

COMUNE DI PESCARA

INTERVENTO EDILIZIO

Strada Cavallaro - Via Di Girolamo
PER EDIFICI DI EDILIZIA RESIDENZIALE

Ditta:
Fusilli Lidia

RELAZIONE GEOLOGICA

TAV. 13

DATA : Giugno 2020
Aggiornamento Dicembre 2020

Il Tecnico
Incaricato

COMUNE

PESCARA

COMMITTENTE

OGGETTO

COMPARTO EDILIZIO STRADA CAVALLARO - VIA DI GIROLAMO PER EDIFICI DI EDILIZIA RESIDENZIALE



ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA RELAZIONE SULLE INDAGINI MODELLAZIONE SISMICA

TECNICI

Dott. Geol. Christian Palestini

Dott. Geol. Alessio Ricciardi



DATA

Maggio 2019



GEOSOIL

Geologia - Geotecnica - Geofisica

Piazza Caduti del Mare, 33/35 - 65126 Pescara

TELEFONO/Fax: 085.2120643

MOBILE: 349.4017738 - Dott. Geol. Christian Palestini

MOBILE: 347.1105362 - Dott. Geol. Alessio Ricciardi

WEB: www.geosoil.it

E-MAIL: info@geosoil.it



INDICE

1	INTRODUZIONE	2
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO GENERALE	3
3	INDAGINI GEOTECNICHE	4
3.1	PROVA PENETROMETRICA DINAMICA	4
3.2	FORMULE PER I PARAMETRI GEOTECNICI.....	5
3.2.1	<i>Terreni incoerenti</i>	5
3.2.2	<i>Terreni coesivi</i>	5
4	INDAGINI SISMICHE	7
4.1	MASW.....	7
4.1.1	<i>Cenni teorici</i>	7
4.1.2	<i>Acquisizione ed interpretazione dati</i>	7
4.2	HVSR.....	8
4.2.1	<i>Cenni teorici</i>	8
4.2.2	<i>Acquisizione ed interpretazione dati</i>	9
4.3	CATEGORIE DI SOTTOSUOLO	10
4.4	CATEGORIE TOPOGRAFICHE	10
5	MODELLAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA DEL SITO	11
6	MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO	12
7	VERIFICA A LIQUEFAZIONE	14
8	CONCLUSIONI	16

TAVOLE

TAV. 1	CARTA TOPOGRAFICA
TAV. 2	CARTA GEOLOGICA
TAV. 3	CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA - P.A.I.
TAV. 4	CARTA GEOLOGICO-TECNICA
TAV. 5	CARTA DELLE M.O.P.S.
TAV. 6	UBICAZIONE INDAGINI

ALLEGATI

ALL. 1	PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH1
ALL. 2	PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH2
ALL. 3	MASW1
ALL. 4	HVSR1



1 INTRODUZIONE

La presente relazione illustra i risultati di uno studio geologico realizzato nel Comune di *PESCARA*, finalizzato al progetto di *COMPARTO EDILIZIO STRADA CAVALLARO VIA DI GIROLAMO PER EDIFICI DI EDILIZIA RESIDENZIALE*.

L'area di studio è individuata dalle particelle n° 1821, 1290, 1295, 1288 e 193 del foglio di mappa n° 12 del Comune di Pescara. Tale area non è interessata da dissesti ai sensi del *PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO - "FENOMENI GRAVITATIVI E PROCESSI EROSIVI"* - L. 18.05.1989 n. 183, art. 17, comma 6 ter e s.m.i. (TAV. 3).

Lo studio è stato svolto secondo le seguenti fasi:

- ✓ Reperimento di dati bibliografici.
- ✓ Rilevamento geologico e geomorfologico.
- ✓ Esecuzione di n° 2 prove penetrometriche dinamiche DPSH.
- ✓ Esecuzione di n° 1 indagine sismica MASW.
- ✓ Esecuzione di n° 1 indagine sismica HVSr.
- ✓ Modellazione geologico-tecnica del sito.
- ✓ Modellazione sismica del sito.
- ✓ Verifica a liquefazione.

Tali fasi sono state ritenute idonee a definire le caratteristiche geologico-tecniche e sismiche del sito, fornendo elementi utili per le soluzioni progettuali ai sensi del *D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"*.



2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO GENERALE

L'area di studio, compresa nel foglio n° 141 "PESCARA" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 e nel foglio est della Carta Geologica dell'Abruzzo di L. VEZZANI & F. GHISETTI, è ubicata in un'area collinare del Comune di Pescara.

Da un punto di vista geologico (TAV. 2), il sito indagato si colloca in corrispondenza dei depositi plio-pleistocenici marini di avanfossa. Tali formazioni si sono originate a causa dell'avanzamento verso nord-est della catena appenninica, con la conseguente formazione di bacini di avanfossa in cui hanno avuto luogo fenomeni deposizionali di sedimenti di mare profondo prevalentemente argillosi. Il successivo abbassamento relativo del livello del mare ha portato alla sedimentazione di depositi marini sempre più grossolani (limi, sabbie e ghiaie), secondo una sequenza regressiva, fino alla graduale emersione di tali litotipi. In ambiente subaereo, essi sono stati interessati da processi erosivi e deposizionali ad opera dei corsi d'acqua; ciò ha portato ad un modellamento del paesaggio in aree morfologicamente rilevate, in cui si conserva l'antica sequenza deposizionale regressiva, e aree semipianeggianti e di fondovalle interessate dalla presenza di depositi alluvionali. L'azione erosiva marina lungo costa ha portato ad un modellamento delle preesistenti spiagge sabbioso-ghiaiose a falesia, con conseguente erosione, arretramento e terrazzamento delle stesse; tali fenomeni hanno portato alla formazione delle attuali spiagge basse caratterizzate da depositi prevalentemente sabbiosi.

In particolare, l'area di studio si colloca in corrispondenza dei depositi colluviali di riempimento datati *Olocene*, caratterizzati localmente da alternanze di limi sabbiosi variamente consistenti con la profondità, posti a contatto con i sottostanti depositi alluvionali terrazzati del fiume Pescara.

Per quanto riguarda l'assetto geomorfologico dell'area, i depositi marini prevalentemente sabbioso-conglomeratici conferiscono una morfologia rilevata (vista la loro bassa erodibilità) rispetto alle porzioni limoso-argillose della *Formazione MUTIGNANO* che, con versanti più blandi, si raccordano al fondovalle semipianeggiante in cui affiorano i termini alluvionali e costieri del *Pleistocene*. I depositi della *Formazione MUTIGNANO*, inoltre, sono incisi da fossi e vallecole che ne conferiscono una morfologia ondulata.

In particolare, l'area di studio è posta in corrispondenza del fosso sepolto lungo cui è impostata Via Di Girolamo, sviluppato in direzione circa NO-SE e posto ai piedi del Colle del Telegrafo. All'atto del rilevamento non si sono evidenziati fattori geomorfologici e/o strutturali che facciano presupporre l'esistenza di fenomeni d'instabilità gravitativa attiva; tuttavia esistono, vista l'acclività dei versanti, fenomeni di soliflusso e deformazione plastica delle coltri superficiali.

Da un punto di vista idrogeologico, i depositi prevalentemente sabbiosi della *Formazione MUTIGNANO* si presentano come mezzi a permeabilità primaria alta (10^{-4} m/s < k < 10^{-3} m/s) rispetto alle porzioni più argillose della *Formazione MUTIGNANO* (10^{-7} m/s < k < 10^{-5} m/s); queste ultime fungono da *aquiclude* (impermeabile relativo) e sostengono una falda all'interno dei termini sabbiosi superiori. Tale assetto idrogeologico fa sì che le formazioni sabbiose della *Formazione MUTIGNANO* siano potenzialmente acquifere e dotate di una circolazione idrica alimentata principalmente dalle precipitazioni.

In particolare, nell'area di studio è presente una falda acquifera superficiale (probabilmente a carattere stagionale) a partire da circa 2,2 m di profondità.



3 INDAGINI GEOTECNICHE

3.1 PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infissione a percussione di una punta conica all'interno del terreno.

Lo strumento utilizzato è un penetrometro tipo *GEO DEEP DRILL* assegnato, secondo la classificazione ISSMFE (1988), alla categoria superpesante (DPSH). La prova consiste nel misurare il numero di colpi necessari ad infiggere, per profondità progressive di 20 cm, una punta conica con sezione pari a 20 cm² mediante la caduta a gravità, da un'altezza di 75 cm, di un maglio di 73 kg su una batteria di aste collegate con la punta stessa.

Come è noto, la penetrazione dinamica di punte coniche battute nel terreno consente un riconoscimento di massima delle caratteristiche di resistenza dei terreni attraversati. Inoltre, dall'analisi del *trend* del numero di colpi e dalla visione del materiale recuperato sulle aste estratte, è possibile ottenere informazioni sulle caratteristiche litologiche dei termini attraversati e sull'eventuale presenza di acqua.

Parametro caratteristico dello stato d'addensamento di un terreno incoerente e della consistenza di un terreno coesivo è R_d (*resistenza di rottura dinamica alla punta*). Tale parametro è ricavabile dalla *formula degli OLANDESI*:

$$R_d = \frac{M^2 \cdot h}{A \cdot e \cdot (M + I + P)}$$

dove:

M = peso del maglio;

h = altezza di caduta del maglio;

A = sezione della punta conica;

$e = 20/N$ dove N corrisponde al numero di colpi per ogni approfondimento di 20 cm;

I = peso dell'incudine;

P = peso della batteria delle aste.

Un'ampia casistica di prove condotte ha mostrato delle precise correlazioni tra le *DPSH* e le prove penetrometriche dinamiche standard (*SPT*).

In linea di massima il numero di colpi N_{DPSH} per infissioni di 20 cm è legato al numero di colpi N_{SPT} per infissioni di 30 cm dalla seguente relazione:

$$N_{SPT} \cong 1,75 \cdot N_{DPSH}$$

Questo risultato sperimentale offre la possibilità di utilizzare la vasta bibliografia delle prove *SPT* per lo studio delle caratteristiche geotecniche dei terreni granulari e coesivi.



Esecuzione della prova penetrometrica dinamica



3.2 FORMULE PER I PARAMETRI GEOTECNICI

3.2.1 Terreni incoerenti

Stato di addensamento (Classificazione A.G.I., 1977)

N_{SPT}	Stato di addensamento
0 - 4	Sciolto
4 - 10	Poco addensato
10 - 30	Moderatamente addensato
30 - 50	Addensato
> 50	Molto addensato

Peso di volume (TERZAGHI-PECK, 1967)

$$\gamma \text{ (t/m}^3\text{)} = 1,141 \cdot N_{SPT}^{0,1177} \quad \text{Terreno secco}$$

Densità relativa (GIBBS-HOLTZ, 1957)

N_{SPT}	D_r
0 - 4	0 - 15%
4 - 10	15 - 35%
10 - 30	35 - 65%
30 - 50	65 - 85%
> 50	85 - 100%

Angolo di attrito (SHIOI E FUKUNI, 1981)

$$\varphi \text{ (}^\circ\text{)} = 15 + \sqrt{15 \cdot N_{SPT}}$$

Modulo di elasticità

$$E' \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 2,5 \cdot (N_{SPT} + 15) \quad \text{Sabbie sature}$$

$$E' \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 5 \cdot (N_{SPT} + 15) \quad \text{Sabbie poco addensate}$$

$$E' \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 180 + 7,5 \cdot N_{SPT} \quad \text{Sabbie molto addensate}$$

$$E' \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 12 \cdot (N_{SPT} + 6) \quad \text{Sabbie ghiaiose}$$

$$E' \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 3 \cdot (N_{SPT} + 6) \quad \text{Sabbie limose}$$

$$E' \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 3,2 \cdot (N_{SPT} + 15) \quad \text{Sabbie argillose}$$

3.2.2 Terreni coesivi

Stato di consistenza (Classificazione A.G.I., 1977)

N_{SPT}	Stato di consistenza
< 2	Privo di consistenza
2 - 4	Poco consistente (molle)
4 - 8	Moderatamente consistente
8 - 15	Consistente
15 - 30	Molto consistente
> 30	Estremamente consistente (duro)



Peso di volume (BOWLES, 1967)

$$\gamma \text{ (t/m}^3\text{)} = 1,6314 \cdot N_{SPT}^{0,0714}$$

Coesione non drenata

$$C_u \text{ (t/m}^2\text{)} = 0,625 \cdot N_{SPT} \quad N_{SPT} < 8$$

$$C_u \text{ (t/m}^2\text{)} = 0,665 \cdot N_{SPT} \quad N_{SPT} \geq 8$$

Modulo di elasticità non drenata

$$E_u \text{ (t/m}^2\text{)} = 150 \cdot C_u$$

Modulo di compressibilità edometrica

$$M \text{ (t/m}^2\text{)} = 0,625 \cdot E_u$$



4 INDAGINI SISMICHE

4.1 MASW

4.1.1 Cenni teorici

Il metodo *MASW* (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) studia la propagazione delle onde superficiali dalla sorgente (*shot point*) ai ricevitori (*geofoni*) e permette di definire il profilo di velocità delle onde di taglio (V_S). Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di *Rayleigh*, le quali risultano essere soggette al fenomeno della *dispersione*: in un mezzo stratificato, onde con diversa lunghezza d'onda si propagano con diverse velocità di fase. Tale fenomeno è dovuto al fatto che onde ad alta frequenza si propagano negli strati superficiali lenti (quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo) mentre onde a bassa frequenza si propagano negli strati profondi veloci (quindi danno informazioni sugli strati più profondi).

I fondamenti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio regolare e con stratificazione parallela, per cui una limitazione alla sua applicabilità è rappresentata da strati significativamente pendenti (più di 20-30°) e topografia irregolare.

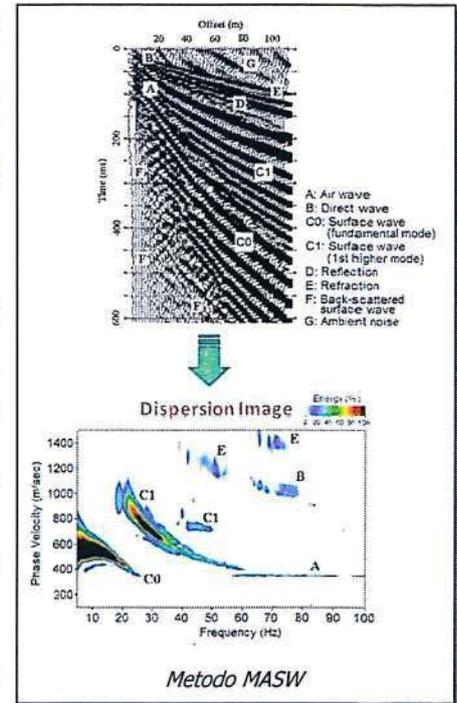
La determinazione della velocità delle onde di taglio (V_S) tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) e S (26%).

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità.

4.1.2 Acquisizione ed interpretazione dati

Come generatore di onde sismiche è stato utilizzato un martello di 10 kg che, tramite un operatore, batte su una piastra metallica, mentre come sensori sono stati utilizzati geofoni verticali da 4,5 Hz, infissi nel terreno o poggiati sulla pavimentazione ad intervalli costanti (≤ 5 m) e collegati tramite cavi elettrici multipolari all'unità di acquisizione dati; quest'ultima è costituita da un sismografo modello Ambrogeo ECHO 24 a 12-24 canali, collegato ad un notebook. Le energizzazioni sono state effettuate ad inizio e/o fine linea, ad una distanza dal 1° geofono (*offset*) pari a 1-5 volte la distanza intergeofonica.

I sismogrammi acquisiti sono stati, in primo luogo, sottoposti ad una fase di *processing* digitale (*stacking, dc remove, cuttings, trace killing*), al fine di ridurre i rumori di fondo e strumentali dai sismogrammi, aumentando il rapporto segnale/rumore ed esaltando le onde di superficie.





Successivamente si è passati alla fase d'interpretazione consistente, inizialmente, nell'analisi spettrale dei sismogrammi ed estrazione della curva di dispersione mediante *picking* nel dominio FK e FV ; infine, attraverso un metodo d'inversione iterativa, si arriva alla definizione di un profilo di V_s ottimale, per il quale si ha la migliore corrispondenza tra curva di dispersione calcolata e misurata.



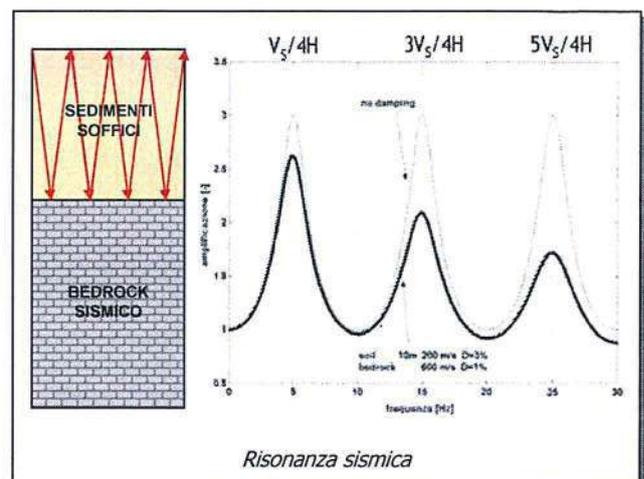
Fasi di acquisizione della linea sismica MASW

4.2 HVSR

4.2.1 Cenni teorici

Il rumore sismico ambientale (*noise*), presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento), dall'attività antropica e dall'attività dinamica terrestre; tale rumore è definito *microtremore* in quanto riguarda oscillazioni molto piccole (10^{-15} [m/s²]² in termini di accelerazione) e molto inferiori a quelle indotte dai terremoti.

Lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno pianeggiante presenta l'andamento illustrato in figura, dove i picchi a 0.14 e 0.07 Hz sono comunemente interpretati come originati dalle onde oceaniche; tali componenti spettrali vengono attenuate molto poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ma anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali, che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.



In generale, nel tragitto dalla sorgente ad un sito in superficie, le onde elastiche subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti ed attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato; nei microtremori, quindi, è presente una parte debolmente correlata nel segnale che contiene informazioni relative ai mezzi attraversati. Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartata dalla sismologia classica, contiene un'informazione nascosta all'interno del rumore casuale e che può essere estratta attraverso opportune metodologie.



4.2.2 Acquisizione ed interpretazione dati

L'acquisizione dei microtremori è stata effettuata con tromografo digitale Micromed TROMINO®.

Le indagini sono state effettuate posizionando il tromografo sul terreno (asportando i primi centimetri di suolo al fine di ottenere un buon accoppiamento) e/o sulla struttura ed effettuando una registrazione di durata pari a 10-20 minuti.

L'archiviazione ed elaborazione dati è stata effettuata attraverso il software *Grilla*, il quale permette di suddividere ognuna delle 3 componenti del segnale registrato in finestre temporali (es. 20 s), per ognuna delle quali vengono calcolati gli spettri in frequenza, vengono liscciati con una funzione di *smoothing* (es. *Triangular windows* 10%) e vengono mediati al fine di limitare i disturbi indotti da rumori transitori.



Esecuzione della misura HVSr

L'analisi che si è maggiormente consolidata nello studio dei microtremori è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale o *HVSr* (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*), applicata da NOGOSHI e IGARASHI (1970) e resa popolare principalmente da NAKAMURA (1989) come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale. Il metodo di NAKAMURA si basa sulle seguenti ipotesi:

- le sorgenti dei microtremori sono locali, trascurando qualsiasi contributo dovuto a sorgenti profonde;
- le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base;
- la componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale.

In un sistema bistrato, in cui una coltre sedimentaria con velocità delle onde di taglio V_S sovrasta un *bedrock*, la somma tra onde incidenti e riflesse genera ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente è 4 volte (o suoi multipli dispari n) lo spessore H del primo strato. La curva *HVSr* mostrerà un picco per la frequenza fondamentale di risonanza f pari a:

$$f = n \cdot \frac{V_S}{4H}$$

In un sistema multistrato, con alternanza tra strati di spessore h_i e con velocità V_{Si} , la frequenza fondamentale di risonanza f è pari a:

$$f = \frac{1}{4 \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{V_{Si}}}$$

Attraverso un metodo d'inversione, si determina un profilo di V_S ottimale, per il quale si ha la migliore corrispondenza tra curva *HVSr* calcolata e misurata.



4.3 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

- A) *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
- B) *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
- C) *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
- D) *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
- E) *Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dall'espressione:

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

dove H rappresenta la profondità del substrato (definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s), h_i e $V_{S,i}$ indicano lo spessore (in m) e la velocità (in m/s) delle onde di taglio S dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$ ottenuto ponendo $H = 30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

4.4 CATEGORIE TOPOGRAFICHE

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

Le suddette categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.



5 MODELLAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA DEL SITO

Dall'insieme dei dati emersi dal rilevamento geologico-geomorfologico, da quelli bibliografici e dall'esecuzione delle indagini in sito, si è potuto ricostruire l'assetto litostratigrafico e geotecnico del sito indagato.

L'area di studio si colloca in corrispondenza dei depositi colluviali di riempimento datati *Olocene*, posti a contatto con i sottostanti depositi alluvionali terrazzati del fiume Pescara. In particolare, al di sotto di terreni superficiali di spessore circa metrico, sono presenti alternanze di limi sabbiosi variamenti consistenti con la profondità.

Nel sito è presente una falda acquifera superficiale (probabilmente a carattere stagionale) a partire da circa 2,2 m di profondità; è importante ricordare che tale livello piezometrico può evidenziare oscillazioni metriche stagionali ed areali al variare delle condizioni meteorologiche ed idrogeologiche.

È possibile schematizzare il terreno nel seguente profilo litotecnico cui il progettista può fare riferimento per le sue valutazioni di carattere tecnico; vista la variabilità geotecnica areale dei terreni, si riporta il modello geologico e geotecnico dei terreni in corrispondenza di ogni singola prova penetrometrica.

DPSH1			DPSH2		
Stratigrafia	Descrizione litologica	Parametri geotecnici	Stratigrafia	Descrizione litologica	Parametri geotecnici
0,8 m	Terreni superficiali	$\gamma' = 1,85 - 1,95 \text{ t/m}^3$ $\varphi' = 21 - 23^\circ$ $c' = 0 \text{ t/m}^2$	1,2 m	Terreni superficiali	$\gamma' = 1,85 - 1,95 \text{ t/m}^3$ $\varphi' = 21 - 23^\circ$ $c' = 0 \text{ t/m}^2$
4,6 m	Limi sabbiosi <i>Moderatamente consistenti</i>	$\gamma' = 1,75 - 1,85 \text{ t/m}^3$ $\varphi' = 22 - 23^\circ$ $c' = 0 - 0,2 \text{ t/m}^2$ $C_U = 3 - 5 \text{ t/m}^2$ $M = 250 - 300 \text{ t/m}^2$	3,4 m	Limi sabbiosi <i>Poco consistenti</i>	$\gamma' = 1,70 - 1,80 \text{ t/m}^3$ $\varphi' = 21 - 22^\circ$ $c' = 0 - 0,2 \text{ t/m}^2$ $C_U = 2 - 4 \text{ t/m}^2$ $M = 150 - 200 \text{ t/m}^2$
5,6 m	Limi sabbiosi <i>Consistenti</i>	$\gamma' = 1,95 - 2,00 \text{ t/m}^3$ $\varphi' = 23 - 24^\circ$ $c' = 0,4 - 0,6 \text{ t/m}^2$ $C_U = 6 - 8 \text{ t/m}^2$ $M = 400 - 600 \text{ t/m}^2$	7,6 m	Limi sabbiosi <i>Moderatamente consistenti</i>	$\gamma' = 1,85 - 1,95 \text{ t/m}^3$ $\varphi' = 22 - 23^\circ$ $c' = 0,3 - 0,5 \text{ t/m}^2$ $C_U = 4 - 6 \text{ t/m}^2$ $M = 300 - 400 \text{ t/m}^2$
7,2 m	Limi sabbiosi <i>Moderatamente consistenti</i>	$\gamma' = 1,85 - 1,95 \text{ t/m}^3$ $\varphi' = 22 - 23^\circ$ $c' = 0,3 - 0,5 \text{ t/m}^2$ $C_U = 4 - 6 \text{ t/m}^2$ $M = 300 - 400 \text{ t/m}^2$	8,8 m	Limi sabbiosi <i>Consistenti</i>	$\gamma' = 1,95 - 2,00 \text{ t/m}^3$ $\varphi' = 23 - 24^\circ$ $c' = 0,4 - 0,6 \text{ t/m}^2$ $C_U = 6 - 8 \text{ t/m}^2$ $M = 400 - 600 \text{ t/m}^2$
10,8 m	Limi sabbiosi <i>Consistenti</i>	$\gamma' = 1,95 - 2,05 \text{ t/m}^3$ $\varphi' = 23 - 25^\circ$ $c' = 0,5 - 0,8 \text{ t/m}^2$ $C_U = 8 - 10 \text{ t/m}^2$ $M = 600 - 800 \text{ t/m}^2$	9,6 m	Limi sabbiosi <i>Molto consistenti</i>	$\gamma' = 1,95 - 2,05 \text{ t/m}^3$ $\varphi' = 24 - 25^\circ$ $c' = 0,6 - 0,8 \text{ t/m}^2$ $C_U = 8 - 12 \text{ t/m}^2$ $M = 700 - 900 \text{ t/m}^2$
	Limi sabbiosi <i>Molto consistenti</i>	$\gamma' = 2,00 - 2,05 \text{ t/m}^3$ $\varphi' = 24 - 26^\circ$ $c' = 0,8 - 1,2 \text{ t/m}^2$ $C_U = 10 - 12 \text{ t/m}^2$ $M = 800 - 1.200 \text{ t/m}^2$		Limi sabbiosi <i>Molto consistenti</i>	$\gamma' = 2,00 - 2,05 \text{ t/m}^3$ $\varphi' = 25 - 26^\circ$ $c' = 1,0 - 1,2 \text{ t/m}^2$ $C_U = 10 - 14 \text{ t/m}^2$ $M = 900 - 1.300 \text{ t/m}^2$

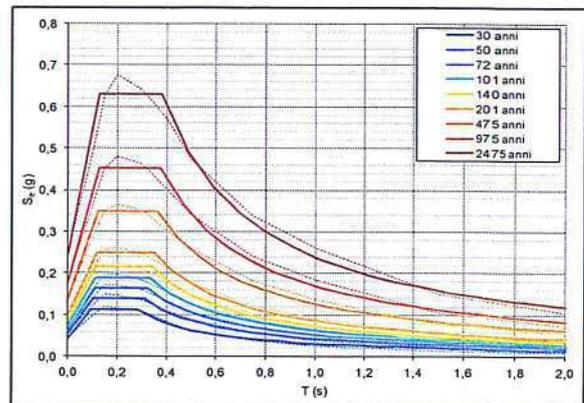
γ' = peso di volume; φ' = angolo di attrito; c' = coesione efficace; C_U = coesione non drenata; M = modulo edometrico



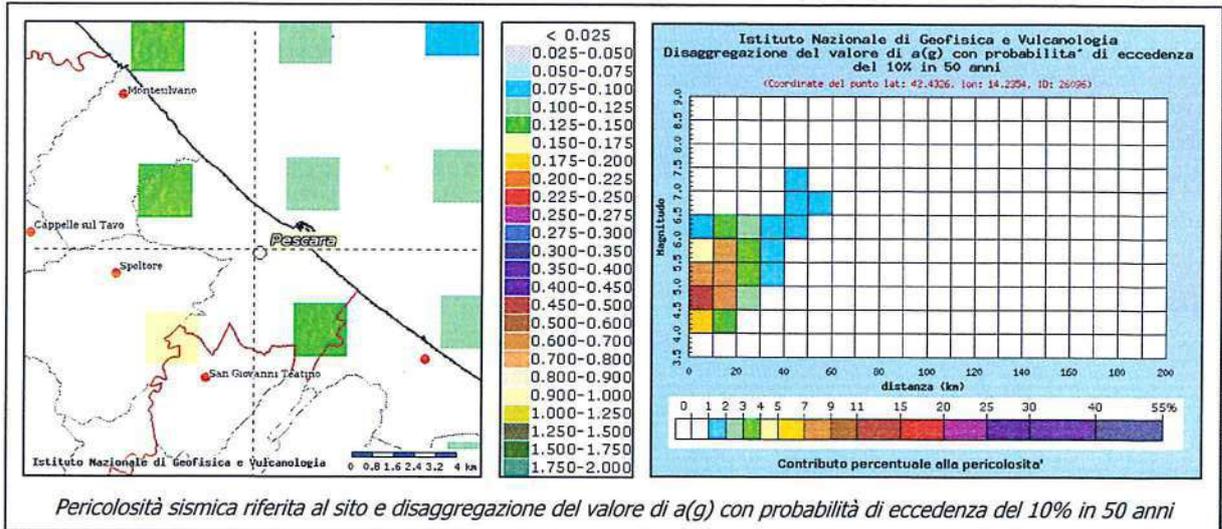
6 MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

Il sito presenta, in accordo con la procedura prevista nell'allegato A del *D.M. 14/01/2008*, i seguenti parametri sismici con i relativi spettri di risposta elastici, che ne definiscono la *pericolosità sismica di base*.

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c [s]
30	0,045	2,464	0,284
50	0,056	2,474	0,309
72	0,066	2,484	0,324
101	0,076	2,484	0,333
140	0,087	2,486	0,342
201	0,100	2,490	0,350
475	0,139	2,505	0,364
975	0,180	2,509	0,377
2475	0,247	2,541	0,381



La disaggregazione della pericolosità sismica (MCGUIRE, 1995; BAZZURRO AND CORNELL, 1999) consente altresì di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. I risultati della disaggregazione della pericolosità sismica sono disponibili sul sito web dell'INGV per tutto il territorio nazionale, con riferimento ai punti del reticolo in cui esso è suddiviso. Per il sito in esame, il sito web dell'INGV fornisce un valore medio di magnitudo **M = 5.42** e distanza epicentrale **d = 19.7 km**.



La MASW (ALL. 3) evidenzia il seguente profilo delle onde di taglio V_s :

Profondità sismostrato (m)	V_s (m/s)
1,0	143
2,3	131
4,0	227
6,2	204
9,1	183
12,8	336
17,6	437
23,9	446
30,0	476



La velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio (da 1 m di profondità) è $V_{S,eq} = 316$ m/s; alla luce di tali valori, delle caratteristiche stratigrafiche e topografiche dei terreni, il sito indagato ha *Categoria di sottosuolo C* e *Categoria topografica T1*.

La misura HVSR (ALL. 4) evidenzia le seguenti frequenze di amplificazione sismica al suolo:

Frequenza (Hz)
3,0
42,7

I picchi sono di lieve ampiezza e sono probabilmente legati a lievi amplificazioni stratigrafiche.



7 VERIFICA A LIQUEFAZIONE

La liquefazione è un processo di accumulo della pressione del fluido interstiziale che causa, in un terreno non coesivo saturo, la diminuzione della resistenza e/o rigidità a taglio a seguito dello scuotimento sismico, con possibile raggiungimento della condizione di fluidità. La perdita totale della resistenza viene raggiunta quando la pressione dell'acqua, che riempie gli interstizi, eguaglia la pressione di confinamento, rendendo nulle le tensioni efficaci trasmesse attraverso le particelle solide.

Ai sensi del § 7.11.3.4.2 del *D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"*, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- 1) Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g.
- 2) Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali.
- 3) Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)60 > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)60$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa.
- 4) Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle Figura 7.11.1(a) ed in Figura 7.11.1(b) del capitolo 7 delle *Norme tecniche per le costruzioni*.

La verifica a liquefazione di un terreno viene effettuata attraverso metodi semplificati che si basano sulla stima di un fattore di resistenza alla liquefazione (F_s):

$$F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

dove CRR (*Cyclic Resistance Ratio*) indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e CSR (*Cyclic Stress Ratio*) la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma.

Il valore di CSR può essere stimato mediante il metodo di *SEED E IDRIS (1971)*:

$$CSR = 0,65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} r_d \frac{1}{MSF}$$

dove a_{max} è l'accelerazione orizzontale al suolo, g è l'accelerazione di gravità, σ_v è la tensione verticale litostatica, σ'_v è la tensione verticale litostatica efficace, r_d è un coefficiente correttivo delle tensioni (funzione della profondità), MSF è un coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma.

Il valore di CRR può essere stimato da prove penetrometriche dinamiche mediante il metodo di *SEED E IDRIS (1982)*:

$$CRR = \frac{Na}{90} \quad Na = N_f + N_{SPT} \left(\frac{1,7}{0,7 + \sigma'_v} \right)$$

dove $N_f = 0$ se $d_{50} > 0,25$ mm o $N_f = 7,5$ se $d_{50} \leq 0,25$ mm, d_{50} è il diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50% (mm), N_{SPT} è il numero di colpi della prova penetrometrica standard e σ'_v è la tensione verticale litostatica efficace (kg/cm^2). Un deposito non è suscettibile a liquefazione se $F_s > 1,3$.



È inoltre importante, al di là dei risultati della verifica, valutare le conseguenze della eventuale liquefazione degli strati sabbiosi, tenendo sempre presente che:

- lo strato liquefacibile deve avere spessore maggiore di 3 m oppure due contorni impermeabili;
- la liquefazione può avere effetti sulle fondazioni superficiali solo se lo strato superficiale non soggetto a liquefazione è più sottile di 3 m.

Nella seguente tabella si riportano i risultati delle verifiche a liquefazione effettuate, a vantaggio della sicurezza, sui terreni saturi con peggiori caratteristiche geotecniche.

Granulometria prevalente	Profondità strato (m)	N_{SPT}	Profondità falda (m)	a_g (g)	Magnitudo	F_s	Liquefazione
Sabbie ($d_{50} > 0,25$ mm)	2,0	3,0	2,2	0,209	5,42	1,15	SI
Sabbie limose ($d_{50} \leq 0,25$ mm)	2,0	3,0	2,2	0,209	5,42	2,96	NO



8 CONCLUSIONI

Lo studio è consistito in un rilevamento geologico e geomorfologico finalizzato all'inquadramento delle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche dell'area interessata dall'opera di progetto; più in particolare, sono state individuate le litologie presenti, l'assetto litostratigrafico e i principali processi morfogenetici in atto e quiescenti. Successivamente sono state realizzate n° 2 prove penetrometriche dinamiche DPSH, n° 1 indagine sismica MASW e n° 1 indagine sismica HVSR, finalizzate alla caratterizzazione stratigrafica, geotecnica e sismica del sito.

Nell'area di studio affiorano i depositi colluviali di riempimento datati *Olocene*, posti a contatto con i sottostanti depositi alluvionali terrazzati del fiume Pescara. In particolare, al di sotto di terreni superficiali di spessore circa metrico, sono presenti alternanze di limi sabbiosi variamente consistenti con la profondità.

Nel sito è presente una falda acquifera superficiale (probabilmente a carattere stagionale) a partire da circa 2,2 m di profondità; è importante ricordare che tale livello piezometrico può evidenziare oscillazioni metriche stagionali ed areali al variare delle condizioni meteorologiche ed idrogeologiche.

Alla luce dei dati emersi dallo studio, si possono trarre le seguenti conclusioni:

- ✓ L'area di studio non è interessata da dissesti ai sensi del *P.A.I.*, quindi non è soggetta ai vincoli di edificabilità previsti dal piano.
- ✓ Il sito è classificato come *ZONA STABILE SUSCETTIBILE DI AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE* ai sensi della *CARTA DELLE M.O.P.S.*
- ✓ Al di sotto dei terreni superficiali di spessore circa metrico, il sito presenta terreni dotati di mediocri caratteristiche geotecniche (dovute alla presenza dei depositi colluviali poco consistenti), con un progressivo miglioramento delle proprietà con la profondità; si precisa che in corrispondenza della prova DPSH 2 (posta al di sotto del fabbricato ubicato a sud-est) è presente uno strato con scarse caratteristiche geotecniche tra 1,2 m e 3,4 m di profondità.
- ✓ Il sito è classificabile sismicamente con *Categoria di sottosuolo C* e *Categoria topografica T1*.
- ✓ I terreni prevalentemente limosi non sono suscettibili di liquefazione mentre i terreni prevalentemente sabbiosi sono suscettibili di liquefazione, nelle attuali condizioni idrogeologiche.
- ✓ Il sito presenta amplificazione sismica al suolo per le frequenze 3,0 Hz e 42,7 Hz; i picchi sono di lieve ampiezza e sono probabilmente legati a lievi amplificazioni stratigrafiche.
- ✓ In caso di opere di scavo, sbancamento e movimento terra si consiglia di verificare ed eventualmente stabilizzare i fronti di scavo.
- ✓ Visto l'assetto geologico-tecnico, si consiglia di accertarsi, in fase di scavo, di poggiare le strutture di fondazione su terreni dotati di medesime caratteristiche litologiche e geotecniche al fine di eliminare o ridurre eventuali futuri fenomeni di cedimento differenziale
- ✓ Si raccomanda di adottare soluzioni progettuali compatibili con le caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche illustrate.



GEOSOIL

Geologia - Geotecnica - Geofisica

Piazza Caduti del Mare, 33/35 - 65126 Pescara

TELEFONO/FAX: 085.2120643

MOBILE: 349.4017738 - Dott. Geol. Christian Palestini

MOBILE: 347.1105362 - Dott. Geol. Alessio Ricciardi

WEB: www.geosoil.it

E-MAIL: info@geosoil.it

Pescara, Maggio 2019.

Dott. Geol. Christian Palestini



Dott. Geol. Alessio Ricciardi



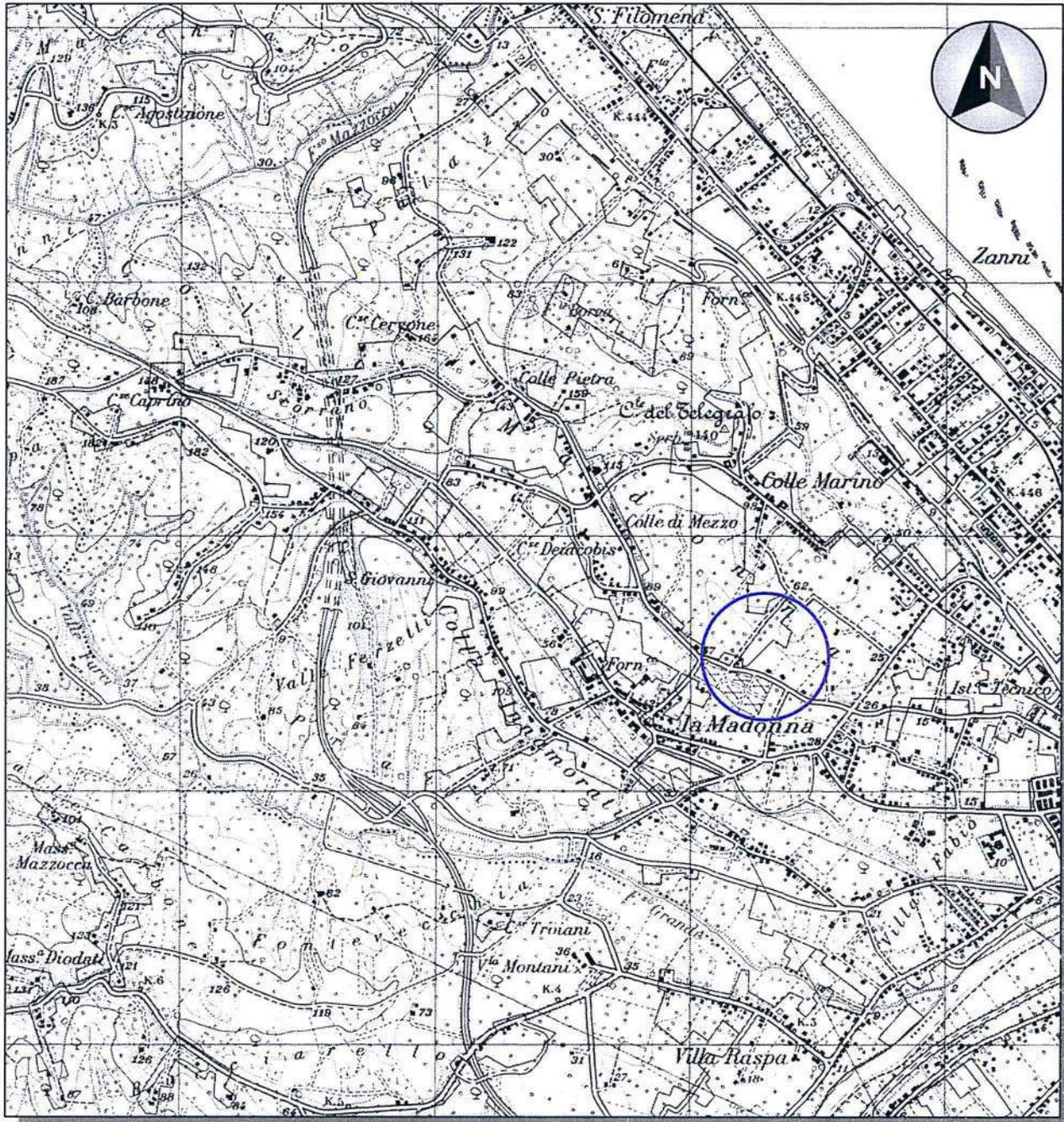
TAVOLE



CARTA TOPOGRAFICA

Scala 1:25.000

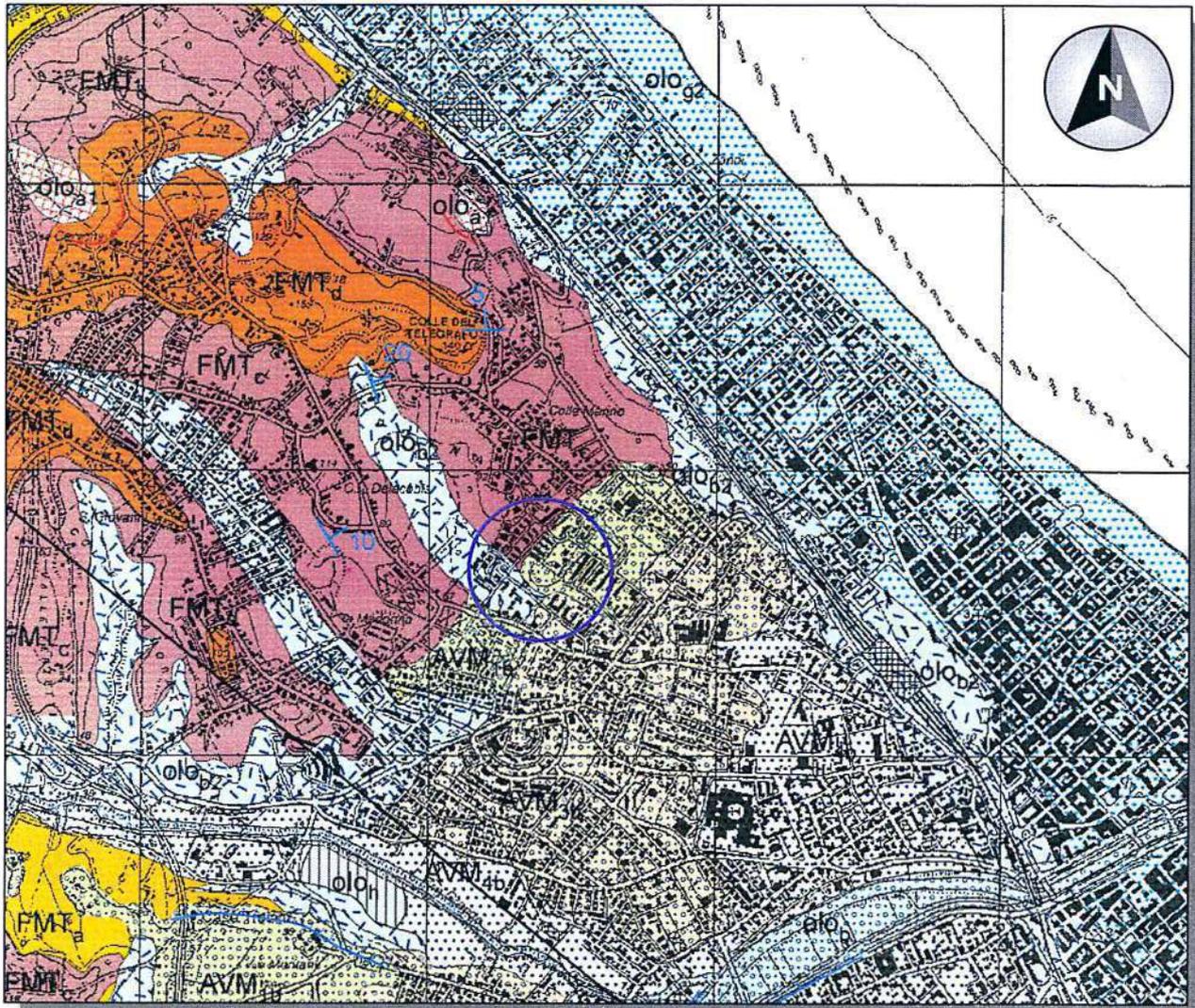
TAV. 1



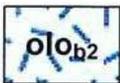
LEGENDA



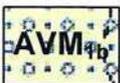
Area di studio



LEGENDA



Coltre eluvio-colluviale - Limi sabbiosi, limi argillosi e sabbie da grigiastri a giallastri a bruno-rossastri con clasti centimetrici arenacei e calcarei dispersi all'interno di materiali fini residuali; sono presenti frequentemente concrezioni calcaree; sono in assetto caotico o disposti in lenti e livelli clino-stratificati conformemente ai versanti.
Olocene



Sintema di Valle Majelama - subsintema di Villa Oliveti - depositi alluvionali

Si tratta di depositi relativi ad ambienti fluviali (posti in sinistra idrografica F. Pescara) costituiti da ghiaie e conglomerati clasto-sostenuti debolmente cementati, con livelli e lenti sabbiosi e ghiaie massive o a stratificazione incrociata a basso angolo; nella parte alta dei depositi divengono prevalenti alternanze di sabbie grossolane e fini con intercalazioni di ghiaie.
Pleistocene superiore

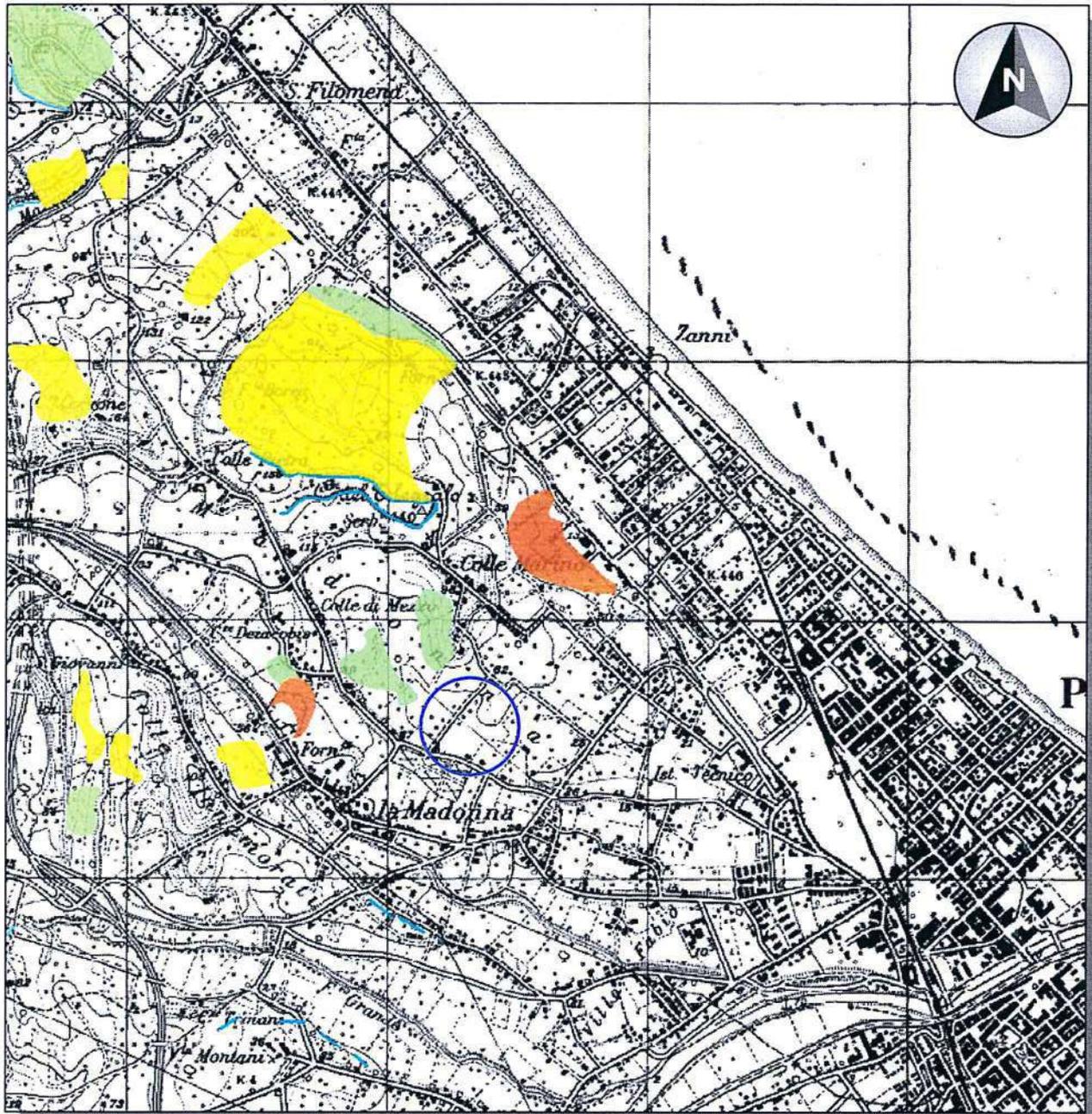


Formazione Mutignano - Associazione sabbioso-pelitica

Alternanza di sabbie e sabbie siltose di colore giallo-ocra, a diverso grado di cementazione, ed argille e argille siltose grigiastre. Lo spessore degli strati sabbiosi aumenta dal basso verso l'alto ed il rapporto sabbia/argilla è circa pari ad 1.
Pliocene superiore p.p. - Pleistocene inferiore p.p.



Area di studio



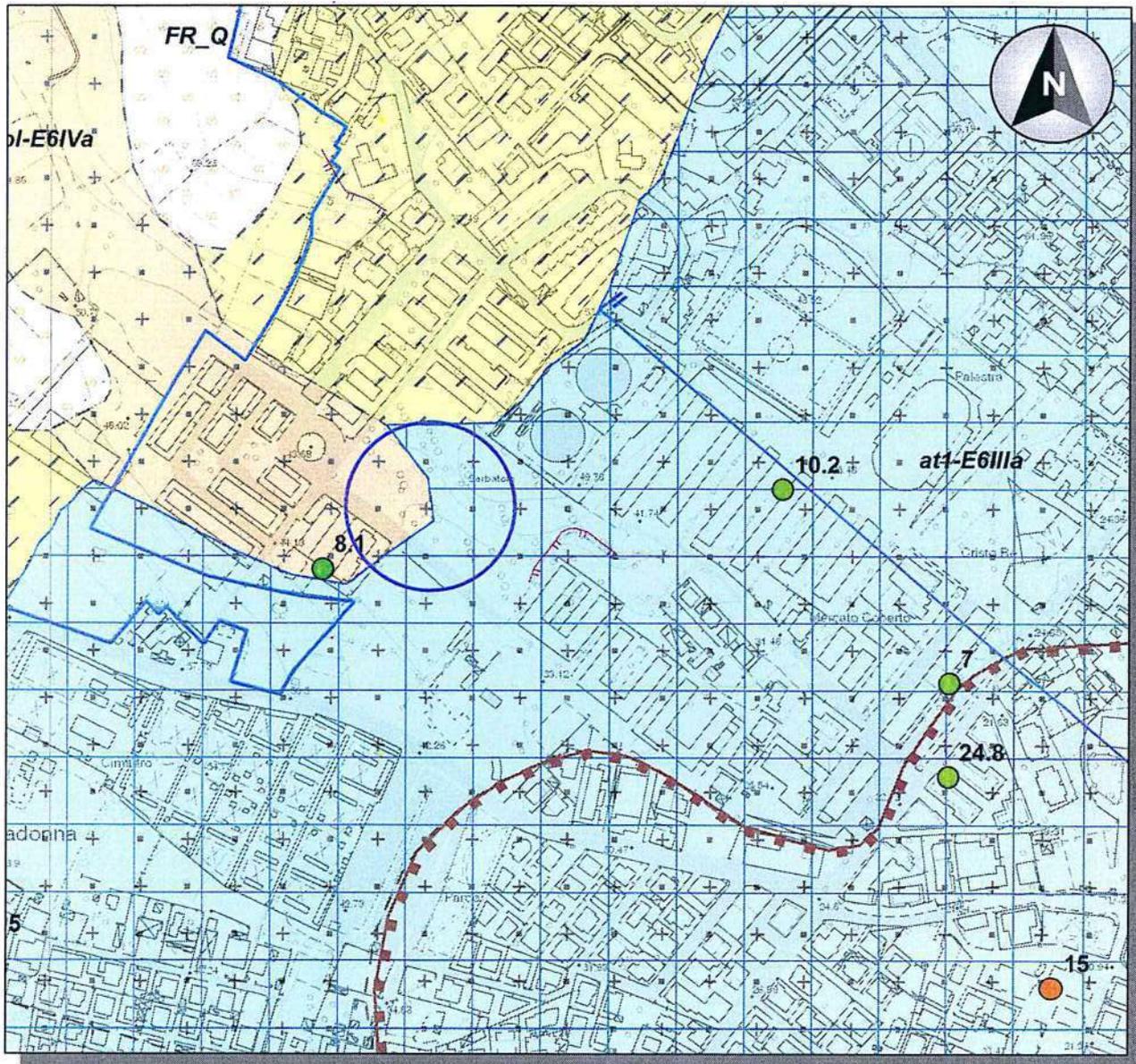
LEGENDA

-  **P1 PERICOLOSITÀ MODERATA**
Aree interessate da Dissesti con bassa possibilità di riattivazione
-  **P2 PERICOLOSITÀ ELEVATA**
Aree interessate da Dissesti con alta possibilità di riattivazione
-  **P3 PERICOLOSITÀ MOLTO ELEVATA**
Aree interessate da Dissesti in attività o riattivati stagionalmente
-  **PS PERICOLOSITÀ DA SCARPATE**
Aree interessate da Dissesti generati da Scarpate
-  Area di studio



CARTA GEOLOGICO-TECNICA
(MICROZONAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI PESCARA)
Scala 1:5.000

TAV. 4



LEGENDA



COL- Coltre eluvio colluviale

Coltre eluvio colluviale composta prevalentemente da sabbie fini, argille e limi con sporadici clasti ghiaiosi. Si rinvengono tipicamente orizzonti con abbondanti nuclei biancastri di riprecipitazione secondaria di carbonato di calcio (Calcinelli). Deriva generalmente dall'azione combinata dell'acqua e della gravità esercitata nei confronti del substrato geologico (FMT). Gli spessori sono compresi tra 3 e 15 m. Età: Olocene.



at1

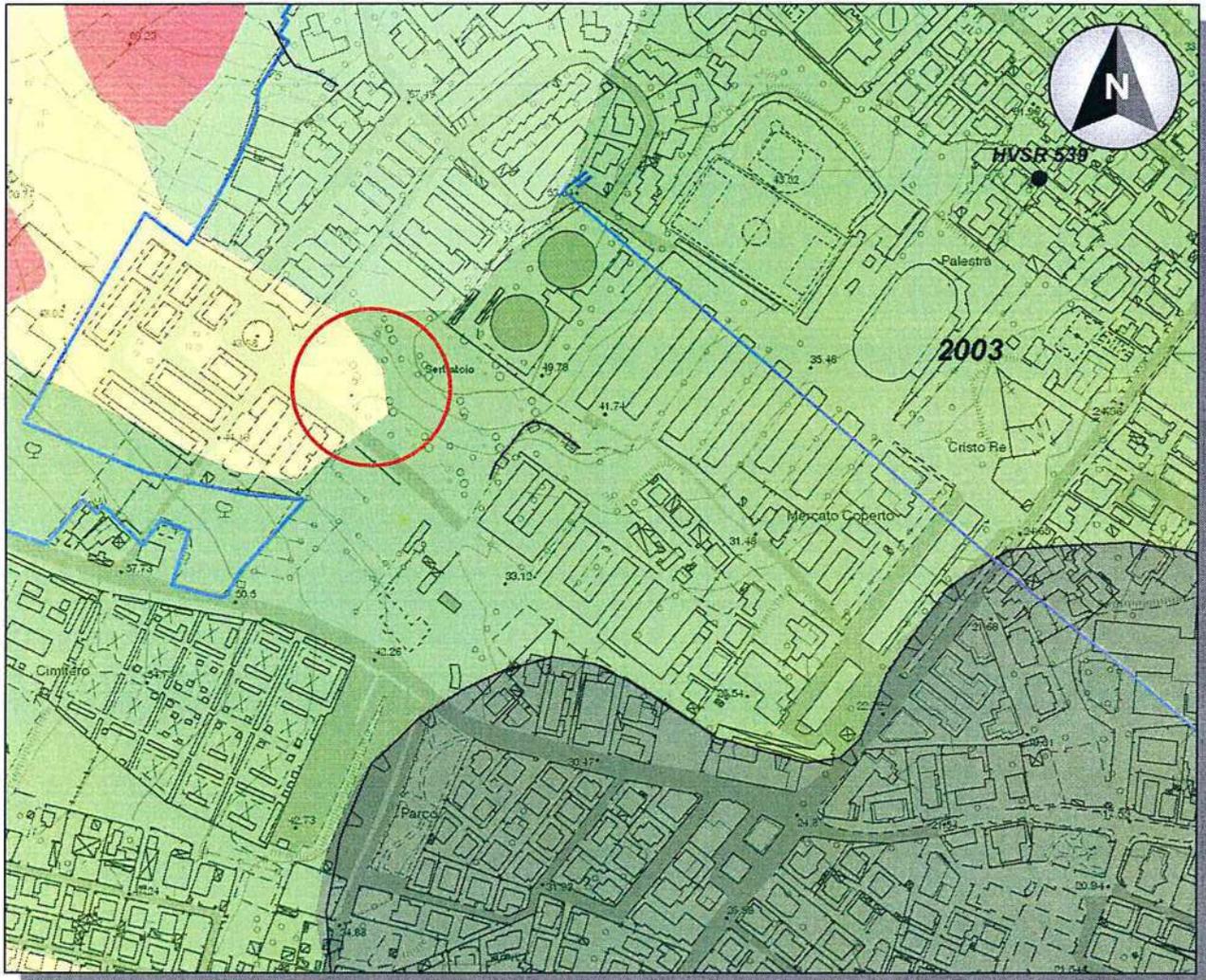
I terrazzi fluviali più antichi (at1 - at2) sono principalmente costituiti da limi sabbiosi ed argille sabbiose moderatamente consistenti. Lo spessore varia dai 5 ai 20 metri. Il passaggio al sottostante substrato marino è in discordanza angolare ed erosivo; avviene in genere con un livello ghiaioso - sabbioso addensato. Età: Pleistocene medio - Pleistocene superiore



Area con falda a profondità dal p.c. < 15 metri



Area di studio

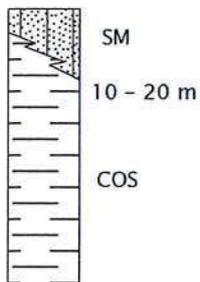


LEGENDA

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

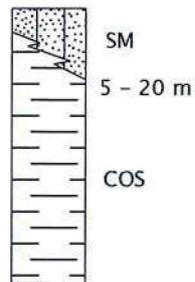
2006

Zona 6



2003

Zona 3



Depositi prevalentemente sabbioso-limoso e sabbioso-argilloso con lenti ghiaioso-sabbiose. Generalmente si presentano da sciolti a poco consistenti/addensati nei livelli ghiaiosi. Nei depositi alluvionali si hanno livelli limoso-torbosi (SM)



Substrato coesivo sovraconsolidato e stratificato. Sedimenti costituiti principalmente da argille grigio-azzurre con presenza di livelli sabbiosi grigi (COS)



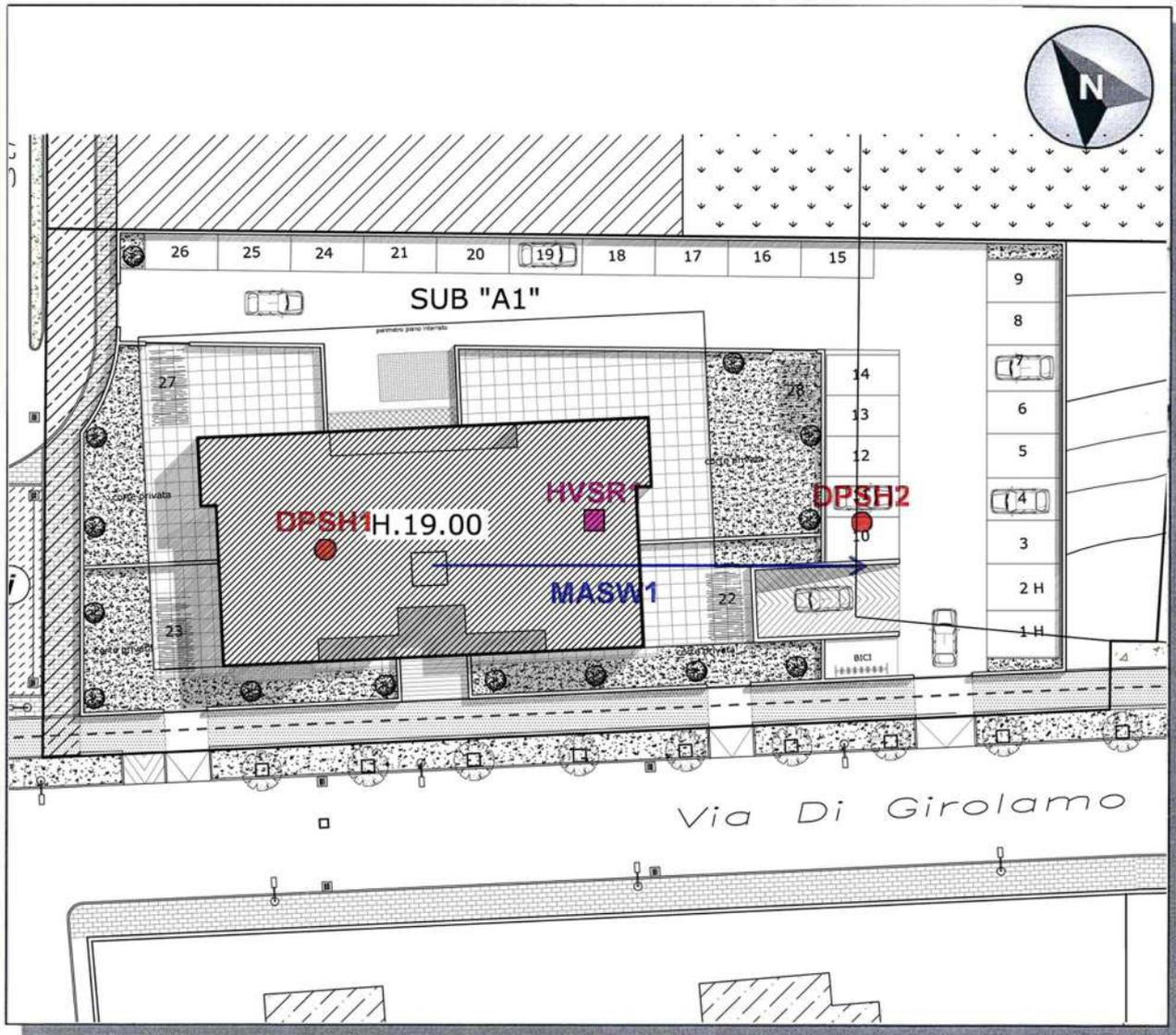
Area di studio



UBICAZIONE INDAGINI

Scala 1:500

TAV. 6



LEGENDA



Prova penetrometrica dinamica



Indagine sismica MASW



Indagine sismica HVSRT

ALLEGATI



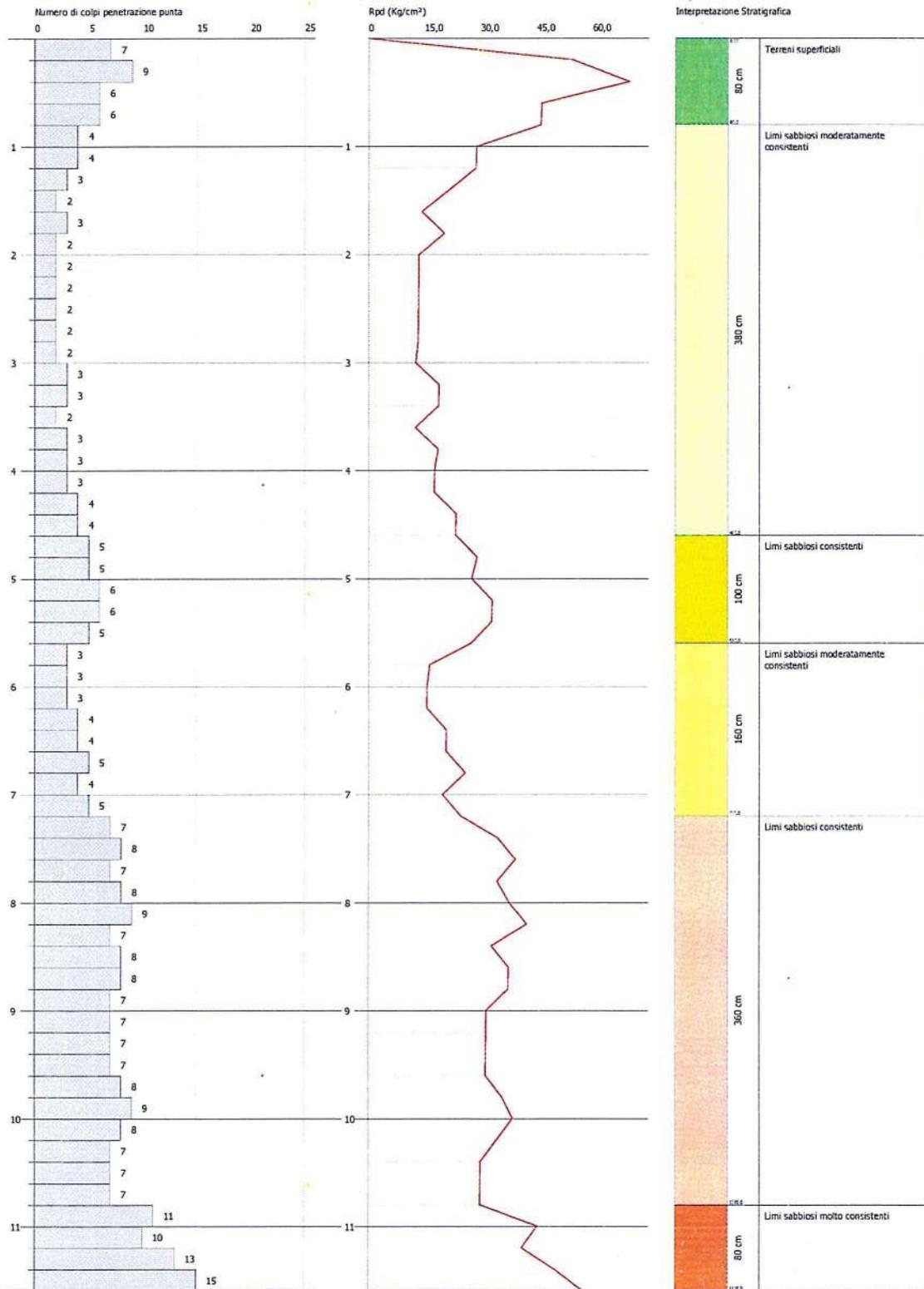
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH1

ALL. 1

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH1
Strumento utilizzato... GEO DEEP DRILL

Committente: Casa Italia S.r.l.
Cantiere: Comparto edilizio Strada Cavallaro - Via Di Girolamo per edifici di edilizia residenziale
Località: Pescara

Data: 16/04/2019





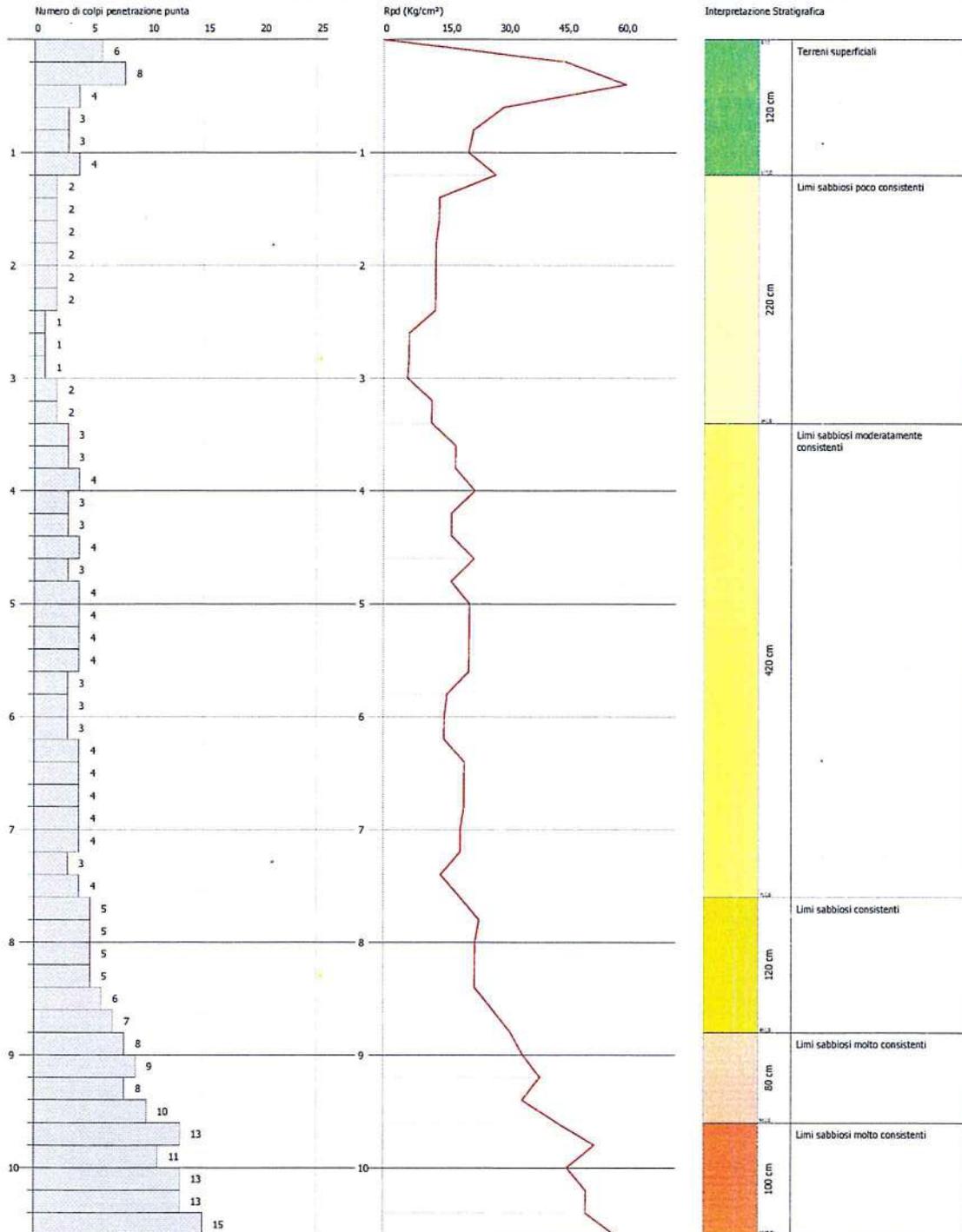
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH2

ALL. 2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH2
Strumento utilizzato... GEO DEEP DRILL

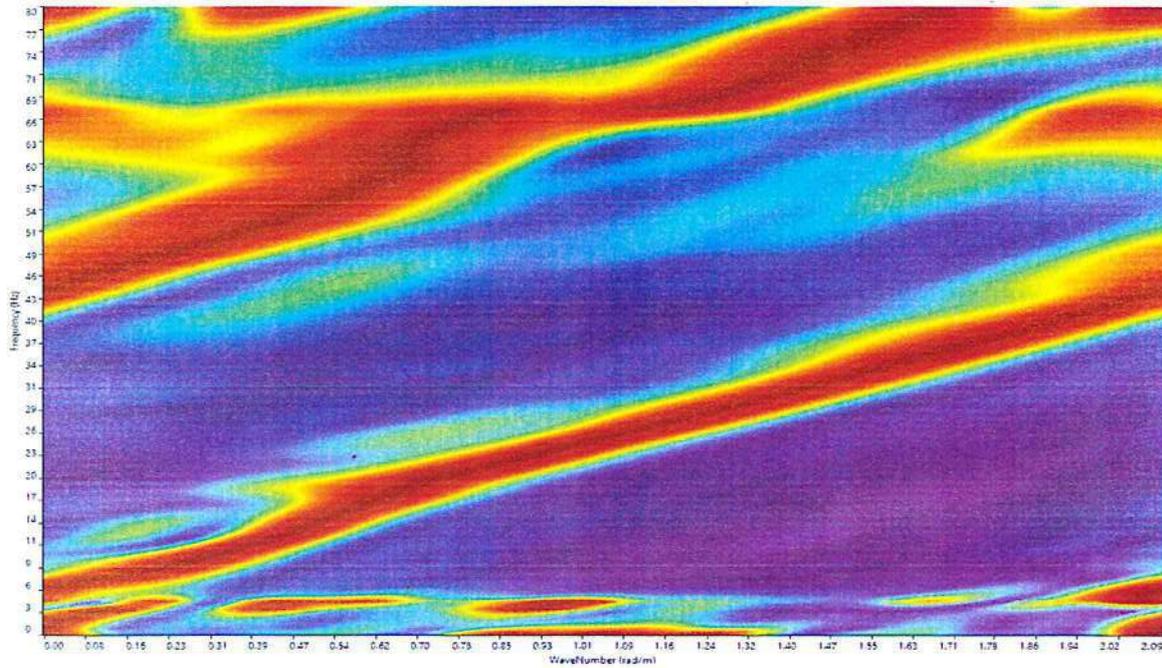
Committente: Casa Italia S.r.l.
Cantiere: Comparto edificio Strada Cavallaro - Via Di Girolamo per edifici di edilizia residenziale
Località: Pescara

Data: 16/04/2019

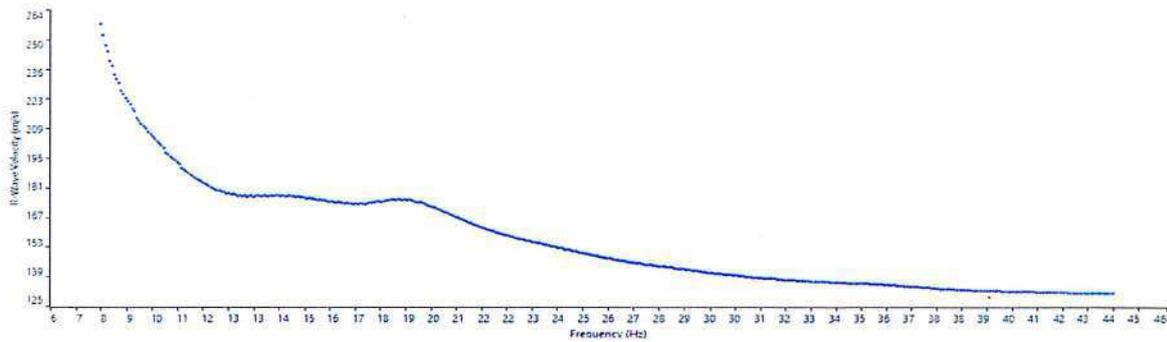




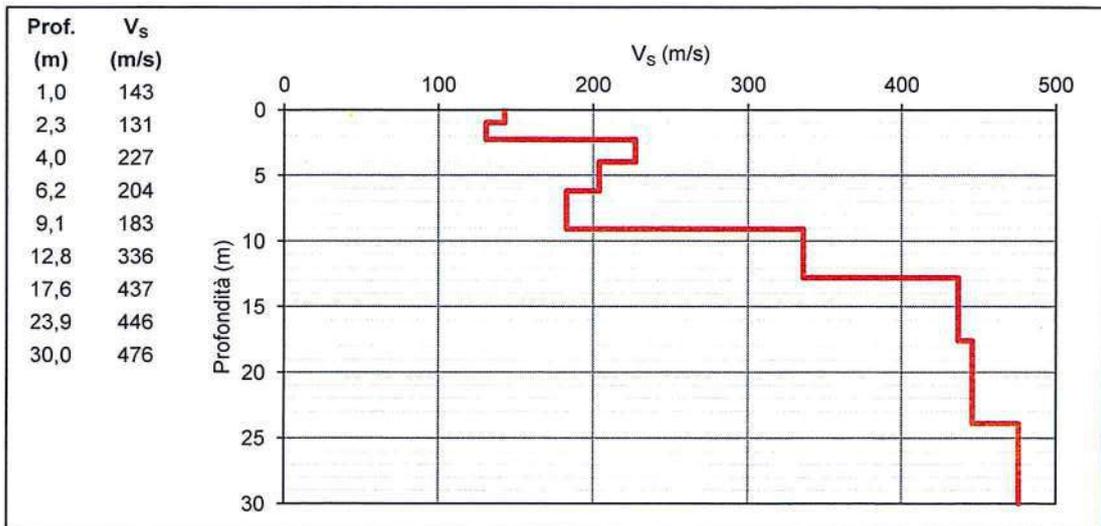
Dominio FK



Curva di dispersione

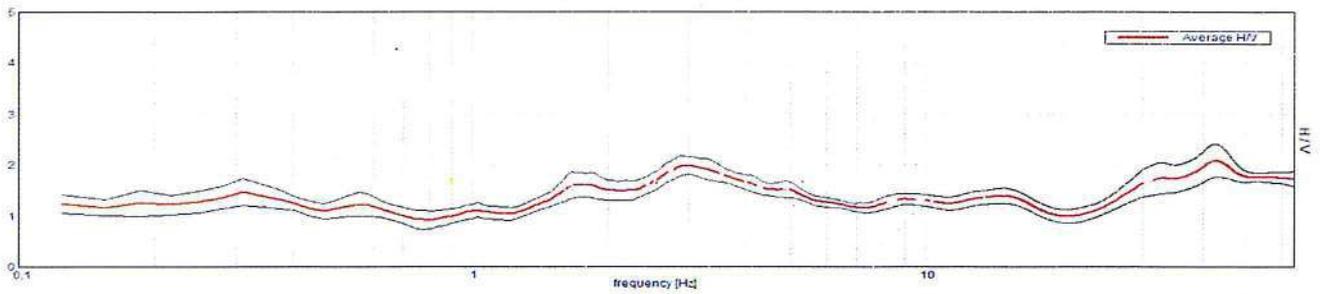


Profilo onde di taglio V_s

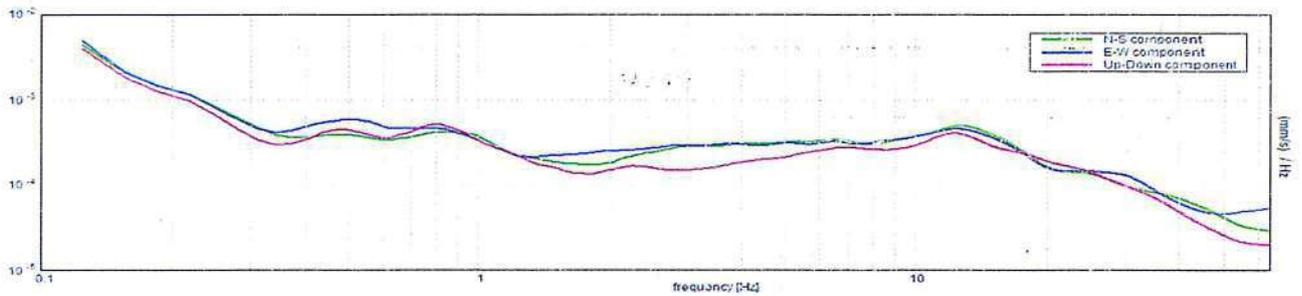




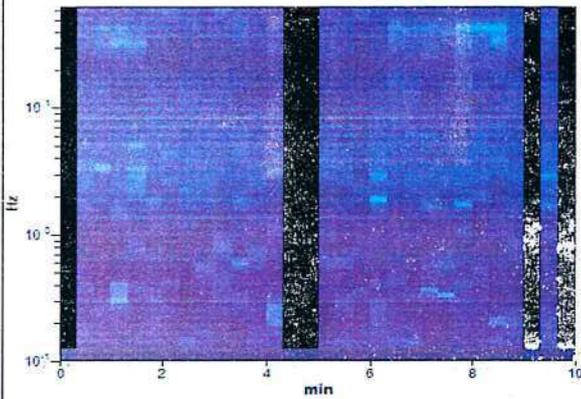
HVSR



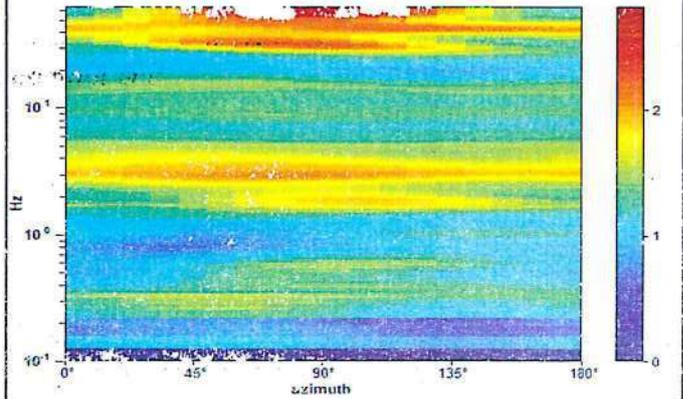
Spettri delle componenti



Serie temporale HVSR



HVSR direzionale



Criteri linee guida SESAME

Picco massimo HVSR (Hz)	42,7
Criteri di affidabilità curva HVSR	
$f_0 > 10 / L_w$	OK
$n_c(f_0) > 200$	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0,5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0,5\text{Hz}$	OK
Criteri di affidabilità picco HVSR	
Esiste f in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f) < A_0/2$	OK
Esiste f' in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f') < A_0/2$	NO
$A_0 > 2$	OK
$f_{\text{picco}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	OK

Comune: Pescara
 Committente: Casa Italia S.r.l.
 Oggetto: Comparto Strada Cavallaro - Via Di Girolamo per edifici di edilizia residenziale
 Data: 16/04/2019

Tromografo: Tromino TRZ-0014/01-09
 Tempo di registrazione: 10 min
 Frequenza di campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 20 s
 Lisciamento: Triangular window 15%

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry, no matter how small, should be recorded to ensure the integrity of the financial statements. This includes not only sales and purchases but also expenses and income. The document further explains that proper record-keeping is essential for identifying trends, managing cash flow, and complying with tax regulations.

In addition, the document highlights the need for regular reconciliation of accounts. By comparing the company's internal records with bank statements and other external sources, discrepancies can be identified and corrected promptly. This process helps prevent errors from accumulating and ensures that the financial data is up-to-date and reliable.

The second part of the document focuses on the classification of assets and liabilities. It provides a detailed breakdown of how different types of assets, such as property, equipment, and inventory, should be valued and reported. Similarly, it outlines the methods for classifying liabilities, including short-term debt and long-term obligations. The document stresses that accurate classification is crucial for providing a clear picture of the company's financial position.

Finally, the document concludes by discussing the role of the auditor in verifying the accuracy of the financial statements. It explains that auditors use various techniques, such as sampling and vouching, to test the company's records and ensure that they conform to the applicable accounting standards. The document also notes that a clean audit opinion is a key indicator of the company's financial health and transparency.