

COMUNE DI STREVI**INTERVENTI URGENTI DI CONSOLIDAMENTO FRANA
E RICOSTRUZIONE PORZIONE DI CINTA MURARIA
MEDIEVALE IN FREGIO A VIA DELLA ROCCA****PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO**

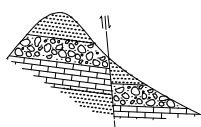
Elaborato:	Oggetto:	Scala:
3	RELAZIONE GEOTECNICA	
		Data:
		Ottobre 2015

Revisioni:					
Rev. n.	Data	Oggetto revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	10/2015	Emissione	VF	VF	LF

Il Sindaco:
Alessio MONTI

Il Responsabile del Procedimento:
Geom. Paolo GUGLIERI

I Progettisti:

**STUDIO TECNICO FOGLINO**

15010 - RICALDONE (AL) - via Cazzulini 15/A - tel. 0144/74163 - fax 0144/745914 - e-mail studio.foglino@gmail.com

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IN PROGETTO	3
3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA.....	4
3.1 Prove penetrometriche SCPT	4
3.2 Sondaggio S1	5
3.3 Caratterizzazione geotecnica	5
3.4 Caratterizzazione sismica	6
3.5 Classificazione sismica dell'ambito di intervento	11
4. VALUTAZIONE DEI PARAMETRI SISMICI	11

Allegati nel testo:

- Output prove penetrometriche SCPT;
- Stratigrafia sondaggio S1.

1. PREMESSA

Nel presente rapporto, a seguito dell'incarico del Comune di Strevi (AL) con determina n.19/2015 del 04.05.2015, per gli interventi di ricostruzione area soggetta a dissesto muro medievale Borgo Superiore - fossato gioco da pallone+, viene caratterizzata sotto il profilo geotecnico la area interessata dagli interventi urgenti di consolidamento frana e ricostruzione porzione di cinta muraria medievale in fregio a via della Rocca+.

2. INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IN PROGETTO

Con Ordinanza del Sindaco n. 5/2015 del 25.03.2015, sono stati previsti e realizzati degli interventi immediati in somma urgenza per la messa in sicurezza dell'area. In particolare, per evitare infiltrazioni localizzate nel corpo di frana sono state raccolte ed allontanate le acque di gronda dei pluviali e sono stati apposti teli impermeabili in corrispondenza della zona di distacco e del corpo frana. È stata effettuata la demolizione controllata delle porzioni di muratura aggettanti e malferme presenti lungo la nicchia di distacco. Sono state inoltre messe in sicurezza le porzioni laterali del muro mediante tirantatura e apposizione di idonea struttura di contrasto in acciaio ed è in fase di completamento la realizzazione di un primo tratto di berlinese di micropali a sostegno della porzione di fondazione scalzata dell'edificio presente in prossimità della nicchia di distacco. Durante questa prima fase sono state effettuate anche indagini geognostiche preliminari.

Il presente progetto è finalizzato al consolidamento della frana ed alla ricostruzione della porzione di muro crollato. Nello specifico, gli interventi previsti comprendono:

- il completamento della berlinese di micropali in corrispondenza del margine dell'edificio lungo la nicchia di distacco per contenere il terreno e limitare gli effetti legati al detensionamento che nel particolare contesto geotecnico potrebbe determinare un arretramento della nicchia di distacco con potenziale coinvolgimento dei fabbricati;
- la ricostruzione del muraglione crollato con struttura in c.a. ed il ripristino del terrapieno a tergo, comprensivo del rifacimento di tutte le canalizzazioni idriche e di raccolta e allontanamento delle acque meteoriche per evitare che le stesse si possano infiltrare a tergo del muro;
- il rivestimento del muro in c.a. con mattoni vecchi e pietrame nel più completo rispetto della tipologia costruttiva del vecchio muraglione in modo tale da integrare la nuova opera con il contesto storico in cui si colloca;
- eventuali consolidamenti delle porzioni di vecchio muro esistenti al fine di assicurarne la stabilità nel tempo.

3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

La caratterizzazione geotecnica viene dedotta attraverso i risultati di due prove penetrometriche SCPT e di un sondaggio a distruzione di nucleo eseguiti nell'area di intervento nell'aprile 2015 e dei risultati delle prove penetrometriche SCPT e sismiche di tipo MASW condotte presso l'area nel luglio 2015. È stato tenuto conto, inoltre, di osservazioni in situ e dei risultati di precedenti indagini effettuate in terreni in condizioni geo-litostratigrafiche ben assimilabili a quelle in oggetto.



Immagine satellitare con ubicazione punti di prova SCPT e sondaggio S1.

3.1 Prove penetrometriche SCPT

Le prove penetrometriche dinamiche, denominate SCPT 1, 2, 3 e 4 hanno interamente attraversato le coperture di frana e i terreni detritici fino ad arrestarsi nel substrato compatto ad una profondità di circa 9.5 m. L'indagine è stata condotta con un penetrometro statico-dinamico Pagani mod. PSD 73/10, con punta conica di acciaio avente $\phi = 51$ mm ed angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$, collegata alla superficie da una batteria di aste $\phi = 33$ mm aventi peso compreso tra 4.1 e 5.1 kg/m. L'energizzazione avviene con un maglio a caduta libera a sganciamento automatico peso $P = 73$ kg, caduta $H = 75$ cm, lettura ogni 30 cm di avanzamento.

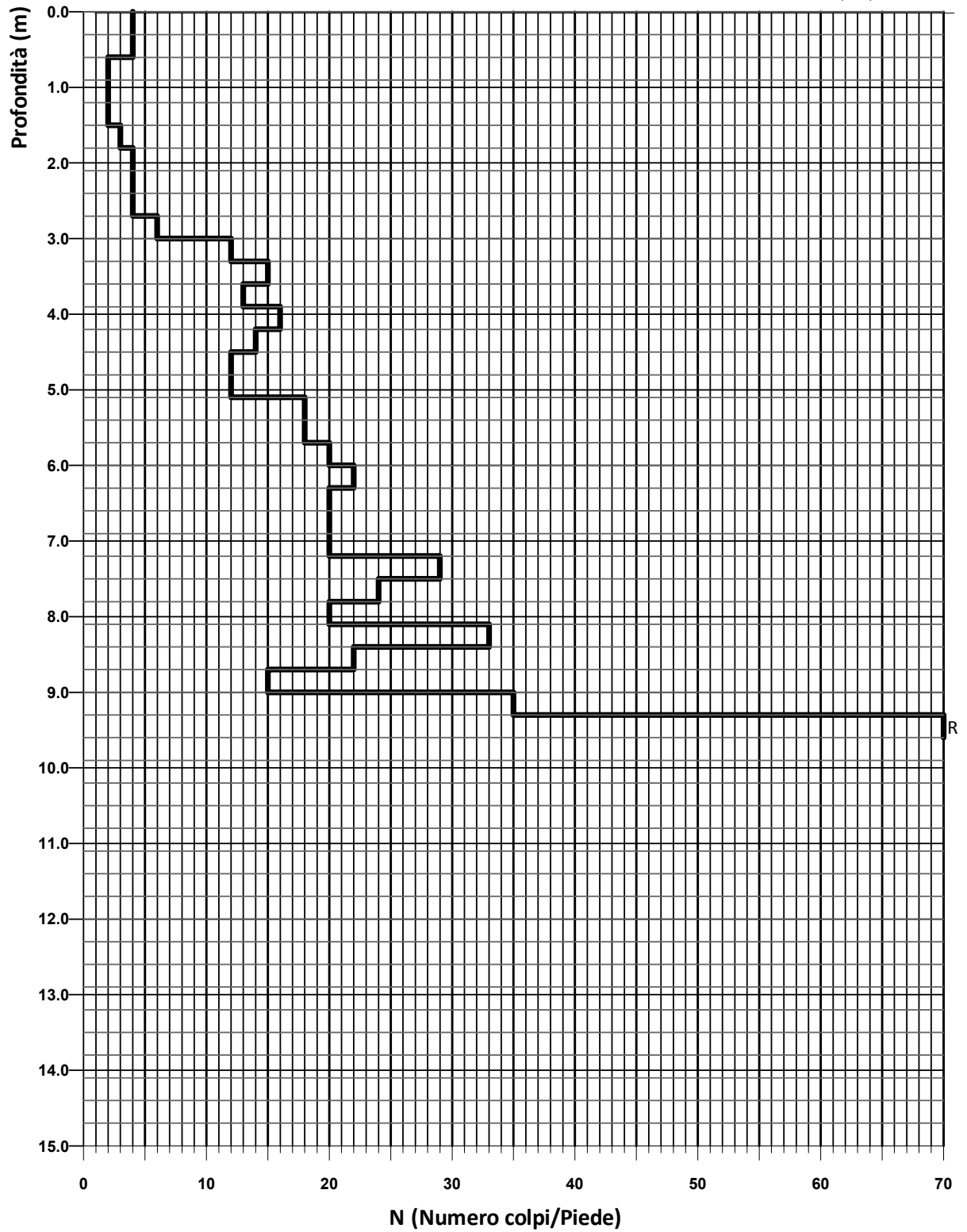
Gli output di prova sono riportati nelle pagine seguenti.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA S.C.P.T. N. 1

Cantiere : MURO VIA DELLA ROCCA

Località : STREVI (AL)

Data: 01/04/2015

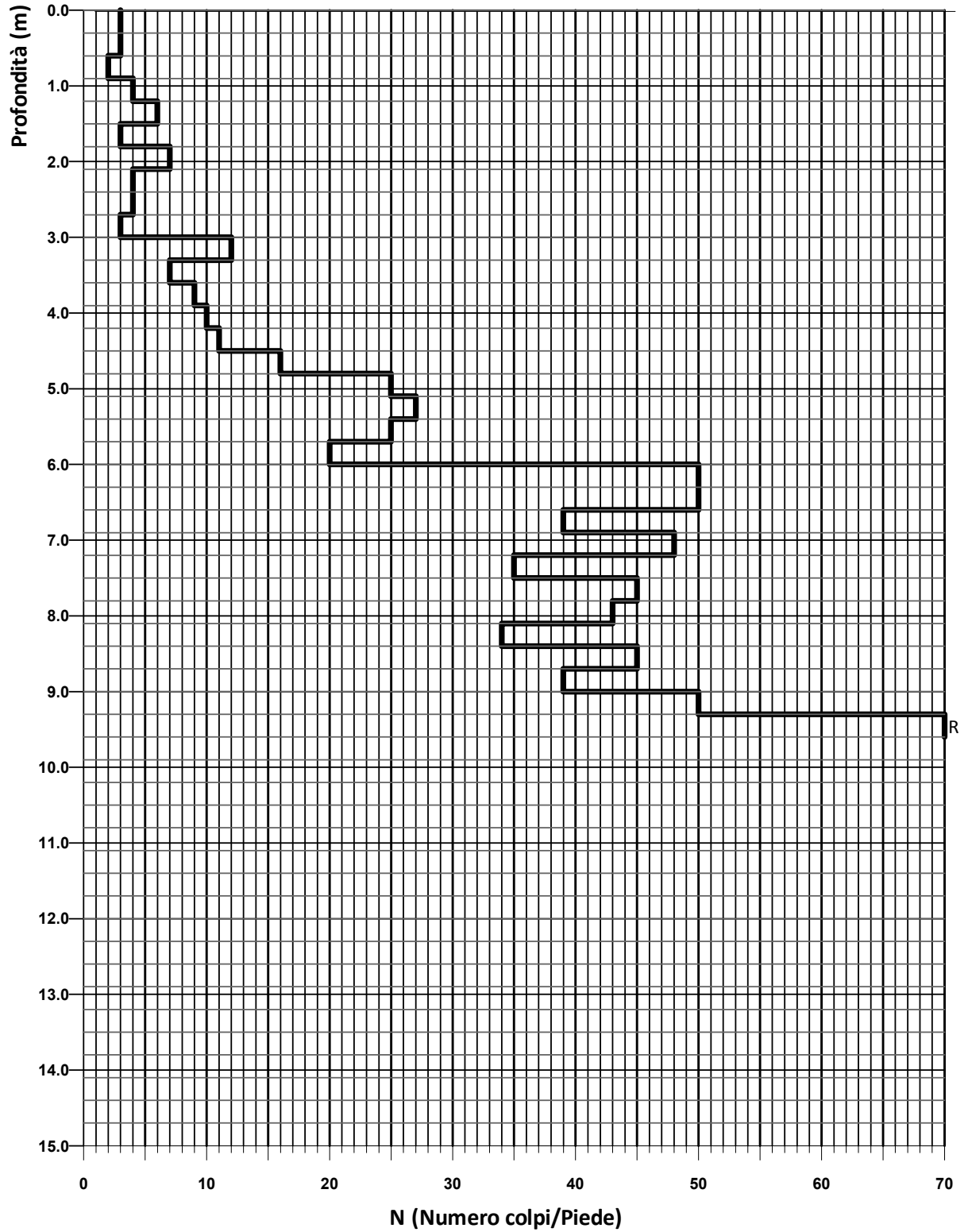


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA S.C.P.T. N. 2

Cantiere : MURO VIA DELLA ROCCA

Località : STREVI (AL)

Data: 01/04/2015

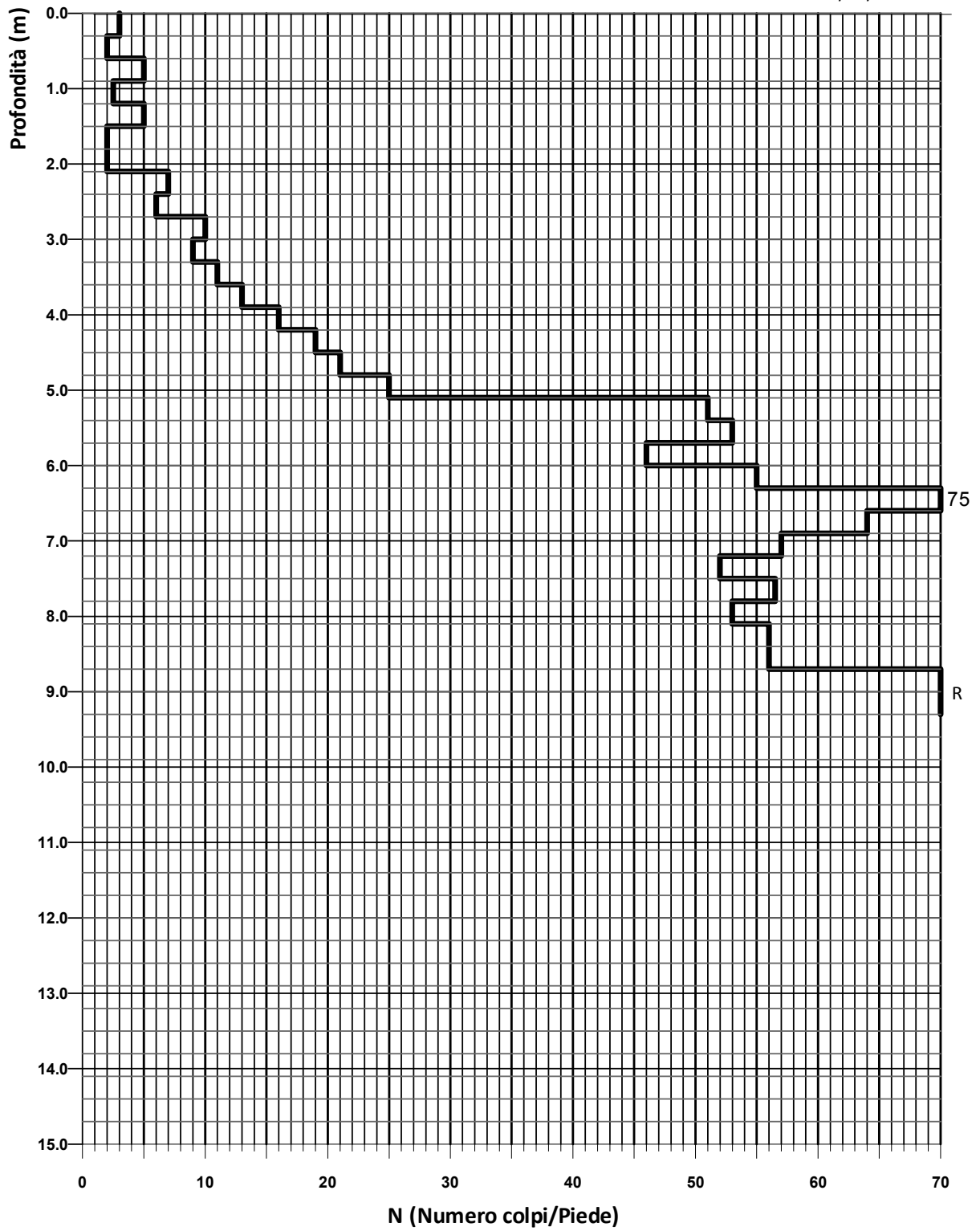


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA S.C.P.T. N. 3

Cantiere : MURO VIA DELLA ROCCA

Località : STREVI (AL)

Data: 27/07/2015

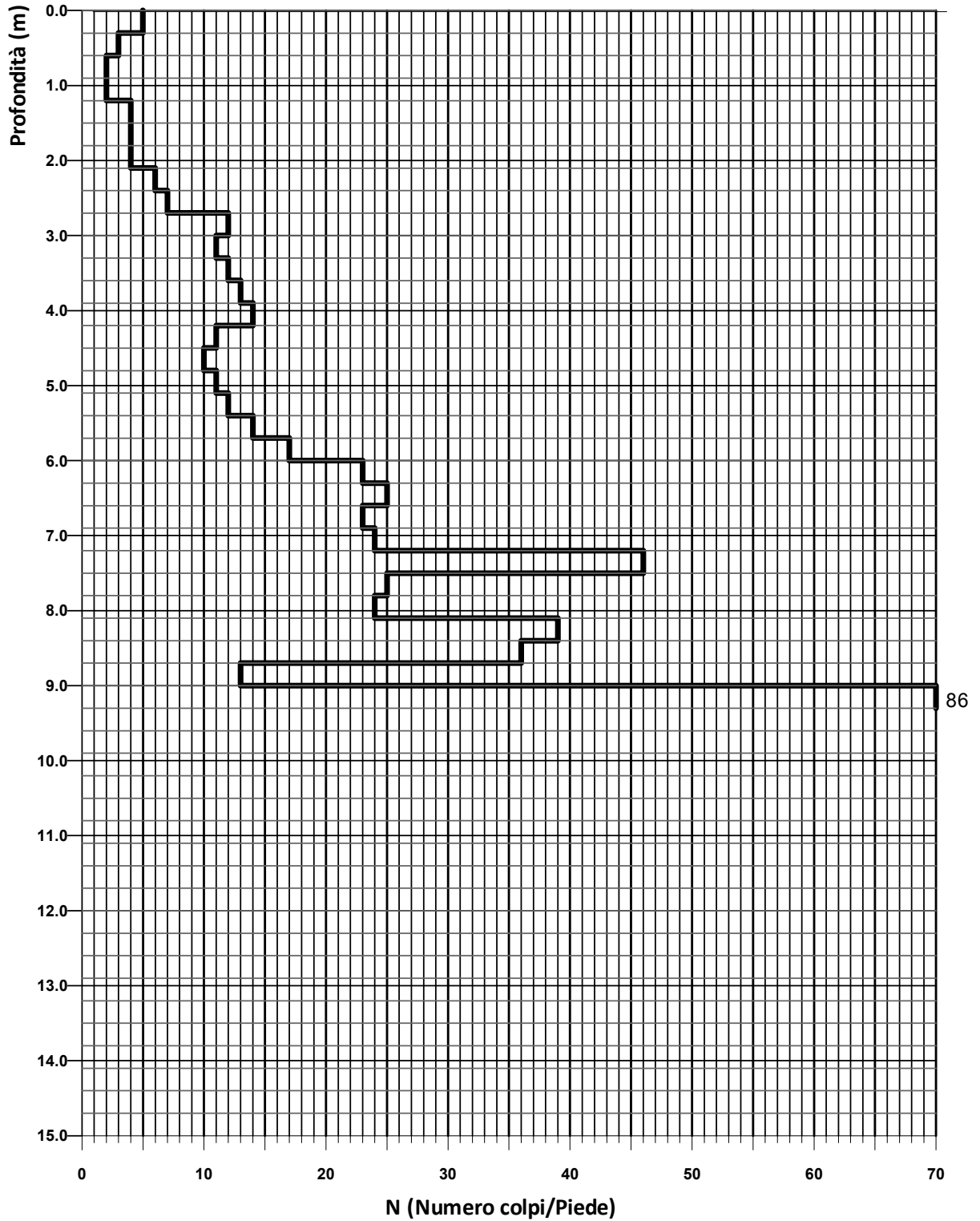


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA S.C.P.T. N. 4

Cantiere : MURO VIA DELLA ROCCA

Località : STREVI (AL)

Data: 27/07/2015



3.2 Sondaggio S1

Il carotaggio è stato effettuato a distruzione di nucleo. Durante la perforazione dei sondaggi è stata osservata la presenza di falda idrica ad una profondità di circa 9.40 m da p.c. in corrispondenza di un livello ghiaioso.

da 0 m p.c. a 1.50 m p.c.	Terreno di riporto con detriti di laterizi e clasti litoidi di arenarie in abbondante frazione sabbioso-limosa.
da 1.50 m p.c. a 7.50 m p.c.	Argilla tenera color nocciola debolmente limosa.
da 7.50 m p.c. a 9.00 m p.c.	Sabbia argilloso-limosa marrone/rossiccia da sciolta a poco consistente.
da 9.00 m p.c. a 11.00 m p.c.	Ghiaia alterata e sabbia medio grossolana con limi e argilla rossa.
da 11.00 m p.c. a 18.00 m p.c.	Marne siltose compatte e dure alternate a strati arenaceo conglomeratici di potenza 30÷50 cm in condizione di incipiente diagenesi.

3.3 Caratterizzazione geotecnica

Le caratteristiche geotecniche dei terreni sono state dedotte in base ad osservazioni in situ e tenendo conto dei risultati del sondaggio e delle indagini geognostiche effettuati presso l'area nel marzo/aprile 2015 e nel luglio 2015.

In funzione delle differenti caratteristiche geo-litologiche, sotto il profilo geotecnico, possono essere distinti:

- Terreni di riporto prevalentemente sabbioso-limosi con detrito di laterizio e clasti litoidi con spessori variabili tra 1 e 3 m, a cui possono essere attribuiti i seguenti parametri geotecnici: $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, $\varphi_q = 20^\circ \div 22^\circ$, $c_q = 0 \text{ kPa}$, $\varphi_u = 0^\circ$, $C_u = 5 \div 15 \text{ kPa}$.
- Argilla tenera debolmente limosa fino a profondità variabili da 4 a 5 m, a cui possono essere attribuiti i seguenti parametri geotecnici: $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, $\varphi_q = 22^\circ \div 24^\circ$, $c_q = 0 \div 5 \text{ kPa}$, $\varphi_u = 0^\circ$, $C_u = 10 \div 30 \text{ kPa}$.
- Sabbia argillosa e argille sabbiose fino a profondità variabili da 6 a 7 m, a cui possono essere attribuiti i seguenti parametri geotecnici: $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, $\varphi_q = 24^\circ \div 26^\circ$, $c_q = 0 \text{ kPa}$, $\varphi_u = 0^\circ$, $C_u = 15 \div 40 \text{ kPa}$.
- Ghiaia argilloso-sabbiosa e ciottoli molto alterati fino a profondità di 9-11 m p.c. , a cui possono essere attribuiti i seguenti parametri geotecnici: $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$, $\varphi_q = 26^\circ \div 28^\circ$, $c_q = 0 \text{ kPa}$.
- Substrato terziario siltoso-arenaceo in condizioni di incipiente diagenesi dalla base dello strato precedente fino a profondità di interesse geotecnico. Possono essere attribuiti i seguenti parametri geotecnici in funzione del grado di alterazione.
Porzione alterata: $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$, $\varphi_q = 26^\circ \div 28^\circ$, $c_q = 20 \div 50 \text{ kPa}$.
Porzione inalterata: $\gamma = 20 \div 21 \text{ kN/m}^3$, $\varphi_q = 28 \div 30^\circ$, $c_q = 100 \div 150 \text{ kPa}$.



Committente: Comune di Strevi
 Cantiere: Campo pallone
 Località: Via della Rocca
 Inizio/Fine perforazione: 27.03.15
 Scala: 1:100

SONDAGGIO

S1

profondità (m p.c.)	potenza strato (m)	litologia	natura del terreno	metodo	diametro perforazione	diametro rivestimento	L.S. falda (m p.c.)	prelievo campione rimaneggiato	prelievo campione indisturbato	SPT	pocket penetrometer foot diam. 0.25"	
											prof.	valore (kg)
0.00												
	1.50		Terreno di riporto con detriti di laterizi e clasti litoidi di arenarie in abbondante frazione sabbioso - limosa									
1.50			Argilla tenera color nocciola debolmente limosa									
6.00			Sabbia argilloso - limosa marrone/rossiccia da sciolta a poco consistente									
7.50	1.50		Ghiaia alterata e sabbia medio grossolana con limi e argilla rossa									
9.00	2.00		Marne siltose compatte e dure alternate a strati arenaceo - conglomeratici di potenza 30÷50 cm in condizione di incipiente diagenesi									
11.00												
7.00												
18.00												
				DISTRUZIONE DI NUCLEO	DIAM. 120 mm		$\frac{9.40}{(27/03/15)}$					

3.4 Caratterizzazione sismica

Al fine di caratterizzare il terreno sotto il profilo sismico e di ricostruire, per l'area in oggetto, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità (V_s - z), è stata eseguita un'indagine mediante la realizzazione di due prove MASW.

DESCRIZIONE DEL METODO

La recente Normativa sismica nazionale (OPCM 3274 del 2003 e successive modifiche ed integrazioni, DM 14/01/2008 Norme Tecniche per le Costruzioni) riprendendo l'Eurocodice 8, definisce la classificazione sismica del sottosuolo in base al parametro V_{S30} per la progettazione in zona sismica. Tale parametro, che rappresenta la velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 metri di sottosuolo, può essere calcolato facilmente una volta noti gli spessori degli strati presenti nei primi 30 metri di profondità e la velocità di propagazione delle onde S all'interno di ogni strato. È noto che la propagazione delle onde, nel caso di mezzi stratificati e trasversalmente isotropi, avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei; non esiste più una velocità ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda. Queste interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche, appunto variabili con la profondità. Questo comportamento viene definito dispersione in frequenza ed è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie. Ovviamente le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad interessare il terreno più in profondità; al contrario le lunghezze d'onda più piccole, poiché sono associate alle frequenze più alte, rimangono nelle immediate vicinanze della superficie.

Il metodo di prospezione sismica M.A.S.W. che utilizza le onde di superficie si basa su modelli fisico-matematici nei quali il sottosuolo viene schematizzato come una serie di strati sovrapposti con caratteristiche elastiche lineari, definendo per ogni strato i parametri rappresentativi.

A partire dai parametri del sottosuolo è quindi possibile ricavare le proprietà dispersive delle onde di Rayleigh, per il sito in esame. Quanto detto rappresenta il problema diretto: quello cioè che a partire dalla conoscenza delle caratteristiche del terreno permette di descrivere la dispersione delle onde di Rayleigh. Nella prospezione occorre invece affrontare il problema inverso: a partire dalla curva di dispersione rilevata, si arriva al modello di stratificazione del terreno con i relativi parametri meccanici e sismici.

La procedura utilizzata può essere suddivisa in tre fasi:

1. Acquisizione: registrazione e osservazione dei dati sismici contenenti le onde di Rayleigh per un intervallo sufficientemente ampio di frequenze;
2. Processing: trattamento dei dati attraverso filtraggio e altre tecniche finalizzate all'estrazione delle caratteristiche di dispersione, in particolare espresse come velocità di fase in funzione della frequenza;
3. Inversione: uso di un modello del terreno che permette di ricavare un profilo monodimensionale della velocità delle onde S ed altri parametri in funzione della profondità.

DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando un sistema sismico digitale multicanale disposto sul terreno per entrambi gli stendimenti eseguiti secondo un array lineare da 17 geofoni con spaziatura pari a 3.0 m.



Immagine satellitare con ubicazione prova MASW.

Nell'esecuzione della prova M.A.S.W. attiva è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 10 kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking), inoltre è stato utilizzato un sistema unico di averaging, inversione di fase e revisione degli shot in situ.

La sorgente è stata posta ad una distanza di 3 m dal primo geofono (Optimum Field Parameters of an MASW Survey, Park et al., 2005; Dal Moro, 2008).

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata ed i criteri di acquisizione delle prove M.A.S.W. eseguite in situ:

- Unità di acquisizione sismografo a 25 bit ;
- 17 Geofoni verticali con $f_0 = 4.5$ Hz e puntale per accoppiamento su terreni teneri;
- Alimentazione diretta da PC/Palmare;
- Spaziatura standard di 2 m tra i moduli;
- 1 Sorgente Mazza battente su piattello metallico;
- Tempo di pre-trigger: 1/16 s

- Tempo di registrazione: 4.0 s
- Frequenza di campionamento: 512 Hz
- Uscita dati in formato SEG-2 e TRC compatibile con il software Grilla (Micromed S.p.A.)



Esecuzione prova MASW 1 (piede del fossato) e prova MASW 2 (Via della Rocca).

CALCOLO DELLA $V_{s,30}$

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato nel capitolo precedente, è possibile calcolare il valore delle $V_{s,30}$, che rappresenta la velocità equivalente di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle $V_{s,30}$ si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni):

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{H_i}{V_{s,i}}}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

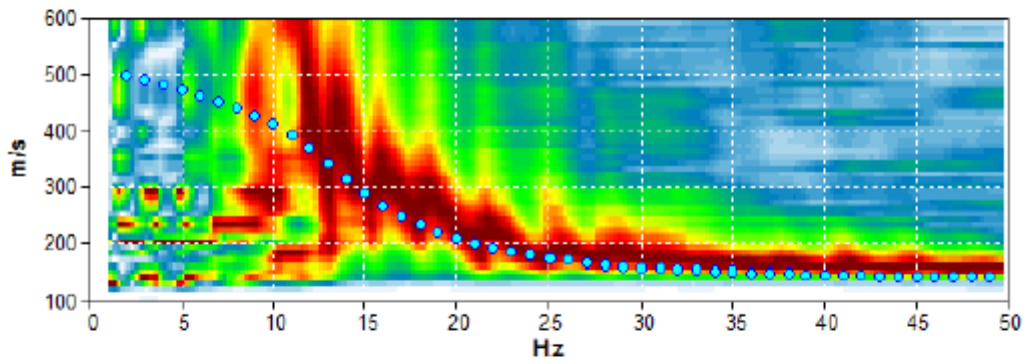
La prova MASW 1 ha evidenziato tra 0 e 30 m di profondità dal p.c. una $V_{s,30} = 375$ m/s; la prova MASW 2 ha evidenziato tra 0 e 30 m di profondità dal p.c. una $V_{s,30} = 355$ m/s.

Inizio registrazione: 04/08/15 11:16:38 Fine registrazione: 04/08/15 11:17:19
 Durata registrazione: 0h00'12".
 Freq. campionamento: 512 Hz

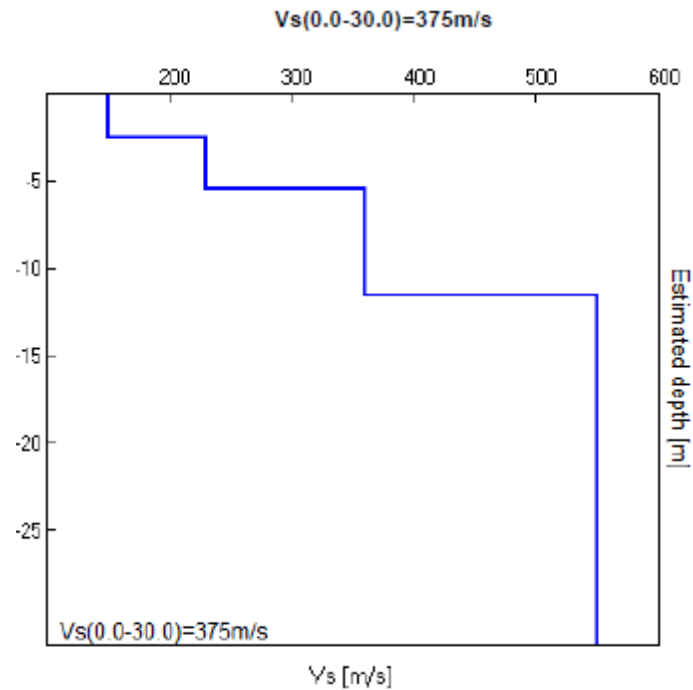
Nomi canali: TR01 +TR01; TR02 +TR02; TR03 +TR03; TR04 +TR04; TR05 +TR05; TR06 +TR06; TR07 +TR07; TR08 +TR08; TR09 +TR09; TR10 +TR10; TR11 +TR11; TR12 +TR12; TR13 +TR13; TR14 +TR14; TR15 +TR15; TR16 +TR16; TR17 +TR17

Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 39.0 42.0 45.0 48.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.50	2.50	150	0.40
5.50	3.00	230	0.40
11.50	6.00	360	0.40
inf.	inf.	550	0.40



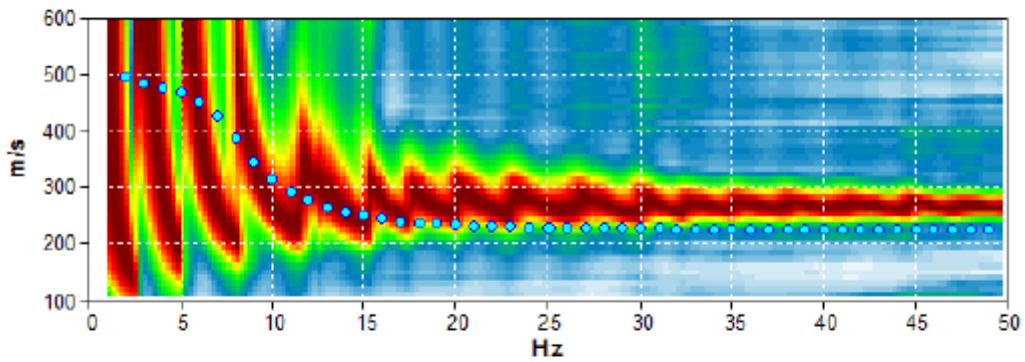
Output prova MASW 1 (piede del fossato).

Inizio registrazione: 04/08/15 12:01:48 Fine registrazione: 04/08/15 12:02:55
 Durata registrazione: 0h00'04"
 Freq. campionamento: 512 Hz

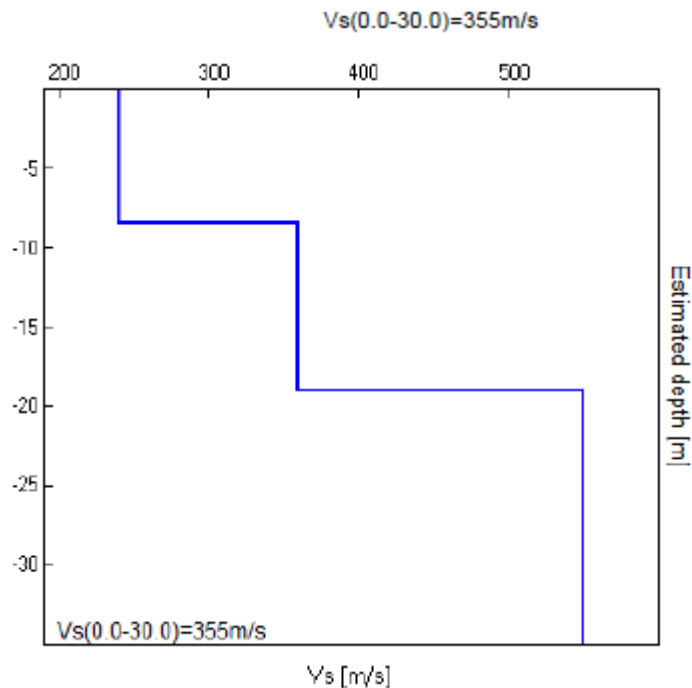
Nomi canali: TR01 +TR01; TR02 +TR02; TR03 +TR03; TR04 +TR04; TR05 +TR05; TR06 +TR06; TR07 +TR07; TR08 +TR08; TR09 +TR09; TR10 +TR10; TR11 +TR11; TR12 +TR12; TR13 +TR13; TR14 +TR14; TR15 +TR15; TR16 +TR16; TR17 +TR17

Array geometry (x): 0.0 2.5 5.0 7.5 10.0 12.5 15.0 17.5 20.0 22.5 25.0 27.5 30.0 32.5 35.0 37.5 40.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
8.50	8.50	240	0.40
19.00	10.50	360	0.40
inf.	inf.	550	0.40



Output prova MASW 2 (Via della Rocca).

In riferimento al modello semplificato proposto dal D.M. 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni) il fondamento Vs/profondità con valutazioni in sicurezza appare compatibile con una categoria di suolo di fondazione di tipo C.

3.5 Classificazione sismica dell'ambito di intervento

La Regione Piemonte, con D.G.R. n. 11-13058 del 19.01.2010, recepisce la riclassificazione sismica per ciascun comune. Ciascuna zona è individuata da valori di accelerazione di picco orizzontale al suolo (a_g)ⁱ, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, secondo lo schema seguente:

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (NTC08) [a_g]
1	> 0.25	0.35·g
2	0.15 . 0.25	0.25·g
3	0.005 . 0.15	0.15·g
4	< 0.05	0.05·g

In particolare il Comune di Strevi ricade in zona sismica n. 3 cui corrisponde un valore di a_g pari a 0.15g.

4. VALUTAZIONE DEI PARAMETRI SISMICI

Sotto il profilo sismico, la normativa vigente (D.M. 14/01/2008) non fa più riferimento alle zone sismiche ma alla pericolosità sismica di base, definita da INGV per la zona in esame in funzione dei seguenti parametri:

Latitudine	44.7
Longitudine	8.5167

L'intervento in progetto è classificabile come:

Classe dell'edificio	II
Vita Nominale Struttura	50 anni

Con riferimento ad un tempo di ritorno TR di 475 anni:

a_g	0.6021
F_0	2.535
T^*_c	0.28

ⁱ a_g è espressa come frazione dell'accelerazione di gravità g ed indica l'accelerazione orizzontale massima su formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi (suolo di categoria A così come definito nelle NTC-08).

Sulla base delle coordinate geografiche del sito, secondo il D.M. 14/01/2008 vengono calcolati i coefficienti sismici k_h e k_v :

$$k_h = \beta_m \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right)$$
$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

in cui:

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

L'accelerazione massima attesa al sito a_{\max} è valutabile come:

$$a_{\max} = S_S S_T a_g$$

in cui:

S_S è il coefficiente che tiene conto dell'amplificazione stratigrafica. Assume valori compresi tra 0.90 e 1.80 in funzione del fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_0 .

S_T è il coefficiente che tiene conto dell'amplificazione topografica. Assume valori compresi tra 1.00 e 1.40 in funzione della categoria topografica di appartenenza.

Per il sito in esame, sulla base delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche, si può assumere:

- **Categoria di sottosuolo: tipo C** . % depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti 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.+
- **Categoria topografica: T1**. superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i > 15^\circ$.
- **Coefficiente di amplificazione topografica: $S_T = 1.0$**
- **Coefficiente di amplificazione stratigrafica: $S_S = 1.5$**