

R. Emilia Romagna

Provincia di Reggio Emilia

Comune di SAN MARTINO IN RIO

CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA,
PER IL MIGLIORAMENTO-ADEGUAMENTO SISMICO DELL'ASILO NIDO PETER PAN,
PIAZZA DELLA TERRA, SAN MARTINO IN RIO, RE
INTEGRAZIONE RSL AI VARI STATI LIMITE E NORMALIZZAZIONE SECONDO ORD. 55/52018

Amm. Comunale di San Martino in Rio



RELAZIONE TECNICA

Dr. Geol. GIAN PIETRO MAZZETTI



REL.N°	REV.	DATA	NOTE	Verificato	Approvato
2082/19a		Maggio 2019		G.P. Mazzetti	G.P. Mazzetti

CENTROGEO SURVEY SNC

42015 CORREGGIO (RE) - PIAZZA S. QUIRINO, 6 - TEL 0522 641001 - FAX 0522 632162

GEOMORFOLOGIA APPLICATA - GEOTECNICA - IDROGEOLOGIA - GEORACCOMANDAZIONE AMBIENTALE - CAVE - PENETROMETRIE - GEOFISICA

E

COMUNE DI SAN MARTINO IN RIO
COMUNE DI SAN MARTINO IN RIO

Protocollo N. 0008732/2023 del 05/10/2023
Firmatario: GIAN PIETRO MAZZETTI

COMUNE DI SAN MARTINO IN RIO

CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA,
PER IL MIGLIORAMENTO-ADEGUAMENTO SISMICO DELL'ASILO NIDO PETER PAN, PIAZZA
DELLA TERRA, SAN MARTINO IN RIO, RE
INTEGRAZIONE RSL AI VARI STATI LIMITE E NORMALIZZAZIONE SECONDO ORD. 55/2018

Amm. Comunale di San Martino in Rio

INDICE

INTRODUZIONE	1
MODELLAZIONE SISMICA – PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	1
Inquadramento topografico.....	1
AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO.....	2
Fattore di amplificazione sismico locale.....	3
<i>ANALISI CON METODO APPROFONDITO (TERZO LIVELLO) – MICROZONAZIONE SISMICA</i>	5
Risposta sismica locale	5
Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica.....	6
Normalizzazione degli spettri di risposta elastici ai vari stati limite.....	11

ALLEGATI

INTRODUZIONE

Nel contesto delle analisi geologico geotecniche per le verifiche di progetto per il miglioramento sismico dell'Asilo Nido Peter Pan in Piazza della Terra, San Martino in Rio, RE, si è redatta la presente integrazione riguardante le analisi di risposta sismica locale (RSL) estesa agli stati limite di ultimi (SLV) e di esercizio (SLD).

MODELLAZIONE SISMICA – PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

Inquadramento topografico

Le coordinate geografiche (ellissoide ED50) relative circa al centro dell'edificio sede dell'Asilo Nido Peter Pan in Piazza della Terra complesso di edifici in via A. Manicardi, corrispondono a:

10.787988 ÷ 44.735685

(utilizzate per il calcolo dell'azione sismica – DM 17-01-18)

AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO**DM 17/01/2018**

In base alle indicazioni contenute delle NTC di cui al D.M. 17/01/18, per l'area in esame, considerando, strutture di classe III (vita nominale $V_n = 50$ anni, coefficiente d'uso $C_u = 1,5$; $V_r = 75$ anni), risultano i seguenti valori di accelerazione di riferimento al suolo e parametri per il calcolo degli spettri di risposta di riferimento, in funzione dei diversi stati limite considerati:

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	T_c (s)
SLO	45	0.054	2.497	0.263
SLD	75	0.068	2.483	0.274
SLV	712	0.185	2.489	0.279
SLC	1462	0.243	2.458	0.285

dove:

SLO = Stato limite di operatività; Pvr = 81%

SLD = Stato limite di danno; Pvr = 63%

SLV = Stato limite di salvaguardia della vita; Pvr = 10%

SLC = Stato limite di prevenzione del collasso; Pvr = 5%

 a_g = accelerazione massima di riferimento al suolo F_0 = fattore di amplificazione T_c = inizio del tratto orizzontale dello spettro di risposta

Fattore di amplificazione sismico locale***Fattore di amplificazione topografico***

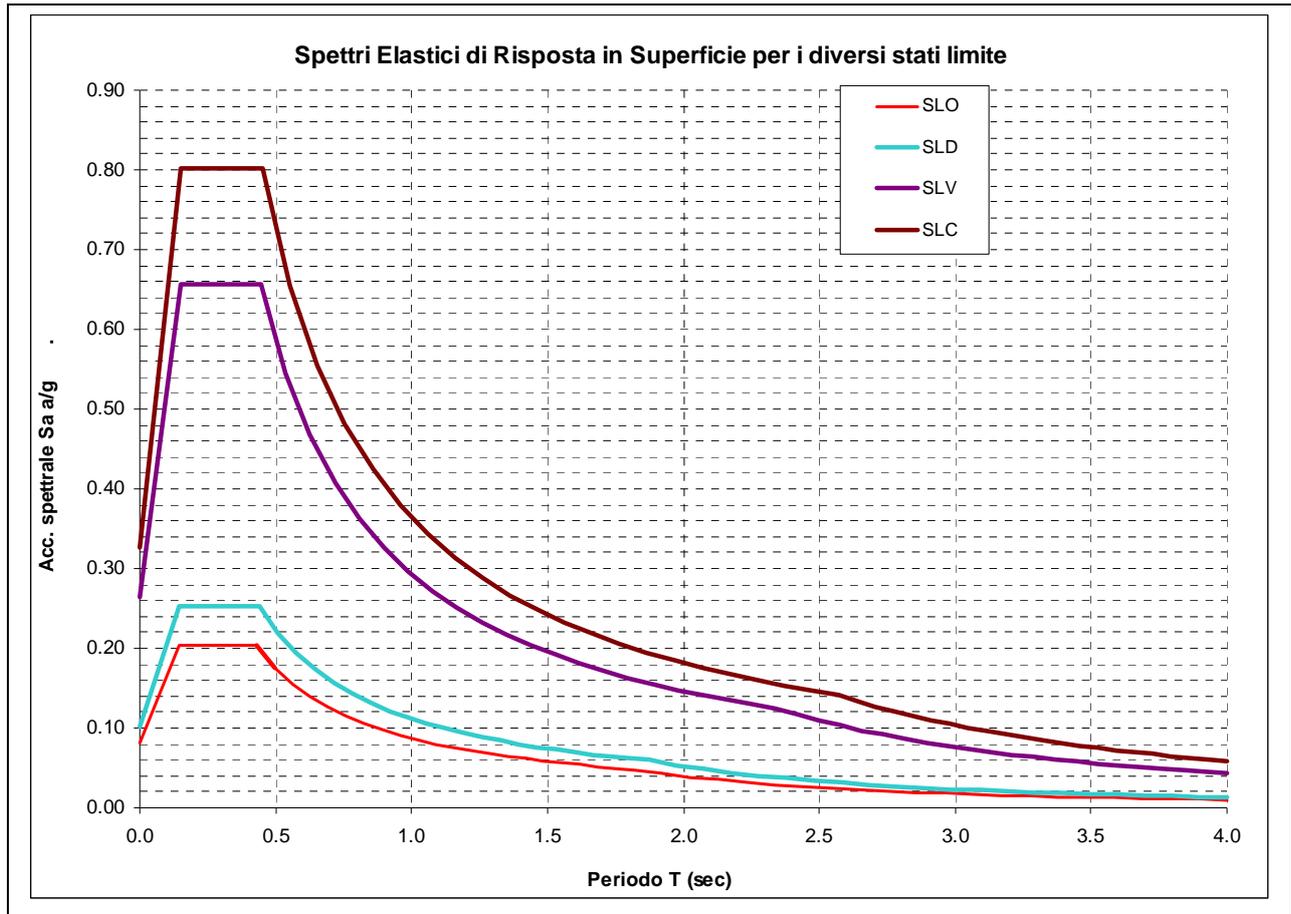
L'area si ubica in una zona pianeggiante, quindi in ottemperanza alle normative regionali e nazionali, il coefficiente di amplificazione topografico corrisponde a:

$$S_T = 1,0 \text{ (categoria T1)}$$

Fattore di amplificazione stratigrafico - D.M. 17-01-2018

Sulla base delle indicazioni contenute delle NTC di cui al D.M. 17/01/18, per l'area in esame, considerando strutture di classe III (vita nominale $V_n = 50$ anni, coefficiente d'uso $C_u = 1,5$: $V_r = 75$ anni), risultano, in funzione dei diversi stati limite considerati, i seguenti valori di amplificazione in superficie per la costruzione dei relativi spettri elastici di progetto in superficie (categoria suolo C – Fattore di amplificazione topografico 1,0):

STATO LIMITE	T_R (anni)	S (-)	C_c (-)
SLO	45	1,5	1,632
SLD	75	1,5	1,610
SLV	712	1,424	1,600
SLC	1462	1,342	1,588



dove:

SLO = Stato limite di operatività; Pvr = 81%; SLD = Stato limite di danno; Pvr = 63%

SLV = Stato limite di salvaguardia della vita; Pvr = 10%

SLC = Stato limite di prevenzione del collasso; Pvr = 5%

T_r = Tempo di ritorno; S = fattore di amplificazione; C_c = coefficiente funzione della categoria di sottosuolo

ANALISI CON METODO APPROFONDITO (TERZO LIVELLO) – MICROZONAZIONE SISMICA**Risposta sismica locale**

Per la determinazione delle azioni sismiche di sito si è proceduto ad un'analisi approfondita (terzo livello di approfondimento RER) e determinazione della RSL utilizzando un modello di calcolo monodimensionale multistrato continuo, nel quale ogni sismostrato è considerato omogeneo ed isotropo con comportamento viscoelastico – lineare.

Il codice di calcolo 1D adottato: *Strata* (Kottke A. & Rathje M.R., 2010), simula la propagazione in direzione verticale delle onde sismiche di taglio SH, che si irradiano da un substrato sismico orizzontale deformabile ed attraversano livelli litologici stratificati orizzontalmente ed a spessore costante, sino al raggiungimento della superficie.

I dati di ingresso richiesti dal sopraddetto codice di calcolo sono: numero degli strati, spessore, densità, modulo di taglio massimo iniziale (G_0), rapporto di smorzamento iniziale (D_0), legge di variazione normalizzata del modulo di taglio e del rapporto di smorzamento in funzione della deformazione di taglio, profondità del bedrock sismico e sue proprietà elastiche, accelerogrammi di riferimento.

Le valutazioni sono state eseguite in condizioni di assenza di manufatti (*free field*), ed i suddetti accelerogrammi sono stati scalati al valore di accelerazione massima corrispondente a quella di riferimento (Classe d'uso III – DM. 2018) che per l'area in analisi corrispondono a:

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)
SLD	75	0.068
SLV	712	0.185

La definizione degli input sismici utilizzati per le simulazioni di scuotimento in superficie è stata effettuata confrontando lo spettro di risposta degli accelerogrammi selezionati opportunamente scalati, con quella dello spettro a probabilità uniforme determinato secondo le indicazioni della D.G.R. 2193 21/12/2015, avendo cura di ottenere una congruenza rientrante nella forma normalizzata \pm la deviazione standard. Tale procedura ha portato alla selezione di 11 accelerogrammi di input, tre dei quali presenti nella banca dati approntata dalla Regione Emilia Romagna, disponibili al sito internet <http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/sismica.htm> (accelerogrammi 46, 126, 354), due ottenuti da selezione nel database internazionale

“European strong-motion database” <http://www.isesd.hi.is/> (accelerogrammi 946, 1241) e sei derivati dalla definizione di accelerogrammi di riferimento per l’argine destro del Po redatti da A. Marcellini, D. Albarello, D. Gerosa (accelerogrammi 55, 368,4675, 6239, 6275, 7059) messi a disposizione dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna, per gli studi di microzonazione dei comuni di Bagnolo In Piano, Correggio, San Martino In Rio, Rio Saliceto, Campogalliano.

Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica

La definizione dell’amplificazione del moto sismico tra bedrock sismico e superficie è stata effettuata sia con la determinazione del rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) che mediante la determinazione dell’intensità di Housner¹ (o intensità dello spettro di risposta) SI/SI_0 , è definita come:

$$SI = \int_{T_1}^{T_2} PSV(T, \xi) dt$$

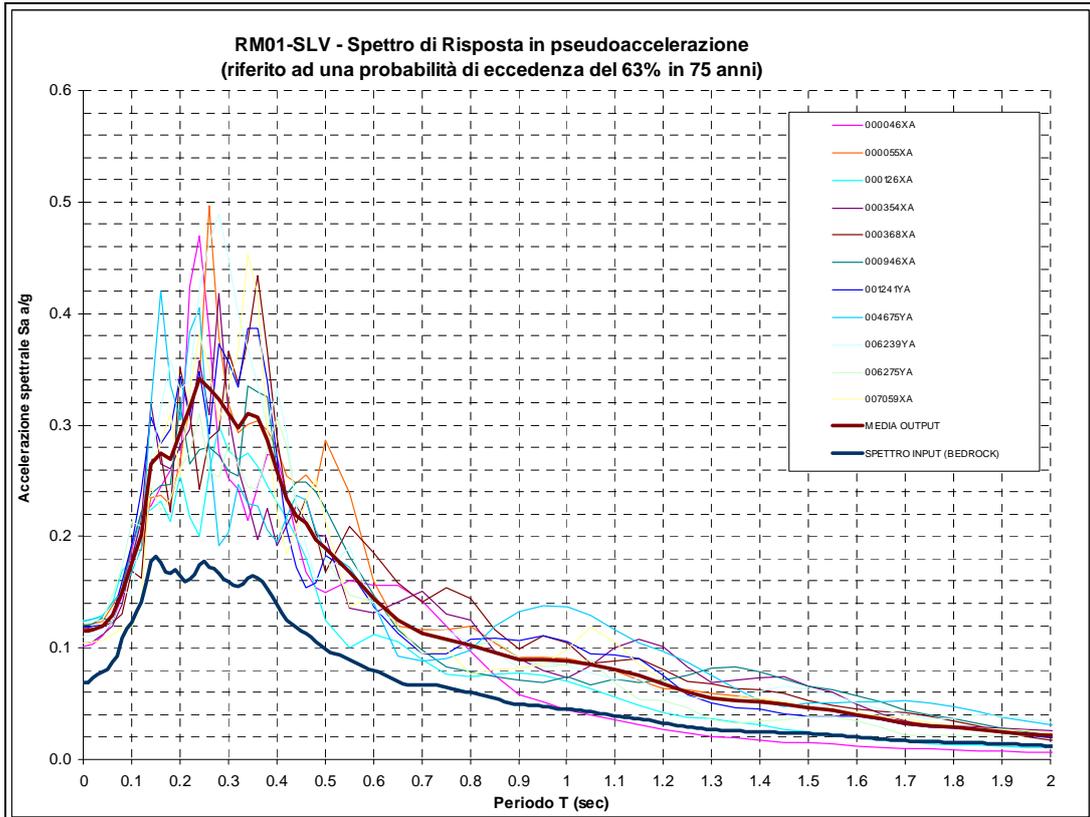
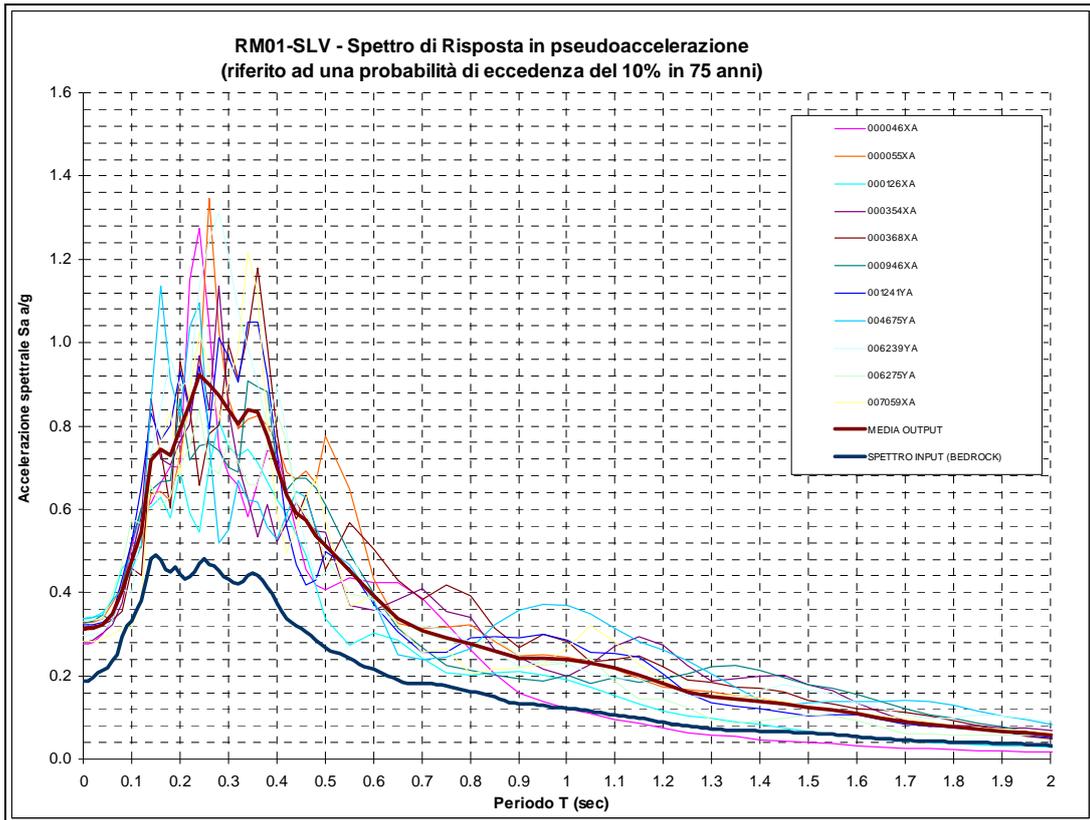
dove PSV è lo spettro di risposta in pseudovelocità, T e ξ sono rispettivamente il periodo e lo smorzamento (considerato come convenzionalmente = 5%).

Dimensionalmente, l’intensità di Housner è uno spostamento (cm).

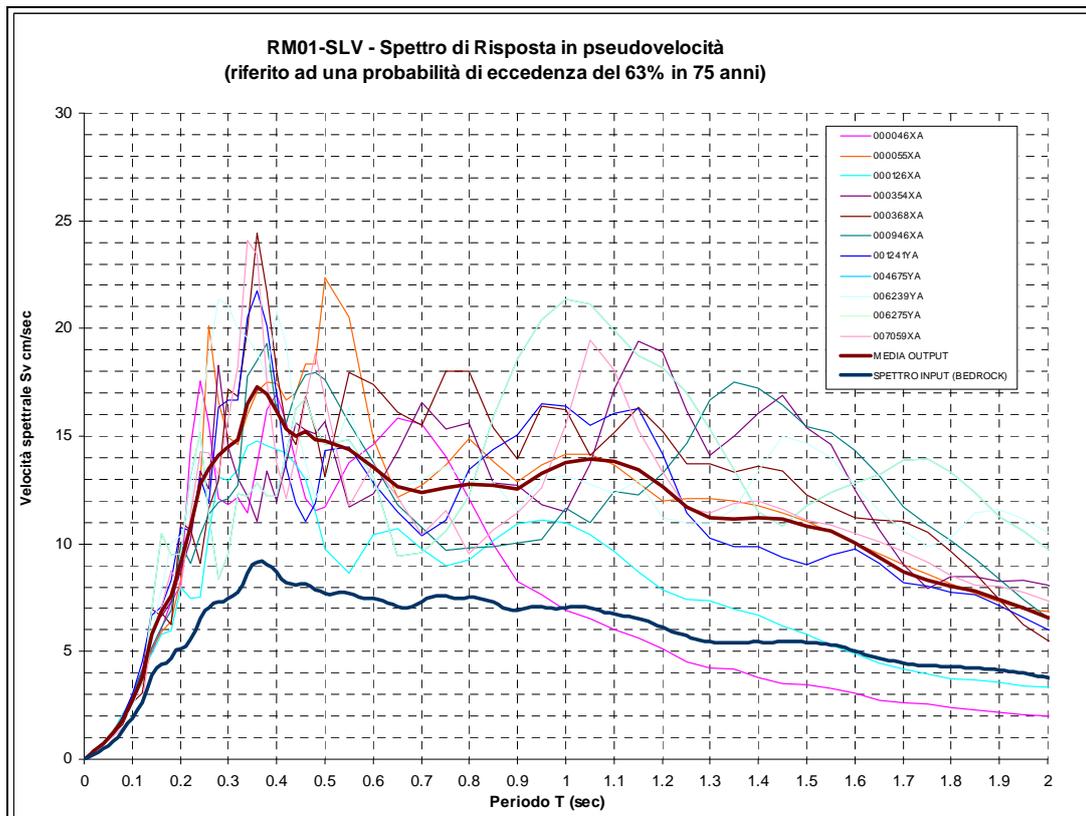
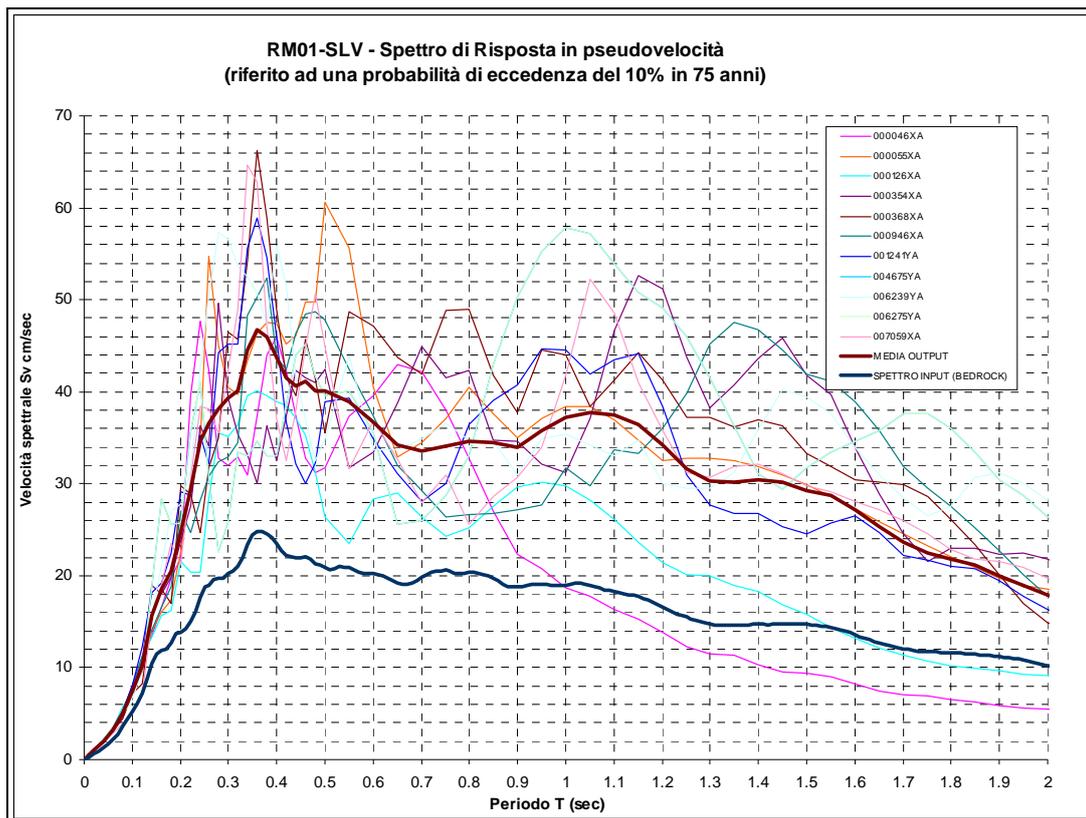
Il parametro risultante evidenzia la severità del moto sismico in correlazione al danno potenziale atteso per effetto dei terremoti in esame.

A titolo esemplificativo si riportano i risultati ottenuti per le simulazioni eseguite per lo SLU–SLV (Pvr 10% in 75 anni) e SLE–SLD: (Pvr 63% in 75 anni)

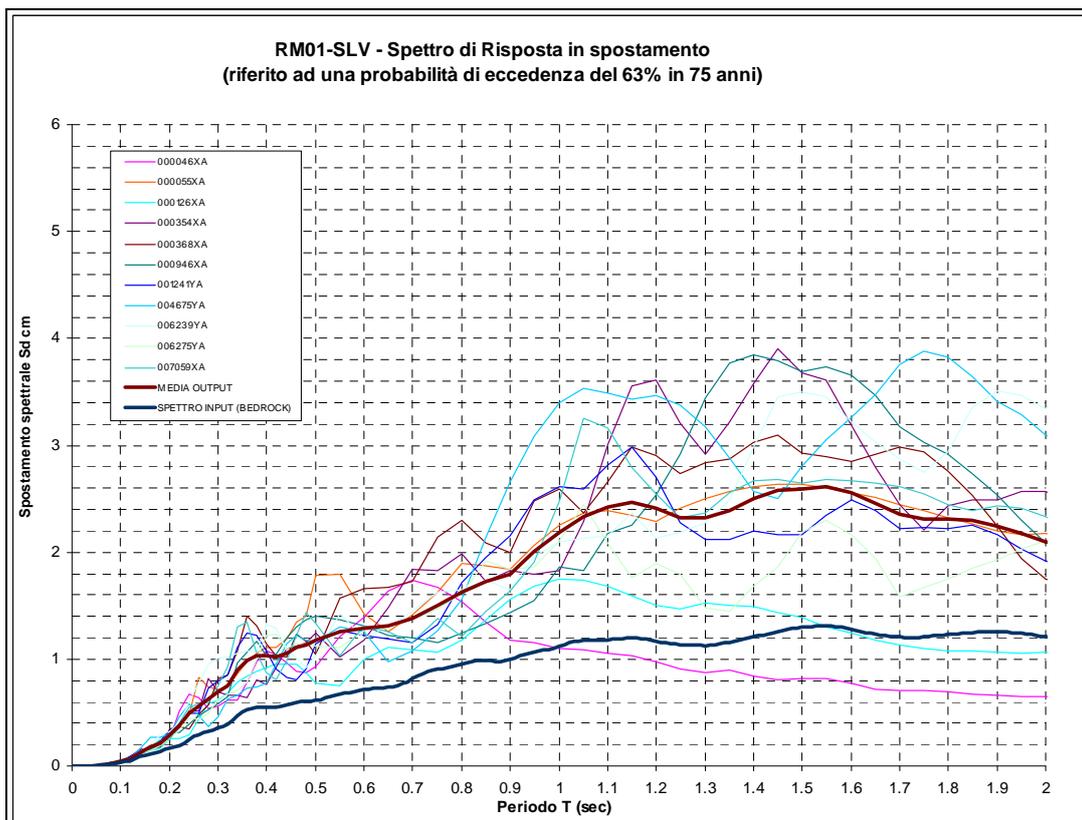
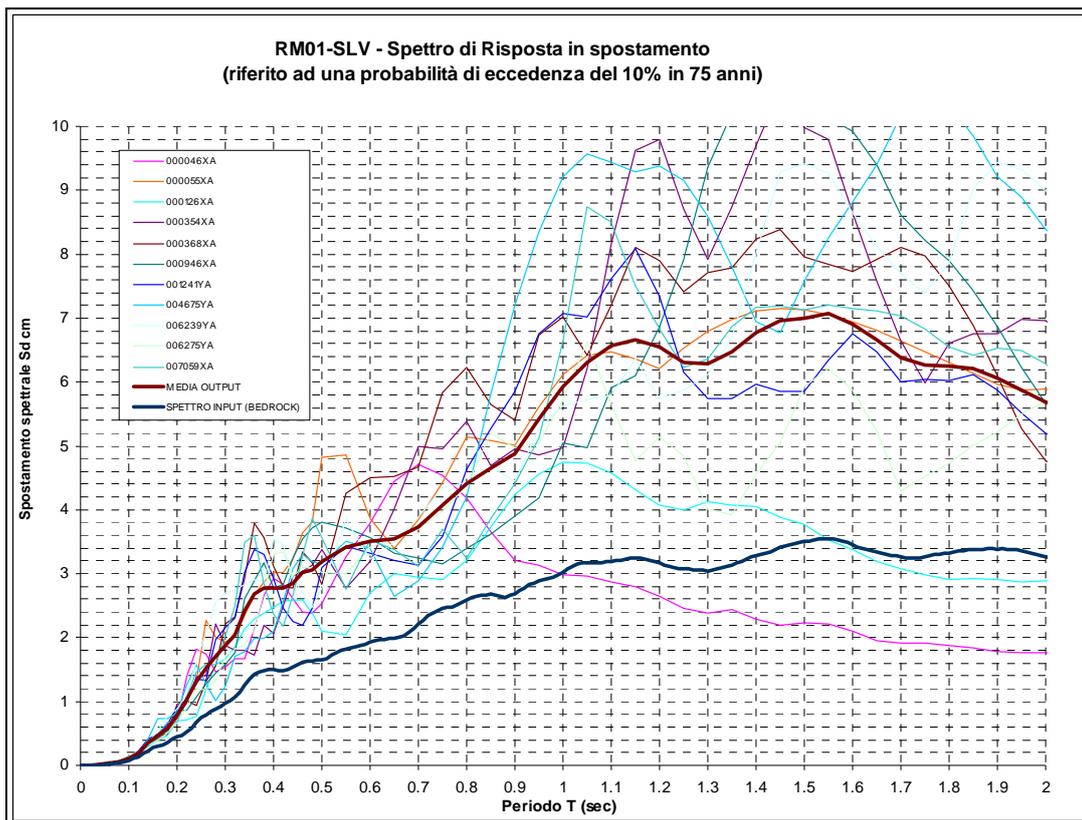
¹ Housner G.W., 1952; Intensity of ground motion during strong earthquakes, California Institute of Technology, August.



Spettri di risposta in superficie in termini di pseudoaccelerazione definito mediando i risultati degli spettri ottenuti applicando gli scuotimenti selezionati alla sismostratigrafia.



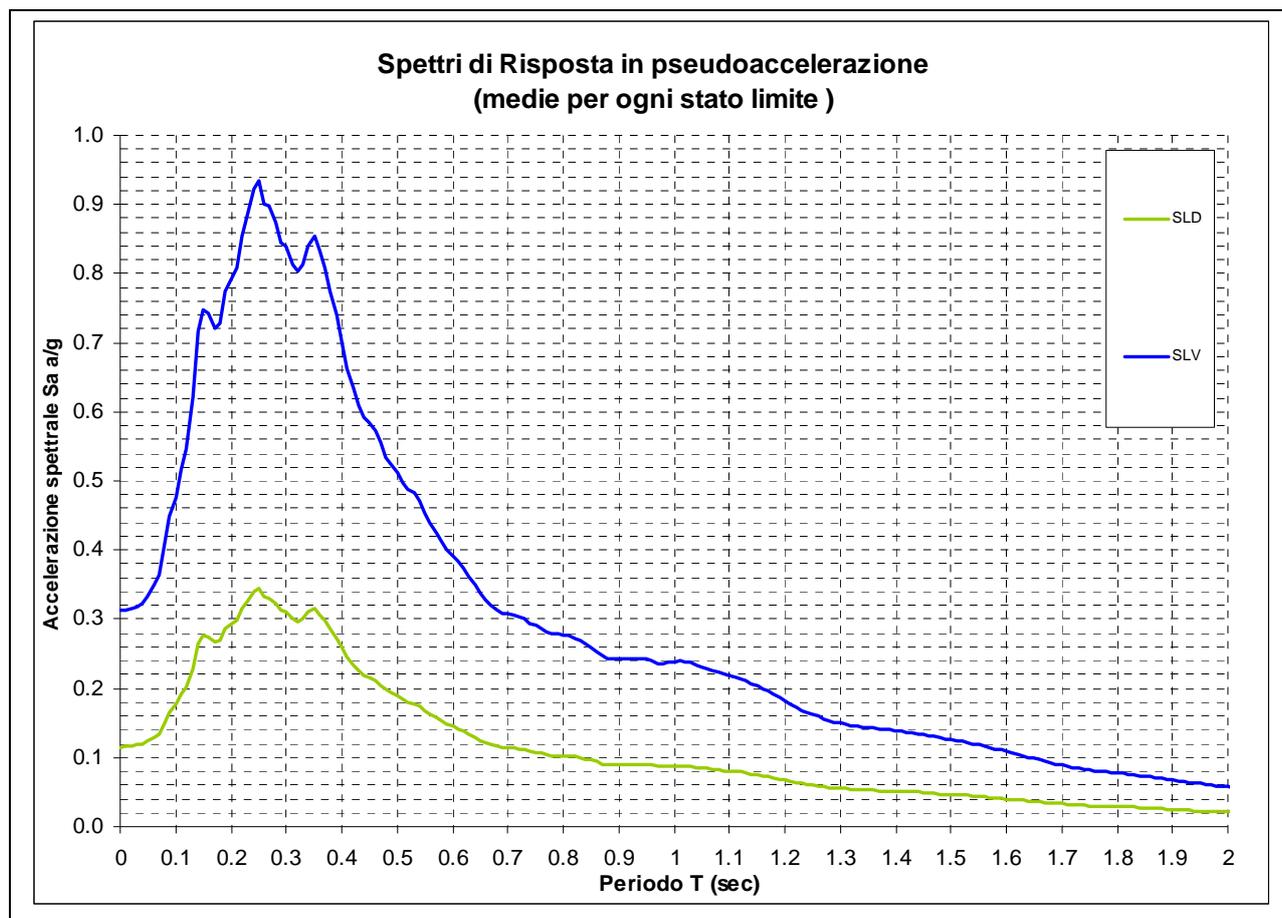
Spettro di risposta in superficie precedentemente visualizzato in termini di pseudovelocità (smorzamento 5%).



Spettro di risposta in superficie in termini di pseudospostamento (smorzamento 5%).

I risultati ottenuti per i vari stati limite sono come di seguito riassunti:

Periodo T (sec)	Sa media (g)	FA	Sa media (g)	FA
	SLD		SLV	
0 (FA PGA)	0.115	1.68	0.313	1.68
0,1 – 0,2	0.25	1.56	0.67	1.56
0,2 – 0,3	0.32	1.93	0.86	1.93
0,3 – 0,4	0.29	1.89	0.80	1.89
0,4 – 0,5	0.22	1.87	0.59	1.87
0,5 – 0,6	0.17	1.87	0.45	1.87
0,6 – 0,7	0.13	1.77	0.35	1.77
0,7 – 0,8	0.11	1.68	0.29	1.68
0,8 – 0,9	0.10	1.75	0.26	1.75
0,9 – 1,0	0.09	1.88	0.24	1.88
1,0 – 1,1	0.08	2.00	0.23	2.00
1,1 – 1,2	0.07	2.06	0.20	2.06
1,2 – 1,3	0.06	2.05	0.16	2.05
1,3 – 1,4	0.05	2.06	0.14	2.06
1,4 – 1,5	0.05	2.04	0.13	2.04
1,5 – 1,6	0.04	1.99	0.12	1.99
1,6 – 1,7	0.04	1.99	0.10	1.99
1,7 – 1,8	0.03	1.92	0.08	1.92
1,8 – 1,9	0.03	1.84	0.07	1.84
1,9 – 2,0	0.02	1.76	0.06	1.76



Spettri di risposta in superficie in pseudoaccelerazione definiti mediando i risultati degli spettri ottenuti applicando gli scuotimenti selezionati alla sismostratigrafia per i vari stati limite.

Normalizzazione degli spettri di risposta elastici ai vari stati limite

Mediante la procedura di regolarizzazione proposta nell'appendice 1 dell'ordinanza n. 55 del 24 Aprile 2018 è possibile trasformare lo spettro di risposta, risultato di simulazioni numeriche di risposta sismica locale, in uno spettro con forma standard (secondo le equazioni 3.2.3 del DM 2018). In particolare, tale procedura fornisce i parametri per l'inserimento dello spettro elastico all'interno di codici di calcolo per l'analisi strutturale finalizzati alla progettazione delle strutture in zona sismica. Tali parametri sono:

S : coefficiente di amplificazione che tiene conto delle condizioni stratigrafiche e delle condizioni topografiche da cui è possibile stimare $a_{\max} = S \cdot a_g$ dove a_{\max} e a_g rappresentano rispettivamente l'accelerazione d'ancoraggio dello spettro di risposta con effetti di sito e l'accelerazione orizzontale massima su suolo di tipo A;

T_B : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

T_C : periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro;

T_D : periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro;

F_0 : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale.

Gli steps della procedura di regolarizzazione sono i seguenti:

- Si determina il periodo proprio (T_A) per il quale è massimo il valore dello spettro di pseudoaccelerazione;
- Si calcola il valore medio dello spettro ($S_{A,m}$) nell'intorno di T_A tra $0,5 T_A$ e $1,5 T_A$; questo valore sarà assunto come valore costante del tratto ad accelerazione costante dello spettro standard:

$$S_{A,m} = \frac{1}{T_A} \int_{0,5T_A}^{1,5T_A} S_A(T) dT$$

- Si individua il periodo (T_V) per il quale è massimo il valore dello spettro di pseudovelocità
- Si calcola il valore medio dello spettro ($S_{V,m}$) nell'intorno di T_V tra $0,8 T_V$ e $1,2 T_V$:

$$S_{V,m} = \frac{1}{0,4T_V} \int_{0,8T_V}^{1,2T_V} SV(T) dT$$

- Si determina il periodo in corrispondenza del quale si incontrano i due rami dello spettro ad accelerazione costante e velocità costante:

$$T_C = 2\pi \frac{S_{V,m}}{S_{A,m}}$$

- Si determina $T_B = \frac{1}{3}T_C$, $T_D = 4.0 \frac{a_g}{g} + 1.6$ ed $S = \frac{a_{\max}}{g}$ con a_{\max} punto di ancoraggio a $T=0$ dello spettro di output. Poiché il valore di a_{\max} non è generalmente fornito nello spettro delle simulazioni numeriche si procede per estrapolazione lineare, secondo la seguente equazione:

$$a_{\max} = \left(\frac{S_e(T=0.01s)}{S_{A,m}} - \frac{0.01}{T_B} \right) \left(\frac{S_{A,m}}{1 - \frac{0.01}{T_B}} \right)$$

con $S_e(T=0.01s)$ ordinata dello spettro di accelerazione per $T=0.01s$, primo valore del periodo nello spettro elastico delle simulazioni numeriche.

Infine, una volta stabilito lo smorzamento di riferimento ξ , le ordinate dello spettro in pseudo-accelerazione vengono ottenute mediante le seguenti relazioni:

$$\begin{aligned} 0 \leq T \leq T_B & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\ T_B \leq T \leq T_C & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\ T_C \leq T \leq T_D & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \left(\frac{T_C}{T} \right) \\ T > T_D & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right) \end{aligned}$$

nelle quali:

- T periodo (sec);
- η fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali diversi dal 5%, mediante la relazione:

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0.55$$

Di seguito sono riportati gli spettri di risposta normalizzati ai vari stati limite ottenuti dall'analisi di RSL.

- Stato Limite di Danno (SLD)

Parametri indipendenti:

Cat. Suolo: C

$a/g = 0,068$

$F_0 = 2,483$

$T_c^* = 0,274$

Parametri spettro regolarizzato:

$F_0 = 3,07$

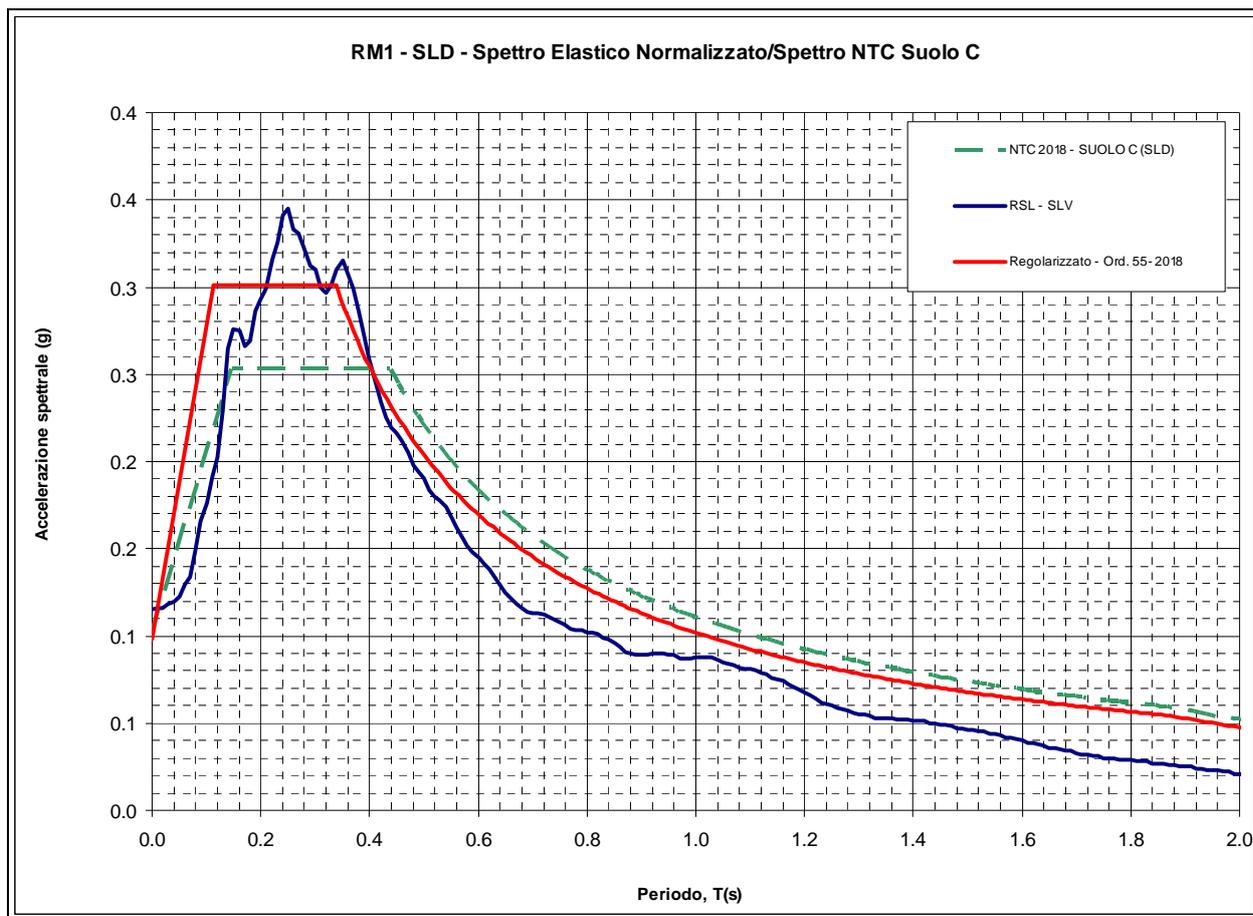
$S = 1,44$

$T_B = 0,11$

$T_C = 0,34$

$T_D = 1,87$

$a_{max} = 0,098$



Spettro di risposta regolarizzato secondo i parametri Ordinanza 55-2018 e Spettro NTC di cui al DM2018.

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)

Parametri spettro regolarizzato:

Parametri indipendenti:

Cat. Suolo: C

$a/g = 0,185$

$F_0 = 2,489$

$T_c^* = 0,279$

$F_0 = 3,08$

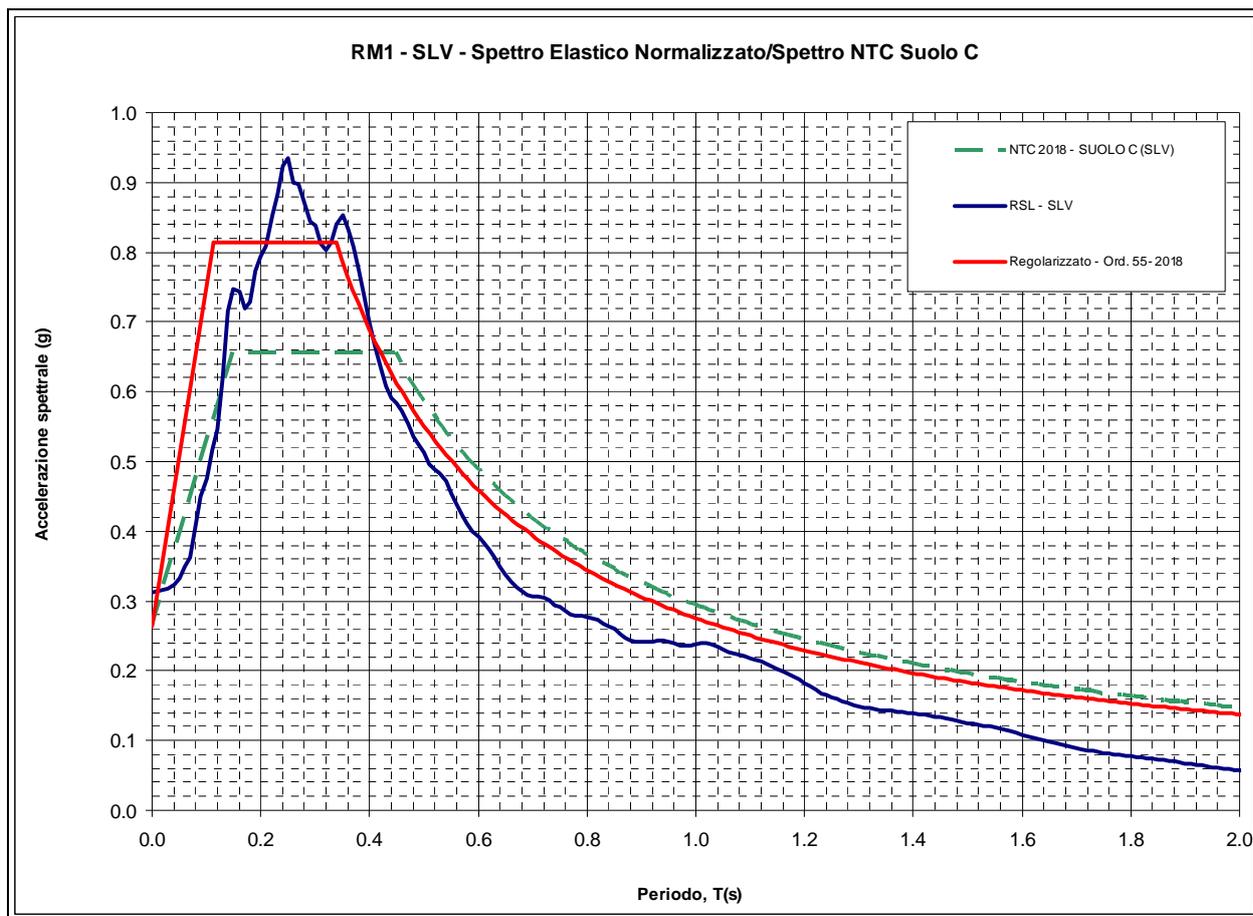
$S = 1,43$

$T_B = 0,11$

$T_C = 0,34$

$T_D = 2,34$

$a_{max} = 0,264$



Spettro di risposta regolarizzato secondo i parametri Ordinanza 55-2018 e Spettro NTC di cui al DM2018.



Geol. **GIAN PIETRO MAZZETTI**

Gian Pietro Mazzetti