

Regione Emilia-Romagna
Direzione Generale Cura del Territorio e dell'Ambiente

IDROVIA FERRARESE - 1° LOTTO 1° STRALCIO
DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE BOTTE SIFONE DEL CANALE CITTADINO
ALL'ATTRAVERSAMENTO DEL CANALE BOICELLI

PROGETTO ESECUTIVO

RUP:

Dott. Claudio Miccoli
REGIONE EMILIA-ROMAGNA
AGENZIA REGIONALE PER LA SICUREZZA TERRITORIALE E LA PROTEZIONE CIVILE
SERVIZIO AREA RENO PO DI VOLANO - SEDE DI FERRARA

PROGETTAZIONE:

 Via Francesco Zanardi 157/6 - 40131 Bologna (I)
MC Engineering Srl 
Tel +39 051 4211945 - info@studio-chinni.it

Direttore tecnico:
Ing. Mario Chinni
(Albo Ingegneri Bologna nr. 4776/A)

Gruppo di lavoro:
Ing. Giorgio Fantini
Ing. Cristina Osti
Geom. Dario Calvanese




Titolo:

RELAZIONE SISMICA

Codice elaborato


1 3 1 6 R 6 0 2 0 E 1

Data	04/06/2018	Archivio	1316_R_6020_E_1.pdf	Scala	-
01	04/06/2018	Aggiornamento per passaggio competenza RER		MC	GF MC
00	30/09/2016	Emissione		SS	MC MC
Rev.	Data	Oggetto		Redatto	Controllato Approvato

 Via Francesco Zanardi 157/6 - 40131 Bologna (I) MC Engineering Srl Tel +39 051 4211945 - info@studio-chinni.it <small>ISO 9001 392876</small>	Cliente: REGIONE EMILIA ROMAGNA	Codice: 1316-R-6020-E-1 Data: 04/06/2018
	Demolizione e ricostruzione della botte sifone del canale Cittadino all'attraversamento del canale Boicelli	Relazione sismica

INDICE

1	INTRODUZIONE	2
2	NORME DI RIFERIMENTO	4
3	DEFINIZIONE DELLE AZIONI SISMICHE (DM 14/01/2008).....	5
3.1	Periodo di riferimento.....	5
3.2	Spettri di risposta	5
3.3	Spostamenti e Velocità del terreno	8
3.4	Opere di sostegno-palancole	8
4	IL TERRENO IN PROSPETTIVA SISMICA.....	9
5	PARAMETRICI SISMICI DI PROGETTO (DM 14/01/2008)	11

 Via Francesco Zanardi 157/6 - 40131 Bologna (I) MC Engineering Srl Tel +39 051 4211945 - info@studio-chinni.it <small>ISO 9001 392876</small>	Cliente: REGIONE EMILIA ROMAGNA	Codice: 1316-R-6020-E-1 Data: 04/06/2018
	Demolizione e ricostruzione della botte sifone del canale Cittadino all'attraversamento del canale Boicelli	Relazione sismica

1 INTRODUZIONE


Si riportano i parametri sismici legati alla zonizzazione di cui al DM 14/01/2008 finalizzati al calcolo delle opere relative alla demolizione e ricostruzione della botte sifone del canale Cittadino all'intersezione con il canale Boicelli, per adeguare l'estradosso della botte al pescaggio del transito di natanti della V classe europea nell'ambito dei lavori dell'Idrovia Ferrarese. L'area è ubicata alle coordinate topografiche: longitudine 11° 35' 48" E e latitudine 44° 51' 13" N ed ha elevazione di circa 6.10 m slm.

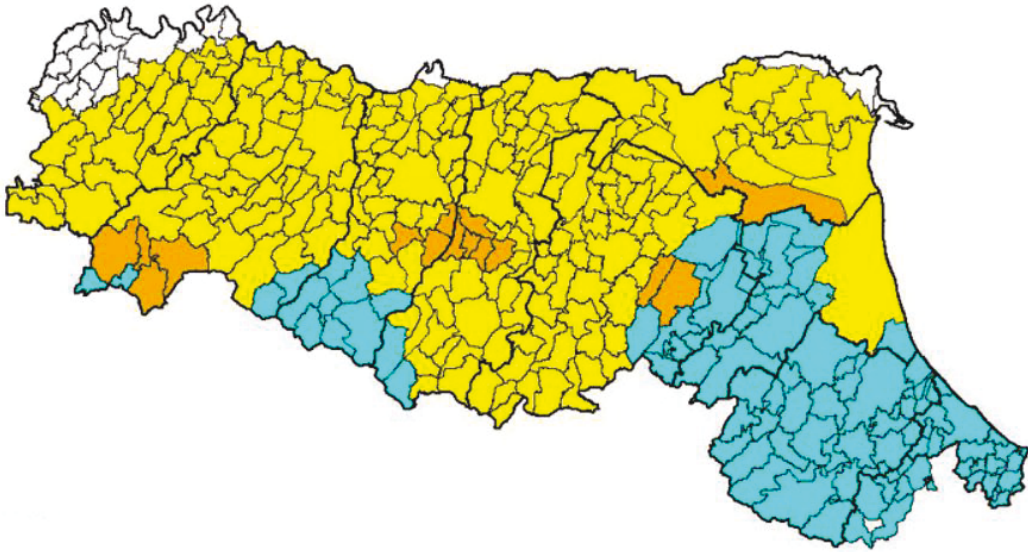


Fig. 1.1 – Area di Intervento

Secondo le indicazioni dell'OPCM 3274/2003 e smi l'area progettuale è classificata in zona 3 (sismicità bassa) come indicato nella cartografia tematica della Regione Emilia Romagna riportata in figura 1.2.

Ai sensi della DGR Emilia Romagna 112/2007, l'area è stata classificata nel PSC di Ferrara, con II livello di approfondimento in termini di micro zonazione sismica.

 Via Francesco Zanardi 157/6 - 40131 Bologna (I) MC Engineering Srl Tel +39 051 4211945 - info@studio-chinni.it <small>ISO 9001 392876</small>	Cliente: REGIONE EMILIA ROMAGNA	Codice: 1316-R-6020-E-1 Data: 04/06/2018
	Demolizione e ricostruzione della botte sifone del canale Cittadino all'attraversamento del canale Boicelli	Relazione sismica




Legenda

zona 2  	precedente riclassificazione (1983-1984)
zona 3 	
zona 4 	


n. Comuni coinvolti

Fig. 1.2 – Classificazione sismica della Regione Emilia Romagna

 Via Francesco Zanardi 157/6 - 40131 Bologna (I) MC Engineering Srl Tel +39 051 4211945 - info@studio-chinni.it <small>ISO 9001 392876</small>	Cliente: REGIONE EMILIA ROMAGNA	Codice: 1316-R-6020-E-1 Data: 04/06/2018
	Demolizione e ricostruzione della botte sifone del canale Cittadino all'attraversamento del canale Boicelli	Relazione sismica

2 NORME DI RIFERIMENTO

- Decreto Ministero delle Infrastrutture del 14 gennaio 2008. - *Norme Tecniche per le Costruzioni* (G.U. n. 29 del 04/02/2008 - Suppl. Ordinario n.30) [NTC08]
- CSLPP - Circolare 2 febbraio 2009, n.617. – Nuova Circolare delle Norme Tecniche per le Costruzioni (G.U. n. 27 del 26/02/2009 – Suppl. Ordinario n. 27) [CENTC08]
- DGRER n. 112 del 02/05/2007 - Oggetto n.ro 2131: Approvazione dell'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio" in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"

 Via Francesco Zanardi 157/6 - 40131 Bologna (I) Tel +39 051 4211945 - info@studio-chinni.it ISO 9001 392876	Cliente: REGIONE EMILIA ROMAGNA	Codice: 1316-R-6020-E-1 Data: 04/06/2018
	Demolizione e ricostruzione della botte sifone del canale Cittadino all'attraversamento del canale Boicelli	Relazione sismica

3 DEFINIZIONE DELLE AZIONI SISMICHE (DM 14/01/2008)

3.1 Periodo di riferimento

Il periodo di riferimento per l'azione sismica dipende dal tipo di opera e dalla classe d'uso. I tipi d'opera sono quelli previsti alla tabella 2.4.I delle NTC08 e sono riportati nella tabella 3.1.

Tipi di costruzione		Vita nominale V_N in anni
1	Opere provvisorie - Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva ^(*)	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Tab. 3.1 – Vita nominale per diversi tipi di opera

(*) Le verifiche sismiche in strutture provvisorie o in fase costruttiva possono omettersi se la durata è inferiore ai 2 anni

La classe d'uso dipende dall'entità delle conseguenze di una interruzione dell'operatività e/o del collasso della struttura e prevede 4 classi associate a 4 coefficienti (cfr § 2.4.2 NTC08) riportati in tabella 3.2.

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_U	0.7	1.0	1.5	2.0


Tab. 3.2 – Coefficienti d'uso

Il periodo di riferimento per l'azione sismica risulta, per la costruzione in esame, quindi definito dal prodotto: $V_R = V_N C_U \geq 75$ anni (tipo di costruzione 2, classe d'uso III). Il periodo di ritorno dell'azione sismica, per i diversi stati limite, risulta definito dall'espressione: $T_R = -V_R / \ln(1-P_{VR})$ (Tab. C.3.2.II della CENTC08) essendo P_{VR} la probabilità di superamento nel periodo di riferimento e definita in 81% (SLO), 63% (SLD), 10% (SLV) e 5% (SLC).

3.2 Spettri di risposta

Lo spettro di risposta elastico ($S_e(T)$ accelerazione spettrale orizzontale, con T periodo proprio della struttura) in accelerazione per le componenti orizzontali definito dalle espressioni di tabella 3.3 (valido per $T \leq 4$ s) dove η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione: $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{0.5} \geq 0.55$.

I fattori a_g ed F_0 rappresentano rispettivamente l'accelerazione massima al sito (m/s^2) ed il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (rilevabili dalle tabelle predisposte dall'INGV e reperibili nell'Allegato B delle NTC08) sul suolo di riferimento.

 Via Francesco Zanardi 157/6 - 40131 Bologna (I) MC Engineering Srl Tel +39 051 4211945 - info@studio-chinni.it <small>ISO 9001 392876</small>	Cliente: REGIONE EMILIA ROMAGNA	Codice: 1316-R-6020-E-1 Data: 04/06/2018
	Demolizione e ricostruzione della botte sifone del canale Cittadino all'attraversamento del canale Boicelli	Relazione sismica

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

Tab. 3.3 – Spettro di risposta elastico in accelerazione orizzontale

S rappresenta il coefficiente di amplificazione topografica e stratigrafica definita dal prodotto: $S = S_T \cdot S_S$.

Le categorie topografiche previste dalle NTC08 sono 4 (fanno riferimento a quanto richiamato nell'EC8:5 -Annex A) e prevedono i coefficienti riportati in tabella 3.4 unitamente ai relativi coefficienti di amplificazione topografica S_T .

Categoria	Caratteristiche topografiche	S_T
T1	Superficie pianeggiate, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$	1.00
T2	Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$	1.20
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media compresa tra $15^\circ \pm 30^\circ$	1.20
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $> 30^\circ$	1.40

Tab. 3.4 – Coefficienti di amplificazione topografica


Il coefficiente di amplificazione stratigrafica (S_S) dipende dalla natura del suolo e prevede 5 categorie principali di suolo e 2 categorie aggiuntive.

In tabella 3.5 sono riportate le diverse categorie di sottosuolo previste dalle NTC08 (N_{SPT} = numero di colpi/300 mm di prova penetrometrica dinamica standard, per terreni a grana grossa; c_u = coesione non drenata, per terreni a grana fine; $V_{s,30}$ = velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m dalla base della fondazione). Il coefficiente di amplificazione stratigrafica viene definito nella tabella 3.6 in funzione delle diverse categorie di terreno.

T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante espresso in secondi dalla relazione: $T_C = C_c \cdot T_c^*$ dove C_c è un coefficiente funzione della stratigrafia (cfr tab. 3.5) e T_c^* è rilevabile nell'allegato B delle NTC08.

T_B è il periodo corrispondente al tratto dello spettro ad accelerazione costante espresso in secondi dalla relazione: $T_B = T_C / 3$.

T_D è il periodo corrispondente del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi dalla relazione: $T_D = 4.0 \cdot (a_g / g) + 1.6$.

 Via Francesco Zanardi 157/6 - 40131 Bologna (I) MC Engineering Srl Tel +39 051 4211945 - info@studio-chinni.it <small>ISO 9001 392876</small>	Cliente: REGIONE EMILIA ROMAGNA	Codice: 1316-R-6020-E-1 Data: 04/06/2018
	Demolizione e ricostruzione della botte sifone del canale Cittadino all'attraversamento del canale Boicelli	Relazione sismica

Categoria	Descrizione	N _{SPT,30}	C _{U,30} (kPa)	V _{s,30} (m/s)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m	--	--	> 800
B	Rocce tenere e depositi 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	> 50	> 250	360+800
C	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	15+50	70+250	180+360
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	< 15	< 70	< 180
E	Terreni dei sottosuoli C o D per spessore non superiore a 20 m, posti su substrato di riferimento con V _{s,30} > 800 m/s	--	--	--
S1	Depositi di terreni che includono almeno un strato di almeno 8 m di terreni a grana grossa di bassa consistenza, oppure 3 m di torba o di argille altamente organiche	--	10+20	< 100
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione. Di argille sesitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.	--	--	--

Tab. 3.5 – Categorie di sottosuolo

Categoria di sottosuolo	S _s	C _c
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 F_0 (a_g / g) \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T^* C)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 F_0 (a_g / g) \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T^* C)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 F_0 (a_g / g) \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T^* C)^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 F_0 (a_g / g) \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T^* C)^{-0.40}$


Tab. 3.6 – Coefficiente di amplificazione stratigrafica

Per terreni appartenenti alle categorie S1 e S2 occorrerà procedere con analisi definite sulla base di accelerogrammi di progetto.

Lo spettro elastico della componente verticale viene definito sulla base delle espressioni di tabella 3.7 nelle quali: F_v è il fattore che quantifica l'amplificazione massima spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno a_g su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione:

$$F_v = 1.35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0.5}$$

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

 Via Francesco Zanardi 157/6 - 40131 Bologna (I) MC Engineering Srl Tel +39 051 4211945 - info@studio-chinni.it <small>ISO 9001 392876</small>	Cliente: REGIONE EMILIA ROMAGNA	Codice: 1316-R-6020-E-1 Data: 04/06/2018
	Demolizione e ricostruzione della botte sifone del canale Cittadino all'attraversamento del canale Boicelli	Relazione sismica

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

Tab. 3.7 – Spettro di risposta elastico in accelerazione componente verticale

I valori di S_T , S_S , T_B , T_C , T_D risultano dalle indicazioni riportate in tab. 3.8 (cfr Tab. 3.2.VII NTC08).

Categoria di sottosuolo	S_T	S_S	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	Cfr Tab. 3.4	1.00	0.05 s	0.15 s	1.00 s

Tab. 3.8 – Spettro di risposta elastico in accelerazione componente verticale (parametri)

Lo spettro di progetto in accelerazione per lo stato limite ultimo ($S_d(T)$), sia per le componenti orizzontali che verticali, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata. La capacità dissipativa della struttura può essere considerata sostituendo al parametro dissipativo η il termine $1/q$ dove q è il fattore di struttura assumendo comunque il valore di accelerazione spettrale $S_d(T) \geq 0.2a_g$. Il valore di struttura è definito dall'espressione $q = K_R \cdot q_0$ essendo K_R un fattore di regolarità che è possibile in genere assumere uguale a 1.

3.3 Spostamenti e Velocità del terreno

Lo spostamento orizzontale (d_g) e la velocità orizzontale (v_g) massimi del terreno sono dati dalle seguenti espressioni:

$$d_g = 0.025 a_g S T_C T_D; \quad v_g = 0.16 a_g S T_C$$


Per gli effetti della variabilità spaziale del moto si rimanda al § 3.2.5 delle NTC08.

3.4 Opere di sostegno-palancole

Nel caso delle palancole, trattandosi di opere provvisorie con periodo di costruzione inferiore a 2 anni, non vengono eseguite le verifiche sismiche. Per quanto attiene le strutture interrato della botte sifone, le addizionali sismiche vengono considerate seguendo le valutazioni delle opere di contenimento così come riportate nel § 7.11.6.2 delle NTC08. Vista la rigidità dell'opera nei confronti dell'azione sismica non si considerano coefficienti riduttivi: $\beta_m = 1$.

L'addizionale sismica della spinta in caso di sisma conseguente alla presenza del terreno può essere valutata cautelativamente, per strutture rigide, con l'espressione (EC8:5 - Annex E):

$$\Delta P_d = k_h \gamma H^2$$

 Via Francesco Zanardi 157/6 - 40131 Bologna (I) MC Engineering Srl Tel +39 051 4211945 - info@studio-chinni.it <small>ISO 9001 392876</small>	Cliente: REGIONE EMILIA ROMAGNA	Codice: 1316-R-6020-E-1 Data: 04/06/2018
	Demolizione e ricostruzione della botte sifone del canale Cittadino all'attraversamento del canale Boicelli	Relazione sismica

dove H è l'altezza dell'opera di contenimento e ρ il peso di volume del terreno. Si rimanda, per maggiori dettagli sulla spinta delle terre, compresa l'addizionale sismica dell'acqua, alle indicazioni fornite dall'EC8:5 Annex E.

4 IL TERRENO IN PROSPETTIVA SISMICA

L'elaborazione delle prove geofisiche (cfr elaborato 1316-R-6011-E) ha determinato i valori delle velocità delle onde S (di taglio) riportate in tabella 4.1.

Da	a	h	zm	V _s
m	(m)	(m)	(m)	(m/s)
0.00	2.50	2.50	1.25	150
2.50	5.00	2.50	3.75	160
5.00	15.00	10.00	10.00	180
15.00	23.00	8.00	19.00	240
23.00	31.00	8.00	27.00	300
31.00	86.00	55.00	58.50	340
86.00	Inf.	Inf.	Inf.	500

Tab. 4.1 – Variazione della velocità delle onde di taglio


Considerando il piano di imposta della fondazione della botte sifone (11.35 m da piano indagine), la velocità mediata sui primi 30 m dal piano di imposta di fondazione (da 11.35 a 41.35 m dal pc) risulta dal prospetto in tabella 4.2.


Da	a	H _j	V _{s,j}	H _j / V _{s,j}
m	(m)	(m)	(m/s)	(s)
11.35	15.00	3.65	180	0.020278
15.00	23.00	8.00	240	0.033333
23.00	31.00	8.00	300	0.026667
31.00	41.35	10.35	340	0.030441
Sommano	--	30.00	--	0.110719
$V_{s,30} \text{ (m/s)} = 30 / (H_j / V_{s,j})$				270.96

Tab. 4.2 – Determinazione della V_{s,30}

Il terreno, dai dati stratigrafici e dalle risultanze delle indagini geofisiche, risulta in categoria stratigrafica

Categoria	Descrizione	N _{SPT,30}	C _{U,30} (kPa)	V _{s,30} (m/s)
C	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	15+50	70+250	180+360

 Via Francesco Zanardi 157/6 - 40131 Bologna (I) MC Engineering Srl Tel +39 051 4211945 - info@studio-chinni.it <small>ISO 9001 392876</small>	Cliente: REGIONE EMILIA ROMAGNA	Codice: 1316-R-6020-E-1 Data: 04/06/2018
	Demolizione e ricostruzione della botte sifone del canale Cittadino all'attraversamento del canale Boicelli	Relazione sismica

 Via Francesco Zanardi 157/6 - 40131 Bologna (I) MC Engineering Srl Tel +39 051 4211945 - info@studio-chinni.it <small>ISO 9001 392876</small>	Cliente: REGIONE EMILIA ROMAGNA	Codice: 1316-R-6020-E-1 Data: 04/06/2018
	Demolizione e ricostruzione della botte sifone del canale Cittadino all'attraversamento del canale Boicelli	Relazione sismica

5 PARAMETRICI SISMICI DI PROGETTO (DM 14/01/2008)

I dati per la definizione dell'azione sismica sono riportati in tabella 5.1.

Latitudine	44° 51' 13" N
Longitudine	11° 35' 48" E
Tipo di costruzione (V_N)	2 (50 anni)
Classe d'uso (C_U)	III ($C_U = 1.5$)
Categoria Stratigrafica	C
Categoria Topografica	T1

Tab. 5.1 – Parametri di riferimento per la determinazione dell'azione sismica

I parametri sismici principali per la categoria di sottosuolo C e categoria topografica T1, con riferimento per i simboli a quanto riportato nel § 3, vengono riportati nella tabella 5.2.

SL	V_R	P_{VR}	T_R	a_g	F_o	T_C^*	F_v	S_s	S_T	C_c	T_C	T_B	T_D	d_g	v_g	a_{max}
	[anni]	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]	[-]	[-]	[-]	[-]	[s]	[s]	[s]	[mm]	[m/s]	[g]
SLO	75	81	46	0.043	2.519	0.270	0.705	1.500	1.000	1.617	0.437	0.146	1.772	12.24	0.044	0.065
SLD	75	63	76	0.055	2.490	0.282	0.788	1.500	1.000	1.594	0.450	0.150	1.820	16.55	0.058	0.083
SLV	75	10	712	0.154	2.573	0.277	1.363	1.462	1.000	1.604	0.444	0.148	2.216	54.35	0.157	0.225
SLC	75	5	1463	0.204	2.521	0.284	1.537	1.391	1.000	1.591	0.452	0.151	2.416	75.95	0.201	0.284

Tab. 5.2 – Parametri sismici di riferimento per la categoria di sottosuolo C