

- Relazione Geologica: indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito (paragrafo C6.2.1);
- Relazione Geotecnica: indagini, caratterizzazione e modellazione volume significativo del sito (paragrafi C6.2.2 e C6.2.2.5);
- Relazione sulla modellazione sismica concernente la “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione (paragrafo C3.2) e analisi Risposta Sismica Locale (approfondimento di 3° livello)

Indagine geognostica e sismica effettuata in località Mancasale, comune di Reggio Emilia, nell'ambito della variante di PUA, AP 14 - Mancasale, inerente ad una nuova lottizzazione, secondo quanto previsto dal D.M. 17/01/2018.

20.12.2021



Committente

Motor Power Company S.r.l.

Via Leonardo da Vinci, 4

42024 Castelnovo di sotto (RE)

Dott. Geol. GEMELLI, Thomas

Viale Milano 21, Sassuolo (MO)

iscritto all'Albo dei geologi Em. Rom. Al n° 1009

Cell. 3495786691 – email: thomas.gemelli@tiscali.it



Sommario

Premessa	3
Relazione Geologica: indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito.....	3
<i>Inquadramento geologico, geomorfologico e stratigrafico generale</i>	<i>7</i>
<i>Risultati dell'indagine geologica e stratigrafica locale</i>	<i>13</i>
Relazione sulla modellazione sismica concernente la “pericolosità sismica di base” del sito oggetto d’indagine.	15
<i>Aspetti sismici (coordinate sito WGS84: Long. 10.64802503 / Latit. 44.74635537).....</i>	<i>15</i>
<i>Analisi sismica dei microtremori passivi (Re.Mi.)</i>	<i>18</i>
<i>Misura dei rapporti spettrali HVSR - Horizontal to Vertical Spectral Ratio (ipotesi di nakamura).....</i>	<i>22</i>
<i>Risposta Sismica Locale (RSL) – approfondimento di tipo 3</i>	<i>25</i>
<i>Liquefazione e cedimenti post-sismici</i>	<i>29</i>
Relazione Geotecnica: indagini, caratterizzazione e modellazione volume significativo del sito	33
<i>Caratterizzazione Geotecnica</i>	<i>33</i>
<i>Parametri geotecnici terreno di fondazione portata limite ultima ($Q_{lim. ultimo}$) dei limi sabbiosi.....</i>	<i>36</i>
Conclusioni	46
Allegati.....	49

Premessa

In località Mancasale, comune di Reggio Emilia, la ditta **Motor Power Company S.r.l.**, nell’ambito di una lottizzazione prevista nella variante di PUA, AP 14 - Mancasale, ha incaricato lo scrivente di realizzare uno studio geologico, geotecnico e sismico, per risalire alle caratteristiche intrinseche del volume significativo di terreno, secondo quanto previsto dall’ultimo **DM 17/01/2018** (paragrafo §6.2.1, §6.2.2 e §3.2).



Fig. 1: estratto ortofoto AGEA (base DBTR Carta Tecnica Regionale, 2013), scala 1:5000, con evidenziata l’area oggetto d’intervento e le indagini effettuate nell’ambito dello studio.

Relazione Geologica: indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito

I rilevamenti geognostici e sismici si sono avvalsi delle seguenti metodologie: n°7 penetrometrie statiche CPT in possesso della committenza, realizzate nel 2003, rielaborate secondo le indicazioni del DM 17/01/2018, implementate da n°1 sismico ai microtremori (foto 1) e n°2 registrazioni delle frequenze naturali

del terreno (rapporto spettrale H/V - foto 2), distribuiti nell'area indagata come riportato in fig. 2:



Di seguito si riportano le caratteristiche per ogni tipologia di indagine eseguita.

- **sondaggi statici CPT¹ (cone penetration test):** vengono corredati da un primo tabulato con grafici relativi di resistenza alla punta " Q_c ", al rapporto delle resistenze (*friction ratio*) " $R_f = f_s/Q_c \times 100$ ", la percentuale (%) fine di matrice argillosa e dalla ricostruzione delle facies rilevate (secondo Robertson 2015), da un secondo tabulato redatto in ottemperanza all'Allegato 3 della Regione

¹ Cone Penetration Test. Penetrometro Gouda (10 ton) con punta "Friction Jacked Cone" avente un'area di 10 cm² ed un angolo alla punta di 60°.

Emilia Romagna (n° 4 del 08/01/2016, Parte seconda, procedure per analisi di terzo livello), dove viene analizzato il rischio di liquefazione - **LPI** (Idriss – Boulanger) e i cedimenti post sismici (Zhang – Robertson); infine un terzo tabulato con le principali variabili geotecniche (**p.s.**: peso specifico; **c_u**: coesione totale; **c'**: coesione efficace; **φ**: angolo di attrito interno; **k₀**: coefficiente di sottofondo; **E_{ed}**: modulo edometrico; **E_y**: modulo di Young; **d_r**: densità relativa e **OCR**);

- **stendimento sismico ReMi (microtremors)**: Modalità per la determinazione delle Vs₃₀ con geofoni da 4,5 Hz per la ricezione delle onde a bassa frequenza, o onde *Rayleigh*. Questa tecnica, oltre a essere non invasiva, non richiede forme di energizzazione in quanto sfrutta l'energia dispersa nel sottosuolo. Le onde *Rayleigh*, che sono il risultato dell'interferenza fra le onde di pressione "P" e quelle di taglio "S", si trasmettono sulla superficie libera e, in un terreno stratificato, subiscono una sorta di dispersione con velocità di propagazione che dipende dalla frequenza. Le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità per cui hanno una maggior velocità di fase.



Foto 1: stendimento sismico ai microtremori (Re.Mi.).

Il calcolo del profilo delle velocità $\frac{V_{fase}}{frequenza}$ può essere convertito nel profilo $\frac{V_s}{profondità}$.

Le onde di superficie così registrate in archi temporali di 32 secondi, con modalità 24 bit e con 5-6 campionamenti per ogni stendimento, che coprono un range di frequenza che varia da 2 a 25 Hz, consentono di ricostruire in modo dettagliato l'andamento delle "Vs" nell'ambito dei primi 100 metri di sottosuolo.

- **Prova sismica HVSR:** l'indagine sismica è stata condotta utilizzando un tomografo digitale, contenente tre sensori elettrodinamici ortogonali tra loro (velocimetri), che possono lavorare sul range frequenziale 0,1 – 512 Hz. Tale indagine geofisica si basa sul "metodo di Nakamura", cioè sull'analisi dei valori medi del rapporto di ampiezza fra le componenti spettrali orizzontali e verticali del rumore sismico. In particolare, oggetto di analisi è la cosiddetta "funzione H/V" dei rapporti spettrali medi in funzione della frequenza di vibrazione. Il valore di tale rapporto è direttamente correlato con la frequenza di risonanza determinata dal passaggio tra due strati che hanno una differenza significativa del contrasto di impedenza (velocità delle onde e densità del materiale). Per la determinazione delle velocità delle onde di taglio è stato utilizzato un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (HVSR), basati sulla simulazione del campo di onde di superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli secondo la teoria descritta in AKI (1964) e Ben-Menahem e Singh (1981). Operativamente si costruisce un modello teorico HVSR avente tante discontinuità sismiche quante sono le discontinuità evidenziate dalla registrazione eseguita; successivamente, tramite specifico algoritmo, si adatta la curva teorica a quella sperimentale. In questo modo si otterranno gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde Vs. Nel presente lavoro, quindi, si è utilizzata la teoria di Nakamura che relaziona lo spettro di

risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale H/V) con quello effettivamente misurato in superficie.

Considerando due strati con differente impedenza acustica, la **frequenza di risonanza (fr)** è legata allo spessore e alla velocità delle onde di taglio Vs del primo strato dalla seguente relazione:

$$fr = Vs_1 / 4 h_1$$

(dove: Vs_1 = velocità delle onde S del primo strato; h_1 = spessore primo strato)



Foto 2: registrazione della frequenze naturali del terreno (Hvsr).

Inquadramento geologico, geomorfologico e stratigrafico generale

La carta geologico-stratigrafica riportata in allegato (di cui un estratto in *fig. 3*) e l'analisi delle prove geognostiche distribuite nell'area, evidenziano un quadro geologico caratterizzato da terreni che segnano il passaggio dalle conoidi alluvionali dei corsi d'acqua principali, F. Enza e T. Crostolo, contraddistinti da successioni argillose e/o limo-argillose, intercalate nei primi 10 m da frequenti livelli incoerenti, sia sabbie di modesto spessore, sia orizzonti ghiaiosi, che tendono ad aumentare solo nelle vicinanze dell'alveo

del T. Crostolo, che fin dall'epoca medioevale era regolato e controllato entro argini, in modo da mitigare gli effetti delle ondate di piena a difesa di Reggio Emilia..

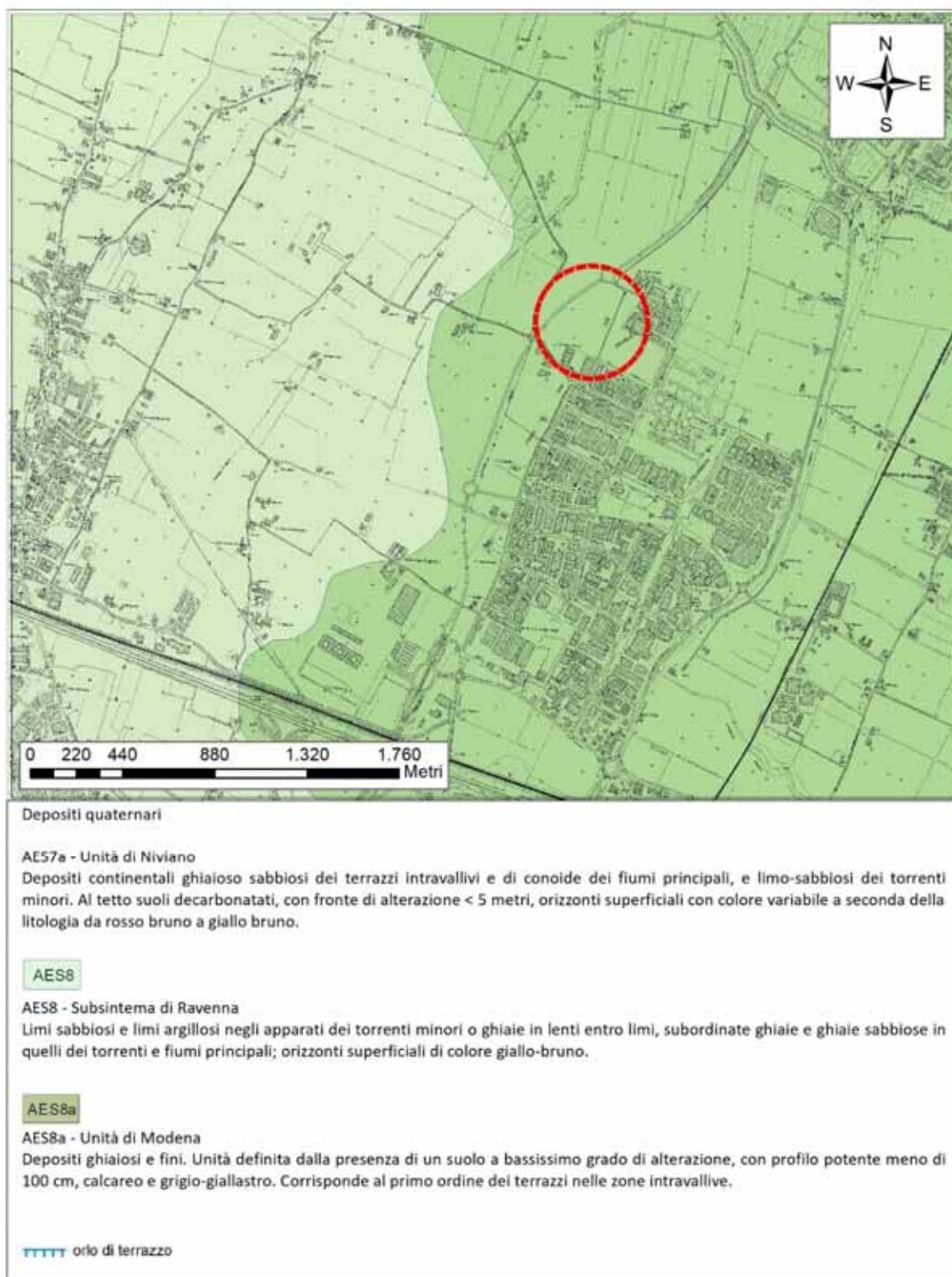


Fig. 3: estratto della carta geologica del margine appenninico della pianura padana, che mette in evidenza la natura alluvionale del terreno.

Lo spessore complessivo dei detriti dalla Carta Sismotettonica della RER (fig. 4), risulta profondo (≈ 350 m), confermato anche dalla carta relativa alla profondità del substrato marino pliocenico (fig. 5).

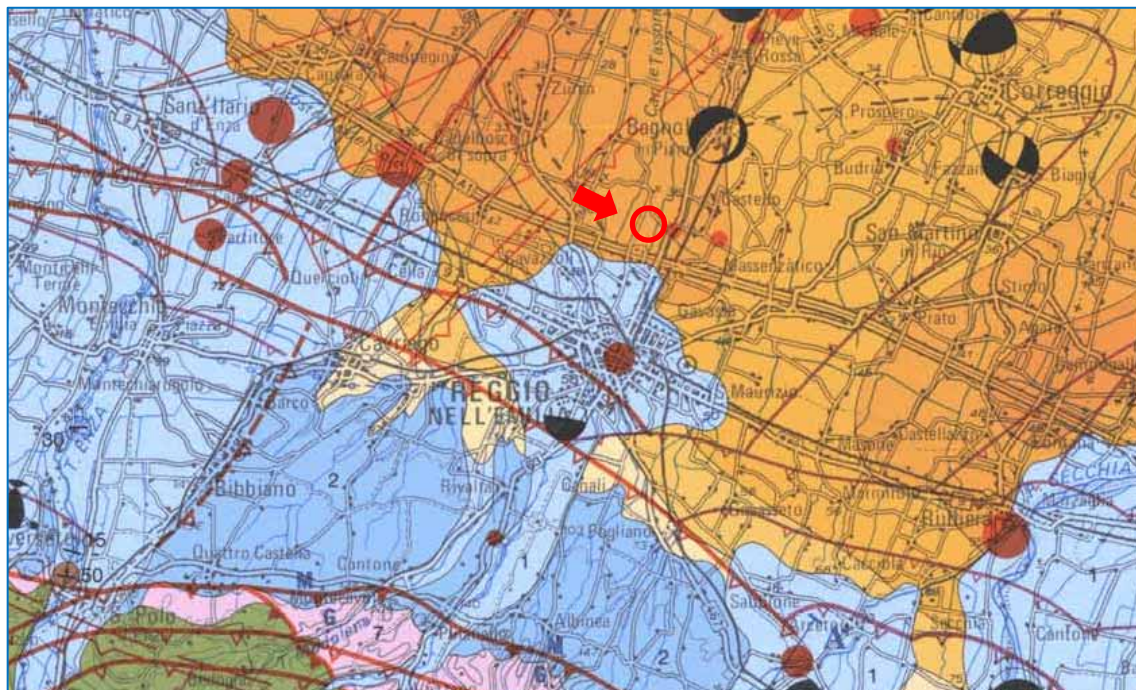


Fig. 4: estratto della carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna.

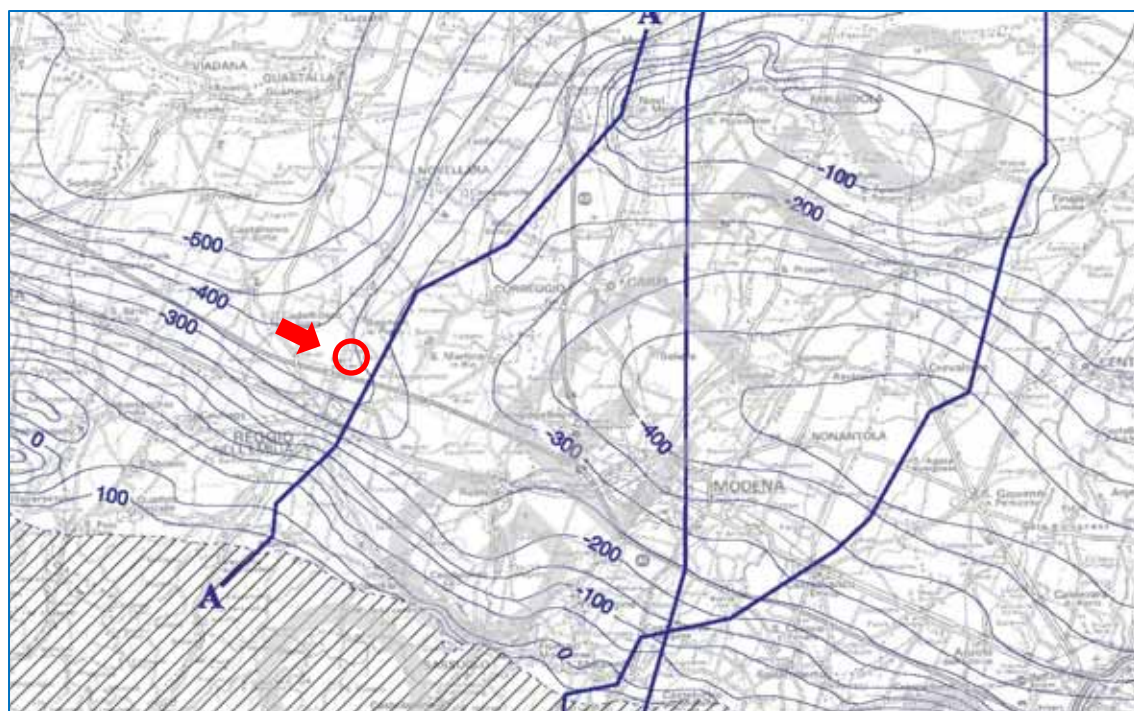


Fig. 5: estratto della carta relativa alla profondità del substrato marino pliocenico, dove si evince che, nell'area indagata è di circa 350 m.

Anche le stratigrafie di pozzi acquiferi posti al contorno evidenziano un’alternanza tipicamente alluvionale, ossia strati coesivi (limi e/o argille) intercalati a locali orizzonti sabbiosi e/o ghiaio-sabbiose fino a oltre 120 metri di profondità; in nessun carotaggio si è raggiunto il substrato marino (estratti dell’elaborato *in allegato* vengono riportati in fig. 6, 7 e 8).



Fig. 6: ubicazione di pozzi acquiferi al contorno dell’area oggetto d’indagine.

PROFONDITA' a metri	NATURA LITOLOGICA descrizione	PROFONDITA' a metri	NATURA LITOLOGICA descrizione
120,0	argilla	23,0	ARGILLA
121,0	limo	25,0	SABBIA
100,0	argilla	58,0	ARGILLA
106,0	roccia mista ghiaia	59,0	SABBIA
		11,0	ARGILLA
		118	SABBIA

Fig.re 7 e 8: stratigrafie di pozzi al contorno che evidenziano l’alternanza di orizzonti coesivi (argilla e limo) con quelli incoerenti (sabbia e ghiaia).

Dal punto di vista morfologico l’area indagata è caratterizzata da una superficie pianeggiante uniforme, dominata in gran parte da sedimenti fini (limi e argille) e in misura inferiore da sabbie e ghiaie. La diversa distribuzione areale e la differenziazione

litologica dei materiali rappresentati è da correlare direttamente alle variazioni di energia delle correnti fluviali nonché dall'alternarsi di eventi erosivi a fasi di sedimentazione; questi fenomeni hanno prodotto terrazzamenti dei sedimenti, più modesti di quelli del “Ghiardo”, ancora visibili lungo la valle del T.Crostolo a monte della città. Procedendo verso Nord, questi sfumano rapidamente e già a valle della Via Emilia non sono più rilevabili morfologicamente. La Via Emilia coincide, grossomodo, con il passaggio fra i termini sabbioso-ghiaiosi di monte ed i materiali limo-argillosi tipici dell'ambiente di medio-bassa pianura. Un'indagine geomorfologica ad una scala maggiore rispetto a quella sopra descritta, colloca la porzione nord del territorio comunale nel macro-ambiente deposizionale della "Piana a coperiura alluvionale". Questa è contraddistinta dalla presenza di depositi a sequenze prevalentemente fini (sabbie, limi, argille), dovuti ad una crescita di tipo verticale data da processi di tracimazione e rotta fluviale, che hanno portato alla deposizione di strati sub-orizzontali a geometria lenticolare, probabilmente riferibili a singoli eventi alluvionali. Nel caso di rotte e tracimazioni, le acque inondano i terreni adiacenti l'alveo, depositando sedimenti più grossolani (sabbie e sabbie limose) nelle vicinanze dello stesso e sedimenti più fini al diminuire della capacità di trasporto. Il continuo avvicinarsi nel tempo delle situazioni sopra descritte, determina quindi il sovrapporsi di depositi a diversa granulometria, in lenti e livelli orientati prevalentemente nel senso di sconimento delle conenti.

Di seguito si riporta in *fig.9* uno stralcio Carta geomorfologica della pianura di Reggio Emilia (Mazza G., Cremaschi M., 1988): sono evidenti le principali forme presenti nel territorio, inteso ad area vasta, legate sia a genesi di tipo fluviale che antropica nonché le linee strutturali intese come faglie. Una analisi a maggiore scala è interessante, poiché mostra lo sviluppo geometrico completo di ogni forma (vedi conoidi, paleo-alvei, ecc) che è stata anche cartografata nella sola porzione ricadente nel territorio reggiano. Riassumendo, l'inquadramento geologico, geomorfologico e storico degli insediamenti ha permesso di ricostruire la situazione del primo substrato dell'area oggetto d'indagine, costituito essenzialmente da spessori alluvionali (orizzonti limo-argillosi e/o ghiaio-sabbiosi), caratterizzate da frequenti variazioni laterali di facies

deposizionali proprio perché le acque di scorrimento, a seguito di eventi di piena cambiavano nel tempo percorso, difatti, i sondaggi effettuati nell'area del centro storico presentano una tessitura superficiale diversa anche a distanza di poche decine di metri.

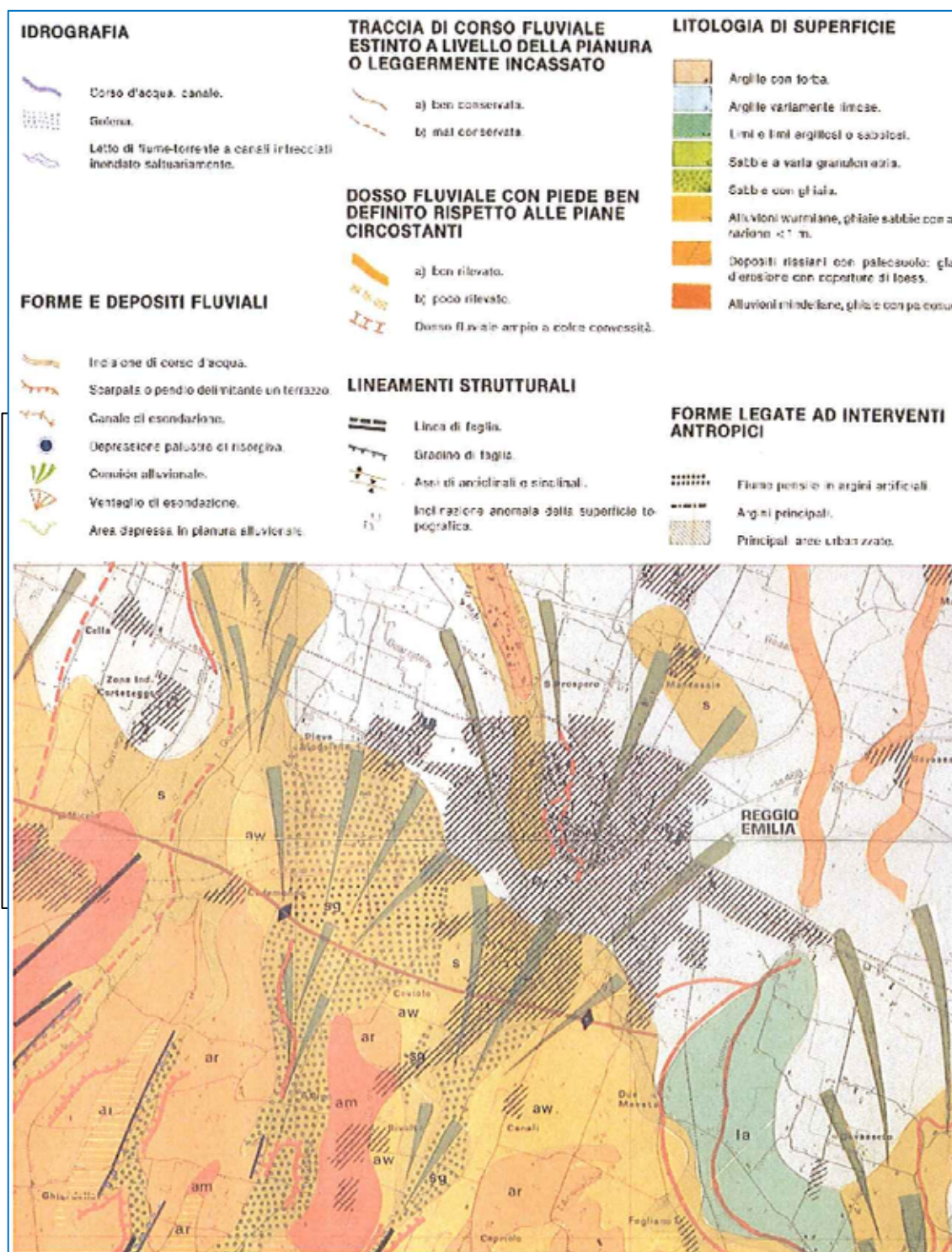


Fig. 9: estratto della carta geomorfologica della pianura padana (Mazza G., Cremaschi M., 1988) dell'area oggetto d'indagine, dove si evince l'esistenza di conoidi di deiezioni, tipiche di rotta alluvionali e successive fasi deposizionali di paleoalvei fluviali appartenenti o al T.Crostolo o Pieve Modolena.

Risultati dell'indagine geologica e stratigrafica locale

La ricostruzione stratigrafica di superficie, ricavata dalla restituzione delle prove penetrometriche realizzate (*fig. 10*), evidenzia una predominanza superficiale di litologie limo-sabbiose, localmente sabbio-limose, fino a 12 m dal p.c., poi argille e limi, e un orizzonte sabbioso di modesto spessore (< di 3.0 m) con una matrice limosa sempre presente, poi nuovamente argille e limi fino a fondo foro; di seguito si riporta la stratigrafia locale di riferimento:

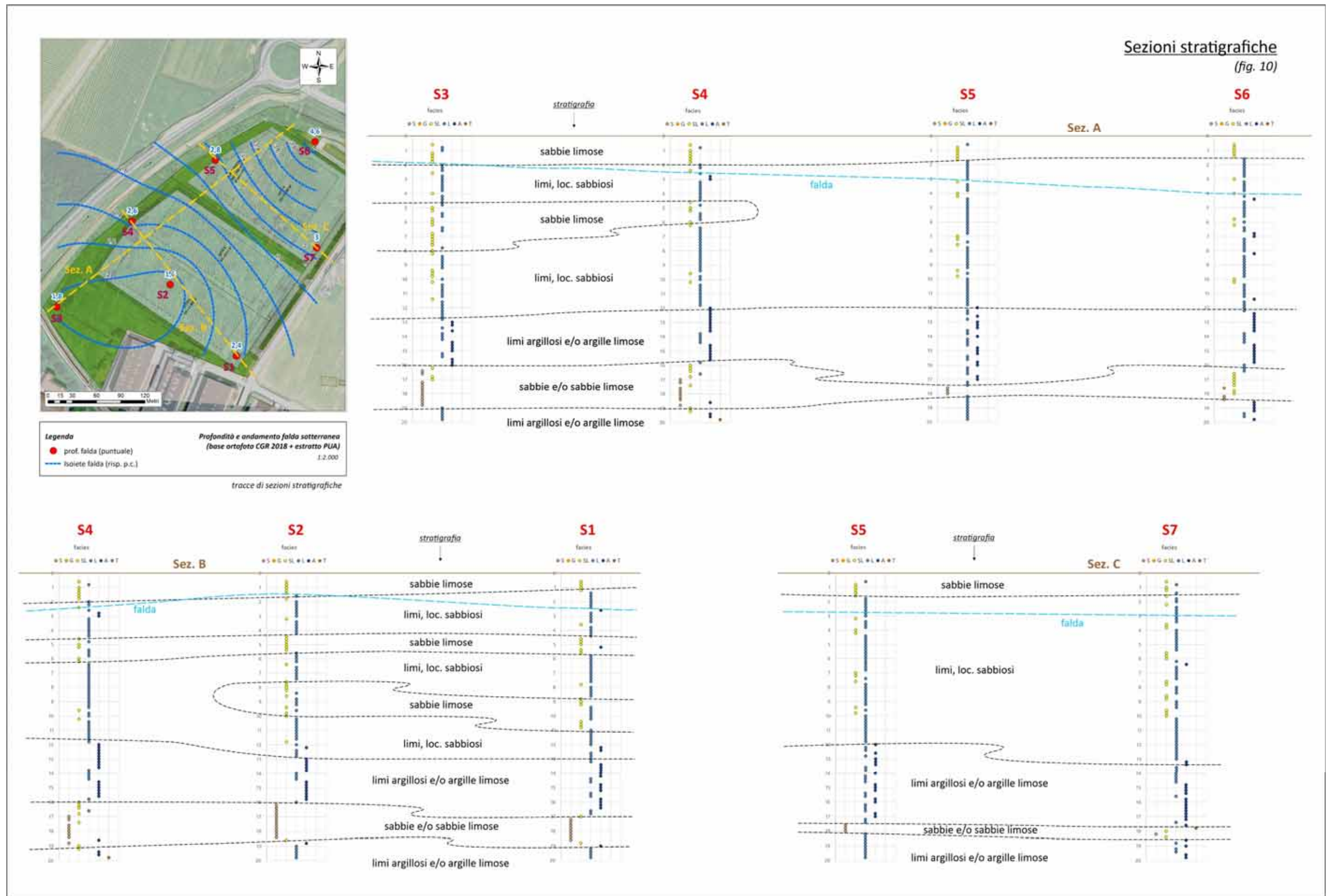
Sondaggio S3:

- da p.c. a 1.0 m: **pedosuolo**, contraddistinto da una matrice limo-sabbiosa;
- da 1.0 a 1.6: sabbie limose;
- da 1.6 m a 4.8 m: **limi** e/o limi sabbiosi;
- da 4.8 m a 8.0 m: **sabbie limose**;
- da 8.0 m a 12.0 m: **limi**, loc. sabbiosi;
- da 12.0 m a 16.0 m: **limi argillosi e/o argille limose**;
- da 16.0 m a 19.0 m: **sabbie addensate** ($Dr \approx 85 - 89 \%$), loc. limose;
- da 19.0 m a 20.0 m: **argille e/o argille limose**.

Il livello di sabbia rinvenuto in tutta l'area alla profondità di 16.0 m dal p.c., caratterizzato da uno spessore di circa 3.0 m, tende ad assottigliarsi in prossimità dell'allineamento S5 - S7 (< di 0.8 m).

La profondità della freatica è diversa in ogni verticale, più superficiale nel settore SW dell'area (1.6 – 1.8 m dal p.c.), mentre si approfondisce gradualmente verso nord, fino a 4.0 m; in *fig. 10*, viene ricostruito l'andamento delle isopieze relativa alla soggiacenza della falda.

Il rilevamento di campagna e l'analisi della cartografia esistente non evidenzia la presenza di alcun fenomeno di detensionamento superficiale, pertanto il lotto è **stabile**.



Relazione sulla modellazione sismica concernente la “pericolosità sismica di base” del sito oggetto d’indagine.

Aspetti sismici (coordinate sito WGS84: Long. 10.64802503 / Latit. 44.74635537)

Per quanto concerne le caratteristiche sismiche del terreno, fondamentali per ricostruire il modello geotecnico locale, il D.M. 17/01/2018, stabilisce che per il calcolo di alcuni parametri caratteristici, tra cui la portata dello stesso (“ $Q_{LIM.ULT.}$ ”), bisogna individuare prima alcuni parametri spettrali tipici del sito; ivi, la legge stabilisce che l’azione sismica non va più considerata “zona dipendente” bensì “sito dipendente” per cui si definisce il rischio sismico di base del luogo (“ a_g ”: accelerazione del substrato tettonico, “ F_o ”: valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale e “ T_c ”: periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) dovranno essere determinati utilizzando il reticolo di riferimento di cui alle NTC - Tab.1 dell’allegato “B” del D.M. in questione, dopo avere stabilito la classe d’uso (II)², il tempo di ritorno che corrisponde alla salvaguardia della vita (475 anni) e la vita nominale dell’opera (50 anni). La storia sismica del luogo è reperibile negli annali dell’INGV, più precisamente nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15, ver. 1.5); per quanto concerne l’abitato di Reggio nell’Emilia, gli eventi registrati sono i seguenti (fig. 11 e 12):

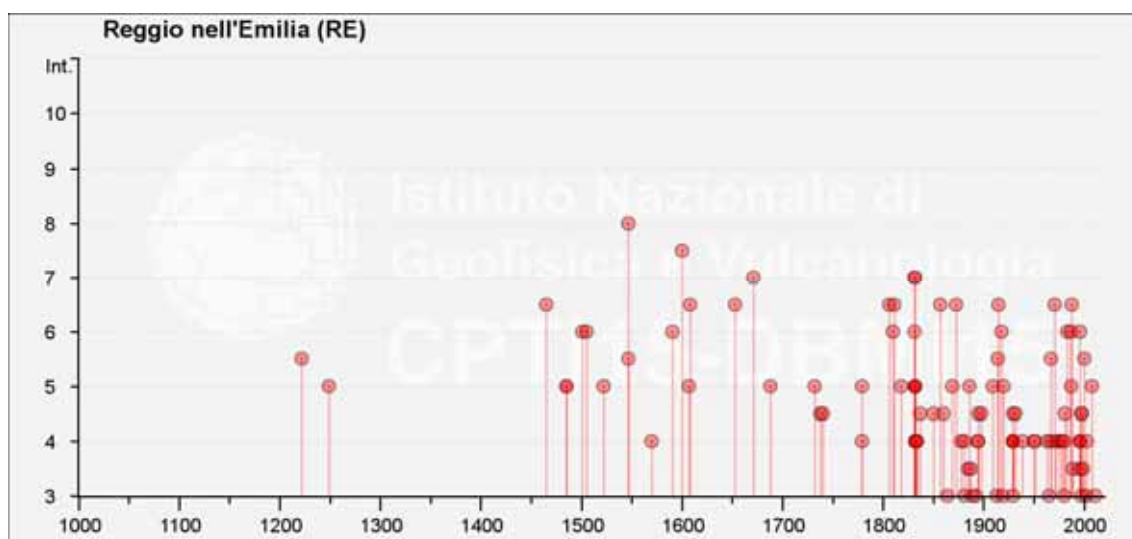


Fig. 11: grafico con i principali terremoti che hanno interessato l’area oggetto d’indagine.

² **Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti (classe II).**

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDI	Io	Mw
7-8	1600 10 28	Reggio nell'Emilia	1	7-8	5,33
6-7	1465 04 07 15 30	Pianura emiliana	5	5-6	4,4
6-7	1608 01 06 22 20	Reggio nell'Emilia	2	5-6	4,4
6-7	1653 04 19 04 15	Reggiano	4	5-6	4,4
6-7	1806 02 12	Reggiano	28	7	5,21
6-7	1811 07 15 22 44	Modenese-Reggiano	19	6-7	5,13
6-7	1857 02 01	Parmense-Reggiano	22	6-7	5,11
6-7	1873 05 16 19 35	Reggiano	15	6-7	5,01
6-7	1915 10 10 23 10	Reggiano	30	6	4,87
6-7	1971 07 15 01 33 23.00	Parmense	228	8	5,51
6-7	1988 03 15 12 03 16.17	Reggiano	160	6	4,57
5-6	1222 12 25 12 30	Bresciano-Veronese	18	7-8	5,68
5-6	1547 03 24	Reggiano	1	5-6	4,4
5-6	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5,63
5-6	1967 04 03 16 36 18.00	Reggiano	45	5	4,44
5-6	2000 06 18 07 42 07.68	Pianura emiliana	304	5-6	4,4
4-5	1738 11 05 00 30	Emilia occidentale	10	7	5,1
4-5	1740 03 06 05 40	Garfagnana	32	8	5,64
4-5	1837 04 11 17	Lunigiana	60	9	5,94
4-5	1850 09 18 06 20	Modenese	7	5	4,16
4-5	1860 07 17 13 43 31.00	Reggiano	5	4-5	3,93
4-5	1895 05 12 20 29	Reggiano	13	4-5	3,98
4-5	1898 03 04 21 05	Parmense	313	7-8	5,37

Fig. 12: dettaglio elenco terremoti che hanno interessato l'abitato di Reggio nell'Emilia, riportati in ordine di intensità.

La forbice entro la quale si trova l'accelerazione attesa può essere determinata utilizzando i dati accelerometrici che riguardano il substrato rigido estrapolabili dalla mappa della pericolosità sismica dell'INGV a cui si riferisce la fig. 13 e il grafico relativo alla disaggregazione.

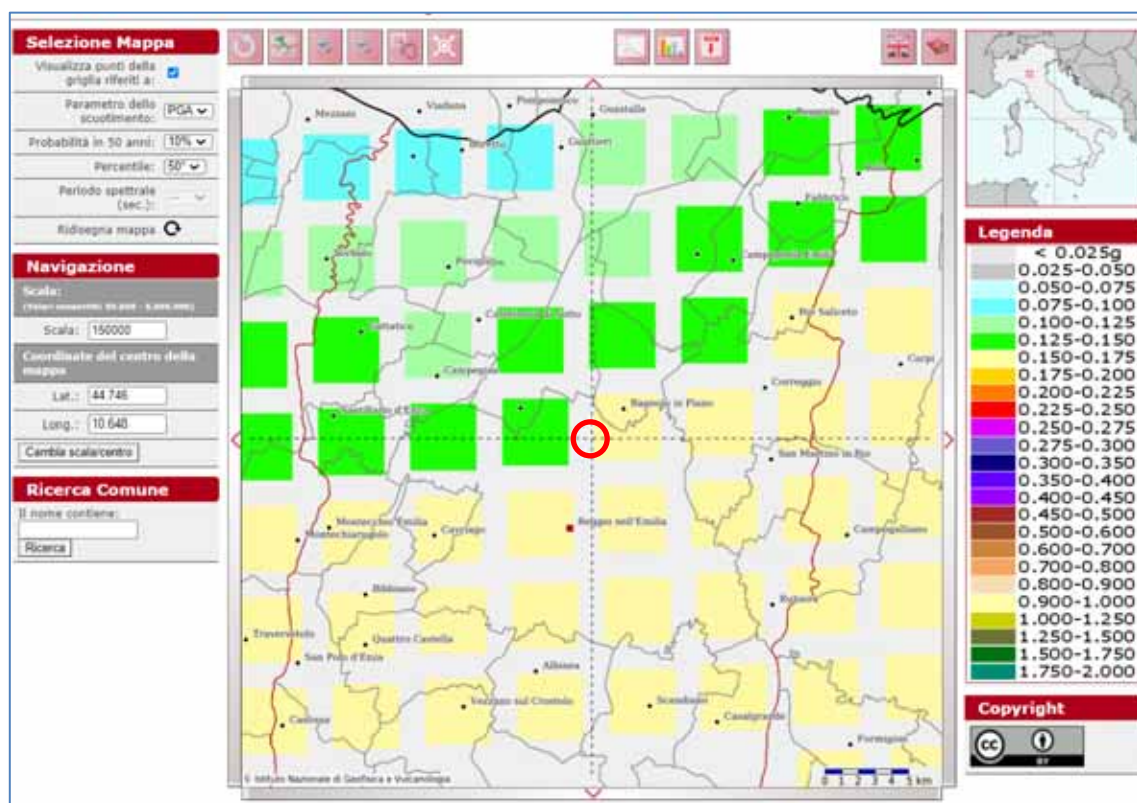
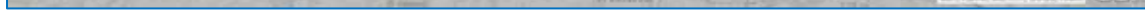


Fig. 13: mappa di pericolosità sismica dell'area indagata (da INGV).

FIGURE 1 | The effect of the COVID-19 pandemic on the global economy.

[illegible]

1. *Journal of Management Studies*, 1997, 34, 1, 1-14.

33

Emiliano-Romagnolo, la cui magnitudo **M = 6.14** (Carta Sismogenetica d'Italia, 2012, a cura di Martellotta Mariangela – fig. 14).

La classificazione viene effettuata in base ai valori della velocità equivalente di propagazione V_{S30} delle onde di taglio nei primi 30 m sotto il piano di posa della fondazione la cui misura diretta, come definito nelle NTC, è fortemente raccomandata.

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori. Il rilevamento delle velocità “ V_s ” può essere fatto in diversi modi.

Fra i più utilizzati a livello geofisico sono le DOWN-HOLE, SASW, MASW e la Re.Mi. Nel caso specifico, è stata effettuata n° 2 acquisizione delle frequenze naturali del terreno HVSR (H/V), e n° 1 registrazione dei microtremori passivi del terreno (Re.Mi.).

Si suppone che il volume di terreno, interessato dalle indagini sia stratificato orizzontalmente e che all'interno di ogni strato il comportamento del terreno si possa considerare elastico, omogeneo ed isotropo.

Analisi sismica dei microtremori passivi (Re.Mi.)

Le sorgenti sismiche consistono in “rumori ambientali”, o microtremori, costantemente generati da disturbi naturali o artificiali. A causa del sistema di acquisizione dei dati e delle sorgenti necessarie a generare i microtremori, questo

significativa della crosta terrestre, considerando profili realistici di temperatura, la resistenza aumenta fino a una profondità di circa 15 km, per poi decrescere rapidamente. Lo spessore dello strato s . ha importanti conseguenze sulla dimensione dei terremoti poiché corrisponde alla larghezza massima della faglia che si rende disponibile per la rottura; infatti, mentre la lunghezza di una faglia può superare i 1000 km, la sua larghezza ha un limite massimo dato dallo spessore litosferico che ha caratteristiche reologiche tali da rompersi in maniera fragile. I terremoti che rompono l'intera zona s . vengono classificati come grandi; quelli che rompono una parte della zona s . come piccoli. Sulla superficie terrestre le principali strutture s . si trovano in corrispondenza dei margini di placca; tuttavia in alcune regioni la sismicità è concentrata lontano da essi ed è per questo definita intraplacca.

metodo è più veloce e soprattutto economicamente conveniente rispetto alle indagini sismiche in foro e agli altri metodi sismici superficiali utilizzati per il calcolo del profilo delle onde di taglio come il SASW e il MASW che, al contrario, trovano difficoltà di applicazione nei centri urbani e/o comunque richiedono grandi fonti energetiche.

È poi da aggiungere che, usando per la registrazione molti canali, impiegando sismogrammi verticali e usando la tecnica di trasformazione p-f (lentezza-frequenza), questo metodo può arrivare ad analizzare la dispersione delle onde di Rayleigh dove altre tecniche e trovano difficoltà.

A seconda delle proprietà del materiale costituente il substrato, il software Re.Mi. può determinare le velocità di onde di taglio fino ad un massimo di 100 metri di profondità; è quindi molto utile per determinare velocemente l'andamento della velocità media delle onde di taglio nei primi trenta metri di profondità (V_{s30}) e quindi la categoria del suolo di fondazione in base a quanto riportato in prima istanza nel DPCM 3274 del 20 marzo 2003⁴ e nei successivi DM 2008 e DM 2018.

Come detto, la teoria si basa sullo studio delle onde superficiali di Rayleigh e sulla creazione di una trasformata lentezza-frequenza del campo d'onda. Questa trasformata è particolarmente efficace nel permettere l'individuazione delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh.

La combinazione dei comuni equipaggiamenti di sismica a rifrazione, la semplice modalità di registrazione (senza sorgenti), una tecnica di processo dei dati basata sulla

⁴ **A** Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.

B Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} , compresi fra 360 m/s e 800 m/s ($N_{spt} > 50$ o coesione non drenata > 250 kPa).

C Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$, $70 < cu < 250$ kPa).

D Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{spt} < 15$, $cu < 70$ kPa).

E Profili di terreno costituiti da strati superficiali non litoidi (granulari o coesivi), con valori di V_{s30} simili a quelli delle classi C o D e spessore compreso fra 5 e 20 m, giacenti su un substrato più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.

trasformazione del campo di onde e uno strumento di modellazione interattiva della dispersione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh fanno sì che la tecnica dei microtremiti possa essere sfruttata in qualsiasi situazione.

Il programma effettua una trasformazione del campo di onde e crea un diagramma bidimensionale frequenza-lentezza; ciò è particolarmente efficace nel permettere un'accurata determinazione di punti delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh a dispetto della presenza di onde che si propagano lungo l'allineamento ad alte velocità apparenti, onde di corpo, onde d'aria e disturbi incoerenti.



Foto 3: Sismografo PASI GEA24

La procedura di acquisizione di dati consiste in 10 o più registrazioni di rumori sismici (nella fattispecie, in questa indagine, sono state effettuate 12 registrazioni) di durata pari a 32 secondi, usando sismografo a rifrazione e geofoni convenzionali P-wave. La trasformazione del campo di onde della registrazione del rumore rivela la curva di dispersione dell'onda di taglio.

Sulla curva di dispersione dell'onda di taglio vengono poi selezionati i punti (picking) necessari alla determinazione del profilo di velocità dell'onda di taglio nel substrato.

Il sismografo utilizzato è un PASI GEA24 (foto. 3) e le modalità di registrazione è 32 bit, mentre i geofoni sono caratterizzati da una frequenza di 4.5 Hz, con un tempo di registrazione è stato di 32 sec. Il software impiegato è **Seism Optim ReMi**, ver. 5; come si evince dalla figura 15, il valore delle **V_s** ricavato dalla prova REMI è di **260 m/s**, pertanto il sito si trova in **classe "C"**.

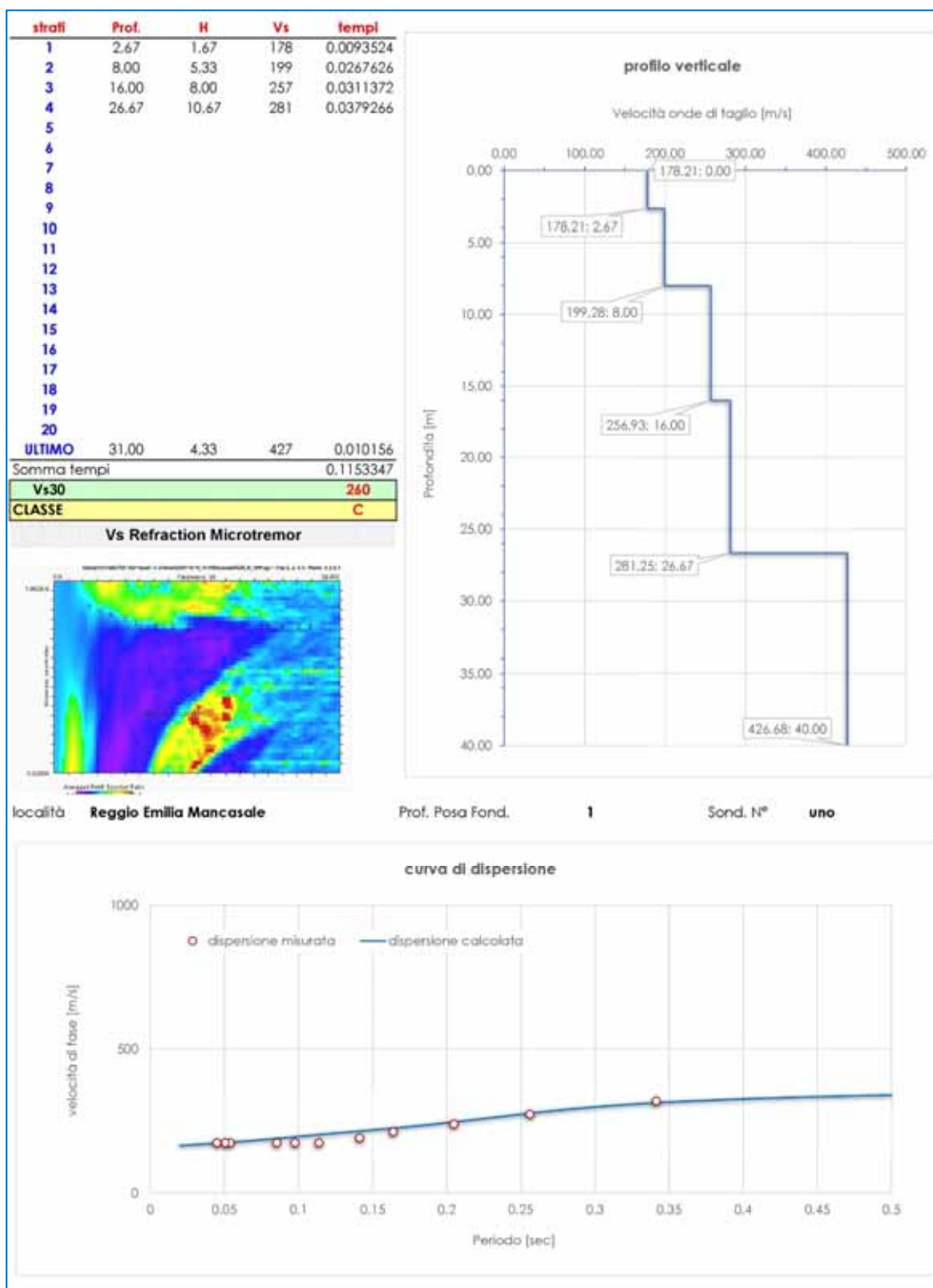


Fig. 15: caratterizzazione sismica del sito, che evidenzia un valore di $V_s = 260 \text{ m/s}$, che individua

Misura dei rapporti spettrali HVSr - Horizontal to Vertical Spectral Ratio (ipotesi di nakamura)

Per l'elaborazione dei dati sismici è stato utilizzato il software **"Geopsy"**. Il progetto **"Geopsy"** distribuisce tutti i software sviluppati nell'ambito di un pacchetto chiamato **"Sesarray"**. Esso contiene diversi strumenti si occupano di tutti gli aspetti del trattamento di vibrazioni ambientali per la caratterizzazione del suolo. Le principali applicazioni contenuti all'interno di **"Sesarray"** sono **"Geopsy"** e **"Dinver"**.

L'interpretazione dei dati misurati ha consentito di valutare la frequenza caratteristica del sito che, nel caso esaminato, risulta contraddistinta da una discontinuità sismica localizzata, associabile a cambi litologici tra livelli di sabbia/ghiaia addensata e argille (vedi stratigrafie pozzi acquiferi in *fig. 7 e 8*), caratteristica di un cambio di impedenza, in linea con lo studio di MZS del Comune di Reggio, individuata ad una profondità di circa 100 m dal p.c. ($f_{Hvsr1} = 0.94 \text{ Hz}$ e $f_{Hvsr2} = 1.07 \text{ Hz}$ - *fig. 16 e 17*).

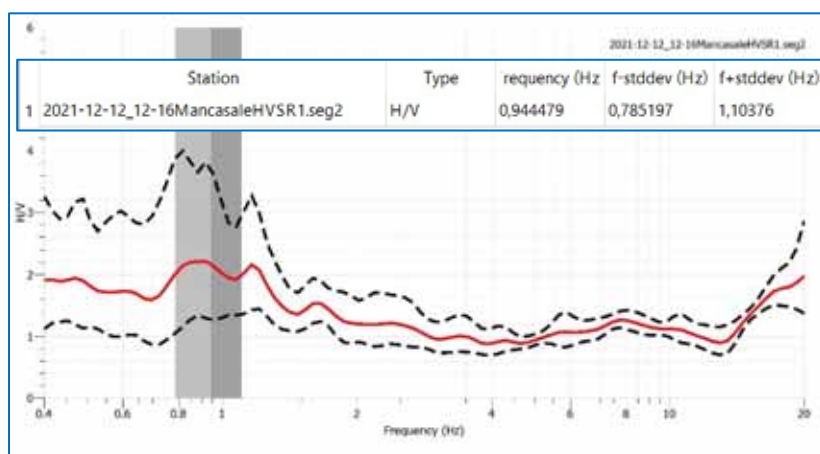


Fig. 16: Diagramma del Rapporto degli Spettri orizzontale (H) su verticale (V), **Hvsr 1**

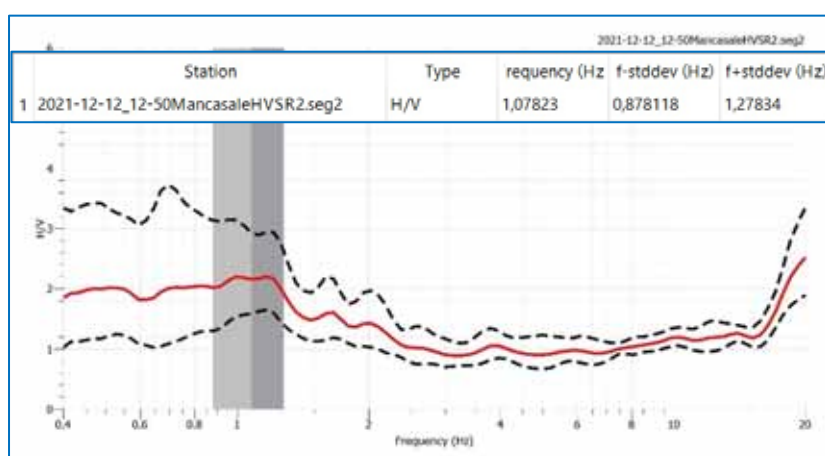


Fig. 17: Diagramma del Rapporto degli Spettri orizzontale (H) su verticale (V), **Hvsr 2**

In *fig. 18* vengono riportate le 3 componenti dello spettro (Vertical, North and East) e il grafico relativo alla loro somma (*fig. 19*), mentre in *fig. 20* si riporta la continuità del segnale rispetto ai punti cardinali, infine, in *fig. 21* criteri SESAME (European Research project, 2004) per stabilire la validità del risultato dalla prova HVSR realizzata.

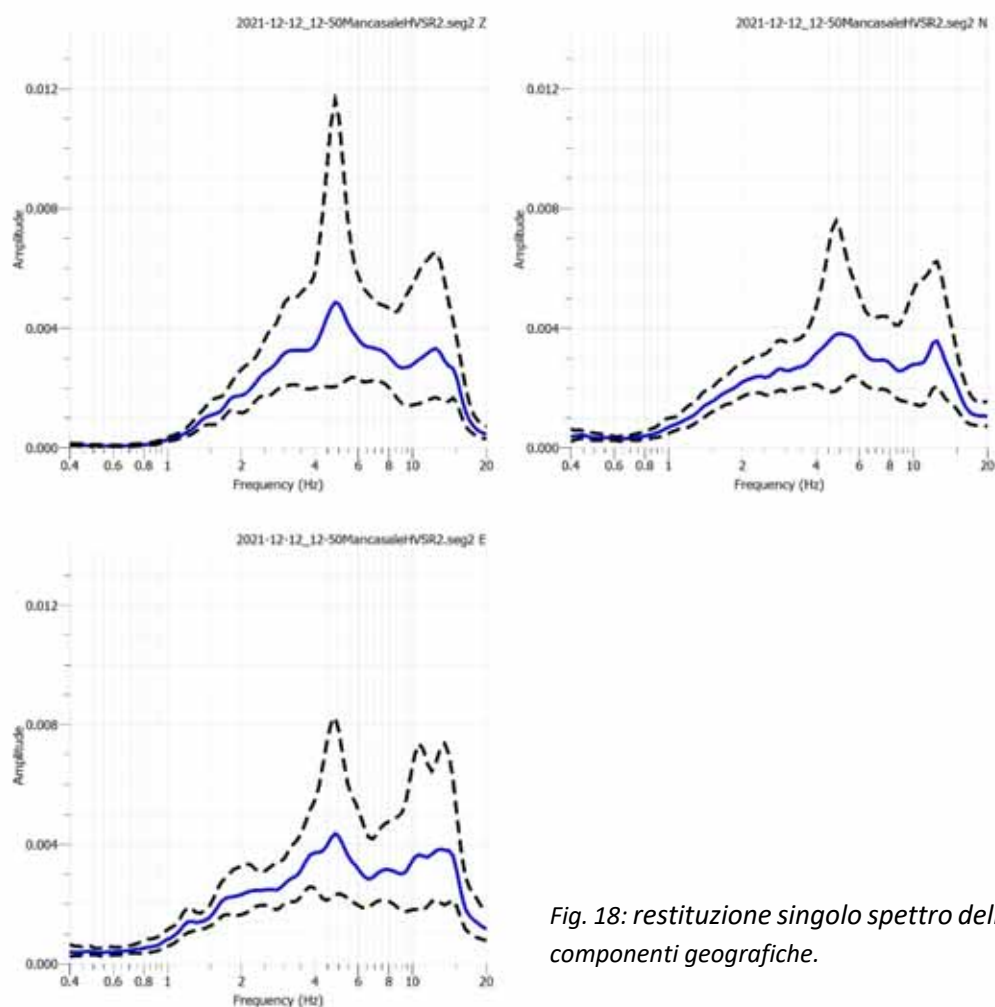


Fig. 18: restituzione singolo spettro delle componenti geografiche.

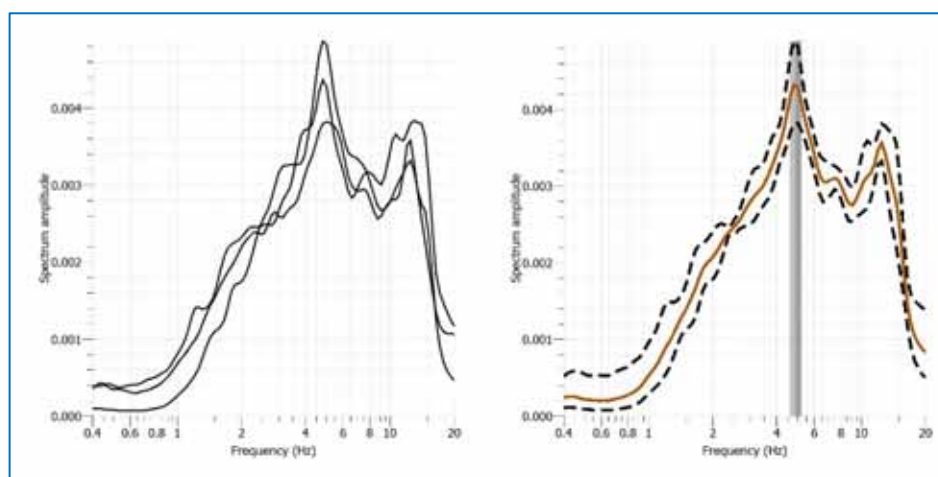


Fig. 19: sommatoria degli spettri di fig. 18

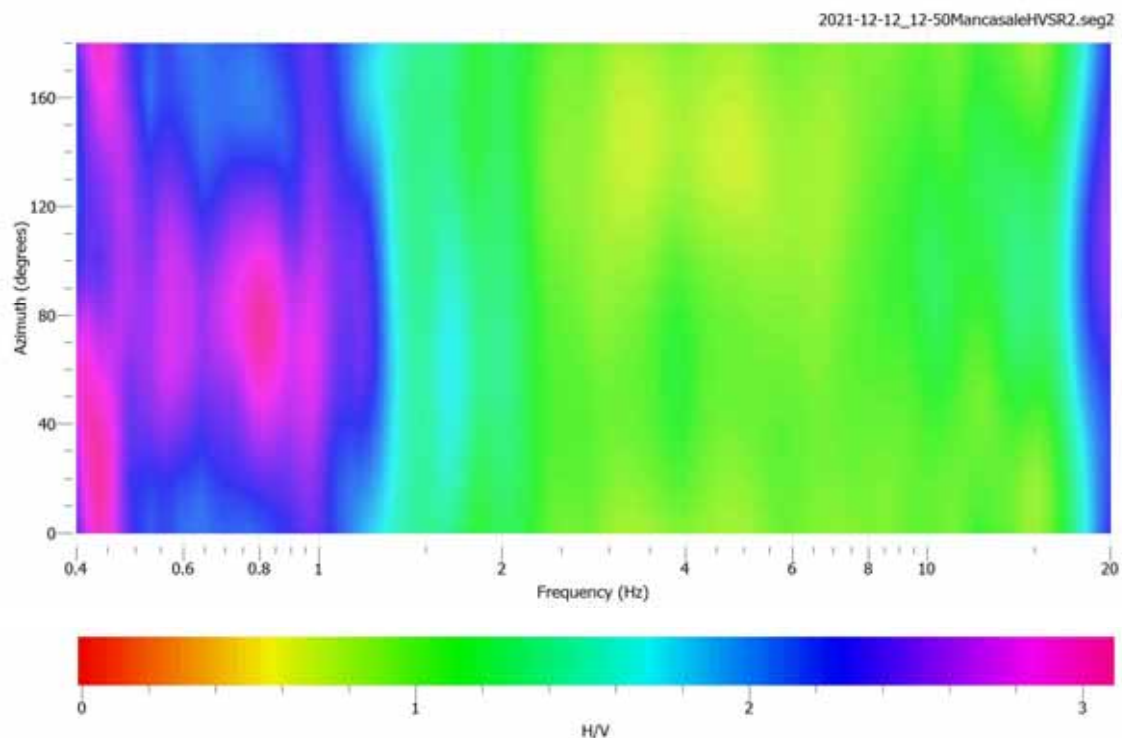


Fig. 20: continuità del segnale rispetto ai punti cardinali.

CRITERI SESAME [European Research project,2004]

fo		1,16		
Ao		2,15		
	Valore	Rif	Esito	criteri
fo>10/Lw	1,16	0,21	OK	criteri per una curva H/V affidabile
nc(fo)>200	545,20	200,00	OK	
$\sigma A(f) \leq 2$ per $0,5fo < f < 2fo$ se $fo > 0.5$ oppure $\sigma A(f) \leq 3$ per $0,5fo < f < 2fo$ se $fo < 0.5$	superato	0,00	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro				
f(-)=fo/4	0,29			criteri per un picco H/V chiaro
f(+)=f0*4	4,64			
Ao(f-)	1,82			
Ao(f+)	0,89			
Ao/Ah/v(f-)>2	1,18	2,00	NO	
Ao/Ah/v(f+)>2	2,41	2,00	OK	
Ao>2	2,15	2,00	OK	
fpicco[AH/V(f) $\pm$ sA(f)]=fo $\pm$ 5%	0,00	1,22	OK	
	1,12	1,10	OK	
dev.sta.	1,00			
range di frequenza	0,00			
$\sigma(fo)$		0,29		
$\sigma f < s(fo)$			NO	
$\Theta(fo)$		3,00		
$\sigma A(fo)$	0,56			
$\sigma A(fo) < \Theta(fo)$			OK	

Fig. 21: criteri SESAME (European Research project, 2004) per stabilire la validità del risultato dalla prova Hvsr2 realizzata.

Risposta Sismica Locale (RSL) – approfondimento di tipo 3

Tenendo presente le ultime indicazioni riportate nel DM 17/01/2018 in merito alle procedure da seguire per un approfondimento del problema sismico, si procede operando con gli accelerogrammi del sito (messi a disposizione dalla Regione Emilia Romagna) con il codice di calcolo EERA, che per quanto riguarda l'area in oggetto si prende in considerazione il comune di Reggio nell'Emilia, per cui sono disponibili i dati relativi ai seguenti accelerogrammi: 000046xa_035033ReggionellEmilia.xy; 000126xa_035033ReggionellEmilia.xy; 000354xa_035033ReggionellEmilia.xy.

CARATTERISTICHE SISMICHE TERRENO											
Topografia			T1								
Coeff. topografico			1,0								
Categoria suolo			C								
SL	P _{VR}	T _R	a _g	F _o	T _C *	S	T _b	T _C	T _D	F _v	
SLE Operatività	81%	30	0,45	2,49	0,25	1,50	0,14	0,41	1,78	0,72	
SLE Danno	63%	50	0,57	2,51	0,26	1,50	0,14	0,43	1,83	0,81	
SLU Salv. Vita	10%	475	1,51	2,39	0,29	1,48	0,15	0,46	2,21	1,26	
SLU Collasso	5%	975	1,99	2,40	0,30	1,41	0,16	0,47	2,39	1,45	

Fig. 22: quadro sismico d'entrata, in funzione della classificazione sismica analizzata nel paragrafo precedente e dagli spettri ministeriali (classe d'uso II)

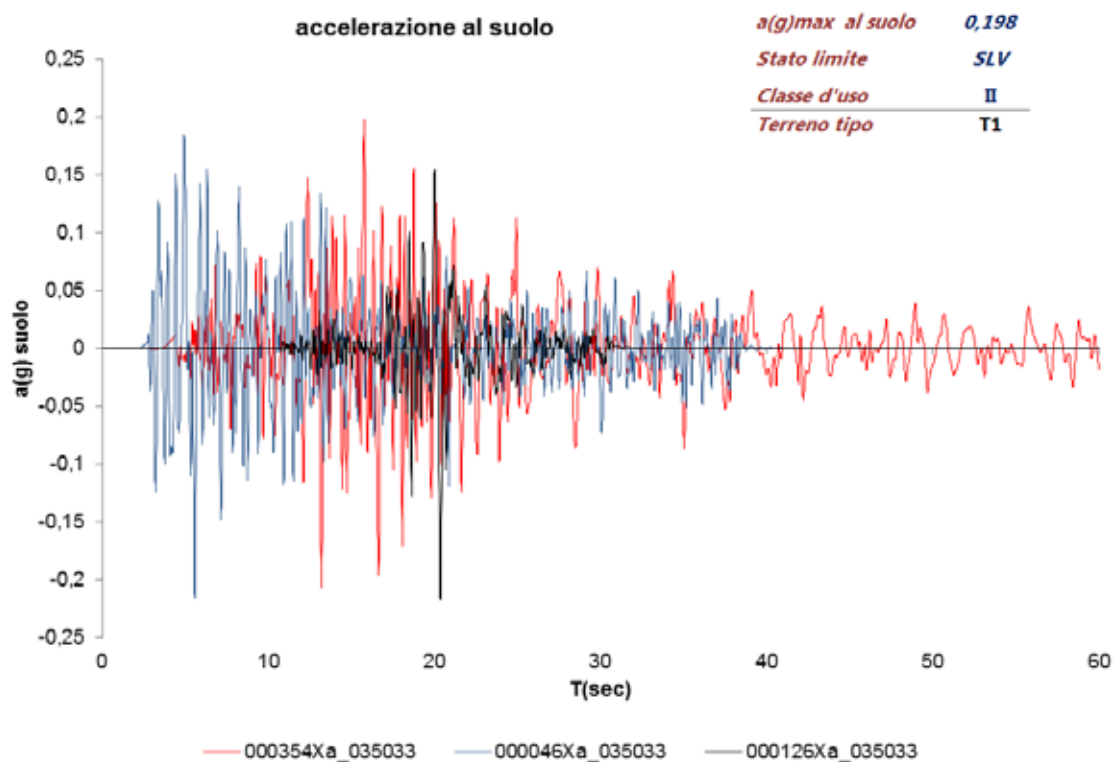


Fig. 23: accelerazione sismica ($a_g = 0.198$), desunta dallo studio di RSL locale

Inserendo i dati dei tre accelerogrammi nel codice di calcolo EERA, si ottengono gli spettri di accelerazione al suolo riportati in *fig. 27*; mentre il coefficiente di amplificazione spettrale (F_0), mediando il valore ricavato dai 3 accelerogrammi risulta (*fig. 28*):

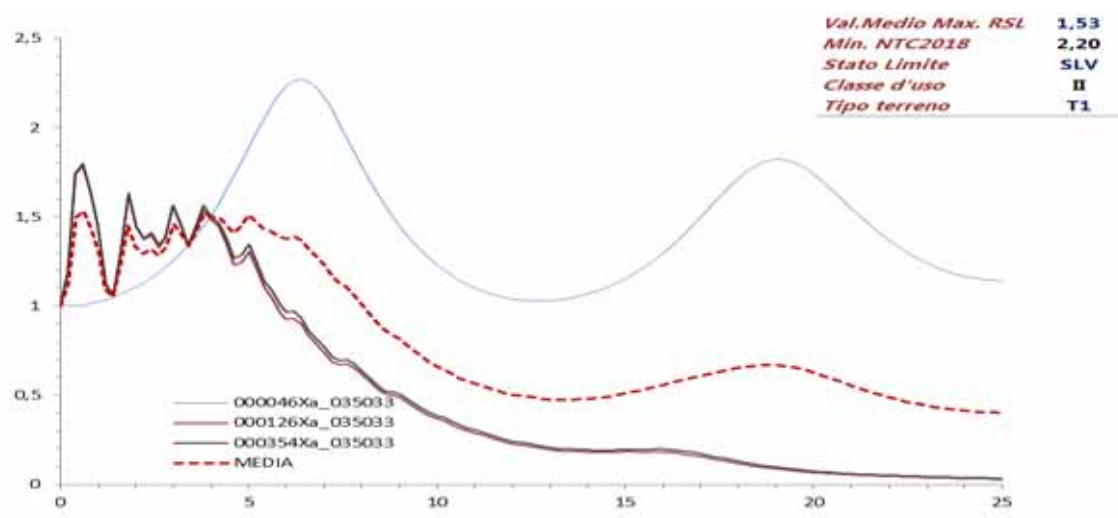


Fig. 24: coefficiente di amplificazione spettrale.

I Valori caratteristici dello spettro sono:

spettri elastici normativa e RSL
normalizzazione ICMS (Ord. n. 55 del 24/04/2018)

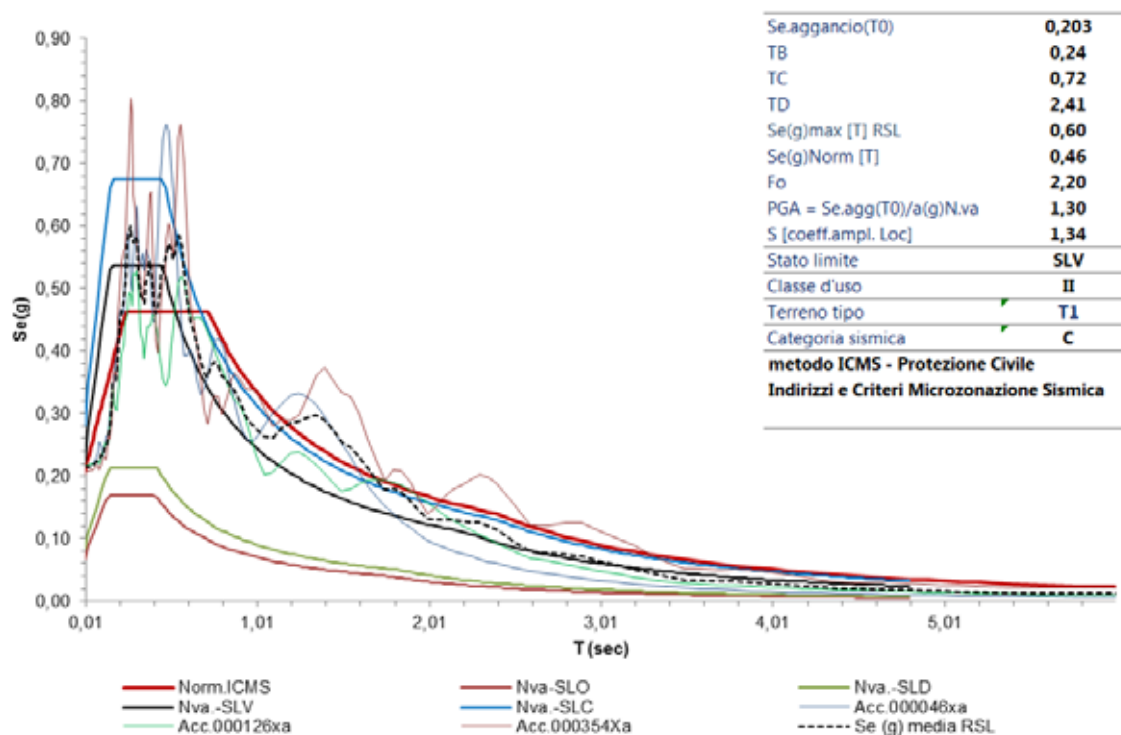


Fig. 25: spettri elastici del sottosuolo ottenuti dalla rielaborazione di ogni accelerogramma e spettro medio (in rosso)

RISPOSTA SISMICA LOCALE

Stato limite	SLV
Classe d'uso	II
Codice per la RSL :	EERA
Topografia	T1
categoria sismica	C
Spettro normalizzato	ICMS

Se.aggancio(T0)	0,20
TB	0,24
TC	0,72
TD	2,41
Se(g)max [T] RSL	0,60
Se(g)Norm [T]	0,46
Fo	2,20
PGA = Se.agg(T0)/a(g)	1,30
S	1,34

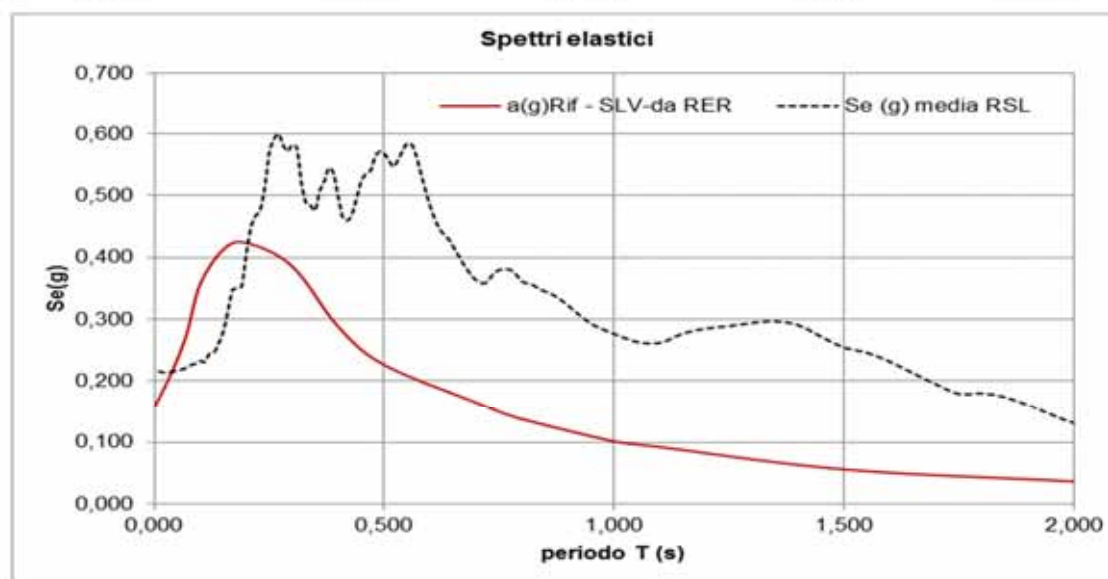
COEFFICIENTI DI HOUSNER

0,1 < T < 0,5	2,17
0,5 < T < 1,00	2,13
0,5 < Tc < 1,5	2,20

Per quanto riguarda i *Coefficienti di Housner*, inserendo l'accelerogramma che fornisce lo spettro più prossimo a quello medio e scegliendo opportunamente i sublayer e la loro posizione (inside o outcrop), si trova la pseudo relativa velocity nell'ambito dei periodi compresi fra 0,1 - 0,5 s / 0,5 - 1,0 s / 0,5 - 1,5 s. Il rapporto fra la sommatoria dei valori relativi alla superficie e quelli del substrato, nell'ambito dei due intervalli sopra citati, fornisce l'intensità di Housner (fig. 26), e si allega anche lo spettro delle amplificazioni SA" (DGR 630 del 29/04/2019, fig. 27).

← Fig. 26: tabulato riepilogativo dell'analisi della Risposta Sismica Locale con i coefficienti di Housner

Intensità Spettrale - fattori di amplificazione "SA" (Del.630 del 29/04/2019)				
SA1	SA2	SA3	SA4	PGA
0,1 < T ≤ 0,5	0,4 < T ≤ 0,8	0,7 < T ≤ 1,1	0,5 < T ≤ 1,5	
1,266	1,670	2,635	2,887	1,296



PGA - rapporto fra acc. max. orizz. "T0" al suolo di riferimento e acc. Max. orizz. "T0" alla superficie suolo
SA - rapporto fra integrale spettro in acc. al suolo ed integrale spettro in acc. al suolo di riferimento

Fig. 27: fattori di amplificazione secondo le indicazioni del DGR 630 del 29/04/2019

Infine si confronta lo spettro di risposta sismica locale di “sito” con lo spettro riportato per il comune di Reggio nell’Emilia, nel DM 14/01/2008 (uguali e non variati rispetto al DM 17/01/2018), in modo da ottenere lo spettro normalizzato secondo le indicazioni dell’ICMS (fig. 28).

NORMALIZZAZIONE ICMS							
T	Se(g) Norm.	T	Se(g) Norm.	T	Se(g) Norm.	T	Se(g) Norm.
0,010	0,2137	0,390	0,4627	0,960	0,3494	3,200	0,0790
0,020	0,2245	0,400	0,4627	0,980	0,3423	3,300	0,0743
0,030	0,2352	0,410	0,4627	1,000	0,3355	3,400	0,0700
0,040	0,2460	0,420	0,4627	1,050	0,3195	3,500	0,0660
0,050	0,2567	0,430	0,4627	1,100	0,3050	3,600	0,0624
0,060	0,2675	0,440	0,4627	1,150	0,2917	3,700	0,0591
0,070	0,2782	0,450	0,4627	1,200	0,2796	3,800	0,0560
0,080	0,2890	0,460	0,4627	1,250	0,2684	3,900	0,0532
0,090	0,2997	0,470	0,4627	1,300	0,2580	4,000	0,0506
0,100	0,3105	0,480	0,4627	1,350	0,2485	4,100	0,0481
0,110	0,3212	0,490	0,4627	1,400	0,2396	4,200	0,0459
0,120	0,3320	0,500	0,4627	1,450	0,2314	4,300	0,0438
0,130	0,3427	0,510	0,4627	1,500	0,2236	4,400	0,0418
0,140	0,3535	0,520	0,4627	1,550	0,2164	4,500	0,0400
0,150	0,3642	0,530	0,4627	1,600	0,2097	4,600	0,0382
0,160	0,3750	0,540	0,4627	1,650	0,2033	4,700	0,0366
0,170	0,3857	0,550	0,4627	1,700	0,1973	4,800	0,0351
0,180	0,3965	0,560	0,4627	1,750	0,1917	4,900	0,0337
0,190	0,4072	0,570	0,4627	1,800	0,1864	5,000	0,0324
0,200	0,4180	0,580	0,4627	1,850	0,1813	5,100	0,0311
0,210	0,4287	0,600	0,4627	1,900	0,1766	5,200	0,0299
0,220	0,4395	0,620	0,4627	1,950	0,1720	5,400	0,0277
0,230	0,4502	0,640	0,4627	2,000	0,1677	5,600	0,0258
0,240	0,4610	0,660	0,4627	2,050	0,1636	5,800	0,0241
0,250	0,4627	0,680	0,4627	2,100	0,1597	6,000	0,0225
0,260	0,4627	0,700	0,4627	2,150	0,1560	6,200	0,0210
0,270	0,4627	0,720	0,4627	2,200	0,1525	6,400	0,0198
0,280	0,4627	0,740	0,4533	2,250	0,1491	6,600	0,0186
0,290	0,4627	0,760	0,4414	2,300	0,1459	6,800	0,0175
0,300	0,4627	0,780	0,4301	2,350	0,1427	7,000	0,0165
0,310	0,4627	0,800	0,4193	2,400	0,1398	7,200	0,0156
0,320	0,4627	0,820	0,4091	2,500	0,1295	7,400	0,0148
0,330	0,4627	0,840	0,3994	2,600	0,1197	7,600	0,0140
0,340	0,4627	0,860	0,3901	2,700	0,1110	7,800	0,0133
0,350	0,4627	0,880	0,3812	2,800	0,1032	8,000	0,0126
0,360	0,4627	0,900	0,3727	2,900	0,0962	8,500	0,0112
0,370	0,4627	0,920	0,3646	3,000	0,0899	9,000	0,0100
0,380	0,4627	0,940	0,3569	3,100	0,0842	9,500	0,0090
stato limite	SLV	Classe d'uso	II	Terreno		T1	

Fig. 28: spettro di risposta locale (normalizzazione ICMS).

Liquefazione e cedimenti post-sismici

Il fenomeno della liquefazione si verifica quando (*tra parentesi si riportano le condizioni di sito*):

- la magnitudo del sisma è uguale o superiore a 5.0 ($M_w = 6.14$);
- l'accelerazione al suolo $a(g)$ è uguale o superiore a 0.2 ($a_g = 0.198$);
- i depositi sabbiosi si trovano a profondità inferiori o uguale a 15 m ed hanno una bassa densità relativa e uno spessore di almeno 1.00 m (*l'indagine geognostica di campagna evidenzia la presenza di un orizzonte sabbioso, propriamente detto, da 16 a 19 m, per uno spessore di 3.0 m*);
- la falda è superficiale (nei primi 3.00 m – *l'indagine di campagna rileva presenza di acqua in falda ad una profondità di 1.8 – 4.0 m dal p.c.*).

Per le verifiche (D.G.R 2193/2015) si utilizzano i dati delle penetrometrie CPT applicando il metodo di Idriss & Boulanger (2008). Il coefficiente di sicurezza alla liquefazione viene fornito dal confronto fra la resistenza al taglio del terreno “CRR” e la sollecitazione sismica “CSRfs”. Quando la prima è minore della seconda le sabbie si ritengono liquefacibili.

Il rischio alla liquefazione viene però definito dall'indice del potenziale di liquefazione “IL”.

$$IL = \int_0^{15} F(z) \times W(z) dz$$

Dove:

W(z) = è una funzione di pesi, linearmente decrescente con la profondità, che tiene conto della profondità dello strato liquefacibile, attribuendo peso maggiore agli strati superficiali ed è data da:

$$W(z) = 10 - 0,5z$$

F(z) = esprime il potenziale di liquefazione per ciascun strato in funzione del fattore di sicurezza.

“IL” esprime la risultante dei contributi di tutti gli strati sabbiosi, pertanto è un parametro finale cumulativo specifico del profilo considerato (*Iwasaki e al. 1978*). Per ogni verticale è stato calcolato “IL” che viene riportato insieme al grafico relativo a

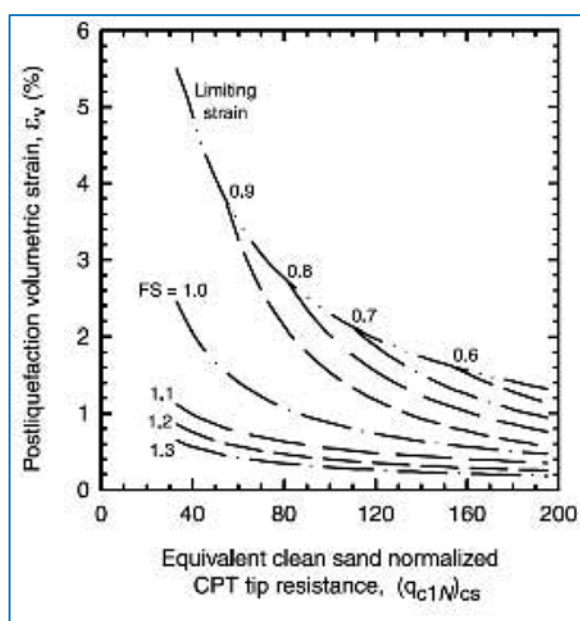
CRR/CSRfs. Il rischio varia da nullo a molto alto secondo la scala di Sommez (2003) sotto riportata.

IL	rischio
0	Nulla
$0,2 < IL \leq 2$	Basso
$2 < IL \leq 5$	modesto
$5 < IL \leq 15$	alto
$IL > 15$	Molto alto

Il fenomeno dei cedimenti post-sismici riguarda tutte le sabbie sciolte sature e non sature (*addensamento*) e tutte le argille soffici (*riconsolidazione per la dissipazione delle pressioni neutre*). Per questa verifica si ricorre alle prove CPT seguendo il metodo di C.Y.Lee per le sabbie sature, le NTC 2018 per quelle non sature e *Robertson* per le argille.

Il cedimento si trova:

$$W = \varepsilon_v \cdot \Delta H$$



Dove:

- ε_v = deformazione post-sismica indotta (p%)
- ΔH = spessore dello strato sabbioso (20 cm).

Per le sabbie " ε_v " viene calcolata in funzione della resistenza penetrometrica normalizzata e del fattore di sicurezza a liquefazione calcolato alla quota corrispondente dello strato utilizzando le espressioni riportate nel grafico che segue

(da Zhang e al, 2002). Per le argille il parametro " ε_v " viene determinato (*Robertson*)

$$\varepsilon_v = \frac{0.8 - 2.66 \log(FS)}{OCR} \sigma v' \frac{1}{(10 - 9 \log(OCR)) * Q t^2 * \sigma v'}$$

Dove:

- $FS = CRR/CSR$ (CRR = resistenza al taglio del terreno; CSR = sollecitazione sismica);
- OCR = rapporto di sovraconsolidazione;
- Q_t = resistenza alla punta normalizzata;
- σ_v' = pressione litostatica efficace;

Tenuto conto della massima magnitudo attesa ($M_w = 6.14$) e dell'accelerazione locale ($a_g = 0.198$)⁵, utilizzando i dati dei sondaggi effettuati all'interno dell'area cortiliva, considerate separate e la somma delle due componenti (argille e locali intercalazioni sabbiose) risulta quanto segue (fig. 29, 30, 31, 32, 33, 34 e 35)⁶:



Fig. 29: schema riassuntivo dell'indice LPI e cedimenti post sismici relativi alla verticale **S1**, con sisma $M_w = 6.14$

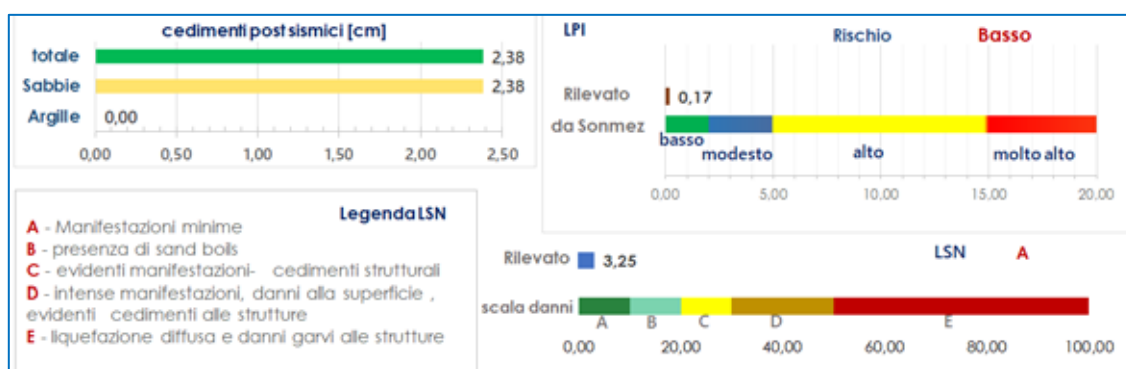


Fig. 30: schema riassuntivo dell'indice LPI e cedimenti post sismici relativi alla verticale **S2**, con sisma $M_w = 6.14$

⁵ Valore desunto dall'analisi sismica locale (approfondimento di tipo 3)

⁶ I tabulati e grafici relativo all'analisi di liquefazione sono riportati in allegato.



Fig. 31: schema riassuntivo dell'indice LPI e cedimenti post sismici relativi alla verticale S3

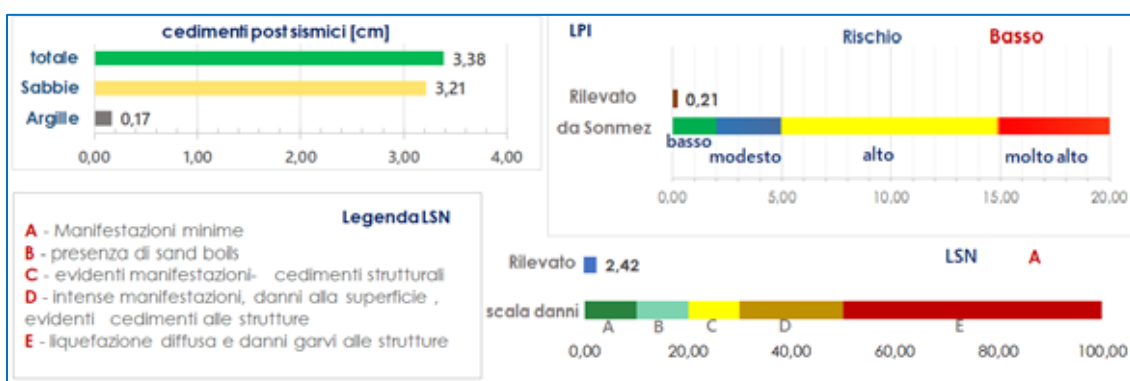


Fig. 32: schema riassuntivo dell'indice LPI e cedimenti post sismici relativi alla verticale S4



Fig. 33: schema riassuntivo dell'indice LPI e cedimenti post sismici relativi alla verticale S5

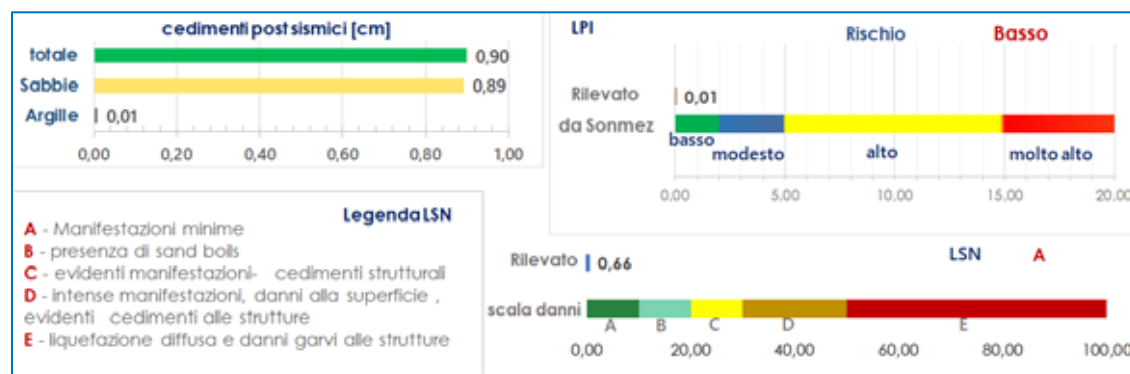


Fig. 34: schema riassuntivo dell'indice LPI e cedimenti post sismici relativi alla verticale S6

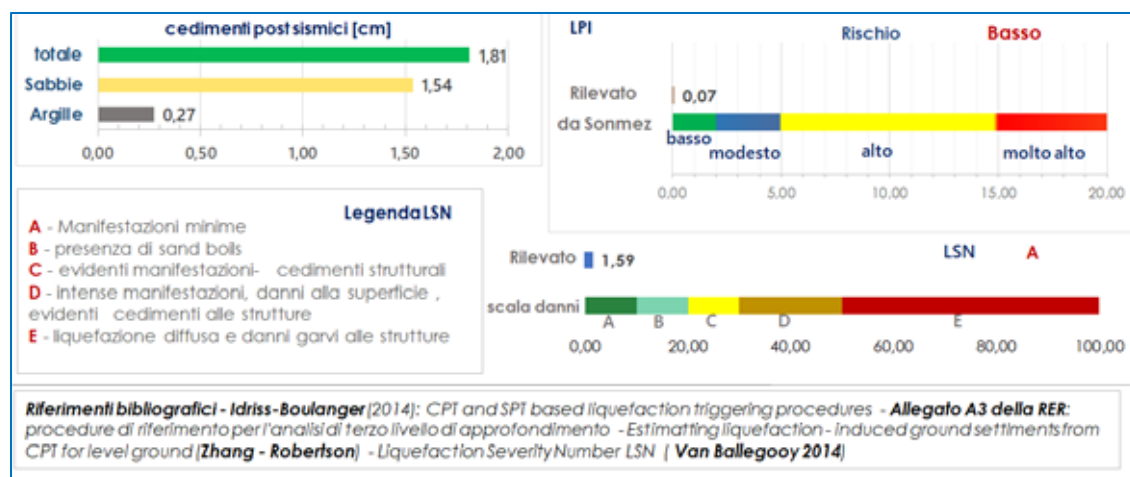


Fig. 35: schema riassuntivo dell'indice LPI e cedimenti post sismici relativi alla verticale S7

Riassumendo, il quadro risultante in merito al rischio liquefazione e cedimenti post-sismici, processati con i parametri sismici evidenziati in precedenza, sono i seguenti:

sondaggio	LPI	Rischio	Ced. post. sism. (cm)	LSN
S1	0.07	basso	1.74	1.85
S2	0.17	basso	2.38	3.25
S3	0.18	basso	3.14	3.91
S4	0.21	basso	3.38	2.42
S5	0.00	nullo	0.36	0.56
S6	0.01	basso	0.90	0.66
S7	0.07	basso	1.81	1.59

Relazione Geotecnica: indagini, caratterizzazione e modellazione volume significativo del sito

Caratterizzazione Geotecnica

Per la realizzazione dell'intervento, come si estrapola dalla normativa, bisogna evidenziare il volume significativo del terreno interessato dall'azione dei carichi di esercizio, pertanto, in questa sede vengono analizzati i parametri geotecnici relativi alla stratigrafia illustrata in *fig. 10*.

A tal proposito, i valori ricavati dalla restituzione delle prove penetrometriche CPT, secondo il 5 percentile, sono riportati in *fig. 36, 37, 38, 39, 40, 41 e 42*.

Committente Località N.prova	Motor Power Company S.r.l. Mancasale (RE) S1_2003										TABELLA GEOTECNICA Valori caratteristici				
Quote quote	p.s. t/mc	Cu g/cm ³	C' g/cm ³	FI	OCR	Ko Kg/cm ²	Eed Kg/cm ²	Dr %	K cm/s	Vs m/s	E' Kg/cm ²	EU Kg/cm ²	facies		
0,60	1,20	1,76	-	-	32,82	29,02	8,91	55,14	68,63	5,72E-06	226,46	45,76	-	Sabbie	
1,20	2,20	1,75	0,57	0,17	21,00	11,42	1,72	43,56	-	7,81E-07	228,47	34,11	180,98	Limi Sabbiosi	
2,20	3,20	1,69	0,41	0,12	19,40	5,69	1,24	35,47	-	1,64E-06	197,24	27,78	147,88	Limi Argillosi	
3,20	4,40	1,76	0,55	0,17	21,50	8,28	3,30	55,51	49,74	2,05E-06	222,73	43,77	208,10	Limi Sabbiosi	
4,40	5,60	1,81	-	-	29,21	10,80	9,20	87,70	56,57	4,55E-06	241,74	71,54	-	Sabbie Limose	
5,60	7,60	1,81	1,00	0,30	21,11	8,17	3,00	75,98	-	3,16E-06	236,92	58,58	311,35	Limi Sabbiosi	
7,60	10,80	1,86	0,79	0,24	26,12	9,67	7,59	116,23	58,80	9,15E-06	250,73	91,21	432,76	Limi Sabbiosi	
10,80	12,00	1,83	1,29	0,39	21,00	6,84	3,88	104,52	-	1,73E-06	257,47	81	-	Limi Sabbiosi	
12,00	16,80	1,83	0,89	0,27	20,79	3,93	2,68	103,62	-	6,27E-07	236,01	78,87	455,87	Limi Argillosi	
16,80	18,80	1,85	-	-	39,02	32,82	18,95	419,12	96,62	7,92E-04	251,62	340,23	-	Sabbie	
18,80	20,00	1,82	1,15	0,34	21,38	4,62	4,12	132,40	-	1,46E-06	254,94	103,69	588,45	Limi Argillosi	

parametri
terreno
fondazione

Fig. 36: parametrizzazione del sottosuolo relativo alla verticale S1.

Committente Località N.prova	Motor Power Company S.r.l. Mancasale (RE) S2_2003										TABELLA GEOTECNICA Valori caratteristici				
Quote quote	p.s. t/mc	Cu g/cm ³	C' g/cm ³	FI	OCR	Ko Kg/cm ²	Eed Kg/cm ²	Dr %	K cm/s	Vs m/s	E' Kg/cm ²	EU Kg/cm ²	facies		
0,60	1,60	1,78	-	-	31,02	30,56	8,00	61,26	73,62	2,96E-05	229,30	49,99	-	Sabbie Limose	
1,60	3,00	1,76	0,51	0,15	21,00	10,92	2,81	46,01	49,60	3,29E-07	220,40	36,04	185,53	Limi Sabbiosi	
3,00	4,20	1,77	0,63	0,19	21,75	10,72	3,48	57,69	50,89	3,15E-06	226,07	45,42	238,42	Limi Sabbiosi	
4,20	5,40	1,78	-	-	32,25	12,41	10,23	84,29	57,52	1,45E-05	228,33	69,18	-	Sabbie	
5,40	7,40	1,84	1,02	0,31	21,01	10,47	4,15	84,94	53,21	1,07E-06	249,00	65,89	351,77	Limi Sabbiosi	
7,40	10,00	1,85	-	-	28,50	10,91	8,75	115,34	61,66	1,22E-05	247,70	91,65	-	Sabbie Limose	
10,00	12,80	1,85	1,11	0,33	21,00	6,76	4,11	100,62	44,21	2,77E-06	248,85	77,41	381,92	Limi Sabbiosi	
12,80	16,00	1,81	0,78	0,23	19,91	3,58	2,34	102,34	-	8,15E-07	233,22	78,27	393,73	Argille Limose	
16,00	18,60	1,82	-	-	37,80	22,79	16,40	301,36	87,80	9,13E-04	234,57	243,50	-	Sabbie	
18,60	20,00	1,84	1,45	0,44	22,21	5,14	4,36	125,05	-	2,16E-06	253,93	97,47	591,50	Limi Sabbiosi	

Fig. 37: parametrizzazione del sottosuolo relativo alla verticale S2.

Committente Località N.prova	Motor Power Company S.r.l. Mancasale (RE) S3_2003										TABELLA GEOTECNICA Valori caratteristici				
Quote quote	p.s. t/mc	Cu g/cm ³	C' g/cm ³	FI	OCR	Ko Kg/cm ²	Eed Kg/cm ²	Dr %	K cm/s	Vs m/s	E' Kg/cm ²	EU Kg/cm ²	facies		
0,60	1,00	1,72	0,32	0,10	21,00	21,02	3,67	34,55	56,88	7,47E-08	220,91	27,96	155,01	Limi Sabbiosi	
1,00	1,80	1,77	-	-	32,67	21,40	9,46	67,17	65,12	1,26E-06	234,38	55,75	-	Sabbie	
1,80	3,80	1,80	0,68	0,21	21,00	11,77	3,01	56,88	50,60	1,96E-07	233,04	44,11	236,81	Limi Sabbiosi	
3,80	4,80	1,78	0,69	0,21	21,43	10,65	4,11	68,26	54,36	2,16E-06	239,07	54,14	272,40	Limi Sabbiosi	
4,80	6,60	1,76	-	-	28,00	10,36	6,91	78,55	57,33	3,12E-05	218,12	62,70	-	Sabbie Limose	
6,60	7,80	1,76	-	-	30,74	9,84	9,40	92,31	54,71	1,90E-05	225,42	75,23	-	Sabbie Limose	
7,80	9,20	1,81	0,82	0,25	25,01	9,19	6,13	95,85	53,87	7,16E-06	242,25	76,16	388,21	Limi Sabbiosi	
9,20	10,20	1,85	-	-	30,84	12,24	10,88	142,58	63,83	1,24E-05	261,92	116,58	-	Sabbie Limose	
10,20	12,80	1,85	1,18	0,36	21,86	7,25	4,47	104,22	51,14	2,69E-06	251,44	80,38	397,28	Limi Sabbiosi	
12,80	16,00	1,80	0,86	0,26	22,15	3,95	2,58	95,01	-	1,42E-06	226,87	72,67	422,34	Limi Argillosi	
16,00	17,00	1,74	-	-	34,57	14,09	13,73	205,91	70,75	5,26E-04	224,93	170,91	-	Sabbie	
17,00	19,00	1,81	-	-	36,67	22,36	15,56	303,09	89,34	7,85E-04	237,84	245,64	-	Sabbie	
19,00	20,00	1,75	1,20	0,36	23,76	5,20	4,47	123,88	-	2,96E-06	247,57	97,64	600,84	Limi Sabbiosi	

Fig. 38: parametrizzazione del sottosuolo relativo alla verticale S3.

Committente	Motor Power Company S.r.l.													
Località	Mancasale (RE)													
N.prova	S4_2003													
TABELLA GEOTECNICA														
Valori caratteristici														
Quote	p.s.	Cu	C'	Fi	OCR	Ko	Eed	Dr	K	Vs	E'	EU	facies	
quote	t/mc	g/cm ³	g/cm ³			Kg/cm ²	Kg/cm ²	%	cm/s	m/s	Kg/cm ²	Kg/cm ²		
0,60	2,00	1,76	-	-	29,91	24,65	7,40	59,93	71,23	6,92E-06	219,60	48,47	-	Sabbie Limose
2,00	3,00	1,73	0,39	0,12	21,00	7,54	2,98	45,13	43,32	2,30E-06	210,23	35,78	172,63	Limi Sabbiosi
3,00	4,40	1,79	0,70	0,21	21,00	8,02	2,11	55,65	-	8,93E-08	231,70	43,22	220,97	Limi Sabbiosi
4,40	6,40	1,82	-	-	26,62	11,28	7,22	92,39	57,98	9,30E-06	242,63	73,26	-	Sabbie Limose
6,40	9,40	1,86	1,22	0,37	21,00	8,47	3,67	93,36	-	1,01E-06	251,70	71,48	378,60	Limi Sabbiosi
9,40	10,40	1,83	0,89	0,27	25,46	9,27	7,47	121,28	57,60	7,66E-06	256,33	97,27	466,62	Limi Sabbiosi
10,40	11,80	1,82	1,09	0,33	21,00	5,80	3,28	92,93	-	1,08E-06	249,54	72,17	370,18	Limi Sabbiosi
11,80	13,60	1,79	0,70	0,21	20,04	3,32	2,09	94,76	-	2,75E-07	227,70	73,21	414,58	Argille Limose
13,60	14,60	1,81	1,17	0,35	20,93	5,13	3,52	108,17	-	2,21E-06	247,74	84,71	403,43	Limi Argillosi
14,60	15,60	1,75	0,74	0,22	20,09	3,05	2,21	105,18	-	4,05E-07	231,22	82,38	464,24	Argille Limose
15,60	16,80	1,75	-	-	28,56	7,38	9,09	137,78	56,28	5,56E-05	221,08	111,72	-	Sabbie Limose
16,80	19,20	1,80	-	-	35,48	18,11	14,88	274,56	80,36	6,54E-04	232,75	221,64	-	Sabbie
19,20	20,00	1,70	0,41	0,12	19,11	1,82	1,63	100,57	-	1,09E-07	222,69	80,03	466,26	Argille Organiche

Fig. 39: parametrizzazione del sottosuolo relativo alla verticale S4.

Committente Località N.prova	Motor Power Company S.r.l. Mancasale (RE) S5_2003										TABELLA GEOTECNICA Valori caratteristici			
Quote quote	p.s. t/mc	Cu g/cm ³	C' g/cm ³	FI	OCR	Ko Kg/cm ²	Eed Kg/cm ²	Dr %	K cm/s	Vs m/s	E' Kg/cm ²	EU Kg/cm ²	facies	
0,60	1,60	1,81	-	-	31,66	32,71	8,45	72,20	77,84	1,73E-05	240,76	59,07	-	Sabbie Limose
1,60	3,00	1,77	0,63	0,19	21,00	9,53	1,90	48,30	-	6,67E-07	223,09	37,51	198,96	Limi Sabbiosi
3,00	4,20	1,77	-	-	25,37	9,48	6,14	68,03	53,93	5,48E-06	228,47	54,73	-	Sabbie Limose
4,20	6,80	1,84	1,08	0,32	21,00	9,31	3,24	80,53	-	1,50E-06	245,90	61,79	335,01	Limi Sabbiosi
6,80	8,60	1,84	0,78	0,23	24,00	8,67	6,18	99,60	56,20	4,58E-06	250,32	78,53	364,68	Limi Sabbiosi
8,60	9,20	1,77	1,21	0,36	21,00	7,44	3,63	92,25	-	4,42E-07	249,30	74,60	394,78	Limi Sabbiosi
9,20	10,00	1,84	-	-	26,45	10,02	8,58	132,28	59,02	4,39E-06	264,76	107,33	-	Sabbie Limose
10,00	11,80	1,83	1,14	0,34	21,00	5,98	3,43	96,20	-	9,45E-07	251,37	74,31	357,02	Limi Sabbiosi
11,80	17,40	1,85	1,12	0,34	21,53	4,66	3,37	112,77	-	1,26E-06	243,36	85,67	459,94	Limi Argillosi
17,40	18,00	1,76	-	-	38,16	29,53	18,23	390,92	95,75	9,34E-04	243,54	327,56	-	Sabbie
18,00	20,00	1,83	1,30	0,39	23,60	4,79	4,32	123,72	-	1,95E-06	245,50	95,57	575,22	Limi Sabbiosi

Fig. 40: parametrizzazione del sottosuolo relativo alla verticale S5.

Committente Località N.prova	Motor Power Company S.r.l. Mancasale (RE) S6_2003														TABELLA GEOTECNICA Valori caratteristici	
Quote quote	p.s. t/mc	Cu g/cm ³	C' g/cm ³	fi	OCR	Ko Kg/cm ²	Eed Kg/cm ²	Dr %	K cm/s	Vs m/s	E' Kg/cm ²	EU Kg/cm ²	facies			
0,60	1,40	1,80	-	-	33,33	30,62	9,18	60,64	70,67	1,72E-07	233,52	50,01	-	Sabbie		
1,40	2,80	1,77	0,62	0,18	21,00	10,41	1,85	47,34	-	2,43E-07	229,58	36,76	193,10	Limi Sabbiosi		
2,80	4,20	1,79	0,61	0,18	23,12	9,79	4,85	73,11	56,98	1,12E-05	234,08	57,87	268,79	Limi Sabbiosi		
4,20	5,40	1,77	0,87	0,26	21,03	6,47	2,61	71,92	-	2,90E-06	229,45	56,06	294,06	Limi Argillosi		
5,40	6,60	1,79	0,78	0,23	24,62	8,27	6,07	94,69	52,05	5,58E-06	242,60	75,30	368,99	Limi Sabbiosi		
6,60	12,20	1,87	1,11	0,33	22,18	6,40	4,27	103,81	58,40	2,23E-06	247,12	79,31	381,98	Limi Sabbiosi		
12,20	13,60	1,80	0,80	0,24	19,02	3,27	2,39	117,97	-	2,97E-07	238,87	91,62	475,04	Argille		
13,60	14,60	1,82	1,27	0,38	21,00	4,86	3,80	110,02	-	1,09E-06	251,32	86,17	494,04	Limi Sabbiosi		
14,60	16,40	1,77	0,72	0,22	19,99	2,57	2,15	99,85	-	5,55E-07	226,74	77,32	481,49	Argille Limose		
16,40	18,40	1,80	-	-	35,66	13,87	14,97	245,89	73,28	4,50E-04	227,59	199,61	-	Sabbie		
18,40	20,00	1,79	0,84	0,25	21,48	2,92	2,86	129,67	-	4,14E-07	238,37	100,71	643,69	Argille Limose		

Fig. 41: parametrizzazione del sottosuolo relativo alla verticale S6.

Committente	Motor Power Company S.r.l.														TABELLA GEOTECNICA	
Località	Mancasale (RE)														Valori caratteristici	
N.prova	S7_2003															
Quote	quote	p.s.	Cu	C'	Fi	OCR	Ko	Eed	Dr	K	Vs	E'	EU	facies		
		t/mc	g/cm ³	g/cm ³			Kg/cm ³	Kg/cm ³	%	cm/s	m/s	Kg/cm ³	Kg/cm ³			
0,60	1,20	1,73	-	-	28,09	19,77	6,61	37,91	58,03	8,71E-08	206,04	31,18	-	Sabbie Limose		
1,20	2,20	1,75	0,37	0,11	22,63	14,22	4,86	52,24	55,68	2,98E-06	229,72	41,94	195,24	Limi Sabbiosi		
2,20	3,80	1,79	0,55	0,17	23,16	9,99	4,29	63,33	55,34	2,42E-06	227,87	49,96	229,51	Limi Sabbiosi		
3,80	7,40	1,79	0,61	0,18	22,98	7,10	3,67	66,59	55,01	4,08E-06	221,39	51,53	265,29	Limi Sabbiosi		
7,40	8,80	1,78	-	-	28,42	7,94	7,59	92,08	51,58	1,53E-05	223,15	73,89	-	Sabbie Limose		
8,80	10,00	1,83	-	-	28,18	9,21	7,98	118,57	60,39	9,66E-06	248,81	95,47	-	Sabbie Limose		
10,00	14,60	1,87	1,21	0,36	20,75	5,88	3,63	103,61	-	1,18E-06	250,62	78,86	407,71	Limi Argillosi		
14,60	17,60	1,78	0,70	0,21	20,94	2,74	2,10	99,31	-	4,35E-07	222,07	76,04	445,82	Argille Limose		
17,60	18,80	1,76	0,25	0,07	29,31	11,14	9,69	196,20	68,43	2,40E-04	216,39	160,08	370,31	Limi Sabbiosi		
18,80	20,00	1,80	0,93	0,28	20,53	3,71	3,33	120,29	-	8,58E-07	246,49	94,21	532,83	Limi Argillosi		

Fig. 42: parametrizzazione del sottosuolo relativo alla verticale S7.

Parametri geotecnici terreno di fondazione portata limite ultima ($Q_{lim. ultimo}$) dei limi sabbiosi



Fig. 43: lotti di riferimento per il calcolo della portata limite ultima ($Q_{lim ultimo}$).

Il progetto prevede la realizzazione di nuovi interventi all'interno di 3 lotti (A, B e C) pertanto si procede a caratterizzare il terreno di fondazione con i sondaggi di

pertinenza effettuati nelle rispettive aree, in modo da avere valori locali precisi; utilizzando l'ultima disposizione di progetto, vengono distinte due zone (Lotto A e lotto B + C), come riportato nella *fig. 43*, fermo restando che l'indicazione del piano di imposta dei futuri basamenti dovrà essere almeno 1.2 m dal p.c. attuale, perché tutta la lottizzazione sorge su di un terreno interessato da pregresse lavorazioni agricole (pedosuolo).

Con riferimento alla parametrizzazione del terreno illustrata nel paragrafo precedente si assegnano ai limi sabbiosi superficiali i seguenti parametri:

Lotto A (sondaggi di riferimento: S5, S6 e S7):

- Peso specifico (γ): 1.77 kg/cm³;
- Coesione drenata (c_u): 0.56 kg/cm²;
- Angolo di attrito interno (ϕ): 21°.

Lotti B + C (sondaggi di riferimento: S1, S2, S4 e S7):

- Peso specifico (γ): 1.74 kg/cm³;
- Coesione drenata (c_u): 0.45 kg/cm²;
- Angolo di attrito interno (ϕ): 21°.

In via indicativa, in quanto non si hanno informazioni sulla tipologia dei basamenti, utilizzando i parametri di cui sopra, mediante il metodo di *Brinch-Hansen & Paolucci – Pecker*, si procede alla stima della portata limite ultima del terreno di fondazione sia a lungo che a breve termine, per nastriiformi appoggiate a **1.2 m dal p.c.** con larghezza di circa 1.0 m. e plinti 2.0 x 2.0.

Di seguito si riportano le procedure di calcolo (*fig. 44, 45, 46, 47 – lotto A e fig. 48, 49, 50 e 51 – lotti B + C*) e una tabella riepilogativa delle analisi effettuate (*tab. 2*):

FONDAZIONE		TERRENO		SISMICA	
Incastro "D" [m]	1,2	ps [t/mc]	1,77	a(g)suolo	0,20
Larghezza "B" [m]	1,0	CU [Kg/cm ²]	0,56	Kh [SLV]	0,06
Lunghezza "L" [m]	10,0	C' [Kg/cm ²]	0,11	Kv	0,03
Forze verticali "N" [t/ml]	0	φ	21		
Forze orizzontali "H" [t/ml]	0	inclinazione p.c."ω"	0		
				C' [Kg/cm ²]	0,11
CONDIZIONE	[G]enerale [P]endio [M]uri	G	APPROCCIO 2	φ	21,00
A LUNGO TERMINE				R3	2,3

da Brinch-Hansen & Paolucci - Pecker

$Nq = \frac{1 + \sin. \varphi}{1 - \sin. \varphi} e^{\pi \tan. \varphi}$		7,06
$N\gamma = 2 \cdot (Nq + 1) \tan. \varphi$		6,18
$Nc = (Nq - 1) \cotan. \varphi$		15,79
$m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$		1,91
$i\gamma = \left[1 - \frac{H}{N + BL \cdot C \cot. \varphi} \right]^{(m+1)}$		1,00
$S\gamma = 1 - 0,4 \frac{B}{L}$		0,96
$Sq = 1 + \frac{B}{L} \tan. \varphi$		1,04
$Sc = 1 + 0,2 \frac{B \cdot Nq}{L \cdot Nc}$		1,01
$iq = \left[1 - \frac{H}{N + BL \cdot C \cdot \cot. \varphi} \right]^m$		1,00
$dq = 1 + 2 \frac{D}{B} \tan. \varphi \cdot (1 - \sin. \varphi)^2$ se "D/B" ≤ 1,00	D/B= 1,20	1,28
$dq = 1 + 2 \tan. \varphi \cdot (1 - \sin. \varphi)^2 \cdot \text{Arctan} \frac{D}{B}$ se "D/B" > 1,00		
$dc = dq - \frac{1 - dq}{Nc \cdot \tan. \varphi}$		1,32
$ic = iq - \frac{1 - iq}{Nc \tan. \varphi}$		1,00
$d\gamma = 1,00$		1,00
$hcf = 1 - 0,32 \cdot Kh$		1,00
$gq = g\gamma = (1 - \tan. \omega)^2$		0,98
$gc = gq - \frac{1 - gq}{Nc \tan. \varphi}$		0,98
$Hqf = h\gamma f = \left(1 - \frac{Kh}{\tan. \varphi} \right)^{0,35}$		0,95
Q.es. = Kg/cm ²		
$\frac{CNe \cdot Sc \cdot dc \cdot ic \cdot gc \cdot hcf + \gamma D \cdot Nq \cdot Sq \cdot dq \cdot iq \cdot gq \cdot hqf + 0,5B \cdot N\gamma \cdot S\gamma \cdot d\gamma \cdot i\gamma \cdot g\gamma \cdot h\gamma f}{R}$		1,91
Coefficiente di sottofondo verticale "Ko" da Bowles [Kg/cm ³]		1,76

 Fig. 44: portata limite ultima a lungo termine, per **nastriiformi** realizzate nei limi sabbiosi, a -1.2 m dal p.c. attuale – **lotto A**

FONDAZIONE		TERRENO		SISMICA	
Incastro "D" [m]	1,2	ps [t/mc]	1,77	a(g)suolo	0,20
Larghezza "B" [m]	1,0	CU [Kg/cm ²]	0,56	Kh [SLV]	0,06
Lunghezza "L" [m]	10,0	inclinazione p.c. (ω)	0,00	Kv	0,03
eccentricità	Forze verticali "N" [t/ml]	0,00			
	Forze orizzontali "H" [t/ml]	0,00			
				CU [Kg/cm ²]	0,56
CONDIZIONE	[G]enerale [P]endio [M]uri	G	APPROCCIO 2	R3	2,30
A BREVE TERMINE					
Nc=					5,14
$Sc = 1 + 0,2 \frac{B}{L}$					1,02
$dc = 1 + 0,4 * \frac{D}{B}$ per $B \geq D$					1,35
$dc = 1 + 0,4 * \arctan \frac{D}{B}$ per $B < D$					
$m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$					1,91
$ic = 1 - \frac{mH}{BL * CUNc}$					1,00
$gc = 1 - \frac{2\omega}{\pi + 2}$					1,00
$hcf = 1 - 0,32 * Kh$					0,98
Q. es. = $\frac{CU * Nc * dc * ic * gc * hcf + \gamma D}{R}$				Kg/cm ²	1,79
Coefficiente di sottofondo Verticale da Bowles : Ko = 40(SF)qa				Kg/cm ³	1,64
dove : SF = coefficiente di riduzione = 2.30					
qa = portata limite di esercizio					

Fig. 45: portata limite ultima a breve termine, per **nastri**formi realizzate nei limi sabbiosi, a -1.2 m dal p.c. attuale – **lotto A**

FONDAZIONE		TERRENO		SISMICA	
Incastro "D" [m]	1,2	ps [t/mc]	1,77	a(g)suolo	0,20
Larghezza "B" [m]	2,0	CU [Kg/cm ²]	0,56	Kh [SLV]	0,06
Lunghezza "L" [m]	2,0	C' [Kg/cm ²]	0,11	Kv	0,03
Forze verticali "N" [t/ml]	0	φ	21		
Forze orizzontali "H" [t/ml]	0	inclinazione p.c."ω"	0		
				C' [Kg/cm ²]	0,11
CONDIZIONE	[G]enerale [P]endio [M]uri	G	APPROCCIO 2	φ	21,00
A LUNGO TERMINE				R3	2,3

da Brinch-Hansen & Paolucci - Pecker

$Nq = \frac{1 + \sin. \varphi}{1 - \sin. \varphi} e^{\pi \tan. \varphi}$		7,06
$N\gamma = 2 * (Nq + 1) \tan. \varphi$		6,18
$Nc = (Nq - 1) \cotan. \varphi$		15,79
$m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$		1,50
$i\gamma = \left[1 - \frac{H}{N + BL * C \cot. \varphi} \right]^{(m+1)}$		1,00
$S\gamma = 1 - 0,4 \frac{B}{L}$		0,60
$Sq = 1 + \frac{B}{L} \tan. \varphi$		1,38
$Sc = 1 + 0,2 \frac{B * Nq}{L * Nc}$		1,09
$iq = \left[1 - \frac{H}{N + BL * C * \cot. \varphi} \right]^m$		1,00
$dq = 1 + 2 \frac{D}{B} \tan. \varphi * (1 - \sin. \varphi)^2$ se "D/B" ≤ 1,00	D/B=	0,60
$dq = 1 + 2 \tan. \varphi * (1 - \sin. \varphi)^2 * \text{Arctan} \frac{D}{B}$ se "D/B">1,00		1,19
$dc = dq - \frac{1 - dq}{Nc * \tan. \varphi}$		1,22
$ic = iq - \frac{1 - iq}{Nc \tan. \varphi}$		1,00
$d\gamma = 1,00$		1,00
$hcf = 1 - 0,32 * Kh$		1,00
$gq = g\gamma = (1 - \tan. \omega)^2$		0,98
$gc = gq - \frac{1 - gq}{Nc \tan. \varphi}$		0,98
$Hqf = h\gamma f = \left(1 - \frac{Kh}{\tan. \varphi} \right)^{0,35}$		0,95
Q.es. = Kg/cm ²		
$\frac{CNc * Sc * dc * ic * gc * hcf + \gamma D * Nq * Sq * dq * iq * gq * hqf + 0,5B * N\gamma * S\gamma * d\gamma * i\gamma * g\gamma * h\gamma f}{R}$		2,13
Coefficiente di sottofondo verticale "Ko" da Bowles [Kg/cm ³]		1,96

Fig. 46: portata limite ultima a lungo termine, per **pilanti 2 x 2**, realizzati nei limi sabbiosi, a -1.2 m dal p.c. attuale – **lotto A**

FONDAZIONE		TERRENO		SISMICA	
Incastro "D" [m]	1,2	ps [t/mc]	1,77	a(g)suolo	0,20
Larghezza "B" [m]	2,0	CU [Kg/cm ²]	0,56	Kh [SLV]	0,06
Lunghezza "L" [m]	2,0	inclinazione p.c. (ω)	0,00	Kv	0,03
eccentricità	Forze verticali "N" [t/ml]	0,00			
	Forze orizzontali "H" [t/ml]	0,00			
				CU [Kg/cm ²]	0,56
CONDIZIONE	[G]enerale [P]endio [M]uri	G	APPROCCIO 2	R3	2,30
A BREVE TERMINE					
Nc=					5,14
$Sc = 1 + 0,2 \frac{B}{L}$					1,20
$dc = 1 + 0,4 * \frac{D}{B}$ per $B \geq D$					1,24
$dc = 1 + 0,4 * \arctan \frac{D}{B}$ per $B < D$					
$m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$					1,50
$ic = 1 - \frac{mH}{BL * CUNc}$					1,00
$gc = 1 - \frac{2\omega}{\pi + 2}$					1,00
$hcf = 1 - 0,32 * Kh$					0,98
$Q. es. = \frac{CU * Nc * dc * ic * gc * hcf + \gamma D}{R}$				Kg/cm ²	1,92
Coefficiente di sottofondo Verticale da Bowles : $Ko = 40(SF)qa$				Kg/cm ³	1,77
dove : SF = coefficiente di riduzione = 2.30					
qa = portata limite di esercizio					

Fig. 47: portata limite ultima a breve termine, per **plinti 2 x 2**, realizzati nei limi sabbiosi, a -1.2 m dal p.c. attuale – **lotto A**

FONDAZIONE		TERRENO		SISMICA	
Incastro "D" [m]	1,2	ps [t/mc]	1,74	a(g)suolo	0,20
Larghezza "B" [m]	1,0	CU [Kg/cm ²]	0,45	Kh [SLV]	0,06
Lunghezza "L" [m]	10,0	C' [Kg/cm ²]	0,09	Kv	0,03
Forze verticali "N" [t/ml]	0	φ	21		
Forze orizzontali "H" [t/ml]	0	inclinazione p.c."ω"	0		
				C' [Kg/cm ²]	0,09
CONDIZIONE	[G]enerale [P]endio [M]uri	G	APPROCCIO 2	φ	21,00
A LUNGO TERMINE				R3	2,3

da Brinch-Hansen & Paolucci - Pecker

$Nq = \frac{1 + \sin. \varphi}{1 - \sin. \varphi} e^{\pi \tan. \varphi}$		7,06
$N\gamma = 2 \cdot (Nq + 1) \tan. \varphi$		6,18
$Nc = (Nq - 1) \cotan. \varphi$		15,79
$m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$		1,91
$i\gamma = \left[1 - \frac{H}{N + BL \cdot C \cot. \varphi} \right]^{(m+1)}$		1,00
$S\gamma = 1 - 0,4 \frac{B}{L}$		0,96
$Sq = 1 + \frac{B}{L} \tan. \varphi$		1,04
$Sc = 1 + 0,2 \frac{B \cdot Nq}{L \cdot Nc}$		1,01
$iq = \left[1 - \frac{H}{N + BL \cdot C \cdot \cot. \varphi} \right]^m$		1,00
$dq = 1 + 2 \frac{D}{B} \tan. \varphi \cdot (1 - \sin. \varphi)^2$ se "D/B" ≤ 1,00	D/B = 1,20	1,28
$dq = 1 + 2 \tan. \varphi \cdot (1 - \sin. \varphi)^2 \cdot \text{Arctan} \frac{D}{B}$ se "D/B" > 1,00		
$dc = dq - \frac{1 - dq}{Nc \cdot \tan. \varphi}$		1,32
$ic = iq - \frac{1 - iq}{Nc \tan. \varphi}$		1,00
$d\gamma = 1,00$		1,00
$hcf = 1 - 0,32 \cdot Kh$		1,00
$gq = g\gamma = (1 - \tan. \omega)^2$		0,98
$gc = gq - \frac{1 - gq}{Nc \tan. \varphi}$		0,98
$Hqf = h\gamma f = \left(1 - \frac{Kh}{\tan. \varphi} \right)^{0,35}$		0,95
Q.es. = Kg/cm ²		
$\frac{Cnc \cdot Sc \cdot dc \cdot ic \cdot gc \cdot hcf + \gamma D \cdot Nq \cdot Sq \cdot dq \cdot iq \cdot gq \cdot hqf + 0,5B \cdot N\gamma \cdot S\gamma \cdot d\gamma \cdot i\gamma \cdot g\gamma \cdot h\gamma f}{R}$		1,70
Coefficiente di sottofondo verticale "Ko" da Bowles [Kg/cm ³]		1,57

Fig. 48: portata limite ultima a lungo termine, per **nastriformi** realizzate nei limi sabbiosi, a -1.2 m dal p.c. attuale – **lotti B + C**

FONDAZIONE		TERRENO		SISMICA	
Incastro "D" [m]	1,2	ps [t/mc]	1,74	a(g)suolo	0,20
Larghezza "B" [m]	1,0	CU [Kg/cm ²]	0,45	Kh [SLV]	0,06
Lunghezza "L" [m]	10,0	inclinazione p.c. (ω)	0,00	Kv	0,03
eccentricità	Forze verticali "N" [t/ml]	0,00			
	Forze orizzontali "H" [t/ml]	0,00			
				CU [Kg/cm ²]	0,45
CONDIZIONE	[G]enerale [P]endio [M]uri	G	APPROCCIO 2	R3	2,30
A BREVE TERMINE					
Nc=					5,14
$Sc = 1 + 0,2 \frac{B}{L}$					1,02
$dc = 1 + 0,4 * \frac{D}{B}$ per $B \geq D$					1,35
$dc = 1 + 0,4 * \arctan \frac{D}{B}$ per $B < D$					
$m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$					1,91
$ic = 1 - \frac{mH}{BL * CUNc}$					1,00
$gc = 1 - \frac{2\omega}{\pi + 2}$					1,00
hcf = 1 – 0,32 * Kh					0,98
Q. es. = $\frac{CU * Nc * dc * ic * gc * hcf + \gamma D}{R}$				Kg/cm ²	1,45
Coefficiente di sottofondo Verticale da Bowles : Ko = 40(SF)qa				Kg/cm ³	1,33
dove : SF = coefficiente di riduzione = 2.30					
qa = portata limite di esercizio					

Fig. 49: portata limite ultima a breve termine, per **nastriiformi** realizzate nei limi sabbiosi, a -1.2 m dal p.c. attuale – **lotti B + C**

FONDAZIONE		TERRENO		SISMICA	
Incastro "D" [m]	1,2	ps [t/mc]	1,74	a(g)suolo	0,20
Larghezza "B" [m]	2,0	CU [Kg/cm ²]	0,45	Kh [SLV]	0,06
Lunghezza "L" [m]	2,0	C' [Kg/cm ²]	0,09	Kv	0,03
Forze verticali "N" [t/ml]	0	φ	21		
Forze orizzontali "H" [t/ml]	0	inclinazione p.c."ω"	0		
				C' [Kg/cm ²]	0,09
CONDIZIONE	[G]enerale [P]endio [M]uri	G	APPROCCIO 2	φ	21,00
A LUNGO TERMINE				R3	2,3

da Brinch-Hansen & Paolucci - Pecker

$Nq = \frac{1 + \sin. \varphi}{1 - \sin. \varphi} e^{\pi \tan. \varphi}$		7,06
$N\gamma = 2 * (Nq + 1) \tan. \varphi$		6,18
$Nc = (Nq - 1) \cotan. \varphi$		15,79
$m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$		1,50
$iy = \left[1 - \frac{H}{N + BL * C \cot. \varphi} \right]^{(m+1)}$		1,00
$Sy = 1 - 0,4 \frac{B}{L}$		0,60
$Sq = 1 + \frac{B}{L} \tan. \varphi$		1,38
$Sc = 1 + 0,2 \frac{B * Nq}{L * Nc}$		1,09
$iq = \left[1 - \frac{H}{N + BL * C * \cot. \varphi} \right]^m$		1,00
$dq = 1 + 2 \frac{D}{B} \tan. \varphi * (1 - \sin. \varphi)^2$ se "D/B" ≤ 1,00	D/B=	0,60
$dq = 1 + 2 \tan. \varphi * (1 - \sin. \varphi)^2 * \text{Arctan} \frac{D}{B}$ se "D/B">1,00		1,19
$dc = dq - \frac{1 - dq}{Nc * \tan. \varphi}$		1,22
$ic = iq - \frac{1 - iq}{Nc \tan. \varphi}$		1,00
$dy = 1,00$		1,00
$hcf = 1 - 0,32 * Kh$		1,00
$gq = g\gamma = (1 - \tan. \omega)^2$		0,98
$gc = gq - \frac{1 - gq}{Nc \tan. \varphi}$		0,98
$Hqf = h\gamma f = \left(1 - \frac{Kh}{\tan. \varphi} \right)^{0,35}$		0,95
Q.es. = Kg/cm ²		
$\frac{CNe * Sc * dc * ic * gc * hcf + \gamma D * Nq * Sq * dq * iq * gq * hqf + 0,5B * N\gamma * Sy * dy * iy * gy * h\gamma f}{R}$		1,92
Coefficiente di sottofondo verticale "Ko" da Bowles [Kg/cm ³]		1,77

Fig. 50: portata limite ultima a lungo termine, per **plinti 2 x 2**, realizzati nei limi sabbiosi, a -1.2 m dal p.c. attuale – **lotti B + C**

FONDAZIONE		TERRENO		SISMICA	
Incastro "D" [m]	1,2	ps [t/mc]	1,74	a(g)suolo	0,20
Larghezza "B" [m]	2,0	CU [Kg/cm ²]	0,45	Kh [SLV]	0,06
Lunghezza "L" [m]	2,0	inclinazione p.c. (ω)	0,00	Kv	0,03
eccentricità	Forze verticali "N" [t/ml]	0,00			
	Forze orizzontali "H" [t/ml]	0,00			
				CU [Kg/cm ²]	0,45
CONDIZIONE	[G]enerale [P]endio [M]uri	G	APPROCCIO 2	R3	2,30
A BREVE TERMINE					
Nc=					5,14
$Sc = 1 + 0,2 \frac{B}{L}$					1,20
$dc = 1 + 0,4 * \frac{D}{B}$ per $B \geq D$					1,24
$dc = 1 + 0,4 * \arctan \frac{D}{B}$ per $B < D$					
$m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$					1,50
$ic = 1 - \frac{mH}{BL * CUNc}$					1,00
$gc = 1 - \frac{2\omega}{\pi + 2}$					1,00
$hcf = 1 - 0,32 * Kh$					0,98
$Q_{es.} = \frac{CU * Nc * dc * ic * gc * hcf + \gamma D}{R}$				Kg/cm ²	1,56
Coefficiente di sottofondo Verticale da Bowles : Ko = 40(SF)qa				Kg/cm ³	1,43
dove : SF = coefficiente di riduzione = 2.30					
qa = portata limite di esercizio					

Fig. 51: portata limite ultima a breve termine, per **plinti 2 x 2**, realizzati nei limi sabbiosi, a -1.2 m dal p.c. attuale – **lotti B + C**

Il quadro riepilogativo è il seguente:

	nastriiformi (larghezza 1 m)		plinti 2 x 2	
	Q_{lim} ultimo a <u>lungo termine</u> (in kg/cm ²)	Q_{lim} ultimo a <u>breve termine</u> (in kg/cm ²)	Q_{lim} ultimo a <u>lungo termine</u> (in kg/cm ²)	Q_{lim} ultimo a <u>breve termine</u> (in kg/cm ²)
lotto A	1.91	1.79	2.13	1.92
lotti B + C	1.70	1.45	1.92	1.56

Tab. 2: stima della portata limite ultima, a seconda della tipologia di fondazione

Conclusioni

La presente indagine, con riferimento alla modellazione geologica, stratigrafica, sismica e idrogeologica del volume significativo di terreno, effettuata in località Mancasale, comune di Reggio Emilia, nell'ambito di una lottizzazione prevista nel nuovo PUA, AP 14 - Mancasale, espletata mediante la rielaborazione di n°7 penetrometrie statiche CPT realizzate all'interno dell'area esaminata, n°1 stendimento sismico ai microtremori e n°2 registrazioni delle frequenze naturali del terreno (rapporto spettrale H/V) , ha permesso di restituire il seguente quadro:

- 1) l'area in oggetto è contraddistinta da terreni costituiti essenzialmente da spessori alluvionali (orizzonti limo-argillosi e/o ghiaio-sabbiosi), caratterizzate da frequenti variazioni laterali di facies deposizionali proprio perché le acque di scorrimento dei torrenti locali (T. Crostolo e T. Modolena), a seguito di eventi di piena cambiavano percorso nel tempo;
- 2) la ricostruzione stratigrafica di superficie, ricavata dalla restituzione delle prove penetrometriche realizzate, evidenzia una predominanza superficiale di litologie limo-sabbiose, localmente sabbio-limose, fino a 12 m dal p.c., poi argille e limi, e un orizzonte sabbioso di modesto spessore (< di 3.0 m) con una matrice limosa sempre presente, poi nuovamente argille e limi fino a fondo foro;
- 3) la profondità della freatica è diversa in ogni verticale, più superficiale nel settore SW dell'area (1.6 – 1.8 m dal p.c.), mentre si approfondisce gradualmente verso nord, fino a 4.0 m;
- 4) la profondità (in m s.l.m.) del limite basale dei sedimenti quaternari continentali, evidenzia un substrato marino (bedrock sismico) posto ad una profondità prossima tra ai 350 m dal p.c. (dato indispensabile per lo studio di Risposta Sismica Locale, *approccio 3*);
- 5) il rilevamento di campagna e l'analisi della cartografia esistente non evidenzia la presenza di alcun fenomeno di detensionamento superficiale, pertanto il lotto è **stabile**.

- 6) Fermo restando che l'indicazione del piano di imposta dei futuri basamenti dovrà essere almeno 1.2 m dal p.c. attuale, perché tutta la lottizzazione sorge su di un terreno interessato da pregresse lavorazioni agricole (pedosuolo), il progetto prevede la realizzazione di nuovi interventi all'interno di 3 lotti (A, B e C) pertanto la caratterizzazione del terreno di fondazione, effettuata con i sondaggi di pertinenza collocati nelle due zone (Lotto A e lotto B + C) è così scomposta:

Lotto A (sondaggi di riferimento: S5, S6 e S7):

- Peso specifico (γ): 1.77 kg/cm³;
- Coesione drenata (c_u): 0.56 kg/cm²;
- Angolo di attrito interno (ϕ): 21°.

Lotti B + C (sondaggi di riferimento: S1, S2, S4 e S7):

- Peso specifico (γ): 1.74 kg/cm³;
- Coesione drenata (c_u): 0.45 kg/cm²;
- Angolo di attrito interno (ϕ): 21°.

- 7) In via indicativa, in quanto non si hanno informazioni sulla tipologia dei basamenti, utilizzando i parametri di cui sopra, mediante il metodo di *Brinch-Hansen & Paolucci – Pecker*, si procede alla stima della portata limite ultima del terreno di fondazione sia a lungo che a breve termine, per nastriformi appoggiate a **1.2 m dal p.c.** con larghezza di circa 1.0 m. e plinti 2.0 x 2.0.

	nastriformi (larghezza 1 m)		plinti 2 x 2	
	<i>Q_{lim} ultimo a lungo termine (in kg/cm²)</i>	<i>Q_{lim} ultimo a breve termine (in kg/cm²)</i>	<i>Q_{lim} ultimo a lungo termine (in kg/cm²)</i>	<i>Q_{lim} ultimo a breve termine (in kg/cm²)</i>
lotto A	1.91	1.79	2.13	1.92
lotti B + C	1.70	1.45	1.92	1.56

- 8) L'analisi sismica del sito (RSL):

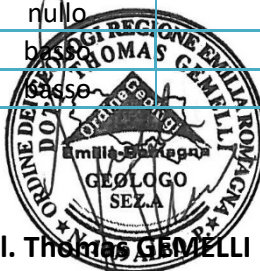
- a) magnitudo attesa: **6.14**;

- b) le “ V_{s30} ” ricavate dalla prova Re.Mi. (**260 m/s**) pongono il sito in **classe C**;
- c) la restituzione della RSL (risposta sismica locale) per la definizione dei parametri sismici del sito è la seguente (normalizzazione ICMS):

RISPOSTA SISMICA LOCALE		Se.aggancio(T0)	0,20	COEFFICIENTI DI HOUSNER	
		TB	0,24		
Stato limite	SLV	TC	0,72	$0,1 < T < 0,5$	2,17
Classe d'uso	II	TD	2,41	$0,5 < T < 1,00$	2,13
Codice per la RSL :	EERA	Se(g)max [T] RSL	0,60	$0,5 < T_c < 1,5$	2,20
Topografia	T1	Se(g)Norm [T]	0,46		
categoria sismica	C	Fo	2,20		
Spettro normalizzato	ICMS	PGA = Se.agg(T0)/a(g)	1,30		
		S	1,34		

- d) l’accelerazione sismica attesa a livello di suolo (a_{g0}) è: **0.198**;
- e) l’analisi delle frequenze caratteristiche del terreno risulta contraddistinta da una discontinuità sismica localizzata, associabile a cambi litologici tra livelli di sabbia/ghiaia addensata e argille, caratteristica di un cambio di impedenza, in linea con lo studio di MZS del Comune di Reggio, individuata ad una profondità di circa 100 m dal p.c. ($f_{Hvsr1} = 0.94$ Hz e $f_{Hvsr2} = 1.07$ Hz);
- f) Il quadro risultante in merito al rischio liquefazione e cedimenti post-sismici, stimati con i parametri sismici di cui al punto 8.a e 8.d, restituiscono i seguenti valori:

sondaggio	LPI	Rischio	Ced. post. sism. (cm)	LSN
S1	0.07	basso	1.74	1.85
S2	0.17	basso	2.38	3.25
S3	0.18	basso	3.14	3.91
S4	0.21	basso	3.38	2.42
S5	0.00	nullo	0.36	0.56
S6	0.01	basso	0.90	0.66
S7	0.07	basso	1.81	1.59



Dott. Geol. Thomas GEMELLI

Albo Reg. Em. Rom. n°1009

Allegati

Grafici ed elaborati relativi a:

- 1) Ubicazione dell'area indagata sulla base della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) e Ortofoto AGEA 2013, rispettivamente, alla scala 1:24.000 e 1:3000;
- 2) Ubicazione delle indagini effettuate sull'estratto di variante di PUA, AP 14 – Mancasale, alla scala 1:2500;
- 3) Estratto di “Carta geologica della Regione Emilia Romagna” (2020);
- 4) Istogrammi, grafici e principali parametri geotecnici desunti dalla prova penetrometrica realizzata (CPT), realizzata in piazza Virgiliana, relativi a:
 - Resistenza alla Punta e Rapporto RP/RL;
 - Stratigrafia secondo Robertson (2012);
 - Grado di consolidamento e densità relativa dei materiali incoerenti;
 - Parametri geotecnici;
 - Rapporto CRR – CRSfs e IL (rischio liquefazione), secondo Idriss - Boulanger;
 - Cedimenti post-sismici;



area oggetto d'indagine

**Ubicazione sito su Carta Tecnica Regionale
(DBTR 2013)**

1:24.000



Legenda

- ▲ registrazioni H/V
- Prove CPT (2003)
- Stendimento ReMi

**Ubicazione indagini su Ortofoto RER
(CGR 2018)**

1:3.000

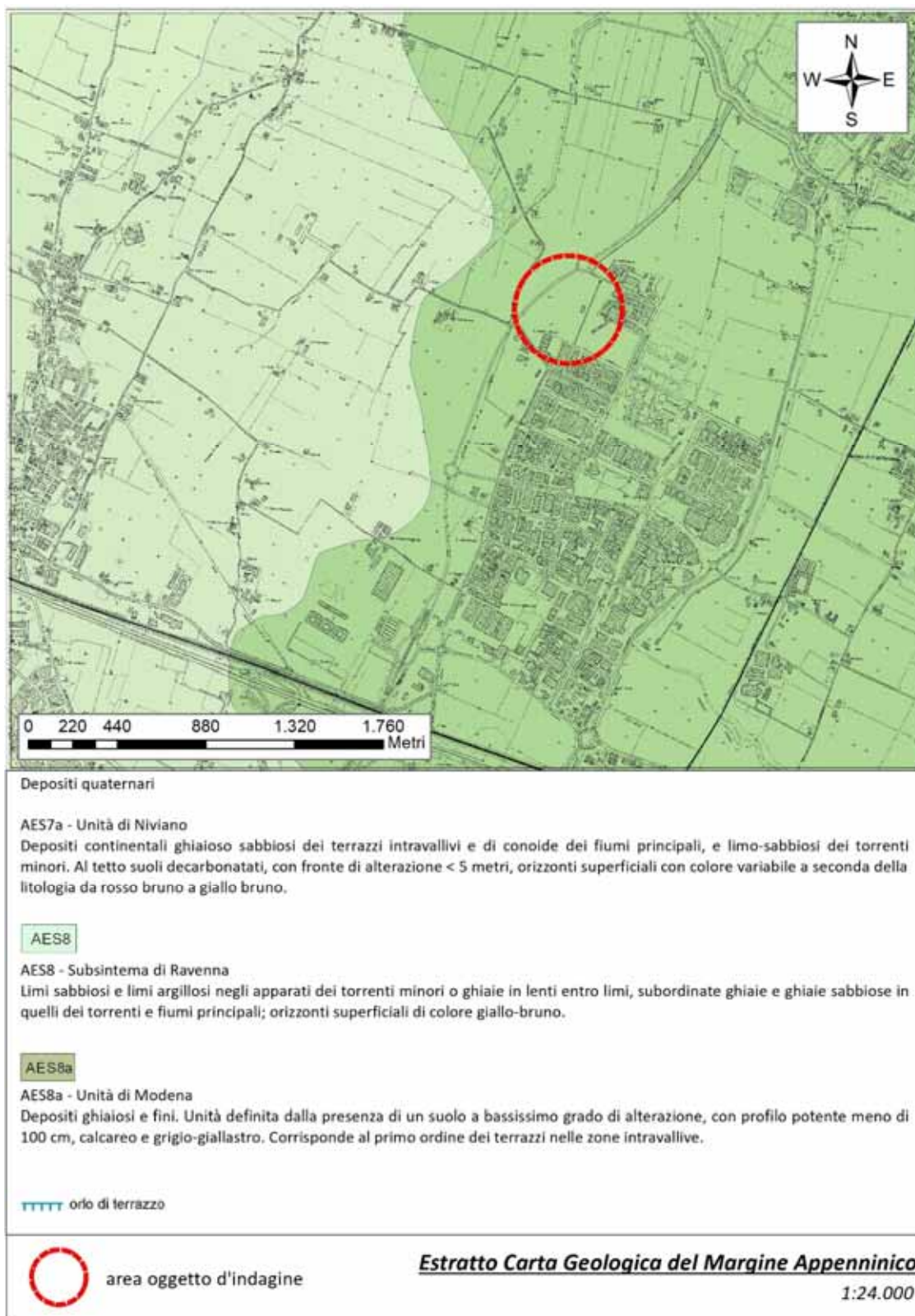


Legenda

- ▲ registrazioni H/V
- Prove CPT (2003)
- Stendimento ReMi

**Ubicazione indagini su estratto PUA
(base ortofoto CGR 2018)**

1:2.500



Dott. Geol. **GEMELLI THOMAS**

Via Landino 22, Sassuolo (MO) - Cell. 3495786691 - email: thomas.gemelli@tiscali.it

Prova penetrometrica statica CPT - penetrometro Pagani TG73100kN

N.ro SOND,

S1_2003

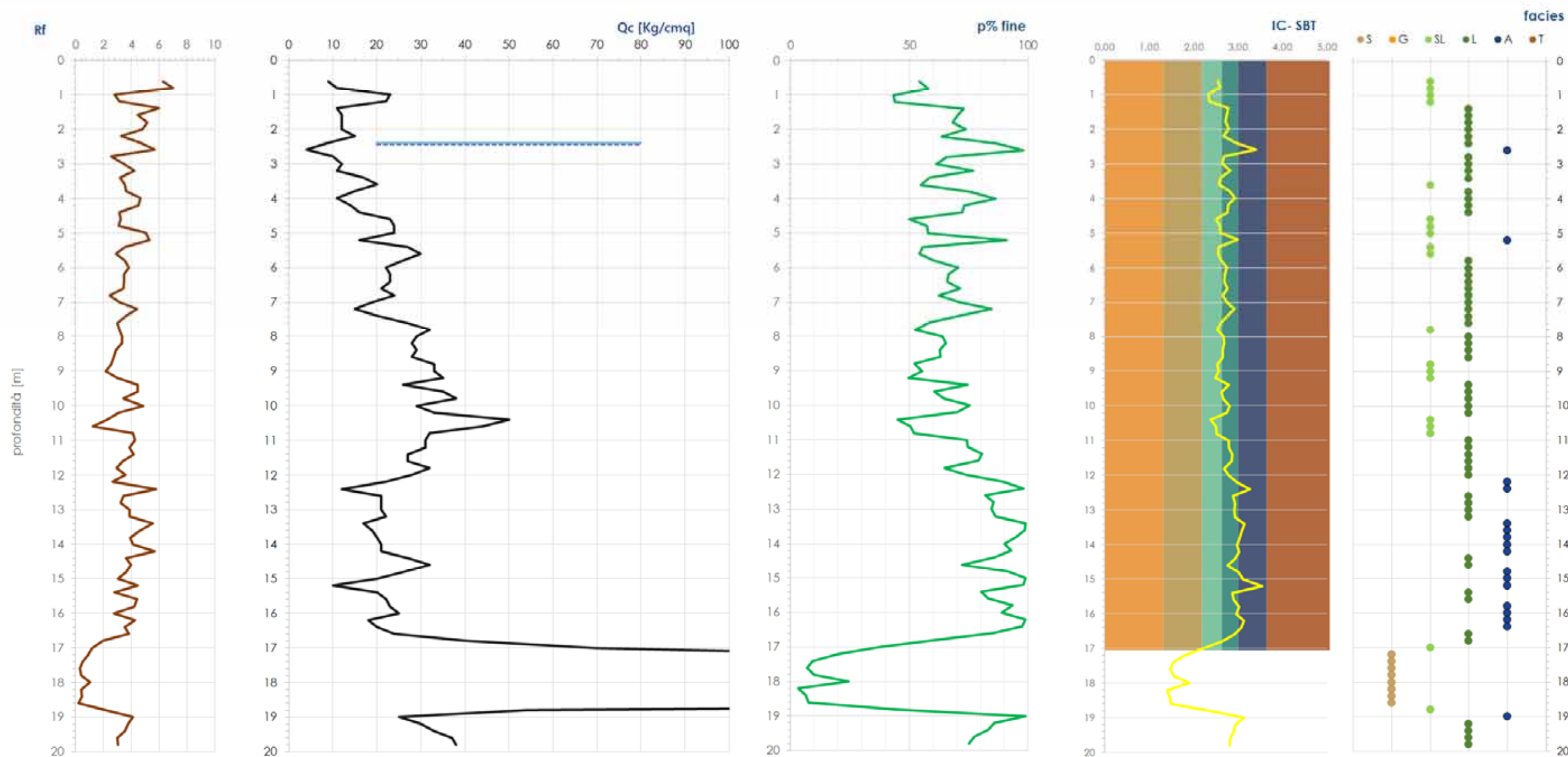
Falda

2.40

Committente Motor Power Company S.r.l.

Località

Mancasale (RE)



F.YI - estimating soil fines contents from CPT [2014]

Robertson : Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering [2015]

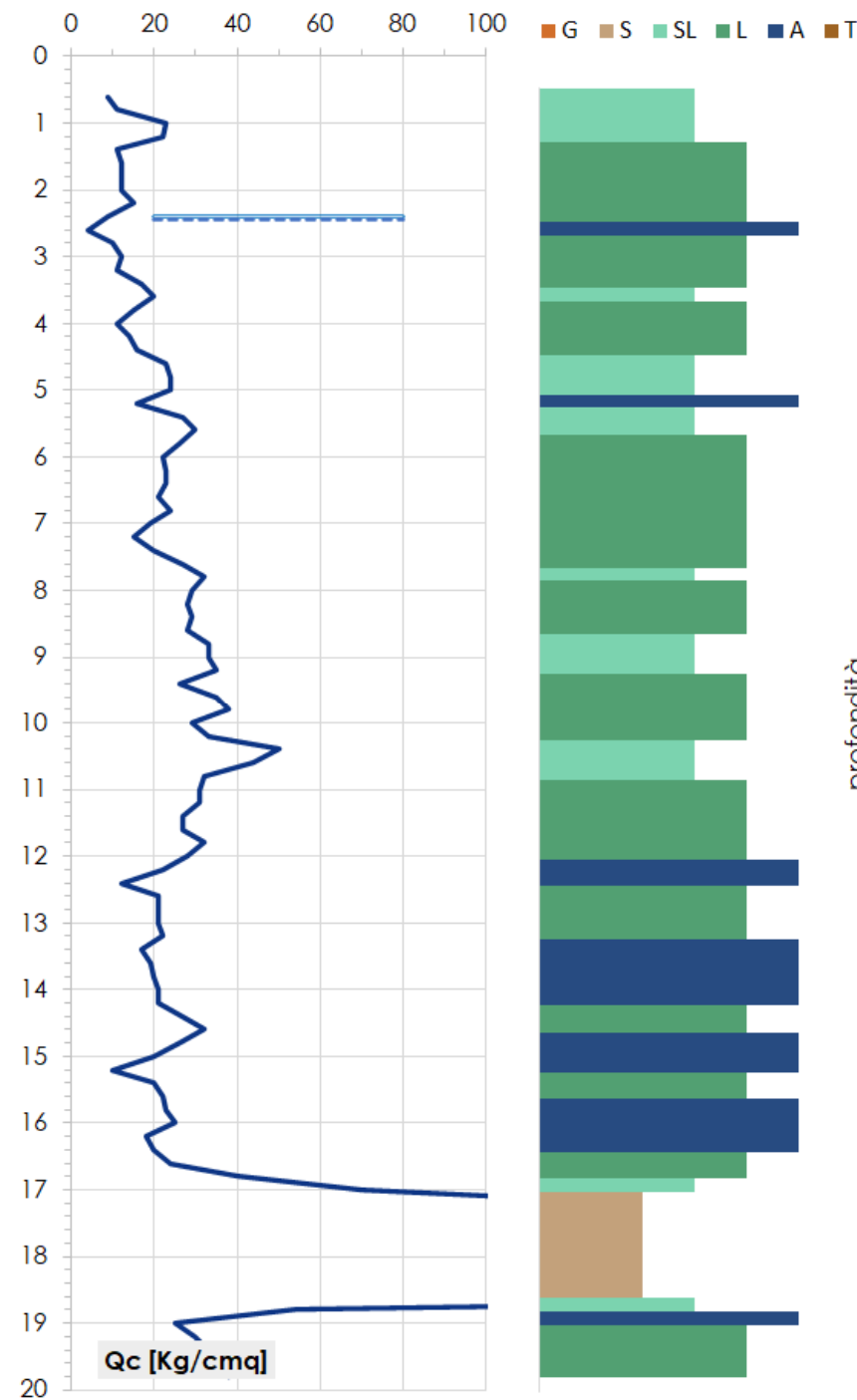
C.Madial-G.Vannucchi - M.Baglione - Luca Martelli - T.Veronese : utilizzo delle prove CPT per la stima liquefazione [Riv. It. Geotecnica]

Committente
Località
N.prova

Motor Power Company S.r.l.
Mancasale (RE)
S1_2003

TABELLA GEOTECNICA

valori caratteristici



	p.s. t/mc	Cu Kg/cmq	C' Kg/cmq	Fi	OCR	Ko Kg/cmq	Eed Kg/cmq	Dr %	K cm/s	Vs m/s	E' Kg/cmq	EU Kg/cmq
0	1,76	-	-	33	29	8,91	55	69	5,72E-06	226	46	-
1	1,75	0,57	0,17	21	11	1,72	44	-	7,81E-07	228	34	181
2	1,69	0,41	0,12	19	6	1,24	35	-	1,64E-06	197	28	148
3	1,76	0,55	0,17	21	8	3,30	56	50	2,05E-06	223	44	208
4	1,81	-	-	29	11	9,20	88	57	4,55E-06	242	72	-
5	1,81	1,00	0,30	21	8	3,00	76	-	3,16E-06	237	59	311
6	1,86	0,79	0,24	26	10	7,59	116	59	9,15E-06	251	91	433
7	1,83	1,29	0,39	21	7	3,88	105	-	1,73E-06	257	81	408
8	1,83	0,89	0,27	21	4	2,68	104	-	6,27E-07	236	79	456
9	1,85	-	-	39	33	18,95	419	97	7,92E-04	252	340	-
10	1,82	1,15	0,34	21	5	4,12	132	-	1,46E-06	255	104	588

Dati bibliografici

Robertson [p.s.]; Lancellotta [DR] ; Jacobsen [C'] ; P.V.Righi [fi] ; Robertson [K] ; DeBeer [CU] - Kulway [Arg] e Vidijala [Sab] [Ko] ; Bowles [Eed] ; Mayne [Vs-OCR] ; Teoria elasticità [E'] - Duncan [EU]

Dott. Geol. **GEMELLI THOMAS**

Via Landino 22, Sassuolo (MO) - Cell. 3495786691 - email: thomas.gemelli@tiscali.it

Prova penetrometrica statica CPT - penetrometro Pagani TG73100kN

N.ro SOND.

S2_2003

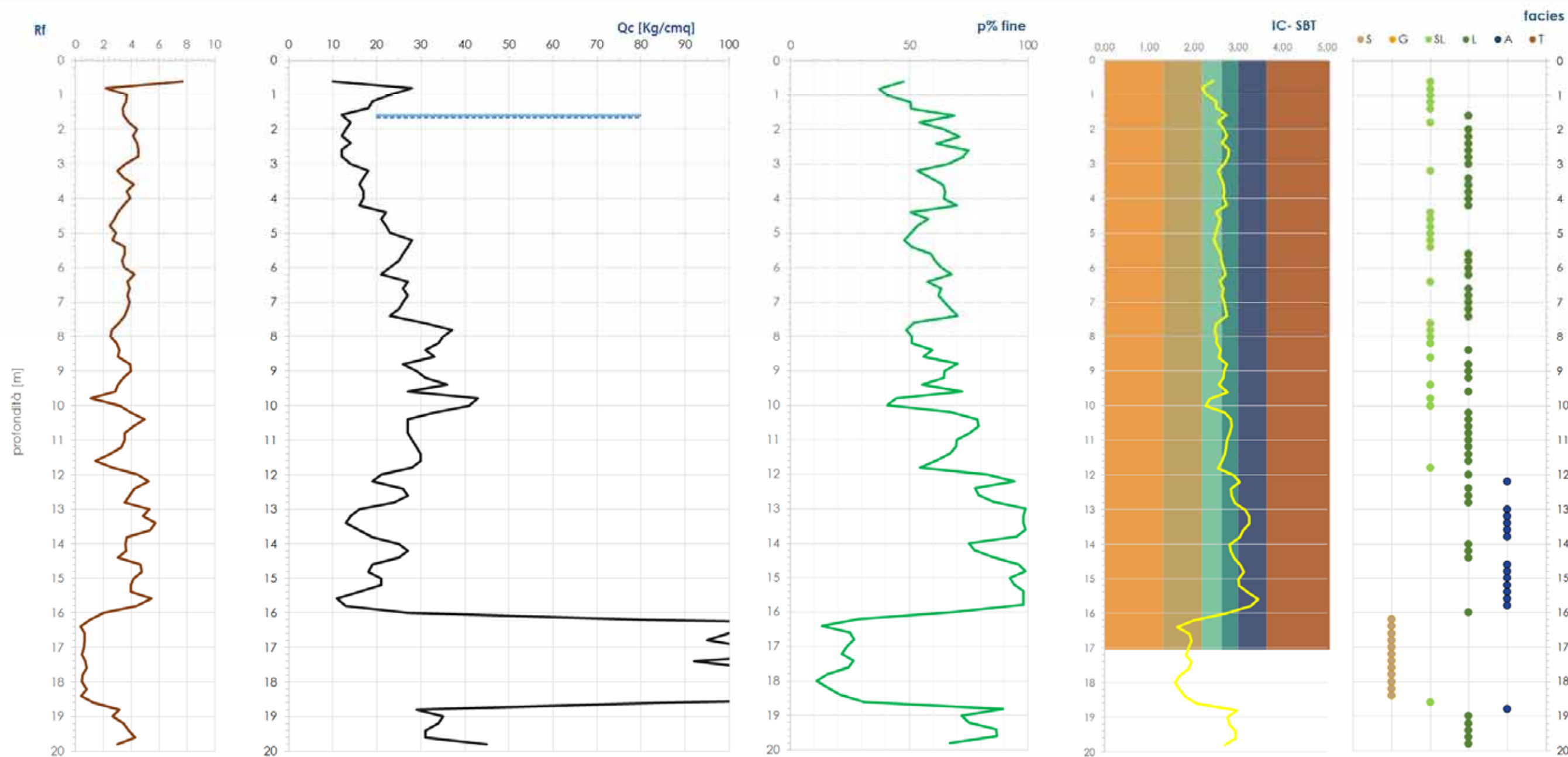
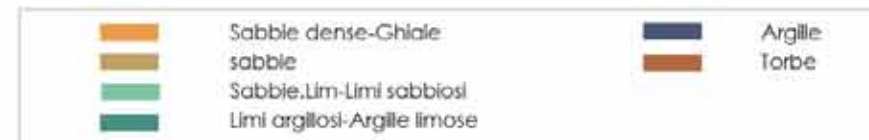
Falda

1.60

Committente Motor Power Company S.r.l.

Località

Mancasale (RE)



F.YI - estimating soil fines contents from CPT [2014]

Robertson : Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering [2015]

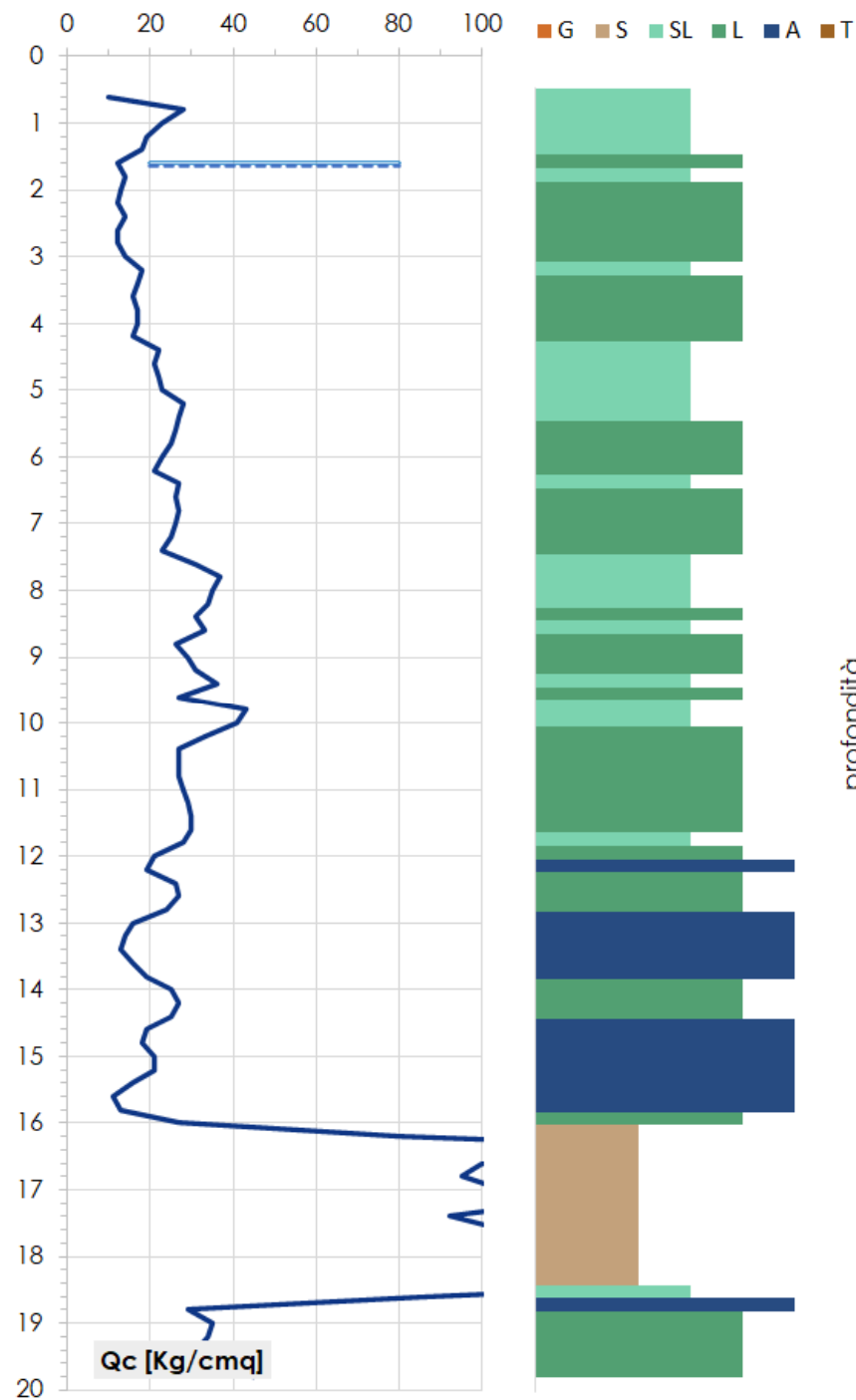
C.Madial-G.Vannucchi - M.Baglione - Luca Martelli - T.Veronese : utilizzo delle prove CPT per la stima liquefazione [Riv. It. Geotecnica]

Committente
Località
N.prova

Motor Power Company S.r.l.
Mancasale (RE)
S2_2003

TABELLA GEOTECNICA

valori caratteristici



	p.s. t/mc	Cu Kg/cmq	C' Kg/cmq	Fi	OCR	Ko Kg/cmq	Eed Kg/cmq	Dr %	K cm/s	Vs m/s	E' Kg/cmq	EU Kg/cmq
0												
1	1,78	-	-	31	31	8,00	61	74	2,96E-05	229	50	-
2	1,76	0,51	0,15	21	11	2,81	46	50	3,29E-07	220	36	186
3	1,77	0,63	0,19	22	11	3,48	58	51	3,15E-06	226	45	238
4	1,78	-	-	32	12	10,23	84	58	1,45E-05	228	69	-
5												
6	1,84	1,02	0,31	21	10	4,15	85	53	1,07E-06	249	66	352
7												
8												
9	1,85	-	-	28	11	8,75	115	62	1,22E-05	248	92	-
10												
11	1,85	1,11	0,33	21	7	4,11	101	44	2,77E-06	249	77	382
12												
13												
14	1,81	0,78	0,23	20	4	2,34	102	-	8,15E-07	233	78	394
15												
16												
17	1,82	-	-	38	23	16,40	301	88	9,13E-04	235	244	-
18												
19	1,84	1,45	0,44	22	5	4,36	125	-	2,16E-06	254	97	592
20												

Dati bibliografici

Robertson [p.s.]; Lancellotta [DR] ; Jacobsen [C'] ; P.V.Righi [fi] ; Robertson [K] ; DeBeer [CU] - Kulway [Arg] e Vidijala [Sab] [Ko] ; Bowles [Eed] ; Mayne [Vs-OCR] ; Teoria elasticità [E'] - Duncan [EU]

Dott. Geol. **GEMELLI THOMAS**

Via Landino 22, Sassuolo (MO) - Cell. 3495786691 - email: thomas.gemelli@tiscali.it

Prova penetrometrica statica CPT - penetrometro Pagani TG73100kN

N.ro SOND,

S3_2003

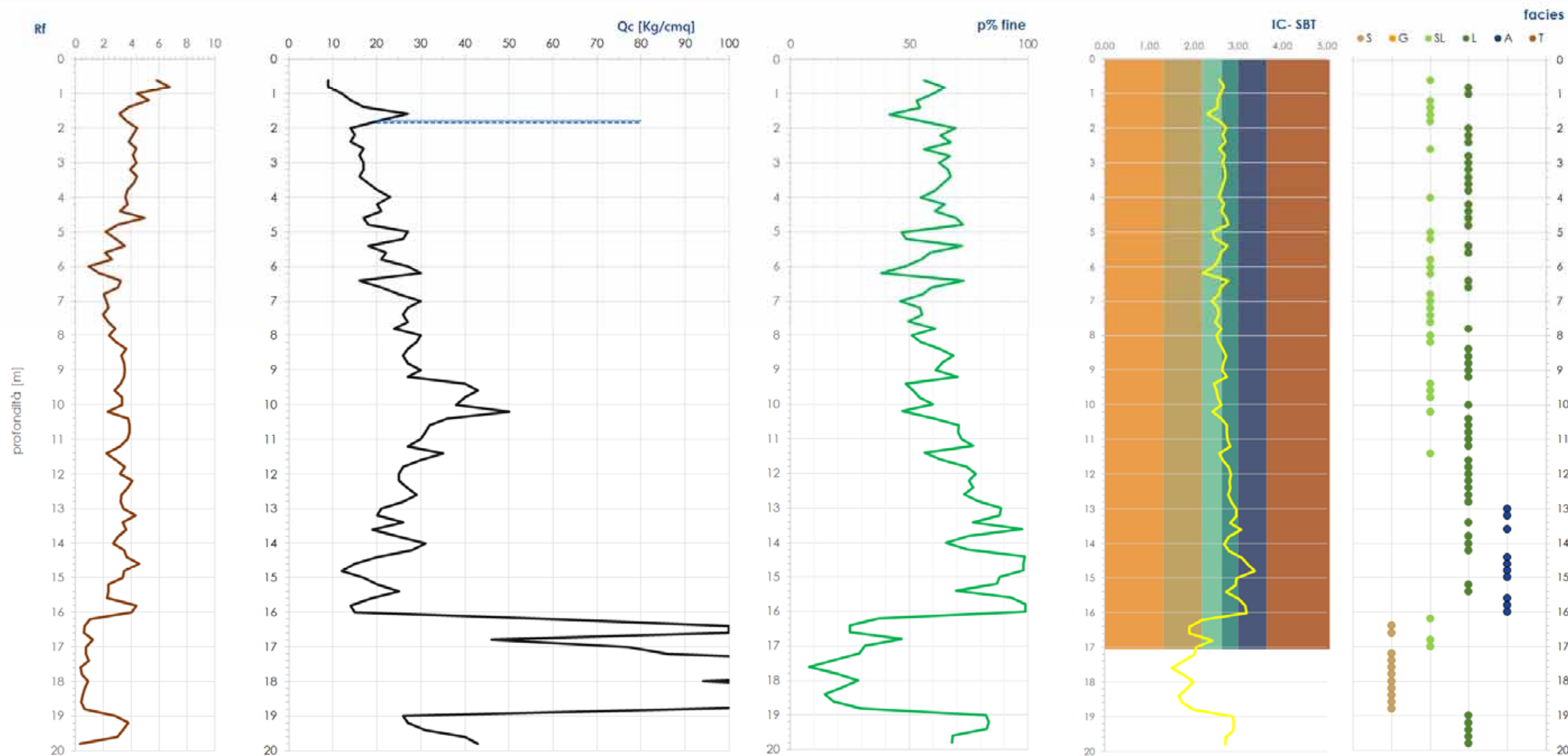
Falda

1:80

Committente Motor Power Company S.r.l.

Località

Mancasale (RE)



F.YI - estimating soil fines contents from CPT [2014]

Robertson : Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering [2015]

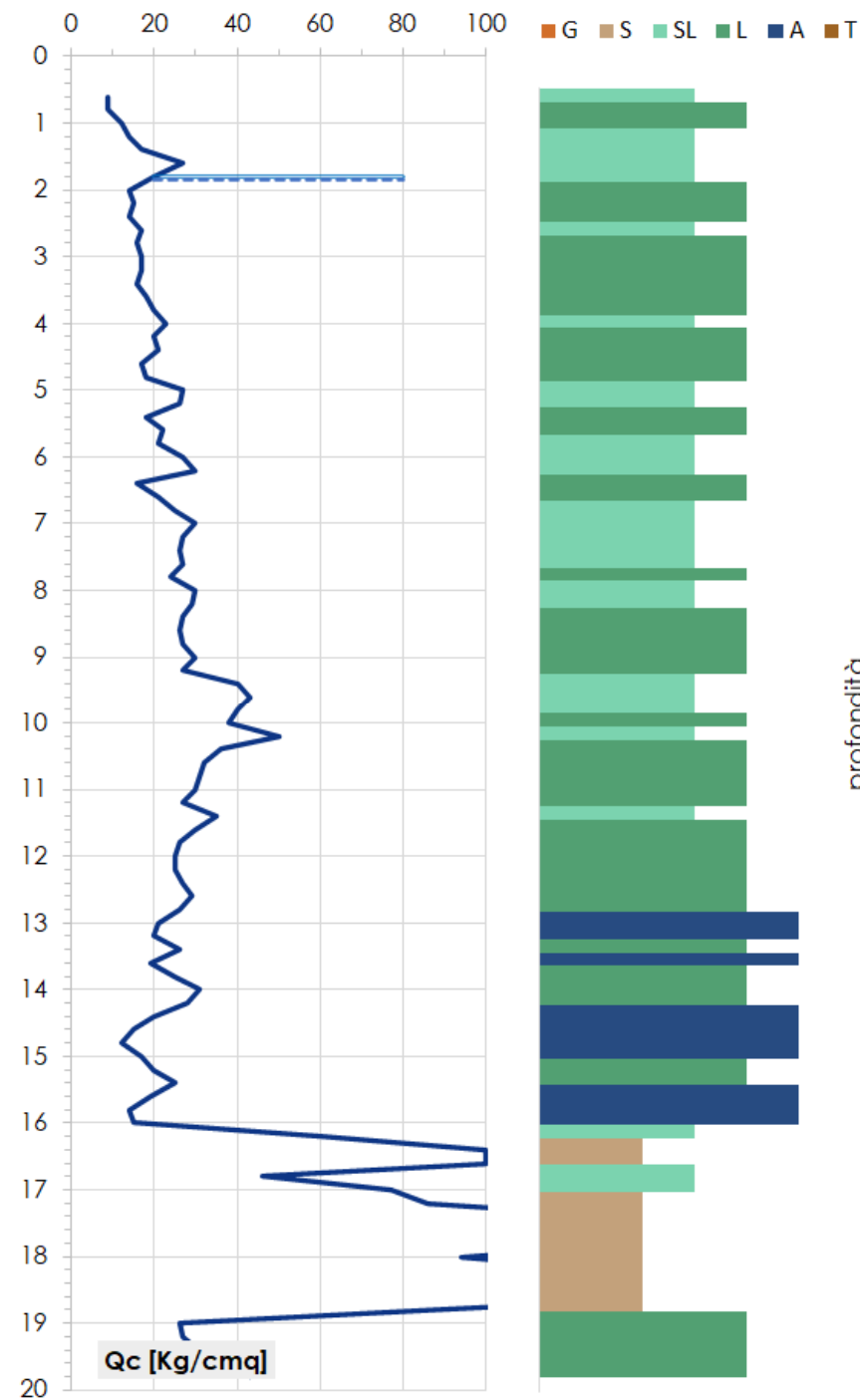
C.Madial-G.Vannucchi - M.Baglione - Luca Martelli - T.Veronese : utilizzo delle prove CPT per la stima liquefazione [Riv. It. Geotecnica]

Committente
Località
N.prova

Motor Power Company S.r.l.
Mancasale (RE)
S3_2003

TABELLA GEOTECNICA

valori caratteristici



	p.s. t/mc	Cu Kg/cmq	C' Kg/cmq	Fi	OCR	Ko Kg/cmq	Eed Kg/cmq	Dr %	K cm/s	Vs m/s	E' Kg/cmq	EU Kg/cmq
0	1,72	0,32	0,10	21	21	3,67	35	57	7,47E-08	221	28	155
1	1,77	-	-	33	21	9,46	67	65	1,26E-06	234	56	-
2												
3	1,80	0,68	0,21	21	12	3,01	57	51	1,96E-07	233	44	237
4	1,78	0,69	0,21	21	11	4,11	68	54	2,16E-06	239	54	272
5												
6	1,76	-	-	28	10	6,91	79	57	3,12E-05	218	63	-
7	1,76	-	-	31	10	9,40	92	55	1,90E-05	225	75	-
8	1,81	0,82	0,25	25	9	6,13	96	54	7,16E-06	242	76	388
9												
10	1,85	-	-	31	12	10,88	143	64	1,24E-05	262	117	-
11	1,85	1,18	0,36	22	7	4,47	104	51	2,69E-06	251	80	397
12												
13												
14	1,80	0,86	0,26	22	4	2,58	95	-	1,42E-06	227	73	422
15												
16												
17	1,74	-	-	35	14	13,73	206	71	5,26E-04	225	171	-
18	1,81	-	-	37	22	15,56	303	89	7,85E-04	238	246	-
19												
20	1,75	1,20	0,36	24	5	4,47	124	-	2,96E-06	248	98	601

Dati bibliografici

Robertson [p.s.]; Lancellotta [DR] ; Jacobsen [C'] ; P.V.Righi [fi] ; Robertson [K] ; DeBeer [CU] - Kulway [Arg] e Vidijala [Sab] [Ko] ; Bowles [Eed] ; Mayne [Vs-OCR] ; Teoria elasticità [E'] - Duncan [EU]

Dott. Geol. **GEMELLI THOMAS**

Via Landino 22, Sassuolo (MO) - Cell. 3495786691 - email: thomas.gemelli@tiscali.it

Prova penetrometrica statica CPT - penetrometro Pagani TG73100kN

N.ro SOND,

S4_2003

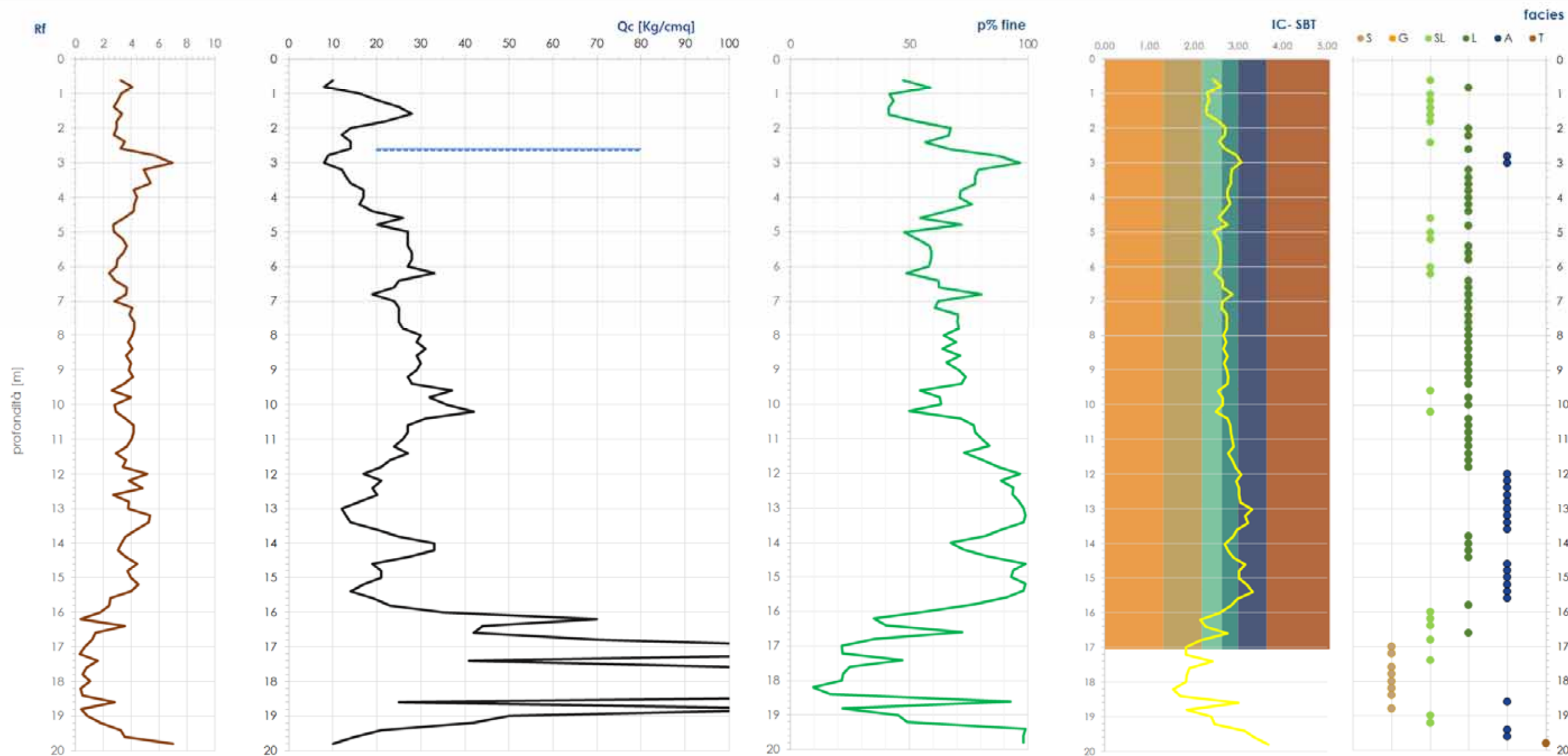
Falda

2.60

Committente Motor Power Company S.r.l.

Località

Mancasale (RE)



F.YI - estimating soil fines contents from CPT [2014]

Robertson : Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering [2015]

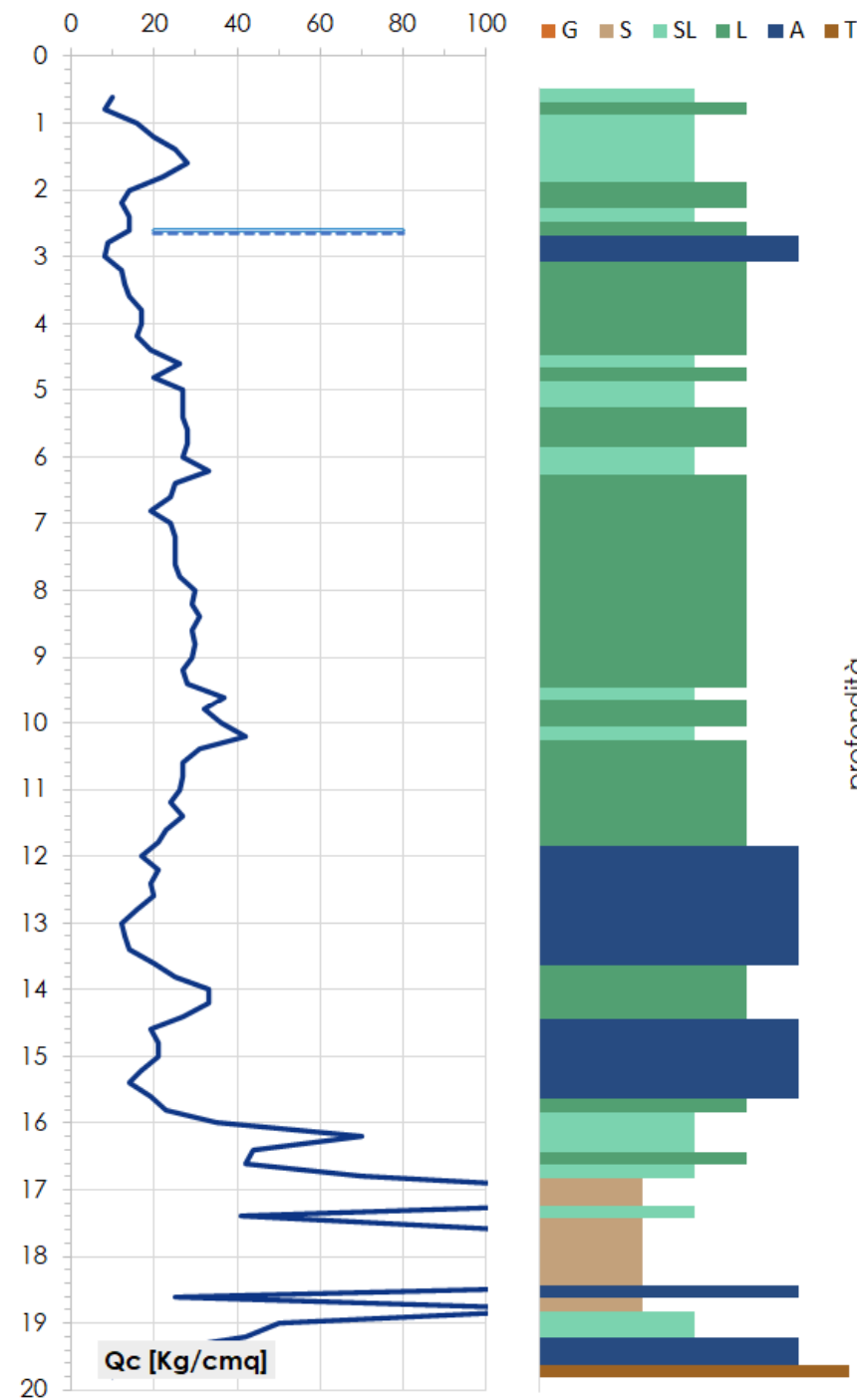
C.Madial-G.Vannucchi - M.Baglione - Luca Martelli - T.Veronese : utilizzo delle prove CPT per la stima liquefazione [Riv. It. Geotecnica]

Committente
Località
N.prova

Motor Power Company S.r.l.
Mancasale (RE)
S4_2003

TABELLA GEOTECNICA

valori caratteristici



	p.s. t/mc	Cu Kg/cmq	C' Kg/cmq	Fi	OCR	Ko Kg/cmq	Eed Kg/cmq	Dr %	K cm/s	Vs m/s	E' Kg/cmq	EU Kg/cmq
0	1,72	0,32	0,10	21	21	3,67	35	57	7,47E-08	221	28	155
1	1,77	-	-	33	21	9,46	67	65	1,26E-06	234	56	-
2												
3	1,80	0,68	0,21	21	12	3,01	57	51	1,96E-07	233	44	237
4	1,78	0,69	0,21	21	11	4,11	68	54	2,16E-06	239	54	272
5												
6	1,76	-	-	28	10	6,91	79	57	3,12E-05	218	63	-
7	1,76	-	-	31	10	9,40	92	55	1,90E-05	225	75	-
8	1,81	0,82	0,25	25	9	6,13	96	54	7,16E-06	242	76	388
9												
10	1,85	-	-	31	12	10,88	143	64	1,24E-05	262	117	-
11	1,85	1,18	0,36	22	7	4,47	104	51	2,69E-06	251	80	397
12												
13												
14	1,80	0,86	0,26	22	4	2,58	95	-	1,42E-06	227	73	422
15												
16												
17	1,74	-	-	35	14	13,73	206	71	5,26E-04	225	171	-
18	1,81	-	-	37	22	15,56	303	89	7,85E-04	238	246	-
19												
20	1,75	1,20	0,36	24	5	4,47	124	-	2,96E-06	248	98	601

Dati bibliografici

Robertson [p.s.]; Lancellotta [DR] ; Jacobsen [C'] ; P.V.Righi [fi] ; Robertson [K] ; DeBeer [CU] - Kulway [Arg] e Vidijala [Sab] [Ko] ; Bowles [Eed] ; Mayne [Vs-OCR] ; Teoria elasticità [E'] - Duncan [EU]

Dott.Geol. **GEMELLI THOMAS**

Via Landino 22, Sassuolo (MO) - Cell. 3495786691 - email: thomas.gemelli@tiscali.it

Prova penetrometrica statica CPT - penetrometro Pagani TG73100kN

N.ro SOND,

SS_2003

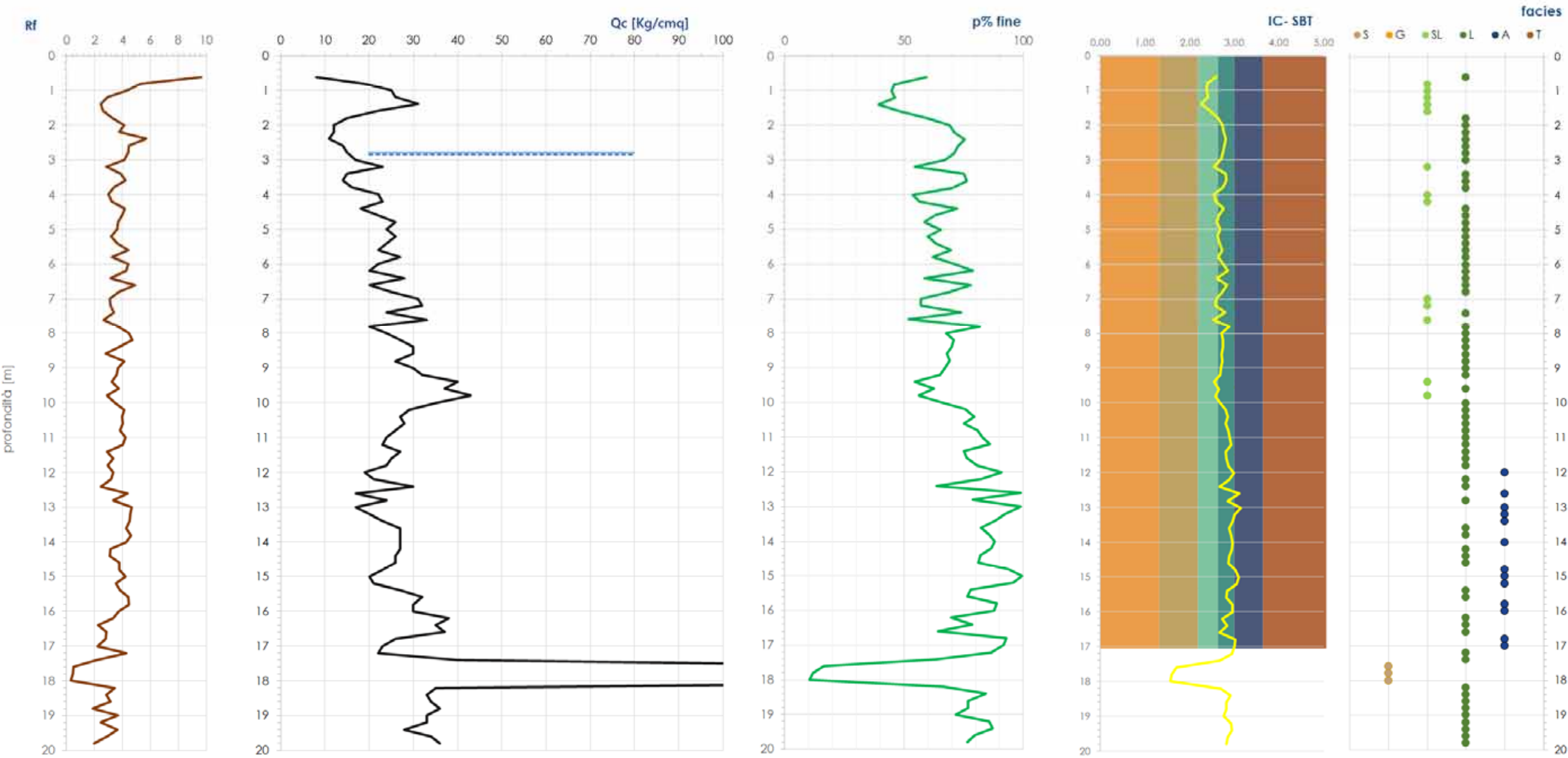
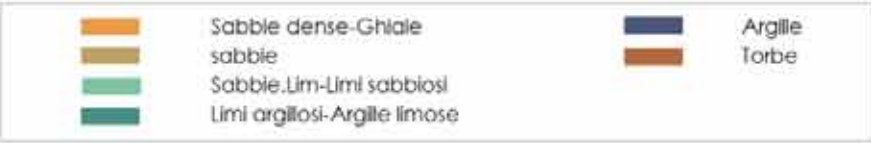
Falda

2.80

Committente Motor Power Company S.r.l.

Località

Mancasale (RE)



F.YI - estimating soil fines contents from CPT [2014]

Robertson : Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering [2015]

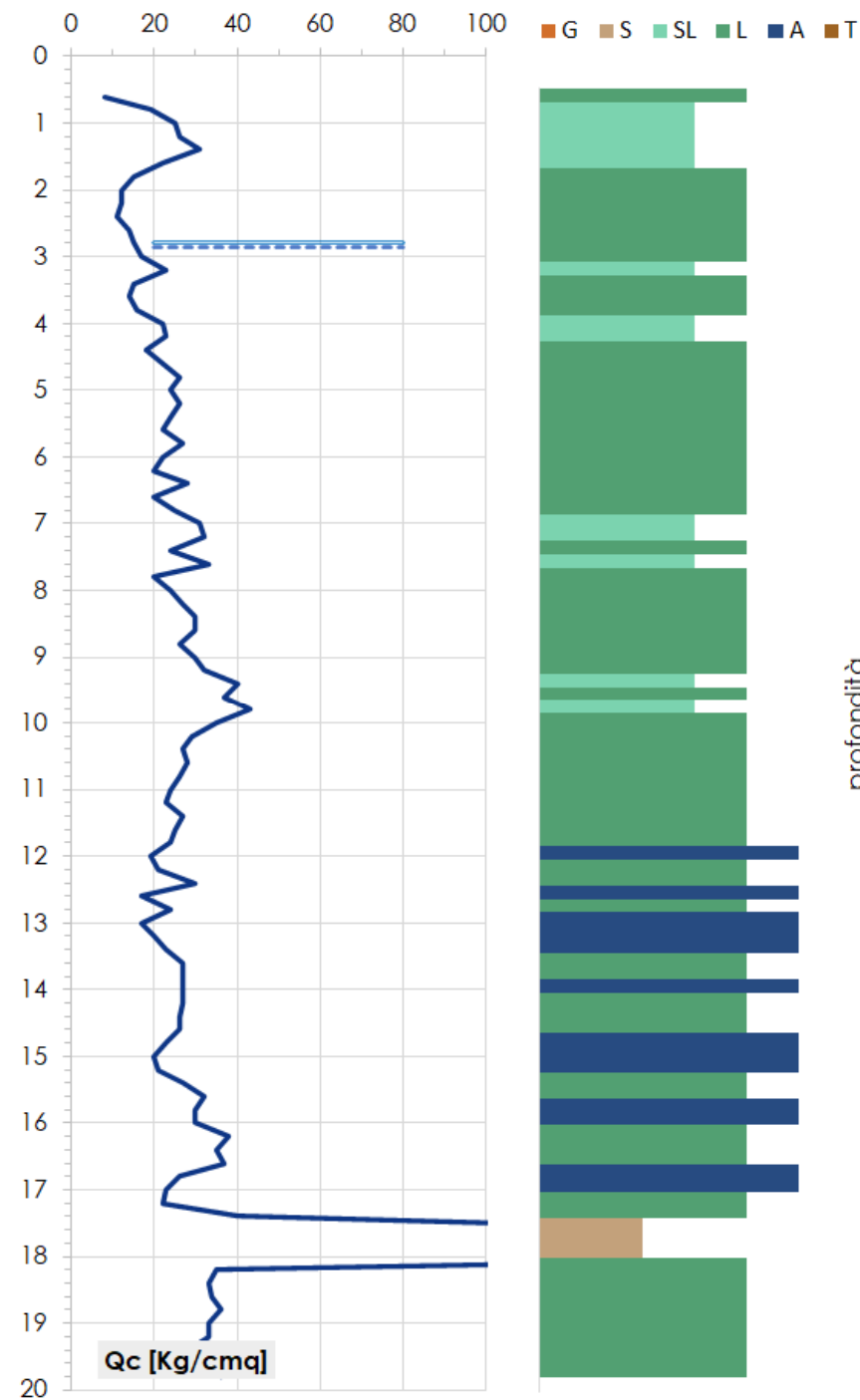
C.Madial-G.Vannucchi - M.Baglione - Luca Martelli - T.Veronese : utilizzo delle prove CPT per la stima liquefazione [Riv. It. Geotecnica]

Committente
Località
N.prova

Motor Power Company S.r.l.
Mancasale (RE)
S5_2003

TABELLA GEOTECNICA

valori caratteristici



	p.s. t/mc	Cu Kg/cmq	C' Kg/cmq	Fi	OCR	Ko Kg/cm	Eed Kg/cm	Dr %	K cm/s	Vs m/s	E' Kg/cm	EU Kg/cm
0	1,72	0,32	0,10	21	21	3,67	35	57	7,47E-08	221	28	155
1	1,77	-	-	33	21	9,46	67	65	1,26E-06	234	56	-
2												
3	1,80	0,68	0,21	21	12	3,01	57	51	1,96E-07	233	44	237
4	1,78	0,69	0,21	21	11	4,11	68	54	2,16E-06	239	54	272
5												
6	1,76	-	-	28	10	6,91	79	57	3,12E-05	218	63	-
7	1,76	-	-	31	10	9,40	92	55	1,90E-05	225	75	-
8	1,81	0,82	0,25	25	9	6,13	96	54	7,16E-06	242	76	388
9												
10	1,85	-	-	31	12	10,88	143	64	1,24E-05	262	117	-
11	1,85	1,18	0,36	22	7	4,47	104	51	2,69E-06	251	80	397
12												
13												
14	1,80	0,86	0,26	22	4	2,58	95	-	1,42E-06	227	73	422
15												
16												
17	1,74	-	-	35	14	13,73	206	71	5,26E-04	225	171	-
18	1,81	-	-	37	22	15,56	303	89	7,85E-04	238	246	-
19												
20	1,75	1,20	0,36	24	5	4,47	124	-	2,96E-06	248	98	601

Dati bibliografici

Robertson [p.s.]; Lancellotta [DR] ; Jacobsen [C'] ; P.V.Righi [fi] ; Robertson [K] ; DeBeer [CU] - Kulway [Arg] e Vidijala [Sab] [Ko] ; Bowles [Eed] ; Mayne [Vs-OCR] ; Teoria elasticità [E'] - Duncan [EU]

Dott. Geol. **GEMELLI THOMAS**

Via Landino 22, Sassuolo (MO) - Cell. 3495786691 - email: thomas.gemelli@tiscali.it

Prova penetrometrica statica CPT - penetrometro Pagani TG73100kN

N.ro SOND,

S6_2003

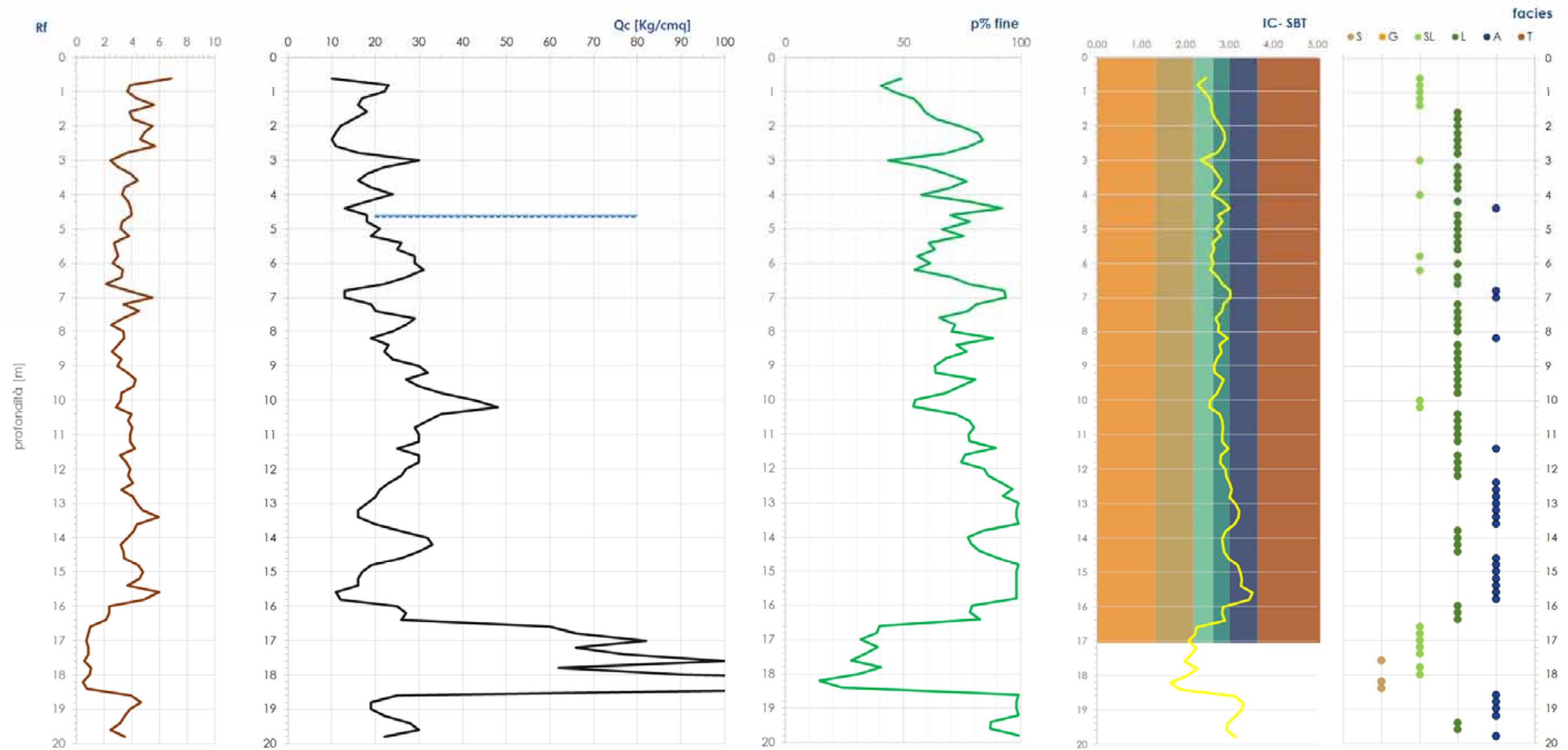
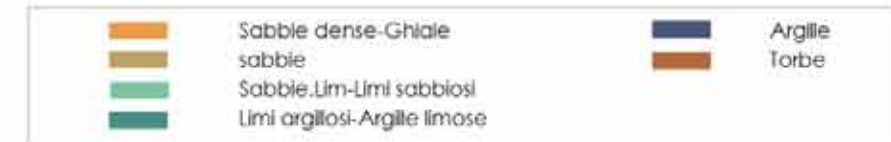
Falda

4,60

Committente Motor Power Company S.r.l.

Località

Mancasale (RE)



F.YI - estimating soil fines contents from CPT [2014]

Robertson : Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering [2015]

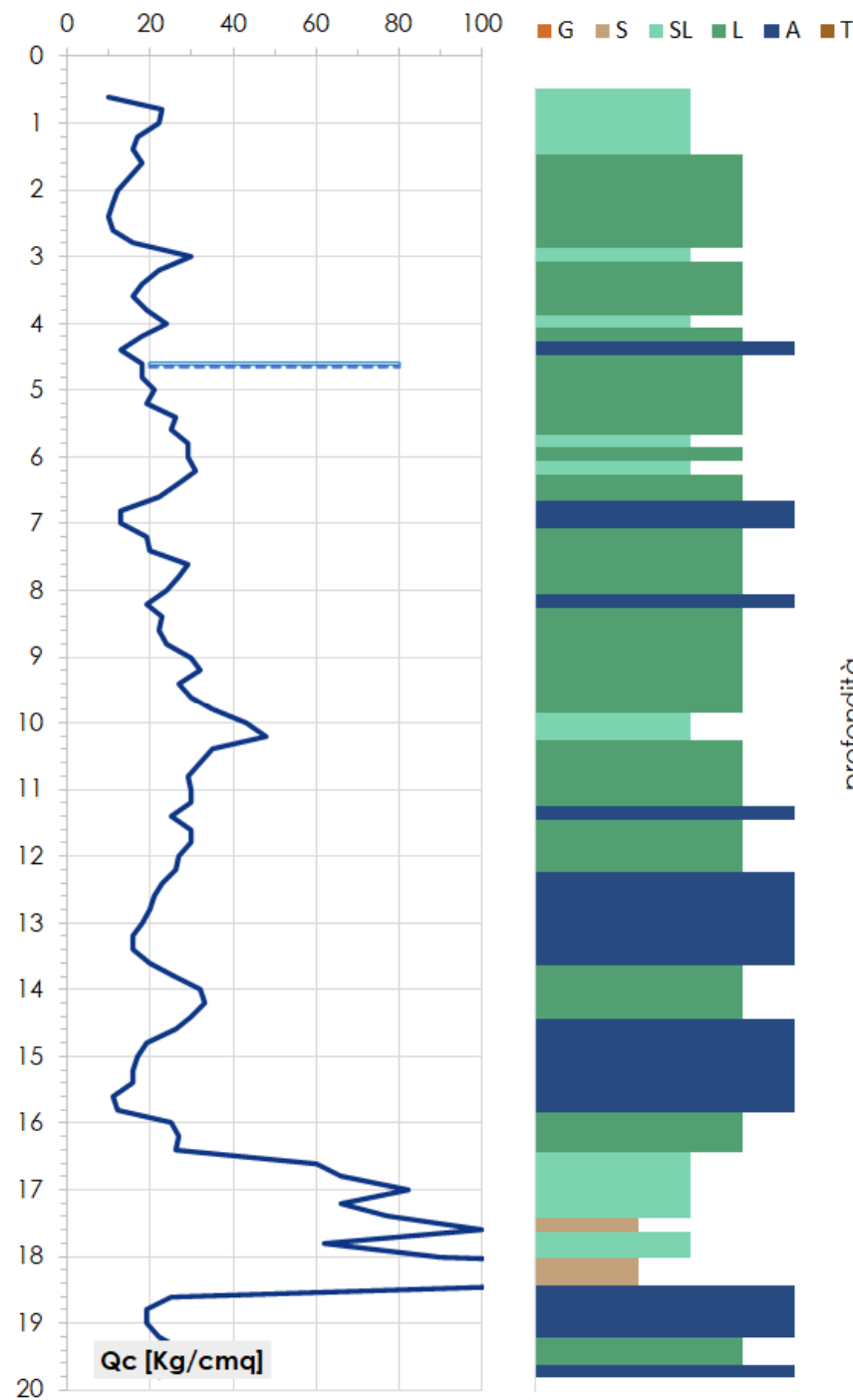
C.Madial-G.Vannucchi - M.Baglione - Luca Martelli - T.Veronese : utilizzo delle prove CPT per la stima liquefazione [Riv. It. Geotecnica]

Committente
Località
N.prova

Motor Power Company S.r.l.
Mancasale (RE)
S6_2003

TABELLA GEOTECNICA

valori caratteristici



	p.s. t/mc	Cu Kg/cmq	C' Kg/cmq	Fi	OCR	Ko Kg/cmq	Eed Kg/cmq	Dr %	K cm/s	Vs m/s	E' Kg/cmq	EU Kg/cmq
0	1,80	-	-	33	31	9,18	61	71	1,72E-07	234	50	-
1	1,77	0,62	0,18	21	10	1,85	47	-	2,43E-07	230	37	193
2	1,79	0,61	0,18	23	10	4,85	73	57	1,12E-05	234	58	269
3	1,77	0,87	0,26	21	6	2,61	72	-	2,90E-06	229	56	294
4	1,79	0,78	0,23	25	8	6,07	95	52	5,58E-06	243	75	369
5												
6												
7												
8												
9	1,87	1,11	0,33	22	6	4,27	104	58	2,23E-06	247	79	382
10												
11												
12												
13	1,80	0,80	0,24	19	3	2,39	118	-	2,97E-07	239	92	475
14	1,82	1,27	0,38	21	5	3,80	110	-	1,09E-06	251	86	494
15	1,77	0,72	0,22	20	3	2,15	100	-	5,55E-07	227	77	481
16												
17	1,80	-	-	36	14	14,97	246	73	4,50E-04	228	200	-
18												
19	1,79	0,84	0,25	21	3	2,86	130	-	4,14E-07	238	101	644
20												

Dati bibliografici

Robertson [p.s.]; Lancellotta [DR] ; Jacobsen [C'] ; P.V.Righi [fi] ; Robertson [K] ; DeBeer [CU] - Kulway [Arg] e Vidijala [Sab] [Ko] ; Bowles [Eed] ; Mayne [Vs-OCR] ; Teoria elasticità [E'] - Duncan [EU]

Dott. Geol. **GEMELLI THOMAS**

Via Landino 22, Sassuolo (MO) - Cell. 3495786691 - email: thomas.gemelli@tiscali.it

Prova penetrometrica statica CPT - penetrometro Pagani TG73100kN

N.ro SOND,

S7_2003

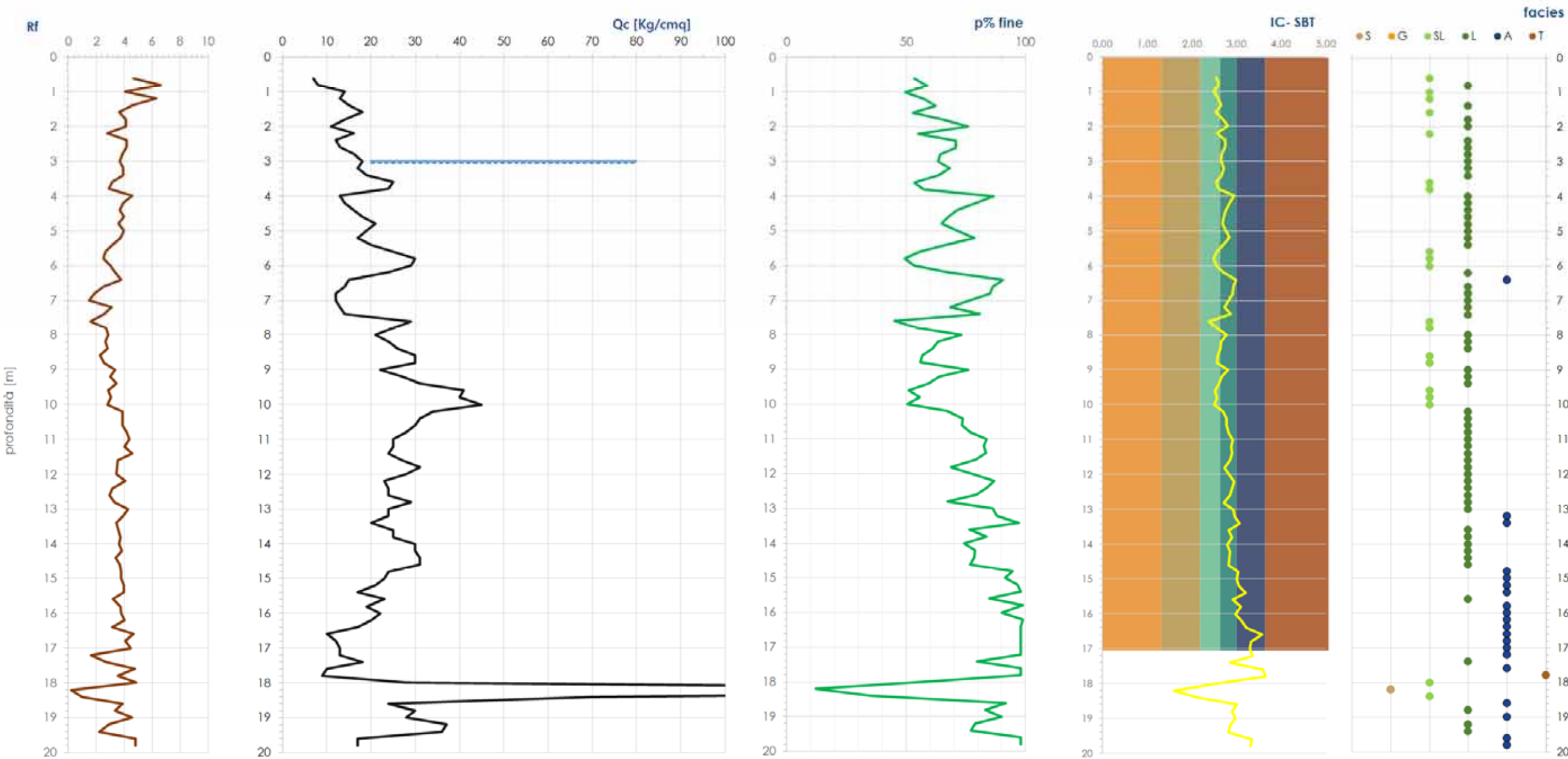
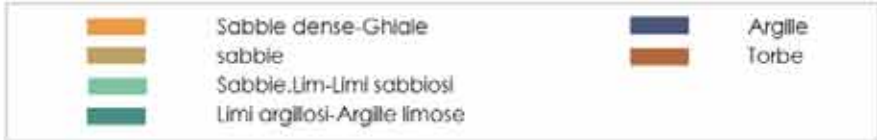
Falda

3.00

Committente Motor Power Company S.r.l.

Località

Mancasale (RE)



F.YI - estimating soil fines contents from CPT [2014]

Robertson : Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering [2015]

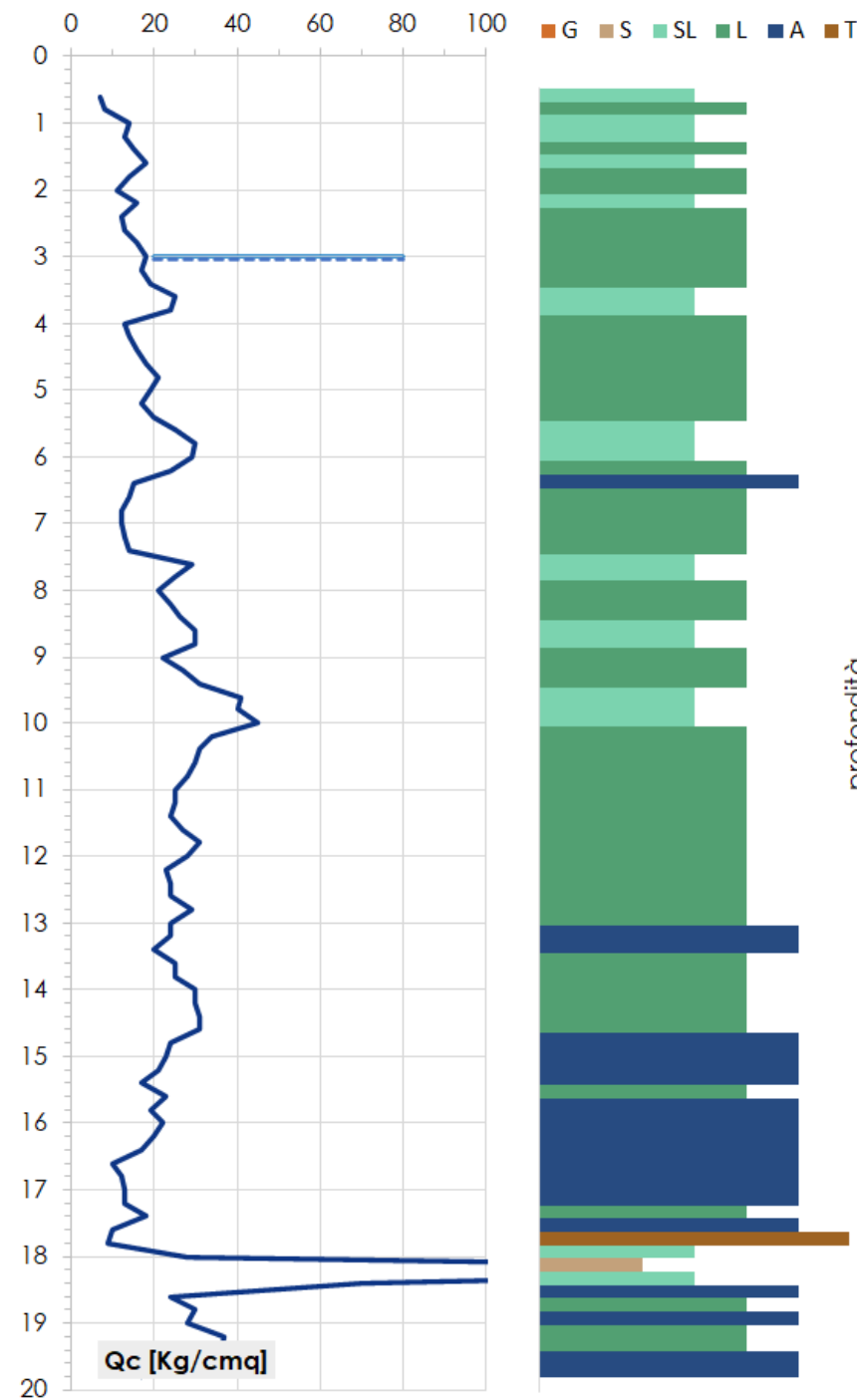
C.Madial-G.Vannucchi - M.Baglione - Luca Martelli - T.Veronese : utilizzo delle prove CPT per la stima liquefazione [Riv. It. Geotecnica]

Committente
Località
N.prova

Motor Power Company S.r.l.
Mancasale (RE)
S7_2003

TABELLA GEOTECNICA

valori caratteristici



	p.s. t/mc	Cu Kg/cmq	C' Kg/cmq	Fi	OCR	Ko Kg/cm	Eed Kg/cmq	Dr %	K cm/s	Vs m/s	E' Kg/cmq	EU Kg/cmq
0	1,73	-	-	28	20	6,61	38	58	8,71E-08	206	31	-
1	1,75	0,37	0,11	23	14	4,86	52	56	2,98E-06	230	42	195
2	1,79	0,55	0,17	23	10	4,29	63	55	2,42E-06	228	50	230
3												
4												
5	1,79	0,61	0,18	23	7	3,67	67	55	4,08E-06	221	52	265
6												
7												
8	1,78	-	-	28	8	7,59	92	52	1,53E-05	223	74	-
9	1,83	-	-	28	9	7,98	119	60	9,66E-06	249	95	-
10												
11												
12	1,87	1,21	0,36	21	6	3,63	104	-	1,18E-06	251	79	408
13												
14												
15												
16	1,78	0,70	0,21	21	3	2,10	99	-	4,35E-07	222	76	446
17												
18	1,76	0,25	0,07	29	11	9,69	196	68	2,40E-04	216	160	370
19	1,80	0,93	0,28	21	4	3,33	120	-	8,58E-07	246	94	533
20												

Dati bibliografici

Robertson [p.s.]; Lancellotta [DR] ; Jacobsen [C'] ; P.V.Righi [fi] ; Robertson [K] ; DeBeer [CU] - Kulway [Arg] e Vidijala [Sab] [Ko] ; Bowles [Eed] ; Mayne [Vs-OCR] ; Teoria elasticità [E'] - Duncan [EU]

Dott.Geol. GEMELLI THOMAS

Via Landino 22, Sassuolo (MO) - Cell. 3495786691 - email: thomas.gemelli@tiscali.it

Prova penetrometrica statica CPT - penetrometro Pagani TG73100kN

Committente Motor Power Company S.r.l.

Mw max. 6,14

Località

N.ro SOND.

Falda

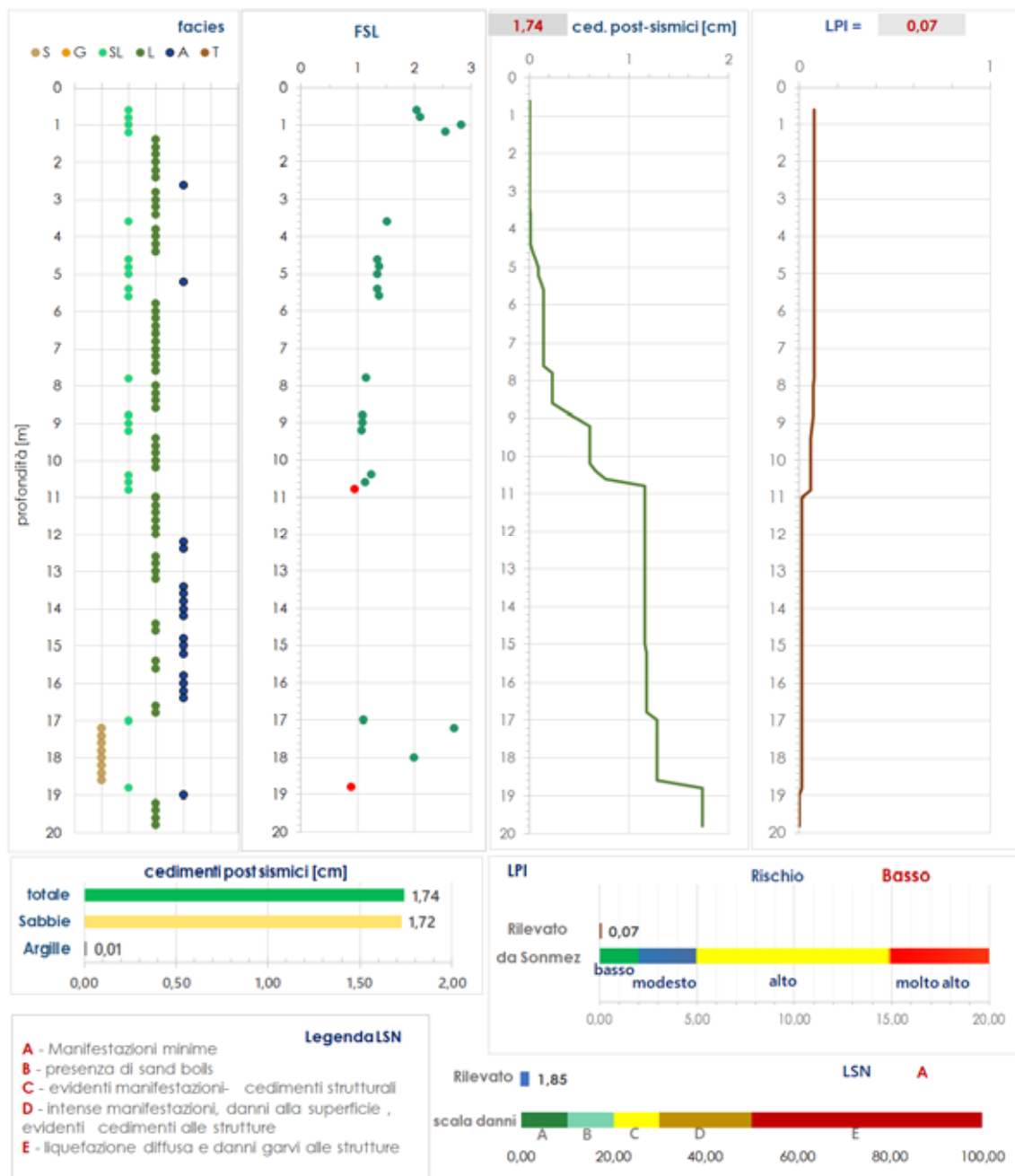
a(g)

Mancasale (RE)

S1_2003

2,40

0,20



Riferimenti bibliografici - Idriss-Boulanger (2014): CPT and SPT based liquefaction triggering procedures - Allegato A3 della RER: procedure di riferimento per l'analisi di terzo livello di approfondimento - Estimating liquefaction - induced ground settlements from CPT for level ground (Zhang - Robertson) - Liquefaction Severity Number LSN (Van Ballegooy 2014)

Dott. Geol. GEMELLI THOMAS

Via Landino 22, Sassuolo (MO) - Cell. 3495786691 - email: thomas.gemelli@tiscali.it

Prova penetrometrica statica CPT - penetrometro Pagani TG73100kN

Committente Motor Power Company S.r.l.

Mw max. 6,14

Località

N.ro SOND.

S2_2003

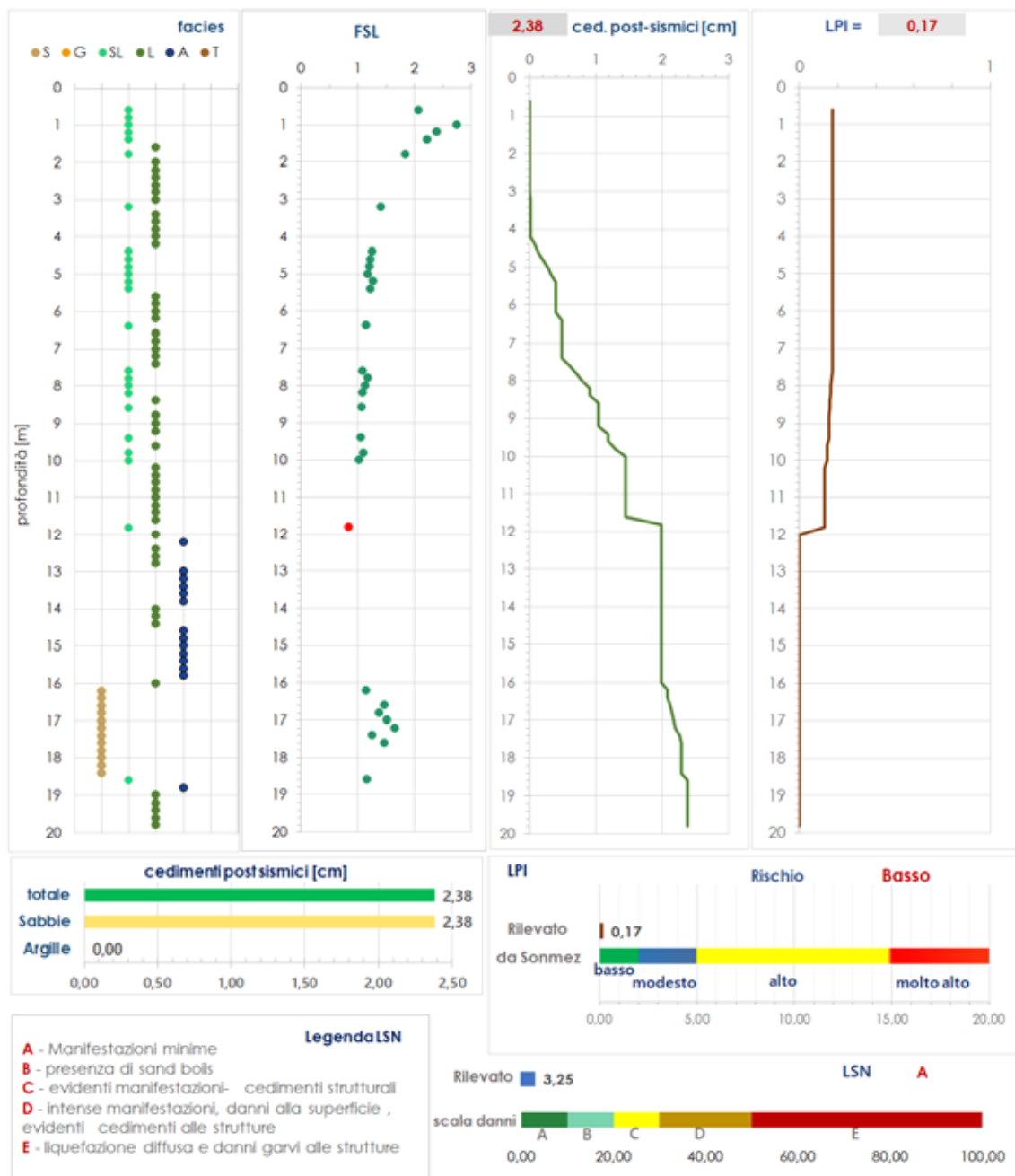
Falda

1,60

a(g)

0,20

Mancasale (RE)



Riferimenti bibliografici - Idriss-Boulanger (2014): CPT and SPT based liquefaction triggering procedures - Allegato A3 della RER: procedure di riferimento per l'analisi di terzo livello di approfondimento - Estimating liquefaction-induced ground settlements from CPT for level ground (Zhang - Robertson) - Liquefaction Severity Number LSN (Van Ballegooy 2014)

Dott.Geol. GEMELLI THOMAS

Via Landino 22, Sassuolo (MO) - Cell. 3495786691 - email: thomas.gemelli@tiscali.it

Prova penetrometrica statica CPT - penetrometro Pagani TG73100kN

Committente Motor Power Company S.r.l.

N.ro SOND.

S3_2003

Falda

1,80

$\alpha(g)$

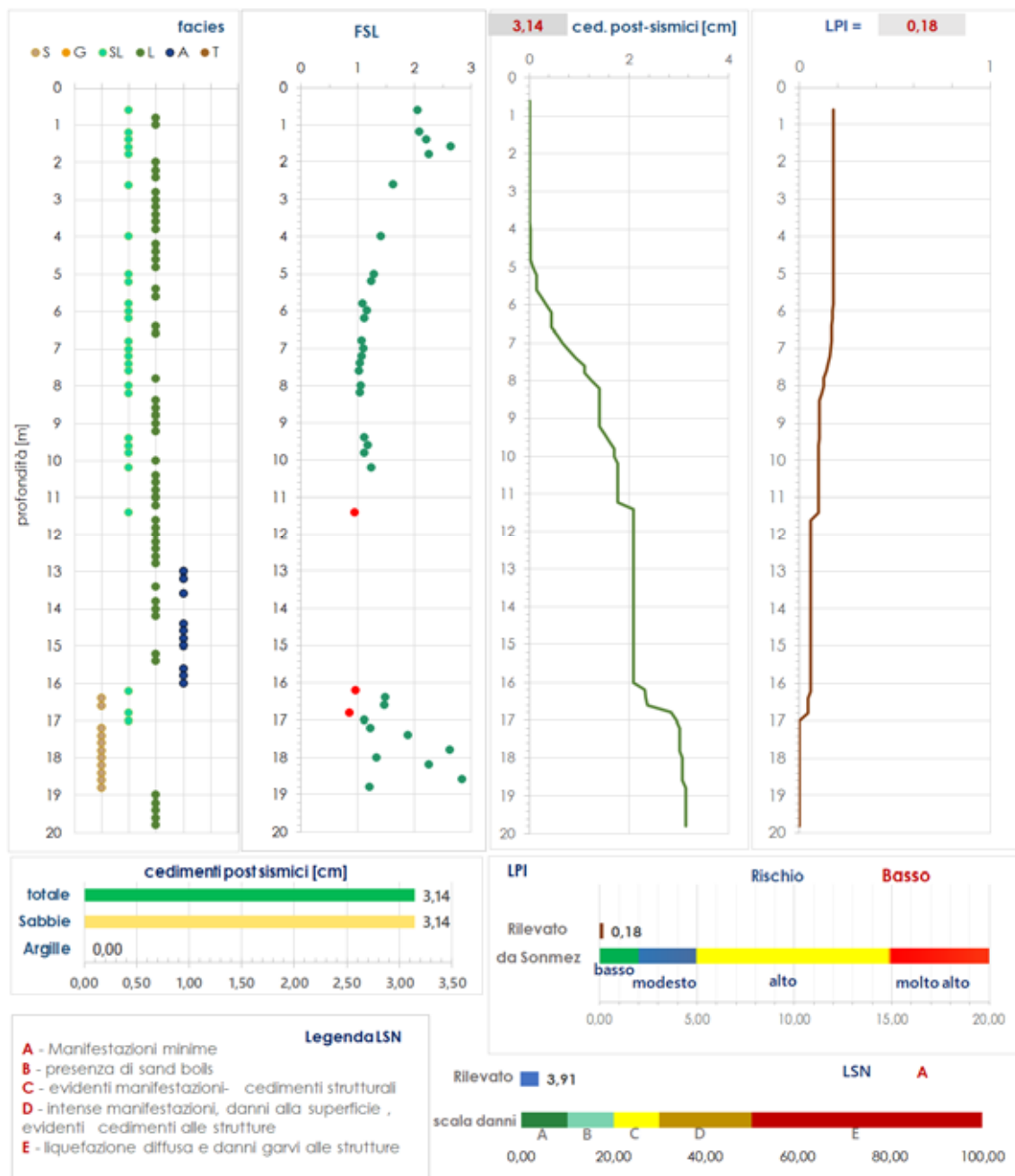
0,20

Mw max.

6,14

Località

Mancasale (RE)



Riferimenti bibliografici - Idriss-Boulanger (2014): CPT and SPT based liquefaction triggering procedures - Allegato A3 della RER: procedure di riferimento per l'analisi di terzo livello di approfondimento - Estimating liquefaction-induced ground settlements from CPT for level ground (Zhang - Robertson) - Liquefaction Severity Number LSN (Van Ballegooy 2014)

Dott. Geol. GEMELLI THOMAS

Via Landino 22, Sassuolo (MO) - Cell. 3495786691 - email: thomas.gemelli@tiscali.it

Prova penetrometrica statica CPT - penetrometro Pagani TG73100kN

Committente Motor Power Company S.r.l.

N.ro SOND.

S4_2003

Falda

2,60

$\alpha(g)$

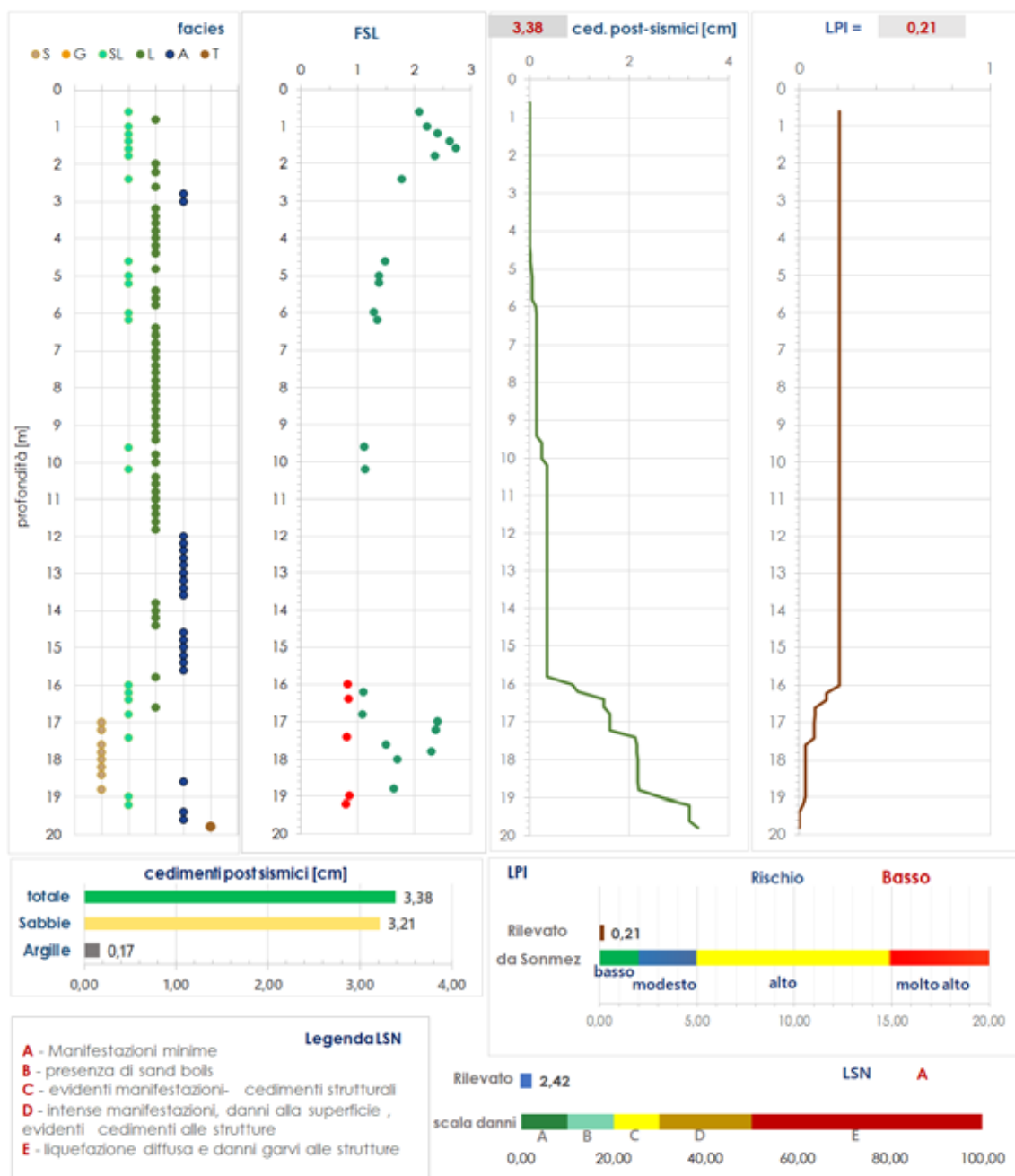
0,20

Mw max.

6,14

Località

Mancasale (RE)



Dott. Geol. GEMELLI THOMAS

Via Landino 22, Sassuolo (MO) - Cell. 3495786691 - email: thomas.gemelli@tiscali.it

Prova penetrometrica statica CPT - penetrometro Pagani TG73100kN

Committente Motor Power Company S.r.l.

N.ro SOND.

SS_2003

Falda

2,80

$\alpha(g)$

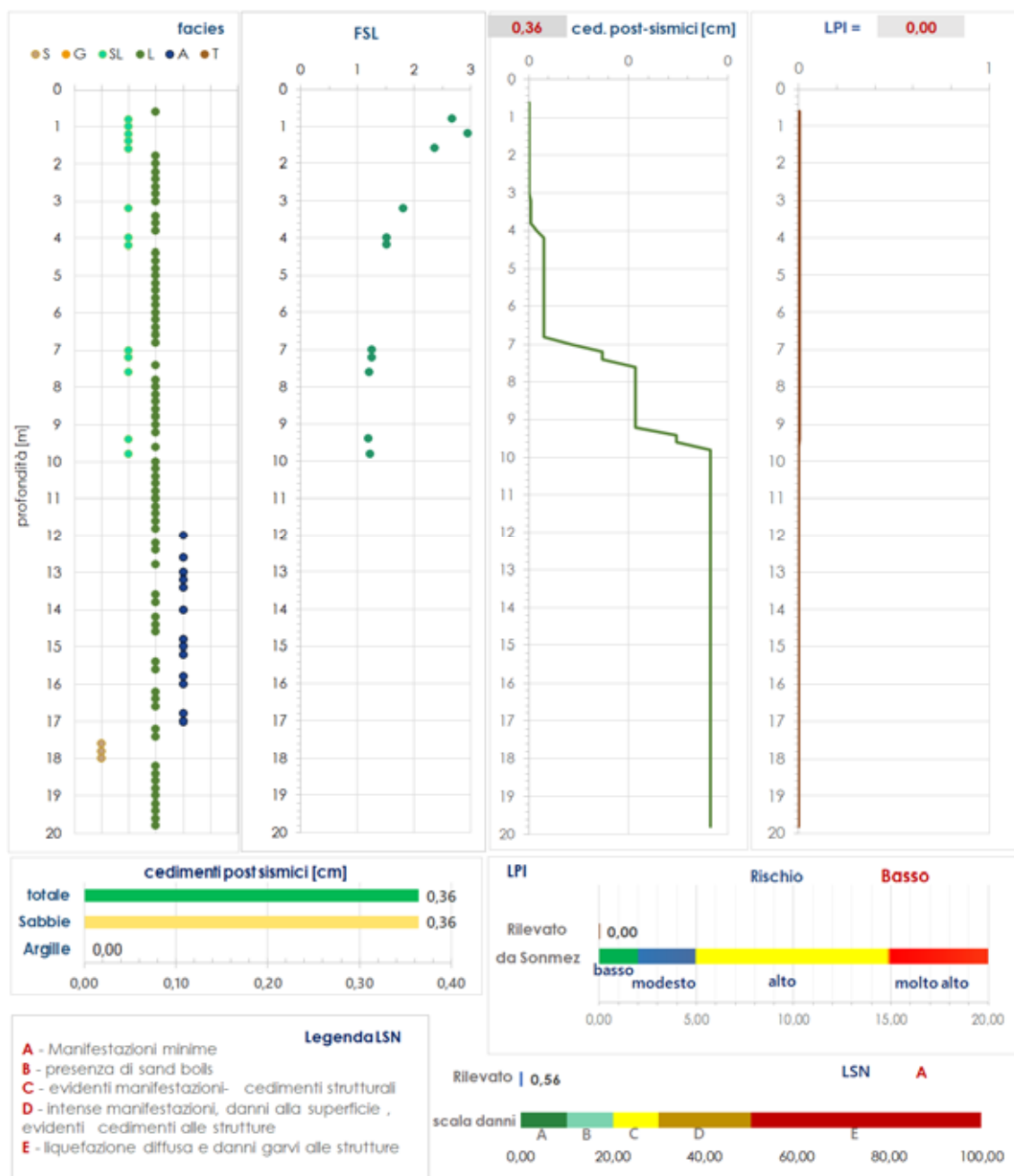
0,20

Mw max.

6,14

Località

Mancasale (RE)



Riferimenti bibliografici - Idriss-Boulanger (2014): CPT and SPT based liquefaction triggering procedures - Allegato A3 della RER: procedure di riferimento per l'analisi di terzo livello di approfondimento - Estimating liquefaction - induced ground settlements from CPT for level ground (Zhang - Robertson) - Liquefaction Severity Number LSN (Van Ballegooy 2014)

Dott. Geol. GEMELLI THOMAS

Via Landino 22, Sassuolo (MO) - Cell. 3495786691 - email: thomas.gemelli@tiscali.it

Prova penetrometrica statica CPT - penetrometro Pagani TG73100kN

Committente Motor Power Company S.r.l.

N.ro SOND.

S6_2003

Falda

4,60

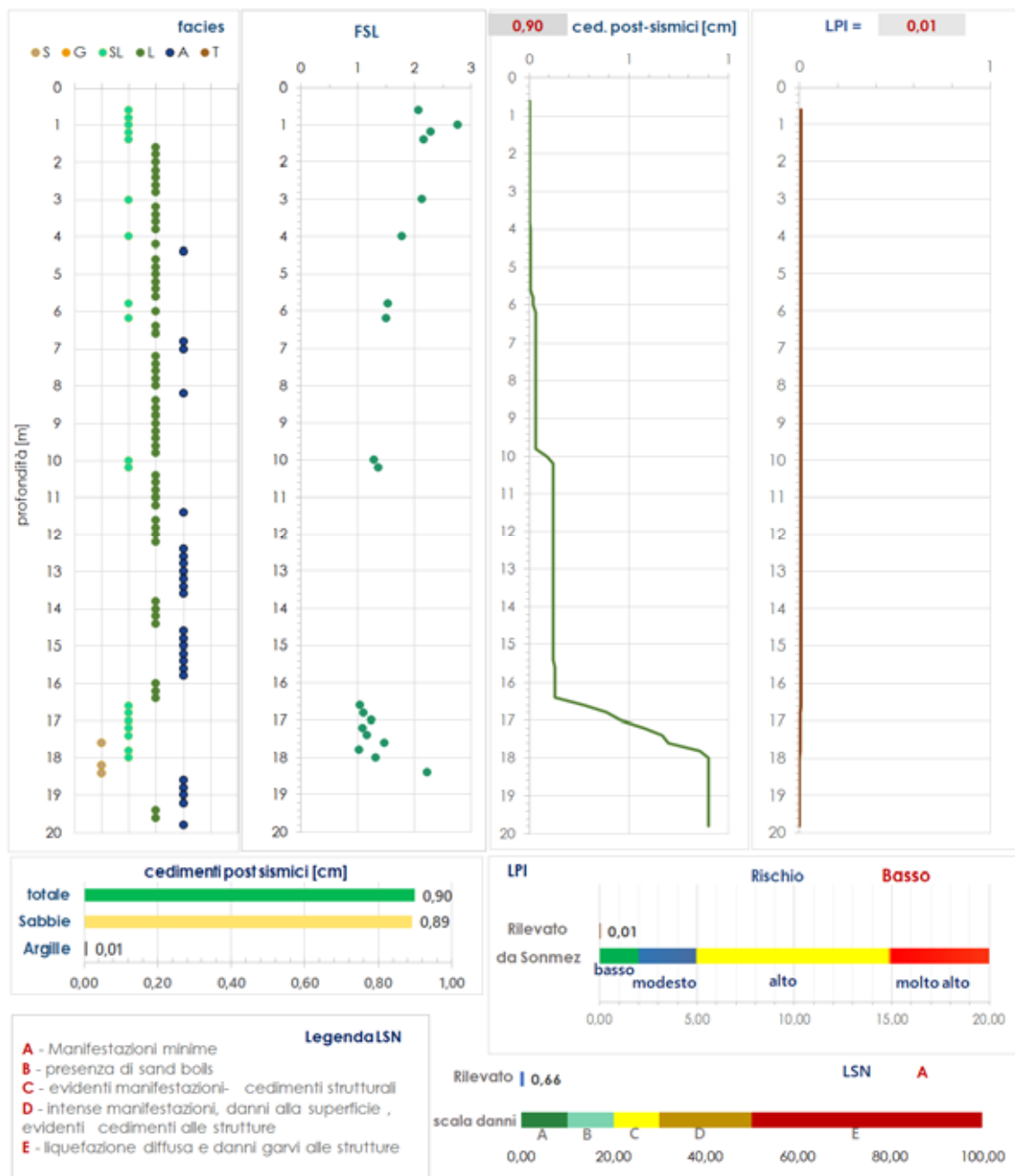
$\alpha(g)$

0,20

Mw max. 6,14

Località

Mancasale (RE)



Dott.Geol. GEMELLI THOMAS

Via Landino 22, Sassuolo (MO) - Cell. 3495786691 - email: thomas.gemelli@tiscali.it

Prova penetrometrica statica CPT - penetrometro Pagani TG73100kN

Committente Motor Power Company S.r.l.

N.ro SOND.

S7_2003

Falda

3,00

$\alpha(g)$

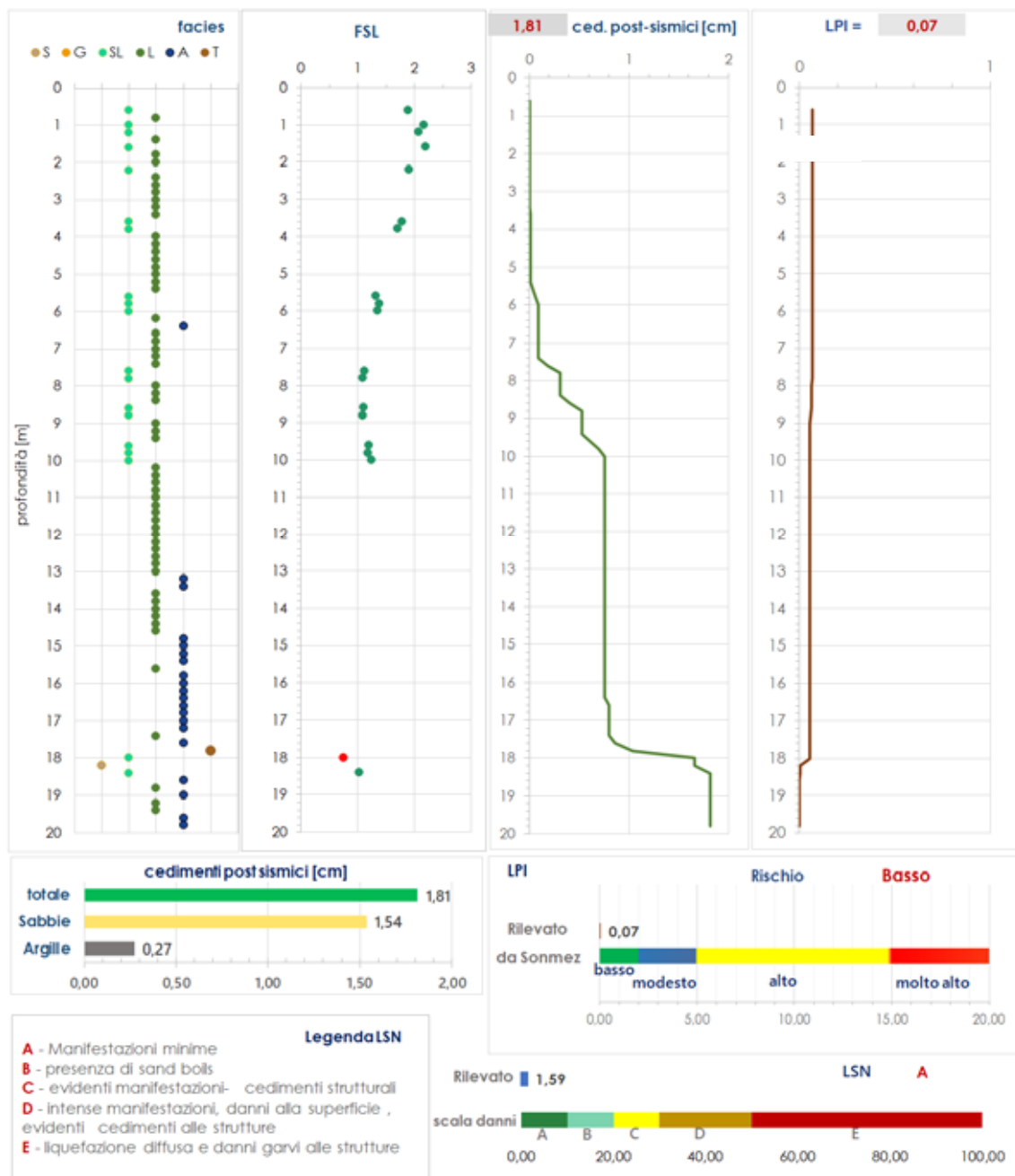
0,20

Mw max.

6,14

Località

Mancasale (RE)



Riferimenti bibliografici - Idriss-Boulanger (2014): CPT and SPT based liquefaction triggering procedures - Allegato A3 della RER: procedure di riferimento per l'analisi di terzo livello di approfondimento - Estimating liquefaction-induced ground settlements from CPT for level ground (Zhang - Robertson) - Liquefaction Severity Number LSN (Van Ballegooy 2014)