

COMMITTENTE:



ALTA
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE
OBIETTIVO N. 443/01**

LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA

Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza

PROGETTO ESECUTIVO

FABBRICATI

**FA04 - FABBRICATO DI EMERGENZA (PER OPERAZIONI DI SOCCORSO IN
GALLERIA) ED IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO**

STRUTTURE

RELAZIONE SISMICA

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Conorzio			-
Ing. Giovanni MALAVENDA ALBO INGEGNERI PROV. DI MESSINA n. 4503	Iricav Due			
Data:	Ing. Paolo CARMONA			
	Data:			

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV. FOGLIO

I	N	1	7	1	2	E	I	2	R	H	F	A	0	4	0	0	0	0	3	B	0	0	1	P	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Ing Alberto Levorato	

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	MBI <i>Mario Ricci</i>	20/10/2021	MPA <i>Mario Ricci</i>	20/10/2021	GSA <i>[Signature]</i>	20/10/2021	
B	REVISIONE GC	FGH <i>Franco Guller</i>	29/11/2022	MPA <i>[Signature]</i>	29/11/2022	GSA <i>[Signature]</i>	29/11/2022	

Data: 29/11/2022

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E9100000009	File: IN1712EI2RHFA0400003B
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 2 di 38	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0400003	B

TUTTI I DIRITTI DEL PRESENTE DOCUMENTO SONO RISERVATI: LA RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE E' VIETATA

1	ELABORATI DI RIFERIMENTO	3
2	PREMESSA	5
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
4	DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO	6
4.1	INTRODUZIONE	6
4.2	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO DELL'OPERA.....	8
4.3	STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO	9
4.4	ACCELERAZIONE DI RIFERIMENTO SU SUOLO RIGIDO a_g	12
4.5	RISPOSTA SISMICA LOCALE	16
4.6	SPETTRI ELASTICI.....	18
4.7	SPETTRI DI PROGETTO	23
5	LIQUEFAZIONE	33
6	ANALISI MODALE E MODI DI VIBRARE.....	35

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 3 di 38	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RHFA0400003	B

1 ELABORATI DI RIFERIMENTO

CODICE ELABORATO	TITOLO ELABORATO
IN1712EI2EEFA0400001B	ELENCO ELABORATI
IN1712EI2RGFA0400001B	RELAZIONE GENERALE DI CONFRONTO PD-PE
IN1712EI2RHFA0400001B	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA
IN1712EI2RBFA0400001B	RELAZIONE GEOTECNICA
IN1712EI2RHFA0400002B	RELAZIONE ILLUSTRATIVA DEI MATERIALI
IN1712EI2CLFA0400001B	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE
IN1712EI2RHFA0400003B	RELAZIONE SISMICA
IN1712EI2CLFA0400002A	FASCICOLO DEI CALCOLI DELLE STRUTTURE
IN1712EI2P7FA0400001A	PLANIMETRIA DI INQUADRAMENTO
IN1712EI2P9FA0400001A	PLANIMETRIA GENERALE STATO DI FATTO-RILIEVO TOPOGRAFICO
IN1712EI2P9FA0400002A	PLANIMETRIA GENERALE STATO DI PROGETTO
IN1712EI2P9FA0400004A	PLANIMETRIA COSTRUZIONI E DEMOLIZIONI
IN1712EI2PZFA0400001A	PLANIMETRIA TRATTAMENTO SUPERFICI
IN1712EI2BZFA0400001A	PIAZZALE E STRADA DI ACCESSO - PARTICOLARI COSTRUTTIVI - SEZIONE TIPO
IN1712EI2PZFA0400002A	STRADA DI ACCESSO - SEGNALETICA VERTICALE E ORIZZONTALE
IN1712EI2P9FA0400005A	PIAZZALE - PLANIMETRIA DEI SOTTOSERVIZI DI PROGETTO
IN1712EI2P9FA0400006A	PIAZZALE - PLANIMETRIA RETE ACQUE METEORICHE DI PROGETTO
IN1712EI2BZFA0400002A	PIAZZALE - PARTICOLARI COSTRUTTIVI OPERE IDRAULICHE
IN1712EI2PZFA0400003A	PIAZZALE - PLANIMETRIA OPERE ELETTROMECCANICHE INTERRATE
IN1712EI2PZFA0400004A	PIAZZALE - PIANTE ELEMENTI STRUTTURALI
IN1712EI2PBFA0400001B	FABBRICATO: PIANTE
IN1712EI2PBFA0400002B	FABBRICATO: PROSPETTI
IN1712EI2WBFA0400001B	FABBRICATO: SEZIONI
IN1712EI2BZFA0400003B	FABBRICATO: PARTICOLARI 1/2
IN1712EI2BZFA0400004B	FABBRICATO: PARTICOLARI 2/2
IN1712EI2BKFA0400001B	FABBRICATO: ABACO PACCHETTI TECNOLOGICI
IN1712EI2BCFA0400001B	FABBRICATO: ABACO PORTE E FINESTRE
IN1712EI2PBFA0400003B	FABBRICATO - Carpenterie : PIANTE FONDAZIONI
IN1712EI2PBFA0400004B	FABBRICATO - Carpenterie : PIANTE COPERTURA
IN1712EI2WBFA0400002B	FABBRICATO - Carpenterie : SEZIONI - tAv 1
IN1712EI2WBFA0400003B	FABBRICATO - Carpenterie : SEZIONI - tAv 2
IN1712EI2BZFA0400005B	FABBRICATO - ARMATURE PILASTRI E CORDOLI DI FONDAZIONE TAV.1
IN1712EI2BZFA0400006B	FABBRICATO - ARMATURE PILASTRI E CORDOLI DI FONDAZIONE TAV.2
IN1712EI2BZFA0400007B	FABBRICATO - ARMATURE TRAVI TAV.1
IN1712EI2BZFA0400008B	FABBRICATO - ARMATURE TRAVI TAV.2
IN1712EI2BZFA0400015A	FABBRICATO - ARMATURE SOLAIO DI COPERTURA
IN1712EI2BZFA0400016A	FABBRICATO - PROSPETTI CORDOLI DI FONDAZIONE
IN1712EI2BZFA0400017A	FABBRICATO - DETTAGLI TAMPONATURE TAV. 1 DI 2
IN1712EI2BZFA0400018A	FABBRICATO - DETTAGLI TAMPONATURE TAV. 2 DI 2

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 4 di 38	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0400003	B

IN1712EI2BBFA0400001A	VASCA DI SOLLEVAMENTO - Carpenterie : PIANTE E SEZIONI
IN1712EI2BZFA0400009A	VASCA DI SOLLEVAMENTO - Armature Tav. 1
IN1712EI2BZFA0400010A	VASCA DI SOLLEVAMENTO - Armature Tav. 2
IN1712EI2BZFA0400011A	STRUTTURE PIAZZALE - ARMATURE
IN1712EI2BBFA0400002B	FABBRICATO - CABINA ENEL: PIANTA , SEZIONI, PROSPETTI
IN1712EI2BZFA0400012B	FABBRICATO - CABINA ENEL: PARTICOLARI
IN1712EI2BKFA0400002B	FABBRICATO - CABINA ENEL: ABACO PACCHETTI TECNOLOGICI
IN1712EI2BCFA0400002B	FABBRICATO - CABINA ENEL: ABACO PORTE E E FINESTRE
IN1712EI2BBFA0400003B	FABBRICATO - CABINA ENEL - PIANTE E SEZIONI
IN1712EI2BZFA0400013B	FABBRICATO - CABINA ENEL - ARMATURE FONDAZIONI E SOLETTA CONTROTERRA
IN1712EI2BZFA0400014B	FABBRICATO - CABINA ENEL - ARMATURE TRAVI E PILASTRI
IN1712EI2BZFA0400019A	FABBRICATO - CABINA ENEL - ARMATURE SOLAIO DI COPERTURA
IN1712EI2BZFA0400020A	FABBRICATO - CABINA ENEL - DETTAGLI TAMPONATURE

Elaborati di riferimento del Progetto Esecutivo:

- | | | |
|-----|-----------------------|--|
| [1] | IN1710EI2RHGE0000001A | Relazione geologica, caratterizzazione e modellazione geologica del sito 1/2 (da 0+000 a 21+990) |
| [2] | IN1710EI2RHGE0000003A | Relazione idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990) |
| [3] | IN1710EI2RBGE0000001A | Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) |
| [4] | IN1710EI2LZGE000013A | Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico 2 di 11 |
| [5] | IN1710EI2RHGE0000005A | Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 1/2 (da 0+000 a 21+990) |
| [6] | IN1710EI2P5GE0000002A | Planimetrie con classificazione sismica del territorio 2 di 11 |
| [7] | IN1710EI2LZGE0000024A | Carta idrogeologica e profilo idrogeologico 2 di 11 |

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 5 di 38	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0400003	B

2 PREMESSA

La presente relazione è relativa al progetto esecutivo del piazzale e del fabbricato SG al km 6+875 da realizzare nella tratta Verona - Padova, sublotto Verona - Montebello Vicentino, nell'ambito della progettazione definitiva della linea AV/AC Torino - Venezia.

In particolare la relazione illustra le caratteristiche geometriche generali e le dimensioni degli elementi strutturali, definisce le caratteristiche dei materiali costitutivi e riporta i calcoli del progetto esecutivo delle opere in elevazione. Per le verifiche geotecniche delle opere di fondazione (platea su pali) e per le verifiche delle opere di sostegno (diaframmi), si dovrà fare riferimento a documenti esterni alla presente relazione (elaborato IN1712EI2CLTR0400001A).

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il dimensionamento, le analisi e le verifiche delle strutture sono stati condotti in accordo con le seguenti disposizioni normative:

- Legge n° 1086 del 05/11/1971
“Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- Legge n° 64 del 02/2/1974
“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- Ordinanza del 20/3/2003 n. 3274 e s.m.i.
“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- D.C.R. Regione Veneto 03/12/2003 n. 67
Allegato 1 – Elenco dei comuni classificati in zona sismica.
- Decreto Ministeriale 14/1/2008
“Norme tecniche per le costruzioni”
- Circolare 02/2/2009, n°617
“Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14/1/2008”
- Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 6 di 38	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0400003	B

UNI EN 1992-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

- UNI – EN 206-1: 2206
Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità.
- UNI 11104: 2004
Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1.
- Testo coordinato dell’allegato I del DM 3 agosto 2015 “Codice di prevenzione incendi” aggiornamento 19 novembre 2020
- Manuale di progettazione RFI – Prescrizioni Tecniche per la progettazione dell’Infrastruttura” 2017
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle Opere Civili Parte II sezione 2 Ponti e Strutture
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle Opere Civili Parte II sezione 3 Corpo Stradale
- Capitolato delle Opere Civili rev. B.

4 DEFINIZIONE DELL’AZIONE SISMICA DI PROGETTO

4.1 INTRODUZIONE

La definizione dell’azione sismica di progetto è stata condotta secondo quanto disposto dalle Norme Tecniche in vigore assunte alla base della progettazione (DM 14 gennaio 2008. Norme tecniche per le costruzioni. Gazzetta Ufficiale n. 29 del 04.02.2008 – Supplemento Ordinario n. 159). In particolare, l’azione sismica in base alla quale va valutato il rispetto dei diversi stati limite per le strutture in progetto deve essere definita a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione, a sua volta espressa in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La definizione dell’azione sismica di progetto comprende la determinazione delle ordinate dello spettro di risposta elastica in accelerazione $S_e(T)$ “ancorato” al valore di a_g , facendo riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R per la vita utile della struttura. Data la probabilità di superamento nel periodo di riferimento considerato, funzione dello Stato Limite considerato per

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 7 di 38	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0400003	B

la verifica, la forma spettrale è definita a partire dai valori dei seguenti parametri relativi ad un sito di riferimento rigido e orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima su sito rigido e superficie topografica orizzontale;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei paragrafi seguenti verrà dapprima stabilito il periodo di riferimento per l'azione sismica, sulla base della classificazione delle opere in progetto. Successivamente, saranno definiti gli stati limite di interesse per la verifica strutturale, arrivando a definire i periodi di ritorno corrispondenti dell'azione sismica da considerare per suolo rigido. Verrà poi illustrata la determinazione della categoria di suolo (e topografica) di riferimento attraverso l'interpretazione delle indagini geotecniche. In conclusione verrà definita l'azione sismica di verifica per i diversi Stati Limite.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 8 di 38	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0400003	B

4.2 VITA NOMINALE E CLASSE D'USO DELL'OPERA

Con riferimento alla destinazione d'uso e alle conseguenze di un'eventuale interruzione di operatività o collasso del fabbricato, sono stati definiti i parametri di base della progettazione strutturale, con particolare riguardo all'azione sismica (punto 2.4 NTC08).

La Vita Nominale V_N di un'opera, intesa come il numero di anni in cui essa possa essere usata per lo scopo al quale è destinata, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, è così definita dalle NTC08:

$V_N \leq 10$ anni, per opere provvisorie e provvisionali.

$V_N \geq 50$ anni, per opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale;

$V_N \geq 100$ anni, per grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di importanza strategica.

Nel caso in oggetto (opera infrastrutturale di elevata importanza), ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto per l'asse principale e tutte le opere con esso direttamente interferenti in caso di collasso, è stato assunto in sede progettuale:

- vita nominale $V_N = 100$ anni

Con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso in presenza di azioni sismiche, le opere sono suddivise dalle NTC08 in classi d'uso, la cui appartenenza è stabilita sulla base dell'importanza dell'opera rispetto alle esigenze di operatività a valle di un evento sismico. In particolare, le classi d'uso sono così definite:

- Classe I ($C_U=0.7$): Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II ($C_U=1.0$): 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.
- Classe III ($C_U=1.5$): 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.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 9 di 38	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0400003	B

- Classe IV ($C_U=2.0$): 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.

Per l'opera in oggetto è stata definita la seguente classe d'uso:

- Classe d'uso III, con coefficiente d'uso $C_U = 1.5$

Alla luce di quanto sopra, per l'opera in oggetto il periodo di riferimento per l'azione sismica risulta:

$$V_R = V_N \times C_U = 150 \text{ anni.}$$

4.3 STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO

L'azione sismica di progetto deve essere determinata in funzione degli Stati Limite relativi all'opera da verificare ed alle corrispondenti probabilità P_{VR} di realizzarsi nel periodo di riferimento V_R .

Gli Stati Limite di riferimento per verifiche in presenza di sisma, così come definiti nelle NTC08 al par. 3.2.1 risultano:

- Stati Limite Ultimi (SLU):
 - Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana, SLV, definito come lo stato limite in cui la struttura subisce una significativa perdita della rigidità nei confronti dei carichi orizzontali ma non nei confronti dei carichi verticali. Permane un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.
 - Stato Limite di Prevenzione del Collasso, SLC, stato limite nel quale la struttura subisce gravi danni strutturali, mantenendo comunque un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza a collasso per carichi orizzontali.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Pag 10 di 38	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0400003	B

- Stati limite di Esercizio (SLE):

- Stato Limite di immediata Operatività SLO per le strutture ed apparecchiature che debbono restare operative a seguito dell’evento sismico.
- Stato Limite di Danno SLD definito come lo stato limite da rispettare per garantire la sostanziale integrità dell’opera ed il suo immediato utilizzo.

Le verifiche di sicurezza da effettuare sono riepilogate in funzione della Classe d’uso nella Tab. C7.1.I della Circolare NTC08, di seguito riportata:

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 11 di 38	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0400003	B

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

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

Tabella 1 Verifiche di sicurezza da effettuare per la Classe d'Uso considerata (Circ. NTC08)

Le probabilità di superamento cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente per ciascuno degli stati limite considerati sono riportate in Tab 3.2.I NTC2008:

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 12 di 38	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0400003	B

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

Tabella 2 Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Il tempo di ritorno T_R dell'azione sismica di verifica è legato al periodo di riferimento V_R ed alla probabilità di superamento P_{VR} dalla relazione: $T_R = V_R / \ln(1-P_{VR})$

Nel caso specifico con $V_R = 150$ anni si hanno i periodi di ritorno riportati nell'immagine seguente:



Figura 1 Periodi di ritorno per le diverse probabilità di superamento nel periodo V_R .

4.4 ACCELERAZIONE DI RIFERIMENTO SU SUOLO RIGIDO a_g

Le NTC08 definiscono i valori a_g (accelerazione orizzontale massima su sito rigido e superficie topografica orizzontale), F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T_c^* (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) in corrispondenza di una griglia di punti distribuiti sull'intero territorio nazionale. I corrispondenti valori di pericolosità sismica situati in punti intermedi della griglia

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 13 di 38	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0400003	B

(individuati dalle loro coordinate) vengono ottenuti per interpolazione sui quattro punti di griglia più prossimi.

Le coordinate specifiche del sito in esame sono le seguenti:

Longitudine: 11.096180° E

Latitudine: 45.405451° N

Nella figura seguente si riporta, per il punto di interesse, la relativa localizzazione ed uno schema di localizzazione del punto rispetto ai nodi della griglia dei valori di pericolosità, ottenuto attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v.2, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

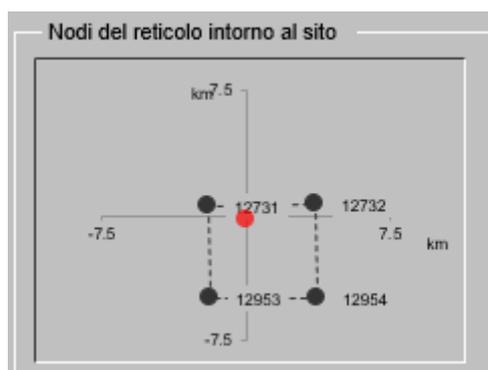


Figura 2 Individuazione del punto di interesse nel reticolo di riferimento.

Il risultato dell'interpolazione per i parametri a_g , F_0 e T_c^* è riportato di seguito.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	90	0.072	2.491	0.261
SLD	151	0.092	2.439	0.266
SLV	1424	0.225	2.435	0.284
SLC	2475	0.276	2.379	0.290

Tabella 2: Parametri a_g , F_0 T_c^* in funzione degli stati limite, al variare del periodo di ritorno T_R

Valori di progetto dei parametri a_g , F_0 , T_c^* in funzione del periodo di ritorno T_R

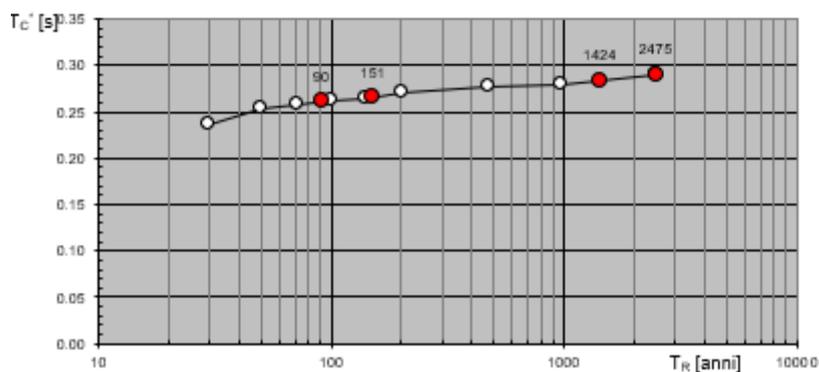
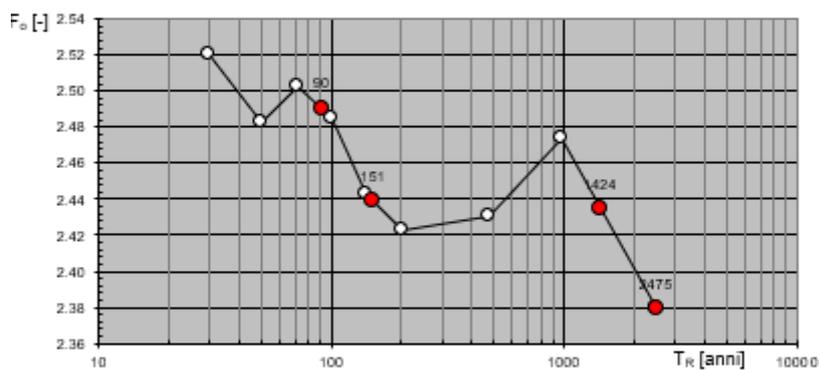
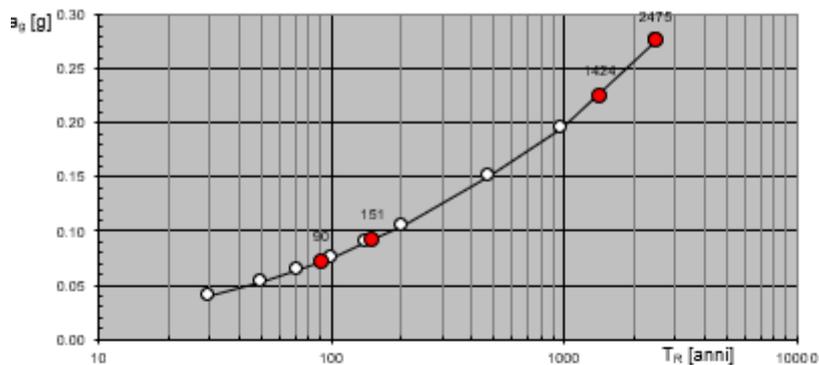


Figura 3 Valori di progetto di a_g , F_0 , T_c^* in funzione del periodo di ritorno T_R

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

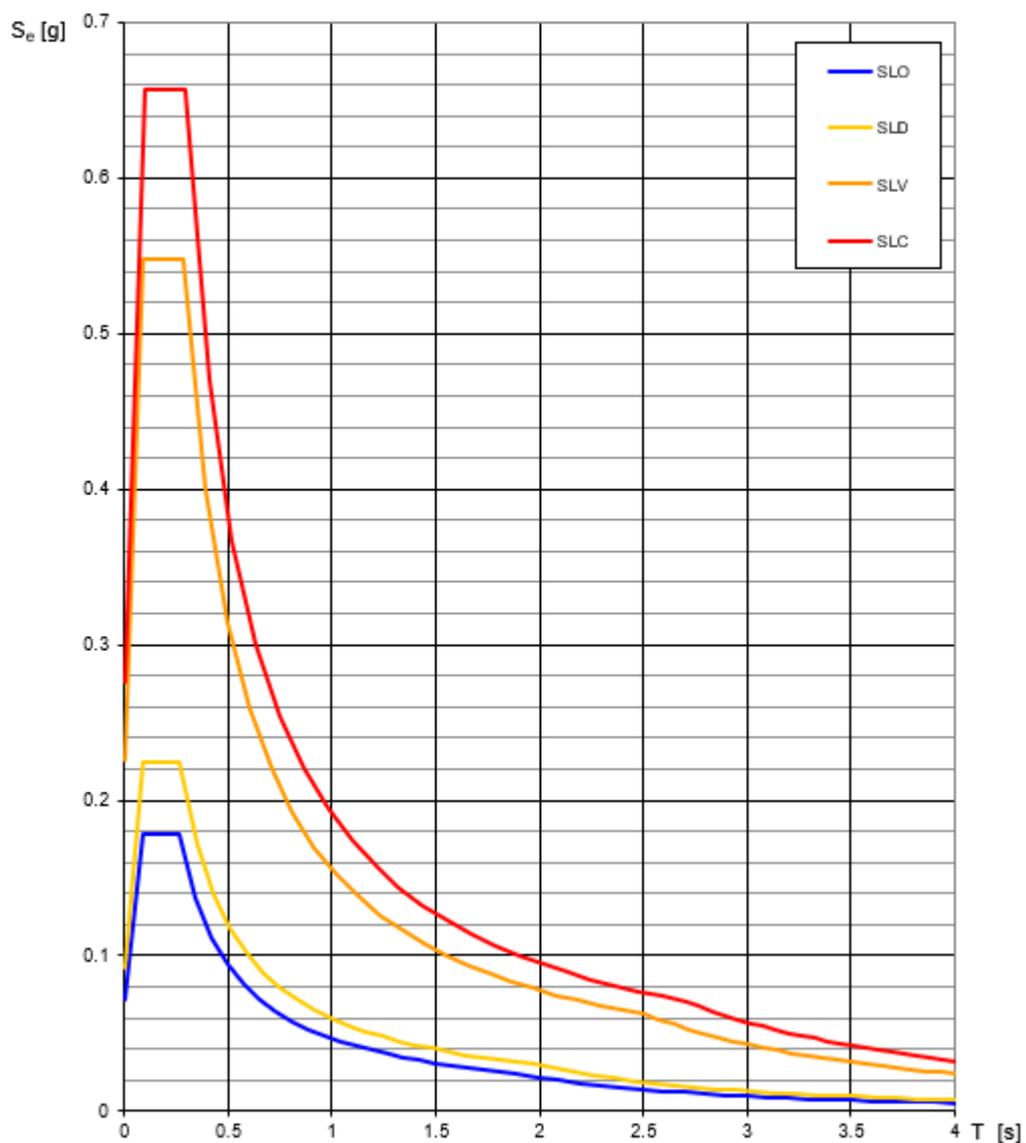


Figura 4 Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite su suolo rigido

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 16 di 38	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RHFA0400003	B

4.5 RISPOSTA SISMICA LOCALE

La zonazione del tracciato di progetto rispetto alla risposta sismica locale dei terreni presenti è stata svolta in accordo alle prescrizioni delle NTC08, identificando la Categoria di Sottosuolo di appartenenza del sito sulla base dei dati delle indagini condotte. In particolare, l'associazione tra stratigrafia rilevata ai punti di interesse e relativa categoria di sottosuolo è stata condotta in funzione dei valori medi calcolati sui primi 30m di profondità della velocità di propagazione delle onde di taglio ($V_{S,30}$) definita dall'espressione:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

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

$V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato, ricavata attraverso correlazioni.

Si rimanda alla Relazione Geotecnica per la descrizione completa delle diverse prove in sito condotte nel corso delle varie campagne, per ogni punto di interesse identificato lungo il tracciato. Nella Relazione Sismica il terreno su cui sorgerà il FA04 è classificato in categoria C.

Si riporta nell'immagine seguente uno stralcio della Planimetria con Classificazione Sismica del Territorio, in cui è individuata la localizzazione del fabbricato in oggetto.

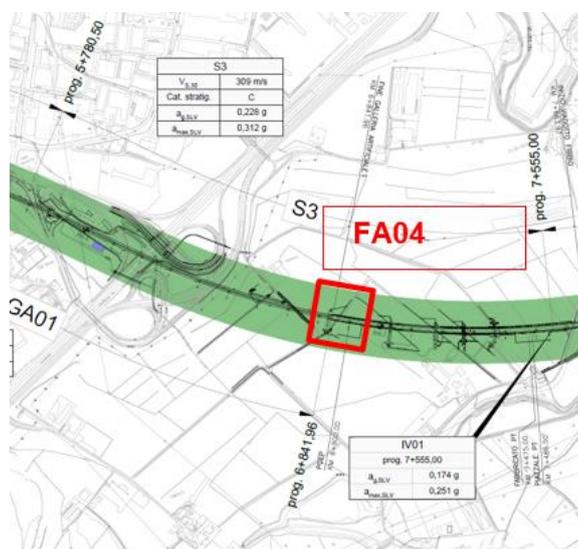


Figura 5 Categoria di sottosuolo del sito in esame

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 17 di 38	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0400003	B

L'effetto della risposta sismica locale sulla pericolosità di base può essere determinato secondo le NTC08 attraverso l'impiego di un fattore di sito S funzione sia della categoria di sottosuolo (S_S) sopra determinata, sia dell'andamento della superficie topografica (S_T):

Il coefficiente S_S si ottiene dalla seguente espressione per un sottosuolo di categoria C (Tabella 3.2.V del par. 3.2.3 delle NTC08):

$$S_S = 1.00 \leq 1.70 - 0.60F_0 \frac{a_g}{g} \leq 1.50$$

Per quanto riguarda l'eventuale amplificazione topografica, il sito di interesse si trova su superficie sostanzialmente pianeggiante. Pertanto, esso ricade in categoria T_1 , ossia Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$, in accordo alla Tabella 3.2.IV al par.3.2.2. delle NTC08. Di conseguenza il fattore di amplificazione topografica ha valore unitario, $S_T = 1$.

L'azione sismica prima individuata viene corretta per tener conto delle effettive condizioni locali, stratigrafiche (categoria di sottosuolo "C") e topografiche (superficie pianeggiante), attraverso i coefficienti correttivi che amplificano l'accelerazione riferita al suolo rigido determinando l'accelerazione di progetto: $a_{max} = S a_g (T=0)$. I valori del fattore di sito S e dell'azione sismica di progetto a_{max} per i periodi di ritorno corrispondenti ai diversi stati limite sono stati calcolati e riportati di seguito:

STATO LIMITE	S_S	S_T	$S=S_S*S_T$	a_g (g)	$a_{max}=a_g*S$ (g)
SLO	1.500	1	1.500	0.072	0.108
SLD	1.500	1	1.500	0.092	0.138
SLV	1.366	1	1.371	0.225	0.308
SLC	1.333	1	1.306	0.276	0.360

Tabella 3: Coefficienti correttivi locali e accelerazioni massime

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 18 di 38	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0400003	B

4.6 SPETTRI ELASTICI

Il moto del suolo durante il terremoto è caratterizzabile attraverso 3 componenti mutualmente ortogonali, due orizzontali X e Y e una verticale Z. Vengono di seguito fornite le indicazioni di carattere operativo per procedere alla determinazione degli spettri di risposta elastici. Si rimanda al testo delle NTC08 per ogni altra indicazione. Nel caso in esame, la risposta alle azioni sismiche viene calcolata separatamente per due componenti orizzontali tra loro ortogonali mentre la componente verticale non viene considerata in quanto la costruzione sorge in Zona 3 (prg. 3.2.3.1 e 7.2.1 NTC08).

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali è definito dalle espressioni seguenti:

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

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

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

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

in cui T ed S_e sono rispettivamente periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale.

Inoltre:

- S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche (cfr. par. 0).
- η è il fattore che altera lo spettro elastico per fattori di smorzamento viscoso ξ diversi dal 5%, secondo la relazione:

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0.55$$

dove ξ espresso in % è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

- F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale;

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 19 di 38	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0400003	B

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

$$T_c = C_c \cdot T_c^*$$

- dove T_C^* è periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale; C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (rif. Tab. 3.2.V delle NTC08); nel caso specifico, in presenza di suoli in categoria C si ha $C_c = 1.05(T_C^*)^{-0.33}$;

- T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante:
 $T_B = T_C / 3$

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

$$T_D = 4.0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1.6$$

Gli stati limite adottati per la verifica sismica sono:

- SLV (stato limite di salvaguardia della vita), per le verifiche delle strutture nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU);
- SLD (stato limite di danno), per le verifiche delle strutture agli stati limite di esercizio (SLE) in termini di resistenza;
- SLO (stato limite di operatività), per le verifiche delle strutture agli stati limite di esercizio (SLE) in termini di contenimento del danno agli elementi non strutturali (e degli impianti in termini di mantenimento della funzionalità secondo quanto specificato al punto 7.3.7.3 NTC08).

a ciascuno dei quali è associata una probabilità (crescente) di superamento dell'evento nel periodo di riferimento P_{VR} .

Nelle figure alle pagine seguenti si riportano i corrispondenti spettri elastici ottenuti per il sito in esame, sulla base dei parametri sopra definiti.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 20 di 38	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0400003	B

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLV

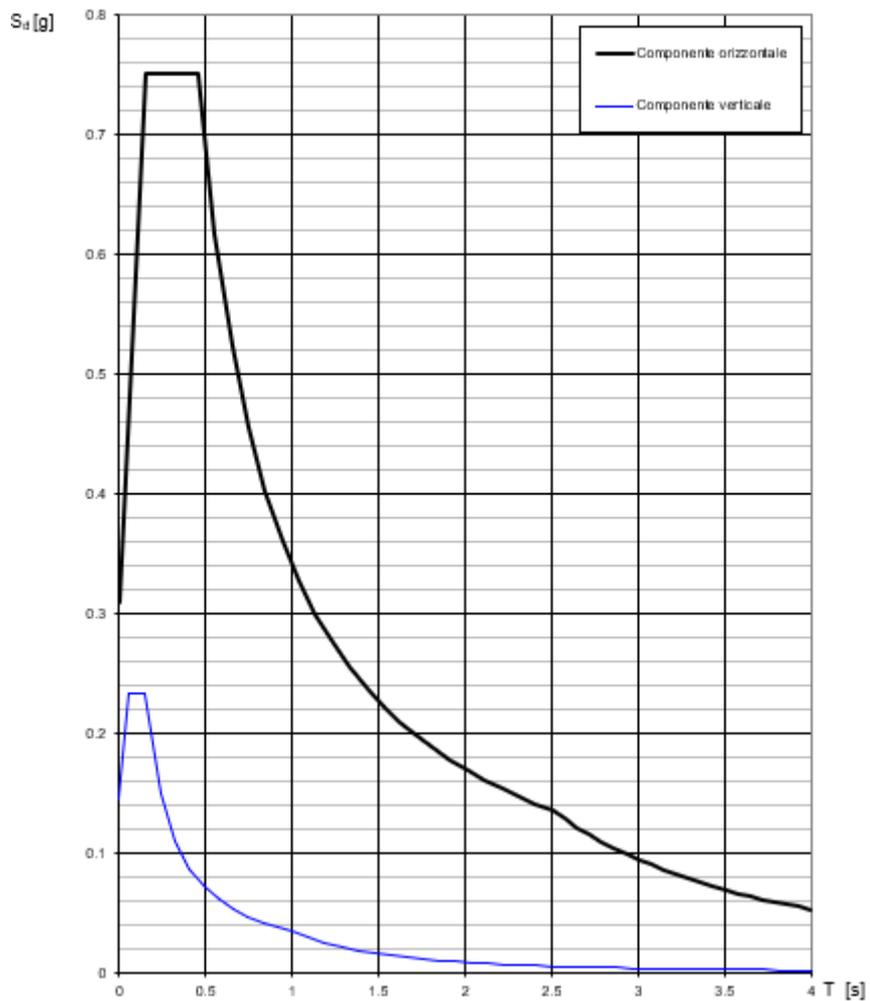


Figura 6 Spettro elastico SLV

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLD

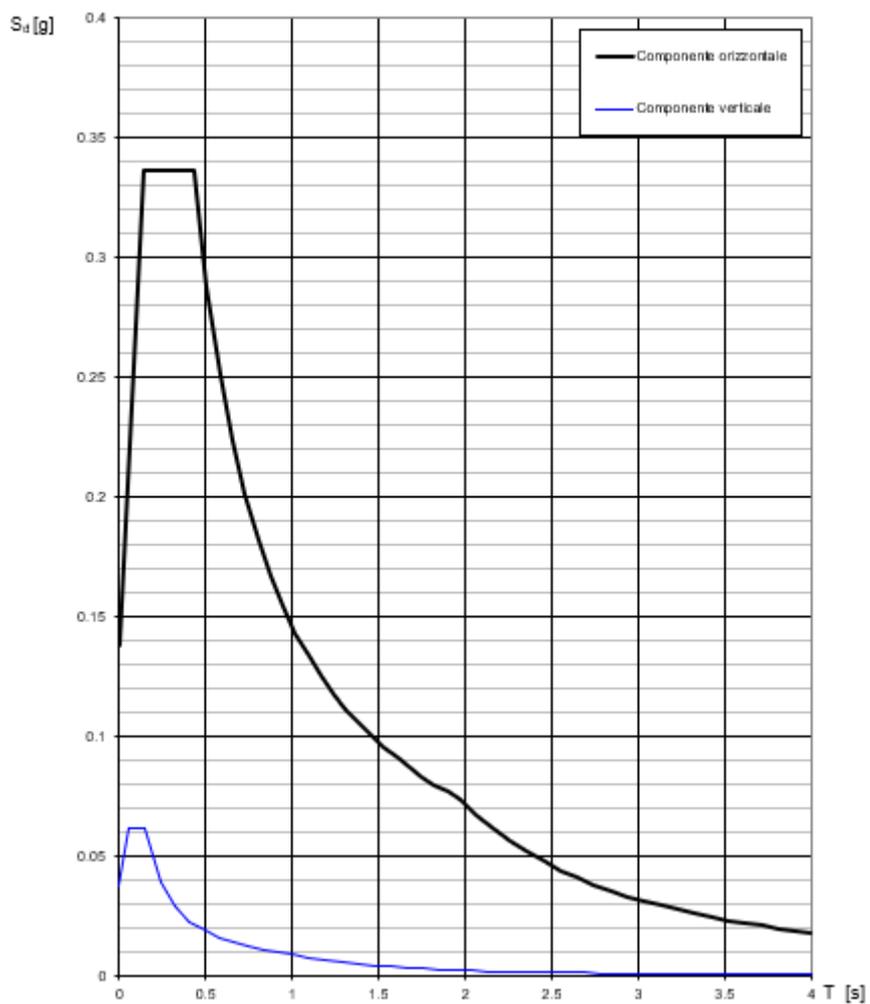


Figura 7 Spettro elastico SLD

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLO

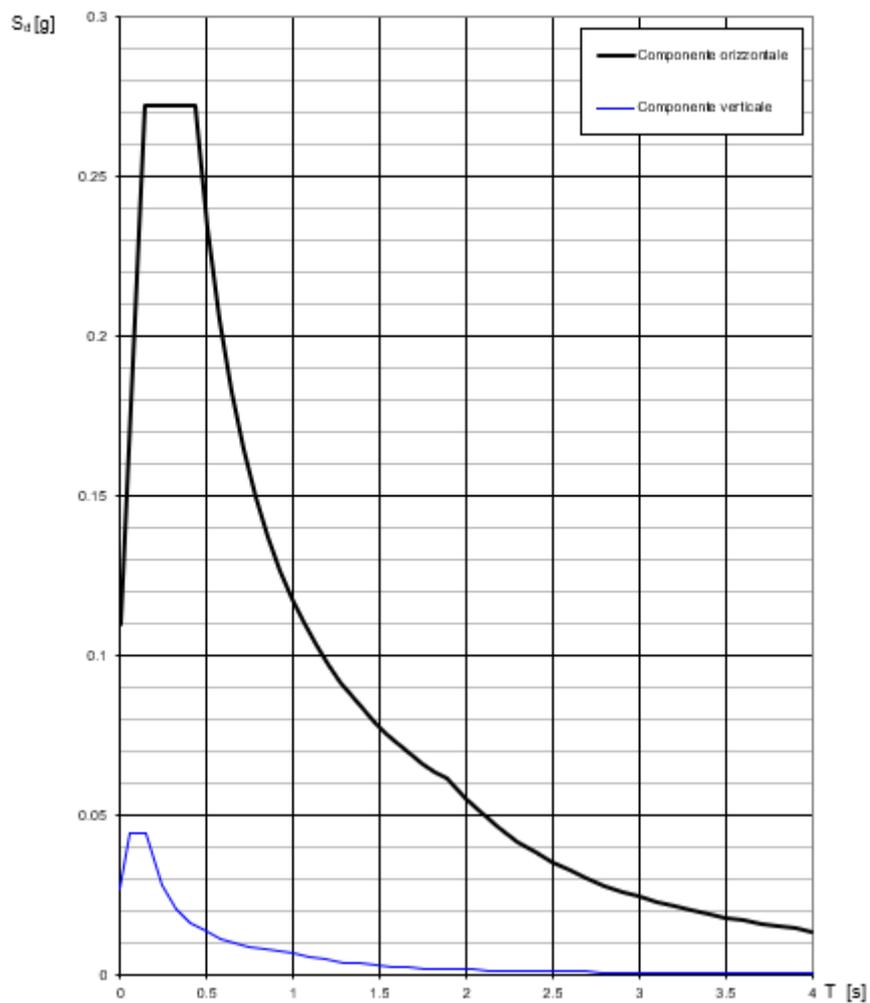


Figura 8 Spettro elastico SLO

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 23 di 38	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0400003	B

4.7 SPETTRI DI PROGETTO

Lo spettro di progetto per le verifiche delle strutture agli stati limite ultimi (SLU) viene ottenuto a partire dallo spettro elastico SLV prima riportato, ridotto secondo un fattore di struttura specifico per la struttura in esame. In questo caso si considerano i seguenti parametri di calcolo:

FABBRICATO SG:

- tipologia strutturale: struttura in c.a. a telaio di un piano;
- classe di duttilità: B;
- coefficiente di base: 3.0;
- rapporto di duttilità: $\alpha_u/\alpha_1 = (1+1.1)/2=1.05$ (costruzione non regolare in pianta);
- fattore riduttivo: $k_R = 1.0$ (costruzione regolare in altezza);

dai quali risulta il seguente valore del fattore di struttura per ciascuna direzione del sisma orizzontale:

$$q = q_0 \times k_R = 3.0 \times 1.05 \times 1.0 = 3.15$$

CABINA ENEL:

- tipologia strutturale: struttura in c.a. a telaio di un piano;
- classe di duttilità: B;
- coefficiente di base: 3.0;
- rapporto di duttilità: $\alpha_u/\alpha_1 = 1.1$ (costruzione regolare in pianta);
- fattore riduttivo: $k_R = 1.0$ (costruzione regolare in altezza);

dai quali risulta il seguente valore del fattore di struttura per ciascuna direzione del sisma orizzontale:

$$q = q_0 \times k_R = 3.0 \times 1.1 \times 1.0 = 3.30$$

Per l'azione sismica verticale il fattore di struttura è $q=1.5$.

Di seguito si riporta il grafico e le relative coordinate dello spettro di progetto SLV, ottenuto a partire dallo spettro elastico applicando il fattore di struttura sopra determinato.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLV

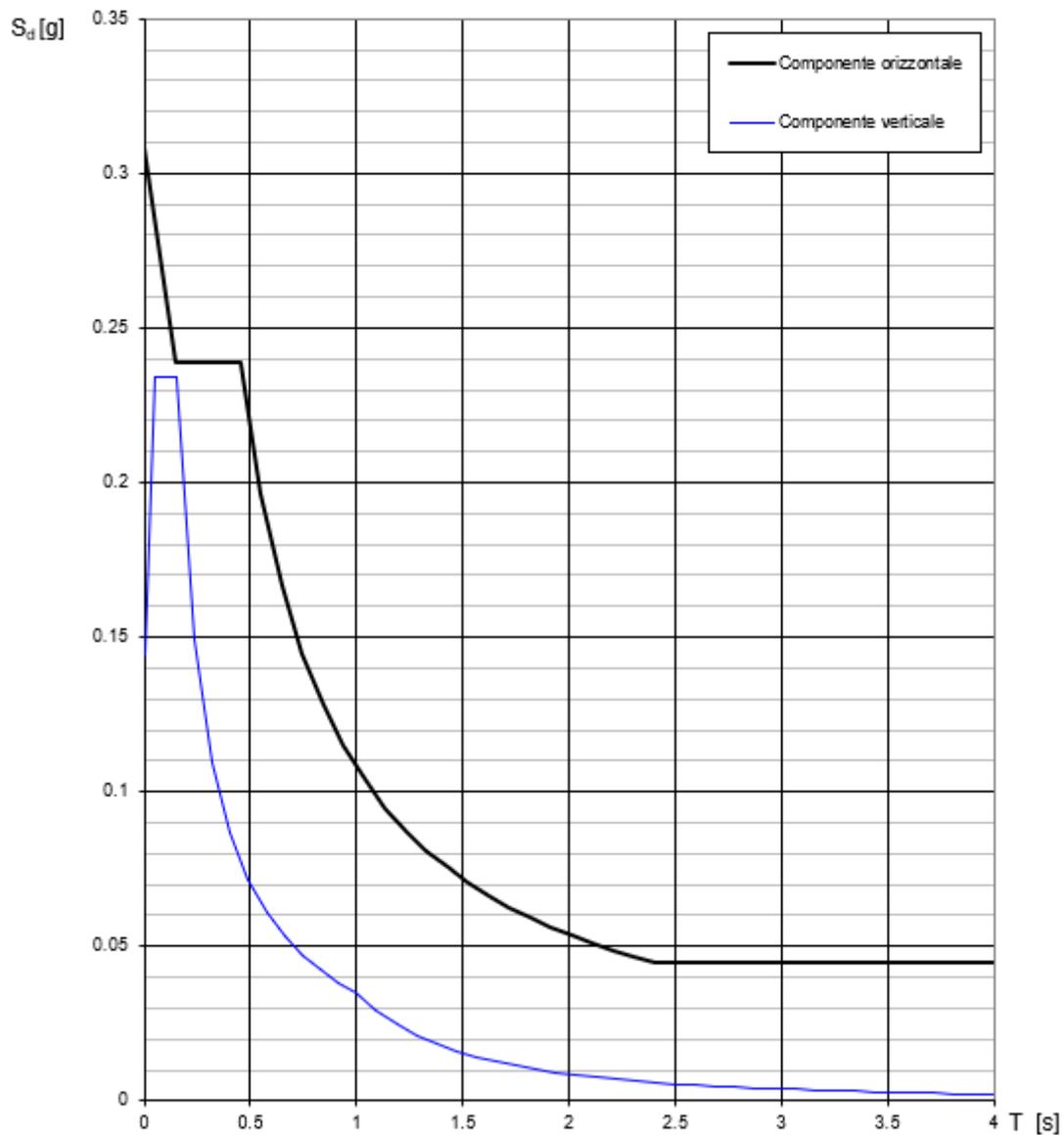


Figura 9 Spettro di progetto SLV FABBRICATO SG

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limiSLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_x	0.225 q
F_x	2.435
T_c	0.284 x
S_x	1.371
C_c	1.591
S_T	1.000
q	3.150

Parametri dipendenti

S	1.371
η	0.317
T_p	0.151 x
T_c	0.452 x
T_p	2.501 x

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0.55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; § 3.2.3.5})$$

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

$$T_c = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_n = 4.0 \cdot a_x / g + 1.6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

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

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

$$T_n \leq T < T_c \quad S_d(T) = a_x \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_c \leq T < T_p \quad S_d(T) = a_x \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_p \leq T \quad S_d(T) = a_x \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_n}{T} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è attenuato dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ moltiplicando con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0.000	0.309
0.151	0.239
0.452	0.239
0.549	0.196
0.647	0.167
0.744	0.145
0.842	0.128
0.940	0.115
1.037	0.104
1.135	0.095
1.232	0.087
1.330	0.081
1.427	0.076
1.525	0.071
1.623	0.066
1.720	0.063
1.818	0.059
1.915	0.056
2.013	0.054
2.110	0.051
2.208	0.049
2.306	0.047
2.403	0.045
2.501	0.045
2.572	0.045
2.643	0.045
2.715	0.045
2.786	0.045
2.858	0.045
2.929	0.045
3.000	0.045
3.072	0.045
3.143	0.045
3.215	0.045
3.286	0.045
3.357	0.045
3.429	0.045
3.500	0.045
3.572	0.045
3.643	0.045
3.714	0.045
3.786	0.045
3.857	0.045
3.929	0.045
4.000	0.045

Tabella 3: Punti dello spettro di risposta di progetto SLV FABBRICATO SG

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 26 di 38	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0400003	B

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLV

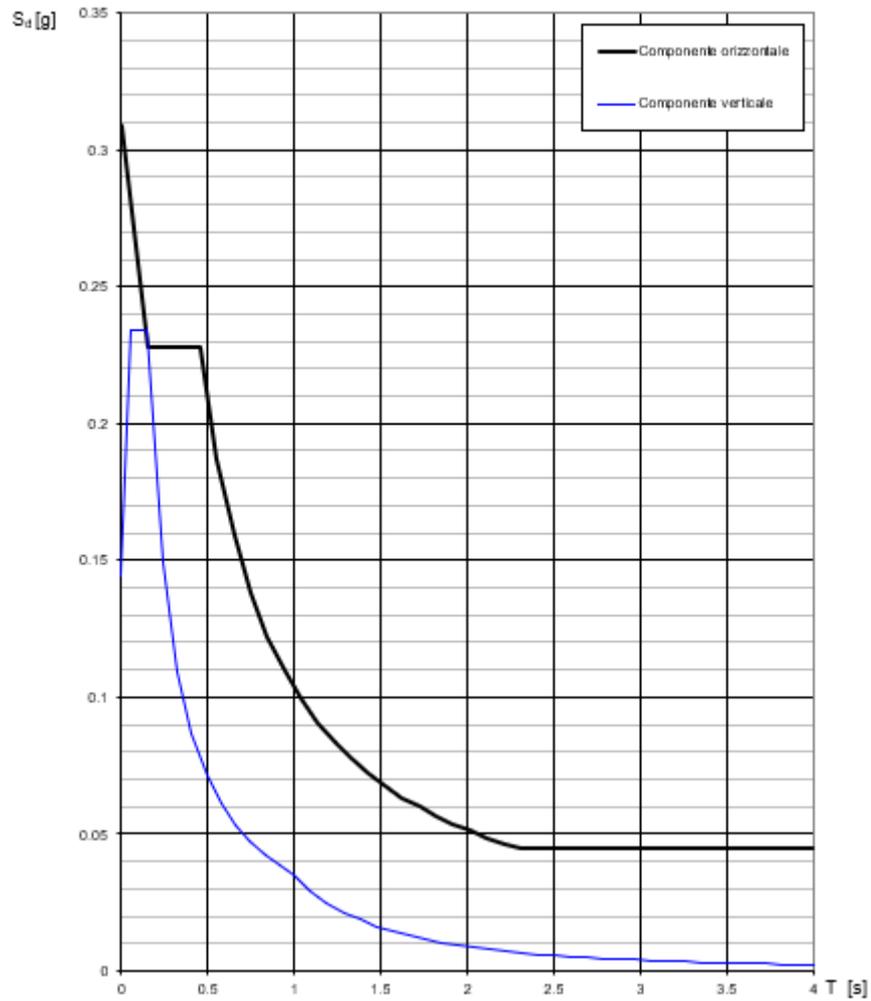


Figura 10 Spettro di progetto SLV CABINA ENEL

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limiSLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_s	0.225 q
F_s	2.435
T_c	0.284 r
S_s	1.371
C_c	1.591
S_T	1.000
q	3.200

Parametri dipendenti

S	1.371
η	0.202
T_b	0.151 r
T_c	0.452 r
T_D	2.501 r

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = \sqrt{10/(S+5)} \geq 0.55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; § 3.2.3.5})$$

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

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

$$T_D = 4.0 \cdot a_s / g + 1.6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

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

$$0 \leq T < T_b \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_b \cdot \left[\frac{T}{T_b} + \frac{1}{\eta \cdot F_b} \left(1 - \frac{T}{T_b} \right) \right]$$

$$T_b \leq T < T_c \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_b$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_b \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_b \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_D}{T^2} \right)$$

La pectra di risposta $S_d(T)$ per lo verifiche agli Stati Limite Ultimi è attonuta dalle espressioni della pectra elartica $S_e(T)$ artituenda con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	S_e [g]
0.000	0.309
0.151	0.228
0.452	0.228
0.549	0.187
0.647	0.159
0.744	0.138
0.842	0.122
0.940	0.110
1.037	0.099
1.135	0.091
1.232	0.083
1.330	0.077
1.427	0.072
1.525	0.067
1.623	0.063
1.720	0.060
1.818	0.057
1.915	0.054
2.013	0.051
2.110	0.049
2.208	0.047
2.306	0.045
2.403	0.045
2.501	0.045
2.572	0.045
2.643	0.045
2.715	0.045
2.786	0.045
2.858	0.045
2.929	0.045
3.000	0.045
3.072	0.045
3.143	0.045
3.215	0.045
3.286	0.045
3.357	0.045
3.429	0.045
3.500	0.045
3.572	0.045
3.643	0.045
3.714	0.045
3.786	0.045
3.857	0.045
3.929	0.045
4.000	0.045

Tabella 3: Punti dello spettro di risposta di progetto SLV CABINA ENEL

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 28 di 38	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RHFA0400003	B

Lo spettro di progetto per le verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) delle strutture in termini di resistenza viene ottenuto a partire dallo spettro elastico SLD prima riportato, ridotto secondo un fattore di struttura $q=1/\eta=1/(2/3)=1.5$, come indicato al punto 7.3.7.1 NTC08. Si riporta lo spettro SLD così ricavato.

Per le verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) delle strutture in termini di contenimento del danno agli elementi non strutturali (e degli impianti interni di mantenimento della funzionalità secondo quanto specificato al punto 7.3.7.3 NTC08) lo spettro di progetto coincide con quello elastico SLO prima riportato.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLD

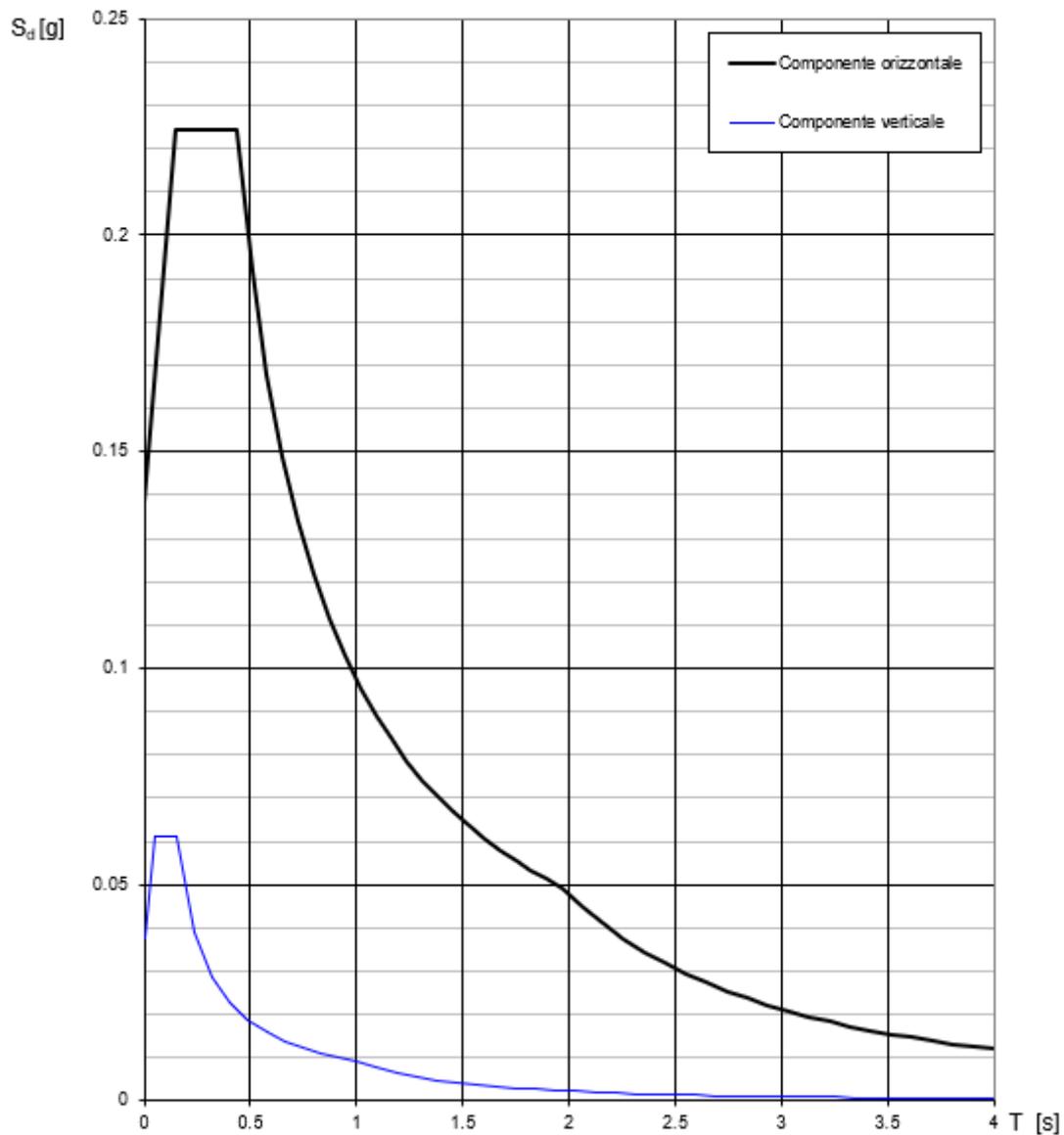


Figura 11 Spettro di progetto SLD

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_s	0.092 q
F_s	2.439
T_c	0.266 s
S_s	1.500
C_c	1.625
S_T	1.000
q	1.500

Parametri dipendenti

S	1.500
η	0.667
T_B	0.144 s
T_C	0.433 s
T_D	1.968 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = \sqrt{10/(S+5)} \geq 0.55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; § 3.2.3.5})$$

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

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4.0 \cdot a_s / g + 1.6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

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

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

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

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

La spettro di progetto $S_d(T)$ per lo verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuta dalle espressioni della spettro elastica $S_e(T)$ moltiplicandola con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	S_e [g]
0.000	0.138
0.144	0.224
0.433	0.224
0.506	0.192
0.579	0.168
0.652	0.149
0.725	0.134
0.798	0.122
0.871	0.111
0.945	0.103
1.018	0.095
1.091	0.089
1.164	0.083
1.237	0.079
1.310	0.074
1.383	0.070
1.456	0.067
1.529	0.064
1.602	0.061
1.676	0.058
1.749	0.056
1.822	0.053
1.895	0.051
1.968	0.049
2.065	0.045
2.162	0.041
2.258	0.037
2.355	0.034
2.452	0.032
2.549	0.029
2.645	0.027
2.742	0.025
2.839	0.024
2.936	0.022
3.032	0.021
3.129	0.020
3.226	0.018
3.323	0.017
3.419	0.016
3.516	0.015
3.613	0.015
3.710	0.014
3.806	0.013
3.903	0.013
4.000	0.012

Tabella 3: Punti dello spettro di risposta di progetto SLD

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLO

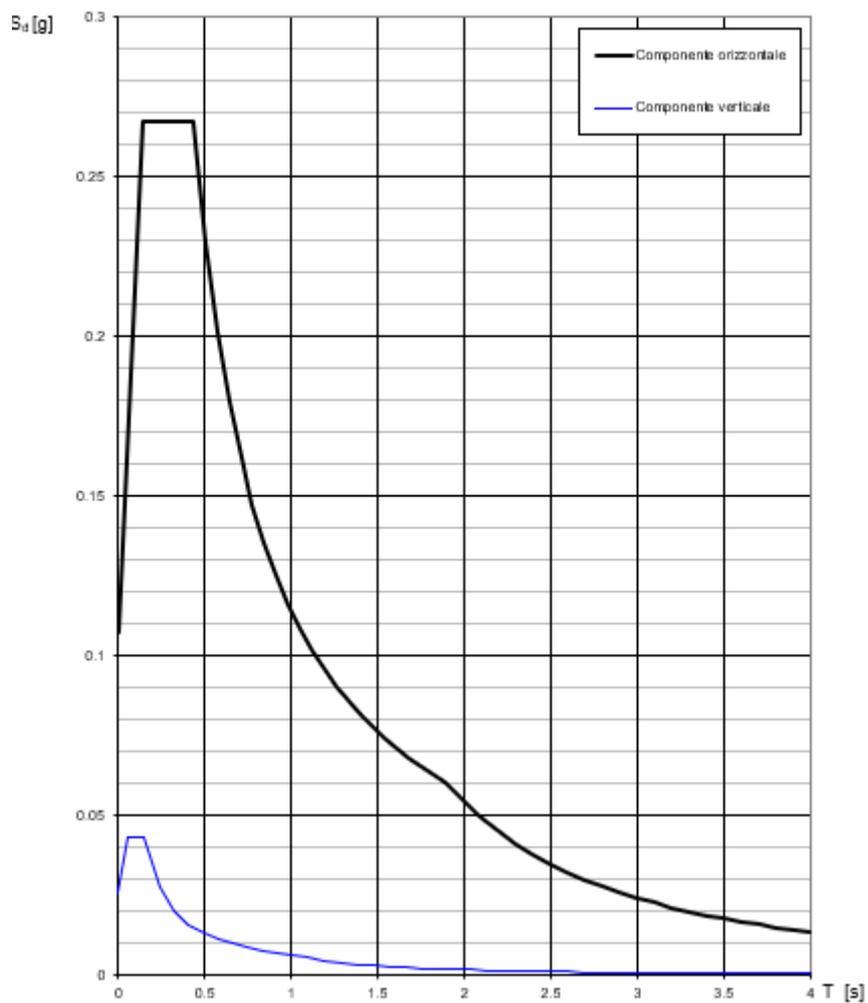


Figura 12 Spettro di progetto SLO

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
a_s	0.072 q
F_s	2.491
T_c	0.261 r
S_s	1.500
C_c	1.635
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.000
T_B	0.142 r
T_c	0.427 r
T_D	1.886 r

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = \sqrt{10/(S+2)} \geq 0.55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; § 3.2.3.5})$$

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

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

$$T_D = 4.0 \cdot a_s / g + 1.6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

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

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

$$T_B \leq T < T_c \quad S_c(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_D}{T^2} \right)$$

La plettra di progetto $S_d(T)$ per lo verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuta dalle espressioni della plettra elastica $S_c(T)$ e rartituenda con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0.000	0.107
0.142	0.267
0.427	0.267
0.497	0.230
0.566	0.202
0.636	0.180
0.705	0.162
0.775	0.147
0.844	0.135
0.914	0.125
0.983	0.116
1.052	0.109
1.122	0.102
1.191	0.096
1.261	0.091
1.330	0.086
1.400	0.082
1.469	0.078
1.539	0.074
1.608	0.071
1.678	0.068
1.747	0.065
1.817	0.063
1.886	0.061
1.957	0.059
2.028	0.049
2.100	0.045
2.209	0.041
2.300	0.038
2.400	0.035
2.501	0.032
2.602	0.030
2.702	0.028
2.803	0.026
2.904	0.024
3.004	0.023
3.105	0.021
3.205	0.020
3.306	0.019
3.407	0.018
3.507	0.017
3.608	0.016
3.709	0.015
3.809	0.014
4.000	0.013

Tabella 3: Punti dello spettro di risposta di progetto SLO

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 33 di 38	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0400003	B

5 LIQUEFAZIONE

La stabilità nei confronti di fenomeni di liquefazione è stata ampiamente trattata nella Relazione Sismica [5][5] e nella Relazione Geotecnica [3], a cui si rimanda per ogni dettaglio in merito. In particolare, la verifica alla liquefazione dei terreni presenti lungo il tracciato di progetto è stata condotta sul database complessivo delle prove CPT e SPT effettuate, considerando la variazione di pericolosità sismica in funzione della progressiva dell'opera. Per il sito di interesse, al termine della verifica di liquefazione emerge quanto segue:

“Sulla base dei risultati ottenuti si conferma quanto già osservato in sede di Progetto Definitivo. Per alcune verticali, la verifica di liquefazione nei confronti del sisma SLV, ha evidenziato la presenza di strati caratterizzati da $FL < 1.25$, con generazione di pressioni interstiziali tali da condurre a valori del rapporto di pressione interstiziale ru prossimi a 1. L'effetto di tale risposta del terreno dovrà essere valutato dal singolo progettista, all'interno della progettazione della singola WBS, in relazione alla sensibilità dell'opera, sia riguardo alla sicurezza che alla funzionalità, dimensionando, se ritiene, gli opportuni provvedimenti”[5].

Nella Relazione Geotecnica [3] si riporta la seguente conclusione:

“Sulla base dell'esame dei dati contenuti nella relazione citata, per il tratto in esame si conclude quanto segue.

- *Tra le progressive pk 0+000 e pk 10+000, la prevalenza per porzioni stratigrafiche significative della formazione 6 (ghiaia grossolana) porta a valori NSPT elevati (superiori alla soglia di 30, prima della normalizzazione), tanto da rendere sporadica e limitata a spessori metrici la locale presenza di punti con $FL < 1.25$, generalmente all'interno della formazione delle sabbie medie tra 12 e 17 m di profondità, senza una rilevante continuità laterale del fenomeno.*
- *Più oltre, nell'intorno della progressiva 7+670 circa, si osserva una prova CPTU 3/3bis con valori di $FL = 0.5$ tra 0 e 5 m di profondità, solo parzialmente confermata dalle analisi su prove SPT limitrofi (con singoli punti localizzati vicini alla superficie). Anche qui, il criterio basato sulle velocità V_s (sempre superiori a 250 m/s) permettono di considerare come eventuale e comunque locale il fenomeno e quindi trascurabile ai fini della progettazione.*

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 34 di 38	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RHFA0400003	B

- *Nel suo complesso, nella porzione di tracciato tra 0+000 e 10+000 il fenomeno della liquefazione può essere considerato, alla scala del progetto, come sostanzialmente marginale, con singoli accadimenti con $FL < 1.25$, non correlati tra prove adiacenti.”*

Alla luce di quanto sopra riportato si è ritenuto trascurabile tener conto degli effetti della liquefazione.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
Pag 35 di 38	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0400003	B	

6 ANALISI MODALE E MODI DI VIBRARE

FABBRICATO SG

L'analisi modale è stata eseguita per individuare i modi di vibrare principali della struttura della SG. Sono stati considerati i primi 6 modi di vibrare, di cui si riportano di seguito i risultati. È possibile osservare che già i primi 3 modi sono sufficienti per coinvolgere la quasi totalità della massa della struttura, e comunque una percentuale superiore all'85% richiesto dalla normativa.

Node	Mode	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ						
EIGENVALUE ANALYSIS													
	Mode No	Frequency		Period	Tolerance								
		(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)									
	1	25.2251	4.0147	0.2491	0.0000e+00								
	2	29.6932	4.7258	0.2116	0.0000e+00								
	3	34.9415	5.5611	0.1798	0.0000e+00								
	4	95.9175	15.2657	0.0655	0.0000e+00								
	5	153.7542	24.4707	0.0409	0.0000e+00								
	6	178.4057	28.3941	0.0352	0.0000e+00								
MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT													
	Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
		MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
	1	0.0036	0.0036	99.5217	99.5217	0.0000	0.0000	86.6776	86.6776	0.0033	0.0033	0.0139	0.0139
	2	99.4619	99.4656	0.0049	99.5266	0.0000	0.0000	0.0044	86.6820	86.3733	86.3766	0.5192	0.5331
	3	0.5209	99.9864	0.0125	99.5390	0.0000	0.0000	0.0141	86.6961	0.2637	86.6403	99.3019	99.8350
	4	0.0007	99.9871	0.4385	99.9776	0.0000	0.0000	0.0766	86.7726	0.0023	86.6426	0.0013	99.8363
	5	0.0017	99.9888	0.0152	99.9927	0.0000	0.0000	0.2076	86.9803	0.0032	86.6457	0.0085	99.8448
	6	0.0035	99.9923	0.0029	99.9957	0.0000	0.0000	0.0674	87.0476	0.0242	86.6699	0.0007	99.8455

Tabella 3 Modi di vibrare della struttura SG

Si riportano di seguito alcune immagini dei primi 3 modi di vibrare della struttura in oggetto.

1° Modo di vibrare

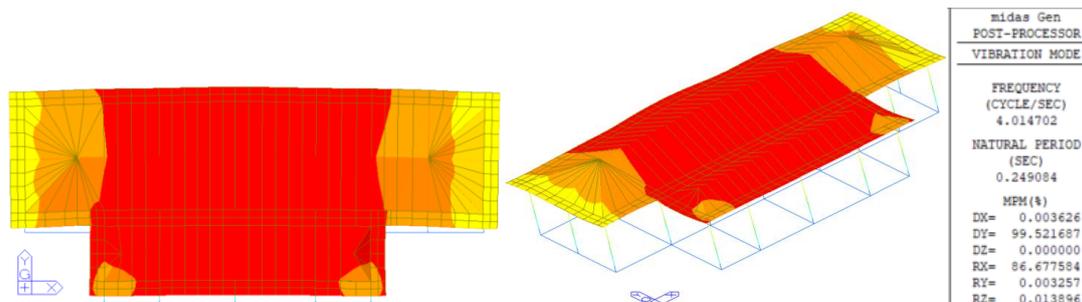


Figura 13 SG 1° Modo di vibrare, periodo 0.25 s, frequenza 4.01 Hz

2° Modo di vibrare

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 36 di 38	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0400003	B

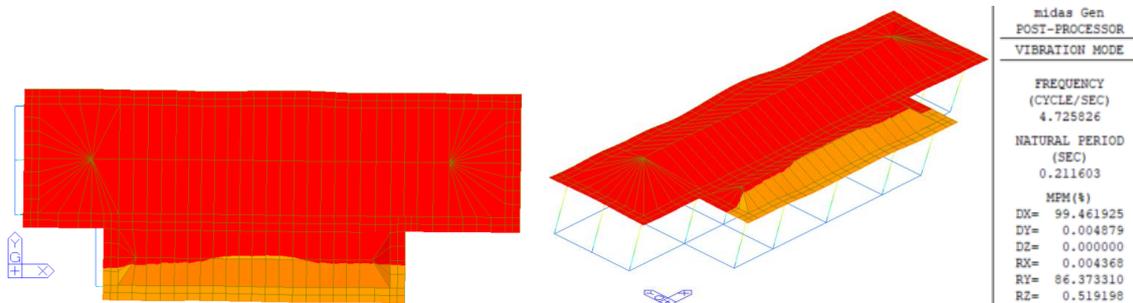


Figura 14 SG 2° Modo di vibrare, periodo 0.21 s, frequenza 4.73 Hz

3° Modo di vibrare

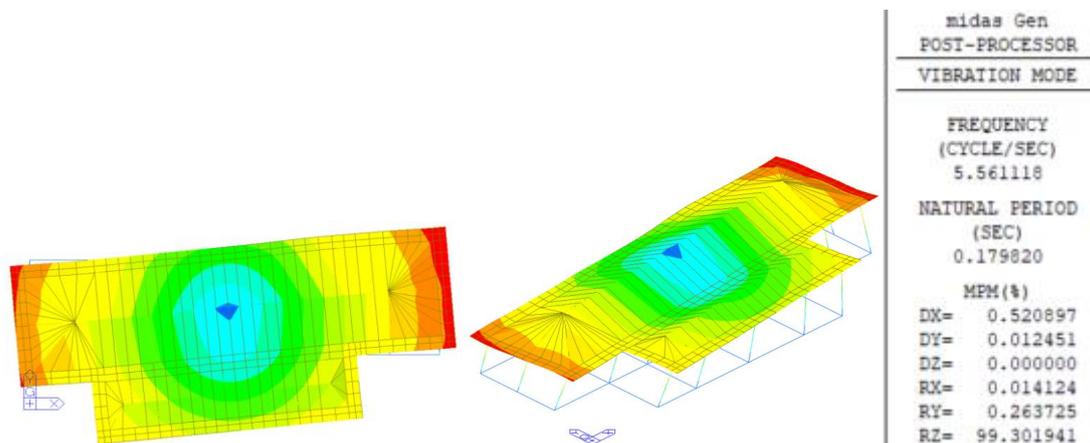


Figura 15 SG 3° Modo di vibrare, periodo 0.18 s, frequenza 5.56 Hz

CABINA ENEL

L'analisi modale è stata eseguita per individuare i modi di vibrare principali della struttura. Sono stati considerati i primi 10 modi di vibrare, di cui si riportano di seguito i risultati.

Node	Mode	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ						
EIGENVALUE ANALYSIS													
	Mode No	Frequency		Period	Tolerance								
		(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)									
	1	15.2135	2.4213	0.4130	0.0000e+00								
	2	17.9396	2.8552	0.3502	0.0000e+00								
	3	43.1193	6.8627	0.1457	0.0000e+00								
	4	240.7178	38.3114	0.0261	0.0000e+00								
	5	318.4827	50.6881	0.0197	0.0000e+00								
	6	326.9732	52.0394	0.0192	0.0000e+00								
	7	396.6954	63.1360	0.0158	0.0000e+00								
	8	633.3509	100.8009	0.0099	0.0000e+00								
	9	1259.8718	200.5148	0.0050	0.0000e+00								
	10	1481.6556	235.8128	0.0042	0.0000e+00								
MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT													
	Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
		MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
	1	0.0000	0.0000	67.5661	67.5661	0.0000	0.0000	80.2140	80.2140	0.0000	0.0000	0.0314	0.0314
	2	67.6309	67.6309	0.0000	67.5661	0.0000	0.0000	0.0000	80.2140	79.8121	79.8121	0.0000	0.0314
	3	0.0000	67.6309	0.0000	67.5661	0.0000	0.0000	0.0000	80.2140	0.0000	79.8121	86.3301	86.3615
	4	0.0000	67.6309	0.0162	67.5824	0.0000	0.0000	0.1837	80.3977	0.0000	79.8121	0.0000	86.3615
	5	0.0000	67.6309	27.6823	95.2647	0.0000	0.0000	16.1500	96.5476	0.0000	79.8121	0.0960	86.4575
	6	0.0002	67.6312	0.0000	95.2647	0.0000	0.0000	0.0000	96.5476	0.0244	79.8365	0.0000	86.4575
	7	0.0170	67.6481	0.0000	95.2647	0.0000	0.0000	0.0000	96.5476	1.6971	81.5336	0.0000	86.4575
	8	0.0000	67.6481	4.7327	99.9975	0.0000	0.0000	2.5646	99.1123	0.0000	81.5336	1.9734	88.4310
	9	9.0482	76.6964	0.0000	99.9975	0.0000	0.0000	0.0000	99.1123	5.8120	87.3457	0.0000	88.4310
	10	22.6302	99.3265	0.0000	99.9975	0.0000	0.0000	0.0000	99.1123	12.0780	99.4237	0.0000	88.4310

Tabella 4 Modi di vibrare della struttura Cabina Elettrica

Si riportano di seguito alcune immagini dei primi 3 modi di vibrare della struttura in oggetto.

1° Modo di vibrare

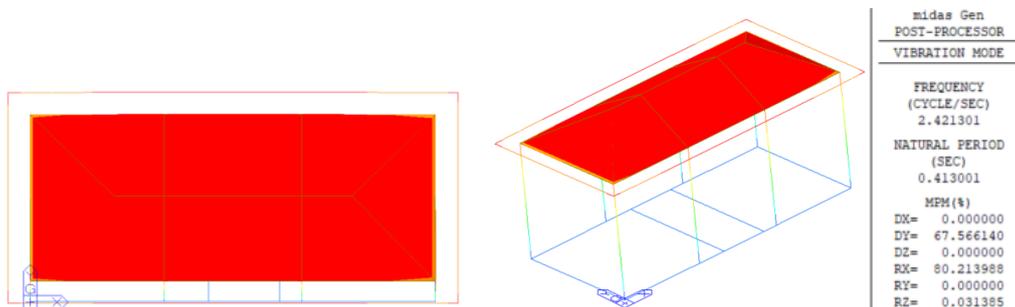


Figura 16 Cabina Enel 1° Modo di vibrare, periodo 0.41 s, frequenza 2.42 Hz

2° Modo di vibrare

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 38 di 38	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RHFA0400003	B

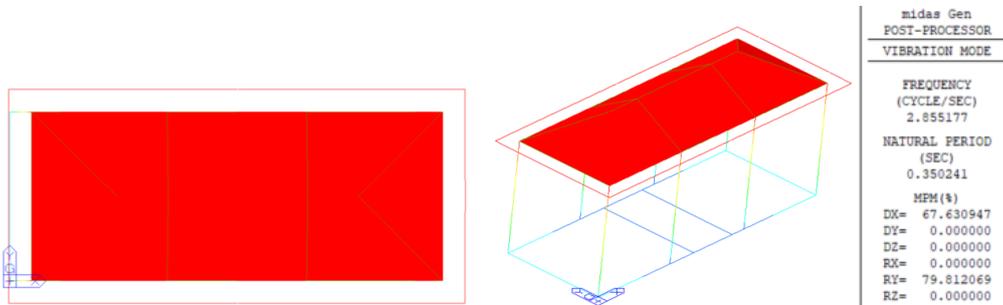


Figura 17 Cabina Enel 2° Modo di vibrare, periodo 0.35 s, frequenza 2.86 Hz

3° Modo di vibrare

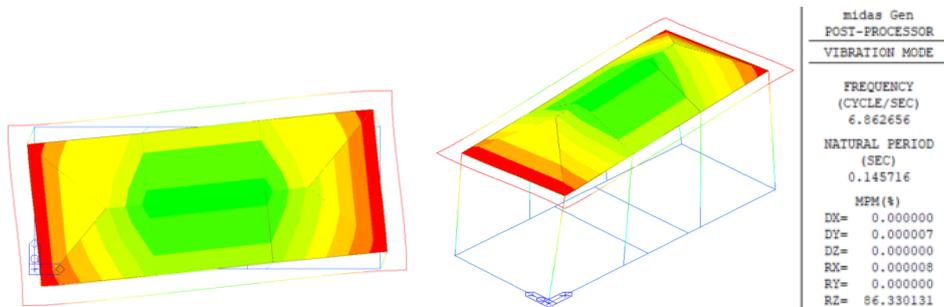


Figura 18 Cabina Enel 3° Modo di vibrare, periodo 0.15 s, frequenza 6.86 Hz