



**COMUNE DI FANO**  
PROVINCIA DI PESARO E URBINO

**PIANO ATTUATIVO DEL COMPARTO DENOMINATO:  
ST6\_P52**  
*"Comparto residenziale di ricucitura Metaurlia"*

**RELAZIONE GEOLOGICA**

**COMMITTENTI:  
SORCINELLI GIANFRANCO  
SANTINI LUCIANA**



**Dott. Geol. CENCIONI CARLO**  
Via Il Strada, 6/A – 61032 Fano (PU)

## **INDICE**

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 INTRODUZIONE.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>2. GEOLOGIA – GEOMORFOLOGIA – IDROLOGIA .....</b>	<b>7</b>
<b>3. STABILITÀ GENERALE DELL'AREA .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1 VERIFICA PAI (AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE) .....</b>	<b>8</b>
<b>4. STRATIGRAFIA.....</b>	<b>9</b>
<b>4.1 VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA .....</b>	<b>10</b>
<b>5. CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE.....</b>	<b>13</b>
<b>6. SISMICITÀ .....</b>	<b>14</b>
<b>6.1 ZONE SISMICHE .....</b>	<b>14</b>
<b>6.2 AZIONE SISMICA.....</b>	<b>16</b>
<b>7. CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE .....</b>	<b>17</b>
<b>8. RISULTATI DELL'INDAGINE ESEGUITA.....</b>	<b>19</b>
<b>9. LIQUEFAZIONE.....</b>	<b>26</b>
<b>10. CRITERI GENERALI D'INTERVENTO .....</b>	<b>28</b>
<b>10.1 STRADE E PIAZZALI.....</b>	<b>28</b>
<b>10.2 DRENAGGI – REGIMAZIONE DELLE ACQUE .....</b>	<b>28</b>
<b>11 FONDAZIONI .....</b>	<b>29</b>
<b>12. CONCLUSIONI .....</b>	<b>30</b>
<b>ALLEGATI .....</b>	<b>31</b>

## 1. PREMESSA

La presente relazione geologica è stata realizzata su incarico dei sig.ri SORCINELLI GIANFRANCO e SANTINI LUCIANA con lo scopo di verificare la situazione litologico-stratigrafica presente su un lotto nel quale è prevista la realizzazione di tre fabbricati a tre piani fuori terra più interrato; i fabbricati saranno tra loro identici; la presente è da considerarsi come relazione preliminare per un piano di lottizzazione.

Per la definizione della categoria di sottosuolo il giorno 05/08/2013 è stata eseguita una prova sismica per rilevare i valori della velocità equivalente Vs30 di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità, la prova è eseguita con la tecnica dei rapporti spettrali HVSR (tromino).

Per la caratterizzazione geognostica si utilizzano invece i dati raccolti mediante una campagna geognostica composta da due prove penetrometriche dinamiche eseguite tramite PENETROMETRO DINAMICO PAGANI mod. TG 63-200 ISM.C spinte a profondità massima pari a 7,0 mt dall'attuale piano campagna.

I dati rilevati sono stati integrati con i dati bibliografici disponibile (Carta Geologica d'Italia)

Le ubicazioni delle indagini eseguite sono riportate nell'allegata planimetria.

Verranno di seguito riportate le caratteristiche geomeccaniche e di risposta sismica dei terreni di fondazione ricostruite in base ai risultati della campagna geognostica e delle prove sismiche eseguite.

## 1.1 INTRODUZIONE

Con l'entrata in vigore delle Nuove Norme Tecniche D.M.I. 14.01.2008 la progettazione geologica e geotecnica in zona sismica deve essenzialmente svilupparsi secondo i seguenti principi generali esposti nel cap. 6 delle N.T.C.

1. Caratterizzazione e modellazione geologica del sito. Il livello di indagine specifico è in funzione del tipo di opera da eseguire, della complessità geologica.
2. Chiara definizione delle caratteristiche sismiche, stabilendo i rapporti esistenti fra il substrato rigido e le coperture costituite da uno o diversi orizzonti sciolti.
3. Scelta del tipo d'intervento e programmazione delle indagini geotecniche.
4. Caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo.
5. Verifica della sicurezza.
6. Piani di controllo e monitoraggio.

Gli studi geologici e la caratterizzazione geotecnica devono essere estesi a tutta la zona di possibile influenza degli interventi previsti, al fine di accertare destinazioni d'uso compatibili con il territorio in esame. Le indagini geotecniche devono tenere conto della profondità, dell'ampiezza e della destinazione. In particolare le indagini e gli studi devono caratterizzare la zona in termini di pericolosità geologica intrinseca, per processi geodinamici interni (sismicità) ed esterni (stabilità dei pendii, erosione) e devono consentire di individuare eventuali limiti imposti al progetto.

L'indagine si è avvalsa di:

1. un rilievo geologico e geomorfologico diretto di campagna;
2. analisi litologica;
3. n. 2 prove penetrometriche dinamiche;
4. un'indagine sismica HVSR
5. Raccolta di dati bibliografici relativi ad indagini eseguite nelle vicinanze

Scopo dell'indagine è quello di:

- ricostruire la stratigrafia dell'area d'intervento
- determinare le caratteristiche geomeccaniche dei terreni investigati
- individuare le caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell'area
- indicare la fattibilità dell'intervento dal punto di vista geologico.
- fornire delle indicazioni e criteri generali per il l'intervento proposto ai sensi del D.M. 14.01.2008.
- verificare la stabilità globale dell'area.
- Individuazione delle categorie di sottosuolo come dettato dal D.M. 14/01/2008 per la definizione dell'effetto della risposta sismica locale (VS 30).

## **1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- Decreto Ministeriale 14.01.2008
- Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
- Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.
- Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.
- Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007
- 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
- A.G.I. 1977
- «Raccomandazioni sulle programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.»
- D.C.R. n.116, del 21/01/2004
- «Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico dei bacini di rilievo regionale (PAI)».
- Circolare del Ministro dei LL.PP. n. 30483 del 24/9/1988
- «Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.»
- Circolare 9 gennaio 1996 n. 218/24/3
- Legge 2 febbraio 1974, n. 64.
- Normative Tecniche per le costruzioni D.M 14.09.05 e successive modifiche - O.P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274
- Eurocodice 8 - Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici

## **2. GEOLOGIA – GEOMORFOLOGIA – IDROLOGIA**

L'area in oggetto è ubicata in Comune di Fano, in prossimità della S.N.A.S., ad un quota di circa 10 metri sul livello del mare (vedi Corografia in scala 1:25.000).

La zona di studio è pianeggiante con quote massime dell'ordine dei 10/14 m. s.l.m. e si trova nel F. 269 Sez. III della Carta Topografica d'Italia (Fano) SERIE 25 EDIZIONE 1 I.G.M.

Geologicamente l'area si trova sulle alluvioni terrazzate deposte dal F. Metauro, più precisamente si trova all'interno del III ordine delle alluvioni; dal punto di vista litologico tali terreni sono costituiti da alluvioni ghiaiose, parzialmente sabbiose con intercalazioni di argille limoso sabbiose, nell'area in esame il deposito ghiaioso ha una notevole potenza. (superiore ai 25-30 metri)

Dal punto di vista strutturale i dati bibliografici disponibili (F. 110 della Carta Geologica d'Italia) non evidenziano lineazioni di rilievo.

L'area in oggetto non presenta segni evidenti di instabilità, né si osservano fenomeni franosi nelle immediate vicinanze, né tantomeno si ipotizzano pericoli futuri di instabilità data la morfologia del luogo semi pianeggiante.

Nelle immediate vicinanze dell'area di intervento non sono presenti corsi d'acqua che possano determinare problemi legati ad eventuali esondazioni; il lotto si trova infatti in sponda destra del F. Metauro ad una distanza dal letto di circa 1.700 metri.

Durante le prove penetrometriche è stato raggiunto il livello statico della falda freatica ad una profondità di 2 metri dal piano campagna; considerata la natura prevalentemente incoerente dei terreni presenti nell'area e considerata la granulometria medio-elevata degli stessi, si può affermare che la falda abbia una scarsa capacità di risalita.

### **3. STABILITÀ GENERALE DELL'AREA**

L'area si può ritenere stabile viste le caratteristiche geomeccaniche dei terreni interessati dall'area d'intervento e la mancanza, allo stato attuale, di segni d'instabilità.

Dai rilievi effettuati in loco, confermati anche dalla consultazione dell'aerofotogrammetria, risulta evidente che la distanza tra l'alveo dei corsi d'acqua sopra citati e l'area di interesse è tale da escludere eventuali problemi dovuti ad un'erosione degli stessi.

Il quadro sopradescritto, è confermato anche dalle carte geologiche e dal P.A.I. di cui si allegano le copie in appendice.

#### **3.1 VERIFICA PAI (AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE)**

L'estratto del Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Regionale, riportato in allegato, evidenzia che l'area interessata dall'intervento non rientra in zone di pericolosità e rischio idraulico né in zone in dissesto (vedi stralcio PAI allegato).



#### **4. STRATIGRAFIA**

La regolare realizzazione delle due penetrometrie dinamiche, il loro confronto con i dati bibliografici relativi all'area di interesse e con la prova sismica eseguita, hanno consentito di individuare la presenza di terreni aventi caratteristiche geotecniche simili, ma con potenze differenti all'interno dell'area di sedime in cui sorgerà il fabbricato. La realizzazione delle indagini sopra descritte ha permesso la individuazione delle seguenti situazioni stratigrafiche:

##### **P1**

<b>Da 0,0 a 0,4 mt.</b>	Terreno superficiale agricolo.
<b>Da 0,4 a 2,4 mt.</b>	Terreno ghiaioso – sabbioso.
<b>Da 2,4 a 3,8 mt.</b>	Sabbie con ghiaia.
<b>Da 3,8 a 4,8 mt.</b>	Limi argilloso sabbiosi.
<b>Da 4,8 a 7,0 mt.</b>	Ghiaia debolmente sabbiosa.

##### **P2**

<b>Da 0,0 a 0,4 mt.</b>	Terreno superficiale agricolo.
<b>Da 0,4 a 2,8 mt.</b>	Terreno ghiaioso – sabbioso.
<b>Da 2,8 a 3,6 mt.</b>	Sabbie con ghiaia.
<b>Da 3,6 a 4,8 mt.</b>	Limi argilloso sabbiosi.
<b>Da 4,8 a 6,8 mt.</b>	Ghiaia debolmente sabbiosa.

## **4.1 VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA**

In funzione della permeabilità dei terreni sono state determinate diverse classi di vulnerabilità intrinseca degli acquiferi all'inquinamento "vulnerabilità intrinseca della falda":

### Classe di vulnerabilità 1 Estremamente elevata (EE)

Sistemi acquiferi liberi in alluvioni da grossolane a medie, od in materiali fortemente alterati e/o risedimentati, privi di efficace protezione in superficie e, talora, soggiacenti ad agglomerati di centri di pericolo (urbanizzato).

Pozzi e campi-pozzi, che deprimono fortemente la piezometrica al di sotto del livello della rete idrografica e/o il livello del mare, creano le condizioni di una ingestione rapida di inquinanti e di insalinamento progressivo per intrusione di acque marine.

### Classe di vulnerabilità 2 Estremamente elevata => Elevata (EE=> E)

Sistemi acquiferi liberi in complessi ghiaioso-sabbiosi, talvolta debolmente cementati, dotati di elevata permeabilità, con scarsa copertura di suolo attivo.

Le condizioni di soggiacenza (spesso scarsa), la discreta connessione con la rete idrografica esaltata dalle depressioni indotte in pozzi e campi-pozzi creano le condizioni di elevato potenziale di inquinamento in aree ove sovente si forma la risorsa idrica sotterranea.

### Classe di vulnerabilità 3 Elevata => Alta (E=> A)

Sistemi acquiferi liberi in rocce prevalentemente carbonatiche e solfatiche fessurate e più o meno carsificate, con soggiacenza notevole, forti acclività superficiali, scarsa copertura, in posizione plano-altimetrica tale da non essere in contatto con la rete idrografica principale.

Le problematiche più importanti si collocano in corrispondenza degli affioramenti maggiori che costituiscono l'area di alimentazione di varie sorgenti utilizzate localmente talora termalizzate.

#### Classe di vulnerabilità 4 Alta (A)

Sistemi acquiferi liberi, semiconfinati o confinati, generalmente caratterizzati da notevole anisotropia ed eterogeneità, protetti in superficie da una copertura scarsamente permeabile, a tratti impermeabile.

I sistemi acquiferi in questione possono essere i medesimi che albergano nelle alluvioni e nei complessi ghiaiosi (Classe 1, Classe 2).

#### Classe di vulnerabilità 5 Alta => Media (A=> M)

Sistemi acquiferi liberi in rocce cristalline fratturate, con scarsa protezione di suolo e di insaturo, elevata capacità di ingestione, media capacità di flusso.

La vulnerabilità di questi acquiferi varia, anche notevolmente, a seconda dello stato di fratturazione e di alterazione: è più elevata nelle vulcaniti, in particolare nei basalti, a causa del clivaggio e della scarsa alterabilità.

#### Classe di vulnerabilità 6 Media (M)

Sistemi acquiferi in complessi a granulometria media o medio-bassa, più o meno compattati o debolmente cementati, generalmente in posizione dominante rispetto alla rete idrografica, sovente poggianti su confinanti impermeabili.

Le aree di affioramento di questi complessi costituiscono sovente piccole unità prive di continuità con gli acquiferi maggiori.

La vulnerabilità è condizionata dai suoli di copertura e dall'azione filtrante dell'insaturo, oltreché dalla non elevata permeabilità.

Le sabbie dunali rappresentano un elemento di protezione, sebbene molto fragile, dei sottostanti acquiferi in alluvioni. Tale protezione è, però, insufficiente nel caso di centri di pericolo puntuali (p.e. insediamenti turistici stagionali e/o temporanei).

#### Classe di vulnerabilità 7 Media => Bassa (M=> B)

Sistemi acquiferi in arenarie e complessi conglomeratico-arenacei, caratterizzati da vulnerabilità variabile da media a bassa a seconda dello stato di fratturazione e della percentuale di materiali marnosi presenti.

In genere, questi complessi non sono molto produttivi a parità di alimentazione ma possono dare risposte di accumulo di inquinanti quando si trovano nel sottosuolo di agglomerati di centri di pericolo, o vengono impegnati da scarichi industriali e discariche.

#### Classe di vulnerabilità 8 Bassa => Estremamente bassa (B=> BB)

Complessi flyschoidi argillo-marnosi e marnoso-arenacei, complessi epimetamorfici, con propagazione degli inquinanti scarsa anche se variabile da membro a membro.

In questi complessi, gli inquinanti idroportati possono essere veicolati e accumulati in sacche e strati dotati di maggiore permeabilità.

Pertanto, gli insediamenti pericolosi di qualunque tipo necessitano di approfondimenti idrogeologici caso per caso.

#### Classe di vulnerabilità 9 Estremamente bassa (BB)

Argilloscisti, argille varicolori, argille più o meno sovraconsolidate e sabbiose, marne, gli inquinanti sversati, in funzione dell'acclività della superficie topografica, ristagnano o raggiungono direttamente le acque superficiali che li spostano e li distribuiscono in funzione della complessità del reticolo drenante.

Considerata la sua predominante componente ghiaiosa e sabbiosa, l'area oggetto d'intervento risulta rientrare nella classe di vulnerabilità 4. L'attribuzione puntuale della classe è suscettibile di modifiche in relazione a studi di dettaglio ed a maggiori approfondimenti di carattere idrogeologico.

## 5. CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

In base alle prove eseguite è stato possibile ricostruire le seguenti caratteristiche geomeccaniche dei terreni, si ricorda che i parametri geotecnici sotto riportati sono leggermente inferiori a quelli evidenziati dalle prove per tener conto di eventuali situazioni locali non rappresentative di tutti i terreni di fondazione su cui insisteranno i fabbricati.

### CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEL TERRENO GHIAIOSO – SABBIOSO

$\gamma$	(peso di volume)	1,8-1,9 t/m <sup>3</sup>
$\varphi$	(angolo d'attrito)	22-25°
Ed	(modulo edometrico)	1.000 – 1.500 t/m <sup>2</sup>

### CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEL LIMO ARGILLOSO – SABBIOSO

$\gamma_{\text{sat}}$	(peso di volume saturo)	1,9-1,95 t/m <sup>3</sup>
Cu	(coesione non drenata)	2,5-3,5 t/m <sup>2</sup>
Ed	(modulo edometrico)	220/260 t/m <sup>2</sup>

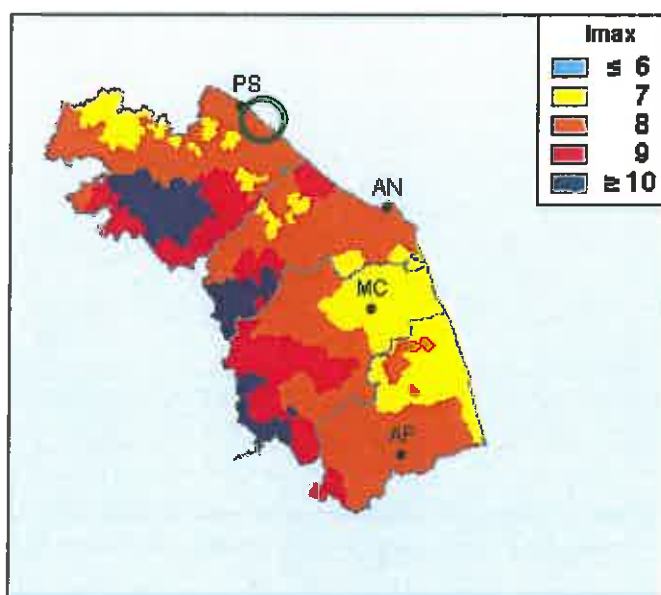
### CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DELLE GHIAIE DEBOLMENTE SABBIOSE

$\gamma$	(peso di volume)	1,9-2,0 t/m <sup>3</sup>
$\varphi$	(angolo d'attrito)	25-30°
Ed	(modulo edometrico)	1.500 – 2.000 t/m <sup>2</sup>

## 6. SISMICITÀ

### 6.1 ZONE SISMICHE

Per la valutazione della sismicità storica dell'area e per una prima valutazione della sua pericolosità sismica, è stata utilizzata la banca dati del GNDT (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti – cataloghi NT4.1.1 – DOM.4.1.) Come si può vedere dalla mappa allegata il sito in esame viene identificato come un'area a medio rischio sismico.



Area in esame ○

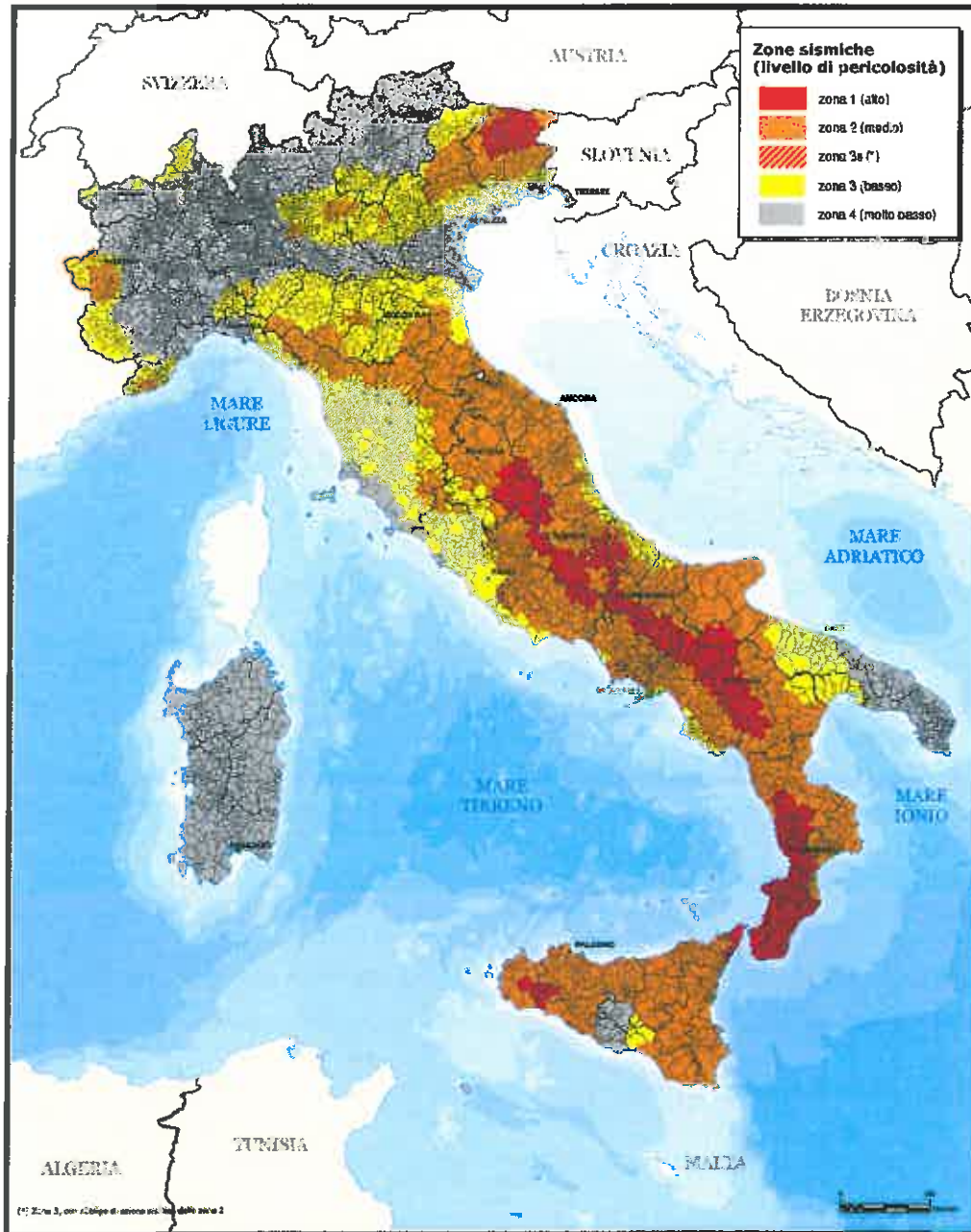
Con riferimento alla classificazione sismica nell'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 e le norme tecniche vigenti, che disciplinano le costruzioni in zone sismiche, il territorio comunale di Fano, è classificato come zona 2 con livello di pericolosità sismico medio (Vedi figura nella pagina seguente).



Presidenza del Consiglio dei Ministri  
**Dipartimento della protezione civile**  
Ufficio prevenzione, valutazione e mitigazione del rischio sismico e attività di opere post-emergenza

### Classificazione sismica al 2006

Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell'Ordinanza PCM 20 marzo 2003, n. 3274.  
Atti di recepimento al 31 dicembre 2007: Abruzzo: DGR 29/3/03, n. 498; Basilicata: DGR 19/11/03, n. 731; Calabria: DGR 10/2/04, n. 47; Campania: DGR 7/11/02, n. 5447; Emilia Romagna: DGR 21/7/03, n. 1435; Friuli Venezia Giulia: DGR 1/8/03, n. 2323; Lazio: DGR 1/8/03, n. 766; Liguria: DGR 18/5/03, n. 510; Lombardia: DGR 7/11/03, n. 14904; Marche: DGR 29/7/04, n. 1046; Molise: LP 20/5/04, n. 13; Piemonte: DGR 17/11/03, n. 61/11017; Puglia: DGR 2/5/04, n. 153; Sardegna: DGR 30/3/04, n. 15/31; Sicilia: DGR 19/11/03, n. 468; Toscana: DGR 16/6/03, n. 604; Trentino Alto Adige: Bolzano: DGR 6/11/05, n. 4047; Trento: DGR 23/10/03, n. 2613; Umbria: DGR 18/5/03, n. 852; Veneto: DGR 3/12/03, n. 67; Valle d'Aosta: DGR 30/12/03, n. 5133.



PG/07/199

**Dott. Geol. CENCIONI CARLO**  
Via Il Strada, 6/A – 61032 Fano (PU)

## 6.2 AZIONE SISMICA

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è quindi l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica di progetto.

La "pericolosità di base" è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo ("periodo di riferimento" VR espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" PVR.

La "pericolosità sismica di base" è definita in termini di:

- accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (suolo di categoria C, v. Tab III), con superficie topografica orizzontale (categoria T1; v. Tab. 3.2.IV delle NTC 2008),
- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.,

Le nuove norme definiscono le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

$T^*C$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le NTC 2008 stimano la pericolosità sismica di base su una griglia di 10.751 punti, per ognuno dei quali viene fornita la terna di valori  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*C$  per nove distinti periodi di ritorno TR.



## 7. CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento di seguito indicate.

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

Per sottosuoli appartenenti alle ulteriori categorie **S1** ed **S2** di seguito indicate, è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

**Categorie aggiuntive di sottosuolo.**

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

**Condizioni topografiche**

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

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

Le sopra esposte 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

## 8. RISULTATI DELL'INDAGINE ESEGUITA

In base alle risultanze della prova sismica eseguita, che si riportano in allegato, e delle condizioni topografiche dell'area, il sottosuolo può essere attribuito alla categoria "C" e la superficie topografica alla categoria "T1".

Utilizzando il foglio di lavoro distribuito dal "Consiglio superiore dei Lavori Pubblici" è possibile ricavare alcune informazioni aggiuntive a partire dalla vita nominale della costruzione  $V_n$  (in anni), dal coefficiente d'uso della costruzione  $C_u$  determinato in base alla classe d'uso, dal periodo di riferimento della costruzione  $V_r$  (in anni) e dai periodi di ritorno per la determinazione dell'azione sismica  $T_r$  (in anni) che sono così definiti:

*La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale l'opera, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.1 delle NTC-08 e deve essere precisata nei documenti di progetto.*

	Tipi di costruzione	Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

### Classi d'uso (§ 2.4.2 NTC-08)

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

<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 <i>Classe d'uso III</i> o in <i>Classe d'uso IV</i> , 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 <i>Classe d'uso IV</i> . 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 D.M. 5 novembre 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.

### Vita di riferimento (§ 2.4.3 NTC-08)

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$

$$V_r = V_n C_u \quad (\text{NTC-08 Eq. 2.4.1})$$

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella **Tab. 2.4.II** delle NTC-08.

**Tabella 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$**

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1	1,5	2

Se  $V_R \leq 35$  anni si pone comunque  $V_R = 35$  anni.

Si definisce, infine, il periodo di ritorno per la determinazione dell'azione sismica  $T_r$  come segue:

### **Stati limite e relative probabilità di superamento (§ 3.2.1 NTC-08)**

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

**Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

**Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

**Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

**Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella **Tab. 3.2.I delle NTC-08**.

**Tabella 3.2.I** – Probabilità di superamento  $P_{VR}$  al variare dello stato limite considerato

<b>Stati Limite</b>	<b><math>P_{VR}</math>: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento <math>V_R</math></b>	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

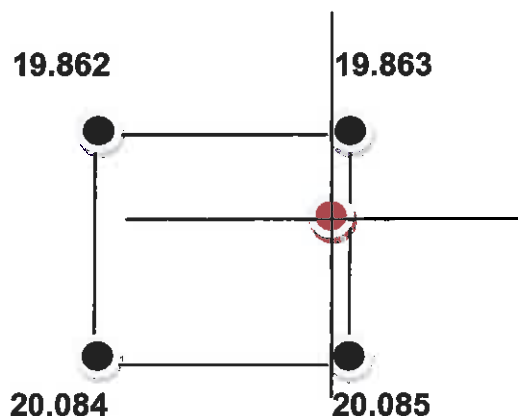
Qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia di prioritaria importanza, i valori di  $P_{VR}$  forniti in tabella devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

Utilizzando il sopra citato foglio di lavoro distribuito dal "Consiglio superiore dei Lavori Pubblici" nel quale il sito è stato identificato con le seguenti coordinate geografiche:

**LATITUDINE: 43,8170**

**LONGITUDINE: 13,0679**

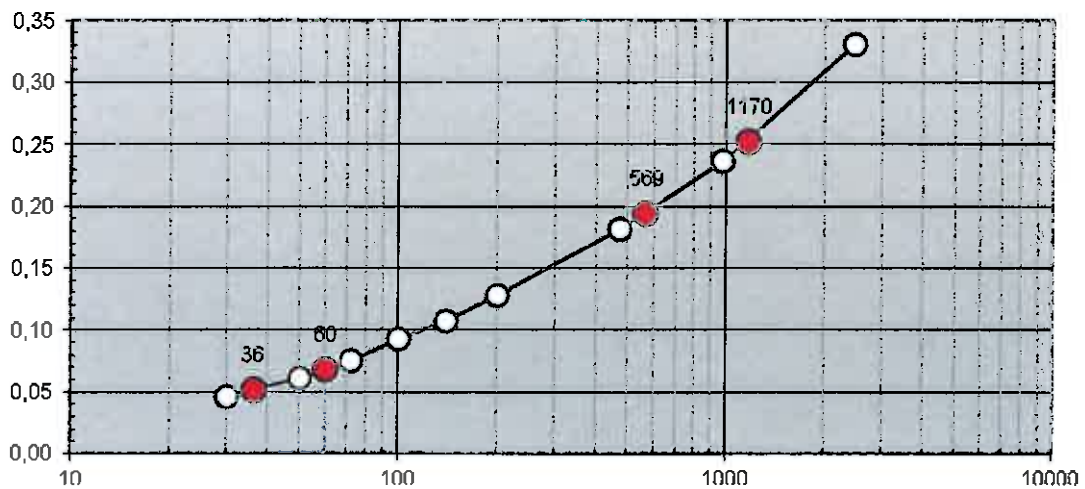
che identificano un punto all'interno del seguente reticolo delimitato dai nodi:



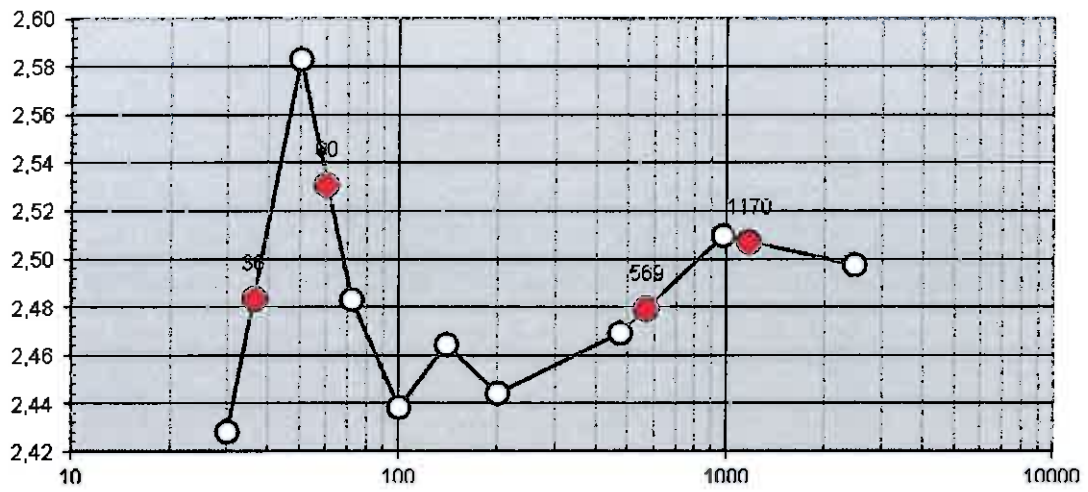
ed partire da un valore  $V_n = 60$  (si ricorda che  $V_n$  deve essere  $\geq 50$ ) ed una classe d'uso II è possibile ricavare i seguenti dati:

**Valori di progetto dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  in funzione del periodo di ritorno  $T_R$**

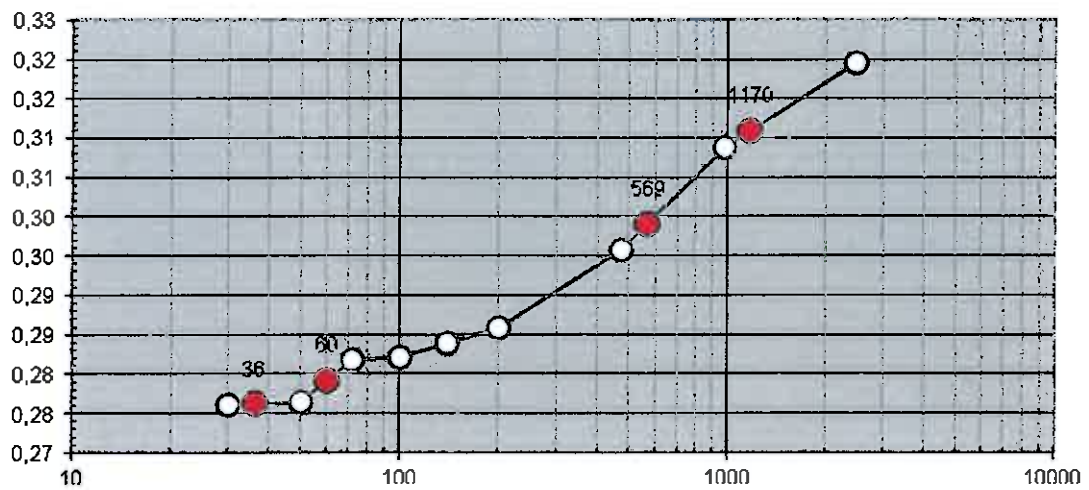
$a_g$  [g]



$F_0 [-]$



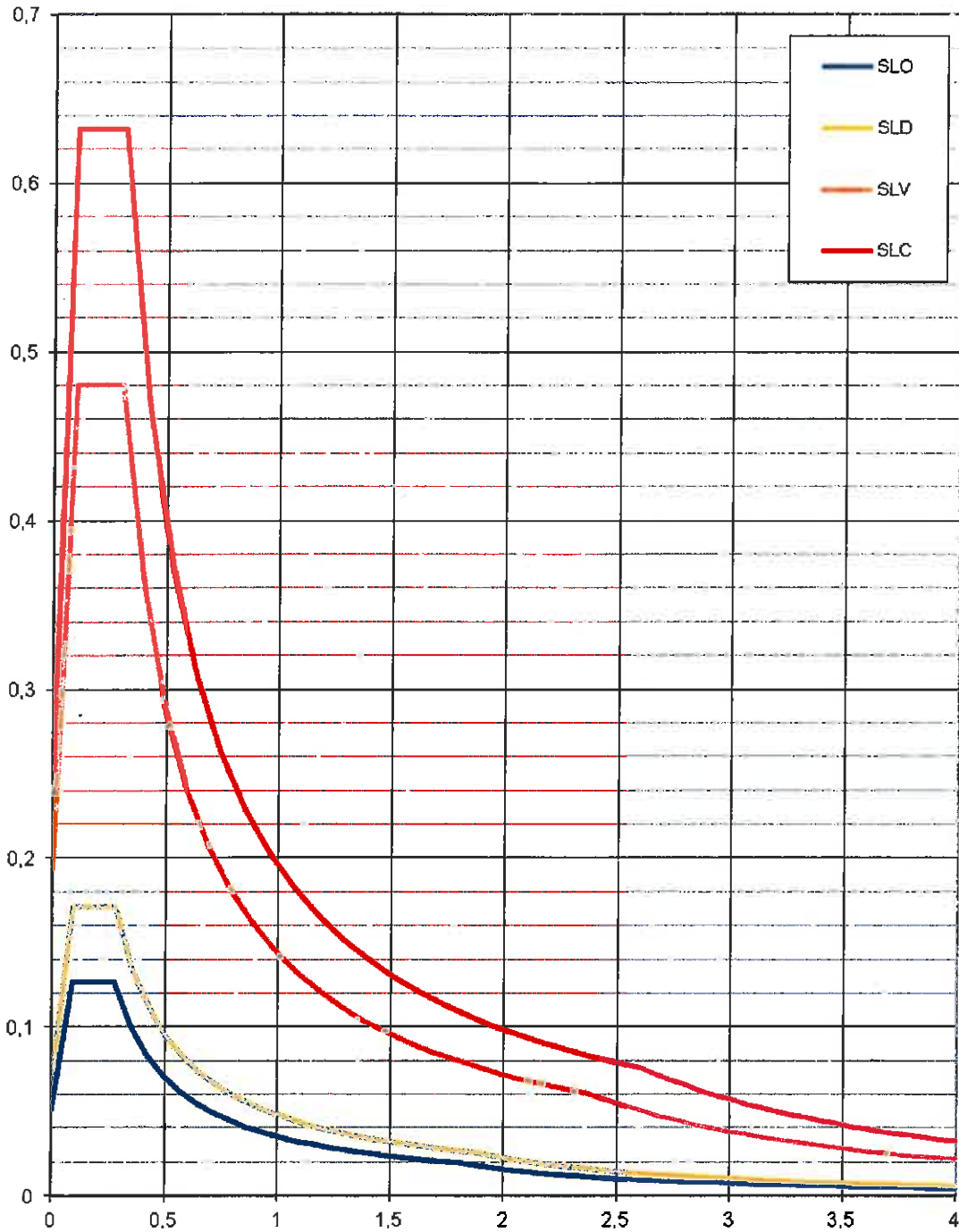
$T_c^* [s]$





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

$S_e$  [g]



**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL**

<b>STATO LIMITE</b>	<b><math>T_R</math> [anni]</b>	<b><math>a_g</math> [g]</b>	<b><math>F_o</math> [-]</b>	<b><math>T_c^*</math> [s]</b>
<b>SLO</b>	36	0,051	2,484	0,276
<b>SLD</b>	60	0,068	2,531	0,279
<b>SLV</b>	569	0,194	2,479	0,299
<b>SLC</b>	1170	0,252	2,507	0,311

## **9. LIQUEFAZIONE**

L'analisi sul rischio di liquefazione viene condotta sulla base di quanto riportato nel paragrafo 7.11.3.4.2 del D.M. 14/01/2008.

La norma specifica che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- a) eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
- b) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- c) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- d) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  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  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- e) distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Trattandosi di terreni argilloso-limosi che ricoprono i depositi ghiaiosi-sabbiosi non si rientra né nel punto d) né nel punto e) per cui la verifica può essere omessa.

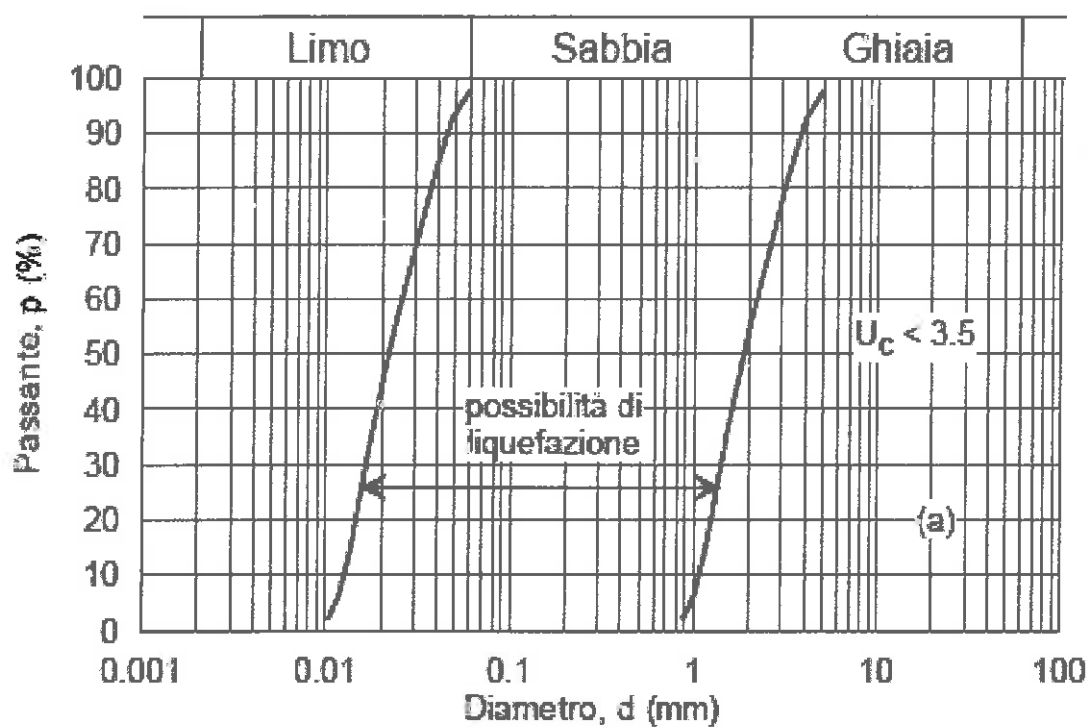


Figura 7.11.1 (a)

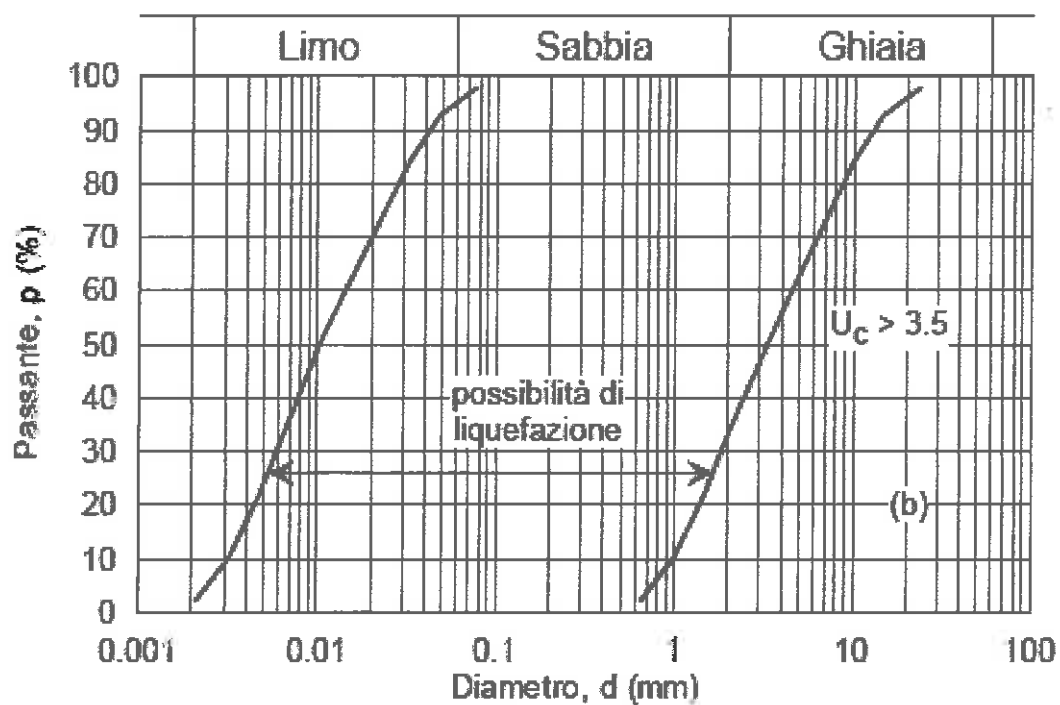


figura 7.11.1(b)

## **10. CRITERI GENERALI D'INTERVENTO**

### **10.1 STRADE E PIAZZALI**

Le strade di lottizzazione, nonché i piazzali, dovranno essere realizzati con materiale appartenente alla classe A6 – A7 della classifica CNR-UNI 10006.

Per il materiale di sottofondo il modulo di compressibilità  $M\varepsilon$  nell'intervallo di carico  $0,05\div 0,15$  N/mm<sup>2</sup> non dovrà essere inferiore a 20 N/mm<sup>2</sup>, mentre la densità relativa non dovrà essere inferiore al 95 % della densità AASHO Standard.

In caso ciò non fosse possibile sarà necessario procedere alla stabilizzazione con calce.

Il materiale dei rilevati dovrà appartenere alle classi A-1÷A-3 della classifica CNR-UNI 10006.

In alternativa anche in questo caso si potranno utilizzare materiali argillosi stabilizzati con calce.

Il modulo di compressibilità  $M\varepsilon$  nell'intervallo di carico  $0,15\div 0,25$  N/mm<sup>2</sup> non dovrà essere inferiore a 80 N/mm<sup>2</sup>.

Una volta rispettati questi parametri potranno essere stesi i successivi strati bituminosi di base, di collegamento e di usura.

### **10.2 DRENAGGI – REGIMAZIONE DELLE ACQUE**

A ridosso di tutti i muri di contenimento dovranno essere realizzati degli efficienti drenaggi per intercettare e smaltire le acque d'infiltrazione per evitare l'insorgere di sovrappressioni neutre.

L'intera area oggetto d'intervento dovrà essere dotata di un'efficiente sistema di raccolta e regimazione delle acque superficiali onde evitare che raggiungono i manufatti, e vadano ad interferire con i terreni fondali.

In considerazione della natura prevalentemente coesiva dei terreni su cui saranno presumibilmente impostate le fondazioni dovranno essere regolamentate tutte le acque superficiali nell'intorno dei fabbricati.

Tutte le acque di raccolta non dovranno essere disperse nel terreno ma incanalate a valle con relativi pozzetti di controllo.

## **11 FONDAZIONI**

Per l'esatta definizione delle tipologie di fondazione più idonee, nonché per la determinazione dei relativi carichi ammissibili, si rimanda agli studi geologici di dettaglio per la costruzione di ciascun edificio ai sensi del D.M.14/1/2008.

La tipologia di fondazione sarà determinata sulla base delle opere da realizzare e quindi dei carichi applicati al terreno.

In questa fase, a livello indicativo e alla luce di quanto emerso dalle prime indagini geognostiche eseguite, si ritiene che per gli edifici in progetto si potranno utilizzare fondazioni superficiali quali travi rovesce poste a quote di almeno 3 – 3,5 metri di profondità dall'attuale piano campagna; la scelta definitiva delle opere fondanti sarà comunque da adottare a seguito degli studi geologici specifici di dettaglio e alla luce dei carichi applicati e dei cedimenti teorici stimati.

## 12. CONCLUSIONI

Vista la morfologia del luogo, sulla base delle indagini eseguite e sui parametri geotecnici desunti, l'area si può considerare idonea alla realizzazione di tutte le opere previste nel comparto.

Si consiglia di realizzare un drenaggio alla base delle strutture interrato ed un'adeguata regimazione delle acque meteoriche al fine di allontanarle dalle fondazioni.

In relazione alla litologia dei terreni ed alla configurazione morfologica dell'area, sono stati definiti i valori dei parametri sismici allo Stato Limite di Esercizio (SLO-SLD) e allo Stato Limite Ultimo (SLV-SLC).

I terreni di fondazione ricadono in Categoria C mentre la categoria topografica è T1.

La frequenza di risonanza del sito è pari ad 8 Hz circa.

Per ipotesi di calcolo su suolo elastico alla Winkler si suggerisce di adottare, per i terreni del substrato, un coefficiente di sottofondo:

$K_v = 1 \text{ Kg/cm}^3$  per i terreni argillosi della coltre di copertura

$K_v = 20 \text{ Kg/cm}^3$  per i terreni del substrato

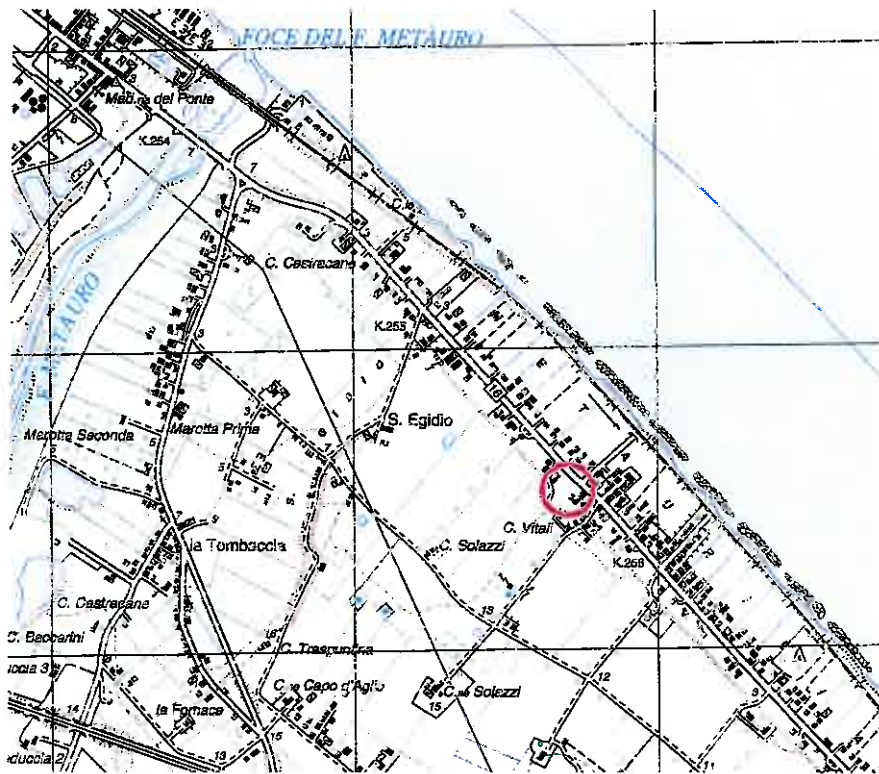
Si consiglia infine di provvedere ad un'accurata regimazione di tutte le acque meteoriche e dilavanti, predisponendo un'adeguata rete di scolo; anche le condotte defluenti ed affluenti alla struttura dovranno essere ispirate a principi di assoluta impermeabilità.

**FANO, Lì 16/09/2013**

## **ALLEGATI**

- 1. COROGRAFIA**
- 2. CARTA GEOLOGICA**
- 3. PLANIMETRIA LOTTO CON UBICAZIONE DELLE PROVE ESEGUITE E TRACCIA DI SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA**
- 4. SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA**
- 5. REPORT DELLE PROVE PENETROMETRICHE**
- 6. INDAGINE SISMICA (HVSR)**
- 7. CARTA DELLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE E SISMICHE CON SOVRAPPOSIZIONE DELL'AREA IN ARGOMENTO**
- 8. STRALCIO P.A.I. REGIONALE**

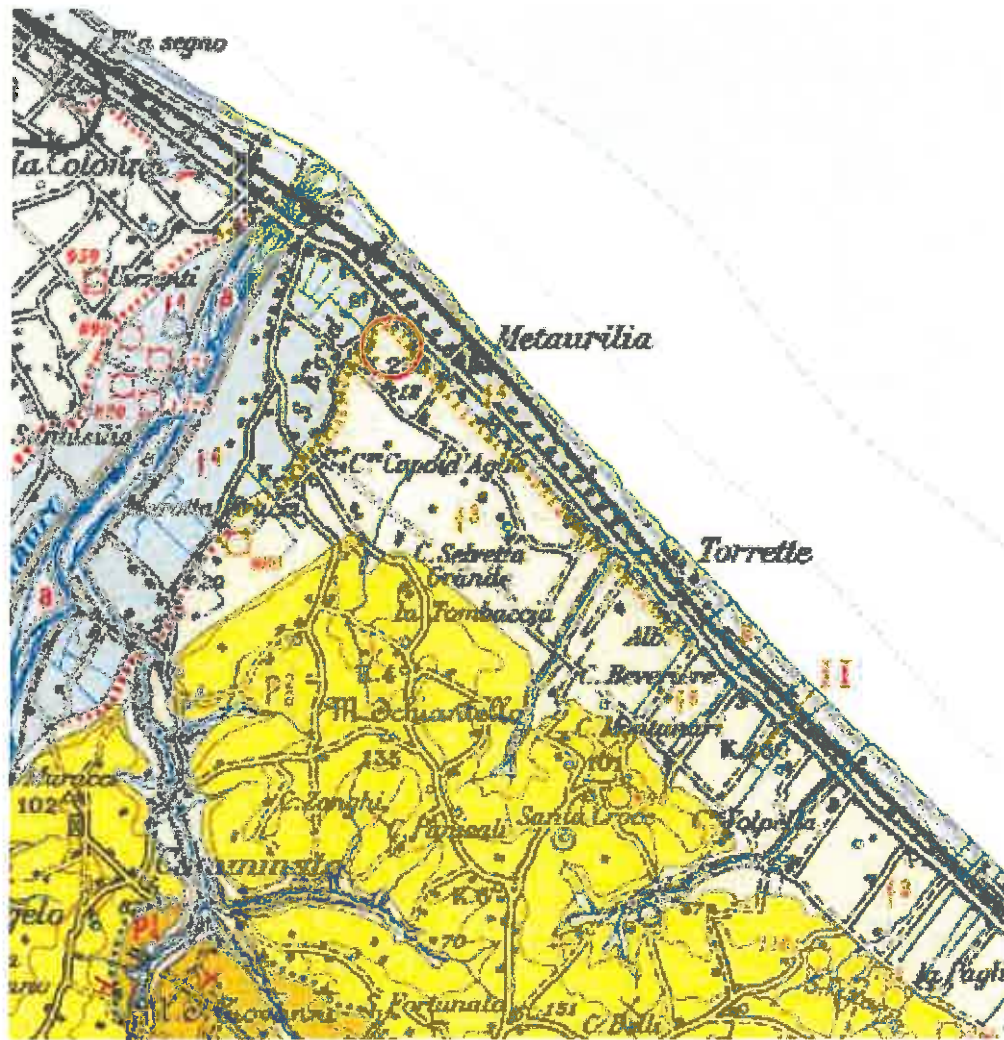
# COROGRAFIA



AREA DI INTERESSE

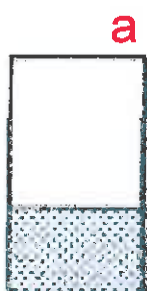


# CARTA GEOLOGICA



AREA DI INTERESSE

# LEGENDA



Alluvioni recenti ed attuali. Sabbie e ghiaie delle spiagge attuali (a)  
Detrito di Falda (dt)



Alluvioni e depositi ghiaiosi, talora lievemente sabbiosi,  
del IV ordine dei terrazzi a 5-10 metri sul fondovalle.



Alluvioni e depositi ghiaiosi, talora lievemente sabbiosi,  
del III ordine dei terrazzi a 10-30 metri sul fondovalle.

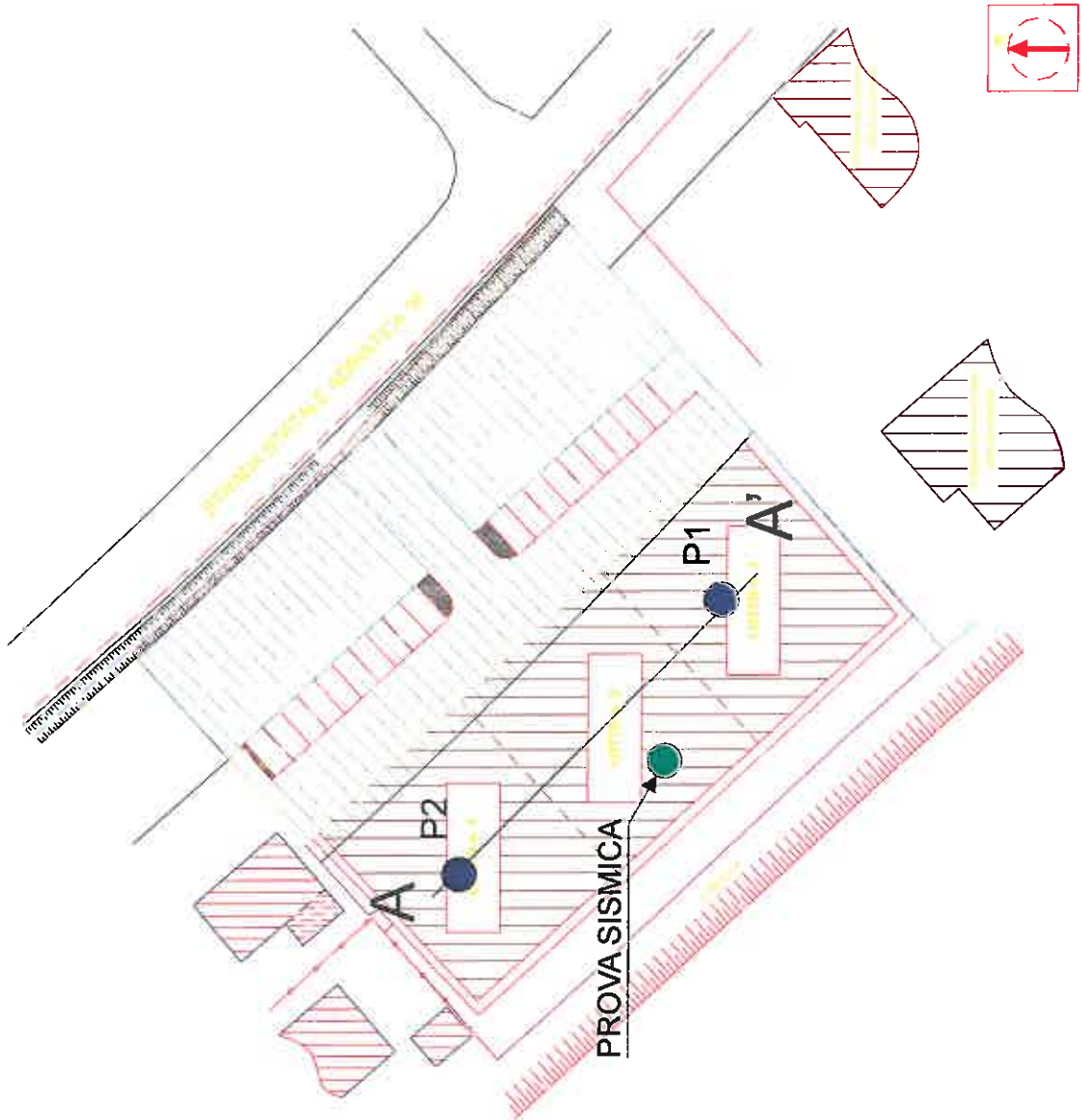


Alluvioni e depositi ghiaiosi, talora lievemente sabbiosi,  
del II ordine dei terrazzi a 30-60 metri sul fondovalle.



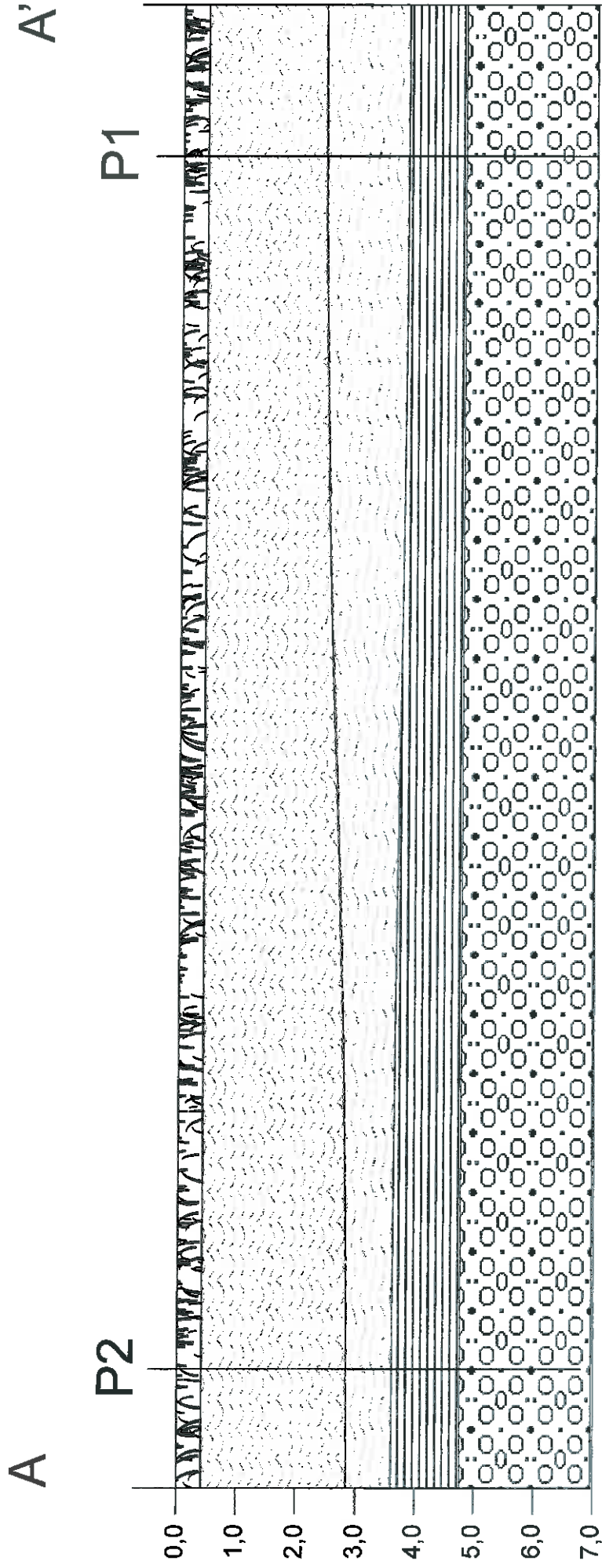
Alluvioni e depositi ghiaiosi, talora lievemente sabbiosi,  
del I ordine dei terrazzi a 50-130 metri sul fondovalle.

PLANIMETRIA LOTTO CON UBICAZIONE DELLE PROVE ESEGUITE  
E TRACCIA DI SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA

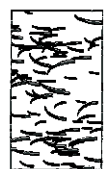


# SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA

Scala O 1:200 H 1:100



Terreno vegetale



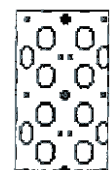
Sabbie con ghiaia



Limi argilloso sabbiosi



Ghiaia debolmente sabbiosa







INDAGINI GEOFISICHE  
&  
GEOGNOSTICHE  
MAIL:MBN@SERVIZISISMICI@HOTMAIL.IT

**SERVIZI SISMICI S.N.C.**  
VIA PIANO DI FRASSINETA, 109  
60041 SASSOFERRATO (AN)  
P.I.:02495830420-n° REA:AN-192227  
Tel.:0732-96839-cell:338-9056200

**Prove:** Dpsh 1 - Dpsh 2

**Data:** 5 agosto 2013

**Committente:** Sorcinelli Gianfranco

**Cantiere:** Metaurilia

**Località:** Fano - PU

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA D.P.S.H. - I.S.S.M.F.E

### CARATTERISTICHE TECNICHE STRUMENTAZIONE (Penetrometro Statico-Dinamico PAGANI TG 63/200)

Peso massa battente:	63.5 kg
Altezza di caduta:	0.75 m.
Peso sistema di battuta:	0.7 kg
Diametro base punta conica:	51 mm
Angolo di apertura della punta:	90°
Area base punta conica:	20 cm <sup>2</sup>
Diametro asta:	32 mm
Lunghezza asta:	1.0 m
Peso asta:	6.2 Kg
Penetrazione standard:	20 cm
Coefficiente teorico di energia (N20 <sub>DPSH</sub> /SPT):	1.504

### LEGENDA RAPPRESENTAZIONE GRAFICA

H: Profondità dal piano campagna in metri

Nc: Numero di colpi registrati per la penetrazione standard

Rpd: Resistenza dinamica alla punta (metodo degli olandesi)

### LEGENDA ELABORAZIONE PARAMETRI GEOTECNICI

N<sub>cm</sub> : numero di colpi medio dello strato individuato

C<sub>c</sub> : coefficiente di correlazione tra il numero di colpi SPT e DPSH

N<sub>SPT</sub>: numero di colpi S.P.T. equivalenti

D<sub>r</sub> : densità relativa (Skempton, 1986 - Meyerhof, 1957)

Φ : angolo di attrito (Meyerhof, 1965-Japanese National Railway)

E' : modulo di Young (Schmertmann, 1978-Bowles, 1982)

K<sub>o</sub> : modulo di reazione (Navfac, 1982)

ν : modulo di Poisson (A.G.I., 1977)

C<sub>u</sub> : coesione non drenata (Sunda, 1983-U.S.D.M.S.M.)

E<sub>d</sub> : modulo edometrico (Stroud & Butler, 1975 - Buisman & Sanglerat)

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)  
 Prova eseguita in data 05/08/2013  
 Profondità prova 7,00 mt  
 Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

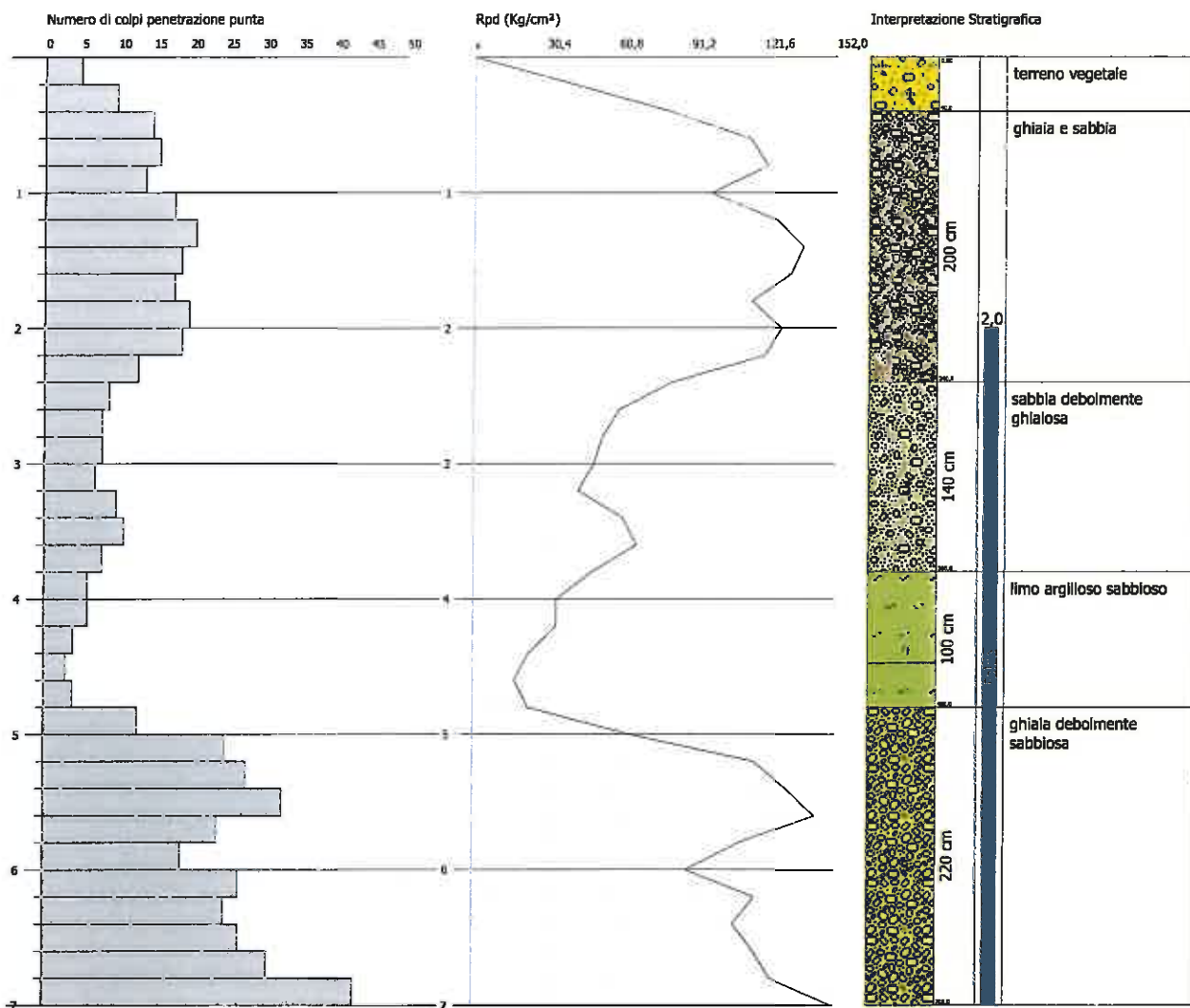
Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	5	0,855	41,53	48,59	2,08	2,43
0,40	10	0,851	82,68	97,18	4,13	4,86
0,60	15	0,797	116,18	145,77	5,81	7,29
0,80	16	0,793	123,35	155,49	6,17	7,77
1,00	14	0,790	99,40	125,86	4,97	6,29
1,20	18	0,786	127,23	161,82	6,36	8,09
1,40	21	0,733	138,36	188,79	6,92	9,44
1,60	19	0,780	133,15	170,81	6,66	8,54
1,80	18	0,776	125,62	161,82	6,28	8,09
2,00	20	0,773	129,33	167,27	6,47	8,36
2,20	19	0,770	122,38	158,90	6,12	7,95
2,40	13	0,767	83,41	108,72	4,17	5,44
2,60	9	0,814	61,29	75,27	3,06	3,76
2,80	8	0,811	54,29	66,91	2,71	3,35
3,00	8	0,809	50,58	62,55	2,53	3,13
3,20	7	0,806	44,11	54,73	2,21	2,74
3,40	10	0,803	62,81	78,18	3,14	3,91
3,60	11	0,801	68,88	86,00	3,44	4,30
3,80	8	0,798	49,94	62,55	2,50	3,13
4,00	6	0,796	35,06	44,04	1,75	2,20
4,20	6	0,794	34,96	44,04	1,75	2,20
4,40	4	0,791	23,24	29,36	1,16	1,47
4,60	3	0,789	17,38	22,02	0,87	1,10
4,80	4	0,787	23,11	29,36	1,16	1,47
5,00	13	0,735	66,10	89,92	3,30	4,50
5,20	25	0,683	118,11	172,93	5,91	8,65
5,40	28	0,681	131,90	193,68	6,60	9,68
5,60	33	0,629	143,61	228,27	7,18	11,41
5,80	24	0,677	112,44	166,01	5,62	8,30
6,00	19	0,725	90,15	124,26	4,51	6,21
6,20	27	0,674	118,97	176,59	5,95	8,83
6,40	25	0,672	109,88	163,50	5,49	8,18
6,60	27	0,670	118,38	176,59	5,92	8,83
6,80	31	0,619	125,45	202,75	6,27	10,14
7,00	43	0,567	151,26	266,69	7,56	13,33

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1  
 Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: Sorcinelli Gianfranco & Santini Luciana  
 Cantiere: Loc. Metaurlia  
 Località: Fano (PU)

Data: 05/08/2013

Scala 1:50



## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

## TERRENI COESIVI I

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[4] - limo argilloso sabbioso	6,79	4,80	Sunda (1983) Benassi Vannelli	0,76

## Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
[4] - limo argilloso sabbioso	6,79	4,80	Buisman-Sanglerat	33,95

## Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[4] - limo argilloso sabbioso	6,79	4,80	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

## Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[4] - limo argilloso sabbioso	6,79	4,80	Meyerhof ed altri	1,85

## TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[2] - ghiaia e sabbia	25,53	2,40	25,53	Meyerhof 1957	100
[3] - sabbia debolmente ghiaiosa	12,86	3,80	12,86		69,96
[4] - limo argilloso sabbioso	6,79	4,80	6,79		48,58
[5] - ghiaia debolmente sabbiosa	39,59	7,00	27,295		90,23

## Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[2] - ghiaia e sabbia	25,53	2,40	25,53	Japanese National Railway	34,66
[3] - sabbia debolmente ghiaiosa	12,86	3,80	12,86		30,86
[4] - limo argilloso sabbioso	6,79	4,80	6,79		29,04
[5] - ghiaia debolmente sabbiosa	39,59	7,00	27,295		35,19

## Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - ghiaia e sabbia	25,53	2,40	25,53	Schmertmann (1978) (Sabbie)	254,24
[3] - sabbia debolmente ghiaiosa	12,86	3,80	12,86		102,88
[4] - limo argilloso sabbioso	6,79	4,80	6,79		54,32
[5] - ghiaia debolmente sabbiosa	39,59	7,00	27,295		268,36



## Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - ghiaia e sabbia	25,53	2,40	25,53	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - sabbia debolmente ghiaiosa	12,86	3,80	12,86		MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] - limo argilloso sabbioso	6,79	4,80	6,79		POCO ADDENSATO
[5] - ghiaia debolmente sabbiosa	39,59	7,00	27,295		ADDENSATO

## Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[2] - ghiaia e sabbia	25,53	2,40	25,53	Meyerhof ed altri	2,08
[3] - sabbia debolmente ghiaiosa	12,86	3,80	12,86		1,82
[4] - limo argilloso sabbioso	6,79	4,80	6,79		1,61
[5] - ghiaia debolmente sabbiosa	39,59	7,00	27,295		2,11

## Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - ghiaia e sabbia	25,53	2,40	25,53	(A.G.I.)	0,3
[3] - sabbia debolmente ghiaiosa	12,86	3,80	12,86		0,33
[4] - limo argilloso sabbioso	6,79	4,80	6,79		0,34
[5] - ghiaia debolmente sabbiosa	39,59	7,00	27,295		0,3

## Modulo di reazione Ko

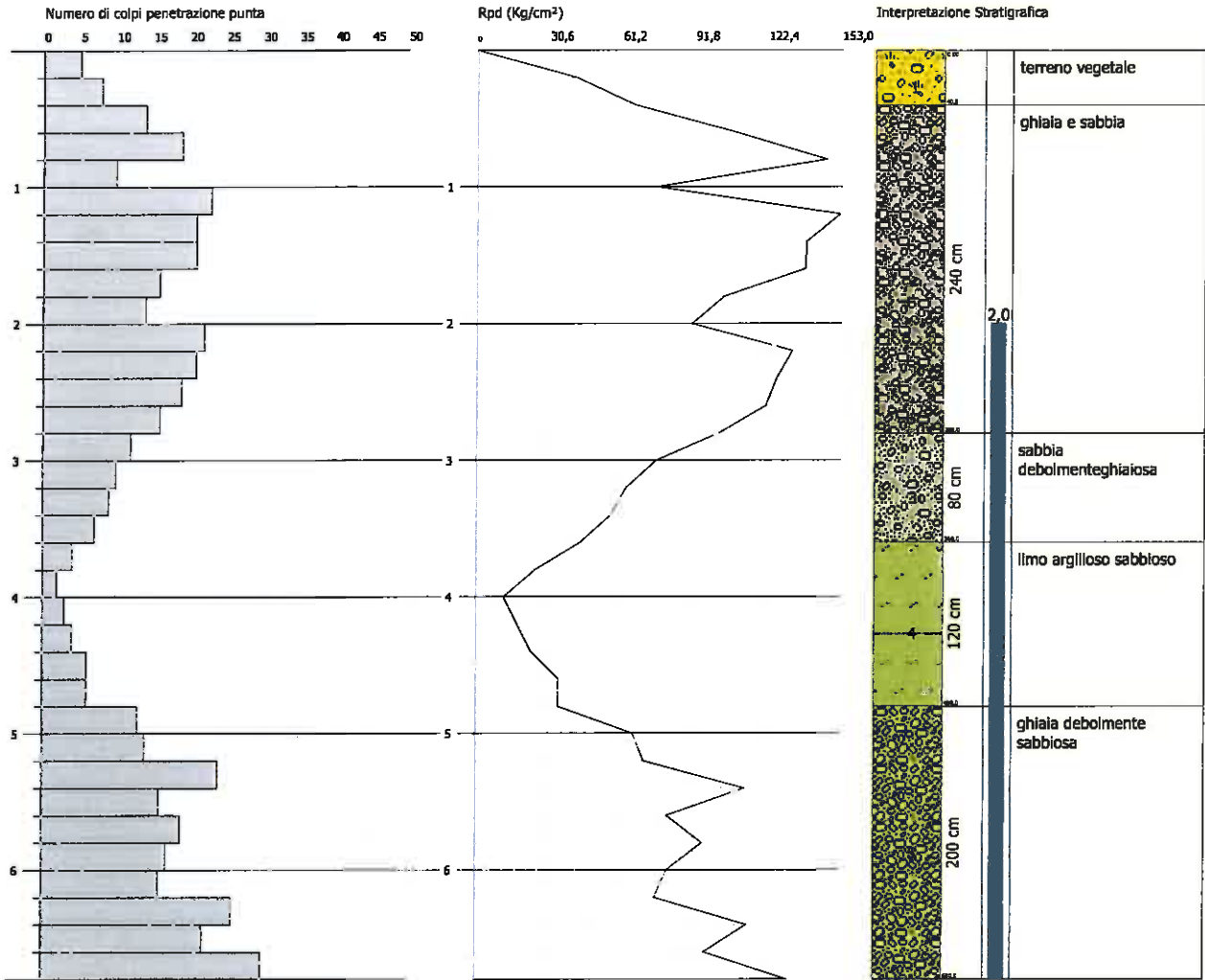
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[2] - ghiaia e sabbia	25,53	2,40	25,53	Navfac 1971-1982	4,96
[3] - sabbia debolmente ghiaiosa	12,86	3,80	12,86		2,70
[4] - limo argilloso sabbioso	6,79	4,80	6,79		1,40
[5] - ghiaia debolmente sabbiosa	39,59	7,00	27,295		5,22

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)  
 Prova eseguita in data 05/08/2013  
 Profondità prova 6,80 mt  
 Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	5	0,855	41,53	48,59	2,08	2,43
0,40	8	0,851	66,14	77,74	3,31	3,89
0,60	14	0,797	108,43	136,05	5,42	6,80
0,80	19	0,793	146,48	184,64	7,32	9,23
1,00	10	0,840	75,49	89,90	3,77	4,49
1,20	23	0,736	152,24	206,77	7,61	10,34
1,40	21	0,733	138,36	188,79	6,92	9,44
1,60	21	0,730	137,73	188,79	6,89	9,44
1,80	16	0,776	111,67	143,84	5,58	7,19
2,00	14	0,773	90,53	117,09	4,53	5,85
2,20	22	0,720	132,50	183,99	6,62	9,20
2,40	21	0,717	125,95	175,63	6,30	8,78
2,60	19	0,764	121,44	158,90	6,07	7,95
2,80	16	0,761	101,89	133,81	5,09	6,69
3,00	12	0,809	75,87	93,82	3,79	4,69
3,20	10	0,806	63,02	78,18	3,15	3,91
3,40	9	0,803	56,53	70,37	2,83	3,52
3,60	7	0,801	43,83	54,73	2,19	2,74
3,80	4	0,798	24,97	31,27	1,25	1,56
4,00	2	0,796	11,69	14,68	0,58	0,73
4,20	3	0,794	17,48	22,02	0,87	1,10
4,40	4	0,791	23,24	29,36	1,16	1,47
4,60	6	0,789	34,76	44,04	1,74	2,20
4,80	6	0,787	34,67	44,04	1,73	2,20
5,00	13	0,735	66,10	89,92	3,30	4,50
5,20	14	0,733	70,98	96,84	3,55	4,84
5,40	24	0,681	113,06	166,01	5,65	8,30
5,60	16	0,729	80,70	110,67	4,03	5,53
5,80	19	0,727	95,58	131,43	4,78	6,57
6,00	17	0,725	80,66	111,18	4,03	5,56
6,20	16	0,724	75,73	104,64	3,79	5,23
6,40	26	0,672	114,27	170,05	5,71	8,50
6,60	22	0,670	96,45	143,88	4,82	7,19
6,80	30	0,669	131,21	196,21	6,56	9,81



## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

## TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[4] - limo argilloso sabbioso	6,15	4,80	Sunda (1983) Benassi Vannelli	0,7

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
[4] - limo argilloso sabbioso	6,15	4,80	Buisman-Sanglerat	30,75

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[4] - limo argilloso sabbioso	6,15	4,80	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[4] - limo argilloso sabbioso	6,15	4,80	Meyerhof ed altri	1,82

## TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[2] - ghiaia e sabbia	26,57	2,80	26,57	Meyerhof 1957	100
[3] - sabbia debolmenteghiaiiosa	14,02	3,60	14,02		71,96
[4] - limo argilloso sabbioso	6,15	4,80	6,15		45,93
[5] - ghiaia debolmente sabbiosa	29,08	6,80	29,08		92,81

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[2] - ghiaia e sabbia	26,57	2,80	26,57	Japanese National Railway	34,97
[3] - sabbia debolmenteghiaiiosa	14,02	3,60	14,02		31,21
[4] - limo argilloso sabbioso	6,15	4,80	6,15		28,84
[5] - ghiaia debolmente sabbiosa	29,08	6,80	29,08		35,72

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - ghiaia e sabbia	26,57	2,80	26,57	Schmertmann (1978) (Sabbie)	262,56
[3] - sabbia debolmenteghiaiiosa	14,02	3,60	14,02		112,16
[4] - limo argilloso sabbioso	6,15	4,80	6,15		49,20
[5] - ghiaia debolmente sabbiosa	29,08	6,80	29,08		282,64

## Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - ghiaia e sabbia	26,57	2,80	26,57	Classificazione A.G.I.	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - sabbia debolmenteghiaiiosa	14,02	3,60	14,02		MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] - limo argilloso sabbioso	6,15	4,80	6,15		POCO ADDENSATO
[5] - ghiaia debolmente sabbiosa	29,08	6,80	29,08		MODERATAMENTE ADDENSATO

## Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[2] - ghiaia e sabbia	26,57	2,80	26,57	Meyerhof ed altri	2,10
[3] - sabbia debolmenteghiaiiosa	14,02	3,60	14,02		1,85
[4] - limo argilloso sabbioso	6,15	4,80	6,15		1,59
[5] - ghiaia debolmente sabbiosa	29,08	6,80	29,08		2,13

## Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - ghiaia e sabbia	26,57	2,80	26,57	(A.G.I.)	0,3
[3] - sabbia debolmenteghiaiiosa	14,02	3,60	14,02		0,33
[4] - limo argilloso sabbioso	6,15	4,80	6,15		0,34
[5] - ghiaia debolmente sabbiosa	29,08	6,80	29,08		0,3

## Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[2] - ghiaia e sabbia	26,57	2,80	26,57	Navfac 1971-1982	5,12
[3] - sabbia debolmenteghiaiiosa	14,02	3,60	14,02		2,93
[4] - limo argilloso sabbioso	6,15	4,80	6,15		1,25
[5] - ghiaia debolmente sabbiosa	29,08	6,80	29,08		5,48



INDAGINI GEOFISICHE  
&  
GEOGNOSTICHE

MAIL: M.SERVIZI@SERVIZI.SISMICI@HOTMAIL.IT

**SERVIZI SISMICI S.N.C.**

VIA PIANO DI FRASSINETA, 109

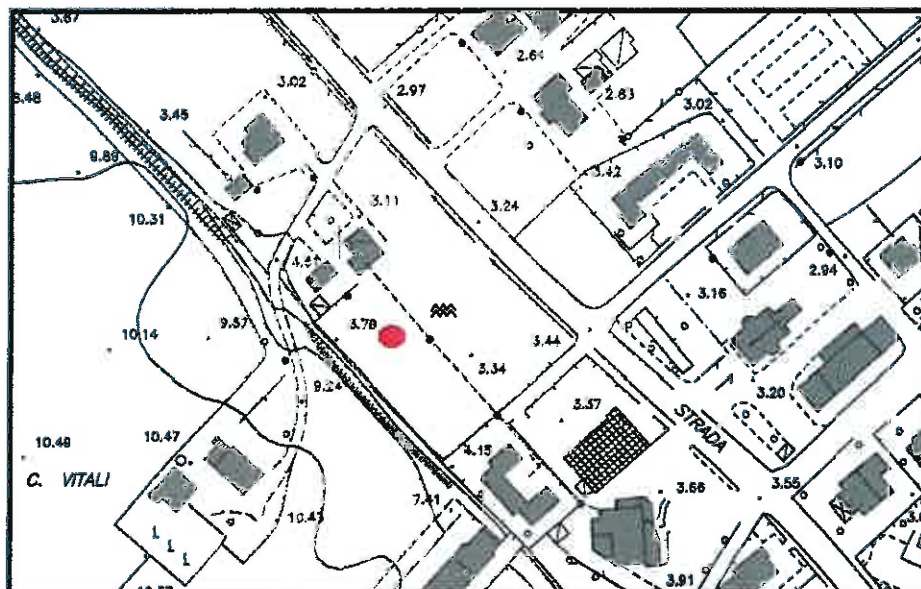
60041 SASSOFERRATO (AN)

P.I.: 02495830420-n° REA: AN-192227

Tel: 0732-96839-cell: 338-9056200

Indagine geofisica eseguita con la tecnica  
dei rapporti spettrali (HVSR) nell'area  
del comparto residenziale denominato  
ST6\_P52 sito in Loc. Metaurilia  
Comune di Fano.

**Committente: Sorcinelli Gianfranco & Santini Luciana**



**Ubicazione area di Registrazione**

**Sassoferrato 30/08/2013**

### **Cenni sulla teoria della tecnica HVSR**

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo  $V_{s30}$  attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamiento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo  $V_{s30}$ .

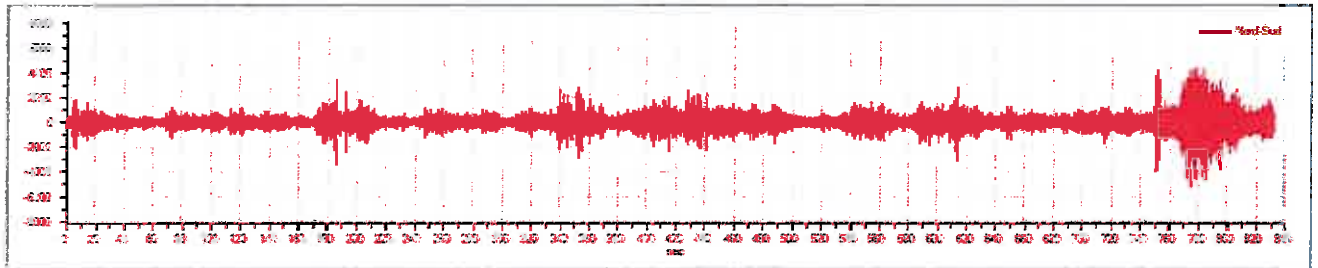


## Tracce in input

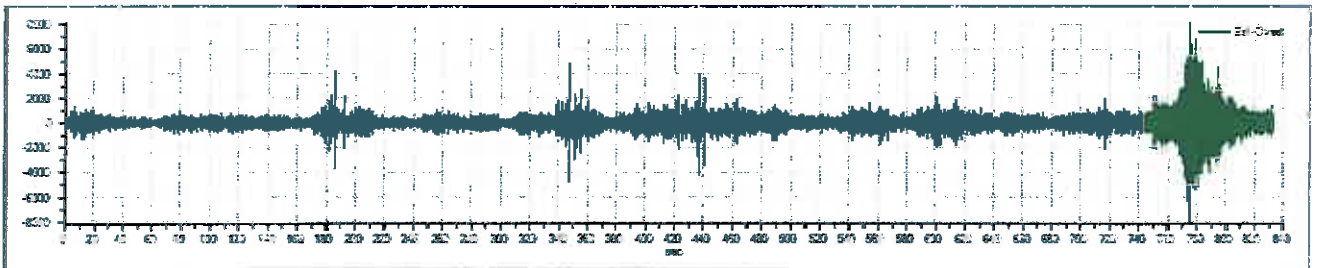
### Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3  
Durata registrazione: 834 s  
Frequenza di campionamento: 300,00 Hz  
Numero campioni: 250200  
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

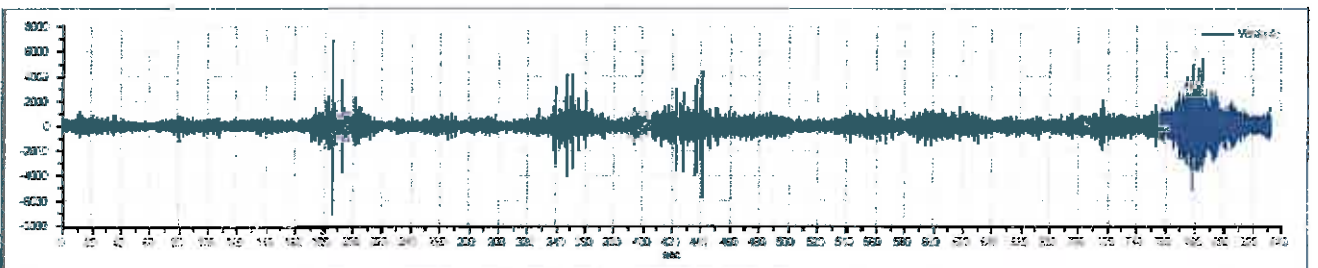
### Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale



## Finestre selezionate

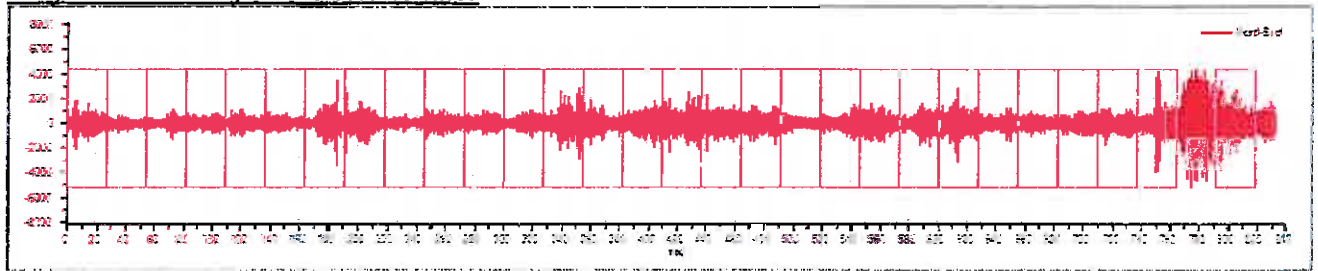
### Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 29  
Numero finestre incluse nel calcolo: 29  
Dimensione temporale finestre: 27,307 s  
Tipo di lisciamiento: Triangolare proporzionale  
Percentuale di lisciamiento: 10,00 %

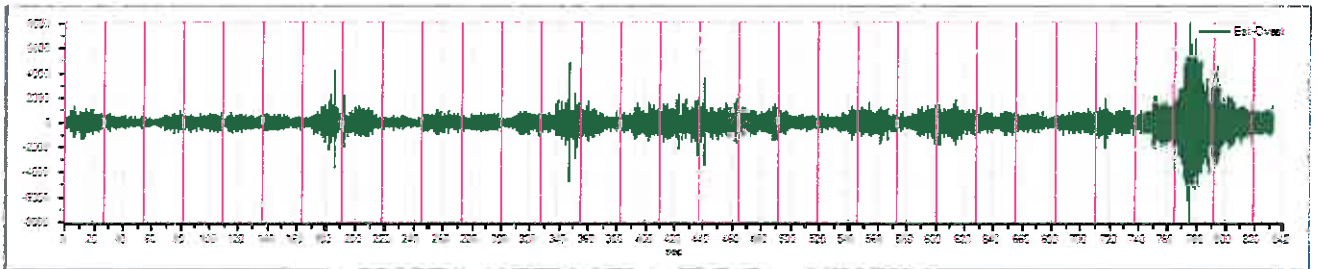
### Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	27,307	Inclusa
2	27,307	54,613	Inclusa
3	54,613	81,92	Inclusa
4	81,92	109,227	Inclusa
5	109,227	136,533	Inclusa
6	136,533	163,84	Inclusa
7	163,84	191,147	Inclusa
8	191,147	218,453	Inclusa
9	218,453	245,76	Inclusa
10	245,76	273,067	Inclusa
11	273,067	300,373	Inclusa
12	300,373	327,68	Inclusa
13	327,68	354,987	Inclusa
14	354,987	382,293	Inclusa
15	382,293	409,6	Inclusa
16	409,6	436,907	Inclusa
17	436,907	464,213	Inclusa
18	464,213	491,52	Inclusa
19	491,52	518,827	Inclusa
20	518,827	546,133	Inclusa
21	546,133	573,44	Inclusa
22	573,44	600,747	Inclusa
23	600,747	628,053	Inclusa
24	628,053	655,36	Inclusa
25	655,36	682,667	Inclusa
26	682,667	709,973	Inclusa
27	709,973	737,28	Inclusa
28	737,28	764,587	Inclusa
29	791,893	819,2	Inclusa

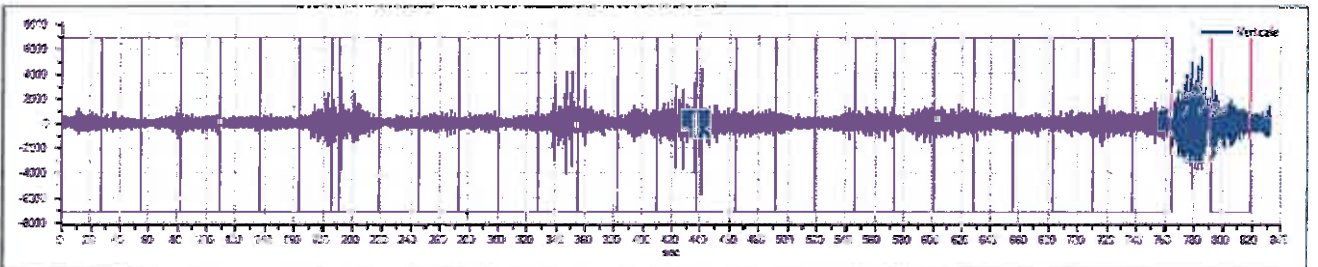
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

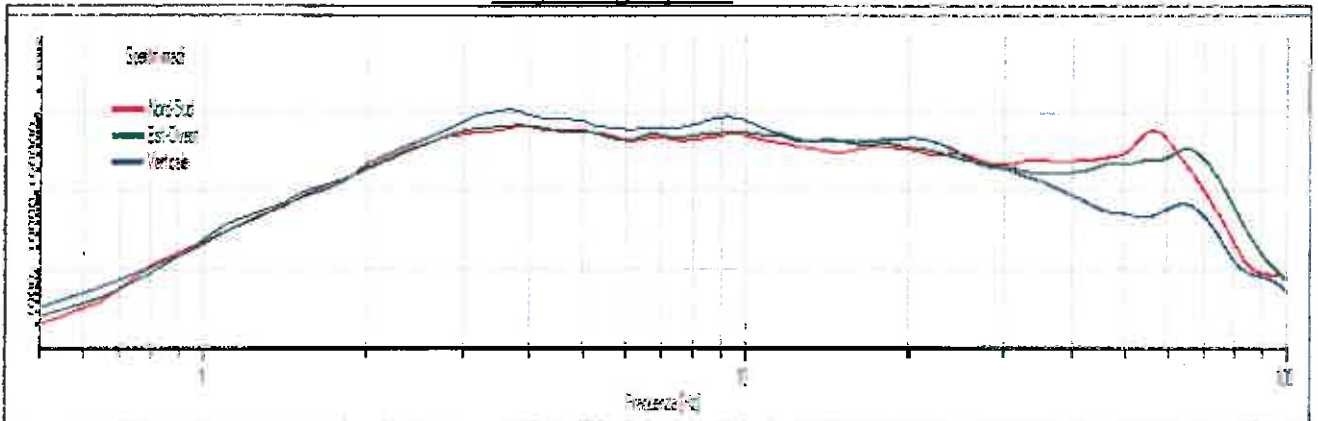


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

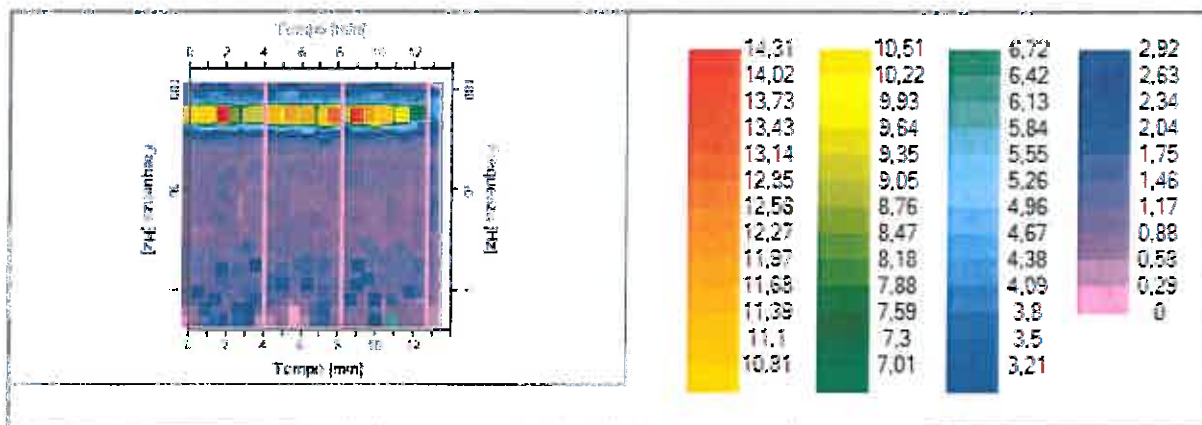


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

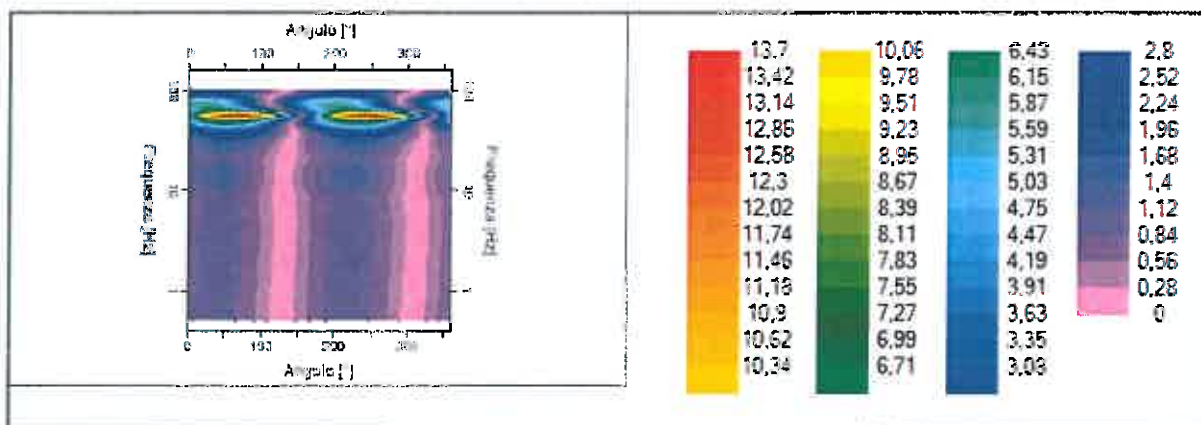
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

## Rapporto spettrale H/V

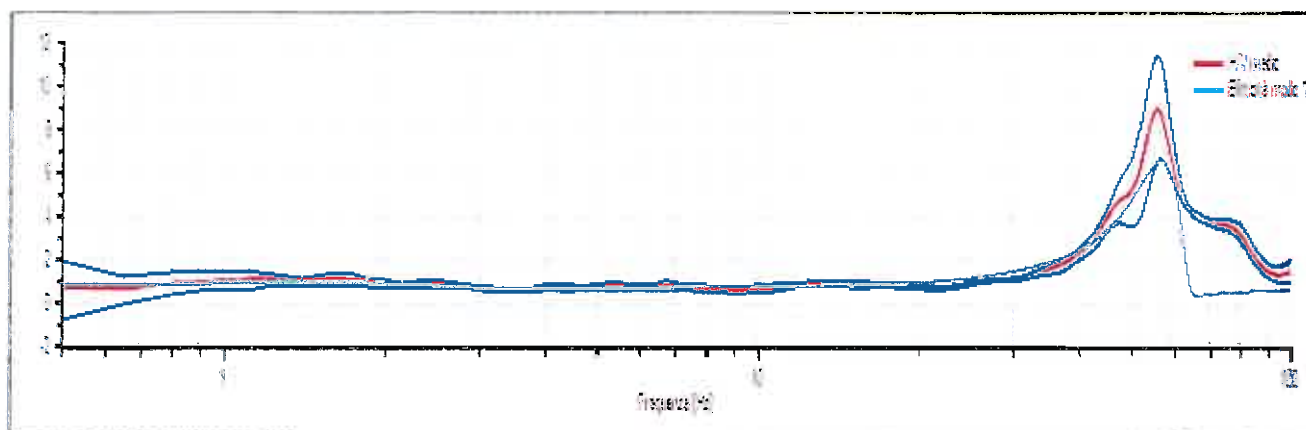
### Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 100,00 Hz  
 Frequenza minima: 0,50 Hz  
 Passo frequenze: 0,15 Hz  
 Tipo lisciamento:: Triangolare proporzionale  
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

### Risultati:

**Frequenza del picco del rapporto H/V: 55,85 Hz ±0,27 Hz**

### Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

### Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_v$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

### Modello stratigrafico

#### Dati riepilogativi:

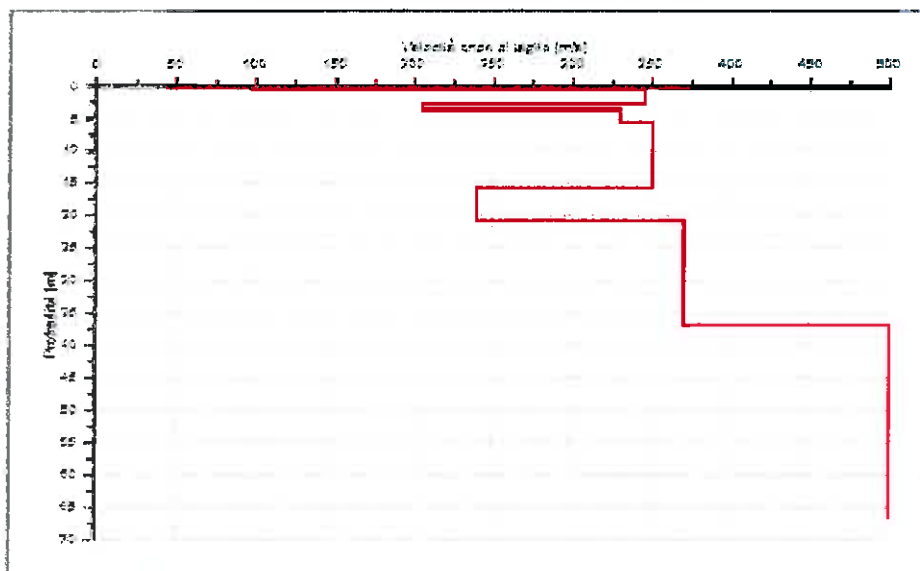
Numero strati: 8  
 Frequenza del picco dell'ellitticità: 56,60 Hz  
 Valore di disadattamento: -1,00

**Valore Vs30: 306,69 m/s**

#### Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	0,62	18	0,3	98
2	0,62	2	18,5	0,3	345
3	2,62	1	18	0,32	205
4	3,62	2	19	0,3	330
5	5,62	10	19	0,28	350
6	15,62	5	20	0,27	240
7	20,62	16	21	0,26	370
8	36,62	30	22	0,24	500

### Profilo delle velocità delle onde di taglio.



## CONCLUSIONI

La prova eseguita ha permesso di ricavare i seguenti dati:

Dal grafico della Curva H/V si osserva che il profilo della curva H/V medio (curva rossa) presenta alla frequenza di circa 56 Hz un picco con rapporto H/V di circa 8.0 (frequenza di risonanza del sito). Tale risultato evidenzia la presenza a partire quasi dalla superficie di un forte contrasto di impedenza, presumibilmente imputabile al passaggio tra il terreno vegetale e il locale banco ghiaioso.

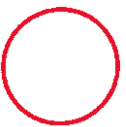
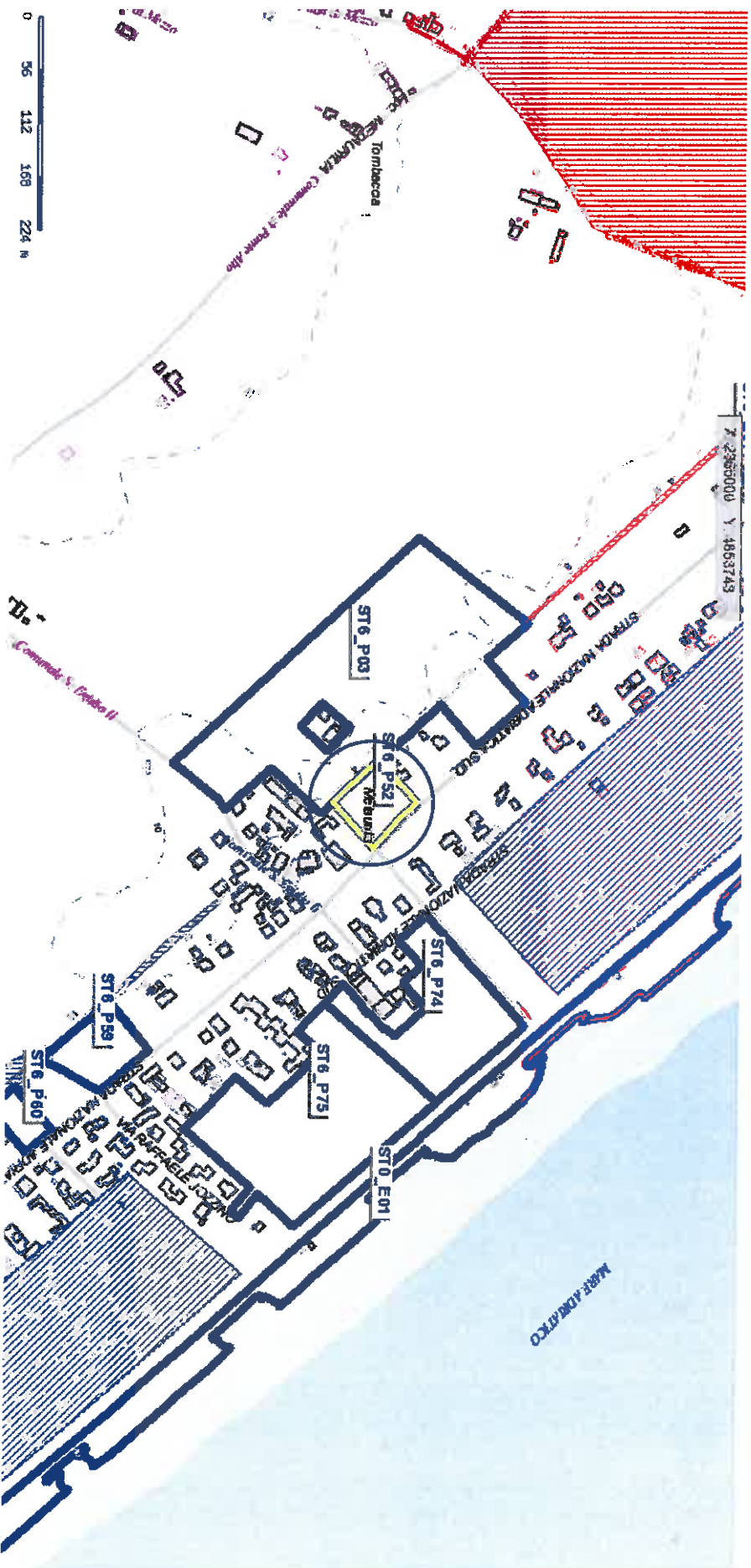
Dalle considerazioni espresse e dalla velocità stimata delle onde di taglio nei primi 30 metri di suolo pari a 306 m/sec. è possibile attribuire al sito in esame la categoria di sottosuolo C (par.3.2.2 NTC 2008).

Sassoferrato, 30 agosto 2013

**SERVIZI SISMICI S.n.c.**  
di **Donnini A. & Mantoni F.**  
Via Piano di Fraschetti, 108  
60071 - SASSOFERRATO (AN)  
Cod. Fisc. e P.IVA: 02996630420  
N. Registro: 162227

*Giuseppe Scellini*

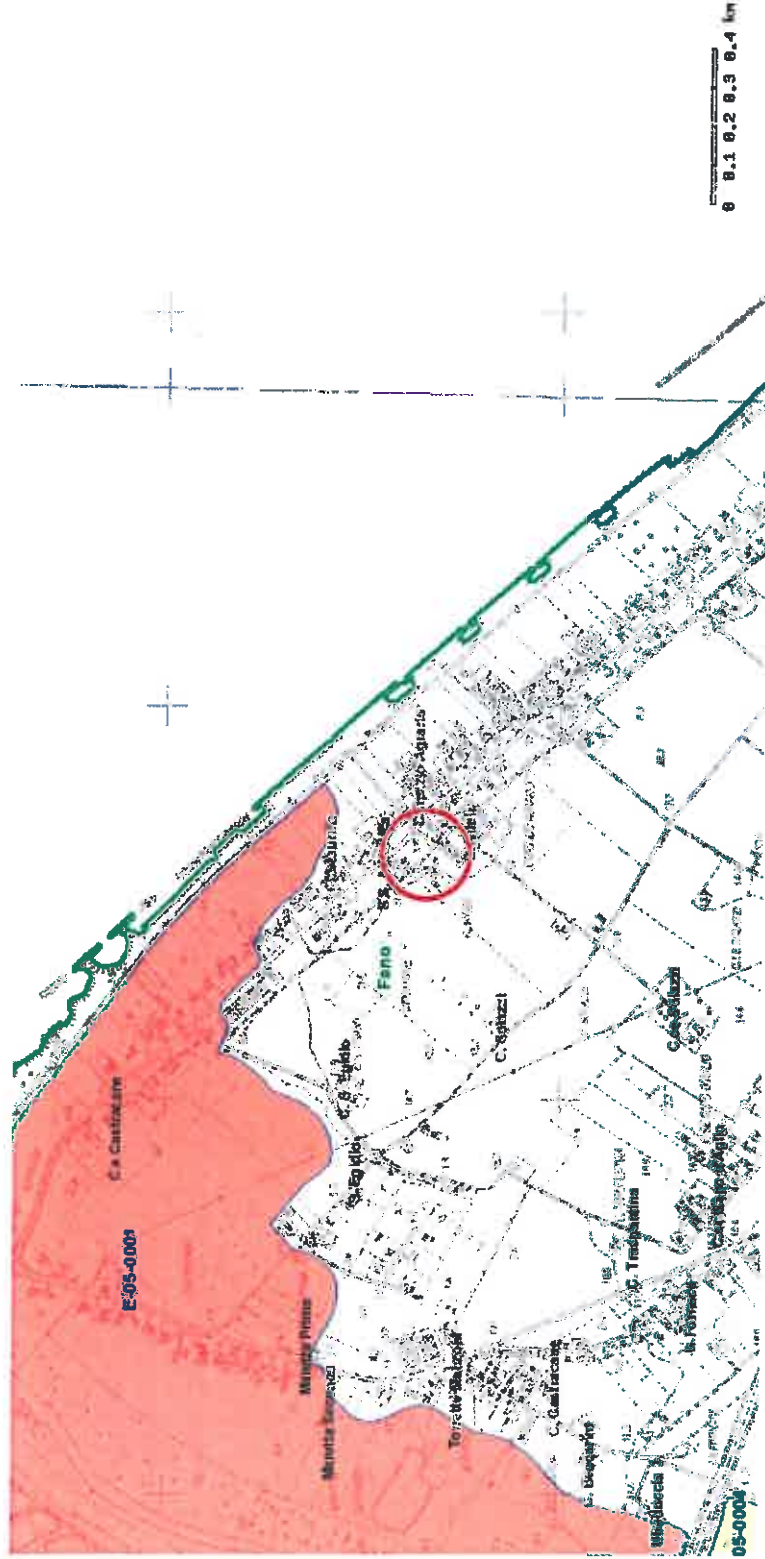
# CARTA GEOMORFOLOGICA - IDROGEOLOGICA DELLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE E SISMICHE



AREA DI INTERESSE

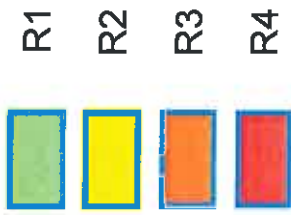


# STRALCIO P.A.I.



## LEGENDA

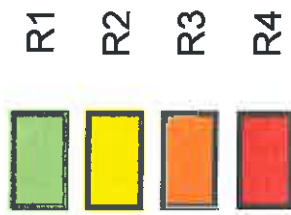
ESONDAZIONI - PAI



ESONDAZIONI - PS2006



FRANDE



VALANGHE



AREA DI INTERESSE