



---

# L'azione sismica



## *Circolare NTC2008 (§C3.2: **Azione sismica**)*

... **L'azione sismica è ora valutata in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido a superficie orizzontale**, riferendosi non ad una zona sismica territorialmente coincidente con più entità amministrative, ad un'unica forma spettrale e ad un periodo di ritorno prefissato ed uguale per tutte le costruzioni, come avveniva in precedenza, bensì **sito per sito e costruzione per costruzione**. Tale approccio dovrebbe condurre in media, sull'intero territorio nazionale, ad una **significativa ottimizzazione dei costi delle costruzioni antisismiche, a parità di sicurezza**.

**La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato.** Nelle NTC, tale **lasso di tempo**, espresso in anni, è denominato "**periodo di riferimento**"  $V_R$  e la **probabilità** è denominata "**probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento**"  $P_{VR}$ .

... Nel caso di costruzioni di notevoli dimensioni, **va considerata l'azione sismica più sfavorevole calcolata sull'intero sito ove sorge la costruzione** e, ove fosse necessario, la variabilità spaziale del moto di cui al § 3.2.5 ...



## NTC2008 (§3.2: **Azione sismica**)

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “**pericolosità sismica di base**” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

### **La pericolosità sismica è definita in termini di:**

- **accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$**  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2);
- **ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione** ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , **con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$** , come definite nel § 3.2.1, **nel periodo di riferimento  $V_R$** , come definito nel § 2.4.
- **accelerogrammi**, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Ai fini della presente normativa **le forme spettrali sono definite**, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , **a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:**

$a_g$  **accelerazione orizzontale massima al sito;**

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

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

In allegato alla norma, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_c$  necessari per la determinazione delle azioni sismiche.



## NTC2008 (Allegato B alle norme tecniche per le costruzioni: tabelle dei parametri che definiscono l'azione sismica)

... vengono forniti, per **10751 punti del reticolo di riferimento** e per **9 valori del periodo di ritorno  $T_R$**  (30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni), **i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T^*_c$**  da utilizzare per definire l'azione sismica nei modi previsti dalle NTC.

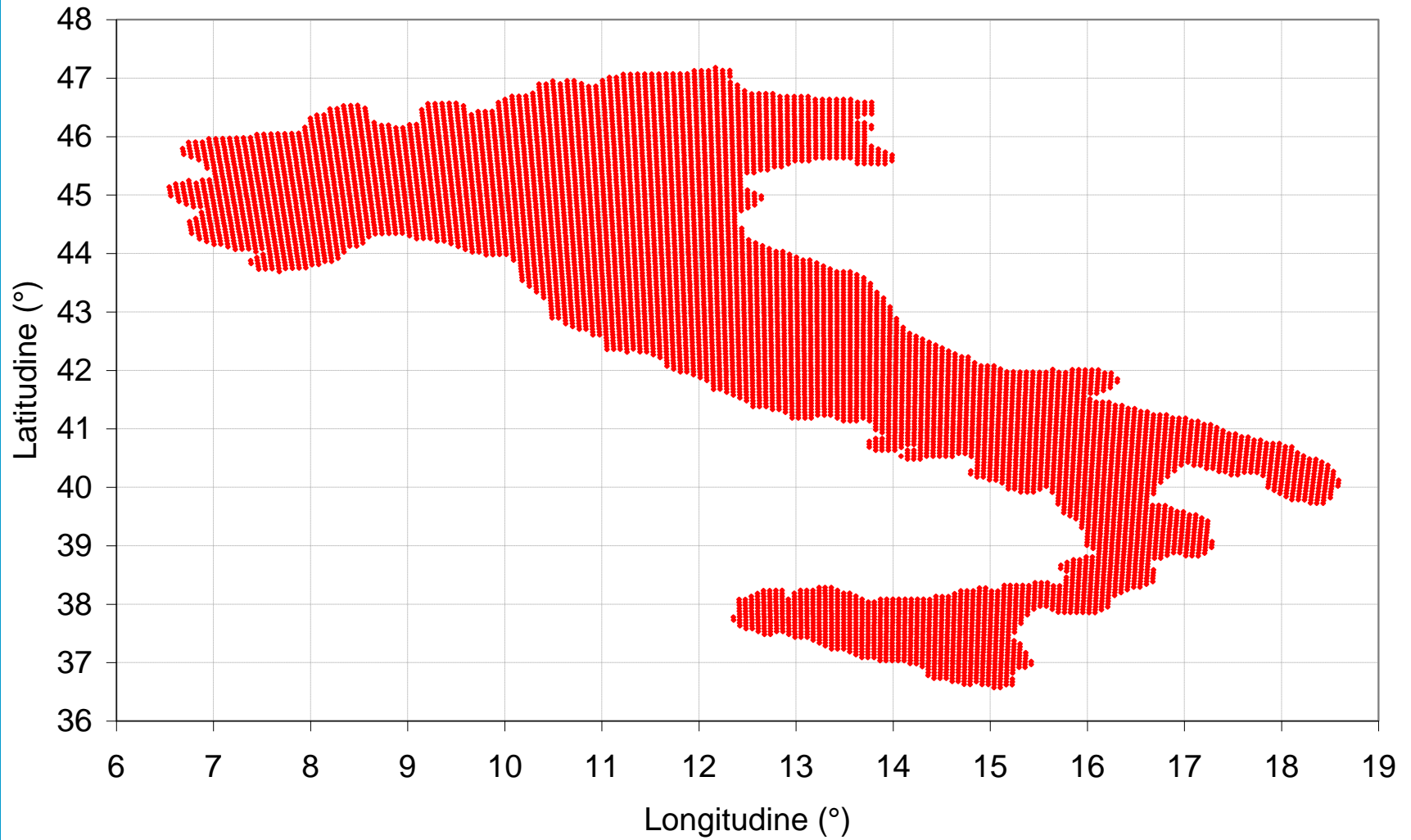
I punti del reticolo di riferimento sono **definiti in termini di Latitudine e Longitudine** ed ordinati a Latitudine e Longitudine crescenti, facendo variare prima la Longitudine e poi la Latitudine ...

| ID    | LON    | LAT    | $T_R=30$ |       |         | $T_R=50$ |       |         | $T_R=72$ |       |         | $T_R=101$ |       |         | $T_R=140$ |       |         | $T_R=201$ |       |         | $T_R=475$ |       |         | $T_R=975$ |       |         | $T_R=2475$ |       |         |
|-------|--------|--------|----------|-------|---------|----------|-------|---------|----------|-------|---------|-----------|-------|---------|-----------|-------|---------|-----------|-------|---------|-----------|-------|---------|-----------|-------|---------|------------|-------|---------|
|       |        |        | $a_g$    | $F_o$ | $T^*_c$ | $a_g$    | $F_o$ | $T^*_c$ | $a_g$    | $F_o$ | $T^*_c$ | $a_g$     | $F_o$ | $T^*_c$ | $a_g$     | $F_o$ | $T^*_c$ | $a_g$     | $F_o$ | $T^*_c$ | $a_g$     | $F_o$ | $T^*_c$ | $a_g$     | $F_o$ | $T^*_c$ | $a_g$      | $F_o$ | $T^*_c$ |
| 13111 | 6.5448 | 45.134 | 0.263    | 2.50  | 0.18    | 0.340    | 2.51  | 0.21    | 0.394    | 2.55  | 0.22    | 0.469     | 2.49  | 0.24    | 0.545     | 2.50  | 0.24    | 0.640     | 2.49  | 0.25    | 0.943     | 2.44  | 0.27    | 1.267     | 2.42  | 0.27    | 1.767      | 2.43  | 0.29    |
| 13333 | 6.5506 | 45.085 | 0.264    | 2.49  | 0.18    | 0.341    | 2.51  | 0.21    | 0.395    | 2.55  | 0.22    | 0.469     | 2.49  | 0.24    | 0.543     | 2.50  | 0.24    | 0.636     | 2.50  | 0.25    | 0.935     | 2.44  | 0.27    | 1.254     | 2.42  | 0.28    | 1.751      | 2.44  | 0.29    |
| 13555 | 6.5564 | 45.035 | 0.264    | 2.50  | 0.18    | 0.340    | 2.51  | 0.20    | 0.393    | 2.55  | 0.22    | 0.466     | 2.50  | 0.24    | 0.540     | 2.51  | 0.24    | 0.630     | 2.51  | 0.25    | 0.923     | 2.45  | 0.27    | 1.237     | 2.43  | 0.28    | 1.729      | 2.44  | 0.29    |
| 13777 | 6.5621 | 44.985 | 0.263    | 2.50  | 0.18    | 0.338    | 2.52  | 0.20    | 0.391    | 2.55  | 0.22    | 0.462     | 2.51  | 0.24    | 0.535     | 2.51  | 0.24    | 0.621     | 2.52  | 0.25    | 0.909     | 2.46  | 0.27    | 1.217     | 2.44  | 0.28    | 1.703      | 2.44  | 0.29    |
| 12890 | 6.6096 | 45.188 | 0.284    | 2.46  | 0.19    | 0.364    | 2.51  | 0.21    | 0.431    | 2.50  | 0.22    | 0.509     | 2.48  | 0.24    | 0.585     | 2.50  | 0.24    | 0.695     | 2.47  | 0.25    | 1.006     | 2.44  | 0.27    | 1.338     | 2.43  | 0.27    | 1.844      | 2.44  | 0.29    |
| 13112 | 6.6153 | 45.139 | 0.286    | 2.46  | 0.19    | 0.366    | 2.51  | 0.21    | 0.433    | 2.50  | 0.22    | 0.511     | 2.48  | 0.24    | 0.586     | 2.50  | 0.25    | 0.695     | 2.47  | 0.25    | 1.005     | 2.45  | 0.27    | 1.336     | 2.43  | 0.27    | 1.841      | 2.44  | 0.29    |
| 13334 | 6.621  | 45.089 | 0.288    | 2.46  | 0.19    | 0.367    | 2.51  | 0.21    | 0.434    | 2.50  | 0.22    | 0.511     | 2.49  | 0.24    | 0.586     | 2.51  | 0.25    | 0.694     | 2.48  | 0.25    | 1.001     | 2.45  | 0.27    | 1.332     | 2.43  | 0.27    | 1.835      | 2.44  | 0.29    |
| 13556 | 6.6268 | 45.039 | 0.288    | 2.46  | 0.19    | 0.367    | 2.51  | 0.21    | 0.433    | 2.51  | 0.22    | 0.510     | 2.49  | 0.24    | 0.584     | 2.51  | 0.25    | 0.691     | 2.48  | 0.25    | 0.996     | 2.45  | 0.27    | 1.325     | 2.44  | 0.28    | 1.828      | 2.44  | 0.29    |
| 13778 | 6.6325 | 44.989 | 0.288    | 2.46  | 0.19    | 0.366    | 2.52  | 0.21    | 0.430    | 2.51  | 0.22    | 0.507     | 2.50  | 0.24    | 0.580     | 2.51  | 0.25    | 0.686     | 2.49  | 0.25    | 0.989     | 2.45  | 0.27    | 1.318     | 2.44  | 0.28    | 1.819      | 2.44  | 0.29    |
| 14000 | 6.6383 | 44.939 | 0.286    | 2.47  | 0.19    | 0.363    | 2.52  | 0.21    | 0.426    | 2.52  | 0.22    | 0.502     | 2.50  | 0.24    | 0.576     | 2.52  | 0.24    | 0.679     | 2.49  | 0.25    | 0.981     | 2.45  | 0.27    | 1.307     | 2.44  | 0.28    | 1.807      | 2.44  | 0.29    |
| 14222 | 6.6439 | 44.889 | 0.284    | 2.47  | 0.19    | 0.360    | 2.53  | 0.21    | 0.421    | 2.53  | 0.22    | 0.497     | 2.50  | 0.24    | 0.570     | 2.52  | 0.24    | 0.671     | 2.50  | 0.25    | 0.970     | 2.45  | 0.27    | 1.294     | 2.44  | 0.28    | 1.792      | 2.44  | 0.29    |
| 12891 | 6.6803 | 45.192 | 0.306    | 2.43  | 0.20    | 0.389    | 2.50  | 0.21    | 0.467    | 2.47  | 0.23    | 0.544     | 2.49  | 0.23    | 0.625     | 2.50  | 0.25    | 0.736     | 2.47  | 0.26    | 1.049     | 2.46  | 0.27    | 1.374     | 2.46  | 0.28    | 1.875      | 2.46  | 0.29    |
| 10228 | 6.6826 | 45.794 | 0.283    | 2.42  | 0.20    | 0.364    | 2.46  | 0.22    | 0.430    | 2.46  | 0.24    | 0.505     | 2.44  | 0.25    | 0.577     | 2.48  | 0.26    | 0.679     | 2.48  | 0.26    | 0.992     | 2.43  | 0.27    | 1.335     | 2.38  | 0.28    | 1.924      | 2.30  | 0.30    |
| 13113 | 6.686  | 45.143 | 0.309    | 2.43  | 0.20    | 0.391    | 2.51  | 0.21    | 0.470    | 2.47  | 0.23    | 0.546     | 2.49  | 0.23    | 0.627     | 2.50  | 0.25    | 0.737     | 2.48  | 0.26    | 1.048     | 2.46  | 0.27    | 1.373     | 2.46  | 0.28    | 1.873      | 2.46  | 0.29    |
| 10450 | 6.6885 | 45.745 | 0.278    | 2.44  | 0.20    | 0.356    | 2.48  | 0.22    | 0.415    | 2.50  | 0.23    | 0.485     | 2.47  | 0.25    | 0.553     | 2.49  | 0.26    | 0.639     | 2.50  | 0.27    | 0.913     | 2.49  | 0.28    | 1.242     | 2.37  | 0.29    | 1.742      | 2.33  | 0.30    |
| 13335 | 6.6915 | 45.093 | 0.310    | 2.43  | 0.20    | 0.392    | 2.51  | 0.21    | 0.470    | 2.48  | 0.23    | 0.546     | 2.50  | 0.23    | 0.626     | 2.51  | 0.25    | 0.736     | 2.48  | 0.26    | 1.046     | 2.46  | 0.27    | 1.370     | 2.46  | 0.28    | 1.870      | 2.46  | 0.29    |
| 10672 | 6.6942 | 45.695 | 0.275    | 2.45  | 0.20    | 0.351    | 2.49  | 0.21    | 0.406    | 2.52  | 0.23    | 0.475     | 2.49  | 0.25    | 0.541     | 2.52  | 0.25    | 0.618     | 2.53  | 0.26    | 0.862     | 2.54  | 0.28    | 1.125     | 2.54  | 0.29    | 1.543      | 2.55  | 0.30    |
| 13557 | 6.6973 | 45.043 | 0.311    | 2.44  | 0.20    | 0.392    | 2.52  | 0.21    | 0.469    | 2.48  | 0.23    | 0.545     | 2.50  | 0.23    | 0.624     | 2.51  | 0.25    | 0.733     | 2.48  | 0.26    | 1.042     | 2.46  | 0.27    | 1.366     | 2.46  | 0.28    | 1.866      | 2.46  | 0.29    |
| 13779 | 6.7029 | 44.993 | 0.310    | 2.44  | 0.20    | 0.391    | 2.52  | 0.21    | 0.467    | 2.48  | 0.23    | 0.543     | 2.50  | 0.23    | 0.621     | 2.51  | 0.25    | 0.730     | 2.49  | 0.26    | 1.038     | 2.46  | 0.27    | 1.363     | 2.45  | 0.28    | 1.863      | 2.46  | 0.29    |
| 14001 | 6.7086 | 44.943 | 0.309    | 2.44  | 0.20    | 0.389    | 2.52  | 0.21    | 0.464    | 2.49  | 0.23    | 0.540     | 2.50  | 0.24    | 0.616     | 2.52  | 0.25    | 0.726     | 2.49  | 0.26    | 1.033     | 2.46  | 0.27    | 1.358     | 2.45  | 0.28    | 1.860      | 2.46  | 0.29    |
| 14223 | 6.7142 | 44.893 | 0.307    | 2.45  | 0.20    | 0.386    | 2.52  | 0.21    | 0.460    | 2.49  | 0.23    | 0.536     | 2.51  | 0.23    | 0.611     | 2.52  | 0.25    | 0.721     | 2.49  | 0.26    | 1.027     | 2.46  | 0.27    | 1.353     | 2.45  | 0.28    | 1.854      | 2.45  | 0.29    |
| 14445 | 6.7198 | 44.843 | 0.305    | 2.45  | 0.20    | 0.383    | 2.53  | 0.21    | 0.456    | 2.50  | 0.23    | 0.531     | 2.51  | 0.24    | 0.605     | 2.52  | 0.25    | 0.715     | 2.49  | 0.26    | 1.021     | 2.46  | 0.27    | 1.347     | 2.45  | 0.28    | 1.848      | 2.45  | 0.29    |
| 9785  | 6.7426 | 45.898 | 0.315    | 2.37  | 0.20    | 0.409    | 2.41  | 0.22    | 0.500    | 2.37  | 0.24    | 0.585     | 2.44  | 0.25    | 0.690     | 2.40  | 0.26    | 0.814     | 2.40  | 0.26    | 1.190     | 2.37  | 0.27    | 1.587     | 2.34  | 0.28    | 2.281      | 2.26  | 0.30    |
| 12670 | 6.7452 | 45.246 | 0.323    | 2.44  | 0.20    | 0.412    | 2.49  | 0.22    | 0.496    | 2.46  | 0.23    | 0.573     | 2.49  | 0.24    | 0.664     | 2.48  | 0.25    | 0.773     | 2.48  | 0.26    | 1.092     | 2.46  | 0.27    | 1.414     | 2.47  | 0.28    | 1.910      | 2.48  | 0.29    |

... **In tabella 2**, con metodologia e convenzioni analoghe, **per tutte le isole**, con l'esclusione della Sicilia, Ischia, Procida, Capri, vengono forniti **i valori di  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T^*_c$**  (costanti su tutto il territorio di ciascuna isola).



## 10751 punti del reticolo di riferimento





... Qualora la attuale pericolosità sismica su reticolo di riferimento non contempli il periodo di ritorno  $T_{R1}$  corrispondente alla  $V_R$  e alla  $P_{VR}$  fissate, il valore del generico parametro  $p$  ( $a_g, F_0, T_C^*$ ) ad esso corrispondente potrà essere ricavato per **interpolazione**, a partire dai dati relativi ai  $T_R$  previsti nella pericolosità sismica, utilizzando l'espressione seguente:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

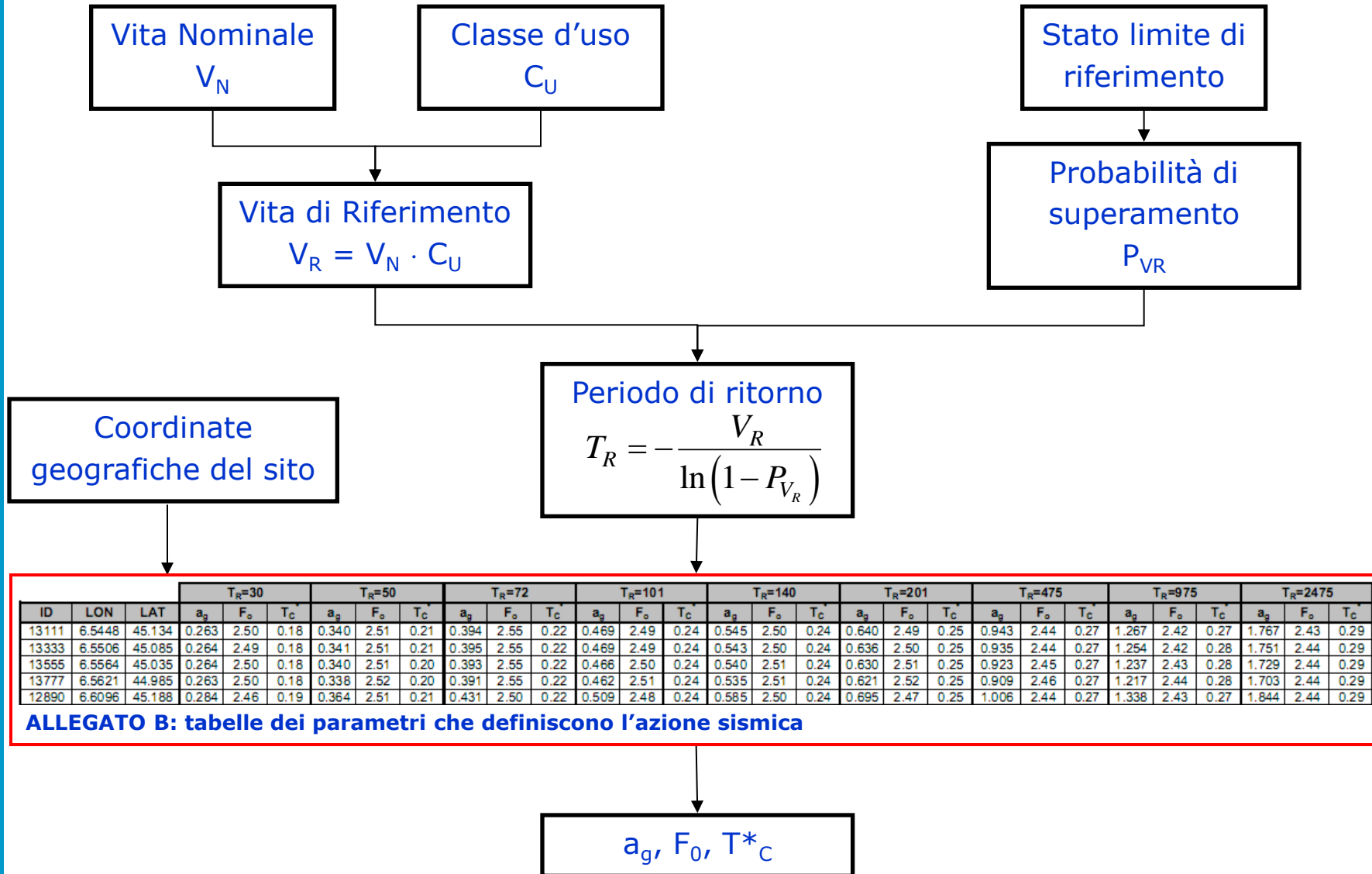
nella quale:

$p$  è il valore del parametro di interesse corrispondente al periodo di ritorno  $T_R$  desiderato;

$T_{R1}, T_{R2}$  sono i periodi di ritorno più prossimi a  $T_R$  per i quali si dispone dei valori  $p_1$  e  $p_2$  del generico parametro  $p$ .

... si considereranno solo i valori di  $T_R$  compresi nell'intervallo  $30 \text{ anni} \leq T_R \leq 2475 \text{ anni}$ ; se  $T_R < 30 \text{ anni}$  si porrà  $T_R = 30 \text{ anni}$ , se  $T_R > 2475 \text{ anni}$  si porrà  $T_R = 2475 \text{ anni}$ . Azioni sismiche riferite a  $T_R$  più elevati potranno essere considerate per opere speciali.

## Definizione dei parametri spettrali



## NTC2008 (§2.4.1: **Vita nominale**)

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è intesa come il **numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata** per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Tabella 2.4.I – Vita nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere

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

<sup>1</sup> Le verifiche sismiche di opere provvisorie o strutture in fase costruttiva possono omettersi quando le relative durate previste in progetto siano inferiori a 2 anni.

## Circolare NTC2008 (§C2.4.1: **Vita nominale**)

... Nelle previsioni progettuali dunque, se le condizioni ambientali e d'uso sono rimaste nei limiti previsti, **non prima della fine di detto periodo saranno necessari interventi di manutenzione straordinaria** per ripristinare le capacità di durata della costruzione. **L'effettiva durata della costruzione non è valutabile in sede progettuale**, venendo a dipendere da eventi futuri fuori dal controllo del progettista. Di fatto, **la grande maggioranza delle costruzioni ha avuto ed ha**, anche attraverso successivi interventi di ripristino manutentivo, **una durata effettiva molto maggiore della vita nominale quantificata nelle NTC ...**

Opera ordinaria



$V_N = 50 \text{ anni}$



## NTC2008 (§2.4.2: **Classe d'uso**)

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

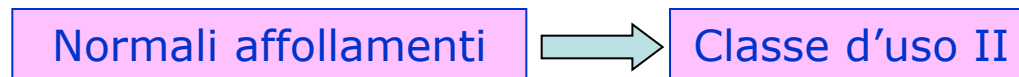
|            |  |
|------------|--|
| Classe I   | Costruzioni con <b><u>presenza solo occasionale di persone</u></b> , edifici agricoli.   |
| Classe II  | Costruzioni il cui uso preveda <b><u>normali affollamenti</u></b> , senza contenuti pericolosi per l'ambiente e <b><u>senza funzioni pubbliche e sociali essenziali</u></b> . Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.  |
| Classe III | Costruzioni il cui uso preveda <b><u>affollamenti significativi</u></b> . Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.   |
| Classe IV  | Costruzioni con <b><u>funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità</u></b> . Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. |



## *Circolare NTC2008 (§C2.4.2: **Classe d'uso**)*

Per quanto riguarda le **classi d'uso III e IV**, definizioni più dettagliate **sono contenute nel Decreto del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 3685 del 21 ottobre 2003** con il quale sono stati, fra l'altro, definiti, per quanto di competenza statale, **gli edifici di interesse strategico e le opere infrastrutturali** la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume **rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile** (quindi **compresi nella classe IV** in quanto costruzioni con importanti funzioni pubbliche o strategiche, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità); ancora il predetto decreto, sempre nell'ambito di competenza statale, ha definito **gli edifici e le opere che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso** (e, quindi, **comprese nella classe III**, in quanto costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi).

A titolo di esempio, **in classe III ricadono scuole, teatri, musei**, in quanto edifici soggetti ad affollamento e con la presenza contemporanea di comunità di dimensioni significative ...





## NTC2008 (§2.4.3: *Periodo di riferimento per l'azione sismica*)

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

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

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

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

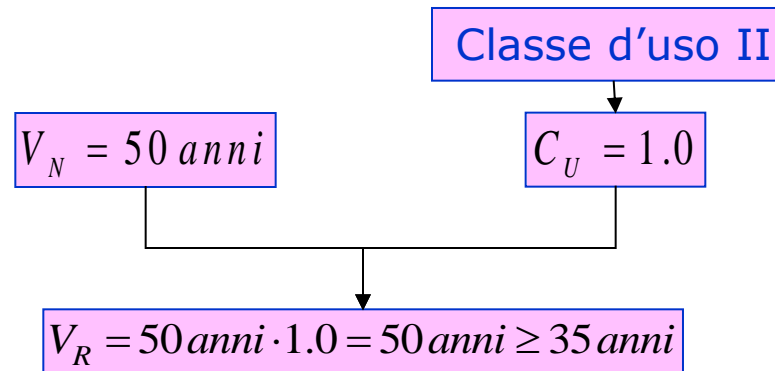
Se  $V_R \leq 35$  anni si pone comunque  $V_R = 35$  anni.

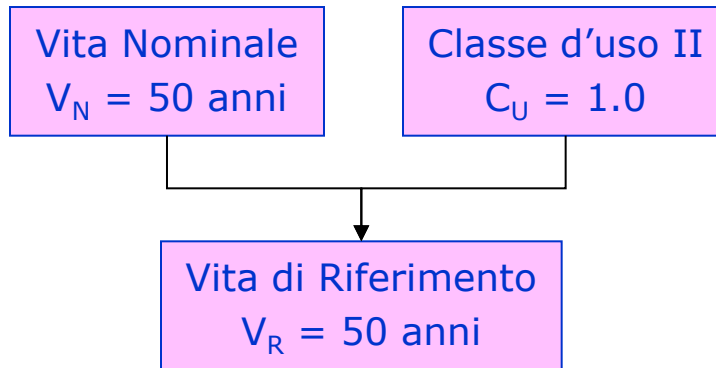
## Circolare NTC2008 (§C2.4.3: Periodo di riferimento per l'azione sismica)

... Per assicurare alle costruzioni un **livello di sicurezza antisismica minimo irrinunciabile** le NTC impongono, se  $V_R \leq 35$  anni, di assumere comunque  **$V_R = 35$  anni**; gli intervalli di valori di  $V_R$  (espressi in anni) cui fare effettivo riferimento al variare di  $V_N$  e  $C_U$  sono riportati nella successiva Tabella C2.4.I ...

Tabella C2.4.I. - Intervalli di valori attribuiti a  $V_R$  al variare di  $V_N$  e  $C_U$

| VITA<br>NOMINALE $V_N$ | VALORI DI $V_R$ |            |            |            |
|------------------------|-----------------|------------|------------|------------|
|                        | CLASSE D'USO    |            |            |            |
|                        | I               | II         | III        | IV         |
| $\leq 10$              | 35              | 35         | 35         | 35         |
| $\geq 50$              | $\geq 35$       | $\geq 50$  | $\geq 75$  | $\geq 100$ |
| $\geq 100$             | $\geq 70$       | $\geq 100$ | $\geq 150$ | $\geq 200$ |







## *NTC2008 (§3.2.1: **Stati limite e relative probabilità di superamento** )*

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

Gli **stati limite di esercizio** sono:

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

Gli **stati limite ultimi** sono:

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

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

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

| Stati Limite              |     | $P_{V_R}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$ |
|---------------------------|-----|---|
| Stati limite di esercizio | SLO | 81%   |
|                           | SLD | 63%   |
| Stati limite ultimi       | SLV | 10%   |
|                           | SLC | 5%  |

**Tabella C.3.2.I.-** Valori di  $T_R$  espressi in funzione di  $V_R$

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

| Stati Limite                    |     | Valori in anni del periodo di ritorno $T_R$ al variare del periodo di riferimento $V_R$ |
|---------------------------------|-----|---|
| Stati Limite di Esercizio (SLE) | SLO | <sup>(2)</sup> $30 \text{ anni} \leq T_R = 0,60 \cdot V_R$                              |
|                                 | SLD | $T_R = V_R$   |
| Stati Limite Ultimi (SLU)       | SLV | $T_R = 9,50 \cdot V_R$  |
|                                 | SLC | $T_R = 19,50 \cdot V_R \leq 2475 \text{ anni}^{(1)}$                                    |



## *Circolare NTC2008 (§C3.2.1: **Stati limite e relative probabilità di superamento** )*

**I quattro stati limite così definiti**, consentono di individuare quattro situazioni diverse che, al crescere progressivo dell'azione sismica, ed al conseguente progressivo superamento dei quattro stati limite ordinati per azione sismica crescente (SLO, SLD, SLV, SLC), **fanno corrispondere una progressiva crescita del danneggiamento all'insieme di struttura, elementi non strutturali ed impianti**, per individuare così univocamente ed in modo quasi "continuo" le caratteristiche prestazionali richieste alla generica costruzione.



## *NTC2008 (§7.1: **Requisiti nei confronti degli stati limite**)*

**Sotto l'effetto delle azioni sismiche** definite nel § 3.2, **deve essere garantito il rispetto degli stati limite ultimi e di esercizio**, quali definiti al § 3.2.1 ed individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo il volume significativo di terreno, le strutture di fondazione, gli elementi strutturali, gli elementi non strutturali, gli impianti. In mancanza di espresse indicazioni in merito, **il rispetto dei vari stati limite si considera conseguito**:

- nei confronti di tutti gli **stati limite di esercizio**, qualora siano rispettate le verifiche relative al **solo SLD**;
- nei confronti di tutti gli **stati limite ultimi**, qualora siano rispettate le indicazioni progettuali e costruttive riportate nel seguito e siano soddisfatte le verifiche relative al **solo SLV**.

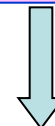
Fanno eccezione a quanto detto le **costruzioni di classe d'uso III e IV**, per gli elementi non strutturali e gli impianti delle quali è richiesto **anche il rispetto delle verifiche di sicurezza relative allo SLO**, quali precisate nei §§ 7.3.7.2 e 7.3.7.3.

## *Circolare NTC2008 (§C7.1: **Requisiti nei confronti degli stati limite**)*

... si evidenzia che le verifiche allo SLC devono essere effettuate di necessità sulle sole costruzioni provviste di isolamento sismico ...

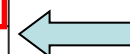
| SL                                      | Descrizione della prestazione   | Riferimento Norme  | Classe d'uso |    |     |    |
|---|---|--|--------------|----|-----|----|
|   |   |  | I            | II | III | IV |
| SLO                                     | Contenimento del danno degli elementi non strutturali                 | § 7.3.7.2  |              |    | x   | x  |
|   | Funzionalità degli impianti   | § 7.3.7.3  |              |    | x   | x  |
| SLD                                     | Resistenza degli elementi strutturali                                 | § 7.3.7.1  |              |    | x   | x  |
|   | Contenimento del danno degli elementi non strutturali                 | § 7.3.7.2  | x            | x  |     |    |
|   | Contenimento delle deformazioni del sistema fondazione-terreno        | § 7.11.5.3   | x            | x  | x   | x  |
|   | Contenimento degli spostamenti permanenti dei muri di sostegno        | § 7.11.6.2.2   | x            | x  | x   | x  |
| SLV                                     | Assenza di martellamento tra strutture contigue                       | § 7.2.2  | x            | x  | x   | x  |
|   | Resistenza delle strutture  | § 7.3.6.1  | x            | x  | x   | x  |
|   | Duttilità delle strutture   | § 7.3.6.2  | x            | x  | x   | x  |
|   | Assenza di collasso fragile ed espulsione di elementi non strutturali | § 7.3.6.3  | x            | x  | x   | x  |
|   | Resistenza dei sostegni e collegamenti degli impianti                 | § 7.3.6.3  | x            | x  | x   | x  |
|   | Stabilità del sito  | § 7.11.3   | x            | x  | x   | x  |
|   | Stabilità dei fronti di scavo e dei rilevati                          | § 7.11.4   | x            | x  | x   | x  |
|   | Resistenza del sistema fondazione-terreno                             | § 7.11.5.3   | x            | x  | x   | x  |
|   | Stabilità dei muri di sostegno  | § 7.11.6.2.2   | x            | x  | x   | x  |
|   | Stabilità delle paratie   | § 7.11.6.3.2   | x            | x  | x   | x  |
|   | Resistenza e stabilità dei sistemi di contrasto e degli ancoraggi     | § 7.11.6.4.2   | x            | x  | x   | x  |
|   | SLC   | Resistenza dei dispositivi di vincolo temporaneo tra costruzioni isolate | § 7.2.1      | x  | x   | x  |
| Capacità di spostamento degli isolatori |   | § 7.10.6.2.2   | x            | x  | x   | x  |

SLD



$P_{VR} = 63 \%$

Tabella C7.1.I - Verifiche di sicurezza in funzione della Classe d'uso.



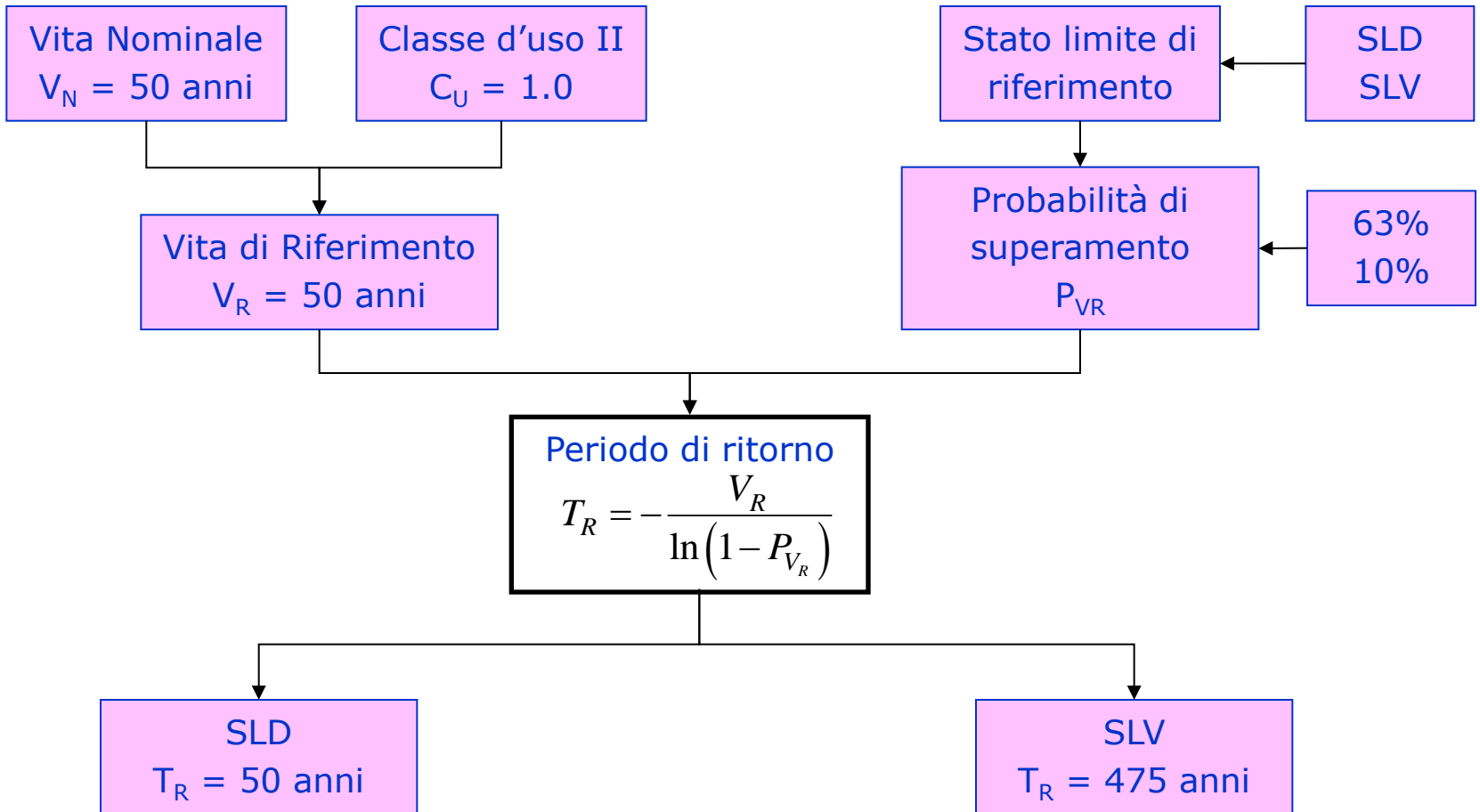
SLV



$P_{VR} = 10 \%$



# Azione sismica

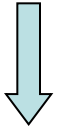


| ID    | LON    | LAT    | T <sub>R</sub> =30 |                |                | T <sub>R</sub> =50 |                |                | T <sub>R</sub> =72 |                |                | T <sub>R</sub> =101 |                |                | T <sub>R</sub> =140 |                |                | T <sub>R</sub> =201 |                |                | T <sub>R</sub> =475 |                |                | T <sub>R</sub> =975 |                |                | T <sub>R</sub> =2475 |                |                |
|-------|--------|--------|--------------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|---------------------|----------------|----------------|---------------------|----------------|----------------|---------------------|----------------|----------------|---------------------|----------------|----------------|---------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------|----------------|
|       |        |        | a <sub>g</sub>     | F <sub>o</sub> | T <sub>C</sub> | a <sub>g</sub>     | F <sub>o</sub> | T <sub>C</sub> | a <sub>g</sub>     | F <sub>o</sub> | T <sub>C</sub> | a <sub>g</sub>      | F <sub>o</sub> | T <sub>C</sub> | a <sub>g</sub>      | F <sub>o</sub> | T <sub>C</sub> | a <sub>g</sub>      | F <sub>o</sub> | T <sub>C</sub> | a <sub>g</sub>      | F <sub>o</sub> | T <sub>C</sub> | a <sub>g</sub>      | F <sub>o</sub> | T <sub>C</sub> | a <sub>g</sub>       | F <sub>o</sub> | T <sub>C</sub> |
| 13111 | 6.5448 | 45.134 | 0.263              | 2.50           | 0.18           | 0.340              | 2.51           | 0.21           | 0.394              | 2.55           | 0.22           | 0.469               | 2.49           | 0.24           | 0.545               | 2.50           | 0.24           | 0.640               | 2.49           | 0.25           | 0.943               | 2.44           | 0.27           | 1.267               | 2.42           | 0.27           | 1.767                | 2.43           | 0.29           |
| 13333 | 6.5506 | 45.085 | 0.264              | 2.49           | 0.18           | 0.341              | 2.51           | 0.21           | 0.395              | 2.55           | 0.22           | 0.469               | 2.49           | 0.24           | 0.543               | 2.50           | 0.24           | 0.636               | 2.50           | 0.25           | 0.935               | 2.44           | 0.27           | 1.254               | 2.42           | 0.28           | 1.751                | 2.44           | 0.29           |
| 13555 | 6.5564 | 45.035 | 0.264              | 2.50           | 0.18           | 0.340              | 2.51           | 0.20           | 0.393              | 2.55           | 0.22           | 0.466               | 2.50           | 0.24           | 0.540               | 2.51           | 0.24           | 0.630               | 2.51           | 0.25           | 0.923               | 2.45           | 0.27           | 1.237               | 2.43           | 0.28           | 1.729                | 2.44           | 0.29           |
| 13777 | 6.5621 | 44.985 | 0.263              | 2.50           | 0.18           | 0.338              | 2.52           | 0.20           | 0.391              | 2.55           | 0.22           | 0.462               | 2.51           | 0.24           | 0.535               | 2.51           | 0.24           | 0.621               | 2.52           | 0.25           | 0.909               | 2.46           | 0.27           | 1.217               | 2.44           | 0.28           | 1.703                | 2.44           | 0.29           |
| 12890 | 6.6096 | 45.188 | 0.284              | 2.46           | 0.19           | 0.364              | 2.51           | 0.21           | 0.431              | 2.50           | 0.22           | 0.509               | 2.48           | 0.24           | 0.585               | 2.50           | 0.24           | 0.695               | 2.47           | 0.25           | 1.006               | 2.44           | 0.27           | 1.338               | 2.43           | 0.27           | 1.844                | 2.44           | 0.29           |

## Sito di riferimento



Comune di  
Salerno



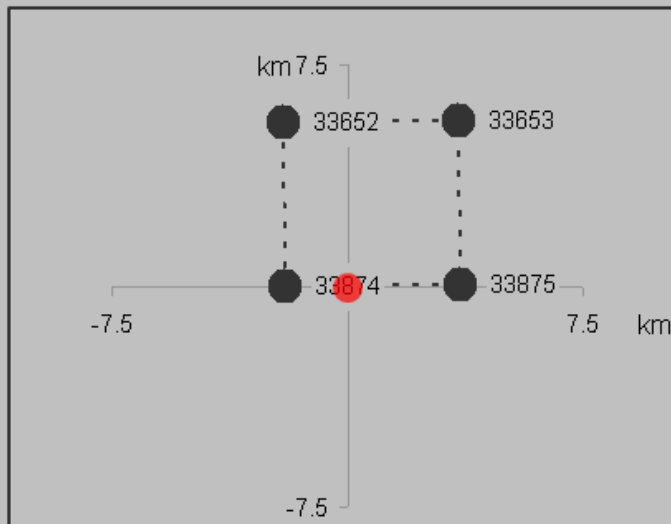
Long: 14.7659  
Lat: 40.6779

## NTC2008 (**Allegato B alle norme tecniche per le costruzioni: tabelle dei parametri che definiscono l'azione sismica**)

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri  $p$  ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_C$ ) di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto **possono essere 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, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici, attraverso la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

Nodi del reticolo intorno al sito

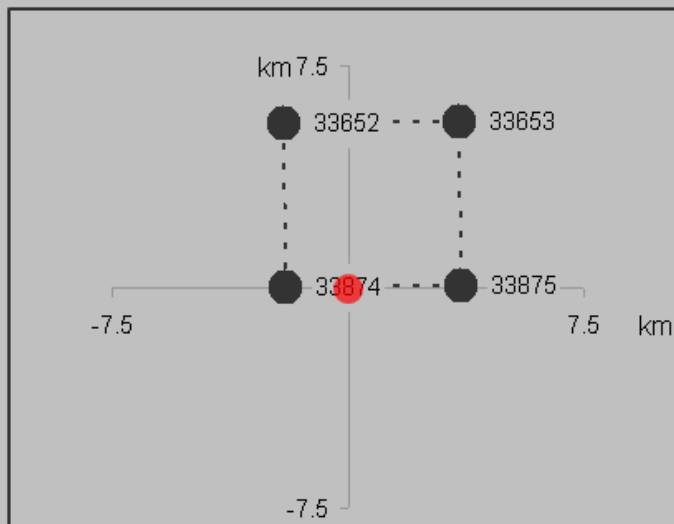


nella quale:

- $p$  è il valore del parametro di interesse nel punto in esame;
- $p_i$  è il valore del parametro di interesse nell' $i$ -esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;
- $d_i$  è la distanza del punto in esame dall' $i$ -esimo punto della maglia suddetta.



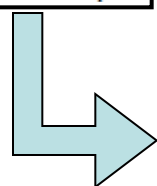
Nodi del reticolo intorno al sito



$$d_i \cong \sqrt{(LON_i - LON)^2 + (LAT_i - LAT)^2}$$

| ID    | LONG   | LAT    | Salerno: Long: 14.7659<br>Lat: 40.6779 |
|-------|--------|--------|--|
|       |        |        | $d_i$                                  |
| 33652 | 14.744 | 40.728 | 0.0547                                 |
| 33653 | 14.810 | 40.727 | 0.0660                                 |
| 33874 | 14.743 | 40.678 | 0.0229                                 |
| 33875 | 14.809 | 40.677 | 0.0431                                 |

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$



| ID             | LONG           | LAT            | $T_R = 50$ anni |              |                  | $T_R = 475$ anni |              |                  |
|----------------|----------------|----------------|-----------------|--------------|------------------|------------------|--------------|------------------|
|                |                |                | $a_g$<br>[g/10] | $F_0$<br>[-] | $T^*_c$<br>[sec] | $a_g$<br>[g/10]  | $F_0$<br>[-] | $T^*_c$<br>[sec] |
| 33652          | 14.744         | 40.728         | 0.511           | 2.36         | 0.32             | 1.150            | 2.55         | 0.43             |
| 33653          | 14.810         | 40.727         | 0.515           | 2.35         | 0.32             | 1.164            | 2.54         | 0.43             |
| 33874          | 14.743         | 40.678         | 0.476           | 2.37         | 0.33             | 1.036            | 2.59         | 0.44             |
| 33875          | 14.809         | 40.677         | 0.481           | 2.37         | 0.33             | 1.052            | 2.60         | 0.44             |
| <b>Salerno</b> | <b>14.7659</b> | <b>40.6779</b> | <b>0.489</b>    | <b>2.365</b> | <b>0.327</b>     | <b>1.080</b>     | <b>2.577</b> | <b>0.437</b>     |



## *NTC2008 (§3.2.3.1: **Descrizione del moto sismico in superficie e sul piano di fondazione**)*

Ai fini delle presenti norme l'azione sismica è caratterizzata da **3 componenti traslazionali, due orizzontali** contrassegnate da X ed Y ed **una verticale** contrassegnata da Z, da considerare **tra di loro indipendenti** ...

Le **due componenti ortogonali indipendenti** che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo **stesso spettro di risposta** o dalle due componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico ...

Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante **una delle seguenti rappresentazioni:**

- **accelerazione massima attesa in superficie;**
- **accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;**
- **accelerogramma.**

Lo spettro di risposta di progetto individua la risposta, in termini di accelerazione o spostamento "massimi probabili", (orizzontale o verticale) che si attende da un oscillatore semplice, in un dato sito e nell'eventualità che si verifichi un terremoto (con un dato periodo di ritorno  $T_R$ ), al variare del periodo proprio  $T$  dell'oscillatore.



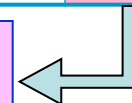
## NTC2008 (§7.2.1: **Criteria generali di progettazione**)

**La componente verticale deve essere considerata solo in presenza di:**

- elementi pressoché orizzontali con luce superiore a 20 m;
- elementi precompressi (con l'esclusione dei solai di luce inferiore a 8 m);
- elementi a mensola di luce superiore a 4 m;
- strutture di tipo spingente;
- pilastri in falso, edifici con piani sospesi;
- Ponti;
- costruzioni con isolamento nei casi specificati in § 7.10.5.3.2;
- purché il sito nel quale la costruzione sorge non ricada in zona 3 o 4.

| <b>Sisma verticale</b>   |    |
|--|----|
| elementi pressoché orizzontali con luce superiore a 20 m                   | NO |
| elementi precompressi (con l'esclusione dei solai di luce inferiore a 8 m) | NO |
| elementi a mensola di luce superiore a 4 m                                 | NO |
| strutture di tipo spingente  | NO |
| pilastri in falso, edifici con piani sospesi                               | NO |
| Ponti  | NO |
| costruzioni con isolamento nei casi specificati in § 7.10.5.3.2            | NO |
| purché il sito nel quale la costruzione sorge non ricada in zona 3 o 4     | NO |

**Non è necessario considerare il  
sisma verticale**





## NTC2008 (§3.2.3.2.1: Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali)

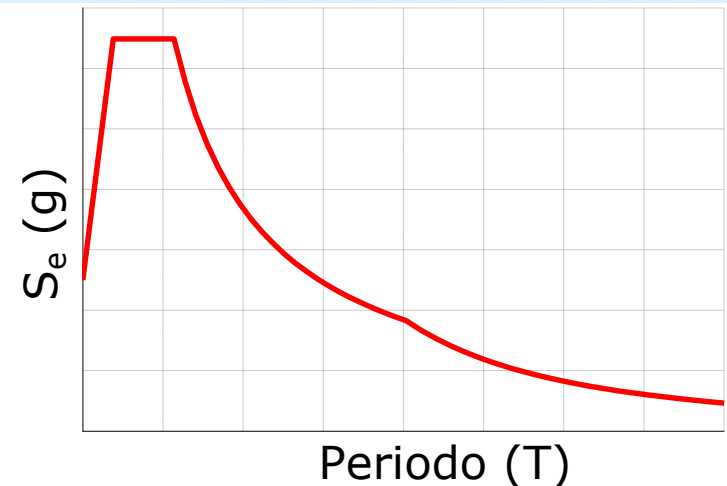
Quale che sia la probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  considerata, lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

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

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

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

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



nelle quali:

$T$  **periodo di vibrazione;**

$S_e$  **accelerazione spettrale orizzontale.**



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

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

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

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

**S** è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente

$$S = S_S \cdot S_T, \quad (3.2.5)$$

essendo  $S_S$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.V) e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.VI);

**Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_S$  e di  $C_C$**

| Categoria sottosuolo | $S_S$   |
|----------------------|---|
| A                    | 1,00  |
| B                    | $1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$ |
| C                    | $1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$ |
| D                    | $0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$ |
| E                    | $1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$ |

**Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$**

| Categoria topografica | Ubicazione dell'opera o dell'intervento    | $S_T$ |
|-----------------------|--|-------|
| T1                    | -  | 1,0   |
| T2                    | In corrispondenza della sommità del pendio | 1,2   |
| T3                    | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,2   |
| T4                    | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,4   |

## NTC2008 (§3.2.2: *Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche*)

### Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario **valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi**, come indicato nel § 7.11.3. **In assenza di tali analisi**, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un **approccio semplificato**, che si basa sull'individuazione di **categorie di sottosuolo di riferimento** (Tab. 3.2.II e 3.2.III).

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

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



Fatta salva la necessità della **caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo**, ai fini della identificazione della **categoria di sottosuolo**, la **classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s,30}$  di propagazione delle onde di taglio** (definita successivamente) **entro i primi 30 m di profondità**.

Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

| <b>Definizione della quota di riferimento</b> |                                   |
|---|-----------------------------------|
| Fondazioni superficiali                       | Piano di imposta                  |
| Fondazioni su pali                            | Testa dei pali                    |
| Opere di sostegno di terreni naturali         | Testa dell'opera                  |
| Muri di sostegno di terrapieni                | Piano di imposta delle fondazioni |

**La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata**. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione **può essere effettuata** in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test)  **$N_{SPT,30}$**  (definito successivamente) **nei terreni prevalentemente a grana grossa** e della resistenza non drenata equivalente  **$c_{u,30}$**  (definita successivamente) **nei terreni prevalentemente a grana fina**.

La velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,30}$  è definita dall'espressione

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \text{ [m/s]}.$$

La resistenza penetrometrica dinamica equivalente  $N_{SPT,30}$  è definita dall'espressione

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{N_{SPT,i}}}.$$

La resistenza non drenata equivalente  $c_{u,30}$  è definita dall'espressione

$$c_{u,30} = \frac{\sum_{i=1,K} h_i}{\sum_{i=1,K} \frac{h_i}{c_{u,i}}}.$$

Nelle precedenti espressioni si indica con:

$h_i$  spessore (in metri) dell' $i$ -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

$V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;

$N_{SPT,i}$  numero di colpi  $N_{SPT}$  nell' $i$ -esimo strato;

$c_{u,i}$  resistenza non drenata nell' $i$ -esimo strato;

$N$  numero di strati compresi nei primi 30 m di profondità;


$M$  numero di strati di terreni a grana grossa compresi nei primi 30 m di profondità;

$K$  numero di strati di terreni a grana fina compresi nei primi 30 m di profondità.

Nel caso di **sottosuoli costituiti da stratificazioni di terreni a grana grossa e a grana fina, distribuite con spessori confrontabili nei primi 30 m di profondità**, ricadenti nelle categorie da A ad E, quando non si disponga di misure dirette della velocità delle onde di taglio si può procedere come segue:

- determinare  $N_{SPT,30}$  limitatamente agli strati di terreno a grana grossa compresi entro i primi 30 m di profondità;
- determinare  $c_{u,30}$  limitatamente agli strati di terreno a grana fina compresi entro i primi 30 m di profondità;
- individuare le categorie corrispondenti singolarmente ai parametri  $N_{SPT,30}$  e  $c_{u,30}$ ;
- riferire il sottosuolo alla categoria peggiore tra quelle individuate al punto precedente.

| N° strato | Spessore strato<br>[m] | Profondità<br>progressiva<br>[m] | $V_{s,i}$<br>[m/s] |
|-----------|------------------------|----------------------------------|--------------------|
| 1         | 2.0                    | 2.0                              | 150                |
| 2         | 2.5                    | 4.5                              | 250                |
| 3         | 3.2                    | 7.7                              | 300                |
| 4         | 3.5                    | 11.2                             | 440                |
| 5         | 3.0                    | 14.2                             | 350                |
| 6         | 4.3                    | 18.5                             | 460                |
| 7         | 3.4                    | 21.9                             | 550                |
| 8         | 3.6                    | 25.5                             | 500                |
| 9         | 4.5                    | 30.0                             | 540                |
| 10        | 6.0                    | 36.0                             | 600                |
| 11        | 7.0                    | 43.0                             | 640                |
| 12        | 5.0                    | 48.0                             | 650                |
| 13        | 7.0                    | 55.0                             | 700                |
| 14        | 5.0                    | 60.0                             | 800                |

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_i \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$


$$= \frac{30}{\frac{2}{150} + \frac{2.5}{250} + \frac{3.2}{300} + \frac{3.5}{440} + \frac{3}{350} + \frac{4.3}{460} + \frac{3.6}{500} + \frac{4.5}{540}} = 398 \text{ m/s}$$

## NTC2008 (§3.2.2: *Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche*)

### Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario **valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi**, come indicato nel § 7.11.3. **In assenza di tali analisi**, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un **approccio semplificato**, che si basa sull'individuazione di **categorie di sottosuolo di riferimento** (Tab. 3.2.II e 3.2.III).

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

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

Nel caso di **sottosuoli costituiti da stratificazioni di terreni a grana grossa e a grana fina, distribuite con spessori confrontabili nei primi 30 m di profondità**, ricadenti nelle categorie da A ad E, quando non si disponga di misure dirette della velocità delle onde di taglio si può procedere come segue:

- determinare  $N_{SPT,30}$  limitatamente agli strati di terreno a grana grossa compresi entro i primi 30 m di profondità;
- determinare  $c_{u,30}$  limitatamente agli strati di terreno a grana fina compresi entro i primi 30 m di profondità;
- individuare le categorie corrispondenti singolarmente ai parametri  $N_{SPT,30}$  e  $c_{u,30}$ ;
- riferire il sottosuolo alla categoria peggiore tra quelle individuate al punto precedente.

| N° strato | Spessore strato<br>[m] | Profondità<br>progressiva<br>[m] | $V_{s,i}$<br>[m/s] |
|-----------|------------------------|----------------------------------|--------------------|
| 1         | 2.0                    | 2.0                              | 150                |
| 2         | 2.5                    | 4.5                              | 250                |
| 3         | 3.2                    | 7.7                              | 300                |
| 4         | 3.5                    | 11.2                             | 440                |
| 5         | 3.0                    | 14.2                             | 350                |
| 6         | 4.3                    | 18.5                             | 460                |
| 7         | 3.4                    | 21.9                             | 550                |
| 8         | 3.6                    | 25.5                             | 500                |
| 9         | 4.5                    | 30.0                             | 540                |
| 10        | 6.0                    | 36.0                             | 600                |
| 11        | 7.0                    | 43.0                             | 640                |
| 12        | 5.0                    | 48.0                             | 650                |
| 13        | 7.0                    | 55.0                             | 700                |
| 14        | 5.0                    | 60.0                             | 800                |

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_i \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

$$= \frac{30}{\frac{2}{150} + \frac{2.5}{250} + \frac{3.2}{300} + \frac{3.5}{440} + \frac{3}{350} + \frac{4.3}{460} + \frac{3.6}{500} + \frac{4.5}{540}} = 398 \text{ m/s}$$

$$360 \text{ m/s} \leq 398 \text{ m/s} \leq 800 \text{ m/s}$$

Suolo Tipo B

*NTC2008 (§3.2.2: Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche)*

## Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per **configurazioni superficiali semplici** si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.IV):

**Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche**

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

Le suesposte categorie topografiche **si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali**, creste o dorsali allungate, e **devono essere considerate** nella definizione dell'azione sismica **se di altezza maggiore di 30 m**.

Superficie topografica pianeggiante



Categoria T1

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

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

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

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

**S** è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente

$$S = S_S \cdot S_T, \quad (3.2.5)$$

essendo  $S_S$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.V) e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.VI);

Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_S$  e di  $C_C$

| Categoria sottosuolo | $S_S$   |
|----------------------|---|
| A                    | 1,00  |
| B                    | $1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$ |
| C                    | $1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$ |
| D                    | $0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$ |
| E                    | $1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$ |

$$S_S = 1.40 - 0.40 \cdot 2.365 \cdot \frac{0.0489g}{g} = 1.354 \geq 1.2 \rightarrow 1.2$$

Per SLD

$$S_S = 1.40 - 0.40 \cdot 2.577 \cdot \frac{0.108g}{g} = 1.28 \geq 1.2 \rightarrow 1.2$$

Per SLV



$$S_S = 1.2$$

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

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

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

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

**S** è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente

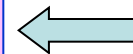
$$S = S_S \cdot S_T, \quad (3.2.5)$$

essendo  $S_S$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.V) e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.VI);

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

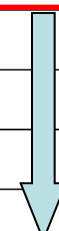
| Categoria topografica | Ubicazione dell'opera o dell'intervento    | $S_T$ |
|-----------------------|--|-------|
| T1                    | -  | 1,0   |
| T2                    | In corrispondenza della sommità del pendio | 1,2   |
| T3                    | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,2   |
| T4                    | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,4   |

$$S = 1.2 \cdot 1.0 = 1.2$$



$$S_S = 1.2$$

$$S_T = 1.0$$





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

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

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

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

$\eta$  è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali  $\xi$  diversi dal 5%, mediante la relazione

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55, \quad (3.2.6)$$

dove  $\xi$  (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

$F_0$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

## **Circolare NTC2008 (§C3.2.3.2.1: Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali)**

Il fattore  $\eta$  **tiene conto delle capacità dissipative delle costruzioni** alterando lo spettro di risposta assunto a riferimento, per il quale  $\eta=1$ , definito come lo spettro elastico con smorzamento viscoso convenzionale  $\xi = 5\%$ . **La relazione (3.2.6) può essere utilizzata** per costruzioni che non subiscono significativi danneggiamenti e può essere utilizzata nel campo di smorzamenti convenzionali compresi **tra i valori  $\xi = 5\%$  e  $\xi = 28\%$** . Al di fuori di questo campo, la scelta del valore del fattore  $\eta$  deve essere adeguatamente giustificata.



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

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

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

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

$T_C$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (3.2.7)$$

dove  $T_C^*$  è definito al § 3.2 e  $C_C$  è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (vedi Tab. 3.2.V);

Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_C$

| Categoria sottosuolo | $S_s$   | $C_C$                        |
|----------------------|---|------------------------------|
| A                    | 1,00  | 1,00                         |
| B                    | $1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$ | $1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$ |
| C                    | $1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$ | $1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$ |
| D                    | $0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$ | $1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$ |
| E                    | $1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$ | $1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$ |

Per SLD

$$C_C = 1.1 \cdot (0.327)^{-0.20} = 1.375$$



$$T_C = 1.375 \cdot 0.327 = 0.449 \text{ sec}$$

Per SLV

$$C_C = 1.1 \cdot (0.437)^{-0.20} = 1.298$$



$$T_C = 1.375 \cdot 0.437 = 0.601 \text{ sec}$$



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

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

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

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

$T_B$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante,

$$T_B = T_C / 3, \quad (3.2.8)$$

$T_D$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6. \quad (3.2.9)$$

Per SLD

$$T_B = \frac{0.449 \text{ sec}}{3} = 0.15 \text{ sec}$$

$$T_D = 4 \cdot \frac{0.0489 g}{g} + 1.6 = 1.796 \text{ sec}$$

Per SLV

$$T_B = \frac{0.601 \text{ sec}}{3} = 0.20 \text{ sec}$$

$$T_D = 4 \cdot \frac{0.108 g}{g} + 1.6 = 2.032 \text{ sec}$$



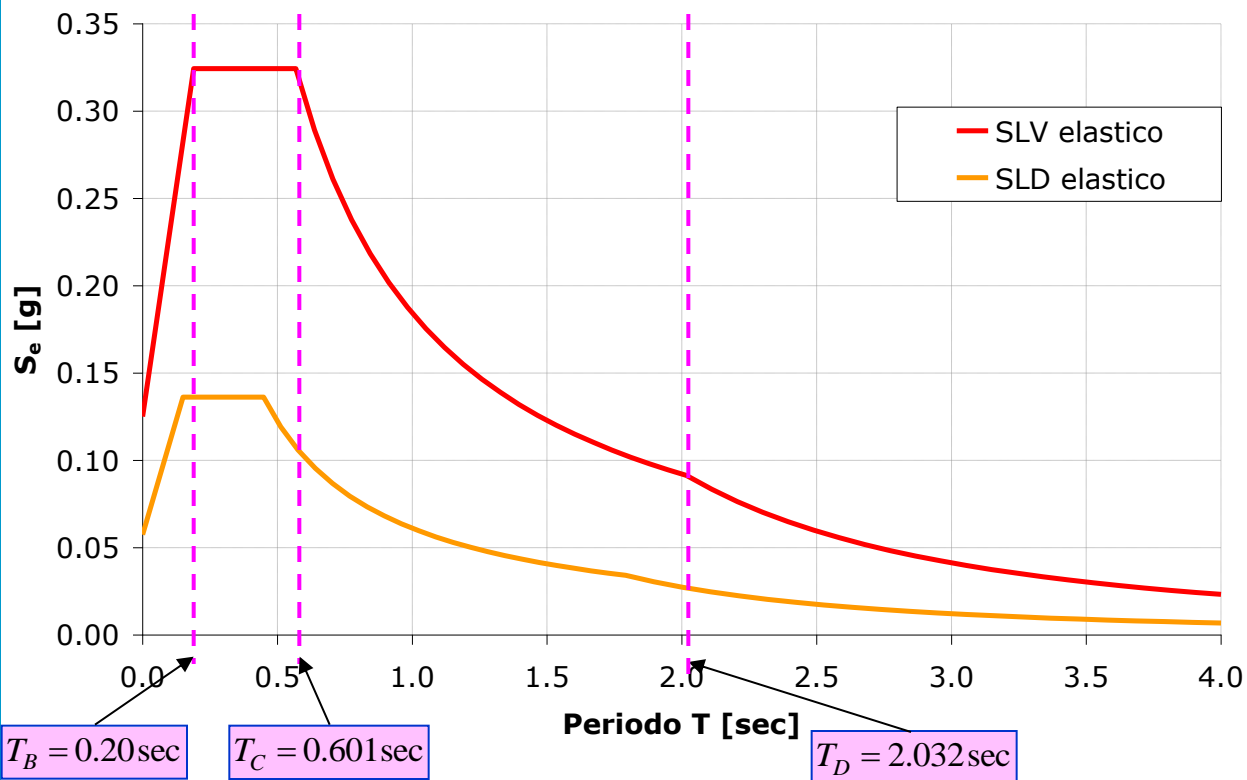
# Azione sismica

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

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

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

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



|         | SLD    | SLV    |
|---------|--------|--------|
| $a_g$   | 0.0489 | 0.1080 |
| $F_0$   | 2.365  | 2.577  |
| $T_C^*$ | 0.327  | 0.437  |
| $S_S$   | 1.2    | 1.2    |
| $C_C$   | 1.375  | 1.298  |
| $S_T$   | 1.0    | 1.0    |
| $S$     | 1.2    | 1.2    |
| $\eta$  | 1.0    | 1.0    |
| $T_B$   | 0.150  | 0.200  |
| $T_C$   | 0.449  | 0.601  |
| $T_D$   | 1.796  | 2.032  |

## Un software freeware per ricavare gli spettri di risposta

### INTRO

D.M. 14 gennaio 2008 - Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni

## Spettri di risposta ver. 1.0.3

Il documento Excel **SPETTRI-NTC** fornisce gli spettri di risposta rappresentati (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito de

La definizione degli spettri di risposta relativi ad uno Stato Limite è articolata in quali prevede la scelta dei valori di alcuni parametri da parte dell'utente:

**FASE 1.** Individuazione della pericolosità del sito (sulla base dei risultati del p

**FASE 2.** Scelta della strategia di progettazione;

**FASE 3.** Determinazione dell'azione di progetto.

La schermata relativa a ciascuna fase è suddivisa in sotto-schermate: l'utente sotto-schermate con sfondo grigio scuro mentre quelle con sfondo grigio chiaro immediato controllo grafico delle scelte effettuate. In ogni singola fase l'utente stampare i risultati delle elaborazioni -in forma sia grafica che numerica- non alle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008 pubbl 04.02.2008 Suppl. Ord. n.30 e scaricabile dal sito [www.cslp.it](http://www.cslp.it)

Programma ottimizzato per una visualizzazione schermo 1024

*La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti su esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà esser danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.*

INTRO

FASE 1

FASE 2

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:  LATTITUDINE:

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

INTRO

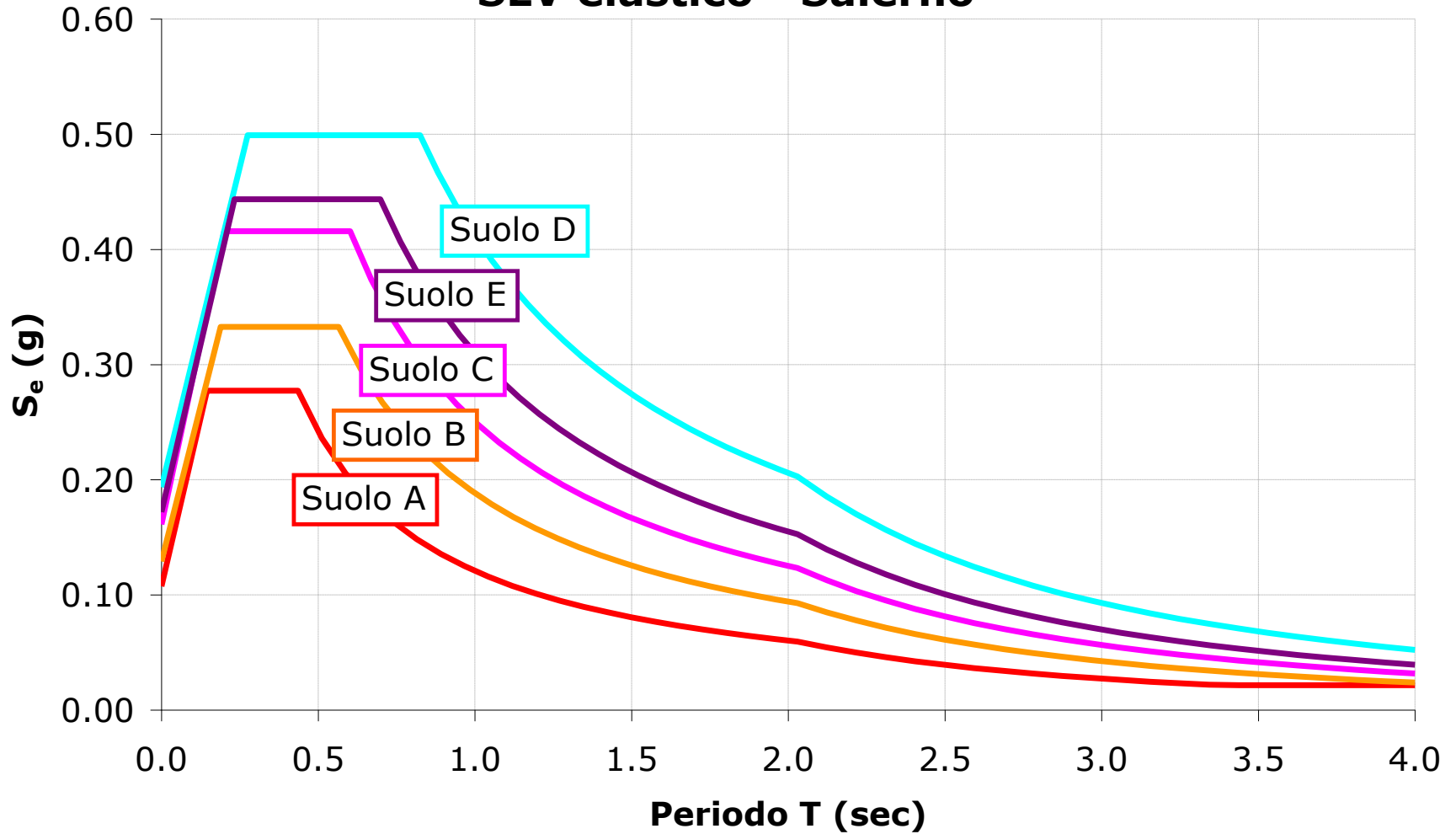
FASE 1

FASE 2

FASE 3

<http://www.cslp.it>

## SLV elastico - Salerno





---

# Calcolo azione sismica



# Confronto tra azione sismica ed azione del vento

## *NTC2008 (§7.3.3.2: **Analisi lineare statica**)*

L'analisi statica lineare consiste nell'applicazione di forze statiche equivalenti alle forze di inerzia indotte dall'azione sismica e può essere effettuata per costruzioni che rispettino i requisiti specifici riportati nei paragrafi successivi, a condizione che il periodo del modo di vibrare principale nella direzione in esame ( $T_1$ ) non superi  $2,5 T_C$  o  $T_D$  e che la costruzione sia regolare in altezza.

**Per costruzioni civili o industriali che non superino i 40 m di altezza e la cui massa sia approssimativamente uniformemente distribuita lungo l'altezza,  $T_1$  può essere stimato**, in assenza di calcoli più dettagliati, utilizzando la formula seguente:

$$T_1 = C_1 \cdot H^{3/4}$$

dove:

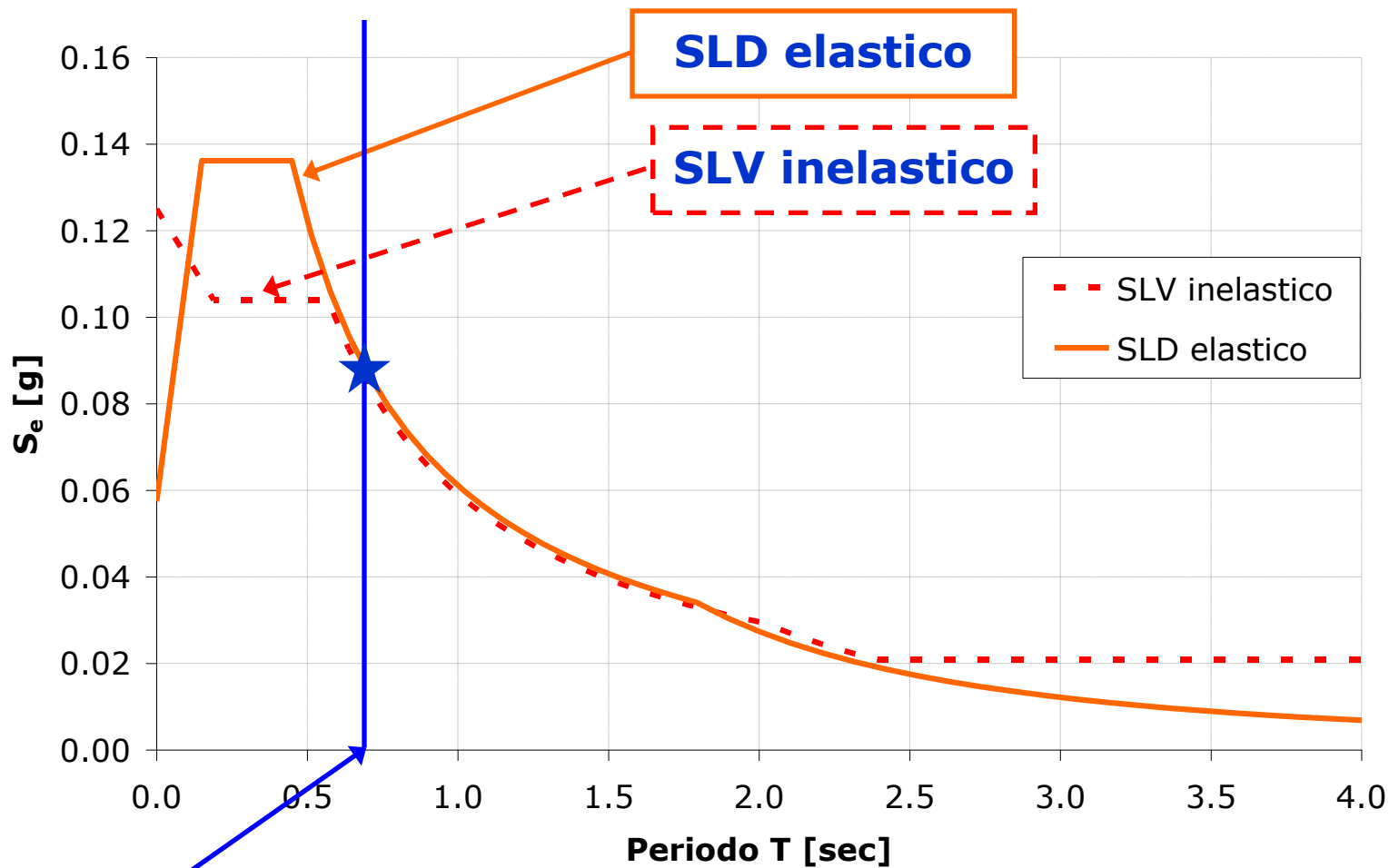
**H** è l'altezza della costruzione, in metri, dal piano di fondazione;

**$C_1$**  vale 0,085 per costruzioni con struttura a telaio in acciaio, **0,075 per costruzioni con struttura a telaio in calcestruzzo armato** e 0,050 per costruzioni con qualsiasi altro tipo di struttura.

$$T_1 = C_1 \cdot H^{3/4} = 0.075 \cdot (19m)^{3/4} = 0.68 \text{ sec}$$

# Confronto tra azione sismica ed azione del vento

## Spettri di progetto allo SLD ed allo SLV



$$T_1 = 0.68 \text{ sec}$$



$$S_d(T_1) \cong 0.09 \text{ g}$$

Accelerazione allo SLD ed allo SLV



# Confronto tra azione sismica ed azione del vento

... La forza da applicare a ciascuna massa della costruzione è data dalla formula seguente:

$$F_i = \frac{F_h \cdot z_i \cdot W_i}{\sum_j z_j \cdot W_j}$$

dove:

$$F_h = S_d \cdot (T_1) \cdot W \cdot \lambda / g$$

$F_i$  è la forza da applicare alla massa i-esima;

$W_i$  e  $W_j$  sono i pesi, rispettivamente, della massa i e della massa j;

$z_i$  e  $z_j$  sono le quote, rispetto al piano di fondazione (v. § 3.2.3.1), delle masse i e j;

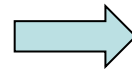
$S_d(T_1)$  è l'ordinata dello spettro di risposta di progetto definito al § 3.2.3.5;

$W$  è il peso complessivo della costruzione;

$\lambda$  è un coefficiente pari a 0,85 se la costruzione ha almeno tre orizzontamenti e se  $T_1 < 2T_C$ , pari a 1,0 in tutti gli altri casi;

$g$  è l'accelerazione di gravità.

| Impalcato | $z_i$ | $W_i$ |
|-----------|-------|-------|
|           | [m]   | [kN]  |
| I         | 2.7   | 5067  |
| II        | 6.7   | 3455  |
| III       | 9.7   | 3304  |
| IV        | 12.7  | 3304  |
| V         | 15.7  | 3304  |
| VI        | 18.7  | 2971  |



$$F_h = S_d(T_1) \cdot W \cdot \frac{\lambda}{g}$$

$$F_h = 0.09 g \cdot 21405 kN \cdot \frac{0.85}{g} = 1638 kN$$

$$W = 21405 kN$$

# Confronto tra azione sismica ed azione del vento

$$F_h = 1638 \text{ kN}$$

| Impalcato | $z_i$<br>[m] | $W_i$<br>[kN] | $F_i$<br>[kN] |
|-----------|--------------|---------------|---------------|
| I         | 2.7          | 5067          | 103           |
| II        | 6.7          | 3455          | 173           |
| III       | 9.7          | 3304          | 240           |
| IV        | 12.7         | 3304          | 314           |
| V         | 15.7         | 3304          | 389           |
| VI        | 18.7         | 2971          | 416           |

$$F_i = \frac{F_h \cdot z_i \cdot W_i}{\sum_j z_j \cdot W_j}$$

$$\sum_j z_j \cdot W_j = 218270 \text{ kN}$$

