

CAROLI DOTT. GEOL. NICOLA

Via Folloni, 11/3 - 42019 SCANDIANO (RE)

Email: carolinicola@alice.it

Cell: 3406286161



Comune di Viano
(Provincia di Reggio nell'Emilia)

Località: Via Casella, 2 - Capoluogo

RELAZIONE GEOLOGICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

AMPLIAMENTO A DESTINAZIONE MENSA

SCUOLA PRIMARIA "D. MOROTTI"



Committente: Amministrazione Comunale di Viano

Dicembre 2022

INDICE

1.	PREMESSA.....	3
2.	MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE.....	4
3.	INQUADRAMENTO TETTONICO, GEOLOGIA E STABILITÀ DELL'AREA	6
4.	METODOLOGIA D'INDAGINE	8
5.	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E PARAMETRI GEOTECNICI.....	9
6.	SISMICITÀ DELL'AREA	10
7.	RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	16
8.	MICROZONAZIONE SISMICA	19
9.	RISPOSTA SISMICA DI III° LIVELLO	20
10.	VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	22
11.	RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	28

- **ALLEGATI:**

- UBICAZIONE DELLE INDAGINI

- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

- SISMICA PASSIVA HVSR

- RISPOSTA SISMICA LOCALE DI III° LIVELLO

1. PREMESSA

Con riferimento agli accordi intercorsi con il Tecnico Progettista Dott. Ing. Fausto Viesi di Reggio nell'Emilia, trasmetto la presente relazione geologica e sulla pericolosità sismica di base atta a definire le caratteristiche geomeccaniche e sismiche di un terreno, sito in Via Casella, 2 – Viano (RE), su cui è in progetto l'ampliamento a destinazione mensa della Scuola Primaria "D. Morotti".

Le considerazioni espresse, illustrate in seguito, emergono pertanto dalla sintesi delle seguenti acquisizioni:

- ricerca bibliografica di dati relativi all'assetto geolitologico, geomorfologico, idrogeologico e sismotettonico generale e locale;
- caratterizzazione litostratimetrica e geomeccanica dei terreni del sedime attraverso l'esecuzione di indagini dirette sul lotto di interesse.
- caratterizzazione sismica attraverso l'utilizzo dei risultati di specifica indagine geofisica.

Più precisamente per la presente relazione sono state effettuate le seguenti indagini geognostiche:

- indagini dirette eseguite allo scopo di accertare la caratterizzazione stratigrafica e geomeccanica:

- n. 2 prove penetrometriche statiche spinte sino a rifiuto strumentale;

- indagini indirette, al fine di valutare la risposta sismica locale semplificata attraverso la determinazione della categoria di suolo ai sensi del cap. 3.2.2 Tab 3.2.II del D.M. 17 gennaio 2018:

- n. 1 misura tomografica HVSr.

Il presente elaborato è stato redatto in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento per il settore geologico e geotecnico e consultando gli strumenti di pianificazione provinciale e di bacino.

Sono di seguito elencate le principali normative di riferimento:

- D.M. 17/1/2018 – “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- D.G.R. n° 1300 del 01/08/2016 “Prime disposizioni regionali concernenti l’attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni nel settore urbanistico”;
- D.G.R. n° 2193 del 21/12/2015 aggiornamento dell’atto di coordinamento tecnico denominato “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”;
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 2/2/2009 – “Istruzioni per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”;
- D.M. 14/1/2008 – “Testo unitario - Norme tecniche per le costruzioni”;
- Delibera Assemblea Legislativa (DAL) n. 112/2007 Art. 16 c.1 “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”;
- “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica” approvato dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni (da qui in avanti “ICMS”);
- L 64/74 - “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- D.M. 11/3/88 - “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Circolare Min. LL.PP. n°30483 24 settembre 1988;
- AGI: raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio e sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche. Giugno 1990;
- Legge regionale 30 ottobre 2008, n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico".

2. MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE

L'area in oggetto di studio, posta alla quota media di 240 m s.l.m., ricade lungo il pendio che dalla costa che dalla costa di Mamorra degrada in direzione dell'ampio avvallamento inciso dall'alveo del T. Tresinaro.

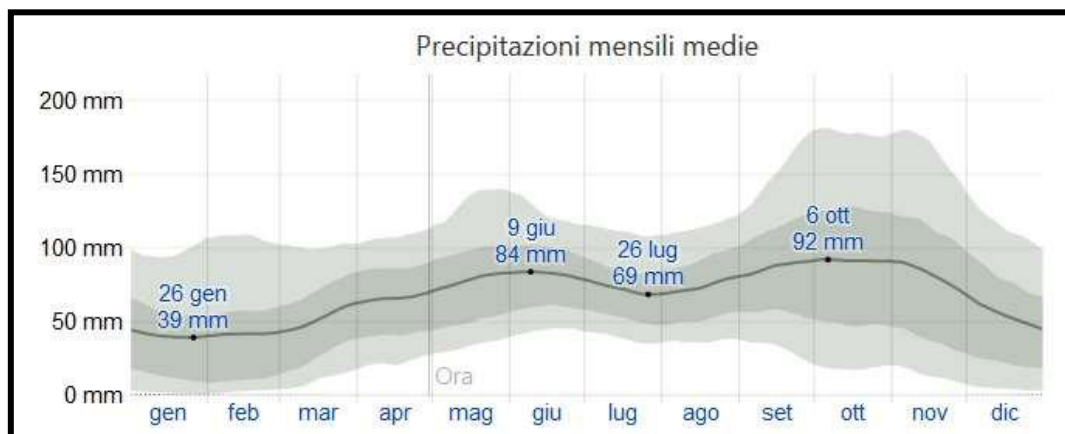
Più precisamente, il terreno in esame, su cui preesiste la scuola primaria, è sita in Viano, in località Casella, ad occidente della S.P. 7 e dell'incrocio tra Via Roma e Via Casella, da cui si accede tramite un breve stradello (cf. stralcio dalla C.T.R. - elementi n° 218081 – Viano e 218084 - San Pietro di Querciola nonché ortofoto proposta sul frontespizio).

La nuova mensa sarà realizzata nel settore meridionale della Scuola Primaria, identificata al Nuovo Catasto Terreni del comune di Viano nel Foglio n° 21 – mappale n° 505 (cf. stralcio catastale e planimetria generale di progetto).

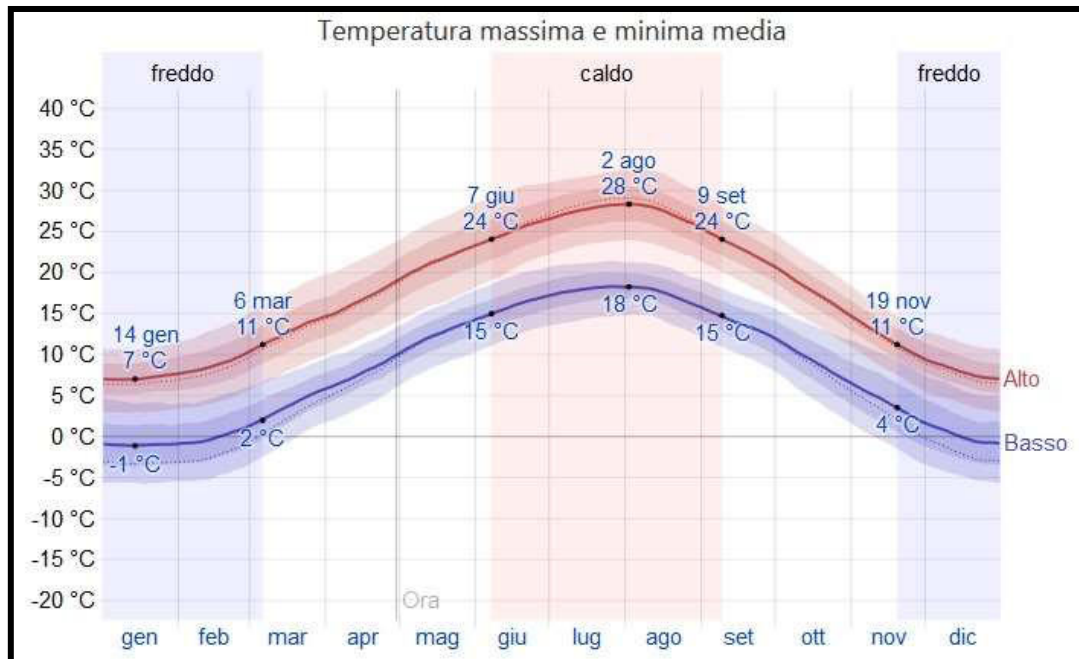
I preesistenti suoli, come detto in parte asportati e ricoperti da una modesta coltre di terreno di riporto, appartengono all'associazione dei "suoli RONCOLE VERDI argilloso limosi"; sono molto profondi, da non calcarei a scarsamente calcarei, da neutri a debolmente alcalini ed a tessitura argillosa limosa nella parte superiore, da non calcarei a moderatamente calcarei, da debolmente a moderatamente alcalini ed a tessitura argillosa limosa o franca argillosa limosa in quella inferiore. Sono presenti in profondità (80-100 cm) orizzonti a forte accumulo di carbonato di calcio. Il substrato è presumibilmente costituito da alluvioni fini o moderatamente fini. I suoli RONCOLE VERDI argilloso limosi si trovano nella piana pedemontana in ambiente di conoide alluvionale ed interconoide alluvionale e nella piana a copertura alluvionale, nell'ambiente di argine naturale antico su superfici debolmente rilevate, non più interessate da apporti sedimentari nel corso degli ultimi millenni. In queste terre la pendenza varia tra lo 0,1 e il 2,0%. L'uso del suolo è a seminativo semplice e arborato, subordinato il vigneto e il frutteto.

In Viano, secondo la classificazione stabilita da Köppen e Geiger, il clima è di tipo Cfa continentale, con estati calde e prevalentemente serene ed inverni freddi e parzialmente nuvolosi. Secondo l'Atlante Climatico dell'Emilia-Romagna dell'Agenzia ARPAE, rispetto all'intervallo 1961/1990, dal 1991 sino al 2015 è stato registrato un incremento di 1.4 °C della temperatura media annua, da 11.3 °C a 12.7 °C mentre, sempre confrontando i due periodi, una diminuzione delle precipitazioni, da 830 mm a 776 mm.

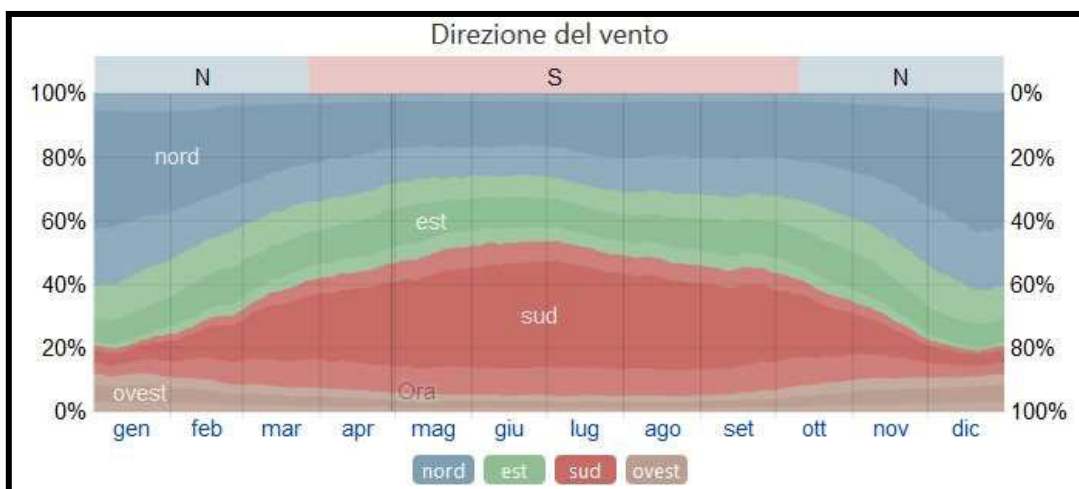
Le precipitazioni, valutate mensilmente, registrano un minimo di pioggia (39 mm) in inverno, nell'intervallo che ha il suo minimo il 26 gennaio mentre la massima piovosità (92 mm) si verifica invece in autunno nella mensilità con un massimo il 6 ottobre. Anche a primavera inoltrata le precipitazioni sono abbastanza elevate, così come pure nel periodo estivo si mantengono sufficientemente costanti.



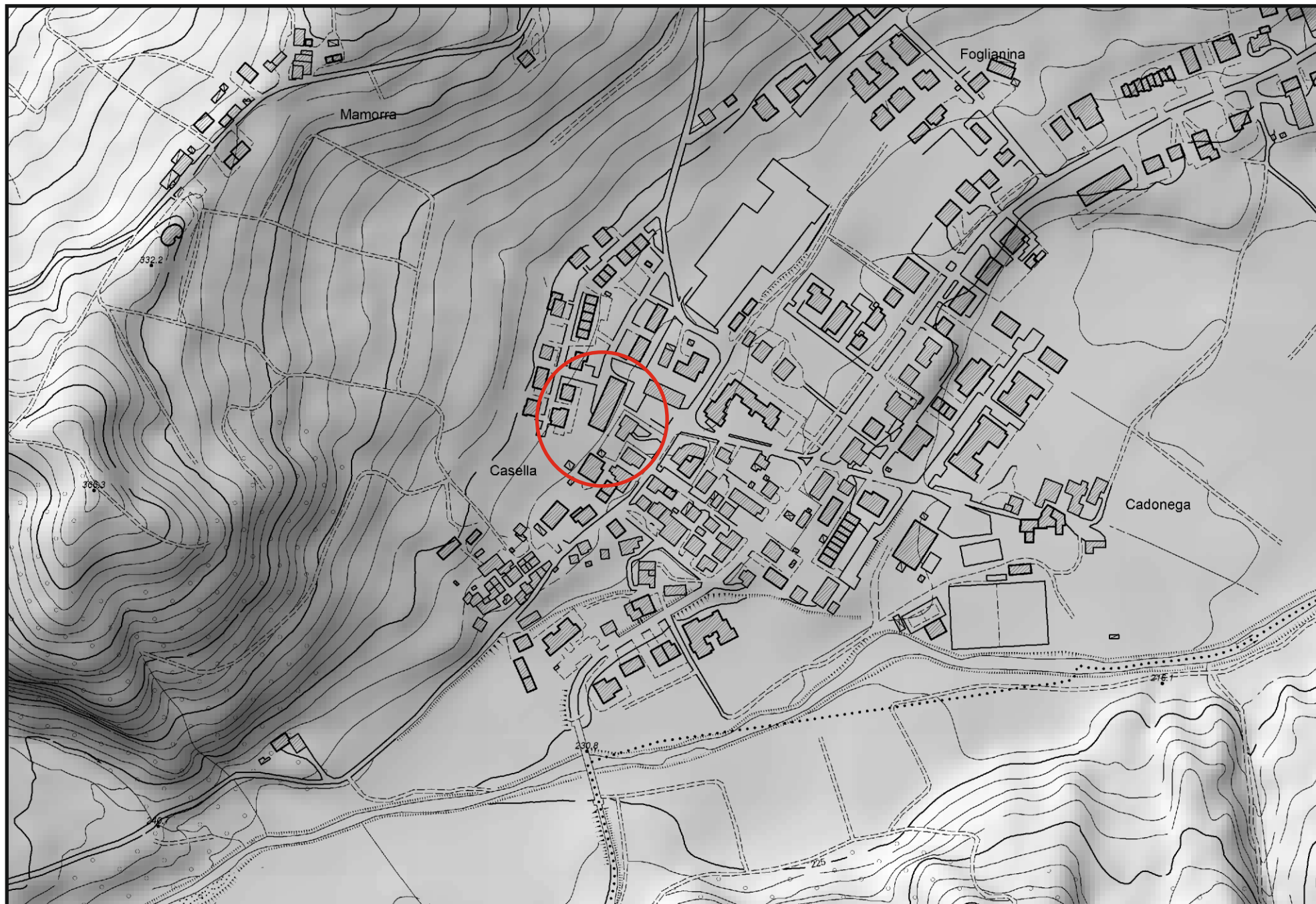
Nella stagione calda, da inizio giugno a fine prima decade di settembre, si registra una massima ad inizio agosto di 28 °C mentre in quella fredda, da inizio terza decade di novembre sino all'inizio di marzo, la minima è in gennaio con -1 °C.



Il vento è più spesso da sud da fine marzo ad inizio ottobre mentre proviene invece da nord negli altri mesi dell'anno.



STRALCIO DALLA C.T.R. IN SCALA 1:5000
Elementi n° 218081 - Viano e n° 218084 - San Pietro di Querciola



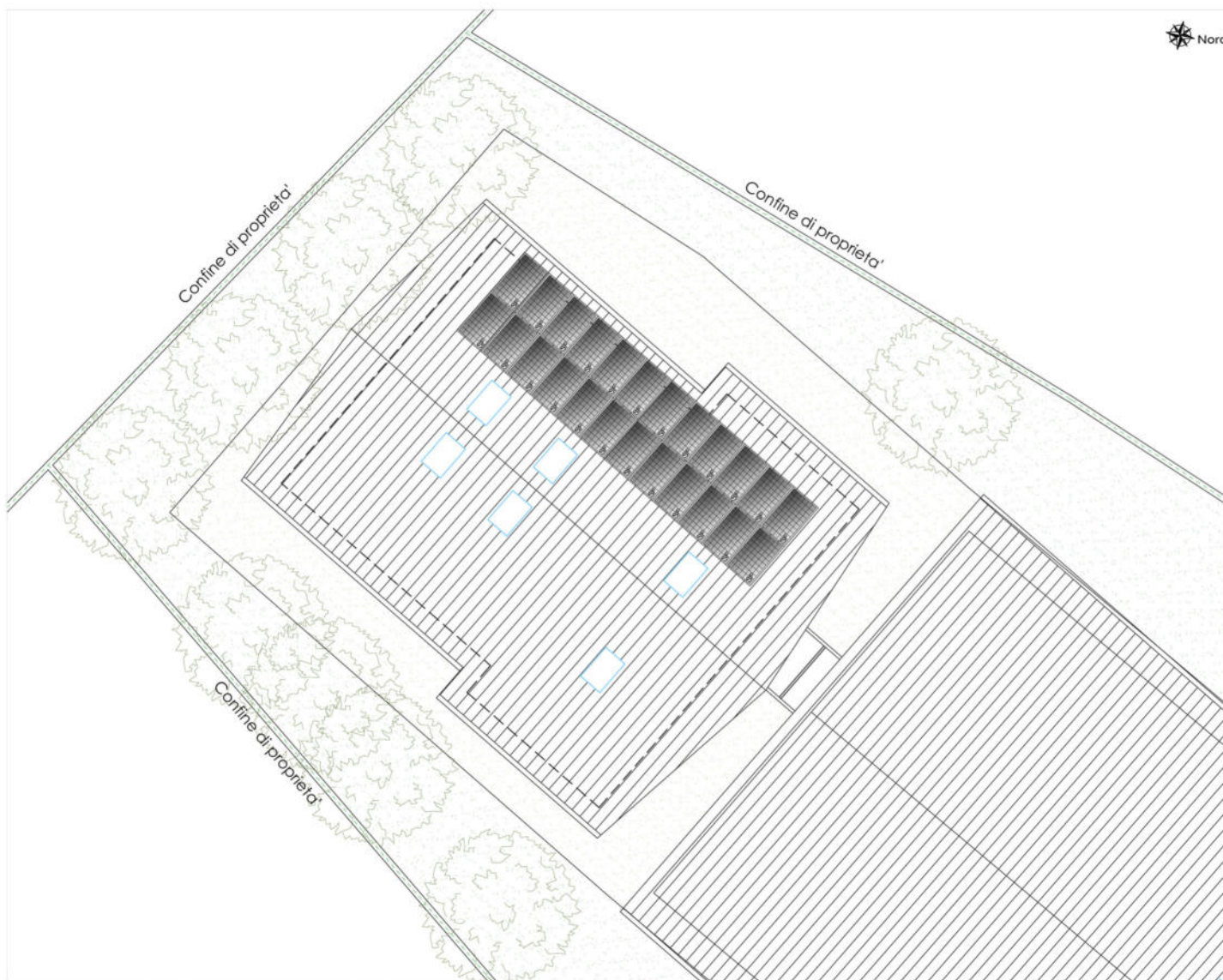


ESTRATTO DI R.U.E.
SCALA 1:5000

	COLL-L.b Istruzione
	- (sm) - Scuole materne
	- (se) - Scuole elementari



ESTRATTO DI MAPPA CATASTALE
SCALA 1:2000
FG. 21 - MAPP.LE 505



PLANIMETRIA GENERALE
SCALA 1:200

3. INQUADRAMENTO TETTONICO, GEOLOGIA E STABILITÀ DELL'AREA

Nel territorio in esame sono presenti formazioni oligo-mioceniche che rientrano nello schema stratigrafico della “struttura di Viano”; all'interno di questa struttura è possibile individuare distinte fasi tettoniche, di tipo compressivo e distensivo, che hanno consentito la creazione di tre principali allineamenti di faglie con direzione grosso modo ONO-ESE.

Si tratta della “linea del margine appenninico o linea dei gessi”, della “linea Pecorile - M. Evangelo” e della “linea Canossa - S. Romano” (cf. schema tettonico).

Ci troviamo pertanto all'interno di un'area intensamente tettonizzata in cui le dislocazioni sono avvenute anche in epoca plio-quadernaria.

Delimitate dalla “linea dei gessi”, a Nord, e dalla “linea Canossa - S. Romano”, a Sud, si trovano le formazioni dell'Unità di Viano che si caratterizzano per continuità di sedimentazione dal Cretacico al Miocene medio.

L'Unità di Viano è divisa longitudinalmente in due dalla “linea Pecorile - M. Evangelo”; a Sud di tale linea è praticamente compresa tutta la successione litostratigrafica.

Come si evince chiaramente dallo schema tettonico, l'area in esame, posta in prossimità del bordo orientale della struttura, ricade in corrispondenza del nucleo della sinclinale anche qui caratterizzata da una serie di dislocazioni che a sud si diramano dalla “linea Pecorile - M. Evangelo”. Significativo è l'ampio andamento meandriforme del T. Tresinaro ascrivibile appunto all'affossamento della sinclinale.

La sez. 6, tratta da “Geologia della struttura di Viano (Reggio Emilia)” – Memorie della Società Geologica Italiana – Volume X – (1971), 121-165, 36 ff., redatto a cura del Prof. G. Papani, ben ne visualizza l'assetto. Come detto, l'area ricade in corrispondenza del nucleo, posizione in cui, in affioramento, abbiamo i sedimenti più recenti mentre ai lati quelli più antichi. L'andamento dei terreni della struttura, restituito in pianta, con tratteggio inclinato, nel disegno all'epoca prodotto da G. Carlo Tedeschi dell'Istituto di Geologia di Parma, viene in modo schematico ben visualizzato in sezione, da SSW a NNE, dal Rio dell'Oca sino a Mazzalasino, zona in cui, a seguito della spinta, è imputabile il sollevamento dei gessi messiniani.

Come appunto si evince in sezione, abbiamo in affioramento al nucleo i materiali relativamente più giovani, nella fattispecie qui rappresentati, sulla sommità del colle su cui sorge il Castello di Viano (344 m s.l.m.) nonché lungo la costa che rispetto ad esso verso ESE degrada, dalle Marne di Antognola (mA – Miocene inferiore/Oligocene superiore).

Lungo le sue pendici, verosimilmente verso sud, in direzione dell'avvallamento inciso dal T. Tresinaro, abbiamo invece i terreni della Formazione di Ranzano.

Da un punto di vista stratigrafico, la Formazione di Ranzano è un'unità torbida prevalentemente arenacea suddivisa, in base al rapporto arenaria/pelite, in tre litozone di spessore assai variabile ed eteropiche tra loro.

La scuola primaria, come si evince dalla Carta Geologica del progetto CARG della Regione, ricade su terreni appartenenti al membro della Val Pessola (RAN2) al passaggio, verso nord, con il membro di Varano de' Melegari (RAN3).

Il Membro della Val Pessola (RAN2), situato al passaggio tra l'Oligocene e l'Eocene sup., è costituito da areniti, conglomerati, peliti in rapporti molto variabili e locali livelli caotici. Si tratta di strati da medi a molto spessi con geometria generalmente tabulare, talora lenticolare.

Il Membro di Varano de' Melegari (RAN3) è invece un'Unità dell'Oligocene inferiore prevalentemente pelitico-arenacea costituita da litoareniti ben cementate, di colore grigio piombo, particolarmente ricche di frammenti di rocce carbonatiche, in strati da molto sottili a spessi, talora molto spessi, con geometria sia tabulare che lenticolare. Sono presenti frequenti intervalli caotici, livelli ricchi di frammenti di serpentinoscisti ed altre metamorfiti di alta pressione nonché strati sottili di vulcanoareniti feldspatiche di composizione andesitica.

Come in precedenza accennato, la superficie in oggetto appartiene ad un terrazzo alluvionale frutto dei divagamenti d'alveo del Torrente Tresinaro; si tratta di coperture quadernarie, secondo le più

recenti classificazioni adottate dal servizio cartografico della Regione appartenenti al Subsintema di Ravenna (AES8). Si tratta di un terreno di età olocenica annesso al Sintema Emiliano Romagnolo Superiore (AES), da bibliografia in prevalenza costituito da “limi sabbiosi e limi argillosi negli apparati dei torrenti minori o ghiaie in lenti entro limi, subordinate ghiaie e ghiaie sabbiose in quelli dei fiumi principali”.

Le indagini effettuate hanno avvallato l'esistenza di questa copertura alluvionale il cui spessore è risulta essere superiore ai 10 m; più precisamente le prove penetrometriche hanno riscontrato l'esistenza di sedimenti di natura coesiva, talora di natura organica, ad elevato grado di consolidazione nei primi due metri. Da 2 m sino a 8.5÷9 m vi sono poi sempre argille, sovraconsolidate nei primi 4÷4.5 m, a cui sia alternano livelli granulari con sabbie limose e sabbie.

Questi terreni ricoprono poi banco di sabbie e ghiaie che, per l'elevato grado di addensamento, ha impedito la prosecuzione delle infissioni statiche a 9.6÷10 m di profondità.

Il sondaggio sismico ha ovviato a questa difficoltà evidenziando, come in precedenza sottolineato, che in realtà lo spessore del banco litoide è abbastanza elevato.

Le velocità accertate dal sondaggio sismico, mediamente oltre i 16 m, sono infatti riconducibili a quelle tipiche della roccia in posto. La prospezione geofisica, con l'aumentare della profondità d'indagine, ha analizzato un graduale costante aumento delle velocità di propagazione delle onde sismiche, con un netto incremento delle stesse oltre i 25 m di profondità rispetto alla quota del piano campagna. Indubbiamente, pur in assenza di un riscontro della reale costituzione dei materiali indagati, valutabile solo con un carotaggio, il sondaggio sismico evidenzia che a partire da questa profondità abbiamo rocce con grado di addensamento e consistenza superiori rispetto a quelle superficiali e natura, viste le caratteristiche intrinseche della Formazione di Ranzano, più facilmente assimilabili ad arenarie più che a peliti.

Nel corso delle indagini non è stata riscontrata presenza d'acqua; la presenza, nei primi metri, di argille limita infatti l'infiltrazione in profondità delle acque meteoriche. Il ricarico dalla superficie è pertanto praticamente nullo; non si esclude tuttavia che in particolari condizioni, in stagioni particolarmente piovose od altresì in concomitanza con il disgelo, le acque che provengono dal sovrastante versante che degrada da Mamorra abbiano la possibilità di penetrare sino al banco di ghiaie individuato dalle indagini oltre 8.5 m. L'ulteriore infiltrazione entro la sottostante roccia di substrato è condizionato dalla natura e dall'assetto stratigrafico per cui l'eventuale esistenza d'acqua al suo interno può essere accertata solo tramite l'esecuzione di specifiche prospezioni geofisiche.

La Carta del Dissesto Regionale (cf. stralcio in allegato) evidenzia che la stabilità complessiva del territorio può essere valutata sufficiente. Sostanzialmente stabile è il versante che dalla costa su cui sorge il borgo di Mamorra si estende in direzione del T. Tresinaro.

Ciò deve essere ascritto all'assetto sufficientemente favorevole della stratificazione; nella fattispecie, lungo il versante in esame, a traverspoggio rispetto all'andamento del pendio.

In presenza di maggiori accumuli di detrito al di sopra della roccia in posto, non segnalati in carta ma tuttavia rilevati nel corso di indagini in sito effettuate a supporto di precedenti studi, occorre tuttavia segnalare alcuni fenomeni di tipo gravitativo. Allontanandoci dalla sommità del crinale, allorché il deflusso superficiale delle acque diviene più difficoltoso, nelle zone strutturalmente più deboli si sono infatti localmente attivati movimenti che hanno prevalentemente coinvolto la coltre di alterazione superficiale.

In tal senso, in cartografia, lungo il pendio a oriente di Foglianina, viene segnalato un movimento gravitativo attualmente quiescente. Analogamente, un fenomeno della stessa natura, cioè cartografato come frana complessa (a2g), viene segnalato, sia sulla Carta Geologica del Progetto CARG sia su quella del Dissesto, entrambi frutto di rilievi eseguiti negli anni dal 1984 al 1994 dalla Dott. Geol. S. Chicchi (Carta Geologica dell'Appennino Emiliano Romagnolo in scala 1 : 10.000 – sez. 218080 - Viano – Direttore del Rilevamento – Prof. G. Papani – Università di Parma), lungo il pendio ad occidente, a valle del crinale su cui sorgono le abitazioni di Mamorra. Una lama di frana per colamento di fango (a2d) le carte tematiche la segnalano poi a S/SO di Casella.

Sostanzialmente stabile è il tratto di pendio immediatamente a monte dell'area presa qui in esame; l'intensa urbanizzazione ha del resto contribuito a conferire stabilità ai terreni ad esso sottostanti.

Il drenaggio delle acque, il deflusso delle stesse in direzione delle apposite condotte fognarie nonché l'attivazione di fossi per la raccolta e l'allontanamento delle acque di precipitazione meteorica ha contribuito a conferire stabilità al territorio su cui si è sviluppato l'abitato e, nella fattispecie, anche al tratto di pendio su cui sorge l'area in esame.

4. METODOLOGIA D'INDAGINE

Le caratteristiche del terreno sono state determinate interpretando i dati ricavati da due indagini penetrometriche.

Le penetrometrie sono state effettuate avvalendosi di un penetrometro statico di un penetrometro statico PAGANI TG 63/200 kN.

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm/s} \pm 0.5 \text{ cm/s}$).

La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) opportunamente ancorato al suolo (ovvero zavorrato), che agisce su una batteria doppia di aste (aste esterne cave e aste interne piene coassiali), alla cui estremità inferiore è collegata la punta. Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura, collegato al martinetto idraulico. La punta conica (di tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante per la misura dell'attrito laterale (punta/manicotto tipo "Begemann").

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

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

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'approfondimento. Nei diagrammi e tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture di campagna, durante l'infissione dello strumento):

- $R_p \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = \text{resistenza alla punta (conica)}$
- $R_L \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = \text{resistenza laterale (manicotto)}$

(la resistenza alla punta R_p e la resistenza laterale R_L sono rilevate a intervalli regolari di 20 cm).

Oltre all'elaborazione dei valori di resistenza del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati, in base al rapporto R_p/R_L fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro (Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977), ovvero in base ai valori di R_p e del rapporto $FR = (R_L/R_p) \%$ (esperienze di Schmertmann - 1978). Sempre con riferimento alle prove penetrometriche statiche CPT, nelle tavole allegate sono riportate indicazioni concernenti i principali parametri geotecnici (coesione non drenata C_u , angolo di attrito interno efficace ϕ' , densità relativa D_r , modulo edometrico M_o , moduli di deformazione non drenato E_u e drenato E' , peso di volume Y , ecc.).

5. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E PARAMETRI GEOTECNICI

Le indagini consentono di ricostruire, per i vari strati, le *caratteristiche litologiche ed i parametri geotecnici caratteristici*:

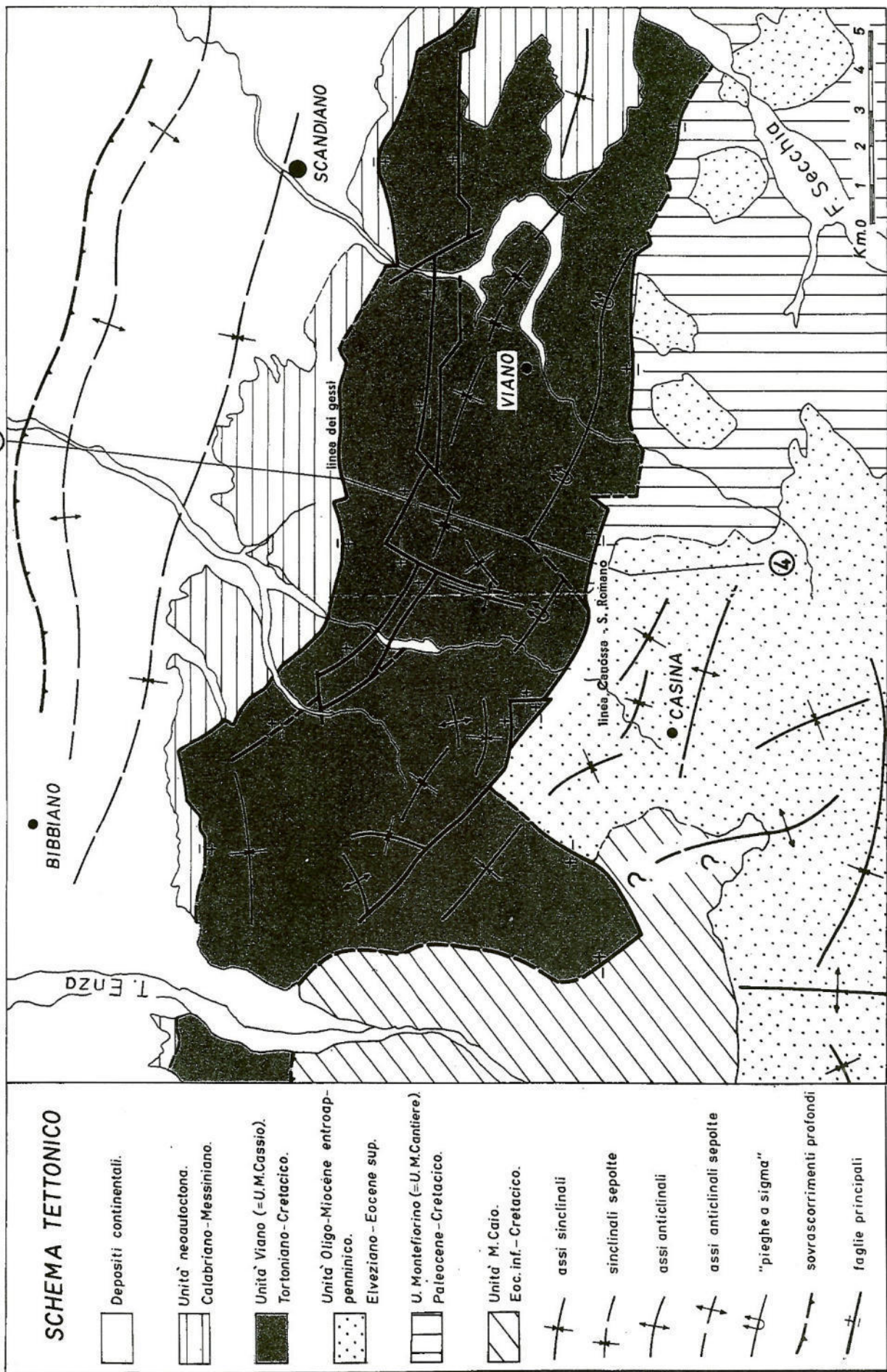
PROVA PENETROMETRICA CPT1

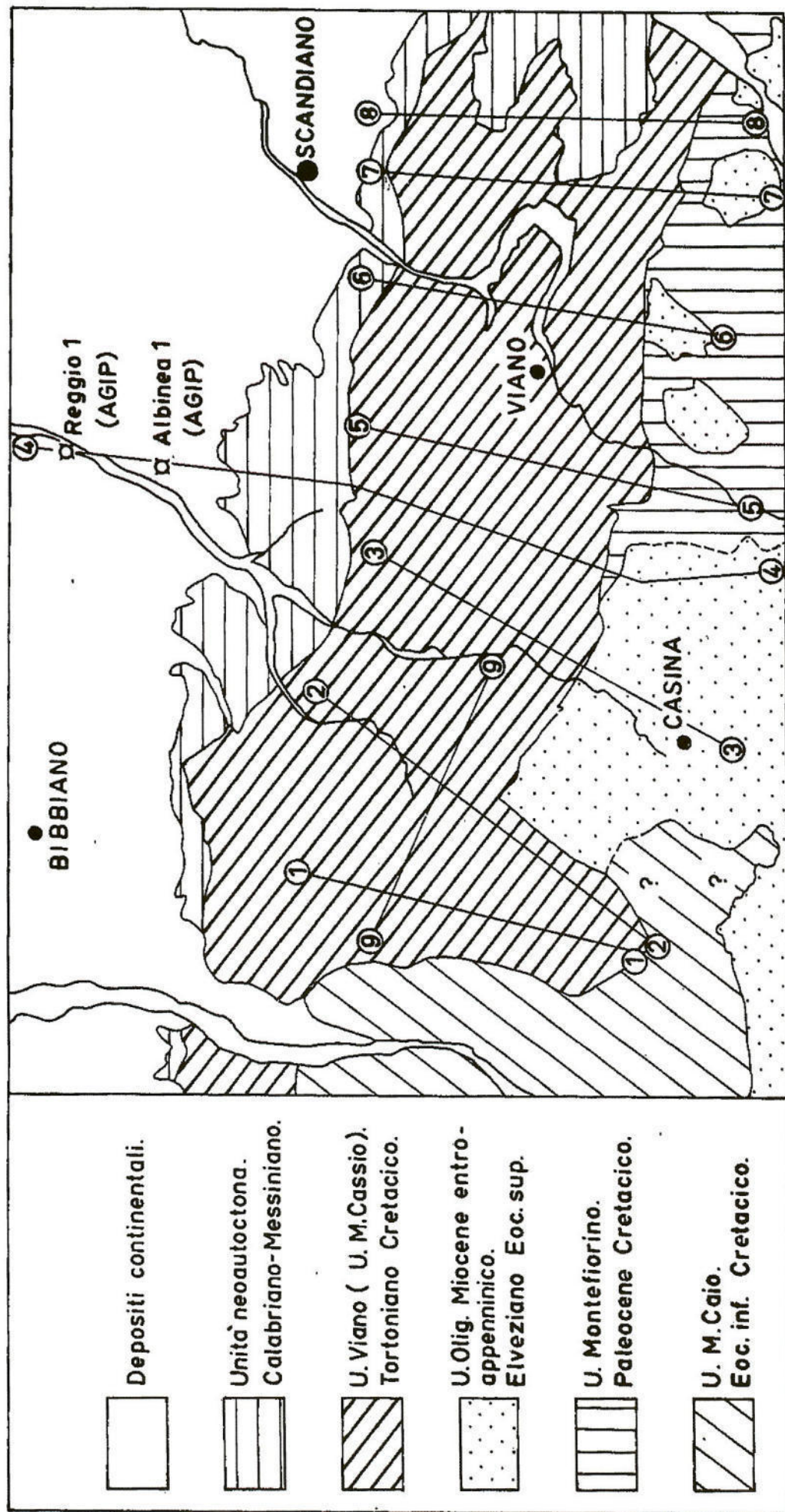
Nr.	Profondità (m)	Peso unità di Volume [kN/m ³]	Peso Unità di volume saturo [kN/m ³]	Fi (°)	Cu [kPa]	c' [kPa]	Mo [kPa]	Descrizione litologica
1	Da 0 a 1	17.65	18.63	15	--	--	--	Riporto
2	Da 1 a 2	18.14	19.12	18	78.45	14.71	6864	Suolo argilloso talora organico
3	Da 2 a 4.5	18.63	19.61	20	147.1	24.51	9806	Argille sovraconsolidate
4	Da 4.5 a 8.5	18.63	19.61	22	98	19.61	7845	Argille ed argille sabbioso limose con sabbie limose e sabbie
5	Oltre 8.5	19.61	19.61	35	0	0	24510	Sabbie e ghiaie addensate

PROVA PENETROMETRICA CPT2

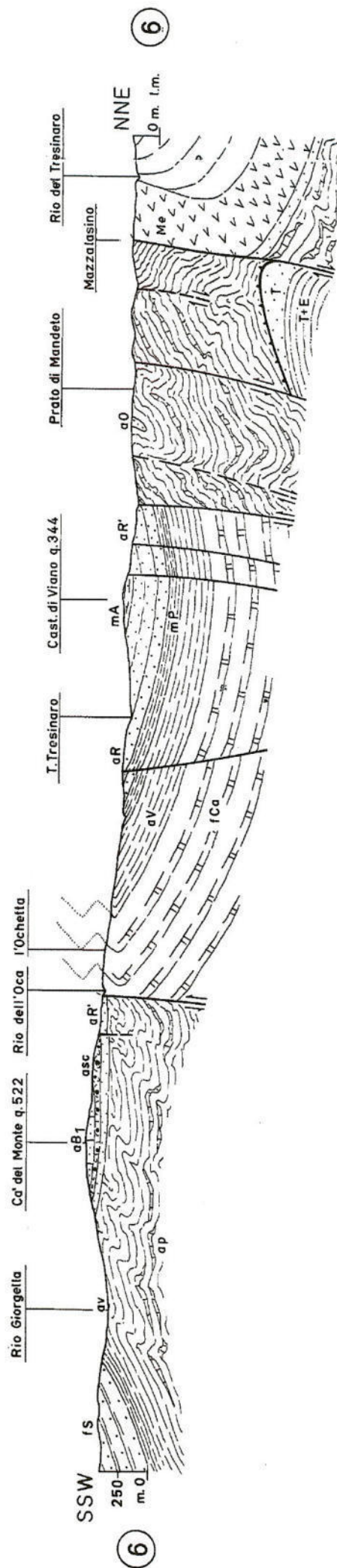
Nr.	Profondità (m)	Peso unità di Volume [kN/m ³]	Peso Unità di volume saturo [kN/m ³]	Fi (°)	Cu [kPa]	c' [kPa]	Mo [kPa]	Descrizione litologica
1	Da 0 a 1	17.65	18.63	15	--	--	--	Riporto
2	Da 1 a 2	18.14	19.12	18	68.64	14.71	5883	Suolo argilloso talora organico
3	Da 2 a 4	18.63	19.61	20	112.68	24.51	8825	Argille sovraconsolidate
4	Da 4 a 9	18.63	19.61	22	98	19.61	7845	Argille ed argille sabbioso limose con sabbie limose e sabbie
5	Oltre 9	19.61	19.61	35	0	0	24510	Sabbie e ghiaie addensate

dove: γ = peso di volume; γ_{sat} = peso di volume saturo; Cu = coesione non drenata; c' = coesione efficace; ϕ = angolo di attrito; Mo = modulo edometrico.





G. PAPANI - SEZIONI GEOLOGICHE INTERPRETATIVE ATTRAVERSO LA STRUTTURA DI VIANO (Reggio Emilia).

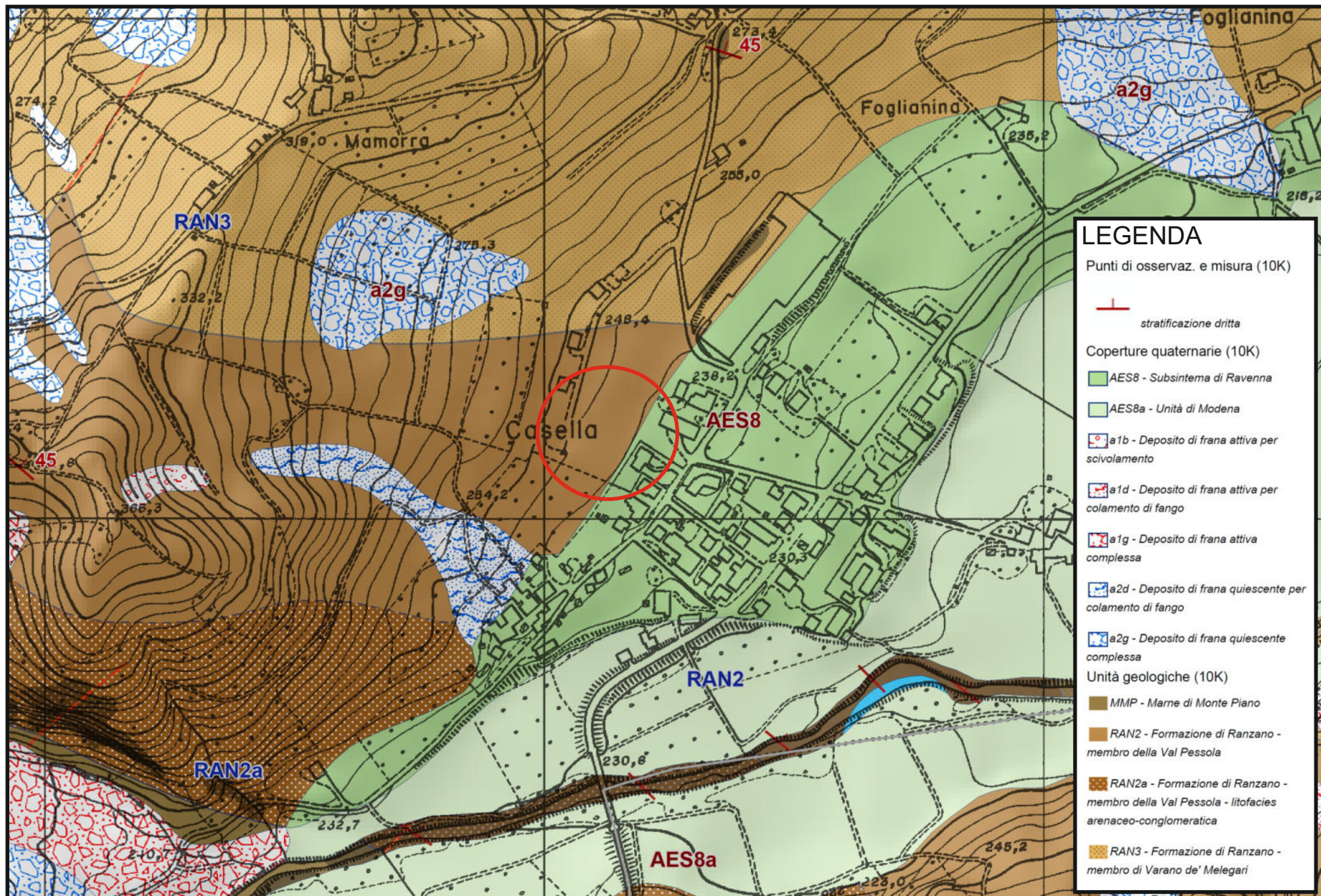


LEGENDA

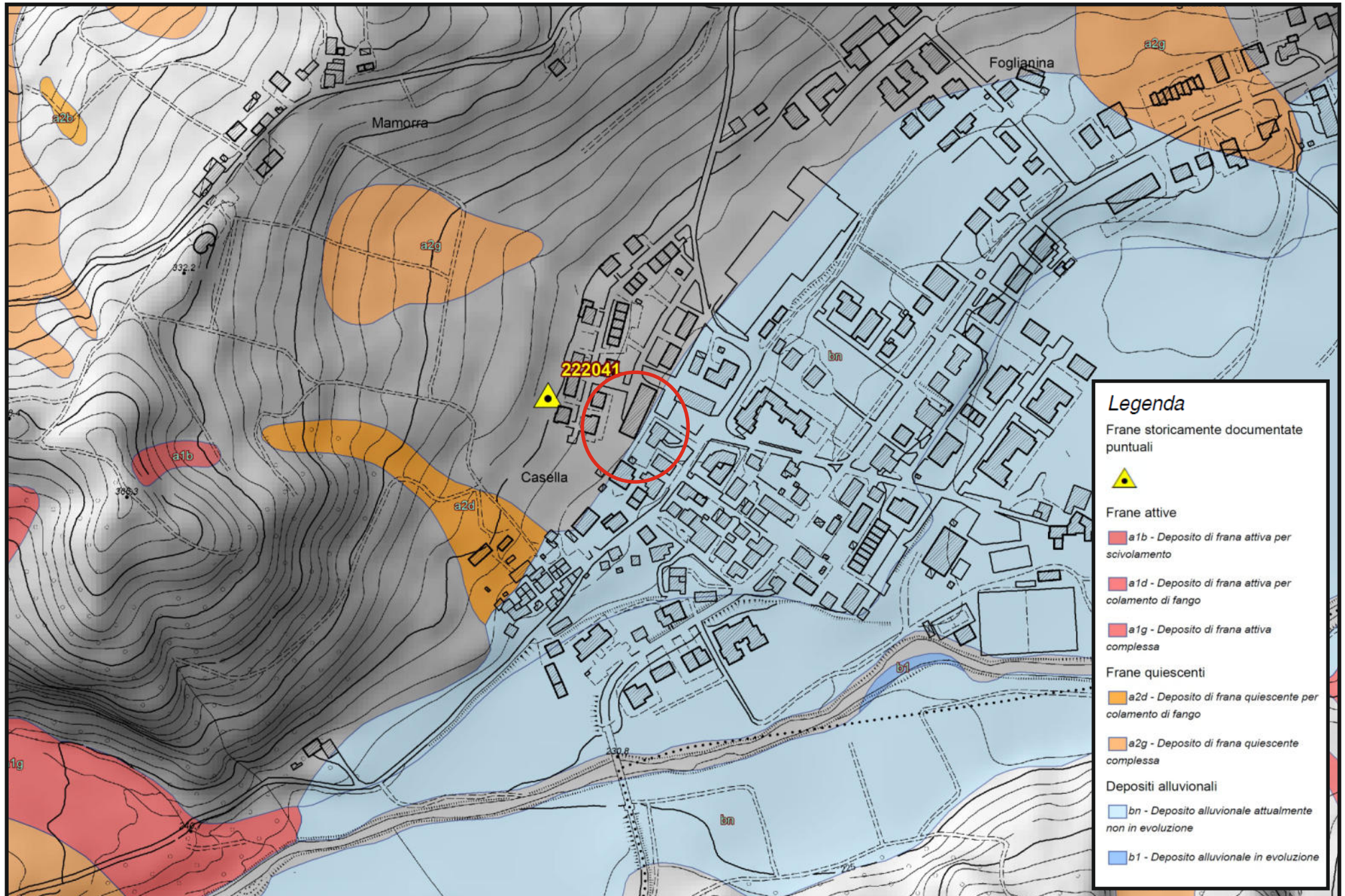
	Alluvioni continentali pleistoceniche ed oloceniche.		Arenarie di Ranzano (aR' e aR).-Oligocene.		Flysch di Solignano (IS).-Senonianio.
	Calabriano e post Calabriano (Ca).		Marna di M. Piano (mP).-Eoc. med.-sup.		Arenarie di Ostia (aO).-Turoniano-Cenoman.
	Pliocene (P).		Argille di Viano (aV).-Eocene med.-Cretac sup.		Argille varicolori (av).-Cret. med (?) -inferiore.
	Messiniano con gessi (Me).		Flysch di M. Cassio (iCa).-Senonianio.		Argille a palombini (ap).-Cretacico-inferiore.
			Tortoniano (T).		
			Tortoniano ed Elveziano (T+E).		
			Arenarie di Marola (aB2).-Elveziano		
			Arenarie di Bismantova (aB1).-Mioc.med-inf.		
			Tripoli di Contignacco (TC).-Mioc.inf.		
			Marne di Antognola (mA).		
			Mioc.inf. Oligoc.sup. e Olistostroma (asc).		

CARTA GEOLOGICA DEL PROGETTO CARG DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA

SCALA 1: 5.000



CARTA DEL DISSESTO DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA IN Scala 1:5000

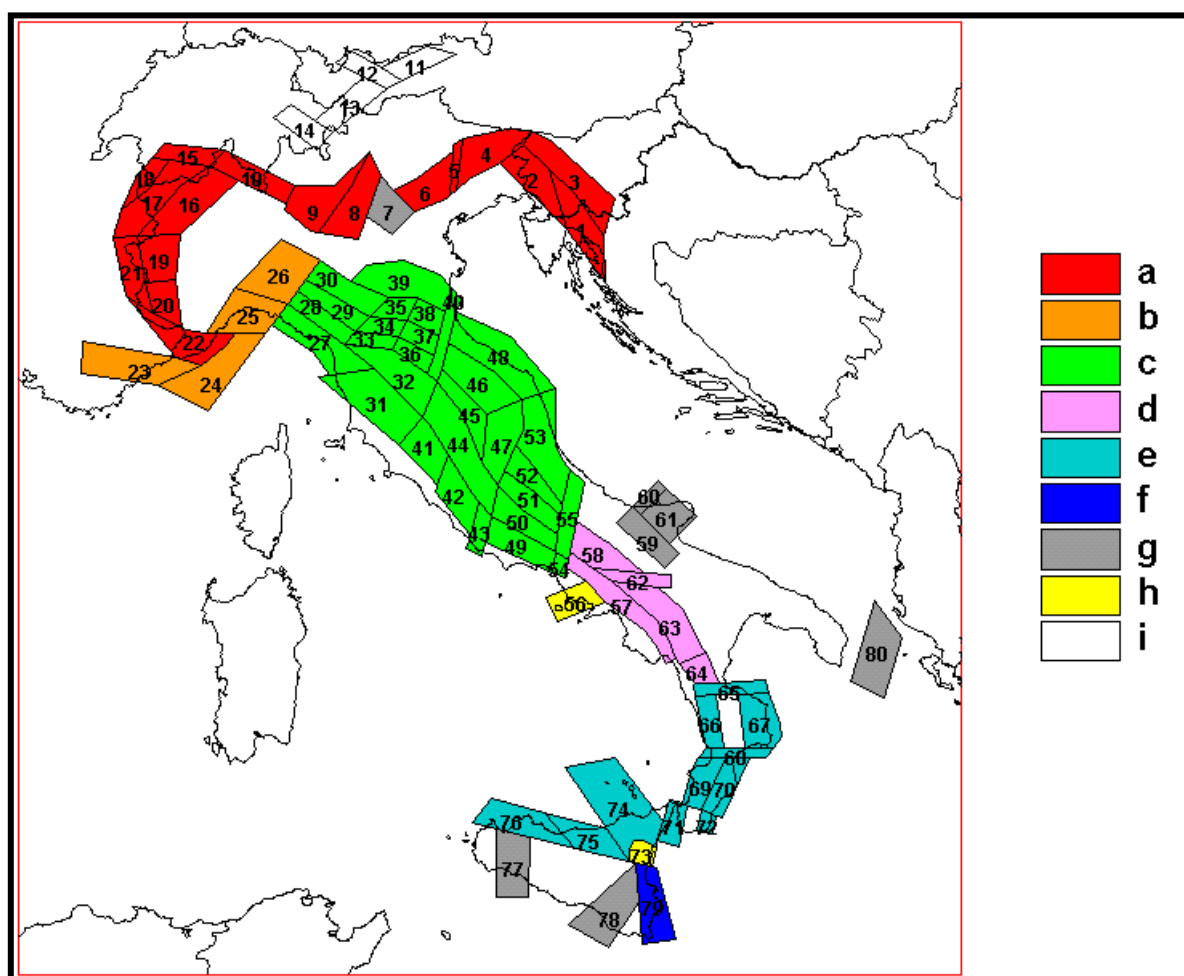


6. SISMICITÀ DELL'AREA

Per caratterizzare la sismicità dell'area si è fatto riferimento, oltre che alla normativa vigente, ai dati disponibili in letteratura ed in particolare ai lavori svolti dal GNDT del CNR (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti).

Si è presa in considerazione la zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS4 (progetto di P. Scandone e M. Stucchi – marzo 1999 – cf. tav. seg.) che considera 80 sorgenti omogenee dal punto di vista strutturale e sismogenetico.

Secondo questa suddivisione, l'area oggetto di studio ricade nell'area 30, appartenente alla fascia padano-adriatica in compressione legata allo sprofondamento passivo della litosfera adriatica sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale secondo cui i meccanismi di rottura attesi sono di tipo thrust e strike-slip con assi di subduzione da SW a NE.



Attraverso elaborazioni probabilistiche il GNDT ha prodotto, per un tempo di ritorno di 475 anni (equivalente alla probabilità di superamento nell'arco temporale di 50 anni – vita media di un edificio), la zonazione del territorio italiano, come riportato in figura. Per la zona le accelerazioni orizzontali di picco attese sono state considerate, in accordo con quanto proposto dal GNDT, pari a $PGA = 0.25g$ (Peak Ground Acceleration).

Come risulta dai dati del catalogo del Servizio Sismico Nazionale, l'intensità massima risentita nel territorio di Viano, non ha superato in epoca storica il valore del VI/VII grado MCS (cf. tabelle qui di seguito allegate).

Storia sismica di Viano (RE)
[44.545, 10.621]

Osservazioni disponibili: 13

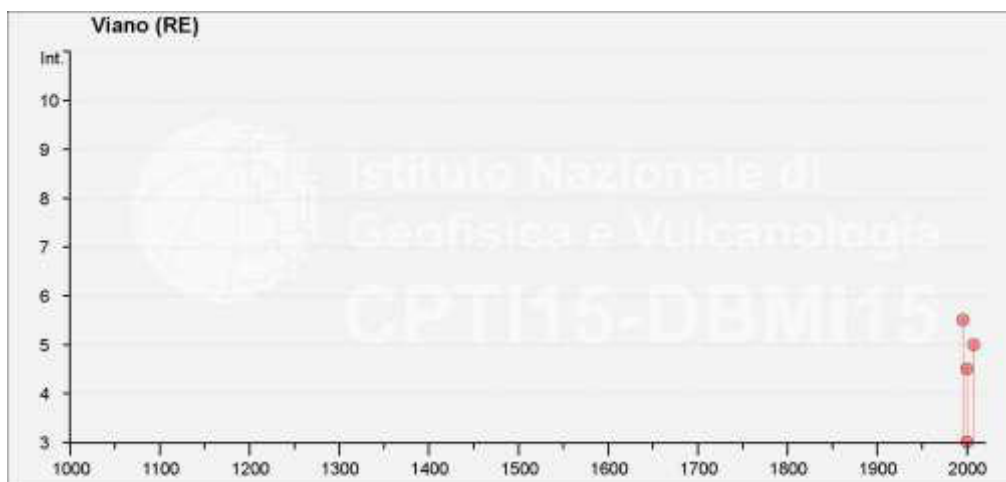
Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	Io	Mw
NF	1904	11	17	05	02		Pistoiese	7	5.10
2-3	1932	04	19	00	17		Modenese	4	3.63
2	1965	11	09	15	35		Appennino reggiano	5	4.17
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	6	4.43
NF	1988	03	15	12	03	1	Reggiano	6	4.57
5-6	1996	10	15	09	55	5	Pianura emiliana	7	5.38
NF	1997	05	12	22	13	5	Pianura emiliana	4-5	3.68
NF	1998	02	21	02	21	1	Pianura emiliana	5	3.93
4-5	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	5-6	4.40
3	2000	10	03	01	12	3	Frignano	5	4.22
2	2002	06	08	20	13	0	Frignano	4	4.23
NF	2002	06	18	22	23	3	Frignano	4	4.30
5	2008	12	23	15	24	2	Parmense	6-7	5.36

Intendendo:

Int = Intensità al sito (MCS)

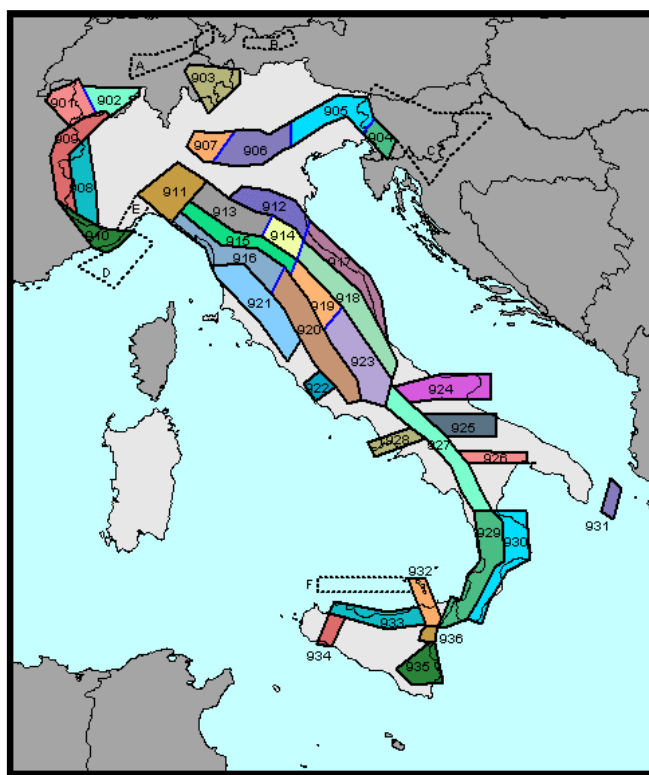
Io = Intensità epicentrale (MCS)

Mw = Magnitudo



eventi sismici nel rapporto tra anni (in ascisse) ed intensità sismica (in ordinate)

L'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003 ha aggiornato la normativa sismica, con l'attribuzione, alle diverse località del territorio nazionale, di un valore di scuotimento sismico di riferimento, espresso in termini di incremento di accelerazione al suolo. Il territorio del comune di Viano, secondo la nuova zonazione sismogenetica ZS9 (progetto a cura di C. Meletti e G. Valensise del marzo 2004) è incluso nella zona 913, al passaggio, verso settentrione, con la zona 912 (cf. tavola in allegato). In base a questa nuova zonazione, il territorio in esame (secondo la precedente classificazione non classificato), è stato inserito in zona Z2 a media sismicità. Come espressamente specificato al punto 2.4 della circolare n° 1677/2005 (prot. GEO/05/87449) emanata in data 24/10/2005 dalla Giunta della Regione Emilia Romagna, ai fini della determinazione delle azioni sismiche, può essere assegnato, a zone come questa di bassa sismicità, un valore (ag/g), di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, pari a 0.25. Più precisamente, al comune di Viano, l'allegato 4 dell'Assemblea Legislativa n° 2131 – prot. n° 8511 del 2 maggio 2007, assegna il valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè $T = 0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g ($arefg$), di 0.160.



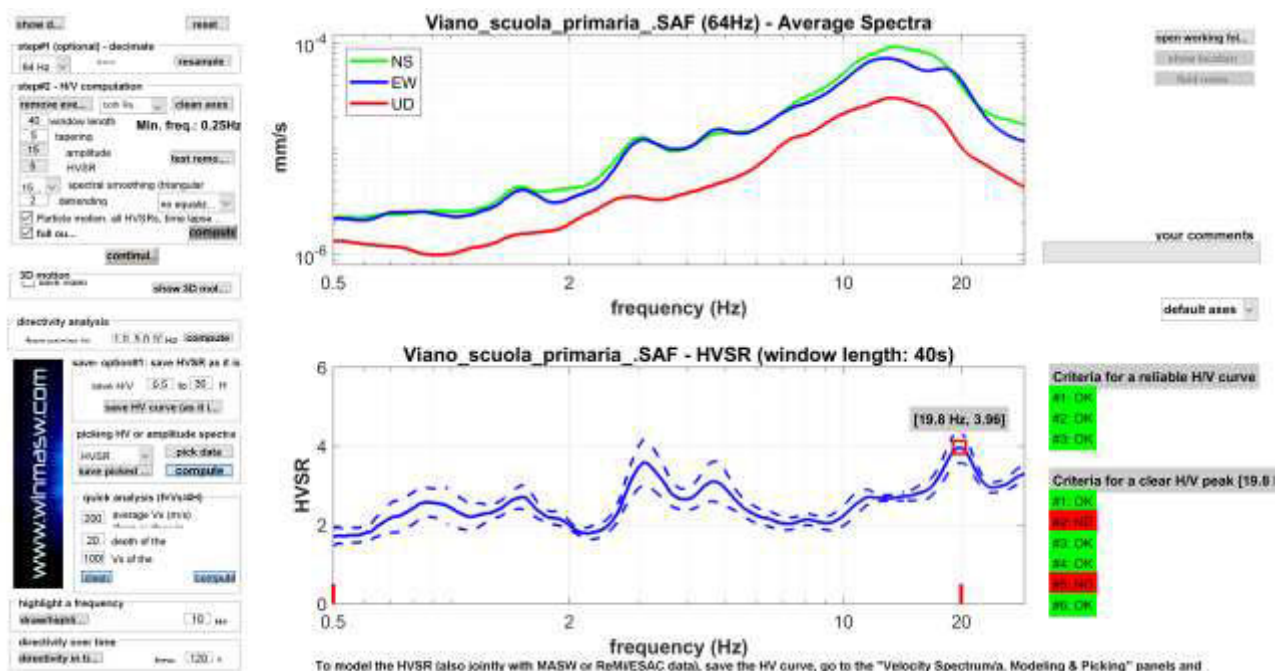
Zonazione sismogenetica ZS9

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, le modifiche ed integrazioni dell'Ordinanza propongono una caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo. Secondo il D.M. 17/1/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni", in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori delle velocità equivalenti di propagazione delle onde di taglio, mediate sui primi 30 metri di terreno (VS_{30}), vengono individuate cinque categorie (A – B – C – D – E).

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa è stato effettuato un sondaggio sismico passivo HVSR. La prova, nota semplicemente con il nome H/V, fu sperimentata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi nel 1970 ma è stata poi diffusa successivamente, nel 1989, da Nakamura (infatti la prova viene anche definita come metodo di Nakamura). L'indagine consiste in una valutazione sperimentale del rapporto di ampiezza esistente tra la media delle componenti orizzontali e di quella verticale delle vibrazioni ambientali (sismica passiva), misurate in un determinato punto della superficie terrestre tramite un velocimetro triassiale (due orizzontali perpendicolari tra loro ed una

verticale). Quanto detto, giustifica la definizione della metodologia e cioè prova HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) oppure HVSNR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio). Le vibrazioni misurate sono i cosiddetti microtremori e sono l'effetto di una serie di sorgenti le quali sono attive per una molteplicità di frequenze, anche se quelle che interessano a fini ingegneristici sono generalmente quelle comprese nell'intervallo 0,5 – 20 Hz. Le principali sorgenti sono sia di origine antropica (traffico veicolare, attività industriale, rumore urbano in genere) che naturale (onde marine, perturbazioni atmosferiche, cicloni oceanici, tremori vulcanici). Durante l'acquisizione dei dati vanno rispettate una precisa metodologia ed alcune accortezze per fare in modo che il dato sia statisticamente corretto. Questa metodologia a stazione singola del microtremore sismico consente la misura della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo e degli edifici, oltre che la stima, in maniera rapida, della stratigrafia superficiale e del Vs30, così come richiesto dalle normative antisismiche vigenti. Le misure sono state effettuate con uno strumento denominato Gemini 2 prodotto dalla ditta Pasi di Torino. Il Gemini 2 è un acquisitore dati HVSR costituito da una terna di geofoni con frequenza di risonanza di 2 Hz, accoppiati sia meccanicamente che elettricamente e da un acqui-sitore di dati a 24 bit reali appositamente progettato. Per il suo funzionamento in campagna il Gemini 2 viene collegato ad un computer portatile tramite un'interfaccia USB. I tre geofoni interni sono orientati secondo una terna di assi cartesiani, assumendo la convenzione descritta nelle linee guida del Progetto S.E.S.A.M.E.: l'asse Z corrisponde al geofono verticale (direzione Up-Down), l'asse X e l'asse Y corrispondono rispettivamente al geofono orizzontale (direzione East-West) e al geofono orizzontale (direzione North-South). La misurazione, della durata di venti minuti pari a 200 Hz, è stata eseguita utilizzando il software WinHVSR, prodotto dalla ditta EliaSoft.

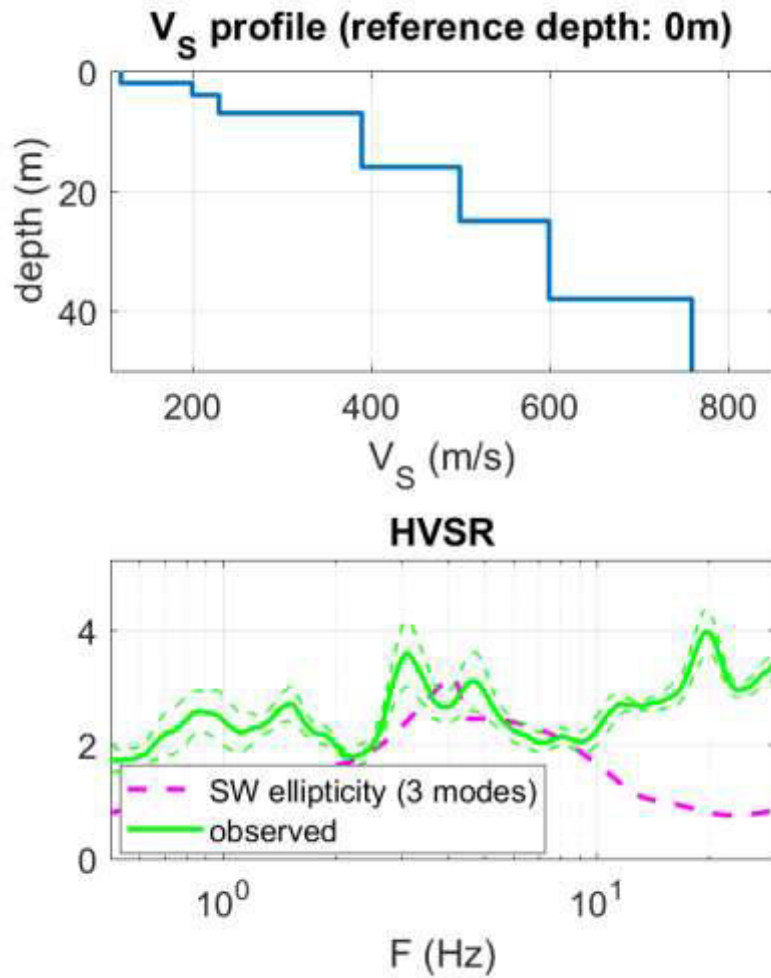
In base all'elaborazione dei dati di campagna sono stati ottenuti i seguenti risultati:



In the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 19.8 (± 8.2)

Peak HVSr value: 4.0 (± 0.4)



Mean model

V_S (m/s): 120 200 230 390 500 600 760

Thickness (m): 2.0, 2.0, 3.0, 9.0, 9.0, 13.0

Sono stati presi in considerazione sei strati a cui è stata attribuita la velocità delle onde di taglio S (V_S) ed il rispettivo spessore (d):

1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
$V_S = 120 \text{ m/s}$	$V_S = 200 \text{ m/s}$	$V_S = 230 \text{ m/s}$
$d = 2.0 \text{ m}$	$d = 2.0 \text{ m}$	$d = 3.0 \text{ m}$

4° STRATO	5° STRATO	6° STRATO
$V_S = 390 \text{ m/s}$	$V_S = 500 \text{ m/s}$	$V_S = 600 \text{ m/s}$
$d = 9.0 \text{ m}$	$d = 9.0 \text{ m}$	$d = 5.0 \text{ m}$

La valutazione del valore V_{S30} viene ottenuta mediante l'utilizzo della seguente relazione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{v_i}}$$

dove:

h_i = spessore dello strato i -esimo, m

v_i = velocità onde di taglio strato i -esimo, m/s

ottenendo:

$$V_{S30} = 337 \text{ m/s}$$

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, viste le caratteristiche del primo sottosuolo, il suolo di fondazione può essere pertanto assimilato alla categoria C di azione sismica “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*” 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.

7. RISPOSTA SISMICA LOCALE

Il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 recante le “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, che recepisce quanto già riportato nell’Ordinanza 3274 del 20/03/2003 e successive modifiche, definisce i criteri antisismici generali, precisando le azioni che devono essere impiegate in fase progettuale per la sicurezza strutturale delle opere.

L’azione sismica sulle costruzioni è valutata partendo da una “pericolosità sismica di base”, derivata da studi eseguiti a livello nazionale e definita sulla base di condizioni ideali in superficie di suolo rigido e topografia orizzontale.

Le Azioni di progetto, per un suolo rigido orizzontale, vengono ricavate in funzione di tre parametri:

a_g = accelerazione orizzontale massima

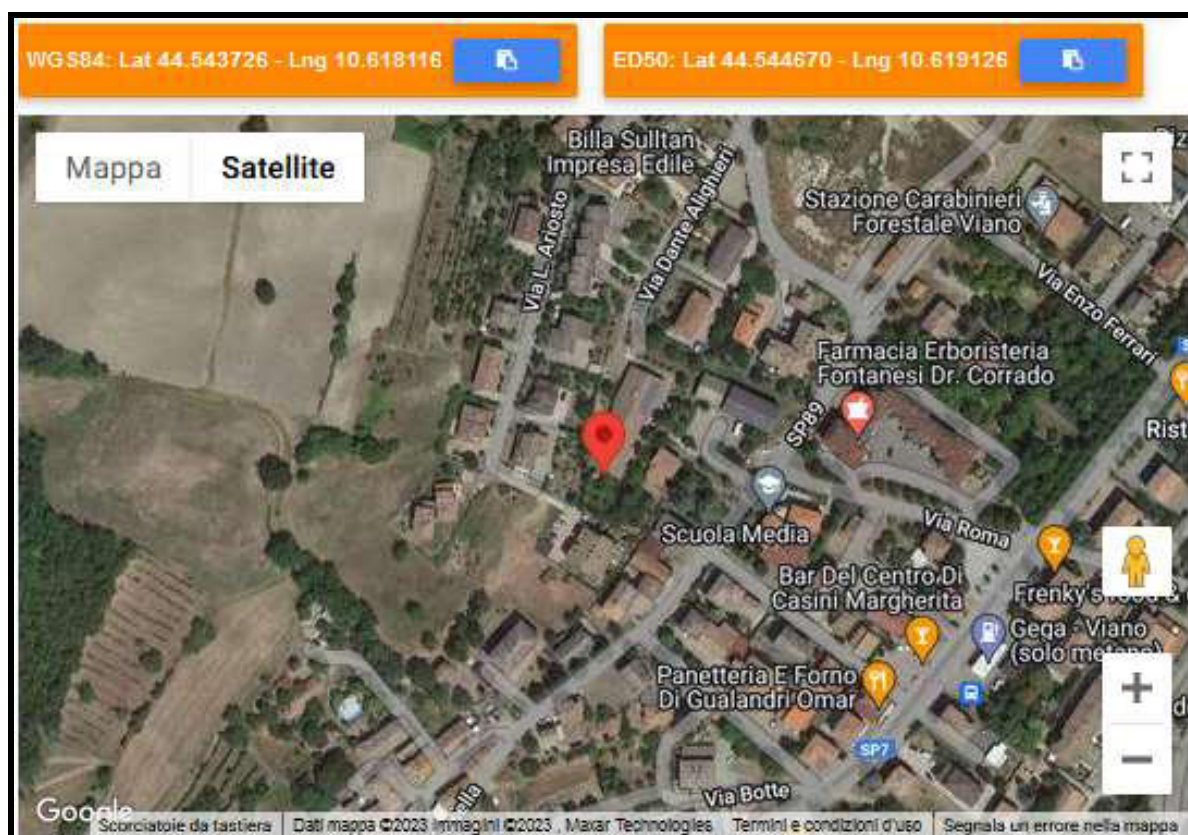
F_o = fattore di amplificazione massimo dello spettro in accelerazione orizzontale

T_c^* = periodo inizio tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri vengono inoltre definiti secondo termini probabilistici differenti, con periodi di ritorno T_R di 30, 50, 475, 975 anni; per tale motivo, ai fini progettuali, occorre fissare la vita di riferimento V_R della costruzione e la probabilità di superamento associata a ciascuno degli stati limite considerati.


I valori dei parametri a_g , F_o e T_c^* per la definizione dell’Azione Sismica possono essere calcolati mediante l’utilizzo del programma di calcolo online GEOSTRU PS, in cui vengono generati accelerogrammi correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

I primi dati ad essere stati introdotti nel programma sono le coordinate geografiche (latitudine 44.543 e longitudine 10.618) del sito di riferimento (vedi figura in allegato).




Come si può visualizzare nella tabella sottostante, per ottenere gli spettri di risposta sismica locale, sono stati inoltre introdotti i valori della vita della struttura e le caratteristiche sismiche del terreno.

Stati limite




Classe Edificio

III. Affollamento significativo...



Vita Nominale

50



Interpolazione

Media ponderata

CU = 1.5

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_o	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	45	0.063	2.489	0.259
Danno (SLD)	75	0.078	2.485	0.269
Salvaguardia vita (SLV)	712	0.181	2.458	0.291
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.225	2.485	0.301

Periodo di riferimento per l'azione sismica:

75

I valori dei principali parametri sismici (a_g , F_o , T_c^*) riferiti all'area in oggetto al TR = 712 anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita esplicitati sono:

$$a_g/g = 0.181$$

$$F_o = 2.46$$

$$T_c^* = 0.29$$

Elaborando i dati forniti, il programma di calcolo ha valutato l'accelerazione massima attesa al sito mediante la relazione:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

in cui:

S_s = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica;

S_t = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione topografica;

a_g = accelerazione orizzontale massima sul suolo di categoria A.

Coefficienti sismici

Tipo

Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

1

us (m)

0.1

Cat. Sottosuolo

C

▼

Cat. Topografica

T1

▼

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,43	1,37
CC Coeff. funz categoria	1,64	1,62	1,58	1,56
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

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

0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.019	0.023	0.062	0.086
kv	0.009	0.012	0.031	0.043
Amax [m/s²]	0.927	1.146	2.545	3.018
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Nel caso in esame potrà essere assunto:

VN 50 anni - Classe d'Uso III

Stato limite SLV e TR = 712 anni (*Paragrafo 7.1 D.M. 17.01.2018*):

Ss = 1.43 - Categoria sottosuolo C

St = 1.0 - Categoria topografica T1

ag = 0.181 · g

Sulla base dei dati sopra riportati risulta pertanto che:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.43 \cdot 1.0 \cdot 0.181 = 0.258 \cdot g.$$

8. MICROZONAZIONE SISMICA

L'aggiornamento con il DGR 630/2019 del DGR 2193/2015, che integrava la Delibera Regionale 112/2007, emessa dalla Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna in data 2 Maggio 2007, fornendo i criteri per l'individuazione delle aree che potrebbero essere soggette ad effetti sismici locali (microzonazione sismica) in modo da orientare le scelte di pianificazione verso le aree a minor rischio. La metodologia indicata per tali tipi di studio prevede due fasi di analisi, con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase ha carattere qualitativo ed è diretta ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.).

Essa viene realizzata sulla base di rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati.

La seconda fase ha invece come obiettivo la microzonazione sismica del territorio. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) analisi semplificata (secondo livello di approfondimento); basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologico più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard; essa viene svolta nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività minore o uguale a 15° in cui il deposito ha spessore costante

b) analisi approfondita (terzo livello di approfondimento), richiesta nei seguenti casi:

- Aree soggette a liquefazione e densificazione;
- Aree instabili e potenzialmente instabili;
- Aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;
- Aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

Avendo attribuito la classe d'uso 3 all'edificio esaminato, si è deciso di proporre una microzonazione sismica con analisi approfondita di III° livello.

L'analisi approfondita di terzo livello prevede la valutazione dei fattori di amplificazione F_a sulla base delle velocità medie delle onde di taglio all'interno della copertura (V_{sH}) o nei primi 30 metri dalla superficie (V_{s30}), calcolate secondo le seguenti formule:

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}} \quad V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

I fattori stimati esprimono l'amplificazione del moto sismico al passaggio dal bedrock alla superficie. Essi possono essere espressi sia come rapporto di PGA che come rapporto tra le intensità spettrali calcolate sugli spettri di pseudo-velocità.

9. RISPOSTA SISMICA DI III° LIVELLO

Come in precedenza detto viene qui di seguito proposta un'analisi sismica di III° livello, in cui viene definito il Fattore di Amplificazione di P.G.A.

La modellazione numerica della risposta sismica locale (RSL) è stata effettuata utilizzando il software "RSL III" della ditta Geostru di Bianco (RC), avvalendosi dello specifico codice di calcolo monodimensionale "SHAKE".

L'elaborazione ha permesso di valutare l'amplificazione dell'impulso sismico al suolo e di quantificare gli spettri di risposta sulla base di terremoti di riferimento (TR 712 anni con smorzamento pari al 5%) forniti dalla Regione Emilia-Romagna, per lo Stato Limite Ultimo SLV.

Il Software RSL III permette di valutare puntualmente l'effettiva amplificazione stratigrafica sfruttando la soluzione dell'equazione differenziale che governa il problema della propagazione di onde di taglio in un solido alla Kelvin-Voigt ed un comportamento dei terreni secondo curve di decadimento per G e lo smorzamento tratte dalla letteratura scientifica e/o normative, o ancora, curve di decadimento personalizzate.

La procedura di calcolo utilizzata da RSL III per la risposta sismica locale è di tipo lineare equivalente su un modello di n strati piani e paralleli di estensione orizzontale infinita su un semispazio corrispondente al bedrock.

L'input sismico, rappresentato da più accelerogrammi, viene applicato al bedrock e viene valutato il moto di propagazione delle onde in direzione perpendicolare alla superficie utilizzando l'equazione di equilibrio dinamico in funzione dello spostamento. I valori finali forniti dall'analisi di risposta sismica locale sono gli accelerogrammi e i relativi spettri di risposta, lo spettro medio e quello medio normalizzato da confrontare con lo spettro di normativa.

La verifica monodimensionale dell'amplificazione locale, tramite l'utilizzo di Shake, si compone di due fasi: elaborazione del modello e simulazione degli effetti indotti dal sisma di progetto.

La prima fase consiste nel costruire la colonna di sottosuolo di riferimento, rappresentata da strati (layer) a differente tessitura e da diversi valori delle onde di taglio S (Vs).

Il modello geologico si è basato sulla stratigrafia, redatta sugli esiti delle prove penetrometriche dinamiche e della prova geofisica HVSR.

La prova HVSR consente di valutare la distribuzione delle velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio (Vs) nei primi trenta metri pari a 337 m/s. All'interno del modello geologico utilizzato per l'analisi di RSL si sono quindi inseriti i sismostrati riportati nel capitolo "Sismicità dell'Area" di suddetta relazione; il bedrock sismico è stato quindi impostato alla profondità di 38 m dal piano campagna attribuendo una velocità di 760 m/s.

Occorre poi procedere all'inserimento degli input sismici, desunti dai segnali di riferimento selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motiondatabase" e forniti dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli regionale. Si tratta di tre tipologie di segnali, già "scalati" per il territorio comunale a cui si riferiscono e sono rappresentati dai tre differenti accelerogrammi di progetto:

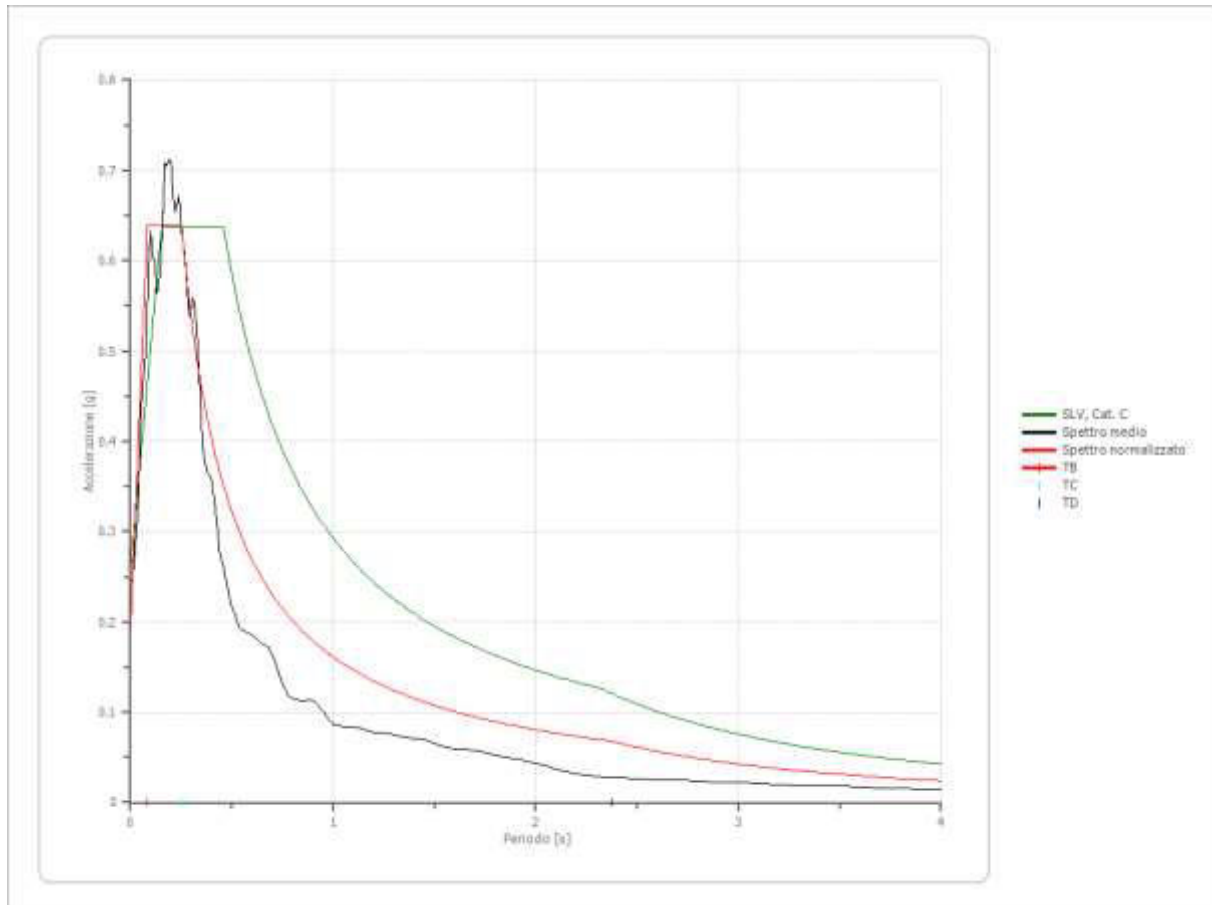
- 1) impulsivo;
- 2) con ampio contenuto in frequenze;
- 3) con componente predominante alle alte frequenze.

La modellazione consente la valutazione dell'amplificazione locale intesa come rapporto PGA/PGA0 ossia come rapporto dell' $a_{g_{max}}$ al suolo (calcolata con SHAKE) con quella del suolo rigido. Si rammenta ancora che per il Comune di Viano la DAL 112/2007 riporta un' $a_{g_{max}}$ al suolo rigido pari a 0,160 g con una classe d'uso II e 0.181 g con una classe d'uso III.

In allegato vengono riportate tutte le elaborazioni fornite dal software RSL III, da cui sono stati estrapolati i risultati qui di seguito forniti.

I risultati ottenuti evidenziano che il fattore di amplificazione FA è pari a 1.699 e un fattore di amplificazione spettrale massima Fo di 3.30, da cui deriva un a_{max} o PGA al sito pari a 0.194 g.

Visionando il grafico del rapporto degli spettri, suddetto valore di accelerazione risulta essere inferiore rispetto a quello calcolato nel capitolo precedente con una risposta sismica semplificata (0.258). In ogni caso, il tecnico strutturista potrà scegliere lo spettro, il confronto degli spettri tuttavia evidenzia che lo spettro da normativa NTC 2018 risulta essere molto cautelativo rispetto a quello da RSLIII.



confronto spettro di progetto e spettro da normativa

10. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Con il termine di liquefazione si intende generalmente la perdita di resistenza dei terreni saturi, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso.

Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero.

Questi fenomeni si verificano soprattutto nelle sabbie fini e nei limi saturi di densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

In conformità con quanto richiesto dall'allegato A3 del DGR 630/2019 e dal punto 7.11.3.4.2. delle NTC 2018, per la presenza di Magnitudo superiori a 5, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno. La verifica è stata effettuata applicando la metodologia di Robertson e Wride, che opera appunto utilizzando i risultati delle prove penetrometriche statiche.

Pur avendo le indagini penetrometriche accertato, nei primi metri dal piano campagna, la presenza di sottili livelli di natura granulare che si alternano a materiali coesivi, è stato tuttavia appurato, con l'ausilio del programma LIQUITER della Ditta Geostru, che il primo sottosuolo presenta un rischio di liquefazione molto basso.

DATI GENERALI

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.181

Fattore amplificazione 2.46

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

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

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.43

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Peak ground acceleration (PGA) 0.258

PROVA PENETROMETRICA CPT1

PARAMETRI GEOTECNICI

Nr	Strato	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Argille - Argille Limose		0	1	21.23	22.01	0	0	6138.97	237.97	0
2	Torbe - Argille Torbose		1	2	21.15	21.93	0	0	5883.99	458.95	0
3	Torbe - Argille Torbose		2	4.5	21.38	22.17	0	0	6807.45	553.53	0
4	Argille		4.5	8.5	20.33	21.11	0	0	3687.3	177.83	0
5	Sabbie dense - Sabbie con Ghiaia		8.5	9.6	18.63	21.57	0	0	28488.33	151.46	0

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.67

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qcl (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1	1.20	25.616	23.655	120.980	7.834	2.529	1.7	291.775	0.991	2.390	0.108	22.161	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
2	1.40	30.002	26.079	115.219	7.840	2.540	1.7	298.252	0.989	2.547	0.114	22.267	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3	1.60	34.388	28.504	110.210	7.846	2.552	1.7	304.357	0.988	2.702	0.120	22.557	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4	1.80	38.774	30.929	105.801	7.852	2.562	1.7	310.140	0.986	2.854	0.124	22.967	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5	2.00	43.160	33.353	101.883	7.858	2.571	1.7	315.640	0.985	3.005	0.128	23.458	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

6	2.20	47.594	35.826	113.733	8.188	2.559	1.670709	351.078	0.983	4.104	0.131	31.262	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7	2.40	52.028	38.299	110.000	8.194	2.568	1.615876	344.765	0.982	3.891	0.134	29.028	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8	2.60	56.462	40.771	106.612	8.199	2.575	1.566111	338.991	0.980	3.703	0.136	27.140	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9	2.80	60.896	43.244	103.519	8.205	2.583	1.520677	333.683	0.979	3.535	0.139	25.522	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10	3.00	65.330	45.717	100.681	8.210	2.590	1.478981	328.777	0.977	3.385	0.140	24.120	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11	3.20	69.764	48.189	98.064	8.215	2.597	1.440537	324.225	0.976	3.250	0.142	22.892	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
12	3.40	74.198	50.662	113.363	8.221	2.562	1.665283	351.362	0.974	4.114	0.143	28.692	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
13	3.60	78.632	53.135	109.383	8.226	2.570	1.606817	344.592	0.972	3.885	0.145	26.859	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
14	3.80	83.066	55.607	105.715	8.232	2.579	1.552926	338.297	0.971	3.681	0.146	25.246	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
15	4.00	87.500	58.080	102.321	8.237	2.587	1.503072	332.422	0.969	3.496	0.147	23.816	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
16	4.20	91.934	60.553	99.171	8.243	2.595	1.456799	326.924	0.968	3.330	0.148	22.541	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
17	4.40	96.368	63.025	96.238	8.248	2.603	1.41372	321.762	0.966	3.178	0.149	21.398	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
18	4.60	100.696	65.392	50.707	4.958	2.605	1.37517	170.092	0.965	0.538	0.149	3.600	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
19	4.80	104.918	67.653	49.430	4.964	2.612	1.340559	168.236	0.963	0.523	0.150	3.482	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
20	5.00	109.140	69.913	51.180	4.970	2.603	1.430341	176.273	0.962	0.589	0.151	3.905	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
21	5.20	113.362	72.174	49.518	4.976	2.613	1.385539	173.954	0.960	0.570	0.152	3.757	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
22	5.40	117.584	74.435	47.958	4.982	2.622	1.343459	171.753	0.959	0.551	0.152	3.621	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
23	5.60	121.806	76.695	46.489	4.988	2.632	1.303859	169.661	0.957	0.534	0.153	3.496	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
24	5.80	126.028	78.956	45.104	4.993	2.641	1.266527	167.669	0.956	0.518	0.153	3.381	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
25	6.00	130.250	81.217	43.797	4.999	2.651	1.231273	165.768	0.954	0.504	0.154	3.274	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
26	6.20	134.472	83.477	42.560	5.005	2.660	1.197929	163.953	0.953	0.490	0.154	3.176	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
27	6.40	138.694	85.738	41.389	5.011	2.668	1.166343	162.216	0.951	0.477	0.155	3.084	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
28	6.60	142.916	87.999	40.278	5.017	2.677	1.13638	160.552	0.950	0.465	0.155	2.999	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
29	6.80	147.138	90.259	39.222	5.023	2.685	1.107917	158.956	0.948	0.454	0.155	2.920	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
30	7.00	151.360	92.520	38.218	5.029	2.694	1.080846	157.424	0.946	0.443	0.156	2.845	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
31	7.20	155.582	94.781	37.262	5.035	2.702	1.055066	155.951	0.945	0.433	0.156	2.776	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
32	7.40	159.804	97.041	36.350	5.041	2.710	1.030488	154.533	0.943	0.423	0.156	2.710	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
33	7.60	164.026	99.302	35.480	5.047	2.717	1.007028	153.167	0.942	0.414	0.156	2.649	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
34	7.80	168.248	101.563	34.649	5.053	2.725	0.9846126	151.850	0.940	0.406	0.157	2.591	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
35	8.00	172.470	103.823	33.854	5.059	2.733	0.9631736	150.579	0.939	0.398	0.157	2.536	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
36	8.20	176.692	106.084	33.093	5.066	2.740	0.9426481	149.350	0.937	0.390	0.157	2.484	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
37	8.40	180.914	108.345	32.363	5.072	2.747	0.9229794	148.163	0.936	0.382	0.157	2.435	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
38	8.60	185.182	110.652	270.825	0.535	1.406	0.9506517	203.115	0.934	0.859	0.157	5.468	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
39	8.80	189.496	113.004	267.991	0.535	1.409	0.9407037	202.398	0.933	0.851	0.157	5.414	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
40	9.00	193.810	115.357	265.244	0.535	1.412	0.9310616	201.675	0.931	0.843	0.157	5.360	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
41	9.20	198.124	117.710	262.580	0.535	1.416	0.92171	200.946	0.928	0.835	0.157	5.314	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
42	9.40	202.438	120.062	259.994	0.535	1.419	0.9126347	200.214	0.923	0.826	0.156	5.283	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
43	9.60	206.752	122.415	257.484	0.536	1.422	0.9038222	199.479	0.918	0.818	0.156	5.252	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

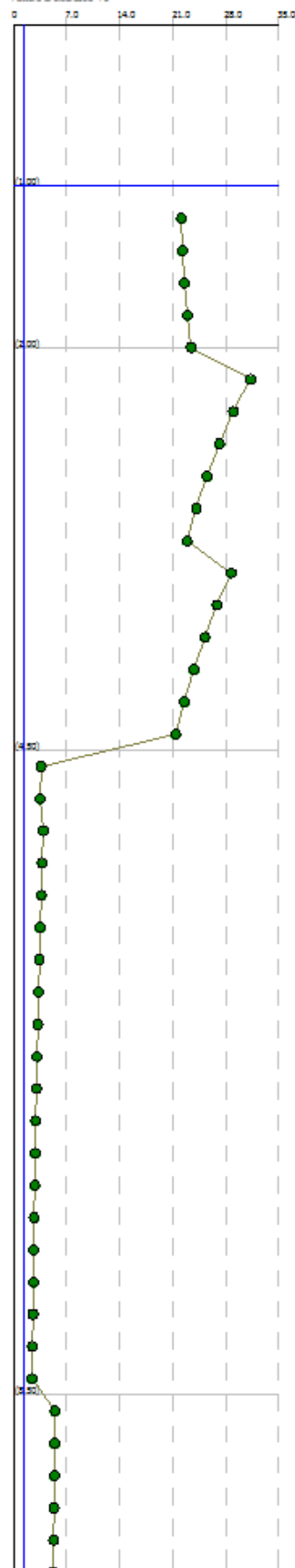
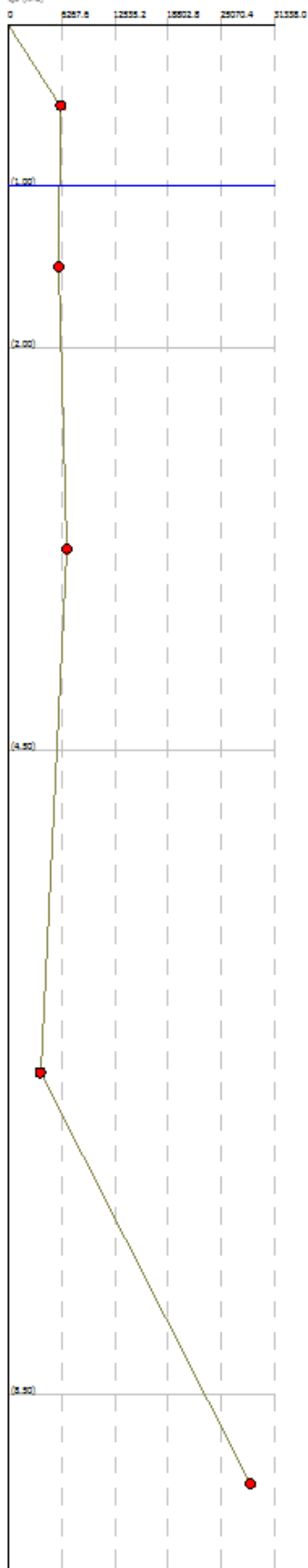
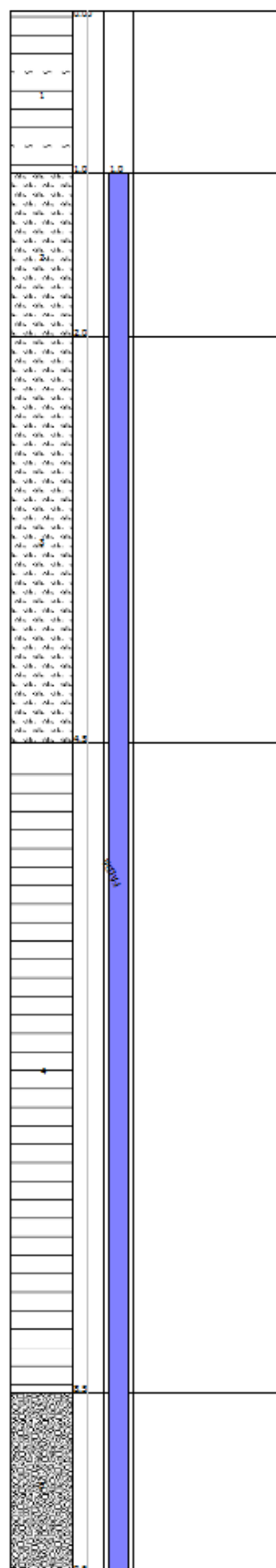
IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

<P10.21>
<P10.22>
<P10.23>
<P10.24>

Colonna sismografica

Q_z (kPa)

Fattore di sicurezza F_s



PROVA PENETROMETRICA CPT2

PARAMETRI GEOTECNICI

Nr	Strato	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1		Argille - Argille Limose	0	1	20.06	20.85	0	0	3040.06	118.99	0
2		Torbe - Argille Torbose	1	2	20.56	21.34	0	0	4118.8	292.89	0
3		Torbe - Argille Torbose	2	4	20.97	21.76	0	0	5315.21	426.92	0
4		Argille	4	9	20.48	21.27	0	0	4036.42	200.32	0
5		Sabbie dense - Sabbie con Ghiaia	9	10	18.63	21.57	0	0	27635.15	96.76	0

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.67

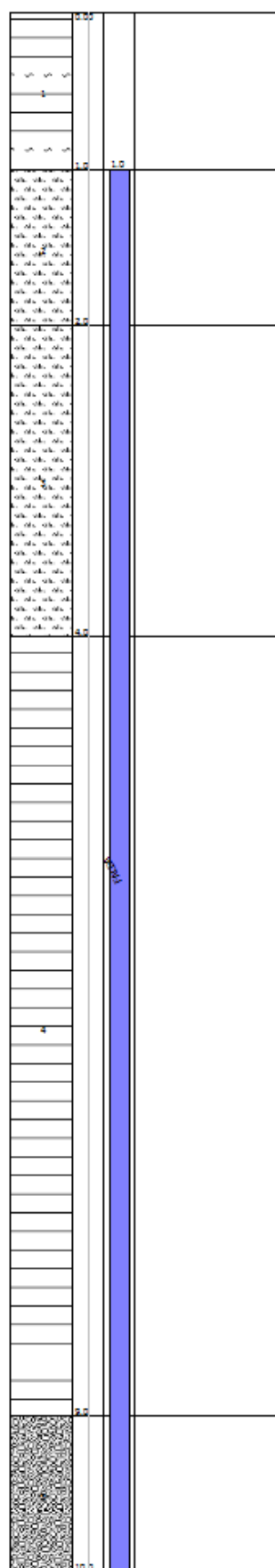
Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qcl (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1	1.20	24.328	22.367	87.090	7.153	2.578	1.7	223.568	0.991	1.119	0.108	10.332	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
2	1.40	28.596	24.673	82.920	7.161	2.591	1.7	229.014	0.989	1.197	0.115	10.386	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3	1.60	32.864	26.980	110.024	7.168	2.520	1.7	200.893	0.988	0.834	0.121	6.896	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4	1.80	37.132	29.287	103.459	7.176	2.535	1.7	206.732	0.986	0.902	0.126	7.174	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5	2.00	41.400	31.593	97.740	7.183	2.550	1.7	212.363	0.985	0.971	0.130	7.484	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6	2.20	45.752	33.984	119.417	8.102	2.544	1.7	271.082	0.983	1.933	0.133	14.526	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7	2.40	50.104	36.375	113.480	8.108	2.556	1.7	277.380	0.982	2.065	0.136	15.191	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8	2.60	54.456	38.765	108.190	8.115	2.568	1.7	283.486	0.980	2.199	0.138	15.887	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9	2.80	58.808	41.156	103.442	8.122	2.579	1.7	289.416	0.979	2.334	0.141	16.609	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10	3.00	63.160	43.547	99.153	8.129	2.590	1.7	295.183	0.977	2.472	0.142	17.354	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11	3.20	67.512	45.937	95.257	8.135	2.600	1.7	300.800	0.976	2.611	0.144	18.119	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
12	3.40	71.864	48.328	91.700	8.142	2.610	1.7	306.278	0.974	2.752	0.146	18.903	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
13	3.60	76.216	50.719	88.439	8.149	2.620	1.663887	305.006	0.972	2.719	0.147	18.509	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
14	3.80	80.568	53.109	85.436	8.156	2.629	1.607391	299.591	0.971	2.581	0.148	17.431	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
15	4.00	84.920	55.500	94.239	8.162	2.604	1.7	302.944	0.969	2.666	0.149	17.879	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
16	4.20	89.174	57.793	53.096	5.075	2.598	1.315417	176.141	0.968	0.588	0.150	3.919	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
17	4.40	93.428	60.085	59.145	5.080	2.568	1.465289	185.366	0.966	0.672	0.151	4.451	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
18	4.60	97.682	62.378	57.507	5.086	2.576	1.424709	183.052	0.965	0.650	0.152	4.283	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
19	4.80	101.936	64.671	55.971	5.091	2.584	1.386657	180.863	0.963	0.630	0.153	4.129	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
20	5.00	106.190	66.963	54.528	5.097	2.592	1.350896	178.789	0.962	0.611	0.153	3.989	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
21	5.20	110.444	69.256	53.168	5.102	2.600	1.317215	176.818	0.960	0.594	0.154	3.860	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
22	5.40	114.698	71.549	51.885	5.108	2.607	1.28543	174.943	0.959	0.578	0.154	3.741	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
23	5.60	118.952	73.841	53.052	5.114	2.601	1.354254	182.237	0.957	0.643	0.155	4.148	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
24	5.80	123.206	76.134	51.399	5.119	2.611	1.313472	179.898	0.956	0.621	0.155	3.998	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
25	6.00	127.460	78.427	49.842	5.125	2.620	1.275075	177.675	0.954	0.602	0.156	3.860	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
26	6.20	131.714	80.719	48.374	5.130	2.629	1.238859	175.557	0.953	0.583	0.156	3.733	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
27	6.40	135.968	83.012	46.987	5.136	2.638	1.204644	173.537	0.951	0.566	0.157	3.615	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
28	6.60	140.222	85.305	45.674	5.141	2.647	1.172267	171.607	0.950	0.550	0.157	3.506	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
29	6.80	144.476	87.597	44.430	5.147	2.656	1.141586	169.760	0.948	0.535	0.157	3.404	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

30	7.00	148.730	89.890	43.249	5.153	2.664	1.11247	167.991	0.946	0.521	0.157	3.309	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
31	7.20	152.984	92.183	42.128	5.158	2.672	1.084801	166.294	0.945	0.508	0.158	3.221	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
32	7.40	157.238	94.475	41.060	5.164	2.680	1.058476	164.665	0.943	0.495	0.158	3.138	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
33	7.60	161.492	96.768	40.043	5.170	2.688	1.033398	163.099	0.942	0.483	0.158	3.060	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
34	7.80	165.746	99.061	39.074	5.175	2.696	1.009481	161.591	0.940	0.472	0.158	2.987	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
35	8.00	170.000	101.353	38.148	5.181	2.703	0.9866463	160.139	0.939	0.462	0.158	2.918	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
36	8.20	174.254	103.646	37.263	5.187	2.711	0.9648215	158.738	0.937	0.452	0.158	2.854	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
37	8.40	178.508	105.939	36.416	5.192	2.718	0.9439413	157.386	0.936	0.443	0.158	2.792	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
38	8.60	182.762	108.232	35.606	5.198	2.725	0.9239457	156.080	0.934	0.434	0.159	2.735	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
39	8.80	187.016	110.524	34.829	5.204	2.733	0.9047798	154.818	0.933	0.425	0.159	2.680	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
40	9.00	191.270	112.817	34.083	5.210	2.740	0.8863928	153.596	0.931	0.417	0.159	2.628	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
41	9.20	195.584	115.170	257.509	0.353	1.308	0.9318185	146.391	0.928	0.372	0.158	2.346	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
42	9.40	199.898	117.522	254.919	0.353	1.312	0.9224443	146.927	0.923	0.375	0.158	2.376	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
43	9.60	204.212	119.875	252.405	0.353	1.315	0.9133475	147.407	0.918	0.378	0.157	2.405	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
44	9.80	208.526	122.228	249.964	0.353	1.319	0.9045146	147.834	0.912	0.380	0.156	2.432	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
45	10.00	212.840	124.580	247.593	0.353	1.322	0.8959331	148.212	0.907	0.383	0.156	2.458	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

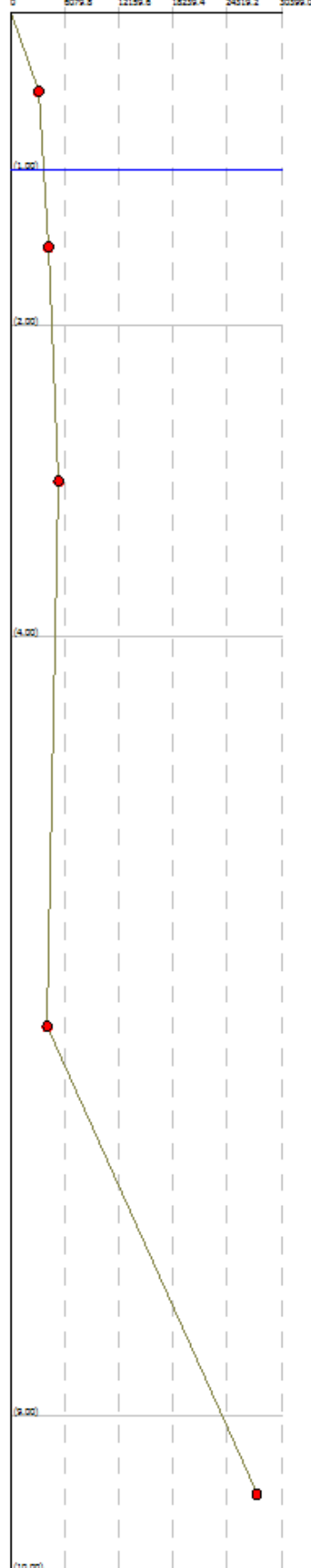
IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

<FIR21>
<FIR22>
<FIR23>
<FIR24>

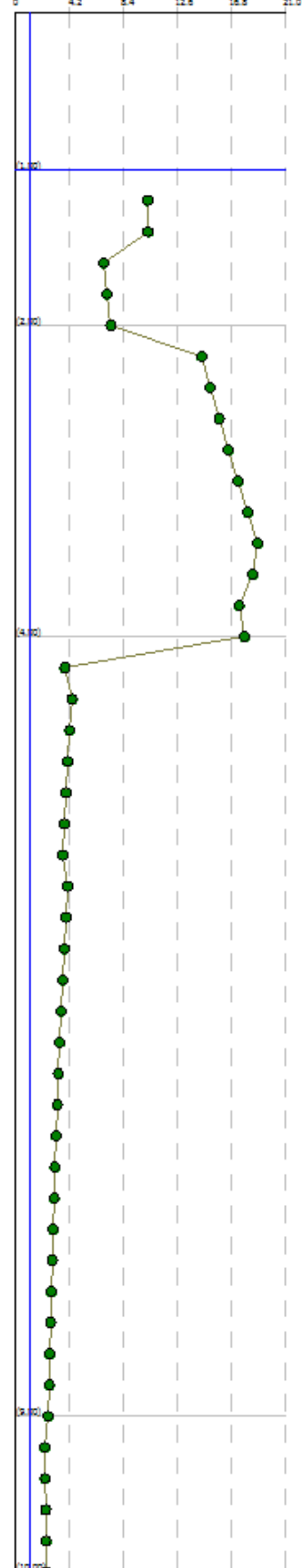
Colonna sonda grafica



Q_u (kPa)



Profilo di sicurezza Ps



11. RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le indagini effettuate hanno avvallato l'esistenza di questa copertura alluvionale il cui spessore è risulta essere superiore ai 10 m; più precisamente le prove penetrometriche hanno riscontrato l'esistenza di sedimenti di natura coesiva, talora di natura organica, ad elevato grado di consolidazione nei primi due metri. Da 2 m sino a 8.5÷9 m vi sono poi sempre argille, sovraconsolidate nei primi 4÷4.5 m, a cui sia alternano livelli granulari con sabbie limose e sabbie.

Questi terreni ricoprono poi banco di sabbie e ghiaie che, per l'elevato grado di addensamento, ha impedito la prosecuzione delle infissioni statiche a 9.6÷10 m di profondità.

In base alle risultanze di un'apposita indagine geofisica passiva HVSR, per il terreno sono stati ottenuti valori di picco della frequenza di risonanza (Peak frequency - Hz) di 19.8 e del rapporto spettrale tra le componenti del moto orizzontale e verticale (Peak HVSR value) di 4.0.

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, sulla base delle risultanze del sondaggio sismico passivo HVSR, che ha consentito di stimare il valore delle Vs30 in 337 m/sec, il suolo di fondazione può essere assimilato alla categoria C di azione sismica "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*" 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.

Mediante l'utilizzo di un apposito programma GEOSTRU PS, in cui vengono generati accelerogrammi correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito, si è proceduto poi al calcolo del valore dei parametri a_g , F_o e T_c^* per la definizione dell'Azione Sismica locale. Riferiti all'area in oggetto, al TR = 712 anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita, sono stati ottenuti i seguenti valori: $a_g/g = 0.181$; $F_o = 2.46$; $T_c^* = 0.29$.

Elaborando i dati, il programma ha prodotto gli spettri elastici SLU; è stata inoltre calcolata l'accelerazione massima attesa al sito di $a_{max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.43 \cdot 1.0 \cdot 0.181 = 0.258 \cdot g$.

Avendo attribuito la classe d'uso 3 all'edificio in progetto, si è ritenuto tuttavia necessario procedere ad una microzonazione sismica con analisi approfondita di III livello.

I risultati ottenuti evidenziano che il fattore di amplificazione FA è pari a 1.699 e un fattore di amplificazione spettrale massima F_o di 3.30, da cui deriva un a_{max} o PGA al sito pari a 0.194 g.

Visionando il grafico del rapporto degli spettri, suddetto valore di accelerazione risulta essere inferiore rispetto a quello calcolato nel capitolo precedente con una risposta sismica semplificata (0.258). In ogni caso, il tecnico strutturista potrà scegliere lo spettro, il confronto degli spettri tuttavia evidenzia che lo spettro da normativa NTC 2018 risulta essere molto cautelativo rispetto a quello da RSLIII.

In conformità con quanto richiesto dall'allegato A3 del DGR 630/2019 e dal punto 7.11.3.4.2. delle NTC 2018, per la presenza di Magnitudo superiori a 5, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno. La verifica è stata effettuata applicando la metodologia di Robertson e Wride, che opera appunto utilizzando i risultati delle prove penetrometriche statiche.

Pur avendo le indagini penetrometriche accertato, nei primi metri dal piano campagna, la presenza di sottili livelli di natura granulare che si alternano a materiali coesivi, è stato tuttavia appurato, con l'ausilio del programma LIQUITER della Ditta Geostru, che il primo sottosuolo presenta un rischio di liquefazione molto basso.

Sulla base dei parametri geomeccanici del terreno acquisiti con le indagini si è proceduto alla valutazione del peso di volume (γ), dell'angolo di attrito interno (ϕ'), della coesione non drenata (C_u) ed efficace (c') nonché del modulo edometrico (M_o), per gli strati che caratterizzano il primo sottosuolo.

Suddetti valori potranno essere utilizzati per il dimensionamento strutturale in conformità con quanto prescritto dal D.M. 17/01/2018. Per la presenza di una coltre di riporto dello spessore di almeno 1 m soprattutto nella zona orientale, posizionata per realizzare una superficie pianeggiante del giardino, si consiglia di impostare la nuove basi d'appoggio a non meno di 1.5 m dal piano cortilivo attuale.

Al termine delle indagini, nel fori di sonda, non è stata accertata presenza d'acqua: si può quindi escludere una sua interazione con le nuove fondazioni in progetto.

Per non incrementare l'ammollimento del terreno e per non innescare cedimenti di origine secondaria, tali da inficiare nel tempo la staticità delle strutture, è inoltre norma che tutte le acque di scarico vengano raccolte ed allontanate, in direzione della rete drenante principale, utilizzando tubazioni e raccordi a perfetta tenuta.

Si tenga ben presente che, nei primi metri, la matrice coesiva è sensibile a processi di ritiro. Si dovranno pertanto evitare che si attivino tutte quelle situazioni che portano inevitabilmente ad un progressivo anomalo fenomeno di consolidazione del terreno, come accertato attualmente sino a 4÷4.5 m di profondità.

In tal senso, è quindi opportuno che vengano lasciate aree permeabili che consentano l'infiltrazione dell'acqua meteorica dalla superficie; per contenere il ritiro ed il consolidamento delle argille che caratterizzano il primo sottosuolo, fenomeni che, nel tempo, hanno compromesso ulteriormente la staticità delle strutture preesistenti del fabbricato residenziale, si consiglia di sostituire mediante abbattimento e ripiantumazione delle piante ad alto fusto presenti sul lato meridionale; si consiglia altresì di non mettere a dimora altre piante idroesigenti, quali ad esempio aceri saccharino o negundo, tigli e betulle ma essenze che necessitano di quantità d'acqua inferiori.

Nel rispetto di quanto in precedenza esposto e delle disposizioni delle leggi vigenti, siano esse nazionali che regionali (D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni") che prescrivono un'attenta verifica delle strutture in funzione delle caratteristiche del primo sottosuolo, si attesta l'idoneità del terreno all'attuazione dell'intervento edilizio in progetto e si concede quindi parere geologico favorevole.

Scandiano, dicembre 2022

Dott. Geol. Caroli Nicola

Iscr. Ordine dei Geologi Emilia Romagna sez. A n° 1370



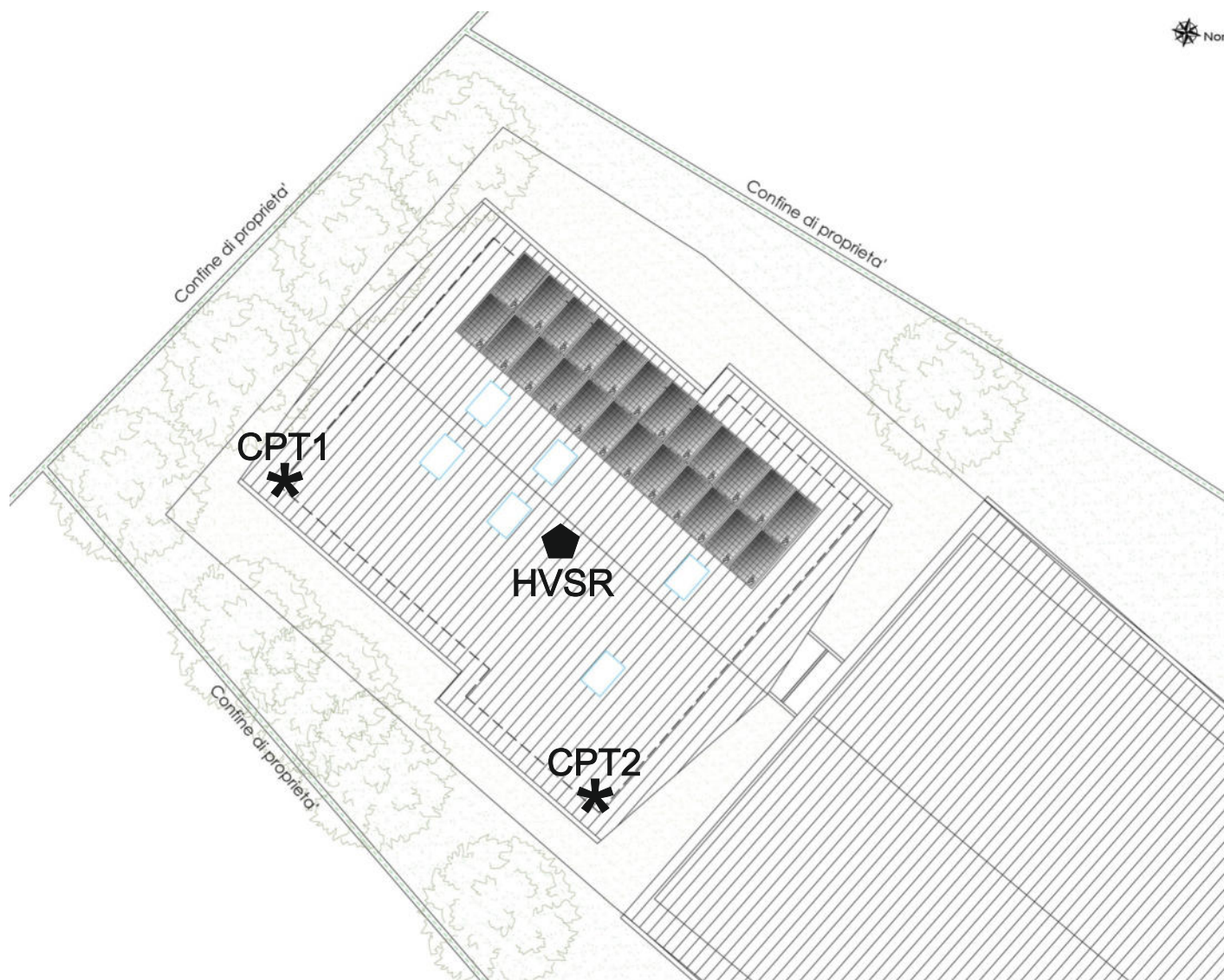
ALLEGATI

UBICAZIONE INDAGINI

scala 1:200

* penetrometrie statiche

◆ indagine geofisica HVSR



PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

(CONE PENETRATION TEST)

CPT

Committente: Amministrazione Comunale di Viano
Cantiere: Ampliamento a destinazione mensa scuola primaria
Località: Via Casella, 2 - Viano (RE)

Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (200 kN)

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

METODOLOGIA D' INDAGINE

Per caratterizzare la litologia del primo sottosuolo sono state effettuate due indagini penetrometriche utilizzando un penetrometro TG 63/200 kN in versione cingolata della ditta PAGANI di Piacenza.

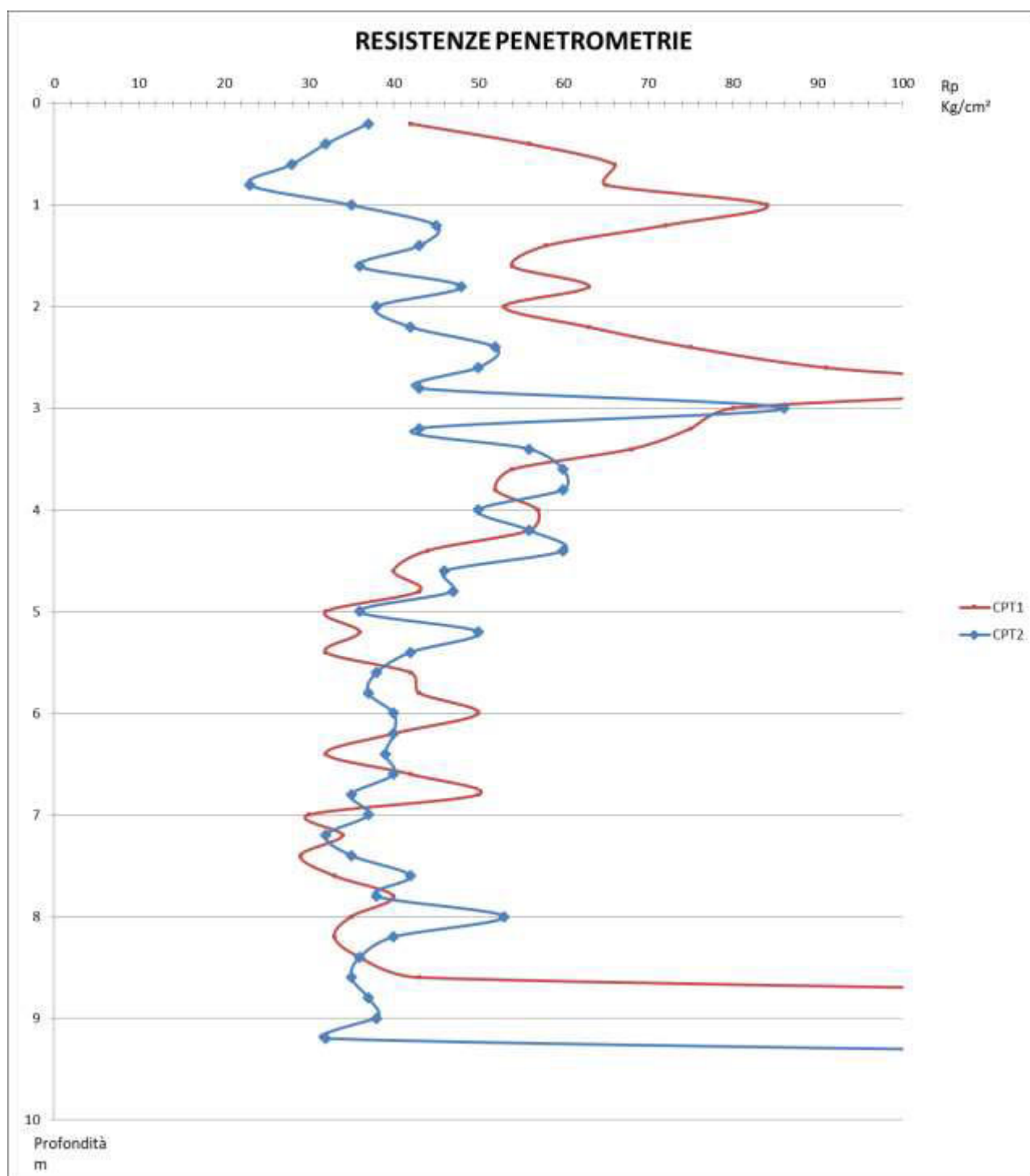
La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm/s} \pm 0,5 \text{ cm/s}$).

La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta. Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica. La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale: punta / manicotto tipo "Begemann". Le dimensioni della punta / manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro Punta Conica meccanica $\varnothing = 35,7 \text{ mm}$
- area di punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo di apertura del cono $\alpha = 60^\circ$
- superficie laterale del manicotto $A_m = 150 \text{ cm}^2$

Sulla batteria di aste esterne è installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'infissione. Una cella di carico, che rileva gli sforzi di infissione, è montata all'interno di un'unità rimovibile, chiamata "selettore", che preme alternativamente sull'asta interna e su quella esterna. Durante la fase di spinta le aste sono azionate automaticamente da un comando idraulico. L'operatore deve solamente controllare i movimenti di spinta per l'infissione delle aste. I valori acquisiti dalla cella di carico sono visualizzati sui manometri. Per mezzo di un software (in alcuni strumenti) è possibile sia durante l'acquisizione, che in un secondo momento a prove ultimate trasferire i dati ad un PC. Le letture di campagna (che possono essere rilevate dal sistema di acquisizione sia in Kg che in Kg/cm^2) durante l'infissione sono le seguenti:

- Lettura alla punta **LP** = prima lettura di campagna durante l'infissione relativa all'infissione della sola punta
- Lettura laterale **LT** = seconda lettura di campagna relativa all'infissione della punta+manicotto



PROVA ...CPT1

Committente: Amministrazione Comunale di Viano

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 06/09/2022

Profondità prova: 9,60 mt – Falda non rilevata

Località: Via Casella, 2 - Viano (RE)



Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	42,00	0,0	42,0	0,466667	90,0	1,1
0,40	56,00	63,0	56,0	2,866667	19,535	5,1
0,60	66,00	109,0	66,0	2,6	25,385	3,9
0,80	65,00	104,0	65,0	3,333333	19,5	5,1
1,00	84,00	134,0	84,0	2,866667	29,302	3,4
1,20	72,00	115,0	72,0	4,133333	17,419	5,7
1,40	58,00	120,0	58,0	4,666667	12,429	8,0
1,60	54,00	124,0	54,0	4,733333	11,408	8,8
1,80	63,00	134,0	63,0	5,466667	11,524	8,7
2,00	53,00	135,0	53,0	4,4	12,045	8,3
2,20	63,00	129,0	63,0	5,333333	11,813	8,5
2,40	75,00	155,0	75,0	7,0	10,714	9,3
2,60	91,00	196,0	91,0	8,0	11,375	8,8
2,80	118,00	238,0	118,0	10,533333	11,203	8,9
3,00	80,00	238,0	80,0	9,6	8,333	12,0
3,20	75,00	219,0	75,0	6,733333	11,139	9,0
3,40	68,00	169,0	68,0	4,933333	13,784	7,3
3,60	54,00	128,0	54,0	4,066667	13,279	7,5
3,80	52,00	113,0	52,0	3,8	13,684	7,3
4,00	57,00	114,0	57,0	3,266667	17,449	5,7
4,20	56,00	105,0	56,0	2,266667	24,706	4,0
4,40	44,00	78,0	44,0	2,2	20,0	5,0
4,60	40,00	73,0	40,0	2,933333	13,636	7,3
4,80	43,00	87,0	43,0	2,8	15,357	6,5
5,00	32,00	74,0	32,0	1,333333	24,0	4,2
5,20	36,00	56,0	36,0	1,666667	21,6	4,6

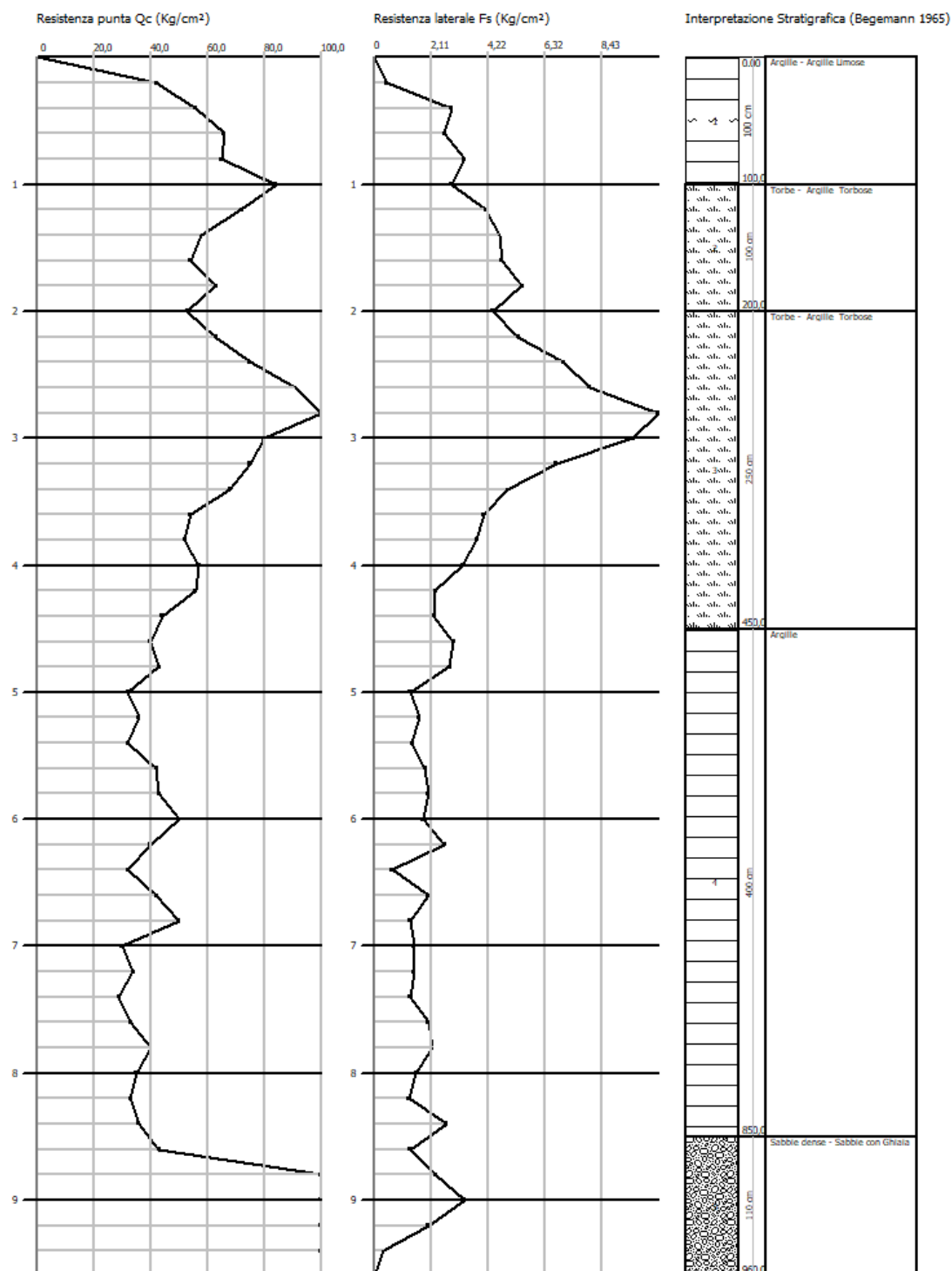
5,40	32,00	57,0	32,0	1,4	22,857	4,4
5,60	42,00	63,0	42,0	1,866667	22,5	4,4
5,80	43,00	71,0	43,0	2,0	21,5	4,7
6,00	50,00	80,0	50,0	1,8	27,778	3,6
6,20	40,00	67,0	40,0	2,6	15,385	6,5
6,40	32,00	71,0	32,0	0,666667	48,0	2,1
6,60	42,00	52,0	42,0	2,0	21,0	4,8
6,80	50,00	80,0	50,0	1,333333	37,5	2,7
7,00	30,00	50,0	30,0	1,466667	20,455	4,9
7,20	34,00	56,0	34,0	1,466667	23,182	4,3
7,40	29,00	51,0	29,0	1,333333	21,75	4,6
7,60	33,00	53,0	33,0	2,0	16,5	6,1
7,80	40,00	70,0	40,0	2,133333	18,75	5,3
8,00	35,00	67,0	35,0	1,533333	22,826	4,4
8,20	33,00	56,0	33,0	1,266667	26,053	3,8
8,40	36,00	55,0	36,0	2,666667	13,5	7,4
8,60	43,00	83,0	43,0	1,333333	32,25	3,1
8,80	173,00	193,0	173,0	2,266667	76,324	1,3
9,00	277,00	311,0	277,0	3,333333	83,1	1,2
9,20	330,00	380,0	330,0	2,0	165,0	0,6
9,40	420,00	450,0	420,0	0,333333	1260,001	0,1
9,60	500,00	505,0	500,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1,00	62,6	2,426667	2,2	Coesivo	Argille - Argille Limose
2,00	60,0	4,68	2,2	Coesivo	Torbe - Argille Torbose
4,50	69,41666	5,644444	2,2	Coesivo	Torbe - Argille Torbose
8,50	37,6	1,813333	2,1	Coesivo	Argille
9,60	290,5	1,544444	2,4	Incoerente	Sabbie dense - Sabbie con Ghiaia

Probe CPT - Cone Penetration CPT1
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

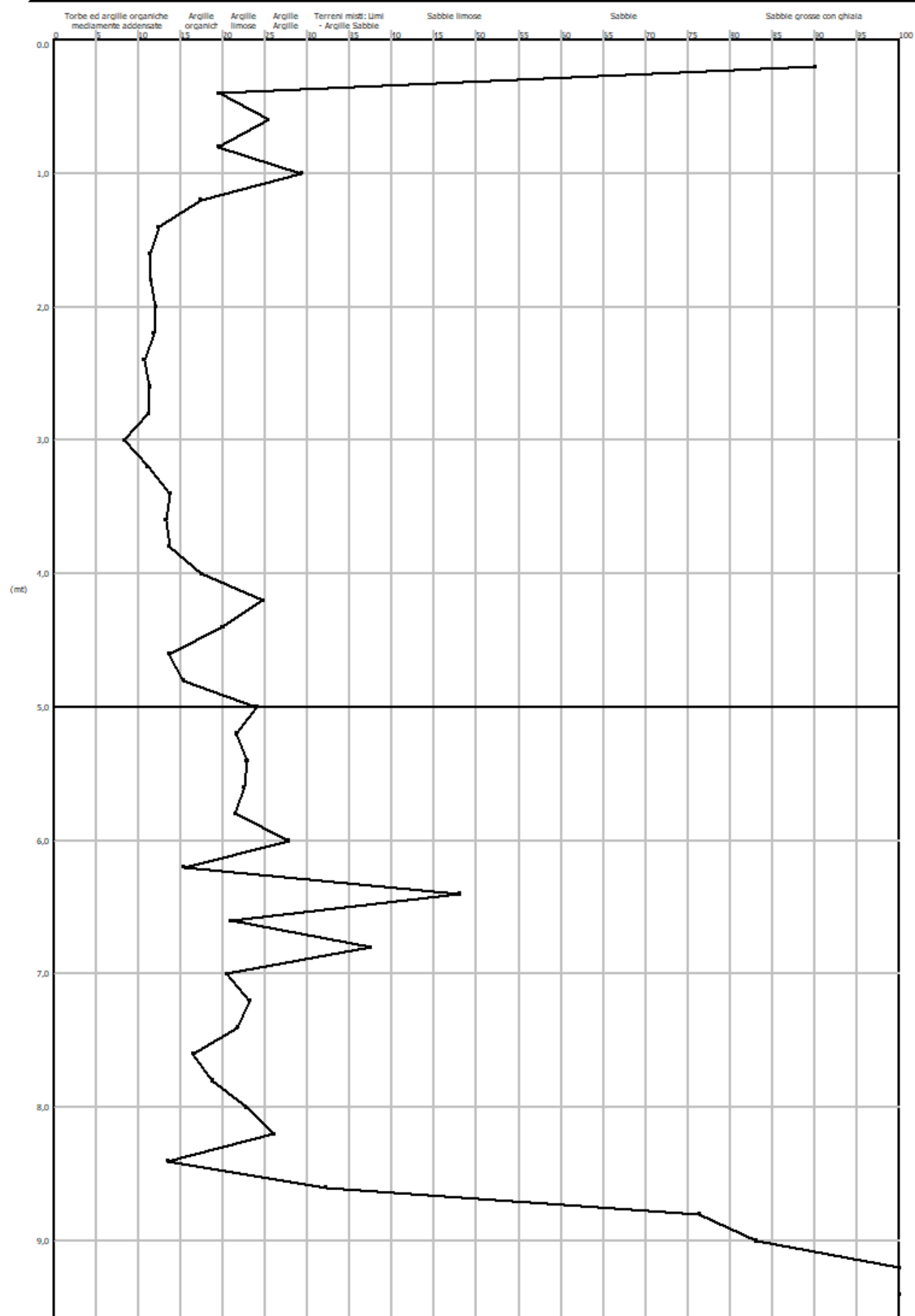
Committente: Amministrazione Comunale di Viano
Cantiere: Ampliamento a destinazione mensa scuola primaria
Località: Via Casella, 2 - Viano (RE)

Data: 06/09/2022



Scala profondità 1:42 - Q_c : 1 cm=18,76 Kg/cm² - F_s : 1 cm=1,98 Kg/cm² -

GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Begemann 1965)
PROVA: CPT1



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimentale	Lunne T.- Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	1,00	62,6	2,426667	3,58	2,92	4,17	3,68	3,29	3,13
Strato 2	2,00	60,0	4,68	3,42	2,84	3,98	3,51	3,14	3,00
Strato 3	4,50	69,41666	5,644444	3,93	3,07	4,58	4,04	3,62	3,47
Strato 4	8,50	37,6	1,813333	2,07	2,05	2,41	2,13	1,90	1,88

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buisman	Buisman Sanglerat
Strato 1	1,00	62,6	2,426667	156,50	125,20	187,80	93,90
Strato 2	2,00	60,0	4,68	150,00	120,00	180,00	90,00
Strato 3	4,50	69,41666	5,644444	173,54	138,83	208,25	104,12
Strato 4	8,50	37,6	1,813333	94,00	75,20	112,80	112,80

Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	1,00	62,6	2,426667	2343,37	93,90
Strato 2	2,00	60,0	4,68	2237,63	90,00
Strato 3	4,50	69,41666	5,644444	2576,31	104,10
Strato 4	8,50	37,6	1,813333	1357,12	56,40

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	1,00	62,6	2,426667	Imai & Tomauchi	350,64
Strato 2	2,00	60,0	4,68	Imai & Tomauchi	341,67
Strato 3	4,50	69,41666	5,644444	Imai & Tomauchi	373,50
Strato 4	8,50	37,6	1,813333	Imai & Tomauchi	256,80

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History
Strato 1	1,00	62,6	2,426667	>9
Strato 2	2,00	60,0	4,68	4,23
Strato 3	4,50	69,41666	5,644444	2,26
Strato 4	8,50	37,6	1,813333	0,62

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	1,00	62,6	2,426667	Meyerhof	2,16
Strato 2	2,00	60,0	4,68	Meyerhof	2,16
Strato 3	4,50	69,41666	5,644444	Meyerhof	2,18
Strato 4	8,50	37,6	1,813333	Meyerhof	2,07

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	1,00	62,6	2,426667	Meyerhof	2,24
Strato 2	2,00	60,0	4,68	Meyerhof	2,24
Strato 3	4,50	69,41666	5,644444	Meyerhof	2,26
Strato 4	8,50	37,6	1,813333	Meyerhof	2,15

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	Schmertmann	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkowski 1985
Strato 5	9,60	290,5	1,544444	86,62	91,65	92,44	87,63	78,53

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Durgunoug lu-Mitchell 1973	Caquot	Koppejan	De Beer	Schmertmann	Robertson & Campanella 1983	Herminier	Meyerhof 1951
Strato 5	9,60	290,5	1,544444	38,59	34,59	31,84	29,69	40,83	42,72	30,78	45

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 5	9,60	290,5	1,544444	726,25	581,00	1453,08

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Robertson & Campanella da Schmertmann	Lunne-Christoffersen 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy-Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 5	9,60	290,5	1,544444	104,07	589,77	2372,19	435,75	435,75

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 5	9,60	290,5	1,544444	Imai & Tomauchi	895,65

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 5	9,60	290,5	1,544444	3,44	>9	1	>9

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 5	9,60	290,5	1,544444	Kulhawy & Mayne (1990)	0,78

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 5	9,60	290,5	1,544444	0,03737	0,00486

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 5	9,60	290,5	1,544444	Meyerhof	1,90

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 5	9,60	290,5	1,544444	Meyerhof	2,20

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	1,00	62,6	2,426667	Piacentini-Righi 1988	2,851662E-08
Strato 2	2,00	60,0	4,68	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 3	4,50	69,41666	5,644444	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 4	8,50	37,6	1,813333	Piacentini-Righi 1988	3,636165E-10
Strato 5	9,60	290,5	1,544444	Piacentini-Righi 1988	0,001

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	1,00	62,6	2,426667	Piacentini-Righi 1988	5,355421E-03
Strato 2	2,00	60,0	4,68	Piacentini-Righi 1988	0,0000018
Strato 3	4,50	69,41666	5,644444	Piacentini-Righi 1988	2,0825E-06
Strato 4	8,50	37,6	1,813333	Piacentini-Righi 1988	4,101594E-05
Strato 5	9,60	290,5	1,544444	Piacentini-Righi 1988	0

PROVA ...CPT2

Committente: Amministrazione Comunale di Viano

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 06/09/2022

Profondità prova: 10,00 mt – Falda non rilevata

Località: Via Casella, 2 - Viano (RE)



Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	37,00	0,0	37,0	0,533333	69,375	1,4
0,40	32,00	40,0	32,0	1,733333	18,462	5,4
0,60	28,00	54,0	28,0	1,533333	18,261	5,5
0,80	23,00	46,0	23,0	1,066667	21,562	4,6
1,00	35,00	51,0	35,0	1,2	29,167	3,4
1,20	45,00	63,0	45,0	1,533333	29,348	3,4
1,40	43,00	66,0	43,0	2,933333	14,659	6,8
1,60	36,00	80,0	36,0	2,933333	12,273	8,1
1,80	48,00	92,0	48,0	3,866667	12,414	8,1
2,00	38,00	96,0	38,0	3,666667	10,364	9,6
2,20	42,00	97,0	42,0	4,133333	10,161	9,8
2,40	52,00	114,0	52,0	4,533333	11,471	8,7
2,60	50,00	118,0	50,0	5,4	9,259	10,8
2,80	43,00	124,0	43,0	4,266667	10,078	9,9
3,00	86,00	150,0	86,0	5,266667	16,329	6,1
3,20	43,00	122,0	43,0	3,933333	10,932	9,1
3,40	56,00	115,0	56,0	4,0	14,0	7,1
3,60	60,00	120,0	60,0	4,866667	12,329	8,1
3,80	60,00	133,0	60,0	3,666667	16,364	6,1
4,00	50,00	105,0	50,0	3,466667	14,423	6,9
4,20	56,00	108,0	56,0	2,8	20,0	5,0
4,40	60,00	102,0	60,0	2,666667	22,5	4,4
4,60	46,00	86,0	46,0	2,733333	16,829	5,9
4,80	47,00	88,0	47,0	2,933333	16,023	6,2
5,00	36,00	80,0	36,0	1,2	30,0	3,3
5,20	50,00	68,0	50,0	2,866667	17,442	5,7
5,40	42,00	85,0	42,0	2,2	19,091	5,2
5,60	38,00	71,0	38,0	2,2	17,273	5,8

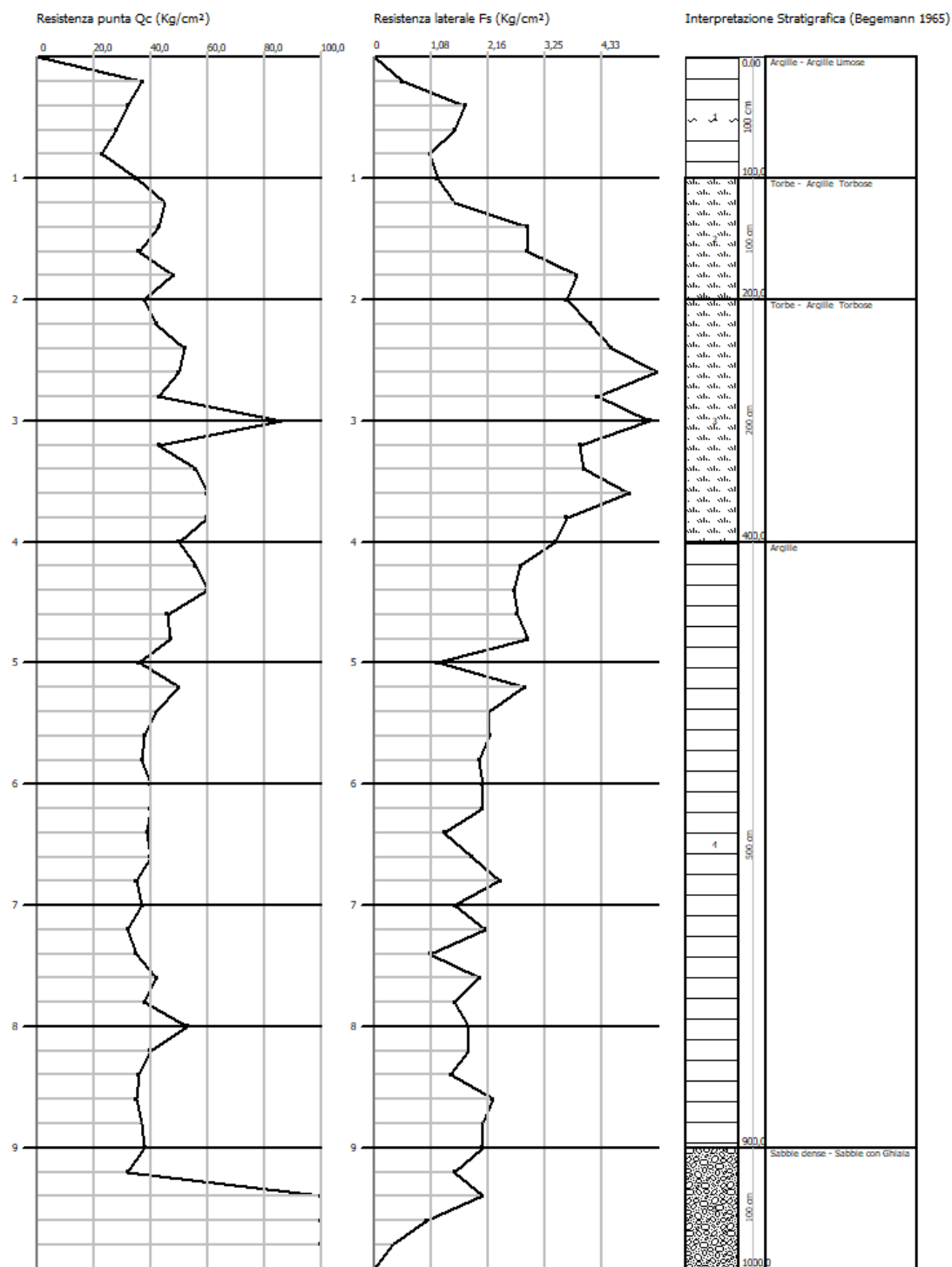
5,80	37,00	70,0	37,0	2,0	18,5	5,4
6,00	40,00	70,0	40,0	2,066667	19,355	5,2
6,20	40,00	71,0	40,0	2,066667	19,355	5,2
6,40	39,00	70,0	39,0	1,333333	29,25	3,4
6,60	40,00	60,0	40,0	1,866667	21,429	4,7
6,80	35,00	63,0	35,0	2,4	14,583	6,9
7,00	37,00	73,0	37,0	1,533333	24,13	4,1
7,20	32,00	55,0	32,0	2,133333	15,0	6,7
7,40	35,00	67,0	35,0	1,066667	32,812	3,0
7,60	42,00	58,0	42,0	2,0	21,0	4,8
7,80	38,00	68,0	38,0	1,533333	24,783	4,0
8,00	53,00	76,0	53,0	1,8	29,444	3,4
8,20	40,00	67,0	40,0	1,8	22,222	4,5
8,40	36,00	63,0	36,0	1,466667	24,545	4,1
8,60	35,00	57,0	35,0	2,266667	15,441	6,5
8,80	37,00	71,0	37,0	2,066667	17,903	5,6
9,00	38,00	69,0	38,0	2,066667	18,387	5,4
9,20	32,00	63,0	32,0	1,533333	20,87	4,8
9,40	177,00	200,0	177,0	2,066667	85,645	1,2
9,60	300,00	331,0	300,0	1,0	300,0	0,3
9,80	400,00	415,0	400,0	0,333333	1200,001	0,1
10,00	500,00	505,0	500,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1,00	31,0	1,213333	2,1	Coesivo	Argille - Argille Limose
2,00	42,0	2,986666	2,1	Coesivo	Torbe - Argille Torbose
4,00	54,2	4,353333	2,1	Coesivo	Torbe - Argille Torbose
9,00	41,16	2,042666	2,1	Coesivo	Argille
10,00	281,8	0,986667	2,4	Incoerente	Sabbie dense - Sabbie con Ghiaia

Probe CPT - Cone Penetration CPT2
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

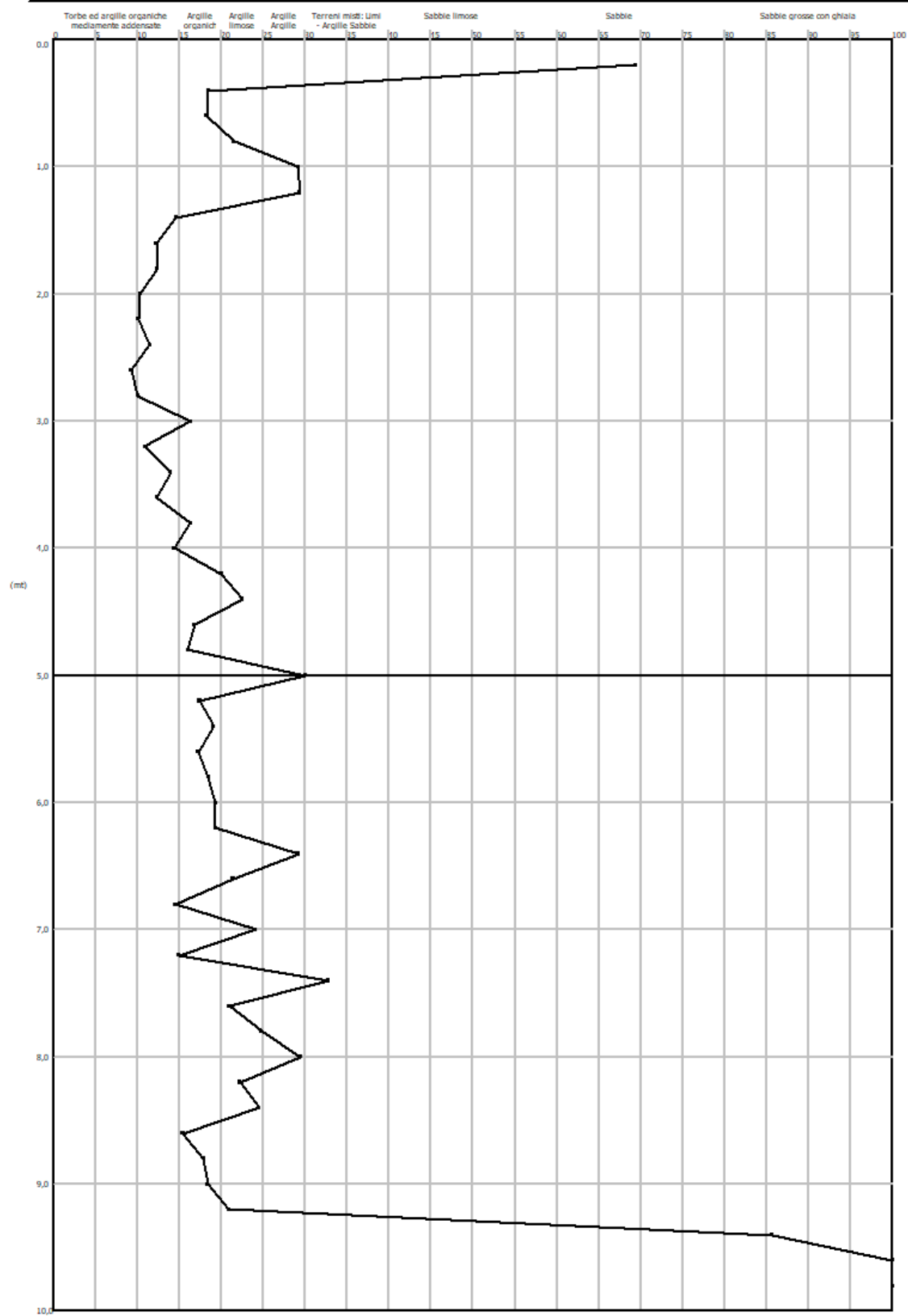
Committente: Amministrazione Comunale di Viano
Cantiere: Ampliamento a destinazione mensa scuola primaria
Località: Via Casella, 2 - Viano (RE)

Data: 06/09/2022



Scala profondità 1:44 - Q_c : 1 cm=18,76 Kg/cm² - F_s : 1 cm=1,02 Kg/cm² -

GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Begemann 1965)
PROVA: CPT2



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimentale	Lunne T.- Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	1,00	31,0	1,213333	1,77	1,86	2,06	1,82	1,63	1,55
Strato 2	2,00	42,0	2,986666	2,39	2,28	2,78	2,45	2,19	2,10
Strato 3	4,00	54,2	4,353333	3,07	2,66	3,57	3,15	2,82	2,71
Strato 4	9,00	41,16	2,042666	2,28	2,19	2,65	2,34	2,09	2,06

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buisman	Buisman Sanglerat
Strato 1	1,00	31,0	1,213333	77,50	62,00	93,00	93,00
Strato 2	2,00	42,0	2,986666	105,00	84,00	126,00	126,00
Strato 3	4,00	54,2	4,353333	135,50	108,40	162,60	81,30
Strato 4	9,00	41,16	2,042666	102,90	82,32	123,48	123,48

Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	1,00	31,0	1,213333	1158,56	46,50
Strato 2	2,00	42,0	2,986666	1563,19	63,00
Strato 3	4,00	54,2	4,353333	2008,87	81,30
Strato 4	9,00	41,16	2,042666	1492,31	61,80

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	1,00	31,0	1,213333	Imai & Tomauchi	228,23
Strato 2	2,00	42,0	2,986666	Imai & Tomauchi	274,77
Strato 3	4,00	54,2	4,353333	Imai & Tomauchi	321,09
Strato 4	9,00	41,16	2,042666	Imai & Tomauchi	271,40

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History
Strato 1	1,00	31,0	1,213333	6,87
Strato 2	2,00	42,0	2,986666	3,1
Strato 3	4,00	54,2	4,353333	2
Strato 4	9,00	41,16	2,042666	0,7

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	1,00	31,0	1,213333	Meyerhof	2,05
Strato 2	2,00	42,0	2,986666	Meyerhof	2,10
Strato 3	4,00	54,2	4,353333	Meyerhof	2,14
Strato 4	9,00	41,16	2,042666	Meyerhof	2,09

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	1,00	31,0	1,213333	Meyerhof	2,13
Strato 2	2,00	42,0	2,986666	Meyerhof	2,18
Strato 3	4,00	54,2	4,353333	Meyerhof	2,22
Strato 4	9,00	41,16	2,042666	Meyerhof	2,17

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	Schmertmann	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkowski 1985
Strato 5	10,00	281,8	0,986667	85,42	89,89	90,81	86,41	76,96

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Durgunoug lu-Mitchell 1973	Caquot	Koppejan	De Beer	Schmertmann	Robertson & Campanella 1983	Herminier	Meyerhof 1951
Strato 5	10,00	281,8	0,986667	38,34	34,32	31,55	29,43	40,58	42,45	30,34	45

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 5	10,00	281,8	0,986667	704,50	563,60	1469,08

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Robertson & Campanella da Schmertmann	Lunne-Christoffersen 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy-Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 5	10,00	281,8	0,986667	102,98	572,70	2300,02	422,70	422,70

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 5	10,00	281,8	0,986667	Imai & Tomauchi	879,17

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 5	10,00	281,8	0,986667	3,26	<0.5	1,04	>9

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 5	10,00	281,8	0,986667	Kulhawy & Mayne (1990)	0,75

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 5	10,00	281,8	0,986667	0,02961	0,00385

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 5	10,00	281,8	0,986667	Meyerhof	1,90

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 5	10,00	281,8	0,986667	Meyerhof	2,20

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	1,00	31,0	1,213333	Piacentini-Righi 1988	8,98615E-08
Strato 2	2,00	42,0	2,986666	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 3	4,00	54,2	4,353333	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 4	9,00	41,16	2,042666	Piacentini-Righi 1988	1,043029E-10
Strato 5	10,00	281,8	0,986667	Piacentini-Righi 1988	0,001

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	1,00	31,0	1,213333	Piacentini-Righi 1988	8,35712E-03
Strato 2	2,00	42,0	2,986666	Piacentini-Righi 1988	1,26E-06
Strato 3	4,00	54,2	4,353333	Piacentini-Righi 1988	1,626E-06
Strato 4	9,00	41,16	2,042666	Piacentini-Righi 1988	1,287932E-05
Strato 5	10,00	281,8	0,986667	Piacentini-Righi 1988	0

INDAGINE HVSR



STRUMENTO: PASI GEMINI 2

winMASW & HoliSurface: Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

Dataset: Viano_scuola_primaria_.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 09 06 10 33 22

GPS data: Unavailable

DATA PROCESSING

Date: 6 1 2023

Time: 12 0

Sampling frequency (Hz): 64

Window length (sec): 40

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.25Hz

Length of analysed dataset (min): 6.2

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 15

SESAME criteria

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 19.8 (q8.2)

Peak HVSR value: 4.0 (q0.4)

==== Criteria for a reliable H/V curve =====

#1. $[f_0 > 10/Lw]$: $19.791 > 0.25$ (OK)

#2. $[nc > 200]$: $13458 > 200$ (OK)

#3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

==== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

#1. $[\text{exists } f^- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f^-) < A_0/2]$: yes (considering standard deviations), at frequency 5.6Hz (OK)

#2. $[\text{exists } f^+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f^+) < A_0/2]$: (NO)

#3. $[A_0 > 2]$: $4.0 > 2$ (OK)

#4. $[f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \text{ q } \sigma_A(f)] = f_0 \text{ q } 5\%]$: (OK)

#5. $[\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)]$: $8.175 > 0.990$ (NO)

#6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$: $0.823 < 1.58$ (OK)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.

Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters the results may change.

show d... reset

step1 (optional) - decimate
64 Hz resample

step2 - HV computation
remove eve... both fl... clean axes
40 window length Min. freq.: 0.25Hz
5 tapering
15 amplitude
9 HVSr
15 spectral smoothing (triangular)
2 detrending no equaliz...
Particle motion, all HVSRs, time lapse
Full ou... compute

contin...
3D motion
save video show 3D mot...

directivity analysis
transmitted in 1.0 5.0 10 Hz compute

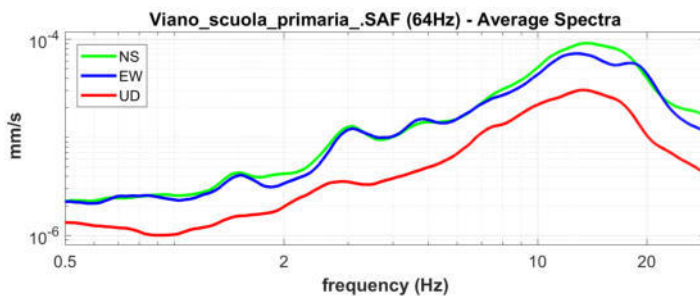
save- options: save HVSR as it is
save HV 0.5 to 30 H
save HV curve (as it is)

picking HV or amplitude spectra
HVSR pick data
save picked... compute

quick analysis (HVs/4H)
200 average Vs (m/s)
20 depth of the
100 Vs of the
clean compute

highlight a frequency
draw/highlight 10 Hz

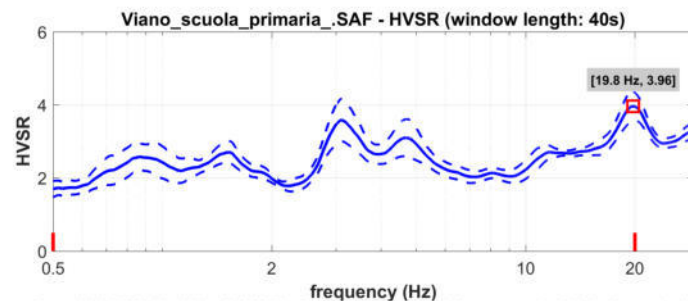
directivity over time
directivity in H... time 320 s



open working fol...
show location
field notes

your comments

default axes



Criteria for a reliable H/V curve

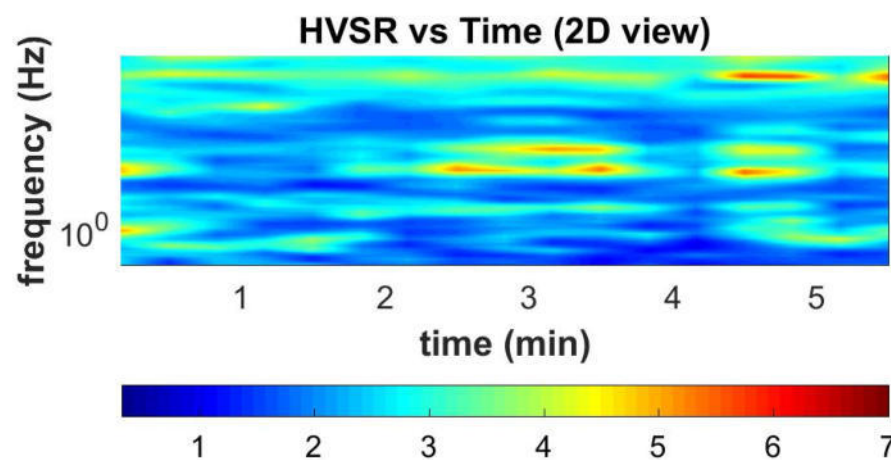
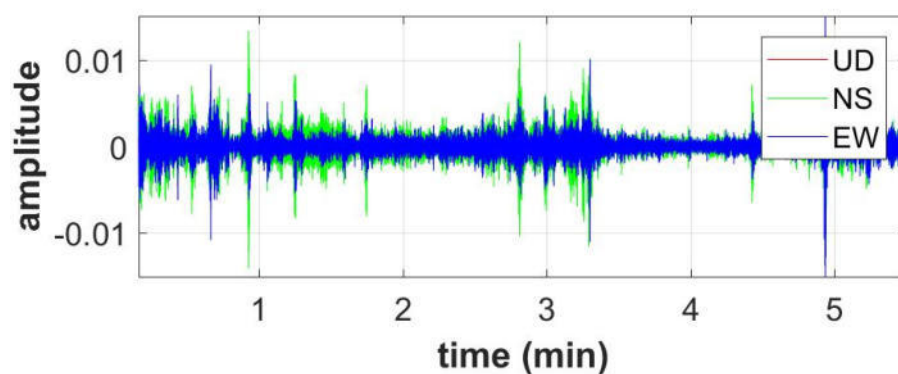
#1 OK
#2 OK
#3 OK

Criteria for a clear H/V peak [19.8]

#1 OK
#2 NO
#3 OK
#4 OK
#5 NO
#6 OK

To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMi/ESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrum/a, Modeling & Picking" panels and

Continuity (Persistence) of the H/V Spectral Ratio



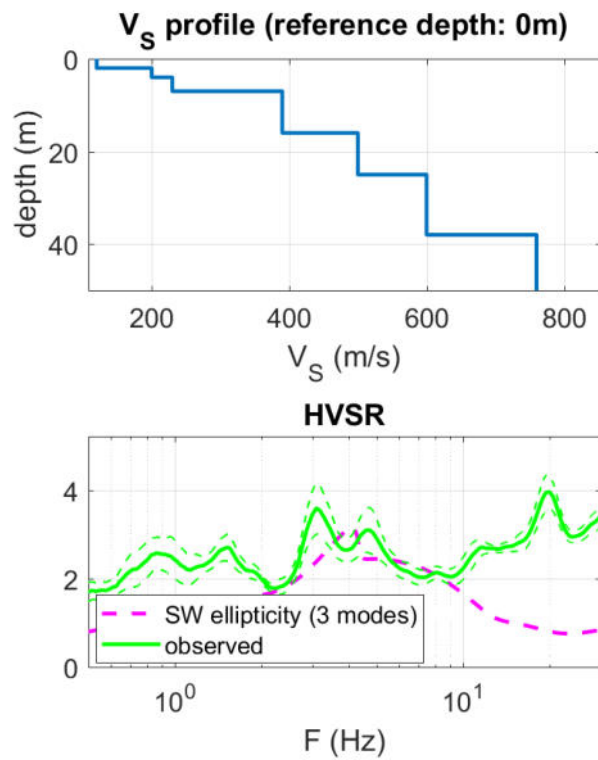
winMASW - Joint Analysis of Seismic Data

www.winmasw.com

Date: 7/1/2023

Time: 17:3

Dataset: Viano_scuola_primaria_hv



Model

V_s (m/s): 120 200 230 390 500 600 760

Thickness (m): 2.0, 2.0, 3.0, 9.0, 9.0, 13.0

Density (gr/cm³) (approximate values): 1.72 1.84 1.88 2.00 2.06 2.11 2.17

Shear modulus (MPa) (approximate values): 25 74 99 305 516 759 1251

Approximate values for V_p and Poisson (please, see manual)

V_p (m/s): 250 416 479 812 1041 1249 1582

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

V_{s30} and V_{sE} (m/s) at surface: 337 337

Pay attention

Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, 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 - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti 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 - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, 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 - 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.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

winMASW - Surface Waves & Beyond

www.winmasw.com

RISPOSTA SISMICA LOCALE DI 3° LIVELLO

AMPLIAMENTO A DESTINAZIONE MENSA SCUOLA PRIMARIA “D. MOROTTI”

VIA CASELLA, 2 – VIANO (RE)

Committente: AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI VIANO

Data: DICEMBRE 2022

INTRODUZIONE

PROCEDURA DI CALCOLO

La procedura di calcolo adoperata da RSL per la valutazione della funzione di trasferimento presuppone come base di partenza uno o più accelerogrammi, od uno spettro di risposta in accelerazione, e la conoscenza della stratigrafia del sito attraverso i seguenti parametri geotecnici per ogni strato:

- peso per unità di volume;
- velocità di propagazione delle onde di taglio;
- coefficiente di spinta laterale;
- modulo di taglio iniziale (opzionale);
- spessore;
- indice di plasticità.

La non linearità del calcolo è introdotta dalla dipendenza del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso dalla deformazione.

Schematicamente la procedura è riassumibile nel seguente modo:

1. Valutazione dello spettro di Fourier dell'accelerogramma (omessa nel caso si debba analizzare uno spettro);
2. Ricerca di un errore relativo piccolo seguendo la procedura di:
 - 2.1. Stima della funzione di trasferimento;
 - 2.2. Valutazione della deformazione indotta in ciascuno strato;
 - 2.3. Correzione del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso per ogni strato;Le operazioni 2.1, 2.2 e 2.3 sono ripetute fino a quando la differenza di deformazione tra un'iterazione e la precedente non rimane al di sotto di una soglia ritenuta accettabile;
3. Trasformazione inversa di Fourier dello spettro precedentemente calcolato ed opportunamente pesato per mezzo della funzione di trasferimento calcolata.

Attraverso questa procedura è possibile “trasferire” l'accelerogramma dal bedrock in superficie. La deformazione per ciascuno strato viene corretta sulla base del rapporto fra deformazione effettiva e massima come suggerito dalla letteratura scientifica, ovvero

$$\frac{\gamma_{eff}}{\gamma_{max}} = \frac{M - 1}{10}$$

dove M rappresenta la magnitudo del sisma.

Per la valutazione della funzione di trasferimento, RSL considera un suolo variamente stratificato composto da N strati orizzontali di cui l' N -esimo è il letto di roccia (bedrock). Ponendo come ipotesi che ciascuno strato si comporti come un solido di Kelvin-Voigt $\left[\tau = G\gamma + \eta \frac{\partial \gamma(z,t)}{\partial z \partial t} \right]$, la propagazione delle onde di taglio che attraversano gli strati verticalmente può essere definita dall'equazione dell'onda:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t} \quad (1)$$

dove: u rappresenta lo spostamento; t il tempo; ρ la densità; G il modulo di deformazione al taglio; η la viscosità. Per onde armoniche lo spostamento può essere scritto come:

$$u(z,t) = U(z)e^{i\omega t} \quad (2)$$

che sostituita nella (1) pone

$$(G + i\omega\eta) \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho\omega^2 U \quad (3)$$

dove ω rappresenta la frequenza angolare. La (3) può essere riscritta come

$$G^* \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho\omega^2 U \quad (4)$$

avendo posto $G^* = G + i\omega\eta$, ovvero il modulo di deformazione al taglio *complesso*. Questo può essere ulteriormente riscritto come

$$G^* = G(1 + 2i\xi) \quad (5)$$

avendo posto

$$\eta = \frac{2G}{\omega} \xi \quad (6)$$

dove ξ rappresenta il coefficiente di smorzamento viscoso. Ciò posto, e fatta convenzione che l'apice * indica la natura complessa delle variabili in gioco, la soluzione dell'equazione generica dell'onda è la seguente:

$$u(z, t) = Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)} \quad (7)$$

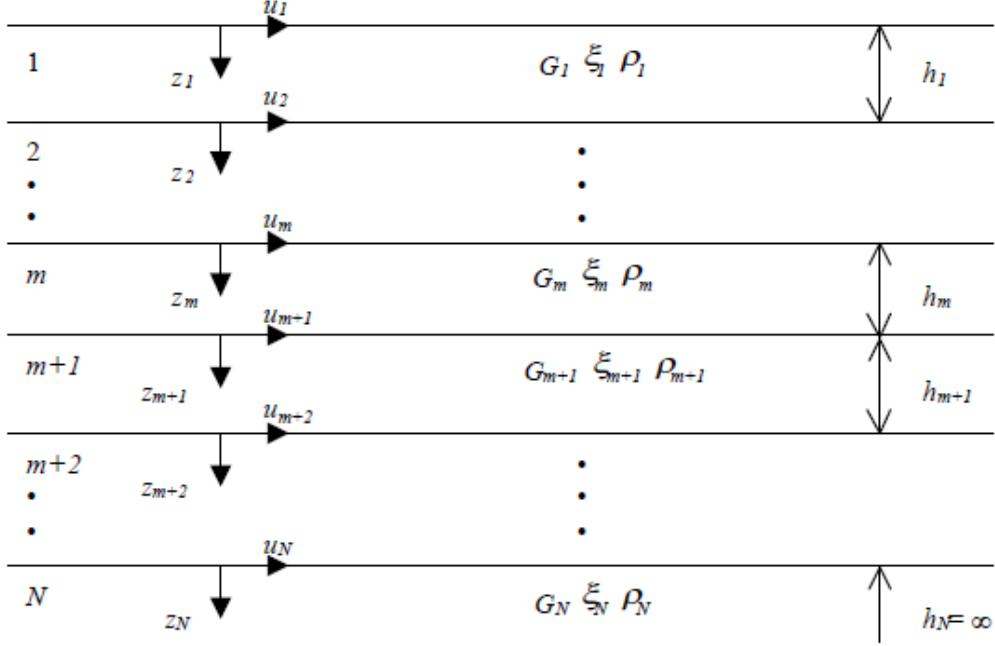


Figura 1: Esempio di stratigrafia per riferimento.

dove E e F dipendono dalle condizioni al contorno e rappresentano l'ampiezza d'onda che viaggia rispettivamente verso l'alto (-z) e verso il basso (+z), mentre k^* rappresenta il numero d'onda complesso dato dalla seguente espressione:

$$k^* = \omega \sqrt{\frac{\rho}{G^*}} \quad (8)$$

Il taglio invece è dato da:

$$\tau(z, t) = G^* \frac{dU}{dz} e^{i\omega t} = ik^* G^* [Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)}] e^{i\omega t} \quad (9)$$

Per il generico strato m di spessore h_m gli spostamenti, rispettivamente in sommità ($z = 0$) ed al fondo ($z = h_m$), sono:

$$u_m(0, t) = (E_m + F_m) e^{i\omega t} \quad (10)$$

$$u_m(h_m, t) = (E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m}) e^{i\omega t} \quad (11)$$

Poiché deve essere rispettata la congruenza sullo spostamento all'interfaccia tra gli strati, ovvero lo spostamento in sommità ad uno strato deve essere uguale allo spostamento sul fondo di quello immediatamente sopra, se ne deduce che:

$$u_m(z = h_m, t) = u_{m+1}(z = 0, t) \quad (12)$$

Usando la (10), (11) e la (12), ne consegue che

$$E_{m+1} + F_{m+1} = E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \quad (13)$$

Il taglio in sommità ed al fondo dell' m -esimo strato è dato da:

$$\tau_m(0, t) = ik_m^* G_m^* [E_m - F_m] e^{i\omega t} \quad (14)$$

$$\tau_m(h_m, t) = ik_m^* G_m^* [E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}] e^{i\omega t} \quad (15)$$

Poiché fra uno strato e l'altro il taglio deve essere continuo si ha

$$\tau_m(z = h_m, t) = \tau_{m+1}(z = 0, t) \quad (16)$$

ovvero

$$E_{m+1} - F_{m+1} = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} (E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}) \quad (17)$$

Sommando la (13) alla (17) e sottraendo la (17) alla (13) si ottiene

$$E_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 + \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 - \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (18)$$

$$F_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 - \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 + \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (19)$$

dove α_m^* rappresenta il coefficiente di impedenza complesso al contorno tra gli strati m ed $m+1$, ed è dato dalla seguente espressione:

$$\alpha_m^* = \frac{k_{m+1}^* G_{m+1}^*}{k_m^* G_m^*} \quad (20)$$

Poiché in superficie il taglio è nullo,

$$\tau_1(0, t) = ik_1^* G_1^* [E_1 - F_1] e^{i\omega t} = 0$$

si deduce che $E_1 = F_1$.

Le equazioni (18) e (19) possono essere successivamente applicate agli strati successivi da 2 ad m . La funzione di trasferimento A_{mn} che lega gli spostamenti in sommità degli strati m ed n è definita dalla seguente espressione:

$$A_{mn} = \frac{u_m}{u_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (21)$$

A_{mn} rappresenta la funzione di trasferimento, ovvero la funzione che mette in relazione il modulo della deformazione tra i punti m e n .

In pratica lo stato deformativo di una stratigrafia rimane definito una volta nota la deformazione di un suo qualsiasi punto. Inoltre, poiché la velocità e l'accelerazione sono legati allo spostamento,

$$\dot{u}(z, t) = \frac{\partial u}{\partial t} = i\omega u(z, t) \quad \ddot{u}(z, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\omega^2 u(z, t) \quad (22)$$

La funzione di trasferimento A_{mn} può essere espressa anche in funzione delle velocità e dell'accelerazione al tetto degli strati n ed m :

$$A_{mn}(\omega) = \frac{u_m}{u_n} = \frac{\dot{u}_m}{\dot{u}_n} = \frac{\ddot{u}_m}{\ddot{u}_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (23)$$

La deformazione tangenziale rimane definita alla profondità z e al tempo t dalla relazione:

$$\gamma(z, t) = \frac{\partial u}{\partial z} = ik^* (E e^{ik^* z} - F e^{-ik^* z}) e^{i\omega t} \quad (24)$$

E la corrispondente tensione tangenziale, dalla seguente espressione:

$$\tau(z, t) = G^* \gamma(z, t) \quad (25)$$

Ai fini di una corretta interpretazione del problema della risposta sismica locale, risulta utile riprodurre la rappresentazione schematica di Figura 2 in cui è riportata la terminologia utilizzata per lo studio del moto sismico di un deposito che poggia su un basamento roccioso.

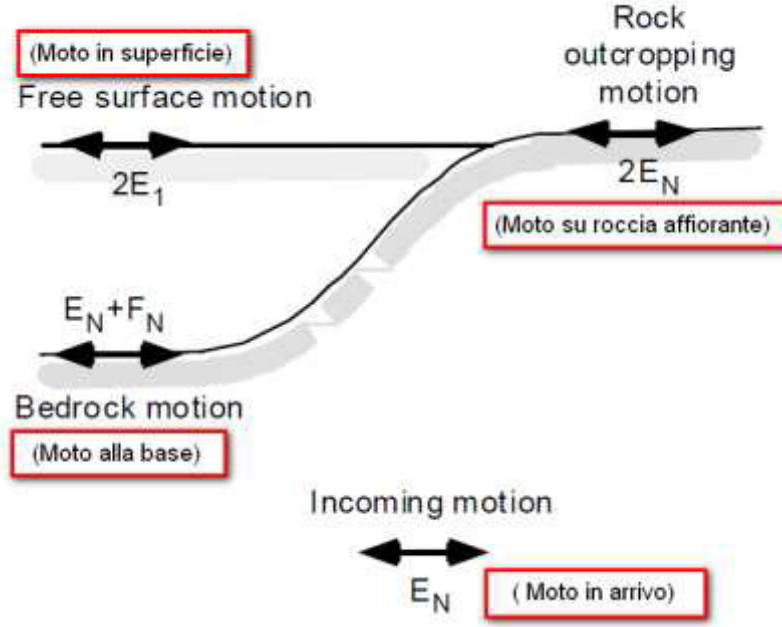


Figura 2: Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

Le onde di taglio si propagano verticalmente attraverso il bedrock con ampiezza pari ad E_N ; al tetto del bedrock, sotto il deposito degli strati di terreno, il moto ha un'ampiezza pari a $E_N + F_N$. Sulla roccia affiorante, poiché le tensioni tangenziali sono nulle ($E_N = F_N$), il moto avrà ampiezza pari a $2E_N$. La funzione di trasferimento dal bedrock al bedrock-affiorante è la seguente:

$$A_{NN}(\omega) = \frac{2E_N}{E_N + F_N} \quad (26)$$

A è non lineare poiché G è funzione di γ . Nella procedura di calcolo infatti, da una stima iniziale del modulo di deformazione al taglio, si ottiene la tensione ipotizzando un legame lineare, per poi ottenere un nuovo valore di γ . Grazie a questo valore aggiornato si valuta un nuovo modulo G così da ripetere la procedura fino a quando la differenza tra la deformazione aggiornata e quella ottenuta dalla precedente iterazione viene ritenuta accettabile. Il modello per $G(\gamma)$ adoperato è quello suggerito da Ishibashi e Zhang (1993) che tiene conto degli effetti della pressione di confinamento e dell'indice di plasticità:

$$G = G_{max} \cdot K(\gamma, PI) (\sigma'_m)^{m(\gamma, PI) - m_0} \quad (24)$$

$$K(\gamma, PI) = 0.5 \left\{ 1 + \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000102 + n(PI)}{\gamma} \right)^{0.492} \right] \right\} \quad (25)$$

$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right] \right\} \exp(-0.0145 PI^{1.3}) \quad (26)$$

$$n(PI) = \begin{cases} 0.0 & \text{per } PI = 0 \\ 3.37 \times 10^{-6} PI^{1.404} & \text{per } 0 < PI \leq 15 \\ 7.0 \times 10^{-7} PI^{1.976} & \text{per } 15 < PI \leq 70 \\ 2.7 \times 10^{-5} PI^{1.115} & \text{per } PI > 70 \end{cases} \quad (27)$$

dove G_{max} è dato dalla relazione

$$G_{max} = \rho V_s^2 \quad (28)$$

dove ρ è la densità del terreno e V_s la velocità di propagazione delle onde di taglio nello stesso. La (28) fornisce il valore iniziale di G per la prima iterazione.

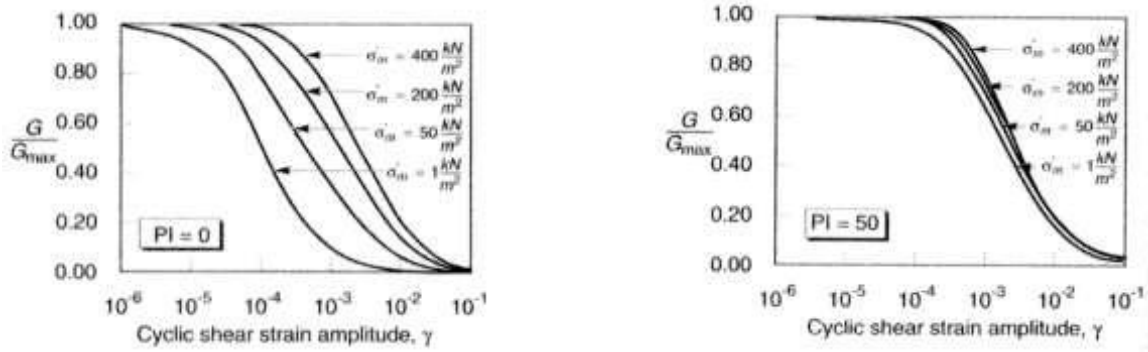


Figura 2: Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

Per quanto riguarda invece il coefficiente di smorzamento viscoso ξ , in conseguenza del modello introdotto dalla (24) si ha:

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{1.5})}{2} \left[0.586 \left(\frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right] \quad (29)$$

da cui si deduce che anche ξ deve essere ricalcolato ad ogni iterazione.

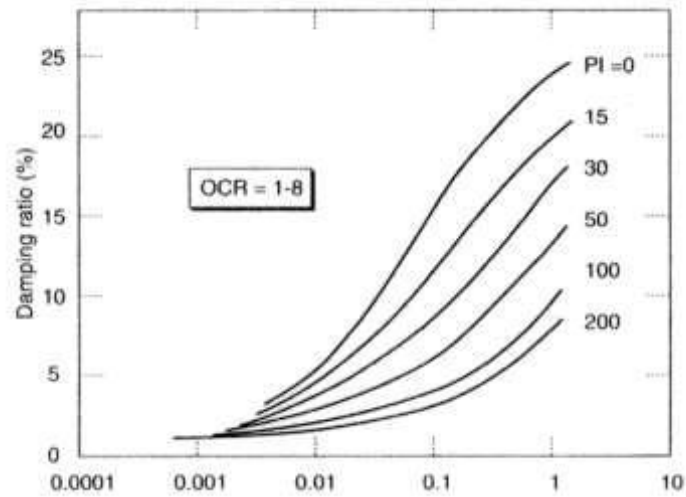


Figura 3: Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso.

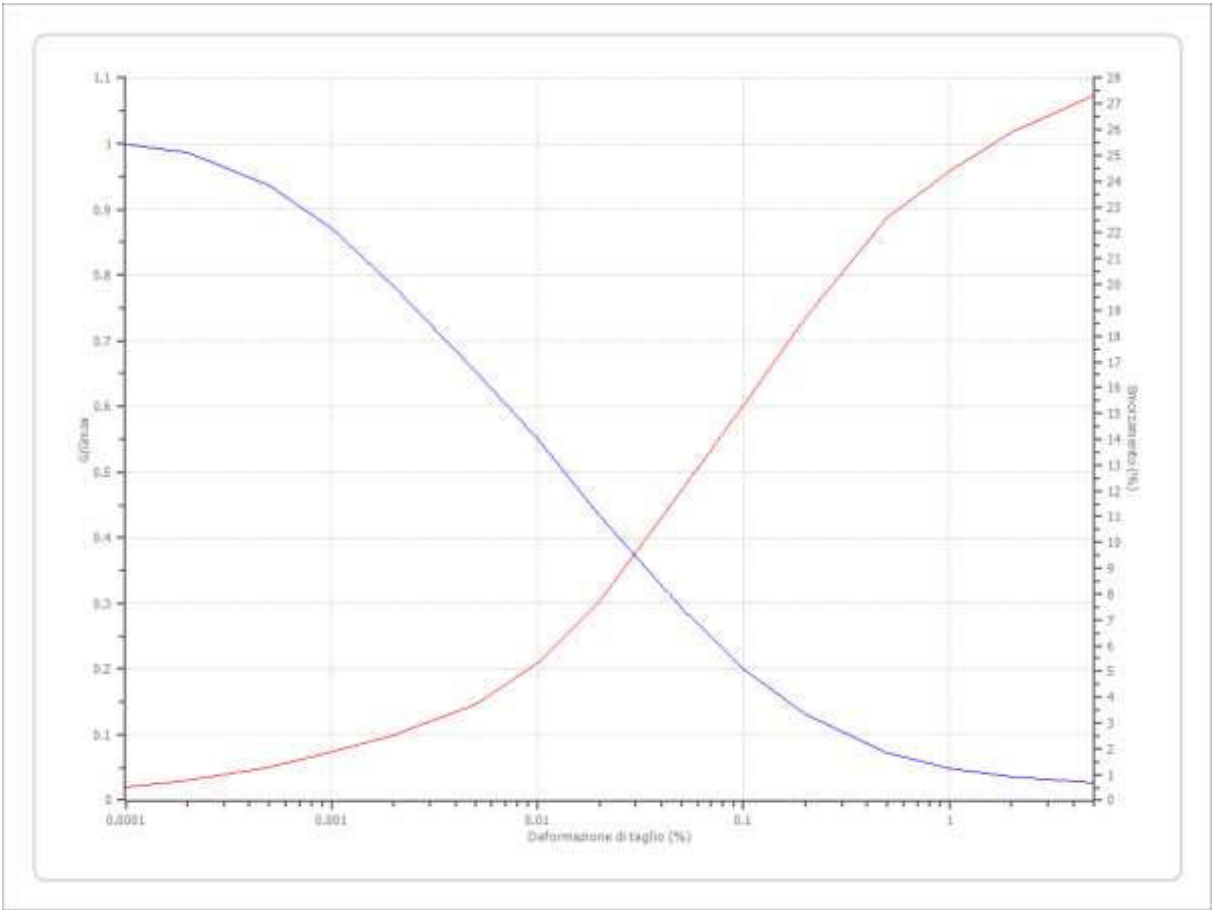
Dati generali

Latitudine44,5437279[°]
 Longitudine10,6181164[°]

Terreni

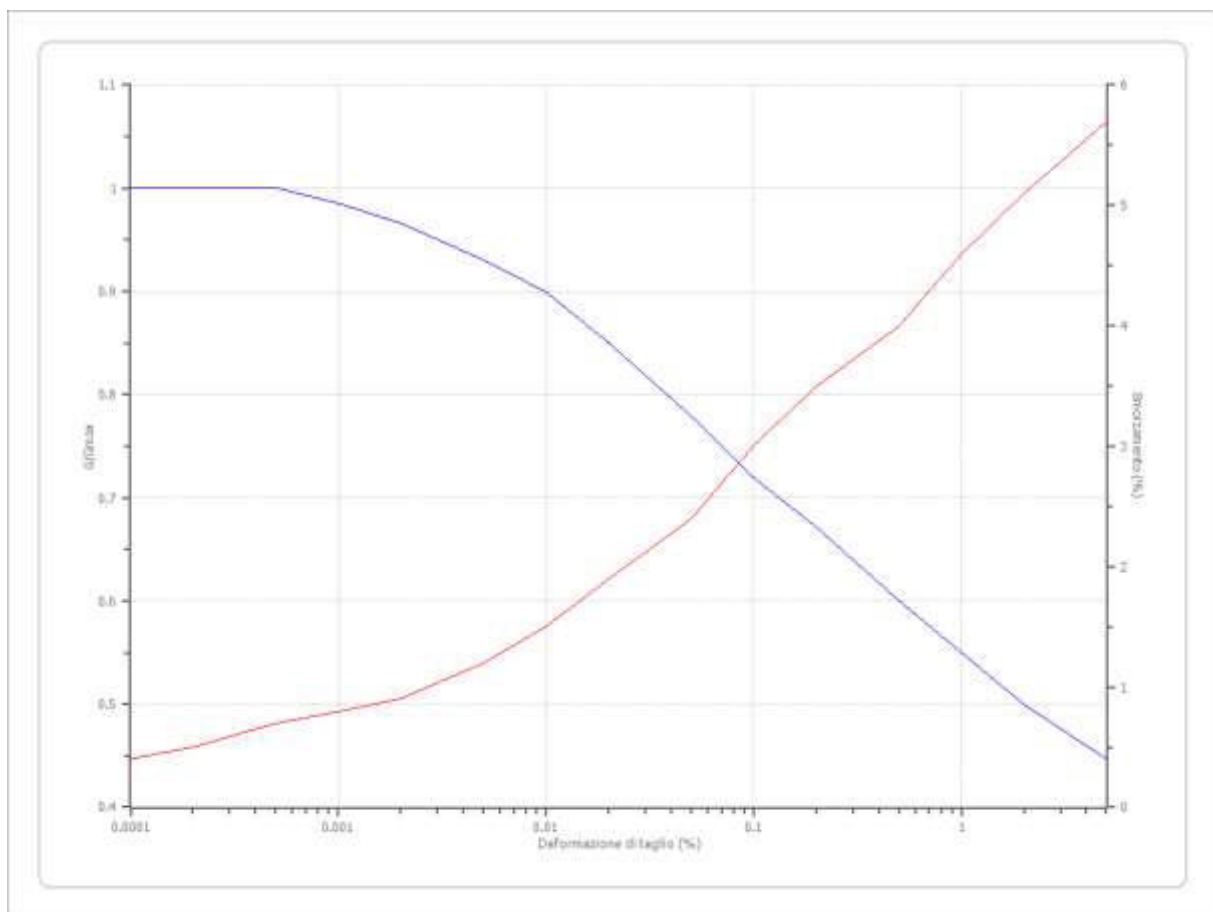
Seed et al. (1986) Gravel

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.500
0.0002	0.987	0.0002	0.800
0.0005	0.937	0.0005	1.300
0.001	0.872	0.001	1.900
0.002	0.783	0.002	2.500
0.005	0.653	0.005	3.700
0.010	0.550	0.010	5.300
0.020	0.434	0.020	7.700
0.050	0.293	0.050	12.000
0.100	0.200	0.100	15.300
0.200	0.132	0.200	18.700
0.500	0.072	0.500	22.600
1.000	0.049	1.000	24.400
2.000	0.036	2.000	25.900
5.000	0.027	5.000	27.300



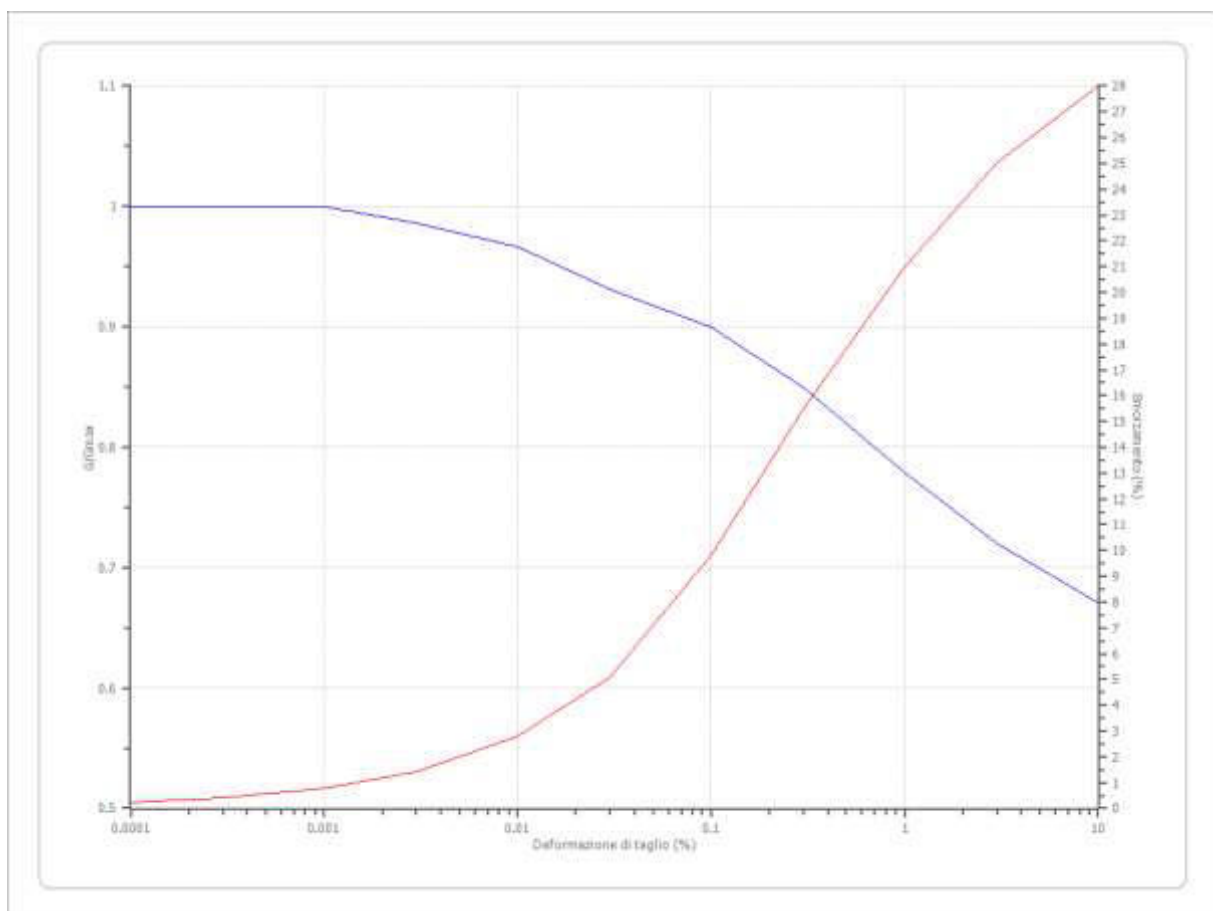
Idriss (1990) Rock

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.400
0.0002	1.000	0.0002	0.500
0.0005	1.000	0.0005	0.700
0.001	0.986	0.001	0.800
0.002	0.966	0.002	0.900
0.005	0.931	0.005	1.200
0.010	0.900	0.010	1.500
0.020	0.850	0.020	1.900
0.050	0.779	0.050	2.400
0.100	0.720	0.100	3.000
0.200	0.671	0.200	3.500
0.500	0.600	0.500	4.000
1.000	0.550	1.000	4.600
2.000	0.500	2.000	5.100
5.000	0.447	5.000	5.700



Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.240
0.0003	1.000	0.0003	0.420
0.001	1.000	0.001	0.800
0.003	0.986	0.003	1.400
0.010	0.966	0.010	2.800
0.030	0.931	0.030	5.100
0.100	0.900	0.100	9.800
0.300	0.850	0.300	15.500
1.000	0.779	1.000	21.000
3.000	0.720	3.000	25.000
10.000	0.671	10.000	28.000



Stratigrafia

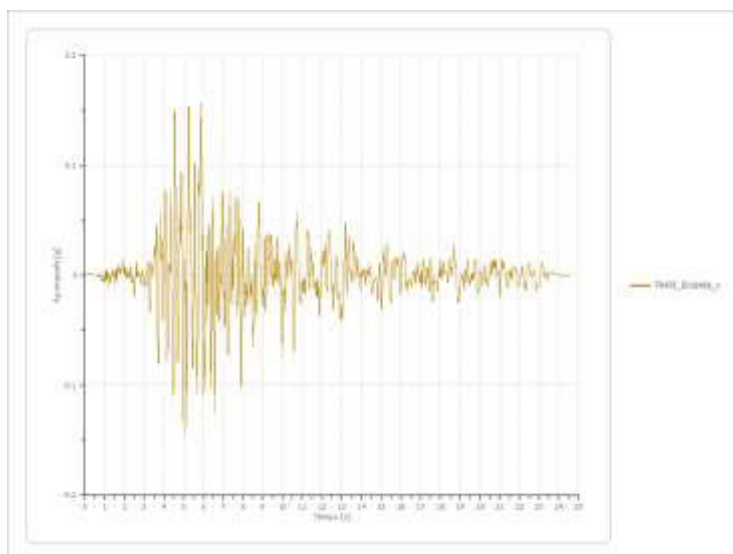
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Gmax [MPa]	Peso unità vol. [kN/m³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	--	2.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	32.29	18.0	120.0	22.0
2	2.0	2.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	89.70	19.0	200.0	66.0
3	4.0	3.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	118.63	19.0	230.0	121.0
4	7.0	9.0	Seed et al. (1986) Gravel	341.10	20.0	390.0	253.0
5	16.0	9.0	Idriss (1990) Rock	560.65	21.0	500.0	406.9
6	25.0	13.0	Idriss (1990) Rock	807.34	22.0	600.0	540.9
7	38.0	--	Smorzamento costante	834.48	22.0	760.0	620.2

Strato con falda: 4
 Strato rilevamento accelerogramma: 7 Affiorante

File TR475_ID16498_1:

Accelerogramma importato

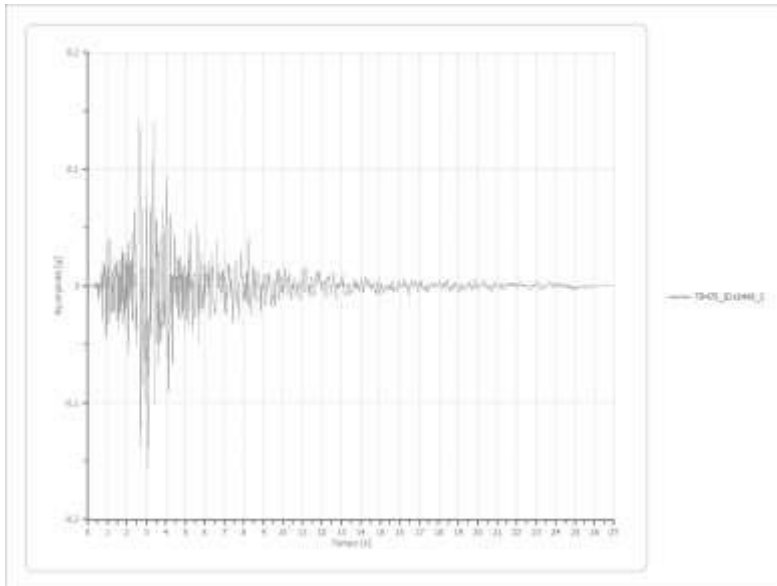
Nome del file TR475_ID16498_1
 Durata della traccia 24.595 [s]
 Accelerazione massima 0.157 [g]
 Periodo con accelerazione massima 5.880 [s]



File TR475_ID16498_2:

Accelerogramma importato

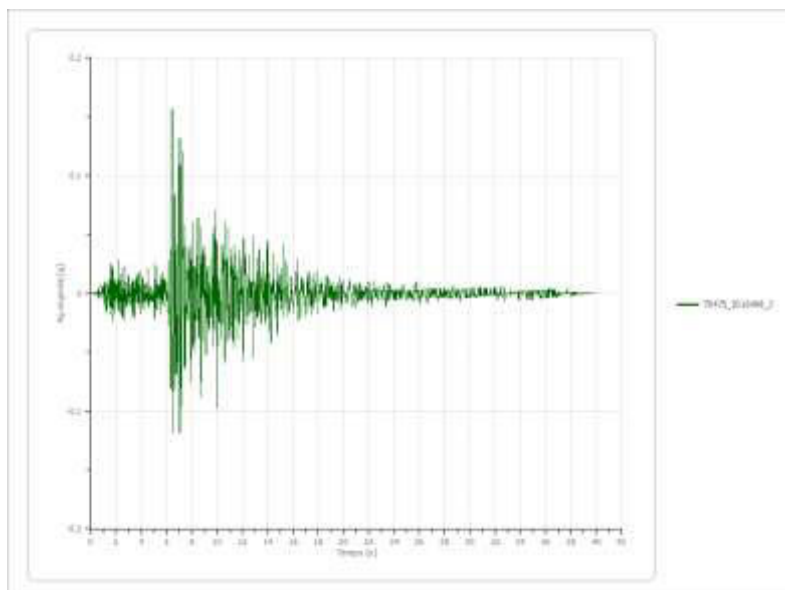
Nome del file	TR475_ID16498_2
Durata della traccia	26.845 [s]
Accelerazione massima	0.157 [g]
Periodo con accelerazione massima	3.070 [s]



File TR475_ID16498_3:

Accelerogramma importato

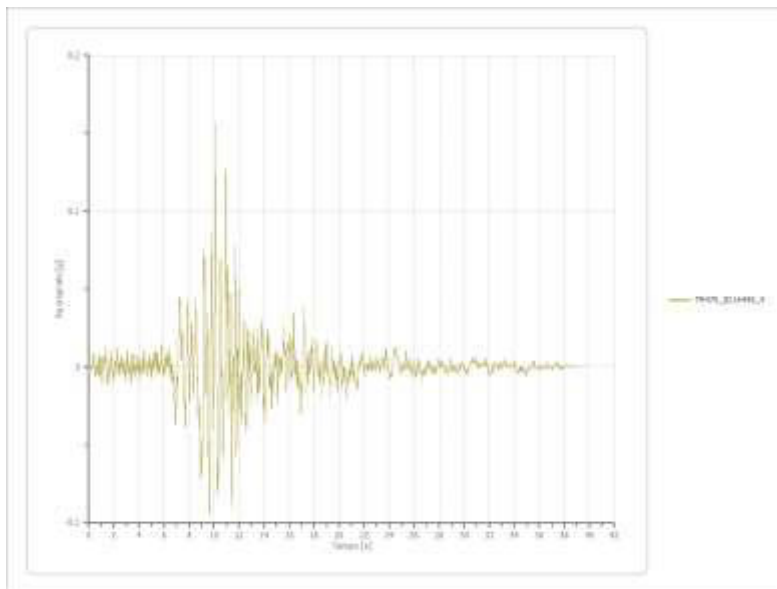
Nome del file	TR475_ID16498_3
Durata della traccia	40.010 [s]
Accelerazione massima	0.157 [g]
Periodo con accelerazione massima	6.440 [s]



File TR475_ID16498_4:

Accelerogramma importato

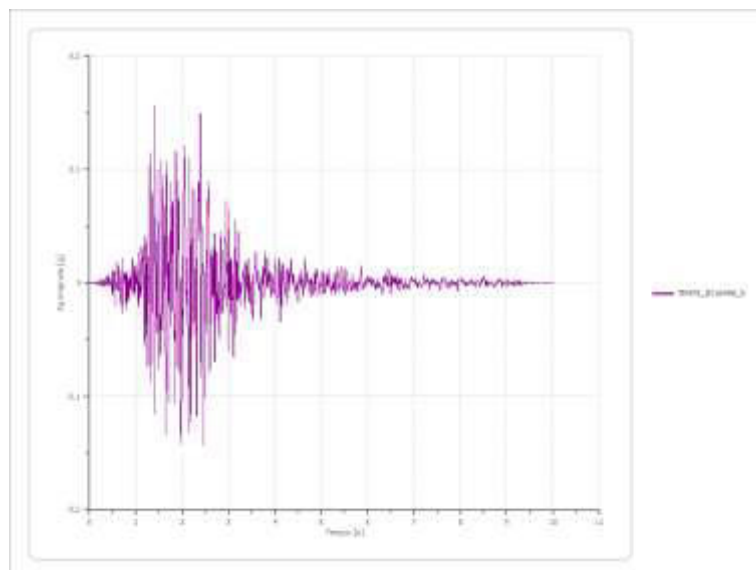
Nome del file	TR475_ID16498_4
Durata della traccia	40.010 [s]
Accelerazione massima	0.157 [g]
Periodo con accelerazione massima	10.125 [s]



File TR475_ID16498_5:

Accelerogramma importato

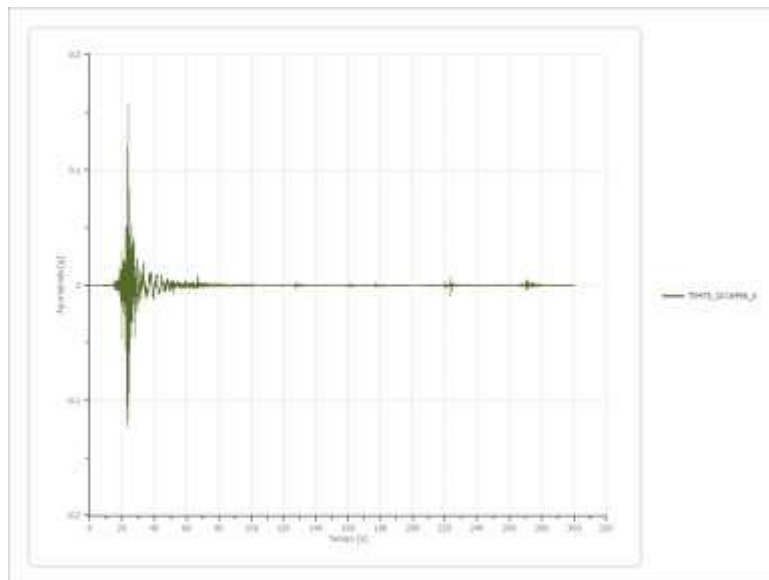
Nome del file	TR475_ID16498_5
Durata della traccia	10.015 [s]
Accelerazione massima	0.157 [g]
Periodo con accelerazione massima	1.405 [s]



File TR475_ID16498_6:

Accelerogramma importato

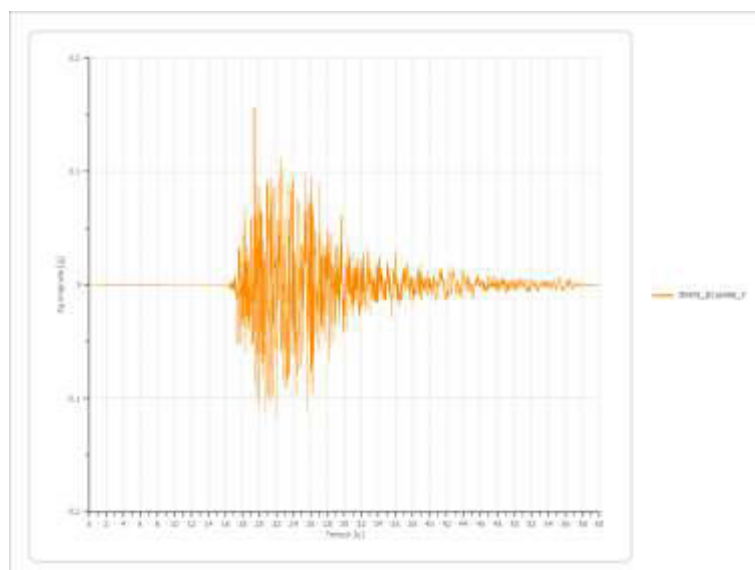
Nome del file	TR475_ID16498_6
Durata della traccia	300.015 [s]
Accelerazione massima	0.157 [g]
Periodo con accelerazione massima	23.835 [s]



File TR475_ID16498_7:

Accelerogramma importato

Nome del file	TR475_ID16498_7
Durata della traccia	59.995 [s]
Accelerazione massima	0.157 [g]
Periodo con accelerazione massima	19.400 [s]

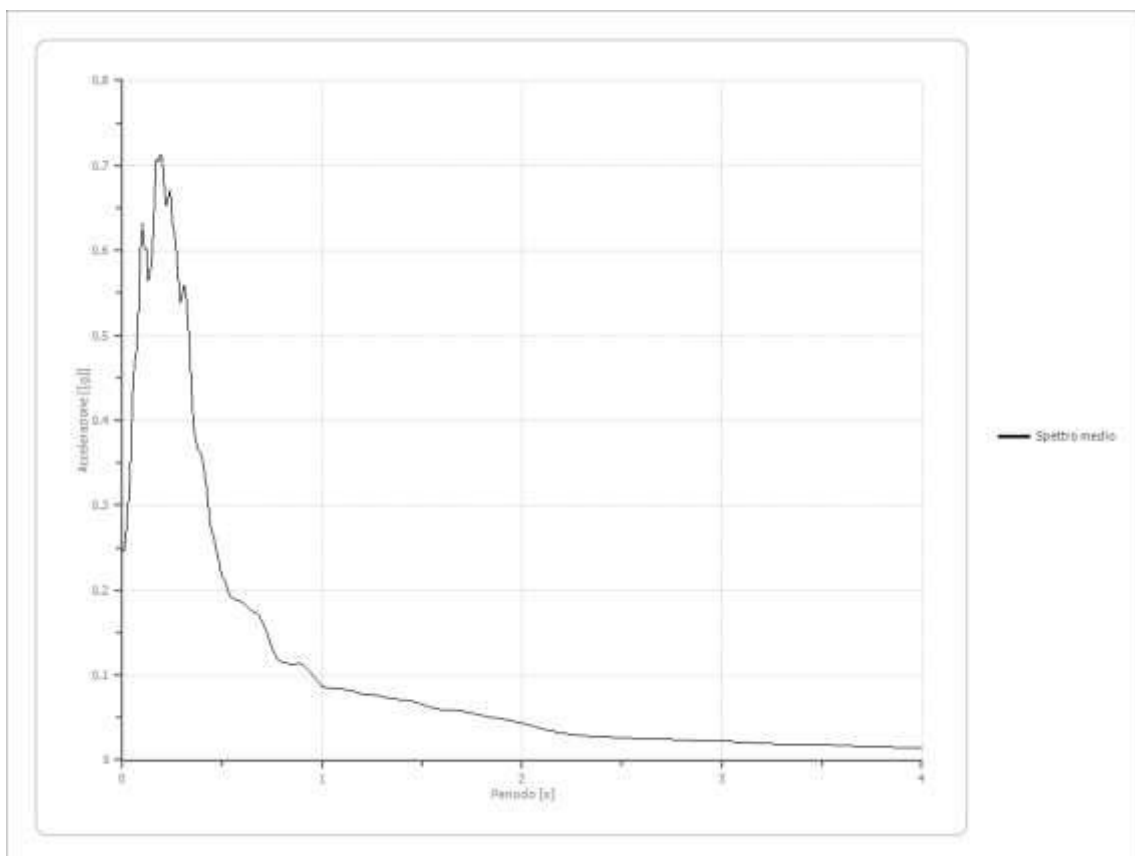


Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.170 [s]
Tvi	0.700 [s]
Tao	0.190 [s]
Tvo	0.320 [s]
Sami	3.689 [m/s ²]
Svmi	0.167 [m/s]
Samo	6.266 [m/s ²]
Svmo	0.252 [m/s]
Fa	1.699 [-]
Fv	1.506 [-]
TB	0.084 [s]
TC	0.252 [s]
TD	2.374 [s]
SA(0)	0.194 [g]
SA(TB)	0.639 [g]

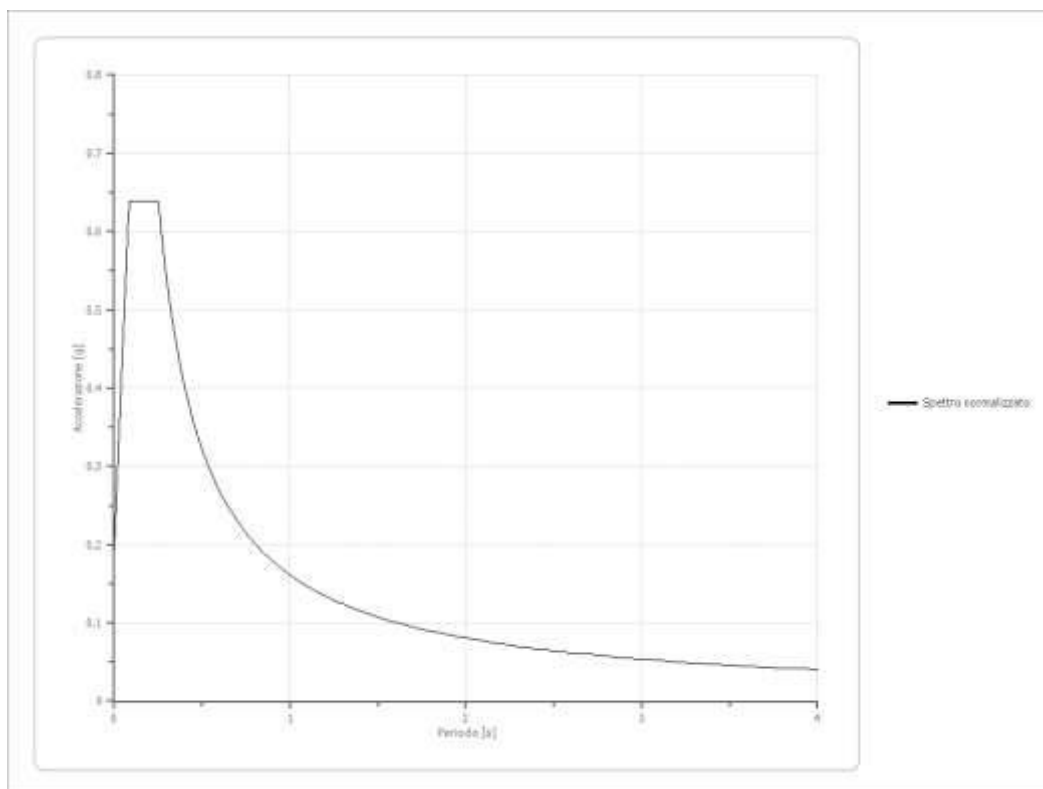
Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.2465	0.26	0.6205	0.52	0.2054	0.98	0.0923	2.25	0.0297
0.01	0.2465	0.27	0.6009	0.53	0.1982	1.00	0.0867	2.30	0.0287
0.02	0.2712	0.28	0.5671	0.54	0.1926	1.05	0.0843	2.35	0.0275
0.03	0.3031	0.29	0.5385	0.55	0.1917	1.10	0.0832	2.40	0.0271
0.04	0.3364	0.30	0.5478	0.56	0.1903	1.15	0.0807	2.50	0.0263
0.05	0.4222	0.31	0.5585	0.57	0.1880	1.20	0.0771	2.60	0.0252
0.06	0.4651	0.32	0.5437	0.58	0.1876	1.25	0.0766	2.70	0.0245
0.07	0.4801	0.33	0.5116	0.60	0.1858	1.30	0.0751	2.80	0.0237
0.08	0.5211	0.34	0.4690	0.62	0.1814	1.35	0.0721	2.90	0.0225
0.09	0.5987	0.35	0.4184	0.64	0.1763	1.40	0.0708	3.00	0.0216
0.10	0.6327	0.36	0.3863	0.66	0.1743	1.45	0.0688	3.10	0.0204
0.11	0.6020	0.37	0.3744	0.68	0.1716	1.50	0.0649	3.20	0.0192
0.12	0.6008	0.38	0.3649	0.70	0.1630	1.55	0.0616	3.30	0.0189
0.13	0.5639	0.39	0.3633	0.72	0.1515	1.60	0.0594	3.40	0.0184
0.14	0.5749	0.40	0.3556	0.74	0.1381	1.65	0.0587	3.50	0.0178
0.15	0.5978	0.41	0.3399	0.76	0.1253	1.70	0.0574	3.60	0.0171
0.16	0.6539	0.42	0.3234	0.78	0.1177	1.75	0.0550	3.70	0.0162
0.17	0.7086	0.43	0.3017	0.80	0.1158	1.80	0.0525	3.80	0.0155
0.18	0.7039	0.44	0.2779	0.82	0.1141	1.85	0.0497	3.90	0.0147
0.19	0.7124	0.45	0.2672	0.84	0.1125	1.90	0.0479	4.00	0.0141
0.20	0.7112	0.46	0.2601	0.86	0.1131	1.95	0.0459		
0.21	0.6723	0.47	0.2477	0.88	0.1141	2.00	0.0435		
0.22	0.6533	0.48	0.2372	0.90	0.1124	2.05	0.0404		
0.23	0.6628	0.49	0.2247	0.92	0.1087	2.10	0.0371		
0.24	0.6714	0.50	0.2159	0.94	0.1041	2.15	0.0340		
0.25	0.6341	0.51	0.2117	0.96	0.0979	2.20	0.0313		



Spettro normalizzato di risposta elastico

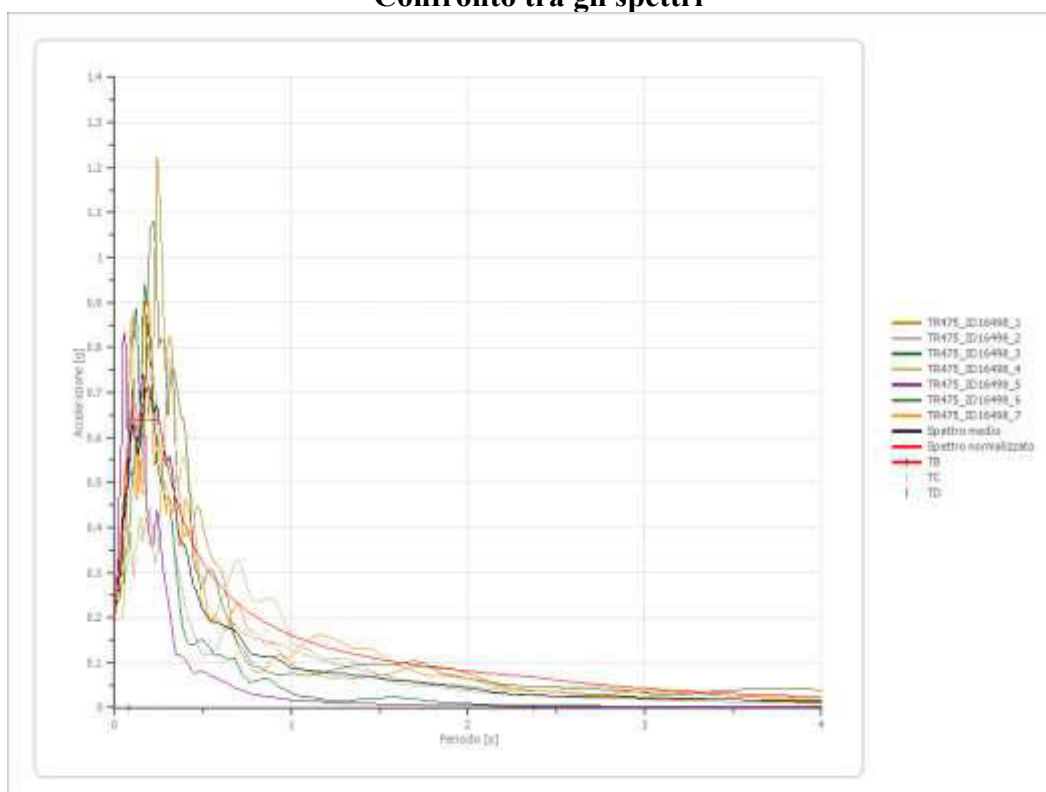
Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.1935	0.26	0.6196	0.52	0.3098	0.98	0.1644	2.25	0.0716
0.01	0.2465	0.27	0.5967	0.53	0.3040	1.00	0.1611	2.30	0.0700
0.02	0.2994	0.28	0.5754	0.54	0.2983	1.05	0.1534	2.35	0.0686
0.03	0.3524	0.29	0.5555	0.55	0.2929	1.10	0.1465	2.40	0.0671
0.04	0.4054	0.30	0.5370	0.56	0.2877	1.15	0.1401	2.50	0.0644
0.05	0.4583	0.31	0.5197	0.57	0.2826	1.20	0.1343	2.60	0.0620
0.06	0.5113	0.32	0.5035	0.58	0.2778	1.25	0.1289	2.70	0.0597
0.07	0.5643	0.33	0.4882	0.60	0.2685	1.30	0.1239	2.80	0.0575
0.08	0.6172	0.34	0.4738	0.62	0.2598	1.35	0.1193	2.90	0.0556
0.09	0.6388	0.35	0.4603	0.64	0.2517	1.40	0.1151	3.00	0.0537
0.10	0.6388	0.36	0.4475	0.66	0.2441	1.45	0.1111	3.10	0.0520
0.11	0.6388	0.37	0.4354	0.68	0.2369	1.50	0.1074	3.20	0.0503
0.12	0.6388	0.38	0.4240	0.70	0.2302	1.55	0.1039	3.30	0.0488
0.13	0.6388	0.39	0.4131	0.72	0.2238	1.60	0.1007	3.40	0.0474
0.14	0.6388	0.40	0.4028	0.74	0.2177	1.65	0.0976	3.50	0.0460
0.15	0.6388	0.41	0.3929	0.76	0.2120	1.70	0.0948	3.60	0.0448
0.16	0.6388	0.42	0.3836	0.78	0.2065	1.75	0.0921	3.70	0.0435
0.17	0.6388	0.43	0.3747	0.80	0.2014	1.80	0.0895	3.80	0.0424
0.18	0.6388	0.44	0.3661	0.82	0.1965	1.85	0.0871	3.90	0.0413
0.19	0.6388	0.45	0.3580	0.84	0.1918	1.90	0.0848	4.00	0.0403
0.20	0.6388	0.46	0.3502	0.86	0.1873	1.95	0.0826		
0.21	0.6388	0.47	0.3428	0.88	0.1831	2.00	0.0806		
0.22	0.6388	0.48	0.3356	0.90	0.1790	2.05	0.0786		
0.23	0.6388	0.49	0.3288	0.92	0.1751	2.10	0.0767		
0.24	0.6388	0.50	0.3222	0.94	0.1714	2.15	0.0749		
0.25	0.6388	0.51	0.3159	0.96	0.1678	2.20	0.0732		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.194	3.300888	--	0.084	0.252	2.374	0.194	0.639	1.069

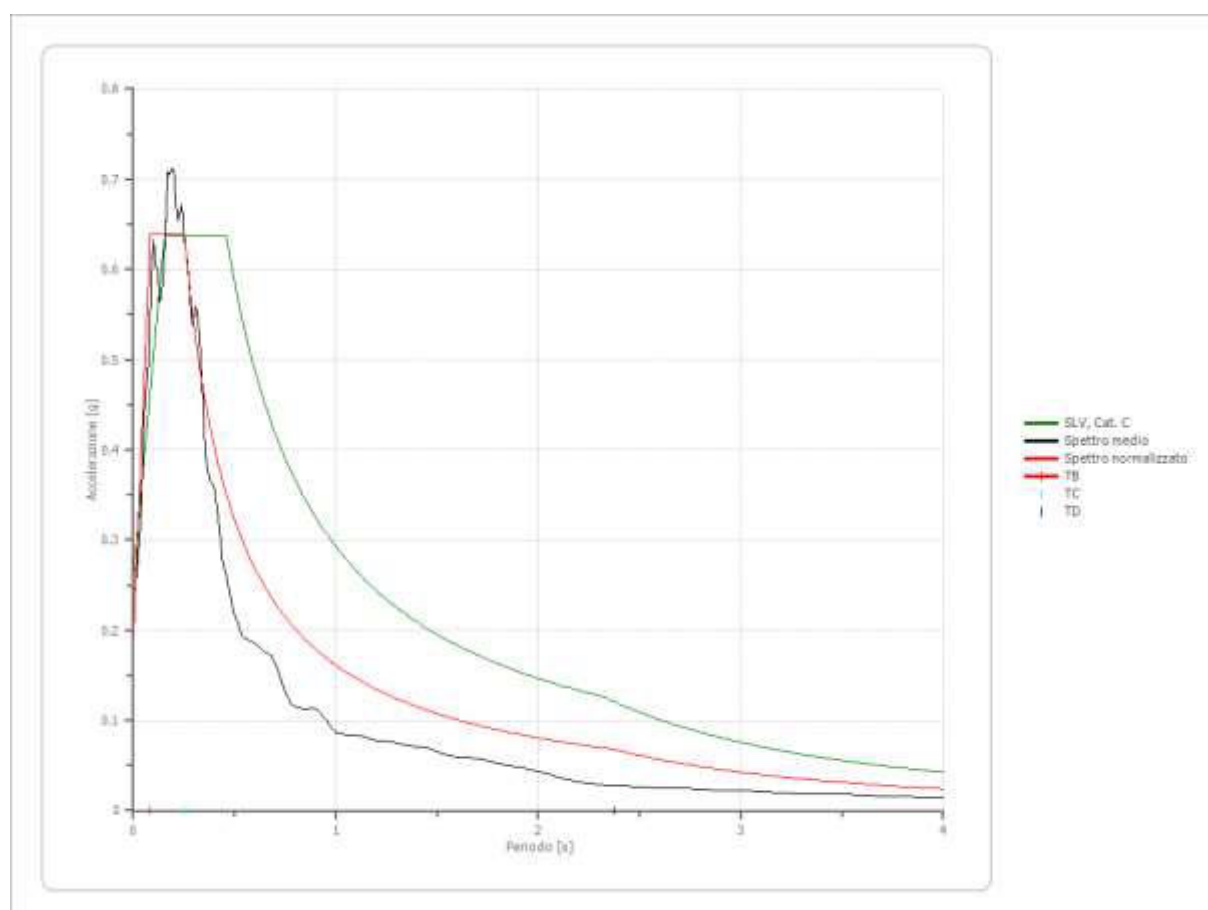
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO	Danno SLD	Salvaguardia vita SLV	Prev. collasso SLC
Tr [anni]	45	75	712	1462
ag [g]	0.063	0.078	0.181	0.225
Fo	2.489	2.485	2.458	2.485
Tc* [s]	0.259	0.269	0.291	0.301
Ss	1.50	1.50	1.43	1.36
St	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.64	1.62	1.58	1.56
TB [s]	0.142	0.145	0.153	0.157
TC [s]	0.425	0.436	0.459	0.470
TD [s]	1.852	1.912	2.324	2.500
Se(0) [g]	0.094	0.117	0.259	0.307
Se(TB) [g]	0.235	0.291	0.638	0.763



Perfil a max

	0.0 [m]	2.0 [m]	4.0 [m]	7.0 [m]	16.0 [m]	25.0 [m]	38.0 [m]
TR475_ID16 498_1 [g]	0.289	0.221	0.177	0.165	0.144	0.110	0.157
TR475_ID16 498_2 [g]	0.300	0.203	0.162	0.152	0.115	0.115	0.157
TR475_ID16 498_3 [g]	0.234	0.200	0.163	0.118	0.121	0.091	0.157
TR475_ID16 498_4 [g]	0.192	0.171	0.156	0.143	0.108	0.089	0.157
TR475_ID16 498_5 [g]	0.228	0.176	0.157	0.126	0.106	0.091	0.157
TR475_ID16 498_6 [g]	0.253	0.230	0.214	0.173	0.112	0.110	0.157
TR475_ID16 498_7 [g]	0.229	0.171	0.135	0.125	0.102	0.089	0.157
media [g]	0.246	0.196	0.166	0.143	0.115	0.099	0.157
Dev. St. [g]	0.038	0.024	0.025	0.021	0.014	0.012	0.000

