990)	0,94
Strato 2	3,40	1,031	0,063	Kulhawy & Mayne (1990)	0,24
Strato 3	7,20	1,296	0,057	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 4	11,20	1,897	0,104	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 5	11,60	2,718	0,064	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 6	16,20	1,135	0,07	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 7	21,40	2,014	0,121	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 8	24,20	1,425	0,075	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 9	29,00	2,475	0,156	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 10	30,00	14,266	0,756	Kulhawy & Mayne (1990)	0,32

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	C	Crm
Strato 1	1,00	1,709	0,205	0,14332	0,01863
Strato 2	3,40	1,031	0,063	0,19351	0,02516
Strato 3	7,20	1,296	0,057	0,16764	0,02179
Strato 4	11,20	1,897	0,104	0,13576	0,01765

Strato 5	11,60	2,718	0,064	0,11499	0,01495
Strato 6	16,20	1,135	0,07	0,18191	0,02365
Strato 7	21,40	2,014	0,121	0,13176	0,01713
Strato 8	24,20	1,425	0,075	0,15853	0,02061
Strato 9	29,00	2,475	0,156	0,1197	0,01556
Strato 10	30,00	14,266	0,756	0,09517	0,01237

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	1,00	1,709	0,205	Meyerhof	17,65
Strato 2	3,40	1,031	0,063	Meyerhof	17,65
Strato 3	7,20	1,296	0,057	Meyerhof	17,65
Strato 4	11,20	1,897	0,104	Meyerhof	17,65
Strato 5	11,60	2,718	0,064	Meyerhof	17,65
Strato 6	16,20	1,135	0,07	Meyerhof	17,65
Strato 7	21,40	2,014	0,121	Meyerhof	17,65
Strato 8	24,20	1,425	0,075	Meyerhof	17,65
Strato 9	29,00	2,475	0,156	Meyerhof	17,65
Strato 10	30,00	14,266	0,756	Meyerhof	17,65

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	1,00	1,709	0,205	Meyerhof	20,59
Strato 2	3,40	1,031	0,063	Meyerhof	20,59
Strato 3	7,20	1,296	0,057	Meyerhof	20,59
Strato 4	11,20	1,897	0,104	Meyerhof	20,59
Strato 5	11,60	2,718	0,064	Meyerhof	20,59
Strato 6	16,20	1,135	0,07	Meyerhof	20,59
Strato 7	21,40	2,014	0,121	Meyerhof	20,59
Strato 8	24,20	1,425	0,075	Meyerhof	20,59
Strato 9	29,00	2,475	0,156	Meyerhof	20,59
Strato 10	30,00	14,266	0,756	Meyerhof	20,59

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	1,00	1,709	0,205	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 2	3,40	1,031	0,063	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 3	7,20	1,296	0,057	Piacentini-Righi 1988	2,321608E-08
Strato 4	11,20	1,897	0,104	Piacentini-Righi 1988	5,754673E-11
Strato 5	11,60	2,718	0,064	Piacentini-Righi 1988	1,061576E-04
Strato 6	16,20	1,135	0,07	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 7	21,40	2,014	0,121	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 8	24,20	1,425	0,075	Piacentini-Righi 1988	3,452654E-10
Strato 9	29,00	2,475	0,156	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 10	30,00	14,266	0,756	Piacentini-Righi 1988	1E-11

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	1,00	1,709	0,205	Piacentini-Righi 1988	5,228085E-07
Strato 2	3,40	1,031	0,063	Piacentini-Righi 1988	3,153982E-07
Strato 3	7,20	1,296	0,057	Piacentini-Righi 1988	9,204379E-04
Strato 4	11,20	1,897	0,104	Piacentini-Righi 1988	3,339555E-06
Strato 5	11,60	2,718	0,064	Piacentini-Righi 1988	8,826759
Strato 6	16,20	1,135	0,07	Piacentini-Righi 1988	3,472134E-07
Strato 7	21,40	2,014	0,121	Piacentini-Righi 1988	6,161125E-07
Strato 8	24,20	1,425	0,075	Piacentini-Righi 1988	1,505111E-05
Strato 9	29,00	2,475	0,156	Piacentini-Righi 1988	7,571393E-07
Strato 10	30,00	14,266	0,756	Piacentini-Righi 1988	4,364182E-06

PROVA ...San Pancrazio_04

Committente: Provincia di Modena

02614

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 24/07/2013

Profondità prova: 15,00 mt

Località: Modena

Profondità (m)	Lettura punta (Mpa)	Lettura laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,047	0,0	
0,40	0,00	0,0	2,1	0,14	15,0	6,7
0,60	0,00	0,0	1,4	0,133	10,526	9,5
0,80	0,00	0,0	1,0	0,06	16,667	6,0
1,00	0,00	0,0	0,8	0,053	15,094	6,6
1,20	0,00	0,0	1,3	0,047	27,66	3,6
1,40	0,00	0,0	0,7	0,073	9,589	10,4
1,60	0,00	0,0	0,7	0,027	25,926	3,9
1,80	0,00	0,0	0,8	0,053	15,094	6,6
2,00	0,00	0,0	0,8	0,047	17,021	5,9
2,20	0,00	0,0	0,7	0,04	17,5	5,7
2,40	0,00	0,0	0,8	0,027	29,63	3,4
2,60	0,00	0,0	1,0	0,027	37,037	2,7
2,80	0,00	0,0	0,9	0,047	19,149	5,2
3,00	0,00	0,0	0,7	0,033	21,212	4,7
3,20	0,00	0,0	1,3	0,053	24,528	4,1
3,40	0,00	0,0	1,0	0,04	25,0	4,0
3,60	0,00	0,0	1,8	0,02	90,0	1,1
3,80	0,00	0,0	1,5	0,06	25,0	4,0
4,00	0,00	0,0	0,9	0,04	22,5	4,4
4,20	0,00	0,0	0,8	0,033	24,242	4,1
4,40	0,00	0,0	1,3	0,053	24,528	4,1
4,60	0,00	0,0	0,9	0,047	19,149	5,2
4,80	0,00	0,0	0,9	0,053	16,981	5,9
5,00	0,00	0,0	0,9	0,04	22,5	4,4
5,20	0,00	0,0	0,6	0,053	11,321	8,8
5,40	0,00	0,0	0,7	0,033	21,212	4,7
5,60	0,00	0,0	1,3	0,073	17,808	5,6
5,80	0,00	0,0	1,1	0,06	18,333	5,5
6,00	0,00	0,0	1,2	0,053	22,642	4,4
6,20	0,00	0,0	0,8	0,04	20,0	5,0
6,40	0,00	0,0	1,1	0,04	27,5	3,6
6,60	0,00	0,0	0,9	0,06	15,0	6,7
6,80	0,00	0,0	1,1	0,06	18,333	5,5
7,00	0,00	0,0	1,3	0,06	21,667	4,6
7,20	0,00	0,0	1,3	0,047	27,66	3,6
7,40	0,00	0,0	1,6	0,093	17,204	5,8
7,60	0,00	0,0	1,3	0,08	16,25	6,2
7,80	0,00	0,0	1,5	0,08	18,75	5,3
8,00	0,00	0,0	2,0	0,12	16,667	6,0
8,20	0,00	0,0	1,8	0,107	16,822	5,9
8,40	0,00	0,0	1,6	0,107	14,953	6,7
8,60	0,00	0,0	1,6	0,067	23,881	4,2
8,80	0,00	0,0	1,2	0,047	25,532	3,9
9,00	0,00	0,0	1,6	0,08	20,0	5,0
9,20	0,00	0,0	1,0	0,053	18,868	5,3
9,40	0,00	0,0	0,7	0,033	21,212	4,7
9,60	0,00	0,0	1,3	0,04	32,5	3,1
9,80	0,00	0,0	1,3	0,06	21,667	4,6

10,00	0,00	0,0	1,3	0,053	24,528	4,1
10,20	0,00	0,0	1,2	0,087	13,793	7,3
10,40	0,00	0,0	2,0	0,033	60,606	1,7
10,60	0,00	0,0	2,5	0,06	41,667	2,4
10,80	0,00	0,0	0,7	0,04	17,5	5,7
11,00	0,00	0,0	1,0	0,047	21,277	4,7
11,20	0,00	0,0	1,0	0,027	37,037	2,7
11,40	0,00	0,0	0,9	0,033	27,273	3,7
11,60	0,00	0,0	0,7	0,027	25,926	3,9
11,80	0,00	0,0	0,7	0,053	13,208	7,6
12,00	0,00	0,0	0,7	0,04	17,5	5,7
12,20	0,00	0,0	0,6	0,033	18,182	5,5
12,40	0,00	0,0	0,7	0,04	17,5	5,7
12,60	0,00	0,0	0,7	0,04	17,5	5,7
12,80	0,00	0,0	1,1	0,053	20,755	4,8
13,00	0,00	0,0	1,3	0,067	19,403	5,2
13,20	0,00	0,0	1,0	0,073	13,699	7,3
13,40	0,00	0,0	1,0	0,033	30,303	3,3
13,60	0,00	0,0	0,9	0,04	22,5	4,4
13,80	0,00	0,0	0,9	0,06	15,0	6,7
14,00	0,00	0,0	1,3	0,053	24,528	4,1
14,20	0,00	0,0	1,2	0,067	17,91	5,6
14,40	0,00	0,0	1,2	0,06	20,0	5,0
14,60	0,00	0,0	1,2	0,047	25,532	3,9
14,80	0,00	0,0	1,4	0,053	26,415	3,8
15,00	0,00	0,0	1,4	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Distribuzione normale R.C. (Mpa)	fs Distribuzione normale R.C. (Mpa)	Gamma (KN/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0,80	0,5	0,095	14,6	Incoerente-Coesivo	Torbe
6,60	0,888	0,046	19,5	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso soffice
10,20	1,258	0,071	19,5	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso plastico
10,60	1,959	0,047	19,5	Incoerente-Coesivo	Sabbia argilloso- limosa
15,00	0,895	0,045	19,5	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso soffice

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI San Pancrazio_04

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (KPa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Lunne & Eide	Marsland 1974 & Marsland and Powell 1979	De Beer	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	0,80	0,5	0,095	28,30	16,7	25,0	29,07	26,01	24,52
Strato 2	6,60	0,888	0,046	48,24	29,6	44,4	48,22	43,15	44,13
Strato 3	10,20	1,258	0,071	66,83	41,9	62,9	64,60	57,80	62,76
Strato 4	10,60	1,959	0,047	105,86	65,3	97,95	103,54	92,64	98,07
Strato 5	15,00	0,895	0,045	43,59	29,8	44,75	38,20	34,17	45,11

Modulo Edometrico (Mpa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buisman	Buisman Sanglerat
Strato 1	0,80	0,5	0,095	4,00	2,73	7,50	1,50
Strato 2	6,60	0,888	0,046	4,44	4,06	5,33	2,66
Strato 3	10,20	1,258	0,071	6,29	4,68	7,55	3,77
Strato 4	10,60	1,959	0,047	9,80	4,12	11,75	5,88
Strato 5	15,00	0,895	0,045	4,48	4,07	5,37	2,68

Modulo di deformazione non drenato Eu (Mpa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	0,80	0,5	0,095	18,53	0,74
Strato 2	6,60	0,888	0,046	31,59	1,32
Strato 3	10,20	1,258	0,071	43,75	1,88
Strato 4	10,60	1,959	0,047	69,31	2,94
Strato 5	15,00	0,895	0,045	28,54	1,35

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Mpa)
Strato 1	0,80	0,5	0,095	Imai & Tomauchi	7,43
Strato 2	6,60	0,888	0,046	Imai & Tomauchi	10,55
Strato 3	10,20	1,258	0,071	Imai & Tomauchi	13,05
Strato 4	10,60	1,959	0,047	Imai & Tomauchi	17,11
Strato 5	15,00	0,895	0,045	Imai & Tomauchi	10,60

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Stress-History
Strato 1	0,80	0,5	0,095	1,99
Strato 2	6,60	0,888	0,046	<0.5
Strato 3	10,20	1,258	0,071	<0.5
Strato 4	10,60	1,959	0,047	<0.5
Strato 5	15,00	0,895	0,045	<0.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	0,80	0,5	0,095	Meyerhof	17,08
Strato 2	6,60	0,888	0,046	Meyerhof	17,96
Strato 3	10,20	1,258	0,071	Meyerhof	18,49
Strato 4	10,60	1,959	0,047	Meyerhof	19,25
Strato 5	15,00	0,895	0,045	Meyerhof	17,79

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	0,80	0,5	0,095	Meyerhof	17,86
Strato 2	6,60	0,888	0,046	Meyerhof	18,74
Strato 3	10,20	1,258	0,071	Meyerhof	19,28
Strato 4	10,60	1,959	0,047	Meyerhof	20,04
Strato 5	15,00	0,895	0,045	Meyerhof	18,57

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	Schmertman n	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkowsk i 1985
Strato 1	0,80	0,5	0,095	21,39	37,7	37,59	21,84	62,83
Strato 2	6,60	0,888	0,046	8,48	< 5	7,85	8,83	8,83
Strato 3	10,20	1,258	0,071	< 5	< 5	5	8,89	5
Strato 4	10,60	1,959	0,047	< 5	8,56	13,77	18,83	5
Strato 5	15,00	0,895	0,045	< 5	< 5	5	5	5

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Durguno uglu- Mitchell 1973	Caquot	Koppeja n	De Beer	Schmert mann	Robertso n & Campane lla 1983	Herminie r	Meyerho f 1951
Strato 1	0,80	0,5	0,095	34,91	31,87	28,98	27,08	33,28	39,88	25,96	19,29
Strato 2	6,60	0,888	0,046	28,41	24,52	21,26	20,02	28,7	30,86	22,28	21,07
Strato 3	10,20	1,258	0,071	26,97	22,81	19,47	18,39	28,7	28,27	21,96	22,76
Strato 4	10,60	1,959	0,047	28,23	24,06	20,77	19,58	29,2	30,22	22,27	25,97
Strato 5	15,00	0,895	0,045	23,61	19,22	15,7	14,94	28,7	21,28	21,47	21,1

Modulo di Young (Mpa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 1	0,80	0,5	0,095	1,25	1,00	5,74
Strato 2	6,60	0,888	0,046	2,22	1,78	13,68
Strato 3	10,20	1,258	0,071	3,14	2,52	19,37
Strato 4	10,60	1,959	0,047	4,90	3,92	29,33
Strato 5	15,00	0,895	0,045	2,24	1,79	13,78

Modulo Edometrico (Mpa)

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Robertson & Campanella da Schmertman n	Lunne- Christoffe n 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy- Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 1	0,80	0,5	0,095	3,00	1,96	3,27	1,00	4,00
Strato 2	6,60	0,888	0,046	0,95	3,48	5,55	1,78	7,10
Strato 3	10,20	1,258	0,071	1,49	4,93	7,64	2,52	6,29
Strato 4	10,60	1,959	0,047	2,02	7,68	13,07	3,92	9,79
Strato 5	15,00	0,895	0,045	1,98	3,51	3,87	1,79	7,16

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	G (Mpa)
Strato 1	0,80	0,5	0,095	Imai & Tomauchi	7,43
Strato 2	6,60	0,888	0,046	Imai & Tomauchi	10,55
Strato 3	10,20	1,258	0,071	Imai & Tomauchi	13,05
Strato 4	10,60	1,959	0,047	Imai & Tomauchi	17,11
Strato 5	15,00	0,895	0,045	Imai & Tomauchi	10,60

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Stress-History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 1	0,80	0,5	0,095	1,99	>9	1,76	>9
Strato 2	6,60	0,888	0,046	<0.5	7,82	<0.5	2,81
Strato 3	10,20	1,258	0,071	<0.5	5,8	<0.5	1,46
Strato 4	10,60	1,959	0,047	<0.5	4,09	<0.5	1,97
Strato 5	15,00	0,895	0,045	<0.5	2,55	<0.5	0,5

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Ko
Strato 1	0,80	0,5	0,095	Kulhawy & Mayne (1990)	0,55
Strato 2	6,60	0,888	0,046	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 3	10,20	1,258	0,071	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 4	10,60	1,959	0,047	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 5	15,00	0,895	0,045	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	C	Crm
Strato 1	0,80	0,5	0,095	0,32786	0,04262
Strato 2	6,60	0,888	0,046	0,21388	0,0278
Strato 3	10,20	1,258	0,071	0,17068	0,02219
Strato 4	10,60	1,959	0,047	0,13358	0,01737
Strato 5	15,00	0,895	0,045	0,21273	0,02765

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	0,80	0,5	0,095	Meyerhof	17,65
Strato 2	6,60	0,888	0,046	Meyerhof	17,65
Strato 3	10,20	1,258	0,071	Meyerhof	17,65
Strato 4	10,60	1,959	0,047	Meyerhof	17,65
Strato 5	15,00	0,895	0,045	Meyerhof	17,65

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	0,80	0,5	0,095	Meyerhof	20,59
Strato 2	6,60	0,888	0,046	Meyerhof	20,59
Strato 3	10,20	1,258	0,071	Meyerhof	20,59
Strato 4	10,60	1,959	0,047	Meyerhof	20,59
Strato 5	15,00	0,895	0,045	Meyerhof	20,59

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	0,80	0,5	0,095	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 2	6,60	0,888	0,046	Piacentini-Righi 1988	9,870258E-10
Strato 3	10,20	1,258	0,071	Piacentini-Righi 1988	6,471398E-11
Strato 4	10,60	1,959	0,047	Piacentini-Righi 1988	9,396782E-05
Strato 5	15,00	0,895	0,045	Piacentini-Righi 1988	1,939665E-09

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	0,80	0,5	0,095	Piacentini-Righi 1988	1,529574E-07
Strato 2	6,60	0,888	0,046	Piacentini-Righi 1988	2,681279E-05
Strato 3	10,20	1,258	0,071	Piacentini-Righi 1988	2,490459E-06
Strato 4	10,60	1,959	0,047	Piacentini-Righi 1988	5,631371
Strato 5	15,00	0,895	0,045	Piacentini-Righi 1988	5,310682E-05

Provincia di Modena
Area Lavori Pubblici
U.O. Geologico

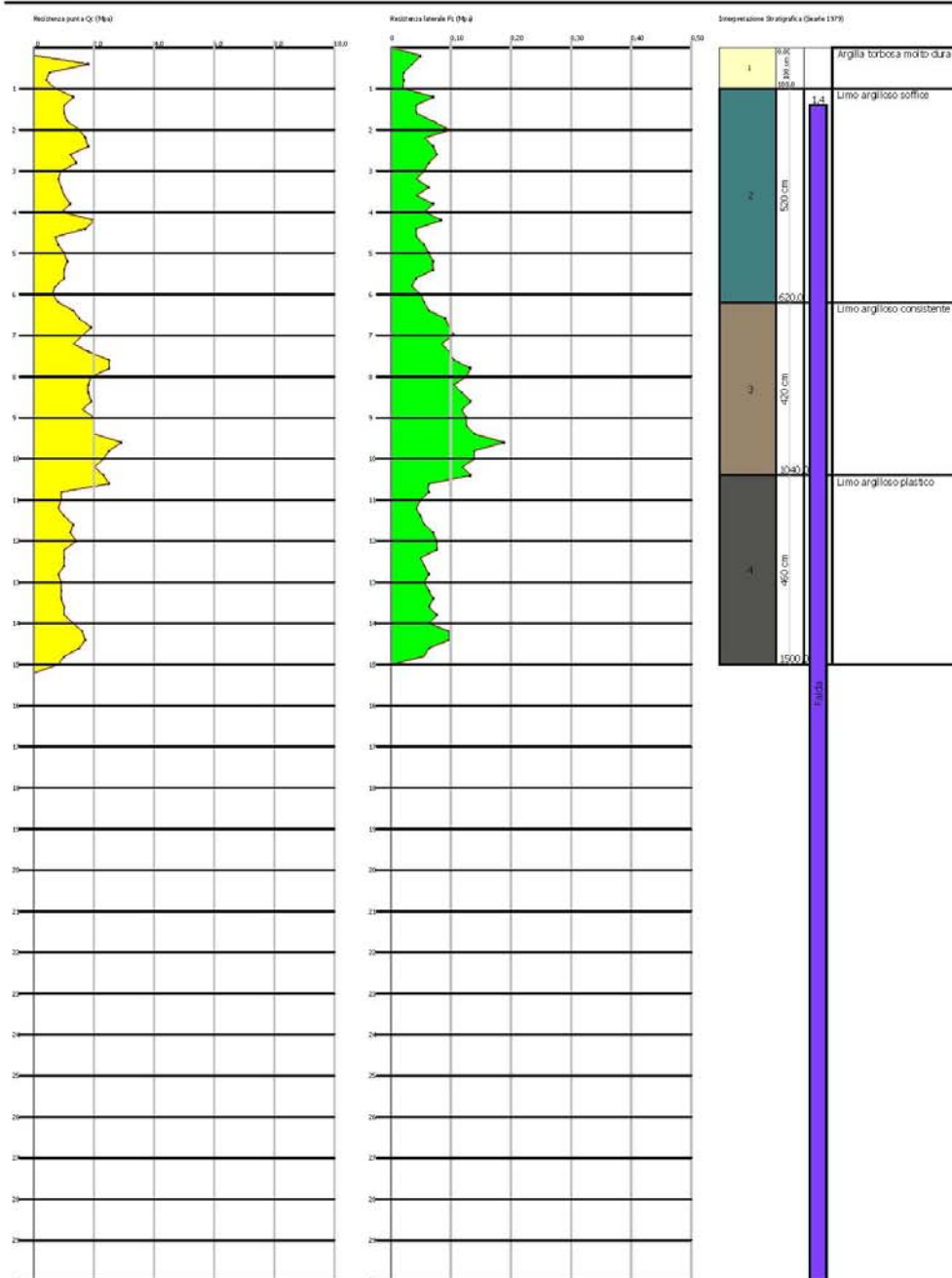
Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
DPR 383/01 Art. 59 Circolare 76/19/STC del 08/09/2010
Concessione per l'esecuzione e certificazione di indagini geotecniche presso di campioni e prove in situ.
Codice nr. del di

Probe CPT - Cone Penetration San Pancrazio_01
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

02611

Committente: Provincia di Modena
Cantiere: Allargamento SP 413 San Pancrazio
Località: Modena

Data: 24/07/2013



Scala profondità 1:137 - Q: 1 cm=1,88 Mpa - Fs: 1 cm=0,09 Mpa -

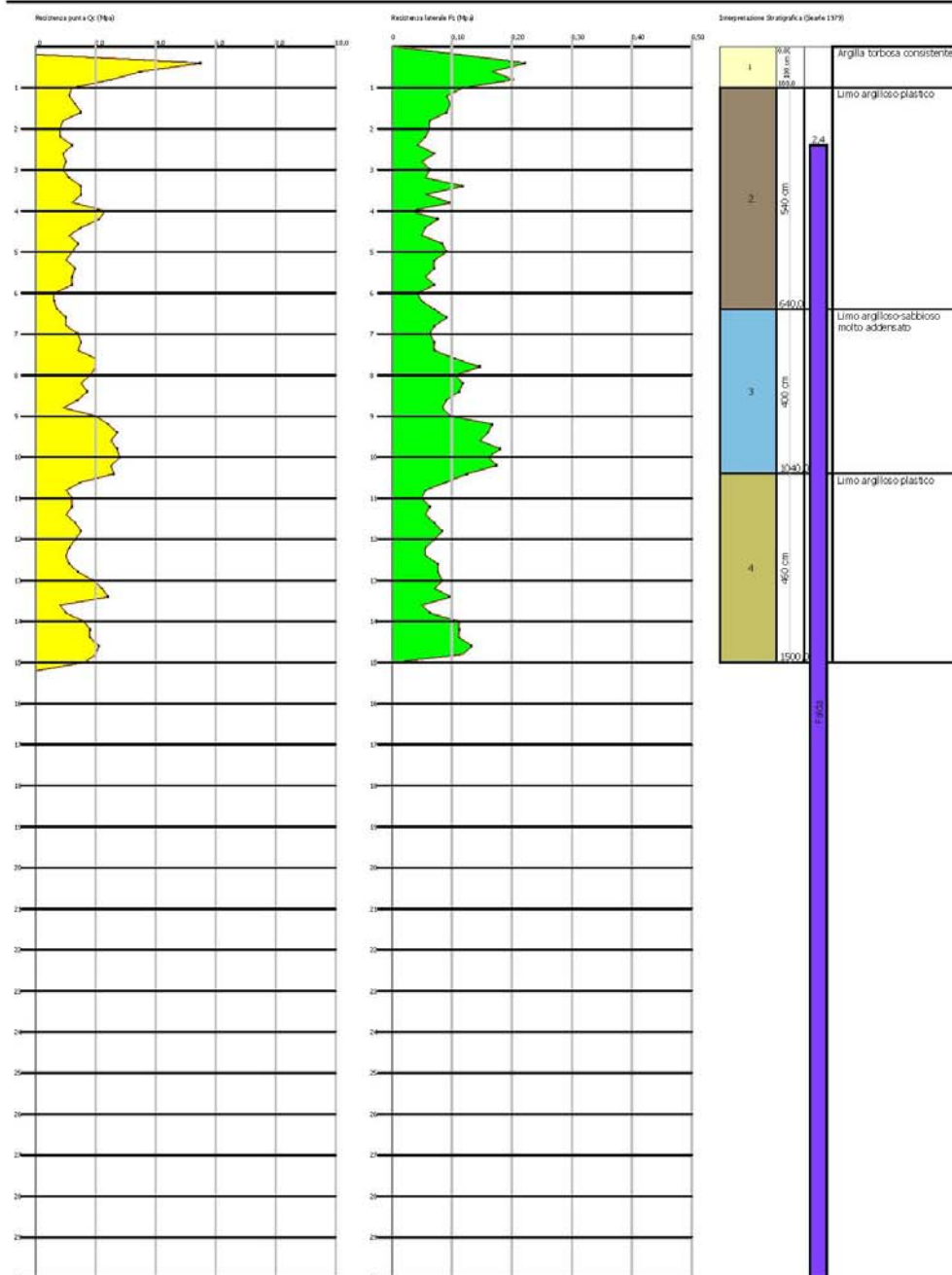
Provincia di Modena
Area Lavori Pubblici
U.O. Geologico

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
DPR 363/01, Art. 50 Circolare 76/95/STC del 08/09/2010
Conoscenza per l'ispezione e certificazione di indagini geotecniche prelievo di campioni e prove in situ.
Dato n° _____ del _____ e n° _____ del _____.

Probe CPT - Cone Penetration San Pancrazio_02
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: Provincia di Modena
Cantiere: Allargamento SP 413 San Pancrazio
Località: Modena

Data: 24/02/2013



Scala profondità 1:137 - Qc: 1 cm=1,88 Mpa - Fs: 1 cm=0,99 Mpa -

Provincia di Modena
Area Lavori Pubblici
U.O. Geologico

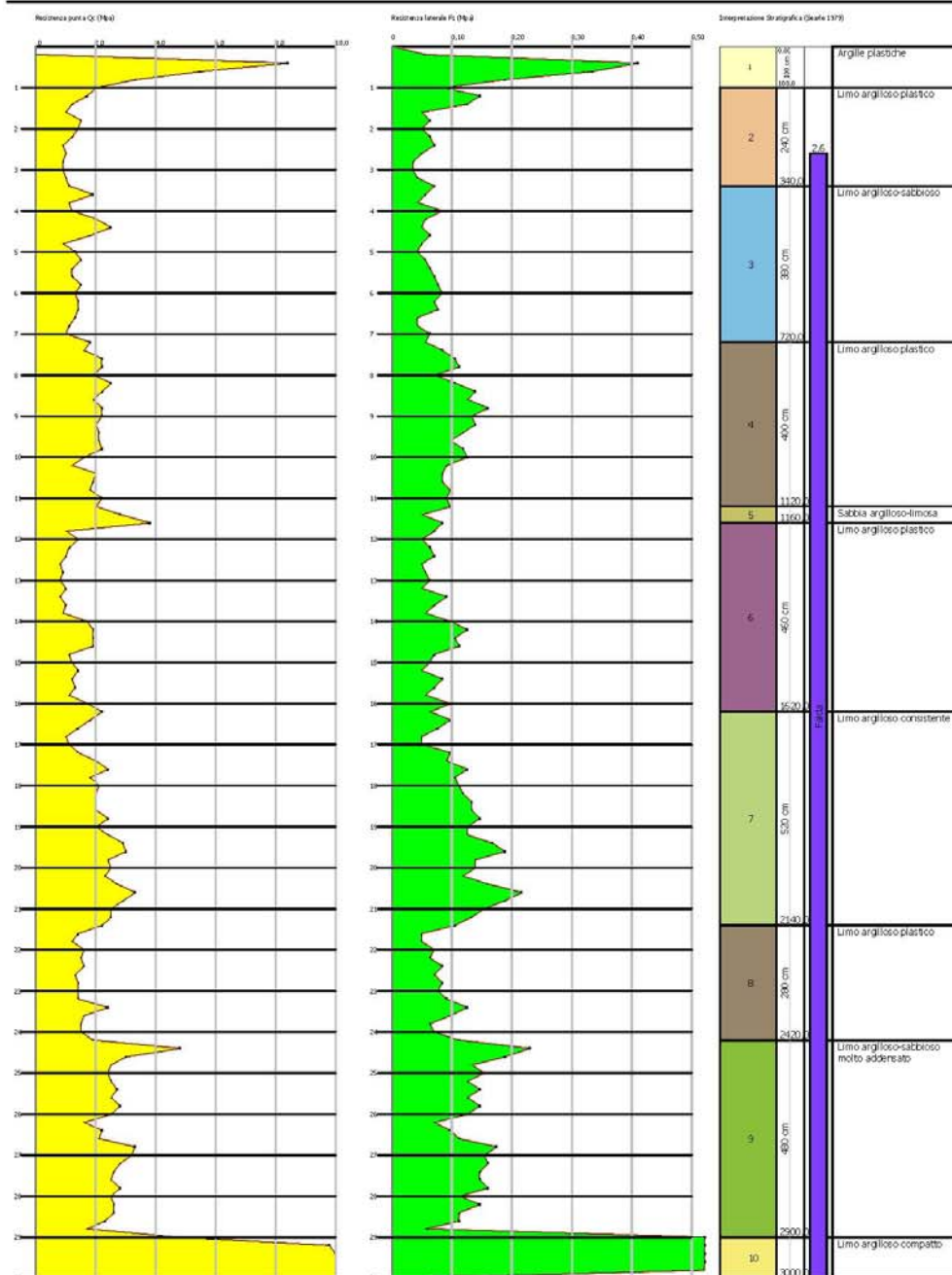
Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
DPR 363/01, Art. 50 Circolare 76/95/STC del 08/09/2010
Conoscenza per l'ispezione e certificazione di indagini geotecniche presso di campioni e prove in situ.
Dato n° _____ del _____ e n° _____ del _____.

Probe CPT - Cone Penetration San Pancrazio_03
Strumento utilizzato GOUDA 100 kN

02613

Committente: Provincia di Modena
Cantiere: Allargamento SP 413 San Pancrazio
Località: Modena

Data: 25/07/2013



Scala profondità 1:137 - Qc: 1 cm=1,88 Mpa - Fs: 1 cm=0,99 Mpa -

Provincia di Modena
Area Lavori Pubblici
U.O. Geologico

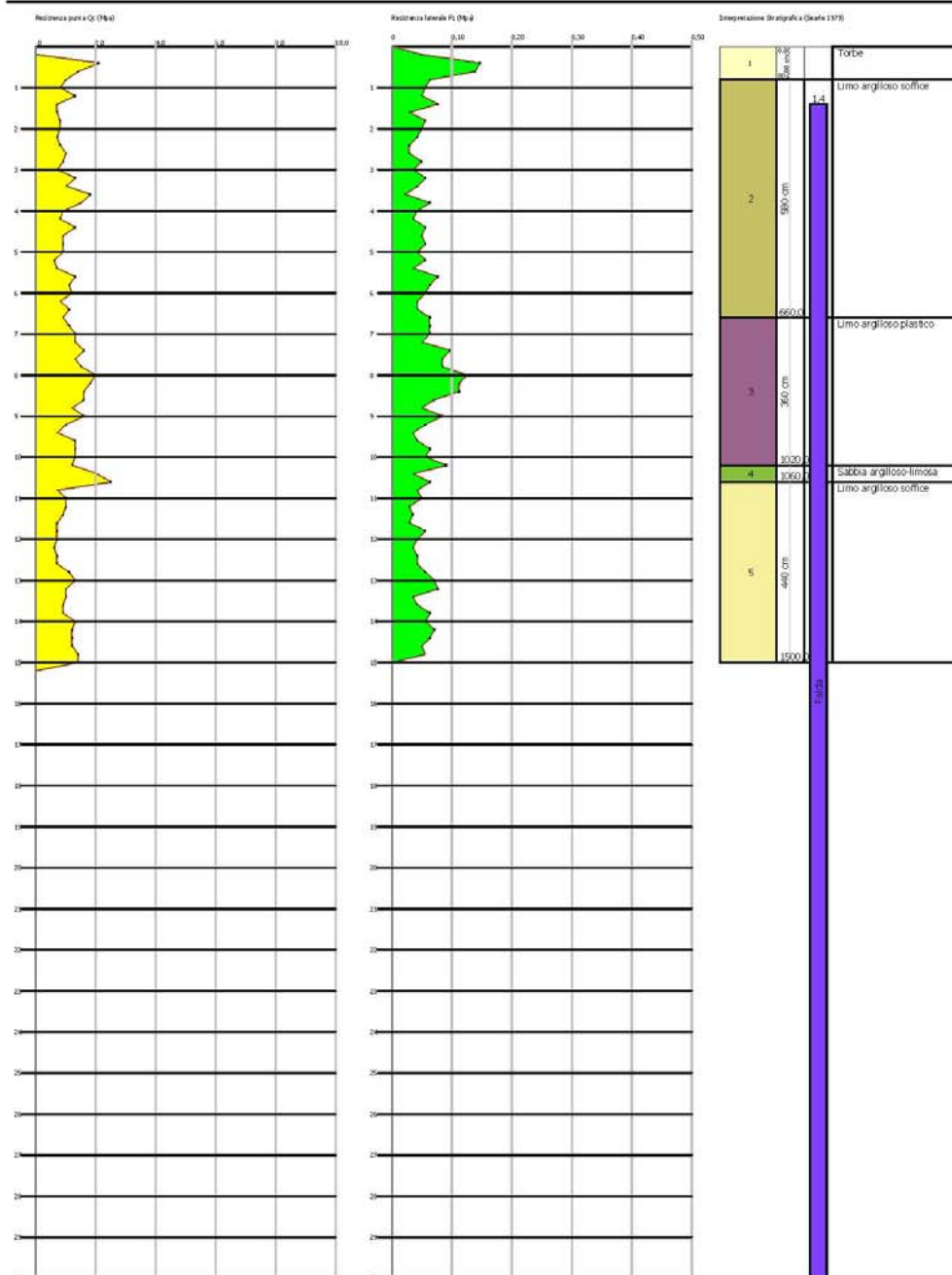
Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti
DPR 363/01, Art. 50 Circolare 76/95/STC del 08/09/2010
Conoscenza per l'ispezione e certificazione di indagini geotecniche prelievo di campioni e prove in situ.
Dato n° _____ del _____ e n° _____ del _____.

Probe CPT - Cone Penetration San Pancrazio_04
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

02614

Committente: Provincia di Modena
Cantiere: Allargamento SP 413 San Pancrazio
Località: Modena

Data: 24/02/2013



Scala profondità 1:137 - Q_c : 1 cm=1,88 Mpa - F_s : 1 cm=0,99 Mpa -



Foto 1: Ubicazione della Prova penetrometrica CPT_01



Foto 2: Ubicazione della Prova penetrometrica CPT_02



Foto 3: Ubicazione della Prova penetrometrica CPT_03



Foto 4: Ubicazione della Prova penetrometrica CPT_04