

dott. geol. Gianluca Ferioli

Studio: Via A. Zucchini, 69 – CAP 44100 Ferrara

tel. 0532/56771, fax 0532/56119, e-mail info@elletipi.it

iscritto al n°503 all'Albo Professionale dell'Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna

Committente:	Immobiliare Ristori S.R.L. P.zza Aldo Moro 1 – 41121 Modena
--------------	--



Oggetto:	Indagini geognostiche per la caratterizzazione sismica dei terreni su è edificato l'ex Cinema Ristori, via del Turco, Ferrara.
----------	---

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

dott. geol. Gianluca FERIOLI

dott. geol. Gianluca Ferioli

Studio: Via A. Zucchini, 69 – CAP 44100 Ferrara

tel. 0532/56771, fax 0532/56119, e-mail info@elletipi.it

iscritto al n°503 all'Albo Professionale dell'Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna

INDICE

1. <u>PREMESSA</u>	3
2. <u>INQUADRAMENTO DELL'AREA</u>	3
3. <u>GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA</u>	4
4. <u>PIANO DELLE INDAGINI</u>	8
5. <u>CARATTERI STRATIGRAFICI DEL SITO</u>	11
6. <u>FALDA</u>	12
7. <u>PARAMETRI SISMICI</u>	12
8. <u>CEDIMENTI POST-SISMICI</u>	21
9. <u>VALUTAZIONE DELLA LIQUEFACIBILITA' DEI TERRENI</u>	22

dott. geol. Gianluca Ferioli

Studio: Via A. Zucchini, 69 – CAP 44100 Ferrara

tel. 0532/56771, fax 0532/56119, e-mail info@elletipi.it

iscritto al n°503 all'Albo Professionale dell'Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna

1. PREMESSA

Su incarico della Committenza, l'Immobiliare Ristori S.r.l. con sede in p.zza Aldo Moro n° 1 a Modena , la scrivente ha eseguito una campagna di indagini geognostiche finalizzata alla caratterizzazione geologica e sismica del terreno dei terreni su cui si è edificato l'ex Cinema Ristori, in via del Turco a Ferrara.

Per la stesura della seguente relazione e per l'esecuzione delle relative indagini in situ e prove di laboratorio, si sono seguite le disposizioni delle seguenti normative:

O.P.C.M. 20.03.2003 n°3274 *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"* e O.P.C.M 2.10.2003 n° 3316, *"Modifiche ed integrazioni all' n°3274 O.P.C.M. del 20.03.2003"* ;

D.M. 14.01.2008 *"Nuove norme tecniche per le costruzioni"*;

Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16 c. 1, della L.R. 20/2000 per *"Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica"*;

Associazione Geotecnica Italiana: *"Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche - 1977"*;

Associazione Geotecnica Italiana: *"Raccomandazioni sull'esecuzione delle prove di laboratorio geotecnico – 1994"*;

Associazione Geotecnica Italiana: *"Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica, Linee Guida – 2005"*;

Varie norme di prova ASTM, UNI, CNR, DIN e BS, richiamate nei relativi certificati di prova allegati.

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA

L'area oggetto di indagine è ubicata nel centro storico della città di Ferrara, in via del Turco.



Le coordinate geografiche del punto di indagine sono:

SCPTU1: 44,835843 N - 11,617376 E.

3. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Da un punto di vista geologico il territorio del ferrarese fa parte del più ampio bacino subsidente padano, formatosi dall'interazione delle dinamiche di deposizione fluvio-palustre, lagunari, deltizie e marine. I depositi alluvionali dello spessore di qualche migliaio di metri, poggiano su falde geologiche profonde, che sono le propaggini settentrionali dell'Appennino emiliano-romagnolo.

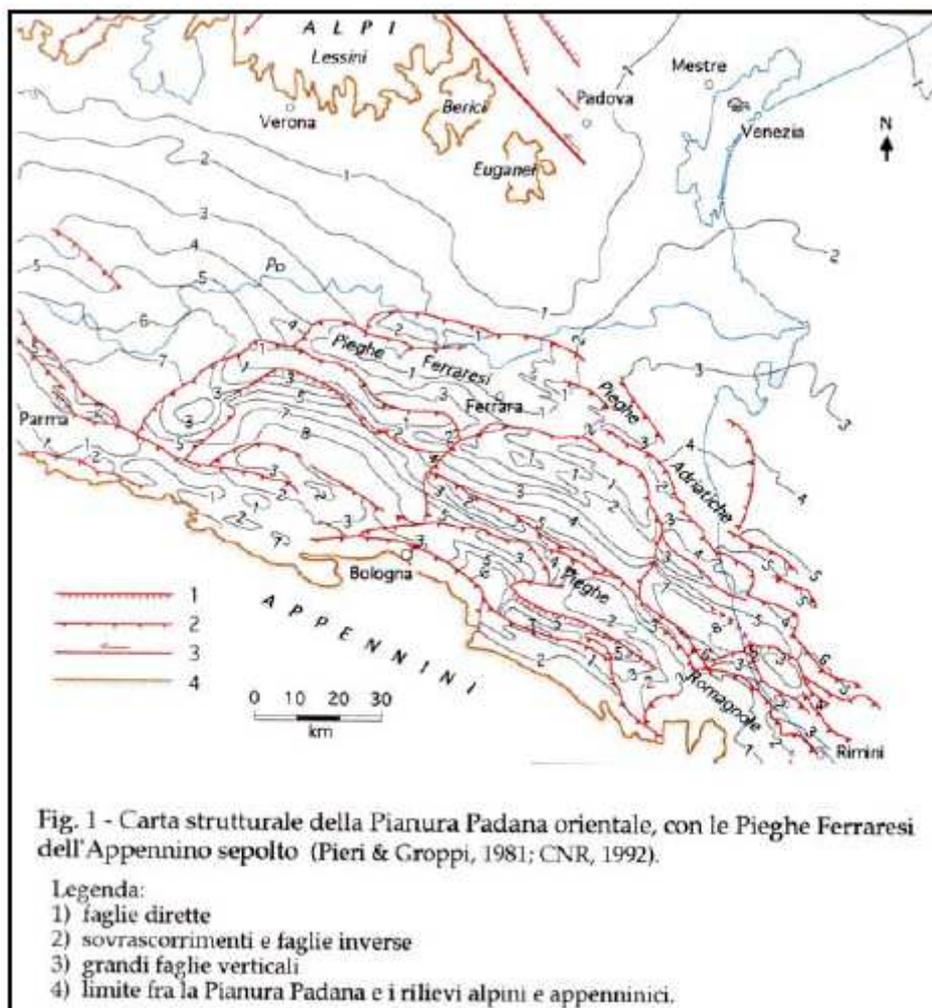


Figura 2: carta strutturale della Pianura Padana.

dott. geol. Gianluca Ferioli

Studio: Via A. Zucchini, 69 – CAP 44100 Ferrara

tel. 0532/56771, fax 0532/56119, e-mail info@elletipi.it

iscritto al n°503 all'Albo Professionale dell'Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna

L'Appennino settentrionale è una catena a falde (Fig. 2) formata dal corrugamento di prismi di rocce sedimentarie, depositi nel paleo-oceano ligure-piemontese e sul margine continentale della microplacca dell'Adria, durante la collisione tra la placca africana e quella europea. L'orogenesi dell'Appennino comincia con la fase eo-mesoalpina, durante l'Eocene medio (45 MA), e si sviluppa soprattutto a partire dall'Oligocene (30 MA). Più nel dettaglio, si osserva che le successioni geologiche sono deformate da pieghe e sovrascorrimenti lungo faglie inverse con trasporto generale verso nord-est. L'inizio della formazione di queste strutture è databile al Tortoniano (10-8 MA).

I sovrascorrimenti e le pieghe più antichi, affioranti nel medio e alto Appennino romagnolo, sono ritagliati da faglie estensionali, in generale orientate parallelamente all'asse della catena e probabile propagazione verso nord-est della distensione del versante tirrenico della catena. Il fronte della catena vero e proprio non coincide con il margine morfologico appenninico-padano ma è identificabile con l'alto strutturale della dorsale ferrarese, sepolta dai sedimenti della Pianura padana, dove il fronte appenninico sovrascorre sulla placca padano-veneta. Il sollevamento dell'Appennino, tuttora attivo, è dovuto probabilmente ai sovrascorrimenti che determinano raddoppi del basamento cristallino, il cui tetto è individuato ad una profondità di circa 8 km nella parte alta della catena e a circa 12 km in prossimità del margine morfologico appennino-padano.

La formazione della coltre alluvionale dell'attuale pianura padana ha inizio alla fine del Pliocene e prosegue fino ai giorni nostri con la combinazione dei fenomeni deposizionali e della subsidenza.

Il complesso plio-quadernario è costituito da un'alternanza di strati sabbiosi con strati limoso-argillosi, variamente ondulati, con frequenti passaggi laterali di facies.

Gli spessori delle colti alluvionali che ricoprono le falde appenniniche sepolte, vanno dai circa 150 metri della dorsale ferrarese (Casaglia) ai 3000 metri. Nella reale comacchiese la potenza della coltre sedimentaria plio-quadernaria è circa 2000 – 3000 metri.

La subsidenza è un importante e caratteristico fenomeno della bassa pianura Padana. In effetti si tratta di un fenomeno che in tutto il territorio ferrarese ha avuto molta rilevanza e prodotto anche notevoli danni. Nella fascia costiera, come è noto, provoca un arretramento delle spiagge, aumentando la pericolosità delle mareggiate, produce una maggior risalita del cuneo salino nei fiumi e l'infiltrazione nelle falde acquifere di acque del mare (ERSA, 1978; Montori, 1983). Le più recenti misure altimetriche indicano valori medi di abbassamento del suolo intorno a 1 cm/anno nel periodo 1987-1999 per la costa cesenate, ravennate e ferrarese. Anche nell'entroterra, d'altronde, e quindi anche nel territorio comunale, esso rappresenta un importante fattore di rischio. Infatti, a causa delle basse pendenze in gioco, esso ostacola il deflusso delle acque superficiali, alterando il profilo longitudinale degli alvei fluviali e, soprattutto, dei canali di scolo e dei collettori fognari; modifica inoltre i dislivelli che gli impianti idrovori debbono vincere per avviare le acque verso mare, ostacola l'irrigazione e riduce i franchi di coltivazione.

I fenomeni di subsidenza accertati nel territorio comunale sono di carattere sia naturale che artificiale.

Con il termine di subsidenza naturale, vengono comprensivamente indicati tutti quei movimenti di abbassamento del suolo imputabili a cause naturali; nel territorio in esame tali cause consistono sia nel

dott. geol. Gianluca Ferioli

Studio: Via A. Zucchini, 69 – CAP 44100 Ferrara

tel. 0532/56771, fax 0532/56119, e-mail info@elletipi.it

iscritto al n°503 all'Albo Professionale dell'Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna

costipamento dei sedimenti più recenti, sia nella risposta isostatica della crosta al variare dei carichi superficiali (soprattutto depositi sedimentari) o comunque in movimenti di neotettonica.

Va ricordato, d'altronde, che, a sud dell'attuale posizione del fiume Po, l'orogene appenninico continua, sotto la Pianura Padana, nelle pieghe dell'Appennino sepolto (Pieri, Groppi, 1981; CNR, 1992), e che il territorio comunale si sviluppa interamente su tale orogene; a nord è invece presente una omoclinale che arriva ai piedi delle Alpi.

La forma di tale substrato in generale condiziona i tassi di costipamento dei terreni sovrapposti, producendo una loro attenuazione nelle zone corrispondenti agli alti strutturali sepolti; il substrato stesso, inoltre, è ancora sottoposto a movimenti sia orizzontali che verticali.

Vengono comunemente indicati col termine di «subsidenza artificiale» o «antropica», i fenomeni di abbassamento del suolo imputabili a varie attività dell'uomo.

Nella Pianura Padana orientale questi abbassamenti per subsidenza hanno avuto ed hanno anche attualmente una notevole importanza. E' evidente, ad esempio, che essi stanno alla base dell'attuale assetto altimetrico della sua fascia orientale, che comprende un'area di oltre 2300 Km² al di sotto del livello medio del mare.

Essi sono riconducibili soprattutto all'estrazione di fluidi dal sottosuolo: un caso classico è rappresentato dalla estrazione di metano misto ad acqua attuata nel Polesine e nel settore nord-orientale del Ferrarese, fra il 1938 e il 1964, da strati del Quaternario di profondità generalmente inferiori ai 200 m.

La conformazione attuale del territorio provinciale e la sua genesi, sono dovute all'interazione complessa tra evoluzione post glaciale della linea di costa con relativa trasgressione marina, e progradazione deltizia del fiume Po.

Dopo il massimo innalzamento del livello marino datato circa 5000 anni fa, la linea di costa si è spostata progressivamente verso est con l'avanzare dei depositi alluvionali. A testimoniare questo progressivo avanzamento della linea di costa rimangono numerosi frammenti di cordoni di paleo-dune.

Nel corso degli ultimi duemila anni, lo spostamento verso nord della foce del Po ha causato una diminuzione degli apporti sedimentari, e nell'areale sud – orientale della provincia di Ferrara, la subsidenza naturale dovuta al consolidamento dei terreni ha preso il sopravvento trasformando l'ambiente costiero in un ambiente lagunare.

La grande estensione degli specchi d'acqua vallivi della provincia è stata ridotta da varie bonifiche iniziate già nel secolo XIX e conclusesi con il recupero a terre emerse di tutte le valli tranne la Valle Fattibello, a sud della città di Comacchio.

3.1 SISMICITA'

I sovrascorrimenti delle falde profonde appenniniche sono ancora attivi, e sono la zona di origine dei terremoti, i cui ipocentri sono collocati tra i 5 e gli 8 km di profondità, e con meccanismo di fagliazione prevalentemente compressivo.

La sismicità dell'Emilia Romagna può essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, poiché i terremoti storici hanno avuto magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX-X grado della scala MCS. I maggiori terremoti (Magnitudo > 5,5) si sono verificati nel settore sud-orientale, in particolare nell'Appennino Romagnolo e lungo la costa riminese. Altri settori interessati da sismicità frequente ma generalmente di minore energia (Magnitudo < 5,5) sono il margine appenninico-padano tra la Val d'Arda e Bologna, l'arco della dorsale ferrarese e il crinale appenninico.

I maggiori terremoti occorsi in epoca storica nel ravennate sono stati il terremoto della Romagna del 1688 con una intensità di 9 gradi della scala Mercalli, stimata di magnitudo 5,88 della scala Richter; ed il terremoto del Faentino del 1781 con una intensità di 9 gradi della scala Mercalli, stimata di magnitudo 5,84 della scala Richter.

Nella tabella sottostante sono riportati i terremoti più intensi verificatisi in un raggio di 50 chilometri dal baricentro dell'opera in progetto, come registrati nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2004.

Anno	Area massimi effetti	lo	Lat	Lon	Maw	Daw	Mas	Das
1346	Ferrara	75	44.92	11.02	5.81	0.24	5.75	0.35
1796	Emilia orientale	70	44.62	11.67	5.63	0.15	5.48	0.23
1909	Bassa Padana	65	44.579	11.688	5.53	0.05	5.33	0.08
1570	Ferrara	75	44.82	11.63	5.48	0.11	5.27	0.17
1505	Bologna	70	44.48	11.25	5.47	0.09	5.25	0.14
1624	Argenta	75	44.65	11.85	5.43	0.22	5.19	0.32
1967	Bassa Padana	60	44.604	11.997	5.36	0.08	5.09	0.12
1234	Ferrara	70	44.836	11.618	5.17	0.3	4.8	0.45
1574	Finale Emilia	70	44.833	11.294	5.12	0.22	4.73	0.33
1285	Ferrara	65	44.836	11.618	5.03	0.33	4.6	0.49
1365	Bologna	65	44.5	11.33	5.03	0.33	4.6	0.49
1410	Ferrara	65	44.836	11.618	5.03	0.33	4.6	0.49
1433	Bologna	60	44.5	11.33	5.03	0.17	4.6	0.25
1743	Ferrara	65	44.836	11.618	5.03	0.33	4.6	0.49
1898	Romagna settent.	65	44.65	11.77	5.03	0.33	4.6	0.49

La maggior parte del territorio della provincia di Ferrara è classificato secondo l'OPCM 3274 del 20.03.2003, in zona 3, con l'unica eccezione del comune di Argenta, che si trova in zona 2, le cui azioni sismiche sono governate dalle accelerazioni riportate nella tabella sottostante.

ZONA	a_g =accelerazione orizzontale
-------------	----------------------------------

massima su suolo di categoria A	
1	0,35 g
2	0,25 g
3	0,15 g
4	0,05 g

Tale classificazione ora è utilizzata solo a fini amministrativi per la pianificazione territoriale.

Per la definizione dei parametri sismici di progetto verrà utilizzata la carta della pericolosità sismica dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

4. PIANO DELLE INDAGINI

Sulla base della normativa vigente e delle relative informazioni geotecniche e sismiche necessarie ad una sufficiente modellazione dei terreni oggetto di indagine è stato eseguito il seguente piano di indagini.

n.°1 prova penetrometrica statica con sismocono a 30 metri di profondità.

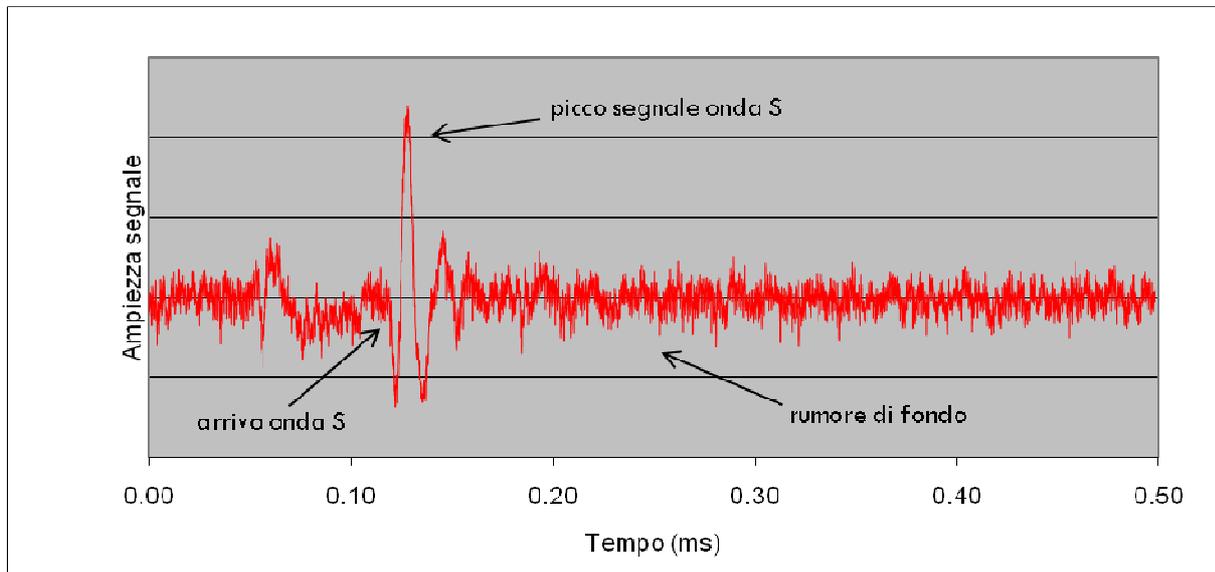
4.1 PENETROMETRIA STATICA CON SISMOCONO (SCPTU)

La prova penetrometrica è stata eseguita 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 qc (resistenza di punta), fs (resistenza laterale) ed U (pressione neutra).

A profondità prestabilite, a seconda delle necessità progettuali, viene sospesa l'infissione del piezocono ed a piano campagna, tramite adeguato sistema di energizzazione, che si compone di una trave di legno posta orizzontalmente sul terreno dotata di testate protette da piastre di acciaio che vengono percosse con una mazza, vengono generate delle vibrazioni si taglio (onde S) nel terreno.

Tramite i sensori sismici presenti all'interno del piezocono, ed adeguato acquisitore dinamico, 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).

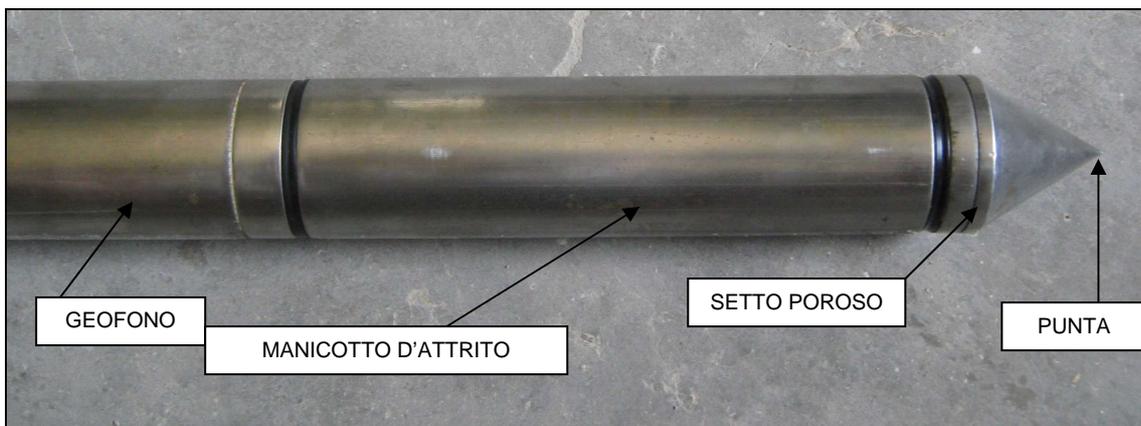


SISMOGRAMMA DEL SEGNALE RILEVATO A 10 METRI DI PROFONDITA'

Attraverso il rapporto distanza/tempo di percorrenza, è possibile determinare direttamente e con grande precisione le velocità delle onde S, caratterizzando i vari strati di terreno attraversati fino alla determinazione del parametro caratteristico per la classificazione sismica dei suoli, la Vs30.

I dati di resistenza meccanica alla penetrazione vengono registrati ogni 2 cm da celle di carico e trasduttori di pressioni all'interno della punta, di dimensioni e caratteristiche standardizzate e infissa nel terreno a velocità costante ($V = 2 \text{ cm/s} \pm 0.5 \text{ cm/s}$).

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.



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 per la

dott. geol. Gianluca Ferioli

Studio: Via A. Zucchini, 69 – CAP 44100 Ferrara

tel. 0532/56771, fax 0532/56119, e-mail info@elletipi.it

iscritto al n°503 all'Albo Professionale dell'Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna

misura della pressione interstiziale dei pori, cioè il carico idraulico istantaneo presente nell'intorno 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 ϕ = 35.7 mm
- area della punta conica A_p = 10 cm²
- angolo apertura del cono B = 60°
- superficie laterale manicotto A_m = 150 cm²

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

- q_c (MPa) = resistenza alla punta (conica);
- f_s (kPa) = resistenza laterale (manicotto);
- U (kPa) = pressione dei pori (setto poroso);
- f_s/q_c (%) = rapporto attrito laterale / resistenza alla punta;

I parametri sopra descritti sono rilevati ad intervalli regolari di 2 cm.

Oltre all'elaborazione dei valori di resistenza del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati (stratigrafia), in base al rapporto q_c/f_s fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro, ovvero in base ai valori di q_c e del rapporto $FR = (f_s/q_c)$ %.

Sempre con riferimento alle prove penetrometriche statiche con piezocono SCPTU, nelle tavole allegate sono riportate indicazioni concernenti i principali parametri geotecnici (coesione non drenata C_u , angolo di attrito interno efficace, densità relativa D_r , peso di volume Y , ecc).

Con il suo 8% di Coefficiente di Variazione sulla resistenza alla punta, il penetrometro elettrico (piezocono/sismocono) è la prova in situ più affidabile tra quelle di generale utilizzo. Il penetrometro con punta meccanica ha un COV variabile dal 15 al 25%.

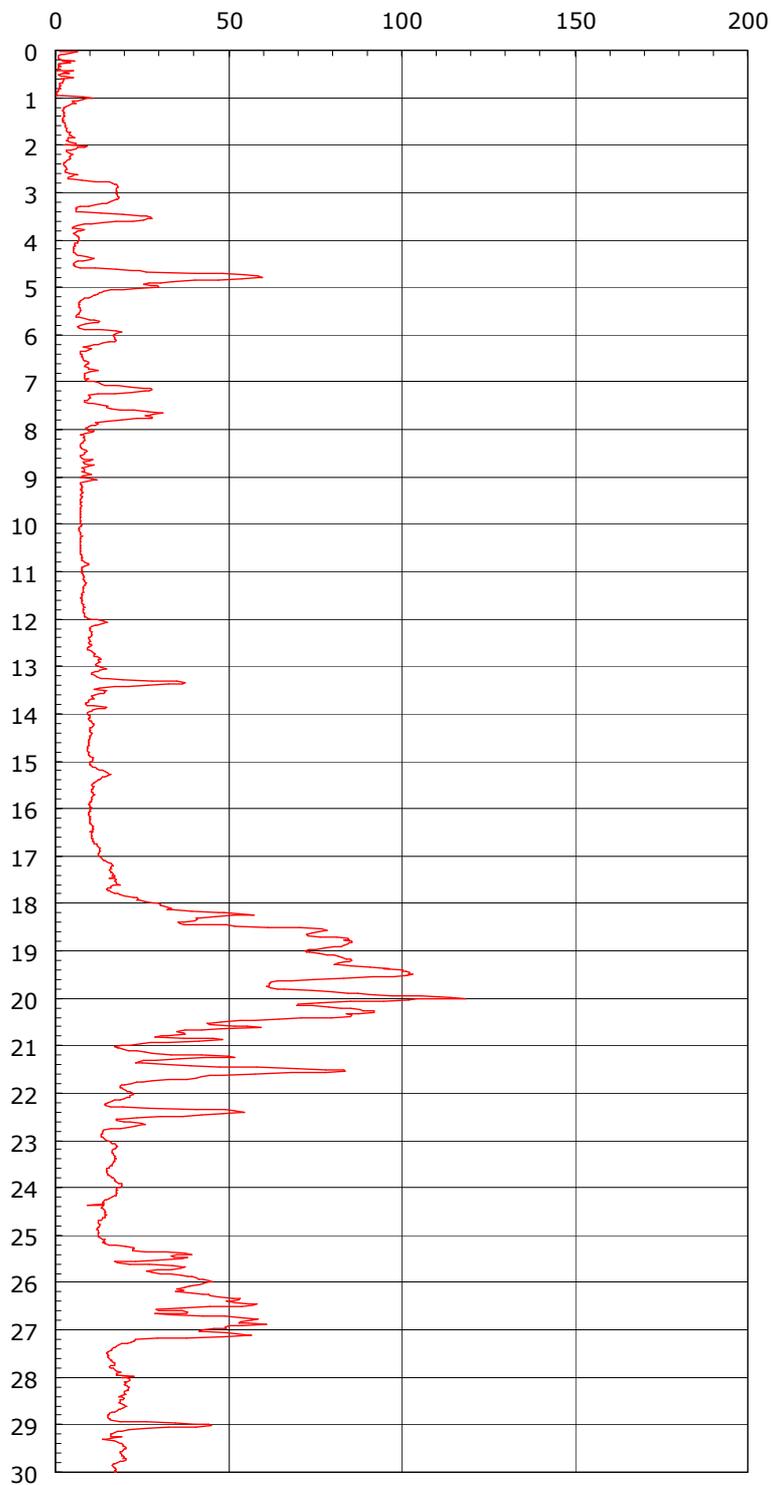
dott. geol. Gianluca Ferioli

Studio: Via A. Zucchini, 69 – CAP 44100 Ferrara

tel. 0532/56771, fax 0532/56119, e-mail info@elletipi.it

iscritto al n°503 all'Albo Professionale dell'Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna

5. CARATTERI STRATIGRAFICI DEL SITO



Nella figura sopra riportata viene riportato il grafico di resistenza alla punta ricavato dalla penetrometria eseguita. Nel grafico l'approfondimento della prova viene rappresentato sull'asse delle ordinate in metri, mentre in ascissa la resistenza alla punta espressa in Kg/cm².

Valori bassi di resistenza alla punta solitamente indicano la presenza di terreni fini (argille e limi), mentre i valori più alti (oltre i 30/50 Kg/cm²) indicano la presenza di terreni sabbiosi. Una più dettagliata

Per la maggior parte dello sviluppo verticale del punto di prova i terreni a granulometria fine sono prevalenti. Sono presenti rare e limitate lenti di materiale sabbioso limosa tra i 19 ed i 20 metri di profondità.

6. FALDA

La profondità della falda è stata rilevata nel foro di prova della penetrometri, e riportata rispetto al piano campagna nella tabella sottostante:

Punto di rilievo	Profondità da p.c. (m)	Data rilievo
SCPTU 1	1.20	17.01.2011

7. PARAMETRI SISMICI

7.1. CATEGORIA SISMICA DEL SOTTOSUOLO

L'NTC 2008 ha cambiato l'approccio alla valutazione del rischio sismico, introducendo la necessità della sua valutazione in funzione del sito.

La Vs30, cioè la velocità delle onde di taglio nei primi trenta metri di sottosuolo, è il parametro che classifica la risposta sismica del sottosuolo in funzione della stratigrafia presente nel sito. Come raccomandato dalle NTC 14.01.2008, la Vs30 è stata determinata per via diretta, mediante misura dei tempi di arrivo di un impulso sismico generato in superficie, al geofono posto in profondità.

La procedura adottata è la seguente:

1. Si procede all'infissione della punta per pochi centimetri (solitamente 30) al di sotto del piano campagna o al disotto del fondo dell'eventuale preforo, e si energizza la trave di battuta per generare l'onda di taglio. In tempo di arrivo dell'impulso così generato corrisponde al tempo di riferimento per le misure successive (T0). Nel presente lavoro si è ritenuto opportuno eseguire un preforo di circa 70 centimetri, quindi la lettura del T0 è stata eseguita ad 1 metro di profondità.

2. Si eseguono le successive energizzazioni con registrazioni dei tempi di arrivo delle onde di taglio profondità crescenti, con intervalli stabiliti in funzione delle esigenze progettuali e della variabilità stratigrafica (solitamente da 1 a 5 metri).

3. La profondità di indagine è funzione della profondità di imposta delle fondazioni. Per fondazioni superficiali con piano di imposta non più profondo di 1 metro è sufficiente arrivare a 30 metri dal piano campagna; per fondazioni con piano di imposta più profonde per la presenza di piani interrati o palificazioni, è necessario arrivare a profondità di 30 metri al disotto della base della fondazione.

4. Il rapporto tra la lunghezza del percorso dell'onda di taglio per raggiungere la il geofono posto a 30 metri di profondità ed il tempo di arrivo rappresenta la Vs30. Attraverso le misure intermedie si può osservare l'evoluzione della velocità di taglio e definire le velocità dei diversi strati alle varie profondità (Vsi).

Di seguito è riportata tabelle con le rilevazioni eseguite nel sito oggetto di indagine e le relative elaborazioni.

Profondità (m)	SCPTU 1	
	Vsn (m/s)	Vsi (m/s)
0	-	-
5	112	112
10	139	171
15	144	152
20	146	151
25	159	241
Vs 30	172	286

La Vs30 determinata in tutte le prove eseguite è inferiore ai **172 m/s**, il che consente di attribuire al **sottosuolo la categoria sismica "D"**.

7.2. AZIONE SISMICA

La categoria di suolo sismico consente di definire l'amplificazione sito dipendente che un sisma di riferimento può sviluppare, la pericolosità sismica del sito fornisce le l'intensità delle azioni sismiche da attendersi.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.

Nell'NTC 2008 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;

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

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

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella.

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

I suddetti parametri si possono ricavare dalla mappa della pericolosità sismica realizzata dall'INGV, e che si compone di una maglia di 16000 punti i cui essi sono definiti, attraverso la media pesata alle coordinate geografiche del sito in esame rispetto ai vertici della maglia entro cui esso si trova.

Il periodo di riferimento VR è dato da: $VR = VN \times CU$

Dove VN è la vita nominale di un'opera strutturale, intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, ed è definita dalla tabella sottostante.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

CU è il valore del coefficiente d'uso, definito al variare della classe d'uso come indicato nella sottostante tabella.

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

Quale che sia la probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR considerata, lo spettro di risposta elastico in accelerazione, della componente orizzontale, è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{array}{ll} 0 \leq T < T_B & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\ T_B \leq T < T_C & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\ T_C \leq T < T_D & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\ T_D \leq T & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right) \end{array}$$

nelle quali T ed S_e sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale.

Inoltre:

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente

$$S = SS \times ST,$$

essendo SS il coefficiente di amplificazione stratigrafica e ST il coefficiente di amplificazione topografica;

η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione

$$\eta = 10 / (5 + \xi)^3 \approx 0,55$$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da

$$T^*C = CC \times TC,$$

dove T^*C è definito al § 3.2 delle NTC e CC è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo ;

T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante,

$$T_B = TC / 3,$$

T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6.$$

L'amplificazione stratigrafica è definita dai coefficienti Ss e Cc , per le varie categorie di suolo sismico come riportato nella tabella sottostante.

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

Mentre l'amplificazione topografica è dimensionata secondo le seguenti tabelle.

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

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

Con la definizione delle componenti spettrali ricavata dalle correlazioni sito dipendenti, si possono così calcolare i valori dello spostamento orizzontale d_g e della velocità orizzontale v_g massimo dalle seguenti espressioni:

$$d_g = 0,025 \times a_g \times S \times T_C \times T_D$$

$$v_g = 0,16 \times a_g \times S \times T_C$$

7.3. PARAMETRI DELL'AZIONE SISMICA

dott. geol. Gianluca Ferioli

Studio: Via A. Zucchini, 69 – CAP 44100 Ferrara

tel. 0532/56771, fax 0532/56119, e-mail info@elletipi.it

iscritto al n°503 all'Albo Professionale dell'Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna

Dalla mappa della pericolosità sismica dell'INGV, considerando:

vita nominale dell'opera, $V_n = 50$ anni;

Classe d'uso, $C_u = II$;

vita di riferimento, $V_r = 50$ anni

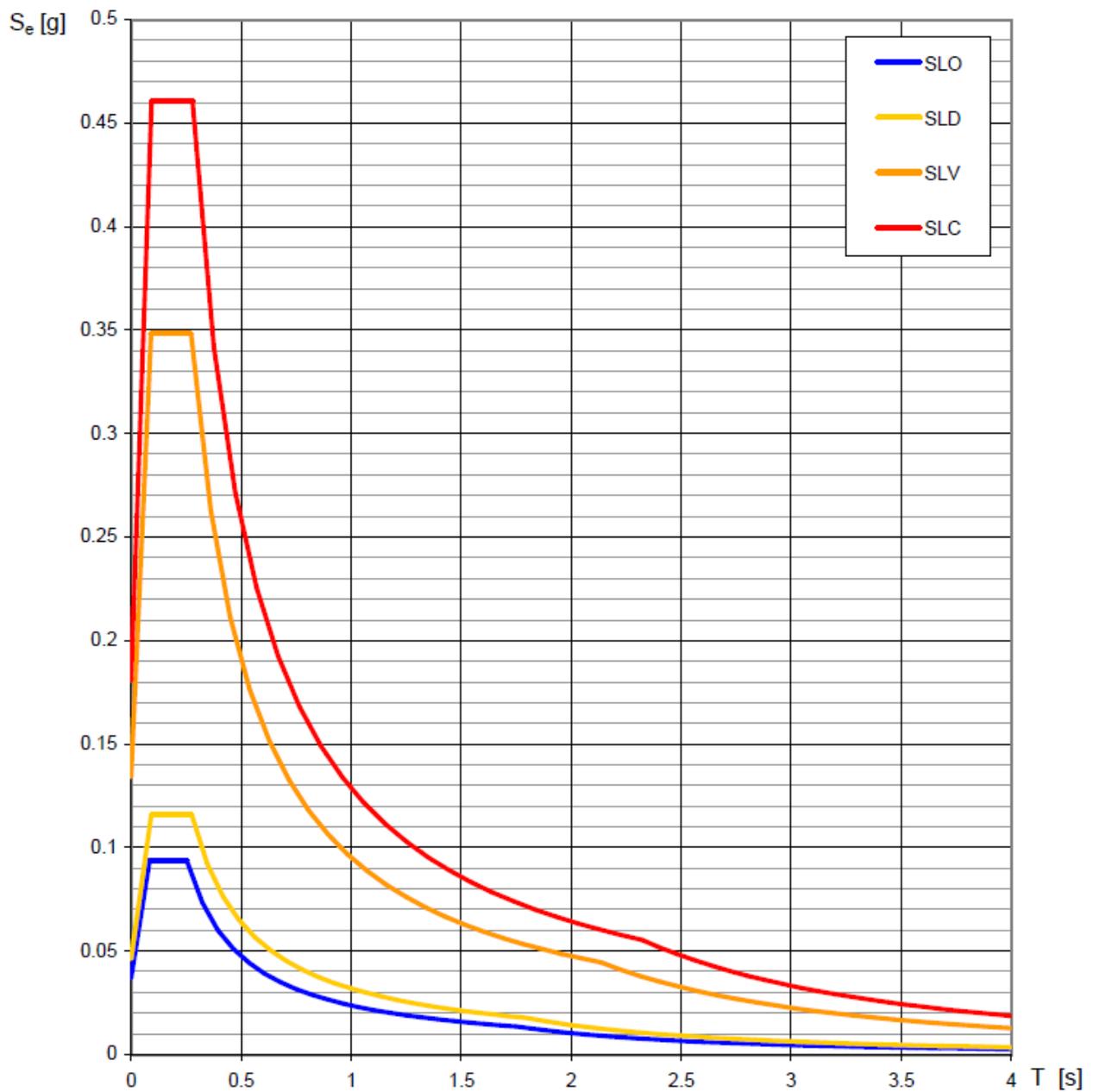
si ricavano i seguenti parametri dell'azione sismica per ciascuna delle verticali indagate:

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

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.037	2.548	0.252
SLD	50	0.046	2.502	0.275
SLV	475	0.134	2.595	0.273
SLC	975	0.181	2.550	0.279

Gli spettri elastici che si ricavano dai suddetti parametri al substrato di riferimento e per i diversi Stati Limite sono i seguenti:

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



In particolare per gli SLD e SLV per il suolo di categoria "D":

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.046 g
F_0	2.502
T_C	0.275 s
S_S	1.800
C_C	2.384
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.800
η	1.000
T_B	0.218 s
T_C	0.655 s
T_D	1.785 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.083
T_B ←	0.218	0.209
T_C ←	0.655	0.209
	0.709	0.193
	0.763	0.179
	0.817	0.168
	0.871	0.157
	0.925	0.148
	0.978	0.140
	1.032	0.133
	1.086	0.126
	1.140	0.120
	1.194	0.115
	1.247	0.110
	1.301	0.105
	1.355	0.101
	1.409	0.097
	1.463	0.094
	1.516	0.090
	1.570	0.087
	1.624	0.084
	1.678	0.082
	1.732	0.079
T_D ←	1.785	0.077
	1.891	0.068
	1.996	0.061
	2.102	0.055
	2.207	0.050
	2.313	0.046
	2.418	0.042
	2.524	0.038
	2.629	0.035
	2.735	0.033
	2.840	0.030
	2.945	0.028
	3.051	0.026
	3.156	0.025
	3.262	0.023
	3.367	0.022
	3.473	0.020
	3.578	0.019
	3.684	0.018
	3.789	0.017
	3.895	0.016
	4.000	0.015

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.134 g
F_o	2.595
T_C^*	0.273 s
S_S	1.800
C_C	2.391
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.800
η	1.000
T_B	0.218 s
T_C	0.653 s
T_D	2.137 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.242
T_B ←	0.218	0.627
T_C ←	0.653	0.627
	0.724	0.566
	0.795	0.515
	0.865	0.473
	0.936	0.438
	1.007	0.407
	1.077	0.380
	1.148	0.357
	1.219	0.336
	1.289	0.318
	1.360	0.301
	1.430	0.286
	1.501	0.273
	1.572	0.261
	1.642	0.249
	1.713	0.239
	1.784	0.230
	1.854	0.221
	1.925	0.213
	1.996	0.205
	2.066	0.198
T_D ←	2.137	0.192
	2.226	0.177
	2.314	0.163
	2.403	0.152
	2.492	0.141
	2.580	0.131
	2.669	0.123
	2.758	0.115
	2.847	0.108
	2.935	0.102
	3.024	0.096
	3.113	0.090
	3.202	0.085
	3.290	0.081
	3.379	0.077
	3.468	0.073
	3.556	0.069
	3.645	0.066
	3.734	0.063
	3.823	0.060
	3.911	0.057
	4.000	0.055

dott. geol. Gianluca Ferioli

Studio: Via A. Zucchini, 69 – CAP 44100 Ferrara

tel. 0532/56771, fax 0532/56119, e-mail info@elletipi.it

iscritto al n°503 all'Albo Professionale dell'Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna

8. CEDIMENTI POST-SISMICI

La valutazione dei cedimenti post sismici viene eseguita secondo l'allegato 3 dell'atto di indirizzo per la microzonazione sismica in Emilia Romagna (Delibera n. 112, 2 maggio 2007).

Dalle interpretazioni delle prove penetrometriche si individuano come orizzonti suscettibili di cedimenti post-sismici significativi, gli strati di terreno caratterizzati da terreni argillosi con C_u inferiore ai 70 KPa, e da sabbie con N_{SPT} equivalente stimato inferiore a 15 colpi.

Il cedimento di consolidazione post-sismica è dato dall'espressione:

$$\Delta H = \varepsilon_{vr} H$$

Dove: H = altezza dello strato omogeneo;

ε_{vr} = deformazione volumetrica post-ciclica percentuale, dove:

$$\varepsilon_{vr} = (\alpha Cr / (1 + e_0)) \log(1 / (1 - \Delta u / \sigma'_0))$$

α = costante sperimentale variabile da 1 a 1,5;

e_0 = indice dei vuoti iniziale;

Cr = indice di riconsolidazione, che può essere ipotizzato pari a $0,225 \cdot C_c$ (indice di consolidazione);

$\Delta u / \sigma'_0$ = rapporto di pressione interstiziale (aumento di pressione neutra indotta dal sisma di progetto).

Per il calcolo dei cedimenti verranno adottati i seguenti parametri:

α = compreso tra 1 e 1,5;

$e_0 = 1$: indice dei vuoti medio per terreni argilloso limosi con sostanza organica sparsa;

$e_0 = 0,6$: indice dei vuoti medio per terreni sabbioso limosi;

Indici di consolidazione calcolati dal modulo edometrico stimato dalle penetrometrie ($C_c = (1 + e_0) \sigma_{va} / 0,435M$).

Il calcolo di $\Delta u / \sigma'_0$ (r_u) richiede l'esecuzione di alcuni passaggi intermedi.

Determinazione ampiezza della deformazione di taglio massima indotta dal sisma:

$$\gamma_{max} = 0,65 a_{max,s} / g \sigma_v \text{ rd } 1/G$$

dove:

$a_{max,s}$ = picco di accelerazione al piano campagna del sisma di riferimento;

g = accelerazione di gravità;

σ_v = tensione totale verticale;

dott. geol. Gianluca Ferioli

Studio: Via A. Zucchini, 69 – CAP 44100 Ferrara

tel. 0532/56771, fax 0532/56119, e-mail info@elletipi.it

iscritto al n°503 all'Albo Professionale dell'Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna

r_d = coefficiente riduttivo dell'azione sismica = $1 - 0,015 z$;

G = modulo di taglio corrispondente alla deformazione γ_{max} .

$$a_{max,s} = a_{ref,g} S_S S_T = 0.451 * 1.80 * 1 = 0.812 \text{ m/s}^2$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$r_d = 0,850$$

$$G/G_0 = 0.857 \text{ (tabella 3 allegato A3);}$$

$$\text{essendo } G_0 \text{ (medio) (SCPTU 1) = 37.7 MPa.}$$

Inserendo le grandezze determinate precedentemente l'ampiezza delle deformazioni ricavate dalla prova penetrometrica è:

$$\text{SCPTU 1 } \gamma_{max} = 2.64 \times 10^{-4}$$

Inserendo i valori di deformazione ricavati nella tabella $r_u - \gamma\%$ di (tabella 2 degli atti di indirizzo) si ricava un rapporto di incremento della pressione di circa 0,13.

Utilizzando i parametri sopra riportati, i massimi cedimenti post sismici attesi sulla verticale indagata, per uno spessore di terreno comprimibile di circa 16,72 m, sono quindi stimati in:

$$\text{SCPTU 1 } \Delta H = \epsilon_{vr} H = \mathbf{0,009 \text{ m}}$$

9. VALUTAZIONE DELLA LIQUEFACIBILITA' DEI TERRENI

La stima del potenziale di liquefazione è stata eseguita con metodi semplificati applicati ai dati alle penetrometrie eseguite, in particolare si è utilizzato il metodo di Robertson e Wride (1998) appositamente calibrato per le prove penetrometriche statiche, e consigliato negli atti di indirizzo per la micro zonazione sismica dell'Emilia Romagna.

Dalla verifica numerica della possibilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione sono stati escluse le unità argilloso limose incontrate.

L'accelerazione utilizzata per il calcolo del Cyclic Stress Ratio (CSR) è quella ricavata dalla mappa di pericolosità sismica dell'INGV per lo SLV, e corrispondente a 0,046g, mentre la magnitudo del sisma di progetto impiegata nel Magnitudo Scaling Factor (MSF) è 5,5.

L'indice di liquefazione I_L del terreno (Iwasaki 1982), come da allegato 3 dagli atti di indirizzo della regione Emilia Romagna, è risultato, per le verticali indagate:

SCPTU 1 = 0.00 (basso).

Nome file:	Cod. Doc	N°Comm.	Rev.	bm	Rif. segreteria	Pag. 22 di 24
RELgeo-9084-10.doc	Rel_01	9084/10	01	25/01/11	bb	

dott. geol. Gianluca Ferioli

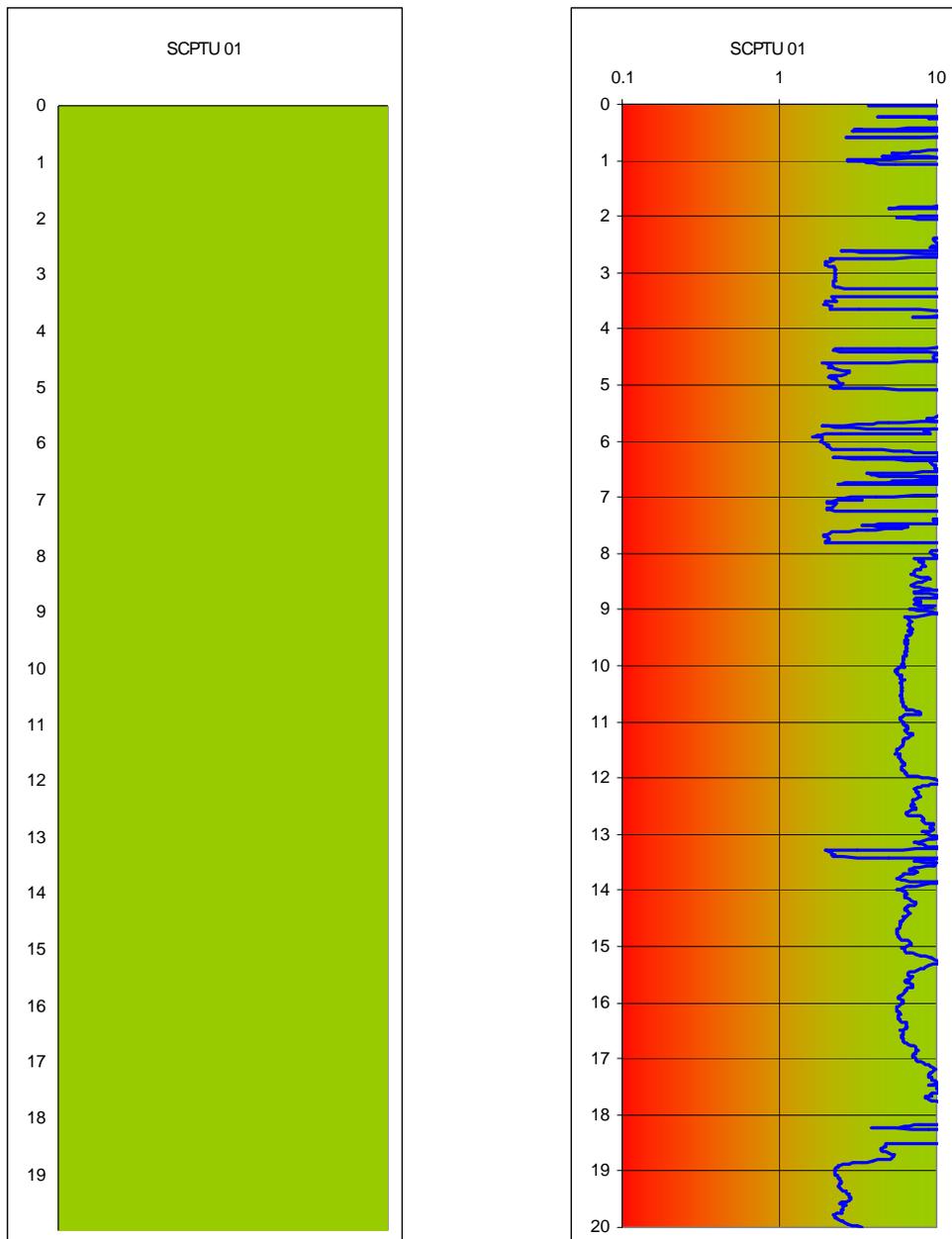
Studio: Via A. Zucchini, 69 – CAP 44100 Ferrara

tel. 0532/56771, fax 0532/56119, e-mail info@elletipi.it

iscritto al n°503 all'Albo Professionale dell'Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna

In SCPTU 1 non sono presenti livelli liquefacibili. Gli orizzonti in cui FL (fattore di sicurezza alla liquefazione) è inferiore all'unità sono contraddistinti dal colore rosso, e come si può notare nel primo elaborato grafico non sono presenti. Il secondo grafico rimarca che l'andamento del fattore di sicurezza alla liquefacibilità non scende mai sotto l'unità.

ANDAMENTO DI F_L PER TERREMOTI DI MAGNITUDO 5,5



dott. geol. Gianluca Ferioli

Studio: Via A. Zucchini, 69 – CAP 44100 Ferrara

tel. 0532/56771, fax 0532/56119, e-mail info@elletipi.it

iscritto al n°503 all'Albo Professionale dell'Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna

10. ALLEGATI

ALLEGATO 1	Certificato prova penetrometrica
------------	----------------------------------



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 aut. dal Ministero Infrastrutture e Trasporti P.C.S. LL.PP. S.T.C. in base al D.P.R. n. 380/01 art. 59 circ. n. 349/99 Dec. n°53362 del 06/05/2005

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE
INTEGRATO CERTIFICATO DA DNV
UNI EN ISO 9001/2000
UNI EN ISO 14001

COMMITTENTE Immobiliare Ristori S.r.l. - P.zza Aldo Moro 1 - 41121 Modena
CANTIERE Ex Cinema Ristori - Ferrara

CPT N° SCPTU 01 PROF. FALDA (m da p.c.) 1.20 TIPO PUNTA sismocono G1 - CPL2IN
DATA 17/01/11 PREFORO (m da p.c.) LATITUDINE 44.835843°
COMMESSA 9084/10 C. SITO N°: S110003 del 25/01 LONGITUDINE 11.617376°

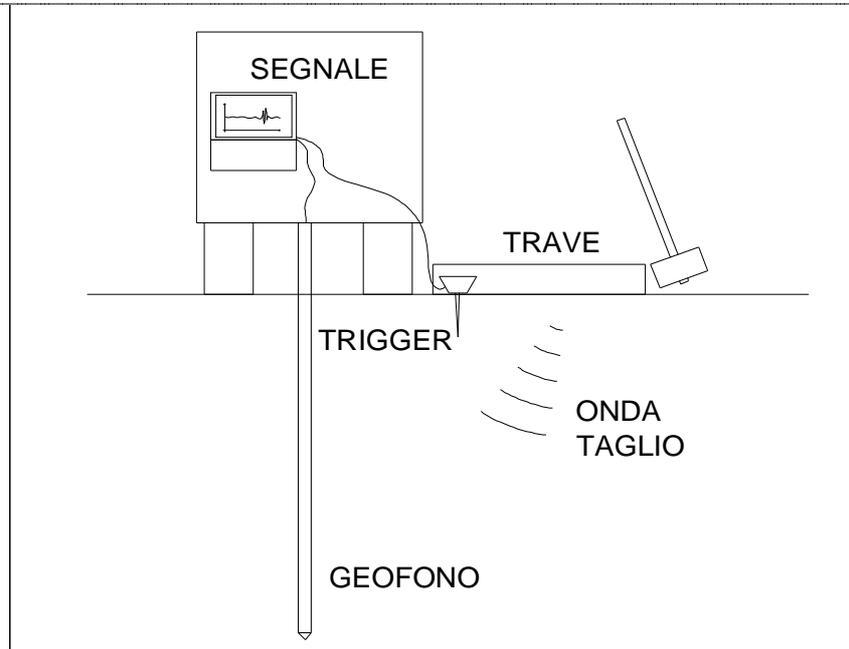
prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi
0.20	0.21	15.91	1.43	1.11	15.20	1.13	33.71	530.71	8.28					
0.40	0.20	11.92	1.07	0.63	15.40	1.45	47.88	628.63	8.42					
0.60	0.27	9.90	3.18	0.97	15.60	1.12	44.54	584.12	8.52					
0.80	0.17	9.93	7.02	1.32	15.80	1.09	33.85	588.64	8.65					
1.00	0.25	1.85	11.54	0.97	16.00	1.02	36.36	571.06	8.75					
1.20	0.55	13.63	12.82	1.00	16.20	1.00	36.24	555.68	8.85					
1.40	0.24	4.83	24.05	0.70	16.40	1.04	35.32	582.96	8.96					
1.60	0.24	4.73	29.00	0.70	16.60	1.08	42.26	589.44	9.07					
1.80	0.36	7.05	26.00	0.64	16.80	1.14	47.85	590.84	9.19					
2.00	0.44	9.18	20.94	0.87	17.00	1.29	63.41	584.67	9.30					
2.20	0.55	14.02	35.65	0.97	17.20	1.51	69.20	571.12	9.40					
2.40	0.36	16.30	70.14	1.08	17.40	1.64	105.54	527.77	9.54					
2.60	0.31	7.38	77.53	1.14	17.60	1.76	86.60	519.35	9.66					
2.80	0.81	6.56	69.35	1.30	17.80	1.64	57.94	560.74	9.76					
3.00	1.79	10.39	61.96	1.48	18.00	2.45	66.78	672.34	9.88					
3.20	1.78	12.62	63.98	1.55	18.20	3.66	107.59	911.84	10.05					
3.40	0.87	12.77	71.06	1.64	18.40	4.53	146.94	891.75	10.35					
3.60	2.25	12.48	79.73	1.71	18.60	6.28	154.62	627.84	10.51					
3.80	0.88	16.12	75.70	1.82	18.80	8.04	179.11	150.73	10.61					
4.00	0.63	8.88	122.52	1.95	19.00	8.15	54.80	103.29	10.67					
4.20	0.59	17.70	145.66	2.03	19.20	8.16	30.86	122.28	10.74					
4.40	0.74	10.76	151.83	2.12	19.40	8.97	31.88	156.96	10.83					
4.60	0.72	10.88	128.93	2.23	19.60	9.76	40.68	181.93	10.91					
4.80	4.18	17.12	100.12	2.61	19.80	6.41	31.17	151.46	11.04					
5.00	3.52	25.01	78.69	2.88	20.00	9.35	29.69	127.53	11.21					
5.20	1.47	27.77	134.86	3.01	20.20	8.54	35.59	126.62	11.37					
5.40	0.75	21.39	175.39	3.10	20.40	8.86	62.09	83.88	11.54					
5.60	0.70	17.35	172.65	3.17	20.60	5.45	135.04	107.14	11.68					
5.80	0.96	11.28	121.06	3.24	20.80	4.04	120.73	109.52	11.83					
6.00	1.34	8.96	93.16	3.33	21.00	3.33	103.43	195.66	11.96					
6.20	1.65	20.44	52.01	3.43	21.20	2.52	77.28	360.38	12.07					
6.40	0.90	11.72	106.77	3.54	21.40	3.47	103.07	220.88	12.15					
6.60	0.84	9.39	205.31	3.63	21.60	6.77	111.74	287.54	12.30					
6.80	0.97	12.55	261.96	3.71	21.80	3.51	144.32	258.85	12.44					
7.00	0.91	15.66	288.40	3.83	22.00	2.04	66.83	513.25	12.55					
7.20	2.18	26.41	188.40	3.95	22.20	1.99	78.29	503.36	12.66					
7.40	1.21	21.42	160.68	4.05	22.40	3.07	52.04	435.16	12.75					
7.60	1.47	24.01	189.13	4.16	22.60	3.14	79.04	183.33	12.79					
7.80	2.73	26.58	145.79	4.28	22.80	2.08	46.98	334.25	12.90					
8.00	1.12	27.94	142.06	4.40	23.00	1.41	24.81	505.86	13.02					
8.20	0.90	15.88	163.00	4.52	23.20	1.73	38.56	603.90	13.13					
8.40	0.79	11.49	189.31	4.63	23.40	1.72	47.64	657.32	13.23					
8.60	0.83	11.20	211.60	4.74	23.60	1.66	44.34	755.49	13.32					
8.80	0.94	20.23	222.40	4.87	23.80	1.57	32.75	812.88	13.42					
9.00	0.86	15.61	250.00	4.98	24.00	1.85	42.10	822.71	13.52					
9.20	0.89	14.34	250.55	5.09	24.20	1.78	55.66	746.58	13.63					
9.40	0.77	13.02	281.56	5.20	24.40	1.39	42.65	733.21	13.72					
9.60	0.75	13.11	300.00	5.31	24.60	1.44	28.02	805.37	13.81					
9.80	0.74	12.77	339.13	5.43	24.80	1.32	26.08	800.91	13.93					
10.00	0.72	14.21	350.36	5.53	25.00	1.25	21.40	812.76	14.03					
10.20	0.73	15.30	253.23	5.27	25.20	1.40	20.60	818.62	14.13					
10.40	0.74	14.22	326.25	5.39	25.40	2.67	40.23	610.44	14.21					
10.60	0.75	15.23	363.86	5.50	25.60	2.93	66.47	252.13	14.31					
10.80	0.77	17.40	402.32	5.61	25.80	3.26	61.93	410.62	14.40					
11.00	0.83	17.91	355.74	5.72	26.00	4.13	86.83	406.53	14.49					
11.20	0.82	18.24	383.88	5.81	26.20	3.84	90.15	352.50	14.60					
11.40	0.84	20.64	369.35	5.92	26.40	4.85	107.11	336.93	14.72					
11.60	0.77	18.03	397.86	6.02	26.60	4.61	104.74	270.51	14.83					
11.80	0.81	17.39	421.61	6.13	26.80	4.65	107.92	370.02	14.90					
12.00	0.87	19.90	453.66	6.25	27.00	5.24	100.97	360.86	14.99					
12.20	1.25	36.43	468.56	6.38	27.20	4.45	127.99	344.56	15.08					
12.40	1.04	40.14	417.52	6.51	27.40	1.97	93.38	372.89	15.22					
12.60	1.01	34.44	384.31	6.63	27.60	1.56	46.25	502.81	15.26					
12.80	1.08	21.83	412.82	6.77	27.80	1.67	41.37	526.49	15.26					
13.00	1.27	31.85	419.29	6.91	28.00	1.88	42.62	565.87	15.26					
13.20	1.25	24.71	426.92	7.02	28.20	2.11	54.54	626.68	15.26					
13.40	2.61	28.24	320.88	7.13	28.40	2.05	64.29	656.77	15.26					
13.60	1.47	33.37	235.83	7.27	28.60	1.97	47.56	762.02	15.27					
13.80	1.00	19.14	375.82	7.40	28.80	1.78	51.59	774.97	15.27					
14.00	1.14	20.75	368.01	7.54	29.00	2.47	36.93	742.18	15.27					
14.20	1.01	20.25	441.51	7.68	29.20	2.57	61.97	449.39	15.27					
14.40	1.06	30.28	481.26	7.83	29.40	1.73	49.80	673.32	15.27					
14.60	1.01	36.59	462.94	7.95	29.60	1.99	80.01	760.50	15.27					
14.80	0.95	28.81	455.06	8.05	29.80	1.99	94.29	758.12	15.27					
15.00	1.03	28.41	489.31	8.18	30.00	1.74	67.64	807.32	15.26					

Lo Sperimantatore:
dott. Massimo Romagnoli

Il Direttore Settore Prove in Sito:
dott. geol. Gianluca Ferioli

COMMITTENTE Immobiliare Ristori S.r.l. - P.zza Aldo Moro 1 - 41121 Modena
CANTIERE Ex Cinema Ristori - Ferrara

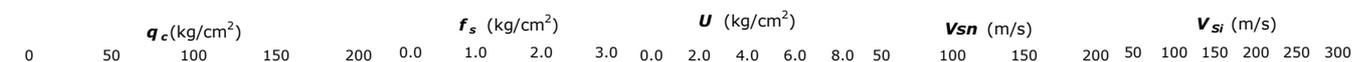
CPT N°	SCPTU 01	PROF. FALDA (m da p.c.)	1.20	TIPO PUNTA	sismocono G1 - CPL2IN
DATA	17/01/11	PREFORO (m da p.c.)		LATITUDINE	44.835843°
COMMESSA	9084/10	C. SITO N°:	S110003 del 25/01	LONGITUDINE	11.617376°



Profondità (m)	Ts (s)	L (m)	Vs (m/s)	Vis (m/s)
1.0	T0	1.41	-	-
				112
5	33.040	5.10	112	171
10	61.965	10.05	139	152
15	94.720	15.03	144	151
20	127.690	20.02	146	241
25	148.410	25.02	159	286
30	165.890	30.02	172	

V_{s,30} = 172 m/s
CATEGORIA SOTTOSUOLO
D

- D = Distanza centro trave generatrice onde di taglio - verticale di $r = 1.00$ m
 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 indicata
 Vis = Velocità onde di taglio nello strato di terreno compreso fra le due profondità indicate


 Lo Sperimantatore:
 dott. Massimo Romagnoli

 Il Direttore Settore Prove in Sito:
 dott. geol. Gianluca Ferioli



elletipi s.r.l.

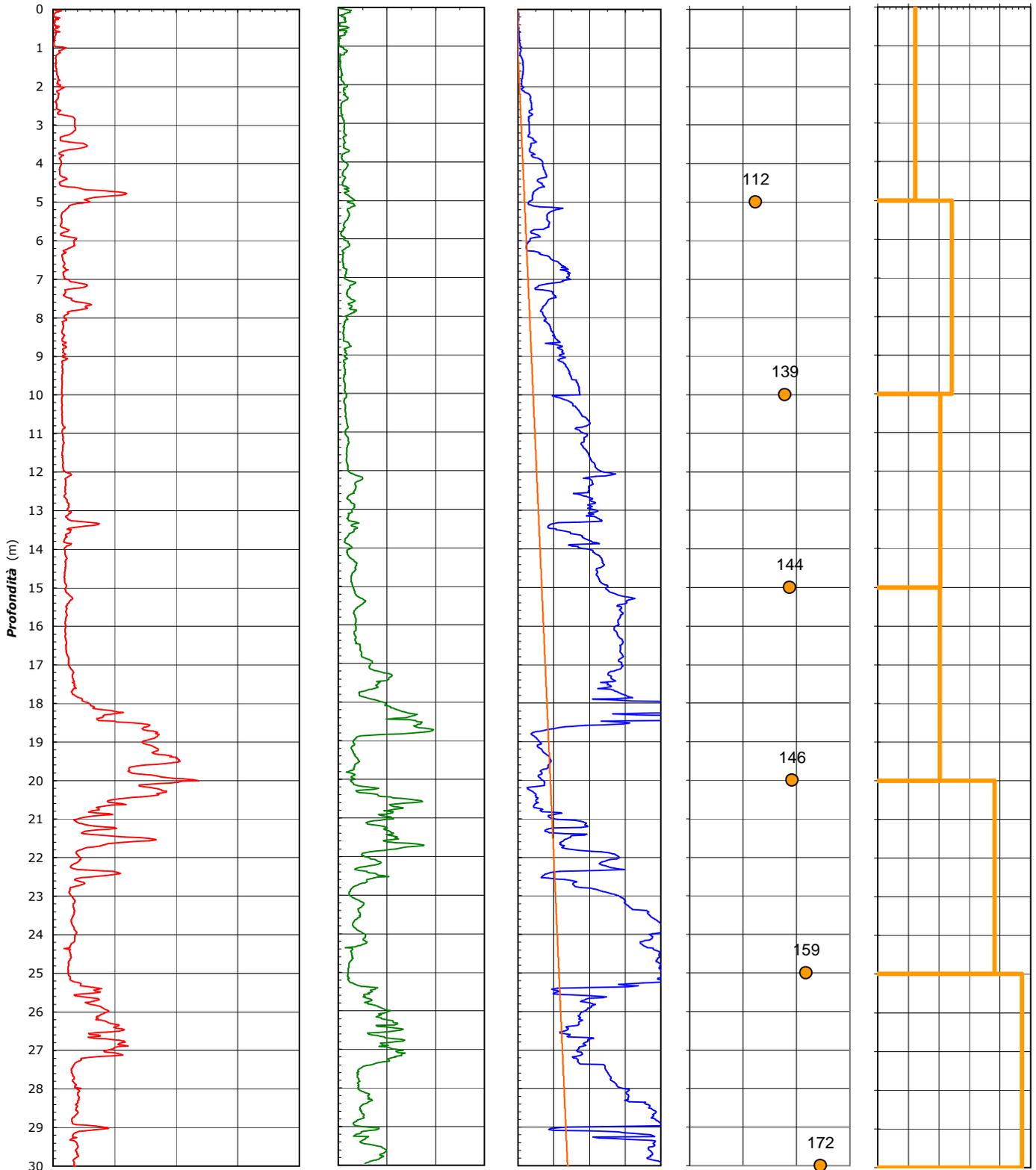
Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio aut. dal Ministero Infrastrutture e Trasporti P.C.S. LL.PP. S.T.C. in base al D.P.R. n. 380/01 art. 59 circ. n. 349/99 Dec. n° 53362 del 06/05/2005

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE
INTEGRATO CERTIFICATO DA DNV
UNI EN ISO 9001/2000
UNI EN ISO 14001

COMMITTENTE Immobiliare Ristori S.r.l. - P.zza Aldo Moro 1 - 41121 Modena
CANTIERE Ex Cinema Ristori - Ferrara

CPT N°	SCPTU 01	PROF. FALDA (m da p.c.)	1.20	TIPO PUNTA	sismocono G1 - CPL2IN
DATA	17/01/11	PREFORO (m da p.c.)		LATITUDINE	44.835843°
COMMESSA	9084/10	C. SITO N°:	S110003 del 25/01	LONGITUDINE	11.617376°



PLANIMETRIA

Lo Sperimentatore:
dott. Massimo Romagnoli

S110003_SCPTU 01.xls - pag 3 di 4

Il Direttore Settore Prove in Sito:
dott. geol. Gianluca Ferioli

COMMITTENTE Immobiliare Ristori S.r.l. - P.zza Aldo Moro 1 - 41121 Modena
CANTIERE Ex Cinema Ristori - Ferrara

CPT N°	SCPTU 01	PROF. FALDA (m da p.c.)	1.20	TIPO PUNTA	sismocono G1 - CPL2IN
DATA	17/01/11	PREFORO (m da p.c.)		LATITUDINE	44.835843°
COMMESSA	9084/10	C. SITO N°:	S110003 del 25/01	LONGITUDINE	11.617376°

Località: Ex Cinema Ristori - Ferrara

