

elletipi s.r.l.

Sede legale, operativa ed amm.va:
Via Annibale Zucchini, 69 - 44122 FERRARA
tel. 0532/56771 – fax 0532/56119
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

e-mail: info@elletipi.it sito web: www.elletipi.it

UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007



SISTEMI DI GESTIONE
CERTIFICATI

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC
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
Organismo Notificato n° 1308 (Decreto 826149 del 22 Marzo 2004 del Ministero delle Attività Produttive) ai sensi della Direttiva 89/106/CEE, Decreto del
Presidente della Repubblica n° 246/1993, Decreto Ministeriale 156/2003

COMUNE DI CASTEL MAGGIORE

Via Matteotti, 10 – Castel Maggiore (BO)



**Indagini geognostiche e sismiche per valutazione della vulnerabilità sismica
presso la Scuola dell'infanzia "Mezzetti", Castel Maggiore (BO)**

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

dott. geol. Gianluca Ferioli

INDICE

<u>1.</u>	<u>PREMESSA</u>	<u>3</u>
<u>2.</u>	<u>INQUADRAMENTO DELL'AREA</u>	<u>3</u>
<u>3.</u>	<u>GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....</u>	<u>4</u>
<u>4.</u>	<u>SISMICITA'</u>	<u>7</u>
<u>5.</u>	<u>RISCHIO ALLUVIONI</u>	<u>9</u>
<u>6.</u>	<u>PIANO DELLE INDAGINI</u>	<u>13</u>
<u>7.</u>	<u>CARATTERI STRATIGRAFICI DEL SITO</u>	<u>16</u>
<u>8.</u>	<u>PARAMETRI GEOTECNICI: VALORI CARATTERISTICI.....</u>	<u>17</u>
<u>9.</u>	<u>PARAMETRI SISMICI</u>	<u>18</u>
<u>10.</u>	<u>CEDIMENTI POST-SISMICI</u>	<u>26</u>
<u>11.</u>	<u>VALUTAZIONE DELLA LIQUEFACIBILITA' DEI TERRENI</u>	<u>27</u>
<u>12.</u>	<u>ELENCO ALLEGATI.....</u>	<u>32</u>

1. PREMESSA

Su incarico della Committenza, il Comune di Castel Maggiore, con sede in Via Matteotti 10, Castel Maggiore (BO), la scrivente ha eseguito una indagine geotecnica e sismica per la caratterizzazione dei terreni su cui è edificata la Scuola dell'Infanzia "M. Mezzetti" a Castel Maggiore (BO).

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:

Regio Decreto Legislativo 30 dicembre 1923, n. 3267 «Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani»;

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"*;

A.G.I.: *"Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica, Linee Guida – 2005"*;

Decreto Legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni - Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni approvati dai Comitati Istituzionali delle Autorità di Bacino Nazionali il 3 marzo 2016;

D.M. 17.01.2018 *"Nuove norme tecniche per le costruzioni"*;

Piani di gestione del territorio e dell'ambiente emanati dalle Amministrazioni Locali;

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

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA

Il sito oggetto di indagine è ubicato in via della Costituzione 9, nella zona nord della cittadina di Castel Maggiore (BO), circa 10 km a nord di Bologna, in un'area pianeggiante ad una quota di circa 28 m s.l.m., come evidenziato in figura 1.

Le coordinate geografiche baricentriche del sito, che verranno utilizzate per la valutazioni sismiche sono:

44.579657° N - 11.362684° E (WGS 84) = 44.580594° N – 11.363678° E (ED50)

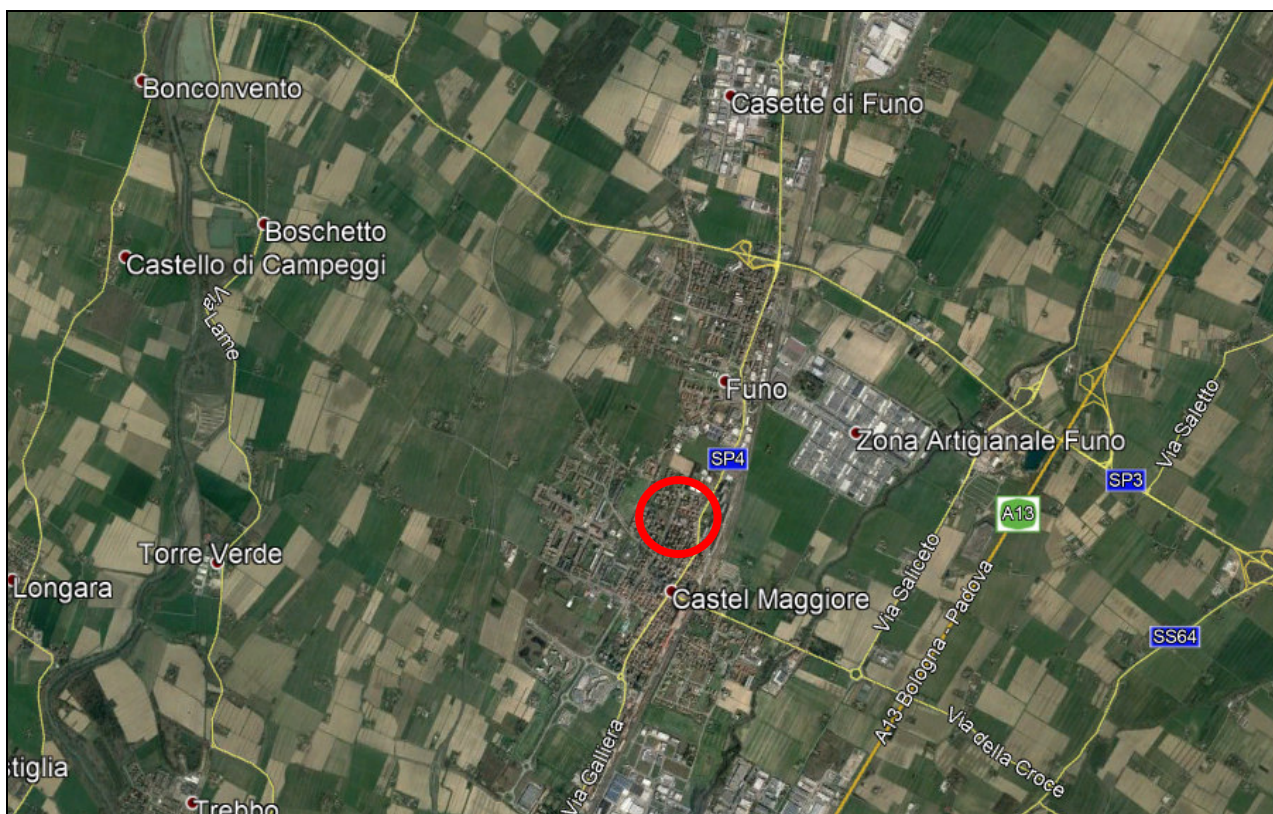


Figura 1: Stralcio topografico dell'area oggetto di indagine.

3. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Il territorio della pianura bolognese 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. Il paesaggio della Pianura Padana è infatti dominato dalle dinamiche fluviali. Le divagazioni del fiume Po e dei suoi affluenti e, soprattutto nell'area oggetto di indagine, dei fiumi appenninici, hanno colmato di sedimenti il bacino padano.

La topografia di questa parte della pianura degrada da sud ovest verso nord est, fino alla bassa pianura, dove le direzioni di deflusso sono prevalentemente ovest – est, fino alla linea di costa.

Nella pianura di alternano alti topografici con sedimenti sabbiosi depositati lungo le aste fluviali a depressioni con sedimenti più fini, limoso-argillosi, formati da acque stagnanti, quali quelle delle paludi e dei meandri abbandonati. I dislivelli topografici tra questi due famiglie di depositi sono limitati a pochi metri, e anche se ancora percepibili, modificati dall'attività dell'uomo.

La stessa viabilità interurbana spesso, come il collocamento dei centri abitati scelto dai loro antichi fondatori, sfrutta il naturale rilievo degli alvei abbandonati, come ad esempio la SP 4 che da Bologna attraversa Castel Maggiore verso nord che segue il tracciato del paleo alveo di fiumi che anticamente scorrevano attraverso la città di Bologna confluendo a valle di questa nei fiumi maggiori .

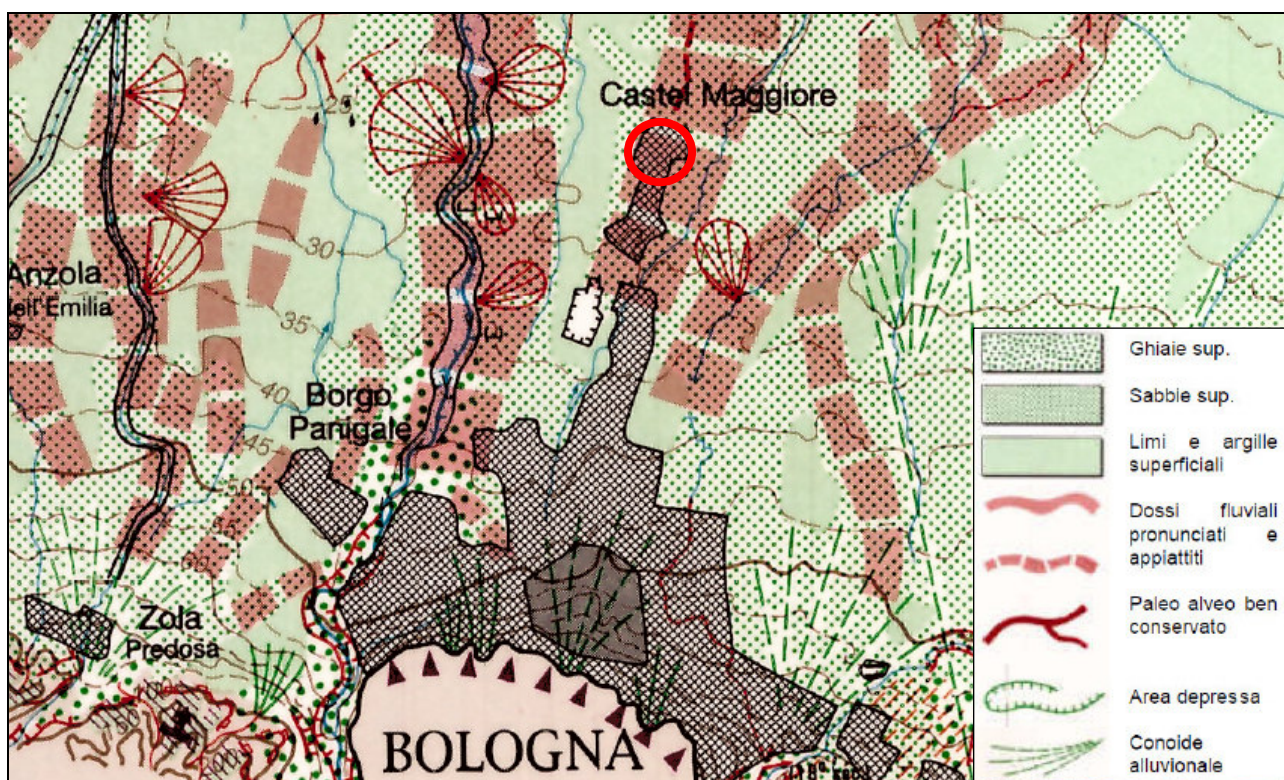


Figura 2: carta dei depositi fluviali del bolognese

La figura 2, che rappresenta uno stralcio della “Carta Geomorfologica della Pianura Padana”, evidenzia in tratteggio rosso i tracciati di antichi corsi d’acqua che formavano il sistema di deflusso superficiale dei principali fiumi dell’alta pianura bolognese. Come si può notare il sito oggetto di indagine si colloca in corrispondenza di un paleo alveo.

L'Appennino settentrionale è una catena a falde 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).

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.

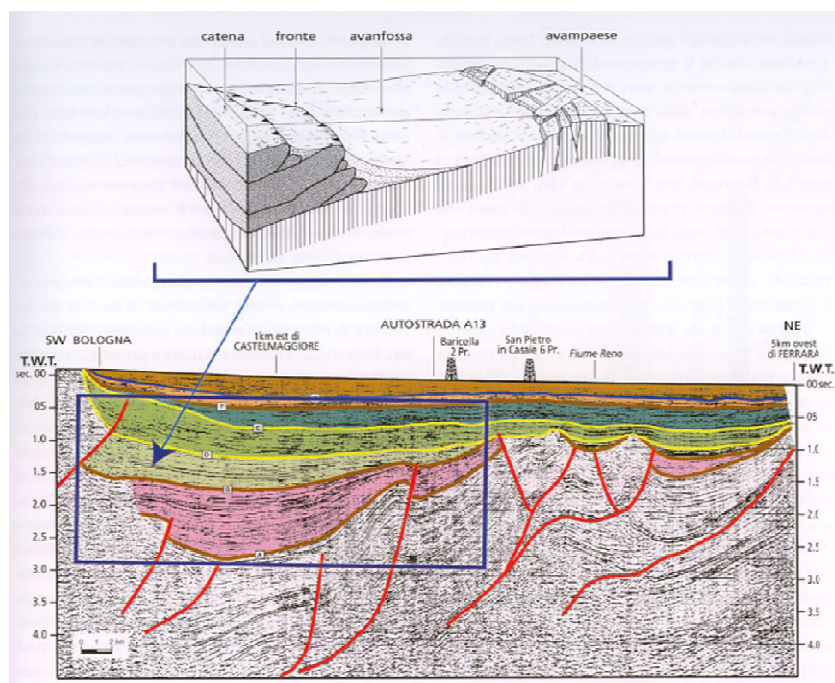


Figura 3: sezione geologica Regione Emilia Romagna – ENI AGIP

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.

Lo spessore della coltre alluvionale può variare dai 3000 metri del sottosuolo comacchiese ai 150 metri dell'alto strutturale della dorsale ferrarese, in corrispondenza dell'abitato di Casaglia (FE).

La subsidenza è un importante e caratteristico fenomeno del territorio di pianura. In effetti si tratta di un fenomeno che in tutto il territorio 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 bolognese ed in particolare nei comuni di Argelato e Funo, 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 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 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.

La subsidenza artificiale è quella indotta dalle attività umane, ed in particolare dall'estrazione di acque e gas dal sottosuolo, anche a grandi profondità.

Questi elevati valori di subsidenza hanno causato una variazione delle pendenze del reticolo idrografico superficiale alterandone il naturale deflusso e favorendo il pericolo di inondazioni a seguito di rotture arginali.

I maggiori terremoti occorsi in epoca storica nella bassa bolognese sono stati il terremoto dell'Emilia orientale del 1796 e con una intensità di 7.0 gradi della scala Mercalli, stimata di magnitudo 5,63 della scala Richter; ed il terremoto del Bolognese del 1929 con una intensità di 7.0 gradi della scala Mercalli, stimata di magnitudo 5,55 della scala Richter.

Tali eventi storici sono perfettamente congruenti con i recenti sismi del 20 e 29 maggio 2012, che confermano l'intensità sismica dell'areale emiliano romagnolo.

Nella tabella sottostante sono riportati i terremoti più intensi verificatisi in un raggio di 30 chilometri dal baricentro del sito oggetto di studio, come registrati nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2004.

Anno	Areale	Lat	Lon	Maw	Io
1796	Emilia orientale	44.620	11.670	5.63	70
1929	Bolognese	44.470	11.130	5.55	70
1909	Bassa Padana	44.579	11.688	5.53	65
1505	Bologna	44.480	11.250	5.47	70
1399	Modenese	44.470	11.070	5.4	70
1455	Bolognese	44.400	11.250	5.37	75
1455	Media valle del Reno	44.420	11.270	5.18	70
1574	Finale Emilia	44.833	11.294	5.12	70
1365	Bologna	44.500	11.330	5.03	65

Il territorio del comune di Castel Maggiore è classificato secondo l'OPCM 3274 del 20.03.2003, in zona 3, 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 entrata in vigore con l'Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 dalla G.U. n.108 del 11/05/06 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

5. RISCHIO ALLUVIONI

Secondo il Piano di gestione del rischio di alluvioni, l'area oggetto di studio fa parte delle competenze dell'Autorità di Bacino del Fiume Po (UoM ITN008), e dei suoi principali affluenti nei tratti di pianura.

Gli ambiti territoriali di pericolosità si dividono in:

- Reticolo naturale principale di pianura (RP), costituito dall'asta del Fiume Po e dai suoi principali affluenti nei tratti di pianura;
- Reticolo secondario di Pianura: il reticolo secondario di pianura (RSP), costituito dai corsi d'acqua secondari di pianura gestiti dai Consorzi di bonifica e irrigui nella medio-bassa pianura padana.

Di seguito si riportano, per ogni ambito territoriale, le cartografie della:

- "Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti"
- "Mappa del rischio potenziale"

MAPPA DELLA PERICOLOSITÀ E DEGLI ELEMENTI POTENZIALMENTE ESPOSTI

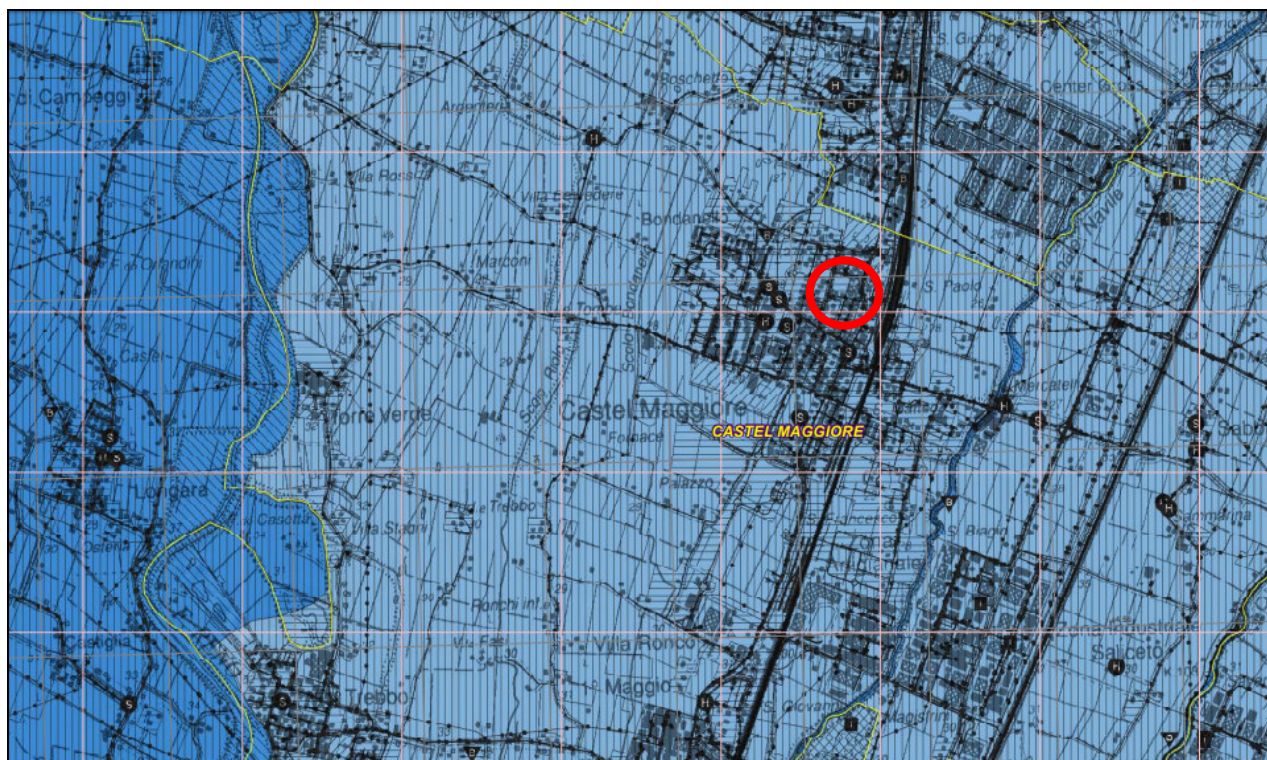


Figura 5: RETICOLO NATURALE PRINCIPALE E SECONDARIO

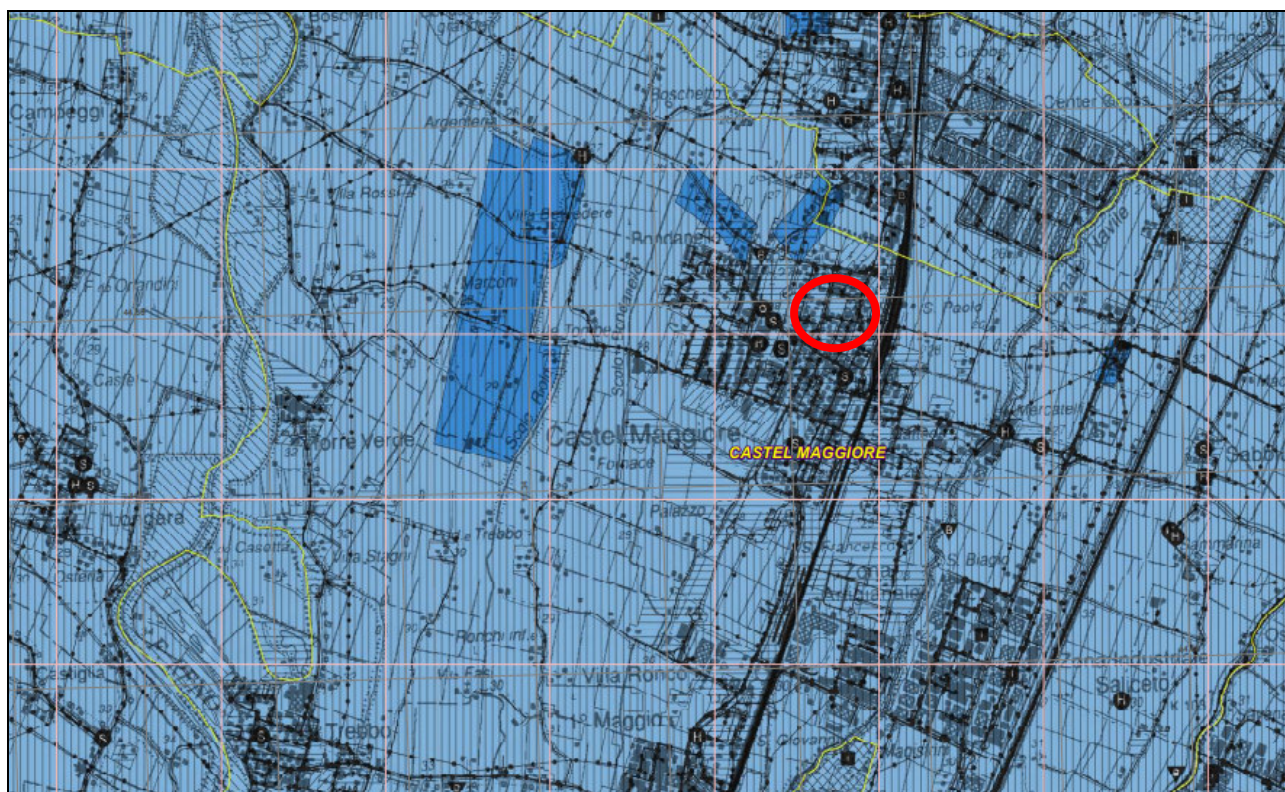


Figura 6: RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA

Scenari di Pericolosità

- P3 – H (Alluvioni frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)
- P2 – M (Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)
- P1 – L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)

Legenda

Aree Protette

- Zone Parco
- SIC - ZPS

Elementi Potenzialmente Esposti

	areali	puntuali	lineari
Zone urbanizzate			
Attività produttive			
Strutture strategiche e sedi di attività collettive		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">S</div> scuola <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; text-align: center;">H</div> ospedale </div> <div> </div> </div>	
Infrastrutture strategiche		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 5px;"> diga impianti insediamenti </div> <div> </div> </div>	
Insedimenti produttivi o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale			
Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 5px;"> </div> <div> </div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 5px;"> reti per la distribuzione di servizi reti stradali secondarie e spazi accessori reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori </div> <div> </div> </div>

MAPPA DEL RISCHIO POTENZIALE

Nome file:
RELgeo-17370_17_Mezzetti

Cod. Doc
Rel_01

N° Comm.
17370/17

Rev.
00

bm
03/09/18

Rif. segreteria
bb

Pag. 10 di 10

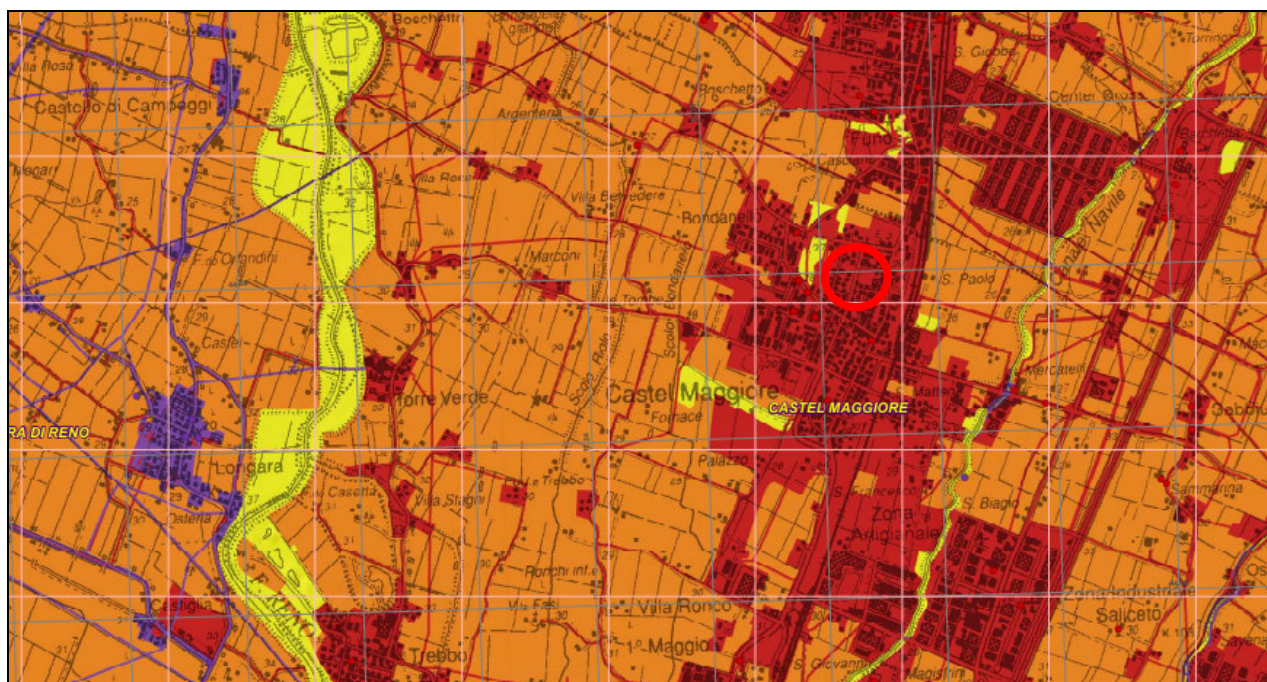


Figura 7: RETICOLO NATURALE PRINCIPALE E SECONDARIO



Figura 8: RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA



Le cartografie rappresentate nelle figure 5 e 6 consistono nel quadro conoscitivo della pericolosità di alluvioni relativa al reticolo idrografico naturale e degli elementi potenzialmente esposti a seconda dell'ambito

territoriale considerato. Come si evince nelle mappe riportate alle pagine precedenti, l'area oggetto di studio è identificata in uno scenario **P2 – M (Alluvioni poco frequenti, tempo di ritorno 100 – 200 anni, media probabilità)** sia nell'ambito territoriale del Reticolo naturale principale e secondario (RP) che per il Reticolo secondario di Pianura.

Le cartografie rappresentate nelle figure 7 e 8 consistono nella mappatura del rischio di alluvioni. Tali mappe indicano le potenziali conseguenze negative derivanti dalle alluvioni, nell'ambito degli scenari, prevedendo n°4 classi di rischio:

- R4 (rischio molto elevato): per il quale sono possibili perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.
- R3 (rischio elevato): per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socioeconomiche e danni relativi al patrimonio ambientale.
- R2 (rischio medio): per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.
- R1 (rischio moderato o nullo): per il quale i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli.

Le mappe del rischio elaborate sono costituite da tre tematismi:

- Copertura poligonale: derivante dall'intersezione effettuata tra pericolosità ed elementi esposti di tipo areale (uso del suolo, ecc.);
- Copertura lineare: derivante dall'intersezione effettuata tra pericolosità ed elementi esposti di tipo lineare (p.e. viabilità stradale e ferroviaria, ecc.);
- Copertura puntuale: derivante dall'intersezione effettuata tra pericolosità ed elementi esposti di tipo areale (istituti scolastici, strutture sanitarie ed ospedaliere, impianti IED, ecc.).

Gli elementi a rischio di tipo puntuale (p.e. istituti scolastici) e lineari (p.e. viabilità stradale) sono stati rappresentati attribuendo al punto o alla linea il colore corrispondente al livello di rischio derivante dal calcolo.

Sulla base delle cartografie riportate alle pagine precedenti (figure 7 e 8), l'area oggetto di studio si colloca all'interno della classe di rischio **R3 (rischio elevato)** relativamente al Reticolo naturale principale e secondario (RP) all'interno della classe di rischio **R2 (rischio medio)** relativamente al Reticolo secondario di Pianura.

Sarà pertanto compito del Tecnico Progettista valutare la compatibilità dell'intervento in progetto con le condizioni di pericolosità dell'area oggetto di studio, adottando se necessario alcuni accorgimenti per rendere l'intervento compatibile con le criticità idrauliche rilevate, in base al tipo di pericolosità e al livello di esposizione.

6. 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 30,00 metri di profondità;

ubicata come indicato nella planimetria di fig. 9.



Figura 9: Ubicazione indagini

6.1 PENETROMETRIA STATICA CON PIEZOCONO E SISMOCONO

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).

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).

La punta penetrometrica utilizzata nel presente lavoro, è dotata di una coppia di sensori sismici distanziati l'uno dall'altro di esattamente un metro (come raccomandato dalla normativa di riferimento, la ASTM D

7400), che consente con una unica energizzazione di rilevare i tempi di arrivo a due diverse profondità, applicando la metodologia del “true – interval”. Con questa modalità operativa si evitano i cosiddetti errori di trigger, migliorando molto la precisione di misura della velocità nel singolo metro, e di conseguenza di tutta la verticale.

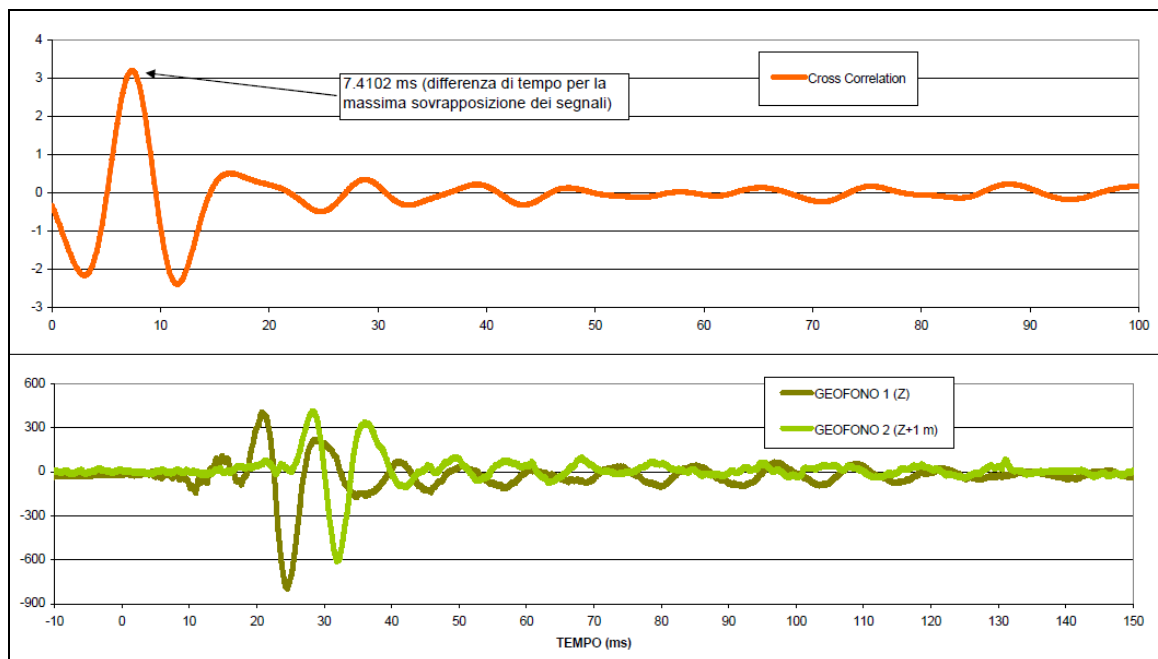


Figura 10: Interpretazione segnale sismocono

La misura del tempo di viaggio dell'onda sismica viene eseguita attraverso l'analisi numerica del segnale con il metodo della “Correlazione Incrociata” (Cross Correlation – CC). Con questa analisi si esegue, per ogni intervallo di tempo in cui viene registrato il segnale, la media della sommatoria del segnale di riferimento, solitamente quello del geofono superiore, sul segnale registrato nel geofono inferiore (ad un metro esatto di distanza). In corrispondenza del massimo valore di detta somma, si ha la massima sovrapposizione del segnale, cui corrisponde in ascissa la distanza di tempo che l'onda rilevata impiega per viaggiare dal geofono superiore a quello inferiore.

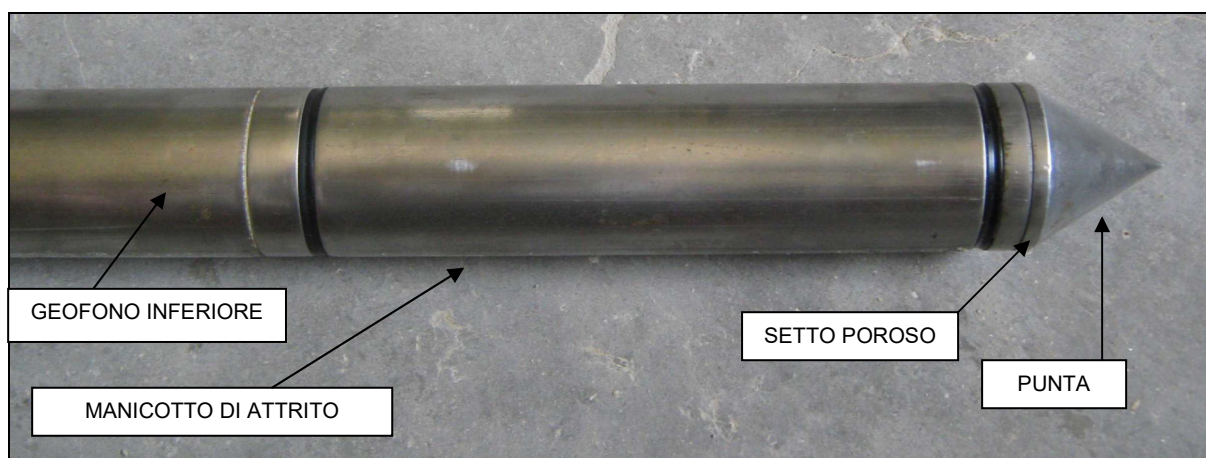


Figura 11: Punta Sismocono impiegata

Con questa metodologia si utilizza per ogni determinazione una sola energizzazione, eliminando quindi problematiche legate a differenti misure di tempo causate da ritardi o anticipi del geofono trigger, e non dovendo determinate manualmente il tempo di arrivo dell'onda, mediante sovrapposizione delle tracce di due energizzazioni differenti, necessari nella metodologia della Inversione di Polarità, si elimina anche l'errore dovuto alla discrezionalità dell'operatore che esegue la valutazione del momento di arrivo.

Ottenuti i tempi di arrivo è possibile quindi calcolare la velocità di propagazione delle onde S, e con molta cautela delle onde P (molto poco affidabile con il sismocono, in particolare in presenza di falda).

La penetrazione nel terreno 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 che registra le sovra-pressioni dell'acqua di falda indotte 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 $A_m = 150 \text{ cm}^2$

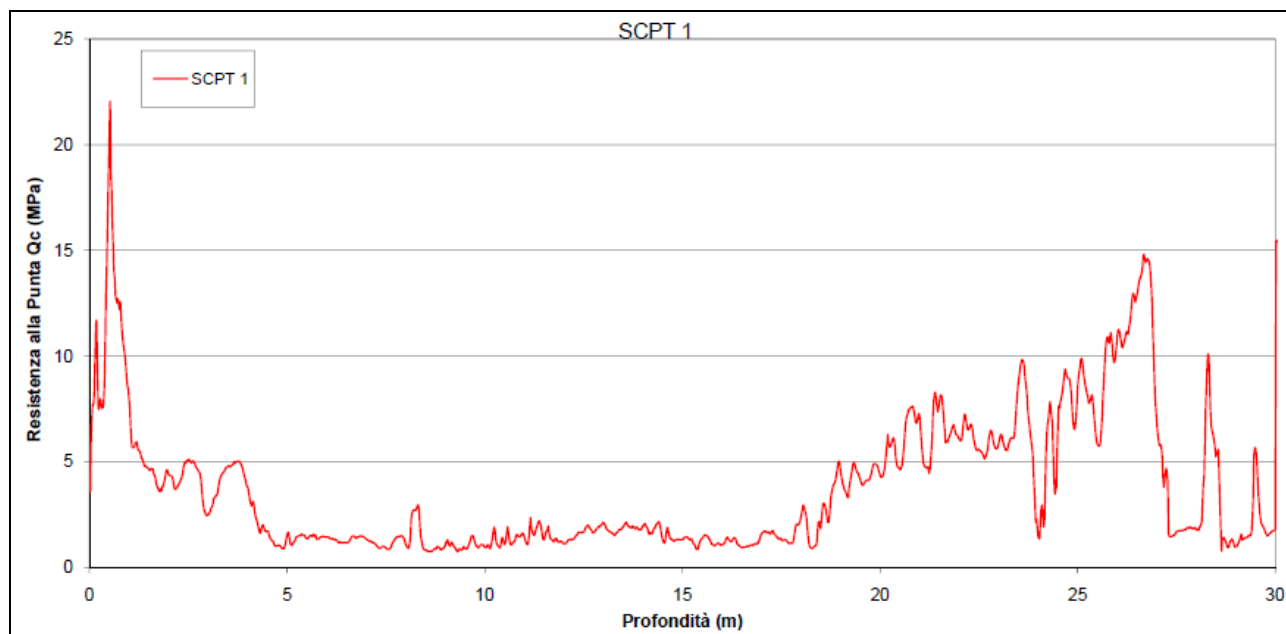
Nei diagrammi e tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture di campagna, durante l'infissione dello strumento):

- $q_c \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \text{resistenza alla punta (conica);}$
- $f_s \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \text{resistenza laterale (manicotto);}$
- $U \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \text{pressione dei pori (setto poroso);}$
- $f_s/q_c \text{ (\%)} = \text{rapporto attrito laterale / resistenza alla punta;}$
- $\Delta U/q_c = \text{variazione pressione dei pori in funzione della resistenza alla punta.}$

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 CPTU, 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 γ , ecc).

7. CARATTERI STRATIGRAFICI DEL SITO



Nella figura sopra riportata viene rappresentato il grafico di resistenza alla punta ricavato dalla prova penetrometrica eseguita. Nel grafico l'approfondimento della prova viene rappresentato sull'asse delle ascisse in metri, mentre in ordinata la resistenza alla punta espressa in MPa.

Valori bassi di resistenza alla punta solitamente indicano la presenza di terreni fini (argille e limi), mentre i valori più alti (oltre i 3/5 MPa) indicano la presenza di terreni sabbiosi.

Sinteticamente i terreni incontrati si possono dividere nei seguenti gruppi:

1. da – 0.00 a – 1.00 m terreni di riporto;
2. da – 1.00 a – 4.20 m limi sabbiosi;
3. da – 4.20 a – 17.80 m argille limose;
4. da – 17.80 a – 27.30 m sabbie e sabbie limose;
5. da – 27.30 a – 30.00 m argille limose con livelli di sabbia limosa;

La profondità della falda è stata rilevata nel foro di prova della penetrometrica come indicato nella tabella sottostante.

Punto di rilievo	Profondità da p.c. (m)	Data rilievo
SCPTU 1	– 4.70 m	06.08.18

8. PARAMETRI GEOTECNICI: VALORI CARATTERISTICI

L'Eurocodice 7 definisce il valore caratteristico di una particolare grandezza del terreno nel seguente modo: "Il valore caratteristico di un parametro geotecnico sarà scelto come stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite".

L'approccio che si segue in questo lavoro per la stima dei valori caratteristici è quello statistico suggerito dall'EC7. Perciò i valori caratteristici verranno selezionati come 5° percentile della distribuzione della media. La distribuzione del valor medio, nel caso di distribuzione normale, viene calcolata utilizzando la 't' di Student ad n-1 gradi di libertà ed ipotizzando che la media del campione coincida con la media della popolazione, usando la seguente relazione:

$$x_k = \bar{x} \pm t_{n-1}^{0.95} \left(\frac{s}{\sqrt{n-1}} \right)$$

Dove:

x_k è il valore caratteristico desiderato;

x con barra il valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione.

Ipotesi che si ritiene corretta dato l'alto numero di campioni che si ottengono dalla prova penetrometrica elettrica (1 ogni 2 centimetri);

t è il valore della distribuzione di student ad n-1 gradi di libertà con probabilità u = 95% (ossia, 1-a = 0.95 o alternativamente, a = 0.05)

s è la deviazione standard del campione;

n il numero di dati.

Come si può notare, la grande mole di dati che si ricavano da un penetrometria elettrica (10 volte quella meccanica) rende il metodo statistico più affidabile, e consentono di ottenere valori caratteristici prossimi alla media, cioè non eccessivamente cautelativi.

Un altro vantaggio dato da un numero di dati sufficientemente elevato è la coincidenza di valori ricavata da una distribuzione normale rispetto una distribuzione lognormale.

Le tabelle sottostanti riportano i valori caratteristici dei parametri geotecnici. Detti parametri sono calcolati sulla base delle correlazioni proposte da P. K. Robertson in "Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering" (5rd edition, 2012).

Tuttavia va posta cautela nell'utilizzare i parametri geotecnici ricavati dalle penetrometrie in terreni non saturi (Unità 1). Le correlazioni di letteratura per la stima di detti parametri sono scarsamente attendibili in assenza di falda.

Penetrometrie	UNITA' 1	UNITA' 2	UNITA' 3	UNITA' 4	UNITA' 5
	TERRENI DI RIPORTO	LIMI SABBIOSI	ARGILLE LIMOSE	SABBIE E SABBIE LIMOSE	ARGILLE LIMOSE CON LIVELLI DI SABBIA LIMOSA
Limite sup. (m)	0,0	1,0	4,2	17,8	27,3
Limite inf. (m)	1,0	4,2	17,8	27,3	30,0
γ (Mg/m ³)	1.97	1.93	1.89	1.97	1.93
media dati	1.97	1.94	1.89	1.97	1.93
dev. Stand	0.00	0.03	0.01	0.02	0.00
n° dati	24	153	727	377	106
Cu (kPa)	-	-	84	-	105
media dati	-	-	85	-	117
dev. Stand	-	-	30	-	70
n° dati	-	-	727	-	106
Φ (°)	49.5	39.7	-	32.5	-
media dati	50.2	40.1	-	32.7	-
dev. Stand	1.8	2.7	-	1.7	-
n° dati	24	153	-	377	-
G ₀ (Mpa)	58.8	58.8	58.1	98.1	86.6
media dati	62.2	60.0	58.9	99.8	90.0
dev. Stand	9.7	8.5	13.6	20.8	21.0
n° dati	24	153	727	377	106
M (MPa)	56.2	52.1	11.6	86.2	10.1
media dati	59.5	53.1	12.0	88.2	13.0
dev. Stand	9.3	7.5	7.5	22.5	17.4
n° dati	24	153	727	377	106
Eu (MPa)	44.8	45.6	42.8	74.6	61.7
media dati	47.5	46.5	44.8	75.9	74.7
dev. Stand	7.4	7.0	32.2	15.4	80.3
n° dati	24	153	727	377	106
Dr (%)	118	56	-	41	-
media dati	122	58	-	42	-
dev. Stand	11	14	-	12	-
n° dati	24	153	-	377	-
OCR	-	-	1.8	-	1.2
media dati	-	-	1.8	-	1.3
dev. Stand	-	-	0.7	-	0.6
n° dati	-	-	727	-	106

9. PARAMETRI SISMICI

9.1. CATEGORIA SISMICA DEL SOTTOSUOLO

L'NTC 2008 (successivamente riconfermato nelle NTC 2018) ha cambiato l'approccio alla valutazione del rischio sismico, introducendo la necessità della sua valutazione in funzione del sito.

A meno di casi particolarmente complessi da un punto di vista geologico/stratigrafico, e quando le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella tabella 3.2.II delle NTC 2018, qui di seguito riportata, per la definizione dell'azione sismica di progetto si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, Vs.

Categoria di suolo	
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D con profondità del substrato non superiore a 30 m</i>

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

h_i è lo spessore (in metri) dell' i -esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità (in m/s) delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Essendo nel sito in esame il substrato roccioso collocato a profondità maggiori di 30 metri dal piano di imposta delle fondazioni o dalla testa dei pali, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ viene qui definita dal parametro V_{s30} .

La V_{s30} è stata determinata attraverso misura diretta della velocità delle onde di taglio con piezocono sismico, ed è risultata essere di **191 m/s** che consente di attribuire al **sottosuolo la categoria sismica "C"**.

9.2. 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 2018 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;

F_o : 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_{VR} : 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 V_R è dato da: $V_R = V_N \times C_U$

Dove V_N 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 COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

C_U 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 P_{VR} considerata, lo spettro di risposta elastico in accelerazione, della componente orizzontale, è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{array}{ll}
0 \leq T < T_B & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
T_B \leq T < T_C & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\
T_C \leq T < T_D & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
T_D \leq T & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
\end{array}$$

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

$$S = S_S \times S_T,$$

essendo S_S il coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_T 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 $\eta = (10/(5 + \xi))^{0.5} \geq 0.55$

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

F_0 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

$$T_C^* = C_C \times T_C,$$

dove T_C^* è definito al § 3.2 delle NTC e C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo ;

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

$$T_B = T_C / 3,$$

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 S_s e C_c , 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 di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	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:

$$d_g = 0.025 \times a_g \times S \times T_c \times T_D$$

$$v_g = 0.16 \times a_g \times S \times T_c$$

9.3. PARAMETRI DELL'AZIONE SISMICA

Dalla mappa della pericolosità sismica dell'INGV, considerando:

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

Classe d'uso, $C_u = III$;

vita di riferimento, $V_r = 75$ anni

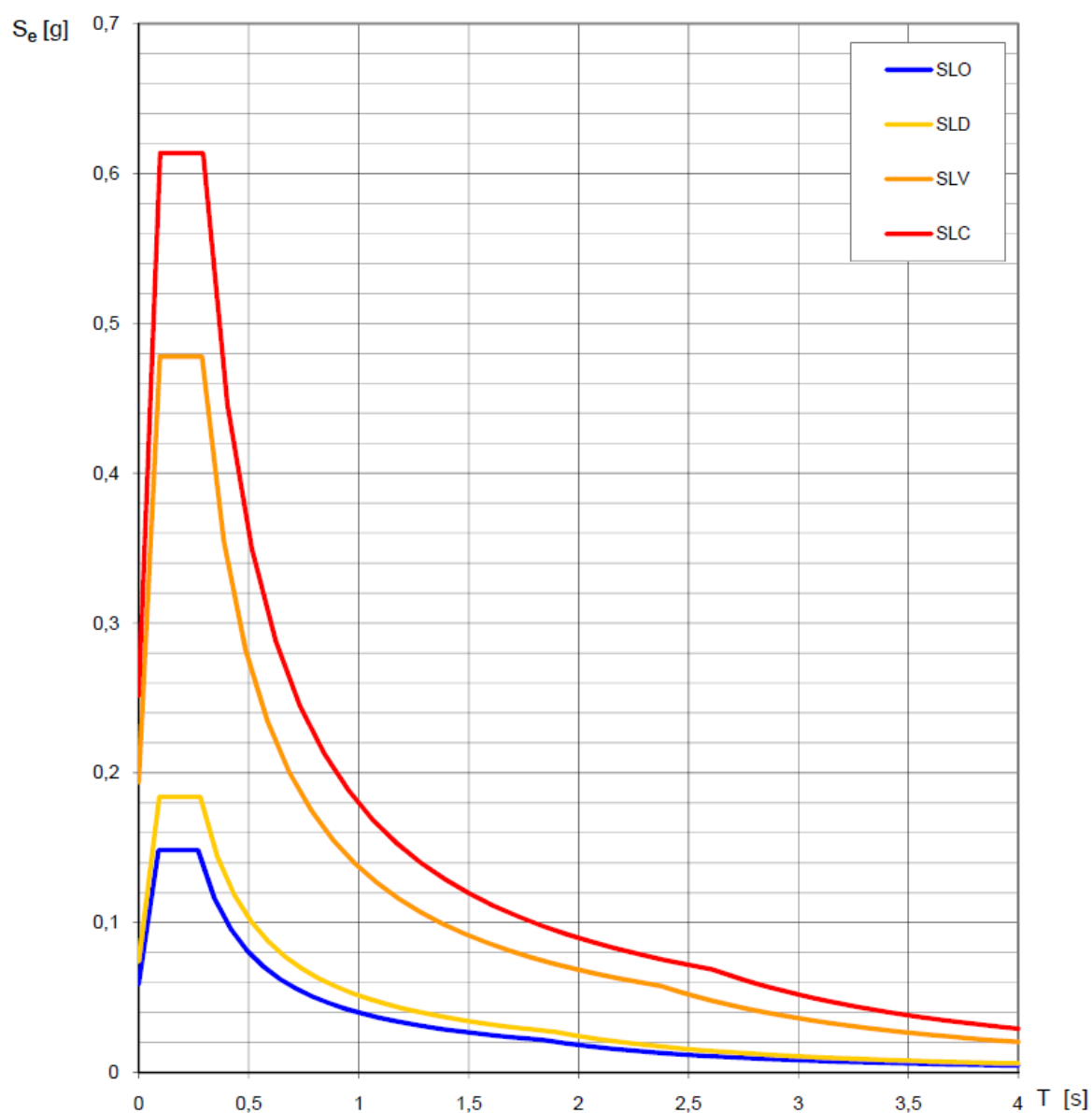
si ricavano i seguenti parametri dell'azione sismica per ciascuna delle verticali indagate:

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	45	0.059	2.497	0.270
SLD	75	0.074	2.480	0.279
SLV	712	0.194	2.465	0.287
SLC	1462	0.252	2.437	0.293

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 "C":

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.074 g
F_o	2.480
T_c^*	0.279 s
S_S	1.500
C_c	1.599
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.000
T_B	0.149 s
T_C	0.447 s
T_D	1.897 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo 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	0.111
$T_B \leftarrow$	0.149	0.276
$T_C \leftarrow$	0.447	0.276
	0.516	0.239
	0.585	0.211
	0.654	0.189
	0.723	0.171
	0.792	0.156
	0.861	0.143
	0.930	0.133
	0.999	0.123
	1.068	0.115
	1.137	0.108
	1.206	0.102
	1.275	0.097
	1.344	0.092
	1.413	0.087
	1.483	0.083
	1.552	0.080
	1.621	0.076
	1.690	0.073
	1.759	0.070
	1.828	0.067
$T_D \leftarrow$	1.897	0.065
	1.997	0.059
	2.097	0.053
	2.197	0.048
	2.297	0.044
	2.398	0.041
	2.498	0.038
	2.598	0.035
	2.698	0.032
	2.798	0.030
	2.898	0.028
	2.998	0.026
	3.099	0.024
	3.199	0.023
	3.299	0.021
	3.399	0.020
	3.499	0.019
	3.599	0.018
	3.700	0.017
	3.800	0.016
	3.900	0.015
	4.000	0.015

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.194 g
F_o	2.465
T_c^*	0.287 s
S_s	1.413
C_c	1.585
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.413
η	1.000
T_B	0.152 s
T_C	0.455 s
T_D	2.375 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo 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	0.274
$T_B \leftarrow$	0.152	0.675
$T_C \leftarrow$	0.455	0.675
	0.546	0.562
	0.638	0.482
	0.729	0.421
	0.821	0.374
	0.912	0.337
	1.004	0.306
	1.095	0.281
	1.187	0.259
	1.278	0.240
	1.369	0.224
	1.461	0.210
	1.552	0.198
	1.644	0.187
	1.735	0.177
	1.827	0.168
	1.918	0.160
	2.010	0.153
	2.101	0.146
	2.193	0.140
	2.284	0.135
$T_D \leftarrow$	2.375	0.129
	2.453	0.121
	2.530	0.114
	2.608	0.107
	2.685	0.101
	2.762	0.096
	2.840	0.091
	2.917	0.086
	2.994	0.081
	3.072	0.077
	3.149	0.074
	3.226	0.070
	3.304	0.067
	3.381	0.064
	3.458	0.061
	3.536	0.058
	3.613	0.056
	3.691	0.054
	3.768	0.051
	3.845	0.049
	3.923	0.047
	4.000	0.046

10. CEDIMENTI POST-SISMICI

Dalle interpretazioni della prova penetrometrica 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 $\Delta u / \sigma'_0$ (ru) 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;

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

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

$$a_{max,s} = a_{ref,g} S_S S_T = 1.903 * 1.413 * 1 = 2.688 \text{ m/s}^2$$

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

$$rd = 0.850$$

$$G/G_0 = 0.373 \text{ (tabella 3 allegato A3);}$$

essendo G_0 (medio) = 55.80 MPa.

Inserendo le grandezze determinate precedentemente l'ampiezza delle deformazioni ricavate delle prove penetrometriche è:

$$\gamma_{\max} = 1.37 \times 10^{-3}$$

Inserendo i valori di deformazione ricavati nella tabella γ - $\gamma\%$ di (tabella 2 degli atti di indirizzo) si ricava un rapporto di incremento della pressione di circa 0.49.

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

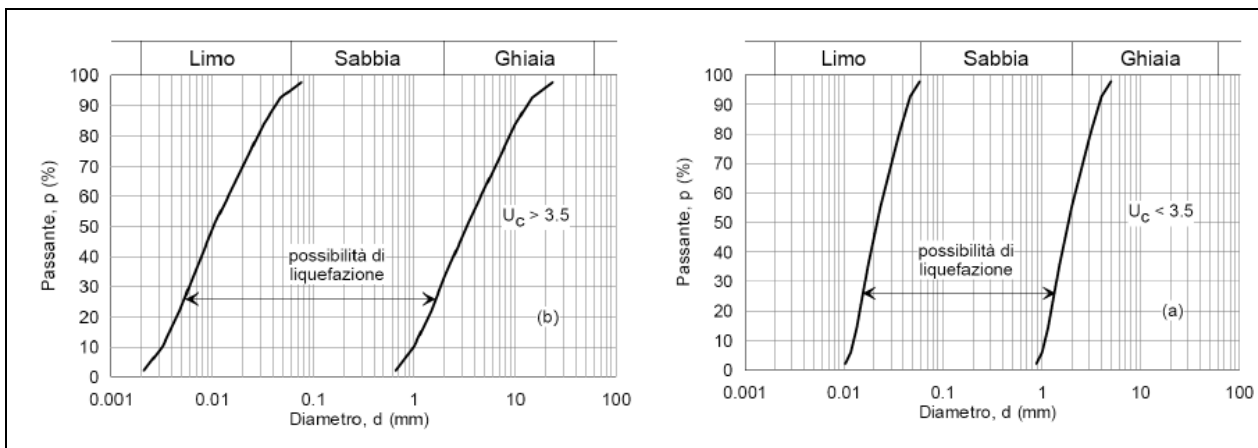
$$\Delta H = \varepsilon_{vr} H = 0.014 \text{ m}$$

11. VALUTAZIONE DELLA LIQUEFACIBILITA' DEI TERRENI

La liquefazione dei terreni è il comportamento dei suoli prevalentemente sabbiosi che, a causa di un aumento della pressione interstiziale (qui considerata come indotta dallo scuotimento sismico), passano improvvisamente da uno stato solido ad un fluido, con conseguente temporanea perdita totale di resistenza al taglio.

Una stima preliminare viene eseguita valutando le sotto riportate condizioni di esclusione della liquefazione nei terreni. Se almeno una delle seguenti condizioni è presente si può ragionevolmente escludere la possibilità che si manifestino fenomeni di liquefazione in caso di terremoto (cfr- NTC 2018 - Capitolo 7.11.3.4.2).

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g; - NON PRESENTE
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali; - NON PRESENTE
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa; - NON PRESENTE
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) delle NTC 2018 (sottoriportate) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$; - NON PRESENTE (non determinabile)



Si procede quindi alla valutazione della liquefacibilità con il metodo di Robertson (1998, 2012), appositamente calibrato per le prove penetrometriche statiche.

Il rischio di manifestarsi del fenomeno della liquefazione viene valutato rapportando la sollecitazione sismica di riferimento Cyclic Strenght Ratio (CSR), con la resistenza dei vari strati di terreno considerato Cyclic Resistance Ratio (CRR).

$FS_{liq} = CRR/CSR \cdot MSF$; dove FS rappresenta il fattore di sicurezza alla liquefazione.

Quando la sollecitazione sismica CSR è maggiore della resistenza del terreno CRR, si può verificare il fenomeno della liquefazione dei terreni.

Il numeratore del rapporto sopra riportato, il CRR, viene ricavato dall'interpretazione delle prove in sito.

La determinazione del rischio di liquefazione mediante l'utilizzo dei dati derivanti da prove CPT (intese come prove con piezocono, anche sismico. La punta meccanica non può utilizzare correttamente la procedura sotto riportata), è stata sviluppata principalmente da P. K. Robertson ed altri autori, mediante un procedimento che è ormai diventato un riferimento mondiale.

Il diagramma di flusso sotto riportato schematizza i vari passaggi, che dalle grandezze meccaniche misurate dalla punta penetrometrica, conducono al dimensionamento del CRR (Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering By P. K. Robertson and K.L. Cabal - 5a edizione Novembre 2012 - Gregg Drilling & Testing, Inc.). Si può notare che questa grandezza sia direttamente proporzionale alla q_c , alla f_s , agli stati tensionali nel terreno ed in misura minore ed indiretta alla U .

Al denominatore, del rapporto si trova il CSR, che dimensiona l'azione innescante la liquefazione. La funzione più utilizzata per dimensionare il CSR è quella proposta da Seed e Idriss (1971):

$$CSR_{7,5} = 0,65 (a_g/g) \times (\sigma_v0 / \sigma'v0) \times r_d \times (1 / MSF)$$

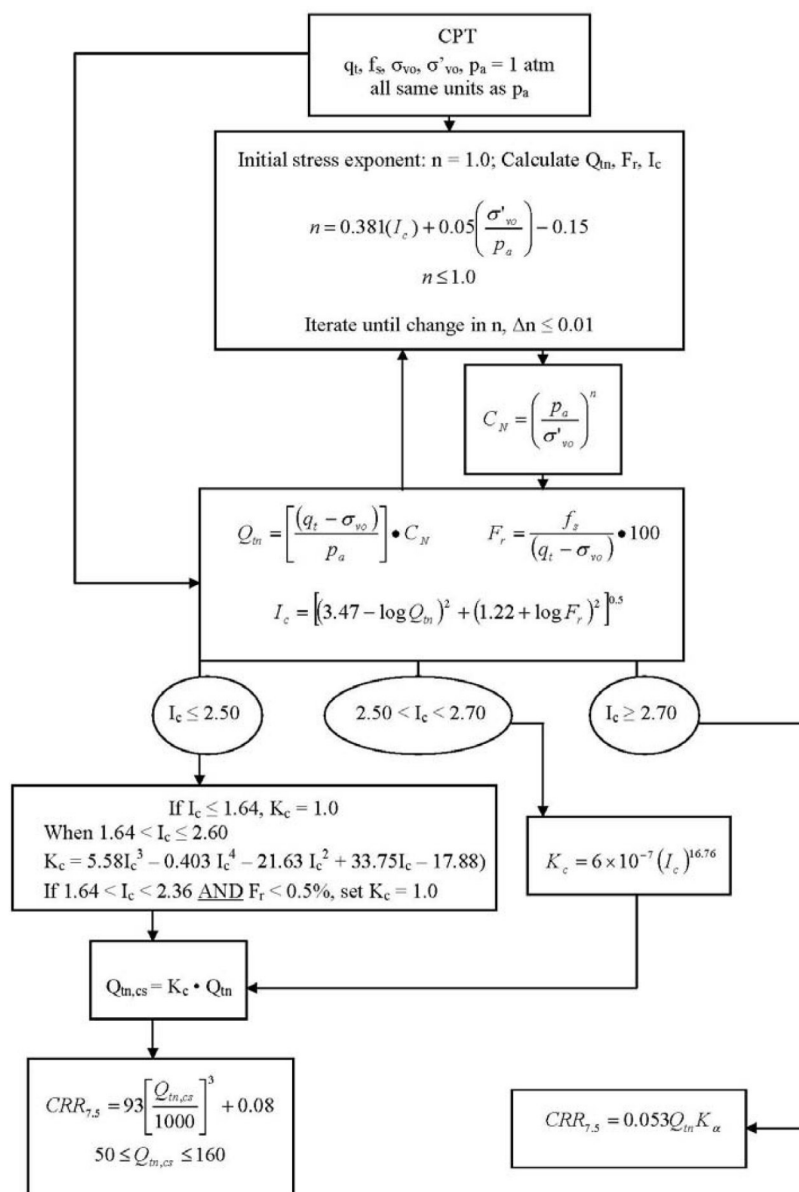
Dove:

σ_v0 = pressione litostatica totale;

σ'_{v0} = pressione litostatica efficace;

rd = coefficiente di riduzione della rigidità con l'aumentare della profondità z;

MSF = (Magnitudo Scaling Factor) fattore di correzione per la magnitudo del sito di analisi.



L'MSF è un coefficiente empirico che riduce o aumenta il rapporto in funzione della magnitudo del terremoto di progetto, essendo state tutte le valutazioni della liquefazione studiate e calibrate su terremoti di magnitudo 7.5 della scala Richter.

Diversi autori propongono molteplici correlazioni per calcolare l'MSF. Nel presente elaborato si fa uso della relazione presentata da Idriss e Boulanger 2007.

Il potenziale di liquefazione PL di uno strato esprime con un numero compreso tra 0 e 1, la pericolosità di liquefazione dello strato nei confronti dell'evento sismico atteso:

$$LP = F(z) \times w(z)$$

dove:

$F(z)$ = funzione che esprime il potenziale di liquefazione di ogni strato in rapporto al FS calcolato

$w(z)$ = funzione che tiene conto della profondità dello strato

con

$F = 0$ per $FS \geq 1$

$F = 1 - FS$ per $FS < 1$

$w(z) = 10^{-0,5 z}$

Allo scopo di avere una valutazione complessiva dello spessore di terreno indagato, e per tenere conto del fatto che in superficie si risente dell'effetto cumulativo della liquefacibilità degli strati sottostanti, Iwasaky et alii (1982) introducono l'indice di liquefazione potenziale LPI.

$$LPI = \sum_{da\ 0\ a\ Z_{cr}} F(z) \times w(z) \times dz$$

Dove Z_{cr} è la profondità critica entro la quale si ritengono significativi gli effetti della liquefazione qui cautelativamente assunta come pari a 20 m.

Le classi di pericolosità di liquefazione secondo Sonmez (2003) sono riportate nella tabella sottostante.

Indice del potenziale di liquefazione, LPI	Pericolosità di liquefazione
$LPI = 0$	Nulla
$0 < LPI \leq 2$	Bassa
$2 < LPI \leq 5$	Moderata
$5 < LPI \leq 15$	Alta
$LPI > 15$	Molto alta

Dalla verifica numerica della possibilità di manifestazione di fenomeni di liquefazione vengono automaticamente escluse le unità argilloso limose incontrate, poiché detti terreni non possono essere soggetti a questo tipo di fenomeno.

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 0.194g, moltiplicata per il fattore di amplificazione stratigrafico funzione della categoria sismica del terreno, mentre la magnitudo del sisma di progetto impiegata nel Magnitudo Scaling Factor (MSF) è 6.14, corrispondente a quella massima della zona sismogenetica 912 cui appartiene il territorio oggetto di indagine.

L'indice di liquefazione I_L del terreno (Iwasaki 1982) è risultato, per la verticale indagata:

SCPTU 1 = 0.060 (basso)

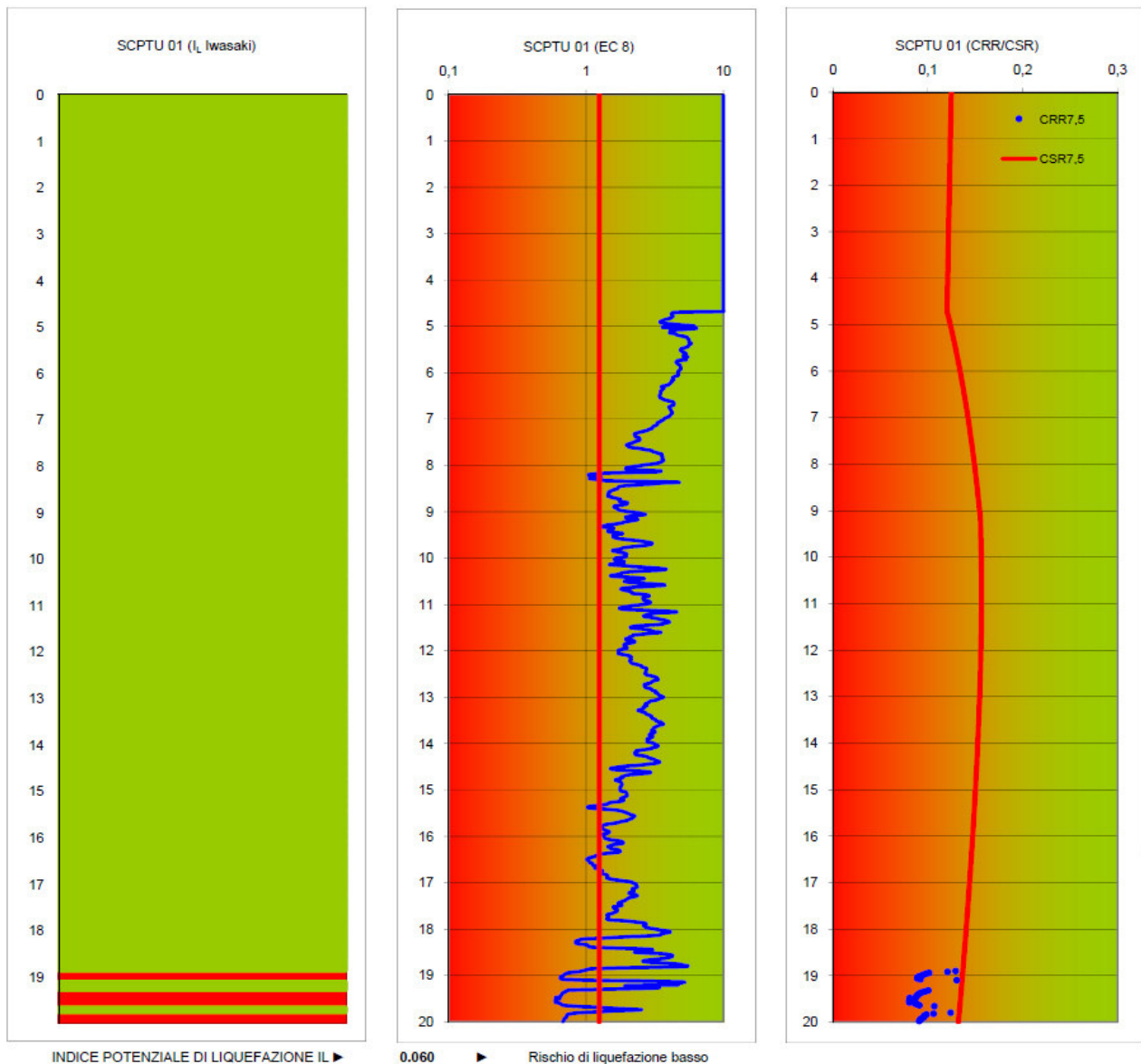
Gli orizzonti in cui FL (fattore di sicurezza alla liquefazione) è inferiore all'unità sono contraddistinti dal colore rosso, e come si può notare nel primo elaborato grafico (colonna di sinistra) sono presenti rari e profondi livelli potenzialmente liquefacibili. L'indice del potenziale si colloca al di sotto della soglia del 2% (rischio di liquefazione basso).

Il secondo grafico mostra l'andamento del fattore di sicurezza confrontato con la soglia di attenzione di 1.25 indicata dall'Eurocodice 8, e conferma le indicazioni già espresse.

Secondo le indicazioni della Regione Emilia Romagna (Ordinanza del Commissario Delegato – Presidente Della Regione Emilia-Romagna n. 70/2012 e relativi Allegati), i terreni in corrispondenza della verticale indagata possono essere classificati come:

N: assenza di orizzonti liquefacibili importanti nei primi 15-20 m.

ANDAMENTO DI F_L PER TERREMOTI DI MAGNITUDO 6,14



12. ELENCO ALLEGATI

ALLEGATO 1	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 Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality
Qualità Ambiente Sicurezza
UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007



COMMITTENTE: COMUNE DI CASTEL MAGGIORE - Via Matteotti 10, Castel Maggiore (BO)

CANTIERE: Via della costituzione, 9 - Castel Maggiore

CPT N° SCPTU 1 PROF. FALDA (m da p.c.) 4.70 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 111010)[a = 0.66]

DATA 06/08/18 PREFOR (m da p.c.) LAT. (WGS 84): 44.579657°

COMMESSA 17370/17 C. SITO N°: S180578 del 23.08.18 LONG. (WGS 84): 11.362684°

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	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi
0.02	3.59	21.13	15	0.22	2.02	4.35	68.00	18.7	0.62	4.02	3.69	62.86	49.3	1.71	6.02	1.43	64.73	28.7	2.74	8.02	1.02	84.15	6.7	3.77
0.04	5.80	29.23	27	0.15	2.04	4.34	67.67	20.7	0.64	4.04	3.46	69.20	50.0	1.72	6.04	1.44	63.40	28.0	2.74	8.04	0.96	83.26	6.7	3.78
0.06	6.98	31.46	28	0.10	2.06	4.35	70.46	20.7	0.66	4.06	3.18	74.76	50.0	1.73	6.06	1.44	63.51	28.7	2.75	8.06	0.90	81.37	7.3	3.78
0.08	7.73	31.79	35	0.23	2.08	4.32	74.35	21.3	0.67	4.08	3.02	81.87	51.3	1.74	6.08	1.38	64.18	28.7	2.76	8.08	0.92	78.03	6.0	3.79
0.10	7.71	53.45	22	0.24	2.10	4.25	80.69	22.0	0.69	4.10	2.91	89.76	53.3	1.75	6.10	1.34	61.74	28.7	2.78	8.10	1.12	69.59	4.0	3.80
0.12	8.17	63.45	18	0.26	2.12	4.07	89.14	22.7	0.69	4.12	2.98	98.76	51.3	1.77	6.12	1.33	60.74	28.0	2.80	8.12	1.49	60.81	0.7	3.82
0.14	9.78	61.12	18	0.29	2.14	3.82	108.44	24.0	0.72	4.14	3.11	102.10	52.0	1.78	6.14	1.37	56.86	24.0	2.84	8.14	2.31	42.37	1.3	3.82
0.16	11.48	59.90	3	0.34	2.16	3.69	114.56	27.3	0.73	4.16	2.97	84.83	52.0	1.81	6.16	1.35	55.53	24.7	2.84	8.16	2.54	42.03	2.0	3.84
0.18	11.70	82.45	5	0.38	2.18	3.70	117.45	26.0	0.74	4.18	2.64	82.50	54.7	1.82	6.18	1.33	53.42	26.0	2.85	8.18	2.69	42.70	3.0	3.84
0.20	9.43	129.67	7	0.45	2.20	3.75	113.45	28.0	0.76	4.20	2.41	84.39	54.0	1.83	6.20	1.34	52.98	24.0	2.86	8.20	2.72	41.48	5.3	3.84
0.22	7.65	151.22	15	0.40	2.22	3.80	107.57	28.7	0.77	4.22	2.30	85.39	54.7	1.84	6.22	1.32	53.64	24.7	2.87	8.22	2.72	41.59	9.3	3.85
0.24	7.47	149.56	12	0.40	2.24	3.88	98.01	29.3	0.78	4.24	2.20	89.73	56.7	1.85	6.24	1.30	53.87	24.7	2.89	8.24	2.69	43.48	10.0	3.85
0.26	7.66	135.11	12	0.38	2.26	3.94	86.24	29.3	0.79	4.26	2.03	90.84	56.7	1.87	6.26	1.29	52.09	25.3	2.89	8.26	2.72	44.81	9.3	3.86
0.28	7.98	102.67	13	0.38	2.28	3.99	76.57	31.3	0.80	4.28	1.88	86.51	56.7	1.88	6.28	1.22	56.98	25.3	2.90	8.28	2.83	44.81	6.7	3.86
0.30	7.75	78.44	11	0.39	2.30	4.10	67.24	30.0	0.80	4.30	1.70	86.51	57.3	1.88	6.30	1.16	61.98	25.3	2.91	8.30	2.95	50.59	5.3	3.86
0.32	7.54	64.10	11	0.39	2.32	4.18	58.24	31.3	0.82	4.32	1.62	86.07	57.3	1.90	6.32	1.20	58.20	24.0	2.92	8.32	2.97	51.92	5.3	3.87
0.34	7.57	34.54	12	0.36	2.34	4.29	50.58	30.0	0.84	4.34	1.73	81.63	57.3	1.91	6.34	1.21	53.76	24.7	2.93	8.34	2.71	51.03	5.3	3.88
0.36	7.74	71.54	14	0.37	2.36	4.48	46.03	30.0	0.85	4.36	1.90	75.07	56.7	1.92	6.36	1.18	51.21	24.7	2.94	8.36	1.96	49.37	10.7	3.89
0.38	8.72	61.54	22	0.35	2.38	4.73	45.92	28.7	0.87	4.38	2.01	67.52	57.3	1.92	6.38	1.18	47.76	24.7	2.95	8.38	1.52	39.70	12.7	3.90
0.40	10.87	40.65	35	0.35	2.40	4.89	46.81	28.7	0.88	4.40	2.00	59.74	58.0	1.93	6.40	1.16	45.10	24.0	2.96	8.40	1.31	26.48	13.3	3.93
0.42	12.94	42.42	44	0.35	2.42	4.99	48.70	30.0	0.89	4.42	1.86	58.30	58.0	1.94	6.42	1.17	41.10	22.7	2.98	8.42	1.09	27.03	15.3	3.94
0.44	14.44	50.75	53	0.36	2.44	4.94	51.37	30.0	0.91	4.44	1.73	59.08	58.7	1.95	6.44	1.17	37.43	22.0	2.99	8.44	0.90	27.03	15.3	3.95
0.46	16.56	52.19	62	0.36	2.46	5.07	53.82	30.0	0.91	4.46	1.68	60.86	59.3	1.96	6.46	1.17	36.10	20.7	3.00	8.46	0.85	21.37	14.0	3.96
0.48	18.60	74.52	65	0.33	2.48	5.01	58.04	32.0	0.93	4.48	1.72	63.53	58.7	1.97	6.48	1.16	36.10	22.0	3.01	8.48	0.84	18.48	14.0	3.96
0.50	20.07	82.62	67	0.27	2.50	5.05	61.16	31.3	0.94	4.50	1.72	65.20	60.7	1.98	6.50	1.16	36.10	21.3	3.02	8.50	0.84	18.81	11.3	3.97
0.52	22.05	98.51	75	0.29	2.52	5.12	61.16	32.0	0.95	4.52	1.72	64.64	59.3	1.99	6.52	1.17	35.99	20.7	3.03	8.52	0.81	20.92	11.3	3.98
0.54	18.51	59.83	49	0.30	2.54	5.01	59.94	32.7	0.96	4.54	1.57	64.09	59.3	2.00	6.54	1.18	35.88	20.0	3.04	8.54	0.79	23.37	10.7	3.99
0.56	17.97	103.17	48	0.30	2.56	5.02	58.61	30.0	0.98	4.56	1.43	60.20	61.3	2.01	6.56	1.23	37.43	20.7	3.05	8.56	0.77	20.92	9.3	4.00
0.58	16.21	145.82	68	0.29	2.58	4.95	56.28	33.3	0.98	4.58	1.36	59.65	60.7	2.02	6.58	1.26	38.99	20.7	3.06	8.58	0.76	19.37	7.3	4.01
0.60	15.14	157.92	53	0.30	2.60	5.00	55.06	34.7	1.00	4.60	1.33	61.54	60.7	2.02	6.60	1.33	38.44	20.0	3.07	8.60	0.77	17.48	6.7	4.02
0.62	14.08	165.25	50	0.30	2.62	5.04	53.40	33.3	1.01	4.62	1.25	63.32	61.3	2.03	6.62	1.41	37.66	18.7	3.08	8.62	0.76	17.03	4.0	4.02
0.64	13.67	163.36	59	0.31	2.64	4.99	51.18	34.7	1.00	4.64	1.24	57.22	61.3	2.04	6.64	1.46	38.99	17.3	3.10	8.64	0.77	18.03	2.7	4.04
0.66	12.77	182.24	53	0.30	2.66	4.93	50.29	35.3	1.04	4.66	1.19	52.55	61.3	2.05	6.66	1.49	39.66	18.0	3.12	8.66	0.76	18.81	3.3	4.04
0.68	12.73	186.80	60	0.31	2.68	4.81	53.19	34.7	1.04	4.68	1.03	50.67	63.3	2.04	6.68	1.49	43.77	17.3	3.13	8.68	0.79	20.15	2.0	4.05
0.70	12.51	153.24	63	0.26	2.70	4.73	57.41	34.7	1.05	4.70	1.04	45.22	62.0	2.06	6.70	1.48	48.44	18.7	3.15	8.70	0.83	22.04	1.3	4.05
0.72	12.71	126.01	66	0.25	2.72	4.70	60.19	35.3	1.06	4.72	1.01	42.56	62.0	2.06	6.72	1.42	55.22	17.3	3.15	8.72	0.87	23.04	2.0	4.05
0.74	12.44	101.68	63	0.26	2.74	4.64	62.97	35.3	1.07	4.74	1.01	40.34	62.0	2.08	6.74	1.39	60.11	17.3	3.16	8.74	0.90	23.26	4.7	4.06
0.76	12.21	116.34	62	0.26	2.76	4.55	65.76	36.0	1.09	4.76	1.04	36.01	62.0	2.09	6.76	1.41	63.78	18.0	3.17	8.76	0.88	23.93	4.0	4.07
0.78	12.58	134.11	69	0.26	2.78	4.52	67.32	36.7	1.09	4.78	1.05	32.24	61.3	2.10	6.78	1.42	68.78	17.3	3.19	8.78	0.91	22.04	4.0	4.08
0.80	12.01	153.66	63	0.25	2.80	4.38	70.87	37.3	1.11	4.80	1.04	30.79	61.3	2.11	6.80	1.45	73.45	16.7	3.20	8.80	0.99	22.71	5.3	4.08
0.82	11.25	137.66	56	0.26	2.82	4.19	75.21	38.7	1.12	4.82	1.02	32.58	62.7	2.11	6.82	1.46	73.67	17.3	3.21	8.82	0.99	21.49	4.7	4.09
0.84	10.83	142.10	55	0.26	2.84	3.75	80.32	39.3	1.12	4.84	0.98	32.91	62.0	2.12	6.84	1.48	70.23	16.7	3.22	8.84	0.97	23.04	4.7	4.10
0.86	10.54	154.98	56	0.24	2.86	3.27	90.32	40.7	1.13	4.86	0.93	33.25	61.3	2.13	6.86	1.49	69.23	18.0	3.23	8.86	0.91	24.27	4.7	4.10
0.88	10.28	141.75	55	0.24	2.88	2.94	102.22	40.0	1.14	4.88	0.91	34.47	61.3	2.14	6.88	1.49	70.00	16.7	3.23	8.88	0.84	25.49	4.7	4.10
0.90	9.96	131.41	522																					



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

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality
Qualità Ambiente Sicurezza
UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007



COMMITTENTE: COMUNE DI CASTEL MAGGIORE - Via Matteotti 10, Castel Maggiore (BO)

CANTIERE: Via della costituzione, 9 - Castel Maggiore

CPT N° SCPTU 1 PROF. FALDA (m da p.c.) 4.70 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 111010)[a = 0.66]

DATA 06/08/18 PREF. FALDA (m da p.c.) LAT. (WGS 84): 44.579657°

COMMESSA 17370/17 C. SITO N°: S180578 del 23.08.18 LONG. (WGS 84): 11.362684°

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	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi
10.02	0.94	30.06	39	4.59	12.02	1.13	35.27	107.3	5.29	14.02	1.97	89.94	450.0	5.85	16.02	1.09	62.74	511.3	6.45	18.02	2.56	63.53	161.3	7.16
10.04	0.95	32.62	41	4.60	12.04	1.13	34.71	108.7	5.30	14.04	2.06	85.83	451.3	5.85	16.04	1.10	66.07	519.3	6.46	18.04	2.81	69.87	148.7	7.16
10.06	1.03	37.40	41	4.60	12.06	1.12	30.94	111.3	5.30	14.06	2.06	86.27	453.3	5.87	16.06	1.14	66.29	526.7	6.46	18.06	2.96	77.09	129.3	7.17
10.08	1.07	40.95	43	4.61	12.08	1.20	30.16	114.7	5.31	14.08	1.96	88.16	426.7	5.87	16.08	1.20	64.29	536.0	6.46	18.08	2.84	81.42	125.3	7.18
10.10	0.98	39.06	41	4.61	12.10	1.26	27.27	119.3	5.31	14.10	1.91	85.60	400.0	5.88	16.10	1.32	61.18	545.3	6.48	18.10	2.65	75.31	126.0	7.18
10.12	0.94	36.06	40	4.62	12.12	1.31	28.05	121.3	5.31	14.12	1.81	84.60	380.0	5.88	16.12	1.38	62.73	486.0	6.48	18.12	2.59	59.64	132.0	7.19
10.14	0.89	36.18	41	4.64	12.14	1.32	27.61	122.7	5.32	14.14	1.67	85.15	375.3	5.90	16.14	1.44	58.73	384.0	6.50	18.14	2.37	51.64	129.3	7.19
10.16	1.07	35.07	49	4.66	12.16	1.31	29.83	125.3	5.32	14.16	1.56	84.60	373.3	5.91	16.16	1.38	55.73	368.7	6.50	18.16	1.87	49.20	120.0	7.21
10.18	1.20	34.73	52	4.67	12.18	1.33	39.63	146.7	5.33	14.18	1.65	88.74	221.3	5.92	16.18	1.29	52.08	258.7	6.50	18.18	1.48	44.75	120.0	7.21
10.20	1.47	34.73	55	4.67	12.20	1.31	45.74	149.3	5.33	14.20	1.59	88.19	222.7	5.92	16.20	1.26	51.08	262.7	6.50	18.20	1.19	41.08	126.7	7.21
10.22	1.75	34.07	59	4.68	12.22	1.32	49.63	150.7	5.33	14.22	1.60	84.74	228.0	5.93	16.22	1.22	52.31	267.3	6.51	18.22	0.99	36.64	264.7	7.23
10.24	1.91	34.18	55	4.68	12.24	1.33	53.18	150.7	5.35	14.24	1.61	82.74	234.0	5.93	16.24	1.24	49.75	270.7	6.52	18.24	0.95	34.97	270.7	7.23
10.26	1.71	47.18	49	4.69	12.26	1.35	56.41	154.0	5.35	14.26	1.73	74.41	241.3	5.93	16.26	1.26	50.97	276.0	6.52	18.26	0.92	31.19	274.7	7.23
10.28	1.35	53.73	43	4.70	12.28	1.41	56.29	155.3	5.35	14.28	1.85	67.19	244.0	5.94	16.28	1.36	51.31	283.3	6.52	18.28	0.91	27.31	282.0	7.24
10.30	1.15	52.62	44	4.71	12.30	1.48	54.96	159.3	5.35	14.30	1.87	63.52	248.0	5.94	16.30	1.39	50.31	290.7	6.53	18.30	0.91	26.42	288.7	7.25
10.32	1.07	48.96	46	4.72	12.32	1.55	55.18	162.0	5.35	14.32	1.94	60.74	252.0	5.95	16.32	1.41	47.19	291.3	6.54	18.32	0.94	23.97	296.7	7.25
10.34	1.03	42.62	50	4.72	12.34	1.55	56.29	162.7	5.35	14.34	2.02	61.07	258.7	5.95	16.34	1.39	48.19	285.3	6.55	18.34	1.01	21.97	306.0	7.26
10.36	0.97	37.51	52	4.74	12.36	1.62	55.85	165.3	5.36	14.36	2.08	58.85	263.3	5.96	16.36	1.25	56.86	278.0	6.55	18.36	1.03	21.75	311.3	7.27
10.38	0.92	35.96	53	4.74	12.38	1.66	55.07	166.0	5.37	14.38	2.12	53.96	265.3	5.96	16.38	1.13	64.31	286.7	6.56	18.38	1.03	22.42	317.3	7.28
10.40	1.01	34.40	57	4.75	12.40	1.66	55.96	166.7	5.37	14.40	2.17	58.74	269.3	5.97	16.40	1.09	58.64	294.0	6.57	18.40	1.18	21.53	333.3	7.29
10.42	1.29	31.07	62	4.76	12.42	1.66	58.18	167.3	5.37	14.42	2.09	64.29	266.0	5.98	16.42	1.06	52.08	296.0	6.59	18.42	1.73	21.75	365.3	7.30
10.44	1.42	26.84	62	4.76	12.44	1.66	62.41	169.3	5.38	14.44	1.91	66.85	255.3	5.98	16.44	1.04	48.97	299.3	6.59	18.44	2.15	19.75	380.7	7.30
10.46	1.33	28.84	57	4.77	12.46	1.67	67.18	170.7	5.39	14.46	1.74	63.85	250.0	5.99	16.46	0.99	48.97	302.0	6.60	18.46	2.16	22.97	229.3	7.31
10.48	1.17	32.40	62	4.78	12.48	1.65	72.84	171.3	5.40	14.48	1.48	62.74	242.7	5.98	16.48	0.96	44.53	306.7	6.61	18.48	1.98	32.97	188.7	7.32
10.50	1.10	30.96	62	4.78	12.50	1.67	77.73	174.0	5.40	14.50	1.30	66.85	241.3	5.99	16.50	0.94	37.31	313.3	6.62	18.50	1.84	37.75	215.3	7.33
10.52	1.18	28.06	63	4.79	12.52	1.71	80.40	176.7	5.40	14.52	1.20	50.29	248.0	5.99	16.52	0.95	31.42	322.0	6.62	18.52	2.26	37.09	242.7	7.33
10.54	1.35	30.18	69	4.81	12.54	1.82	82.29	178.0	5.40	14.54	1.15	44.84	258.0	6.00	16.54	0.95	27.64	329.3	6.63	18.54	2.73	39.64	255.3	7.34
10.56	1.71	35.06	71	4.81	12.56	1.91	84.40	182.0	5.41	14.56	1.20	39.84	270.0	6.00	16.56	0.95	26.19	337.3	6.63	18.56	2.98	52.53	163.3	7.34
10.58	1.92	34.62	71	4.81	12.58	1.97	84.07	184.0	5.41	14.58	1.45	35.84	284.7	6.01	16.58	0.97	22.97	346.7	6.64	18.58	3.04	64.53	156.0	7.35
10.60	1.66	39.84	64	4.83	12.60	1.98	86.40	184.0	5.41	14.60	1.75	35.29	292.7	6.00	16.60	0.97	20.97	354.7	6.66	18.60	2.99	64.53	156.0	7.36
10.62	1.35	42.62	61	4.84	12.62	2.00	88.84	185.3	5.42	14.62	1.89	35.95	299.3	6.01	16.62	0.98	19.08	361.3	6.66	18.62	2.84	68.75	154.0	7.37
10.64	1.15	39.73	59	4.85	12.64	1.92	92.40	186.0	5.42	14.64	1.79	37.95	292.0	6.01	16.64	1.02	18.31	369.3	6.66	18.64	2.65	72.09	151.3	7.38
10.66	1.06	34.06	63	4.86	12.66	1.85	92.17	186.0	5.43	14.66	1.59	44.29	286.7	6.02	16.66	1.01	17.86	374.0	6.68	18.66	2.36	75.87	148.0	7.39
10.68	1.09	28.29	71	4.86	12.68	1.83	88.17	188.0	5.44	14.68	1.42	49.06	283.3	6.02	16.68	0.99	17.86	381.3	6.68	18.68	2.15	71.75	149.3	7.40
10.70	1.13	26.95	72	4.87	12.70	1.79	86.17	188.0	5.44	14.70	1.37	56.95	292.7	6.01	16.70	1.03	17.08	391.3	6.68	18.70	2.13	63.20	164.0	7.40
10.72	1.21	27.73	74	4.88	12.72	1.67	82.61	194.7	5.46	14.72	1.33	65.40	302.0	6.02	16.72	1.04	17.08	399.3	6.70	18.72	2.39	57.09	184.0	7.41
10.74	1.21	27.29	74	4.88	12.74	1.67	82.28	196.7	5.46	14.74	1.35	62.73	306.0	6.02	16.74	1.07	17.19	410.7	6.70	18.74	2.98	56.75	200.0	7.42
10.76	1.23	26.18	77	4.90	12.76	1.67	76.50	197.3	5.46	14.76	1.29	62.29	306.0	6.03	16.76	1.06	18.75	414.0	6.71	18.76	3.37	67.31	181.3	7.42
10.78	1.43	28.29	79	4.91	12.78	1.68	72.94	202.0	5.46	14.78	1.23	61.18	312.7	6.03	16.78	1.04	19.75	424.0	6.73	18.78	3.57	78.09	176.7	7.43
10.80	1.55	35.06	81	4.92	12.80	1.73	68.72	204.7	5.48	14.80	1.26	55.29	318.0	6.05	16.80	1.06	18.75	434.7	6.73	18.80	3.76	81.75	177.3	7.44
10.82	1.55	34.29	81	4.92	12.82	1.81	64.27	210.0	5.48	14.82	1.30	48.40	324.0	6.05	16.82	1.11	17.53	448.7	6.75	18.82	3.89	67.53	180.7	7.44
10.84	1.48	41.62	79	4.92	12.84	1.83	63.16	214.0	5.48	14.84	1.31	43.62	328.0	6.06	16.84	1.13	18.98	460.0	6.75	18.84	3.96	54.53	178.7	7.45
10.86	1.45	46.73	79	4.93	12.86	1.89	58.27	217.3	5.48	14.86	1.32	44.29	330.0	6.06	16.86	1.14	18.							



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed am. via: 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

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality
Qualità Ambiente Sicurezza
UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007



COMMITTENTE: COMUNE DI CASTEL MAGGIORE - Via Matteotti 10, Castel Maggiore (BO)

CANTIERE: Via della costituzione, 9 - Castel Maggiore

CPT N° SCPTU 1 PROF. FALDA (m da p.c.) 4.70 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 111010)[a = 0.66]

DATA 06/08/18 PREFORO (m da p.c.) LAT. (WGS 84): 44.579657°

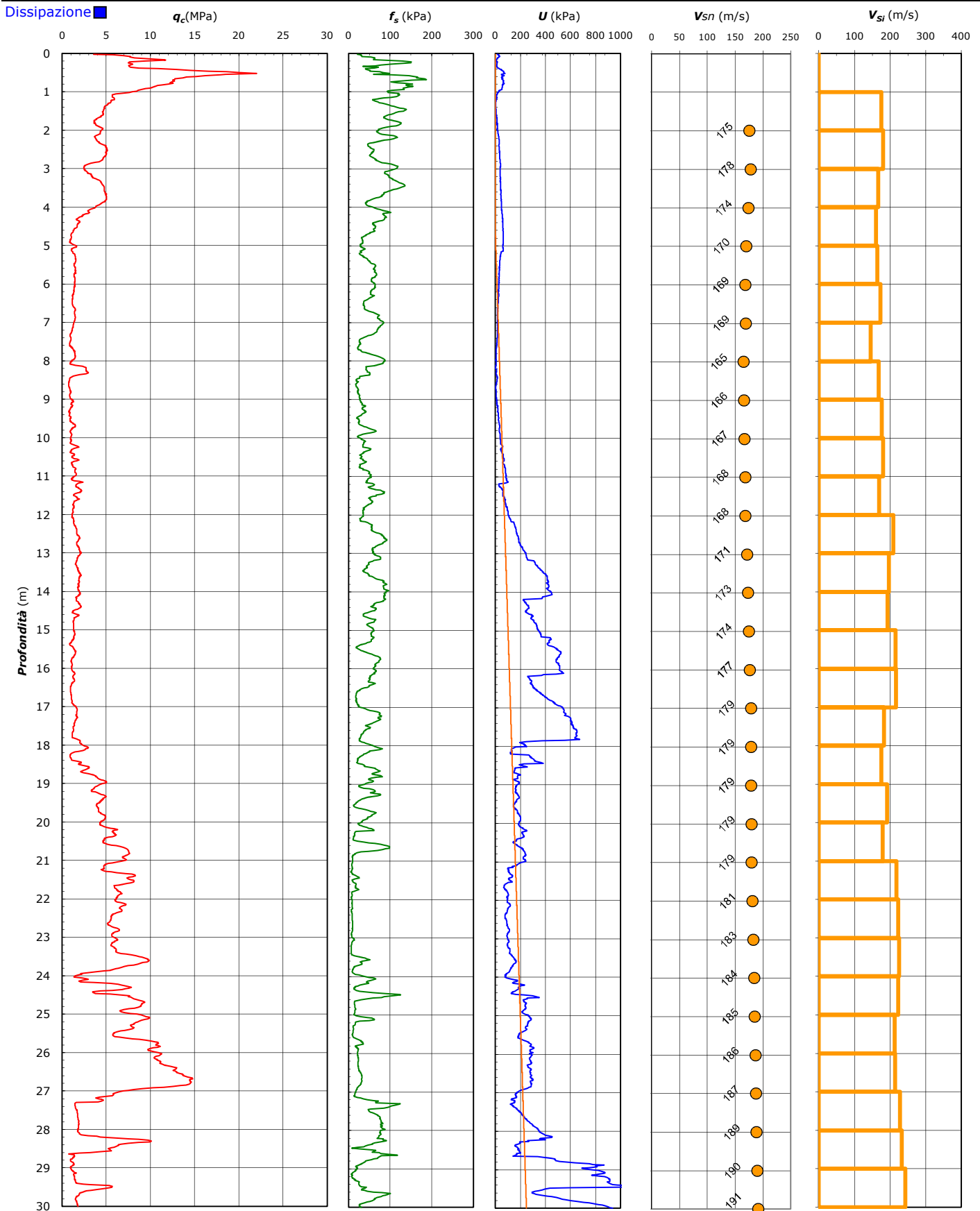
COMMESSA 17370/17 C. SITO N°: S180578 del 23.08.18 LONG. (WGS 84): 11.362684°

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	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi
20.02	4.29	23.06	185	7.88	22.02	6.04	8.48	94.0	8.55	24.02	1.36	50.35	89.3	9.32	26.02	11.21	21.46	292.0	10.64	28.02	1.80	76.12	356.7	11.95
20.04	4.26	24.50	187	7.88	22.04	5.98	8.25	94.0	8.56	24.04	1.40	61.13	120.0	9.34	26.04	11.25	22.02	287.3	10.65	28.04	1.78	75.57	366.7	11.97
20.06	4.29	26.28	189	7.90	22.06	6.01	8.59	97.3	8.56	24.06	2.31	65.46	152.7	9.35	26.06	11.11	22.35	281.3	10.66	28.06	1.76	75.01	376.7	11.98
20.08	4.37	30.16	195	7.90	22.08	6.24	8.25	108.0	8.56	24.08	2.83	59.46	176.7	9.36	26.08	10.94	22.46	279.3	10.68	28.08	1.90	77.02	390.0	11.99
20.10	4.52	35.61	204	7.90	22.10	6.60	8.03	114.7	8.57	24.10	2.95	51.24	177.3	9.37	26.10	10.67	23.12	273.3	10.69	28.10	1.96	77.91	399.3	12.01
20.12	4.73	44.27	214	7.92	22.12	7.01	8.36	118.0	8.59	24.12	2.30	45.68	149.3	9.39	26.12	10.44	23.79	272.0	10.70	28.12	2.02	74.57	420.0	12.02
20.14	5.05	48.50	222	7.92	22.14	7.25	8.59	120.0	8.60	24.14	1.92	42.57	137.3	9.40	26.14	10.39	23.78	274.0	10.72	28.14	2.18	73.02	454.0	12.03
20.16	5.47	55.61	233	7.94	22.16	7.19	9.03	115.3	8.60	24.16	2.13	47.46	145.3	9.41	26.16	10.55	24.23	279.3	10.73	28.16	2.96	73.02	446.7	12.05
20.18	5.91	59.27	244	7.94	22.18	6.95	9.25	106.7	8.60	24.18	3.55	48.24	203.3	9.43	26.18	10.71	23.56	283.3	10.74	28.18	3.92	71.47	361.3	12.06
20.20	6.29	60.71	252	7.95	22.20	6.67	9.03	100.0	8.61	24.20	5.47	36.80	234.0	9.44	26.20	10.82	23.56	283.3	10.76	28.20	4.32	68.58	355.3	12.07
20.22	5.84	18.05	219	7.97	22.22	6.53	9.59	99.3	8.62	24.22	6.31	27.02	193.3	9.45	26.22	11.04	23.00	289.3	10.77	28.22	6.00	83.36	398.7	12.09
20.24	5.71	16.50	213	7.97	22.24	6.51	10.14	99.3	8.62	24.24	6.74	22.13	195.3	9.47	26.24	11.17	22.44	286.7	10.78	28.24	7.52	82.59	258.0	12.10
20.26	5.70	14.83	214	7.98	22.26	6.59	6.74	93.3	8.65	24.26	6.99	17.15	184.7	9.48	26.26	11.12	22.66	280.0	10.80	28.26	8.65	90.81	263.3	12.11
20.28	5.82	14.39	219	7.99	22.28	6.73	6.52	94.0	8.65	24.28	7.42	15.27	189.3	9.49	26.28	11.04	23.10	255.3	10.81	28.28	9.75	87.70	194.7	12.13
20.30	5.95	13.84	223	7.99	22.30	6.78	6.85	95.3	8.67	24.30	7.85	13.38	194.0	9.51	26.30	11.35	22.55	259.3	10.82	28.30	10.10	76.05	199.3	12.14
20.32	6.05	15.28	227	8.00	22.32	6.72	7.41	92.7	8.67	24.32	7.56	12.60	174.7	9.52	26.32	11.58	23.11	260.0	10.84	28.32	9.95	63.71	188.7	12.15
20.34	6.14	14.17	229	8.01	22.34	6.52	7.96	85.3	8.67	24.34	7.16	15.38	165.3	9.53	26.34	11.82	23.67	260.7	10.85	28.34	8.63	56.94	170.7	12.16
20.36	6.01	12.05	221	8.01	22.36	6.21	8.41	79.3	8.67	24.36	6.77	18.16	156.0	9.55	26.36	12.33	23.89	276.7	10.86	28.36	7.49	58.27	159.3	12.18
20.38	5.66	12.16	209	8.03	22.38	5.96	8.52	77.3	8.68	24.38	5.68	27.27	141.3	9.56	26.38	12.74	23.89	286.7	10.88	28.38	6.70	47.71	156.7	12.19
20.40	5.21	11.72	175	8.03	22.40	5.78	8.85	75.3	8.69	24.40	4.33	37.83	133.3	9.57	26.40	12.97	24.33	286.7	10.89	28.40	6.44	40.27	170.0	12.20
20.42	4.90	11.28	169	8.03	22.42	5.67	8.96	76.7	8.69	24.42	3.47	58.83	127.3	9.59	26.42	12.92	24.44	278.0	10.90	28.42	6.36	36.49	174.7	12.22
20.44	4.75	11.05	168	8.05	22.44	5.57	8.96	77.3	8.69	24.44	3.59	87.50	166.7	9.60	26.44	12.76	25.00	274.0	10.91	28.44	6.12	22.16	180.7	12.23
20.46	4.76	12.83	163	8.06	22.46	5.52	8.84	78.0	8.70	24.46	3.78	121.94	225.3	9.61	26.46	12.55	27.44	274.7	10.93	28.46	5.89	7.83	186.7	12.24
20.48	4.72	21.28	147	8.07	22.48	5.56	8.84	82.7	8.70	24.48	5.43	125.50	296.7	9.62	26.48	12.75	28.11	281.3	10.94	28.48	5.60	31.05	181.3	12.26
20.50	4.63	36.72	142	8.08	22.50	5.60	8.84	86.0	8.71	24.50	6.54	105.38	324.0	9.64	26.50	12.91	29.33	279.3	10.95	28.50	5.23	56.83	189.3	12.27
20.52	4.63	49.83	151	8.08	22.52	5.55	8.84	88.0	8.71	24.52	7.64	85.27	351.3	9.65	26.52	13.05	30.10	279.3	10.97	28.52	5.41	65.71	188.7	12.28
20.54	4.73	63.05	163	8.10	22.54	5.51	8.84	90.0	8.71	24.54	7.51	79.48	358.0	9.66	26.54	13.33	30.88	288.7	10.98	28.54	5.50	61.05	195.3	12.30
20.56	4.88	77.27	169	8.10	22.56	5.48	9.84	90.7	8.73	24.56	7.78	59.26	251.3	9.68	26.56	13.59	31.32	288.7	10.99	28.56	5.58	56.39	202.0	12.31
20.58	5.13	85.61	177	8.11	22.58	5.43	10.06	90.0	8.74	24.58	7.96	44.48	226.0	9.69	26.58	13.66	32.10	280.0	11.01	28.58	4.26	73.94	168.0	12.32
20.60	5.58	91.27	188	8.12	22.60	5.37	10.28	89.3	8.74	24.60	8.16	30.59	222.7	9.70	26.60	13.79	31.76	280.7	11.02	28.60	3.18	76.60	174.0	12.34
20.62	6.11	98.05	199	8.12	22.62	5.26	9.61	93.3	8.74	24.62	8.34	20.59	224.7	9.72	26.62	13.94	31.88	284.7	11.03	28.62	1.97	96.93	158.0	12.35
20.64	6.60	98.83	209	8.12	22.64	5.14	10.06	90.7	8.75	24.64	8.69	15.03	234.0	9.73	26.64	14.23	32.21	294.0	11.05	28.64	0.77	117.27	142.0	12.36
20.66	6.96	98.16	217	8.12	22.66	5.20	9.83	94.0	8.76	24.66	9.10	13.92	245.3	9.74	26.66	14.73	31.21	302.0	11.06	28.66	1.38	79.27	338.7	12.38
20.68	7.16	88.94	222	8.12	22.68	5.28	9.72	97.3	8.77	24.68	9.37	13.59	248.7	9.76	26.68	14.80	31.65	292.0	11.07	28.68	1.40	74.82	394.0	12.39
20.70	7.28	81.27	224	8.12	22.70	5.42	10.05	100.7	8.77	24.70	9.30	14.03	240.7	9.77	26.70	14.55	32.20	280.7	11.09	28.70	1.42	70.37	449.3	12.40
20.72	7.42	69.82	230	8.13	22.72	5.56	10.28	102.7	8.78	24.72	9.11	14.37	237.3	9.78	26.72	14.43	31.87	278.0	11.10	28.72	1.30	69.15	470.0	12.41
20.74	7.49	46.71	233	8.12	22.74	5.83	10.28	107.3	8.79	24.74	8.98	14.81	237.3	9.80	26.74	14.49	31.09	282.0	11.11	28.74	1.22	61.04	477.3	12.43
20.76	7.54	30.04	235	8.14	22.76	6.21	9.28	111.3	8.79	24.76	8.94	15.59	241.3	9.81	26.76	14.62	29.87	291.3	11.13	28.76	1.14	54.37	483.3	12.44
20.78	7.56	20.60	238	8.14	22.78	6.35	9.50	112.7	8.80	24.78	8.94	15.59	244.7	9.82	26.78	14.55	29.87	284.7	11.14	28.78	0.97	43.50	513.3	12.45
20.80	7.60	16.59	241	8.15	22.80	6.49	9.72	114.0	8.82	24.80	8.86	15.37	244.0	9.84	26.80	14.51	29.31	287.3	11.15	28.80	0.94	40.39	556.7	12.47
20.82	7.63	13.93	243	8.15	22.82	6.46	9.05	110.0	8.81	24.82	8.60	15.92	238.0	9.85	26.82	14.36	27.53	288.0	11.16	28.82	0.97	39.95	638.0	12.48
20.84	7.55	11.59	238	8.16	22.84	6.28	8.28	103.3	8.82	24.84	8.21	16.81	233.3	9.86	26.84	14.03	25.08	281.3	11.18	28.84	1.13	35.61	750.7	12.49
20.86	7.39	10.03	231																					

COMMITTENTE: **COMUNE DI CASTEL MAGGIORE - Via Matteotti 10, Castel Maggiore (BO)**

CANTIERE: **Via della costituzione, 9 - Castel Maggiore**

CPT N° SCPTU 1 PROF. FALDA (m da p.c.) 4.70 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 111010)[a = 0.66]
DATA 06/08/18 PREFORO (m da p.c.) LAT. (WGS 84): 44.579657°
COMMESSA 17370/17 C. SITO N°: S180578 del 23.08.18 LONG. (WGS 84): 11.362684°

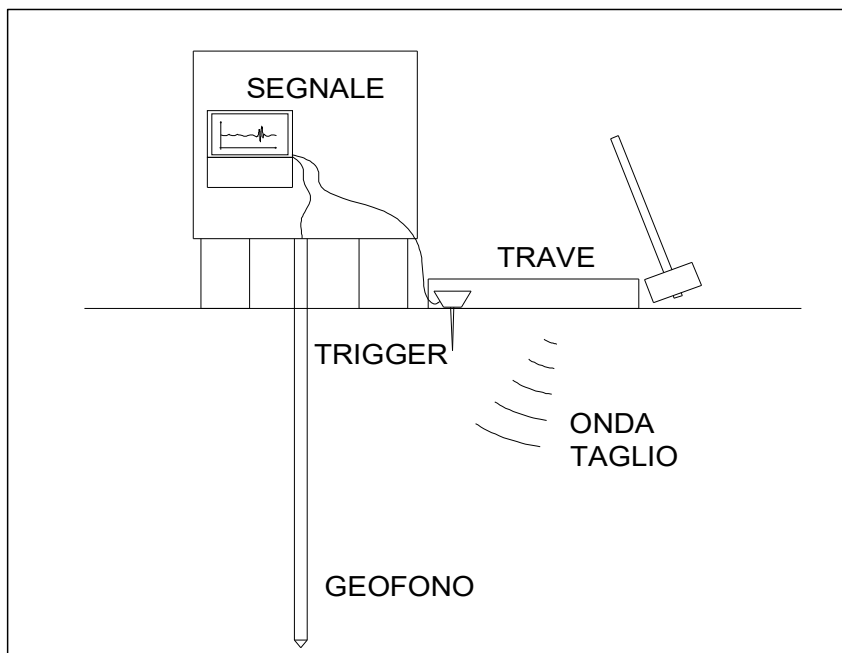


COMMITTENTE: **COMUNE DI CASTEL MAGGIORE - Via Matteotti 10, Castel Maggiore (BO)**

CANTIERE: **Via della costituzione, 9 - Castel Maggiore**

CPT N° SCPTU 1 PROF. FALDA (m da p.c.) 4.70 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 111010)[a = 0.66]
DATA 06/08/18 PREFORO (m da p.c.) LAT. (WGS 84): 44.579657°
COMMESSA 17370/17 C. SITO N°: S180578 del 23.08.18 LONG. (WGS 84): 11.362684°

Prova Down Hole ASTM D 7400



Profondità (m)	Ts (ms)	L (m)	Vs (m/s)	Vis (m/s)
1.0	T0	1.43	-	-
2.0	4.60	2.24	175	175
3.0	9.74	3.16	178	180
4.0	15.49	4.12	174	167
5.0	21.59	5.10	170	160
6.0	27.58	6.08	169	164
7.0	33.29	7.07	169	173
8.0	40.06	8.06	165	146
9.0	45.97	9.05	166	168
10.0	51.59	10.04	167	176
11.0	57.07	11.03	168	181
12.0	62.91	12.02	168	170
13.0	67.66	13.02	171	209
14.0	72.69	14.01	173	197
15.0	77.82	15.00	174	193
16.0	82.42	15.99	177	216
17.0	86.99	16.98	179	217
18.0	92.41	17.97	179	183
19.0	98.07	18.97	179	175
20.0	103.23	19.95	179	192
21.0	108.75	20.94	179	179
22.0	113.29	21.93	181	218
23.0	117.72	22.92	183	223
24.0	122.10	23.91	184	225
25.0	126.52	24.89	185	223
26.0	131.15	25.87	186	212
27.0	135.73	26.86	187	214
28.0	140.04	27.83	189	227
29.0	144.23	28.81	190	233
30.0	148.23	29.78	191	243

CATEGORIA SOTTOSUOLO

C

V_{s,30} = 191 m/s

Intervallo di profondità considerato per il calcolo della Vs30: m 1.0 - 30.0

D = Distanza centro trave generatrice onde di taglio - verticale di prov 1.00
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 = 30.0 m
Vis = Velocità onde di taglio nello strato di terreno compreso fra le due profondità indicate
N.B.: il calcolo del percorso delle onde di taglio viene corretto per l'inclinazione zenitale

COMMITTENTE: **COMUNE DI CASTEL MAGGIORE - Via Matteotti 10, Castel Maggiore (BO)**

CANTIERE: **Via della costituzione, 9 - Castel Maggiore**

CPT N°	SCPTU 1	PROF. FALDA (m da p.c.)	4.70	PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 111010)[a = 0.66]
DATA	06/08/18	PREFORO (m da p.c.)		LAT. (WGS 84): 44.579657°
COMMESSA	17370/17	C. SITO N°:	S180578 del 23.08.18	LONG. (WGS 84): 11.362684°

UBICAZIONE

Località: Via della costituzione, 9 - Castel Maggiore



NOTE: Utilizzato 1 anello allargatore da inizio prova