



UNIONE EUROPEA  
P.O. FESR Puglia 2007-2013

REGIONE PUGLIA  
Assessorato alle Infrastrutture  
Strategiche e Mobilità



[www.ferrovienordbarese.it](http://www.ferrovienordbarese.it)

**FERROTRAMVIARIA S.p.A.**

REGIONE PUGLIA - ASSESSORATO ALLE  
INFRASTRUTTURE STRATEGICHE E MOBILITA'

Delibera G.R. n°744 del 13/05/2008

Decisione UE (C) 2012 n.2740 del 27/04/2012

**GRANDE PROGETTO: "ADEGUAMENTO FERROVIARIO  
DELL'AREA METROPOLITANA NORD-BARESE" (D.G.R. PUGLIA  
DEL 12/02/2008, N.146)**

**LINEA BARI - BARLETTA: OPERE DI RADDOPPIO, VELOCIZZAZIONE E  
POTENZIAMENTO NELLA TRATTA CORATO - BARLETTA, CON  
L'INTERRAMENTO DEL TRACCIATO FERROVIARIO NELL'ABITATO DI  
ANDRIA E L'INTERCONNESSIONE CON RFI NELLA STAZIONE RFI DI  
BARLETTA E BARI**

## PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione e Coordinamento



**FERROTRAMVIARIA**  
*engineering*

FERROTRAMVIARIA ENGINEERING SPA  
00162 ROMA P. WINCKELMANN 12  
70123 BARI VIA NAPOLI 161  
P.IVA 00898931001  
DIRETTORE TECNICO  
ING. BERNARDO GRILLI

RESPONSABILE TECNICO  
ING. ANTONIO DI LEO

### BARLETTA C.LE - BARLETTA SCALO

GEOTECNICA-GEOLOGIA

RELAZIONE SISMICA

SCALA

REV. DATA E AGGIORNAMENTI

0 30/06/2014

# GE-GT 04

FILES: GE-GT 04.doc

REDAZIONE

ing. Garrasi Alberto

DATA EMISSIONE

30/06/14

**FERROTRAMVIARIA S.P.A.** 00162 ROMA P. WINCKELMANN, 12 TEL 06 86210353  
DIREZIONE ESERCIZIO 70122 BARI PIAZZA ALDO MORO 50/B tel. 080/5789511 FAX 080/5235480

 <b>FERROTRAMVIARIA SpA</b>	<b>PROGETTAZIONE</b>  <b>FERROTRAMVIARIA ENGINEERING SpA</b>				
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	<b>PROGETTO GRA-BA</b>	<b>LOTTO</b>	<b>CODIFICA DOCUMENTO GE - GT 04</b>	<b>REV. 0</b>

## PROGETTO DEFINITIVO

**GRANDE PROGETTO: "ADEGUAMENTO FERROVIARIO  
DELL'AREA METROPOLITANA NORD-BARESE" (D.G.R.  
PUGLIA DEL 12/02/2008, N. 146)**

### BARLETTA CENTRALE - BARLETTA SCALO

#### RELAZIONE SISMICA

4					
3					
2					
1					
0	30.06.2014	EMISSIONE	DE BARI-GARRASI	DI LEO	GRILLI
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

 <b>FERROTRAMVIARIA SpA</b>	<b>PROGETTAZIONE</b>				
	 <b>FERROTRAMVIARIA ENGINEERING SpA</b>				
<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	<b>PROGETTO GRA-BA</b>	<b>LOTTO</b>	<b>CODIFICA DOCUMENTO GE - GT 04</b>	<b>REV. 0</b>	<b>FOGLIO 2 di 24</b>

## INDICE

1	GENERALITA'	Pag. 3
2	TETTONICA	" 3
3	SISMICITA' STORICA	" 4
4	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA	" 6
4.1	PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	" 6
4.2	RISPOSTA SISMICA LOCALE	" 7
4.2.1	Criteri generali	" 7
4.2.2	Definizione della categoria di sottosuolo	" 8
4.2.3	Coefficiente di amplificazione	" 9
5	DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO	" 9

- La numerazione delle tabelle segue quella del paragrafo principale, seguita da un numero progressivo ed eventualmente da una lettera maiuscola che, ove necessario, potrà essere seguita da un numero (ad esempio per il paragrafo 5 : TAB. 5.1 .... TAB. 5.2/A ... TAB. 5.2/B.1 - TAB. 5.2/B.2 ...)
- La numerazione delle figure segue quella del paragrafo principale, seguita da un numero progressivo ed eventualmente da una lettera maiuscola (ad esempio per il paragrafo 4 : FIG. 4.1 – FIG. 4.2/A – FIG. 4.2/B...)

 <b>FERROTRAMVIARIA SpA</b>	<b>PROGETTAZIONE</b>				
	 <b>FERROTRAMVIARIA ENGINEERING SpA</b>				
PROGETTO DEFINITIVO	PROGETTO GRA-BA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO GE - GT 04	REV. 0	FOGLIO 3 di 24

## 1. GENERALITA'

Il presente rapporto tratta gli aspetti legati alla definizione dei parametri sismici necessari alla caratterizzazione degli spettri di progetto da impiegare nel calcolo delle opere d'arte previste in progetto, di seguito sinteticamente descritte.

Barletta Scalo: realizzazione di un sottopassaggio pedonale che attraversando tutto il piazzale binari colleghi l'ingresso della stazione a Via Filannino;

Barletta Centrale: realizzazione della nuova Stazione di Barletta su Via Vittorio Veneto, con l'edificio passeggeri posto in testata al sottopassaggio pedonale esistente.

Si farà riferimento alla vigente normativa (NTC di cui al D.M. 14 Gennaio 2008); per quanto riguarda la definizione dell'azione sismica si seguirà la procedura semplificata prevista dalle NTC e basata sulle categorie di sottosuolo e sull'approccio pseudo-statico.

Le opere ricadono nel territorio del Comune di Barletta (BAT) che rientra tra quelli a sismicità medio-alta essendo classificato come Zona Sismica 2.

## 2. TETTONICA

La tettonica quaternaria ha avuto un'influenza determinante sull'assetto geomorfologico ed idrogeologico attuale della zona di Barletta, a differenza di quanto si riteneva fino ad un ventennio fa.

Utilizzando i dati dei numerosi pozzi esistenti è possibile ricostruire l'andamento delle discontinuità tettoniche sepolte basandosi sulle quote di rinvenimento del tetto del Calcare di Bari, come dimostrato da Lattanzio et al. (1992)<sup>1</sup> ed in seguito da Caldara et al. (1996)<sup>2</sup>.

A parte le chiare anticlinali in località "Case Addato", "Lovino" e "Petraro", ciò che emerge è la presenza immediatamente a valle delle Murge Basse Andriesi, di una struttura tettonica composta ad *horst* e *graben* che digrada verso il litorale adriatico e verso la bassa Valle dell'Ofanto. Tale tettonica disgiuntiva ha ribassato per fagliamento diretto il basamento mesozoico verso l'esterno ed ha probabilmente sbloccato a differenti altezze le potenti bancate dolomitiche (a bassa permeabilità) note in affioramento presso il Canale Camaggi, determinando la circolazione in pressione della falda nel Calcare di Bari.

La struttura ad *horst* e *graben* sembra configurarsi anche in prossimità della costa, proprio nelle zone di Ariscianne e Boccadoro, dove le rocce calcaree mesozoiche arrivano ad affiorare in superficie in taluni punti (ad es. a margine della S.S. n. 16 Barletta- Trani a circa 1,4 km dalla costa) per poi sprofondare sino a -30 m di profondità dal p.c. in corrispondenza della linea di riva di Ariscianne.

La recente variazione del pattern del reticolo idrografico, con deviazioni verso est del Torrente Camaggi e verso nord-ovest della foce del Fiume Ofanto, dimostra l'esistenza di movimenti tettonici olocenici (forse tra 7.000 e 8.000 anni fa) in corrispondenza di faglie sismogenetiche.

1. LATTANZIO M., SALVEMINI A. & VENTRELLA N.A. (1992) – *Le falde idriche sotterranee nel territorio comunale di Barletta (Bari-Puglia): tipizzazione e connessioni con talune problematiche idrogeologiche ed ingegneristiche*. 2° Convegno Nazionale dei Giovani Ricercatori di Geologia Applicata 30 pp., Viterbo 28-31 ottobre 1992.
2. CALDARA M., LOPEZ R. & PENNETTA L. (1996) – *L'entroterra di Barletta (Bari): considerazioni sui rapporti fra stratigrafia e morfologia*. Il Quaternario, 9(1), 337-344.

 <b>FERROTRAMVIARIA SpA</b>	<b>PROGETTAZIONE</b>  <b>FERROTRAMVIARIA ENGINEERING SpA</b>				
	PROGETTO DEFINITIVO	PROGETTO GRA-BA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO GE - GT 04	REV. 0

### 3. SISMICITÀ STORICA

Le opere di progetto ricadono in una zona con una storia sismica significativa – tanto per la frequenza che per l'intensità dei terremoti – in conseguenza della prossimità alle aree dell'Appennino Meridionale interessate da elevata attività neotettonica, come pure alle regioni dei Balcani affette da notevole attività sismica.

In TABELLA 3.1 è riportata la storia sismica di Barletta tratta dal Database Macrosismico Italiano 2011 - NGV - DBMI 11 che raccoglie i dati di oltre 58.000 osservazioni macrosismiche riferite a 14.161 località disponibili tra il 1000 e il 2011 per terremoti che superano la soglia del danno. Per ogni evento è riportato il valore dell'intensità sismica risentita localmente (*Is*) in scala MCS, la data e l'ora, il sito epicentrale con la relativa intensità sismica (*Io*, in scala MCS) e la corrispondente magnitudo (*Mw*). L'elencazione procede temporalmente a partire dal passato verso il presente. Una rappresentazione grafica dei principali eventi di tabella (quelli che superano la soglia del danno) è riportata in Fig. 3.1 (dove l'intensità "Int" sull'asse delle ordinate equivale ad *Is* di TAB. 3.1).

TABELLA 3.1 : STORIA SISMICA DI BARLETTA  
[41.318, 16.279]  
DBMI 11 (INGV – Database Macrosismico Italiano 2011)  
Numero eventi registrati : 32

EFFETTI LOCALI	IN OCCASIONE DEL TERREMOTO DEL					
	Is	Anno Me Gio Ora	Area epicentrale	Np	Io	Mw
	6	1456 12 05	MOLISE	199	11	7.22 ±0.13
	8	1560 05 11 04:40	Barletta-Bisceglie	7	8	5.56 ±0.57
	6-7	1689 09 21	BARLETTA	3	6-7	4.93 ±0.34
	6	1694 09 08 11:40	Irpinia-Basilicata	251	10	6.79 ±0.10
	6-7	1720 06 07	PUGLIA SETTENTRIONALE	7	6-7	5.32 ±0.61
	7-8	1731 03 20 03:00	Foggiano	50	9	6.53 ±0.25
	6-7	1731 10 17	FOGGIA	4	6-7	4.93 ±0.34
	7-8	1743 02 20 16:30	Basso Ionio	77	9	7.13 ±0.19
	6-7	1851 08 14 13:20	Basilicata	103	10	6.38 ±0.17
	F	1851 08 14 14:40	Melfi	10		
	6-7	1857 12 16 21:15	Basilicata	340	11	7.03 ±0.08
	7	1875 12 06	S.MARCO IN LAMIS	97	8	5.98 ±0.16
	NF	1905 11 26 06:48:44	Irpinia	136	7-8	5.21 ±0.13
	5	1910 06 07 02:04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.73 ±0.09
	3	1913 10 04 18:26	Matese	205	7-8	5.37 ±0.11
	NF	1915 01 13 06:52	Avezzano	1041	11	7.00 ±0.09
	3	1919 10 21 00:24:50	Gargano	28	5-6	5.09 ±0.26
	4	1925 08 25 05:10:48	Gargano	14	5	4.92 ±0.26
	5-6	1930 07 23 00:08:43	Irpinia	547	10	6.62 ±0.09
	3	1931 12 03 09:32	CERIGNOLA	12	6	4.62 ±0.30
	4	1951 01 16 01:11:48	Gargano	73	7	5.35 ±0.20
	NF	1963 02 13 12:45:27	TITO	31	7	5.20 ±0.26
	3	1967 12 09 03:09	Adriatico Meridionale	22		
	6	1975 06 19 10:11:14	MATTINATELLA	15	6	5.18 ±0.28
	5	1980 11 23 18:34:52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.89 ±0.09
	NF	1984 04 29 05:02:60	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7	5.65 ±0.09
	3-4	1988 04 26 00:53:44	Adriatico centrale	78		5.39 ±0.09
	4-5	1990 05 05 07:21:22	Potentino	1374		5.80 ±0.09
	3-4	1991 05 26 12:26:01	Potentino	597	7	5.11 ±0.09
	4-5	1995 09 30 10:14:34	Gargano	145	6	5.18 ±0.09
	NF	1996 04 03 13:04:36	Irpinia	557	6	4.93 ±0.09
	4	2006 05 29 02:20:06	Promontorio del Gargano	384	5-6	4.63 ±0.09

LEGENDA:

**Is** intensità sismica risentita localmente, in scala MCS  
**Io** intensità sismica epicentrale, in scala MCS

 <b>FERROTRAMVIARIA SpA</b>	<b>PROGETTAZIONE</b>  <b>FERROTRAMVIARIA ENGINEERING SpA</b>				
	PROGETTO DEFINITIVO	PROGETTO GRA-BA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO GE - GT 04	REV. 0

<b>Mw</b>	magnitudo
<b>D</b>	danno ( <b>damage</b> ) non precisabile (indicativamente $I > 6$ )
<b>DE</b>	distruzione ( <b>destruction</b> ) di entità non precisabile (indicativamente $I > 9$ )
<b>F</b>	avvertito ( <b>felt</b> ); in genere si esclude che vi siano danni ( $I < 6$ )
<b>NF</b>	non avvertito ( <b>not felt</b> ); in caso di esplicita segnalazione in tal senso è equiparabile a $I = 1$
<b>NR</b>	non segnalato ( <b>not reported</b> ); utilizzato a volte per segnalare che nelle fonti non vi è menzione di effetti per quella data località;
<b>SW</b>	effetti marini anomali ( <b>sea waves</b> ); indica maremoto o comunque effetti anomali in mare, in prossimità della località cui vengono riferiti
<b>EE</b>	effetti sull'ambiente ( <b>environment effects</b> ) in prossimità della località cui vengono riferiti;
<b>NC</b>	non classificato ( <b>not classified</b> ); indica una informazione non classificabile in termini di intensità o con i codici utilizzati
<b>RS</b>	registrazione strumentale; alcuni studi riportano questa informazione, non utilizzabile dal punto di vista macrosismico, che tuttavia si è preferito conservare.

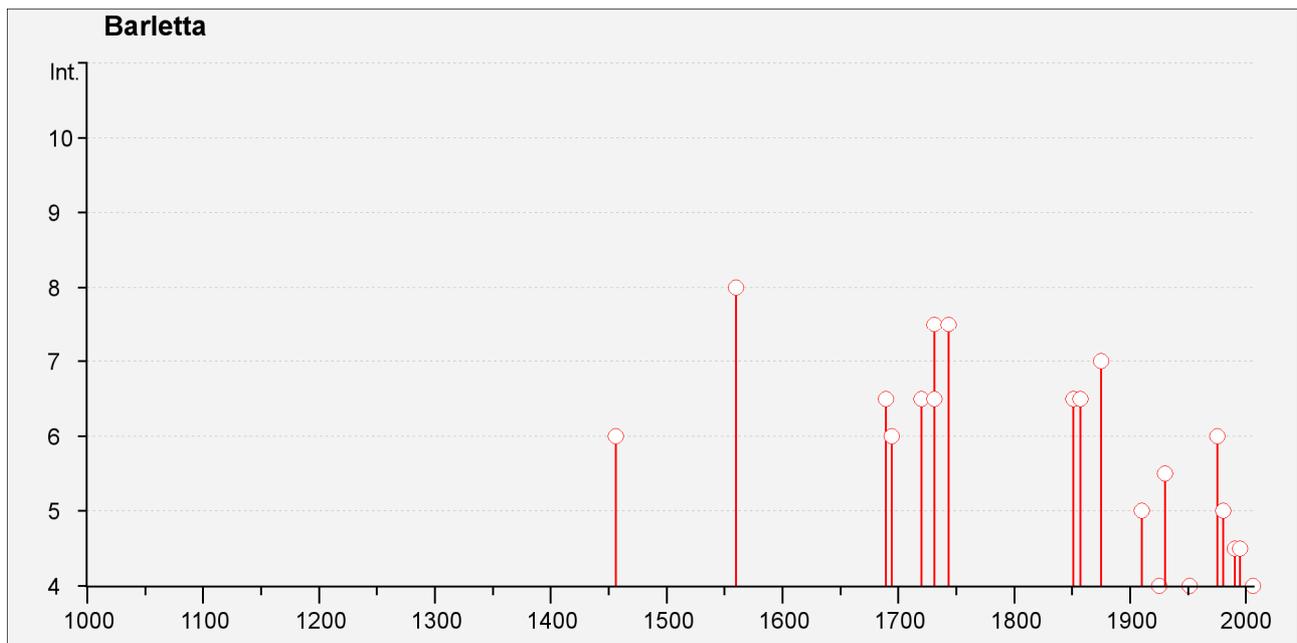


FIGURA 3.1 Storia sismica di Barletta

 <b>FERROTRAMVIARIA SpA</b>	<b>PROGETTAZIONE</b>  <b>FERROTRAMVIARIA ENGINEERING SpA</b>				
	PROGETTO DEFINITIVO	PROGETTO GRA-BA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO GE - GT 04	REV. 0

#### 4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

##### 4.1 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

La normativa prevede che le azioni sismiche di progetto vengano determinate mediante la preliminare definizione della "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, che è funzione delle coordinate geografiche e del tempo di ritorno, funzione a sua volta dello stato limite considerato.

Noti questi parametri, la pericolosità sismica di base è individuata attraverso la terna dei seguenti parametri relativi ad un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale e ad una data probabilità di superamento (o periodo di ritorno):

$a_g$  = accelerazione sismica massima attesa

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

$T_C^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante.

I valori dei parametri  $a_g$  ed  $F_0$  relativi alla pericolosità sismica su reticolo geografico di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate nell'ALLEGATO B al Testo unico 2008; da questi si ricavano per interpolazione i valori di una qualsiasi località (esistono al riguardo molti software "dedicati", oltre a quello messo a disposizione sul sito del Ministero LL.PP.).

Il tempo di ritorno è valutato in funzione della Vita di riferimento  $V_R$  ed in base alla corrispondente probabilità del suo superamento allo stato limite che si intende verificare. La vita di riferimento  $V_R$  viene calcolata in funzione della Vita nominale  $V_N$  (vedi prospetto sottostante) e del coefficiente d'uso  $C_U$  (se  $V_R \leq 35$  anni si pone comunque = 35 anni) :

$$V_R = V_N \times C_U$$

VITA NOMINALE $V_N$		
(indica in numero di anni nel quale la struttura deve essere usata per lo scopo per cui è progettata)		
Tipi di costruzione		Vita nominale $V_N$ (in anni)
1 Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva1		$\leq 10$
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		$\geq 100$

(da Tab. 2.4.I Norme Tecniche 2008)

COEFFICIENTE D'USO $C_U$		
(in base alla classe d'uso della struttura in funzione del livello di affollamento e dell'interesse strategico)		
CLASSE D'USO		Coefficiente d'uso $C_U$
I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.	0.7
II	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. 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.	1.0
III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. 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.	1.5
IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. 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.	2.0

(da Tab. 2.4.II Norme Tecniche 2008)

 <b>FERROTRAMVIARIA SpA</b>	<b>PROGETTAZIONE</b>  <b>FERROTRAMVIARIA ENGINEERING SpA</b>				
	PROGETTO DEFINITIVO	PROGETTO GRA-BA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO GE - GT 04	REV. 0

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite sono definiti riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso includendo elementi strutturali, non strutturali ed impianti. La probabilità di superamento dell'azione sismica di progetto nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  è definita in funzione degli stati limite considerati:

STATI LIMITE		$P_{VR}$ Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO SLD	81 % 63 %
Stati limite ultimi	SLV SLC	10 % 5 %

(da Tab. 3.2.1 Norme Tecniche 2008)

Fissata quindi la vita di riferimento e lo stato limite si ricava il tempo di ritorno:

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

## 4.2 RISPOSTA SISMICA LOCALE

### 4.2.1 Criteri generali

Per definire l'azione sismica di progetto è necessario valutare la "Risposta Sismica Locale" e cioè quelle modifiche che un segnale sismico subisce rispetto a quello di base di un sito di riferimento rigido e con superficie topografica orizzontale. Con l'approccio semplificato è sufficiente definire la categoria di sottosuolo (da cui dipende il coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$  : vedi TAB. 4.3) e la categoria topografica (da cui dipende il coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  : vedi TAB. 4.4); si perviene in tal modo alla definizione dell'accelerazione massima orizzontale al sito:

$$a_{max} = a_g \times S_T \times S_s$$

CATEGORIA SOTTOSUOLO	$S_s$
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 (F_0 (a_g / g)) < 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 (F_0 (a_g / g)) < 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 (F_0 (a_g / g)) < 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 (F_0 (a_g / g)) < 1,60$

(da Tab. 3.2.V – Norme Tecniche 2008)

Si osserva che in tabella non compaiono i terreni di fondazione delle categorie S1 ed S2 (vedi par. 4.2.2) per i quali la norma prescrive di realizzare specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche.

 <b>FERROTRAMVIARIA SpA</b>	<b>PROGETTAZIONE</b>  <b>FERROTRAMVIARIA ENGINEERING SpA</b>				
	PROGETTO DEFINITIVO	PROGETTO GRA-BA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO GE - GT 04	REV. 0

TABELLA 4.4 : COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA ( $S_T$ )

(Si applica per dislivelli topografici maggiori di 30 m e con pendenza  $i$  maggiore di  $15^\circ$ ; dipende dalla condizione topografica dell'opera e varia in funzione della pendenza del pendio e della localizzazione dell'opera su di esso da 1 alla base al valore  $S_T$  riportato in tabella alla sommità)

Categoria	Caratteristiche della superfici topografica	Ubicazione dell'opera	$S_T$
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$		1
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

(da Tab. 3.2.IV e Tab. 3.2.VI - Norme Tecniche 2008)

#### 4.2.2 Definizione della categoria del sottosuolo

Definita la macrozonazione (o pericolosità sismica di base) in base alle coordinate geografiche del sito, la norma prevede che la risposta sismica locale possa essere individuata mediante l'approccio semplificato basato sulla definizione della categoria del sottosuolo, funzione della stratigrafia e della velocità di trasmissione delle onde di taglio nei primi 30 di profondità, con l'avvertenza che il piano di riferimento da cui misurare tale profondità dipende dal tipo di struttura (come specificato nel seguito) :

- Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
- Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  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 fine)
- Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  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 fine).
- Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  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 fine).
- Terreni dei sottosuoli tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento ( $V_{s30} > 800$  m/s).

essendo:  $V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}}$  dove:

- $h_i$  è lo spessore dell' $i$ -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità, a partire dal piano di posa delle fondazioni;  
 $V_{s,i}$  è la velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;  
 $N$  è il numero di strati compresi nei primi 30 m di profondità, a partire dal piano di posa delle fondazioni.

Sono invece obbligatori speciali studi di microzonazione per i terreni così definiti:

- S1. Depositi di terreni caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  inferiori a 100 m/s (ovvero  $10 < c_{u,30} < 30$  kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
- S2. Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Si precisa che il valore di  $V_{s,30}$  (come pure di  $N_{SPT,30}$  o di  $c_{u,30}$ ) non è un dato intrinseco al sottosuolo, poiché il piano iniziale di riferimento dipende dal tipo di struttura; ad esempio :

- per le strutture di fondazione  $V_{s,30}$  va calcolato a partire dal piano di fondazione;
- per le paratie ed i muri di sostegno  $V_{s,30}$  va calcolato a partire dalla sommità del muro;

 <b>FERROTRAMVIARIA SpA</b>	<b>PROGETTAZIONE</b>  <b>FERROTRAMVIARIA ENGINEERING SpA</b>				
	PROGETTO DEFINITIVO	PROGETTO GRA-BA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO GE - GT 04	REV. 0

- per i muri di contenimento di terrapieni artificiali  $V_{S,30}$  va calcolato a partire dal piano di fondazione del muro;
- per le trincee, ai fini dell'analisi di stabilità sotto sisma,  $V_{S,30}$  va calcolato a partire dalla sommità dello scavo.

Nel caso in esame il sottosuolo è costituito da una coltre metrica di riporti e quindi da depositi di sabbie argillose, talora con ghiaia, ed argille con limo e sabbia sino alla massima profondità indagata di 40 m. Per la determinazione di  $V_{S,30}$  in ognuna delle due aree è stato eseguito un profilo sismico sino alla profondità di 40.00 m dal piano campagna, mediante prove Down-Hole entro i fori dei sondaggi opportunamente attrezzati (S1-DH1 ed S4-DH2 rispettivamente per Barletta Scalo e Barletta Centrale). I risultati di tali prove, unitamente a quelli di tutta la campagna di indagine, sono contenuti nel fascicolo delle Indagini (GE-GT 02) mentre il valore di  $V_{S,30}$  è stato determinato nella relazione geotecnica (GT 01) in base alle caratteristiche delle strutture. Si è ottenuto:

Barletta Scalo : sottopasso pedonale

□  $V_{S,30} \approx 360$  m/sec ⇒ suolo di Categoria C.

Barletta Scalo : rampe di accesso su Via Filannino

□  $V_{S,30} \approx 271$  m/sec ⇒ suolo di Categoria C.

Barletta Centrale

□  $V_{S,30} \approx 360$  m/sec ⇒ suolo di Categoria C.

#### 4.2.3 Coefficiente di amplificazione

Come visto al paragrafo 4.2.1, nell'approccio semplificato il coefficiente di amplificazione  $S$  è dato dal prodotto tra il coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_S$  e quello di amplificazione topografica  $S_T$ . Nella fattispecie, per entrambi i siti risulta:

□  $S_S = 1.5$  perché il suolo è di Categoria C.

□  $S_T = 1.0$  perché le opere insistono su un'area pianeggiante (categoria T1)

in definitiva si ha:  $S = S_T \times S_S = 1.5$

 <b>FERROTRAMVIARIA SpA</b>	<b>PROGETTAZIONE</b>  <b>FERROTRAMVIARIA ENGINEERING SpA</b>				
	PROGETTO DEFINITIVO	PROGETTO GRA-BA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO GE - GT 04	REV. 0

## 5. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Definita la categoria di sottosuolo e quella topografica è possibile definire, per i vari stati limite, l'accelerazione massima orizzontale al sito e gli altri parametri dello spettro di risposta, da assumere in progetto. L'opera viene progettata con le seguenti assunzioni, con l'avviso che sono state scelte le coordinate geografiche del sito per le quali è massima l'azione sismica su suolo rigido (Barletta Scalo) :

- costruzione tipo 3 : Opere strategiche
- $V_N = 100$  anni
- Classe d'uso : III  $\Rightarrow C_U = 1.5$
- $V_R = 150$  anni
- latitudine: 41,308349° Nord
- longitudine : 16,285093° Est

Conseguentemente si determina l'azione sismica di progetto percorrendo i passaggi illustrati nei paragrafi precedenti:

**fase 1** individuazione della pericolosità sismica di base - spettri di risposta elastici e parametri sismici associati a diversi periodi di ritorno, su suolo rigido (TAB. 5.1/A-B-C)

**fase 2** scelta della strategia di progettazione - spettri di risposta elastici, parametri sismici e periodi di ritorno associati ai vari stati limite, su suolo rigido (TAB. 5.2/A-B-C)

**fase 3** determinazione dell'azione sismica di progetto - spettri di risposta e parametri sismici associati ai vari stati limite, sul sito reale (TAB. 5.3/A-B ..... etc. )

**TABELLA 5.1/A : INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITA' DEL SITO**

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITA' DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:  LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta

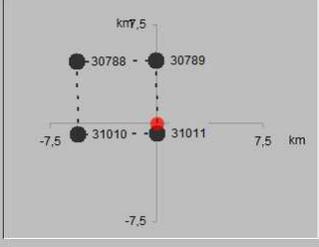
Variabilità dei parametri

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri

Reticolo di riferimento

Nodi del reticolo intorno al sito



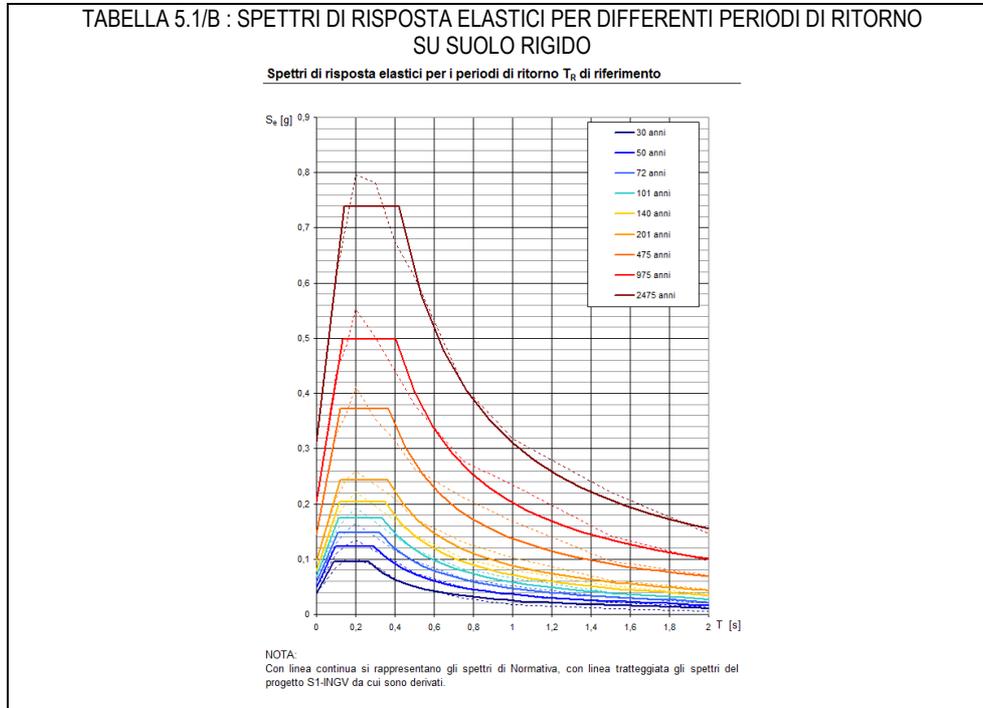


**Controllo sul reticolo**

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

**Interpolazione**

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3



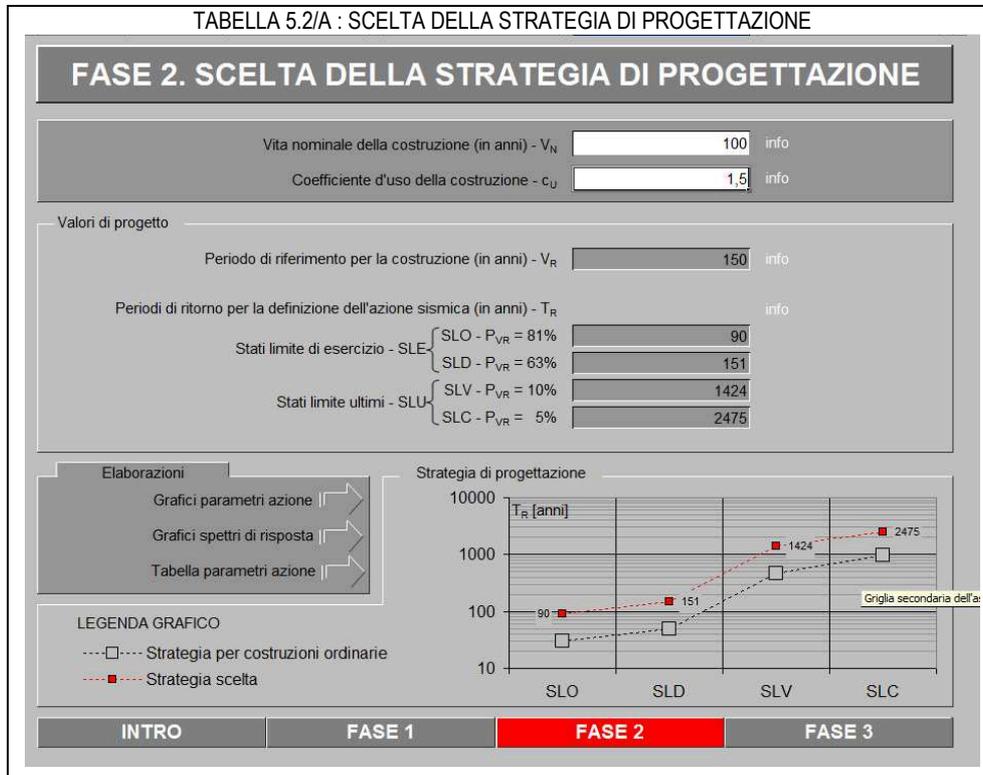
**TABELLA 5.1/C: PARAMETRI SISMICI RAPPRESENTATIVI PER DIFFERENTI PERIODI DI RITORNO SU SUOLO RIGIDO**

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0,038	2,521	0,267
50	0,048	2,561	0,293
72	0,059	2,524	0,322
101	0,069	2,533	0,335
140	0,080	2,554	0,351
201	0,097	2,506	0,362
475	0,145	2,567	0,369
975	0,203	2,454	0,406
2475	0,313	2,362	0,419

essendo:

- $a_g$  = accelerazione sismica massima attesa su sito rigido
- $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- $T_C^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante (in secondi)
- $T_R$  = periodo di ritorno, in anni.



**TABELLA 5.2/B : PARAMETRI SISMICI RAPPRESENTATIVI E PERIODI DI RITORNO ASSOCIATI A CIASCUN STATO LIMITE, PER SUOLO RIGIDO**

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL**

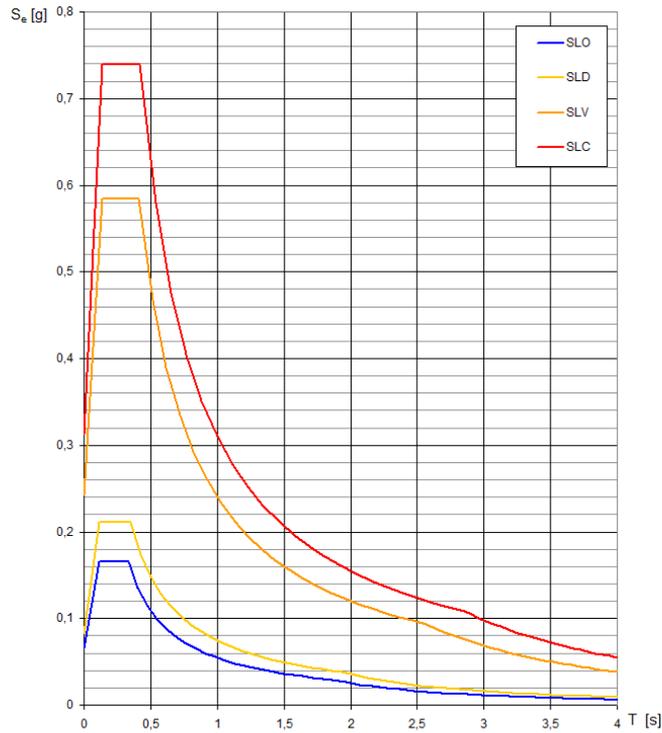
SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	90	0,065	2,530	0,331
SLD	151	0,083	2,544	0,353
SLV	1424	0,242	2,416	0,411
SLC	2475	0,313	2,362	0,419

essendo:

- $a_g$  = accelerazione sismica massima attesa su sito rigido
- $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- $T_C^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante (in secondi)
- $T_R$  = periodo di ritorno, in anni.

**TABELLA 5.2/C : SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI ASSOCIATI A CIASCUN STATO LIMITE PER SUOLO RIGIDO**

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



**TABELLA 5.3/A : DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO - SLV**

**FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO**

**Stato Limite**  
Stato Limite considerato: **SLV** info

**Risposta sismica**  
 Categoria di sottosuolo: **C** info       $S_B = 1,349$        $C_C = 1,408$  info  
 Categoria topografica: **T1** info       $h/H = 0,000$        $S_T = 1,000$  info  
(h= quota sito, H= altezza rilievo)

**Compon. orizzontale**  
 Spettro di progetto elastico (SLE)      Smorzamento  $\xi$  (%) : **5**       $\eta = 1,000$  info  
 Spettro di progetto inelastico (SLU)      Fattore  $q_o$  : **1**      Regol. in altezza : **no** info

**Compon. verticale**  
 Spettro di progetto      Fattore  $q$  : **1,5**       $\eta = 0,667$  info

**Elaborazioni**

**Spettri di risposta**

$S_{d,o}$  [g] 1,20  
 $S_{d,v}$  [g] 1,00  
 $S_e$  [g] 0,80  
0,60  
0,40  
0,20  
0,00

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

0      1      2      3      4 T [s]

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

 <b>FERROTRAMVIARIA SpA</b>	<b>PROGETTAZIONE</b>  <b>FERROTRAMVIARIA ENGINEERING SpA</b>				
	PROGETTO DEFINITIVO	PROGETTO GRA-BA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO GE - GT 04	REV. 0

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

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,242 g
$F_o$	2,416
$T_C$	0,411 s
$S_S$	1,349
$C_C$	1,408
$S_T$	1,000
$q$	0,800

#### Parametri dipendenti

$S$	1,349
$\eta$	1,250
$T_B$	0,193 s
$T_C$	0,579 s
$T_D$	2,568 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

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

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

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

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

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

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

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

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

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,327
$T_B$	0,193	0,986
$T_C$	0,579	0,986
	0,674	0,847
	0,768	0,743
	0,863	0,661
	0,958	0,596
	1,052	0,542
	1,147	0,498
	1,242	0,460
	1,337	0,427
	1,431	0,399
	1,526	0,374
	1,621	0,352
	1,716	0,333
	1,810	0,315
	1,905	0,300
	2,000	0,285
	2,095	0,273
	2,189	0,261
	2,284	0,250
	2,379	0,240
	2,473	0,231
$T_D$	2,568	0,222
	2,636	0,211
	2,705	0,200
	2,773	0,191
	2,841	0,182
	2,909	0,173
	2,977	0,165
	3,045	0,158
	3,114	0,151
	3,182	0,145
	3,250	0,139
	3,318	0,133
	3,386	0,128
	3,455	0,123
	3,523	0,118
	3,591	0,114
	3,659	0,109
	3,727	0,106
	3,795	0,102

 <b>FERROTRAMVIARIA SpA</b>	<b>PROGETTAZIONE</b>  <b>FERROTRAMVIARIA ENGINEERING SpA</b>				
	PROGETTO DEFINITIVO	PROGETTO GRA-BA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO GE - GT 04	REV. 0

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

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_{gv}$	0,161 g
$S_S$	1,000
$S_T$	1,000
$q$	1,500
$T_B$	0,050 s
$T_C$	0,150 s
$T_D$	1,000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1,605
$S$	1,000
$\eta$	0,667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

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

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

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

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

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,161
$T_B \leftarrow$	0,050	0,259
$T_C \leftarrow$	0,150	0,259
	0,235	0,165
	0,320	0,121
	0,405	0,096
	0,490	0,079
	0,575	0,068
	0,660	0,059
	0,745	0,052
	0,830	0,047
	0,915	0,042
$T_C \leftarrow$	1,000	0,039
	1,094	0,032
	1,188	0,028
	1,281	0,024
	1,375	0,021
	1,469	0,018
	1,563	0,016
	1,656	0,014
	1,750	0,013
	1,844	0,011
	1,938	0,010
	2,031	0,009
	2,125	0,009
	2,219	0,008
	2,313	0,007
	2,406	0,007
	2,500	0,006
	2,594	0,006
	2,688	0,005
	2,781	0,005
	2,875	0,005
	2,969	0,004
	3,063	0,004
	3,156	0,004
	3,250	0,004
	3,344	0,003
	3,438	0,003
	3,531	0,003
	3,625	0,003
	3,719	0,003

	<b>FERROTRAMVIARIA SpA</b>		<b>PROGETTAZIONE</b>		
			<b>FERROTRAMVIARIA ENGINEERING SpA</b>		
PROGETTO DEFINITIVO	PROGETTO GRA-BA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO GE - GT 04	REV. 0	FOGLIO 16 di 24

TABELLA 5.3/B : DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO - SLC

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

**Stato Limite**

Stato Limite considerato SLC info

**Risposta sismica**

Categoria di sottosuolo C info       $S_S = 1,257$        $C_C = 1,399$  info

Categoria topografica T1 info       $h/H = 0,000$        $S_T = 1,000$  info

(h=quota sito, H=altezza rilievo)

**Compon. orizzontale**

Spettro di progetto elastico (SLE)      Smorzamento  $\xi$  (%) 5       $\eta = 1,000$  info

Spettro di progetto inelastico (SLU)      Fattore  $q_0$  1      Regol. in altezza no info

**Compon. verticale**

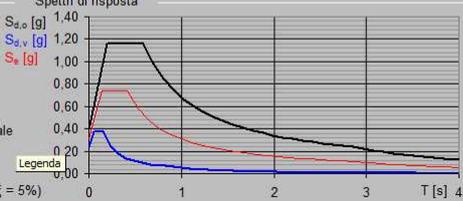
Spettro di progetto      Fattore  $q$  1.5       $\eta = 0,667$  info

**Elaborazioni**

Grafici spettri di risposta ▶

Parametri e punti spettri di risposta ▶

Spettri di risposta



$S_{d,o}$  [g]     $S_{d,v}$  [g]     $S_e$  [g]

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

Legenda

INTRO   
 FASE 1   
 FASE 2   
 FASE 3

 <b>FERROTRAMVIARIA SpA</b>	<b>PROGETTAZIONE</b>  <b>FERROTRAMVIARIA ENGINEERING SpA</b>				
	PROGETTO DEFINITIVO	PROGETTO GRA-BA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO GE - GT 04	REV. 0

### Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite:SLC

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLC
$a_g$	0,313 g
$F_o$	2,362
$T_C$	0,419 s
$S_S$	1,257
$C_C$	1,399
$S_T$	1,000
$q$	0,800

#### Parametri dipendenti

$S$	1,257
$\eta$	1,250
$T_B$	0,196 s
$T_C$	0,587 s
$T_D$	2,851 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

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

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

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

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

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

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

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

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

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,393
$T_B$ ←	0,196	1,161
$T_C$ ←	0,587	1,161
	0,694	0,980
	0,802	0,849
	0,910	0,748
	1,018	0,669
	1,126	0,605
	1,234	0,552
	1,342	0,508
	1,449	0,470
	1,557	0,437
	1,665	0,409
	1,773	0,384
	1,881	0,362
	1,989	0,342
	2,096	0,325
	2,204	0,309
	2,312	0,294
	2,420	0,281
	2,528	0,269
	2,636	0,258
	2,744	0,248
$T_D$ ←	2,851	0,239
	2,906	0,230
	2,961	0,221
	3,016	0,213
	3,070	0,206
	3,125	0,199
	3,180	0,192
	3,234	0,186
	3,289	0,179
	3,344	0,174
	3,398	0,168
	3,453	0,163
	3,508	0,158
	3,562	0,153
	3,617	0,148
	3,672	0,144
	3,727	0,140
	3,781	0,136
	3,836	0,132

	<b>FERROTRAMVIARIA SpA</b>		<b>PROGETTAZIONE</b>		
			 <b>FERROTRAMVIARIA ENGINEERING SpA</b>		
PROGETTO DEFINITIVO	PROGETTO GRA-BA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO GE - GT 04	REV. 0	FOGLIO 18 di 24

### Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLC

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLC
$a_{qv}$	0,236 g
$S_s$	1,000
$S_T$	1,000
$q$	1,500
$T_B$	0,050 s
$T_C$	0,150 s
$T_D$	1,000 s

#### Parametri dipendenti

$F_v$	1,783
$S$	1,000
$\eta$	0,667

#### Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,236
$T_B \leftarrow$	0,050	0,372
$T_C \leftarrow$	0,150	0,372
	0,235	0,237
	0,320	0,174
	0,405	0,138
	0,490	0,114
	0,575	0,097
	0,660	0,085
	0,745	0,075
	0,830	0,067
	0,915	0,061
$T_D \leftarrow$	1,000	0,056
	1,094	0,047
	1,188	0,040
	1,281	0,034
	1,375	0,030
	1,469	0,026
	1,563	0,023
	1,656	0,020
	1,750	0,018
	1,844	0,016
	1,938	0,015
	2,031	0,014
	2,125	0,012
	2,219	0,011
	2,313	0,010
	2,406	0,010
	2,500	0,009
	2,594	0,008
	2,688	0,008
	2,781	0,007
	2,875	0,007
	2,969	0,006
	3,063	0,006
	3,156	0,006
	3,250	0,005
	3,344	0,005
	3,438	0,005
	3,531	0,004
	3,625	0,004
	3,719	0,004

	<b>FERROTRAMVIARIA SpA</b>		<b>PROGETTAZIONE</b>		
			<b>FERROTRAMVIARIA ENGINEERING SpA</b>		
PROGETTO DEFINITIVO	PROGETTO GRA-BA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO GE - GT 04	REV. 0	FOGLIO 19 di 24

**TABELLA 5.3/C : DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO - SLO**

**FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO**

Stato Limite  
Stato Limite considerato: **SLO** info

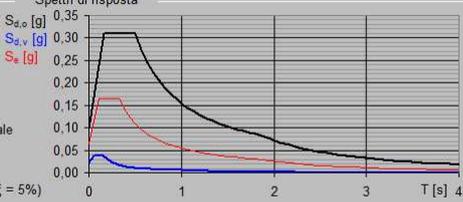
Risposta sismica  
 Categoria di sottosuolo: **C** info  $S_g = 1,500$   $C_c = 1,513$  info  
 Categoria topografica: **T1** info  $h/H = 0,000$   $S_T = 1,000$  info  
(h=quota sito, H=altezza rilievo)

Compon. orizzontale  
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento  $\xi$  (%): **5**  $\eta = 1,000$  info  
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore  $q_c$ : **1** Regol. in altezza: **no** info

Compon. verticale  
 Spettro di progetto Fattore  $q$ : **1,5**  $\eta = 0,667$  info

Elaborazioni  
 Grafici spettri di risposta  
 Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



$S_{d,h}$  [g]  
 $S_{d,v}$  [g]  
 $S_e$  [g]

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

**INTRO**    **FASE 1**    **FASE 2**    **FASE 3**

 <b>FERROTRAMVIARIA SpA</b>	<b>PROGETTAZIONE</b>  <b>FERROTRAMVIARIA ENGINEERING SpA</b>				
	PROGETTO DEFINITIVO	PROGETTO GRA-BA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO GE - GT 04	REV. 0

### Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLO

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
$a_g$	0,065 g
$F_0$	2,530
$T_C$	0,331 s
$S_S$	1,500
$C_C$	1,513
$S_T$	1,000
$q$	0,800

#### Parametri dipendenti

$S$	1,500
$\eta$	1,250
$T_B$	0,167 s
$T_C$	0,500 s
$T_D$	1,861 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

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

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

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

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

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

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

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

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

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,098
$T_B$ ←	0,167	0,310
$T_C$ ←	0,500	0,310
	0,565	0,274
	0,630	0,246
	0,695	0,223
	0,760	0,204
	0,824	0,188
	0,889	0,174
	0,954	0,163
	1,019	0,152
	1,084	0,143
	1,148	0,135
	1,213	0,128
	1,278	0,121
	1,343	0,115
	1,408	0,110
	1,472	0,105
	1,537	0,101
	1,602	0,097
	1,667	0,093
	1,732	0,090
	1,797	0,086
$T_D$ ←	1,861	0,083
	1,963	0,075
	2,065	0,068
	2,167	0,061
	2,269	0,056
	2,371	0,051
	2,472	0,047
	2,574	0,044
	2,676	0,040
	2,778	0,037
	2,880	0,035
	2,982	0,032
	3,083	0,030
	3,185	0,028
	3,287	0,027
	3,389	0,025
	3,491	0,024
	3,593	0,022
	3,694	0,021

 <b>FERROTRAMVIARIA SpA</b>	<b>PROGETTAZIONE</b>  <b>FERROTRAMVIARIA ENGINEERING SpA</b>				
	PROGETTO DEFINITIVO	PROGETTO GRA-BA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO GE - GT 04	REV. 0

### Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLO

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
$a_{qv}$	0,023 g
$S_S$	1,000
$S_T$	1,000
$q$	1,500
$T_B$	0,050 s
$T_C$	0,150 s
$T_D$	1,000 s

#### Parametri dipendenti

$F_v$	0,873
$S$	1,000
$\eta$	0,667

#### Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,023
$T_B \leftarrow$	0,050	0,038
$T_C \leftarrow$	0,150	0,038
	0,235	0,024
	0,320	0,018
	0,405	0,014
	0,490	0,012
	0,575	0,010
	0,660	0,009
	0,745	0,008
	0,830	0,007
	0,915	0,006
$T_D \leftarrow$	1,000	0,006
	1,094	0,005
	1,188	0,004
	1,281	0,003
	1,375	0,003
	1,469	0,003
	1,563	0,002
	1,656	0,002
	1,750	0,002
	1,844	0,002
	1,938	0,002
	2,031	0,001
	2,125	0,001
	2,219	0,001
	2,313	0,001
	2,406	0,001
	2,500	0,001
	2,594	0,001
	2,688	0,001
	2,781	0,001
	2,875	0,001
	2,969	0,001
	3,063	0,001
	3,156	0,001
	3,250	0,001
	3,344	0,001
	3,438	0,000
	3,531	0,000
	3,625	0,000
	3,719	0,000

	<b>FERROTRAMVIARIA SpA</b>		<b>PROGETTAZIONE</b>		
				<b>FERROTRAMVIARIA ENGINEERING SpA</b>	
PROGETTO DEFINITIVO	PROGETTO GRA-BA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO GE - GT 04	REV. 0	FOGLIO 22 di 24

TABELLA 5.3/D : DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO - SLD

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

**Stato Limite**

Stato Limite considerato: SLD info

**Risposta sismica**

Categoria di sottosuolo: C info       $S_S = 1,500$        $C_C = 1,481$  info

Categoria topografica: T1 info       $h/H = 0,000$        $S_T = 1,000$  info

(h=quota sito, H=altezza rilievo)

**Compon. orizzontale**

Spettro di progetto elastico (SLE)      Smorzamento  $\xi$  (%): 5       $\eta = 1,000$  info

Spettro di progetto inelastico (SLU)      Fattore  $q_s$ : 1      Regol. in altezza: no info

**Compon. verticale**

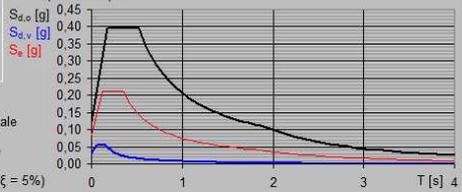
Spettro di progetto      Fattore  $q_v$ : 1,5       $\eta = 0,667$  info

**Elaborazioni**

Grafici spettri di risposta ▶

Parametri e punti spettri di risposta ▶

**Spettri di risposta**



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

INTRO   
 FASE 1   
 FASE 2   
 FASE 3

 <b>FERROTRAMVIARIA SpA</b>	<b>PROGETTAZIONE</b>  <b>FERROTRAMVIARIA ENGINEERING SpA</b>				
	PROGETTO DEFINITIVO	PROGETTO GRA-BA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO GE - GT 04	REV. 0

### Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite:SLD

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0,083 g
$F_0$	2,544
$T_C$	0,353 s
$S_S$	1,500
$C_C$	1,481
$S_T$	1,000
$q$	0,800

#### Parametri dipendenti

$S$	1,500
$\eta$	1,250
$T_B$	0,174 s
$T_C$	0,523 s
$T_D$	1,932 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

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

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

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

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

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

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

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

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

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,124
$T_B \leftarrow$	0,174	0,396
$T_C \leftarrow$	0,523	0,396
	0,590	0,351
	0,657	0,315
	0,724	0,286
	0,791	0,262
	0,858	0,241
	0,925	0,224
	0,992	0,208
	1,059	0,195
	1,127	0,184
	1,194	0,173
	1,261	0,164
	1,328	0,156
	1,395	0,148
	1,462	0,141
	1,529	0,135
	1,596	0,130
	1,664	0,124
	1,731	0,120
	1,798	0,115
	1,865	0,111
$T_D \leftarrow$	1,932	0,107
	2,030	0,097
	2,129	0,088
	2,227	0,081
	2,326	0,074
	2,424	0,068
	2,523	0,063
	2,621	0,058
	2,720	0,054
	2,818	0,050
	2,917	0,047
	3,015	0,044
	3,114	0,041
	3,212	0,039
	3,311	0,036
	3,409	0,034
	3,508	0,032
	3,606	0,031
	3,705	0,029

	<b>FERROTRAMVIARIA SpA</b>		<b>PROGETTAZIONE</b>		
			 <b>FERROTRAMVIARIA ENGINEERING SpA</b>		
PROGETTO DEFINITIVO	PROGETTO GRA-BA	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO GE - GT 04	REV. 0	FOGLIO 24 di 24

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

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_{gv}$	0,032 g
$S_s$	1,000
$S_T$	1,000
$q$	1,500
$T_B$	0,050 s
$T_C$	0,150 s
$T_D$	1,000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	0,989
$S$	1,000
$\eta$	0,667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

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

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

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

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

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,032
$T_B \leftarrow$	0,050	0,055
$T_C \leftarrow$	0,150	0,055
	0,235	0,035
	0,320	0,026
	0,405	0,020
	0,490	0,017
	0,575	0,014
	0,660	0,012
	0,745	0,011
	0,830	0,010
	0,915	0,009
$T_D \leftarrow$	1,000	0,008
	1,094	0,007
	1,188	0,006
	1,281	0,005
	1,375	0,004
	1,469	0,004
	1,563	0,003
	1,656	0,003
	1,750	0,003
	1,844	0,002
	1,938	0,002
	2,031	0,002
	2,125	0,002
	2,219	0,002
	2,313	0,002
	2,406	0,001
	2,500	0,001
	2,594	0,001
	2,688	0,001
	2,781	0,001
	2,875	0,001
	2,969	0,001
	3,063	0,001
	3,156	0,001
	3,250	0,001
	3,344	0,001
	3,438	0,001
	3,531	0,001
	3,625	0,001
	3,719	0,001