

## Provincia di Pesaro e Urbino Comune di Sant'Angelo in Vado

“Piano di recupero di un edificio a destinazione residenziale sito  
in località Ca' Gallinacci di Sant'Angelo in Vado”

### **“RAPPORTO GEOLOGICO GEOTECNICO E SISMICO”**



COMMITTENTE: Sig.ra Elisabetta Passignon

PROGETTISTI: Arch. Michele Mosconi e Geom. Luca Lazzerini

Febbraio 2014

**SOMMARIO**

- Normativa	pag. 2
- Premessa	pag. 3
- Ubicazione	pag. 4
- Morfologia	pag. 5
- Inquadramento ed interazione PAI	pag. 5
- Geologia e stratigrafia	pag. 6
- Idrologia - Idrogeologia	pag. 7
- Indagini e prove	pag. 8
- Caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni	pag. 9
- Stabilità	pag. 10
- Liquefazione	pag. 11
- Descrizione del dissesto – Cause e rimedi	pag. 12
- Fondazioni e profondità d'imposta	pag. 13
- Capacità portante	pag. 13
- Spinta delle terre	pag. 16
- Coefficiente di sottofondo K	pag. 18
- Parametro di riferimento per il carico neve	pag. 19
- Azione sismica	pag. 20
- Cedimenti	pag. 25
- Conclusione	pag. 26

**Allegati:**

- Stralcio carta topografica	Sc. 1:10.000
- Stralcio planimetria rischio idrogeologico PAI	
- Stralcio carta geologica	Sc. 1:10.000
- Stralcio planimetria catastale	Sc. 1: 2.000
- Schema generale dell'area, ubicazione prove	Sc. 1: 300
- Sezioni geologico stratigrafiche	Sc. 1: 200
- Diagrammi penetrometrici	
- Limiti di Atterberg	
- Verbale indagine sismica	
- Dati delle azioni sismiche di progetto	

## NORMATIVA

### **Normativa di riferimento.**

- **Decreto Ministeriale 14.01.2008**  
Testo Unico – 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 02.02.'09
  - **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**  
Pericolosità e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale  
Allegato al voto n° 36 del 27.07.'07
  - **Eurocodice 8 (1998)**  
**Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture**  
Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
  - **Eurocodice 7.1 (1997)**  
Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali – UNI
  - **Eurocodice 7.2 (2002)**  
Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI
  - **Eurocodice 7.3 (2002)**  
Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI
- Leggi regionali** in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico
- Ordinanze** Autorità di Bacino nazionale, regionale e interregionale.

## PREMESSA

Su incarico conferitoci dal Progettista **Arch. Michele Mosconi**, per conto della **Sig.ra Elisabetta Passignon**, questo Studio ha condotto una serie di indagini utili alla stesura del presente **Rapporto geologico, geotecnico e sismico**” da allegare al “Piano di recupero di un edificio a destinazione residenziale” sito nell'ambito del territorio comunale di Sant'Angelo in Vado.

Scopo del presente studio è quello di fornire indicazioni circa la fattibilità dell'intervento su indicato, alla luce della situazione geologica e stratigrafica del sito e fornire indicazioni circa le caratteristiche geomeccaniche dei terreni di fondazione ed individuare le potenziali cause ed i rimedi per i dissesti in atto; per tali finalità, dopo un sopralluogo preliminare, effettuato nel mese di ottobre '13, si è operato attraverso le seguenti fasi di lavoro:

- ricerca preliminare di dati bibliografici già disponibili;
- rilevamento geologico-geomorfologico di superficie;
- esecuzione di **n° 6** sondaggi penetrometrici con attrezzo dinamico (Pagani TG 63 – 200 KN);
- esecuzione di indagine sismica;
- elaborazione dei dati scaturiti dalle fasi precedenti e redazione del presente “**Rapporto geologico geotecnico**”.

Il presente Studio è stato condotto in conformità alle normative tecniche sopra elencate ed in particolare dettate dal **D.M. LL. PP.**

**11.3.88** e dalle norme vigenti in zona sismica di II° categoria (**S=9**), come previsto per il comune di Sant'Angelo in Vado, in cui il coefficiente di intensità sismica (**C**) assume il valore di:

$$C = (S-2)/100 = 0.07$$

In particolare si tenuto conto delle disposizioni impartite dal **D.M. 14 Gennaio 2008** sulle "**Norme tecniche per le costruzioni**".

## UBICAZIONE

I terreni in studio, sui quali verrà realizzato l'intervento di progetto, ricadono nell'ambito del territorio comunale di Sant'Angelo in Vado, in particolare essi sono posti in località Ca' Gallinacci, in posizione nord orientale rispetto al centro storico del capoluogo; sulla cartografia acquisita, essi sono individuati nella **Carta Tecnica Regionale Regione Marche**, più precisamente nel Foglio 279 "Urbino" ed in particolare nell'ambito della Sezione n° 279100 "Peglio", parte di tale cartografia è stata utilizzata in scala 1:10.000 per le cartografie di dettaglio allegate a fondo relazione.

Al Catasto Terreni del Comune suddetto, l'area interessata dall'intervento di progetto è censita al **Foglio n° 15** con il **mappale n° 262**. Le coordinate geografiche (WGS 84), utili alla definizione sismica locale sono: **Latitudine 43.6955 – Longitudine 12.4367**.

## MORFOLOGIA

Il fabbricato interessato dalla ristrutturazione di progetto, insiste ad una quota topografica di **468 m** s.l.m. e si trova alla sommità di un modesto crinale disposto con direzione N. - S.; i relativi versanti, interessati dalle normali pratiche agricole, degradano dalla sommità del crinale verso i rispettivi fondovalle con pendenze regolari e non particolarmente accentuate.

L'area su cui sorge il fabbricato, si presenta supianeggiante o a debole pendenza sia per profilo naturale, sia per lievi modellamento antropici.

Le osservazioni di campagna non hanno evidenziato, nell'area in studio, la presenza di movimenti gravitativi in atto né di elementi che dimostrino la presenza di potenziali forme di instabilità; per quanto riguarda l'idrografia superficiale, si sottolinea che sul sito oggetto d'intervento non si è rilevata la presenza di elementi idrografici.

## INQUADRAMENTO DELL'AREA IN STUDIO ED INTERAZIONE CON IL P.A.I.

Per quanto riguarda l'inquadramento dell'area in studio rispetto alle previsioni e normative del P.A.I. "**Piano Stralcio di Bacino**

**per l'Aspetto Idrogeologico (PAI)”,** redatto dall'Autorità di Bacino della Regione Marche, dopo aver valutato la **Tav. RI\_16a**, si è riscontrato che l'area su cui verrà realizzato l'intervento di progetto, non ricade all'interno di alcun vincolo mappato dalle cartografie del P.A.I. stesso.

## GEOLOGIA e STRATIGRAFIA

I documenti cartografici di riferimento per il rilevamento geologico, sono la **cartografia geologica ufficiale IGM** e rilievi più recenti (CARG); il rilievo geologico di dettaglio, condotto in sito, conferma sostanzialmente le indicazioni fornite dall'esame di tali documenti cartografici e mette in evidenza che l'area in studio e quelle circostanti sono caratterizzate dall'esteso affiorare delle Unità mioceniche.

Le suddette Unità si rinvengono con il loro tipico stile a pieghe e faglie, con assi strutturali, orientati in direzione appenninica.

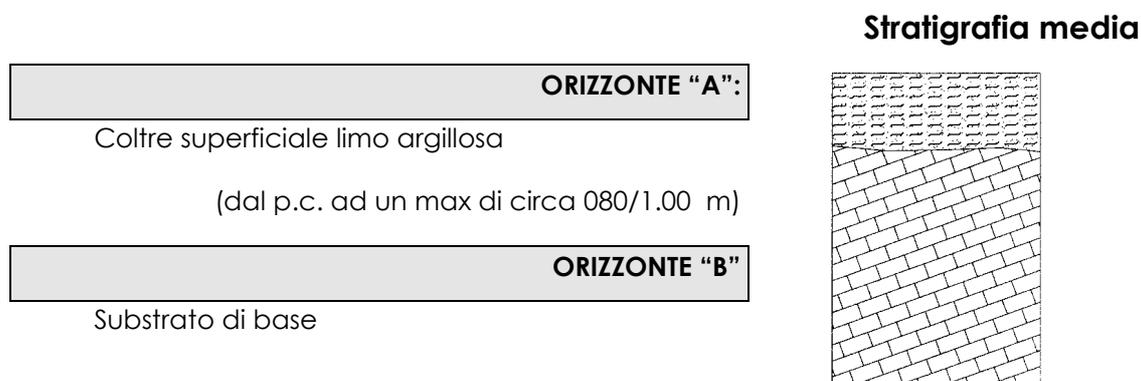
Dal rilievo sull'area circostante e dalle indagini in sito, si è rilevata la presenza in affioramento della seguente unità formazionale:

- **F.ne dello Schlier** **(Langhiano - Serravalliano)**;

Questa formazione risulta caratterizzata da una alternanza di marne e marne argillose grigio chiare, talora marne calcaree e calcari marnosi bianco grigi.

Sul sito d'intervento, la situazione stratigrafica si presenta con un modesto spessore di copertura, caratterizzato da livelli di origine eluvio colluviale, costituiti in prevalenza da limi argillosi, al disotto si rinviene la successione miocenica suddetta seppure con la porzione superficiale a volte alterata e decompressa.

Dal rilevamento di campagna e da dati a disposizione è stato possibile definire la seguente situazione stratigrafica:



## IDROLOGIA - IDROGEOLOGIA

Sull'area in studio non si rileva la presenza di corsi d'acqua, solo sul lato sud occidentale, ad una distanza di almeno 150 m ed ad una quota topografica notevolmente più bassa, si evidenzia la presenza di un laghetto ad uso irriguo che non interferisce minimamente con le sue acque sull'area di progetto.

Dal punto di vista idrogeologico, si segnala che non si sono riscontrate venute d'acqua sia nell'area d'indagine sia in quelle circostanti e allo stesso tempo che non si è riscontrata la presenza di falda acquifera alle profondità indagate con le prove in sito.

## INDAGINI E PROVE

In seguito al rilevamento geologico e geomorfologico per definire il profilo stratigrafico dei terreni e per la loro caratterizzazione, questo Studio ha commissionato l'esecuzione di **n° 6** prove penetrometriche tramite penetrometro dinamico **SCPT**.

Tali prove sono state spinte alle seguenti profondità dal p.c..

<b>P<sub>din.1</sub> = 1.60 m</b>	<b>P<sub>din.2</sub> = 1.40 m</b>	<b>P<sub>din.3</sub> = 1.60 m</b>
<b>P<sub>din.4</sub> = 1.60 m</b>	<b>P<sub>din.5</sub> = 1.40 m</b>	<b>P<sub>din.6</sub> = 1.40 m</b>

Ad integrazione e completamento delle indagini in sito, per meglio definire la caratterizzazione dei terreni della coltre, questo Studio, ha prelevato un campione tramite trivella manuale ed ha eseguito sullo stesso le seguenti prove:

### - **Limiti di Atterberg;**

Infine, per la caratterizzazione sismica del sito, si è richiesta l'esecuzione di un'indagine geofisica mediante la tecnica dei rapporti spettrali o HVSR, realizzato dalla ditta **GECO** di Monte S. Vito (AN).

I diagrammi penetrometrici, unitamente all'ubicazione delle indagini in sito, sono allegati a fondo relazione; inoltre, si allegano tutti i dati dell'indagine sismica.

## CARATTERISTICHE FISICHE E MECCANICHE DEI TERRENI

Dai risultati delle prove di laboratorio otteniamo i seguenti valori :

### - Limiti di Atterberg:

**Orizzonte "A": (C.1) – 0.80 m dal p.c.**

- Limite di liquidità	L.L. =	44.60 %
- Limite di Plasticità	L.P. =	24.81 %
- Indice di plasticità	I.P. =	19.79 %

da cui risulta che la coltre superficiale è costituita prevalentemente da limi argillosi o argille limose; da questi e da dati ottenuti da correlazioni sulle indagini in sito è stato possibile quantizzare i valori caratteristici medi dei terreni indagati. Questi possono essere così schematizzati:

### ORIZZONTE "A": coltre eluvio colluviale limo argillosa

- $\gamma$	= 1.85 – 1.90 t/m <sup>3</sup>	Peso ad unità di volume
- $\phi'$	= 20° - 23°	Angolo di attrito interno
- $c'$	= 0.60 - 1.20 t/m <sup>2</sup>	Coesione
- $c_u$	= 1.00 - 2.00 t/m <sup>2</sup>	Coesione non drenata
- $M_v$	= 0.03 – 0.01 cm <sup>2</sup> /kg	Coeff. di compressibilità volum.
- $\mu_0$	= 0.37 – 0.4	Coeff. di Poisson

ORIZZONTE "B": substrato inalterato di base		
- $\gamma$	= 2.26	t/m <sup>3</sup> Peso ad unità di volume
- $\phi'$	= 25° - 35°	Angolo di attrito interno
- $c'$	= 1.00 - 5.00	t/m <sup>2</sup> Coesione
- $c_u$	= 10.00 - 25.00	t/m <sup>2</sup> Coesione non drenata
- $M_v$	= 0.002	cm <sup>2</sup> /kg      Coeff. di compressibilità volum.
- $\mu_0$	= 0.30 - 0.36	Coeff. di Poisson

## STABILITA'

Valutata la situazione morfologica d'insieme, le evidenze geologiche dell'area in studio, considerando la natura litologica dei litotipi presenti, nonché le caratteristiche geomeccaniche di questi, l'area in esame non presenta problemi di stabilità. Il tutto alla luce della morfologia dell'area in studio, con la presenza del substrato di base immediatamente al disotto della coltre superficiale ed in particolare ad una profondità dell'ordine del metro e delle condizioni di progetto che si adegueranno alla configurazione morfologica dello stato attuale e che, tramite fondazioni immorsate nel substrato di base, non caricheranno con carichi particolari i terreni della coltre stessa.

### - Indicazioni per le fasi provvisionali di scavo:

Particolare attenzione andrà rivolta alle fasi di scavo, le quali nel caso delle strutture di progetto che prevede per le porzioni in

ampliamento vani seminterrati, interesseranno cospicui spessori di terreno ed andranno così a ridurre le forze resistenti del terreno stesso, pertanto, anche se gli scavi interesseranno livelli marnosi compatti, si suggerisce per la parte alta dello scavo evitare la parete verticale ma profilare la scarpata con una pendenza contenuta dell'ordine dei 24°-25°; inoltre si ritiene opportuno non lasciare gli scavi esposti all'azione degli agenti esogeni per lunghi periodi di tempo.

## LIQUEFAZIONE

In osservanza al **D.M. 14 gennaio 2008** "Norme tecniche per le costruzioni", si sono svolte le su esposte indagini in sito che hanno evidenziato la natura prevalentemente marnosa dell'orizzonte B.

Su tale orizzonte gravano e graveranno i carichi di fondazione delle strutture di progetto; in considerazione della natura litologica degli stessi, si è accertato che non esiste il pericolo che si verifichino fenomeni di liquefazione ai danni dei terreni di fondazione, in corrispondenza di azioni sismiche.

Si ricorda infatti che tale rischio riguarda in particolare terreni sciolti monogranulari a granulometria prevalentemente sabbiosa, dotati di notevole uniformità granulometrica o terreni sabbiosi con ridotto valore delle Densità relativa; tali condizioni non si riscontrano per i terreni in studio .

## DESCRIZIONE DEL DISSESTO - Cause e rimedi

Dalle indagini condotte in sito si è potuto constatare che il fabbricato, a suo tempo adibito a civile abitazione, risulta in un carente stato di conservazione a causa dell'incuria e dell'abbandono.

Comunque va precisato che il dissesto in atto non è imputabile a cedimenti o a fenomeni di dissesto dei terreni di fondazione.

Esso appare piuttosto dovuto allo stato di abbandono e di vetustà delle strutture murarie e alla carenza della copertura con conseguenti infiltrazioni delle acque piovane.

Per porre rimedio ai fenomeni di dissesto in atto si consiglia di realizzare la seguente serie di interventi:

- in primo luogo dovranno essere regimate tutte le acque superficiali per evitare che esse si infiltrino nel sottosuolo in prossimità del fabbricato;

- nell'ottica di ristrutturare parte del fabbricato e salvaguardarlo da ulteriori dissesti, si ritiene necessario, prima di risanare le pareti attualmente esistenti, il consolidamento delle opere fondanti, eventualmente risanando quelle in condizioni migliori tramite cordoli di sottofondazione in c.a. e ricostruendo quelle in pessime condizioni, tramite l'utilizzo di fondazioni superficiali (**trave rovescia**); tutte le fondazioni andranno comunque immorsate nel substrato marnoso di base.

## FONDAZIONI E PROFONDITA' D'IMPOSTA

In considerazione del fatto che oltre ad intervenire sul fabbricato esistente, si realizzeranno anche nuovi fabbricati, per questi ultimi si suggerisce l'utilizzo di **fondazioni superficiali su trave rovescia o platea** impostando le stesse ad una profondità di almeno 1.00 m dall'attuale p.c.m e comunque immorsandole nei livelli inalterati del substrato di base.

**N.B. Le ipotesi di calcolo svolte nei paragrafi successivi sono da ritenersi indicative, dovranno essere verificate in base alle tipologie strutturali e di fondazione prescelte in considerazione dell'interazione terreno/struttura.**

## CAPACITA' PORTANTE

Alla luce della stratigrafia ricostruita con le indagini geognostiche ed in funzione delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni in studio, in considerazione del tipo di strutture da ristrutturare e realizzare, lo scrivente ritiene che si possano adottare diverse soluzioni di fondazione e propone i valori di calcolo per il dimensionamento delle diverse tipologie idonee al caso in specie.

La scelta del tipo di fondazione verrà fatta dal Progettista in base a considerazioni di carattere tecnico ed economico.

Nei successivi calcoli, considerato l'uniformità del terreno, coinvolto nello stato limite, e la rigidità della fondazione, in considerazione a quanto contenuto nelle Istruzioni del CSLP ed in accordo con lo strutturista, vengono assunti quali valori caratteristici delle terre i valori minimi  $V_m = V_k$ , inoltre, il valore del carico limite del terreno di fondazione, definito come valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico ( $R_d$ ), viene determinato in funzione dei parametri e della geometria di progetto, con l'**Approccio 2**, nel quale l'analisi viene condotta con la combinazione (A1+M1+R3), e dove i parametri di resistenza del terreno **M1** sono unitari e la resistenza globale del sistema è ridotta dal coefficiente  $\gamma_R$  del gruppo **R3**.

In particolare:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R$$

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$Tg \phi'$	$\gamma_{\phi'}$	1.0
Coazione efficace	$c'$	$\gamma_{c'}$	1.0
Resistenza non drenata	$c_u$	$\gamma_{c_u}$	1.0
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_{\gamma}$	1.0

Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di **fondazioni superficiali**

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 2.3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1.1$

Da quanto sopra si procede al calcolo di R con le seguenti formule:

**– Fondazione superficiale a trave rovescia**

$$R = c'_R \cdot N_c + \gamma_R \cdot D \cdot N_q + 0.5 \cdot \gamma_R \cdot B \cdot N_\gamma$$

dove:

<b>R</b>	= Resistenza globale	Fattori ridotti da applicare nella formula del gruppo (M1)
<b>B</b>	= 0.80 m larghezza di fondazione	
<b>c'</b>	= 1.00 t/m <sup>2</sup> coesione	$c'_R = c'$
<b>y</b>	= 2.26 t/m <sup>3</sup> peso ad unità di volume	$\gamma_R = \gamma$
<b>D</b>	= 0.80 m Immorsamento	
	$\varphi' = 25^\circ$ angolo d'attrito interno	$\varphi'_R = \varphi'$
<b>N<sub>c</sub></b>	= <b>25.00</b> coef. di capacità portante	
<b>N<sub>q</sub></b>	= <b>12.50</b> coef. di capacità portante	
<b>N<sub>γ</sub></b>	= <b>10.00</b> coef. di capacità portante	

e da cui, la resistenza globale risulta:

$$R = 5.66 \text{ kg/cm}^2$$

Applicando a quest'ultima la riduzione del coefficiente  $Y_R = 2.3$  del gruppo (R3), abbiamo un valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico;

$$R_d = R/Y_R = 2.46 \text{ kg/cm}^2$$

**– Fondazione superficiale a platea**

$$R = (1 + 0.2 \cdot B/L) \cdot c'_R \cdot N_c + \gamma_R \cdot D \cdot N_q + (1 - 0.2 \cdot B/L) \cdot \gamma_R \cdot B/2 \cdot N_\gamma$$

Dove:

<b>R</b>	= Resistenza globale	Fattori ridotti da applicare nella formula del gruppo (M1)
<b>L</b>	= 10.00 m lunghezza fondazione	
<b>B</b>	= 5.00 m larghezza di fondazione	
<b>c'</b>	= 1.00 t/m <sup>2</sup> coesione	$c'_R = c'$
<b>y</b>	= 2.26 t/m <sup>3</sup> peso ad unità di volume	$y_R = y$
<b>D</b>	= 0.80 m Immorsamento	
	$\phi' = 25^\circ$ angolo d'attrito interno	$\phi'_R = \phi'$
<b>N<sub>c</sub></b>	= <b>25.00</b> coef. di capacità portante	
<b>N<sub>q</sub></b>	= <b>12.50</b> coef. di capacità portante	
<b>N<sub>γ</sub></b>	= <b>10.00</b> coef. di capacità portante	

e da cui, trascurando il termine intermedio ( $\gamma \cdot D \cdot N_q$ ) abbiamo che la resistenza globale risulta:

$$R = 7.83 \text{ kg/cm}^2$$

Applicando a quest'ultima la riduzione del coefficiente  $Y_R = 2.3$  del gruppo (R3), abbiamo un valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico pari a:

$$R_d = R/Y_R = 3.40 \text{ kg/cm}^2$$

## SPINTA DELLE TERRE

In considerazione del fatto che alcune delle strutture di nuova costruzione saranno dotate di piano seminterrato, sarà opportuno

tenere conto per un corretto dimensionamento delle pareti, della spinta che i terreni eserciteranno su queste.

Tali valutazioni vengono fatte nell'ambito degli stati limite di esercizio **(SLE)** ove i valori delle proprietà meccaniche da adoperare nell'analisi sono quelli caratteristici per cui  $V_k = V_d$ , ed i coefficienti parziali sulle azioni "A" e sui parametri di resistenza "R" sono sempre unitari.

Il calcolo viene realizzato in analogia alla teoria di Rankine ( $C_m=0$  coesione mobilitata;  $\delta=0^\circ$  inclinazione della spinta sul muro) inoltre, visto che i terreni da contenere, saranno in parte antropizzati dagli interventi di scavo e di natura prevalentemente limo argillosa, nei calcoli che seguono sono stati utilizzati parametri cautelativi con valori ridotti ed in particolare una coesione  $c' = 0.00 \text{ kg/cm}^2$ , un angolo d'attrito  $\phi' = 20^\circ$  e peso di unità di volume  $\gamma = 1.80 \text{ t/m}^3$ .

Da quanto sopra abbiamo:

$$S_a = \frac{1}{\cos\delta} \left[ \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot K_{ad} - c \left( h - \frac{h_{crit}}{2} \right) K_{ad} \right]$$

da cui, per pareti contro terra aventi una altezza di circa **2.50 m** si avrà una spinta di:

$$S_a = 2.75 \text{ t/m}$$

#### **N.B.**

$K_{ad}$  = coeff. di spinta attiva dinamica, calcolata tenendo conto degli aspetti dinamici del sito, mediante la formula:

$$K_{ad} = \frac{\cos^2(\varnothing - \theta - \beta)}{\cos\theta \cdot \cos^2\beta \cdot \cos(\delta + \beta + \theta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varnothing + \delta) \cdot \sin(\varnothing - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cdot \cos(i - \beta)}} \right]^2}$$

da cui risulta  $K_{ad} = 0.49$

dove " $\theta$ "=2.9 rappresenta la funzione arctg. del coeff. di intensità sismica; " $\beta$ " l'angolo d'estradosso del parametro con la verticale; " $\delta$ " l'angolo d'attrito terra-muro , " $\phi'$ " = 24° angolo di attrito ed infine " $i$ " = 0 l'angolo d'inclinazione del terreno.

$h_{crit.} = 0.00$  tiene conto della presenza di eventuali fessurazioni al di sopra dell'altezza critica.

### COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO "K"

Considerando che la determinazione sperimentale del coefficiente di sottofondo "K" è limitata a prove di carico, effettuate con piastre rigide di piccole dimensioni (max 1 m<sup>2</sup>), le quali risultano particolarmente attendibili solo per strutture tipo pavimentazioni stradali sottoposte a carichi concentrati e poco idonee al caso in specie.

Pertanto, In alternativa si ricorre al metodo di Terzaghi che ricollega tale coefficiente ai parametri di deformazione del terreno, ed alle dimensioni della fondazione, rendendo il risultato più attendibile.

Dal confronto di tali parametri risulta:

$$K = \alpha_2 \frac{E}{b}$$

dove:

$E = 500 \text{ kg/cm}^2$       modulo di compressibilità edometrica;

$b = 80 \text{ cm}$       larghezza fondazione nastriforme;

$\alpha_2 = 1.8$       fattore d'influenza (da tab.).

Da cui si ottiene un valore di:

$$K = 11.00 \text{ kg/cm}^3 \quad (\text{Valore valido anche per le platee})$$

## PARAMETRO DI RIFERIMENTO PER IL CALCOLO DEL CARICO NEVE

Tale parametro, valutato in base alle indicazioni del **D.M. del 14.01.2008**, fornisce un valore di riferimento per il calcolo del sovraccarico variabile, dovuto dal peso della neve sulla copertura del fabbricato in progetto.

Tale parametro tiene conto della posizione geografica e della quota topografica del sito in esame, per cui, considerando che il terreno in studio ricade nell'ambito della **Zona I - Mediterranea** ad una quota topografica di circa **468 m s.l.m.**, abbiamo che il valore di riferimento del carico neve al suolo da applicare al calcolo del sovraccarico variabile dovuto alla neve sulle coperture, viene valutato con la formula:

$$q_{sk} = 1.35 [1 + (\alpha_s / 602)^2] = 2.16 \text{ kN/m}^2 \simeq 0.216 \text{ t/m}^2$$

$a_s$  è la quota del suolo sul livello del mare nel sito di realizzazione della struttura.

## AZIONE SISMICA

L'azione sismica locale è l'azione sismica che emerge in superficie a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, subite trasmettendosi dal substrato rigido; tali modifiche sono legate in particolar modo agli effetti stratigrafici e topografici locali. Pertanto per l'area d'indagine, ai fini della definizione della azione sismica di progetto, occorre tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume interessato dall'opera e delle condizioni topografiche locali; essa viene ricavata in base alla accelerazione  $A_g$  e alle relative forme spettrali.

Tali parametri, si determinano in base alle coordinate geografiche e al Periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_r$ , ricavato dalla formula:

$$T_r = - V_r / \ln(1 - P_{vr}) \simeq 9.50 \cdot V_r \simeq 475 \text{ anni}$$

Tale valore è stato ricavato, determinando per l'area in studio, il Periodo di riferimento per l'azione sismica  $V_r$  ed in particolare:

$$V_r = V_n \cdot C_u \geq 50$$

dove

$V_n \geq 50$  (Vita nominale - opere ordinarie)

$C_u = 1.0$  (Coeff. d'uso - II classe d'uso)

e la Probabilità di superamento nel periodo  $V_T$ ,  $P_{vr} = 10 \%$ , riferito alle prestazioni della costruzione nel suo complesso rispetto allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

Da quanto sopra abbiamo:

$a_g = 0.179g$  accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_0 = 2.471$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

$T_c^* = 0.322s$  Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

#### - Categoria di suolo

Dall'indagine sismica, eseguita mediante tecnica dei rapporti spettrali o HVSR, risulta che la velocità media di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,30}$  a 30 m dal piano di fondazione è pari a: **414 m/sec.**

Valore che identifica la categoria di appartenenza dei terreni in:

### **Categoria "B"**

corrispondente a "Rocce tenere e depositi a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti ....."

#### - Condizioni topografiche

La topografia della zona d'intervento risulta caratterizzata, da una superficie a debole pendenza per modellamento antropico, ma

comunque al culmine di un crinale con versanti aventi inclinazione <math><15^\circ</math>, per cui possiamo definire come **T<sub>1</sub>** la categoria topografica locale.

- Parametri per il calcolo dello Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali **S<sub>e</sub>(T)**

Prima di definire l'espressione per il calcolo della **S<sub>e</sub>(T)** dovremo definire tutta una serie di parametri necessari al calcolo ed in particolare:

**F<sub>0</sub> = 2.471** accelerazione orizzontale massima al sito;

**T<sub>c</sub> = C<sub>c</sub> · T<sub>c</sub>\* = 0.445 sec** periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro; dove **T<sub>c</sub>\* = 0.322** e **C<sub>c</sub>** è un coefficiente funzione della categoria di suolo che per la "B" risulta **C<sub>c</sub> = 1.10 · (T<sub>c</sub>\* )<sup>-0.20</sup> = 1.379**

**T<sub>B</sub> = T<sub>c</sub> /3 = 0.148 sec** periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

**T<sub>D</sub> = 4,0 a<sub>g</sub>/g + 1.6 = 2.315 sec** periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro;

**S = S<sub>s</sub> · S<sub>t</sub> = 1.20** coefficiente che tiene conto della categoria del suolo e delle condizioni topografiche; dove **S<sub>s</sub> = 1.40 - 0.40 · F<sub>0</sub> · a<sub>g</sub>/g = 1.20** è il coeff. di amplificazione stratigrafica e **S<sub>t</sub> = 1** (x categoria topografica T1) è il coeff. di amplificazione topografica

**η = √10/(5+ξ) ≥ 0.5** fattore che altera lo spettro elastico per coeff. di smorzamento viscosi convenzionali; dove **ξ (%) = 5** è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione.

**T ≤ 4 s** periodo di oscillazione spettrale orizzontale

Da quanto sopra lo Spettro di risposta elastico in accelerazione orizzontale **S<sub>e</sub>(T)** è definito dalle seguenti relazioni:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = \alpha_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 [T/T_B + 1/\eta \cdot F_0 (1 - T/T_B)] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = \alpha_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = \alpha_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 (T_C/T) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = \alpha_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 (T_C \cdot T_D/T^2)
 \end{aligned}$$

- Allo stesso tempo lo Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali  $S_{ve}(T)$  è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_{ve}(T) = \alpha_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v [T/T_B + 1/\eta \cdot F_0 (1 - T/T_B)] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_{ve}(T) = \alpha_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_{ve}(T) = \alpha_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v (T_C/T) \\
 T_D \leq T & \quad S_{ve}(T) = \alpha_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v (T_C \cdot T_D/T^2)
 \end{aligned}$$

Dove  $F_v = 1.35 \cdot F_0 \cdot (\alpha_g/g)^{0.5} = 1.410$  è il fattore che quantifica l'ampiezza spettrale massima.

Per il terreno in studio i valori dello spettro di risposta elastico delle componenti verticali sono:

Categoria del suolo	$S_s$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
<b>B</b>	1.0	0.05	0.15	1.0

Riassunto dati sismici**Sito in esame:**

Latitudine: **43.6955**  
 Longitudine: **12.4367**  
 Classe d'uso: **II**  
 Vita nominale: **50**

**Parametri sismici**

Categoria sottosuolo: **B**  
 Categoria topografica: **T1**  
 Periodo di riferimento: **50**  
 Coeff. D'uso Cu: **1,0**

STATO LIMITE	T <sub>R</sub> (anni)	Ag (g)	F <sub>o</sub>	T <sub>c</sub> * (s)
SLO	30	0.059	2.467	0.270
SLD	50	0.075	2.442	0.282
SLV	475	0.179	2.471	0.322
SLC	975	0.230	2.521	0.327

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni

Coefficienti sismici

**Stati Limite di Esercizio****SLO:**

S <sub>s</sub>	=	1.200
C <sub>c</sub>	=	1.429
S <sub>f</sub>	=	1.00
K <sub>h</sub>	=	0.014
K <sub>v</sub>	=	0.007
A <sub>max</sub>	=	0.059g = 0.58 m/sec <sup>2</sup>

**SLD:**

S <sub>s</sub>	=	1.200
C <sub>c</sub>	=	1.417
S <sub>f</sub>	=	1.00
K <sub>h</sub>	=	0.018
K <sub>v</sub>	=	0.009
A <sub>max</sub>	=	0.075g = 0.74 m/sec <sup>2</sup>

**Stati Limite Ultimi****SLV:**

$S_s$	=	1.20
$C_c$	=	1.379
$S_t$	=	1.00
$K_h$	=	0.051
$K_v$	=	0.025
$A_{max}$	=	$0.179g = 1.75 \text{ m/sec}^2$

**SLC:**

$S_s$	=	1.178
$C_c$	=	1.375
$S_t$	=	1.00
$K_h$	=	0.077
$K_v$	=	0.038
$A_{max}$	=	$0.230g = 2.25 \text{ m/sec}^2$

$K_{hk}$	=	0.220	Spettro di risposta per lo stato limite SLV – comp. orizzontale
$K_{vk}$	=	0.0844	Spettro di risposta per lo stato limite SLV – comp. verticale

Per  $T(s) = C_1 \cdot H^{3/4} = 0.075 \cdot 6.50^{3/4} = 0.31$

**CEDIMENTI**

Nell'ambito degli stati limite di esercizio (**SLE**), vengono valutati i valori dei cedimenti totali indotti dal fabbricato di progetto.

I valori delle proprietà meccaniche da adoperare nell'analisi sono quelli caratteristici per cui  $V_k = V_d$ , anche il modulo di deformazione del terreno rimane  $E_k = E_d$ , infine i coefficienti parziali sulle azioni "A" e sui parametri di resistenza "R" sono sempre unitari.

Pertanto i cedimenti totali per i carichi e le ipotesi fondali sopra suggerite, sono stati calcolati attraverso la seguente relazione:

$$E_d = W = \sum_i D_{pi} \cdot M_{vi} \cdot D_{hi}$$

dove:

W =	cedimento;
D <sub>pi</sub> = 1.50 kg/cm <sup>2</sup>	incremento di carico max ipotizzato;
M <sub>vi</sub> = 0.002 cm <sup>2</sup> /kg	coeff. di compres. volumetrica;
D <sub>hi</sub> = 2.00 m	spessore dei terreni cedevoli.

I cedimenti in tal modo valutati, per le fondazioni proposte ed i carichi massimi di esercizio indicati, tenendo conto anche della compensazione dovuta ai terreni asportati dallo scavo del piano seminterrato, o dell'ordine di 0.50 cm, i cedimenti differenziali saranno anch'essi trascurabili.

La verifica tra il valore del cedimento e il valore limite dell'effetto delle azioni o fattore limitante, che nel caso in studio può essere individuato per murature portanti, con valore ammissibile variabile tra 2.5 e 5 cm, risulta soddisfatta infatti:

$$E_d = W < C_d \text{ (Fattore limitante)}$$

## CONCLUSIONE

Dall'analisi dei dati risultanti del rilievo geologico e geomorfologico, da quelli ottenuti dalle prove in situ nonché dalle

verifiche svolte, si esprime un giudizio positivo sulla disponibilità dell'area studiata riguardo all'utilizzazione della stessa come superficie edificabile, in base a ciò si può affermare che:

- l'area in esame non presenta particolari problemi ai fini dell'intervento in oggetto;

- le esistenti opere fondanti, del tipo superficiale a trave rovescia risultano idonee al tipo di struttura edificato, si ritiene comunque opportuno eseguire una corretta valutazione delle fondazioni esistenti, con eventuali interventi di risanamento tramite cordoli di sottofondazione in c.a. per quelle in condizioni migliori e ricostruendone eventuali porzioni per quelle in cattive condizioni; allo stesso tempo per la realizzazione dei nuovi fabbricati si suggeriscono fondazioni superficiali a trave rovescia o a platea, tutte le fondazioni andranno opportunamente immorsate nel substrato marnoso di base;

- i valori di progetto delle resistenze del sistema geotecnico saranno di  $R_d = R/Y_R = 2.46 \text{ kg/cm}^2$  per la trave rovescia e di  $R_d = R/Y_R = 3.40 \text{ kg/cm}^2$  per la platea;

- il Coefficiente di Sottofondo "K" da adottare sarà pari a **11.00 Kg/cm<sup>3</sup>**;

- Il sito d'indagine è ubicato alla quota topografica di **468 m s.l.m.** ed il corrispondente valore del "carico di neve al suolo" è pari a:  $q_{sk} = 2.16 \text{ kN/m}^2 \simeq 0.216 \text{ t/m}^2$

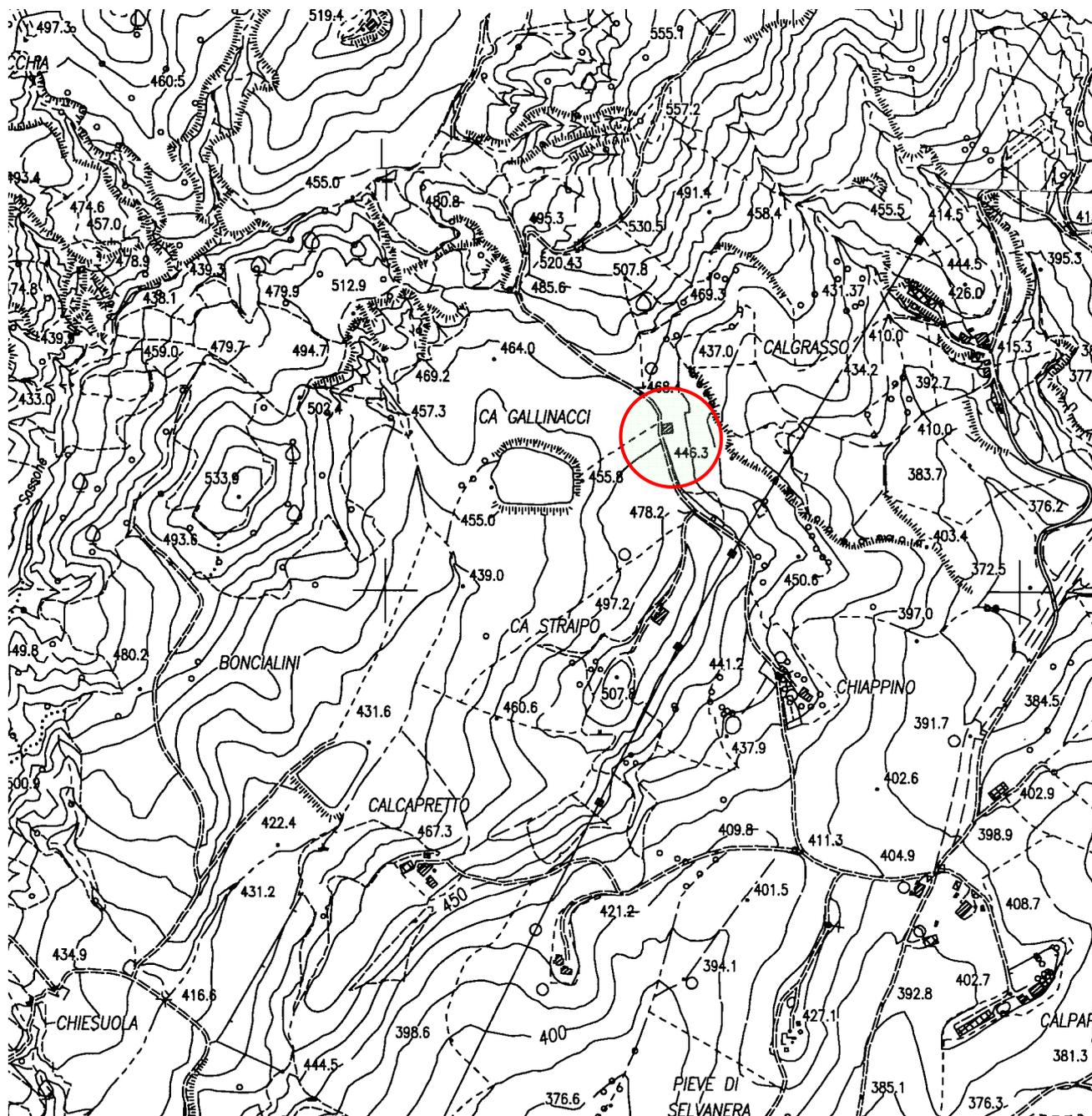
- ai fini della definizione della azione sismica di progetto, la categoria di profilo stratigrafico appartiene alla **Categoria "B"** per i singoli parametri si rimanda al capitolo competente;

- i cedimenti, nel rispetto delle indicazioni sopra riportate, saranno trascurabili per i carichi di esercizio ipotizzati, tenendo conto anche della compensazione dovuta ai terreni asportati dallo scavo del piano seminterrato, così come trascurabili saranno anche i cedimenti differenziali.

Si raccomanda infine di regimare opportunamente le acque superficiali, al fine di non alterare le caratteristiche geomeccaniche dei terreni di fondazione, si consiglia inoltre di realizzare una opportuna impermeabilizzazione e di altrettanto opportuni dreni alla base e alle spalle delle eventuali pareti seminterrate, per allontanare le acque di filtrazione superficiale e di falda, onde evitare eventuali problemi di umidità.

**Per ulteriori chiarimenti in merito al contenuto della presente e per l'assistenza geologica ai lavori di scavo, questo Studio resta a disposizione.**

Urbino, 28 febbraio '14.

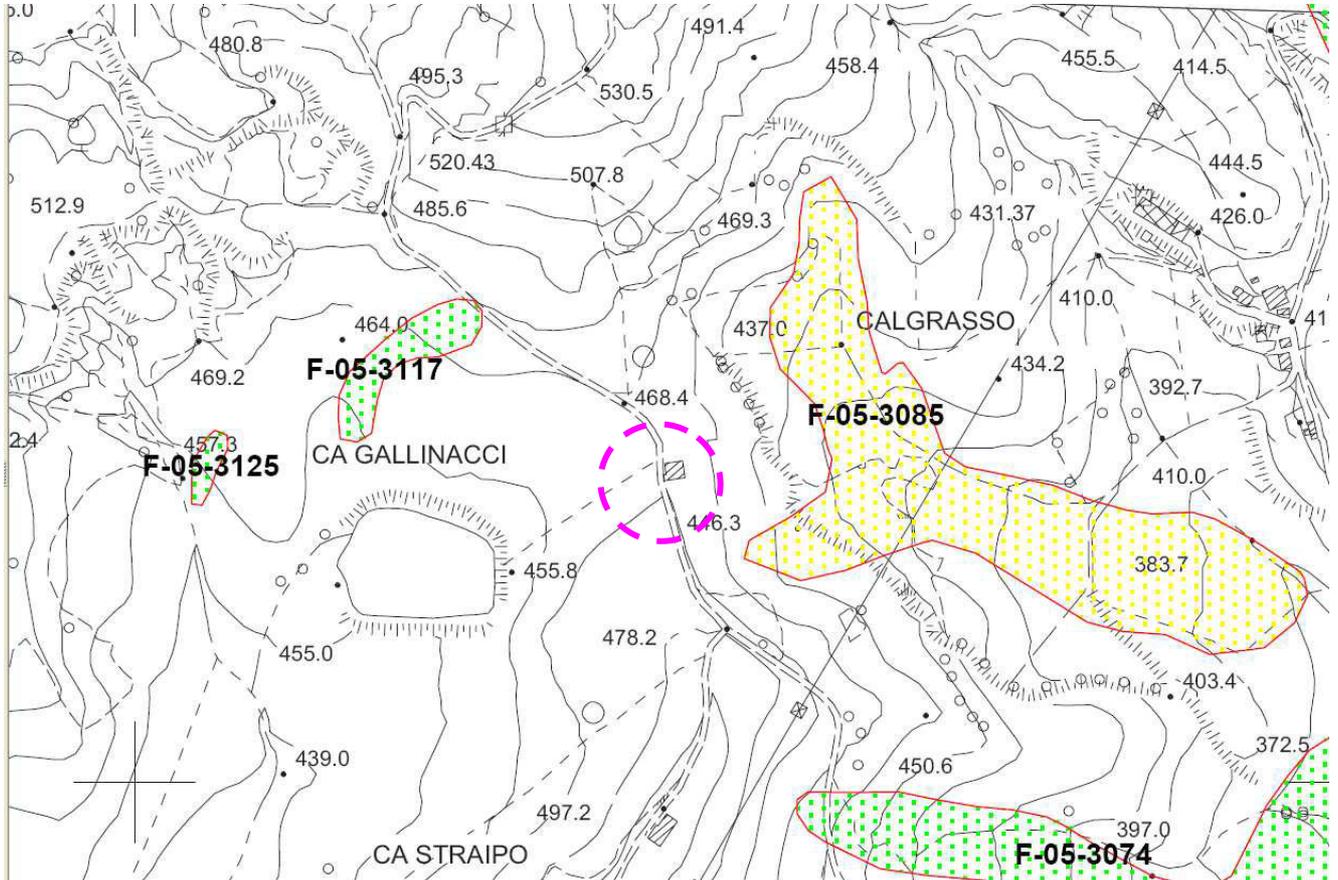


## STRALCIO CARTA TOPOGRAFICA

Scala 1:10.000

Carta Tecnica Regionale - Regione Marche  
Foglio n° 279 "Urbino"

Stralcio sezioni n° 279060 e n° 279100



### LEGENDA:

Aree a rischio frana  
(codice F-xx-yyyy)

- Rischio moderato (R1)
- Rischio medio (R2)
- Rischio elevato (R3)
- Rischio molto elevato (R4)

Aree a rischio esondazione  
(codice E-xx-yyyy)

- Rischio moderato (R1)
- Rischio medio (R2)
- Rischio elevato (R3)
- Rischio molto elevato (R4)

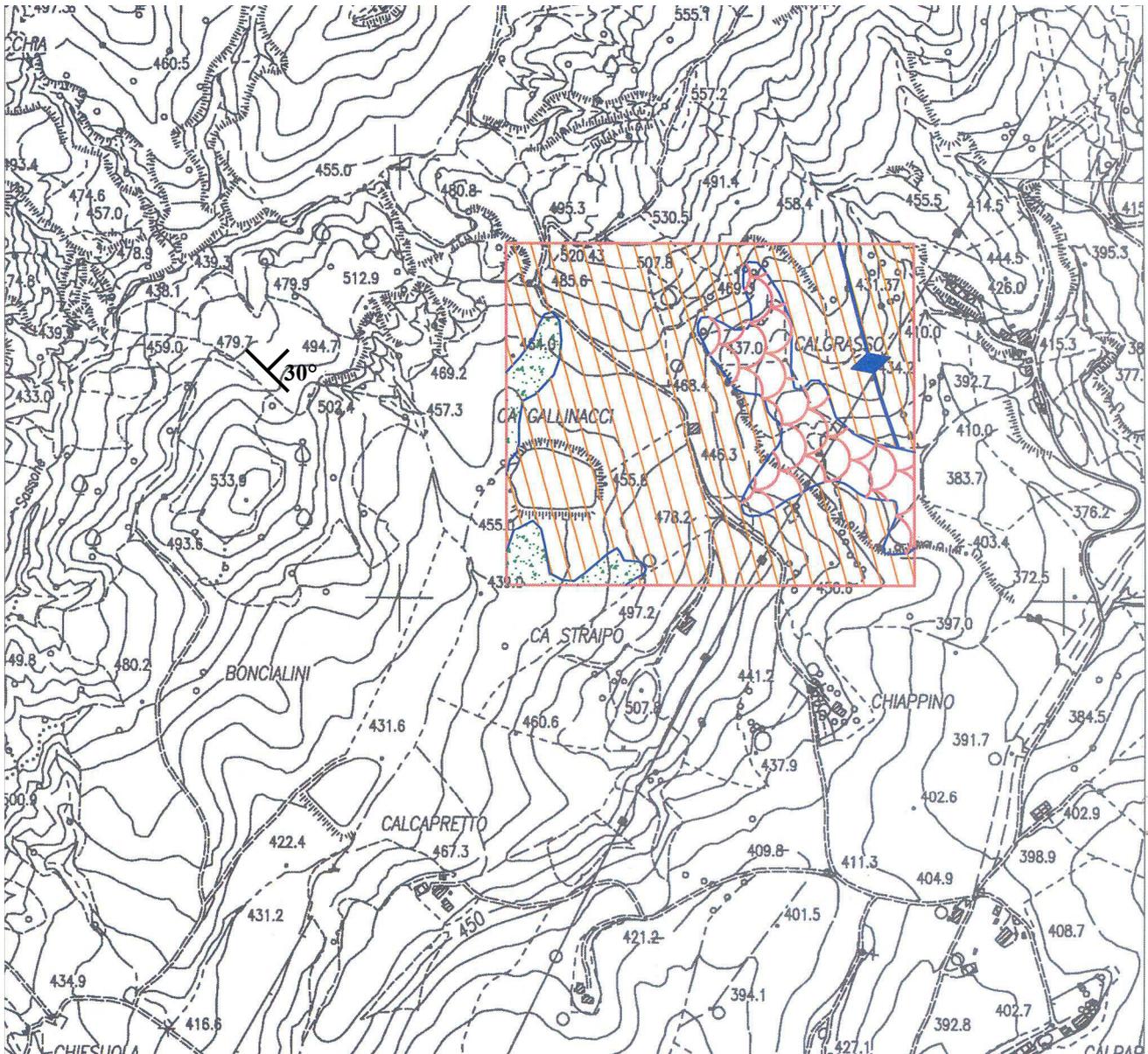
## STRALCIO PLANIMETRIA RISCHIO IDROGEOLOGICO (PAI)

Comune di Sant'Angelo in Vado

Stralcio Tavola RI\_16a



Area interessata dall'indagine di progetto



## STRALCIO CARTA GEOLOGICA

Scala 1:10.000



**Depositi eluvio colluviale:** Depositi derivanti da alterazioni in situ delle formazioni del substrato, talora interessata da modesti trasporti ad opera delle acque di ruscellamento. (Olocene)



**F.ne dello Schlier:** marne e marne argillose grigio chiare, talora marne calcaree e calcari marnosi bianco grigi. (Langhiano-Serravalliano)



Corpo di frana con indizi di evoluzione



Asse di anticlinale



**STRALCIO PLANIMETRIA CATASTALE**

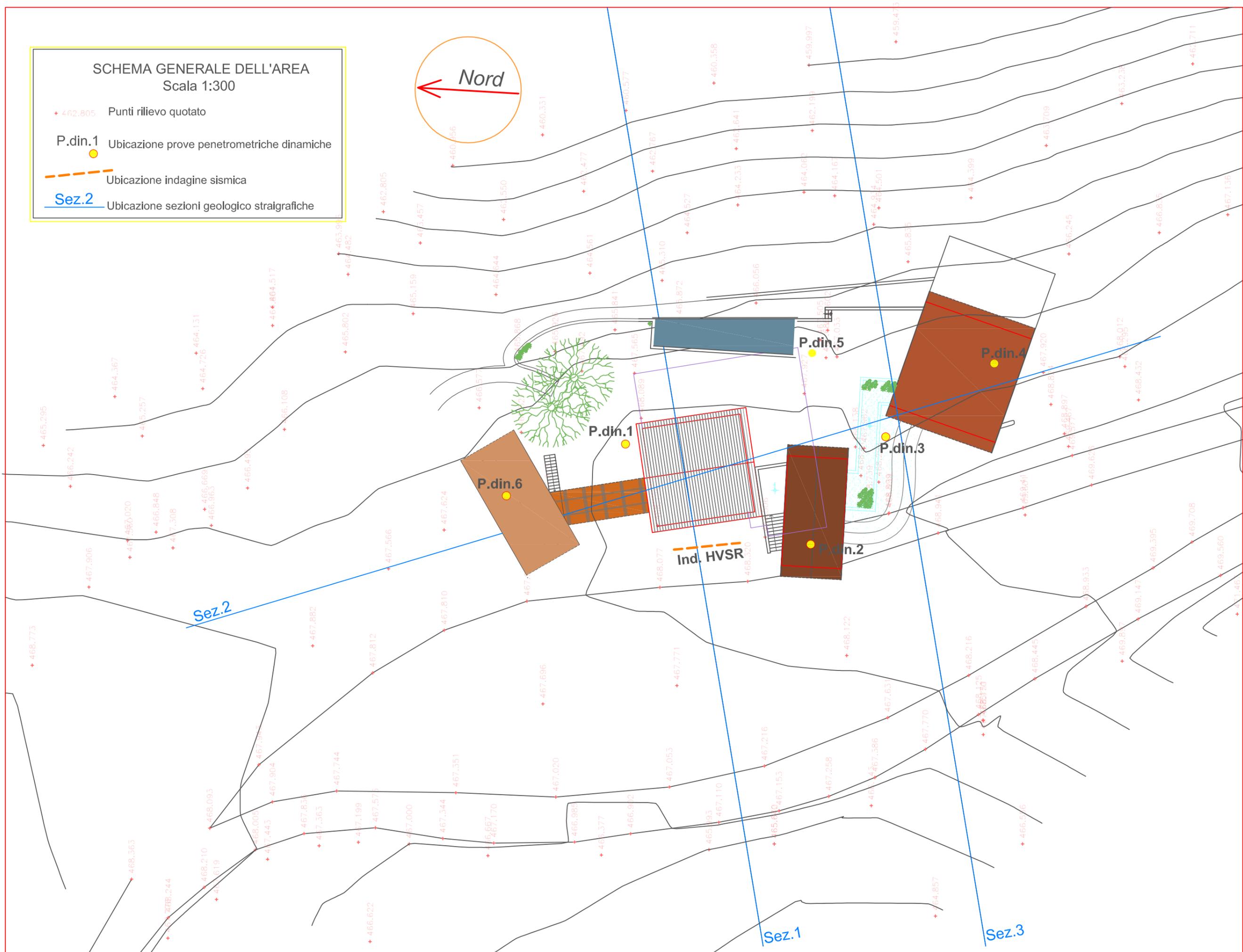
Scala 1:2000

Comune di Sant'Angelo in Vado

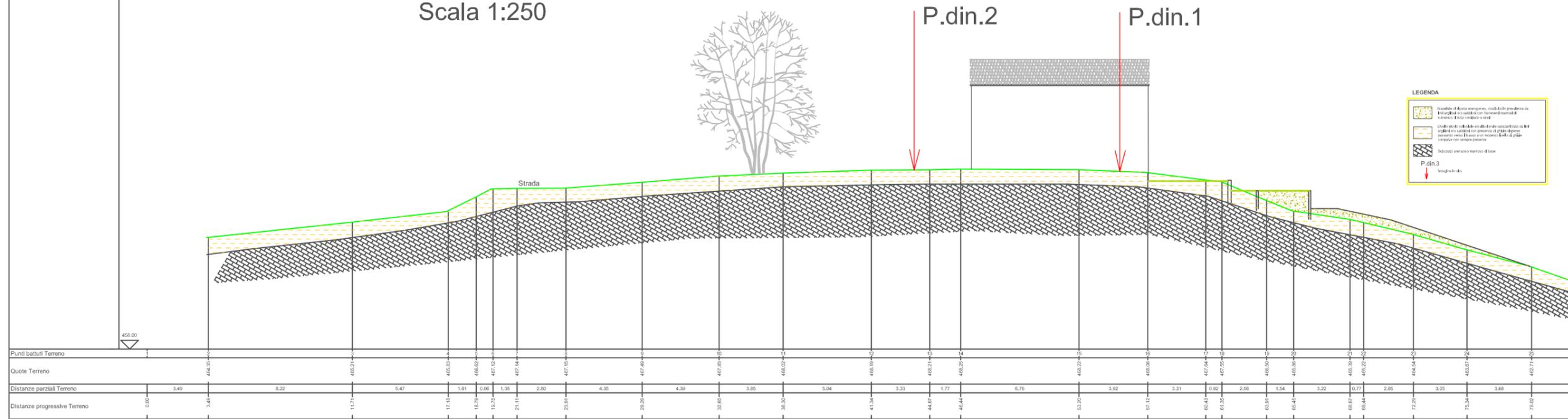
Foglio n° 15  
Mapp. n° 262

SCHEMA GENERALE DELL'AREA  
Scala 1:300

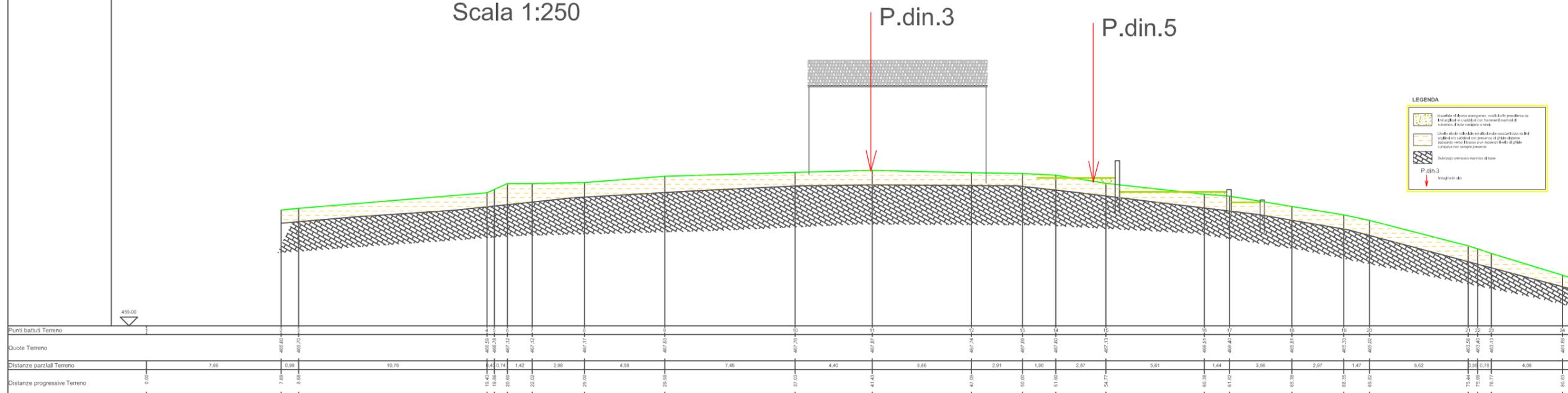
- + 462.805 Punti rilievo quotato
- P.din.1 Ubicazione prove penetrometriche dinamiche
- Ubicazione indagine sismica
- Sez.2 Ubicazione sezioni geologico stragrafiche



## SEZIONE GEOLOGICO STRATIGRAFICA 1 Scala 1:250



## SEZIONE GEOLOGICO STRATIGRAFICA 3 Scala 1:250

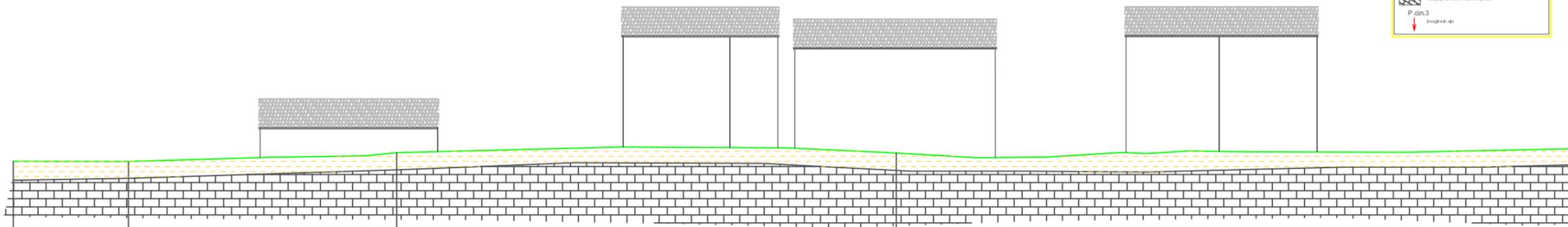


# SEZIONE GEOLOGICO STRATIGRAFICA 2

Scala 1:250

**LEGENDA**

-  Manto di fango compatto, costituito in prevalenza da limi e argille con tracce di sabbia e ciottoli di medio e grosso diametro.
-  Manto di fango compatto, costituito in prevalenza da limi e argille con tracce di sabbia e ciottoli di medio e grosso diametro.
-  Substrato arenoso mattoni di base.
-  P.in.3



Punti battuti Terreno	457.00									
Quote Terreno	467.01	467.02	468.00	468.00	468.00	468.00	468.00	468.00	468.00	468.00
Distanze parziali Terreno	0.00	4.52	5.79	13.49	25.14	37.81				
Distanze progressive Terreno	0.00	4.52	10.31	18.28	44.42	82.23				



Provincia di Pesaro e Urbino  
Comune di Sant'Angelo in Vado

"Piano di recupero di un edificio a destinazione residenziale sito  
in località Ca' Gallinacci di Sant'Angelo in Vado"

COMMITTENTE: Sig.ra Elisabetta Passignon

LOCALITA': Ca' Gallinacci

DATA: Febbraio '14

**DIAGRAMMI PENETROMETRICI  
VERBALE INDAGINE SISMICA  
DATI DELLE AZIONI SISMICHE DI PROGETTO**

---

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr. 1**  
**Strumento utilizzato...SCPT TG 63-200 PAGANI**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

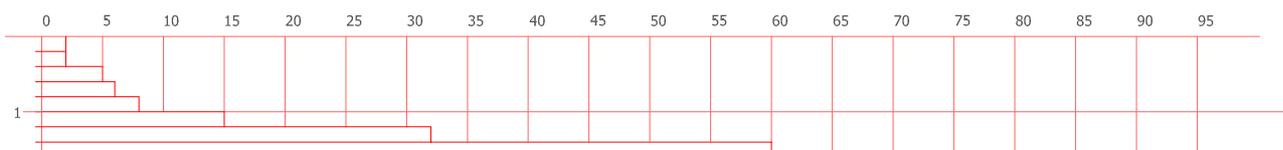
---

Committente: Sig.ra Elisabetta Passignon  
Cantiere: Ca' Gallinacci - Sant'Angelo in Vado (PU)  
Località:

Data : Ottobre '13

---

**Numero di colpi penetrazione punta**



---

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr. 2**  
**Strumento utilizzato...SCPT TG 63-200 PAGANI**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

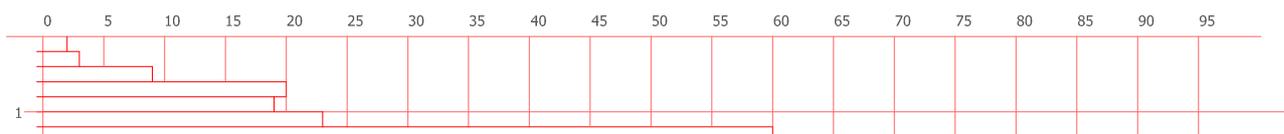
---

Committente: Sig.ra Elisabetta Passignon  
Cantiere: Ca' Gallinacci - Sant'Angelo in Vado (PU)  
Località:

Data : Ottobre '13

---

**Numero di colpi penetrazione punta**



---

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr. 3**  
**Strumento utilizzato...SCPT TG 63-200 PAGANI**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

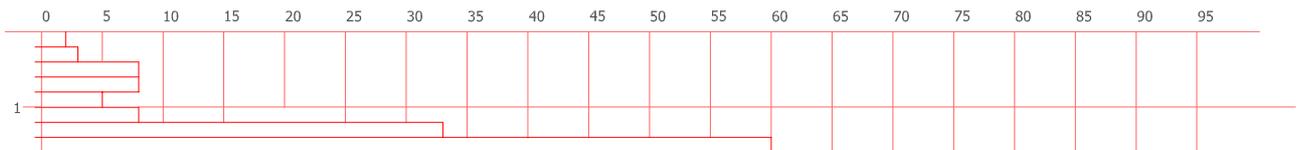
---

Committente: Sig.ra Elisabetta Passignon  
Cantiere: Ca' Gallinacci - Sant'Angelo in Vado (PU)  
Località:

Data : Ottobre '13

---

**Numero di colpi penetrazione punta**



---

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr. 4**  
**Strumento utilizzato...SCPT TG 63-200 PAGANI**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

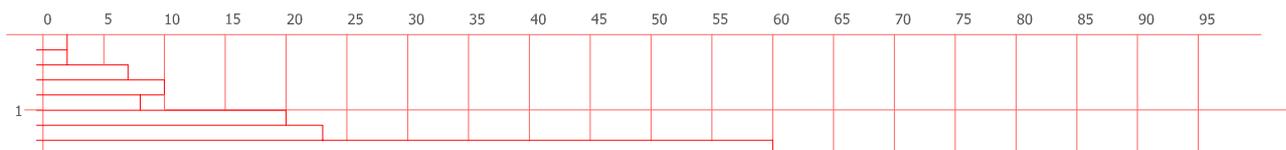
---

Committente: Sig.ra Elisabetta Passignon  
Cantiere: Ca' Gallinacci - Sant'Angelo in Vado (PU)  
Località:

Data : Ottobre '13

---

**Numero di colpi penetrazione punta**



---

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr. 5**  
**Strumento utilizzato...SCPT TG 63-200 PAGANI**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

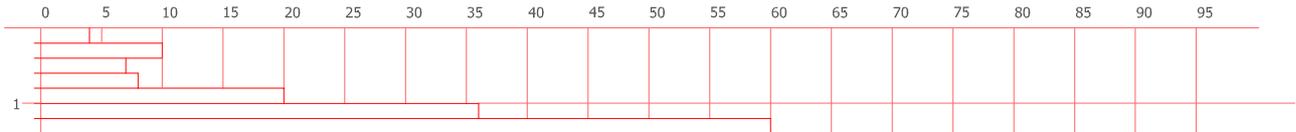
---

Committente: Sig.ra Elisabetta Passignon  
Cantiere: Ca' Gallinacci - Sant'Angelo in Vado (PU)  
Località:

Data : Ottobre '13

---

**Numero di colpi penetrazione punta**



---

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr. 6**  
**Strumento utilizzato...SCPT TG 63-200 PAGANI**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

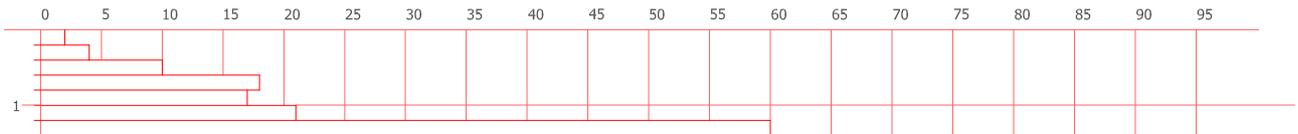
---

Committente: Sig.ra Elisabetta Passignon  
Cantiere: Ca' Gallinacci - Sant'Angelo in Vado (PU)  
Località:

Data : Ottobre '13

---

**Numero di colpi penetrazione punta**



## LIMITI DI ATTERBERG

**Ditta:** Sig.ra Elisabetta Passignon

**Luogo di prelievo:** Ca' Gallinacci – Sant'Angelo in Vado      **Data:** Febbraio '14

**Campione n° 1**

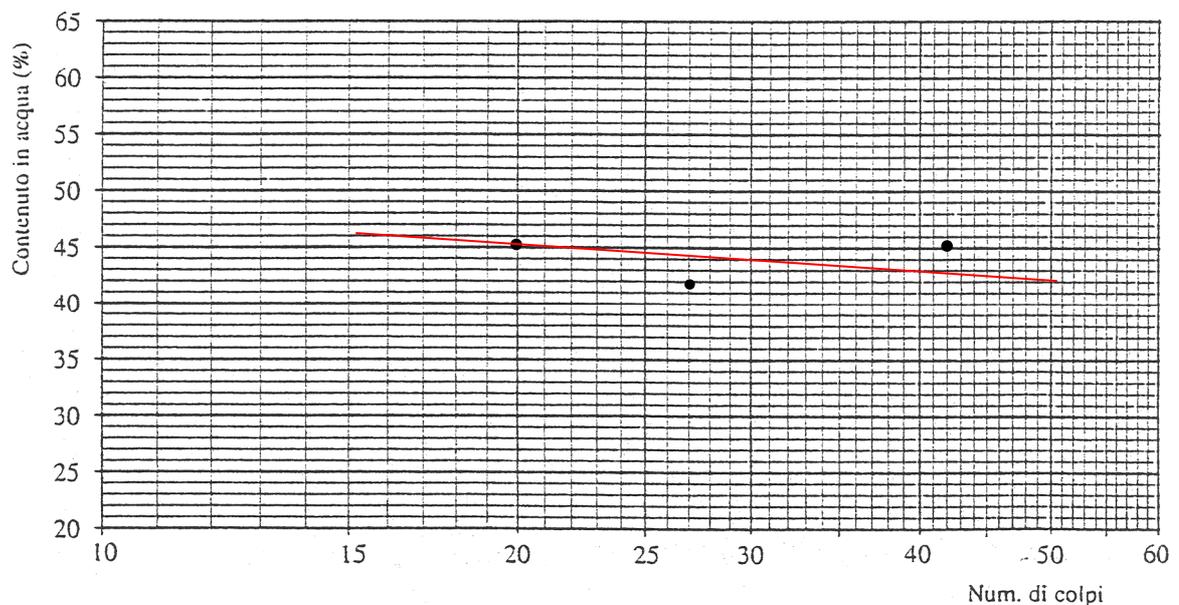
(prof. – 0.80 m dal p.c.)

**Limite di Plasticità = 24.81 %**

Num. Capsula	Peso della capsula	Peso della capsula e terra umida	Peso della capsula e terra secca	Peso della terra secca	Peso dell'acqua	% del contenuto in acqua
1	7.90	11.96	11.13	3.23	0.83	25.69
2	7.90	12.04	11.22	3.32	0.82	24.69
3	7.90	11.92	11.14	3.24	0.78	24.07

**Limite di Liquidità = 44.60 %**

Numero Capsula	Peso della capsula	Peso della capsula e terra umida	N° di colpi	Peso della capsula e terra secca	Peso della terra secca	Peso dell'acqua	% del contenuto in acqua
4	7.90	34.81	20	26.36	18.46	8.45	45.77
5	7.90	33.48	27	25.88	17.98	7.60	42.26
6	7.90	30.20	42	23.22	15.32	6.98	45.56



**Indice di Plasticità = 19.79 %**



GeCO di Curatolo A. e Gaggiotti M. s.n.c.  
Via Selva, 132 - 60037 Monte S.Vito (AN)  
P. IVA / C.F. 02541280422

Tel./Fax +39 071 9989975  
curatolo.angelo@gecosnc.com - cell. 328.02.82.743  
gaggiotti.marco@gecosnc.com - cell. 328.20.40.857



**INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA  
MEDIANTE TECNICA DEI RAPPORTI SPETTRALI O HVSR  
ESEGUITA NELLA LOCALITA' CA' GALLINACCI  
PRESSO IL COMUNE DI SANT'ANGELO IN VADO (PU).**

---

**Oggetto:** Indagine sismica passiva a stazione singola HVSR.

**Committente:** Dott. Geol. G. Lazzarini

**Commessa:** 279-13

---

Monte San Vito, lì 20 Novembre 2013

## I N D I C E

1	PREMESSA.....	2
2	STRUMENTAZIONE IMPIEGATA.....	2
3	PROCEDURE DI ANALISI DATI PER STAZIONI SINGOLE H/V.....	2
3.1	Stazione singola Geo1 - Dati di input.....	3
3.2	Rapporto spettrale H/V.....	4
3.3	Modello stratigrafico .....	5
4	CONCLUSIONI .....	6

### **1    PREMESSA**

Su incarico dello e per conto Studio Geologico del Dott. Geol. G. Lazzarini è stata eseguita in data 18 Novembre 2013, una indagine geofisica mediante la tecnica dei rapporti spettrali o HVSR, nella località Cà Gallinacci presso il Comune di Sant'Angelo in Vado (PU). Con tale metodo viene stimata la velocità di propagazione delle onde di taglio (Vs30) come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 Gennaio 2008. L'indagine geofisica proposta si avvale della metodologia basata sulla tecnica di *Nakamura* e sul rapporto spettrale H/V.

### **2    STRUMENTAZIONE IMPIEGATA**

Le misure di microtremore ambientale sono state eseguite per mezzo di un tromografo digitale portatile progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Per tale scopo viene utilizzato un sismografo 24 bit GEOBOX prodotto dalla ditta Sara Instruments Srl (frequenza di risonanza 0.45 Hz).

Lo strumento (GeoBox – Sara Instrument) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati secondo le direzioni NS, EW e verticalmente, ad alta definizione, alimentato a batterie, senza cavi esterni.

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

Sui terreni di sedime è stata condotta, un'indagine geofisica attraverso l'acquisizione di n.1 registrazione a stazione singola, denominata Geo1.

Dalla registrazione del rumore sismico ambientale in campo libero si ricava la curva H/V, secondo la procedura descritta in Castellaro et al. (2005), avendo utilizzato i seguenti parametri:

- larghezza delle finestre d'analisi 20 s,

- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari a 10% della frequenza centrale;
- rimozione dei transetti sulla serie temporale degli H/V.

La curva H/V viene riprodotta creando una serie di modelli sintetici (che contemplano la propagazione delle onde di *Rayleigh* e di *Love* nel modo fondamentale e superiori in sistemi multistrato), fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali. Tale operazione è possibile esclusivamente in presenza di un vincolo che può essere la profondità, nota tramite prove dirette (Sondaggi eseguiti in situ), di un riflettore sismico il cui *marker* sia riconoscibile nelle curve H/V (Castellaro e Mulargia, 2008) o la velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) del primo strato nota da altre indagini.

### 3.1 Stazione singola Geo1 - Dati di input

#### Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1200 s
Frequenza di campionamento:	300,00 Hz
Numero campioni:	360000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.
Numero totale finestre selezionate:	38
Numero finestre incluse nel calcolo:	38
Dimensione temporale finestre:	27,307 s
Tipo di lisciamento:	Triangolare proporzionale
Percentuale di lisciamento:	10,00 %

#### Grafici tracce con finestre selezionate:

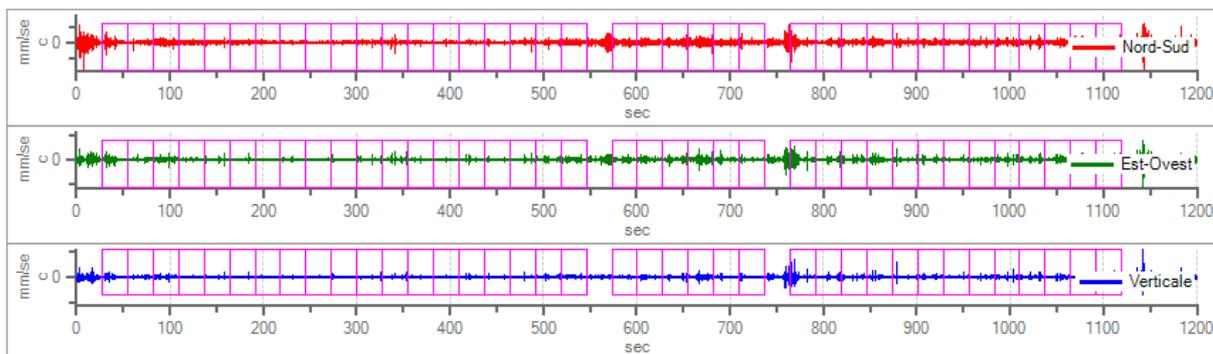


Fig.1: Traccia e finestre selezionate in direzione N-S, E-W e Verticale.

#### Grafici degli spettri

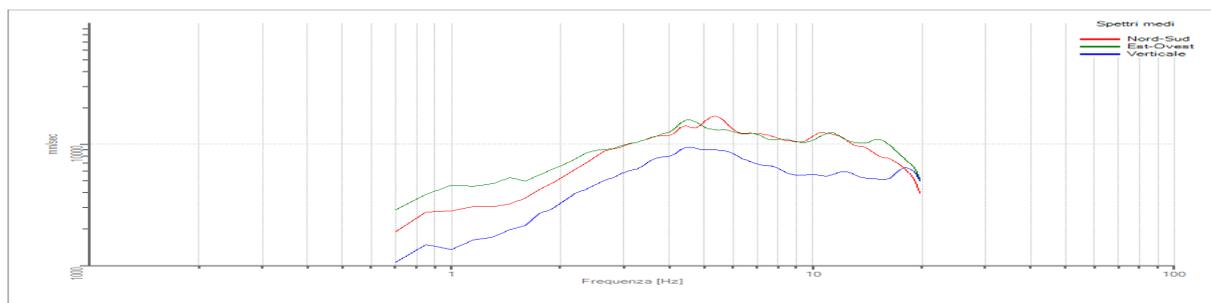


Fig.2: Spettri medi nelle tre direzioni.

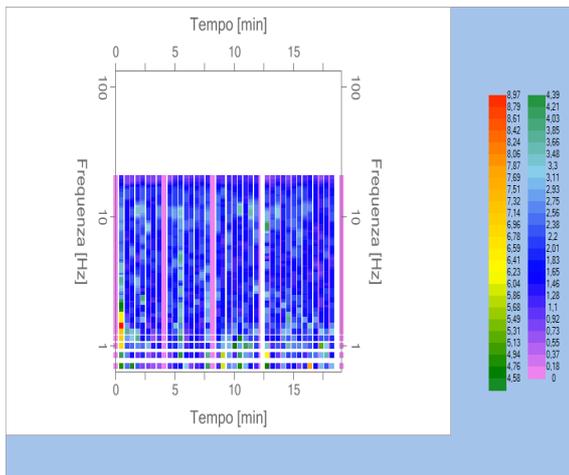


Fig. 3: Mappa della stazionarietà degli spettri.

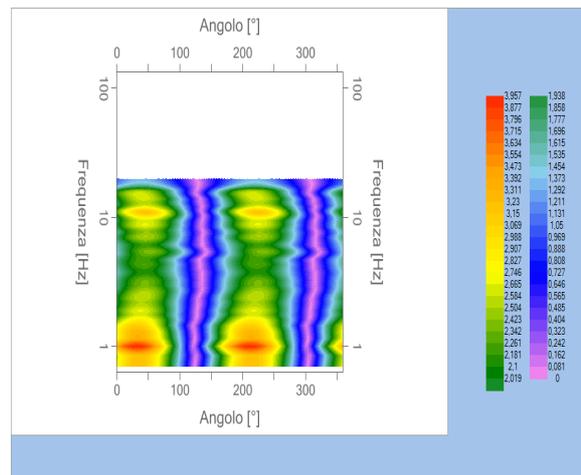


Fig. 4: Mappa della direzionalità degli spettri.

### 3.2 Rapporto spettrale H/ V

Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 20,00 Hz  
 Frequenza minima: 0,70 Hz  
 Passo frequenze: 0,15 Hz  
 Tipo lisciamento: Triangolare proporzionale  
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Grafico rapporto spettrale H/V

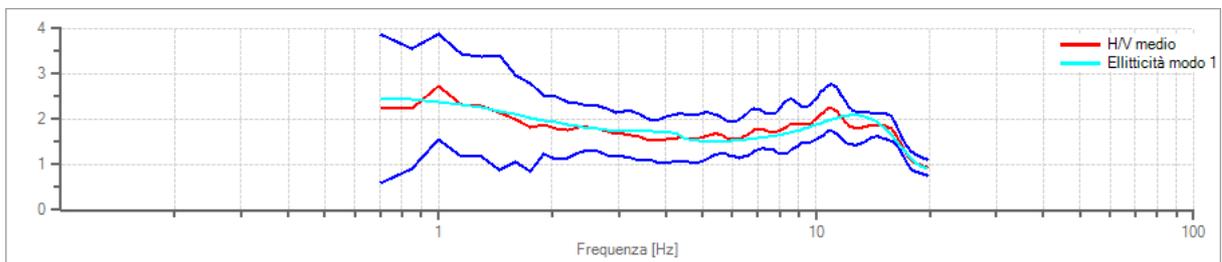


Fig. 5: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia.

Verifiche SESAME:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 1,00 Hz ±0,43 Hz

Affidabilità curva H/V	
$f_0 > 10l_w$	OK
$n_c(f_0) > 200$	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0,5 f_0 < f < 2 f_0$ se $f_0 > 0,5H$	OK
$\sigma_A(f) < 3$ per $0,5 f_0 < f < 2 f_0$ se $f_0 < 0,5H$	

Tab. 1: Sesame – Affidabilità della curva H/V.

Affidabilità picco	
$Exist \bar{f} \text{ in } [f_0/4, f_0] \wedge A_{H/V}(\bar{f}) < A_0/2$	No
$Exist f^* \text{ in } [f_0, 4 f_0] \wedge A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	No
$A_0 > 2$	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

Tab.2: Sesame – Affidabilità del picco (5/6).

### 3.3 Modello stratigrafico

Dati della stratigrafia:

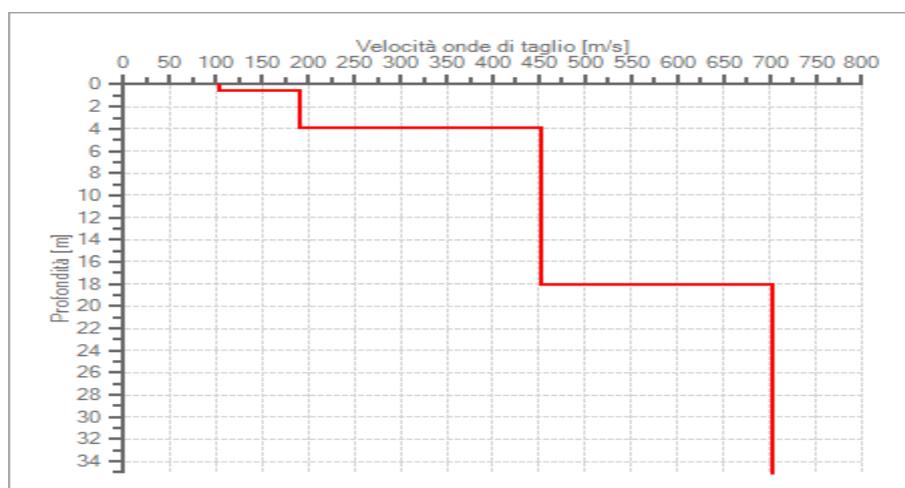


Fig. 6: Modello di velocità delle onde di taglio per il sito in oggetto.

Sismostrato (N°)	Profondità (m)	Spessore (m)	Velocità Media Onde S (m/s)
1	0.6	0.6	103
2	3.99	3.39	190
3	18.18	14.19	443
4	30	11.82	704

Tab.3: Modello di sottosuolo per il sito in oggetto.

E' stato quindi possibile stimare la  $V_{s30}$ , tramite la formula:

$$V_s = \frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{v_i}}$$

dove:

$v_s$  = valore di velocità delle onde di taglio (m/s)

H = profondità (m) alla quale si desidera stimare  $v_s$  (30 metri in caso di  $v_{s30}$ )

$h_i$  = spessore dello strato i – esimo (m)

la velocità delle onde Vs a 30,0 m dal piano di fondazione, nel caso di fondazioni dirette, come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 14/01/2008, calcolata con gli strati suddetti è pari a:

$HV1$	$V_{S30} (HVSR)$	=	414 m/s
-------	------------------	---	---------

#### 4 CONCLUSIONI

Nel caso specifico, il calcolo della velocità delle onde "VS<sub>30</sub>" è indicativo.

Non conoscendo la profondità esatta del piano di posa delle fondazioni, esso è stato calcolato dal piano campagna, attraverso l'esecuzione di n° 1 stazione singola mediante tecnica dei rapporti spettrali o HVSR, che ha dato un valore di Vs<sub>30</sub> pari a 414 m/sec, pertanto alla luce dei risultati della sismica effettuata e tenendo conto anche delle risultanze delle prove geotecniche eseguite in situ, il suolo di fondazione in oggetto può essere assimilato, facendo riferimento alla normativa vigente (DM 14/01/08) ad una categoria di suolo di tipo "B".

Ovviamente sarà cura del progettista, al fine di evitare pericolosi fenomeni di doppia risonanza in caso di sisma, progettare una struttura con frequenze fondamentali di oscillazione lontane (superiori per un fattore di moltiplicazione di almeno 1.4, o meglio, minori) da quelle tipiche del terreno nel sito specifico di edificazione.

E' da tenere presente che le frequenze dei modi di vibrare delle strutture dipendono principalmente dalla loro altezza. Per edifici standard in c.a. relazioni tipiche sono date in Figura 7 relativamente al primo modo di vibrare.

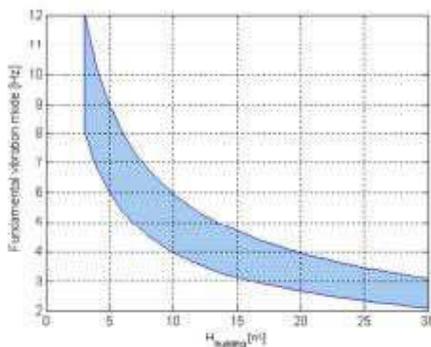


Fig. 7 - Relazione tra altezza e frequenze di vibrazione in edifici in c.a.

Monte San Vito, li 20 Novembre 2013

Dott. Geol. Marco Gaggiotti

## FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

---

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

---

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta →

Variabilità dei parametri →

---

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri →

---

**Nodi del reticolo intorno al sito**

**Reticolo di riferimento**

**Controllo sul reticolo**

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

**Interpolazione**

superficie rigata ▾

---

INTRO

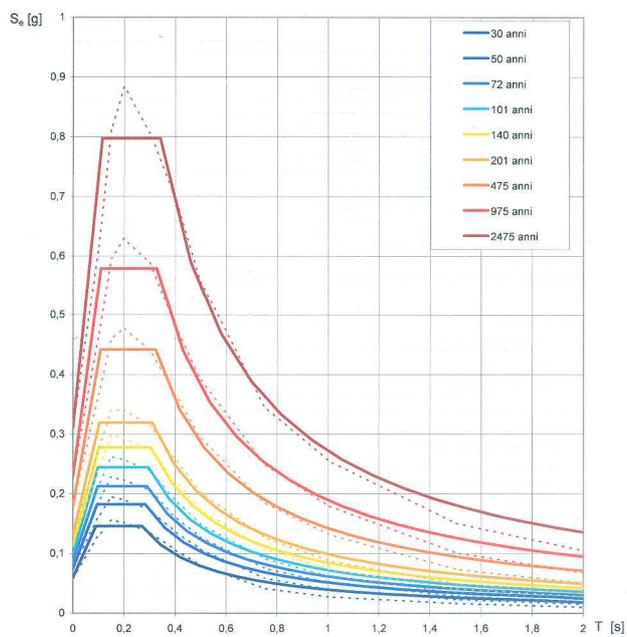
FASE 1

FASE 2

FASE 3

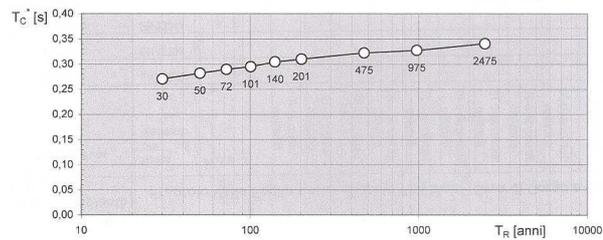
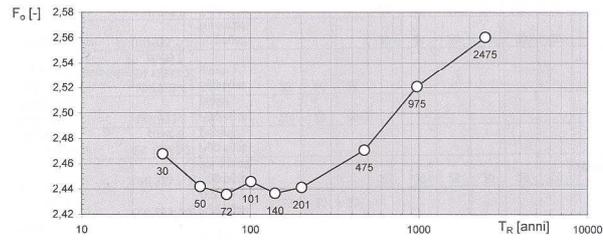
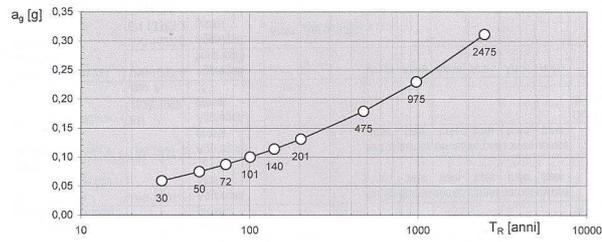
Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver. 1.0.2"

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



NOTA:  
 Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$ : variabilità col periodo di ritorno  $T_R$**



Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0,059	2,468	0,270
50	0,075	2,442	0,282
72	0,087	2,436	0,289
101	0,100	2,446	0,295
140	0,114	2,437	0,304
201	0,131	2,441	0,310
475	0,179	2,471	0,322
975	0,230	2,521	0,327
2475	0,311	2,560	0,341

## FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info  
 Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

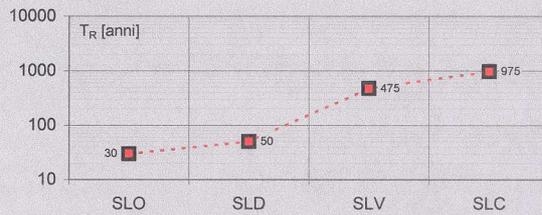
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="30"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="50"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="475"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="975"/>

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- - □ - - Strategia per costruzioni ordinarie
- - ■ - - Strategia scelta

INTRO

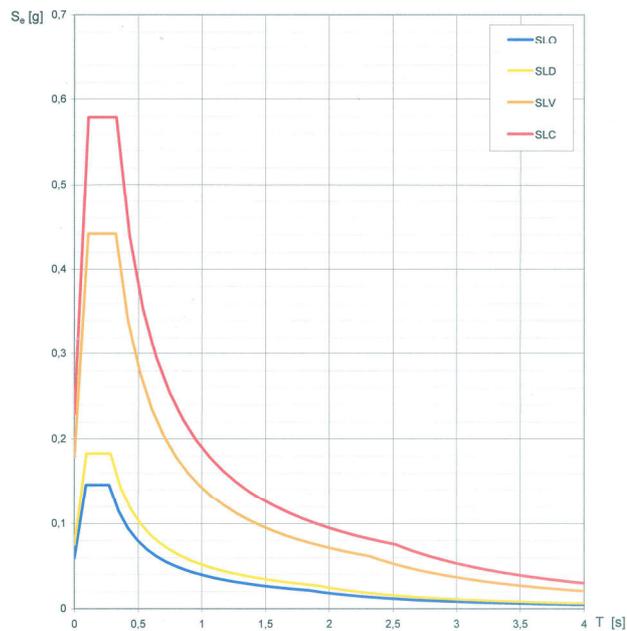
FASE 1

FASE 2

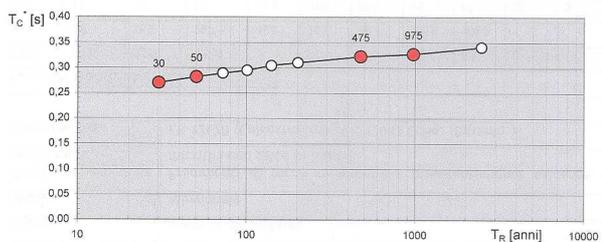
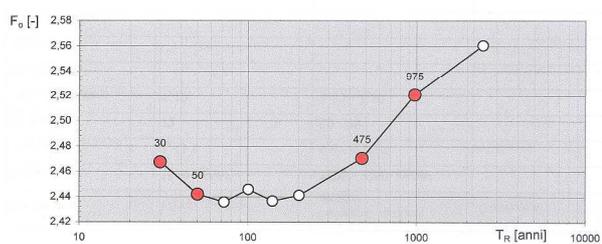
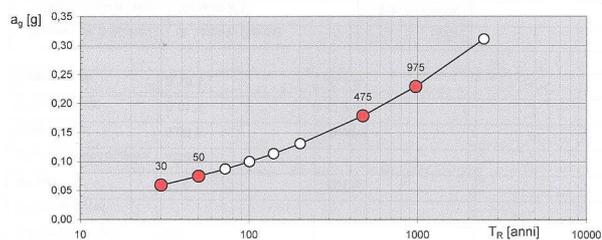
FASE 3

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver. 1.0.2"

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



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



Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

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

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0,059	2,467	0,270
SLD	50	0,075	2,442	0,282
SLV	475	0,179	2,471	0,322
SLC	975	0,230	2,521	0,327

## FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

### Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** ▼ info

### Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **B** ▼ info

$S_B = 1,200$

$C_C = 1,379$  ▼ info

Categoria topografica **T1** ▼ info

$h/H = 1,000$   
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

$S_T = 1,000$  ▼ info

### Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento  $\xi$  (%) **5**

$\eta = 1,000$  ▼ info

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore  $q_o$  **3**

Regol. in altezza **no** ▼ info

### Compon. verticale

#### Spettro di progetto

Fattore  $q$  **1,5**

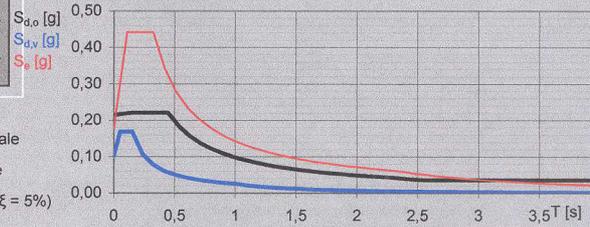
$\eta = 0,667$  ▼ info

### Elaborazioni

Grafici spettri di risposta ▶▶▶

Parametri e punti spettri di risposta ▶▶▶

### Spettri di risposta



- Spettro di progetto - componente orizzontale
- Spettro di progetto - componente verticale
- Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

**INTRO**

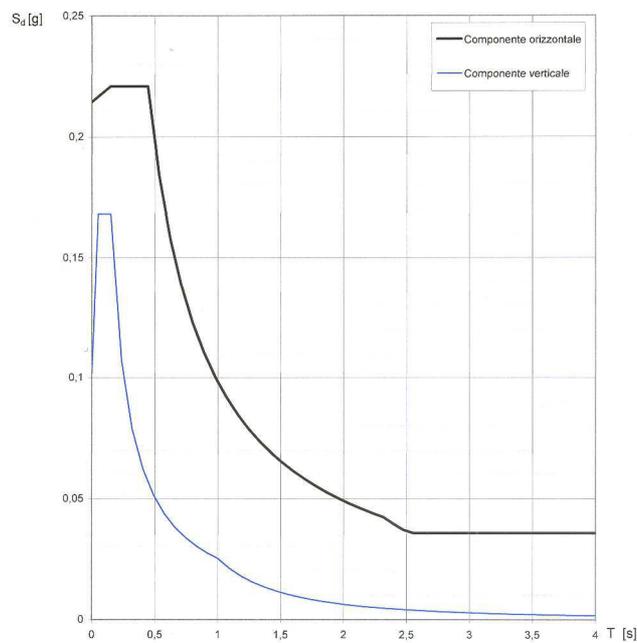
**FASE 1**

**FASE 2**

**FASE 3**

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

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



**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,179 g
$F_0$	2,471
$T_c$	0,322 s
$S_s$	1,200
$C_c$	1,379
$S_T$	1,000
$q$	2,400

**Parametri dipendenti**

$S$	1,200
$\eta$	0,417
$T_B$	0,148 s
$T_C$	0,445 s
$T_D$	2,315 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10(S+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6, §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c/3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g/g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_e(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

T [s]	Se [g]
0,000	0,215
0,148	0,221
0,445	0,221
0,534	0,184
0,623	0,158
0,712	0,138
0,801	0,123
0,890	0,110
0,979	0,100
1,068	0,092
1,157	0,085
1,246	0,079
1,335	0,074
1,424	0,069
1,513	0,065
1,603	0,061
1,692	0,058
1,781	0,055
1,870	0,053
1,959	0,050
2,048	0,048
2,137	0,046
2,226	0,044
2,315	0,042
2,395	0,040
2,475	0,037
2,556	0,036
2,636	0,036
2,716	0,036
2,796	0,036
2,877	0,036
2,957	0,036
3,037	0,036
3,117	0,036
3,198	0,036
3,278	0,036
3,358	0,036
3,438	0,036
3,519	0,036
3,599	0,036
3,679	0,036
3,759	0,036
3,840	0,036
3,920	0,036
4,000	0,036

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_{g,v}$	0,102 g
$S_s$	1,000
$S_T$	1,000
$q$	1,500
$T_B$	0,050 s
$T_C$	0,150 s
$T_D$	1,000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1,410
$S$	1,000
$\eta$	0,667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

T [s]	Se [g]
0,000	0,102
0,050	0,168
0,150	0,168
0,235	0,107
0,320	0,079
0,405	0,062
0,490	0,051
0,575	0,044
0,660	0,038
0,745	0,034
0,830	0,030
0,915	0,028
1,000	0,025
1,094	0,021
1,188	0,018
1,281	0,015
1,375	0,013
1,469	0,012
1,563	0,010
1,656	0,009
1,750	0,008
1,844	0,007
1,938	0,007
2,031	0,006
2,125	0,006
2,219	0,005
2,313	0,005
2,406	0,004
2,500	0,004
2,594	0,004
2,688	0,003
2,781	0,003
2,875	0,003
2,969	0,003
3,063	0,003
3,156	0,003
3,250	0,002
3,344	0,002
3,438	0,002
3,531	0,002
3,625	0,002
3,719	0,002
3,813	0,002
3,906	0,002
4,000	0,002