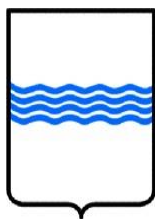


REGIONE BASILICATA



COMUNE DI TRICARICO



IMPIANTO AGRIVOLTAICO

PROGETTO REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO E RELATIVE
OPERE DI CONNESSIONE IN AGRO DI TRICARICO E GARAGUSO - MT

LOCALITA' LA FORESTA

POTENZA NOMINALE 20 MW

N. ALLEGATO

STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

COMMITTENTE

FORENZA 3 SOLAR S.R.L.S.

VIA ANNA MARIA ORTESE N. 6
85100 POTENZA

**Il Geologo
Giancristiano Franchino**



DATA: GIUGNO 2023

Rev n°

INTRODUZIONE

PROCEDURA DI CALCOLO

La procedura di calcolo adoperata da RSL per la valutazione della funzione di trasferimento presuppone come base di partenza uno o più accelerogrammi, od uno spettro di risposta in accelerazione, e la conoscenza della stratigrafia del sito attraverso i seguenti parametri geotecnici per ogni strato:

- peso per unità di volume;
- velocità di propagazione delle onde di taglio;
- coefficiente di spinta laterale;
- modulo di taglio iniziale (opzionale);
- spessore;
- indice di plasticità.

La non linearità del calcolo è introdotta dalla dipendenza del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso dalla deformazione.

Schematicamente la procedura è riassumibile nel seguente modo:

1. Valutazione dello spettro di Fourier dell'accelerogramma (omessa nel caso si debba analizzare uno spettro);
2. Ricerca di un errore relativo piccolo seguendo la procedura di:
 - 2.1. Stima della funzione di trasferimento;
 - 2.2. Valutazione della deformazione indotta in ciascuno strato;
 - 2.3. Correzione del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso per ogni strato;

Le operazioni 2.1, 2.2 e 2.3 sono ripetute fino a quando la differenza di deformazione tra un'iterazione e la precedente non rimane al di sotto di una soglia ritenuta accettabile;

3. Trasformazione inversa di Fourier dello spettro precedentemente calcolato ed opportunamente pesato per mezzo della funzione di trasferimento calcolata.

Attraverso questa procedura è possibile "trasferire" l'accelerogramma dal bedrock in superficie. La deformazione per ciascuno strato viene corretta sulla base del rapporto fra deformazione effettiva e massima come suggerito dalla letteratura scientifica, ovvero

$$\frac{\gamma_{eff}}{\gamma_{max}} = \frac{M - 1}{10}$$

dove M rappresenta la magnitudo del sisma.

Per la valutazione della funzione di trasferimento, RSL considera un suolo variamente stratificato composto da N strati orizzontali di cui l' N -esimo è il letto di roccia (bedrock). Ponendo come ipotesi che ciascuno

strato si comporti come un solido di Kelvin-Voigt $\left[\tau = G\gamma + \eta \frac{\partial \gamma(z, t)}{\partial z \partial t} \right]$, la propagazione delle onde di taglio che attraversano gli strati verticalmente può essere definita dall'equazione dell'onda:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t} \quad (1)$$

dove: u rappresenta lo spostamento; t il tempo; ρ la densità; G il modulo di deformazione al taglio; η la viscosità. Per onde armoniche lo spostamento può essere scritto come:

$$u(z, t) = U(z) e^{i\omega t} \quad (2)$$

che sostituita nella (1) pone

$$(G + i\omega\eta) \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho \omega^2 U \quad (3)$$

dove ω rappresenta la frequenza angolare. La (3) può essere riscritta come

$$G^* \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho \omega^2 U \quad (4)$$

avendo posto $G^* = G + i\omega\eta$, ovvero il modulo di deformazione al taglio *complesso*. Questo può essere ulteriormente riscritto come

$$G^* = G(1 + 2i\xi) \quad (5)$$

avendo posto

$$\eta = \frac{2G}{\omega} \xi \quad (6)$$

dove ξ rappresenta il coefficiente di smorzamento viscoso. Ciò posto, e fatta convenzione che l'apice * indica la natura complessa della variabili in gioco, la soluzione dell'equazione generica dell'onda è la seguente:

$$u(z, t) = Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)} \quad (7)$$

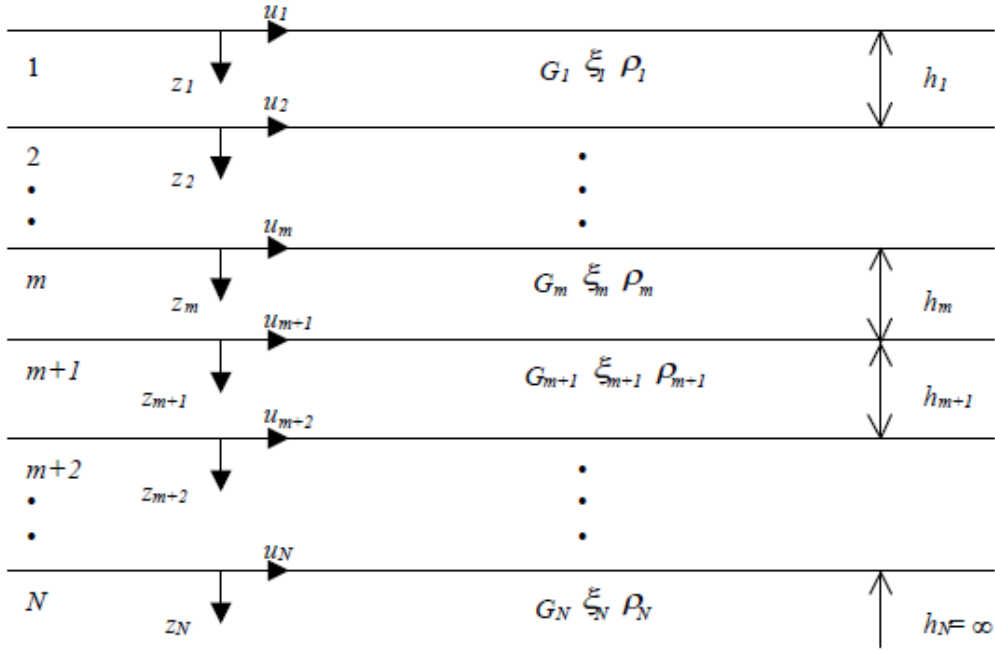


Figura 1: Esempio di stratigrafia per riferimento.

dove E e F dipendono dalle condizioni al contorno e rappresentano l'ampiezza d'onda che viaggia rispettivamente verso l'alto (-z) e verso il basso (+z), mentre k^* rappresenta il numero d'onda complesso dato dalla seguente espressione:

$$k^* = \omega \sqrt{\frac{\rho}{G^*}} \quad (8)$$

Il taglio invece è dato da:

$$\tau(z, t) = G^* \frac{dU}{dz} e^{i\omega t} = ik^* G^* [Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)}] e^{i\omega t} \quad (9)$$

Per il generico strato m di spessore h_m gli spostamenti, rispettivamente in sommità ($z = 0$) ed al fondo ($z = h_m$), sono:

$$u_m(0, t) = (E_m + F_m) e^{i\omega t} \quad (10)$$

$$u_m(h_m, t) = (E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m}) e^{i\omega t} \quad (11)$$

Poiché deve essere rispettata la congruenza sullo spostamento all'interfaccia tra gli strati, ovvero lo spostamento in sommità ad uno strato deve essere uguale allo spostamento sul fondo di quello immediatamente sopra, se ne deduce che:

$$u_m(z = h_m, t) = u_{m+1}(z = 0, t) \quad (12)$$

Usando la (10), (11) e la (12), ne consegue che

$$E_{m+1} + F_{m+1} = E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \quad (13)$$

Il taglio in sommità ed al fondo dell'm-esimo strato è dato da:

$$\tau_m(0, t) = ik_m^* G_m^* [E_m - F_m] e^{i\omega t} \quad (14)$$

$$\tau_m(h_m, t) = ik_m^* G_m^* [E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}] e^{i\omega t} \quad (15)$$

Poiché fra uno strato e l'altro il taglio deve essere continuo si ha

$$\tau_m(z = h_m, t) = \tau_{m+1}(z = 0, t) \quad (16)$$

ovvero

$$E_{m+1} - F_{m+1} = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} (E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}) \quad (17)$$

Sommando la (13) alla (17) e sottraendo la (17) alla (13) si ottiene

$$E_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 + \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 - \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (18)$$

$$F_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 - \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 + \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (19)$$

dove α_m^* rappresenta il coefficiente di impedenza complesso al contorno tra gli strati m ed $m+1$, ed è dato dalla seguente espressione:

$$\alpha_m^* = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} \quad (20)$$

Poiché in superficie il taglio è nullo,

$$\tau_1(0, t) = ik_1^* G_1^* [E_1 - F_1] e^{i\omega t} = 0$$

si deduce che $E_1 = F_1$.

Le equazioni (18) e (19) possono essere successivamente applicate agli strati successivi da 2 ad m . La funzione di trasferimento A_{mn} che lega gli spostamenti in sommità degli strati m ed n è definita dalla seguente espressione:

$$A_{mn} = \frac{u_m}{u_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (21)$$

A_{mn} rappresenta la funzione di trasferimento, ovvero la funzione che mette in relazione il modulo della deformazione tra i punti m e n .

In pratica lo stato deformativo di una stratigrafia rimane definito una volta nota la deformazione di un suo qualsiasi punto. Inoltre, poiché la velocità e l'accelerazione sono legati allo spostamento,

$$\dot{u}(z, t) = \frac{\partial u}{\partial t} = i\omega u(z, t) \quad \ddot{u}(z, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\omega^2 u(z, t) \quad (22)$$

La funzione di trasferimento A_{mn} può essere espressa anche in funzione delle velocità e dell'accelerazione al tetto degli strati n ed m :

$$A_{mn}(\omega) = \frac{u_m}{u_n} = \frac{\dot{u}_m}{\dot{u}_n} = \frac{\ddot{u}_m}{\ddot{u}_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (23)$$

La deformazione tangenziale rimane definita alla profondità z e al tempo t dalla relazione:

$$\gamma(z, t) = \frac{\partial u}{\partial z} = ik^* (E e^{ik^* z} - F e^{-ik^* z}) e^{i\omega t} \quad (24)$$

E la corrispondente tensione tangenziale, dalla seguente espressione:

$$\tau(z, t) = G^* \gamma(z, t) \quad (25)$$

Ai fini di una corretta interpretazione del problema della risposta sismica locale, risulta utile riprodurre la rappresentazione schematica di Figura 2 in cui è riportata la terminologia utilizzata per lo studio del moto sismico di un deposito che poggia su un basamento roccioso.

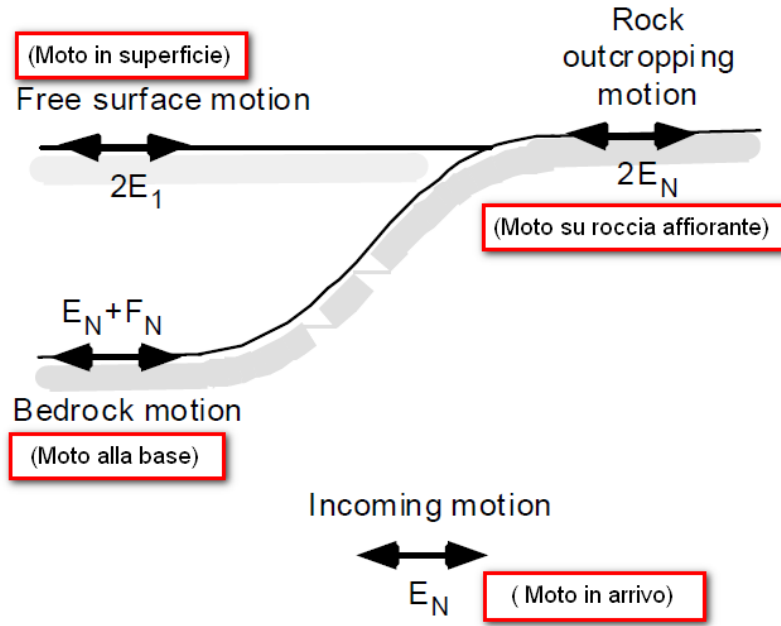


Figura 2: Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

Le onde di taglio si propagano verticalmente attraverso il bedrock con ampiezza pari ad E_N ; al tetto del bedrock, sotto il deposito degli strati di terreno, il moto ha un'ampiezza pari a $E_N + F_N$. Sulla roccia affiorante, poiché le tensioni tangenziali sono nulle ($E_N = F_N$), il moto avrà ampiezza pari a $2E_N$. La funzione di trasferimento dal bedrock al bedrock-affiorante è la seguente:

$$A_{MN}(\omega) = \frac{2E_N}{E_N + F_N} \quad (26)$$

A è non lineare poiché G è funzione di γ . Nella procedura di calcolo infatti, da una stima iniziale del modulo di deformazione al taglio, si ottiene la tensione ipotizzando un legame lineare, per poi ottenere un nuovo valore di γ . Grazie a questo valore aggiornato si valuta un nuovo modulo G così da ripetere la procedura fino a quando la differenza tra la deformazione aggiornata e quella ottenuta dalla precedente iterazione viene ritenuta accettabile. Il modello per $G(\gamma)$ adoperato è quello suggerito da Ishibashi e Zhang (1993) che tiene conto degli effetti della pressione di confinamento e dell'indice di plasticità:

$$G = G_{max} \cdot K(\gamma, PI) (\sigma'_m)^{m(\gamma, PI) - m_0} \quad (24)$$

$$K(\gamma, PI) = 0.5 \left\{ 1 + \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000102 + n(PI)^{0.492}}{\gamma} \right) \right] \right\} \quad (25)$$

$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right] \right\} \exp(-0.0145 PI^{1.3}) \quad (26)$$

$$n(PI) = \begin{cases} 0.0 & \text{per } PI = 0 \\ 3.37 \times 10^{-6} PI^{1.404} & \text{per } 0 < PI \leq 15 \\ 7.0 \times 10^{-7} PI^{1.976} & \text{per } 15 < PI \leq 70 \\ 2.7 \times 10^{-5} PI^{1.115} & \text{per } PI > 70 \end{cases} \quad (27)$$

dove G_{max} è dato dalla relazione

$$G_{max} = \rho V_s^2 \quad (28)$$

dove ρ è la densità del terreno e V_s la velocità di propagazione delle onde di taglio nello stesso. La (28) fornisce il valore iniziale di G per la prima iterazione.

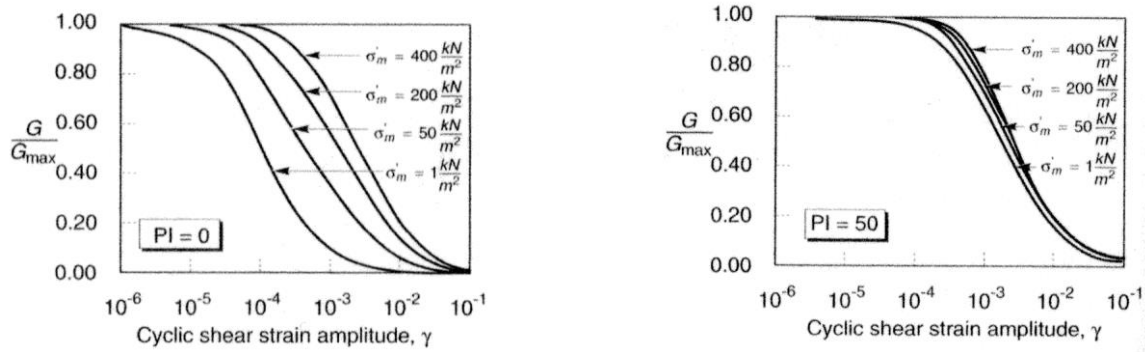


Figura 2: Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

Per quanto riguarda invece il coefficiente di smorzamento viscoso ξ , in conseguenza del modello introdotto dalla (24) si ha:

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{1.5})}{2} \left[0.586 \left(\frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right] \quad (29)$$

da cui si deduce che anche ξ deve essere ricalcolato ad ogni iterazione.

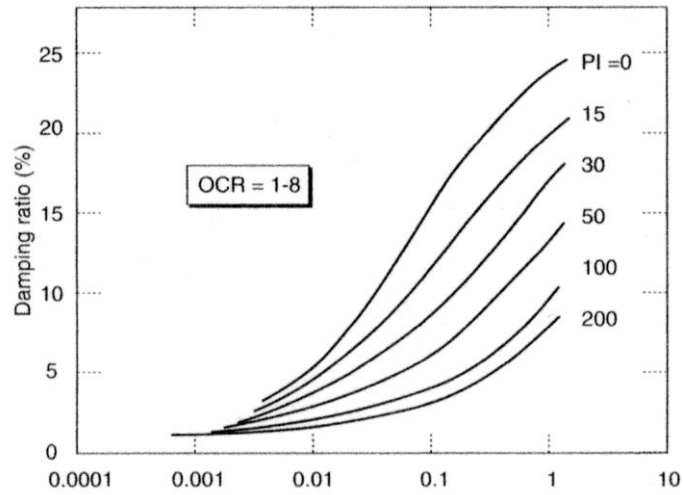
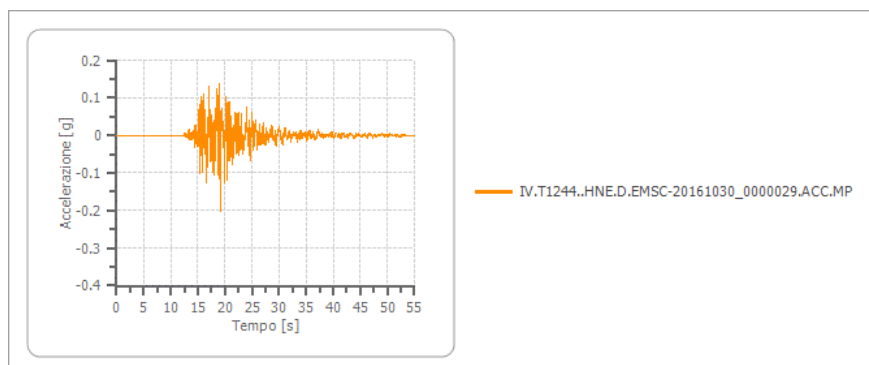
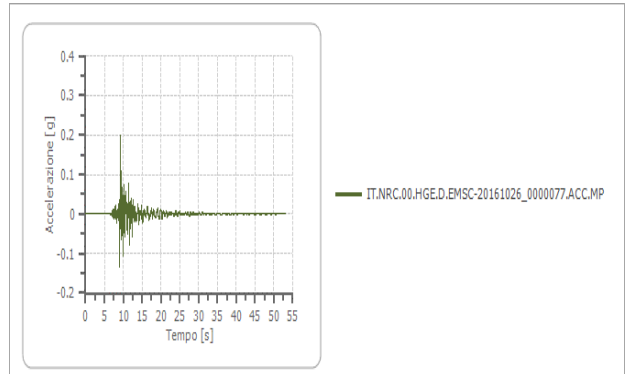
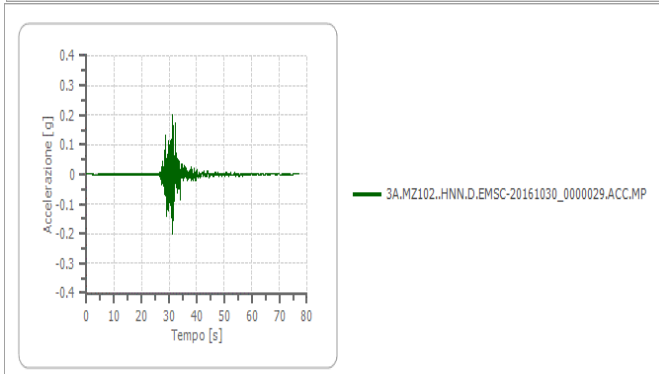
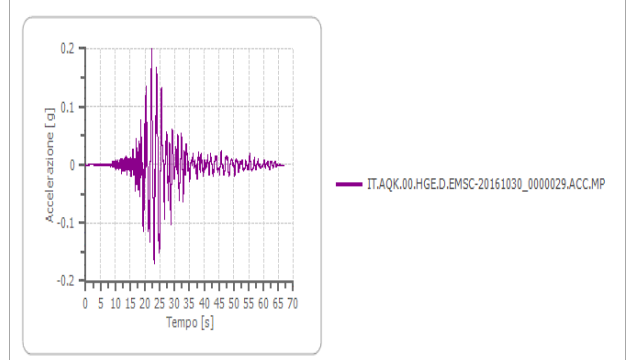
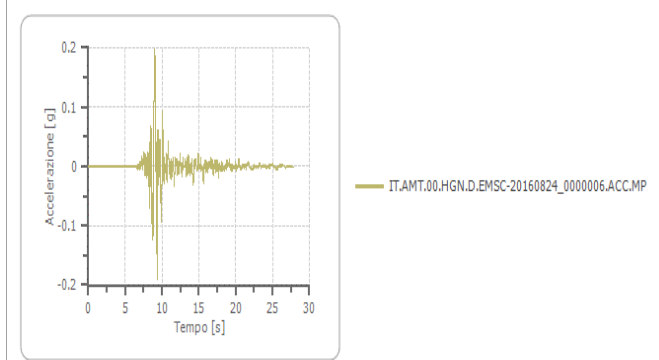
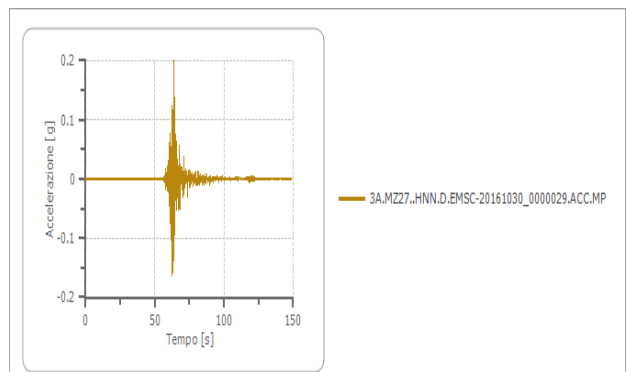
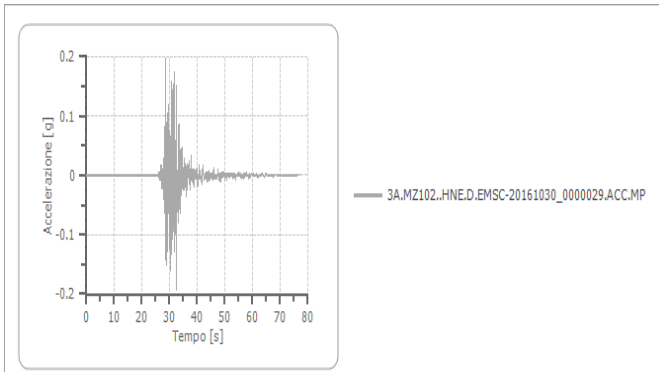


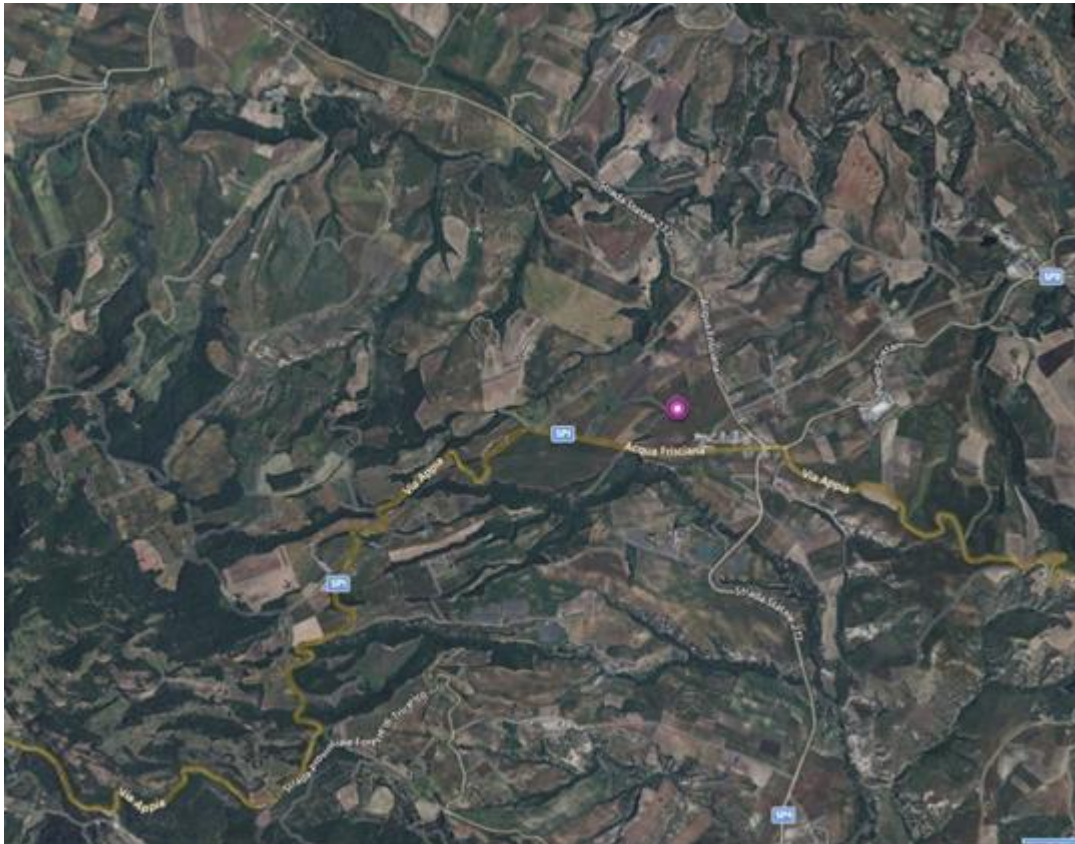
Figura 3: Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso.

ACCELEROGRAMMI UTILIZZATI



ZONA 1

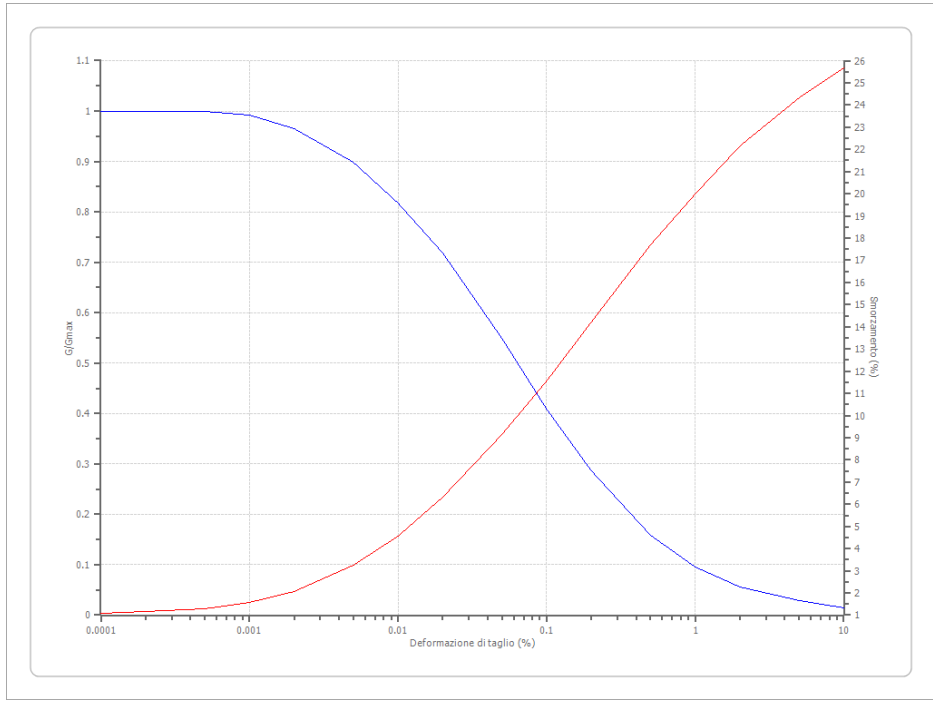
Dati generali



Terreni

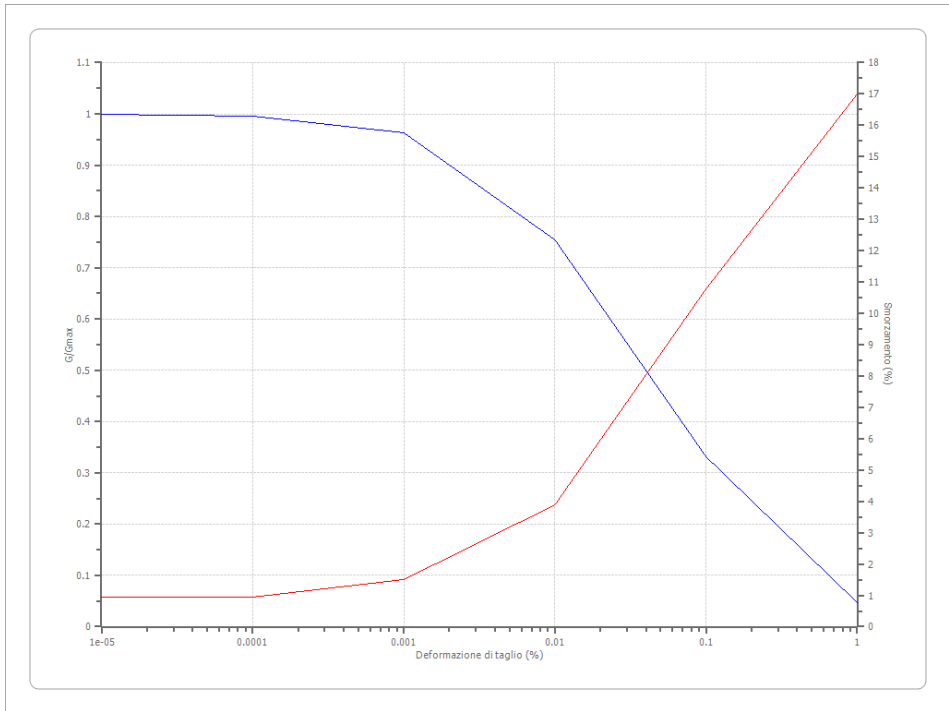
Argille - Vucetic & Dorby (1991) PI=15

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	1.097
0.0002	1.000	0.0002	1.163
0.0005	1.000	0.0005	1.287
0.001	0.992	0.001	1.578
0.002	0.965	0.002	2.076
0.005	0.898	0.005	3.239
0.010	0.818	0.010	4.568
0.020	0.719	0.020	6.312
0.050	0.549	0.050	9.136
0.100	0.408	0.100	11.550
0.200	0.287	0.200	14.200
0.500	0.158	0.500	17.690
1.000	0.096	1.000	19.980
2.000	0.055	2.000	22.140
5.000	0.028	5.000	24.340
10.000	0.014	10.000	25.660



Ghiaie

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.00001	1.000	0.00001	0.9488
0.0001	0.996	0.0001	0.9488
0.001	0.9624	0.001	1.4981
0.010	0.754	0.010	3.8938
0.100	0.3311	0.100	10.7935
1.000	0.0476	1.000	17.0087



n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Gmax [MPa]	Peso unità vol. [kN/m ³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	--	4.8	Ghiaie	62.44	20.0	175.0	48.0
2	4.8	13.0	Vucetic & Dorby (1991) PI=15	175.48	19.0	301.0	219.5
3	17.8	20.2	Vucetic & Dorby (1991) PI=15	790.84	19.0	639.0	534.9
4	oo	--	Smorzamento costante	1239.55	19.0	800.0	726.8

Strato rilevamento accelerogramma: 4 Affiorante

Profilo				Velocità onde di taglio		Tensione verticale	
	4.80 [m]	4.80 [m]		175.0 [m/s]	48.0 [kPa]		
	13.00 [m]	17.80 [m]		301.0 [m/s]	219.5 [kPa]		
	20.20 [m]	38.00 [m]		639.0 [m/s]	534.9 [kPa]		
	oo			800.0 [m/s]	726.8 [kPa]		

Elaborazione

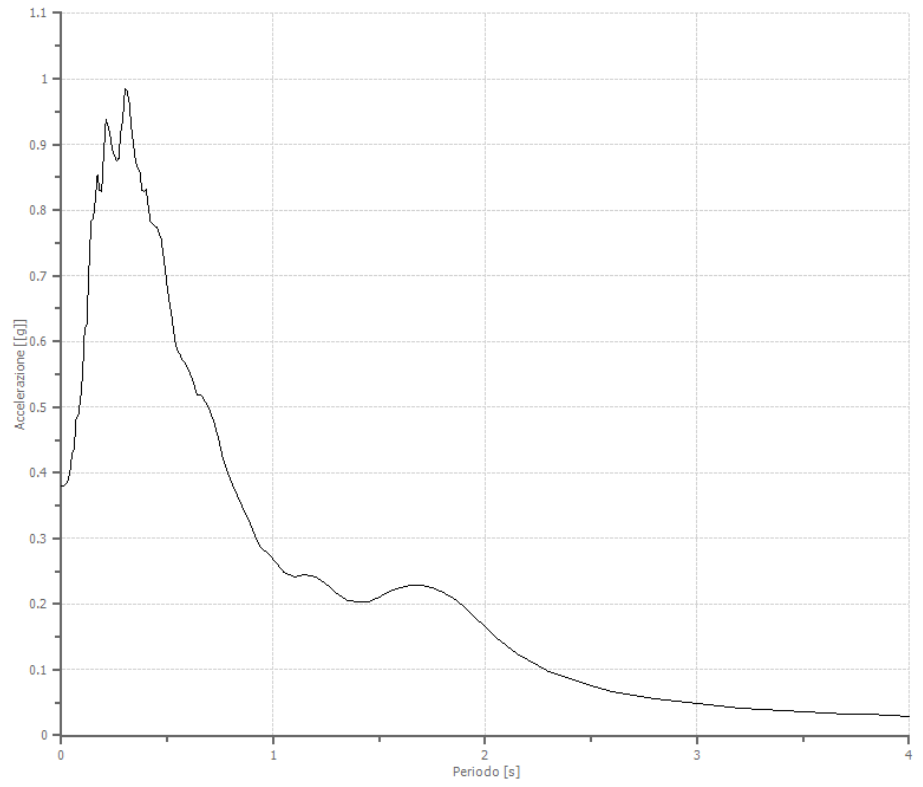
Numero di iterazioni 8
 Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5
 Tipo di modulo elastico Shake
 Massimo errore percentuale di convergenza 6.22 E-01

Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.220 [s]
Tvi	1.750 [s]
Tao	0.300 [s]
Tvo	1.750 [s]
Sami	4.384 [m/s ²]
Svmi	0.567 [m/s]
Samo	8.553 [m/s ²]
Svmo	0.657 [m/s]
Fa	1.951 [-]
Fv	1.159 [-]
TB	0.161 [s]
TC	0.483 [s]
TD	2.990 [s]
SA(0)	0.347 [g]
SA(TB)	0.872 [g]

Spettro medio di risposta elastico

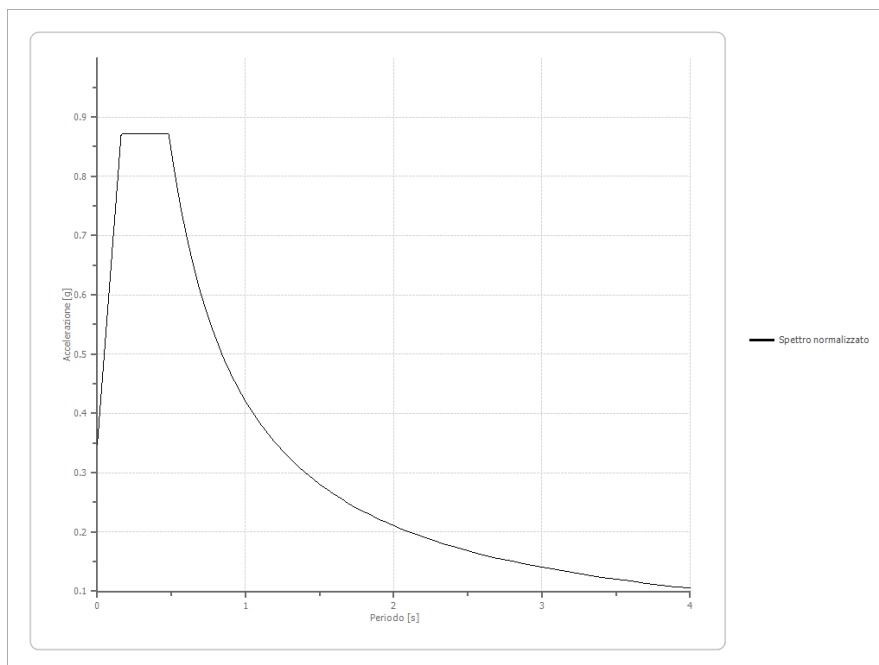
Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.3800	0.26	0.8755	0.52	0.6390	0.98	0.2761	2.25	0.1060
0.01	0.3800	0.27	0.8790	0.53	0.6155	1.00	0.2686	2.30	0.0979
0.02	0.3829	0.28	0.9184	0.54	0.5943	1.05	0.2489	2.35	0.0917
0.03	0.3879	0.29	0.9381	0.55	0.5852	1.10	0.2416	2.40	0.0860
0.04	0.3988	0.30	0.9848	0.56	0.5803	1.15	0.2452	2.50	0.0749
0.05	0.4290	0.31	0.9820	0.57	0.5729	1.20	0.2416	2.60	0.0674
0.06	0.4366	0.32	0.9643	0.58	0.5685	1.25	0.2313	2.70	0.0618
0.07	0.4847	0.33	0.9248	0.60	0.5558	1.30	0.2159	2.80	0.0565
0.08	0.4878	0.34	0.9003	0.62	0.5403	1.35	0.2051	2.90	0.0518
0.09	0.5113	0.35	0.8754	0.64	0.5189	1.40	0.2027	3.00	0.0479
0.10	0.5507	0.36	0.8639	0.66	0.5194	1.45	0.2043	3.10	0.0445
0.11	0.6195	0.37	0.8579	0.68	0.5074	1.50	0.2105	3.20	0.0415
0.12	0.6258	0.38	0.8307	0.70	0.4943	1.55	0.2189	3.30	0.0394
0.13	0.7120	0.39	0.8278	0.72	0.4768	1.60	0.2248	3.40	0.0375
0.14	0.7835	0.40	0.8325	0.74	0.4531	1.65	0.2291	3.50	0.0358
0.15	0.7873	0.41	0.8067	0.76	0.4256	1.70	0.2290	3.60	0.0341
0.16	0.8162	0.42	0.7840	0.78	0.4044	1.75	0.2253	3.70	0.0329
0.17	0.8529	0.43	0.7798	0.80	0.3879	1.80	0.2182	3.80	0.0319
0.18	0.8306	0.44	0.7767	0.82	0.3718	1.85	0.2085	3.90	0.0305
0.19	0.8278	0.45	0.7735	0.84	0.3575	1.90	0.1958	4.00	0.0289
0.20	0.8880	0.46	0.7655	0.86	0.3442	1.95	0.1808		
0.21	0.9373	0.47	0.7582	0.88	0.3308	2.00	0.1650		
0.22	0.9298	0.48	0.7349	0.90	0.3151	2.05	0.1500		
0.23	0.9146	0.49	0.7088	0.92	0.2981	2.10	0.1370		
0.24	0.8919	0.50	0.6807	0.94	0.2864	2.15	0.1245		
0.25	0.8848	0.51	0.6588	0.96	0.2816	2.20	0.1146		



— Spettro medio

Spettro normalizzato di risposta elastico

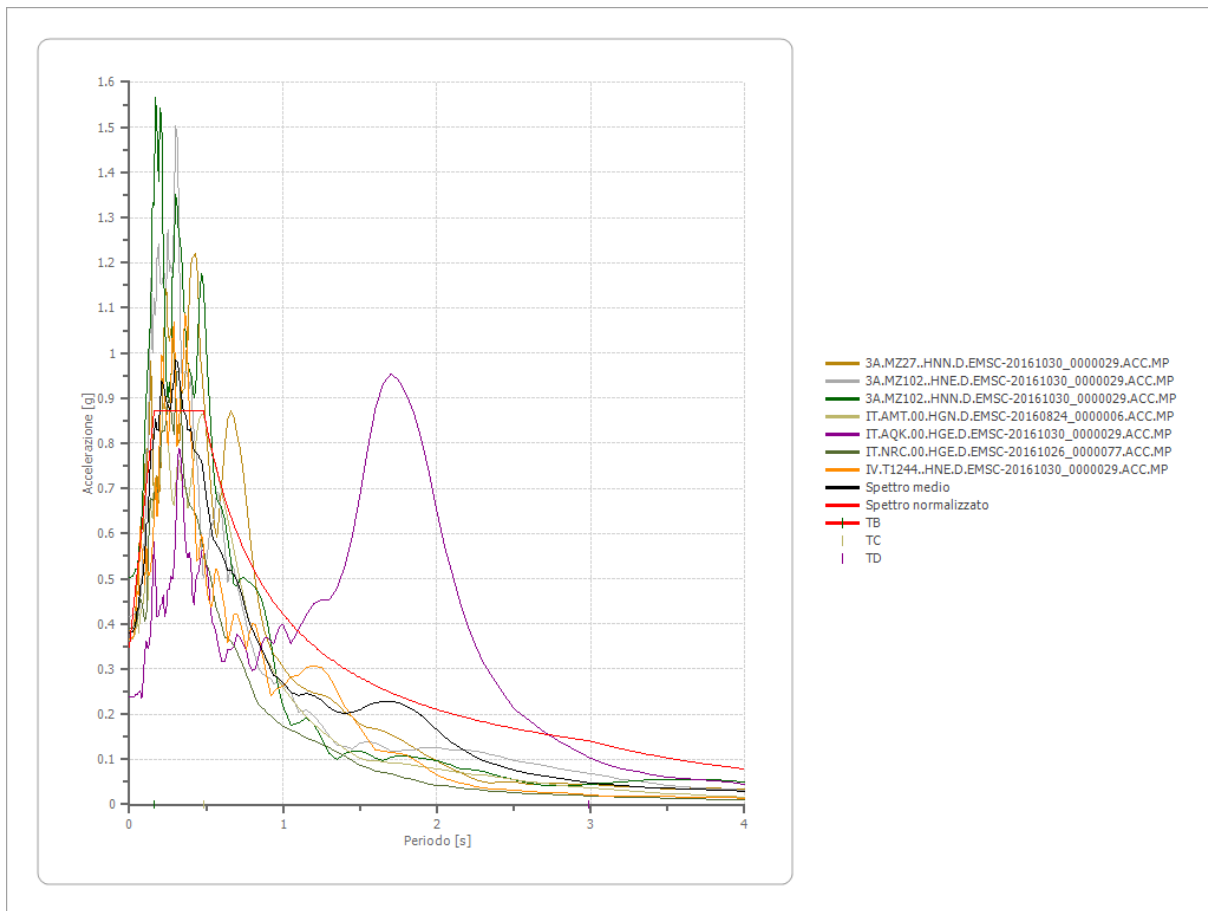
Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.3475	0.26	0.8719	0.52	0.8095	0.98	0.4295	2.25	0.1871
0.01	0.3800	0.27	0.8719	0.53	0.7942	1.00	0.4209	2.30	0.1830
0.02	0.4126	0.28	0.8719	0.54	0.7795	1.05	0.4009	2.35	0.1791
0.03	0.4452	0.29	0.8719	0.55	0.7653	1.10	0.3827	2.40	0.1754
0.04	0.4778	0.30	0.8719	0.56	0.7516	1.15	0.3660	2.50	0.1684
0.05	0.5104	0.31	0.8719	0.57	0.7384	1.20	0.3508	2.60	0.1619
0.06	0.5430	0.32	0.8719	0.58	0.7257	1.25	0.3367	2.70	0.1559
0.07	0.5756	0.33	0.8719	0.60	0.7015	1.30	0.3238	2.80	0.1503
0.08	0.6082	0.34	0.8719	0.62	0.6789	1.35	0.3118	2.90	0.1451
0.09	0.6408	0.35	0.8719	0.64	0.6577	1.40	0.3007	3.00	0.1403
0.10	0.6734	0.36	0.8719	0.66	0.6378	1.45	0.2903	3.10	0.1358
0.11	0.7060	0.37	0.8719	0.68	0.6190	1.50	0.2806	3.20	0.1315
0.12	0.7385	0.38	0.8719	0.70	0.6013	1.55	0.2716	3.30	0.1276
0.13	0.7711	0.39	0.8719	0.72	0.5846	1.60	0.2631	3.40	0.1238
0.14	0.8037	0.40	0.8719	0.74	0.5688	1.65	0.2551	3.50	0.1203
0.15	0.8363	0.41	0.8719	0.76	0.5538	1.70	0.2476	3.60	0.1169
0.16	0.8689	0.42	0.8719	0.78	0.5396	1.75	0.2405	3.70	0.1138
0.17	0.8719	0.43	0.8719	0.80	0.5261	1.80	0.2338	3.80	0.1108
0.18	0.8719	0.44	0.8719	0.82	0.5133	1.85	0.2275	3.90	0.1079
0.19	0.8719	0.45	0.8719	0.84	0.5011	1.90	0.2215	4.00	0.1052
0.20	0.8719	0.46	0.8719	0.86	0.4894	1.95	0.2159		
0.21	0.8719	0.47	0.8719	0.88	0.4783	2.00	0.2105		
0.22	0.8719	0.48	0.8719	0.90	0.4677	2.05	0.2053		
0.23	0.8719	0.49	0.8590	0.92	0.4575	2.10	0.2004		
0.24	0.8719	0.50	0.8418	0.94	0.4478	2.15	0.1958		
0.25	0.8719	0.51	0.8253	0.96	0.4385	2.20	0.1913		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.347	2.509385	--	0.161	0.483	2.990	0.347	0.872	1.679

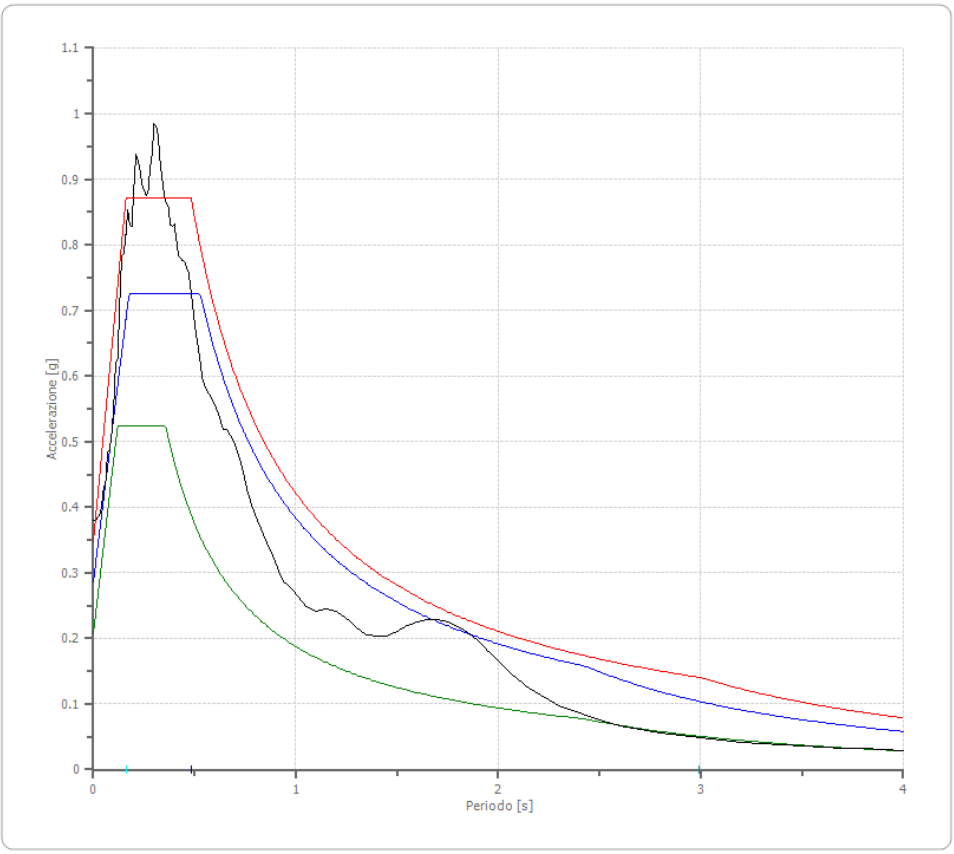
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. A	Danno SLD Cat. A	Salvaguard ia vita SLV Cat. A	Prev. collasso SLC Cat. A	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguard ia vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C
Tr [anni]	60	101	949	1950	60	101	949	1950
ag [g]	0.065	0.087	0.207	0.258	0.065	0.087	0.207	0.258
Fo	2.487	2.423	2.53	2.55	2.487	2.423	2.53	2.55
Tc* [s]	0.318	0.332	0.358	0.366	0.318	0.332	0.358	0.366
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.50	1.39	1.31
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.53	1.51	1.47	1.46
TB [s]	0.106	0.111	0.119	0.122	0.162	0.167	0.176	0.178
TC [s]	0.318	0.332	0.358	0.366	0.487	0.502	0.528	0.535
TD [s]	1.860	1.948	2.428	2.632	1.860	1.948	2.428	2.632
Se(0) [g]	0.065	0.087	0.207	0.258	0.098	0.131	0.287	0.337
Se(TB) [g]	0.162	0.211	0.524	0.658	0.242	0.316	0.726	0.859



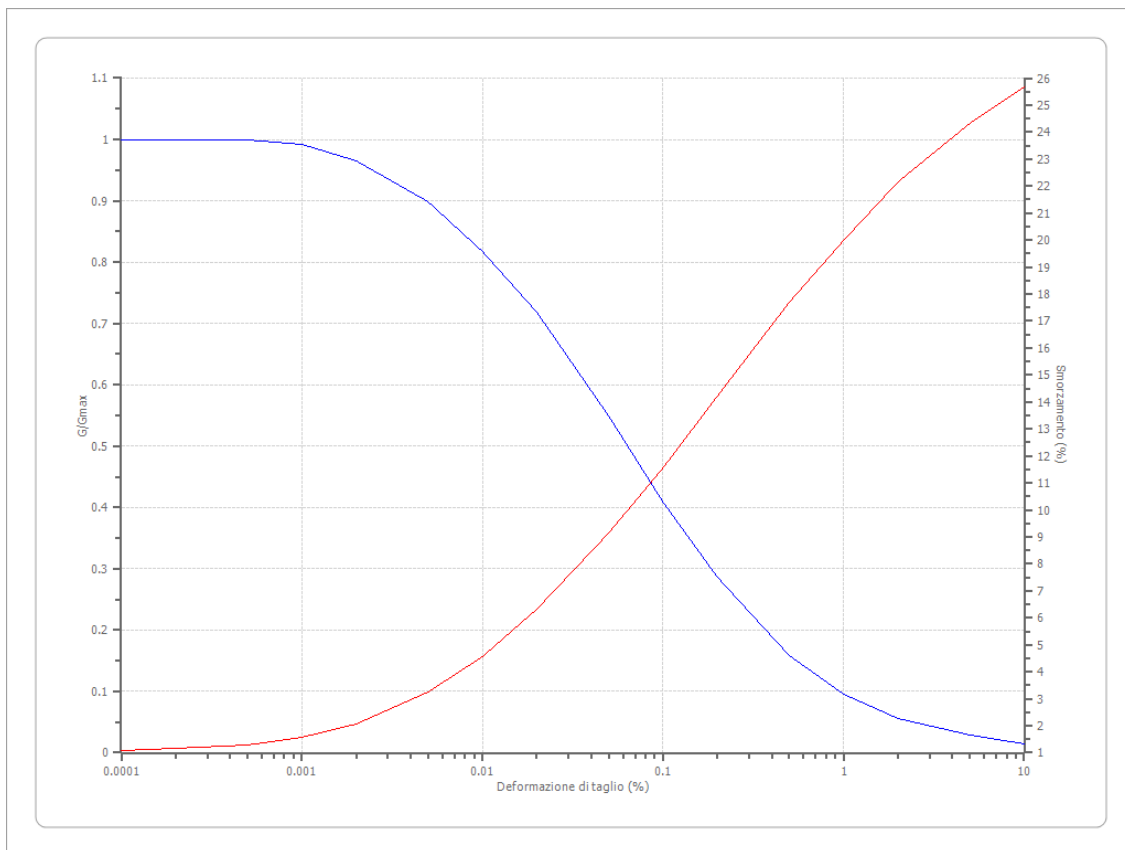
- SLV, Cat. A
- SLV, Cat. C
- Spettro medio
- Spettro normalizzato
- TB
- TC
- TD

ZONA 2

Dati generali

Vucetic & Dorby (1991) PI=15

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	1.097
0.0002	1.000	0.0002	1.163
0.0005	1.000	0.0005	1.287
0.001	0.992	0.001	1.578
0.002	0.965	0.002	2.076
0.005	0.898	0.005	3.239
0.010	0.818	0.010	4.568
0.020	0.719	0.020	6.312
0.050	0.549	0.050	9.136
0.100	0.408	0.100	11.550
0.200	0.287	0.200	14.200
0.500	0.158	0.500	17.690
1.000	0.096	1.000	19.980
2.000	0.055	2.000	22.140
5.000	0.028	5.000	24.340
10.000	0.014	10.000	25.660



Stratigrafia

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Gmax [MPa]	Peso unità vol. [kN/m³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	--	16.0	Vucetic & Dorby (1991) PI=15	125.94	19.0	255.0	152.0
2	16.0	22.0	Vucetic & Dorby (1991) PI=15	851.36	19.0	663.0	513.0
3	oo	--	Smorzamento costante	1239.55	19.0	800.0	722.0

Strato rilevamento accelerogramma: 3 Affiorante



Elaborazione

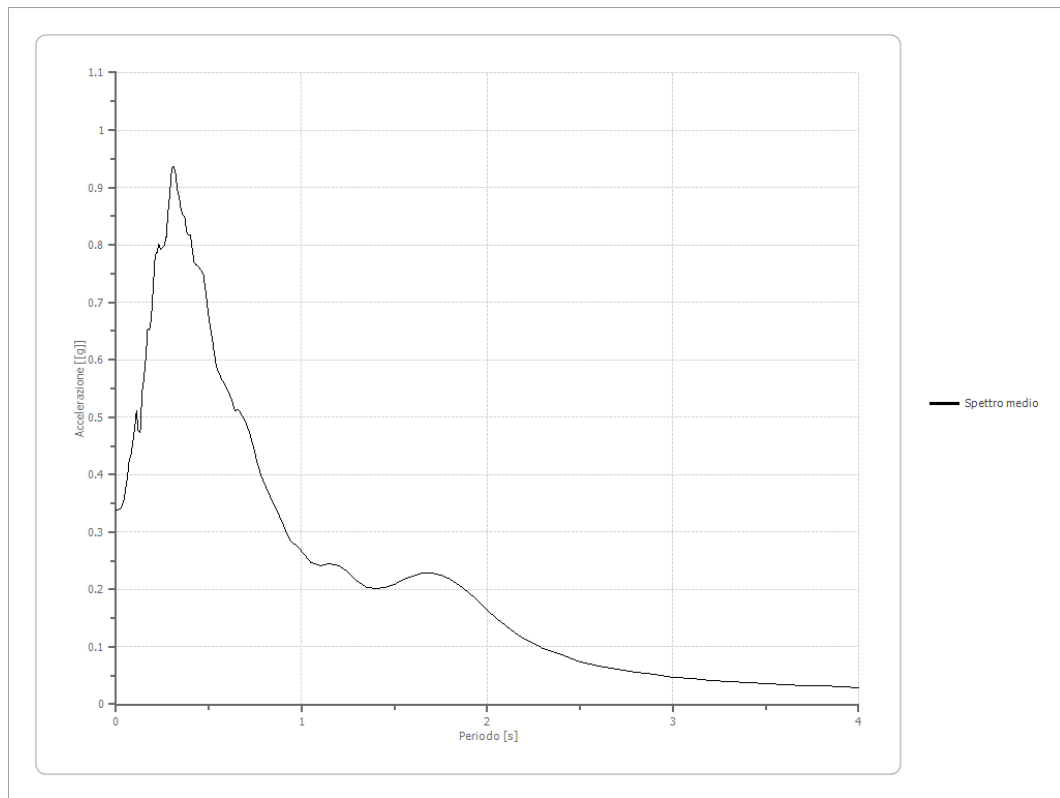
Numero di iterazioni 8
 Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5
 Tipo di modulo elastico Shake
 Massimo errore percentuale di convergenza 1.98 E-01

Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.220 [s]
Tvi	1.750 [s]
Tao	0.310 [s]
Tvo	1.750 [s]
Sami	4.384 [m/s ²]
Svmi	0.567 [m/s]
Samo	7.854 [m/s ²]
Svmo	0.651 [m/s]
Fa	1.792 [-]
Fv	1.148 [-]
TB	0.174 [s]
TC	0.521 [s]
TD	2.841 [s]
SA(0)	0.310 [g]
SA(TB)	0.801 [g]

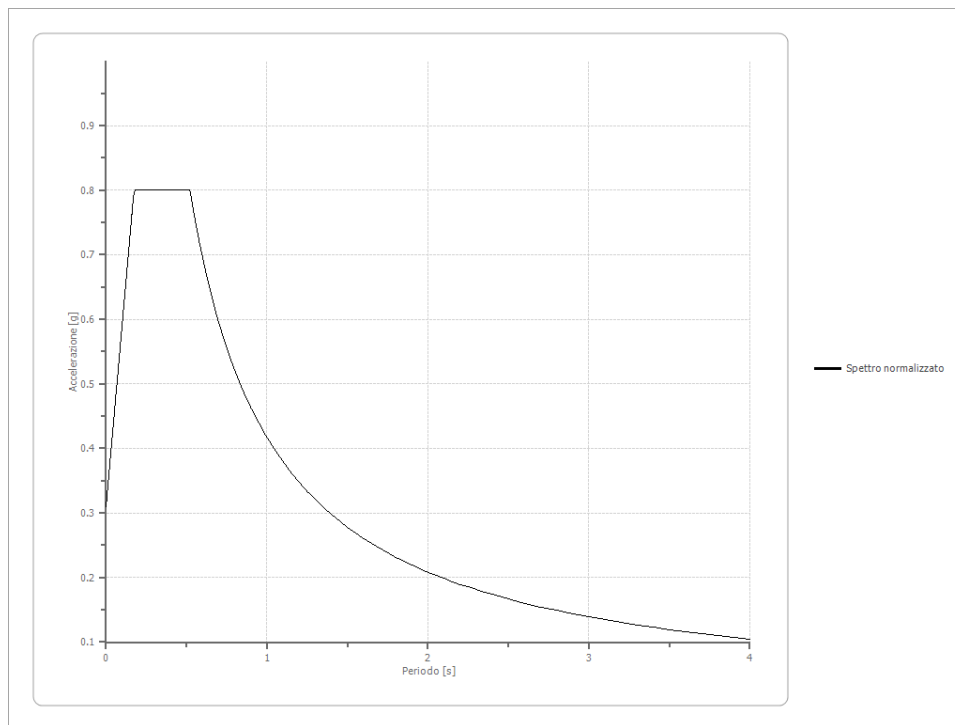
Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.3384	0.26	0.8001	0.52	0.6321	0.98	0.2740	2.25	0.1057
0.01	0.3384	0.27	0.8136	0.53	0.6085	1.00	0.2667	2.30	0.0976
0.02	0.3401	0.28	0.8583	0.54	0.5880	1.05	0.2471	2.35	0.0914
0.03	0.3434	0.29	0.8891	0.55	0.5792	1.10	0.2404	2.40	0.0858
0.04	0.3531	0.30	0.9351	0.56	0.5733	1.15	0.2440	2.50	0.0747
0.05	0.3727	0.31	0.9361	0.57	0.5654	1.20	0.2406	2.60	0.0672
0.06	0.3922	0.32	0.9245	0.58	0.5599	1.25	0.2302	2.70	0.0616
0.07	0.4256	0.33	0.8959	0.60	0.5466	1.30	0.2148	2.80	0.0563
0.08	0.4344	0.34	0.8815	0.62	0.5334	1.35	0.2036	2.90	0.0516
0.09	0.4560	0.35	0.8607	0.64	0.5119	1.40	0.2012	3.00	0.0477
0.10	0.4800	0.36	0.8512	0.66	0.5138	1.45	0.2032	3.10	0.0443
0.11	0.5113	0.37	0.8478	0.68	0.5023	1.50	0.2094	3.20	0.0413
0.12	0.4759	0.38	0.8228	0.70	0.4895	1.55	0.2177	3.30	0.0393
0.13	0.4739	0.39	0.8167	0.72	0.4716	1.60	0.2238	3.40	0.0374
0.14	0.5429	0.40	0.8166	0.74	0.4482	1.65	0.2282	3.50	0.0356
0.15	0.5668	0.41	0.7934	0.76	0.4213	1.70	0.2282	3.60	0.0339
0.16	0.6024	0.42	0.7705	0.78	0.4005	1.75	0.2246	3.70	0.0328
0.17	0.6536	0.43	0.7653	0.80	0.3841	1.80	0.2176	3.80	0.0318
0.18	0.6513	0.44	0.7626	0.82	0.3687	1.85	0.2079	3.90	0.0304
0.19	0.6731	0.45	0.7602	0.84	0.3545	1.90	0.1951	4.00	0.0288
0.20	0.7280	0.46	0.7543	0.86	0.3417	1.95	0.1803		
0.21	0.7806	0.47	0.7484	0.88	0.3285	2.00	0.1644		
0.22	0.7873	0.48	0.7261	0.90	0.3129	2.05	0.1494		
0.23	0.8015	0.49	0.6989	0.92	0.2962	2.10	0.1366		
0.24	0.7928	0.50	0.6719	0.94	0.2846	2.15	0.1242		
0.25	0.7958	0.51	0.6519	0.96	0.2797	2.20	0.1142		



Spettro normalizzato di risposta elastico

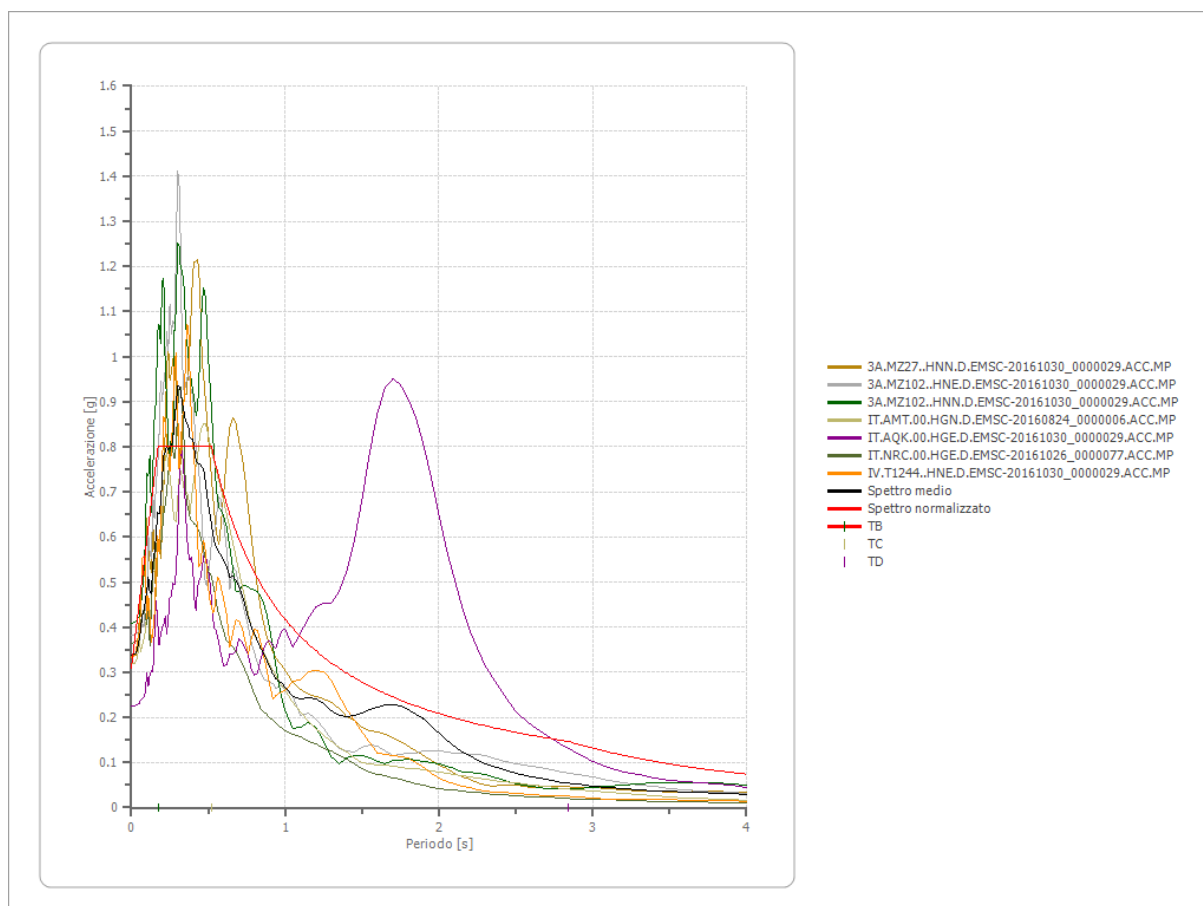
Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.3102	0.26	0.8006	0.52	0.8006	0.98	0.4255	2.25	0.1853
0.01	0.3384	0.27	0.8006	0.53	0.7867	1.00	0.4169	2.30	0.1813
0.02	0.3667	0.28	0.8006	0.54	0.7721	1.05	0.3971	2.35	0.1774
0.03	0.3949	0.29	0.8006	0.55	0.7581	1.10	0.3790	2.40	0.1737
0.04	0.4232	0.30	0.8006	0.56	0.7445	1.15	0.3626	2.50	0.1668
0.05	0.4514	0.31	0.8006	0.57	0.7315	1.20	0.3475	2.60	0.1604
0.06	0.4797	0.32	0.8006	0.58	0.7189	1.25	0.3336	2.70	0.1544
0.07	0.5079	0.33	0.8006	0.60	0.6949	1.30	0.3207	2.80	0.1489
0.08	0.5362	0.34	0.8006	0.62	0.6725	1.35	0.3088	2.90	0.1438
0.09	0.5644	0.35	0.8006	0.64	0.6515	1.40	0.2978	3.00	0.1390
0.10	0.5927	0.36	0.8006	0.66	0.6317	1.45	0.2875	3.10	0.1345
0.11	0.6209	0.37	0.8006	0.68	0.6132	1.50	0.2780	3.20	0.1303
0.12	0.6492	0.38	0.8006	0.70	0.5956	1.55	0.2690	3.30	0.1263
0.13	0.6774	0.39	0.8006	0.72	0.5791	1.60	0.2606	3.40	0.1226
0.14	0.7057	0.40	0.8006	0.74	0.5634	1.65	0.2527	3.50	0.1191
0.15	0.7339	0.41	0.8006	0.76	0.5486	1.70	0.2453	3.60	0.1158
0.16	0.7622	0.42	0.8006	0.78	0.5345	1.75	0.2383	3.70	0.1127
0.17	0.7904	0.43	0.8006	0.80	0.5212	1.80	0.2316	3.80	0.1097
0.18	0.8006	0.44	0.8006	0.82	0.5085	1.85	0.2254	3.90	0.1069
0.19	0.8006	0.45	0.8006	0.84	0.4964	1.90	0.2194	4.00	0.1042
0.20	0.8006	0.46	0.8006	0.86	0.4848	1.95	0.2138		
0.21	0.8006	0.47	0.8006	0.88	0.4738	2.00	0.2085		
0.22	0.8006	0.48	0.8006	0.90	0.4633	2.05	0.2034		
0.23	0.8006	0.49	0.8006	0.92	0.4532	2.10	0.1985		
0.24	0.8006	0.50	0.8006	0.94	0.4436	2.15	0.1939		
0.25	0.8006	0.51	0.8006	0.96	0.4343	2.20	0.1895		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.310	2.581095	--	0.174	0.521	2.841	0.310	0.801	1.498

Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operativit à SLO Cat. A	Danno SLD Cat. A	Salvaguar dia vita SLV Cat. A	Prev. collasso SLC Cat. A	Operativit à SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvaguar dia vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B
Tr [anni]	60	101	949	1950	60	101	949	1950
ag [g]	0.065	0.087	0.207	0.258	0.065	0.087	0.207	0.258
Fo	2.487	2.423	2.53	2.55	2.487	2.423	2.53	2.55
Tc* [s]	0.318	0.332	0.358	0.366	0.318	0.332	0.358	0.366
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.20	1.19	1.14
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.38	1.37	1.35	1.34
TB [s]	0.106	0.111	0.119	0.122	0.147	0.152	0.161	0.164
TC [s]	0.318	0.332	0.358	0.366	0.440	0.455	0.484	0.492
TD [s]	1.860	1.948	2.428	2.632	1.860	1.948	2.428	2.632
Se(0) [g]	0.065	0.087	0.207	0.258	0.078	0.104	0.246	0.293
Se(TB) [g]	0.162	0.211	0.524	0.658	0.194	0.253	0.623	0.748

