

# COMUNE DI JESI



**REALIZZAZIONE DEL CENTRO ALZHEIMER IN VIA  
FINLANDIA PREVIA DEMOLIZIONE DELL'EDIFICIO  
DELLA SCUOLA PER L'INFANZIA CEPI**

*Comune di Jesi*

## **Relazione Geologica**

*dicembre 2018*

Dr. Tesei Mariano - Geologo  
st. Soccorso n° 59a - SENIGALLIA (AN)  
tel. 071-948958 cel. 328.3920833  
posta elettronica - [mtesei@libero.it](mailto:mtesei@libero.it)

## INDICE

1	PREMESSA .....	2
1.1	Piano di lavoro:.....	3
2	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO:.....	4
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO: .....	5
4	MODELLO IDROGEOLOGICO LOCALE .....	7
5	PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO - PAI.....	7
6	PARAMETRI GEOMECCANICI CARATTERISTICI DEI LITOTIPI: .....	8
6.1	ANALISI DI LABORATORIO – CONSIDERAZIONI SULLA PLASTICITA’ DEI DEPOSITI ALLUVIONALI SOTTILI .....	9
7	CRITERI DI INTERVENTO .....	11
8	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO .....	11
8.1	ACQUISIZIONE .....	12
8.2	PROVA PASSIVA - HVSR .....	13
8.3	PROVA ATTIVA ANALISI DELLE ONDE DI RAYLEIGH - INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	15
8.4	Risultati.....	16
9	PERICOLOSITA’ SIMICA DI BASE - RISPOSTA SISMICA LOCALE (D.M. 17/01/2018):.....	17
10	VERIFICHE alla liquefazione: .....	20
11	CONCLUSIONI: .....	20

### ***Allegati:***

- Corografia in scala 1:10.000
- Planimetria con ubicazione delle indagini scala 1:500
- Sezioni geologiche A e B in scala 1:250
- Rapporti delle indagini geognostiche: Sondaggi a carotaggio continuo, prova CPT.
- Prove di laboratorio



**Comune di JESI (An)**

***REALIZZAZIONE DEL CENTRO ALZHEIMER IN VIA FINLANDIA PREVIA  
DEMOLIZIONE DELL'EDIFICIO DELLA SCUOLA PER L'INFANZIA CEPI.***

**Relazione Geologica**

## **1 PREMESSA**

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Jesi, abbiamo effettuato una indagine geologica nell'area sita in via Finlandia in cui è prevista la realizzazione del Centro Alzheimer.

L'indagine è stata effettuata tenendo conto di dati geognostici di dettaglio derivanti dalla specifica campagna di indagini geognostiche realizzata nel novembre 2018. Le indagini risultano sufficienti a definire il modello geologico e geotecnico del sito anche in funzione della normativa sismica di cui al D.M. 14/01/2018.

Scopo dello studio è stato quello di definire:

- *IL MODELLO GEOLOGICO*, ovvero le condizioni geologiche del sito e la successione stratigrafica;
- *IL MODELLO GEOTECNICO*, ovvero le proprietà meccaniche dei terreni interessati dagli interventi progettuali ed i parametri meccanici necessari alla scelta della tipologia e al dimensionamento delle opere fondali
- *IL MODELLO SISMICO*, ovvero le caratteristiche sismostratigrafiche dei terreni coinvolti nello studio ed appartenenti al volume significativo interessato dall'opera in progetto utili alla definizione della categoria di suolo presente e alla definizione della Risposta Sismica Locale.
- *LA CARATTERIZZAZIONE DELL'OPERA*, ovvero i criteri d'intervento per la realizzazione dell'opera e i criteri di sistemazione idrogeologica del sito.

### ***Normativa di riferimento relazione geologica-geotecnica***

- **D.M. 17/01/2018:** Aggiornamento del Testo Unitario del 14/01/2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
- **Circolare 2 febbraio 2009. Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici:** Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008.
- **All. al voto n. 36 del 27/07/2007.** Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.
- **Eurocodice 8 (1998)** Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture - Parte 5: fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- **Eurocodice 7.1 (1997)** Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali – UNI
- **Eurocodice 7.2 (2002)** Progettazione geotecnica: Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI
- **Eurocodice 7.3 (2002)** Progettazione geotecnica: Parte II: progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI
- **Leggi regionali** in materia di pianificazione e di vincolo idrogeologico
- **Ordinanze** Autorità di Bacino Nazionale, regionale o interregionale.
- **D.M. 11/03/1998:** 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.

## **1.1 Piano di lavoro:**

L'indagine ha comportato le seguenti operazioni ed elaborazioni:

- a. acquisizione di dati bibliografici sulle caratteristiche geologiche dell'area e degli studi geotematici presenti nel sito: PRG comunale, progetto CARG, Piano di Assetto Idrogeologico (PAI),
- b. rilevamento geologico e geomorfologico in sito
- c. Esecuzione di 2 sondaggi a carotaggio continuo finalizzato alla ricostruzione del modello geologico-stratigrafico del sito con prelievo di campioni ed esecuzione di prove STP in foro
- d. Esecuzione di prove geotecniche di laboratorio su campioni indisturbati
- e. esecuzione di n. 1 prove penetrometriche statiche (C.P.T.) effettuate con attrezzatura standard da 10 t. al fine di caratterizzare la resistenza statica dei terreni (modello geotecnico del sito);
- f. esecuzione di una indagine sismica attiva (tecnica Multi Frequency Analysis) e passiva (tecnica HVSR) a mezzo velocimetro triassiale digitale a 24 bit per il calcolo della velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{se}$  e la ricostruzione sismo-stratigrafica del sottosuolo (caratterizzazione sismica del sito);
- g. ricostruzione di n. 2 sezioni geologiche, trasversale e longitudinale, con riportata la successione geologico-stratigrafica
- h. correlazione dei dati stratigrafici, geotecnici, idrologici, sismostratigrafici per la ricostruzione dei modelli geologico, geotecnico e sismico del sito;



- i. elaborazione dati, valutazioni e calcoli, considerazioni sulla stabilità ante e post operam stesura relazione finale con identificazione dei criteri di intervento.

L'ubicazione planimetrica dei sondaggi, i rapporti delle prove eseguite, i tabulati di calcolo relativi alle analisi di stabilità e le sezioni geologiche sono allegati in calce alla presente relazione.



**foto 1: Esecuzione sondaggio S1**



**foto 2: esecuzione prova CPT1**

## **2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO:**

L'area in esame si trova (vedi corografia allegata) nella porzione occidentale del nucleo urbano di Jesi in un'area sub pianeggiante o debolmente inclinata di terrazzo alluvionale. L'area è inserita in un contesto urbano strutturato e sviluppato in cui gli originari caratteri morfologici naturaliformi si sono evidentemente persi.

**Dal punto di vista geomorfologico** l'area insiste dunque su di una superficie sub orizzontale di terrazzo alluvionale di ordine superiore, posta in sinistra rispetto all'asse vallivo del F.Esino. In particolare nell'area oggetto di intervento, è attualmente presente un edificio da demolire, la cui realizzazione ha comportato l'apposizione al contorno dello stesso di uno spessore di terreni di riporto variabile da 0.6 a 1,0 m circa. Si

tratta di terreni prevalentemente argillosi e limosi provenienti con ogni probabilità dagli sbanchi realizzati per la costruzione dell'edificio menzionato.

Le superfici descritte hanno un andamento regolare e non evidenziano morfologie particolari che possano in qualche modo essere legate a fenomeni di instabilità quali contropendenze, ondulazioni, trincee, nicchie etc.

La stabilità del sito ed in particolare dell'insieme terreno struttura è peraltro ampiamente garantita dalla morfologia sub-pianeggiante individuata.

### 3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO:

**Dal punto di vista geologico** l'area di interesse (vedi planimetria allegata), insiste su depositi alluvionali terrazzati del II ordine del F. Esino (sistema di Selvatorita – vedi fig. 1). Questi poggiano localmente sulla formazione geologica marina delle Argille Azzurre, risalente al Pliocene sup.-Pleistocene inf.

I depositi alluvionali sono variamente costituiti da limi e limi argillosi, sabbie, sabbie ghiaiose e ghiaie. In particolare nel sito di indagine i depositi alluvionali presentano uno spessore globale di circa 17,5 m e sono localmente sormontati da uno spessore variabile da 0,6 m a 1,1 m di terreni di riporto a granulometria essenzialmente limo-argillosa.

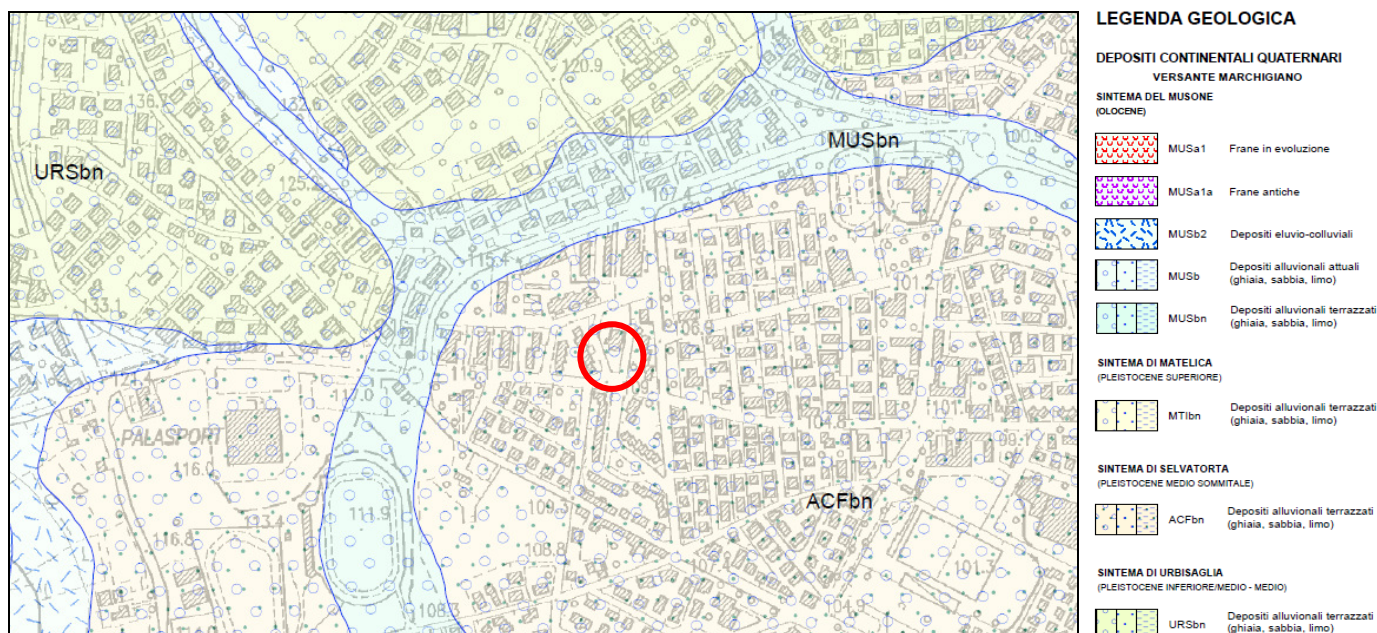


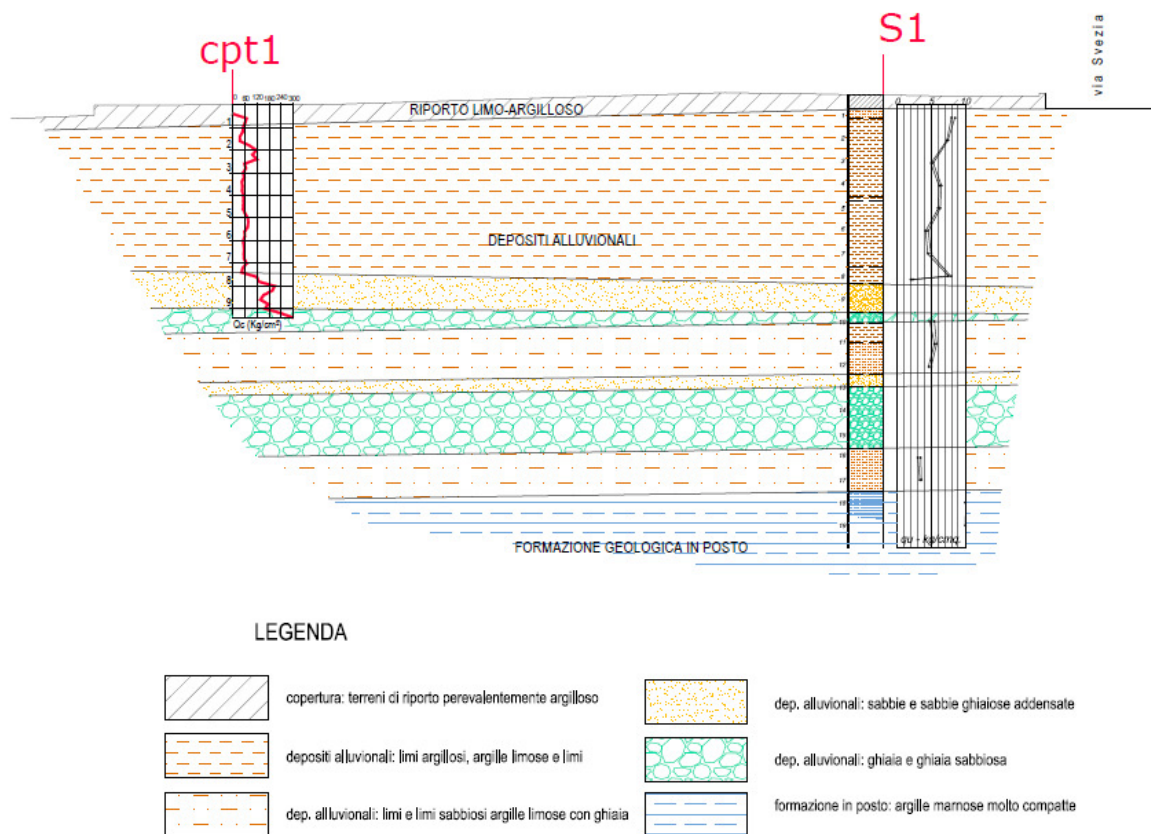
Figura 1: stralcio della carta geologica regionale in scala 1:10000 (progetto CARG). L'area di indagine è indicata con cerchio rosso.



Nell'area esaminata, la **successione stratigrafica** dall'alto al basso può essere così schematizzata:

<i>sigla</i>	<i>Tetto del litotipo (dal p.c.) da</i>	<i>Letto del litotipo (dal p.c.) a</i>	<i>Descrizione litologica</i>
A	0,0 m	-0,6 m / -1,1 m	Terreno e materiali eterogenei prevalentemente argillosi di riporto; terreno vegetale limo argilloso bruno
B	-0,6 m / -1,1 m	-7,4 m / -8,5 m	Depositi alluvionali prevalentemente sottili: argille limose, limi e limi-argillosi da mediamente consistenti a consistenti di colore nocciola o marrone
C	-7,4 m / -8,5 m	-17,5 m	Depositi alluvionali prevalentemente grossolani: sabbie, sabbie limose, ghiaie e ghiaie sabbiose molto addensate con livelli limosi - consistenti e limo-argillosi con ghiaia
D	-17,5 m	Fine indagine (-19,0)	Formazione argillosa compatta: argille marnose grigie ben stratificata, molto consistente

**Tabella 1: schema stratigrafico dell'area in esame**



**Figura 2: sezione geologica rappresentativa della situazione stratigrafica**

## 4 MODELLO IDROGEOLOGICO LOCALE

Al momento dell'indagine, sulle verticali indagate non si è rilevata la presenza di circolazioni o livelli idrici.

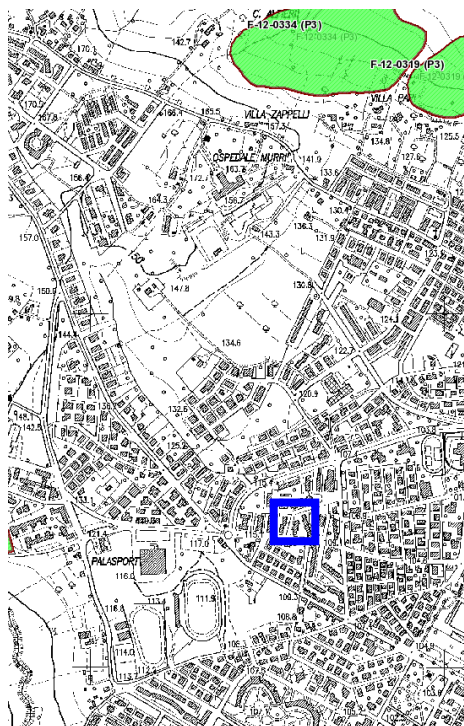
La posizione di “terrazzo alto” favorisce, in effetti, il drenaggio completo dei terreni alluvionali permeabili presenti nel sito.

L'abbondante presenza di noduli e concrezioni carbonatiche nei depositi alluvionali indagati stanno ad indicare che tali terreni sono periodicamente interessati da circolazioni idriche che tuttavia non costituiscono evidentemente una falda. Tali circolazioni sono responsabili della variazione volumetrica stagionale dei depositi alluvionali sottili, ovvero a maggiore componente argillosa. Il fenomeno in concomitanza con la tipologia costruttiva, sembra essere stato responsabile, nella zona, di vari casi di lesionamento degli edifici, non ultimo quello presente nel sito di indagine di cui è prevista la demolizione.

### **Idrografia:**

L'area in cui è prevista la realizzazione del centro Alzheimer, ricade su di una zona di terrazzo alluvionale alto completamente urbanizzato, dove l'idrografia locale è molto povera e costituita essenzialmente da linee di deflusso antropiche ascrivibili al rango di canaletta/cunetta stradale.

## 5 PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO - PAI



Nelle aree di interesse, il PAI non identifica alcun tipo di pericolosità idrogeologica come si evince dalla figura 3 sotto riportata.

Figura 3: stralcio cartografico del PAI in rapporto con l'area di interesse progettuale (  )

## 6 PARAMETRI GEOMECCANICI CARATTERISTICI DEI LITOTIPI:

Di seguito sono indicati i parametri che caratterizzano le proprietà fisico-meccaniche dei terreni indagati, dedotti, mediante una stima ragionata e cautelativa, dalle analisi di laboratorio su campioni, dai dati penetrometrici statici, dai valori SPT in foro e dai valori del pocket penetrometer test effettuato sulle carote derivanti dal sondaggio stratigrafico e da correlazioni bibliografiche con parametri derivati da prove di laboratorio condotte su campioni di terreno simili a quelli presenti in sito, effettuate dallo scrivente.

In accordo con le NTC 2018, la definizione del valore caratteristico è stata fatta adottando il valore del parametro geotecnico che determina il comportamento del terreno in un dato stato limite, a favore della sicurezza.

La stima si basa anche su un approccio probabilistico (calcolo del 5° percentile), considerando le quantità statistiche ricavate su un opportuno numero di prove.

Per il calcolo dei valori caratteristici dei parametri geomeccanici del terreno si è applicata la relazione:

$$x_k \approx \bar{x} - 1,645\left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

con:  $\sigma = \mu COV$   $\mu$  = numerosità del campione; COV = dev.standard/media

I valori così ricavati sono sintetizzati nella seguente tabella (la distinzione stratigrafica è riportata nella tabella 1 - paragrafo 3):

LITOLOGIA	Peso di volume $\gamma$ (g/cmc)	Angolo d'attrito $\varphi$ (°)	Coesione C (kg/cmq)	Coesione non drenata $C_u$ (t/mq)	Modulo edometrico Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
A	-	-	-	-	-
B	1,97	22,1	0,30	22,8	83,6
C	2,00	33,4	0,00	-	215,4
D	2,10	27,5	0,30	50	257,8

**Tabella 2: caratteristiche geomeccaniche dei litotipi presenti nell'area di interesse progettuale – valori caratteristici**

## 6.1 ANALISI DI LABORATORIO – CONSIDERAZIONI SULLA PLASTICITA' DEI DEPOSITI ALLUVIONALI SOTTILI

Nel campione raccolto alla profondità di circa 3 m dal p.c. attuale oltre alle prove geotecniche necessarie a determinare i parametri geomeccanici di Angolo d'attrito, Coesione e Coesione non drenata, si sono effettuate le prove atte a determinare i limiti di consistenza al fine di definire il comportamento dei terreni alluvionali sottili presenti in sito in funzione delle problematiche già menzionate al capitolo 4, riscontrate nell'edificio esistente da demolire ed in quelli limitrofi.

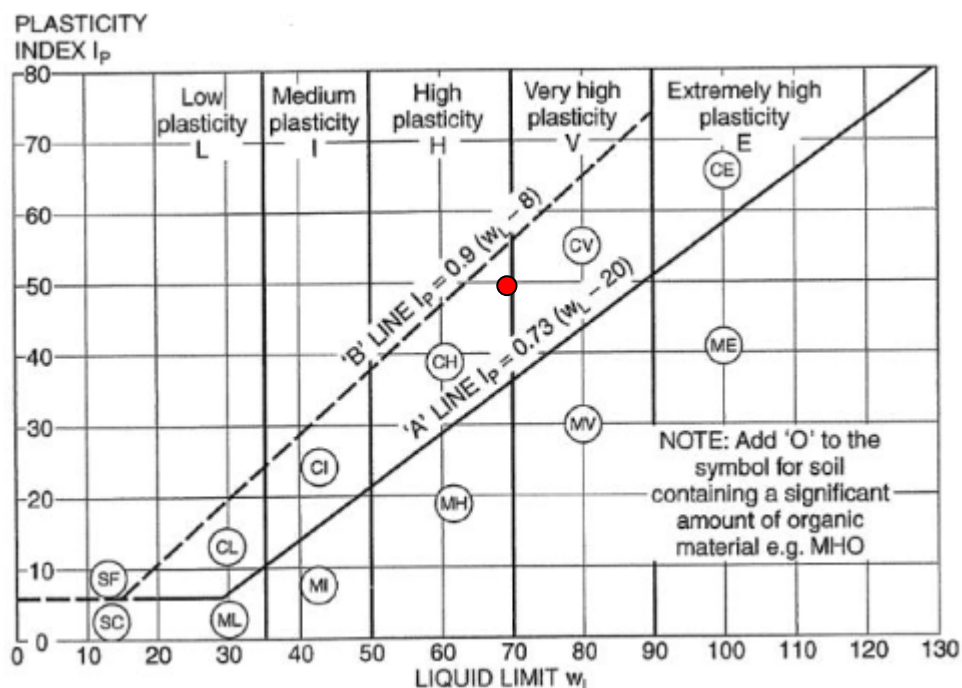


Figura 4: carta di plasticità di casagrande: il campione esaminato è costituito da argilla inorganica di alta plasticità

I limiti di consistenza (vedi carta di Casagrande in fig. 4 e certificato di analisi allegato in calce alla presente relazione) indicano il terreno di origine alluvionale campionato, come una argilla con indice di plasticità molto elevato ovvero pari al 49 %.

L'indice IP elevato è un indicazione del comportamento rigonfiante delle argille alluvionali presenti nel sito di indagine. La tabella sottostante tratta da Day R.W. (2000) esprime chiaramente tale concetto correlando l'IP all'indice di rigonfiamento delle argille.

	Potenziale di rigonfiamento				
	molto basso	basso	medio	alto	molto alto
Indice di rigonfiamento (*)	0-20	20-50	50-90	90-130	>130
Contenuto in argilla	0-10%	10-15%	15-25%	25-35%	35-100%
Indice di Plasticità	0-10	10-15	15-25	25-35	>35
% di rigonfiamento alla pressione di 0.028 kg/cmq	0-3%	3-5%	5-10%	10-15%	>15%
% di rigonfiamento alla pressione di 0.069 kg/cmq	0-2%	2-4%	4-7%	7-12%	>12%
% di rigonfiamento alla pressione di 0.31 kg/cmq	0%	0-1%	1-4%	4-6%	>6%
(*) : secondo: "Uniform Building Code Standard 18-2, Expansion Index Test" (1998).					

Le evidenze riscontrate negli edifici presenti e limitrofi al sito di indagine e le prove di laboratorio effettuate confermano la presenza tra circa -1 m dal p.c. e -8 m dal p.c. di terreni alluvionali sottili ascrivibili alle “argille rigonfianti” intendendo con questo termine tutti quei terreni prevalentemente argillosi che possono dare luogo a rilevanti variazioni di volume, sia positive, per assorbimento di acqua, sia negative, per essiccamento.

Nel caso delle argille rigonfianti alluvionali come quelle presenti in sito, le variazioni stagionali di volume sono dovute alle variazioni di umidità. I terreni sono tanto più soggetti a variazioni di volume conseguenti a variazioni di umidità quanto più elevato è l'Indice di Plasticità.

Lo spessore di terreno interessato dalle variazioni stagionali di umidità e volume è in genere di alcuni metri ed è condizionato da vari fattori quali:

- andamento della pluviometria
- profondità e oscillazioni della falda
- presenza di alberi e vegetazione in genere
- esposizione al sole
- tipo di minerali argillosi presenti.

La presenza di concrezioni carbonatiche diffuse su tutto il deposito argilloso menzionato induce a considerare come potenzialmente rigonfiante tutto lo spessore di terreno compreso tra -1 m dal p.c. a -8 m dal p.c. attuale.

Tenuto conto che le variazioni di volume dei terreni argillosi inducono dissesti nei fabbricati con fondazioni superficiali, soprattutto nel caso di fabbricati leggeri (che non offrono un adeguato contrasto al rigonfiamento) a causa del fatto che durante la stagione secca il terreno di appoggio delle fondazioni poste alla periferia del fabbricato subisce un maggior essiccamento rispetto al terreno sottostante la parte centrale del fabbricato con conseguenti assestamenti differenziati, nella realizzazione del nuovo edificio è opportuno ricorrere ad una fondazione su pali avendo cura di isolare le travi o la platea di collegamento dei pali dal terreno sottostante con l'interposizione di uno strato di materiale compressibile.

L'adozione di una fondazione superficiale è pertanto sconsigliata e qualora dovesse essere adottata in ragione delle buone caratteristiche meccaniche dei terreni, è indispensabile che la stessa fondazione sia di elevata rigidità tale da compensare gli assestamenti differenziali menzionati.

## **7 CRITERI DI INTERVENTO**

In base alle caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche dei terreni presenti e delle caratteristiche di antropizzazione del sito che mostrano:

- la presenza di terreni alluvionali sottili fino alla profondità di circa 8,5 m dal p.c. attuale con buone caratteristiche meccaniche ma potenzialmente soggetti ad importanti variazioni volumetriche stagionali e differenziali al di sotto del piano fondale dell'edificio in progetto;
- la presenza di terreni di riporto a granulometria sottile per uno spessore complessivo di circa 0,6-1,1 m dal p.c. attuale
- la necessità di demolire un edificio esistente (ex scuola CEPI) avente un locale interrato e realizzato con sistema misto di fondazioni a causa di interventi di consolidazione effettuati in periodi differenti;

in base alla tipologia di intervento prevista per la realizzazione del centro Alzheimer, ovvero di un edificio leggero privo di locali interrati, è opportuno prevedere, per il progetto in esame, un'opera fondale profonda, avendo cura di isolare le travi o la platea di collegamento dei pali dal terreno sottostante con l'interposizione di uno strato di materiale compressibile. Tale tipologia di fondazione presenta il vantaggio di escludere che il futuro edificio possa risentire del comportamento differenziale dei terreni alluvionali sottili più superficiali (variazione volumetrica stagionale differenziale al di sotto del perimetro fondale). La fondazione profonda presenta, nel caso specifico, anche il vantaggio di evitare che una parte del futuro edificio vada ad insistere sui terreni di riporto da collocarsi nell'area attualmente occupata dal locale interrato della ex scuola Cepi.

Qualora l'area di futuro ritombamento non venga interessata dal perimetro del nuovo edificio ed anche in ragione di ciò si volesse adottare una fondazione superficiale, è indispensabile che questa sia impostata ad almeno 1,5 m dal p.c. attuale e sia di elevata rigidità tale da compensare gli assestamenti dovuti alla variazione volumetrica stagionale e differenziale che si verificheranno nei terreni di fondazione.

## **8 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO**

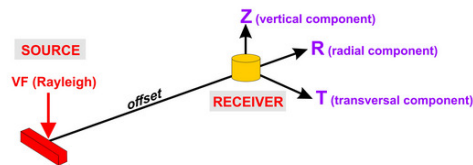
Con lo scopo di definire l'azione sismica locale sito specifica, viene, quindi, individuata la categoria di sottosuolo in base alle suddivisioni previste della normativa di cui al D.M. 17/01/2018 (Tab. 3.2.II e Tab 3.2.III).

La velocità delle onde S per la classificazione sismica del terreno, è stata ricavata mediante una doppia prova sismica, ovvero operando mediante una tecnica (Holi-Surface® - MFA) che permette l'analisi congiunta degli spettri di velocità derivati da prove sismiche attive effettuate in sito e da prove passive (tecnica HVSr) così da limitare fortemente il grado di incertezza del dato sperimentale. In particolare si è effettuata una prospezione sismica attiva per l'analisi delle onde di superficie di Rayleigh nella doppia componente radiale e verticale (Analisi delle frequenze di gruppo MFA - FTAN) e una prova passiva per l'analisi del rapporto spettrale (HVSr) utilizzando un geofono triassiale modello GEMINI-2 (Pasi srl) con frequenza di risonanza di 2 Hz ed un acquisitore dati a 24 bit reali).

Sono state effettuate:



- una acquisizione delle componenti radiali e trasversali delle onde di Rayleigh in modalità attiva (Vf1) ubicata nella zona di indagine;
- una acquisizione del rumore sismico ambientale di circa 20 minuti (H1), ubicata nella zona di intervento (vedi planimetria allegata)



Le prove denominata Vf1 e H1 sono state successivamente elaborate ed interpretate con software dedicato, determinando così la velocità delle onde S, che permette di individuare la categoria di suolo in ottemperanza alle norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018).

STRUMENTO - CONDIZIONI DI ANALISI	
Prova attiva – Rayleigh Waves	Prova passiva - HVSR
Strumento: geofono triassiale GEMINI-2 Data: 22/11/2018 Offset: 50 m n. Shot: 10	Strumento: geofono triassiale GEMINI-2 Data: 22/11/2018 Dataset: jsj-alz-hvsr.SAF Sampling frequency (Hz): 64 Window length (sec): 28 Length of analysed dataset (min): 18.2 Tapering (%): 10 Smoothing (%): 10

## 8.1 ACQUISIZIONE

Prima di iniziare la registrazione è stato opportunamente verificato che il terreno su cui è stato collocato il geofono triassiale non presentasse condizioni tali da generare interferenze negative nel contatto strumento-terreno. Si è proceduto, quindi, alla posa dello strumento sul terreno con attenzione alla messa in bolla dello stesso ed il controllo delle tre componenti di registrazione (orizzontali e verticale) che debbono essere libere di registrare (tale operazione viene fatta osservando la traccia sismica per ciascuna componente nel computer collegato all'acquisitore).

Nel caso specifico l'ancoraggio a terra dello strumento è stato effettuato, per entrambe le prove, mediante piedini conici ad infissione adatti a luoghi con la presenza di terreno.

È stata effettuata la prova passiva (H1) con una registrazione di circa 20 minuti e la registrazione in modalità attiva delle velocità di gruppo delle onde di superficie generate mediante scoppio verticale (Vf1) con un offset di circa 50 m.

## 8.2 PROVA PASSIVA - HVSR

Dall'acquisizione vengono eliminati i disturbi registrati durante i 20 minuti di registrazione

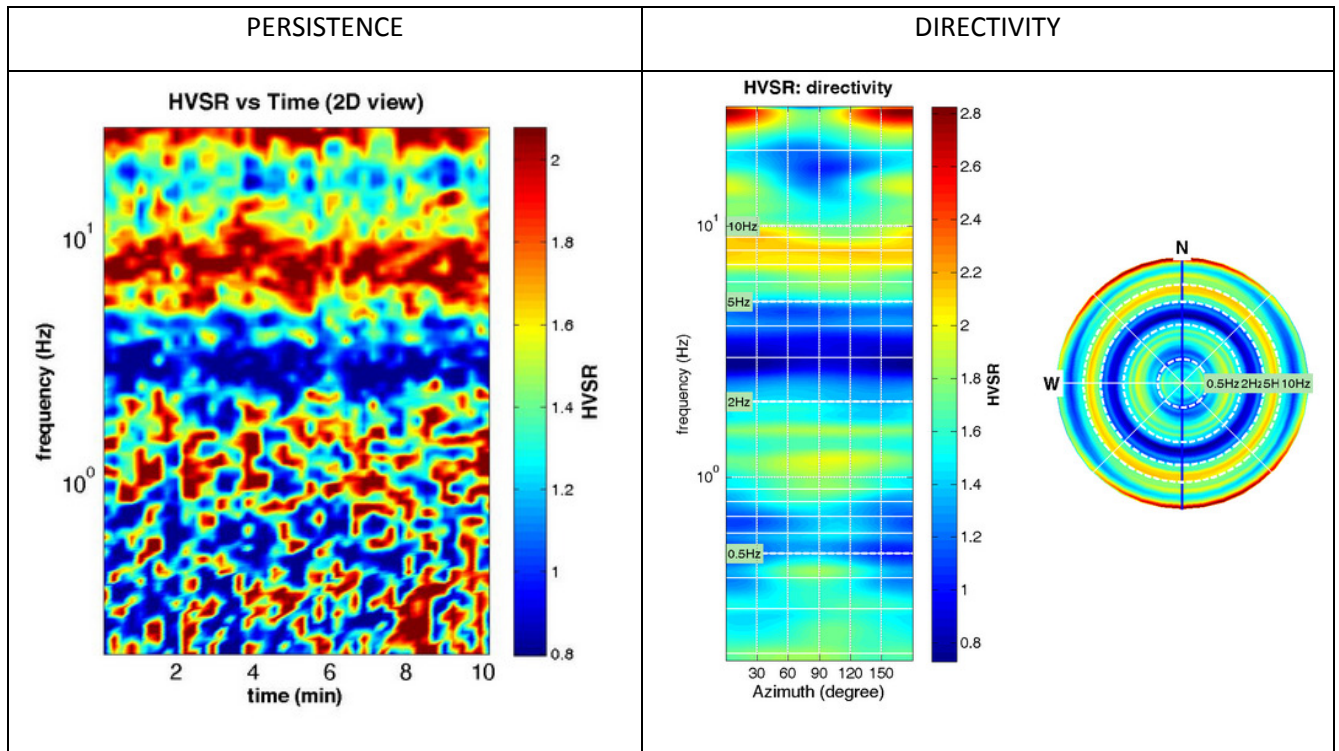


Figura 5 -: persistenza e direttività del segnale

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

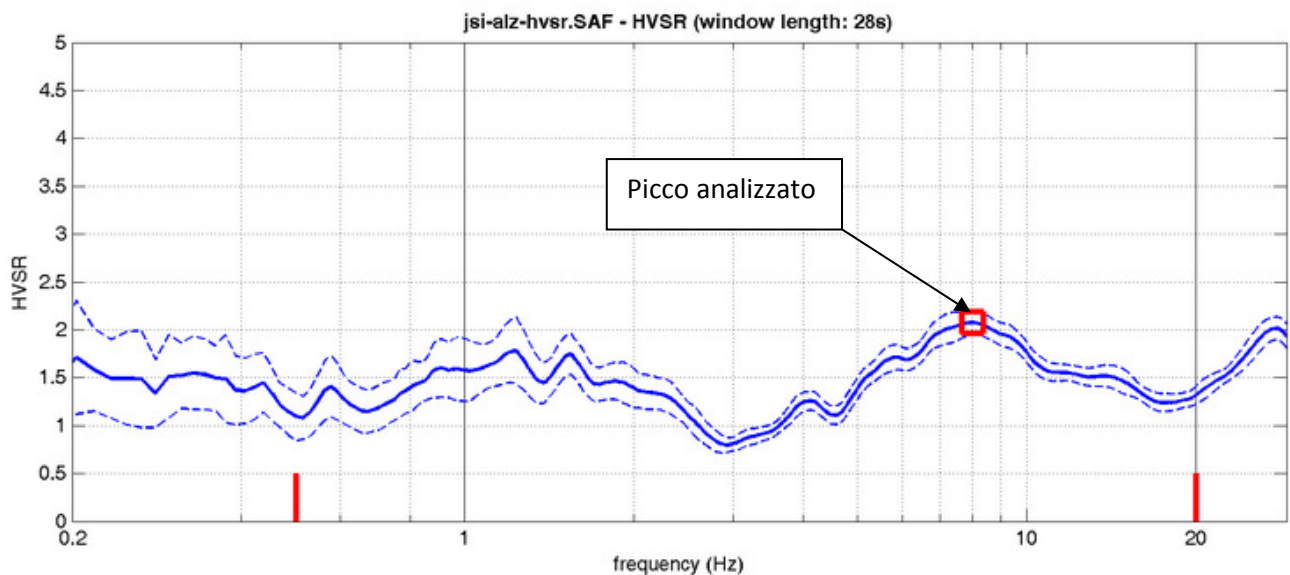
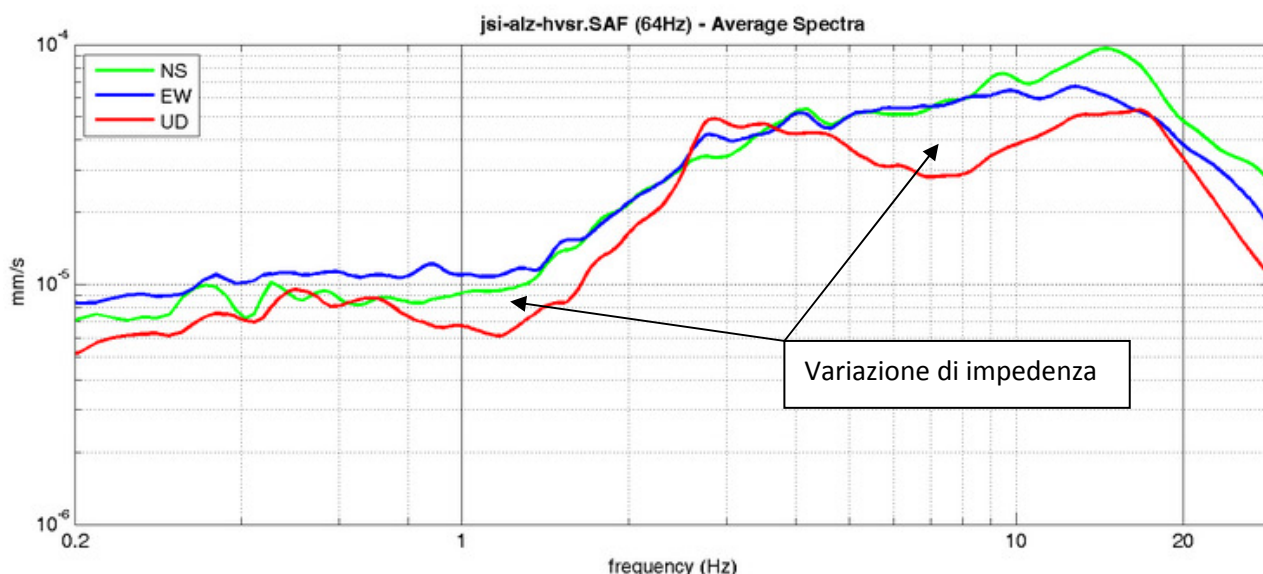


Figura 6 - Andamento della curva H/V (componenti orizzontali su componenti verticali) durante la registrazione.

L'analisi della curva mostra la presenza di un contrasto di impedenza alla frequenza di 8.0 Hz dovuto alla variazione della velocità di propagazione delle onde S a profondità relativamente superficiale. Altro blando contrasto è visibile alle frequenze di circa 1,1 Hz.



**Figura 7 - spettro medio delle singole componenti (NS, EW, UD)**

Per la definizione di contrasti di impedenza precedentemente definiti vengono individuati sul grafico di figura 7 i tratti in cui l'andamento delle tre componenti indicanti la velocità delle onde nel sottosuolo subiscono variazioni, sovrapposizioni o decadimenti di una delle tre componenti.

La prova, inoltre, elaborata congiuntamente alla sismica attiva rappresenta un importante vincolo per la corretta interpretazione del profilo sismo stratigrafico (profilo di Vs) soprattutto per profondità prossime o superiori ai 30 m laddove la prospezione sismica attiva risulta spesso inadeguata.

Di seguito vengono riportati i criteri SESAME che definiscono secondo il protocollo internazionale omonimo la qualità della prova effettuata e del picco esaminato.

#### Criteri SESAME

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

Peak frequency (Hz): 8.0 ( $\pm 3.0$ ); Peak HVSr value: 2.1 ( $\pm 0.1$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]: 8.020 > 0.35714 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 9880 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 2.6Hz (OK)
- #2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 2.1 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_A(f) < \epsilon(f_0)$ ]: 3.040 > 0.401 (NO)
- #6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.126 < 1.58 (OK)

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

### 8.3 PROVA ATTIVA ANALISI DELLE ONDE DI RAYLEIGH - INTERPRETAZIONE DEI DATI

In modalità attiva la prova è stata effettuata attraverso la registrazione della sollecitazione sismica derivante da n. 10 shot verticali generati alla distanza di circa 50 m dal punto di registrazione. Le onde di Rayleigh generate nelle componenti verticale e radiale sono state analizzate con software dedicato (HoliSurface®) mediante la tecnica MFA (Multiple Filter Analysis) fino ad ottenere le relative curve di dispersione delle velocità di gruppo (vedi fig 8).

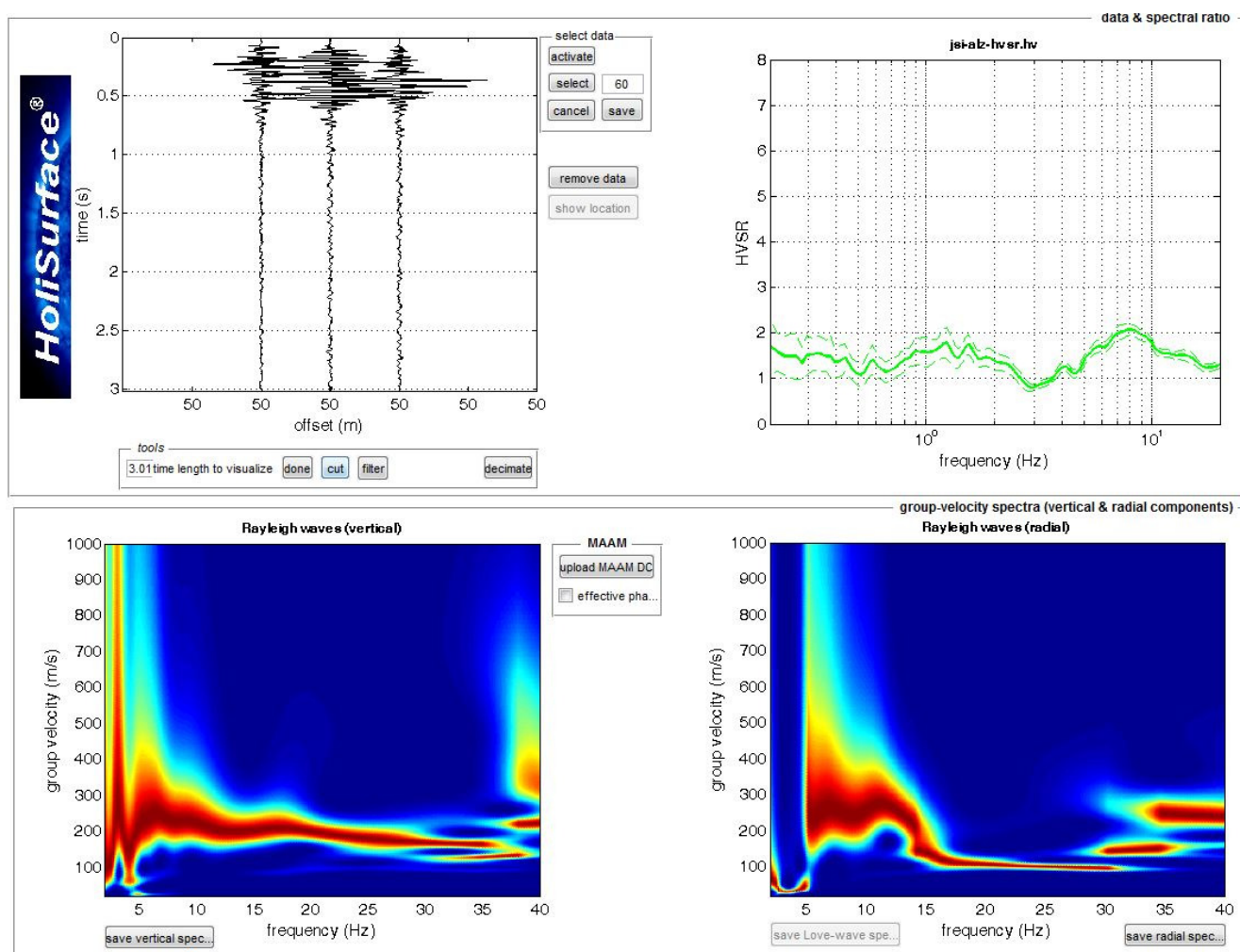


Figura 8- curve di dispersione delle velocità di gruppo delle onde di superficie a partire dalle tracce sismiche acquisite (in alto a sinistra)

Si è proceduto quindi all'analisi congiunta della componente verticale e radiale dell'onda di Rayleigh e del rapporto spettrale HVSR fino a definire un modello di velocità delle onde S che soddisfacesse tutte le curve sperimentali (vedi fig. 9), tale modello ha definito per il sito in esame un valore delle  $V_{seq}$  pari a 332 m/s.



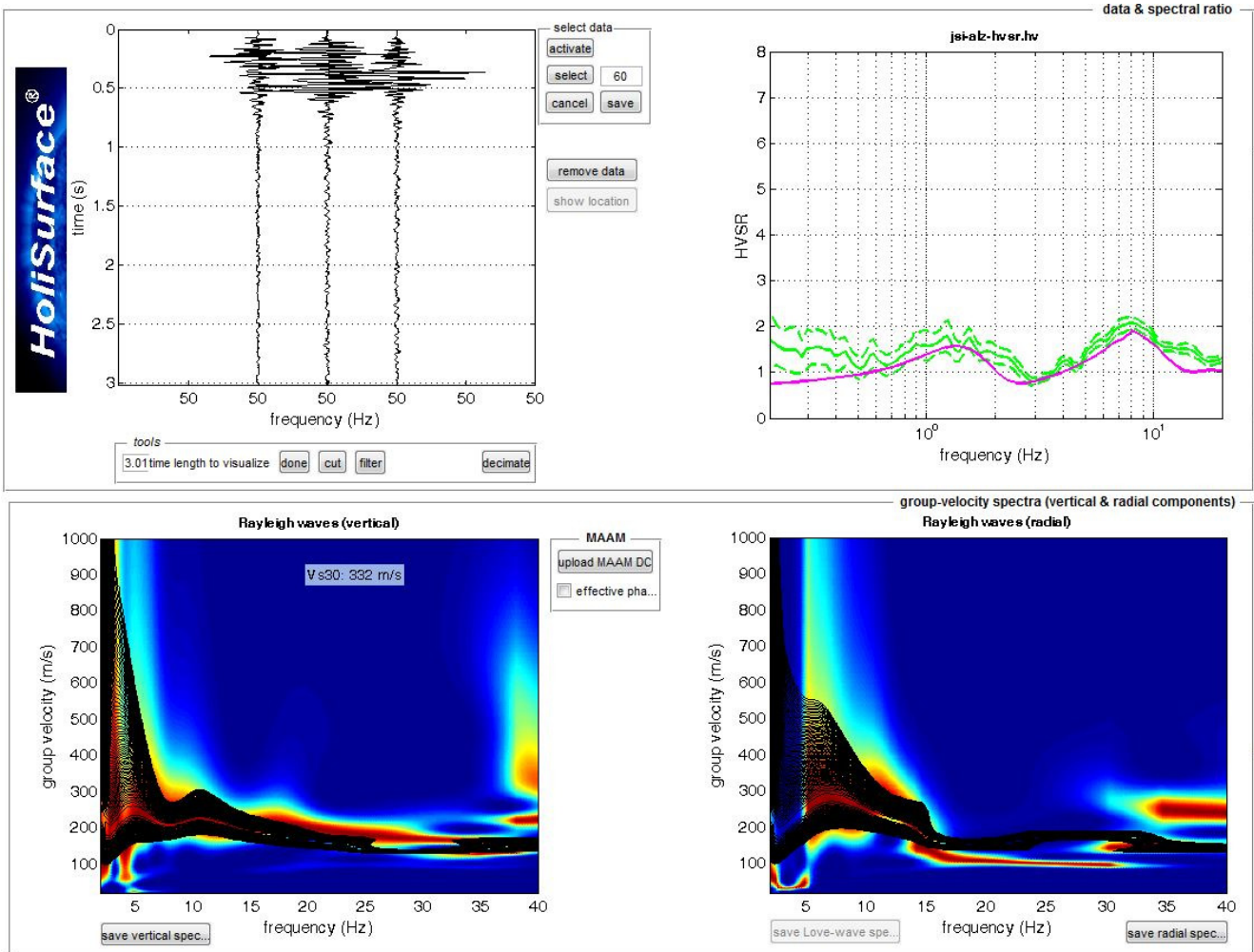


Figura 9: Analisi congiunto dell'Onda di Rayleigh e del rapporto HVSR - curve di dispersione osservate dell'onda di Rayleigh (in rosso) e rapporto spettrale H/V (in verde) ed analoghe curve sintetiche (in nero e magenta) ricostruite a partire dalla stratigrafia sismica di figura 9

**8.4 Risultati**

Shear-wave velocities (m/s):	158	193	263	508	254	708	247	383	690
Thicknesses (m):	0.5	2.0	5.3	2.9	1.6	3.7	1.9	44.0	semispazio

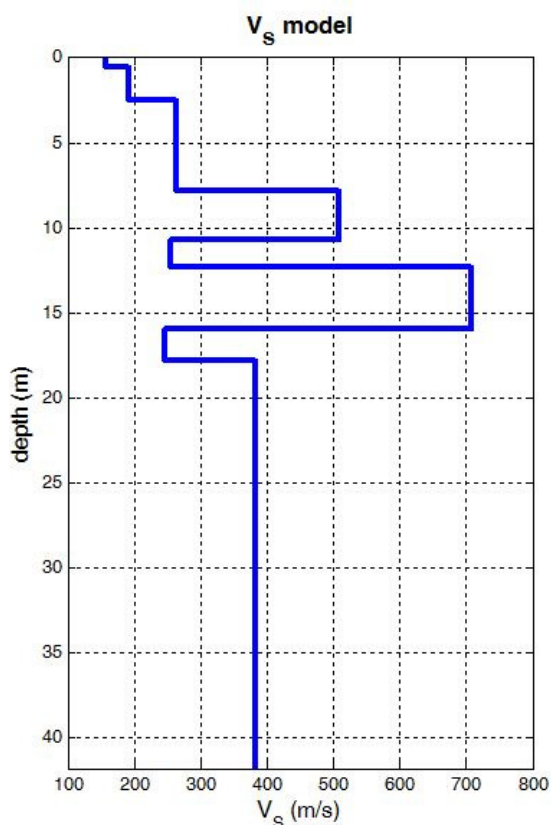
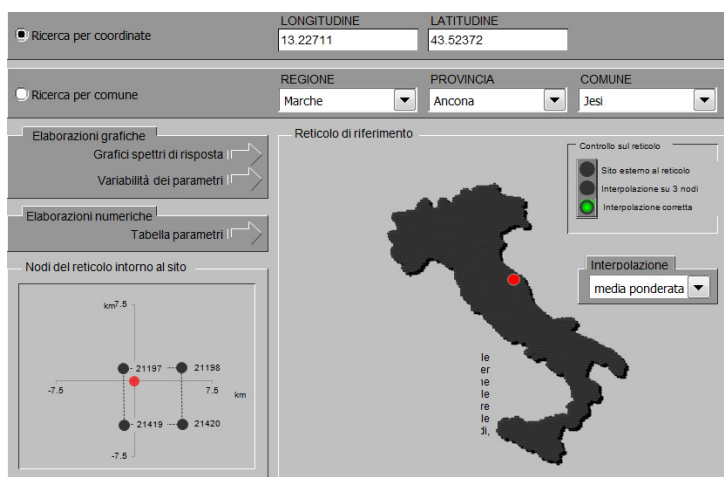


Figura 10: stratigrafia sismica in funzione della velocità delle onde S

Dal profilo di velocità ottenuto e rappresentato in fig. 10, è stato calcolato il parametro  $V_{seq}$  (velocità media di propagazione entro 30 metri di profondità delle onde di taglio), parametro necessario per la definizione delle categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto. Sulla base dei dati descritti si è ottenuto un valore di  $V_{seq}$  (0 – 30 m) = 332 m/sec.

**Il terreno presente nell'area in esame, appartiene alla Categoria "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.

## 9 PERICOLOSITA' SIMICA DI BASE - RISPOSTA SISMICA LOCALE (D.M. 17/01/2018):



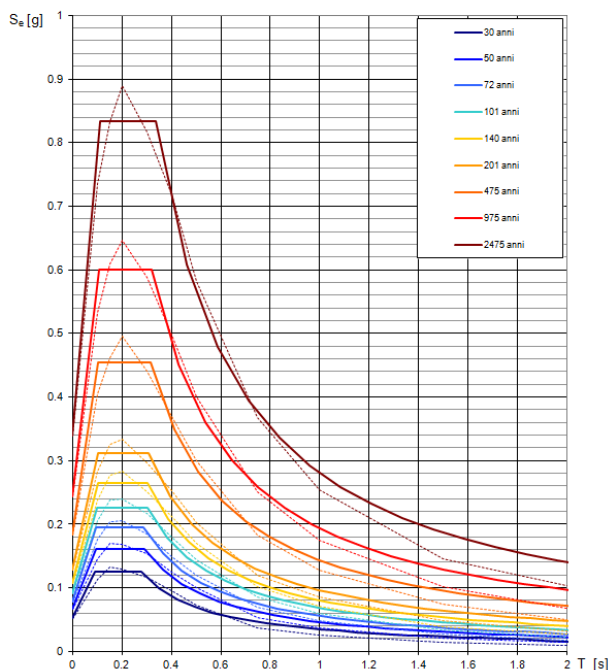
Al fine di determinare l'azione sismica locale si sono utilizzate le procedure di calcolo relative alla pericolosità sismica di base propria del sito.

Il valore dell'accelerazione massima attesa su suolo rigido orizzontale  $a_g$  è stato determinato utilizzando il programma "Spettri\_NTC ver.1.0.3.xls" del Consiglio Superiore dei LL.PP.; per il sito in esame si è ottenuto un valore di  $a_g$  pari a **0,184 g**, con tempi di ritorno pari a TR 475 anni (SLV) e pari a **0,066 g**, con tempi di ritorno pari a TR 50 anni (SLD)

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0.052	2.419	0.277
SLD	50	0.066	2.433	0.289
SLV	475	0.184	2.476	0.315
SLC	975	0.244	2.464	0.322

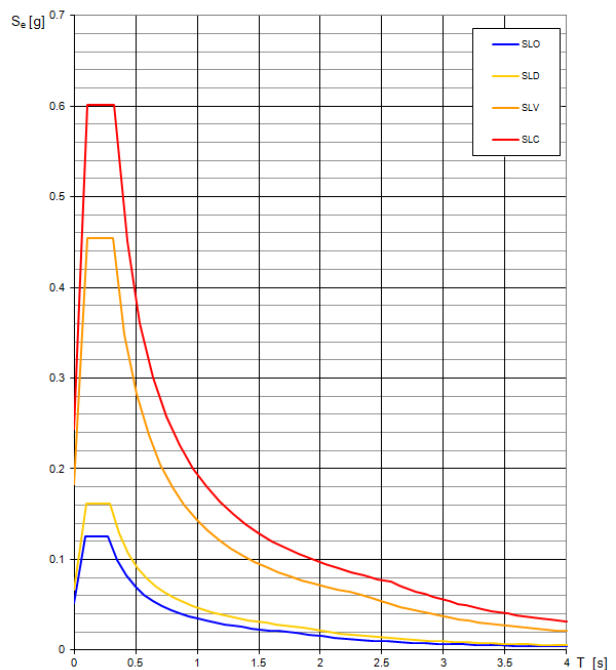
**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_r$  in funzione dello Stato limite**

**Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**



**Figura 11: Spettri di risposta elastici per vari tempi di ritorno ( $T_r$ ) su suolo rigido pianeggiante (A-T1)**

**Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite**



**Figura 12: Spettri di risposta elastici in funzione dei diversi stati limite (suolo rigido e pianeggiante)**

La **risposta sismica locale S** è data dal prodotto di due coefficienti  $S_s$  e  $S_T$  (tab. 3.2.V del DM 17/01/2018):

$$S = S_s \times S_T$$

dove:

$S_s$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica

$S_T$  = coefficiente di amplificazione topografica

L'amplificazione stratigrafica è funzione della categoria di sottosuolo, l'amplificazione topografica è funzione della morfologia dei luoghi. In particolare la categoria di sottosuolo caratteristica dell'area in esame è la "**C**" [tab.3.2.II], mentre la categoria topografica è **T1** ("*superfici pianeggianti o pendii con inclinazione media <15°*" [tab. 3.2.IV]), essendo l'area posta in area sub-pianeggiante.

Di conseguenza i coefficienti  $S_s (\leq 1,5)$  da attribuire al terreno in esame sono:

**(SLV)  $S_s = 1,43$**

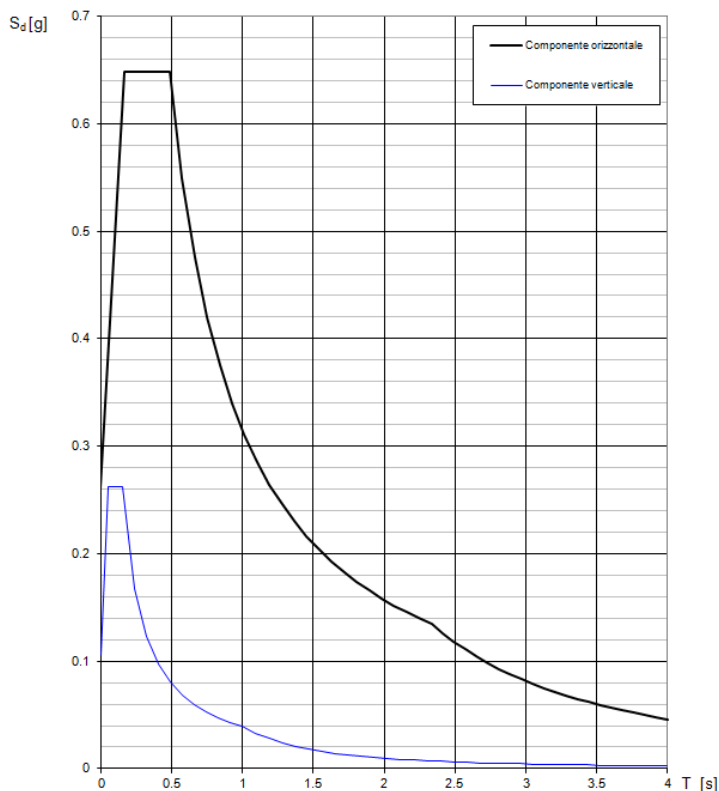
**(SLD)  $S_s = 1,50$**

Poiché l'area è posta su area sub-pianeggiante il coefficiente di amplificazione topografica è pari a  $S_T = 1,00$  (SLV e SLD)

Da cui si evince che  $S = 1,43 \times 1,00 = \mathbf{1,43}$  **(SLV)**

$S = 1,50 \times 1,00 = \mathbf{1,50}$  **(SLD)**

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**



Ne deriva che l'accelerazione massima attesa al sito con  $T_r$  di 475 anni allo stato limite SLV è:

$$a_{\max} = S \times a_g = 1,43 \times 0,185 = \mathbf{0,26g}$$

mentre l'accelerazione massima attesa al sito con  $T_r$  di 50 anni allo stato limite SLD è:

$$a_{\max} = S \times a_g = 1,5 \times 0,066 = \mathbf{0,10g}$$

**Figura 13: spettro di risposta elastico per il sito in esame – Cat. Suolo C; cat. Topografica T1; SLV ( $T_r$  475 anni)**

Lo spettro di risposta in accelerazione rappresentato in fig. 13 non tiene evidentemente conto delle caratteristiche della struttura (fattore  $q = 1$ ) ed è pertanto da considerarsi quale Spettro di Risposta Elastico specifico per il sito in esame secondo l'approccio semplificato previsto dalla normativa di riferimento (NTC 2018).



## **10 VERIFICHE ALLA LIQUEFAZIONE:**

Le verifiche alla liquefazione dei terreni vengono omesse in funzione del fatto che non sussiste la condizione di terreni sabbiosi saturi. Ovvero nell'area non è presente un livello di falda.

## **11 CONCLUSIONI:**

Nell'area è prevista la realizzazione di un edificio (Centro Alzheimer) previa demolizione di un edificio preesistente (ex scuola Cepi) caratterizzato dalla presenza di un locale interrato che occupa parzialmente l'area di sedime dello stesso. L'edificio in progetto, al contrario, non prevede la realizzazione di piani interrati.

Le caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area interessata dal progetto; le caratteristiche geomorfologiche presenti nel sito e nel contesto limitrofo; le caratteristiche idrografiche ed idrogeologiche locali, nonché quelle sismo-stratigrafiche dell'area, permettono di dare un giudizio positivo sulla fattibilità geologica degli interventi in progetto.

In base alle caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche dei terreni presenti e delle caratteristiche di antropizzazione del sito che mostrano:

- la presenza di terreni alluvionali sottili fino alla profondità di circa 8,5 m dal p.c. attuale con buone caratteristiche meccaniche ma potenzialmente soggetti ad importanti variazioni volumetriche stagionali e differenziali al di sotto del piano fondale dell'edificio in progetto;
- la presenza di terreni di riporto a granulometria sottile per uno spessore complessivo di circa 0,6-1,1 m dal p.c. attuale
- la necessità di demolire un edificio esistente (ex scuola CEPI) avente un locale interrato e realizzato con sistema misto di fondazioni a causa di interventi di consolidazione effettuati in periodi differenti;

in base alla tipologia di intervento prevista per la realizzazione del centro Alzheimer, ovvero di un edificio leggero privo di locali interrati, è opportuno prevedere, per il progetto in esame, un'opera fondale profonda, avendo cura di isolare le travi o la platea di collegamento dei pali dal terreno sottostante con l'interposizione di uno strato di materiale compressibile. Tale tipologia di fondazione presenta il vantaggio di escludere che il futuro edificio possa risentire del comportamento differenziale dei terreni alluvionali sottili più superficiali (variazione volumetrica stagionale differenziale al di sotto del perimetro fondale). La fondazione profonda presenta, nel caso specifico, anche il vantaggio di evitare che una parte del futuro edificio vada ad insistere sui terreni di riporto da collocarsi nell'area attualmente occupata dal locale interrato della ex scuola Cepi.

Qualora l'area di futuro ritombamento non venga interessata dal perimetro del nuovo edificio ed anche in ragione di ciò si volesse adottare una fondazione superficiale, è indispensabile che questa sia impostata ad almeno 1,5 m dal p.c. attuale e sia di elevata rigidità tale da compensare gli assestamenti dovuti alla variazione volumetrica stagionale e differenziale che si verificheranno nei terreni di fondazione.

La velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi trenta metri di terreno, calcolata mediante la realizzazione di una prova sismica in sito, è pari a  $V_{Seq}$  332 m/sec.

**Il terreno presente nell'area in esame, appartiene alla Categoria "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.

Dal punto di vista sismico, la categoria topografica è **T1** (*"superfici pianeggianti o pendii con inclinazione media <15° [tab. 3.2.IV])*, essendo l'area posta in area sub-pianeggiante.

I parametri geotecnici dei terreni presenti in sito sono indicati al capitolo 6.

Senigallia, dicembre 2018

## INDICE

1	PREMESSA .....	2
1.1	Piano di lavoro:.....	3
2	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO:.....	4
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO: .....	5
4	MODELLO IDROGEOLOGICO LOCALE .....	7
5	PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO - PAI .....	7
6	PARAMETRI GEOMECCANICI CARATTERISTICI DEI LITOTIPI: .....	8
6.1	ANALISI DI LABORATORIO – CONSIDERAZIONI SULLA PLASTICITA’ DEI DEPOSITI ALLUVIONALI SOTTILI .....	9
7	CRITERI DI INTERVENTO .....	11
8	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO .....	11
8.1	ACQUISIZIONE .....	12
8.2	PROVA PASSIVA - HVSR .....	13
8.3	PROVA ATTIVA ANALISI DELLE ONDE DI RAYLEIGH - INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	15
8.4	Risultati.....	16
9	PERICOLOSITA’ SIMICA DI BASE - RISPOSTA SISMICA LOCALE (D.M. 17/01/2018):.....	17
10	VERIFICHE alla liquefazione: .....	20
11	CONCLUSIONI: .....	20

### ***Allegati:***

- Corografia in scala 1:10.000
- Planimetria con ubicazione delle indagini scala 1:500
- Sezioni geologiche A e B in scala 1:250
- Rapporti delle indagini geognostiche: Sondaggi a carotaggio continuo, prova CPT.
- Prove di laboratorio



**Comune di JESI (An)**

***REALIZZAZIONE DEL CENTRO ALZHEIMER IN VIA FINLANDIA PREVIA  
DEMOLIZIONE DELL'EDIFICIO DELLA SCUOLA PER L'INFANZIA CEPI.***

**Relazione Geologica**

## **1 PREMESSA**

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Jesi, abbiamo effettuato una indagine geologica nell'area sita in via Finlandia in cui è prevista la realizzazione del Centro Alzheimer.

L'indagine è stata effettuata tenendo conto di dati geognostici di dettaglio derivanti dalla specifica campagna di indagini geognostiche realizzata nel novembre 2018. Le indagini risultano sufficienti a definire il modello geologico e geotecnico del sito anche in funzione della normativa sismica di cui al D.M. 14/01/2018.

Scopo dello studio è stato quello di definire:

- *IL MODELLO GEOLOGICO*, ovvero le condizioni geologiche del sito e la successione stratigrafica;
- *IL MODELLO GEOTECNICO*, ovvero le proprietà meccaniche dei terreni interessati dagli interventi progettuali ed i parametri meccanici necessari alla scelta della tipologia e al dimensionamento delle opere fondali
- *IL MODELLO SISMICO*, ovvero le caratteristiche sismostratigrafiche dei terreni coinvolti nello studio ed appartenenti al volume significativo interessato dall'opera in progetto utili alla definizione della categoria di suolo presente e alla definizione della Risposta Sismica Locale.
- *LA CARATTERIZZAZIONE DELL'OPERA*, ovvero i criteri d'intervento per la realizzazione dell'opera e i criteri di sistemazione idrogeologica del sito.

### ***Normativa di riferimento relazione geologica-geotecnica***

- **D.M. 17/01/2018:** Aggiornamento del Testo Unitario del 14/01/2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
- **Circolare 2 febbraio 2009. Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici:** Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008.
- **All. al voto n. 36 del 27/07/2007.** Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.
- **Eurocodice 8 (1998)** Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture - Parte 5: fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- **Eurocodice 7.1 (1997)** Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali – UNI
- **Eurocodice 7.2 (2002)** Progettazione geotecnica: Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI
- **Eurocodice 7.3 (2002)** Progettazione geotecnica: Parte II: progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI
- **Leggi regionali** in materia di pianificazione e di vincolo idrogeologico
- **Ordinanze** Autorità di Bacino Nazionale, regionale o interregionale.
- **D.M. 11/03/1998:** 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.

## **1.1 Piano di lavoro:**

L'indagine ha comportato le seguenti operazioni ed elaborazioni:

- a. acquisizione di dati bibliografici sulle caratteristiche geologiche dell'area e degli studi geotematici presenti nel sito: PRG comunale, progetto CARG, Piano di Assetto Idrogeologico (PAI),
- b. rilevamento geologico e geomorfologico in sito
- c. Esecuzione di 2 sondaggi a carotaggio continuo finalizzato alla ricostruzione del modello geologico-stratigrafico del sito con prelievo di campioni ed esecuzione di prove STP in foro
- d. Esecuzione di prove geotecniche di laboratorio su campioni indisturbati
- e. esecuzione di n. 1 prove penetrometriche statiche (C.P.T.) effettuate con attrezzatura standard da 10 t. al fine di caratterizzare la resistenza statica dei terreni (modello geotecnico del sito);
- f. esecuzione di una indagine sismica attiva (tecnica Multi Frequency Analysis) e passiva (tecnica HVSR) a mezzo velocimetro triassiale digitale a 24 bit per il calcolo della velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{se}$  e la ricostruzione sismo-stratigrafica del sottosuolo (caratterizzazione sismica del sito);
- g. ricostruzione di n. 2 sezioni geologiche, trasversale e longitudinale, con riportata la successione geologico-stratigrafica
- h. correlazione dei dati stratigrafici, geotecnici, idrologici, sismostratigrafici per la ricostruzione dei modelli geologico, geotecnico e sismico del sito;

- i. elaborazione dati, valutazioni e calcoli, considerazioni sulla stabilità ante e post operam stesura relazione finale con identificazione dei criteri di intervento.

L'ubicazione planimetrica dei sondaggi, i rapporti delle prove eseguite, i tabulati di calcolo relativi alle analisi di stabilità e le sezioni geologiche sono allegati in calce alla presente relazione.



**foto 1: Esecuzione sondaggio S1**



**foto 2: esecuzione prova CPT1**

## **2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO:**

L'area in esame si trova (vedi corografia allegata) nella porzione occidentale del nucleo urbano di Jesi in un'area sub pianeggiante o debolmente inclinata di terrazzo alluvionale. L'area è inserita in un contesto urbano strutturato e sviluppato in cui gli originari caratteri morfologici naturaliformi si sono evidentemente persi.

**Dal punto di vista geomorfologico** l'area insiste dunque su di una superficie sub orizzontale di terrazzo alluvionale di ordine superiore, posta in sinistra rispetto all'asse vallivo del F.Esino. In particolare nell'area oggetto di intervento, è attualmente presente un edificio da demolire, la cui realizzazione ha comportato l'apposizione al contorno dello stesso di uno spessore di terreni di riporto variabile da 0.6 a 1,0 m circa. Si



tratta di terreni prevalentemente argillosi e limosi provenienti con ogni probabilità dagli sbanchi realizzati per la costruzione dell'edificio menzionato.

Le superfici descritte hanno un andamento regolare e non evidenziano morfologie particolari che possano in qualche modo essere legate a fenomeni di instabilità quali contropendenze, ondulazioni, trincee, nicchie etc.

La stabilità del sito ed in particolare dell'insieme terreno struttura è peraltro ampiamente garantita dalla morfologia sub-pianeggiante individuata.

### 3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO:

**Dal punto di vista geologico** l'area di interesse (vedi planimetria allegata), insiste su depositi alluvionali terrazzati del II ordine del F. Esino (sistema di Selvatorita – vedi fig. 1). Questi poggiano localmente sulla formazione geologica marina delle Argille Azzurre, risalente al Pliocene sup.-Pleistocene inf.

I depositi alluvionali sono variamente costituiti da limi e limi argillosi, sabbie, sabbie ghiaiose e ghiaie. In particolare nel sito di indagine i depositi alluvionali presentano uno spessore globale di circa 17,5 m e sono localmente sormontati da uno spessore variabile da 0,6 m a 1,1 m di terreni di riporto a granulometria essenzialmente limo-argillosa.

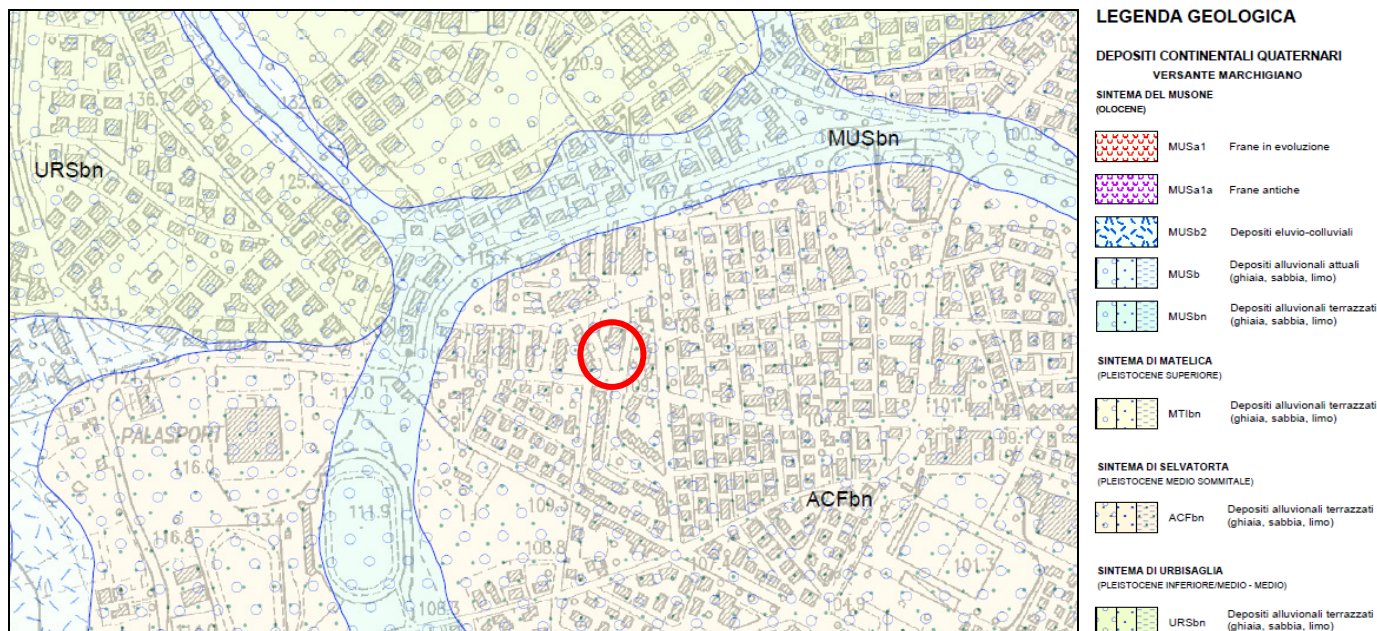
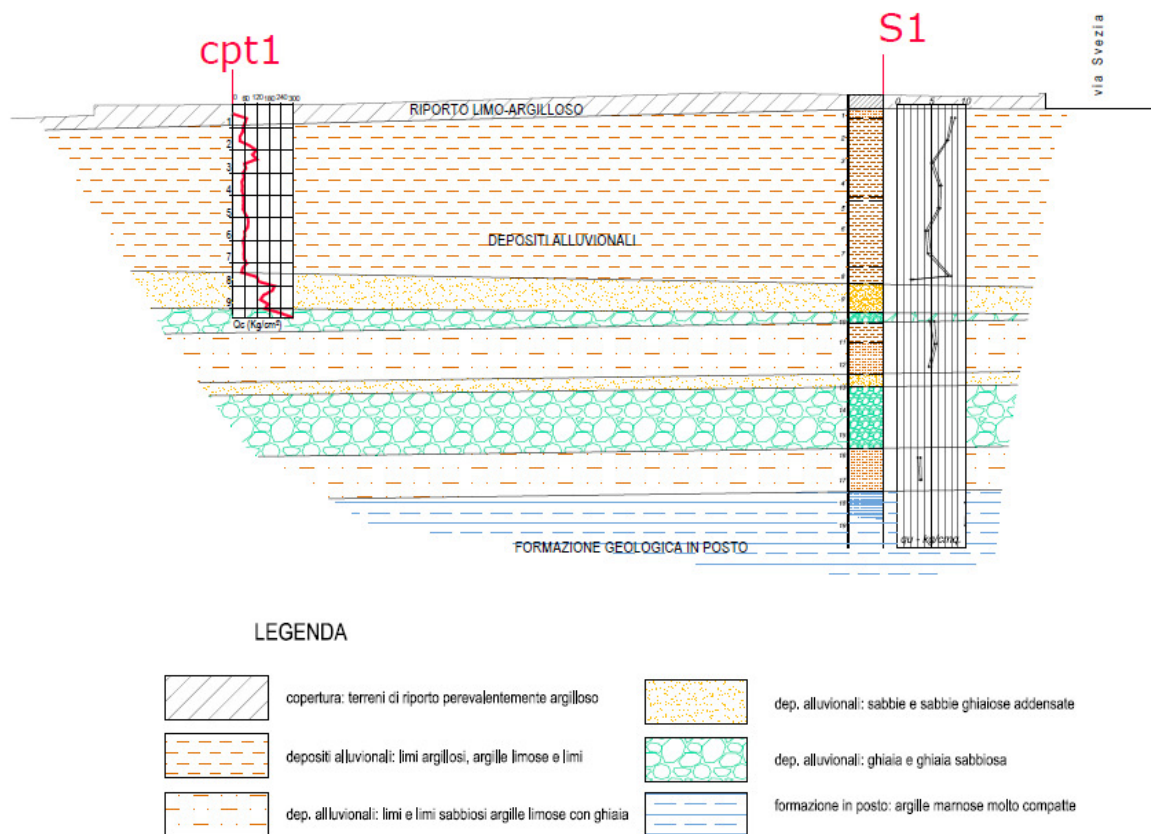


Figura 1: stralcio della carta geologica regionale in scala 1:10000 (progetto CARG). L'area di indagine è indicata con circolo rosso.

Nell'area esaminata, la **successione stratigrafica** dall'alto al basso può essere così schematizzata:

<i>sigla</i>	<i>Tetto del litotipo (dal p.c.) da</i>	<i>Letto del litotipo (dal p.c.) a</i>	<i>Descrizione litologica</i>
A	0,0 m	-0,6 m / -1,1 m	Terreno e materiali eterogenei prevalentemente argillosi di riporto; terreno vegetale limo argilloso bruno
B	-0,6 m / -1,1 m	-7,4 m / -8,5 m	Depositi alluvionali prevalentemente sottili: argille limose, limi e limi-argillosi da mediamente consistenti a consistenti di colore nocciola o marrone
C	-7,4 m / -8,5 m	-17,5 m	Depositi alluvionali prevalentemente grossolani: sabbie, sabbie limose, ghiaie e ghiaie sabbiose molto addensate con livelli limosi - consistenti e limo-argillosi con ghiaia
D	-17,5 m	Fine indagine (-19,0)	Formazione argillosa compatta: argille marnose grigie ben stratificata, molto consistente

**Tabella 1: schema stratigrafico dell'area in esame**



**Figura 2: sezione geologica rappresentativa della situazione stratigrafica**



## 4 MODELLO IDROGEOLOGICO LOCALE

Al momento dell'indagine, sulle verticali indagate non si è rilevata la presenza di circolazioni o livelli idrici.

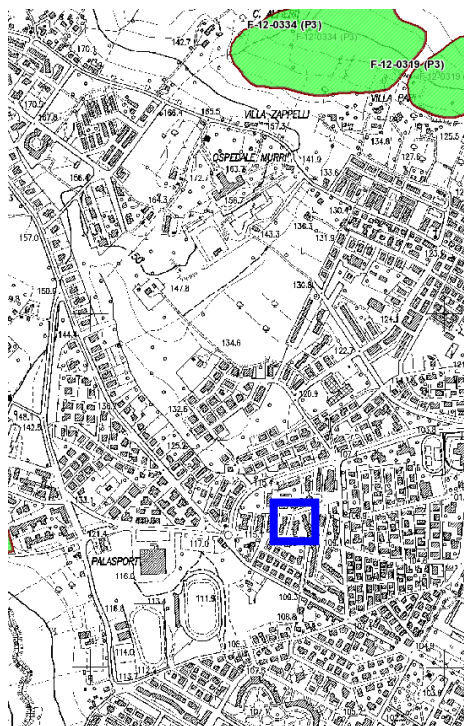
La posizione di “terrazzo alto” favorisce, in effetti, il drenaggio completo dei terreni alluvionali permeabili presenti nel sito.

L'abbondante presenza di noduli e concrezioni carbonatiche nei depositi alluvionali indagati stanno ad indicare che tali terreni sono periodicamente interessati da circolazioni idriche che tuttavia non costituiscono evidentemente una falda. Tali circolazioni sono responsabili della variazione volumetrica stagionale dei depositi alluvionali sottili, ovvero a maggiore componente argillosa. Il fenomeno in concomitanza con la tipologia costruttiva, sembra essere stato responsabile, nella zona, di vari casi di lesionamento degli edifici, non ultimo quello presente nel sito di indagine di cui è prevista la demolizione.

### **Idrografia:**

L'area in cui è prevista la realizzazione del centro Alzheimer, ricade su di una zona di terrazzo alluvionale alto completamente urbanizzato, dove l'idrografia locale è molto povera e costituita essenzialmente da linee di deflusso antropiche ascrivibili al rango di canaletta/cunetta stradale.

## 5 PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO - PAI



Nelle aree di interesse, il PAI non identifica alcun tipo di pericolosità idrogeologica come si evince dalla figura 3 sotto riportata.

Figura 3: stralcio cartografico del PAI in rapporto con l'area di interesse progettuale (  )

## 6 PARAMETRI GEOMECCANICI CARATTERISTICI DEI LITOTIPI:

Di seguito sono indicati i parametri che caratterizzano le proprietà fisico-meccaniche dei terreni indagati, dedotti, mediante una stima ragionata e cautelativa, dalle analisi di laboratorio su campioni, dai dati penetrometrici statici, dai valori SPT in foro e dai valori del pocket penetrometer test effettuato sulle carote derivanti dal sondaggio stratigrafico e da correlazioni bibliografiche con parametri derivati da prove di laboratorio condotte su campioni di terreno simili a quelli presenti in sito, effettuate dallo scrivente.

In accordo con le NTC 2018, la definizione del valore caratteristico è stata fatta adottando il valore del parametro geotecnico che determina il comportamento del terreno in un dato stato limite, a favore della sicurezza.

La stima si basa anche su un approccio probabilistico (calcolo del 5° percentile), considerando le quantità statistiche ricavate su un opportuno numero di prove.

Per il calcolo dei valori caratteristici dei parametri geomeccanici del terreno si è applicata la relazione:

$$x_k \approx \bar{x} - 1,645\left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

con:  $\sigma = \mu COV$   $\mu$  = numerosità del campione; COV = dev.standard/media

I valori così ricavati sono sintetizzati nella seguente tabella (la distinzione stratigrafica è riportata nella tabella 1 - paragrafo 3):

LITOLOGIA	Peso di volume $\gamma$ (g/cmc)	Angolo d'attrito $\varphi$ (°)	Coesione C (kg/cmq)	Coesione non drenata $C_u$ (t/mq)	Modulo edometrico Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
A	-	-	-	-	-
B	1,97	22,1	0,30	22,8	83,6
C	2,00	33,4	0,00	-	215,4
D	2,10	27,5	0,30	50	257,8

**Tabella 2: caratteristiche geomeccaniche dei litotipi presenti nell'area di interesse progettuale – valori caratteristici**

## 6.1 ANALISI DI LABORATORIO – CONSIDERAZIONI SULLA PLASTICITA' DEI DEPOSITI ALLUVIONALI SOTTILI

Nel campione raccolto alla profondità di circa 3 m dal p.c. attuale oltre alle prove geotecniche necessarie a determinare i parametri geomeccanici di Angolo d'attrito, Coesione e Coesione non drenata, si sono effettuate le prove atte a determinare i limiti di consistenza al fine di definire il comportamento dei terreni alluvionali sottili presenti in sito in funzione delle problematiche già menzionate al capitolo 4, riscontrate nell'edificio esistente da demolire ed in quelli limitrofi.

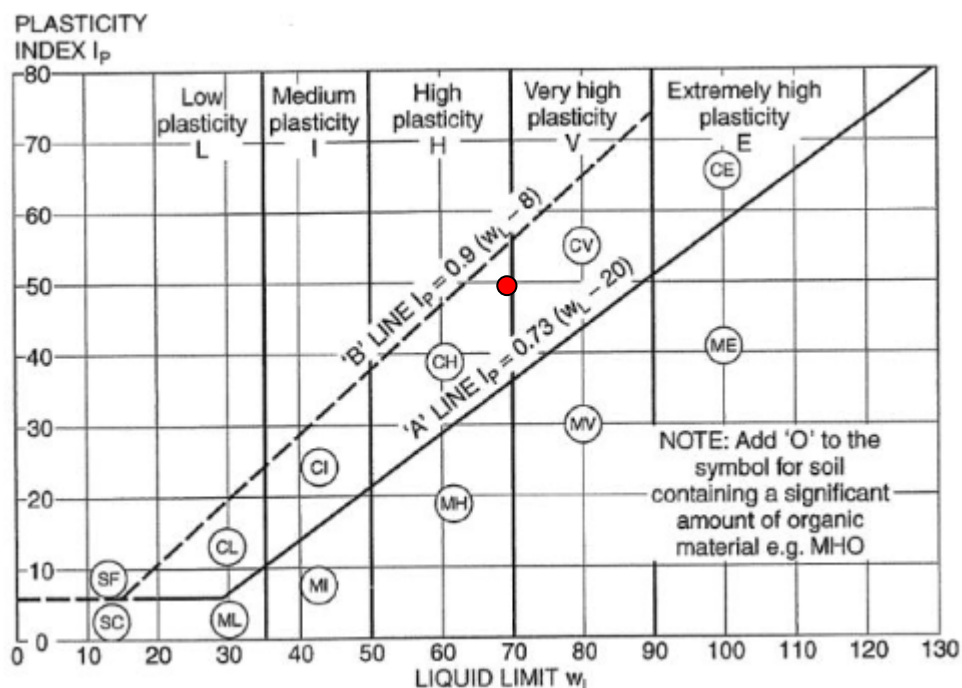


Figura 4: carta di plasticità di casagrande: il campione esaminato è costituito da argilla inorganica di alta plasticità

I limiti di consistenza (vedi carta di Casagrande in fig. 4 e certificato di analisi allegato in calce alla presente relazione) indicano il terreno di origine alluvionale campionato, come una argilla con indice di plasticità molto elevato ovvero pari al 49 %.

L'indice IP elevato è un indicazione del comportamento rigonfiante delle argille alluvionali presenti nel sito di indagine. La tabella sottostante tratta da Day R.W. (2000) esprime chiaramente tale concetto correlando l'IP all'indice di rigonfiamento delle argille.

	Potenziale di rigonfiamento				
	molto basso	basso	medio	alto	molto alto
Indice di rigonfiamento (*)	0-20	20-50	50-90	90-130	>130
Contenuto in argilla	0-10%	10-15%	15-25%	25-35%	35-100%
Indice di Plasticità	0-10	10-15	15-25	25-35	>35
% di rigonfiamento alla pressione di 0.028 kg/cmq	0-3%	3-5%	5-10%	10-15%	>15%
% di rigonfiamento alla pressione di 0.069 kg/cmq	0-2%	2-4%	4-7%	7-12%	>12%
% di rigonfiamento alla pressione di 0.31 kg/cmq	0%	0-1%	1-4%	4-6%	>6%
(*) : secondo: "Uniform Building Code Standard 18-2, Expansion Index Test" (1998).					

Le evidenze riscontrate negli edifici presenti e limitrofi al sito di indagine e le prove di laboratorio effettuate confermano la presenza tra circa -1 m dal p.c. e -8 m dal p.c. di terreni alluvionali sottili ascrivibili alle “argille rigonfianti” intendendo con questo termine tutti quei terreni prevalentemente argillosi che possono dare luogo a rilevanti variazioni di volume, sia positive, per assorbimento di acqua, sia negative, per essiccamento.

Nel caso delle argille rigonfianti alluvionali come quelle presenti in sito, le variazioni stagionali di volume sono dovute alle variazioni di umidità. I terreni sono tanto più soggetti a variazioni di volume conseguenti a variazioni di umidità quanto più elevato è l'Indice di Plasticità.

Lo spessore di terreno interessato dalle variazioni stagionali di umidità e volume è in genere di alcuni metri ed è condizionato da vari fattori quali:

- andamento della pluviometria
- profondità e oscillazioni della falda
- presenza di alberi e vegetazione in genere
- esposizione al sole
- tipo di minerali argillosi presenti.

La presenza di concrezioni carbonatiche diffuse su tutto il deposito argilloso menzionato induce a considerare come potenzialmente rigonfiante tutto lo spessore di terreno compreso tra -1 m dal p.c. a -8 m dal p.c. attuale.

Tenuto conto che le variazioni di volume dei terreni argillosi inducono dissesti nei fabbricati con fondazioni superficiali, soprattutto nel caso di fabbricati leggeri (che non offrono un adeguato contrasto al rigonfiamento) a causa del fatto che durante la stagione secca il terreno di appoggio delle fondazioni poste alla periferia del fabbricato subisce un maggior essiccamento rispetto al terreno sottostante la parte centrale del fabbricato con conseguenti assestamenti differenziati, nella realizzazione del nuovo edificio è opportuno ricorrere ad una fondazione su pali avendo cura di isolare le travi o la platea di collegamento dei pali dal terreno sottostante con l'interposizione di uno strato di materiale compressibile.

L'adozione di una fondazione superficiale è pertanto sconsigliata e qualora dovesse essere adottata in ragione delle buone caratteristiche meccaniche dei terreni, è indispensabile che la stessa fondazione sia di elevata rigidità tale da compensare gli assestamenti differenziali menzionati.

## **7 CRITERI DI INTERVENTO**

In base alle caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche dei terreni presenti e delle caratteristiche di antropizzazione del sito che mostrano:

- la presenza di terreni alluvionali sottili fino alla profondità di circa 8,5 m dal p.c. attuale con buone caratteristiche meccaniche ma potenzialmente soggetti ad importanti variazioni volumetriche stagionali e differenziali al di sotto del piano fondale dell'edificio in progetto;
- la presenza di terreni di riporto a granulometria sottile per uno spessore complessivo di circa 0,6-1,1 m dal p.c. attuale
- la necessità di demolire un edificio esistente (ex scuola CEPI) avente un locale interrato e realizzato con sistema misto di fondazioni a causa di interventi di consolidazione effettuati in periodi differenti;

in base alla tipologia di intervento prevista per la realizzazione del centro Alzheimer, ovvero di un edificio leggero privo di locali interrati, è opportuno prevedere, per il progetto in esame, un'opera fondale profonda, avendo cura di isolare le travi o la platea di collegamento dei pali dal terreno sottostante con l'interposizione di uno strato di materiale compressibile. Tale tipologia di fondazione presenta il vantaggio di escludere che il futuro edificio possa risentire del comportamento differenziale dei terreni alluvionali sottili più superficiali (variazione volumetrica stagionale differenziale al di sotto del perimetro fondale). La fondazione profonda presenta, nel caso specifico, anche il vantaggio di evitare che una parte del futuro edificio vada ad insistere sui terreni di riporto da collocarsi nell'area attualmente occupata dal locale interrato della ex scuola Cepi.

Qualora l'area di futuro ritombamento non venga interessata dal perimetro del nuovo edificio ed anche in ragione di ciò si volesse adottare una fondazione superficiale, è indispensabile che questa sia impostata ad almeno 1,5 m dal p.c. attuale e sia di elevata rigidità tale da compensare gli assestamenti dovuti alla variazione volumetrica stagionale e differenziale che si verificheranno nei terreni di fondazione.

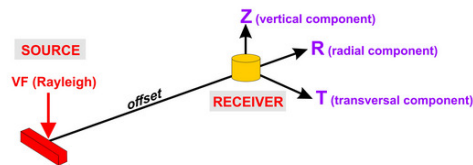
## **8 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO**

Con lo scopo di definire l'azione sismica locale sito specifica, viene, quindi, individuata la categoria di sottosuolo in base alle suddivisioni previste della normativa di cui al D.M. 17/01/2018 (Tab. 3.2.II e Tab 3.2.III).

La velocità delle onde S per la classificazione sismica del terreno, è stata ricavata mediante una doppia prova sismica, ovvero operando mediante una tecnica (Holi-Surface® - MFA) che permette l'analisi congiunta degli spettri di velocità derivati da prove sismiche attive effettuate in sito e da prove passive (tecnica HVSr) così da limitare fortemente il grado di incertezza del dato sperimentale. In particolare si è effettuata una prospezione sismica attiva per l'analisi delle onde di superficie di Rayleigh nella doppia componente radiale e verticale (Analisi delle frequenze di gruppo MFA - FTAN) e una prova passiva per l'analisi del rapporto spettrale (HVSr) utilizzando un geofono triassiale modello GEMINI-2 (Pasi srl) con frequenza di risonanza di 2 Hz ed un acquisitore dati a 24 bit reali).

Sono state effettuate:

- una acquisizione delle componenti radiali e trasversali delle onde di Rayleigh in modalità attiva (Vf1) ubicata nella zona di indagine;
- una acquisizione del rumore sismico ambientale di circa 20 minuti (H1), ubicata nella zona di intervento (vedi planimetria allegata)



Le prove denominata Vf1 e H1 sono state successivamente elaborate ed interpretate con software dedicato, determinando così la velocità delle onde S, che permette di individuare la categoria di suolo in ottemperanza alle norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018).

STRUMENTO - CONDIZIONI DI ANALISI	
Prova attiva – Rayleigh Waves	Prova passiva - HVSR
Strumento: geofono triassiale GEMINI-2 Data: 22/11/2018 Offset: 50 m n. Shot: 10	Strumento: geofono triassiale GEMINI-2 Data: 22/11/2018 Dataset: jsj-alz-hvsr.SAF Sampling frequency (Hz): 64 Window length (sec): 28 Length of analysed dataset (min): 18.2 Tapering (%): 10 Smoothing (%): 10

## 8.1 ACQUISIZIONE

Prima di iniziare la registrazione è stato opportunamente verificato che il terreno su cui è stato collocato il geofono triassiale non presentasse condizioni tali da generare interferenze negative nel contatto strumento-terreno. Si è proceduto, quindi, alla posa dello strumento sul terreno con attenzione alla messa in bolla dello stesso ed il controllo delle tre componenti di registrazione (orizzontali e verticale) che debbono essere libere di registrare (tale operazione viene fatta osservando la traccia sismica per ciascuna componente nel computer collegato all'acquisitore).

Nel caso specifico l'ancoraggio a terra dello strumento è stato effettuato, per entrambe le prove, mediante piedini conici ad infissione adatti a luoghi con la presenza di terreno.

È stata effettuata la prova passiva (H1) con una registrazione di circa 20 minuti e la registrazione in modalità attiva delle velocità di gruppo delle onde di superficie generate mediante scoppio verticale (Vf1) con un offset di circa 50 m.



## 8.2 PROVA PASSIVA - HVSR

Dall'acquisizione vengono eliminati i disturbi registrati durante i 20 minuti di registrazione

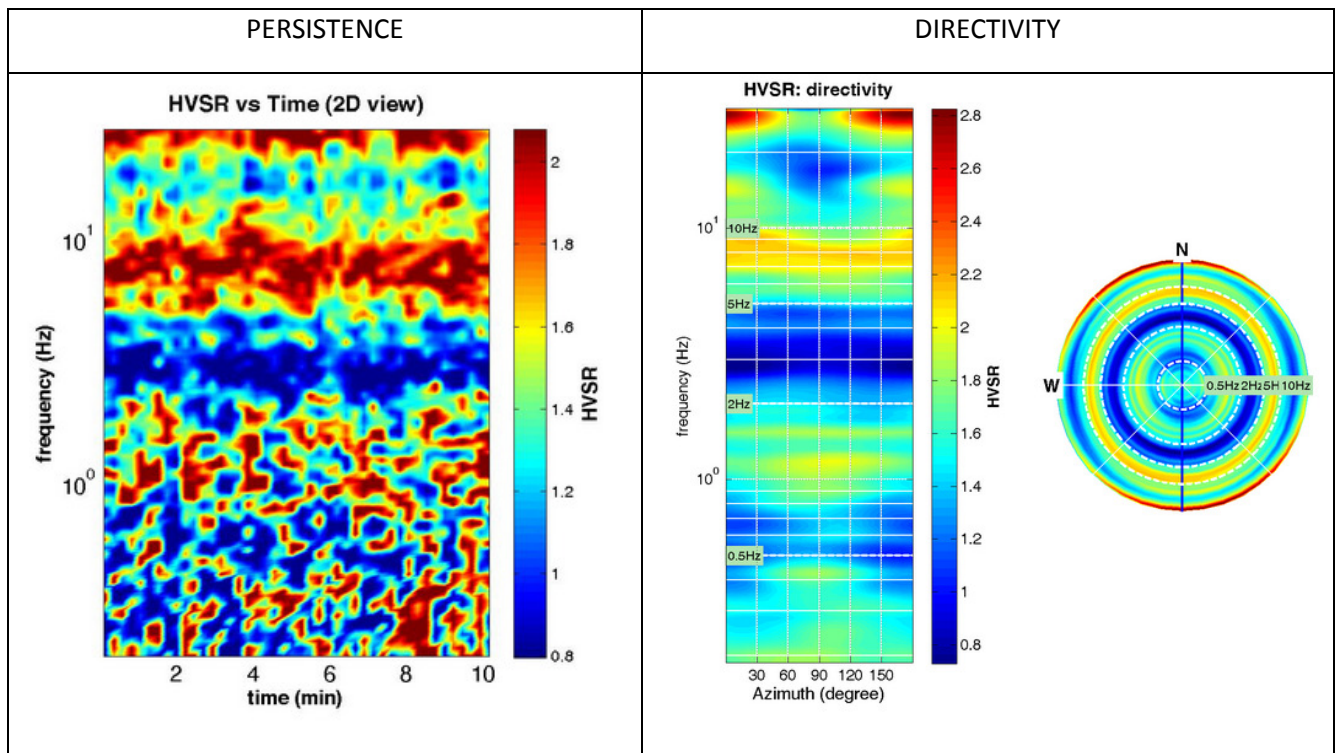


Figura 5 -: persistenza e direttività del segnale

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

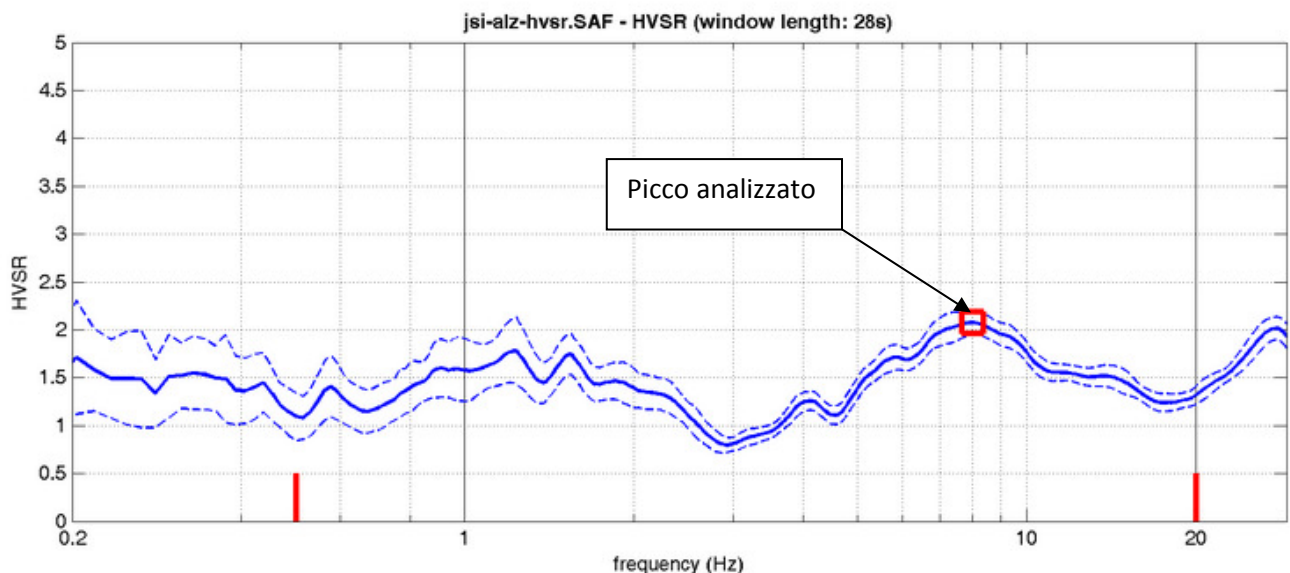
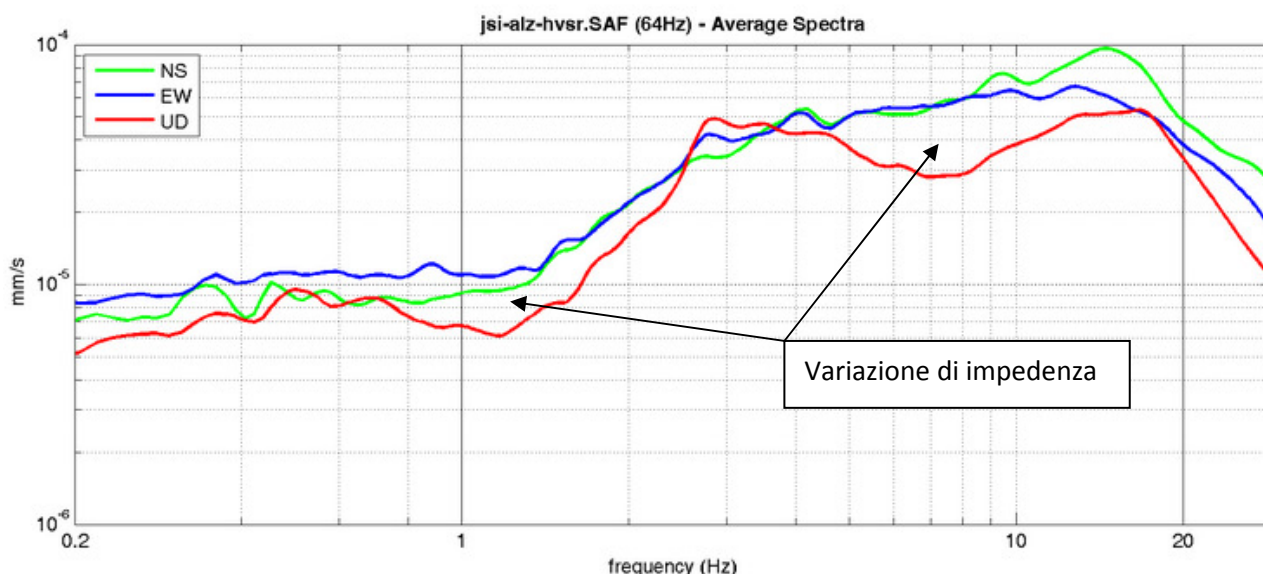


Figura 6 - Andamento della curva H/V (componenti orizzontali su componenti verticali) durante la registrazione.

L'analisi della curva mostra la presenza di un contrasto di impedenza alla frequenza di 8.0 Hz dovuto alla variazione della velocità di propagazione delle onde S a profondità relativamente superficiale. Altro blando contrasto è visibile alle frequenze di circa 1,1 Hz.



**Figura 7 - spettro medio delle singole componenti (NS, EW, UD)**

Per la definizione di contrasti di impedenza precedentemente definiti vengono individuati sul grafico di figura 7 i tratti in cui l'andamento delle tre componenti indicanti la velocità delle onde nel sottosuolo subiscono variazioni, sovrapposizioni o decadimenti di una delle tre componenti.

La prova, inoltre, elaborata congiuntamente alla sismica attiva rappresenta un importante vincolo per la corretta interpretazione del profilo sismo stratigrafico (profilo di Vs) soprattutto per profondità prossime o superiori ai 30 m laddove la prospezione sismica attiva risulta spesso inadeguata.

Di seguito vengono riportati i criteri SESAME che definiscono secondo il protocollo internazionale omonimo la qualità della prova effettuata e del picco esaminato.

#### Criteri SESAME

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

Peak frequency (Hz): 8.0 ( $\pm 3.0$ ); Peak HVSr value: 2.1 ( $\pm 0.1$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]: 8.020 > 0.35714 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 9880 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 2.6Hz (OK)
- #2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 2.1 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_A(f) < \epsilon(f_0)$ ]: 3.040 > 0.401 (NO)
- #6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.126 < 1.58 (OK)

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



### 8.3 PROVA ATTIVA ANALISI DELLE ONDE DI RAYLEIGH - INTERPRETAZIONE DEI DATI

In modalità attiva la prova è stata effettuata attraverso la registrazione della sollecitazione sismica derivante da n. 10 shot verticali generati alla distanza di circa 50 m dal punto di registrazione. Le onde di Rayleigh generate nelle componenti verticale e radiale sono state analizzate con software dedicato (HoliSurface®) mediante la tecnica MFA (Multiple Filter Analysis) fino ad ottenere le relative curve di dispersione delle velocità di gruppo (vedi fig 8).

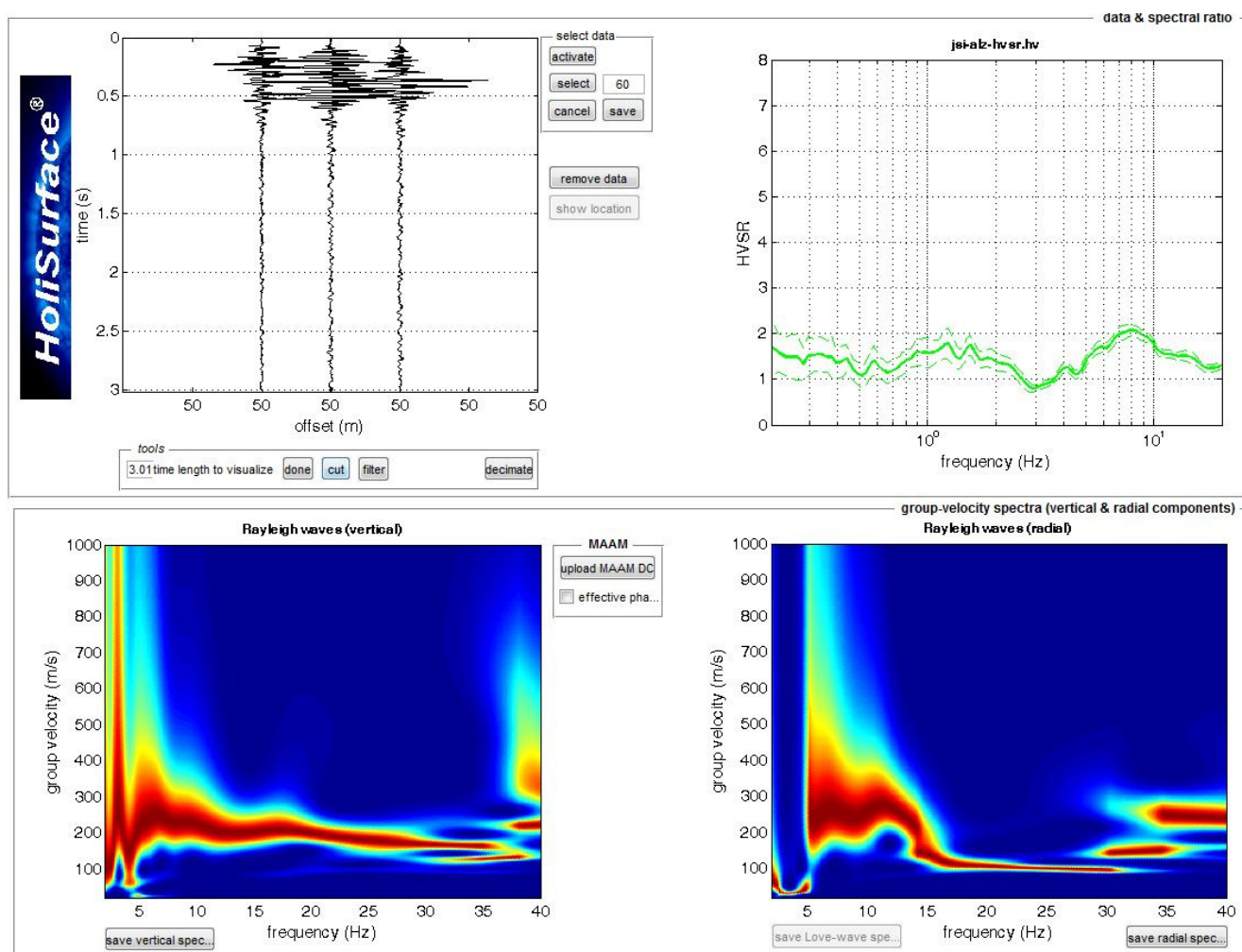


Figura 8- curve di dispersione delle velocità di gruppo delle onde di superficie a partire dalle tracce sismiche acquisite (in alto a sinistra)

Si è proceduto quindi all'analisi congiunta della componente verticale e radiale dell'onda di Rayleigh e del rapporto spettrale HVSR fino a definire un modello di velocità delle onde S che soddisfacesse tutte le curve sperimentali (vedi fig. 9), tale modello ha definito per il sito in esame un valore delle  $V_{seq}$  pari a 332 m/s.

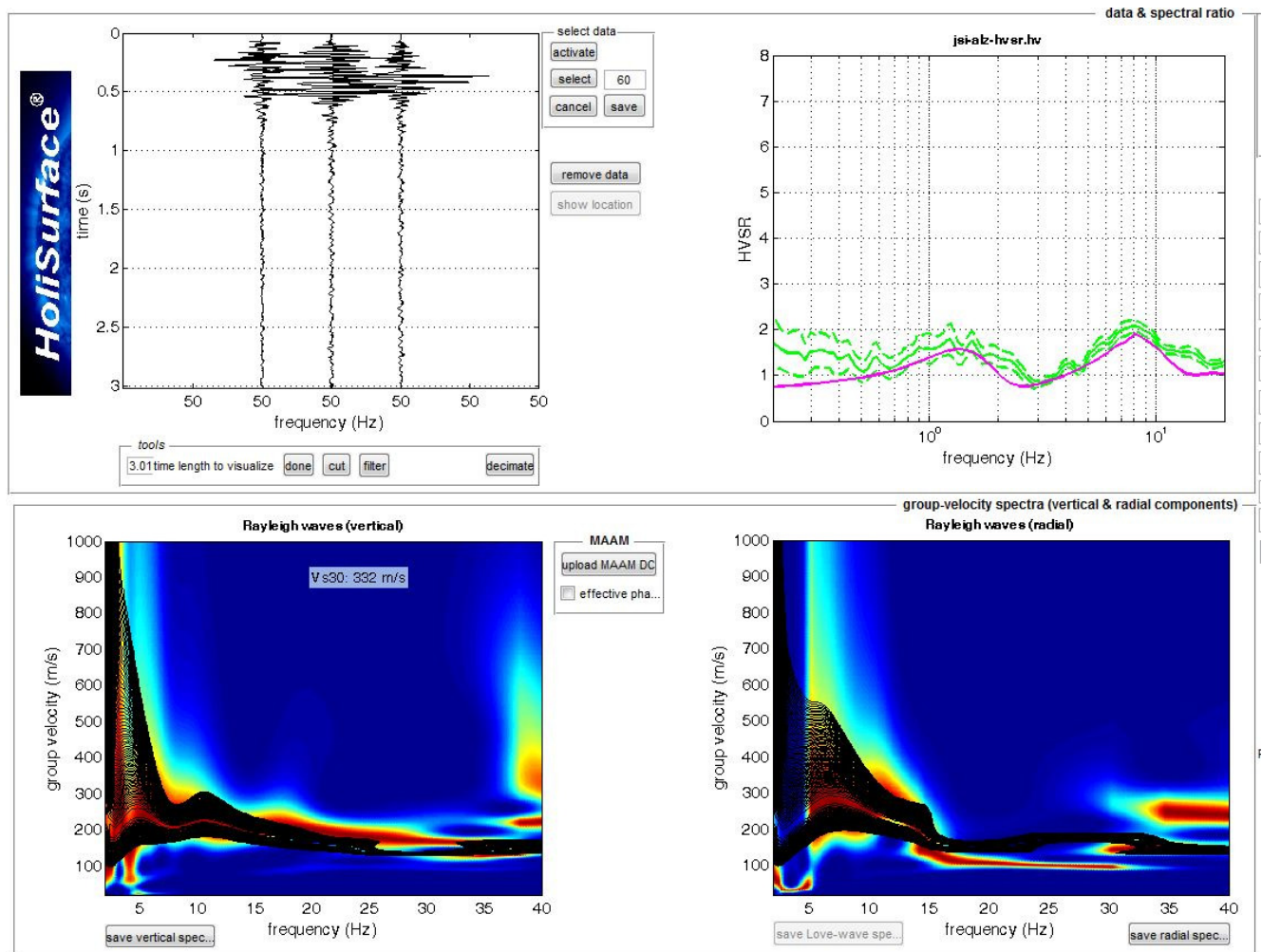
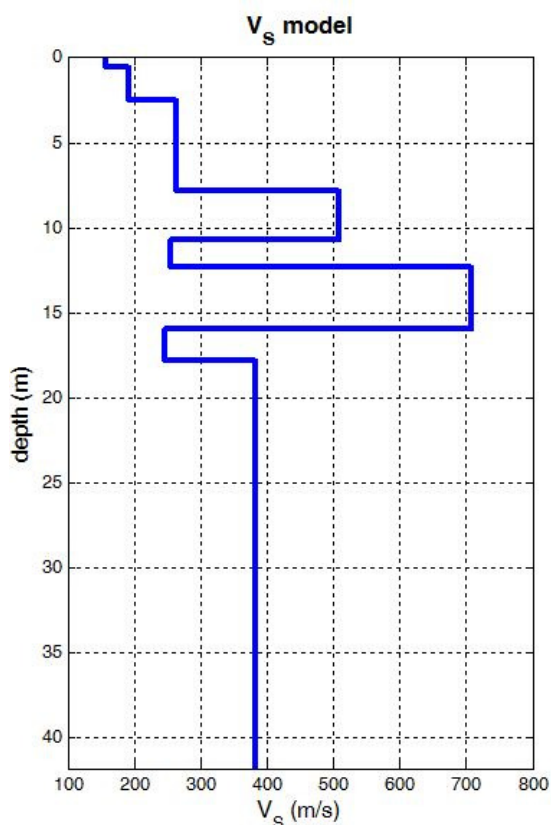


Figura 9: Analisi congiunto dell'Onda di Rayleigh e del rapporto HVSR - curve di dispersione osservate dell'onda di Rayleigh (in rosso) e rapporto spettrale H/V (in verde) ed analoghe curve sintetiche (in nero e magenta) ricostruite a partire dalla stratigrafia sismica di figura 9

## 8.4 Risultati

Shear-wave velocities (m/s):	158	193	263	508	254	708	247	383	690
Thicknesses (m):	0.5	2.0	5.3	2.9	1.6	3.7	1.9	44.0	semispazio

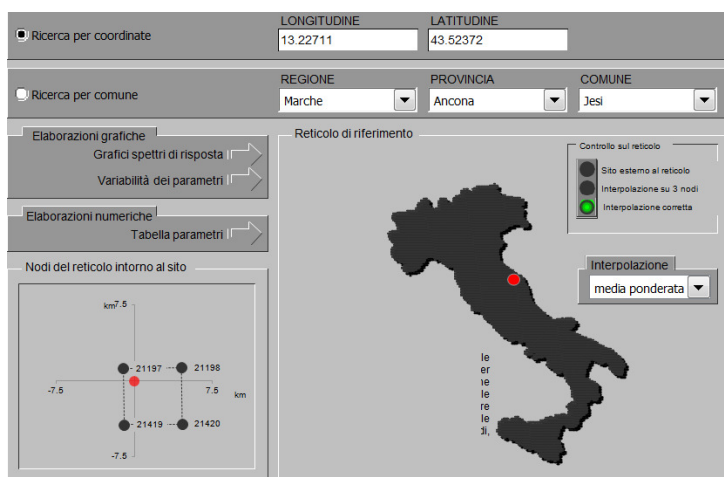


**Figura 10: stratigrafia sismica in funzione della velocità delle onde S**

Dal profilo di velocità ottenuto e rappresentato in fig. 10, è stato calcolato il parametro  $V_{seq}$  (velocità media di propagazione entro 30 metri di profondità delle onde di taglio), parametro necessario per la definizione delle categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto. Sulla base dei dati descritti si è ottenuto un valore di  $V_{seq} (0 - 30 m) = 332 \text{ m/sec}$ .

**Il terreno presente nell'area in esame, appartiene alla Categoria "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.

## 9 PERICOLOSITA' SIMICA DI BASE - RISPOSTA SISMICA LOCALE (D.M. 17/01/2018):



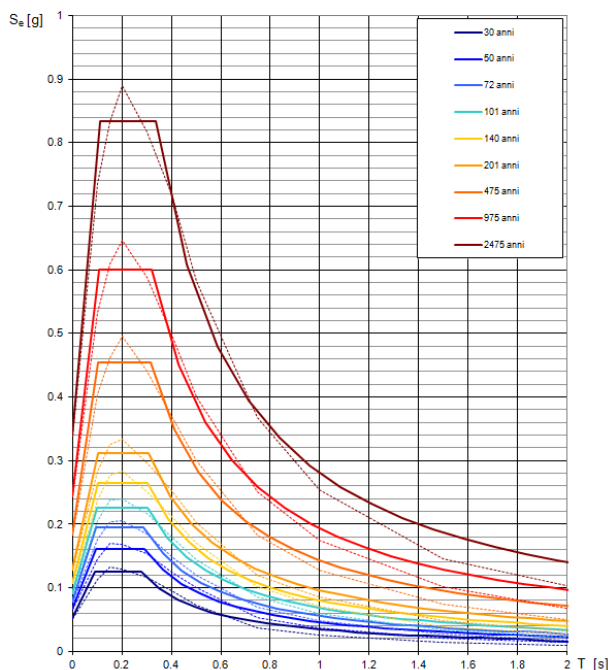
Al fine di determinare l'azione sismica locale si sono utilizzate le procedure di calcolo relative alla pericolosità sismica di base propria del sito.

Il valore dell'accelerazione massima attesa su suolo rigido orizzontale  $a_g$  è stato determinato utilizzando il programma "Spettri\_NTC ver.1.0.3.xls" del Consiglio Superiore dei LL.PP.; per il sito in esame si è ottenuto un valore di  $a_g$  pari a **0,184 g**, con tempi di ritorno pari a TR 475 anni (SLV) e pari a **0,066 g**, con tempi di ritorno pari a TR 50 anni (SLD)

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0.052	2.419	0.277
SLD	50	0.066	2.433	0.289
SLV	475	0.184	2.476	0.315
SLC	975	0.244	2.464	0.322

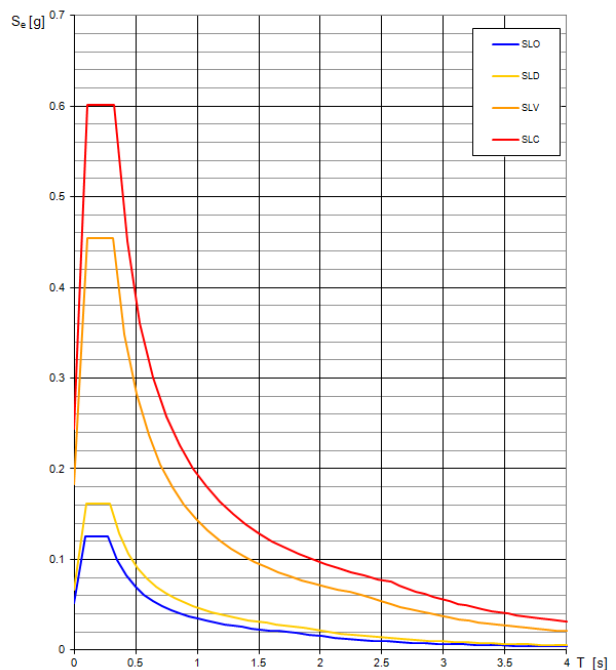
**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_r$  in funzione dello Stato limite**

**Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**



**Figura 11: Spettri di risposta elastici per vari tempi di ritorno ( $T_r$ ) su suolo rigido pianeggiante (A-T1)**

**Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite**



**Figura 12: Spettri di risposta elastici in funzione dei diversi stati limite (suolo rigido e pianeggiante)**

La **risposta sismica locale S** è data dal prodotto di due coefficienti  $S_s$  e  $S_T$  (tab. 3.2.V del DM 17/01/2018):

$$S = S_s \times S_T$$

dove:

$S_s$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica

$S_T$  = coefficiente di amplificazione topografica

L'amplificazione stratigrafica è funzione della categoria di sottosuolo, l'amplificazione topografica è funzione della morfologia dei luoghi. In particolare la categoria di sottosuolo caratteristica dell'area in esame è la "**C**" [tab.3.2.II], mentre la categoria topografica è **T1** ("*superfici pianeggianti o pendii con inclinazione media <15°*" [tab. 3.2.IV]), essendo l'area posta in area sub-pianeggiante.

Di conseguenza i coefficienti  $S_s (\leq 1,5)$  da attribuire al terreno in esame sono:

**(SLV)  $S_s = 1,43$**

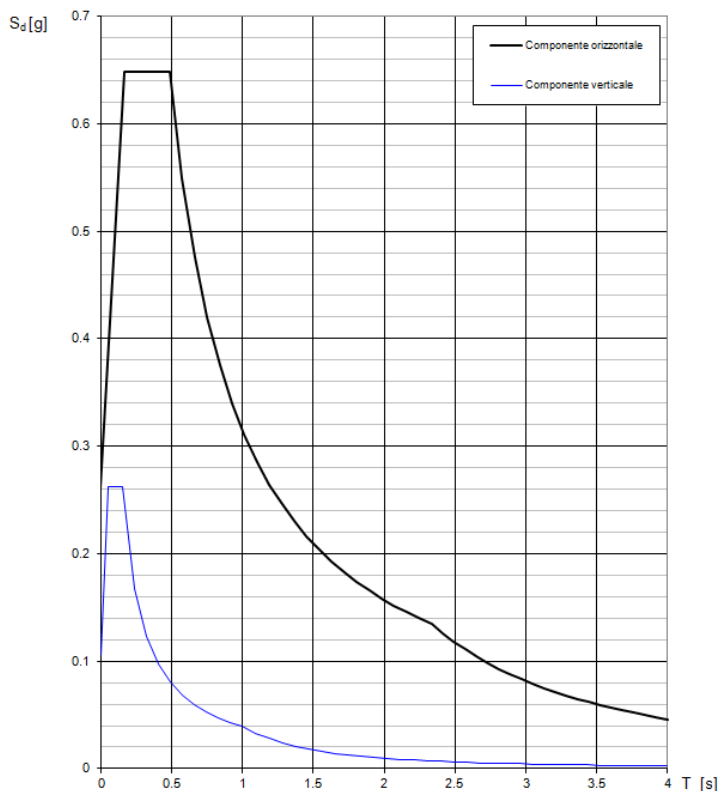
**(SLD)  $S_s = 1,50$**

Poiché l'area è posta su area sub-pianeggiante il coefficiente di amplificazione topografica è pari a  $S_T = 1,00$  (SLV e SLD)

Da cui si evince che  $S = 1,43 \times 1,00 = \mathbf{1,43}$  **(SLV)**

$S = 1,50 \times 1,00 = \mathbf{1,50}$  **(SLD)**

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**



Ne deriva che l'accelerazione massima attesa al sito con  $T_r$  di 475 anni allo stato limite SLV è:

$$a_{\max} = S \times a_g = 1,43 \times 0,185 = \mathbf{0,26g}$$

mentre l'accelerazione massima attesa al sito con  $T_r$  di 50 anni allo stato limite SLD è:

$$a_{\max} = S \times a_g = 1,5 \times 0,066 = \mathbf{0,10g}$$

**Figura 13: spettro di risposta elastico per il sito in esame – Cat. Suolo C; cat. Topografica T1; SLV ( $T_r$  475 anni)**

Lo spettro di risposta in accelerazione rappresentato in fig. 13 non tiene evidentemente conto delle caratteristiche della struttura (fattore  $q = 1$ ) ed è pertanto da considerarsi quale Spettro di Risposta Elastico specifico per il sito in esame secondo l'approccio semplificato previsto dalla normativa di riferimento (NTC 2018).

## **10 VERIFICHE ALLA LIQUEFAZIONE:**

Le verifiche alla liquefazione dei terreni vengono omesse in funzione del fatto che non sussiste la condizione di terreni sabbiosi saturi. Ovvero nell'area non è presente un livello di falda.

## **11 CONCLUSIONI:**

Nell'area è prevista la realizzazione di un edificio (Centro Alzheimer) previa demolizione di un edificio preesistente (ex scuola Cepi) caratterizzato dalla presenza di un locale interrato che occupa parzialmente l'area di sedime dello stesso. L'edificio in progetto, al contrario, non prevede la realizzazione di piani interrati.

Le caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area interessata dal progetto; le caratteristiche geomorfologiche presenti nel sito e nel contesto limitrofo; le caratteristiche idrografiche ed idrogeologiche locali, nonché quelle sismo-stratigrafiche dell'area, permettono di dare un giudizio positivo sulla fattibilità geologica degli interventi in progetto.

In base alle caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche dei terreni presenti e delle caratteristiche di antropizzazione del sito che mostrano:

- la presenza di terreni alluvionali sottili fino alla profondità di circa 8,5 m dal p.c. attuale con buone caratteristiche meccaniche ma potenzialmente soggetti ad importanti variazioni volumetriche stagionali e differenziali al di sotto del piano fondale dell'edificio in progetto;
- la presenza di terreni di riporto a granulometria sottile per uno spessore complessivo di circa 0,6-1,1 m dal p.c. attuale
- la necessità di demolire un edificio esistente (ex scuola CEPI) avente un locale interrato e realizzato con sistema misto di fondazioni a causa di interventi di consolidazione effettuati in periodi differenti;

in base alla tipologia di intervento prevista per la realizzazione del centro Alzheimer, ovvero di un edificio leggero privo di locali interrati, è opportuno prevedere, per il progetto in esame, un'opera fondale profonda, avendo cura di isolare le travi o la platea di collegamento dei pali dal terreno sottostante con l'interposizione di uno strato di materiale compressibile. Tale tipologia di fondazione presenta il vantaggio di escludere che il futuro edificio possa risentire del comportamento differenziale dei terreni alluvionali sottili più superficiali (variazione volumetrica stagionale differenziale al di sotto del perimetro fondale). La fondazione profonda presenta, nel caso specifico, anche il vantaggio di evitare che una parte del futuro edificio vada ad insistere sui terreni di riporto da collocarsi nell'area attualmente occupata dal locale interrato della ex scuola Cepi.

Qualora l'area di futuro ritombamento non venga interessata dal perimetro del nuovo edificio ed anche in ragione di ciò si volesse adottare una fondazione superficiale, è indispensabile che questa sia impostata ad almeno 1,5 m dal p.c. attuale e sia di elevata rigidità tale da compensare gli assestamenti dovuti alla variazione volumetrica stagionale e differenziale che si verificheranno nei terreni di fondazione.



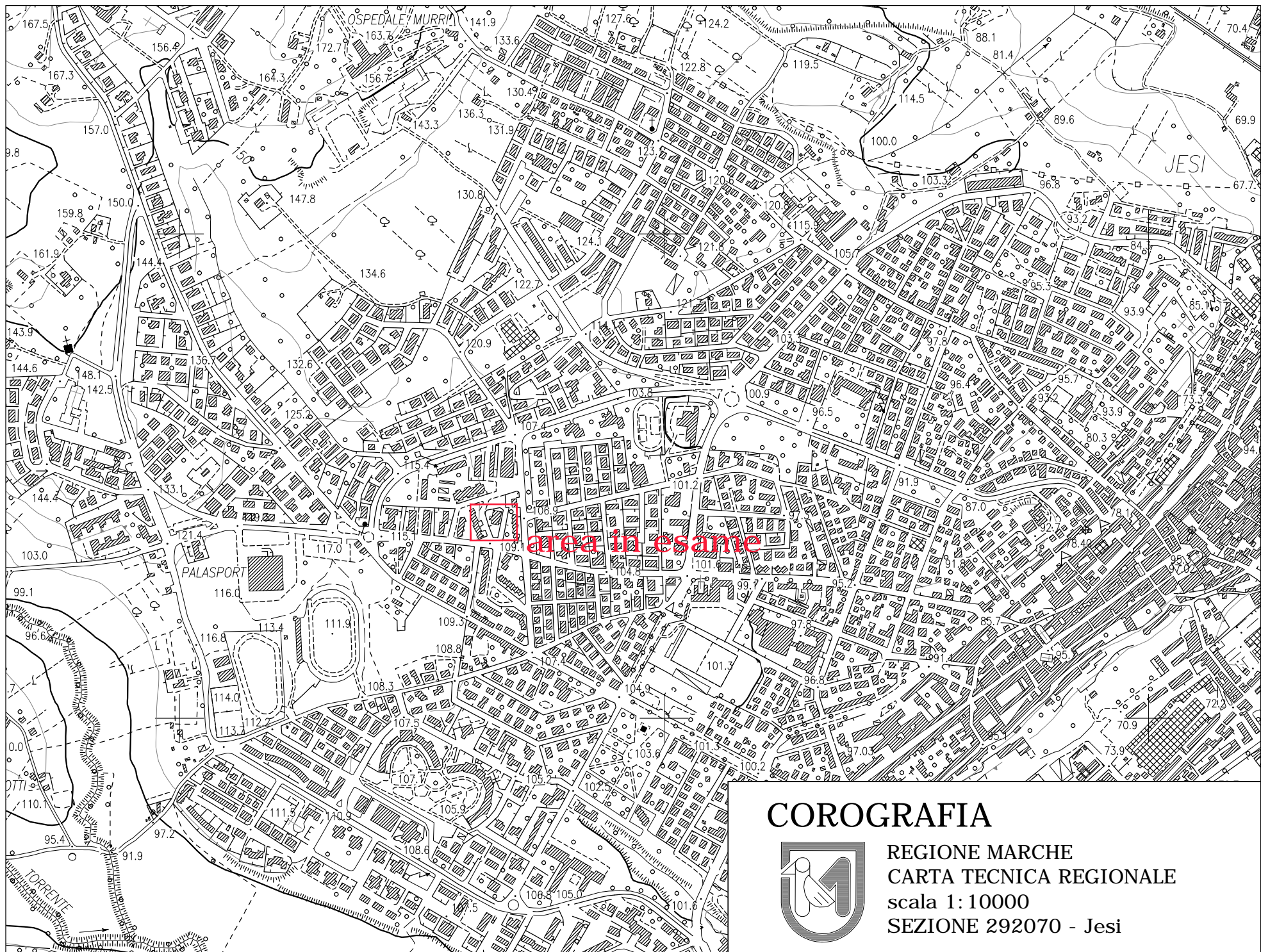
La velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi trenta metri di terreno, calcolata mediante la realizzazione di una prova sismica in sito, è pari a  $V_{Seq}$  332 m/sec.

**Il terreno presente nell'area in esame, appartiene alla Categoria "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.

Dal punto di vista sismico, la categoria topografica è **T1** (*"superfici pianeggianti o pendii con inclinazione media <15° [tab. 3.2.IV])*, essendo l'area posta in area sub-pianeggiante.

I parametri geotecnici dei terreni presenti in sito sono indicati al capitolo 6.

Senigallia, dicembre 2018



## COROGRAFIA



REGIONE MARCHE  
CARTA TECNICA REGIONALE  
scala 1:10000  
SEZIONE 292070 - Jesi

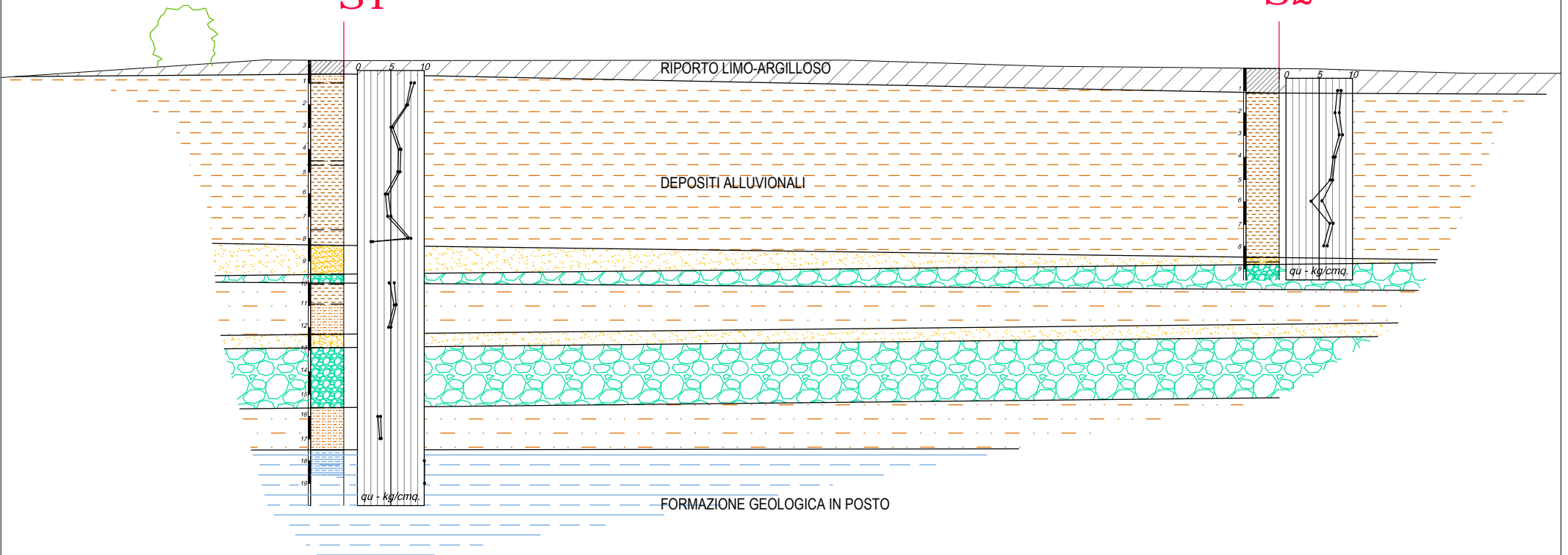


Sezione Geologica A-A' scala 1:250

PROIEZIONE EDIFICIO ESISTENTE (EX CEPI)

S1

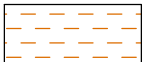
S2



LEGENDA



copertura: terreni di riporto prevalentemente argilloso



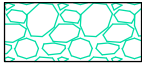
depositi alluvionali: limi argillosi, argille limose e limi



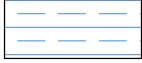
dep. alluvionali: limi e limi sabbiosi argille limose con ghiaia



dep. alluvionali: sabbie e sabbie ghiaiose addensate

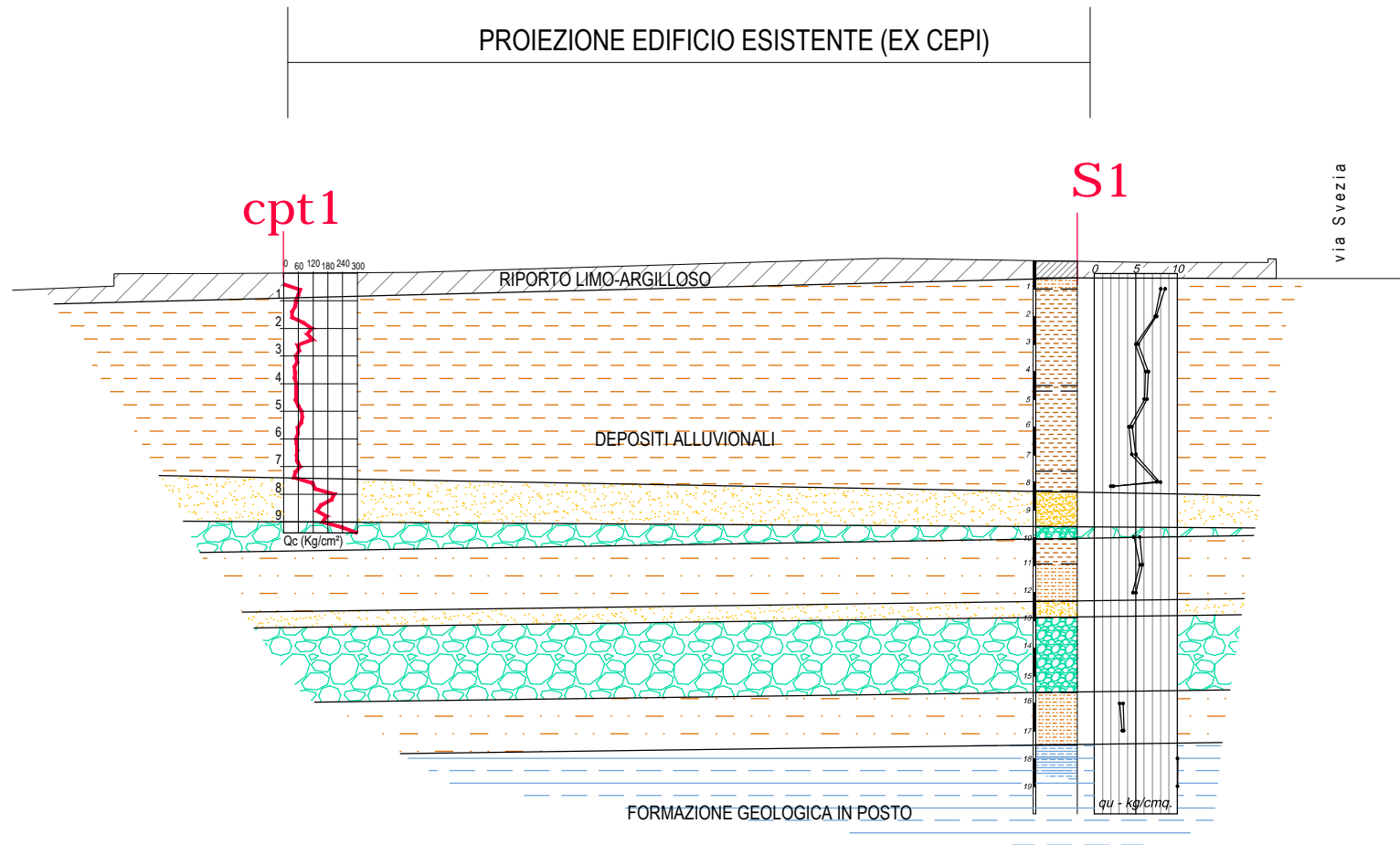


dep. alluvionali: ghiaia e ghiaia sabbiosa


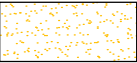

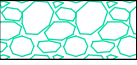

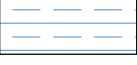


formazione in posto: argille marnose molto compatte

# Sezione Geologica B-B' scala 1:250



## LEGENDA

	copertura: terreni di riporto prevalentemente argilloso		dep. alluvionali: sabbie e sabbie ghiaiose addensate
	depositi alluvionali: limi argillosi, argille limose e limi		dep. alluvionali: ghiaia e ghiaia sabbiosa
	dep. alluvionali: limi e limi sabbiosi argille limose con ghiaia		formazione in posto: argille marnose molto compatte

Mariano Tesei *geologo*

st. Soccorso 59/a - 60019 Senigallia (AN)  
tel. 328.3920833 - email: mtesei@libero.it

# SONDAGGIO N° 1

Data 26-11-2018

Committente *Comune di Jesi*

Lavoro *realizzazione centro Alzheimer*

Sistema perforazione *rotazione c.c. Diametro 101*

quota *-*

profondità mt.	stratigrafia	campioni prof. campioni	descrizione terreno	SPT (n.colpi)	pocket penetrometer qu - kg/cmq.
0.6			argilla organica con elementi ghiaiosi e riporto	rip.	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
1			limi argillosi bruni o marroni consistenti con elementi carboniosi puntiformi	91 / - / -	
2			limi argillosi nocciola e marroni con concrezioni carbonatiche in liste e noduli abbondanti fino a 3,5.		
3					
4					
4.5			limo argilloso bruno (paleosuolo)		
4.7					
5			Argilla e argilla limosa marrone a struttura caotica con abbondanti concrezioni carbonatiche		
6					
7					
7.6			Argilla e argilla limosa marrone scuro con concrezioni carbonatiche		
8			Sabbie sottili avana pseudo-stratificate addensate		
8.3					
9					
9.6			ghiaia eterometrica con elementi prevalentemente calcarei		
10.1			Argilla limosa nocciola e marrone compatta		
10.9			Limo argillo-sabbioso con livelli sabbiosi anche grossolani.		
11					
12					
12.3			Sabbia con ghiaia nocciola e grigiastra		
12.9			Ghiaia addensata in matrice sabbiosa da sottile a grossolana ed elementi ciottolosi ben arrotondati		
13					
14					
15					
15.6			Argilla limosa marrone con livelli pseudostratificati sabbiosi giallastri. Presenza di elementi ghiaiosi arrotondati centimetrici		
16					
17					
17.5					
18			Argille marnose ben stratificate compatte di color grigio (formazione geologica plio-pleistocenica)	formazione	
19					

INFILTRAZIONI IDRICHE

assenti

FALDA

NOTE



**Mariano Tesei** *geologo*  
 st. Soccorso 59/a - 60019 Senigallia (AN)  
 tel. 328.3920833 - email: mtesei@libero.it

# SONDAGGIO N° 1

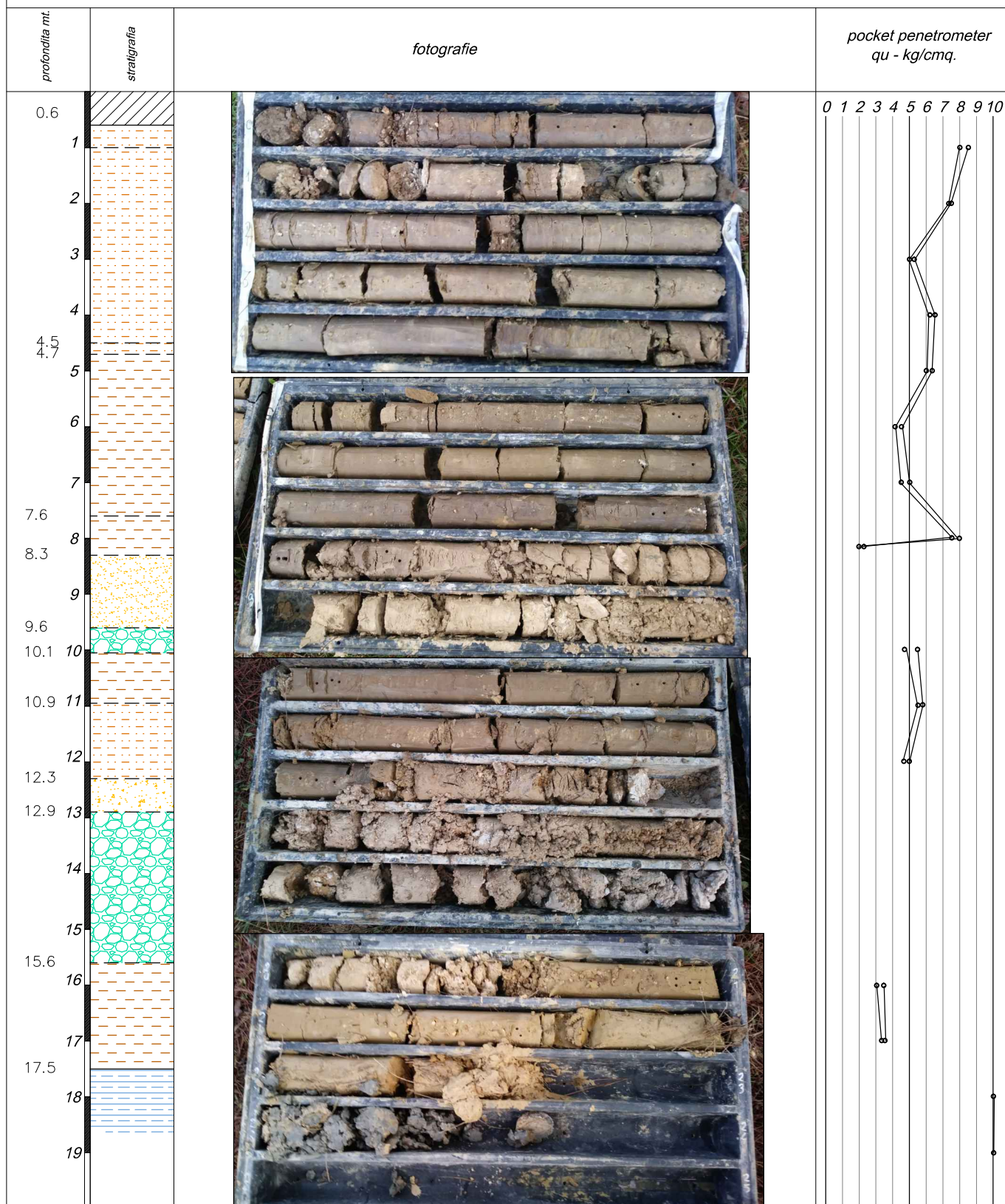
Data 26-11-2018

Committente **Comune di Jesi**

Lavoro **realizzazione centro Alzheimer**

Sistema perforazione **rotazione c.c. Diametro 101**

quota **-**



INFILTRAZIONI IDRICHE

assenti

FALDA

NOTE

**Mariano Tesei** *geologo*  
 st. Soccorso 59/a - 60019 Senigallia (AN)  
 tel. 328.3920833 - email: mtesei@libero.it

# SONDAGGIO N° 2

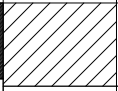
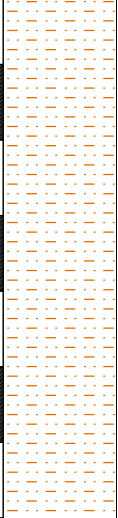
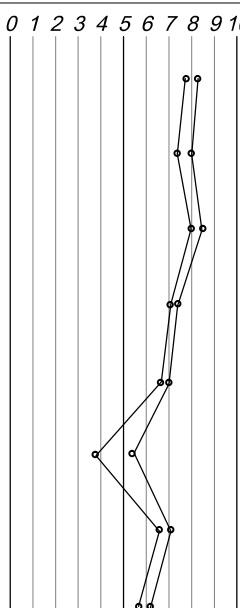
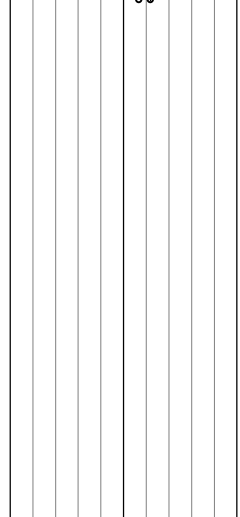
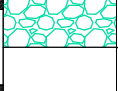
Data 26-11-2018

Committente **Comune di Jesi**

Lavoro **realizzazione centro Alzheimer**

Sistema perforazione **rotazione c.c. Diametro 101**

quota **-**

profondità mt.	stratigrafia	campioni prof. campioni	descrizione terreno	SPT (n.colpi)	pocket penetrometer qu - kg/cmq.
1.1			terreno prevalentemente argilloso marrone scuro con resti di attività antropica RIPOSTO	rip.	
2		3-3.3	limi argillosi nocciola e marroni con concrezioni carbonatiche in liste e noduli abbondanti	83 / - / -	
3					
4					
5					
6					
7				83 / - / -	
8					
8.5			limi sabbiosi con elementi ghiaiosi sottili		
8.7			sabbie grigiastre		
9			Ghiaia addensata in matrice sabbiosa da sottile a grossolana ed elementi ciottolosi ben arrotondati		
10				fomazione	
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					

INFILTRAZIONI IDRICHE **assenti**

FALDA

NOTE

**Mariano Tesei** *geologo*  
 st. Soccorso 59/a - 60019 Senigallia (AN)  
 tel. 328.3920833 - email: mtesei@libero.it

# SONDAGGIO N° 2

Data 26-11-2018

Committente **Comune di Jesi**

Lavoro **realizzazione centro Alzheimer**

Sistema perforazione **rotazione c.c. Diametro 101**

quota **-**



INFILTRAZIONI IDRICHE

 assenti

FALDA

NOTE

# PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: Comune di Jesi  
Cantiere: centro Alzheimer  
Località: via Finlandia

## 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

## CPT Nr.1

Committente: Comune di Jesi  
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)  
Prova eseguita in data: 01/12/2018  
Profondità prova: 9.40 mt  
Località: via finlandia

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.90	31.638	1.55	Coesivo	Argille - limose
1.60	41.492	2.85	Coesivo	Argille - limose
2.40	102.595	6.117	Incoerente-Coesivo	limi sabbiosi
4.60	51.188	4.03	Coesivo	Argille - limose
5.60	67.773	5.293	Incoerente-Coesivo	limi sabbiosi
7.00	55.927	2.429	Coesivo	Limi argillosi e Argille limose
7.40	45.104	2.734	Coesivo	Argille - limose
9.00	158.69	4.817	Incoerente-Coesivo	Limi sabbiosi e sabbie
9.40	312.38	1.2	Incoerente	ghiaia e sabbia



### Letture passo strumentale

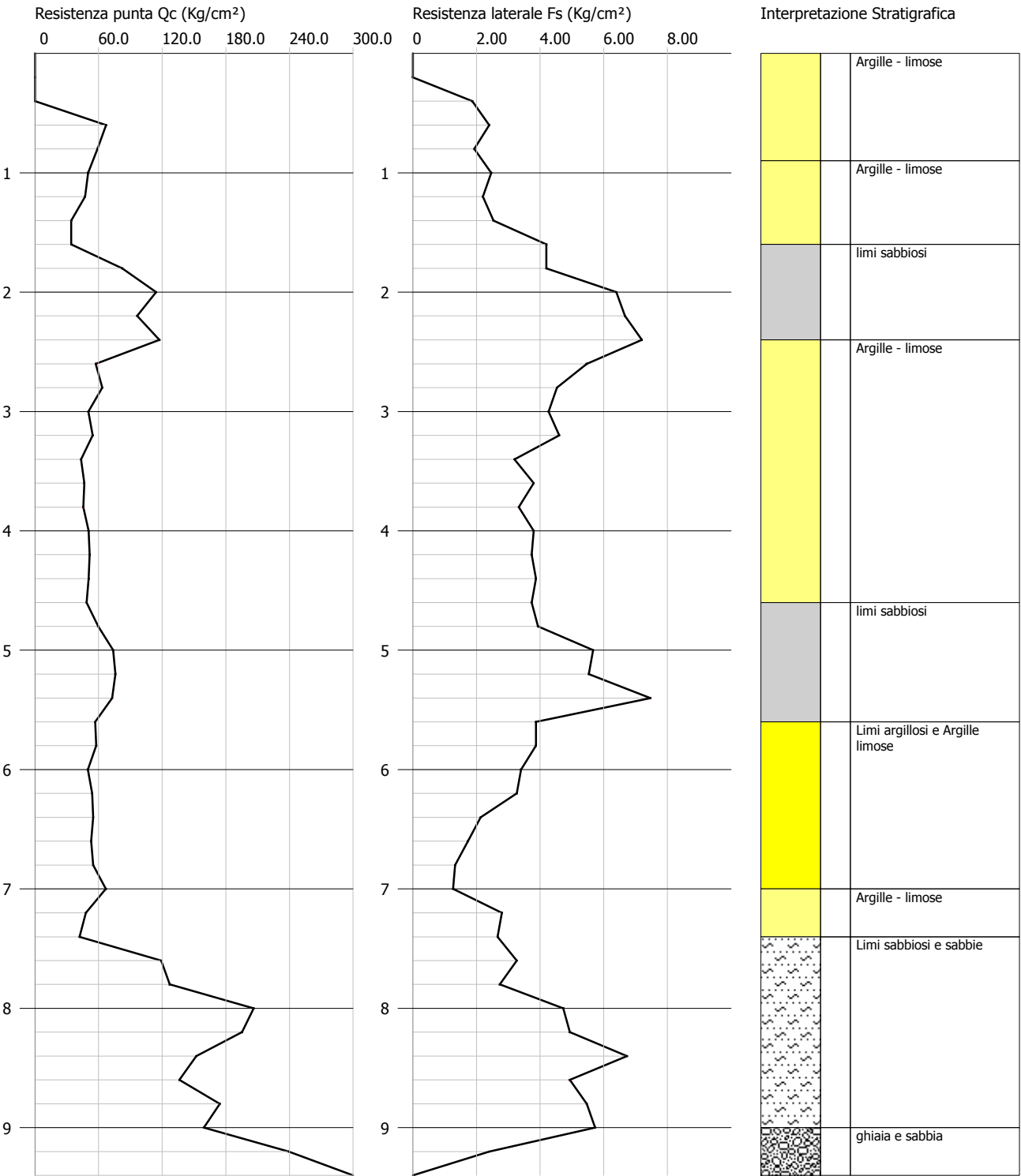
Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	0.00	0.0	0.138	0.0
0.40	0.00	0.0	0.138	1.867
0.60	67.00	95.0	67.138	2.4
0.80	59.00	95.0	59.138	1.933
1.00	50.00	79.0	50.138	2.467
1.20	47.00	84.0	47.276	2.2
1.40	34.00	67.0	34.276	2.533
1.60	34.00	72.0	34.276	4.2
1.80	82.00	145.0	82.276	4.2
2.00	114.00	177.0	114.276	6.4
2.20	96.00	192.0	96.414	6.667
2.40	117.00	217.0	117.414	7.2
2.60	57.00	165.0	57.414	5.467
2.80	63.00	145.0	63.414	4.533
3.00	50.00	118.0	50.414	4.267
3.20	54.00	118.0	54.552	4.6
3.40	43.00	112.0	43.552	3.2
3.60	46.00	94.0	46.552	3.8
3.80	45.00	102.0	45.552	3.333
4.00	50.00	100.0	50.552	3.8
4.20	51.00	108.0	51.69	3.733
4.40	50.00	106.0	50.69	3.867
4.60	48.00	106.0	48.69	3.733
4.80	59.00	115.0	59.69	3.933
5.00	73.00	132.0	73.69	5.667
5.20	75.00	160.0	75.828	5.533
5.40	72.00	155.0	72.828	7.467
5.60	56.00	168.0	56.828	3.867
5.80	57.00	115.0	57.828	3.867
6.00	49.00	107.0	49.828	3.4
6.20	53.00	104.0	53.966	3.267
6.40	54.00	103.0	54.966	2.133
6.60	52.00	84.0	52.966	1.733
6.80	54.00	80.0	54.966	1.333
7.00	66.00	86.0	66.966	1.267
7.20	47.00	66.0	48.104	2.8
7.40	41.00	83.0	42.104	2.667
7.60	118.00	158.0	119.104	3.267
7.80	126.00	175.0	127.104	2.733
8.00	205.00	246.0	206.104	4.733
8.20	194.00	265.0	195.242	4.933
8.40	151.00	225.0	152.242	6.733
8.60	135.00	236.0	136.242	4.933
8.80	173.00	247.0	174.242	5.467
9.00	158.00	240.0	159.242	5.733
9.20	238.00	324.0	239.38	2.4
9.40	384.00	420.0	385.38	0.0

Probe CPT - Cone Penetration Nr.1  
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente:  
Cantiere:  
Località:

Comune di Jesi  
centro Alzheimer  
via finlandia

Data: 01/12/2018  
Scala 1:50



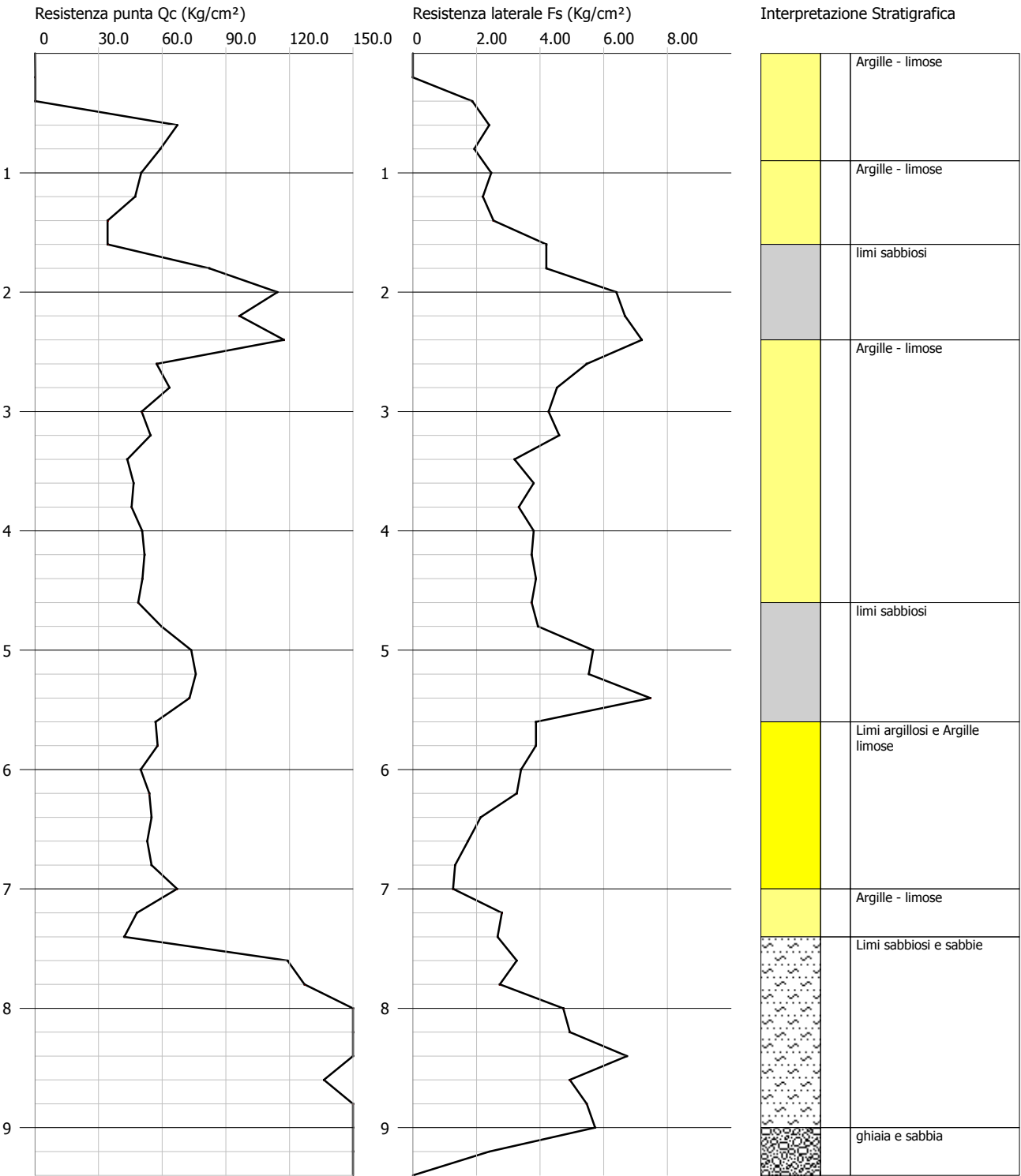


Probe CPT - Cone Penetration Nr.1  
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente:  
Cantiere:  
Località:

Comune di Jesi  
centro Alzheimer  
via finlandia

Data: 01/12/2018  
Scala 1:50





**technogeo s.r.l.**

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)

Tel. 0733/566421 (n.2 linee r.a.)

Fax 0733 864161

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

## LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE

Autorizzazione n. 8084 del 10/09/10, per l'esecuzione e certificazione di prove su terre (Settore A) ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. (Estensioni: Taglio torsionale, Prova di piastra, Prova di densità in sito, Prova di carico su pali, Prova CBR in sito).

Web: [www.technogeo.it](http://www.technogeo.it) - e-mail: [laboratorio@technogeo.it](mailto:laboratorio@technogeo.it)

A.I.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

Verbale d'accettazione N. 198/GT del 29/11/18

### Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **TESEI Dott. Geol. MARIANO**  
Progetto/Opera: **REALIZZAZIONE DEL CENTRO ALZHEIMER**  
Località prelievo campioni: **VIA FINLANDIA - JESI (AN)**

Sondaggio n.: **2**  
Campione n.: **1**

Data di prelievo: **27/10/18**  
Profondità di prelievo: da m **3,00** a m **3,30**

## SCHEDA CAMPIONE

Tipo di perforazione (dichiarata):	<b>Indisturbato</b>
Lunghezza contenitore [mm]:	<b>630</b>
Diametro esterno contenitore [mm]:	<b>88</b>
Data di apertura del campione:	<b>29/11/18</b>
Impresa esecutrice:	<b>n.d.</b>
Classe di Qualità:	<b>1</b>
Lunghezza del campione [mm]:	<b>210</b>
Diametro del campione [mm]:	<b>85</b>

SINTESI DELLE CARATTERISTICHE FISICHE E VOLUMETRICHE			
Contenuto in acqua	$w_n$	%	<b>21,70</b>
Massa volumica granuli solidi	$\rho_s$	[Mg/m <sup>3</sup> ]	-
Massa volumica naturale	$\rho_n$	[Mg/m <sup>3</sup> ]	<b>1,97</b>
Massa volumica secca	$\rho_{dry}$	[Mg/m <sup>3</sup> ]	<b>1,62</b>
Indice dei vuoti	$e$		-
Porosità	$n$		-
Grado di saturazione	$S$	%	-

### Prove eseguite

- 1) Apertura campione indisturbato
- 2) Descrizione ed identificazione campione
- 3) Contenuto acqua
- 4) Massa volumica (misure lineari)
- 5) Limiti di Atterberg (Casagrande)
- 6) Compressione ELL
- 7) Taglio diretto
- 8)
- 9)
- 10)
- 11)

- 12)
- 13)
- 14)
- 15)
- 16)
- 17)
- 18)
- 19)
- 20)
- 21)
- 22)

SCHEMATIZZAZIONE DEL CAMPIONE	LUNGHEZZA [cm]	POKET PEN. [kPa]	VANE TEST [kPa]	POSIZIONE PROVINI	DESCRIZIONE
	0 ALTO 10 20 30 40 50 60 70 BASSO			$\rho$ TAGLIO C.D. Limiti $w_n$ ELL	Argille marroni olivastre ( 2.5Y 4/4 ) consistenti con resti organici puntiformi, inclusioni di concrezioni carbonatiche biancastre e numerosi ciottoli. 

Note:

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geol. *Ermanno Librandi*



**technogeo s.r.l**

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)

Tel. 0733/566421 (n.2 linee r.a.)

Fax 0733 864161

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

## LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE

Autorizzazione n. 8084 del 10/09/10, per l'esecuzione e certificazione di prove su terre (Settore A) ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. (Estensioni: Taglio torsionale, Prova di piastra, Prova di densità in sito, Prova di carico su pali, Prova CBR in sito).

Web: [www.technogeo.it](http://www.technogeo.it) - e-mail: [laboratorio@technogeo.it](mailto:laboratorio@technogeo.it)

A.L.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

**Certificato N. 197 /1 del 05/12/18**

Verbale d'accettazione N. 198/GT del 29/11/18

### ***Dati dichiarati nella richiesta di prove:***

Committente: **TESEI Dott. Geol. MARIANO**  
Progetto/Opera: **REALIZZAZIONE DEL CENTRO ALZHEIMER**  
Località prelievo campioni: **VIA FINLANDIA - JESI (AN)**

Sondaggio n.: **2** Data di prelievo: **27/10/18**  
Campione n.: **1** Profondità di prelievo: da m **3,00** a m **3,30**  
Tipo di contenitore: **Fustella metallica tipo Shelby**

## **DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO IN ACQUA (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**

Data della prova da: 29/11/18 a: 30/11/18

m <sub>1</sub>	Massa campione umido	[g]	230,99
m <sub>2</sub>	Massa campione secco	[g]	189,86
<b>w</b>	<b>Contenuto in acqua</b>	<b>%</b>	<b>21,7</b>

Note:

Lo sperimentatore

Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio

Dott. Geol. Ermanno Librandi



**technogeo s.r.l.**

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)

Tel. 0733/566421 (n.2 linee r.a.)

Fax 0733 864161

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

## LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE

Decreto di concessione, n. 8084 del 10/09/10, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche sui terreni (settore a), ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 246.

Web: [www.technogeo.it](http://www.technogeo.it) - e-mail: [laboratorio@technogeo.it](mailto:laboratorio@technogeo.it)

A.L.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

**Certificato N. 197 /2 del 05/12/18**

Verbale d'accettazione N. 198/GT del 29/11/18

### Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **TESEI Dott. Geol. MARIANO**

Progetto/Opera: **REALIZZAZIONE DEL CENTRO ALZHEIMER**

Località prelievo campioni: **VIA FINLANDIA - JESI (AN)**

Sondaggio n.: **2**

Data di prelievo: **27/10/18**

Campione n.: **1**

Profondità di prelievo: da m **3,00** a m **3,30**

Tipo di contenitore: **Fustella metallica tipo Shelby**

## MASSA VOLUMICA DEI TERRENI A GRANA FINE (UNI CEN ISO/TS 17892-2) (Metodo delle misure lineari)

Data della prova da: 03/12/18 a: 04/12/18

$m$	Massa del provino in condizioni di umidità naturale	[g]	141,62
$V$	Volume della fustella	[cm <sup>3</sup> ]	72,00
$w_n$	Contenuto in acqua del provino (UNI CEN ISO-ST 17892-1)	%	21,7
$\rho$	<b>Massa volumica in condizioni di umidità naturale</b>	[Mg/m <sup>3</sup> ]	<b>1,97</b>
$\rho_d$	<b>Massa volumica essiccata</b>	[Mg/m <sup>3</sup> ]	<b>1,62</b>

Note:

Lo sperimentatore

Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio

Dott. Geol. Ermanno Librandi





**technogeo S.r.l.**

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)

Tel. 0733/566421 (n.2 linee r.a.)

Fax 0733 864161

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

## LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE

Autorizzazione n. 8084 del 10/09/10, per l'esecuzione e certificazione di prove su terre (Settore A) ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. (Estensioni: Taglio torsionale, Prova di piastra, Prova di densità in sito, Prova di carico su pali, Prova CBR in sito).

Web: [www.technogeo.it](http://www.technogeo.it) - e-mail: [laboratorio@technogeo.it](mailto:laboratorio@technogeo.it)

A.L.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

**Certificato N. 197 /3 del 05/12/18**

Verbale d'accettazione N. 198/GT del 29/11/18

### Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **TESEI Dott. Geol. MARIANO**  
Progetto/Opera: **REALIZZAZIONE DEL CENTRO ALZHEIMER**  
Località prelievo campioni: **VIA FINLANDIA - JESI (AN)**

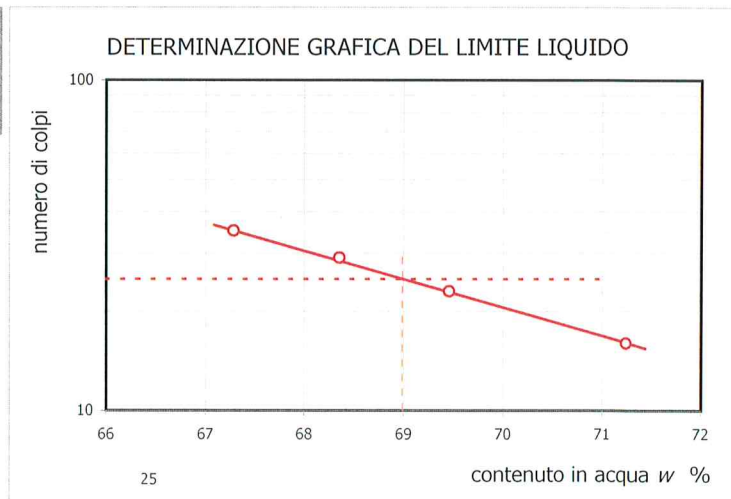
Sondaggio n.: **2** Data di prelievo: **27/10/18**  
Campione n.: **1** Profondità di prelievo: da m **3,00** a m **3,30**  
Tipo di contenitore: **Fustella metallica tipo Shelby**

## DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA METODO CASAGRANDE (ASTM D4318-05)

Data della prova da: 04/12/18 a: 05/12/18

	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
Determinazione n.	1	2	3	4	1	2
Numero dei colpi	-	35	29	23	-	-
Massa del provino umido [g]	28,07	27,61	28,35	27,16	5,00	4,53
Massa del provino asciutto [g]	16,78	16,40	16,73	15,86	4,16	3,76
Contenuto in acqua $w$ %	67,3	68,4	69,5	71,2	20,2	20,5

<b>LIMITE LIQUIDO WL</b>	%	<b>69</b>
<b>LIMITE PLASTICO WP</b>	%	<b>20</b>
<b>INDICE PLASTICO IP</b>	%	<b>49</b>



Note: -

Lo sperimentatore  
Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Ermanno Librandi



**technogeo S.r.l.**

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)  
Tel. 0733/566421 (n.2 linee r.a.)  
Fax 0733 864161  
Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439  
C.C.I.A.A. Macerata 85918

## LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE

Autorizzazione n. 8084 del 10/09/10, per l'esecuzione e certificazione di prove su terre (Settore A) ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. (Estensioni: Taglio torsionale, Prova di piastra, Prova di densità in sito, Prova di carico su pali, Prova CBR in sito).

Web: [www.technogeo.it](http://www.technogeo.it) - e-mail: [laboratorio@technogeo.it](mailto:laboratorio@technogeo.it)

A.L.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

**Certificato N. 197 / 4 del 05/12/18**

Verbale d'accettazione N. 198/GT del 29/11/18

### Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **TESEI Dott. Geol. MARIANO**  
Progetto/Opera: **REALIZZAZIONE DEL CENTRO ALZHEIMER**  
Località prelievo campioni: **VIA FINLANDIA - JESI (AN)**

Sondaggio n.: **2**  
Campione n.: **1**  
Tipo di contenitore: **Fustella metallica tipo Shelby**

Data di prelievo: **27/10/18**  
Profondità di prelievo: da m **3,00** a m **3,30**

## PROVA DI COMPRESSIONE NON CONFINATA SU TERRENI A GRANA FINE (UNI CEN ISO/TS 17892-7)

Apparecchiatura: Pressa motorizzata TR115 da 50 kN con acquisizione automatica dei dati, connessione (pistone-piastra superiore) con snodo sferico.

Procedura di preparazione del provino: provino ricavato mediante fustellamento verticale

Data della prova da: 04/12/18 a: 05/12/18

Tempo di rottura [min.] 3,0

Prova eseguita su campione: ☒ indisturbato  
☐ rimaneggiato

### Dati sperimentali della fase di compressione

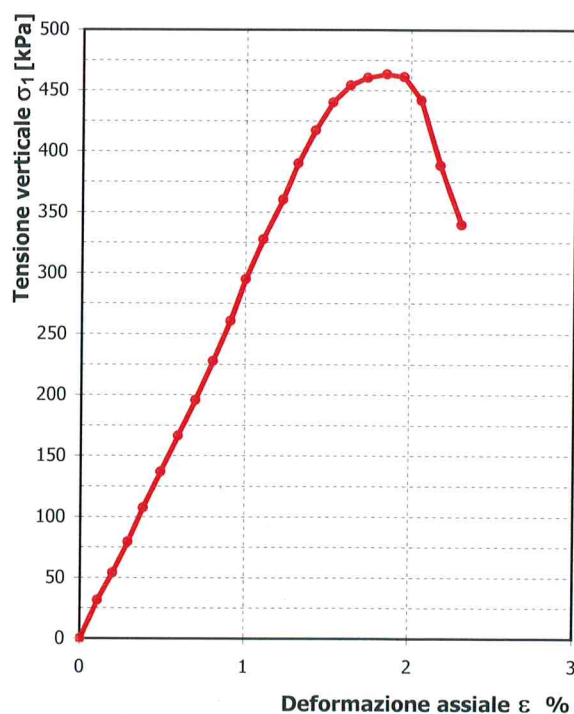
$\varepsilon$	$\sigma_1$	$\varepsilon$	$\sigma_1$	$\varepsilon$	$\sigma_1$	$\varepsilon$	$\sigma_1$
%	[kPa]	%	[kPa]	%	[kPa]	%	[kPa]
0,0	0,0	-	-	-	-	-	-
0,1	31,5	-	-	-	-	-	-
0,2	54,2	-	-	-	-	-	-
0,3	79,5	-	-	-	-	-	-
0,4	107,4	-	-	-	-	-	-
0,5	137,0	-	-	-	-	-	-
0,6	166,5	-	-	-	-	-	-
0,7	195,9	-	-	-	-	-	-
0,8	227,8	-	-	-	-	-	-
0,9	260,6	-	-	-	-	-	-
1,0	295,1	-	-	-	-	-	-
1,1	327,7	-	-	-	-	-	-
1,2	360,2	-	-	-	-	-	-
1,3	390,2	-	-	-	-	-	-
1,4	417,4	-	-	-	-	-	-
1,5	440,3	-	-	-	-	-	-
1,6	454,5	-	-	-	-	-	-
1,7	460,9	-	-	-	-	-	-
1,9	463,8	-	-	-	-	-	-
2,0	461,6	-	-	-	-	-	-
2,1	442,2	-	-	-	-	-	-
2,2	388,5	-	-	-	-	-	-
2,3	340,0	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-

### FOTO ROTTURA PROVINO



### Dati iniziali del provino

Diametro	[mm]	38,11
Altezza	[mm]	76,17
Sezione	[mm <sup>2</sup> ]	1141
Contenuto in acqua (w)	%	21,6
Massa volumica a umidità naturale ( $\rho$ )	[Mg/m <sup>3</sup> ]	1,96



Note: -

Lo sperimentatore  
Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Ermanno Librandi



# PROVA DI COMPRESSIONE NON CONFINATA SU TERRENI A GRANA FINE

## UNI CEN ISO/TS 17892-7

Apparecchiatura: Pressa motorizzata TR115 da 50 kN con acquisizione automatica dei dati, connessione (pistone-piastra superiore) con snodo sferico.

Procedura prepar. provino: provino ricavato mediante fustellamento verticale

Data della prova da: 04/12/18 a: 05/12/18

DATI PROVINO		
Diametro provino	[mm]	38,1
Altezza iniziale del provino	[mm]	76,2
Sezione iniziale del provino	[mm <sup>2</sup> ]	1140,7
Massa provino umido iniziale	[g]	170,09
Contenuto in acqua iniziale	%	21,6
Massa volumica iniziale umida	[Mg/m <sup>3</sup> ]	1,96
Massa volumica iniziale secca	[Mg/m <sup>3</sup> ]	1,61

SINTESI DEI RISULTATI		
Resistenza a compressione non confinata ( $q_u$ )	[kPa]	464
Deformazione assiale a rottura ( $\epsilon$ )	%	1,9
Resistenza al taglio non drenata ( $C_u$ )	[kPa]	232
Modulo di Young non drenato (E) 50%	[kPa]	28293

Velocità di deformazione-	[mm/min.]	0,50
---------------------------	-----------	------



**technogeo s.r.l.**

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECASSARO (MC)

Tel. 0733/566421 (n.2 linee r.a.)

Fax 0733 864161

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

## LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE

Autorizzazione n. 8084 del 10/09/10, per l'esecuzione e certificazione di prove su terre (Settore A) ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. (Estensioni: Taglio torsionale, Prova di piastra, Prova di densità in sito, Prova di carico su pali, Prova CBR in sito).

Web: [www.technogeo.it](http://www.technogeo.it) - e-mail: [laboratorio@technogeo.it](mailto:laboratorio@technogeo.it)

A.L.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

**Certificato N. 197 / 5 del 05/12/18**

Verbale d'accettazione N. 198/GT del 29/11/18

### Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **TESEI Dott. Geol. MARIANO**  
Progetto/Opera: **REALIZZAZIONE DEL CENTRO ALZHEIMER**  
Località prel. camp.: **VIA FINLANDIA - JESI (AN)**  
Sondaggio n.: **2**  
Campione n.: **1**  
Tipo di contenitore: **Fustella metallica tipo Shelby**

Data di prelievo: **27/10/18**

Profondità di prelievo: da m **3,00** a m **3,30**

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (Valori di picco) (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Attrezzature utilizzate:	Modello	Matricola
Macchina digitale per prove di taglio diretto Tecnotest	<b>T 665/010</b>	<b>N. 98015</b>

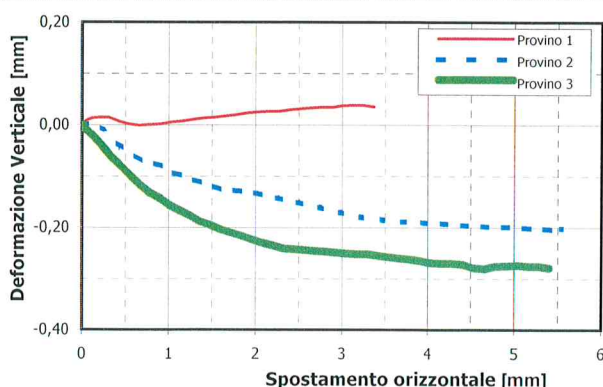
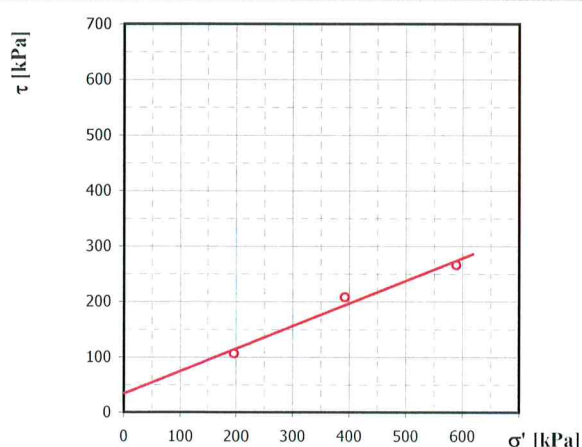
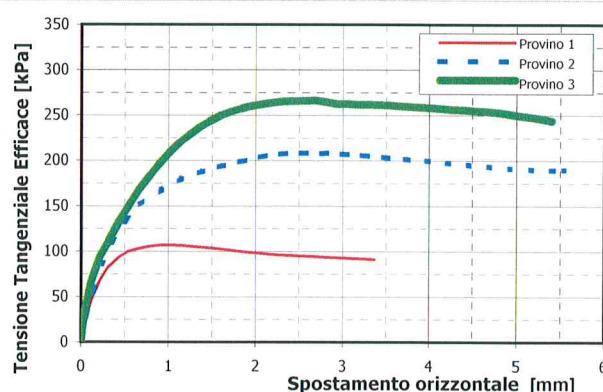
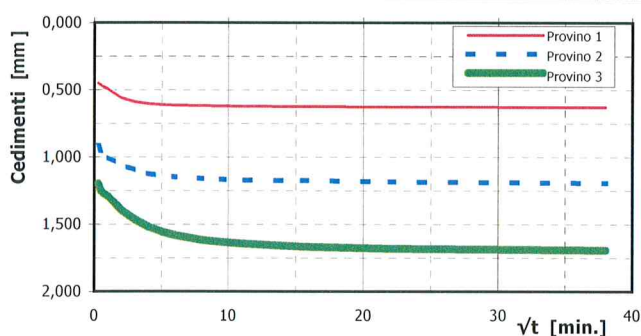
Data della prova da: 29/11/18  
a: 05/12/18

Posizione provini nel campione: Provini prelevati in asse al campione a partire 3 cm dall'estremità superiore  
Metodo di preparazione provini: Fustellamento verticale da campione indisturbato

CARATTERISTICHE INIZIALI					
Provino		P1	P2	P3	
Lato	L	60,0	60,0	60,0	[mm]
Altezza	H <sub>0</sub>	20,0	20,0	20,0	[mm]
Area	A	3600	3600	3600	[mm <sup>2</sup> ]
Contenuto in acqua	w	21,4	21,8	21,5	%
Massa volumica	ρ	1,98	1,96	1,97	[Mg/m <sup>3</sup> ]
Massa volumica secca	ρ <sub>d</sub>	1,63	1,61	1,62	[Mg/m <sup>3</sup> ]
Indice dei vuoti	e <sub>0</sub>	0,716	0,737	0,730	-
Grado di saturazione	S <sub>ro</sub>	84	83	83	%

**Massa volumica dei granuli:** ρ<sub>s</sub> = 2,80 [Mg/m<sup>3</sup>]  
Valore assunto

MODALITA' DI PROVA			
Scatola		Condizione	
<input checked="" type="checkbox"/> quadrata	<input type="checkbox"/> circolare	<input checked="" type="checkbox"/> sommersa	<input type="checkbox"/> asciutta
Velocità di deformazione		0,003	mm/min.
Tensione normale provino n. 1		196,1	[kPa]
Tensione normale provino n. 2		392,3	[kPa]
Tensione normale provino n. 3		588,4	[kPa]



Lo sperimentatore  
Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Ermanno Librandi





**technogeo s.r.l.**

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)

Tel. 0733/566421 (n.2 linee r.a.)

Fax 0733 864161

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

## LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE

Autorizzazione n. 8084 del 10/09/10, per l'esecuzione e certificazione di prove su terre (Settore A) ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. (Estensioni: Taglio torsionale, Prova di piastra, Prova di densità in sito, Prova di carico su pali, Prova CBR in sito).

Web: [www.technogeo.it](http://www.technogeo.it) - e-mail: [laboratorio@technogeo.it](mailto:laboratorio@technogeo.it)

A.L.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

**Certificato N. 197 /5 del 05/12/18**

Verbale d'accettazione N. 198/GT del 29/11/18

### Calcoli della fase di taglio

Provino n. 1						Provino n. 2						Provino n. 3					
$\Delta_H$	$\Delta_X$	$\tau$	$\Delta_H$	$\Delta_X$	$\tau$	$\Delta_H$	$\Delta_X$	$\tau$	$\Delta_H$	$\Delta_X$	$\tau$	$\Delta_H$	$\Delta_X$	$\tau$	$\Delta_H$	$\Delta_X$	$\tau$
[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]
0,000	0,00	0,0				0,000	0,00	0,0				0,000	0,00	0,0			
0,009	0,05	22,8				0,001	0,05	27,8				-0,001	0,01	12,8			
0,013	0,12	46,4				0,000	0,13	53,9				-0,009	0,04	32,2			
0,014	0,21	66,4				-0,010	0,23	85,6				-0,019	0,11	64,4			
0,014	0,31	81,9				-0,029	0,34	109,7				-0,037	0,21	92,5			
0,006	0,43	93,1				-0,044	0,45	125,8				-0,060	0,32	111,4			
0,001	0,54	99,4				-0,057	0,57	140,6				-0,078	0,43	131,7			
-0,001	0,66	102,8				-0,070	0,68	151,4				-0,098	0,55	150,6			
0,000	0,78	105,0				-0,074	0,80	160,3				-0,116	0,66	167,2			
0,001	0,91	106,4				-0,081	0,92	167,8				-0,133	0,78	182,2			
0,005	1,03	106,7				-0,093	1,04	174,4				-0,143	0,89	195,6			
0,007	1,15	106,1				-0,099	1,15	179,7				-0,157	1,01	208,1			
0,010	1,27	105,3				-0,106	1,27	184,2				-0,167	1,12	218,9			
0,013	1,40	104,2				-0,113	1,39	188,3				-0,177	1,24	228,1			
0,014	1,52	103,1				-0,119	1,51	191,7				-0,188	1,35	236,1			
0,017	1,65	101,7				-0,128	1,63	194,7				-0,195	1,47	243,1			
0,019	1,77	100,3				-0,128	1,76	197,8				-0,204	1,59	248,9			
0,023	1,90	98,9				-0,130	1,88	200,3				-0,210	1,71	253,6			
0,025	2,03	97,8				-0,132	2,00	203,1				-0,216	1,83	257,2			
0,026	2,15	96,7				-0,138	2,12	205,3				-0,223	1,95	260,0			
0,026	2,27	95,8				-0,142	2,25	206,9				-0,230	2,07	261,9			
0,029	2,40	95,3				-0,147	2,37	208,1				-0,235	2,19	263,9			
0,031	2,52	94,7				-0,151	2,49	208,3				-0,241	2,32	265,0			
0,033	2,64	94,2				-0,155	2,61	208,1				-0,242	2,44	265,6			
0,034	2,76	93,6				-0,161	2,74	207,8				-0,244	2,56	265,8			
0,034	2,89	93,1				-0,166	2,86	208,1				-0,246	2,69	266,1			
0,037	3,01	92,5				-0,171	2,98	207,2				-0,247	2,81	264,4			
0,038	3,13	91,9				-0,173	3,10	206,7				-0,249	2,93	262,5			
0,038	3,25	91,4				-0,180	3,22	205,8				-0,251	3,05	262,5			
0,035	3,37	90,8				-0,182	3,35	204,7				-0,252	3,17	261,7			
						-0,185	3,47	203,6				-0,252	3,29	261,7			
						-0,189	3,59	202,5				-0,255	3,41	261,4			
						-0,189	3,72	201,4				-0,258	3,53	260,8			
						-0,189	3,84	200,3				-0,260	3,65	260,0			
						-0,191	3,97	199,7				-0,262	3,77	259,2			
						-0,191	4,09	198,9				-0,265	3,90	258,6			
						-0,193	4,21	197,5				-0,269	4,02	258,1			
						-0,195	4,33	196,4				-0,270	4,15	256,9			
						-0,196	4,45	195,3				-0,270	4,27	256,1			
						-0,197	4,57	193,9				-0,272	4,40	255,6			
						-0,198	4,69	193,1				-0,279	4,53	254,7			
						-0,199	4,81	192,2				-0,281	4,66	253,9			
						-0,199	4,93	191,1				-0,276	4,78	253,1			
						-0,200	5,05	190,6				-0,275	4,91	251,1			
						-0,201	5,17	190,0				-0,274	5,04	249,2			
						-0,202	5,30	189,4				-0,276	5,16	247,5			
						-0,204	5,42	189,4				-0,276	5,28	245,8			
						-0,202	5,54	189,7				-0,279	5,40	243,3			

Note:

Lo sperimentatore  
Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Ermanno Librandi

Committente: **TESEI Dott. Geol. MARIANO**  
 Progetto/Opera: **REALIZZAZIONE DEL CENTRO ALZHEIMER**  
 Località prelievo campioni: **VIA FINLANDIA - JESI (AN)**  
 Sondaggio n.: **2** Data di prelievo: **27/10/18**  
 Campione n.: **1** Profondità di prelievo: da m **3,00** a m **3,30**  
 Tipo di contenitore: **Fustella metallica tipo Shelby**

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (Valori di picco)

(UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Attrezzature utilizzate:	Modello	Matricola
Macchina digitale per prove di taglio diretto Tecnotest	T 665/010	N. 98015

Posizione provini nel camp.: Provini prelevati in asse al campione a cm 3 dall'estremità superiore

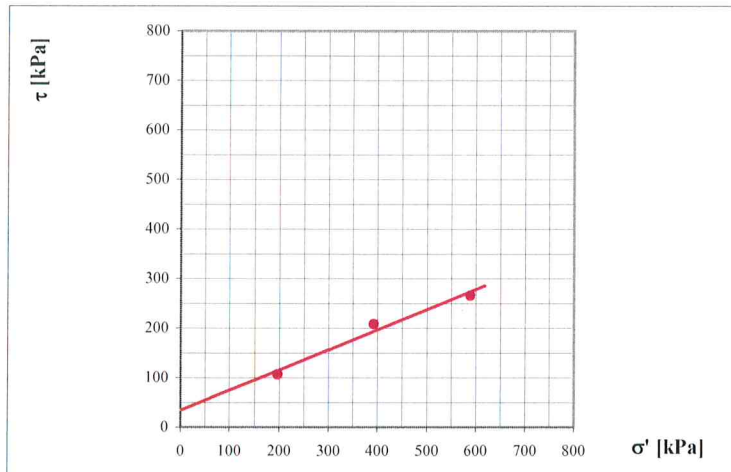
Metodo di preparaz. provini: Fustellamento verticale da campione indisturbato

Data della prova da: 29/11/18 a: 05/12/18

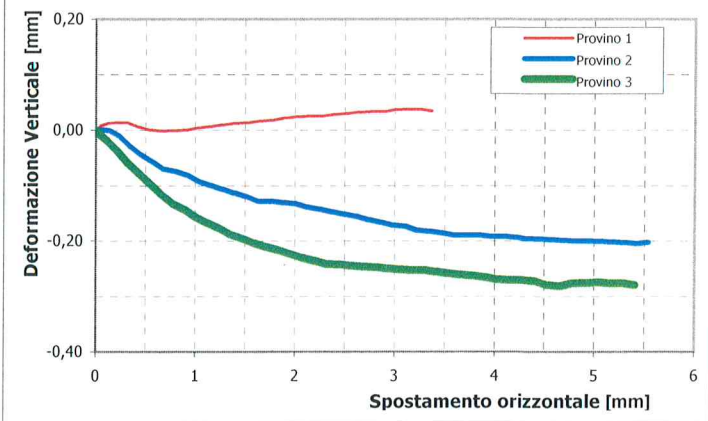
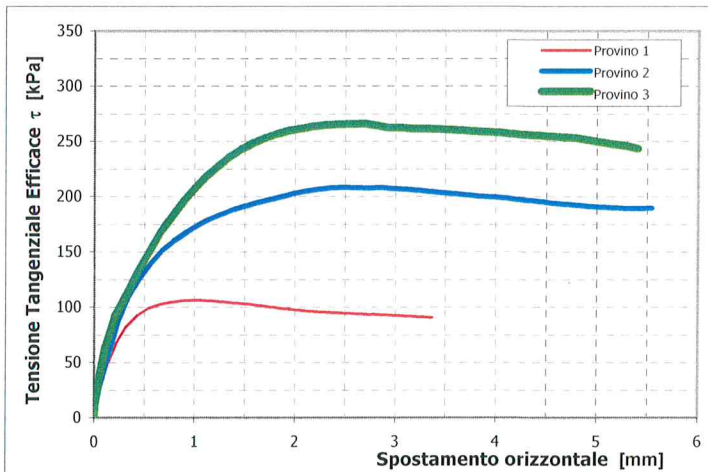
CARATTERISTICHE INIZIALI					
Provino		1	2	3	
Lato	L	60,0	60,0	60,0	[mm]
Altezza	H <sub>0</sub>	20,0	20,0	20,0	[mm]
Area	A	3600	3600	3600	[mm <sup>2</sup> ]
Contenuto in acqua	w	21,4	21,8	21,5	%
Massa volumica	ρ	1,98	1,96	1,97	[Mg/m <sup>3</sup> ]
Massa volumica secca	ρ <sub>d</sub>	1,63	1,61	1,62	[Mg/m <sup>3</sup> ]
Indice dei vuoti	e <sub>0</sub>	0,716	0,737	0,730	-
Grado di saturazione	S <sub>ro</sub>	84	83	83	%

**Massa volumica dei granuli:** ρ<sub>s</sub> = 2,80 [Mg/m<sup>3</sup>]  
 Valore assunto

MODALITA' DI PROVA		
Scatola	Condizione	
<input checked="" type="checkbox"/> quadrata	<input type="checkbox"/> circolare	<input checked="" type="checkbox"/> sommersa <input type="checkbox"/> asciutta
Velocità di deformazione	0,003	mm/min.
Tensione normale provino n. 1	196,1	[kPa]
Tensione normale provino n. 2	392,3	[kPa]
Tensione normale prpvino n. 3	588,4	[kPa]



$\phi' = 22,12$  gradi  
 $c' = 34,26$  kPa



Osservazioni: -