

## K+#\$ **Introduzione**

Il programma genera accelerogrammi compatibili con assegnati spettri di risposta essendo interfacciato con il codice di calcolo SIMQKE-1 (SIMulation of earthQuaKE ground motions):

<http://nisee.berkeley.edu/software/simqke1/>

I dati degli spettri di risposta e degli accelerogrammi possono essere eportati in files di testo o copiati in Excel.

Il programma calcola automaticamente gli spettri di risposta secondo le indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14-1-2008), nel seguito abbreviate in **NTC**, e dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 (OPCM 3274), nel seguito abbreviata in **OPCM**.

E' possibile inoltre importare uno spettro generico da un file di testo.

I dati per il tracciamento dello spettro di risposta vengono salvati automaticamente, quando si chiude il programma, nel file Simqke.ini. All'apertura del programma viene quindi riproposto l'ultimo spettro utilizzato.

## K+#\$ **Menu**

### Menu *File*:

- *Open*: apre un file con i dati per il tracciamento dello spettro.
- *Save*: salva i dati per il tracciamento dello spettro senza chiedere conferma nel caso di riscrittura del file.
- *Save as...*: salva i dati per il tracciamento dello spettro chiedendo conferma nel caso di riscrittura del file.
- *Copy in clipboard*: copia i dati del grafico negli appunti di Windows per incollarli in un'altra applicazione (se si usa "Incolla Speciale" si può scegliere se incollare i dati o l'immagine del grafico).
- *Print*: stampa il form.
- *Import spectrum data*: permette di importare uno spettro di risposta generico da un file di testo. Per default viene proposta per il file l'estensione srf. Nel file le prime due righe contengono il titolo ed un commento; le righe successive contengono il valore del periodo e il valore spettrale, separati da spazi o da tab. **Il separatore decimale deve essere il punto**; non è ammesso alcun separatore delle migliaia. Per ottenere un file di esempio provare ad esportare (pulsante *Export File*) uno spettro di normativa.
- *Exit*: chiude il programma.

Menu *Graph Options*: contiene varie opzioni di visualizzazione del grafico.

## K+#\$ Spettri di risposta (formule)

### NTC

Le formule per il calcolo degli spettri di risposta secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14-1-2008) sono riportate direttamente nel programma premendo il pulsante “Formula”.

### OPCM

Gli spettri di risposta secondo dell’OPCM 3274 sono calcolati con le seguenti formule:

#### Spettro di risposta elastico.

- Componente orizzontale:

$$\begin{aligned} 0 \leq T < T_B & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left( 1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2,5 - 1) \right) \\ T_B \leq T < T_C & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \\ T_C \leq T < T_D & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left( \frac{T_C}{T} \right) \\ T_D \leq T & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right) \end{aligned} \quad (3.2)$$

- Componente verticale:

$$\begin{aligned} 0 \leq T < T_B & S_{ve}(T) = 0,9 a_g \cdot S \cdot \left( 1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 3,0 - 1) \right) \\ T_B \leq T < T_C & S_{ve}(T) = 0,9 a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 3,0 \\ T_C \leq T < T_D & S_{ve}(T) = 0,9 a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 3,0 \left( \frac{T_C}{T} \right) \\ T_D \leq T & S_{ve}(T) = 0,9 a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 3,0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right) \end{aligned} \quad (3.4)$$

#### Spettri di progetto per lo stato limite ultimo (SLU)

- Componente orizzontale (formule visualizzate nel programma premendo il pulsante “Formula”):

---

<sup>K</sup> Spettri di risposta; formule

<sup>+</sup> auto

<sup>#</sup> SIM\_020

<sup>\$</sup> Spettri di risposta (formule)

$$\begin{aligned}
0 \leq T < T_B & S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[ 1 + \frac{T}{T_B} \cdot \left( \frac{2,5}{q} - 1 \right) \right] \\
T_B \leq T < T_C & S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \\
T_C \leq T < T_D & S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
T_D \leq T & S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)
\end{aligned} \tag{3.7}$$

- Componente verticale:

$$\begin{aligned}
0 \leq T < T_B & S_{vd}(T) = 0,9 \cdot a_g \cdot S \cdot \left[ 1 + \frac{T}{T_B} \cdot \left( \frac{3,0}{q} - 1 \right) \right] \\
T_B \leq T < T_C & S_{vd}(T) = 0,9 \cdot a_g \cdot S \cdot \frac{3,0}{q} \\
T_C \leq T < T_D & S_{vd}(T) = 0,9 \cdot a_g \cdot S \cdot \frac{3,0}{q} \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
T_D \leq T & S_{vd}(T) = 0,9 \cdot a_g \cdot S \cdot \frac{3,0}{q} \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)
\end{aligned} \tag{3.8}$$

### Spettri di progetto per lo stato limite di danno (SLD)

Lo spettro di progetto da adottare per la limitazione dei danni è ottenuto riducendo lo spettro elastico secondo un fattore pari a 2,5.

### Spostamento e velocità del terreno

I valori dello spostamento orizzontale  $d_g$  e della velocità orizzontale  $v_g$  massimi del terreno sono dati dalle seguenti espressioni:

$$\begin{aligned}
d_g &= 0,025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D \\
v_g &= 0,16 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C
\end{aligned}$$

## K+#\$ Spettri di risposta NTC (calcolo)

Selezionare la normativa NTC 2008. Cliccare su “Ricerca sito”.

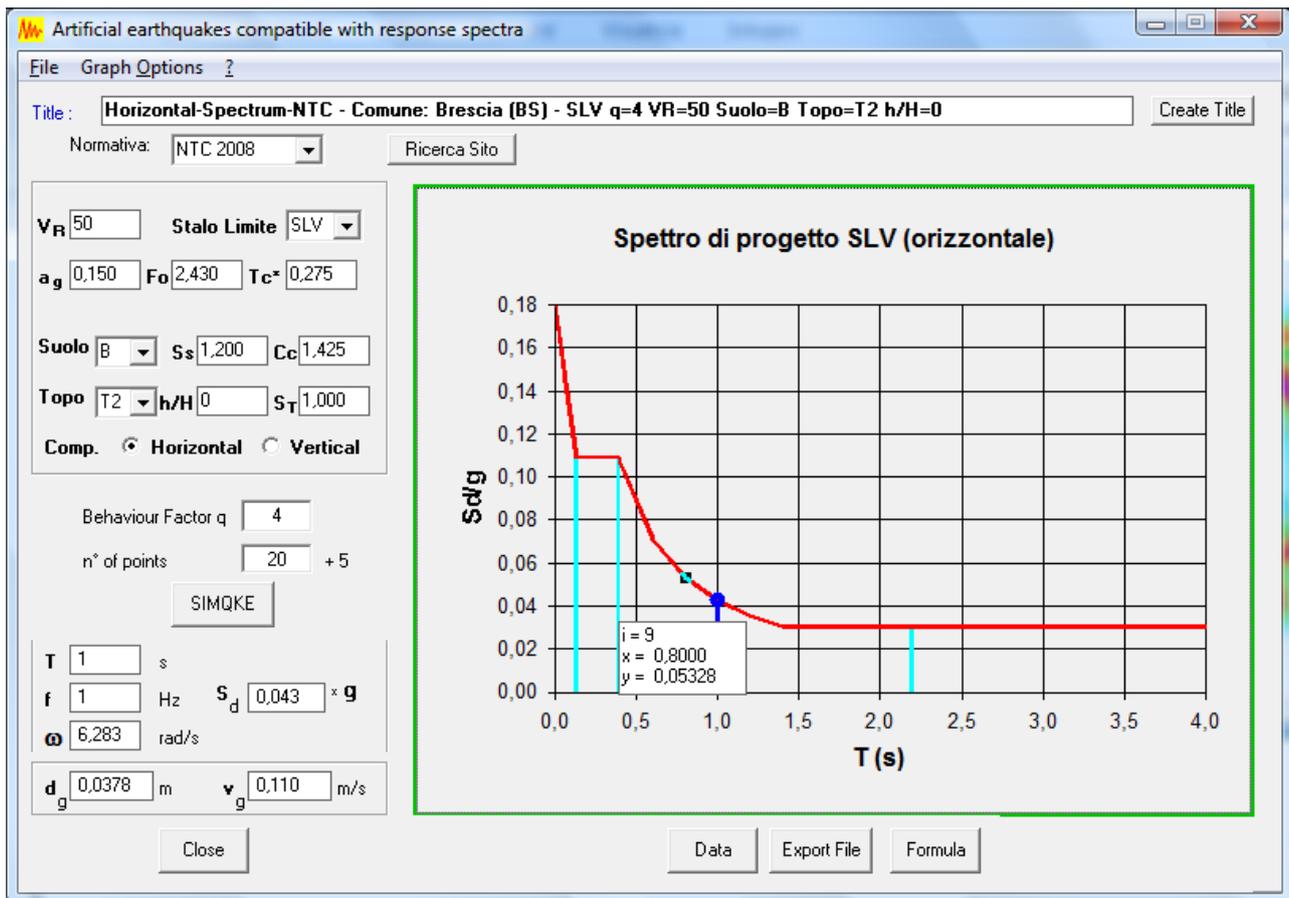
La ricerca dei parametri sismici può essere condotta, analogamente al foglio excel “Spettri-NTCver.1.0.3.xls” fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, per coordinate o per comune. Nella ricerca per comune vengono usate le coordinate Istat. I parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  vengono calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del *reticolo di riferimento* contenente il punto in esame (NTC Allegato A, eq. [3]).

TR	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$
30	0,040	2,481	0,213
50	0,054	2,461	0,234
72	0,065	2,470	0,251
101	0,077	2,443	0,258
140	0,090	2,416	0,261
201	0,105	2,422	0,266
475	0,150	2,430	0,275
975	0,195	2,441	0,281
2475	0,270	2,424	0,292

Cliccare su “OK”.

---

<sup>K</sup> Spettri di risposta NTC  
<sup>+</sup> auto  
<sup>#</sup> SIM\_025  
<sup>\$</sup> Spettri di risposta NTC



Inserire il Periodo di Riferimento  $V_R$  (in anni) e scegliere lo Stato Limite da verificare. Vengono visualizzati i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_{c^*}$  corrispondenti.

Scegliere la Categoria di Sottosuolo: vengono aggiornati i parametri  $S_s$  (coefficiente di amplificazione stratigrafica da Tab. 3.2.V) e  $C_c$  (coefficiente funzione della categoria di sottosuolo da Tab. 3.2.V)

Scegliere la Categoria Topografica ed inserire il valore  $h/H$ , variabile fra 0 e 1 ( $h$ =quota sito,  $H$ =altezza rilievo topografico): viene aggiornato il parametro  $S_T$  (coefficiente di amplificazione topografica da Tab. 3.2.VI).

Scegliere fra componente orizzontale o verticale.

Inserire il fattore di struttura  $q$ .

Eventualmente modificare il numero di punti dello spettro.

Lo spettro di risposta viene aggiornato automaticamente ad ogni variazione dei parametri scelti.

Le linee color ciano sono tracciate in corrispondenza ai valori  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$ .

Nel riquadro in basso è indicato il valore spettrale  $S$  corrispondente al periodo  $T$ . Si può impostare il periodo  $T$  oppure la frequenza  $f$  oppure la pulsazione  $\omega$ . Sul grafico la linea blu indica il periodo scelto.

Sono inoltre riportati i valori massimi dello spostamento del terreno  $d_g$  e della velocità del terreno  $v_g$ .

*Data* visualizza i valori numerici.

*Export File* esporta i dati in un file di testo.

*Formula* visualizza le formule che definiscono lo spettro.

Cliccare su *Create Title* per creare automaticamente il titolo che può essere successivamente editato.

## K+#\$ Spettri di risposta OPCM (calcolo)

Selezionare la normativa OPCM 3274.

Lo spettro di risposta viene aggiornato automaticamente in base ai parametri scelti.

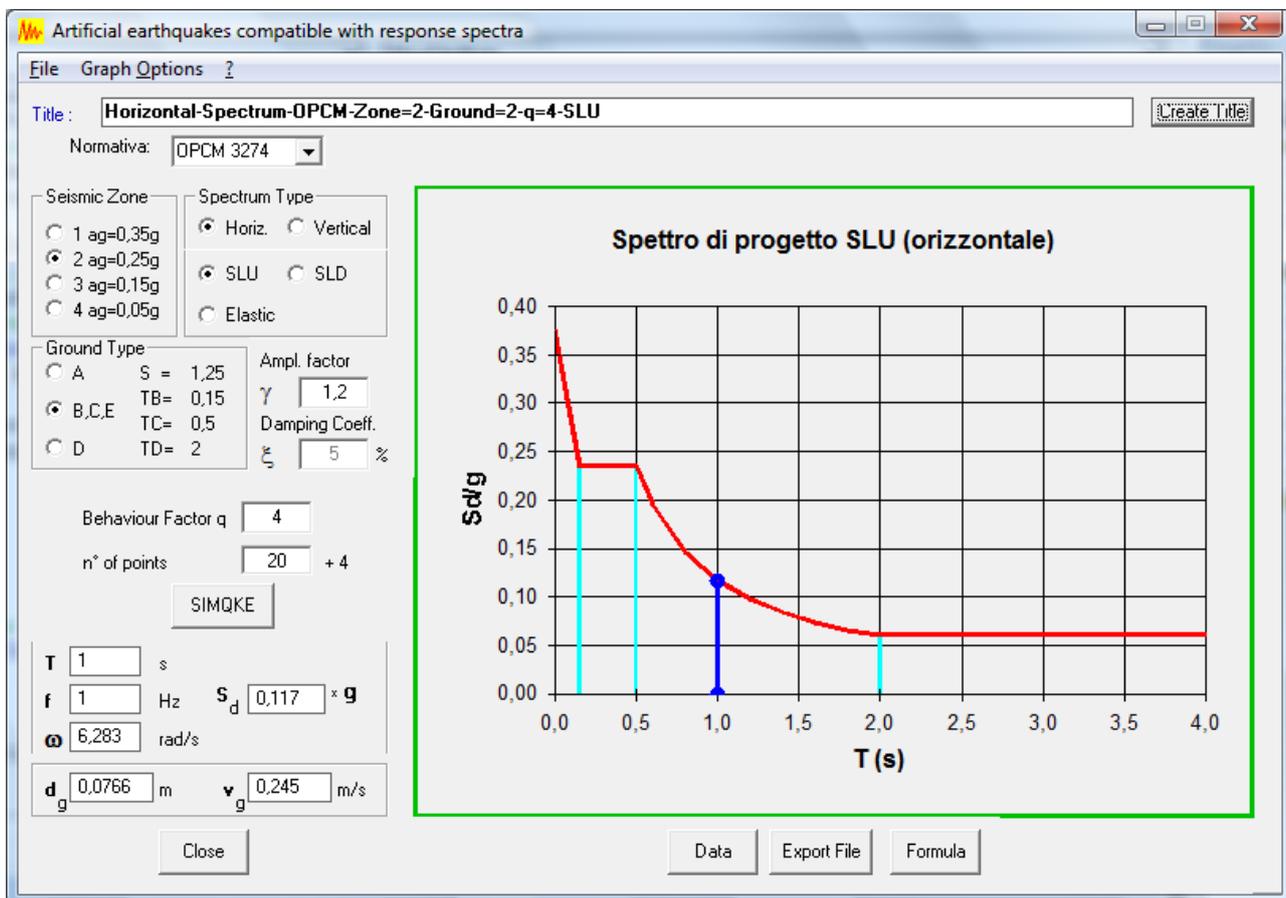


Fig. 1

In Fig. 1 è diagrammato lo spettro di risposta allo stato limite ultimo con le seguenti caratteristiche:

- *Seismic Zone* (zona sismica) 2  $a_g=0,25g$
- *Spectrum Type Horiz.* (componente orizzontale); *SLU* (Stato Limite Ultimo)
- *Ground Type* (categoria suolo) B,C,E
- *Ampl. factor* (fattore di amplificazione)  $\gamma=1,2$
- *Damping Coeff.* (coefficiente di smorzamento viscoso)  $\xi=5\%$
- *Behaviour Factor q* (fattore di struttura) =4
- *n° of points* (numero di punti che definiscono la curva) =20

Il fattore di amplificazione  $\gamma$  comprende il fattore di importanza ed altri fattori amplificativi da applicare per tener conto ad esempio dell'eccentricità aggiuntiva in analisi semplificate su telai piani.

K Spettri di risposta OPCM;calcolo

+ auto

# SIM\_030

\$ Spettri di risposta OPCM

Il coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$  viene impostato automaticamente sul 5% per gli spettri di progetto SLU e SLD.

I risultati vengono aggiornati automaticamente ad ogni cambiamento di parametri.

Nel riquadro in basso è indicato il valore spettrale  $S$  corrispondente al periodo  $T$ . Si può impostare il periodo  $T$  oppure la frequenza  $f$  oppure la pulsazione  $\omega$ . Sul grafico la linea blu indica il periodo scelto.

Sono inoltre riportati i valori massimi dello spostamento del terreno  $d_g$  e della velocità del terreno  $v_g$ .

Le linee color ciano sono tracciate in corrispondenza ai valori  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$ .

*Data* visualizza i valori numerici.

*Export File* esporta i dati in un file di testo.

*Formula* visualizza le formule che definiscono lo spettro.

Cliccare su *Create Title* per creare automaticamente il titolo che può essere successivamente editato.

## K+#\$ **Importazione di uno spettro generico**

Nel caso di spettro di risposta importato, viene indicato il numero di punti della curva (Fig. 2). Il pulsante *SIMQKE* permette di accedere alla schermata per la generazione degli accelerogrammi artificiali, mentre il pulsante *Exit Imported Spectrum* ripristina la schermata con lo spettro di risposta di normativa.

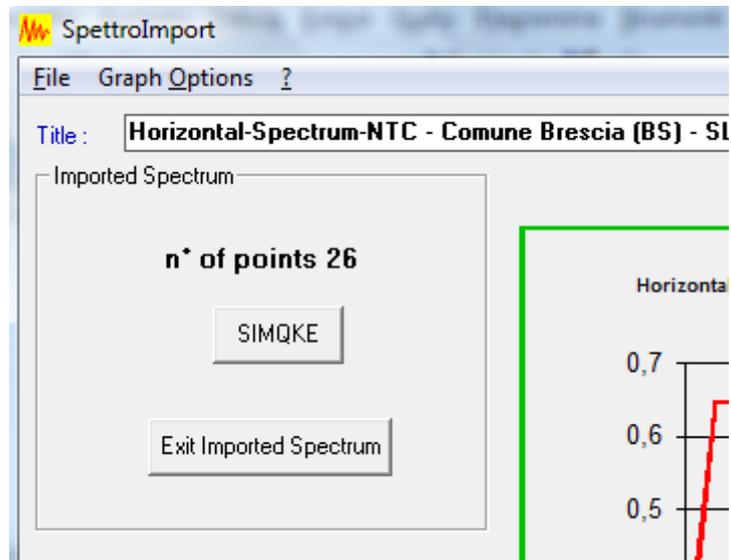


Fig. 2

---

<sup>K</sup> Importazione spettro  
<sup>+</sup> auto  
<sup>#</sup> SIM\_035  
<sup>\$</sup> Importazione spettro

## K+#\$ **Accelerogrammi artificiali**

Premendo il pulsante *SIMQKE* si accede al riquadro con i dati di input per la generazione degli accelerogrammi artificiali (Fig. 3).

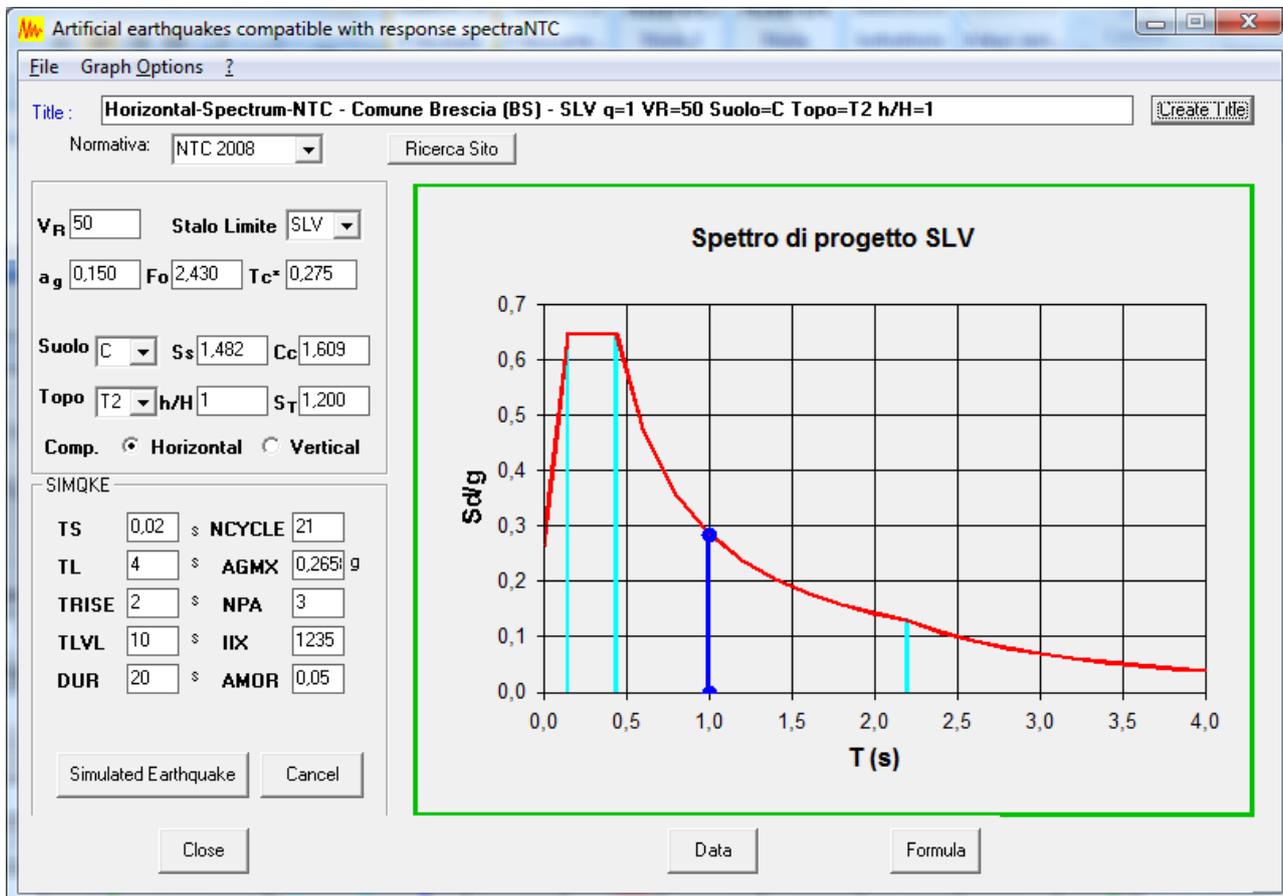


Fig. 3

I dati di input sono indicati con i simboli riportati nel manuale del programma SIMQKE:

- *TS*: Smallest period of desired response spectrum (valore inferiore dello spettro di risposta desiderato)
- *TL*: Largest period of desired response spectrum (valore superiore dello spettro di risposta desiderato)
- *TRISE*: Start of the stationary part of the accelerogram (inizio della parte stazionaria dell'accelerogramma)
- *TLVL*: Duration of the stationary part (min 10 s) (durata della parte stazionaria, min 10 s secondo NTC §3.2.3.6 e OPCM 3274)
- *DUR*: Total duration (durata totale dell'accelerogramma)
- *NCYCLE*: Number of cycles to smoothen the response spectrum (numero di iterazioni per meglio regolarizzare lo spettro di risposta)

---

K Accelerogrammi artificiali

+ auto

# SIM\_040

\$ Accelerogrammi artificiali

- *AGMX*: Maximum ground acceleration (g) (accelerazione massima del terreno: viene impostata automaticamente)
- *NPA*: Number of artificial earthquakes (numero di accelerogrammi statisticamente indipendenti da generare)
- *IIX*: Arbitrary odd integer (numero intero dispari che serve per iniziare la generazione casuale degli accelerogrammi)
- *AMOR*: Damping coefficient (coefficiente di smorzamento viscoso)

Secondo le NTC 2008 §3.2.3.6:

- 'la durata della parte pseudo-stazionaria degli accelerogrammi deve essere almeno pari a 10 s'. Quindi ***TLVL* >= 10**
- 'il numero di accelerogrammi o, per analisi spaziali, di gruppi di accelerogrammi deve essere almeno pari a 3.' Quindi ***NPA* >= 3**
- 'l'ordinata spettrale media non dovrà presentare uno scarto in difetto superiore al 10%, rispetto alla corrispondente dello spettro elastico, in alcun punto del maggiore tra gli intervalli  $0,15s \div 2,0s$  e  $0,15s \div 2T$ , in cui T è il periodo fondamentale di vibrazione della struttura in campo elastico, per le verifiche agli stati limite ultimi, e  $0,15 s \div 1,5 T$ , per le verifiche agli stati limite di esercizio.' Quindi ***TS* < 0,15 e *TL* > 2,0 s o 2T ma <= 4 s** (valore massimo nella definizione dello spettro di risposta).

Secondo l'OPCM 3274:

- 'la durata della parte pseudo-stazionaria degli accelerogrammi deve essere almeno pari a 10 s'. Quindi ***TLVL* >= 10**
- 'il numero di accelerogrammi o, per analisi spaziali, di gruppi di accelerogrammi deve essere almeno pari a 3.' Quindi ***NPA* >= 3**
- 'l'ordinata spettrale media non dovrà presentare uno scarto in difetto superiore al 10%, rispetto alla corrispondente dello spettro elastico, in alcun punto dell'intervallo di periodi  $0,15 s \div 2,0 s$  e  $0,15 s \div 2 T$ , in cui T è il periodo fondamentale di vibrazione della struttura in campo elastico'. Quindi ***TS* < 0,15 e *TL* > 2,0 s o 2T ma <= 4 s** (valore massimo nella definizione dello spettro di risposta dell'OPCM).

I valori di default  $TRISE = 2 s$  e  $DUR = 20 s$  sembrano quindi appropriati per generare accelerogrammi secondo le indicazioni della normativa.

Premere il pulsante *Simulated Earthquake* per generare gli accelerogrammi (Fig. 4).

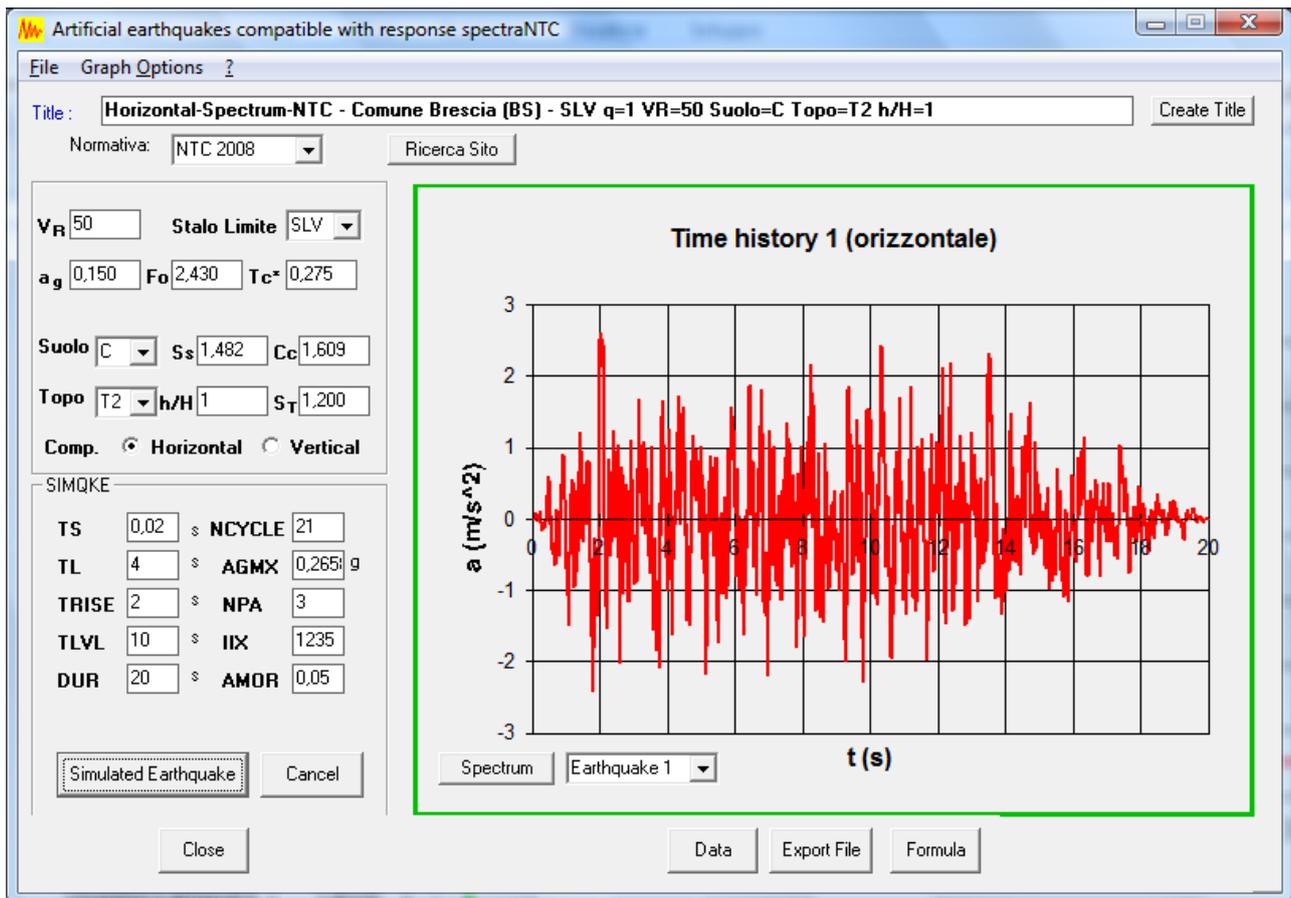


Fig. 4

Premere il pulsante *Spectrum* (Fig. 5) per controllare la compatibilità dell'accelerogramma con lo spettro di risposta.

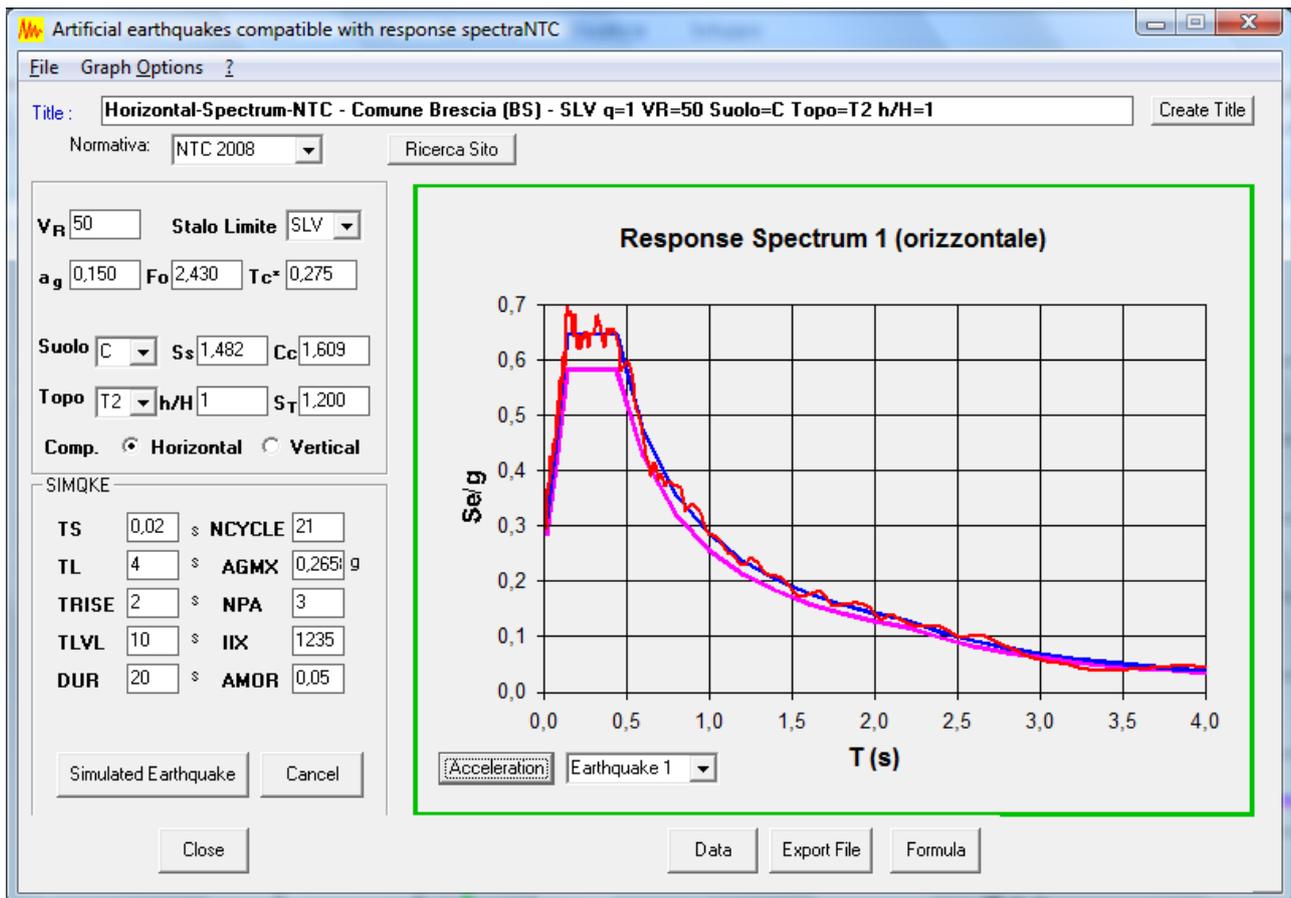


Fig. 5

Lo spettro di risposta (curva rossa) corrispondente all'accelerogramma è sovrapposto allo spettro di risposta di input (curva blu). E' inoltre tracciata la curva (colore magenta) con ordinate pari al 90% di quelle dello spettro elastico. La curva rossa deve giacere al di sopra della curva magenta in tutto l'intervallo di periodi  $0,15 \text{ s} \div 2,0 \text{ s}$  e  $0,15 \text{ s} \div 2 \text{ T}$ .

Visualizzare gli altri accelerogrammi selezionandoli nella casella a discesa *Earthquake*.

Creare un titolo premendo il pulsante *Create Title* o digitandolo direttamente.

Premere il pulsante *Export File* per esportare gli accelerogrammi in files di testo (.txt). Il titolo viene proposto come nome di ciascuno degli NPA files, appendendo in successione (1), (2) ecc.

In questo esempio vengono generati i files:

Horizontal-Spectrum-Zone=2-Ground=2-Artificial earthquake-(1).Txt  
 Horizontal-Spectrum-Zone=2-Ground=2-Artificial earthquake-(2).Txt  
 Horizontal-Spectrum-Zone=2-Ground=2-Artificial earthquake-(3).Txt

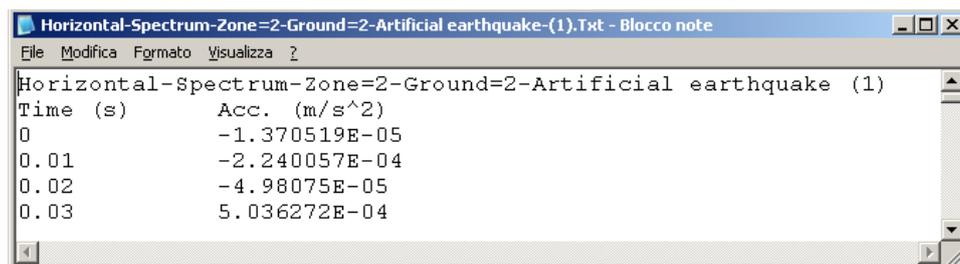


Fig. 6

I files (Fig. 6) contengono nella prima riga il titolo e nella seconda riga la didascalia. Nelle righe successive sono riportati i valori del tempo (ogni 0,01 s) e della corrispondente accelerazione, separati da spazi. Il separatore decimale è il punto.

I files possono essere importati direttamente nel programma Telaio2D per le analisi dinamiche non lineari.

Il file SIMQKE.OUT contiene l'output standard generato dal codice originale del Massachusetts Institute of Technology.