

# STUDIO URBINATI

Dott. Fabiano Urbinati

Viale Italia 31 - 47921 Rimini

tel fax 0541 27222  
geologia@studiourbinati.com

committente:

**SOCIETA' AGRICOLA CALICCHIO -**

progetto:

**STUDIO GEOLOGICO-GEOTECNICO A SUPPORTO  
DELL'INTERVENTO DI COSTRUZIONE DI EDIFICIO  
ARTIGIANALE**

località:

Via Camerano - Comune di Poggio Torriana (Rn)

oggetto:

**RELAZIONE GEOLOGICA**

allegato:

scala:

posizione: 111121

data: ottobre 2021

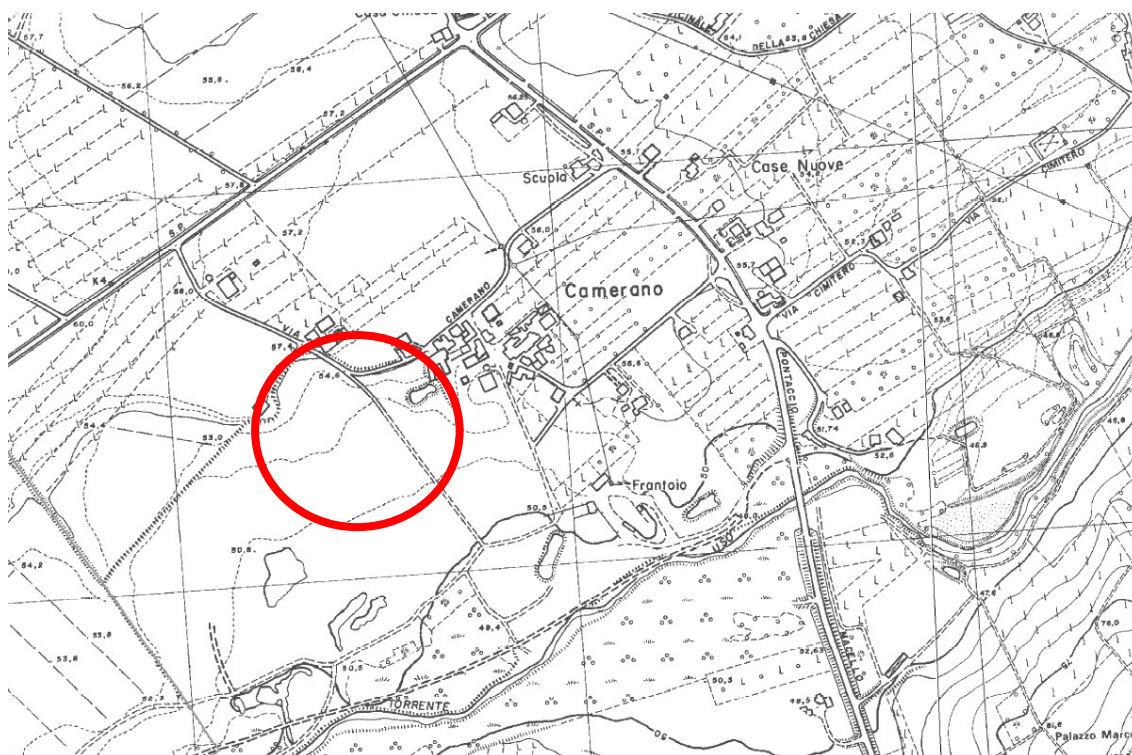
# STUDIO GEOLOGICO-GEOTECNICO A SUPPORTO DELLA REALIZZAZIONE DI FABBRICATO ARTIGIANALE

COMUNE DI POGGIO TORRIANA

Provincia di Rimini

## PREMESSA

Su incarico dello Studio di Progettazione si è eseguito il presente studio geologico-geotecnico mirante all'inquadramento e alla definizione delle caratteristiche dei terreni costituenti l'area oggetto di intervento urbanistico per la costruzione di in fabbricato ad uso artigianale, circa la fattibilità e la compatibilità dell'intervento proposto e definirne le condizioni geologico-tecniche progettuali generali e specifiche per la realizzazione.



**STRALCIO PLANIMETRICO C.T.R.**

L'area indagata ricade in una zona compresa nel foglio n° 256 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000, sez. 256130 – Camerano.

Le indagini e i rilievi geologici sono finalizzati alla ricostruzione del modello geologico dell'area interessata dall'intervento di progetto.

Il territorio comunale rientra in zona sismica di II categoria; pertanto il presente studio è stato redatto in conformità alla normativa sismica vigente (Legge 64 del 02.02.1974,

DM 03.03.1975, DM 16.01.1996 e successivi), alla normativa geotecnica per indagini su aree di espansione urbanistica, di cui al DM 11.03. 1988 e successive disposizioni ed alle Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al DM 17.01.2018.

Per gli scopi di cui in oggetto ed a seguito di incontri con i tecnici progettisti del piano, l'incarico è stato sviluppato col seguente metodo di lavoro:

Ricerca bibliografica di tutti i dati idrologici, geologici e stratigrafici della fascia in interesse e suo sviluppo ai fini del progetto.

Censimento e controllo di pozzi pubblici ubicati in zone limitrofe.

Esecuzione di indagini geognostiche in sito condotte a mezzo di n° 1 sondaggio penetrometrico statico tipo CTP.

Interpretazione delle prove penetrometriche e di dati già esistenti sul territorio al fine di stabilire le caratteristiche di addensamento e la stratigrafia locale dei terreni.

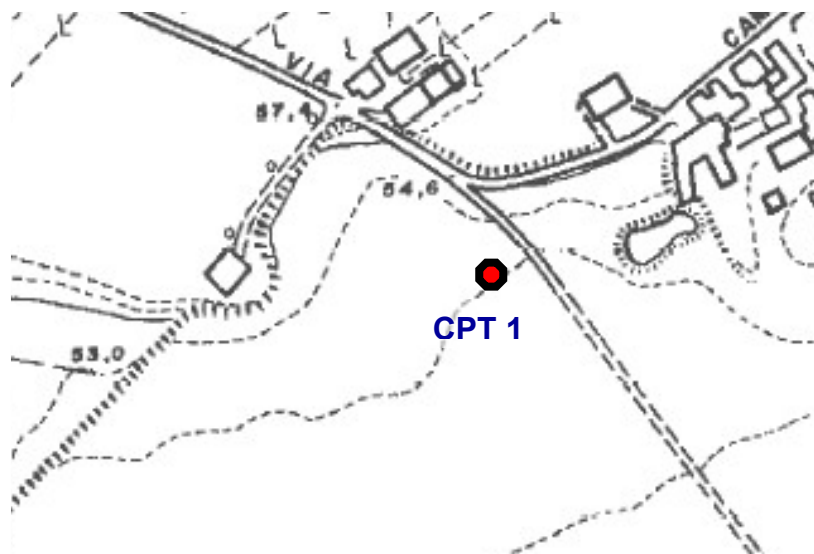
Elaborazione dei criteri costruttivi con scelta delle tipologie di fondazioni più idonee e calcolo dei carichi ammissibili e dei cedimenti indotti.

Valutazioni generali sulla possibilità di liquefazione di eventuali terreni granulari e scelta dei valori dei parametri geotecnici (modulo di fondazione  $\epsilon$ , coefficiente di sottofondo, ecc.).

Si sono inoltre utilizzati i dati bibliografici ed i risultati di campagne eseguite in siti limitrofi e con caratteristiche similari, allo scopo di ricostruire:

- ✓ le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti;
- ✓ l'eventuale livello statico della falda mediante piezometro posto in foro di sondaggio;
- ✓ le condizioni di stabilità dei terreni di fondazione;
- ✓ i criteri costruttivi idonei per il dimensionamento delle opere di fondazione e delle infrastrutture di servizio;
- ✓ il calcolo dei carichi ammissibili e dei relativi cedimenti indotti.

Il posizionamento planimetrico dei fori di sondaggio eseguiti sono dettagliatamente riportati nella seguente planimetria.



**STRALCIO POSIZIONAMENTO PROVA PENETROMETRICA**

### **INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRATIGRAFIA**

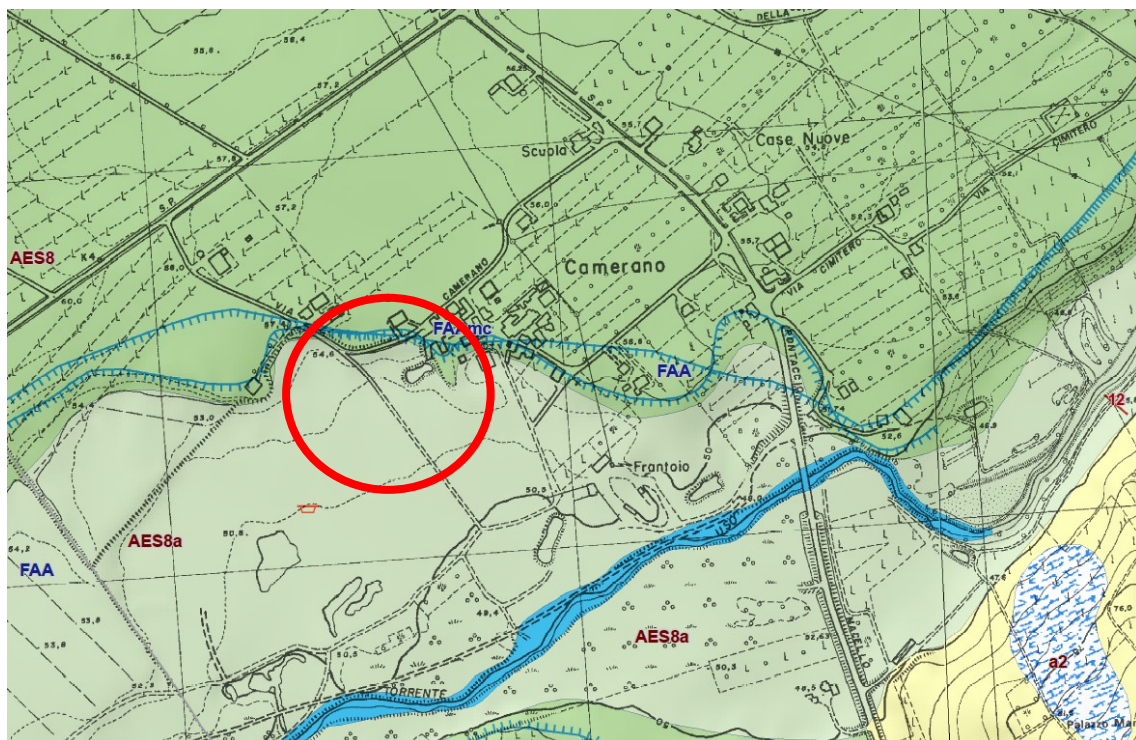
La zona in studio è prossima al centro abitato di Camerano con presenza di zona prevalentemente agricola.

La morfologia dell'area, posta in un'area parzialmente antropizzata, caratterizzata dai terreni alluvionali antichi e recenti del Fiume Uso, in eteropia con i terreni di deposizione alluvionale dei corsi d'acqua e scoli minori.

Non si rinvencono forme morfometriche di significativo interesse geomorfologico in quanto l'area di studio è stata interessata da intenso rimaneggiamento antropico di tipo agricolo.

La zona di indagine si trova alla base della scarpata del terrazzo alluvionale al raccordo con la attuale piana di fondovalle fluviale.

I terreni presenti, depositati in età pleistocenica, sono ascrivibili ai depositi fluviali del quarto ordine, composti da alternanze di argille, argille limose e limi sabbiosi con livelli e concentrazioni di sabbie limose di deposizione fluviale rielaborata, talora di discreto spessore, intercalate casualmente tra loro; dalla profondità di circa 4.00 - 5.00 mt sono rinvenibili terreni con alta prevalenza di materiale ghiaioso in lenti e o banchi di spessore variabile.



**STRALCIO CARTA GEOLOGICA SCALA 1:10.000 – R.E.R. SEZ 256100**

Dalla cartografia geologica regionale si identifica la seguente successione stratigrafica neogenico-quadernaria:

#### **AES8 - Subsistema di Ravenna**

Depositi alluvionali eterometrici dati da ciottoli, sabbie e limi. Corrisponde nelle aree intravallive ai depositi terrazzati più bassi.

Rientrano in questa unità anche le alluvioni attualmente in evoluzione in alveo e quelle del primo terrazzo, talora fissate da arbusti.

Limite superiore coincidente con il piano topografico, dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei.

I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno, al tetto, colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'orizzonte decarbonatato da 0,3 ad 1 m e contengono reperti archeologici di età dal Neolitico al Romano.

I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a.

Limite inferiore coincidente, in affioramento, con una superficie di erosione fluviale o con il contatto delle tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo al tetto di AES7.

*Pleistocene sup. – Olocene*

#### **AES8a - Unità di Modena**

Depositi alluvionali eterometrici dati da ciottoli, sabbie e limi.

Limite superiore sempre affiorante e coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro al tetto.

*Olocene*

Le variazioni litologiche, all'interno dei litotipi presenti, sono frequenti sia in senso laterale che verticale in funzione delle modalità deposizionali e di rielaborazione dei sedimenti da parte del corso d'acqua.

Sulla base di quanto ricavato da sondaggi stratigrafici, verificati e confrontati con i sondaggi penetrometrici dinamici pesanti eseguiti, spinti fino al raggiungimento di profondità significative, si è potuta ricostruire, schematicamente, la seguente successione litostratigrafica locale:

da p.c. a 1.0 mt:	Copertura superficiale alterata con materiale di riporto di tipo argilloso (terreno vegetale/agrario, ecc.).
da 1.0 mt a 4.0 mt:	Limi argillosi, debolmente sabbiosi, con maggiore presenza di livelletti e intercalazioni sabbiose.
da 4.0 mt a fine foro	Materiale pseudo-litoide con ottime caratteristiche geomeccaniche, costituite da ghiaie a matrice sabbioso-limosa e sabbie ben addensate con livelli e lenti ghiaiose intercalati tra loro.

La falda idrica superficiale, il cui livello all'atto delle prove penetrometriche non è stata rinvenuta almeno fino alle profondità investigate, ha la possibilità in condizioni critiche di innalzarsi fino a quote prossime al piano campagna attuale.

Si può supporre, dato il tipo di terreno granulare semi-permeabile superficiale, che il livello dinamico di falda presenti escursioni minime con variazione di qualche decina di cm fino al livello massimo.

L'area non presenta caratteri tettonici particolari.

Non sono presenti dislocazioni, nè si individuano lineamenti o fratture di superficie data il notevole spessore della copertura alluvionale, che lascino presupporre considerazioni tettoniche particolari.

## **CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEI TERRENI**

Le prove penetrometriche eseguite in sito, unitamente a dati verificati in precedenti campagne geognostiche eseguite nella zona e su terreni simili, hanno fornito risultati d'indagine e diagrammi ben sfruttabili dal punto di vista interpretativo; sono sempre utilizzabili comunque per confronto diretto tra loro e per le verifiche tecniche.

Un'analisi interpretativa dei sondaggi è stata effettuata con l'uso di elaboratore e fornisce direttamente le caratteristiche litologiche ed i parametri geotecnici per ogni strato attraversato.

La parametrizzazione geomeccanica dei terreni è stata ricavata per misura diretta delle caratteristiche, da analisi di laboratorio su terreni simili e mediante interpretazione con le formule degli Olandesi.

In base alla resistenza dinamica della punta del penetrometro ricostruita con le formule degli Olandesi, nonché da analisi di laboratorio su terreni simili, si possono attribuire ai terreni indagati i seguenti parametri geotecnici:

$$C_u = \frac{R_p}{15-20} \quad E_{ed} = \alpha R_p$$

Con:

- $\chi$  = coefficiente dipendente dalla litologia e dalle caratteristiche del terreno.  
 $\alpha$  = 1.5-2.0 - per terreni sabbioso-limosi granulari;  
 3.0-4.0 - per terreni argillosi parzialmente sovraconsolidati.

I risultati ottenuti permettono l'attribuzione ai terreni indagati dei seguenti parametri geotecnici:

---

**- LIMI ARGILLOSO-SABBIOSI**

- Peso di volume naturale	$\gamma = 1.90$	ton/mc
- Peso di volume immerso	$\gamma' = 0.90$	ton/mc
- Angolo di attrito	$\varphi' = 22-25$	gradi
- Coesione	$c = 0.00$	kg/cmq
- Coesione non drenata	$c_u = 0.3-0.5$	kg/cmq
- Modulo di compr. edometrica	$E_{ed} = 55-75$	kg/cmq

---

**- SABBIE LIMO-ARGILLOSE**

- Peso di volume naturale	$\gamma = 1.90$	ton/mc
- Peso di volume immerso	$\gamma' = 0.90$	ton/mc
- Angolo di attrito	$\varphi' = 24-33$	gradi
- Modulo di compr. edometrica	$E_{ed} = 70-90$	kg/cmq

---

**- GHIAIE IN MATRICE SABBIOSO-LIMO-ARGILLOSA**

- Peso di volume naturale	$\gamma = 1.95$	ton/mc
- Peso di volume immerso	$\gamma' = 0.95$	ton/mc
- Angolo di attrito	$\varphi' = 31-33$	gradi
- Modulo di compr. edometrica	$E_{ed} = > 130$	kg/cmq

## **STABILITA' DELL'AREA E VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI GRANULARI SOTTO STRESS SISMICO**

Essendo l'area indagata a morfologia pianeggiante, questa non si ritiene soggetta a condizioni di instabilità anche nel lungo termine.

Tale porzione di area è caratterizzata dalla presenza in superficie di una formazione con litologie di tipo argilloso-limose di origine alluvionale, mediamente addensata per uno spessore di circa 4.0 mt sopra un orizzonte ghiaioso.



In condizioni sismiche si produce una accentuazione della accelerazione sismica al suolo che può dar luogo a fenomeni di instabilità indotta.

Come noto i terreni granulari sciolti immersi in falda possono dar luogo, in caso di sollecitazioni dinamiche cicliche, a pericolosi fenomeni di liquefazione a seguito di anomali aumenti della pressione interstiziale.

I fattori che influenzano la liquefazione sono infatti:

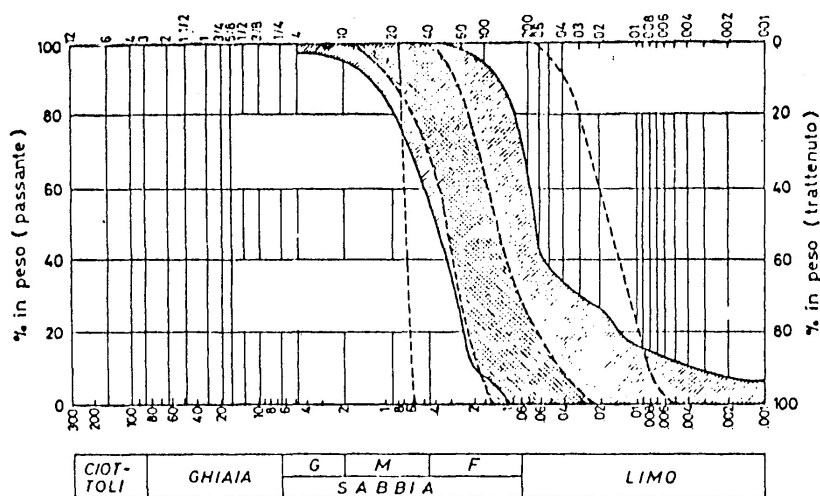
- la falda idrica presente a quote molto prossime al p.c.;
- il numero dei cicli e la magnitudo del terremoto;
- la densità relativa della sabbia, con valori di  $D_r < 70\%$ ;
- la granulometria del terreno incoerente, con caratteristiche:

**0,074 mm < D<sub>50</sub> < 2.0 mm (Kishida)**

**0,20 mm < D<sub>60</sub> < 2,0 mm (Ohsaki)**

con

D<sub>50</sub> - D<sub>60</sub> = diametri dei vagli per i quali il 50 e 60 % in peso del terreno risulta passante.



**Fig. 1** Campo dei diametri delle particelle dei terreni saturi suscettibili di liquefazione secondo alcuni autori; Seed e Idriss 1967 zona a quadretti, Kishida 1970 zona a righe oblique, Lee e Fitton 1968 zona in bianco compresa tra le righe a tratteggio.

Attenendosi alla metodologia tecnica espressa dalla Regione Emilia Romagna "Primi indirizzi per la strumentazione urbanistica in aree sismiche" (prot. 7496/1990) si ottengono le seguenti considerazioni sul sito di indagine:

1. Fino alle profondità di circa 4.00 mt dal piano campagna, per lo strato limo-argilloso superficiale, le analisi granulometriche dei campioni prelevati in sondaggi eseguiti



in prossimità dell'area indagata ed a quote similari a quelle di interesse forniscono curve granulometriche esterne ai fusi ed ai diametri di liquefazione.

2. Da 4.00 a fine foro sono presenti litologie aventi caratteristiche (granulometria e/o grado di addensamento) esterni alle curve segnalatrici e pertanto superiore ai minimi previsti per quanto previsto per i fusi a rischio.

L'indice di resistenza ciclica alla liquefazione risulta superiore al valore limite, pertanto si ottengono in generale buone garanzie di stabilità per i terreni granulari saturi presenti nel sito e può essere di conseguenza omessa la verifica in dettaglio alla liquefazione condotta con i metodi di calcolo numerico di Seed e Idriss.

Infatti in superficie, sotto la base di fondazione, si ritrovano strati addensati e sicuramente stabili.

Nella pratica, per terreni sottoposti a stress sismico ciclico, modesti livelli liquefacibili di spessore fino a 0.30 - 0.60 mt. all'interno di strati più addensati non subiscono modificazioni particolari alla stabilità delle particelle granulari e non vanno quindi soggetti a fenomeni di liquefazione.

In base a ciò i terreni presenti nell'area in oggetto non sono soggetti, anche in condizione critica, a fenomeni di instabilità o di liquefazione sotto stress sismici ciclici.

## **CRITERI COSTRUTTIVI GENERALI DI PROGETTO**

La tipologia di intervento prevede un nuovo fabbricato con distribuzione omogenea dell'edificato sull'area di interesse.

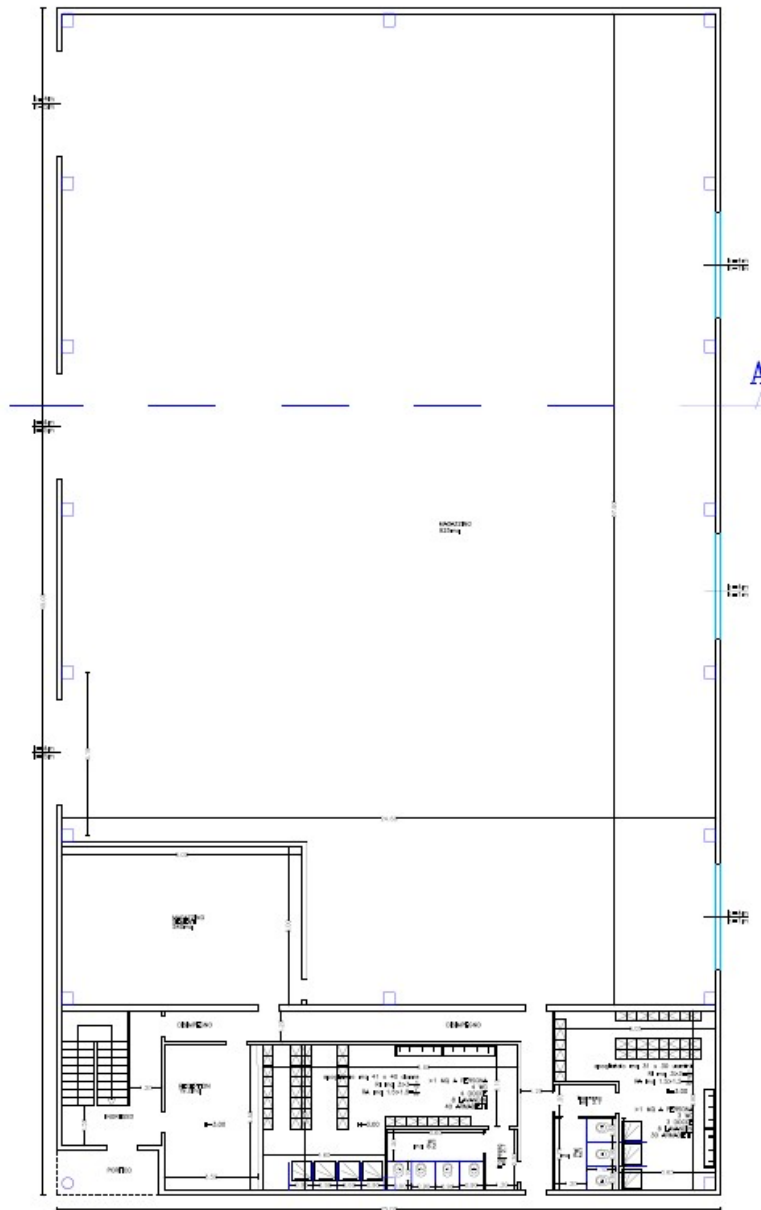
Generalmente per tipologie di intervento di media incidenza sul terreno di fondazione si potranno prevedere opere di fondazione dirette su travi rovescie e/o plinti impostati nei terreni di superficie.

Per le aree destinate a nuove strutture ed infrastrutture, in base alle considerazioni previste, si hanno allo stato attuale elementi di progettazione definitivi e si forniscono quindi alcune considerazioni in base alle indagini condotte:

- Le caratteristiche litologiche e stratigrafiche riscontrate nelle aree interrate sono nel complesso sostanzialmente omogenee ed i terreni di fondazione presentano buone caratteristiche geotecniche.
- Si potranno quindi, per opere di non rilevante incidenza sul terreno, adottare fondazioni dirette su plinti e/o travi rovescie e/o platee nervate impostate a quote di almeno 2.00 mt. dal p.c.

E' prevista la realizzazione di un fabbricato ad uso artigianale con infrastrutture a servizio, con una parte in elevazione per una altezza massima fuori terra di circa 9.00-

10.00 mt e incidenza sui terreni variabile in funzione della tipologia fondazionale adottata.



PIANO TERRA

Il progetto prevede lo scavo sull'area in maniera abbastanza omogenea in base alle caratteristiche progettuali e realizzative.

I fabbricati potranno essere realizzati con struttura composita in prefabbricato e c.a.; si consiglia l'isolamento dei locali a contatto con i terreni in posto ad evitare possibili infiltrazioni idriche e meteoriche superficiali nei terreni fondazionali e la realizzazione di giunti tra i corpi di fabbrica aventi differente dimensione ed incidenza sul terreno fondazionale.

Le strutture fondazionali dovranno essere opportunamente irrigidite mediante idonee opere di collegamento tra loro e con le strutture limitrofe.



Si consiglia inoltre la realizzazione di un idoneo sistema di raccolta e drenaggio superficiale delle acque adeguatamente dimensionato; le acque di risulta dovranno essere raccolte ed allontanate mediante sistema di smaltimento fino alla rete fognaria esistente.

In fase esecutiva dovranno comunque essere verificate le condizioni progettuali con riferimento alle specifiche tecniche.

## CARICHI AMMISSIBILI

Il calcolo dei carichi ammissibili è stato eseguito adottando quanto proposto dal Terzaghi per fondazioni superficiali e carichi centrati e verticali, opportunamente modificata con i coefficienti correttivi:

$$Q_a = \frac{i_c (c N_c + \gamma D N_q) + i_\gamma (0.5 \gamma B N_\gamma)}{F}$$

dove:

- Q<sub>a</sub> = carico ammissibile unitario
- B = larghezza fondazione
- D = incastro
- c = parametro geotecnico
- i<sub>c</sub>, i<sub>γ</sub> = coefficienti correttivi in funzione dell'inclinazione del carico sulla verticale
- N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub>, N<sub>γ</sub> = fattori di capacità portante dipendenti dall'angolo di attrito interno (secondo Meyerhof)
- F = coefficiente di sicurezza (3 valore minimo per zone sismiche di II categoria)

Le ipotesi di calcolo sono state sviluppate per le condizioni fondazionali ipotizzate per il tipo di realizzazione progettuale proposta, quali strutture costituite da platea impostata alle quote fondazioni previste.

Il calcolo è stato svolto considerando le quote di imposta fondazionale nelle condizioni previste e cioè con piano di fondazione superficiale a **-2.00 mt** da p.c.

#### FONDAZIONE SU PLINTO

- ❖ Considerando un **piano di incastro di 2.00 mt** lo strato di interesse per la definizione del cuneo di rottura (1,5 B) è compreso tra **-2.00 mt** e **-5.00 mt**.

#### CARICO LIMITE

TERZAGHI	27,65 Kg/cm <sup>2</sup>
SCHMERTMANN	6,33 Kg/cm <sup>2</sup>
MEYERHOF	17,38 Kg/cm <sup>2</sup>

#### CARICO AMMISSIBILE

TERZAGHI	9,22 Kg/cm <sup>2</sup>
SCHMERTMANN	2,11 Kg/cm <sup>2</sup>
MEYERHOF	5,79 Kg/cm <sup>2</sup>
HERMINIER	4,10 Kg/cm <sup>2</sup>

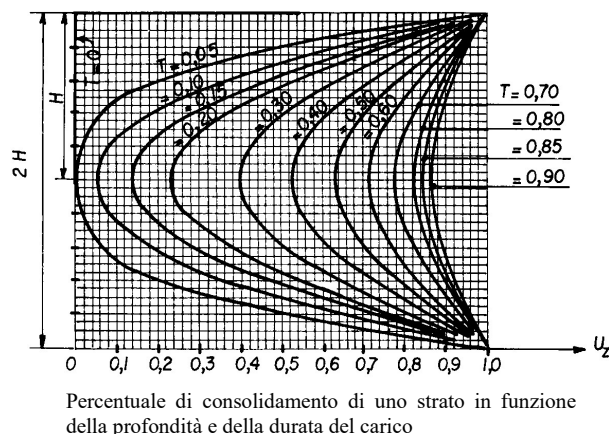
#### CALCOLO DEI CEDIMENTI

In base alla teoria del consolidamento monodimensionale del Terzaghi è possibile stabilire il tempo di consolidamento in base alla seguente formula:

$$t = T_v \left( \frac{H^2}{C_v} \right) = \mathbf{2.18 \text{ anni}}$$

dove:

- t = tempo di consolidamento (in anni)
- T<sub>v</sub> = fattore tempo
- H = spessore dello strato da consolidare
- C<sub>v</sub> = coefficiente di consolidazione



Il tempo necessario per raggiungere un grado di consolidazione del 90% è risultato pari a **due** anni circa.

Il calcolo dei cedimenti delle fondazioni proposte può essere condotto adottando la teoria del Boussinesq, per semispazio omogeneo elastico ed isotropo, con le isobate di pressione nel sottosuolo; il valore dei cedimenti, calcolato ricorrendo alla formula del Lambe che considerato il

terreno disomogeneo con modulo di compressibilità variabile si adatta alla situazione in esame, è dato da:

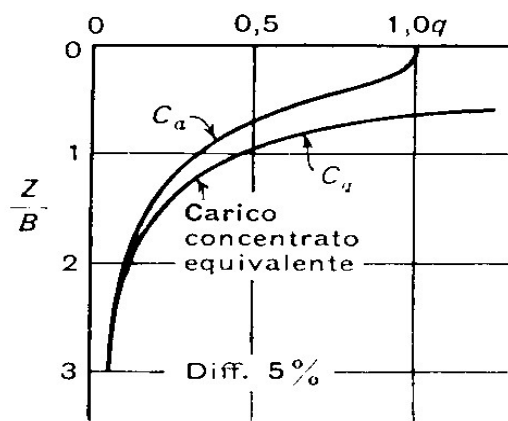
$$w = \sum_i \left( \frac{\sigma_i}{E_{ed_i}} \right) h_i$$

dove:

- w = cedimento massimo previsto in cm
- $\sigma_i$  = tensione verticale indotta nello strato i
- $h_i$  = spessore dello strato i considerato
- $E_{ed_i}$  = modulo edometrico relativo allo strato i ricavato dalle prove penetrometriche

Si considerano:

- fondazioni con incastro a 2.00 mt dal p.c.
- rapporto lunghezza/larghezza in funzione del tipo di fondazione
- cedimenti considerati praticamente nulli alla profondità di 3 B



Il carico effettivamente applicato nella zona fondazionale, da considerarsi per il calcolo dei cedimenti massimi reali, risulta come sommatoria algebrica tra il valore effettivamente apportato dal peso della struttura, l'asportazione del terreno per la realizzazione delle strutture fondazionali.

Vengono considerati le condizioni fondazionali strutturali con fondazioni impostate a quota -2.00 mt da p.c.

#### FONDAZIONE IMPOSTATA A QUOTA -2.00 MT DA P.C.

Il cedimento calcolato per l'orizzonte compreso tra 2.00 e 4.10 mt vale mediamente:

Strato	z	q	qc	Mo	w
1	0,10	1,51	0,00	0,00	0,000
2	0,30	1,37	321,00	88,86	0,000
3	0,50	1,26	29,00	80,56	0,000
4	0,80	1,12	22,50	45,00	0,000
5	1,10	1,01	18,00	45,87	0,000
6	1,30	0,95	43,00	68,17	0,000
7	1,50	0,90	50,00	100,00	0,000
8	1,80	0,83	41,00	82,00	0,000
9	2,20	0,75	58,00	66,21	0,451
10	2,70	0,67	193,33	90,58	0,441
11	3,20	0,60	170,00	339,99	0,071
12	3,50	0,57	78,00	156,00	0,073
13	3,70	0,55	24,00	30,93	0,355
14	4,10	0,51	287,67	96,86	0,317

Totale cedimento (teorico)	1,707
Totale cedimento (reale)	1,280
Totale cedimento (reale per fondazione rigida)	1,008

rientranti ampiamente nei limiti e pertanto tali da consentire cedimenti differenziali molto bassi, ammortizzati dalle strutture in c.a. di progetto.

Anche i cedimenti differenziali pertanto assumono valori accettabili in funzione del tipo di soluzione costruttiva adottata.

## CALCOLO DEL MODULO - O COEFFICIENTE - DI SOTTOFONDO

Il calcolo del coefficiente di sottofondo statico, o di Winkler, è stato condotto adottando considerazioni semplificative considerando la formula.

$$K_t = \frac{K_0}{B} \sqrt[12]{\frac{E_t B^4}{J_0 E_0}} \frac{E_t}{1 - \eta^2}$$

dove:

- $E_t$  = modulo di elasticità ricavato da prove di laboratorio su terreni esaminati con caratteristiche simili a quelli in studio
- $K_0$  = modulo di sottofondo ricavato da prova su piastra quadrata standard 30x30
- $E_0$  = modulo elasticità del calcestruzzo
- $J_0$  = momento di inerzia della fondazione
- $\eta$  = rapporto (o modulo) di Poisson
- $B$  = larghezza della fondazione

Il valore del modulo di elasticità  $E_t$  risulta dalla formula:

$$E_t = \frac{R_p}{\varepsilon} \frac{2a}{2a} \frac{2a}{100} (1 - \eta^2) K_0$$

con:

- $2a$  = diametro della punta del penetrometro
- $R_p$  = resistenza alla punta del penetrometro
- $\varepsilon$  = valore della deformazione considerata al passaggio stato elastico-plastico

Il modulo di sottofondazione può pertanto essere ricavato in funzione dei parametri forniti dalle prove penetrometriche eseguite, dai risultati delle analisi di laboratorio, dal tipo di materiale impiegato ed in funzione del tipo di struttura fondazionale adottata.

Il calcolo effettuato si riferisce a strutture fondazionali standard considerando:

- $E_0$  = 250.000 kg/cmq
- $J_0$  =  $4.56-6.65 \times 10^6 \text{ cm}^4$
- $\eta$  = 0.38-0.40
- $B$  = 2.00 mt

❖ **fondazione impostata a quota -2.00 mt da piano campagna.**

$$K_t = 2.10 \text{ kg/cmc}$$

in conformità con le caratteristiche verificate per il tipo di terreno fondazionale investigato e le profondità di imposta delle strutture fondazionali considerate.

## **ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO**

In riferimento a quanto previsto dalla vigente normativa nel caso in oggetto - area pianeggiante - si ritiene necessaria l'analisi della pericolosità locale basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard.

### ACCELERAZIONE SISMICA

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi o si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III).

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s,30}$  di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità.

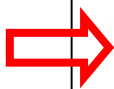
Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

La classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (*Standard Penetration Test*)  $N_{SPT,30}$  nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente  $c_{u,30}$  nei terreni prevalentemente a grana fina.

Le classi di terreno identificate sono così suddivise:

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).





<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> inferiori a 180 m/s (ovvero <math>N_{SPT,30} &lt; 15</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{u,30} &lt; 70</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con <math>V_s &gt; 800</math> m/s).</i>

### ANALISI SISMICA DEL SITO

Per valutare l'andamento della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) con la profondità, a partire dal piano campagna, sono state impiegate le tecniche che utilizzano le onde superficiali.

Le N.T.C. prevedono che il valore di  $VS_{30}$  possa essere ottenuto con misure dirette di  $VS$ , se disponibili, oppure possa essere ricavato per correlazione sulla base del valore di NSPT.

È stata eseguita un'indagine sismica passiva a stazione singola al fine di stimare il profilo della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) per fornire la categoria di suolo di fondazione secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (2018).

A tal fine è stata effettuata l'acquisizione di microtremori ambientali della durata di 20 minuti sul terreno indagato.

Le misure di microtremore ambientale sono state effettuate per mezzo di un registratore sismico.

La registrazione avviene senza l'utilizzo di alcun strumento di energizzazione del terreno.

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire, si basa sul concetto di contrasto di impedenza.

Per strato si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

### PROCEDURE DI ANALISI DATI PER STAZIONI SINGOLE H/V

Dalla registrazione del rumore sismico ambientale in campo libero, è stata ricavata la curva H/V secondo la procedura descritta in Castellaro et al. (2005), con parametri:

- larghezza delle finestre d'analisi 20 sec
- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
- rimozione dei transienti sulla serie temporale degli H/V.

La curva H/V è stata invertita creando una serie di modelli sintetici (che contemplano la propagazione delle onde di Rayleigh e di Love nel modo fondamentale e superiori in sistemi multistrato), fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali.

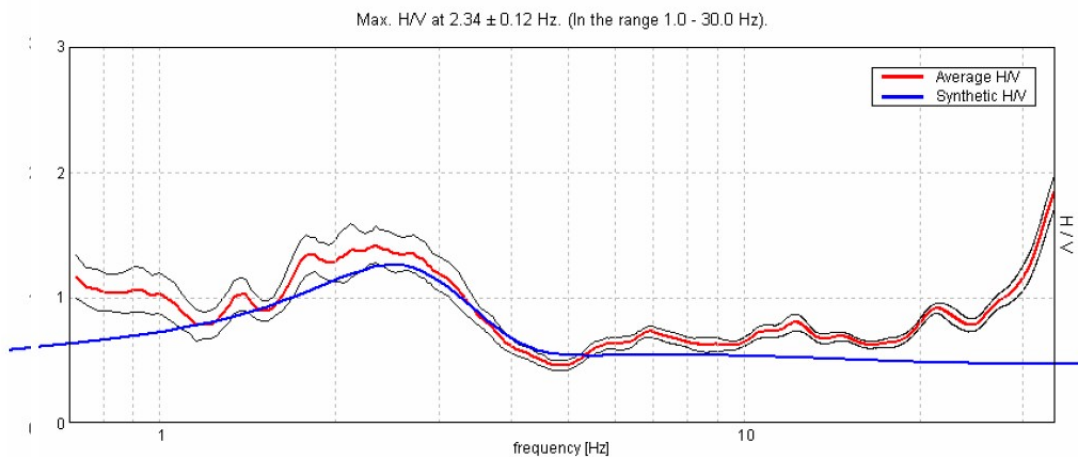
L'inversione delle curve H/V è possibile esclusivamente in presenza di un vincolo.

Nel caso in questione tale vincolo è fornito dalla profondità di un riflettore sismico noto tramite prove dirette (penetrometria statica) il cui marker sia riconoscibile nelle curve H/V.

La velocità media delle onde di taglio nei primi 30 mt di terreno viene calcolata ai sensi di legge (Norme Tecniche per le Costruzioni 2018) con la seguente formula:

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{Vs_i}}$$

EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V



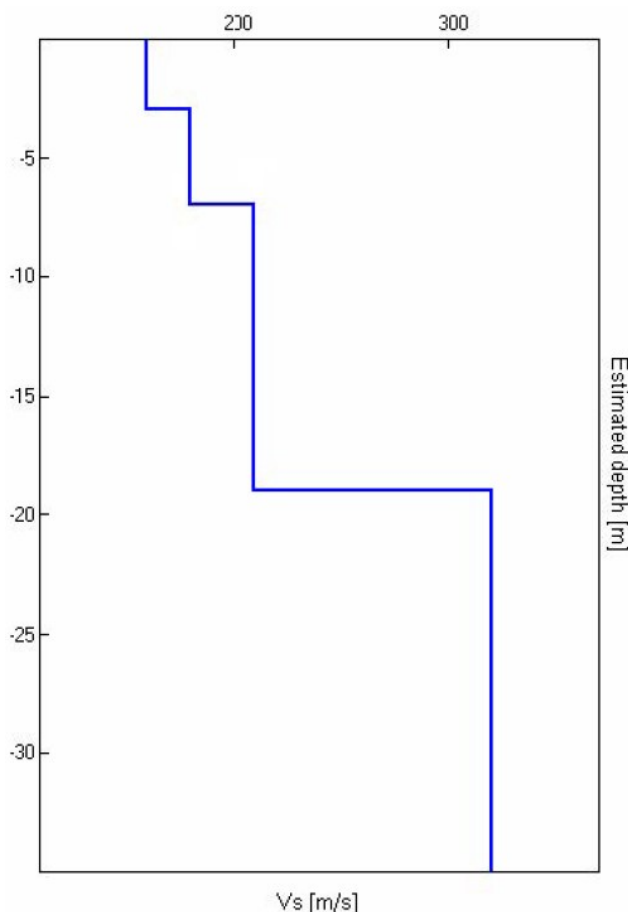
D	Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
	3.00	3.00	160
	9.00	6.00	180
	19.00	10.00	210
	inf.	inf.	320

Vs(0.0-30.0)=224m/s

dove  $h_i$  e  $V_{si}$  sono spessori e velocità dei singoli strati.

Dall'analisi dell'indagine si può affermare che il sito è caratterizzato da una velocità delle onde di taglio ( $V_{S30}$ ) di **224 m/sec**, corrispondente ad un terreno di **tipo C**.

Nel caso in esame, peraltro, tale attribuzione trova riscontro anche nella descrizione stratigrafica definita per un suolo di tale categoria, nonché nei valori di coesione, che devono essere inferiori a 70 kPa.



Alla categoria **C** potranno quindi essere riferiti i valori dei parametri dello spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali e della componente verticale negli eventuali calcoli dell'azione sismica.

Si allega alla presente relazione il rapporto specifico dell'indagine sismica eseguita per la determinazione del  $V_{S30}$ .

#### CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre di specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare invece la seguente classificazione:

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

Per quanto concerne l'ambito topografico, l'area investigata, essendo completamente pianeggiante, ha pendenza inferiore ai 15 gradi per cui può essere classificata col coefficiente topografico della **classe T1**.

## CONCLUSIONI

Le indagini e gli studi geologici condotti sull'area di intervento oggetto della costruzione di un fabbricato ad uso artigianale hanno evidenziato la seguente situazione nell'area considerata:

- I criteri costruttivi da adottarsi per le nuove infrastrutture potranno consistere nell'uso di fondazioni dirette su plinti, travi rovescie e/o platee impostate nei terreni superficiali e a bassa profondità (2.00 mt da p.c.) con buone caratteristiche geotecniche e cedimenti rientranti nei minimi in considerazione delle tipologie strutturali adottate.
  - Ciò che andrà a prevedere il presente progetto esecutivo di intervento non comporterà sostanziali variazioni agli equilibri idrogeologici esistenti nell'area.
- 1) Non saranno pregiudicati i fenomeni di infiltrazione delle acque nel sottosuolo, in quanto la bassissima permeabilità della copertura superficiale permetterà comunque scarsa interferenza da parte di piogge ed acque di scorrimento superficiale con il substrato. Andranno però adottate le opportune cautele nella realizzazione di impianti ed attrezzature ad alto impatto ambientale.
  - 2) Il regime idrogeologico non verrà alterato e/o modificato dall'esecuzione di scantinati con profondità modeste (3 - 5 mt) e dalle strutture di fondazione, opere queste del tutto statiche e non determinanti sul comportamento dinamico dell'acquifero stesso.

Le verifiche di stabilità condotte permettono di individuare valori dei coefficienti di sicurezza, nelle condizioni differenti condizioni ipotizzate, ampiamente superiori ai minimi di legge.

Il trasferimento delle sollecitazioni ai terreni di fondazione verrà calcolato in funzione sia dei carichi verticali della struttura che a possibili problemi riconducibili alla situazione di stabilità dell'area.

Il modulo di fondazione  $\varepsilon$  andrà stabilito in funzione dell'ubicazione e della tipologia di fondazione adottata.

Se ne conclude quindi che sul territorio interessato dall'indagine non esistano attualmente zone critiche all'edificabilità, sia in condizione normale che sismica, mentre le condizioni costruttive sono nel complesso buone e si potranno adottare normali criteri di edificazione sia per opere interrato che per nuove fondazioni.

Eventuali asimmetrie del carico applicato da differenti corpi di fabbrica, ed i relativi cedimenti, potranno generare cedimenti differenziali cospicui.

Pertanto andrà prevista in fase progettuale ed esecutiva la realizzazione di giunti tecnici tra eventuali corpi di fabbrica aventi differente forma ed incidenza ad evitare possibili tensioni nella struttura derivanti da cedimenti differenziali indotti.

Sono stati verificati i parametri ed i valori calcolati; particolare attenzione è stata posta nella valutazione dei carichi effettivamente trasmessi ai terreni fondazionali.

Dovranno inoltre essere realizzate adeguate opere di impermeabilizzazione; i carichi di esercizio potranno essere prossimi a quelli massimi calcolati curando in particolare le zone di contatto tra diversi corpi di fabbrica.

In tali aree dovranno essere considerate le possibili influenze reciproche tra le tipologie fondazionali adottate.

I cedimenti massimi effettivi assoluti risultano in conformità con le caratteristiche litologiche dei terreni incontrati; i relativi cedimenti differenziali assumeranno valori massimi in corrispondenza della zona di contatto tra differenti corpi fondazionali in funzione delle possibili modalità di carico ed incidenza sul terreno dei diversi corpi di fabbrica.

Il valore del coefficiente di sottofondo  $K_t$  risulta pari a  $2.10 \text{ kg/cm}^2$ , variabile in funzione del tipo di struttura e della tipologia fondazionale adottata.

Per valutare l'andamento della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) con la profondità, a partire dal piano campagna, sono state impiegate le tecniche previste in normativa.

In base ai valori ottenuti, il terreno rientra nella categoria C.

Nel caso in esame, peraltro, tale attribuzione trova riscontro anche nella descrizione stratigrafica definita per un suolo di tale categoria, nonché nei valori di coesione, che sono sempre superiori a 70 kPa.

Alla categoria C potranno quindi essere riferiti i valori dei parametri dello spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali e della componente verticale negli eventuali calcoli dell'azione sismica.

Per quanto concerne l'ambito topografico, l'area investigata ha pendenza inferiore ai 15 gradi per cui può essere classificata col coefficiente topografico della classe **T1**.

Dovranno essere inoltre previste opere di regimazione idraulica più efficienti delle esistenti; particolare attenzione andrà posta nell'eliminare le cause di possibili infiltrazioni d'acqua, soprattutto in prossimità delle opere fondazionali con la eventuale realizzazione di idonea rete di drenaggio e raccolta e canalizzazione delle acque fino al sistema di smaltimento o raccolta e regimazione.

Se ne conclude quindi che sul territorio interessato dall'indagine non esistano attualmente zone critiche all'edificabilità, sia in condizione normale che sismica, mentre le condizioni costruttive sono nel complesso buone e si potranno adottare normali criteri di edificazione sia per opere interrato che per nuove fondazioni.

In riferimento alla vigente normativa si dichiara che in ottemperanza al paragrafo 6.2.2 delle NTC, e successive disposizioni e chiarimenti normativi, le indagini hanno riguardato la parte di terreno significativo ai fini previsti ed in particolare la parte di sottosuolo influenzabile dalla costruzione dell'opera e/o che può influenzare il comportamento dell'opera stessa sia in condizioni statiche che sismiche.

Rimini, 3 novembre 2021

# STUDIO URBINATI

Dott. Fabiano Urbinati

Viale Italia 31 - 47921 Rimini

tel fax 0541 27222  
geologia@studiourbinati.com

committente:

**SOCIETA' AGRICOLA CALICCHIO -**

progetto:

**STUDIO GEOLOGICO-GEOTECNICO A SUPPORTO  
DELL'INTERVENTO DI COSTRUZIONE DI EDIFICIO  
ARTIGIANALE**

località:

Via Camerano - Comune di Poggio Torriana (Rn)

oggetto:

**PROVE PENETROMETRICHE**

allegato:

scala:

posizione:

111121

data: ottobre 2021

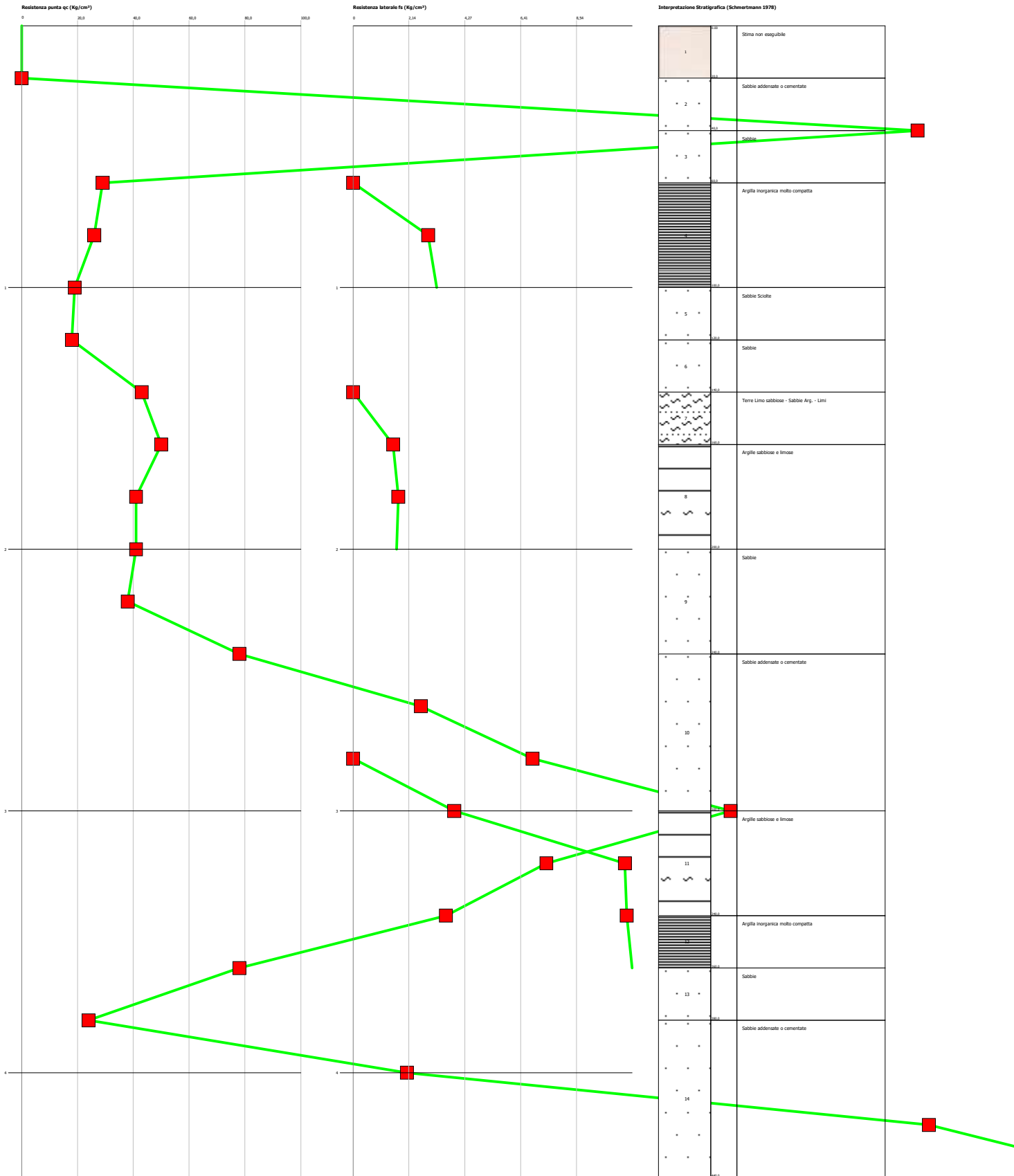


Probe CPT - Cone Penetration CPT1  
 Strumento utilizzato... PAGANI TG 63 (200 kN)  
 Diagramma Resistenza qc-fs

Committente :  
 Cantiere :  
 Cantierista :  
 Località :  
 Via :

Data :06/10/2021

Scala 1:20



## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

## TERRENI COESIVI

## Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 4	1,00	22,5	3,03	0,12	0,12	Lunne, Robertson and Powell 1977	1,18
Strato 7	1,60	50,0	1,53	0,25	0,25	Lunne, Robertson and Powell 1977	2,62
Strato 8	2,00	41,0	1,7	0,32	0,32	Lunne, Robertson and Powell 1977	2,14
Strato 11	3,40	170,0	10,43	0,6	0,6	Lunne, Robertson and Powell 1977	8,92
Strato 12	3,60	78,0	10,67	0,67	0,67	Lunne, Robertson and Powell 1977	4,07

## Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 4	1,00	22,5	3,03	0,12	0,12	Metodo generale del modulo Edometrico	45,0
Strato 7	1,60	50,0	1,53	0,25	0,25	Metodo generale del modulo Edometrico	100,0
Strato 8	2,00	41,0	1,7	0,32	0,32	Metodo generale del modulo Edometrico	82,0
Strato 11	3,40	170,0	10,43	0,6	0,6	Metodo generale del modulo Edometrico	339,99
Strato 12	3,60	78,0	10,67	0,67	0,67	Metodo generale del modulo Edometrico	156,0

## Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 4	1,00	22,5	3,03	0,12	0,12	Cancelli 1980	839,33
Strato 7	1,60	50,0	1,53	0,25	0,25	Cancelli 1980	1865,52
Strato 8	2,00	41,0	1,7	0,32	0,32	Cancelli 1980	1525,65
Strato 11	3,40	170,0	10,43	0,6	0,6	Cancelli 1980	6352,49
Strato 12	3,60	78,0	10,67	0,67	0,67	Cancelli 1980	2899,91

## Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 4	1,00	22,5	3,03	0,12	0,12	Imai & Tomauchi	187,65
Strato 7	1,60	50,0	1,53	0,25	0,25	Imai & Tomauchi	305,65
Strato 8	2,00	41,0	1,7	0,32	0,32	Imai & Tomauchi	270,75
Strato 11	3,40	170,0	10,43	0,6	0,6	Imai & Tomauchi	645,6
Strato 12	3,60	78,0	10,67	0,67	0,67	Imai & Tomauchi	401,08

## Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 4	1,00	22,5	3,03	0,12	0,12	P.W.Mayne 1991	9
Strato 7	1,60	50,0	1,53	0,25	0,25	P.W.Mayne 1991	9
Strato 8	2,00	41,0	1,7	0,32	0,32	P.W.Mayne 1991	9
Strato 11	3,40	170,0	10,43	0,6	0,6	P.W.Mayne 1991	9
Strato 12	3,60	78,0	10,67	0,67	0,67	P.W.Mayne 1991	9

## Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 4	1,00	22,5	3,03	0,12	0,12	Meyerhof	1,99
Strato 7	1,60	50,0	1,53	0,25	0,25	Meyerhof	2,13
Strato 8	2,00	41,0	1,7	0,32	0,32	Meyerhof	2,09
Strato 11	3,40	170,0	10,43	0,6	0,6	Meyerhof	2,33
Strato 12	3,60	78,0	10,67	0,67	0,67	Meyerhof	2,2

## Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crn
Strato 2	0,40	321,0	-1,87	0,02	0,02	0,05	0,01
Strato 3	0,60	29,0	-1,67	0,06	0,06	0,11	0,01
Strato 5	1,20	18,0	-0,47	0,18	0,18	0,14	0,02
Strato 6	1,40	43,0	-1,27	0,21	0,21	0,11	0,01
Strato 7	1,60	50,0	1,53	0,25	0,25	0,11	0,01
Strato 8	2,00	41,0	1,7	0,32	0,32	0,11	0,01
Strato 9	2,40	58,0	-3,33	0,4	0,4	0,1	0,01
Strato 10	3,00	193,33	-0,58	0,49	0,49	0,11	0,01
Strato 11	3,40	170,0	10,43	0,6	0,6	0,1	0,01

Strato 13	3,80	24,0	-1,93	0,71	0,71	0,12	0,02
Strato 14	4,40	287,67	-11,71	0,79	0,79	0,04	0,0

**Peso unità di volume saturo**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 4	1,00	22,5	3,03	0,12	0,12	Meyerhof	2,07
Strato 7	1,60	50,0	1,53	0,25	0,25	Meyerhof	2,21
Strato 8	2,00	41,0	1,7	0,32	0,32	Meyerhof	2,17
Strato 11	3,40	170,0	10,43	0,6	0,6	Meyerhof	2,41
Strato 12	3,60	78,0	10,67	0,67	0,67	Meyerhof	2,28

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	0,40	321,0	-1,87	0,02	0,02	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	100,0
Strato 3	0,60	29,0	-1,67	0,06	0,06	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	70,93
Strato 5	1,20	18,0	-0,47	0,18	0,18	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	41,87
Strato 6	1,40	43,0	-1,27	0,21	0,21	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	63,91
Strato 7	1,60	50,0	1,53	0,25	0,25	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	65,73
Strato 8	2,00	41,0	1,7	0,32	0,32	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	56,92
Strato 9	2,40	58,0	-3,33	0,4	0,4	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	63,58
Strato 10	3,00	193,33	-0,58	0,49	0,49	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	94,66
Strato 11	3,40	170,0	10,43	0,6	0,6	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	88,22
Strato 13	3,80	24,0	-1,93	0,71	0,71	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	30,2
Strato 14	4,40	287,67	-11,71	0,79	0,79	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	99,29

**Angolo di resistenza al taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	0,40	321,0	-1,87	0,02	0,02	Herminier	15,0
Strato 3	0,60	29,0	-1,67	0,06	0,06	Herminier	42,03
Strato 5	1,20	18,0	-0,47	0,18	0,18	Herminier	27,77
Strato 6	1,40	43,0	-1,27	0,21	0,21	Herminier	33,42
Strato 7	1,60	50,0	1,53	0,25	0,25	Herminier	33,23
Strato 8	2,00	41,0	1,7	0,32	0,32	Herminier	29,58
Strato 9	2,40	58,0	-3,33	0,4	0,4	Herminier	30,58
Strato 10	3,00	193,33	-0,58	0,49	0,49	Herminier	40,47
Strato 11	3,40	170,0	10,43	0,6	0,6	Herminier	37,1
Strato 13	3,80	24,0	-1,93	0,71	0,71	Herminier	23,45
Strato 14	4,40	287,67	-11,71	0,79	0,79	Herminier	39,79

**Modulo di Young**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	0,40	321,0	-1,87	0,02	0,02	Robertson & Campanella 1983	642,0
Strato 3	0,60	29,0	-1,67	0,06	0,06	Robertson & Campanella 1983	58,0
Strato 5	1,20	18,0	-0,47	0,18	0,18	Robertson & Campanella 1983	36,0
Strato 6	1,40	43,0	-1,27	0,21	0,21	Robertson & Campanella 1983	86,0
Strato 7	1,60	50,0	1,53	0,25	0,25	Robertson & Campanella 1983	100,0
Strato 8	2,00	41,0	1,7	0,32	0,32	Robertson & Campanella 1983	82,0
Strato 9	2,40	58,0	-3,33	0,4	0,4	Robertson & Campanella 1983	116,0
Strato 10	3,00	193,33	-0,58	0,49	0,49	Robertson & Campanella 1983	386,66
Strato 11	3,40	170,0	10,43	0,6	0,6	Robertson & Campanella 1983	340,0
Strato 13	3,80	24,0	-1,93	0,71	0,71	Robertson & Campanella 1983	48,0
Strato 14	4,40	287,67	-11,71	0,79	0,79	Robertson & Campanella 1983	575,34

**Modulo Edometrico**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	0,40	321,0	-1,87	0,02	0,02	Robertson & Campanella da Schmertmann	88,86
Strato 3	0,60	29,0	-1,67	0,06	0,06	Robertson & Campanella da Schmertmann	80,56
Strato 5	1,20	18,0	-0,47	0,18	0,18	Robertson & Campanella da Schmertmann	45,87
Strato 6	1,40	43,0	-1,27	0,21	0,21	Robertson & Campanella da Schmertmann	68,17
Strato 7	1,60	50,0	1,53	0,25	0,25	Robertson & Campanella da Schmertmann	69,52
Strato 8	2,00	41,0	1,7	0,32	0,32	Robertson & Campanella da Schmertmann	59,52
Strato 9	2,40	58,0	-3,33	0,4	0,4	Robertson & Campanella da Schmertmann	66,21
Strato 10	3,00	193,33	-0,58	0,49	0,49	Robertson & Campanella da Schmertmann	90,58
Strato 11	3,40	170,0	10,43	0,6	0,6	Robertson & Campanella da Schmertmann	91,12
Strato 13	3,80	24,0	-1,93	0,71	0,71	Robertson & Campanella da Schmertmann	30,93
Strato 14	4,40	287,67	-11,71	0,79	0,79	Robertson & Campanella da Schmertmann	96,86

**Modulo di deformazione a taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	0,40	321,0	-1,87	0,02	0,02	Imai & Tomauchi	951,99
Strato 3	0,60	29,0	-1,67	0,06	0,06	Imai & Tomauchi	219,12
Strato 5	1,20	18,0	-0,47	0,18	0,18	Imai & Tomauchi	163,73
Strato 6	1,40	43,0	-1,27	0,21	0,21	Imai & Tomauchi	278,75
Strato 7	1,60	50,0	1,53	0,25	0,25	Imai & Tomauchi	305,65
Strato 8	2,00	41,0	1,7	0,32	0,32	Imai & Tomauchi	270,75
Strato 9	2,40	58,0	-3,33	0,4	0,4	Imai & Tomauchi	334,67
Strato 10	3,00	193,33	-0,58	0,49	0,49	Imai & Tomauchi	698,37
Strato 11	3,40	170,0	10,43	0,6	0,6	Imai & Tomauchi	645,6
Strato 13	3,80	24,0	-1,93	0,71	0,71	Imai & Tomauchi	195,19
Strato 14	4,40	287,67	-11,71	0,79	0,79	Imai & Tomauchi	890,31

**Grado di sovraconsolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 2	0,40	321,0	-1,87	0,02	0,02	Stress-History	>9
Strato 3	0,60	29,0	-1,67	0,06	0,06	Stress-History	>9
Strato 5	1,20	18,0	-0,47	0,18	0,18	Stress-History	2,38
Strato 6	1,40	43,0	-1,27	0,21	0,21	Stress-History	4,7
Strato 7	1,60	50,0	1,53	0,25	0,25	Stress-History	4,6
Strato 8	2,00	41,0	1,7	0,32	0,32	Stress-History	3,02
Strato 9	2,40	58,0	-3,33	0,4	0,4	Stress-History	3,41
Strato 10	3,00	193,33	-0,58	0,49	0,49	Stress-History	>9
Strato 11	3,40	170,0	10,43	0,6	0,6	Stress-History	6,58
Strato 13	3,80	24,0	-1,93	0,71	0,71	Stress-History	0,79
Strato 14	4,40	287,67	-11,71	0,79	0,79	Stress-History	8,48

**Modulo di reazione Ko**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ko
Strato 2	0,40	321,0	-1,87	0,02	0,02	Kulhawy-Mayne (1990)	0,00
Strato 3	0,60	29,0	-1,67	0,06	0,06	Kulhawy-Mayne (1990)	0,00
Strato 5	1,20	18,0	-0,47	0,18	0,18	Kulhawy-Mayne (1990)	0,61
Strato 6	1,40	43,0	-1,27	0,21	0,21	Kulhawy-Mayne (1990)	0,96
Strato 7	1,60	50,0	1,53	0,25	0,25	Kulhawy-Mayne (1990)	0,94
Strato 8	2,00	41,0	1,7	0,32	0,32	Kulhawy-Mayne (1990)	0,72
Strato 9	2,40	58,0	-3,33	0,4	0,4	Kulhawy-Mayne (1990)	0,78
Strato 10	3,00	193,33	-0,58	0,49	0,49	Kulhawy-Mayne (1990)	0,00
Strato 11	3,40	170,0	10,43	0,6	0,6	Kulhawy-Mayne (1990)	1,19
Strato 13	3,80	24,0	-1,93	0,71	0,71	Kulhawy-Mayne (1990)	0,30
Strato 14	4,40	287,67	-11,71	0,79	0,79	Kulhawy-Mayne (1990)	1,40

**Fattori di compressibilità C Crm**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 2	0,40	321,0	-1,87	0,02	0,02	0,05066	0,00659
Strato 3	0,60	29,0	-1,67	0,06	0,06	0,11286	0,01467
Strato 5	1,20	18,0	-0,47	0,18	0,18	0,14089	0,01832
Strato 6	1,40	43,0	-1,27	0,21	0,21	0,10971	0,01426
Strato 7	1,60	50,0	1,53	0,25	0,25	0,10569	0,01374
Strato 8	2,00	41,0	1,7	0,32	0,32	0,11111	0,01444
Strato 9	2,40	58,0	-3,33	0,4	0,4	0,10228	0,0133
Strato 10	3,00	193,33	-0,58	0,49	0,49	0,10895	0,01416
Strato 11	3,40	170,0	10,43	0,6	0,6	0,09936	0,01292
Strato 13	3,80	24,0	-1,93	0,71	0,71	0,12242	0,01591
Strato 14	4,40	287,67	-11,71	0,79	0,79	0,03518	0,00457

**Peso unità di volume**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	0,40	321,0	-1,87	0,02	0,02	Meyerhof	1,8
Strato 3	0,60	29,0	-1,67	0,06	0,06	Meyerhof	1,8
Strato 5	1,20	18,0	-0,47	0,18	0,18	Meyerhof	1,8
Strato 6	1,40	43,0	-1,27	0,21	0,21	Meyerhof	1,8
Strato 7	1,60	50,0	1,53	0,25	0,25	Meyerhof	1,8
Strato 8	2,00	41,0	1,7	0,32	0,32	Meyerhof	1,8
Strato 9	2,40	58,0	-3,33	0,4	0,4	Meyerhof	1,8
Strato 10	3,00	193,33	-0,58	0,49	0,49	Meyerhof	1,8

Strato 11	3,40	170,0	10,43	0,6	0,6	Meyerhof	1,8
Strato 13	3,80	24,0	-1,93	0,71	0,71	Meyerhof	1,8
Strato 14	4,40	287,67	-11,71	0,79	0,79	Meyerhof	1,8

**Peso unità di volume saturo**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	0,40	321,0	-1,87	0,02	0,02	Meyerhof	2,1
Strato 3	0,60	29,0	-1,67	0,06	0,06	Meyerhof	2,1
Strato 5	1,20	18,0	-0,47	0,18	0,18	Meyerhof	2,1
Strato 6	1,40	43,0	-1,27	0,21	0,21	Meyerhof	2,1
Strato 7	1,60	50,0	1,53	0,25	0,25	Meyerhof	2,1
Strato 8	2,00	41,0	1,7	0,32	0,32	Meyerhof	2,1
Strato 9	2,40	58,0	-3,33	0,4	0,4	Meyerhof	2,1
Strato 10	3,00	193,33	-0,58	0,49	0,49	Meyerhof	2,1
Strato 11	3,40	170,0	10,43	0,6	0,6	Meyerhof	2,1
Strato 13	3,80	24,0	-1,93	0,71	0,71	Meyerhof	2,1
Strato 14	4,40	287,67	-11,71	0,79	0,79	Meyerhof	2,1

**Liquefazione - Accelerazione sismica massima (g)=0,15**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 2	0,40	321,0	-1,87	0,02	0,02	Robertson e Wride 1997	253,994
Strato 3	0,60	29,0	-1,67	0,06	0,06	Robertson e Wride 1997	2,721
Strato 5	1,20	18,0	-0,47	0,18	0,18	Robertson e Wride 1997	2,085
Strato 6	1,40	43,0	-1,27	0,21	0,21	Robertson e Wride 1997	3,843
Strato 9	2,40	58,0	-3,33	0,4	0,4	Robertson e Wride 1997	5,575
Strato 10	3,00	193,33	-0,58	0,49	0,49	Robertson e Wride 1997	64,107
Strato 13	3,80	24,0	-1,93	0,71	0,71	Robertson e Wride 1997	1,378
Strato 14	4,40	287,67	-11,71	0,79	0,79	Robertson e Wride 1997	188,834

# STUDIO URBINATI

Dott. Fabiano Urbinati

Viale Italia 31 - 47921 Rimini

tel fax 0541 27222  
geologia@studiourbinati.com

committente:

**SOCIETA' AGRICOLA CALICCHIO -**

progetto:

**STUDIO GEOLOGICO-GEOTECNICO A SUPPORTO  
DELL'INTERVENTO DI COSTRUZIONE DI EDIFICIO  
ARTIGIANALE**

località:

Via Camerano - Comune di Poggio Torriana (Rn)

oggetto:

**VELOCITA' SISMICA VS30**

allegato:

scala:

posizione: 111121

data: ottobre 2021

## Premessa

Il giorno 08/10/2021 a Camerano è stata eseguita un'indagine sismica passiva a stazione singola al fine di stimare il profilo della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) per fornire la categoria di suolo di fondazione, secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (2018), ex DM 17/01/2018;

A tal fine è stata effettuata, sul terreno indagato, un'acquisizione di microtremori ambientali della durata di 14'.

## Strumentazione utilizzata e modalità esecutive

La misura di microtremore ambientale è stata effettuata per mezzo di un registratore sismico mostrato in figura 1.



Fig. 1

Il registratore è composto da una terna di velocimetri, i quali trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore.

Lo strumento è stato posizionato correttamente (tramite bolla sferica e piedini regolabili) sul terreno; inizia l'acquisizione dei microtremori: i modi di vibrare del terreno vengono amplificati, convertiti in forma digitale, organizzati e salvati su una memoria digitale. Successivamente i dati vengono trasferiti nel PC dove, mediante il codice di calcolo Grilla appositamente sviluppato, vengono archiviati, analizzati ed elaborati come mostrato in seguito.



## Procedura di analisi dati per stazione singola H/V

Dall'elaborazione della registrazione del rumore sismico ambientale, è stata ricavata la curva H/V (HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO) (Pag. 4).

Il grafico H/V TIME HISTORY (Pag. 4) mostra le “finestre temporali” analizzate per l'elaborazione della curva H/V e permette di individuare eventuali finestre di disturbo all'interno di una registrazione.

Il grafico DIRECTIONAL H/V (Pag. 4) rappresenta la proiezione del HVSR lungo le diverse direzioni, da 0° a 180° in senso orario, dove 0° rappresenta la direzione del Nord segnato sullo strumento (da 180° a 360° i risultati sono simmetrici). Questo permette di vedere se una componente orizzontale prevale sull'altra: cioè se la media HVSR riceve più il contributo da parte di un componente orizzontale.

In seguito, il grafico SINGLE COMPONENT SPECTRA (Pag. 5), mostra l'andamento delle singole componenti nelle tre direzioni (N-S\_E-O\_Verticale).

In base alle conoscenze stratigrafiche, utilizzando la curva H/V, è stato possibile realizzare su di essa un modello sintetico di Vs (EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V) (Pag. 5) seguendo inoltre le linee guida Sesame, 2005 (Pag. 6).

Infine viene calcolata la velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di terreno ai sensi di legge (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008, ex DM 14/09/2005) con la seguente formula:

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

dove  $h_i$  e  $V_{s_i}$  sono spessori e velocità dei singoli strati.

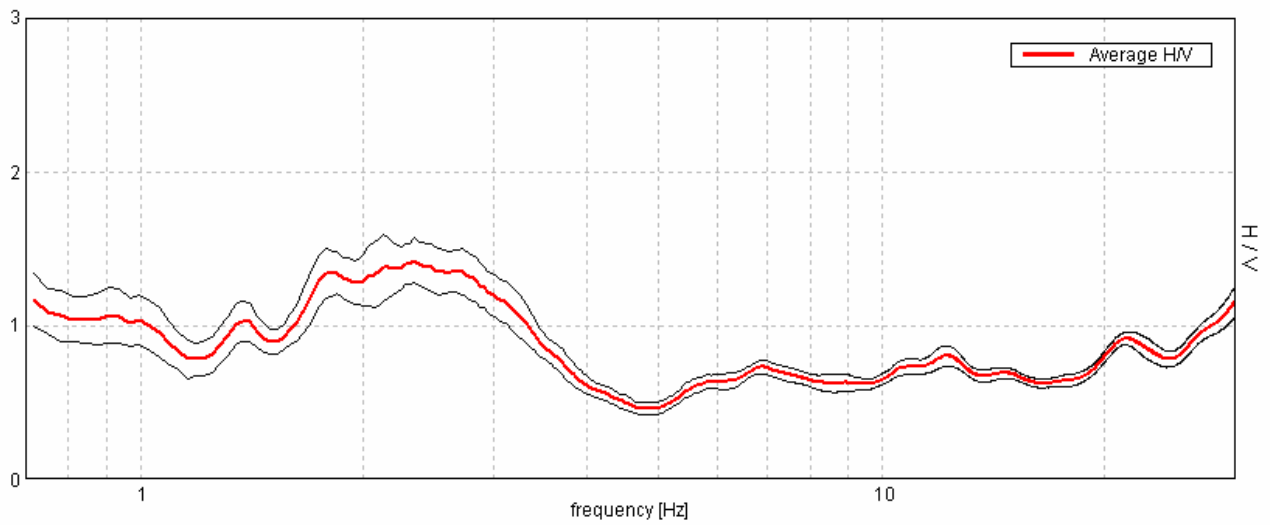
# RIMINI VIA DE SURIANI 11

Start recording: 08/10/2021 9:57:07 End recording: 08/10/2021 10:11:08  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS: 44° 2'28.31"N - 12°24'24.40"E

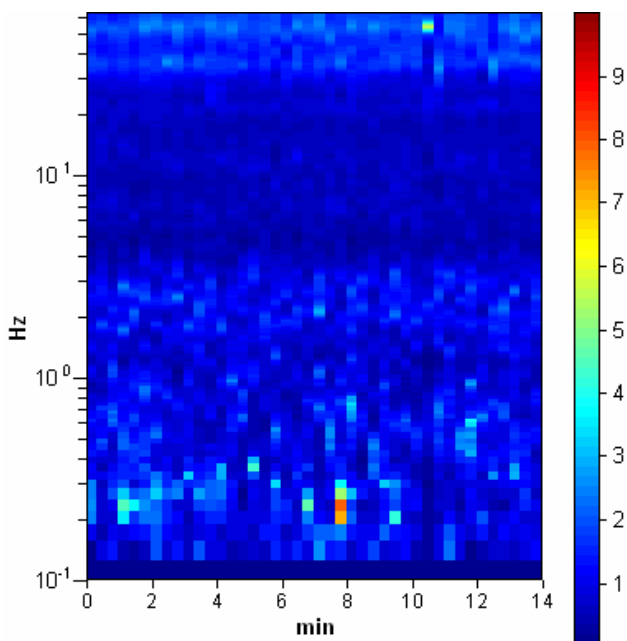
Trace length: 0h14'00". Analysis performed on the entire trace.  
Sampling frequency: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing window: Triangular window  
Smoothing: 10%

## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

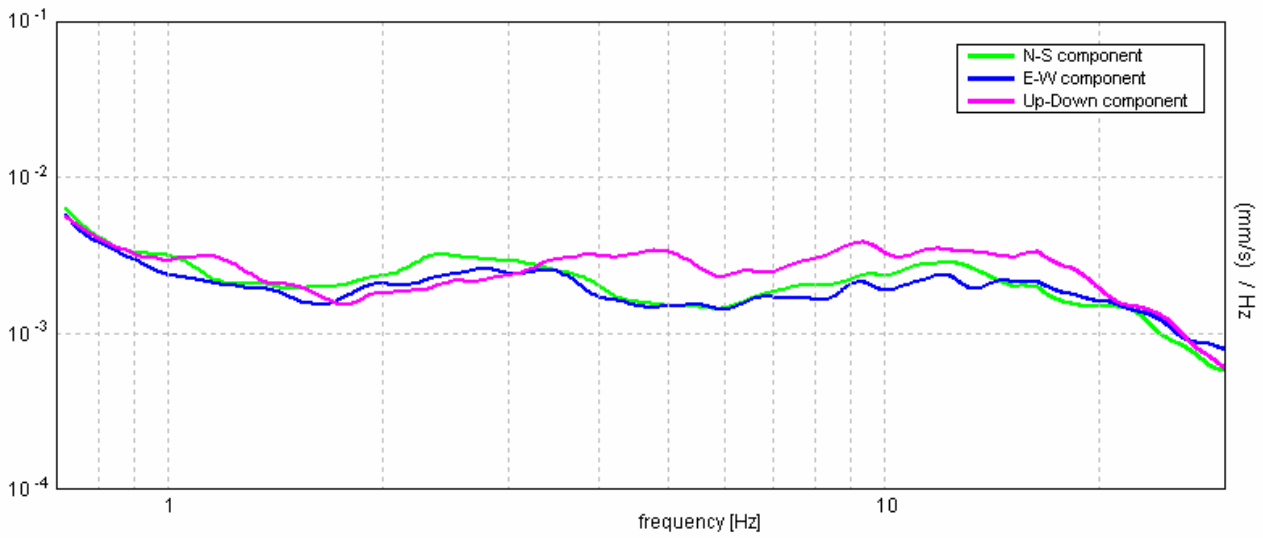
Max. H/V at  $2.34 \pm 0.12$  Hz. (In the range 1.0 - 30.0 Hz).



## H/V TIME HISTORY

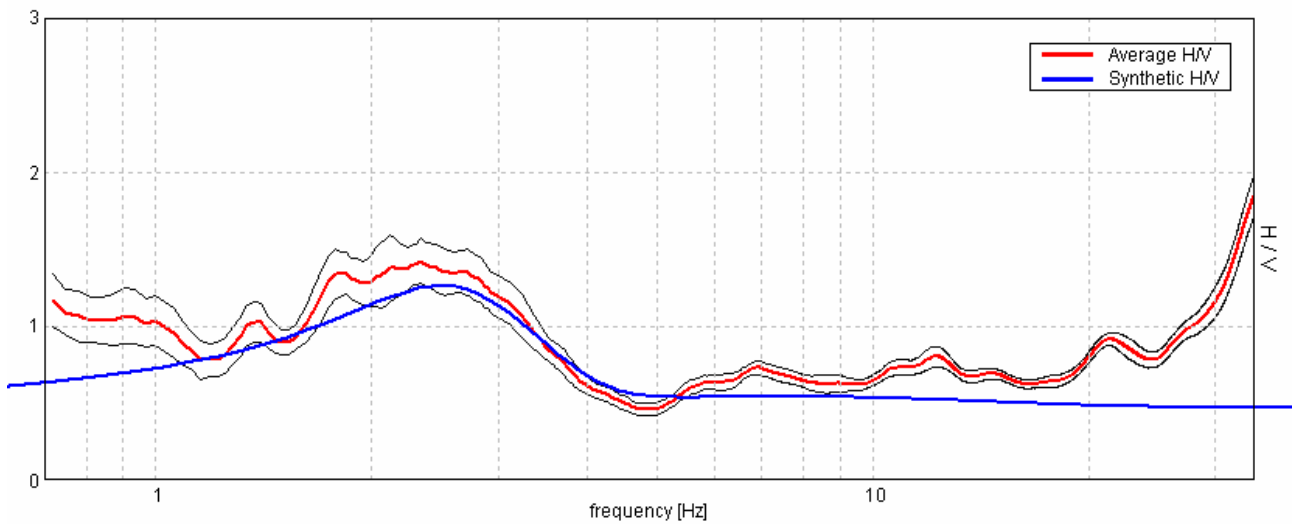


### SINGLE COMPONENT SPECTRA



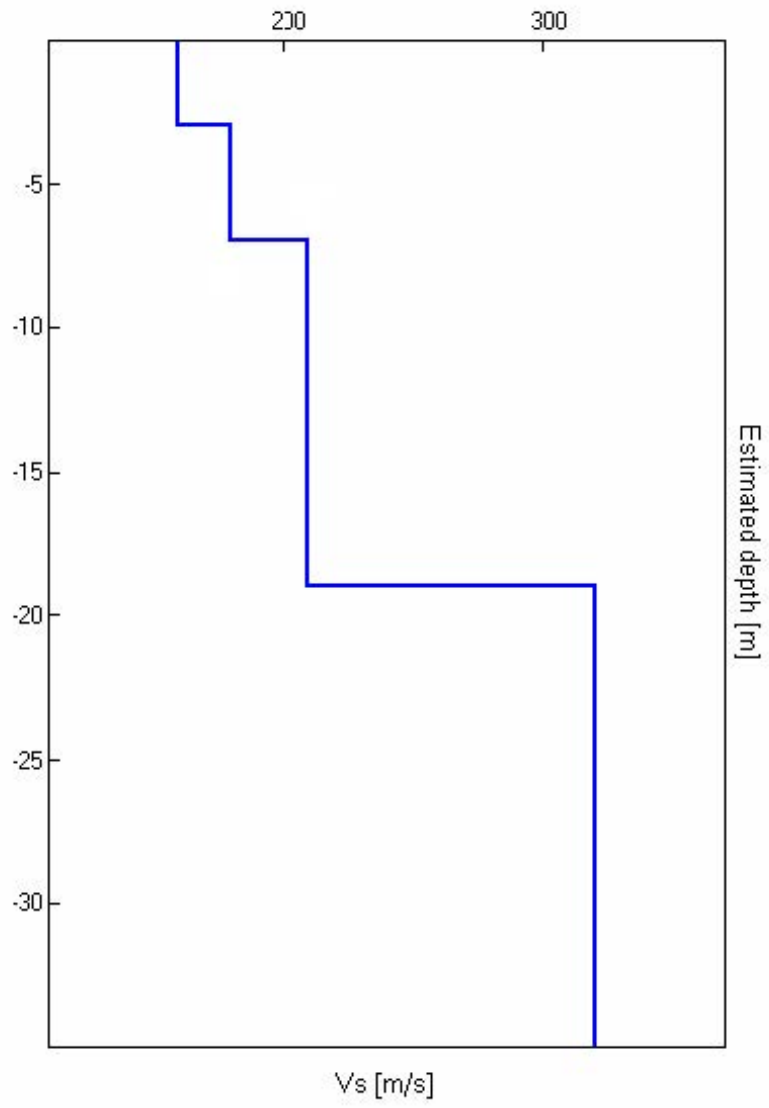
### EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at  $2.34 \pm 0.12$  Hz. (In the range 1.0 - 30.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
3.00	3.00	160
7.00	4.00	180
17.00	10.00	210
inf.	inf.	320

Vs(0.0-30.0)=224m/s



**Max. H/V at  $2.47 \pm 0.08$  Hz. (in the range 1.0 - 30.0 Hz).**

**Criteria for a reliable HVSR curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.47 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2073.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 120 times	OK	

**Criteria for a clear HVSR peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

<b>Exists <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>			<b>NO</b>
<b>Exists <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>	3.906 Hz	OK	
<b><math>A_0 &gt; 2</math></b>	$1.35 > 2$		<b>NO</b>
<b><math>f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math></b>	$ 0.01588  < 0.05$	OK	
<b><math>\sigma_f &lt; \varepsilon(f_0)</math></b>	$0.0392 < 0.12344$	OK	
<b><math>\sigma_A(f_0) &lt; \theta(f_0)</math></b>	$0.0627 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5 2.0		1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40 0.30		0.25	0.20

**According to the Sesame, 2005 guidelines**

Con la determinazione delle onde di taglio Vs i terreni indagati vengono inseriti in una delle seguenti categorie di sottosuolo (N.T.C. 2018\_Tabella 3.2.II e Tabella 3.2.III):

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Dall'analisi dell'indagine si può affermare che il sito è caratterizzato da una velocità delle onde di taglio ( $V_{s,30}$ ) di **224 m/sec**, calcolata dalla profondità di -0,00mt. ÷ 30,00 mt. , corrispondente ad un terreno di **tipo C**.