

Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)



Via Giulio Righini, 23 - 44124 FERRARA Tel./Fax.0532/773012

e-mail: geotechambiente@gta.fe.it

sito: www.gta.fe.it

Rif: R15.849GTS Ferrara, Dicembre 2015

Oggetto: Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO) Comparto 4 Lotto D

Committente: Sig. Fini Claudio
Via dell'Artigianato, 6/3
Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)



Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)

INDICE

1. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
2. INTRODUZIONE.....	4
3. GEOLOGIA IDROGEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....	5
.3.1. Caratteri stratigrafici e geomorfologici.....	5
.3.2. Caratteri idrogeologici.....	6
4. SISMICA.....	10
.4.1. Sismicità del territorio.....	10
.4.2. Categoria sismica del sottosuolo.....	11
.4.3. Definizione dell'azione sismica di progetto.....	12
.4.4. Analisi del rischio di liquefazione dei terreni in condizioni sismiche.....	15
5. PROVA SCPTU.....	18
6. MODELLO GEOTECNICO.....	20
.6.1 Determinazione dei parametri geotecnici.....	20
7. VERIFICHE DELLE SOLUZIONI FONDALI.....	21
.7.1. Calcolo della capacità portante per fondazioni a platea.....	21
.7.2. Stima preliminare cedimenti per ogni strato.....	25
8. CONCLUSIONI.....	26
9. TAVOLE.....	27
10. ALLEGATI.....	30

Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)

1. RIFERIMENTI NORMATIVI

- Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008, suppl. ord. n.30, che entrano in vigore il 6 marzo 2008.
- Circolare Applicativa n° 617 del 02/02/2009 alle NTC/2008.
- DPCM 12.10.2007 "Rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni" - G.U. n° 24 del 29/01/2008 - Supplemento Ordinario n° 25.
- Delibera Assemblea Legislativa n° 112/2007 della Regione Emilia Romagna "Atto di Indirizzo e coordinamento tecnico" per gli studi di microzonizzazione sismica.
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche (giugno 1977).
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) "Raccomandazioni sui pali di fondazione (dicembre 1984)".
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) "Aspetti geotecnici nella progettazione in zona sismica (Edizione Provvisoria, marzo 2005)".
- C.N.R. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione. Eurocode EC-7: Geotechnics, design – dicembre 1987.
- C.N.R. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione. Eurocode EC-8: Design provisions for earthquake resistance of structures – ottobre 1994.

Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)

2. INTRODUZIONE

Viene redatta, come previsto dalla normativa vigente, la presente relazione geologico-tecnica e sismica, per lo studio dei terreni di fondazione di un sito ubicato nel territorio comunale di Bentivoglio (BO), più precisamente nella frazione di Santa Maria in Duno Comparto 4 Lotto D.

L'area indagata è sede di un progetto di costruzione di un nuovo edificio monofamiliare ad un piano.

La relazione mira a:

- definire l'origine e la natura dei terreni dell'area di studio;
- determinare la profondità del livello di falda nella fascia di profondità dell'indagine;
- descrivere le metodologie dell'acquisizione dei dati;
- elaborare i dati, acquisiti con prove in situ, per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione;
- classificare il sito ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008 e successive disposizioni per la progettazione sismica.

Sulla base della caratterizzazione geotecnica del sottosuolo sono stati effettuati i calcoli dei carichi ammissibili e dei cedimenti in modo da verificare i comportamenti delle fondazioni. In particolare, le verifiche della capacità portante e allo slittamento sono state eseguite con il metodo agli Stati Limite Ultimo (facendo riferimento al D.M. 14 gennaio 2008)

I risultati ottenuti sono esposti nel corso della relazione, integrata dai seguenti elaborati:

- Tav. 1 - Inquadramento geografico (Scala 1:5.000);
- Tav. 2 – Foto aerea con ubicazione delle indagini effettuate (Scala libera);
- All. - Diagrammi prova penetrometrica, parametri geotecnici.

Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)

3. GEOLOGIA IDROGEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

.3.1. Caratteri stratigrafici e geomorfologici

Il sito in esame rientra nel C.T.R. Scala 1:5.000 203131 SAN GIORGIO DI PIANO (Tav.1), con una quota di circa 17,5 m s.l.m.m..

L'area di studio ricade in un'area pianeggiante ed è caratteristica di un contesto di piana alluvionale con debole inclinazione verso la costa e più precisamente di argine prossimale connesso con il sistema Reno e caratterizzato da sedimenti fini che vanno dalle argille e limi a sabbie più o meno limose riconducibili a canali sabbiosi.

Il sistema di piana alluvionale è costituito da due tipi di elementi riconoscibili in:

- *canali*, elementi attivi che contribuiscono all'azione erosiva riempiti da sedimenti per lo più sabbiosi depositi dall'energia delle correnti fluviali e la cui granulometria è funzione dell'intensità di tale corrente.
- *piane inondabili*, che sono elementi passivi costituiti da granulometrie prevalentemente fini come limi ed argille coerenti con l'idrodinamica conseguente al riempimento per tracimazione delle acque dei canali

L'alternanza di tali strutture geomorfologiche determinano in verticale l'alternarsi di litologie granulari di medio alta energia (sabbie) e termini più fini come depositi limosi e argillosi tipici di energie idrodinamiche minori.

L'area si trova ai piedi della fascia collinare dove i torrenti perdendo energia depositano il loro carico solido per una diminuzione delle acclività del territorio. La geometria che ne deriva è quella delle conoidi alluvionali.

Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)

.3.2. Caratteri idrogeologici

La maggior parte delle acque sotterranee sfruttabili, della Regione Emilia-Romagna, risiede nei depositi marini e continentali, di età plio-pleistocenica, che costituiscono il riempimento del Bacino Perisuturale Padano, legato all'orogenesi dell'Appennino Settentrionale (Fig.1).

Le Unità Stratigrafiche del sottosuolo sud-padano possono essere saturate da acque dolci, salmastre e salate. Nel loro insieme esse costituiscono il Bacino Idrogeologico della Pianura Emiliano-Romagnola (BIPER).

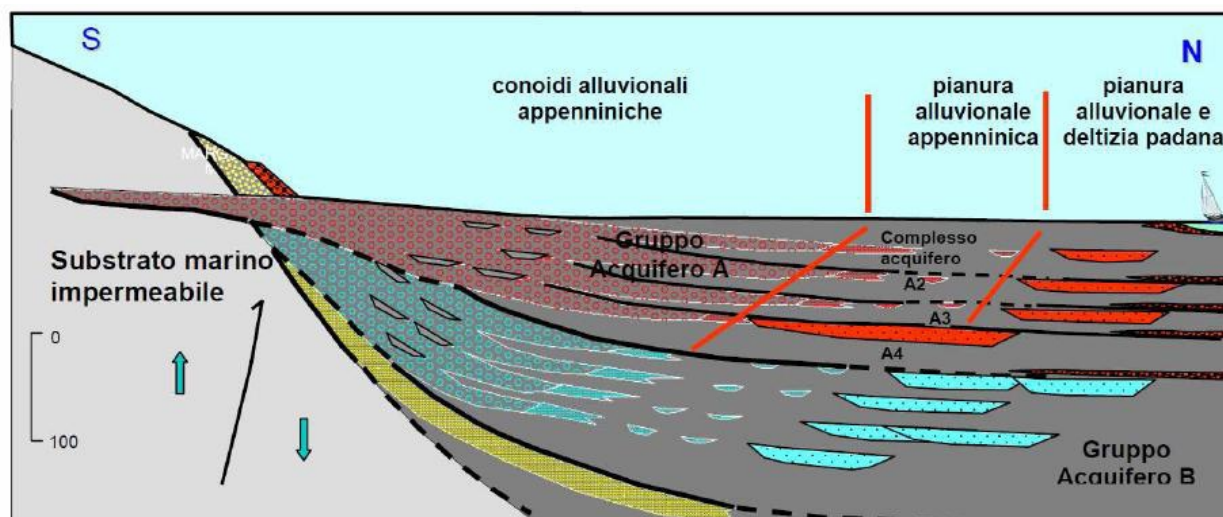


FIGURA 1 – Schema che descrive, in sezione, le diverse origini dei corpi acquiferi emiliano-romagnoli: le conoidi e gli apparati fluviali appenninici, gli apparati fluvio-deltizi del Po

Dallo Studio edito nel 1998, dalla Giunta Regionale sulle “Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna” viene illustrato, il quadro idrostratigrafico regionale. Le Unità Idrostratigrafiche Sequenziali (UIS), ovvero una particolare sottoclasse di Unità Idrostratigrafiche che sono definite come un corpo geologico, di notevole estensione areale, che costituisce un dominio nello spazio fisico in cui ha sede un sistema ideologico ragionevolmente distinto, sono tre ed informalmente definite GRUPPO ACQUIFERO A, B e C, a loro volta suddivise in tredici UIS, gerarchicamente inferiori, denominate Complessi Acquiferi. La differenziazione gerarchica si basa sul volume complessivo di acquiferi utili in ciascuna Unità, spessore, continuità ed estensione areale del livello acquifero o impermeabile di ciascuna Unità.

All'interno del Gruppo Acquifero A, sono stati individuati cinque UIS principali, denominate Complessi Acquiferi: rispettivamente dal basso verso l'alto Complesso Acquifero A4, A3, A2, A1 e l'acquifero freatico A0 (Fig.2).

Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)

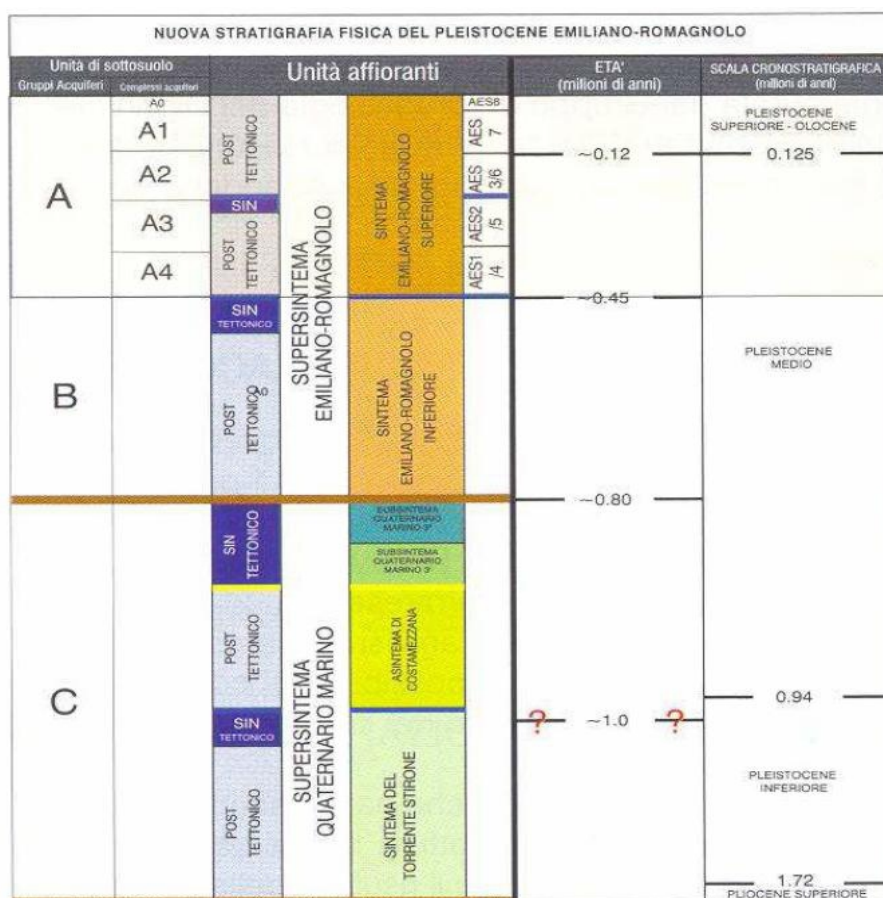


FIGURA 2 – Inquadramento geologico-stratigrafico regionale dei depositi quaternari, rivisto e aggiornato

Questi Complessi Acquiferi rappresentano, a scala regionale, Unità Idrostratigrafiche Sequenziali di rango gerarchico inferiore, rispetto ai Gruppi Acquiferi. Visto, inoltre, il maggior dettaglio stratigrafico raggiunto in questo lavoro, rispetto al RIS (1998), è stato possibile suddividere i Complessi Acquiferi A1 e A2, rispettivamente in A1-I/A1-II e A2-I/A2-II che rappresentano delle UIS alla scala locale (Provincia di Ferrara). In particolare si è notato come i Complessi Acquiferi A1-II e A2-II presentino una estensione e uno spessore dei depositi poroso-permeabili (sabbie) molto inferiore rispetto ai Complessi Acquiferi A1-I e A2-I.

Nella Fig.3, viene rappresentata la distribuzione dello spessore cumulativo di sabbie e ghiaie, in questo caso riferibili al "Gruppo Acquifero A", sfruttabili per scopi idropotabili, agricoli e industriali.

Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)

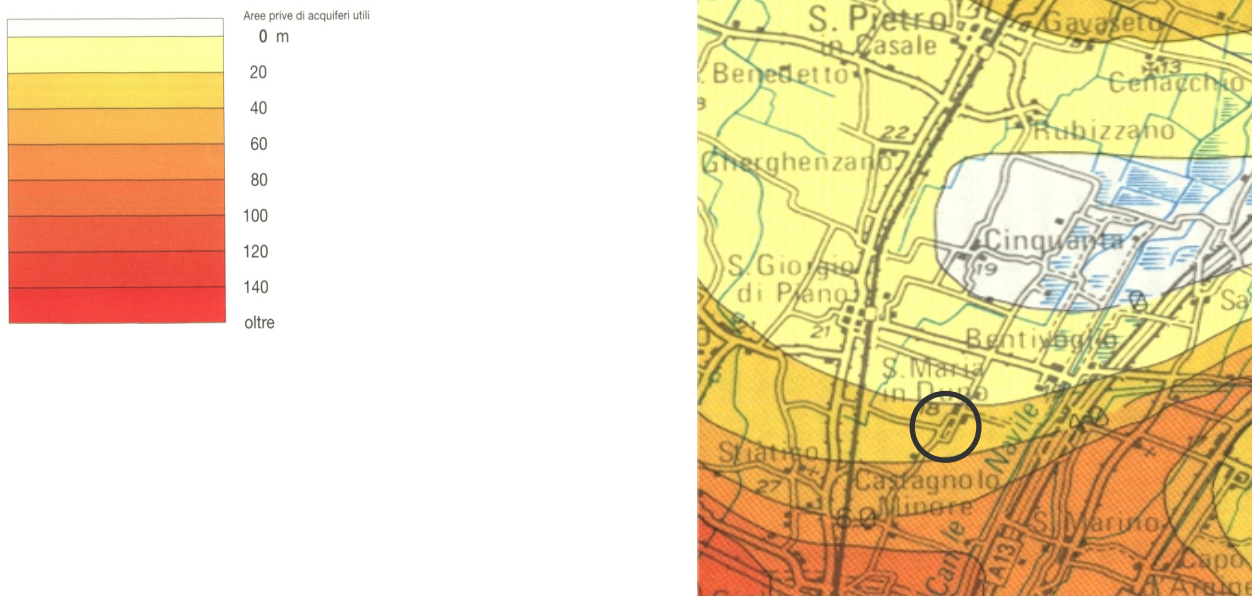


FIGURA 3 - Distribuzione dello spessore cumulativo (in m) dei livelli porosi permeabili

In corrispondenza dell'area di studio, lo spessore risulta compreso tra 20 e 40 metri.

Per quanto riguarda, invece, la profondità del limite basale, dell'“Acquifero A”, riferita al livello del mare, la Fig.4 evidenzia, per la stessa area, una profondità del limite basale, comunque compresa nella fascia tra -200 e -250 metri s.l.m..

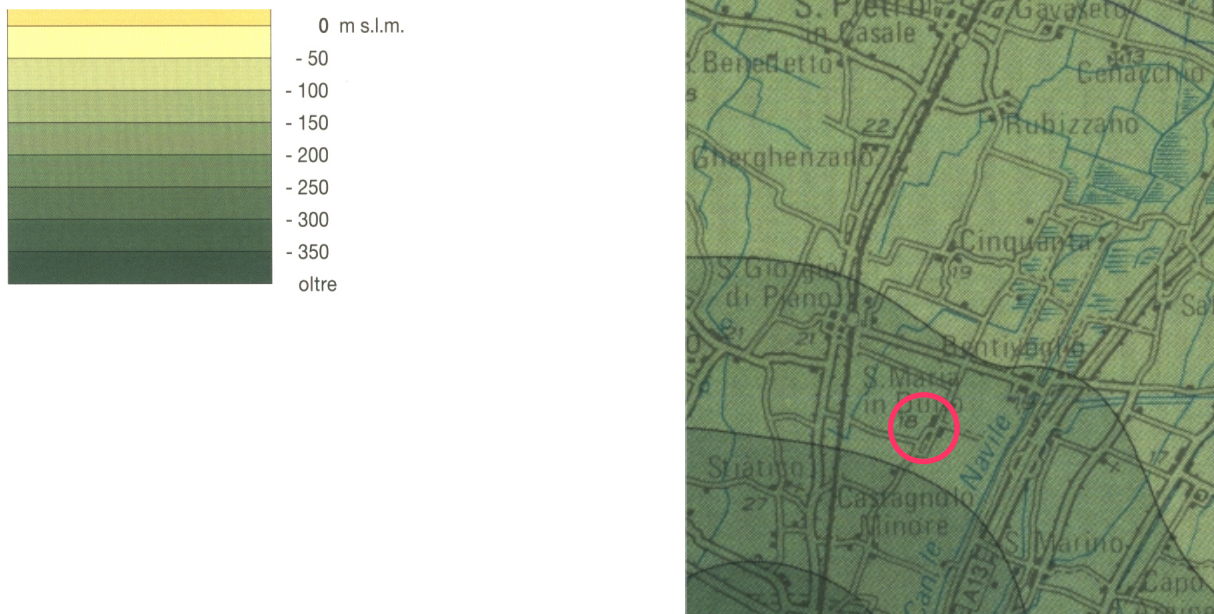


FIGURA 4 - Profondità del limite basale riferita al livello del mare per il Gruppo Acquifero “A”

Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)

Nell'area di studio la soggiacenza di falda è risultata intorno ai 3 metri di profondità dal piano di campagna, la direzione di falda è deducibile con quanto raffigurato nello stralcio della carta idrogeologica del PSC Associato Reno Galliera- Terre di Pianura di cui in figura 5 è riportato uno stralcio

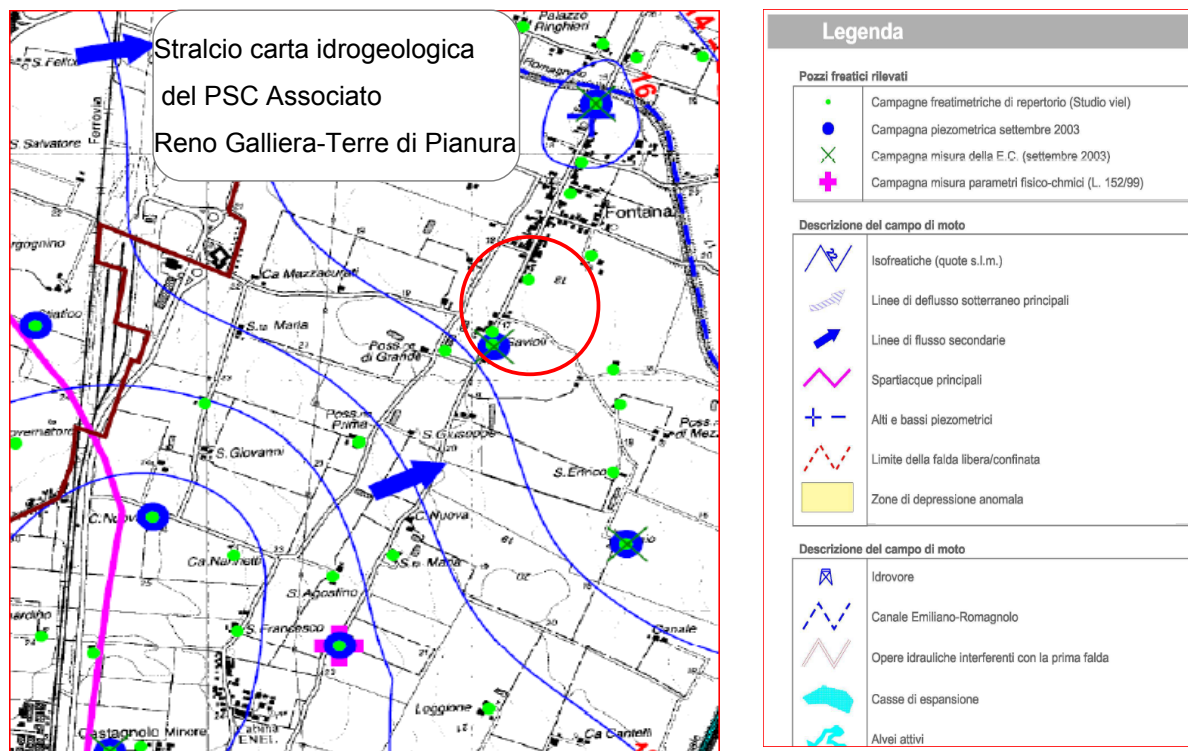


Fig. 5 Legenda e stralcio della Carta Idrogeologica (PSC Associato Reno Galliera- Terre di Pianura)

Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)

4. SISMICA

4.1. Sismicità del territorio

La storia sismica del territorio del Comune di Bentivoglio è stata desunta dal “DBMI11, il *data-base* delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI11”, database realizzato dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Essa è riassunta, graficamente nel diagramma di Fig.6 (sono rappresentati gli eventi con intensità al sito $I_s > IV$ grado della scala MCS)

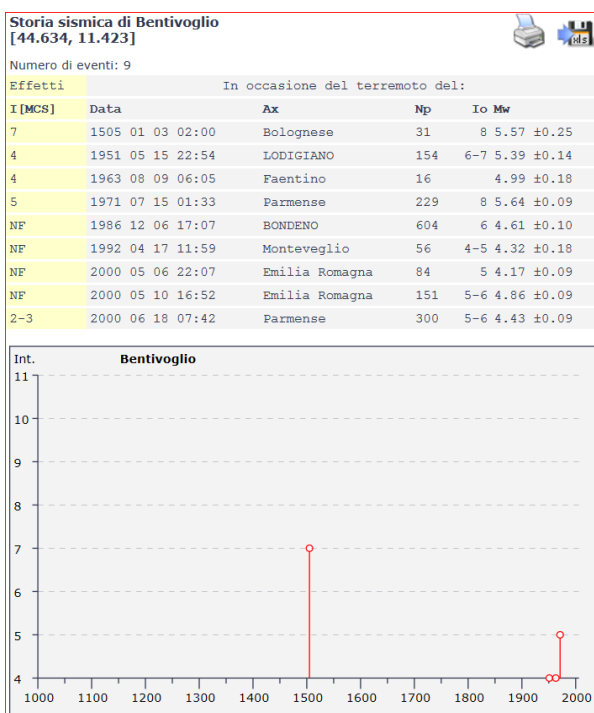


FIGURA 6 – TABELLA E grafico rappresentante la storia sismica del territorio del comune di Bentivoglio

Dalla figura si evidenzia che il massimo evento sismico censito a Bentivoglio si è verificato il 3 gennaio 1505 con un'intensità al sito del VII grado della scala MCS. Il terremoto è stato caratterizzato da una magnitudo momento (Mw) pari a 5,57 +/- 0,25.

A questi vanno aggiunti gli eventi del maggio 2012 con una Mw massima all'epicentro di 5.9

Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)

.4.2. Categoria sismica del sottosuolo

Nel rispetto della normativa tecnica, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, occorrerà definire la categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione nei primi 30 metri di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30} > 800$ m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{SPT,30} > 50$, o coesione non drenata $c_{u,30} > 250$ kPa)
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m e da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$, o $70 < c_{u,30} < 250$ kPa)
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistente, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$, $c_{u,30} < 70$ kPa)
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s)
S1, S2	Categorie per le quali si richiedono studi speciali per la definizione dell'azione sismica, nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

Tab. 1- CATEGORIE SISMICHE DEI TERRENI

Alla luce dei dati raccolti dalle indagini sismiche effettuate si è ottenuta una **categoria C**, ovvero “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m e da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$, o $70 < c_{u,30} < 250$ kPa)*”. Il D.M. del 2008, introduce il parametro S che amplifica il valore dell'azione sismica di progetto, variabile sia sulla base della categoria di sottosuolo che delle condizioni topografiche del sito, ed ottenuto mediante la seguente relazione:

$$S = S_s \times S_T$$

dove:

S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica

S_T = coefficiente di amplificazione topografica

Il coefficiente S_s viene determinato, per ciascuna categoria di sottosuolo tramite le espressioni riportate nella Tab. 2.

Categoria di Sottosuolo	S_s
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 * F_0 * ag/g \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 * F_0 * ag/g \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 * F_0 * ag/g \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 * F_0 * ag/g \leq 1,60$

Tab. 2- ESPRESSIONI DI S_s

Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)

Viceversa, il coefficiente S_T assume i valori riassunti nella Tab. 3.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T_1	-	1,0
T_2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T_3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T_4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tab. 3- VALORI MASSIMI DEL COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA S_T

Quindi, nel caso in esame $S = S_S \times S_T = 1,45 \times 1,0 = 1,45$

.4.3. Definizione dell'azione sismica di progetto

Secondo le indicazioni riportate dal decreto ministeriale 14 gennaio 2008 recante "Norme Tecniche per le Costruzioni", viene abbandonata la precedente classificazione sismica definita su base comunale, stabilita dall'Allegato 1, punto 3. dell'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003, che suddivideva il territorio italiano in 4 zone sismiche con diversi livelli di accelerazione sismica di progetto. Le nuove norme introducono i valori di accelerazione sismica (a_g) in corrispondenza dei punti di un reticolo, i cui nodi non distano fra loro più di 4 km. Se il sito in esame non ricade nei nodi del reticolo di riferimento, il valore del parametro a_g può essere ricavato come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici. Pertanto, i primi fattori da considerare per il calcolo dell'accelerazione sismica, riguardano la definizione delle coordinate geografiche del sito.

Successivamente, per ottenere l'output dei valori di accelerazione, occorre fissare i parametri connessi alle condizioni del sito, di seguito elencati:

- Coefficiente topografico (T);
- Categoria di suolo;

nonché i parametri di progetto dipendenti dall'opera in esame:

- Vita nominale (V_N);
- Classe d'uso dell'opera (C_u);
- Smorzamento viscoso equivalente (ξ);
- *Behavior factor* adottato (q , sia per il sisma orizzontale che per quello verticale).

Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)

Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS** <http://www.geostru.com/geoapp>

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 44,628104 [°]

longitudine: 11,396223 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	16287	44,616220	11,384040	1635,8
Sito 2	16288	44,617440	11,454210	4740,0
Sito 3	16066	44,667430	11,452530	6242,1
Sito 4	16065	44,666210	11,382290	4378,2

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superament o [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,048	2,472	0,257

Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)

Danno (SLD)	63	50	0,059	2,505	0,273
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,162	2,567	0,276
Prevenzione e dal collasso (SLC)	5	975	0,213	2,519	0,283

Coefficienti Sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,640	1,000	0,014	0,007	0,706	0,200
SLD	1,500	1,610	1,000	0,018	0,009	0,872	0,200
SLV	1,450	1,610	1,000	0,056	0,028	2,299	0,240
SLC	1,380	1,590	1,000	0,082	0,041	2,885	0,280

Geostru software - www.geostru.com

Come si evince dalle tabelle, il valore di ag/g relativo all'area di studio, per quella tipologia di opera, con probabilità di superamento in 475 anni del 10%, risulta essere pari a 0,162.

Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)

.4.4. Analisi del rischio di liquefazione dei terreni in condizioni sismiche

I terreni incoerenti in condizione di saturazione ed assenza di sollecitazioni provocate da un sisma sono soggetti alla pressione litostatica dei depositi sovrastanti. Durante il sisma ripetuti sforzi tangenziali indotti dalla propagazione delle onde sismiche può portare all'annullamento della pressione di confinamento a causa dell'aumento della pressione interstiziale. In questo caso si può avere un parziale o totale annullamento della resistenza al taglio dei terreni con un comportamento meccanico simile a quello che avviene nei liquidi; si tratta del fenomeno di liquefazione di un deposito. Come premesso i fenomeni di liquefazione sono limitati a depositi sabbiosi saturi e diminuiscono la loro probabilità all'aumentare della profondità in quanto aumenta la pressione litostatica e quindi la pressione di confinamento. Come magnitudo di progetto, utilizzando la zonizzazione sismica ZS9 (zona sismo genetica 912 di Fig.7), è stato utilizzato un valore di $M=6,14$ considerato come massimo terremoto che ha colpito tale zona sismogenetica. Come valore di accelerazione massima è stata considerata l'accelerazione sismica corretta con l'effetto sito ovvero $ag/g \times Ss$, che è risultata essere pari a $0,23g$.

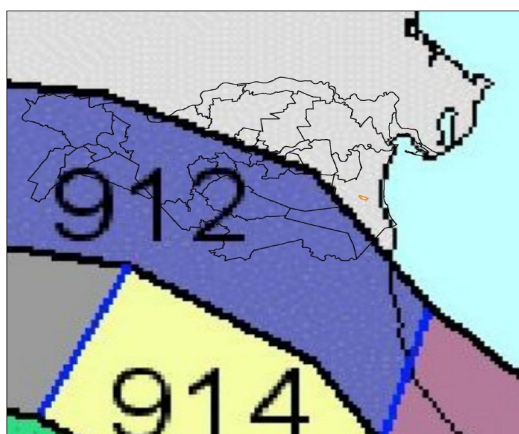


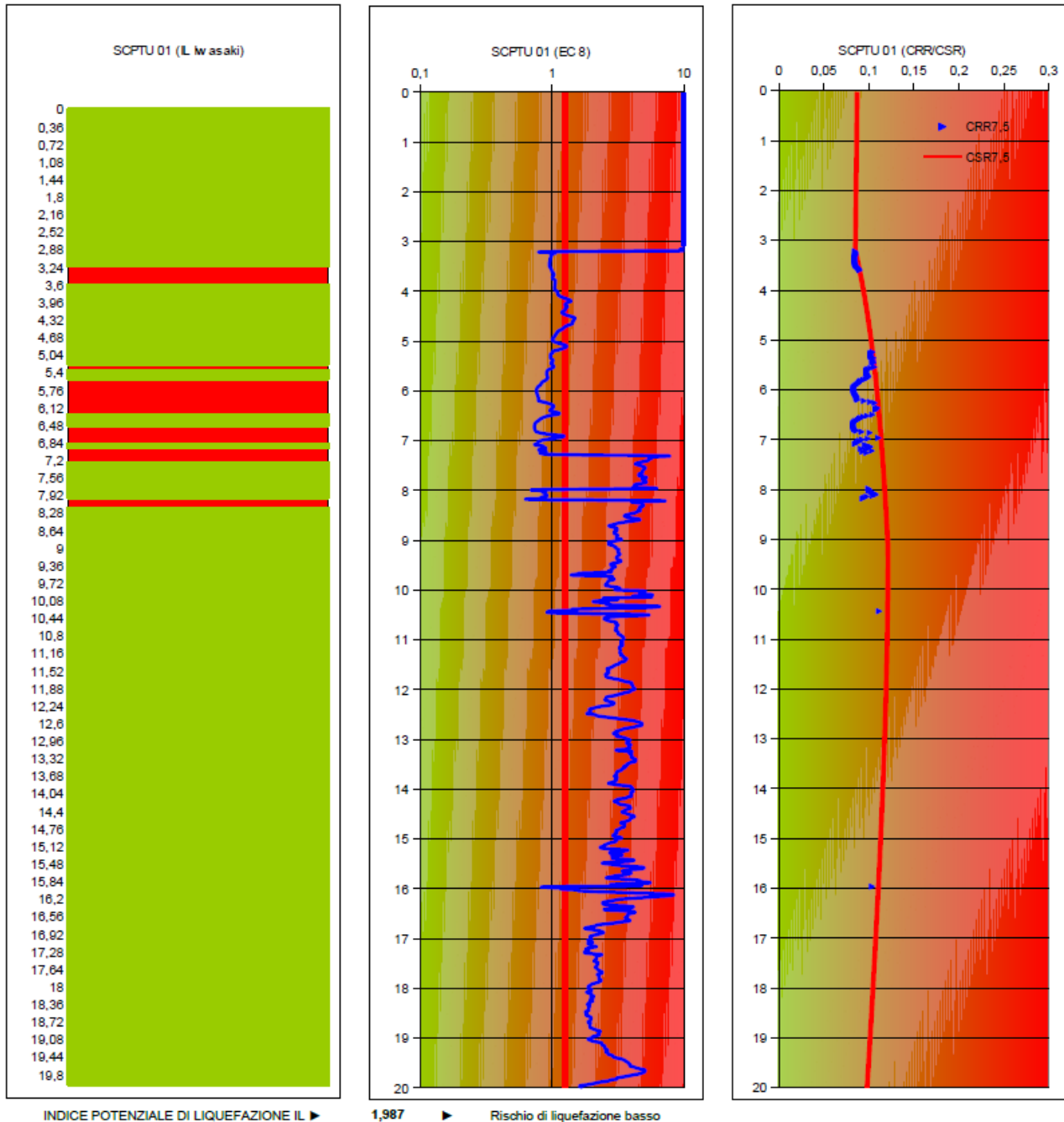
FIGURA 7 – Zona sismo genetica 912

Per quanto riguarda le prove penetrometriche effettuate, non risultano strati incoerenti alla profondità investigata che alla verifica a liquefazione con il metodo NCEER 1998 (fines correction method Robertson & Wride 1997) presentano rischi di liquefazione in caso di sisma. Gli strati investigati nelle due prove risultano avere infatti un valore di potenziale di liquefazione I_{PL} (LPI) compreso tra 1,987 e 0,107 (vedi Tabella 4), per cui non si prevedono particolari rischi di innesco di fenomeni di liquefazione in caso di sisma con magnitudo 6,14 e per accelerazione 0,23g.

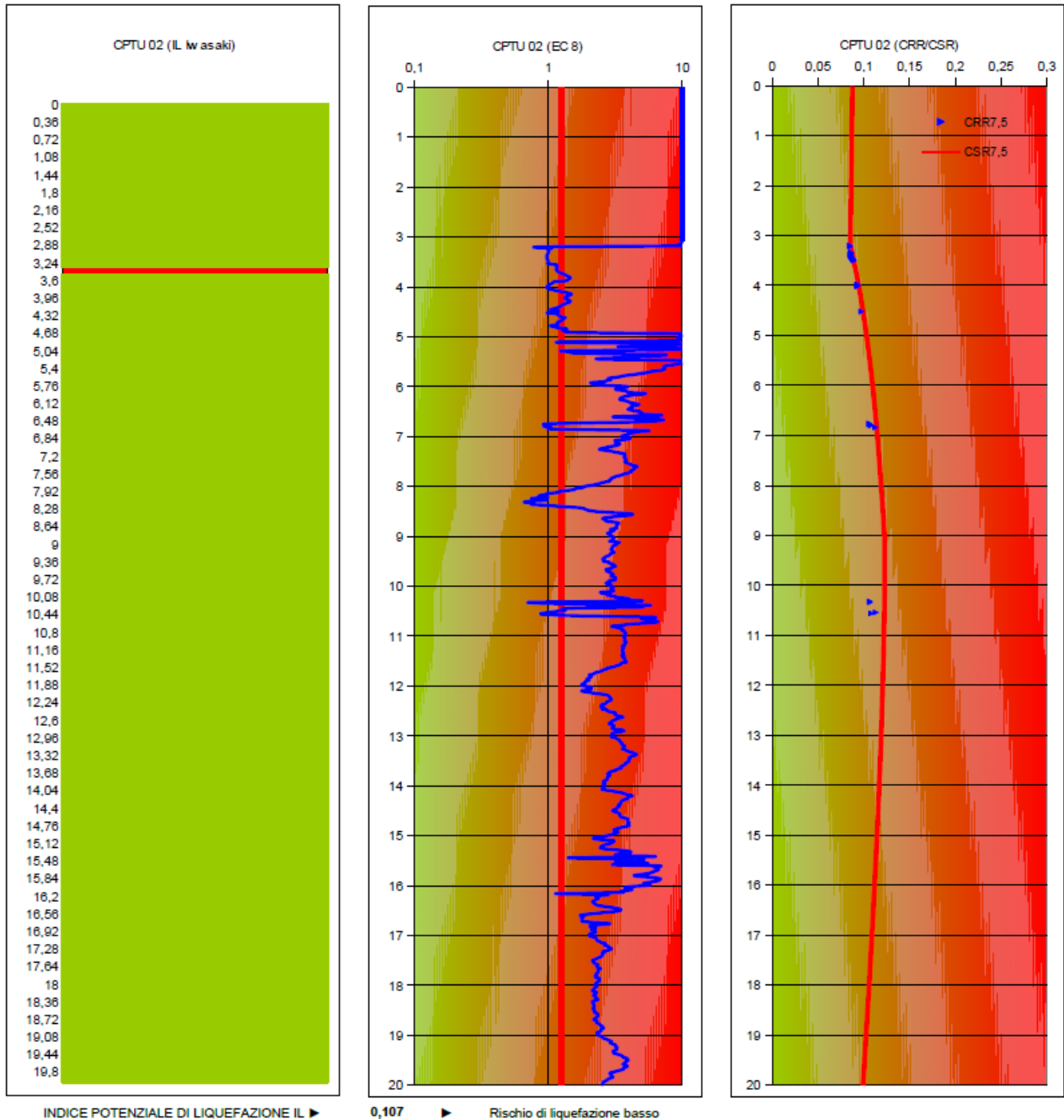
Potenziale Liquefazione I_{PL} (LPI)	Classificazione
I_{PL} (LPI) =0	Rischio molto basso
$0 < I_{PL}$ (LPI) ≤ 5	Rischio basso
$5 < I_{PL}$ (LPI) ≤ 15	Rischio alto
I_{PL} (LPI) ≥ 15	Rischio molto alto

Tabella 4 – classificazione dei terreni secondo il potenziale di liquefazione

Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)



Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)



Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)

5. PROVA SCPTU

Le prove penetrometriche sono state eseguite utilizzando un penetrometro GeoMill da 200 kN di spinta massima, dotato di punta elettrica, montato su autocarro Mercedes Unimog 4 X 4.

La prova SCPTU (S = Seismic; CPT = Cone Penetration Test; U = con misura della pressione neutra U) consiste, come per le prove CPTU standard, nell'infissione nel terreno del piezocono per la misura, ogni 2 cm, dei classici parametri q_c (resistenza di punta), f_s (resistenza laterale) ed U (pressione neutra).

Ad ogni metro di profondità (od eventualmente a profondità prestabilite a seconda delle necessità progettuali) viene sospesa l'infissione del piezocono ed a piano campagna, tramite adeguato sistema di energizzazione, vengono generate delle vibrazioni artificiali nel terreno.

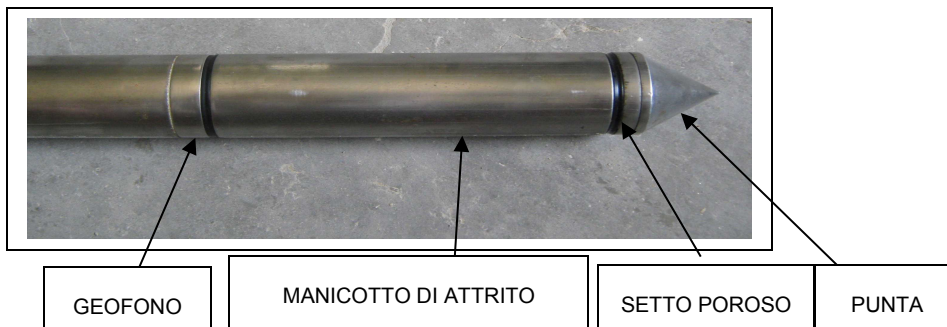
Tramite i sensori sismici (geofoni) presenti all'interno del piezocono ed adeguato acquisitore sismico è possibile quindi rilevare e registrare tali segnali sismici e di conseguenza determinare i tempi necessari alle onde sismiche per percorrere il tratto da piano campagna fino alla profondità a cui si trova il piezocono (tempi di arrivo).

Grazie alla presenza di tre geofoni o accelerometri disposti all'intero del piezocono lungo le tre direzioni X, Y e Z ed al tipo di sistema di energizzazione utilizzato è possibile discriminare nei sismogrammi i segnali generati dalle onde di taglio S e dalle onde di compressione P (solo in terreni privi di falda freatica).

Ottenuti i tempi di arrivo è possibile quindi calcolare la velocità di propagazione delle onde S e P. La prova penetrometrica statica SCPTU consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta elettrica dotata di piezocono, di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($V = 2 \text{ cm/s} \pm 0.5 \text{ cm/s}$).

La punta sismica è una punta penetrometrica elettrica dotata, oltre che dei geofoni succitati, di un trasduttore di pressione per la misura della pressione interstiziale dei pori, cioè il carico idraulico istantaneo presente nell'intorno della punta. La pressione dell'acqua interstiziale del terreno viene trasmessa al trasduttore attraverso un filtro, che è posto tra la base dell'estremità conica della punta ed il manicotto di attrito.

La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta, che agisce su una batteria di aste (aste cave con il cavo di trasmissione dati all'interno), alla cui estremità inferiore è collegata la punta con piezocono.



Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)

Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura estensimetrico collegato alla punta ed al manicotto dell'attrito laterale, e da un trasduttore di pressione che registra le pressioni dell'acqua di falda durante l'infissione della punta, attraverso un setto poroso opportunamente saturato e disareato.

I dati delle resistenze alla punta, al manicotto laterale, della pressione dei pori e dell'inclinazione della punta vengono registrate su supporti magnetici ed e successivamente elaborati.

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

- diametro di base del cono $f = 35.7 \text{ mm}$
- area della punta conica $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo apertura del cono $B = 60^\circ$
- superficie laterale manicotto $A_m = 150 \text{ cm}^2$

Nei diagrammi e tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture di campagna, durante l'infissione dello strumento):

.qc (kg/cm²) = resistenza alla punta (conica);

.fs (kg/cm²) = resistenza laterale (manicotto);

.U (kg/cm²) = pressione dei pori (setto poroso);

.fs/qc (%) = rapporto attrito laterale / resistenza alla punta;

.DU/qc = variazione pressione dei pori in funzione della resistenza alla punta.

Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)

6. MODELLO GEOTECNICO

.6.1 Determinazione dei parametri geotecnici

L'individuazione del modello geotecnico del terreno di fondazione sede dell'intervento è stato basato sull'interpretazione della stratigrafia dei terreni effettuata durante l'esecuzione della indagine geognostica. Ai dati derivanti dall'elaborazione delle prove in situ, sono state applicate le modellazioni statistiche previste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, per la determinazione dei parametri caratteristici per i diversi orizzonti riscontrati. Nelle descrizioni delle caratteristiche geotecniche dei vari orizzonti, sono riportati i valori corrispondenti al 5° percentile della distribuzione della media. Questi valori nella nuova normativa assumono il significato di valore caratteristico del parametro (R_k).

Sono stati distinti 7 diversi orizzonti potenzialmente interessati dalle pressioni indotte dall'apparato fondale.

STRATIGRAFIA TERRENO

Corr: Parametri con fattore di correzione (TERZAGHI)

DH: Spessore dello strato; γ_m : Peso unità di volume; γ_{ms} : Peso unità di volume saturo; ϕ : Angolo di attrito; c : Coesione; E_y : Modulo Elastico; E_d : Modulo Edometrico; c_u : Coesione non drenata

DH [m]	γ_m [Kg/m ³]	γ_{ms} [Kg/m ³]	ϕ [°]	c [Kg/cm ²]	c_u [Kg/cm ²]	E_y [Kg/cm ²]	E_d [Kg/cm ²]	Stratigrafia
2,8	1900,0	2100,0	35,0	0,25	0,4	200,0	260,0	Sabbia limosa
1,9	1950,0	2100,0	32,0	0,25	0,35	270,0	330,0	Sabbia limosa
1,0	1900,0	2050,0	29,0	0,25	0,35	160,0	200,0	Limo sabbioso
0,8	1850,0	2000,0	0,0	0,0	0,35	0,0	38,0	Argilla limosa
1,5	1850,0	2000,0	0,0	0,0	0,5	0,0	45,0	Argilla limosa
3,6	1850,0	2000,0	0,0	0,0	0,45	0,0	50,0	Argilla limosa
8,4	1850,0	2000,0	0,0	0,0	0,6	0,0	45,0	Argilla limosa

Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)

7. VERIFICHE DELLE SOLUZIONI FONDALI

Il progetto in esame prevede la realizzazione di un nuovo edificio residenziale monofamiliare. E' stata verificata la struttura, su indicazione del Progettista, avente come apparato fondale una platea con pianta di circa 13x18m con profondità del piano di posa a circa 0,5 m dal p.c.. Di seguito vengono esposte le verifiche di capacità portante, utilizzando la fondazione superficiale di dimensioni sopra riportate.

Successivamente, verranno valutati i cedimenti assoluti massimi indotti dalle strutture in progetto sulla base delle indicazioni del Progettista.

.7.1. Calcolo della capacità portante per fondazioni a platea

Nel presente studio, le verifiche delle soluzioni fondali sono state realizzate, seguendo i riferimenti normativi contenuti nelle recenti norme tecniche, che sfruttano il concetto degli "stati limite". Questo tipo di approccio, risulta attualmente sviluppabile attraverso le disposizioni normative del D.M. 14/01/2008.

Agli SLU, la normativa di riferimento sopra introdotta richiede che venga soddisfatta la seguente disequaglianza:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o degli effetti ed R_d è il valore di progetto della resistenza del terreno.

Le elaborazioni seguenti volgono al calcolo del valore di progetto della resistenza del terreno R_d , che verrà utilizzato del Progettista per verifica della disequaglianza di cui sopra con le azioni di progetto nelle diverse combinazioni normative.

La resistenza R_d è stata determinata attraverso la formula di Hansen (1970) nel caso di condizioni non drenate:

$$Q_{lim} = c_{ucorr} \cdot N_c \cdot (1 + s'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c) \cdot z'_c + \bar{q} + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot B' \cdot s_\gamma \cdot r_\gamma$$

dove:

Q_{lim} = capacità portante limite

q = sovraccarico agente sul piano delle fondazioni

c_{ucorr} = coesione non drenata corretta secondo Terzaghi

γ = peso di volume

B = larghezza della fondazione

D = profondità del piano di posa

N_c, N_γ = fattori di capacità portante

z'_c = fattore di correzione inerzia terreno

s_c, s_γ = fattori di forma della fondazione

d_c, d_γ = fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa

i_c = fattore dipendente dall'inclinazione del carico

b_c, b_γ = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base della fondazione

g_c = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna

r_γ = fattore riduttivo del termine $B \cdot N_\gamma$ (Bowles)

Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)

Le N.T.C.¹, prevedono due combinazioni di carico:

- A1-M1: ossia maggiorazione dei carichi (quasi tutti i carichi vengono aumentati, le resistenze rimangono quelle caratteristiche);
- A2-M2: ossia fattorizzazione delle resistenze (i carichi rimangono quasi tutti invariati, le resistenze vengono diminuite).

In questo caso è stata verificata la combinazione A1+M1+R3

Nello specifico, ai parametri caratteristici del terreno sono stati applicati i coefficienti parziali riportati nella seguente tabella:

Parametro	Coefficiente Parziale	
	M1	M2
Coesione non drenata	1,00	1,40
Peso specifico	1,00	1,00

TAB. 5: COEFFICIENTI PARZIALI PER I PARAMETRI DEL TERRENO DA TAB.6.2.II DELLE N.T.C.

mentre, per la maggiorazione dei carichi si sono utilizzati i seguenti coefficienti:

Azione	Simbolo	Coefficiente Parziale	
		A1	A2
Permanente favorevole	G _{G1}	1,00	1,00
Permanente sfavorevole		1,30	1,00
Permanente non strutturale Permanente non strutturale sfavorevole	G _{G2}	1,50	1,30
Variabile favorevole	G _Q	0,00	0,00
Variabile sfavorevole		1,50	1,30

TAB. 6 - COEFFICIENTI PARZIALI RELATIVI ALLE AZIONI DA TAB. 6.2.I DELLE N.T.C

Una volta determinati carichi e azioni, si utilizzano i coefficienti riduttivi, da applicare alle resistenze, in funzione del tipo di verifica:

Verifica	gf	Coefficiente Parziale		
		R1	R2	R3
Capacità portante	gr	1,00	1,80	2,30
Scorrimento	gr	1,00	1,10	1,10

TAB. 7 - COEFFICIENTI PARZIALI RELATIVI ALLE RESISTENZE DA TAB. 6.4.I DELLE N.T.C

¹ N.T.C.: Norme Tecniche per le Costruzioni - Decreto ministeriale 14 gennaio 2008

Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2008
Larghezza fondazione	13,0 m
Lunghezza fondazione	18,0 m
Profondità piano di posa	0,5
Profondità falda	3,0

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0,235
Effetto sismico secondo	NTC(C7.11.5.3.1)

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,47	2,47	0,26
S.L.D.	50,0	0,58	2,51	0,27
S.L.V.	475,0	1,59	2,57	0,28
S.L.C.	975,0	2,09	2,52	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,705	0,2	0,0144	0,0072
S.L.D.	0,87	0,2	0,0177	0,0089
S.L.V.	2,3055	0,24	0,0564	0,0282
S.L.C.	2,8795	0,28	0,0822	0,0411

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazion e	Tipo
1	A1+M1+R3	Progetto
2	Sisma	Progetto

Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2,3	1,1
2	Si	1	1	1	1	1	2,3	1,1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult]	2,44 Kg/cm ²
Resistenza di progetto[Rd]	1,06 Kg/cm ²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	--

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler	0,98 Kg/cm ³
---------------------	-------------------------

A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1,0
Fattore [Nc]	5,14
Fattore [Ng]	0,0
Fattore forma [Sc]	0,14
Fattore profondità [Dc]	0,02
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

Carico limite	2,44 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	1,06 Kg/cm ²

Sisma

Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1,0
Fattore [Nc]	5,14
Fattore [Ng]	0,0
Fattore forma [Sc]	0,14
Fattore profondità [Dc]	0,02
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

Carico limite	2,44 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	1,06 Kg/cm ²

Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)

.7.2. Stima preliminare cedimenti per ogni strato

CEDIMENTI PER OGNI STRATO

*Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi

Pressione normale di progetto (stimata) 0,4 Kg/cm²
 Cedimento totale 5,04 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento di consolidazione; Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (Kg/cm ²)	Dp (Kg/cm ²)	Metodo	Wc (cm)	Wt (cm)
1	1,65	0,314	0,304	Edometrico	0,27	0,27
2	3,75	0,653	0,289	Edometrico	0,17	0,17
3	5,2	0,81	0,267	Edometrico	0,13	0,13
4	6,1	0,903	0,251	Edometrico	0,53	0,53
5	7,25	1,018	0,228	Edometrico	0,76	0,76
6	9,8	1,273	0,18	Edometrico	1,29	1,29
7	15,8	1,873	0,101	Edometrico	1,89	1,89

Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)

8. CONCLUSIONI

Il presente studio e le indagini eseguite hanno consentito di pervenire alle seguenti conclusioni:

- *Per definire le caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni sono state eseguite due penetrometriche statiche elettriche con piezocono e sismocono la prima SCPTU1 spinta alla profondità di 30 m dal p.c. e con piezocono la seconda CPTU2 spinta alla profondità di 20m dal p.c.. La prova è anche servita per la misura della velocità delle onde sismiche di taglio al fine di ottenere il valore di Vs30 per definire la categoria di suolo sismico con approccio semplificato.*
- *In relazione alla nuova classificazione sismica, è stato calcolato un valore d'accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag/g), con probabilità di superamento del 10% in 475 anni, relativamente al sito di interesse, di 0,162 a cui applicare un valore del coefficiente di amplificazione sismica Ss di 1,45*
- *Per i terreni che caratterizzano l'area in esame, si propone di adottare la categoria C*
- *E' stata verificata una struttura che adotta fondazioni a platea avente dimensioni 13x18m e piano di posa a circa 0,50m dal piano di riferimento*
- *Dall'esame degli elaborati della prova penetrometrica sono stati distinti 7 orizzonti geotecnici interessati all'incremento delle pressioni indotte dall'apparato fondale che vengono definiti nel modello geotecnico del Capitolo 6.*
- *Le caratteristiche geotecniche dei terreni d'imposta risultano tali da garantire sicurezza alla rottura in relazione alla combinazione fondamentale prevista dalla normativa, così come evidenziato nel paragrafo 7.1. se i valori di Ed risultino inferiori ai valori calcolati di Rd.*
- *E' stata effettuata la valutazione dei cedimenti, considerando di applicare i carichi, ipotizzati a 0,4 Kg/cm² e sono risultati cedimenti di circa 5 cm relativi al sovraccarico indotto dalla struttura utilizzato.*
- *La validità delle ipotesi di progetto dovrà essere controllata durante la costruzione considerando, oltre ai dati raccolti in fase di progetto, anche quelli ottenuti con misure ed osservazioni nel corso dei lavori per adeguare, eventualmente, l'opera alle situazioni riscontrate.*

Per quanto esposto ed illustrato si dichiara la fattibilità dell'intervento, sotto il profilo geologico e geotecnico purché si operi tenendo conto delle prescrizioni indicate.

Il tecnico incaricato

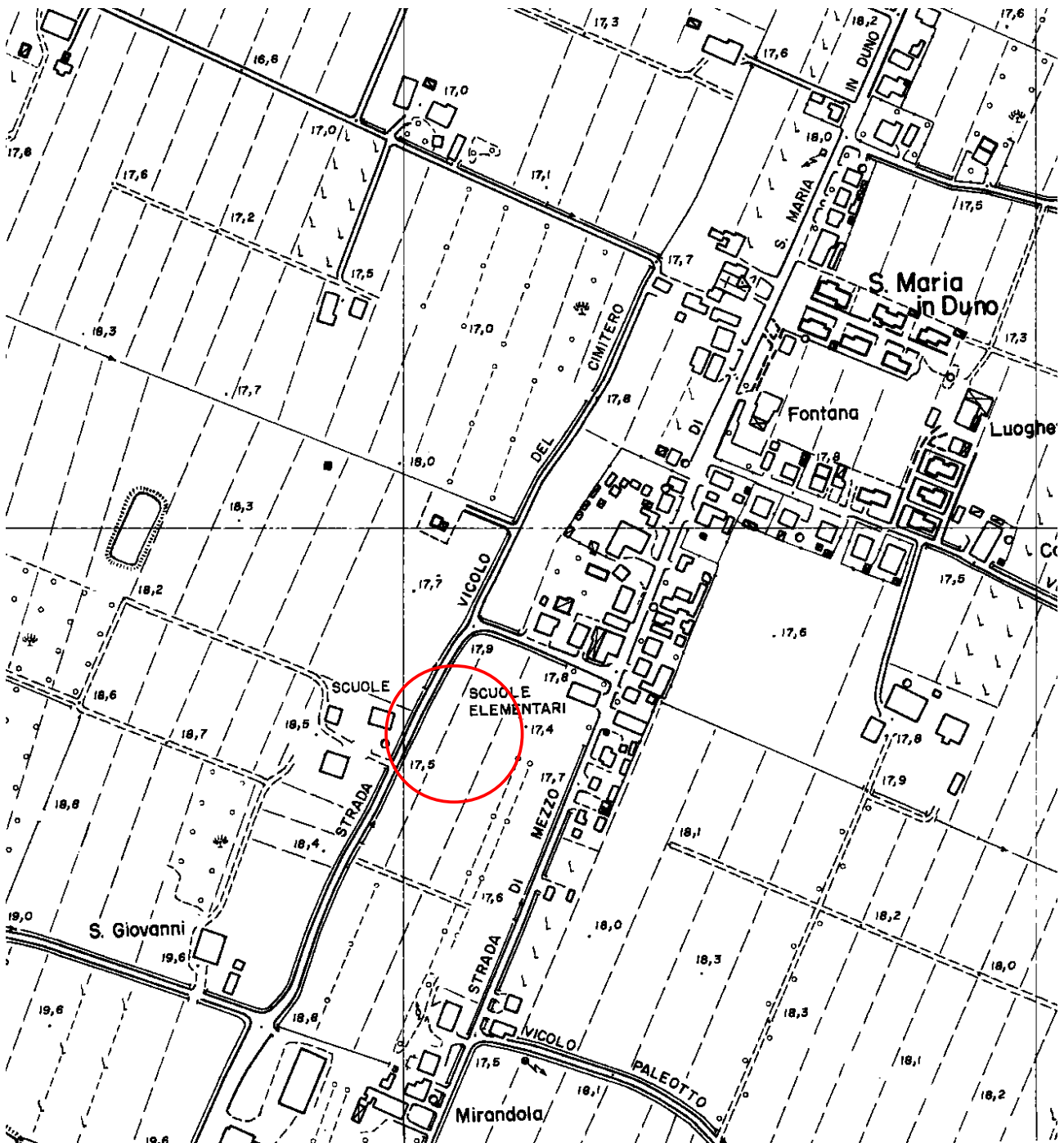
Dott. Geol. Davide Marescotti



Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)

9. TAVOLE

Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)



Tav. 1 scala 1:5000

Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)



Tav. 2 ubicazione prove Scala libera

Relazione geologico/geotecnica e sismica per lo studio del terreno di fondazione nell'ambito del progetto di un nuovo edificio residenziale monofamiliare ad un piano da realizzarsi a Santa Maria In Duno Fraz. Bentivoglio (BO)

10. ALLEGATI



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

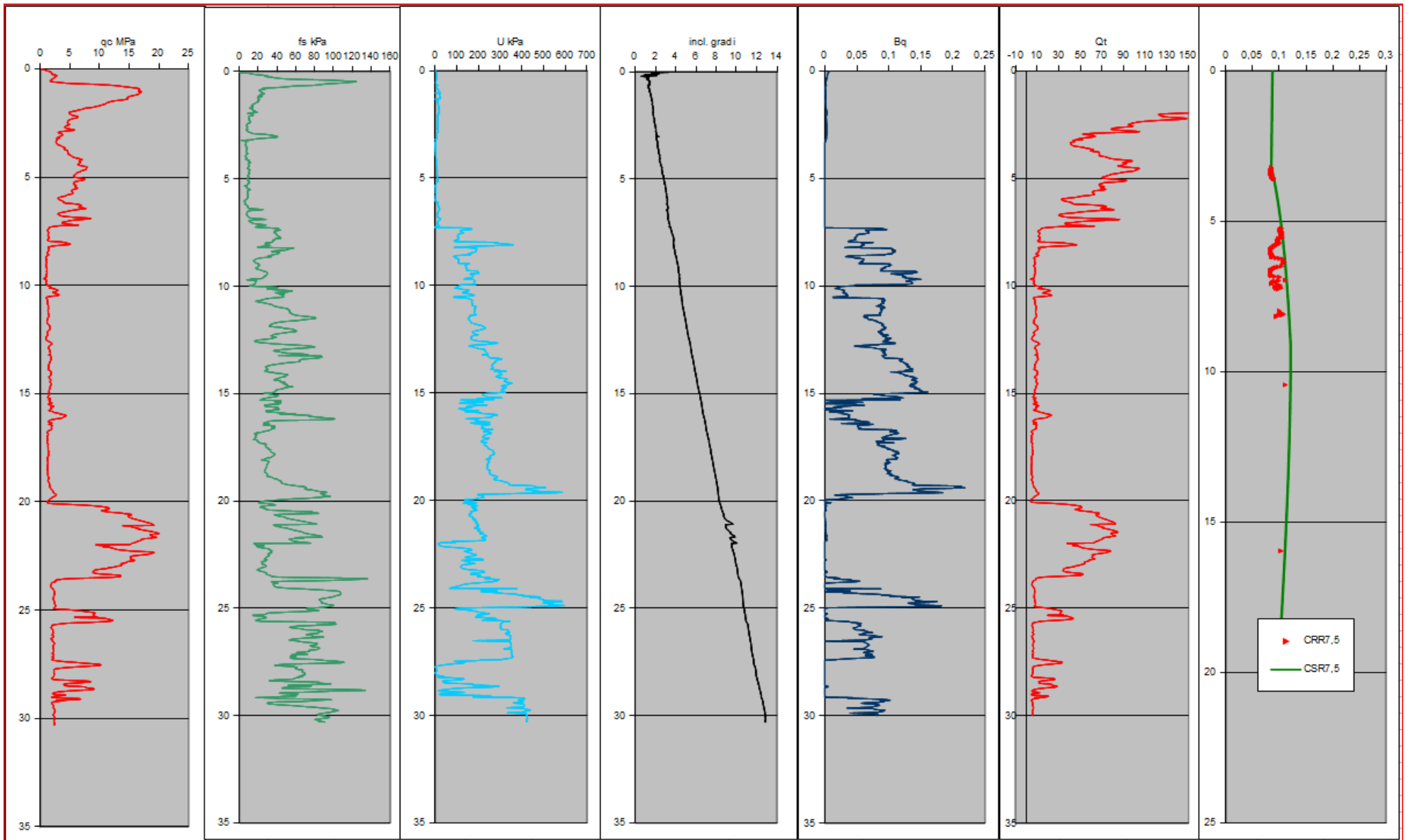
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



0,00						20,00	limo argilloso - argilla con limo
0,10	sabbia - sabbia ghiaiosa	10,00				20,10	limo - sabbia limosa
0,20	sabbia - sabbia limosa	10,10				20,20	sabbia - sabbia limosa
0,30		10,20				20,30	
0,40	limo - sabbia limosa	10,30				20,40	
0,50		10,40				20,50	
0,60	sabbia - sabbia limosa	10,50				20,60	
0,70	sabbia - sabbia ghiaiosa	10,60				20,70	
0,80		10,70				20,80	
0,90		10,80				20,90	
1,00		10,90				21,00	
1,10		11,00				21,10	
1,20		11,10				21,20	
1,30		11,20				21,30	
1,40		11,30				21,40	
1,50		11,40				21,50	
1,60		11,50				21,60	
1,70		11,60				21,70	
1,80		11,70				21,80	
1,90	sabbia - sabbia limosa	11,80				21,90	
2,00		11,90				22,00	
2,10		12,00				22,10	
2,20		12,10				22,20	
2,30		12,20				22,30	
2,40		12,30				22,40	
2,50		12,40				22,50	
2,60		12,50				22,60	
2,70		12,60				22,70	
2,80		12,70				22,80	
2,90	limo - sabbia limosa	12,80				22,90	
3,00		12,90				23,00	
3,10	sabbia - sabbia limosa	13,00				23,10	
3,20		13,10				23,20	
3,30		13,20				23,30	
3,40		13,30				23,40	
3,50		13,40				23,50	
3,60		13,50				23,60	limo argilloso - argilla con limo
3,70		13,60				23,70	argille e argille limose
3,80		13,70				23,80	
3,90		13,80				23,90	
4,00		13,90				24,00	
4,10		14,00				24,10	
4,20		14,10				24,20	
4,30		14,20				24,30	
4,40		14,30				24,40	
4,50		14,40				24,50	
4,60		14,50				24,60	
4,70		14,60				24,70	
4,80		14,70				24,80	
4,90		14,80				24,90	limo argilloso - argilla con limo
5,00		14,90				25,00	limo - sabbia limosa
5,10		15,00				25,10	
5,20		15,10				25,20	
5,30		15,20				25,30	sabbia - sabbia limosa
5,40		15,30				25,40	
5,50		15,40				25,50	limo - sabbia limosa
5,60		15,50				25,60	argille e argille limose
5,70		15,60				25,70	
5,80		15,70				25,80	
5,90		15,80				25,90	
6,00		15,90				26,00	
6,10		16,00				26,10	
6,20		16,10				26,20	
6,30		16,20				26,30	
6,40		16,30				26,40	
6,50		16,40				26,50	
6,60		16,50				26,60	
6,70	limo - sabbia limosa	16,60				26,70	
6,80		16,70				26,80	
6,90	sabbia - sabbia limosa	16,80				26,90	
7,00		16,90				27,00	
7,10	limo - sabbia limosa	17,00				27,10	
7,20		17,10				27,20	
7,30	limo argilloso - argilla con limo	17,20				27,30	limo argilloso - argilla con limo
7,40	argille e argille limose	17,30				27,40	limo - sabbia limosa
7,50	limo argilloso - argilla con limo	17,40				27,50	
7,60	argille e argille limose	17,50				27,60	limo argilloso - argilla con limo
7,70	limo argilloso - argilla con limo	17,60				27,70	argille e argille limose
7,80		17,70				27,80	
7,90		17,80				27,90	
8,00	limo - sabbia limosa	17,90				28,00	
8,10		18,00				28,10	
8,20	argille e argille limose	18,10				28,20	limo argilloso - argilla con limo
8,30	limo argilloso - argilla con limo	18,20				28,30	limo - sabbia limosa
8,40	argille e argille limose	18,30				28,40	limo argilloso - argilla con limo
8,50		18,40				28,50	limo - sabbia limosa
8,60		18,50				28,60	
8,70		18,60				28,70	limo argilloso - argilla con limo
8,80		18,70				28,80	argille e argille limose
8,90		18,80				28,90	limo argilloso - argilla con limo
9,00		18,90				29,00	
9,10		19,00				29,10	
9,20		19,10				29,20	argille e argille limose
9,30		19,20				29,30	
9,40		19,30				29,40	
9,50		19,40				29,50	
9,60		19,50				29,60	
9,70		19,60				29,70	
9,80		19,70				29,80	
9,90	limo argilloso - argilla con limo	19,80				29,90	





elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001. Circolari Ministeriali 7618/STC



COMMITTENTE G.T.A. s.n.c. - via Giulio Righini 23 - 44124 - Ferrara (FE)

CANTIERE Santa Maria in Duno (BO)

CPT N° SCPTU 1 PROF. Falda (m da p.c.) 3.20 TIPO PUNTA piezocono G1 - CPL2IN
DATA 24/11/15 PREFORO (m da p.c.)
COMMESSA 14854/15 C. SITO N°: S150711 del 28.11.15 Long. 11.395115°

Table with 5 columns of data (prof., qc, fs, U, incl.) repeated 10 times for different measurement points or depths.

Lo Sperimentatore: dott. Luciano Rossi

Il Direttore Settore Prove in Sito: dott. Massimo Romagnoli



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
Tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



COMMITTENTE G.T.A. s.n.c. - via Giulio Righini 23 - 44124 - Ferrara (FE)
CANTIERE Santa Maria in Duno (BO)
CPT N° SCPTU 1 PROF. FALDA (m da p.c.) 3.20 TIPO PUNTA piezocono G1 - CPL2IN
DATA 24/11/15 PREFORO (m da p.c.) Lat. 44.627209°
COMMESSA 14854/15 C. SITO N°: S150711 del 28.11.15 Long. 11.395115°

Table with 50 columns (prof., qc, fs, U, incl. for 10 different piezocone tests) and 100 rows of data.

Lo Sperimentatore: dott. Luciano Rossi

Il Direttore Settore Prove in Sito: dott. Massimo Romagnoli



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



COMMITTENTE G.T.A. s.n.c. - via Giulio Righini 23 - 44124 - Ferrara (FE)
CANTIERE Santa Maria in Duno (BO)

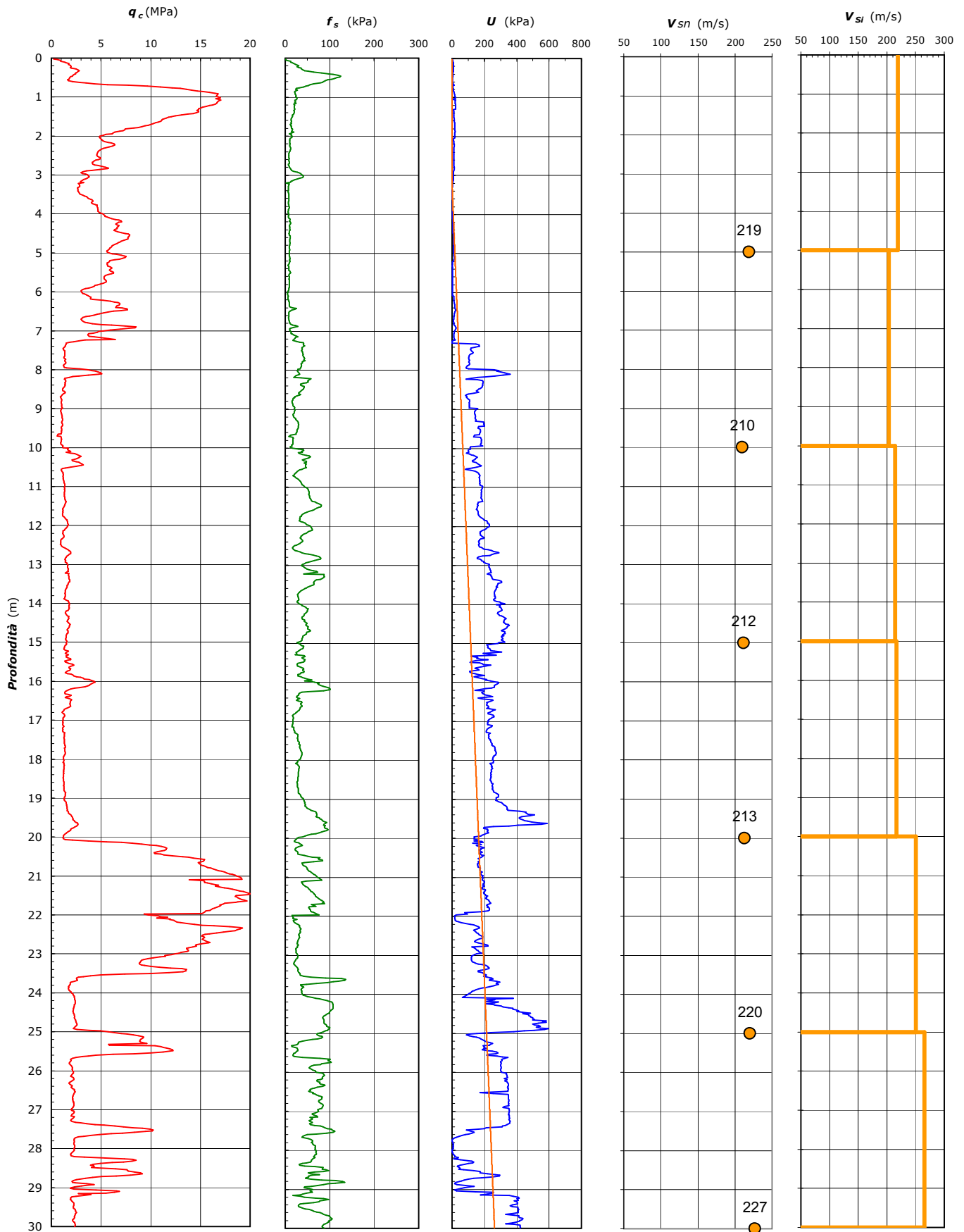
CPT N° SCPTU 1 PROF. FALDA (m da p.c.) 3.20 TIPO PUNTA piezocono G1 - CPL2IN
DATA 24/11/15 PREFORO (m da p.c.) Lat. 44.627209°
COMMESSA 14854/15 C. SITO N°: S150711 del 28.11.15 Long. 11.395115°

Table with 50 columns (prof., qc, fs, U, incl. for 10 different points) and 43 rows of data. Each row contains numerical values for various parameters across the different points.

Lo Sperimentatore: dott. Luciano Rossi

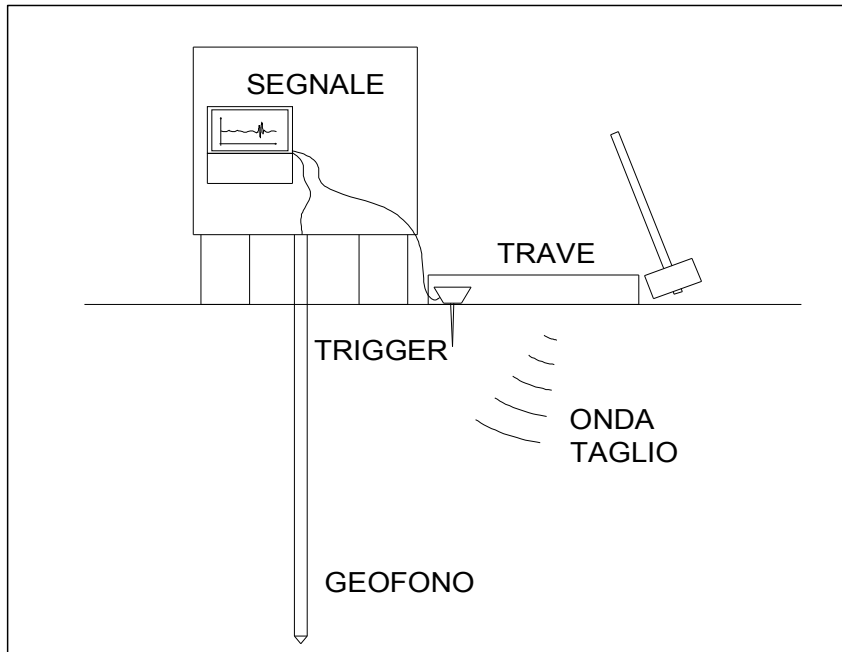
Il Direttore Settore Prove in Sito: dott. Massimo Romagnoli

COMMITTENTE	G.T.A. s.n.c. - via Giulio Righini 23 - 44124 - Ferrara (FE)				
CANTIERE	Santa Maria in Duno (BO)				
CPT N°	SCPTU 1	PROF. FALDA (m da p.c.)	3.20	TIPO PUNTA	piezocono G1 - CPL2IN
DATA	24/11/15	PREFORO (m da p.c.)		Lat.	44.627209°
COMMESSA	14854/15	C. SITO N°:	S150711 del 28.11.15	Long.	11.395115°



COMMITTENTE **G.T.A. s.n.c. - via Giulio Righini 23 - 44124 - Ferrara (FE)**
CANTIERE **Santa Maria in Duno (BO)**

CPT N°	SCPTU 1	PROF. FALDA (m da p.c.)	3.20	TIPO PUNTA	piezocono G1 - CPL2IN
DATA	24/11/15	PREFORO (m da p.c.)		Lat.	44.627209°
COMMESSA	14854/15	C. SITO N°:	S150711 del 28.11.15	Long.	11.395115°

Prova Down Hole ASTM D 7400


Profondità (m)	Ts (ms)	L (m)	Vs (m/s)	Vis (m/s)
1.0	T0	1.41	-	-
5	16.81	5.10	219	219
10	41.12	10.05	210	204
15	64.35	15.03	212	215
20	87.39	20.02	213	217
25	107.34	25.02	220	250
30	126.14	30.02	227	266

CATEGORIA SOTTOSUOLO

C
 $V_{s,30} = 227 \text{ m/s}$

D = Distanza centro trave generatrice ond
 Profondità = Profondità punta da piano campagna
 Ts = Tempo percorrenza onda di taglio
 L = Lunghezza percorso onda di taglio
 Vs = Velocità onde di taglio da piano campagna alla profondità indic = 1.00 m
 Vis = Velocità onde di taglio nello strato di terreno compreso fra le due profondità indicate

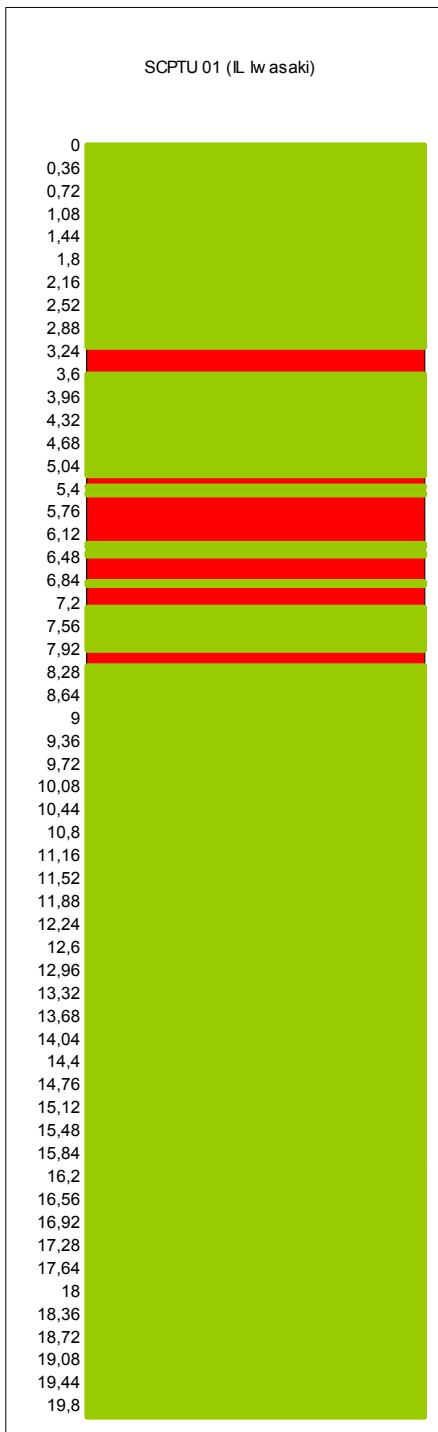
COMMITTENTE **G.T.A. s.n.c. - via Giulio Righini 23 - 44124 - Ferrara (FE)****CANTIERE** Santa Maria in Duno (BO)

CPT N°	SCPTU 1	PROF. FALDA (m da p.c.)	3.20	TIPO PUNTA	piezocono G1 - CPL2IN
DATA	24/11/15	PREFORO (m da p.c.)		Lat.	44.627209°
COMMESSA	14854/15	C. SITO N°:	S150711 del 28.11.15	Long.	11.395115°

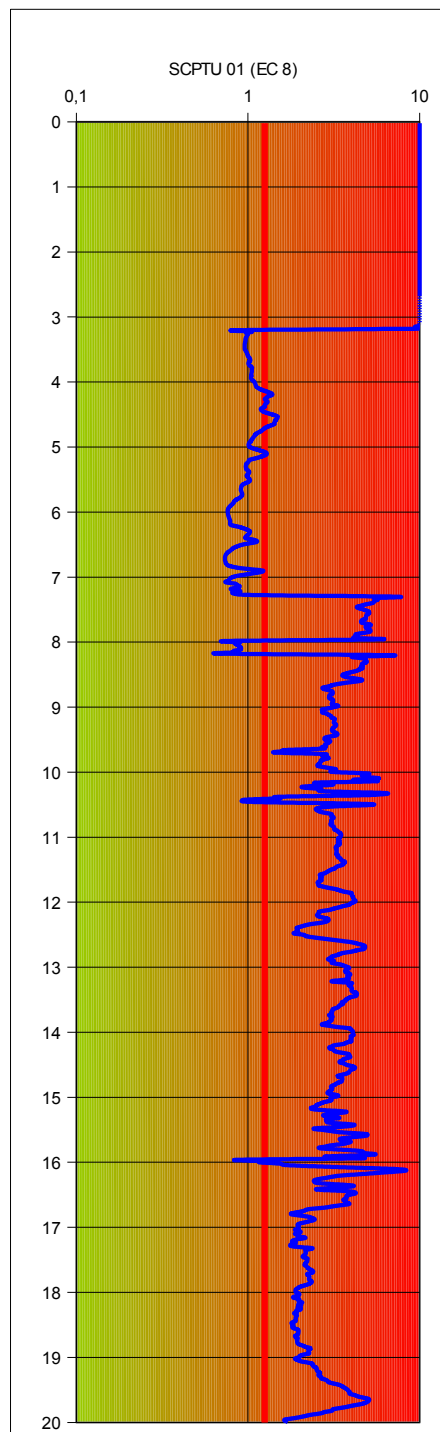
UBICAZIONE

Località: Santa Maria in Duno (BO)



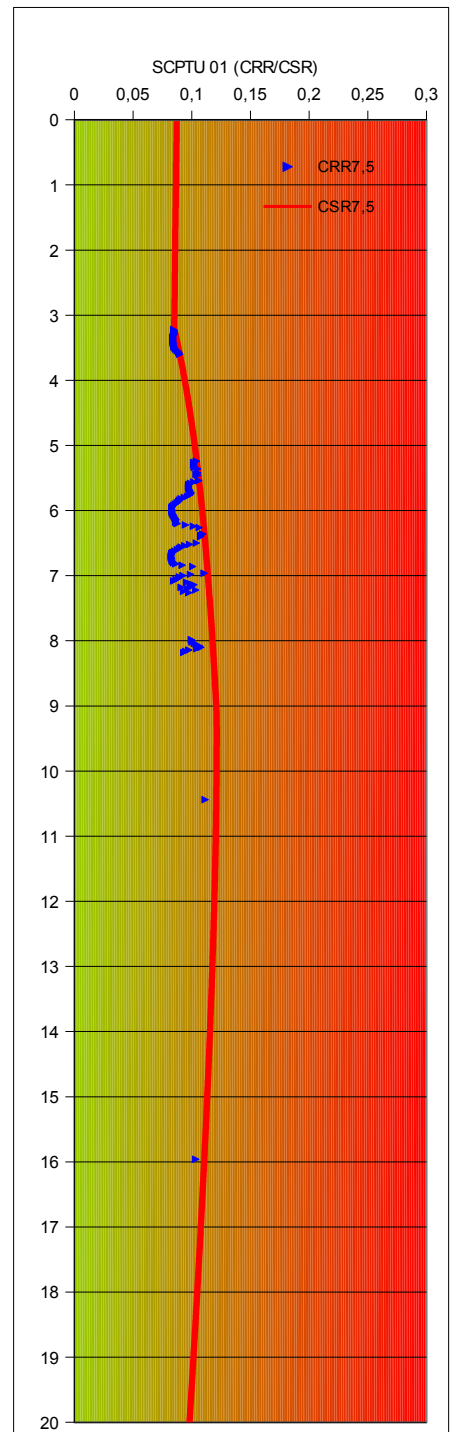


INDICE POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE IL ►



1,987 ►

Rischio di liquefazione basso





elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

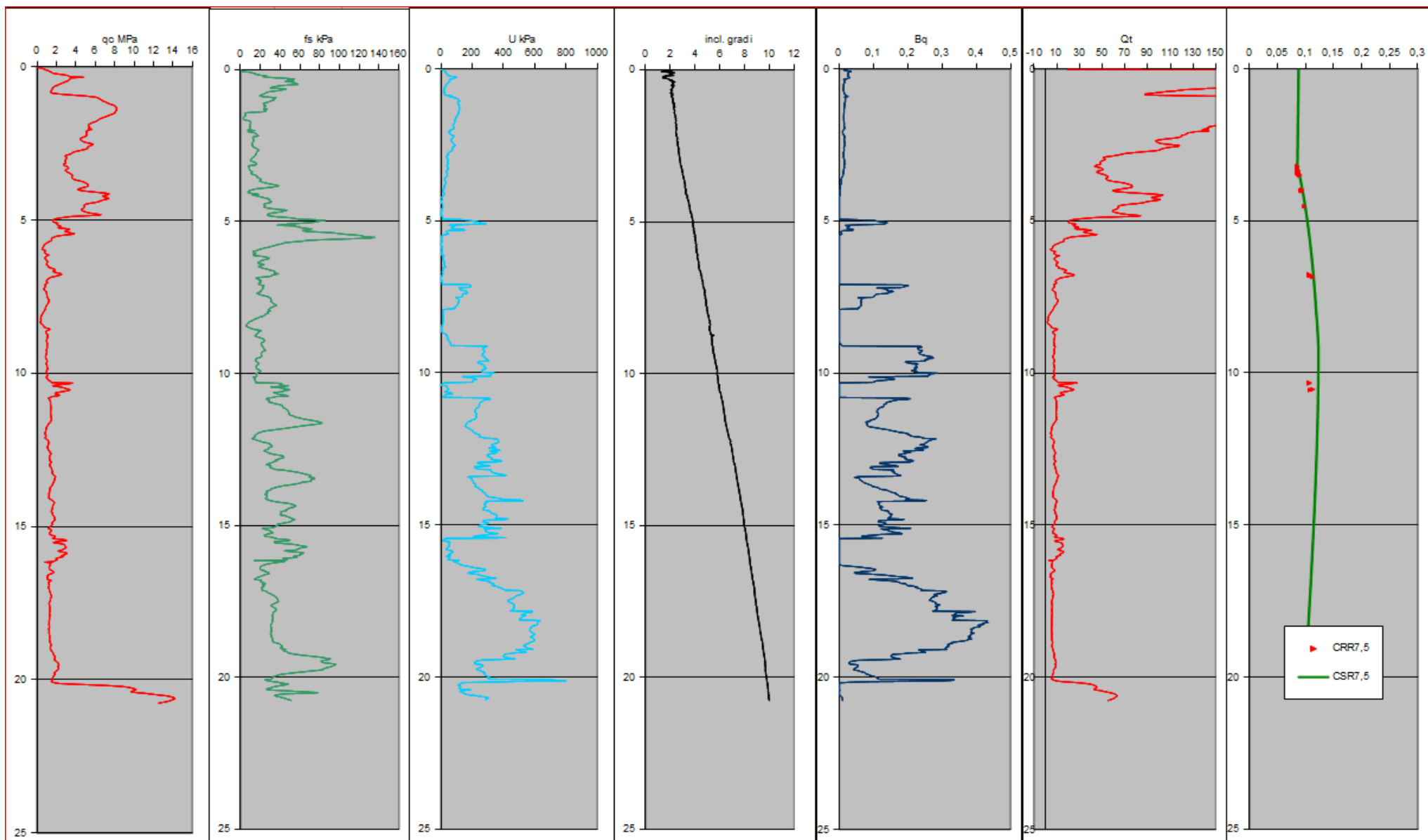
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



0,00		10,00		20,00
0,10		10,10		20,10
0,20		10,20	limo argilloso - argilla con limo	20,20
0,30		10,30		20,30
0,40		10,40	limo - sabbia limosa	20,40
0,50		10,50		20,50
0,60	limo - sabbia limosa	10,60	limo argilloso - argilla con limo	20,60
0,70		10,70		20,70
0,80	sabbia - sabbia limosa	10,80	argille e argille limose	20,80
0,90		10,90		20,90
1,00	sabbia - sabbia ghiaiosa	11,00		21,00
1,10		11,10		21,10
1,20		11,20		21,20
1,30		11,30		21,30
1,40		11,40		21,40
1,50		11,50		21,50
1,60		11,60		21,60
1,70		11,70		21,70
1,80	sabbia - sabbia limosa	11,80		21,80
1,90		11,90		21,90
2,00		12,00		22,00
2,10		12,10		22,10
2,20		12,20		22,20
2,30		12,30		22,30
2,40		12,40		22,40
2,50		12,50		22,50
2,60		12,60		22,60
2,70		12,70		22,70
2,80		12,80		22,80
2,90		12,90		22,90
3,00		13,00		23,00
3,10		13,10		23,10
3,20		13,20		23,20
3,30		13,30		23,30
3,40		13,40		23,40
3,50		13,50		23,50
3,60		13,60		23,60
3,70		13,70		23,70
3,80		13,80		23,80
3,90		13,90		23,90
4,00		14,00		24,00
4,10		14,10	limo argilloso - argilla con limo	24,10
4,20		14,20	argille e argille limose	24,20
4,30		14,30		24,30
4,40		14,40		24,40
4,50		14,50		24,50
4,60	limo - sabbia limosa	14,60		24,60
4,70	sabbia - sabbia limosa	14,70		24,70
4,80	limo - sabbia limosa	14,80		24,80
4,90	limo argilloso - argilla con limo	14,90		24,90
5,00		15,00		25,00
5,10		15,10		25,10
5,20		15,20		25,20
5,30	limo - sabbia limosa	15,30	limo argilloso - argilla con limo	25,30
5,40		15,40		25,40
5,50	argille e argille limose	15,50		25,50
5,60	limo argilloso - argilla con limo	15,60		25,60
5,70	argille e argille limose	15,70		25,70
5,80		15,80		25,80
5,90		15,90		25,90
6,00		16,00	argille e argille limose	26,00
6,10	limo argilloso - argilla con limo	16,10		26,10
6,20	argille e argille limose	16,20		26,20
6,30	limo argilloso - argilla con limo	16,30		26,30
6,40	argille e argille limose	16,40	limo argilloso - argilla con limo	26,40
6,50	limo argilloso - argilla con limo	16,50	argille e argille limose	26,50
6,60		16,60		26,60
6,70	limo - sabbia limosa	16,70		26,70
6,80	limo argilloso - argilla con limo	16,80		26,80
6,90	argille e argille limose	16,90		26,90
7,00		17,00		27,00
7,10		17,10		27,10
7,20		17,20		27,20
7,30	limo argilloso - argilla con limo	17,30		27,30
7,40	argille e argille limose	17,40		27,40
7,50		17,50		27,50
7,60		17,60		27,60
7,70		17,70		27,70
7,80		17,80		27,80
7,90		17,90		27,90
8,00		18,00		28,00
8,10	argille organiche - torbe	18,10		28,10
8,20		18,20		28,20
8,30		18,30		28,30
8,40	argille e argille limose	18,40		28,40
8,50	limo argilloso - argilla con limo	18,50		28,50
8,60	argille e argille limose	18,60		28,60
8,70	limo argilloso - argilla con limo	18,70		28,70
8,80	argille e argille limose	18,80		28,80
8,90		18,90		28,90
9,00		19,00		29,00
9,10		19,10		29,10
9,20		19,20		29,20
9,30		19,30		29,30
9,40		19,40		29,40
9,50	limo argilloso - argilla con limo	19,50		29,50
9,60	argille e argille limose	19,60		29,60
9,70		19,70		29,70
9,80	limo argilloso - argilla con limo	19,80		29,80
9,90	argille e argille limose	19,90		29,90





elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



COMMITTENTE: G.T.A. s.n.c. - via Giulio Righini 23 - 44124 - Ferrara (FE)
CANTIERE: Santa Maria in Duno (BO)
PROVA N°: CPTU 2 PROF. FALDA (m da p.c.): 3.40 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 121114)[a = 0.66]
DATA: 24/11/15 PROF. (m da p.c.): LAT. (WGS 84): 44.627100° LONG. (WGS 84): 11.395372°
COMMESSA: 14854/15 C. SITO N°: S150712 del 28.11.15 OPERATORE: M. Romagnoli

Table with 20 columns (prof. m, qc Mpa, fs kPa, U kPa, incl. gradi) and 20 rows of data.

Lo Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

Il Direttore Settore Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



COMMITTENTE: **G.T.A. s.n.c. - via Giulio Righini 23 - 44124 - Ferrara (FE)**

CANTIERE: **Santa Maria in Duno (BO)**

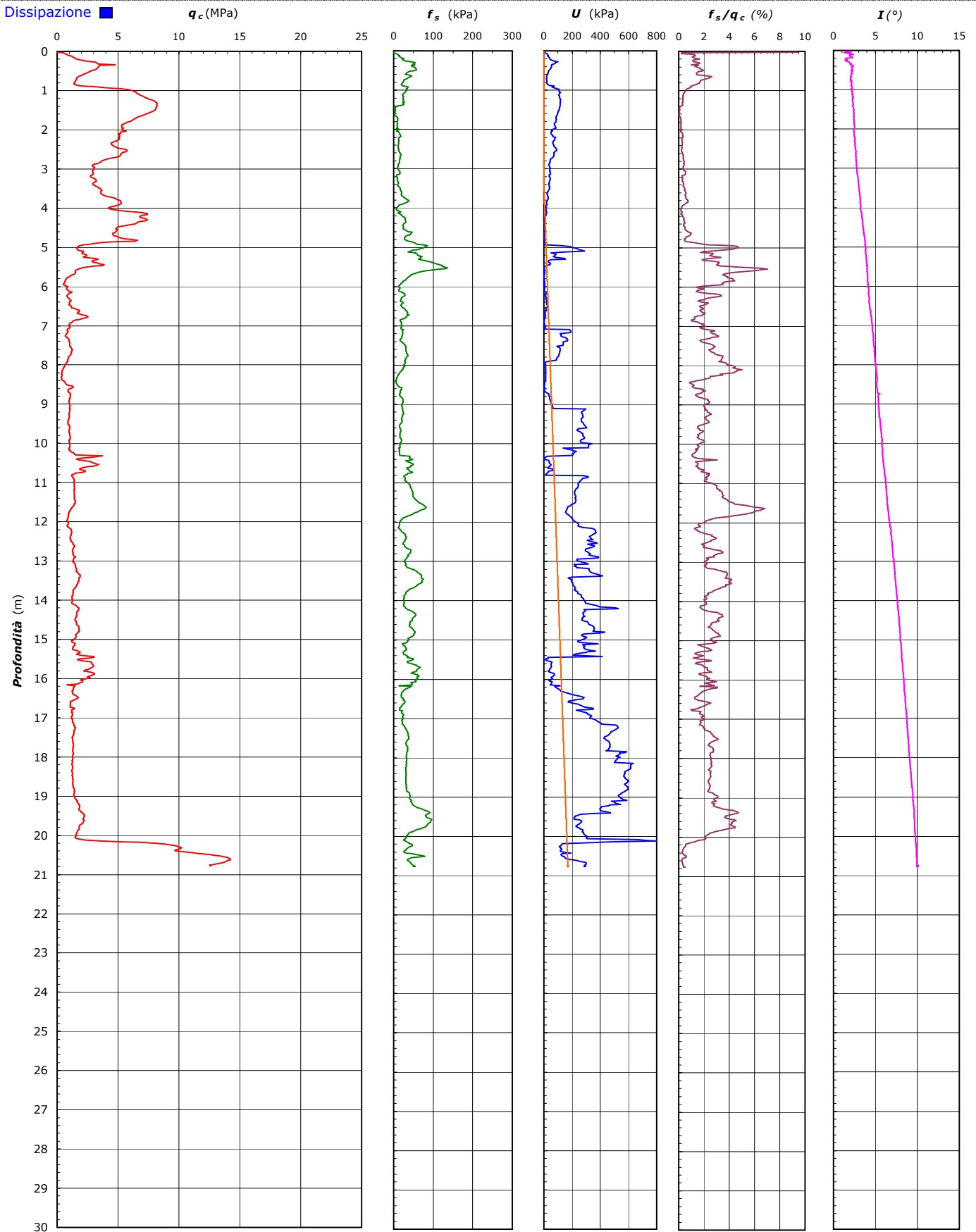
PROVA N°: CPTU 2 PROF. FALDA (m da p.c.): 3.40 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 121114)[a = 0.66]

DATA: 24/11/15 PREFORO (m da p.c.): LONG. (WGS 84): 44.627100° LONG. (WGS 84): 11.395372°

COMMESSA: 14854/15 C. SITO N°: S150712 del 28.11.15 OPERATORE: M. Romagnoli

prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	
20.02	1.53	31.80	307.04	9.76																
20.04	1.49	31.80	299.71	9.78																
20.06	1.47	30.14	306.23	9.77																
20.08	1.66	24.83	670.08	9.80																
20.10	1.85	26.17	730.32	9.79																
20.12	2.30	29.61	800.32	9.79																
20.14	3.52	33.06	474.72	9.81																
20.16	5.30	37.73	317.62	9.81																
20.18	6.87	39.84	132.84	9.82																
20.20	8.00	44.06	128.77	9.83																
20.22	8.85	48.17	126.33	9.85																
20.24	9.34	46.51	116.56	9.85																
20.26	9.64	41.40	109.23	9.85																
20.28	9.88	38.18	117.37	9.86																
20.30	10.11	35.18	119.82	9.88																
20.32	10.22	32.06	127.15	9.87																
20.34	10.09	31.18	120.63	9.87																
20.36	9.94	29.40	119.01	9.87																
20.38	9.67	26.51	118.19	9.89																
20.40	9.73	26.28	140.98	9.90																
20.42	10.36	31.84	190.63	9.90																
20.44	11.12	45.28	132.03	9.89																
20.46	11.59	55.61	120.63	9.89																
20.48	12.12	67.94	126.33	9.91																
20.50	12.72	78.38	134.47	9.91																
20.52	13.29	70.82	142.61	9.90																
20.54	13.65	45.81	149.93	9.91																
20.56	13.88	39.47	158.07	9.93																
20.58	14.10	35.36	178.43	9.94																
20.60	14.21	34.13	210.99	9.93																
20.62	14.21	36.35	242.73	9.94																
20.64	14.04	39.46	261.45	9.93																
20.66	13.87	41.23	289.95	9.94																
20.68	13.73	43.34	301.34	9.94																
20.70	13.50	45.66	300.53	9.95																
20.72	13.22	47.32	293.20	9.97																
20.74	12.88	49.32	286.69	9.97																
20.76	12.54	51.20	288.31	9.99																

COMMITTENTE: G.T.A. s.n.c. - via Giulio Righini 23 - 44124 - Ferrara (FE)
CANTIERE: Santa Maria in Duno (BO)

 PROVA N°: CPTU 2 PROF. FALDA (m da p.c.): 3.40 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 121114)[a = 0.66]
 DATA: 24/11/15 PREFORO (m da p.c.): LAT. (WGS 84): 44.627100° LONG. (WGS 84): 11.395372°
 COMMESSA: 14854/15 C. SITO N°: S150712 del 28.11.15 OPERATORE: M. Romagnoli


COMMITTENTE: G.T.A. s.n.c. - via Giulio Righini 23 - 44124 - Ferrara (FE)**CANTIERE: Santa Maria in Duno (BO)**

PROVA N°: CPTU 2 PROF. FALDA (m da p.c.): 3.40 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 121114)[a = 0.66]
DATA: 24/11/15 PREFORO (m da p.c.): LAT. (WGS 84): 44.627100° LONG. (WGS 84): 11.395372°
COMMESSA: 14854/15 C. SITO N°: S150712 del 28.11.15 OPERATORE: M. Romagnoli

UBICAZIONE

Località: Santa Maria in Duno (BO)



NOTE: Utilizzato 1 anello allargatore da inizio prova

