

Comune di Fano

PROVINCIA DI PESARO E URBINO

PROGETTO IN RISTRUTTURAZIONE, CON DEMOLIZIONE, RICOSTRUZIONE E CON L'APPLICAZIONE DEL "PIANO CASA" NELL'IMMOBILE SITO A FANO VIA TITO SPERI N.22

Ubicazione:

Via Tito Speri n°22

Dati Catastali:

Foglio 37, Mappale 2371

Committente:

Alessandro Carloni
Samanta Torcoletti

Professionisti:

Dott. Geol. Matteo Darderì

Dott. Geol. Patrizia Rondoni

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Data	Rev.	Commessa	Rif.
	00	2021	fano via tito sperì

"OPERA DELL'INGEGNO – RIPRODUZIONE VIETATA OGNI DIRITTO RISERVATO – ART.99 L. 633/41".

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 2 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	

INDICE

1	PREMESSA	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
2.1	Normativa di riferimento	5
2.2	Documentazione di riferimento	5
2.3	Bibliografia	5
3	UBICAZIONE	6
4	STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE	9
4.1	Piano stralcio di Assetto Idrogeologico	9
4.2	Piano Regolatore Generale	10
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	11
5.1	Geologia	11
5.2	Geomorfologia	13
5.3	Reticolo idrografico	13
5.4	Idrogeologia	14
6	CAMPAGNA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE	15
6.1	Indagine penetrometrica	16
6.2	Prova geofisica	16
7	RISULTATI DELLE INDAGINI ESEGUITE	18
7.1	Indagine penetrometrica	18
7.2	Prova geofisica	20
7.2.1	Modellazione	20
7.2.2	Determinazione $V_{s,eq}$	21
8	MODELLO GEOLOGICO	22
9	SISMICITÀ	27
10	PERICOLOSITÀ	30
11	CONCLUSIONI	32

ALLEGATI:

- 1 – Diagrammi e tabulati penetrometrici
- 2 – Indagine geofisica HVSR

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 4 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	

Partendo dalle informazioni geologiche disponibili in letteratura scientifica e negli strumenti di pianificazione per la zona in oggetto ed utilizzando i risultati di una campagna di indagini geognostiche appositamente eseguite nel lotto è stato possibile definire i modelli geologico e sismico necessari all'elaborazione di quello geotecnico che, sviluppato dal Progettista delle strutture, permetterà la verifica ed il dimensionamento delle opere.

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 5 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa di riferimento

- Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.42 del 20.2.2018.
- Circolare n.7 del 21 gennaio 2019: Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n. 30.
- Circolare 02.02.2009, n. 617 - Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14.01.2008.
- D.M. 11.03.1988 “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”, G.U. 01.06.1988, n. 127. S.O.
- Circolare 09.01.1996 n. 218/24/3 del Ministero dei lavori pubblici “L. 02.02.1974, n. 64. Decreto del Ministro dei lavori pubblici 11.03.1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica”, G.U. 29.02.1996, n. 50.

2.2 Documentazione di riferimento

- Piano stralcio di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Marche.
- Piano Regolatore Generale del Comune di Fano.
- ITHACA catalogo delle faglie capaci - Servizio Geologico d'Italia – ISPRA.

2.3 Bibliografia

- Carta Geologica d'Italia 1:50'000, Foglio 269 “Fano”.
- Carta Geologica Regionale 1:10'000, Sezione 269130 “Fano”.
- Note illustrative della Carta Geologica D'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 269 “Fano”.
- Piano Tutela Acque (PTA) della Regione Marche.

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 6 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	

3 UBICAZIONE

L'area esaminata si ubica a Fano in via Tito Speri civico n°22, a sud rispetto al centro cittadino, ad una quota di ca. 15 m. sul livello del mare.

Le coordinate del punto di intervento sono, nel sistema WGS84: Longitudine 13.019188°, Latitudine 43.834197.

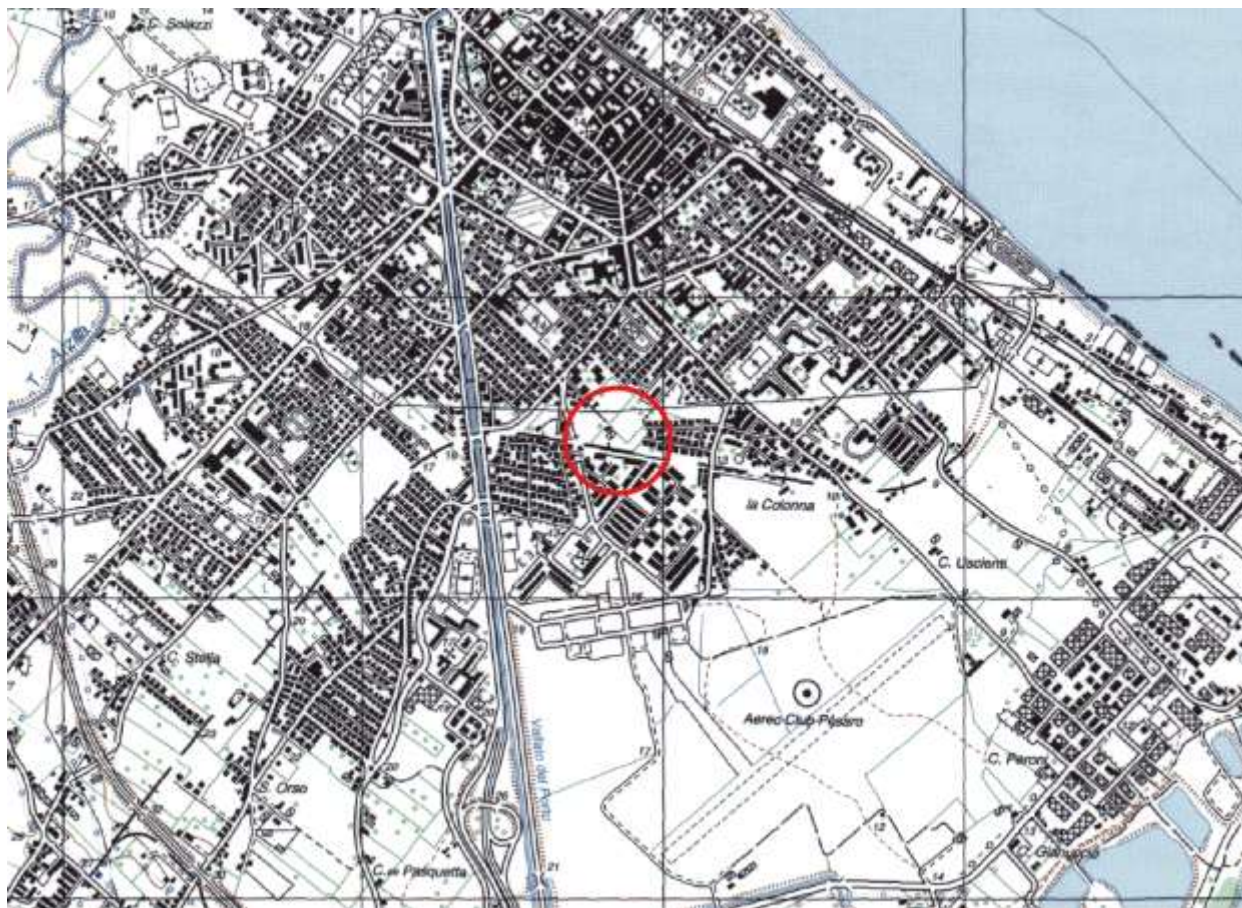


Figura 3.1: Inquadramento della zona di intervento (cerchio rosso) nella cartografia alla scala 1:25.000

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 7 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	

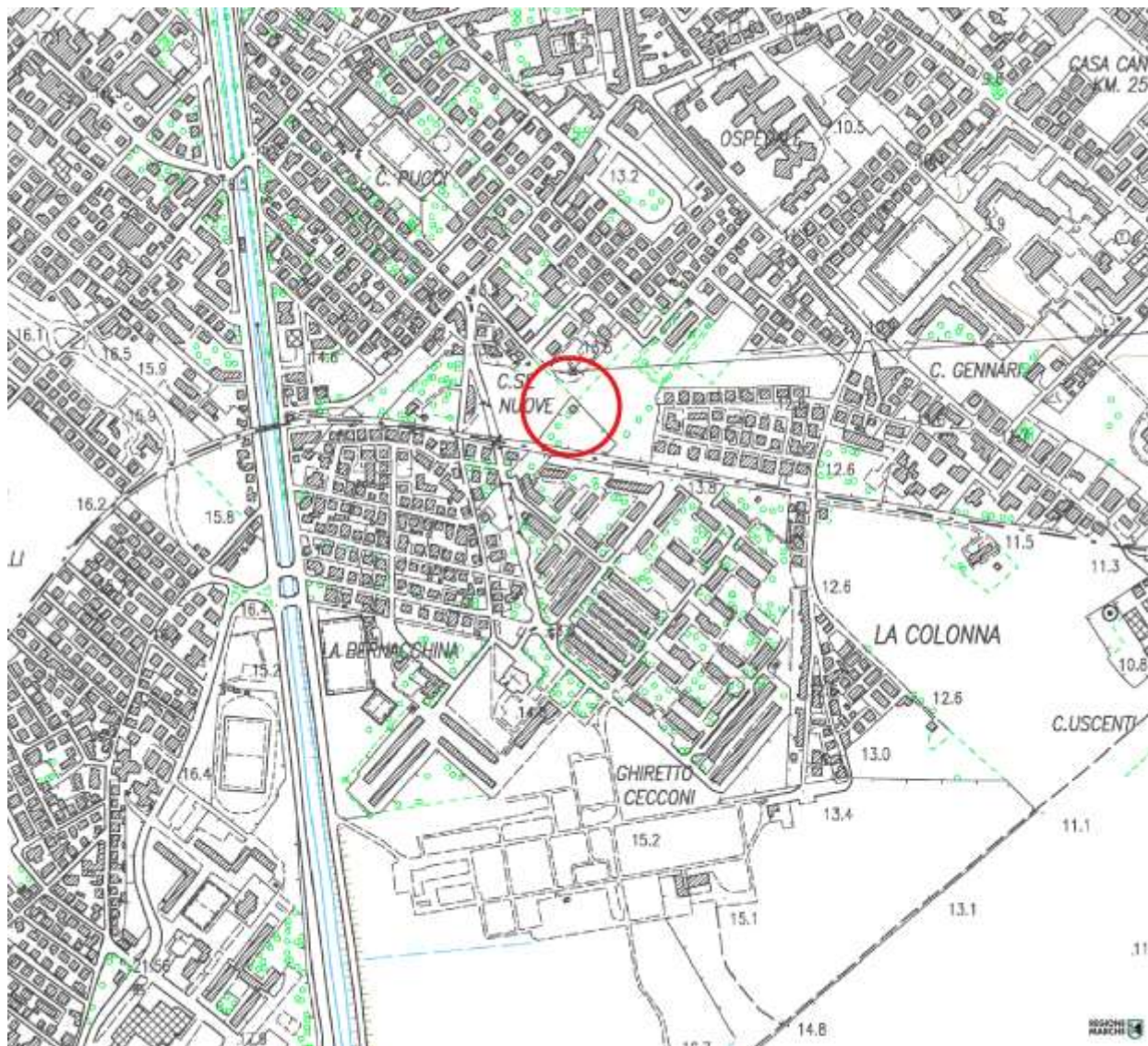


Figura 3.2: Inquadramento della zona di intervento nella cartografia alla scala 1:10.000 – Sez. 269130 “Fano”

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 8 / 40
	Identificazione documento				
	RGS	Oggetto: Relazione Geologica	Rev.	0	



Figura 3.3: Ripresa aerea dell'area (Google) con indicazione della zona di intervento.

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 9 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	

4 STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE

Nel seguito si riportano le cartografie del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Marche e del Piano Regolatore Generale del comune di Fano.

4.1 Piano stralcio di Assetto Idrogeologico

Il Piano stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Marche non indica per la zona interessata dall'intervento alcuna perimetrazione di pericolosità. Nella figura che segue si evidenziano le aree a rischio di esondazione; quelle più prossime al lotto in questione risultano ad oltre 1.6 km in direzione ovest legata alla dinamica fluviale del Torrente Arzilla e a più di 2 km in direzione est legate alla dinamica del Fiume Metauro.



Figura 4.1: rappresentazione delle zone a rischio esondazione così come individuate nel P.A.I. dell'Ex Autorità di Bacino della Regione Marche (scala 1:25.000).

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 10 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	

4.2 Piano Regolatore Generale

La carta delle pericolosità geologiche del Piano Regolatore Generale del Comune di Fano (Tavola S1.2) non indica alcuna perimetrazione per l'area di progetto.



Figura 4.2: estratto della Tavola S1.2 "Carta delle pericolosità geologiche" del PRG comunale (scala 1:10.000)

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 11 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

5.1 Geologia

Il territorio preso in esame si situa nella piana alluvionale del Fiume Metauro, nella fascia prossima a quella costiera.

Strutturalmente la zona è interessata da un sistema di pieghe e sovrascorrimenti con assi generalmente orientati NW-SE; sono presenti anticlinali asimmetriche per lo più fagliate a vergenza orientale alle quali si alternano sinclinali più strette; tali strutture interessano sedimenti prequaternari di origine marina in facies argilloso-sabbiosa (Formazioni Mio-Plioceniche).



Figura 5.1: Schema tettonico area in esame tratto da: "Il bacino del Metauro" - Selli, 1954

In particolare il sito d'intervento è posto nella piana alluvionale del Fiume Metauro, in sinistra idrografica, dove i terreni presenti sono costituiti da depositi continentali che per la loro altezza sul thalweg del corso d'acqua, possono essere attribuiti alle alluvioni terrazzate del III° ordine (Pleistocene sup.-medio). Il materasso alluvionale è costituito in prevalenza da depositi ghiaiosi grossolani e sabbiosi, intercalati a lenti e lingue argilloso-limose; lo spessore del materasso alluvionale nella zona in esame è di circa 30 m (Elmi et alii, 1981).

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 12 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	

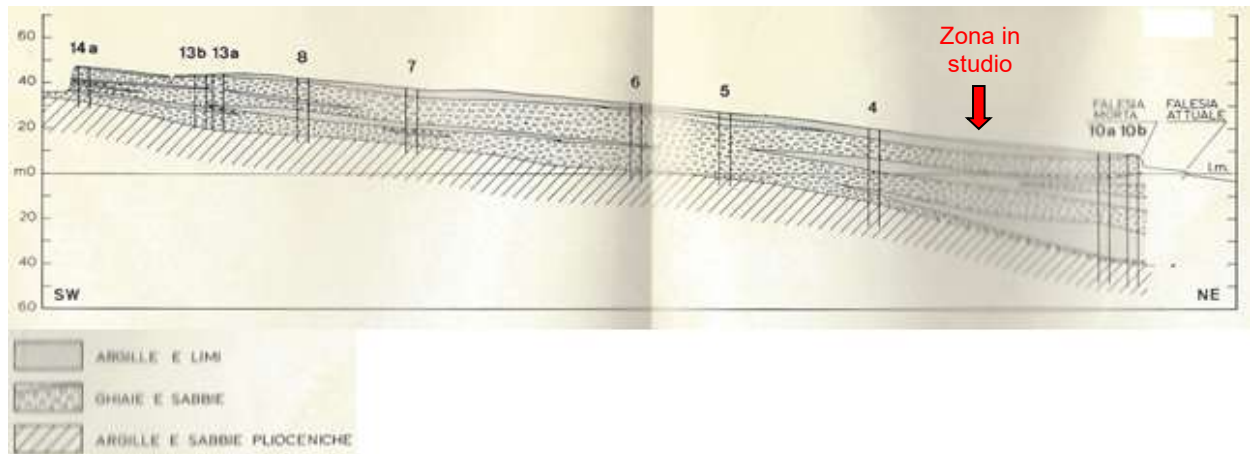
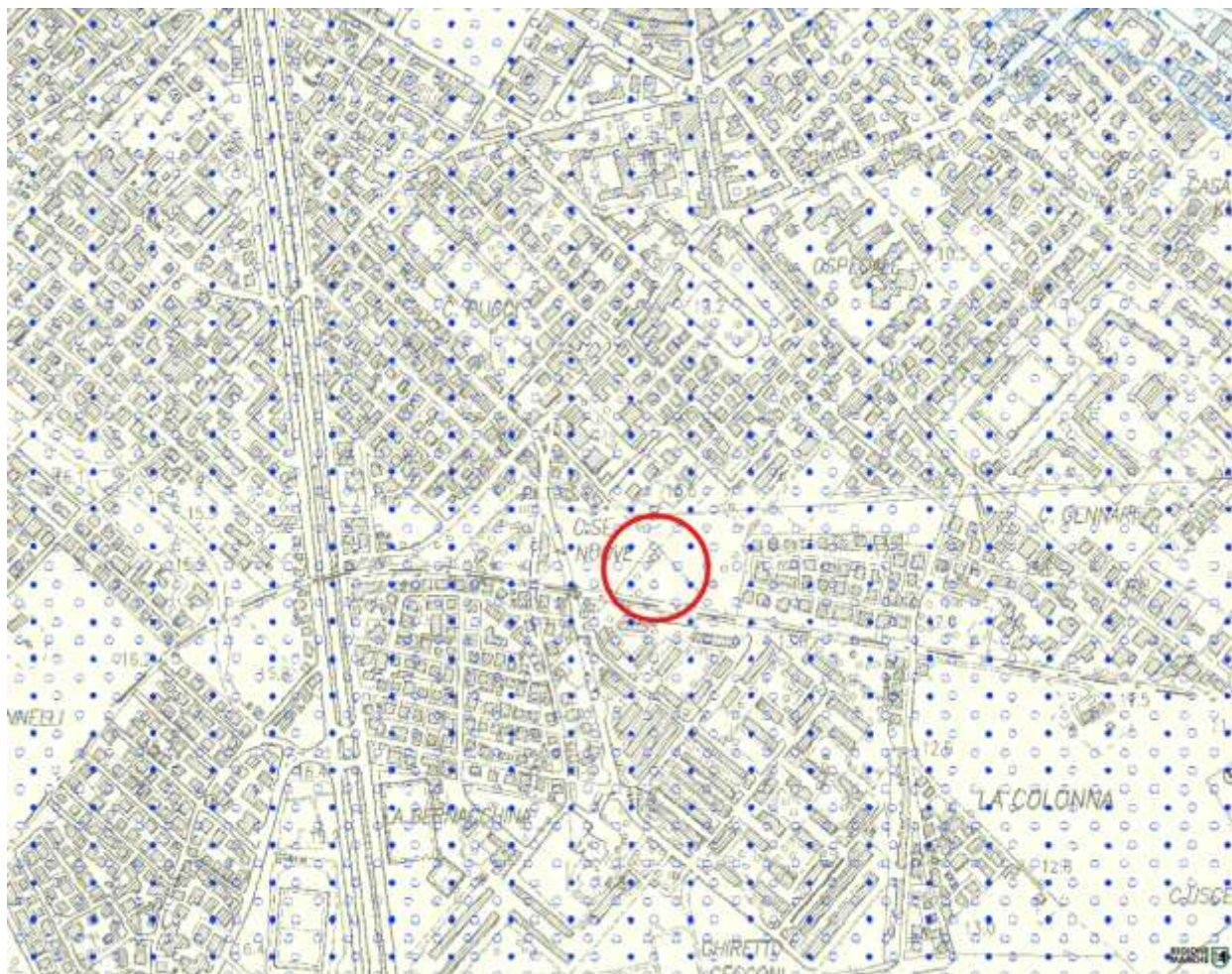


Figura 5.2: Sezione longitudinale della pianura del F. Metauro (tratto da: "Ricerche geologiche e idrogeologiche nella bassa valle del F. Metauro" – Elmi, Francavilla, Merelli 1981).

Al di sotto dell'orizzonte di depositi continentali si rinviene il substrato di origine marina formato da sedimenti pliocenici argilloso-marnosi talora con subordinati livelli sabbiosi.

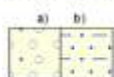
Il territorio in studio ricade nella sezione 269130 "Fano" della Carta Geologica Regionale in scala 1:10.000 di cui nel seguito si riporta uno stralcio.

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 13 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	



DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

SISTEMA DI MATELICA (PLEISTOCENE SUPERIORE)



MTIbn

Depositi alluvionali terrazzati

a) ghiaie prevalenti associate a subordinate sabbie, limi ed argille

b) argille, limi e sabbie associate a subordinate ghiaie

Figura 5.3: Carta Geologica Regionale, Sezione n° 269130 "Fano" – Scala 1:10.000 – Il cerchio rosso indica la zona di interesse

5.2 Geomorfologia

L'intervento si posiziona in una zona in cui si alternano aree antropizzate e campi agricoli relitti; l'area di progetto, sostanzialmente pianeggiante, attualmente non manifesta problematiche geomorfologiche.

5.3 Reticolo idrografico

L'area di progetto ricade nella piana alluvionale del Fiume Metauro, che scorre a circa 2.5 km a SE dal lotto di intervento. A circa 400 m in direzione ovest è invece presente il corso del Vallato

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 14 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	

del Porto. Sono inoltre presenti fossi e canalette temporanee delle zone agricole; nell'area di intervento e in un suo immediato intorno non sono presenti corsi d'acqua.

5.4 Idrogeologia

I sedimenti ghiaioso-sabbiosi del materasso alluvionale del F. Metauro rappresentano un mezzo poroso in cui si instaura una falda sostenuta dai litotipi sostanzialmente impermeabili del substrato geologico. La falda principale mostra un livello che si posiziona nella zona in oggetto a circa 8 m di profondità dal piano campagna (livello misurato a maggio 2018 nel pozzo presente nella proprietà).

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 15 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	

6 CAMPAGNA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per definire il modello geologico e quello sismico del sito d'intervento e per caratterizzare l'immediato sottosuolo dal punto di vista litologico e geomeccanico, è stata effettuata una campagna di indagini consistente nella realizzazione di prove penetrometriche lungo due verticali e nella esecuzione di una prova geofisica a stazione singola.



Figura 6.1: Planimetria con la posizione delle Indagini geognostiche eseguite

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 16 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	

6.1 Indagine penetrometrica

In data 13/06/2018 sono state realizzate due prove statiche con punta meccanica (CPT) fino alla profondità in cui l'addensamento dei litotipi ne ha impedito la prosecuzione. Per le indagini sono state utilizzate attrezzature con le seguenti caratteristiche:

Mezzo di spinta "Pagani" Tg63 100

Geometria punta (Begemann):

- diametro di base del cono 35.7 mm

- angolo di apertura del cono 60°

- area di base del cono 10 cm²

- area laterale del manicotto 150 cm².

I valori di resistenza all'avanzamento della punta e del manicotto, misurati su ogni tratto di 20 cm, vengono visualizzati su display e registrati manualmente.



Figura 6.2: mezzo utilizzato per la realizzazione delle prove penetrometriche.

La tabella seguente indica le profondità raggiunte nelle prove eseguite mentre in allegato vengono riportati i tabulati ed i grafici da esse ottenuti.

Prova	Max profondità	Tipo prova
P1	6.2 m	CPT
P2	5.6 m	CPT

6.2 Prova geofisica

L'indagine geofisica, finalizzata a caratterizzare il sito di intervento dal punto di vista sismico e a stimare il profilo della velocità delle onde di taglio (Vs) per fornire la categoria di suolo di

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 17 / 40
	Identificazione documento				
	RGS	Oggetto: Relazione Geologica	Rev.	0	

fondazione secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 è consistita nella esecuzione di una prova sismica passiva a stazione singola (HVSr) eseguita in data 13 giugno 2018.

La prova utilizza la tecnica a stazione singola H/V (rapporto tra le componenti orizzontali e verticali del moto); una tecnica di esplorazione del sottosuolo che consiste nel registrare il microtremore sismico ambientale in un punto di prova per alcuni minuti tramite strumenti (velocimetri) opportunamente sensibili e nel ricavare il rapporto tra le componenti orizzontali e verticali. È una tecnica di sismica passiva che sfrutta il microtremore ambientale (altrimenti detto rumore sismico) cioè l'insieme di tutte le oscillazioni con accelerazioni molto piccole (ca. 10^{-15} m/s²) presenti ovunque sulla superficie terrestre (dinamismo della Terra, fenomeni atmosferici, attività antropica).

La prova passiva del tipo HVSr è stata eseguita con un tromografo digitale (TROMINO, della Ditta Micromed S.p.A.). Lo strumento è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) che registrano lungo le direzioni N-S, E-W e verticale e i dati immagazzinati vengono elaborati dal software "Grilla".



Figura 6.3 : tromografo utilizzato per la registrazione sismica

In allegato vengono riportati gli esiti della prova sismica.

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 18 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	

7 RISULTATI DELLE INDAGINI ESEGUITE

7.1 Indagini penetrometriche

I valori di resistenza all'avanzamento della punta del penetrometro statico (Q_c) mostrano in entrambe le prove un livello più superficiale (fino a 4.6 m di profondità) caratterizzato da valori di Q_c molto inferiori di quelli registrati inferiormente.

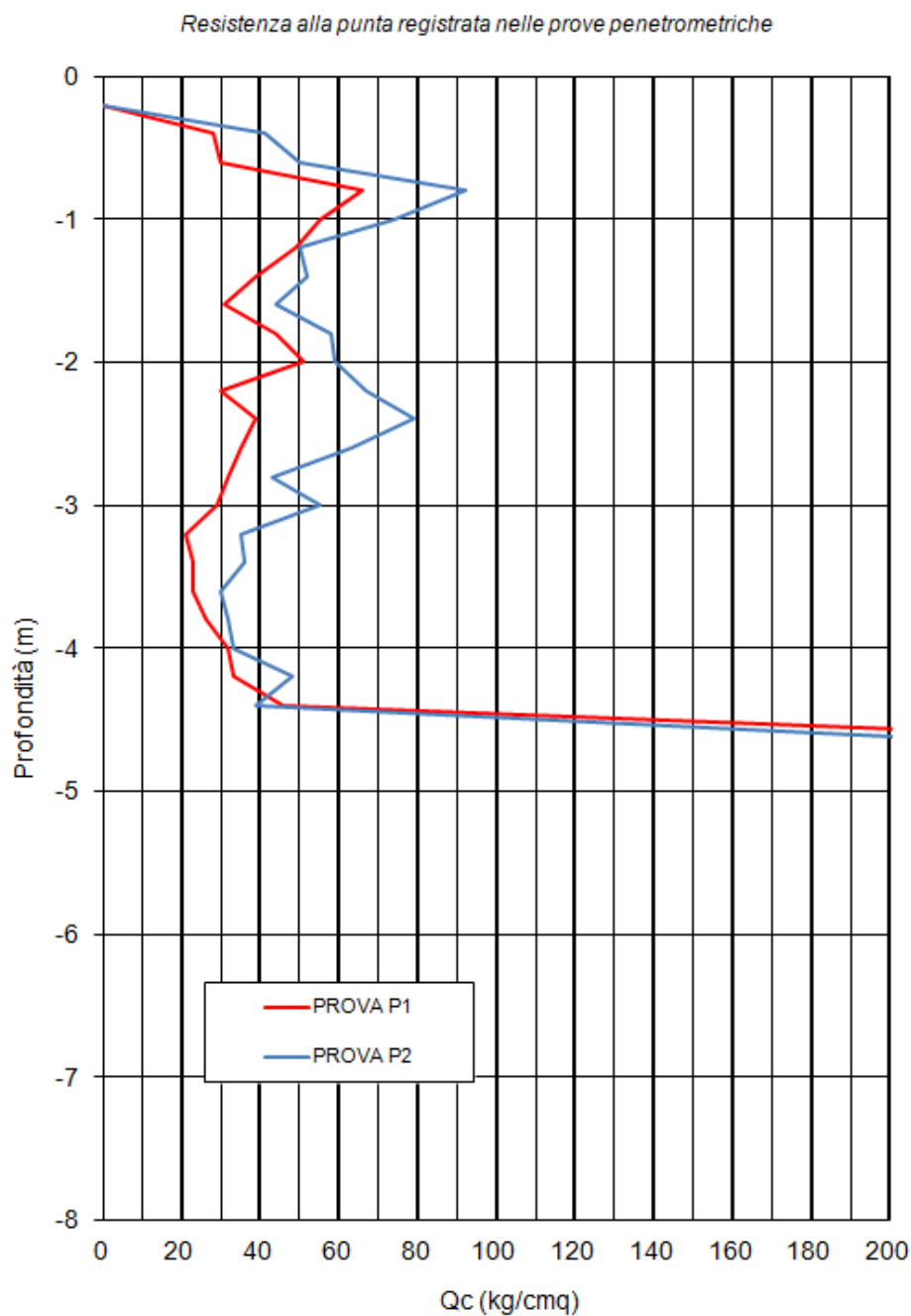


Figura 7.1: Valori di Q_c registrati dalle prove penetrometriche statiche (CPT)

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 19 / 40
	Identificazione documento				
	RGS	Oggetto: Relazione Geologica	Rev.	0	

I rapporti tra i valori di resistenza all'avanzamento della punta (Q_c) e del manicotto (F_s) del penetrometro statico, forniscono una stima della natura litologica dei terreni investigati. La figura seguente riporta quanto ottenuto dalle prove.

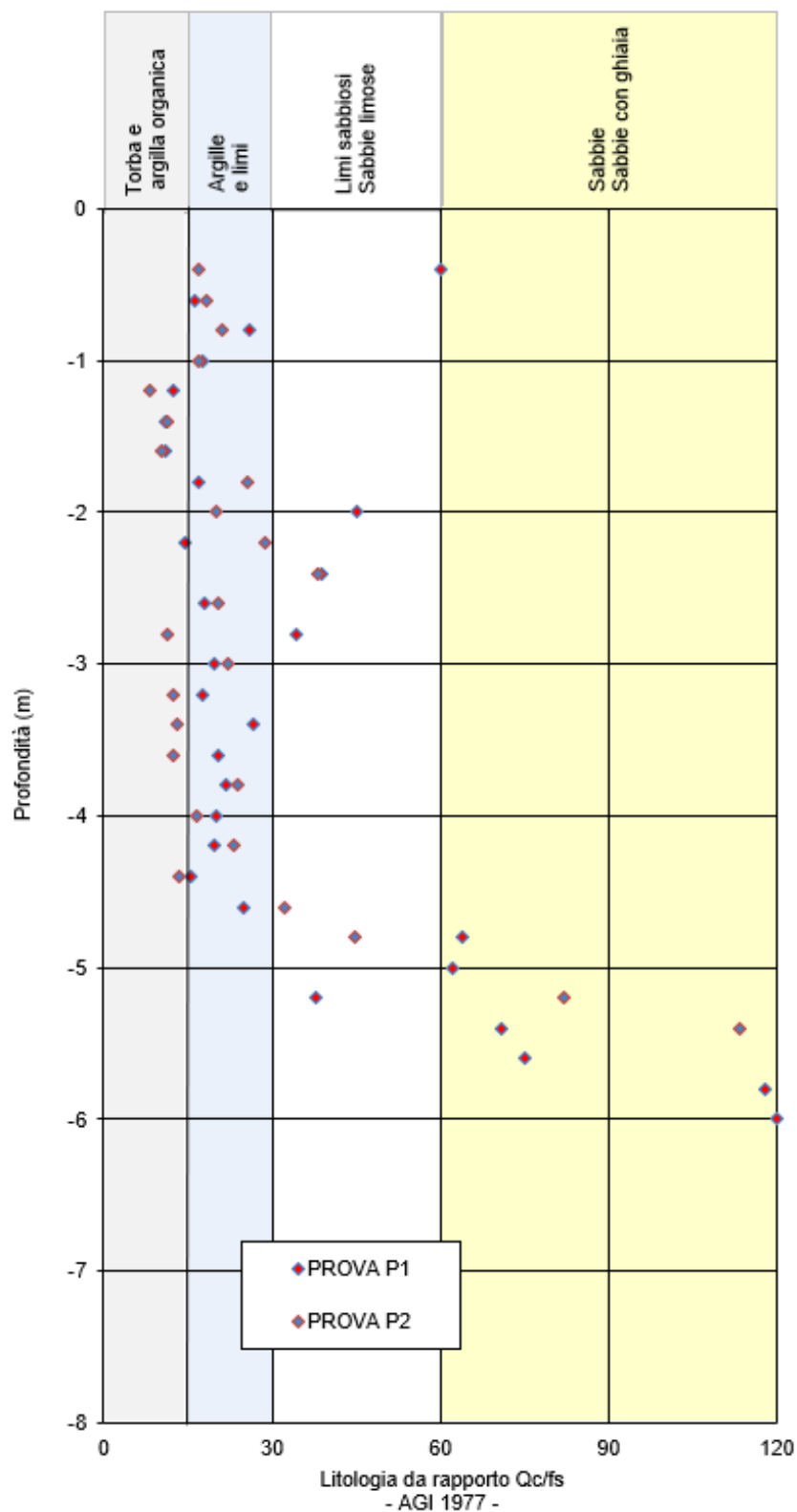


Figura 7.2: Litologia desunta dai rapporti tra Q_c e f_s delle prove penetrometriche statiche (da correlazione A.G.I. 1977).

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 20 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	

7.2 Prova geofisica

Dalla registrazione del rumore sismico ambientale della prova è stata ricavata la curva H/V e le relative curve degli spettri raffiguranti le componenti N-S, E-O e Up-Down riportate sotto.

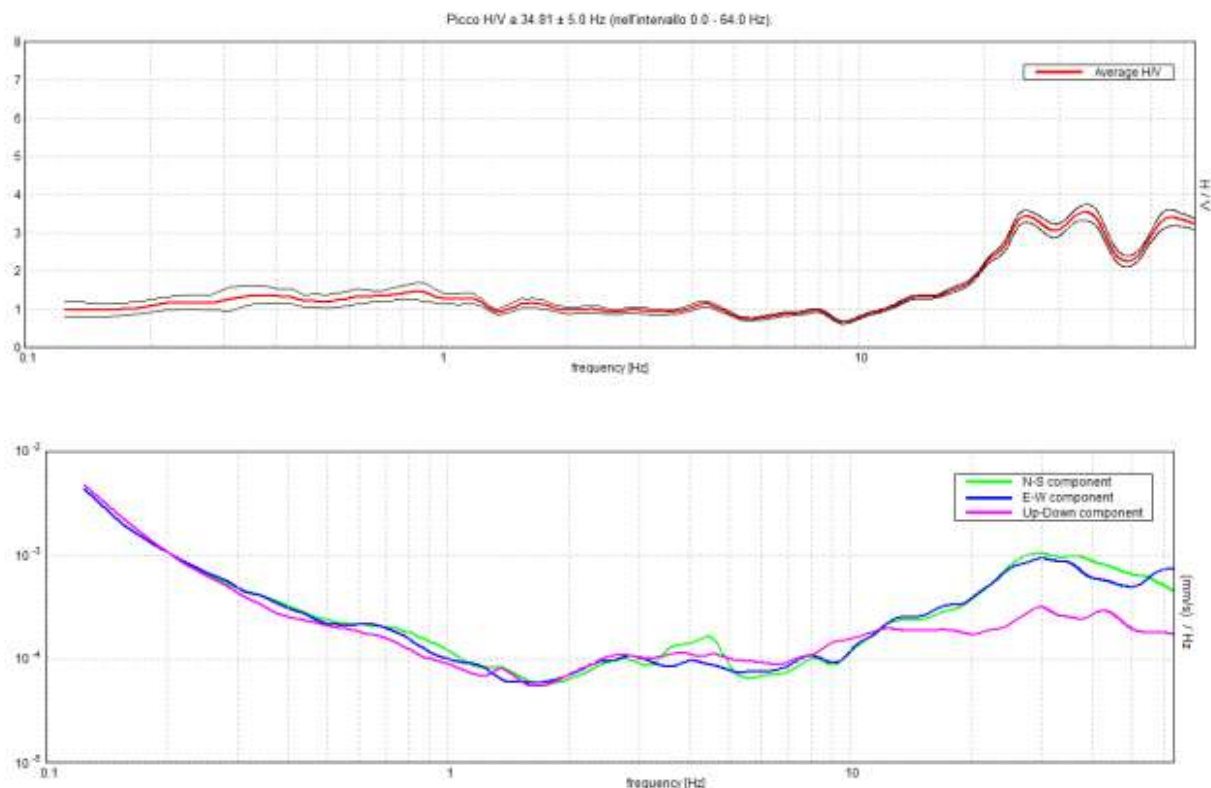


Figura 7.3: Curve ottenute dall'indagine geofisica passiva a stazione singola

7.2.1 Modellazione

Per l'interpretazione sismica del sito si è partiti dalla curva H/V registrata con lo strumento e dalla conoscenza stratigrafica derivata dall'indagine geognostica puntuale e dai dati della letteratura scientifica.

Utilizzando la formula $F_r = V_s/4H$ che permette di ottenere una relazione tra frequenza di risonanza del terreno (F_r – ricavata dalla curva H/V), profondità (H – spessore dello strato superiore tra i due che generano il picco di risonanza) e velocità delle onde di taglio (V_s) è possibile creare un modello di sintesi (processo chiamato inversione della curva H/V, che contempla la propagazione delle onde di Rayleigh e di Love nel modo fondamentale e superiore dei sistemi multistrato) la cui curva nel grafico H/V (generata dal software “Grilla”) si avvicina alla curva sperimentale.

La figura seguente riporta il confronto tra il grafico H/V ottenuto dalla prova sismica (traccia rossa) con la curva “ricostruita” (traccia blu) mediante il processo della inversione.

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 21 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	

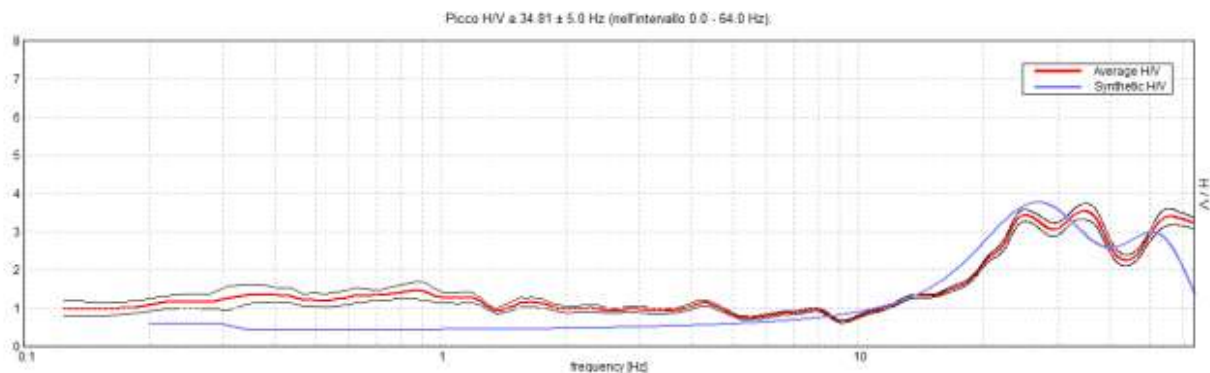


Figura 7.4: Confronto tra la curva sperimentale (in rosso) con quella ottenuta dalla elaborazione (in blu)

La “stratigrafia sismica” che ha consentito di giungere a tale curva (traccia blu) viene rappresentata di seguito:

Spessore orizzonte litologico [m]	Vs [m/s]
0.2	110
0.5	130
3.6	280
inf.	440

7.2.2 Determinazione $V_{s,eq}$

Attraverso l’indagine sismica, ai sensi delle “Norme Tecniche per le costruzioni” (2018), è stata determinata la velocità equivalente delle onde di taglio con la seguente formula:

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

*H=profondità del substrato sismico (con $V_s > 800$ m/s) se posto a meno di 30 metri se più profondo si pone 30 nella formula

La velocità equivalente $V_{s,eq}$ risulta pari a 390 m/sec.

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 22 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	

8 MODELLO GEOLOGICO

Come detto il sito di intervento si inserisce in una area caratterizzata dalla presenza dei terreni alluvionali del F. Metauro, i risultati dell'indagine geognostica eseguita all'interno del lotto di progetto, unitamente alle conoscenze desumibili dalle fonti bibliografiche e dai dati di precedenti indagini eseguite dagli scriventi nella zona, hanno permesso di ricostruire il modello geologico del sottosuolo, che viene distinto in 3 differenti unità litologiche che dall'alto verso il basso possono essere così schematizzate:

- **Unità del terreno vegetale e di riporto (unità litologica A):**

Presente dal p.c.a. a 0.8 m di profondità, litologicamente è costituita da limi argillosi e limi sabbiosi.

- **L'unità dei depositi alluvionali a granulometria fine (unità litologica B):**

Presente da 0.8 m fino a 4.6 m, litologicamente costituita da limi argillosi e subordinatamente da limi sabbiosi. Si tratta generalmente di litotipi da mediamente a ben consistenti.

- **L'unità dei depositi alluvionali a granulometria grossolana (unità litologica C):**

Presente da 4.6 m di profondità, è litologicamente costituita da ghiaie eterometriche in matrice limoso-sabbiosa; a luoghi sono presenti livelli sabbiosi e livelli limoso-argillosi. Si tratta generalmente di sedimenti ben addensati.

Il modello geotecnico del sito d'intervento verrà sviluppato sulla base di quello geologico dal progettista delle strutture in considerazione anche delle verifiche che dovranno essere eseguite; nel seguito viene riportato un modello geotecnico preliminare che potrà essere utilizzato come punto di partenza per quello definitivo.

Il modello geotecnico suggerito prevede la medesima suddivisione di quello geologico in tre unità geotecniche.

Unità Geotecnica A – Costituita dal terreno vegetale, tale spessore di terreno non viene interessato dai carichi delle fondazioni, non risulta quindi necessario definire parametri di resistenza e deformabilità.

Unità Geotecnica B – costituita in prevalenza da limo argilloso.

Unità Geotecnica C – costituita in prevalenza da ghiaia in matrice limoso-sabbiosa.

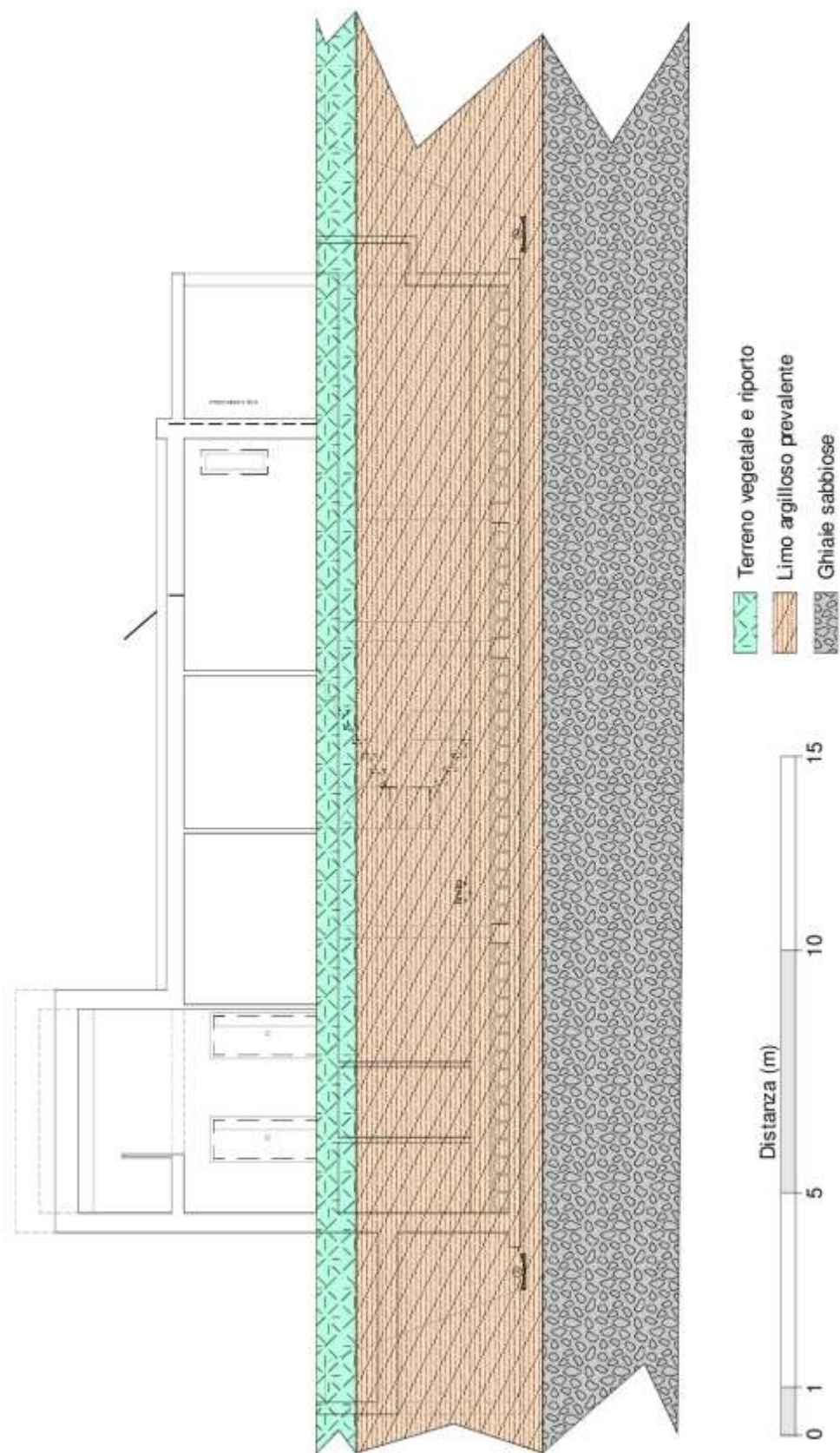


Figura 8.1: Sezione litologica area in oggetto.

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 24 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	

Informazioni sui parametri geomeccanici dell'unità B (a comportamento coesivo) possono essere desunte tramite correlazioni con i risultati delle prove CPT mentre una stima dei principali parametri dell'unità granulare (unità C) viene riportata sulla base delle indagini geognostiche eseguite in precedenza su terreni analoghi in siti prossimi a quello di intervento.

In particolare dai risultati delle prove CPT possono essere ricavati i valori del modulo di deformazione edometrica e quelli della coesione non drenata utilizzando le seguenti formule:

Coesione non drenata → formula di Baligh

$$C_u = \frac{Q_c - \sigma'_{vo}}{N_k}$$

dove

Q_c = resistenza alla punta del penetrometro statico

N_k = coefficiente di correlazione generalmente variabile tra 15 e 30 (assunto pari a 25 nel caso di progetto)

σ'_{vo} = Tensione litostatica efficace alla profondità di prova

Modulo di deformazione edometrico → formula di Mitchell – Gardnerr

$$E_{ed} = \alpha \times Q_c$$

dove per il caso in studio il parametro α , che può variare da 2 a 6, è stato assunto pari a 3.5.

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 25 / 40
	Identificazione documento				
	RGS	Oggetto: Relazione Geologica	Rev.	0	

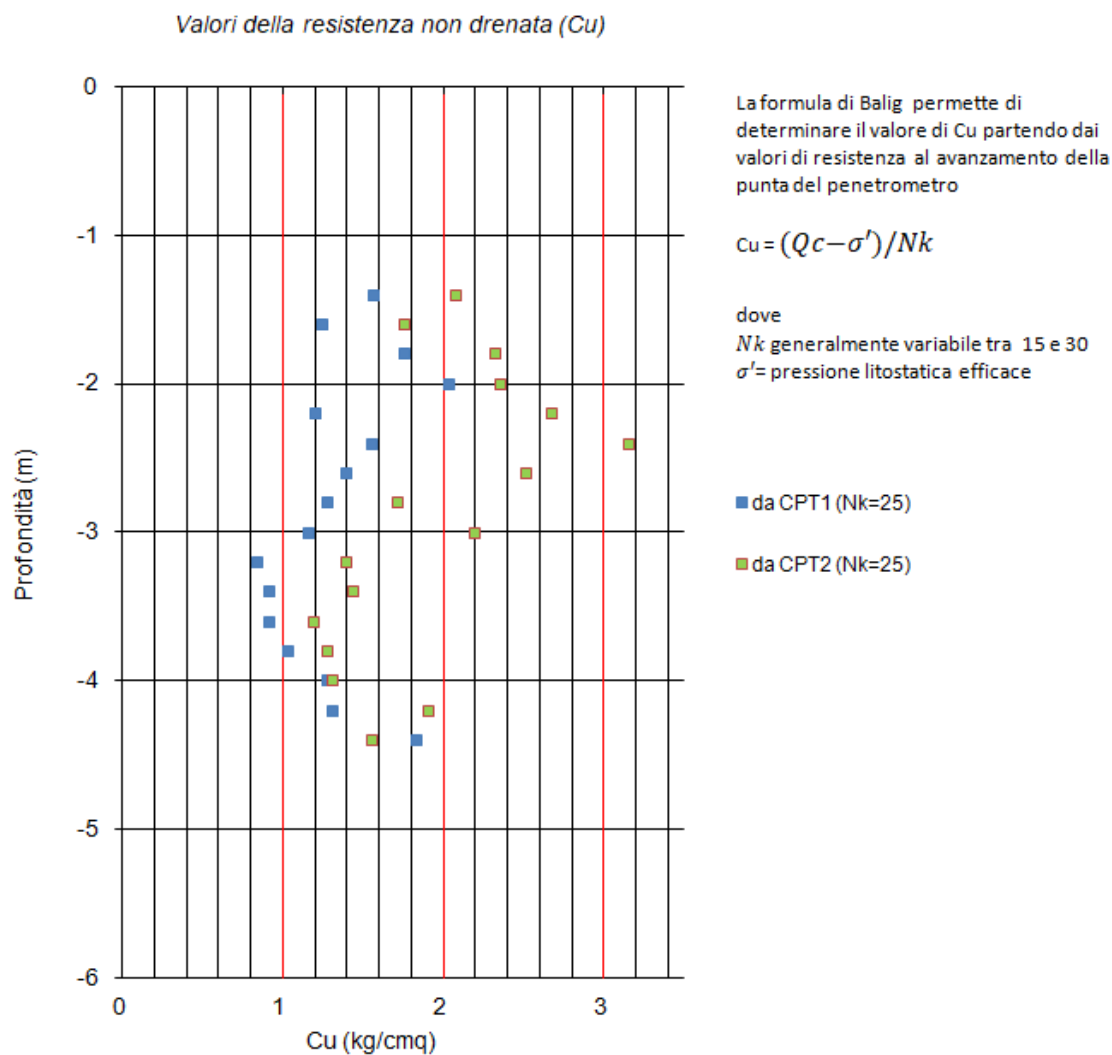


Figura 8.2: Valori della resistenza non drenata calcolati con la formula di Balig sulla base dei risultati delle prove penetrometriche CPT.

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 26 / 40
	Identificazione documento				
	RGS	Oggetto: Relazione Geologica	Rev.	0	

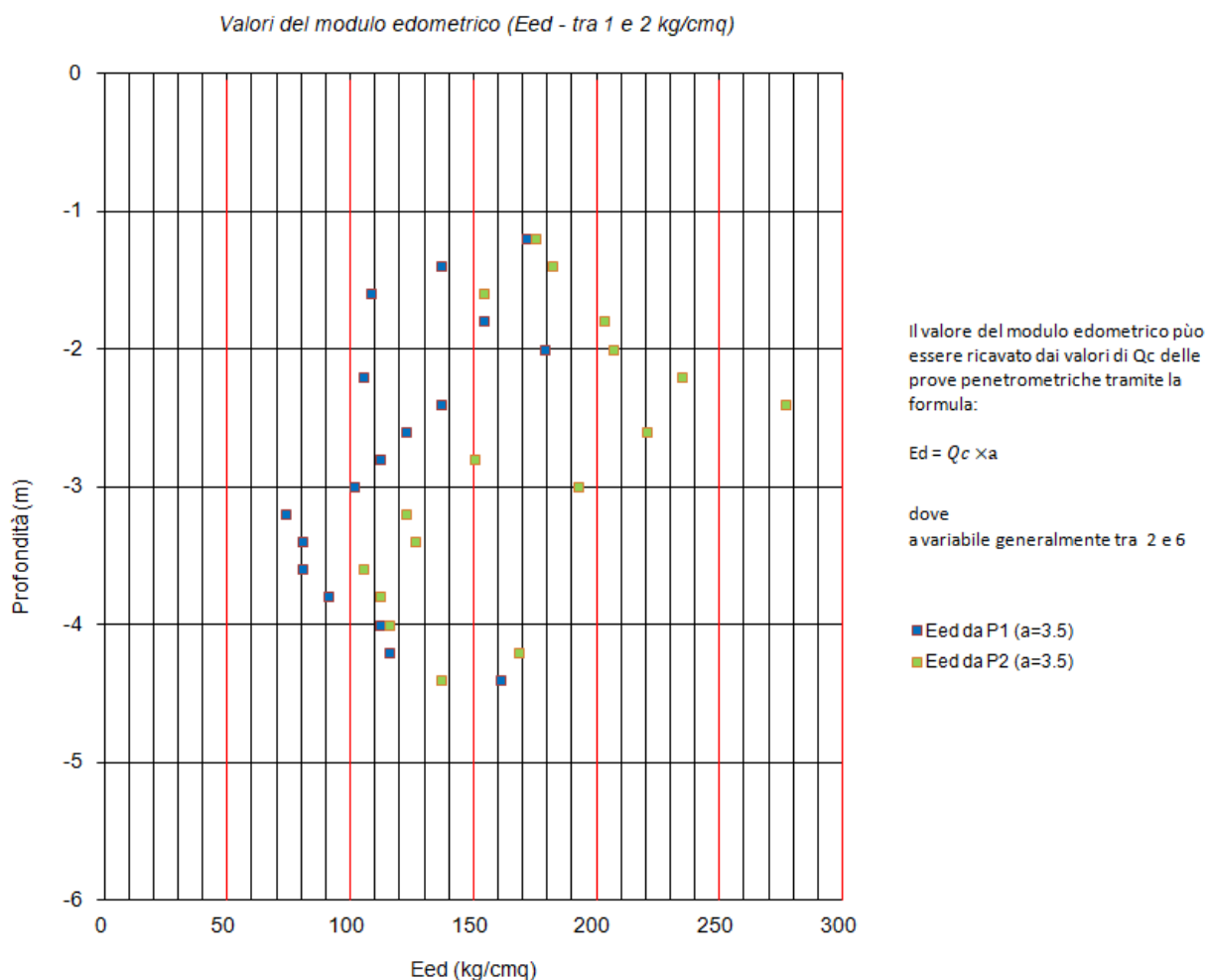


Figura 8.3: Valori del modulo di deformazione calcolati con la formula di Mitchell-Gardner sulla base dei risultati delle prove penetrometriche CPT.

Sulla base dei risultati delle indagini eseguite e di studi condotti dagli scriventi su terreni analoghi è possibile sintetizzare i valori dei principali parametri geomeccanici che possono essere utilizzati nelle verifiche geotecniche e che vengono indicati nella tabella seguente.

Unità litologica		Peso di volume γ [kg/m ³]	Modulo di deformazione [kg/cm ²]	Angolo di attrito ϕ [°]	Coesione c' [kg/cm ²]	Coesione non drenata C_u [kg/cm ²]
A	Terreno vegetale	1850 - 1900	/	/	/	/
B	Alluvioni fini	1950 - 2000	60 - 180	20 - 24	0.00 - 0.10	0.8-1.6
C	Alluvioni grossolane	1950 - 2050	250 - 450	32 - 36	/	/

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 27 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	

9 SISMICITA

Il territorio di Fano con Ordinanza P.C.M. n°3274 del 23/03/03 è stato classificato in zona sismica 2.

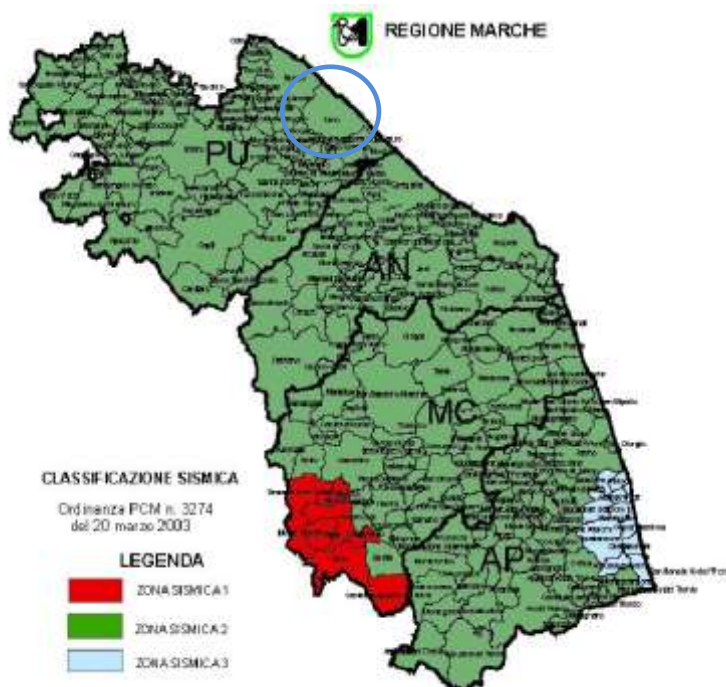


Figura 9.1: Suddivisione del territorio in zone sismiche secondo l'ordinanza n°3274 del 23/03/03.

Con l'entrata in vigore del D.M.17/01/18 (NTC 2018) la stima della pericolosità sismica è stata definita attraverso un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente", l'azione di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di intervento che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni contengono i valori di a_g (accelerazione orizzontale massima al sito), F_o (valore max del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T^*c (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) per 10751 punti della superficie d'Italia che rappresentano il reticolo di riferimento.

La definizione della pericolosità sismica di base per il sito in oggetto è stata fatta mediante interpolazione dei punti del reticolo di riferimento considerando i seguenti aspetti:

1. coordinate: latitudine 43.834197° e longitudine 13.019188° (coordinate geografiche espresse in WGS84).
2. l'intervento previsto è *considerato in Classe II*: "Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti"
3. La *vita nominale* considerata è di 50 anni.

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 28 / 40
	Identificazione documento				
	RGS	Oggetto: Relazione Geologica	Rev.	0	

<i>Classe I:</i> Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II:</i> Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<i>Classe III:</i> Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
<i>Classe IV:</i> Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Figura 9.2: Classi d'Uso secondo le NTC 2018.

Per definire "l'azione sismica di progetto" è necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale che, nell'approccio semplificato (3.2.2. NTC 2018), si basa sulla individuazione della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche a cui appartiene il sito di progetto.

I risultati dell'indagine geofisica eseguita nel lotto hanno permesso di verificare che la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ($V_{s,eq}$) per il sito in oggetto assume un valore di 390 m/s.

Una volta determinata la V_{seq} se il sottosuolo è ascrivibile ad una delle categorie indicate nella tabella 3.2 II, riportata nel seguito, è possibile utilizzare l'approccio semplificato per la determinazione dell'azione sismica di progetto.

Considerando il valore di $V_{s,eq}$ sopra indicato e che il sottosuolo è caratterizzato da un trend di progressivo miglioramento delle caratteristiche meccaniche con la profondità, il terreno è ascrivibile alla Categoria di sottosuolo B.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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.

Figura 9.3: categorie di sottosuolo secondo le NTC2018

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 29 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	

Il lotto di progetto ricade in una zona sub pianeggiante pertanto può essere assunta la categoria topografica T1.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

Figura 9.4: Categorie topografiche secondo le NTC 2018.

Sulla base delle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero è possibile ricavare i seguenti dati:

STATO LIMITE	TR (anni)	AG (g)	FO (-)	TC' (s)
Operatività (SLO)	30	0,046	2,432	0,276
Danno (SLD)	50	0,060	2,582	0,276
Salvaguardia Vita (SLV)	475	0,181	2,469	0,296
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,235	2,510	0,309

COEFFICIENTI SISMICI	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,16
Cc Coeff. funz. Categoria	1,42	1,42	1,40	1,39
St Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00
kh	0,011	0,014	0,052	0,076
Kv	0,006	0,007	0,026	0,038
Amax m/sec²	0,545	0,710	2,129	2,679
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 30 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	

10 PERICOLOSITÀ

L'intervento previsto non ricade in aree che il Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'Autorità di Bacino della Regione Marche ha incluso tra quelle a rischio.

Il progetto ITHACA, sviluppato dal Servizio Geologico di Stato – ISPRA, riporta la posizione di tutte le faglie attive in grado cioè di produrre movimenti in superficie (faglie “capaci”); la figura seguente rappresenta la traccia di quella più prossima alla zona d'intervento che si trova a circa 200 metri in direzione NO rispetto al lotto di intervento.



Figura 10.1: Posizione delle faglie “capaci” secondo quanto indicato nel Progetto ITHACA sviluppato dal Servizio Geologico di Stato – Il cerchio giallo indica la posizione del lotto di intervento.

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 31 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	

Nel PRG del Comune di Fano, come già detto, non si rilevano vincoli geologici di interesse per il sito di progetto.

La profondità del livello di falda, oltre al grado di addensamento e alla eterogeneità granulometrica dei litotipi alluvionali ghiaioso-sabbiosi permettono di affermare che il sito sia poco suscettibile del fenomeno della liquefazione.

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 32 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	

11 CONCLUSIONI

Nel presente report sono stati definiti i caratteri geologici e geomorfologici dell'area interessata dal progetto e sono stati elaborati i modelli geologico e sismico sulla base delle indagini geognostiche eseguite in sito.

Il modello geologico è basato sulla divisione del sottosuolo in tre unità litologiche che dall'alto verso il basso sono:

- Terreno vegetale.
- Depositi alluvionali fini (limi argillosi)
- Depositi alluvionali prevalentemente granulari (ghiaie e sabbie).

Il sito d'intervento è posto sulla piana alluvionale del Fiume Metauro, in una zona subpianeggiante, che non mostra lineamenti morfologici di rilievo.

In relazione a quanto previsto dalle NTC 2018 per le verifiche sismiche è possibile applicare l'approccio semplificato attribuendo il sito di intervento alla categoria di sottosuolo "B".

Sulla base di quanto evidenziato dalla presente relazione, per quanto attiene le condizioni geologiche, idrogeologiche e morfologiche non si ravvedono motivi di impedimento alla realizzazione del progetto.

Questo Studio è a disposizione per eventuali chiarimenti e per l'assistenza al cantiere in fase di realizzazione delle opere di fondazione

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 33 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	

ALLEGATO 1 **DIAGRAMMI E TABULATI PENETROMETRICI**

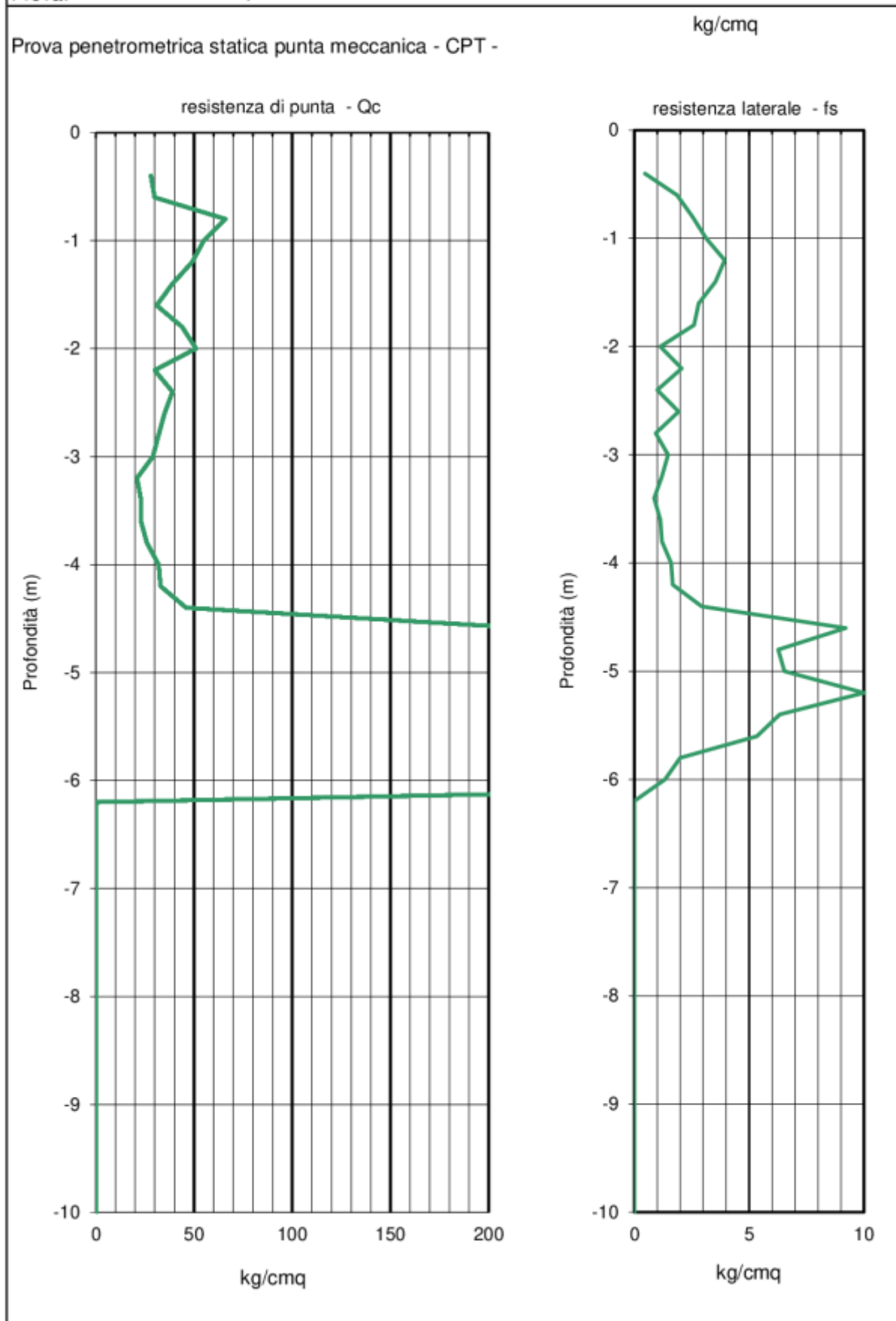
Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 34 / 40
	Identificazione documento				
	RGS	Oggetto: Relazione Geologica	Rev.	0	

VERTICALE P1 **PROVA CPT**

Committente: CARLONI ALESSANDRO				Data: 13.06.2018			
Località: VIA TITO SPERI				Comune: FANO			
Prova: 1							
Prova penetrometrica statica punta meccanica - CPT -							
Profondità	Qc	fs	qc/fs	Profondità	Qc	fs	qc/fs
(m)	(kg/cm2)	(kg/cm2)		(m)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	
-0,2				-9,0			
-0,4				-9,2			
-0,6	28	0,47	60,00	-9,4			
-0,8	30	1,87	16,07	-9,6			
-1,0	66	2,53	26,05	-9,8			
-1,2	55	3,13	17,55	-10,0			
-1,4	49	3,93	12,46	-10,2			
-1,6	39	3,53	11,04	-10,4			
-1,8	31	2,80	11,07	-10,6			
-2,0	44	2,60	16,92	-10,8			
-2,2	51	1,13	45,00	-11,0			
-2,4	30	2,07	14,52	-11,2			
-2,6	39	1,00	39,00	-11,4			
-2,8	35	1,93	18,10	-11,6			
-3,0	32	0,93	34,29	-11,8			
-3,2	29	1,47	19,77	-12,0			
-3,4	21	1,20	17,50	-12,2			
-3,6	23	0,87	26,54	-12,4			
-3,8	23	1,13	20,29	-12,6			
-4,0	26	1,20	21,67	-12,8			
-4,2	32	1,60	20,00	-13,0			
-4,4	33	1,67	19,80	-13,2			
-4,6	46	2,93	15,68	-13,4			
-4,8	230	9,20	25,00	-13,6			
-5,0	401	6,27	63,99	-13,8			
-5,2	407	6,53	62,30	-14,0			
-5,4	380	10,00	38,00	-14,2			
-5,6	450	6,33	71,05	-14,4			
-5,8	400	5,33	75,00	-14,6			
-6,0	530	2,00	265,00	-14,8			
-6,2	550	1,33	412,50	-15,0			
-6,4				-15,2			
-6,6				-15,4			
-6,8				-15,6			
-7,0				-15,8			
-7,2				-16,0			
-7,4				-16,2			
-7,6				-16,4			
-7,8				-16,6			
-8,0				-16,8			
-8,2				-17,0			
-8,4				-17,2			
-8,6				-17,4			
-8,8				-17,6			

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 35 / 40
	Identificazione documento				
	RGS	Oggetto: Relazione Geologica	Rev.	0	

Committente: CARLONI ALESSANDRO Data: 13.06.2018
 Località: VIA TITO SPERI Comune: FANO
 Prova: 1



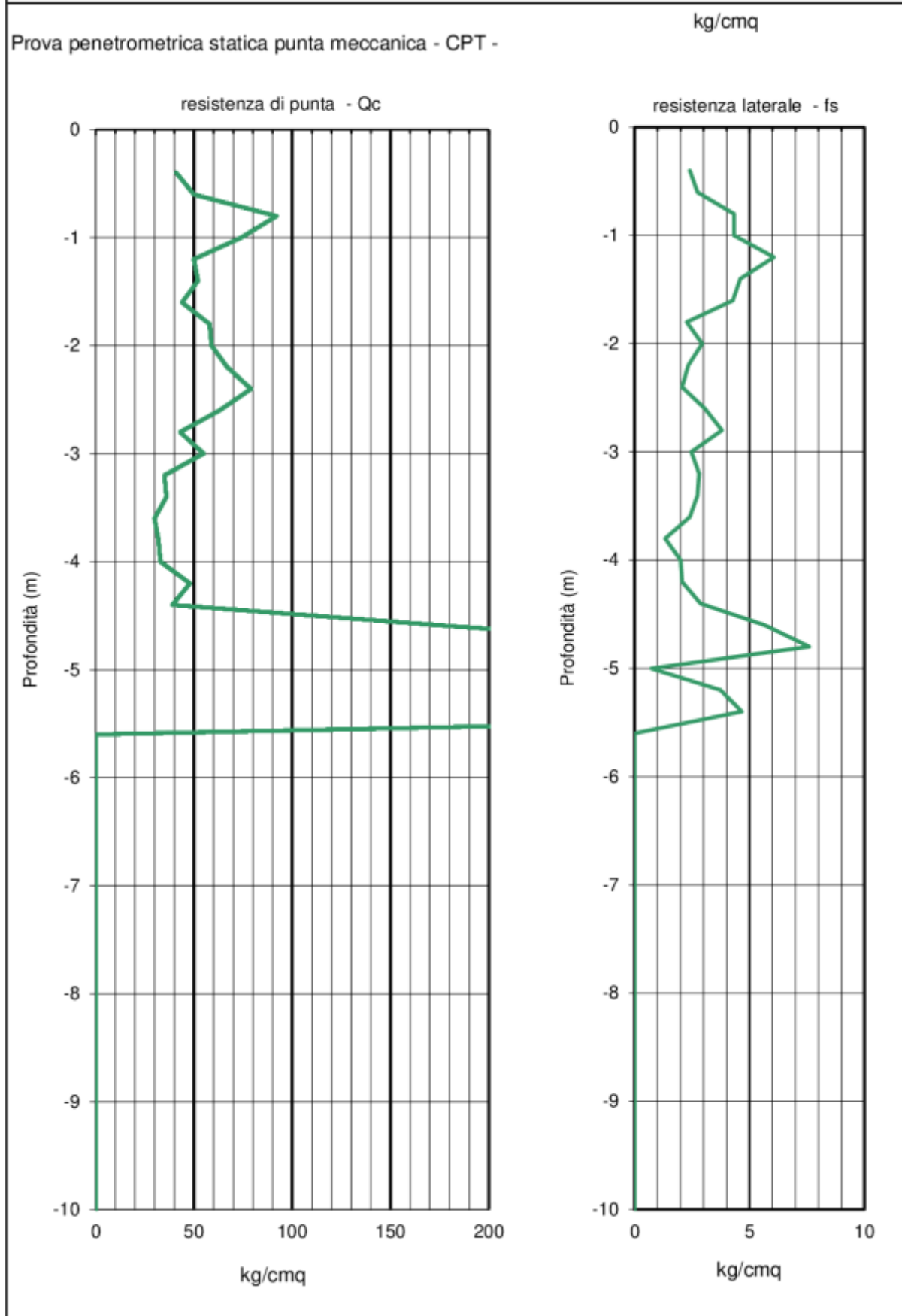
Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 36 / 40
	Identificazione documento		Oggetto: Relazione Geologica		
	RGS				
			Rev.	0	

VERTICALE P2 **PROVA CPT**

Committente: CARLONI ALESSANDRO				Data: 13.06.2018			
Località: VIA TITO SPERI				Comune: FANO			
Prova: 2							
Prova penetrometrica statica punta meccanica - CPT -							
Profondità	Qc	fs	qc/fs	Profondità	Qc	fs	qc/fs
(m)	(kg/cm2)	(kg/cm2)		(m)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	
-0,2				-9,0			
-0,4				-9,2			
-0,6	41	2,40	17,08	-9,4			
-0,8	50	2,73	18,29	-9,6			
-1,0	92	4,33	21,23	-9,8			
-1,2	74	4,33	17,08	-10,0			
-1,4	50	6,07	8,24	-10,2			
-1,6	52	4,60	11,30	-10,4			
-1,8	44	4,27	10,31	-10,6			
-2,0	58	2,27	25,59	-10,8			
-2,2	59	2,93	20,11	-11,0			
-2,4	67	2,33	28,71	-11,2			
-2,6	79	2,07	38,23	-11,4			
-2,8	63	3,07	20,54	-11,6			
-3,0	43	3,80	11,32	-11,8			
-3,2	55	2,47	22,30	-12,0			
-3,4	35	2,80	12,50	-12,2			
-3,6	36	2,73	13,17	-12,4			
-3,8	30	2,40	12,50	-12,6			
-4,0	32	1,33	24,00	-12,8			
-4,2	33	2,00	16,50	-13,0			
-4,4	48	2,07	23,23	-13,2			
-4,6	39	2,87	13,60	-13,4			
-4,8	183	5,67	32,29	-13,6			
-5,0	341	7,60	44,87	-13,8			
-5,2	372	0,73	507,27	-14,0			
-5,4	307	3,73	82,23	-14,2			
-5,6	530	4,67	113,57	-14,4			
-5,8				-14,6			
-6,0				-14,8			
-6,2				-15,0			
-6,4				-15,2			
-6,6				-15,4			
-6,8				-15,6			
-7,0				-15,8			
-7,2				-16,0			
-7,4				-16,2			
-7,6				-16,4			
-7,8				-16,6			
-8,0				-16,8			
-8,2				-17,0			
-8,4				-17,2			
-8,6				-17,4			
-8,8				-17,6			

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 37 / 40
	Identificazione documento		Oggetto: Relazione Geologica		
	RGS				
			Rev.	0	

Committente: CARLONI ALESSANDRO Data: 13.06.2018
 Località: VIA TITO SPERI Comune: FANO
 Prova: 2



Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 38 / 40
	Identificazione documento		Oggetto: Relazione Geologica		
	RGS				
			Rev.	0	

ALLEGATO 2

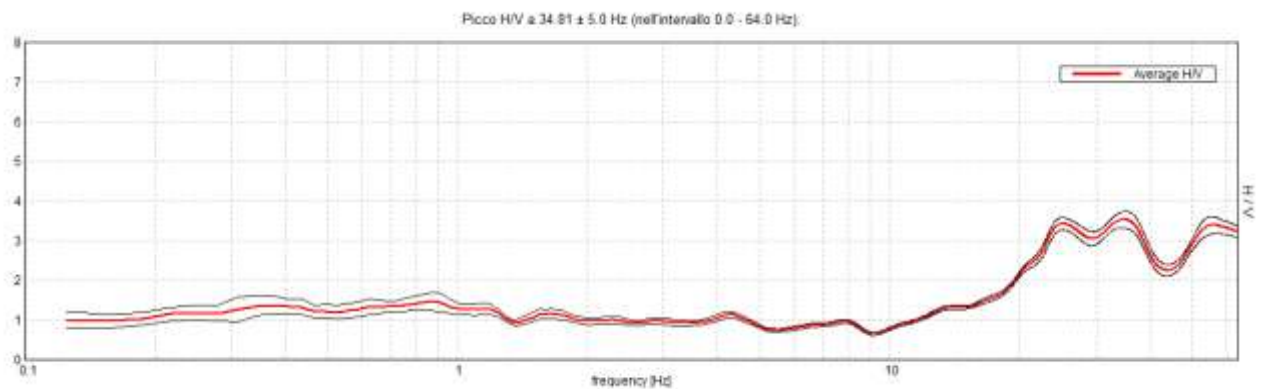
INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA

FANO, VIA TITO SPERI HVSR

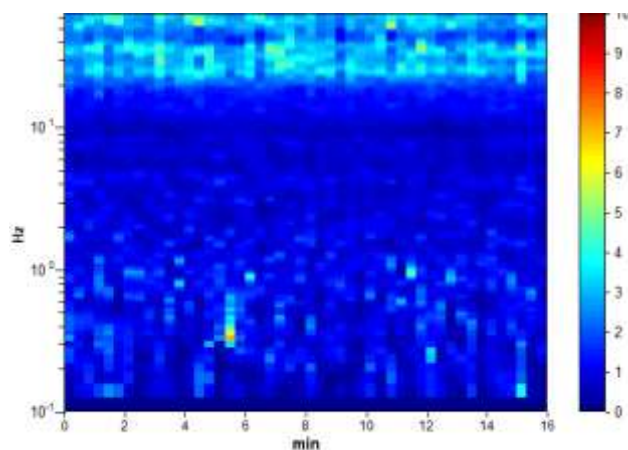
Strumento: TEP-0038/01-09
 Formato dati: 16 byte
 Fondo scala [mV]: n.a.
 Inizio registrazione: 13/06/18 19:24:30 Fine registrazione: 13/06/18 19:40:30
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

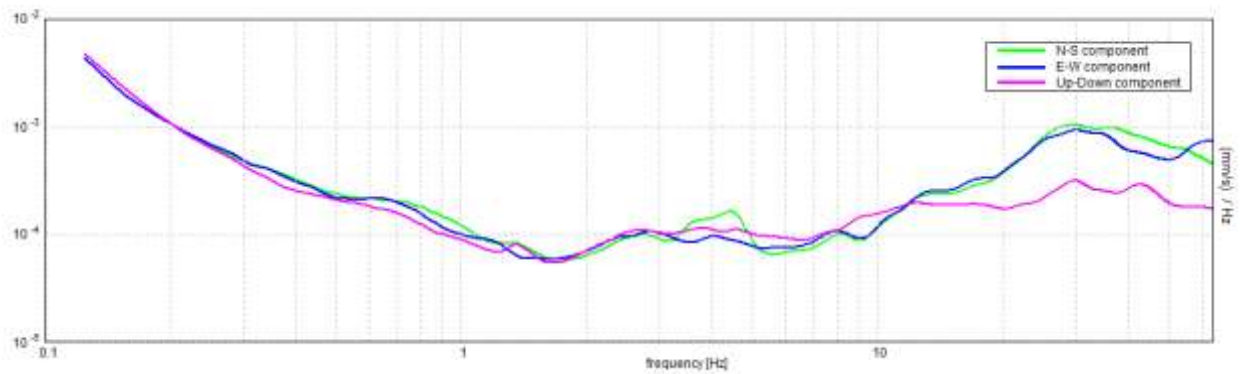


SERIE TEMPORALE H/V

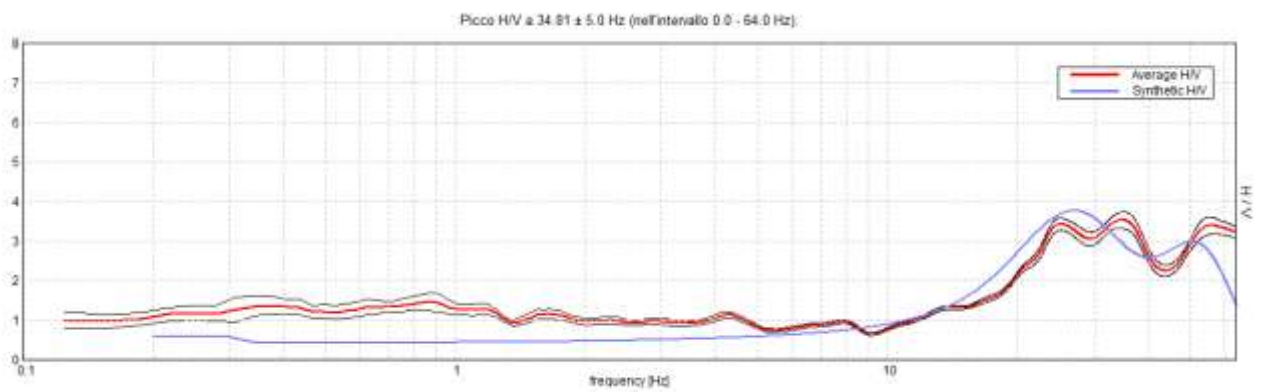


Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 39 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.20	0.20	110	0.42
0.70	0.50	130	0.42
2.90	3.60	280	0.42
inf.	inf.	440	0.42

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: demolizione e ricostruzione di civile abitazione		Data		Pagina 40 / 40
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica			
	RGS		Rev.	0	

[Secondo le linee guida SESAME, 2005].

Picco H/V a 34.81 ± 5.0 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	$34.81 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$33420.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1492	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	18.625 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			-
$A_0 > 2$	$3.53 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.14376 < 0.05$		-
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$5.00469 < 1.74063$		-
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2096 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20