



**Autorità di Sistema Portuale
del Mar Tirreno Centro Settentrionale**

*Porto di Civitavecchia
Porto di Fiumicino
Porto di Gaeta*

**PROGETTO ESECUTIVO
PRIMO LOTTO FUNZIONALE OPERE STRATEGICHE (IIStralcio):
PONTILE II DARSENA TRAGHETTI**

IL PRESIDENTE
Avv. Francesco Maria di Majo

IL SEGRETARIO GENERALE
Dott.ssa Roberta Macii

**IL PROGETTISTA E COORDINATORE DELLA
PROGETTAZIONE**

Dott. Ing. Giuseppe Solinas



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Maurizio Marini

Collaboratori APC

geom. Vittorio Lauro
geom. Jacopo Turchetti
arch. Marco Vettrano
ing. Fabio Candido Poleggi

RELAZIONE SISMICA

ELABORATO

RS

CODICE PROGETTO: CV PE OM TT 01 18

SCALA:

REV.	DATA	Descr.
0	LUGLIO 2018	
1	OTTOBRE 2018	Adeguamento ai rapporti di Verifica Preventiva ai sensi dell'Art.26 D.Lgs 50/2016

RIF.DIS. \\98RV-F8SERVER01\UFFICIO\TECNICO\1 CIVITAVECCHIA\PROG DISEGNO\DT5\OPERE DI COMPLETAMENTO\PONTELE 2\PROGETTO PDF X VERIFICA\REV 01\TAVOLE\TESTATINE.DWG

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Le rocce sedimentarie che affiorano nell'area possono essere schematicamente raggruppate in quattro complessi, i cui rapporti reciproci sono in parte stratigrafici ed in parte tettonici.

Secondo Fazzini et al. (1972) le formazioni sedimentarie affioranti possono essere suddivise nei seguenti complessi: a) complesso basale, solo parzialmente autoctono; b) complesso alloctono, costituito da due unità tettoniche distinte; c) complesso semiautoctono; d-e) complesso neo-autoctono e depositi recenti.

Nel settore in esame, sono estesamente distribuite le formazioni sedimentarie continentali e marine, neogeniche e quaternarie che costituiscono il complesso neo-autoctono; all'interno di esso si possono riconoscere le seguenti litofacies:

- depositi semicontinentali ipoalini del Messiniano regressivo, rappresentati da esigui affioramenti di calcareniti, arenarie calcaree e puddinghe poligeniche, trasgressivi sulle diverse formazioni flyschoidi alloctone;
- conglomerati sabbiosi, argille e sabbie del Miocene superiore - Pliocene inferiore;
- depositi argillosi e marnosi del Pliocene inferiore e medio, depositi in ambiente circalitorale. Questi sedimenti affiorano solo ai margini dell'abitato di Civitavecchia;
- depositi argillosi e marnosi con gessi di ambiente infralitorale del Pliocene inferiore (argille grigio-azzurre), sono distribuiti estesamente nella zona a nord di Tolfa ed a SE di Tarquinia;
- sedimenti calcarei, calcarenitici, arenacei e conglomeratici con sabbie ed argille di ambiente infralitorale riferibili al Pliocene medio superiore; questi depositi affiorano principalmente attorno a Tarquinia (calcareniti e calcari sabbiosi compatti, "Macco");
- depositi marini infralitorali del Siciliano-Tirreniano, affiorano in tutta la fascia costiera dell'area in esame; si tratta prevalentemente di sabbie, argille, calcareniti cementate fossilifere ("Panchina") e subordinatamente di conglomerati e puddinghe;
- formazioni continentali pleistoceniche oloceniche di origine fluvio-lacustre (terrazzate), alluvionale, fluvio-paludosa ed idrotermale (travertino);
- prodotti piroclastici, lavici ed ignimbrici dei distretti tolfetano-cerite (4.2/2.5-m.a.), sabatino (0.43/0.08 m.a.), vicano (0.3/0.14 m.a.) e vulsino (0.45/0.2 m.a.); fatta eccezione per i prodotti vulcanici tolfetani e ceriti, le rimanenti vulcaniti affiorano solo come prodotti distali ai margini dell'area in esame.

Nella zona direttamente interessata dalla collocazione delle nuove opere sono state eseguite in un recente passato diverse campagne di indagini finalizzate a diverse esigenze progettuali.

Da queste è risultato che la zona di transito tra la vecchia linea di costa ed il mare è delineato da un marcato cambiamento stratigrafico.

In particolare, la zona più prossima alla costa è caratterizzata dall'affioramento di termini argilloscistici ed arenacei ascrivibili alla formazione flyschoidi della "pietraforte".

Procedendo verso sud-ovest, su questo sub-strato si sono depositati termini argillosi e sabbiosi pliocenici, a loro volta coperti dai sedimenti sabbiosi, ghiaiosi e calcarenitici del pleistocene.

2. Aspetti generali dell'azione sismica

2.1 Vita nominale

La vita nominale dell'opera, intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, è stata assunta pari a $VN = 100$ anni ("costruzioni tipo 3: grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica").

2.2 Classe d'uso

La classe d'uso dell'opera in rapporto alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso in presenza di azioni sismiche è stata assunta pari a IV ("Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B.

Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica").

2.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Il periodo di riferimento (VR), in relazione al quale sono valutate le azioni sismiche sulla struttura, è ottenuto moltiplicando la vita nominale ($VN = 100$ anni) per il coefficiente d'uso associato alla relativa classe d'uso ($CU = 2.00$) da cui si ricava:

$$VR = 200 \text{ anni}$$

2.4 Classificazione sismica

Il Comune di Civitavecchia (RM) ai sensi della DGR Lazio n. 387/2009 e della DGR Lazio n. 835/2009 è classificato in zona sismica 3.

2.5 Localizzazione geografica

Il pontile sorge nel comune di Civitavecchia ed ha le seguenti coordinate geografiche:

Latitudine	Longitudine
42.094	11.790

2.6 Pericolosità sismica del sito

La pericolosità sismica nazionale è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/> in corrispondenza dei nodi di un reticolo di riferimento con passo di 0.05° . In

corrispondenza di ogni nodo del reticolo di riferimento, per ciascuna delle probabilità di superamento (P_{VR}) nel periodo di riferimento (V_R) sono assegnati i valori dei seguenti parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Ai fini della definizione del periodo di riferimento dell'azione sismica (V_R), con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni previste nel presente progetto sono assegnate alla classe d'uso IV, alla quale appartengono le costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti.

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

$$V_R = V_N \times C_U$$

Per costruzioni in classe IV, il coefficiente d'uso (C_U) è pari a 2.0. Pertanto la vita di riferimento per le azioni sismiche (V_R) delle opere strutturali è pari a 200 anni.

2.7 Stati limite e relative probabilità di superamento

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

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature. Gli stati limite ultimi sono:
 - **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
 - **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva

ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono le seguenti:

- **SLO**: $P_{VR} = 81\%$
- **SLD**: $P_{VR} = 63\%$
- **SLV**: $P_{VR} = 10\%$
- **SLC**: $P_{VR} = 5\%$

a cui corrispondono i seguenti periodi di ritorno dell'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite:

- **SLO**: $T_R = 120$ anni
- **SLD**: $T_R = 201$ anni
- **SLV**: $T_R = 1898$ anni
- **SLC**: $T_R = 3899$ anni

I parametri sismici per la definizione dell'azione sismica in ciascuno degli stati limite considerati sono riportati nella tabella seguente:

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	120	0.039	2.681	0.275
SLD	201	0.045	2.702	0.291
SLV	1898	0.077	2.980	0.348
SLC	2475	0.082	3.015	0.354

3. Analisi sismica

3.1 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

Il calcolo è stato condotto secondo quanto riportato dal D.M. 17 Gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche sulle costruzioni".

In particolare il pontile è stato verificato allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) a cui è associata una probabilità di superamento P_{VR} pari al 10%, considerando una vita nominale dell'opera pari a 100 anni ed una classe d'uso IV. I valori dell'accelerazione sismica a_g e dello spettro F_o sono determinati utilizzando il programma "Spettri di risposta ver. 1.02" del C.S.LL.PP.

Nella tabella 1 è riportata la descrizione delle categorie del sottosuolo previste dal D.M. 17 Gennaio 2018.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

tabella 1 Categorie di sottosuolo previste dal D.M. 14 Gennaio 2008

Sulla base di quanto riportato nella "Relazione geologico-geotecnica" a corredo del presente progetto è stata univocamente considerata una categoria del sottosuolo di tipo C. Applicando le espressioni riportate nella tabella 2, è possibile calcolare il coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss.

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

tabella 2 Coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss previste dal D.M. 17 Gennaio 2018

Come è possibile osservare in tabella 3 ed in tabella 4, alle condizioni topografiche del sito corrisponde la categoria T1, per la quale è previsto un coefficiente di amplificazione ST = 1.

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

tabella 2 Coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss previste dal D.M. 17 Gennaio 2018

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S _T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

3.2 Classe di duttilità

Viste le sue particolarità la struttura è calcolata considerando un **comportamento non dissipativo**.

3.3 Tipologia strutturale

In questo caso, essendo la struttura considerata a “comportamento non dissipativo”, la tipologia strutturale non riveste una particolare importanza nella scelta del fattore di struttura.

3.4 Fattore di struttura

Il fattore di struttura q assunto è quello per le strutture a comportamento non dissipativo. Il suo valore è dato da:

$$q = q_0 \times K_R = 1.50$$

dove:

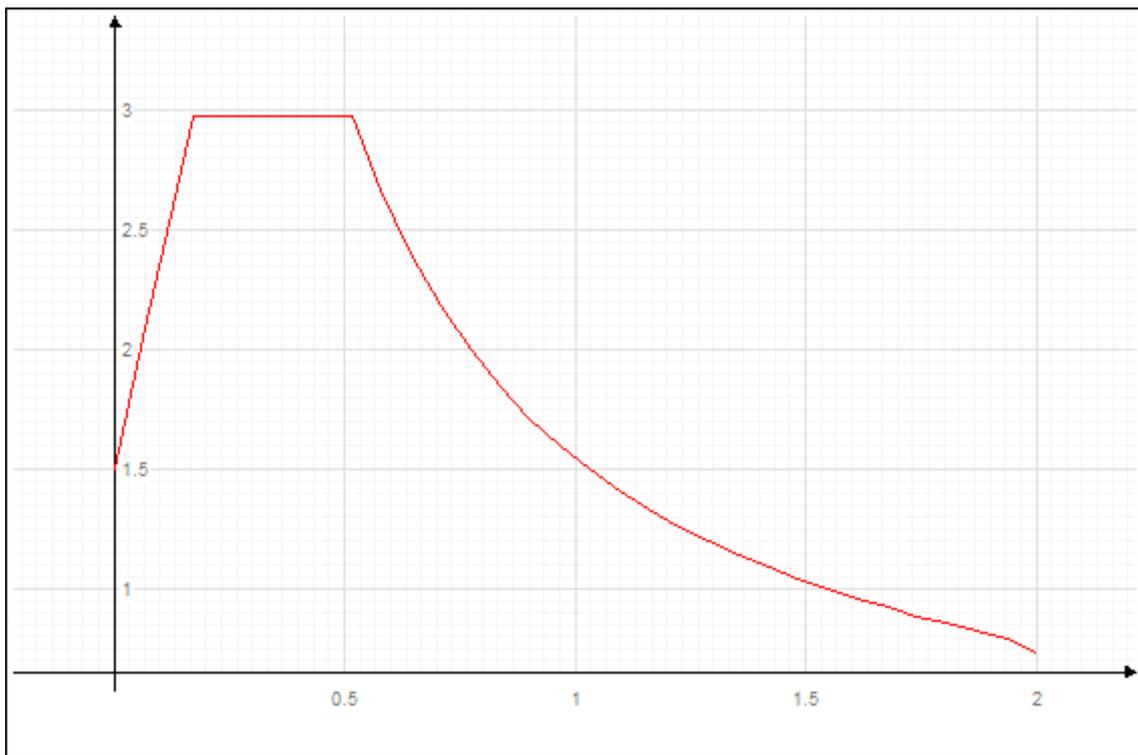
- $q_0 = 1.50$ (Struttura non dissipativa);
- $K_R = 1.00$ (struttura regolare in altezza)

3.5 Spettri di progetto per gli stati limite ultimi

Ai fini del progetto o della verifica delle strutture le capacità dissipative delle strutture sono state messe in conto attraverso una riduzione delle forze elastiche, che tiene conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovraresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni.

In tal caso, lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata, con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura, assumendo comunque $S_d(T) \geq 0,2a_g$.

Per il sito in esame ed i parametri sismici di progetto gli spettri di risposta sono riportati nella figura seguente.



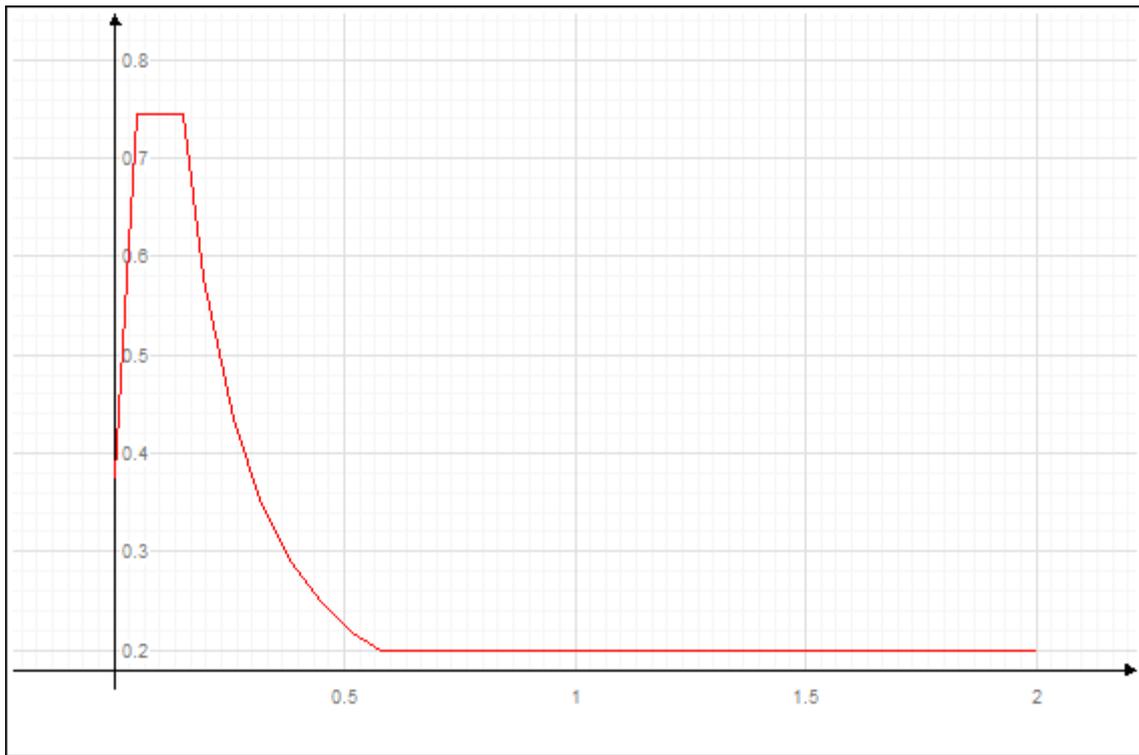
Spettro: SLVh.

I parametri utilizzati per la generazione dello spettro su riportato sono riassunti nella seguente tabella:

Tipo	Ag/g	Tc	Fo	S	Fattore di comportamento o q
Stato Limite di salvaguardia della Vita	0.077	0.350	2.980	1.500	1.500

dove: A_g/g è la accelerazione parametrica, t_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, $S=S_s \cdot S_c$ è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche.

Lo spettro per l'azione sismica Verticale è il seguente:



Spettro: SLVv.

I parametri utilizzati per la generazione dello spettro su riportato sono riassunti nella seguente tabella:

Tipo	Ag/g	Tc	Fo	S	Fattore di comportamento o q
Stato Limite di salvaguardia della Vita	0.077	0.350	2.980	1.000	1.500

dove: Ag/g è la accelerazione parametrica, tc è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, Fo è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, $S=S_s \cdot S_c$ è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche.

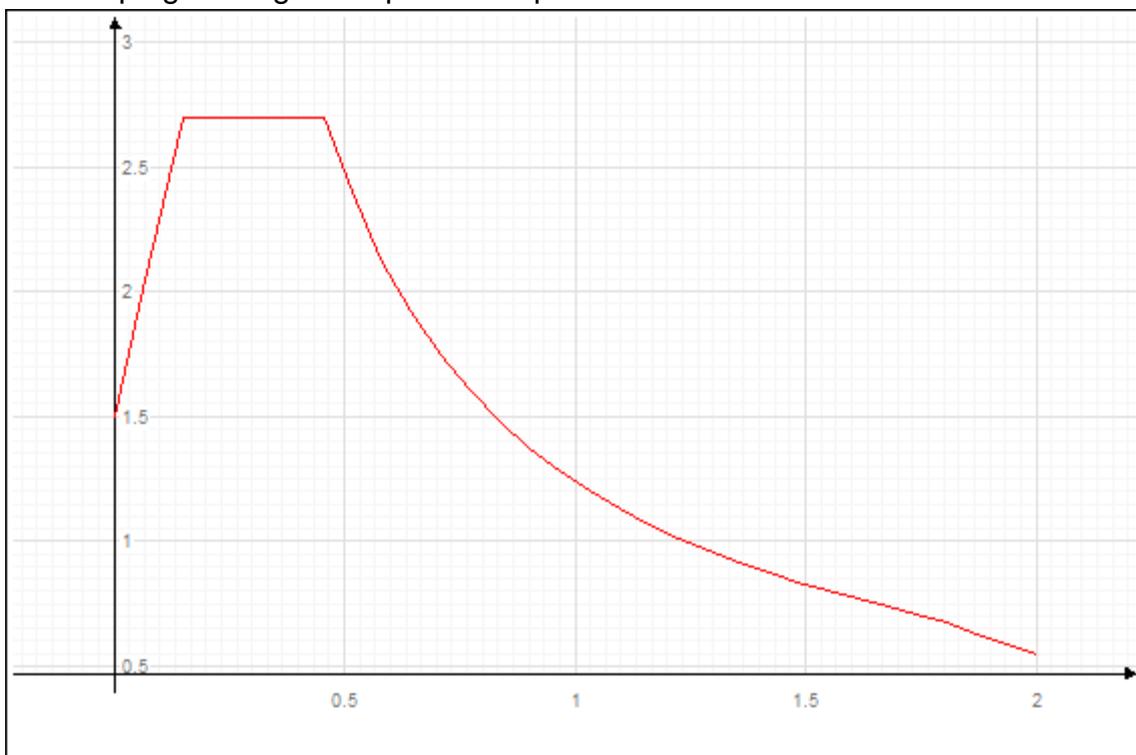
Lo stato limite ultimo si considera conseguito qualora sono rispettate le verifiche allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

3.6 Spettri di progetto per gli stati limite di esercizio (SLD ed SLO)

Per gli stati limite di esercizio (SLD ed SLO) lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontali che per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata.

Per il sito in esame ed i parametri sismici di progetto gli spettri di risposta sono riportati nella figura seguente.

Sono stati impiegati i seguenti spettri di risposta:

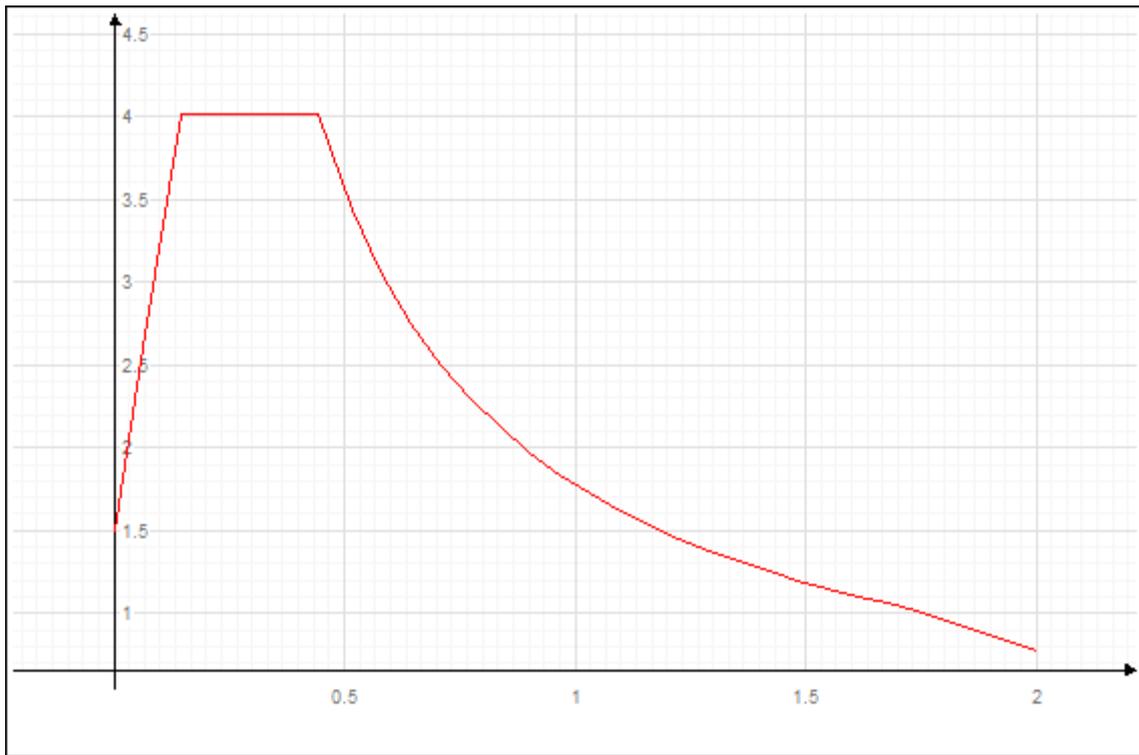


Spettro: SLDh.

I parametri utilizzati per la generazione dello spettro su riportato sono riassunti nella seguente tabella:

Tipo	A_g/g	T_c	F_o	S	Fatt. q
Stato Limite di Danno	0.045	0.290	2.700	1.500	1.500

dove: A_g/g è la accelerazione parametrica, t_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, $S=S_s \cdot S_c$ è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche.

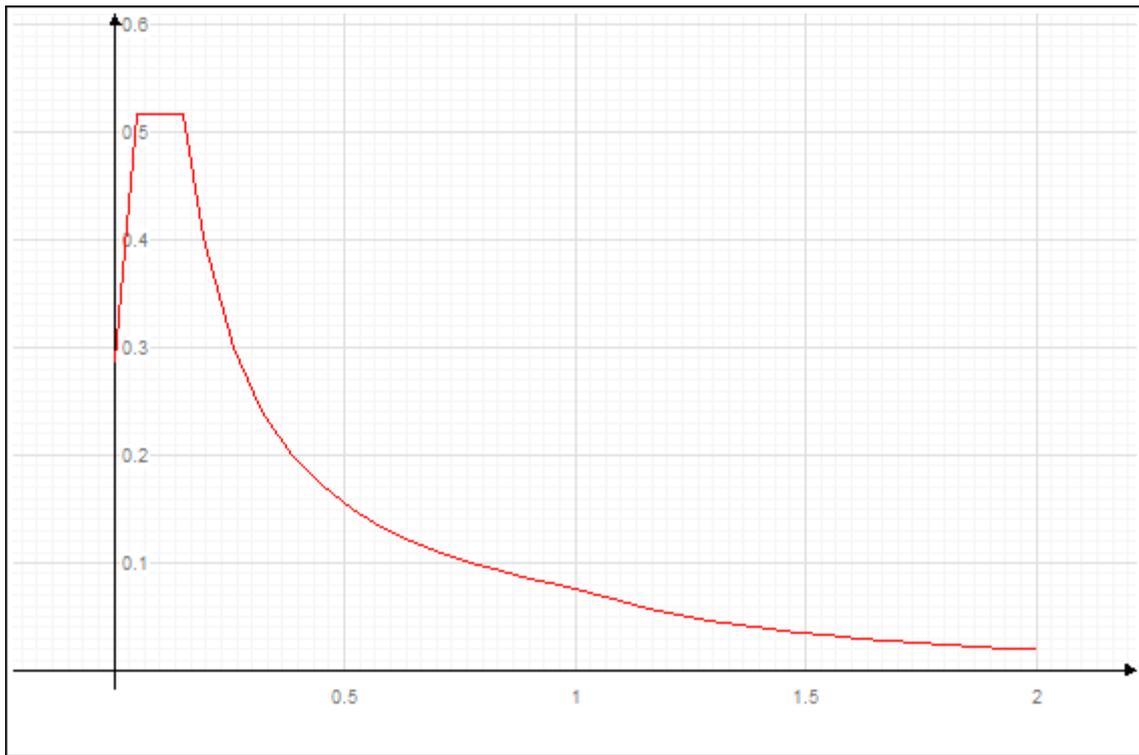


Spettro: SLOh.

I parametri utilizzati per la generazione dello spettro su riportato sono riassunti nella seguente tabella:

Tipo	Ag/g	Tc	Fo	S	Fatt. q
Stato Limite di Operatività	0.039	0.275	2.681	1.500	1.000

dove: A_g/g è la accelerazione parametrica, t_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, $S=S_s \cdot S_c$ è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche.

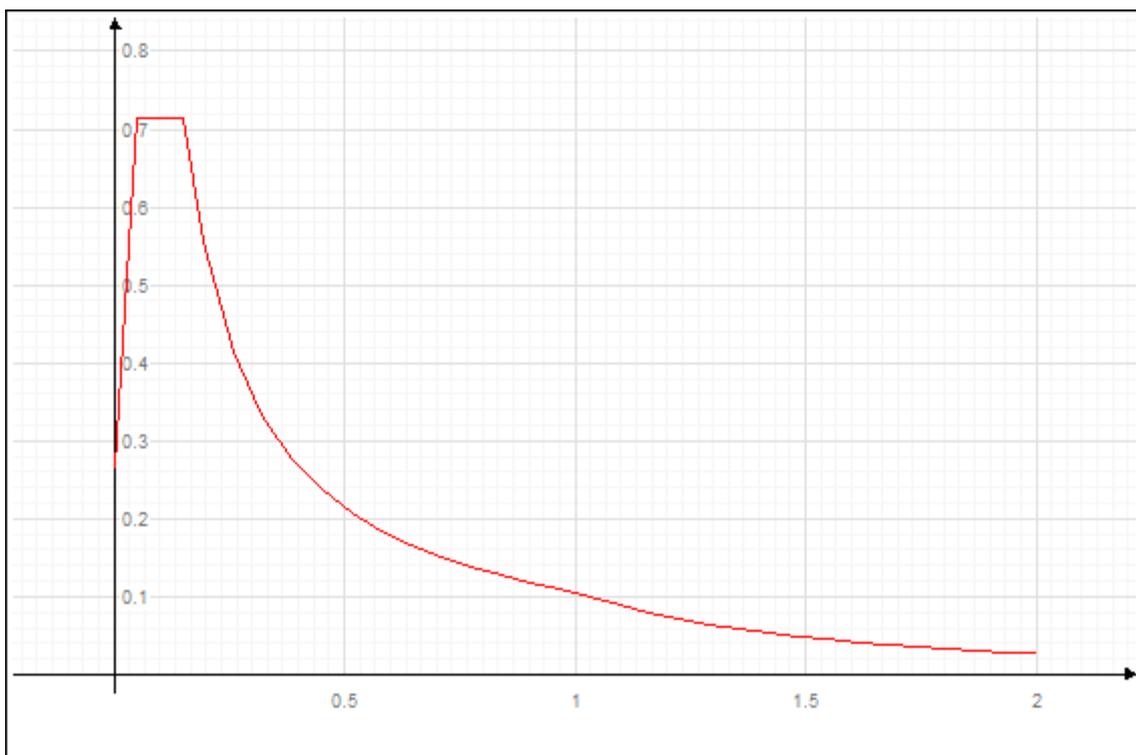


Spettro: SLDv.

I parametri utilizzati per la generazione dello spettro su riportato sono riassunti nella seguente tabella:

Tipo	Ag/g	Tc	Fo	S	Fatt. q
Stato Limite di Danno	0.045	0.290	2.700	1.000	1.500

dove: Ag/g è la accelerazione parametrica, tc è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, Fo è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, $S=S_s \cdot S_c$ è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche.



Spettro: SLOv.

I parametri utilizzati per la generazione dello spettro su riportato sono riassunti nella seguente tabella:

Tipo	Ag/g	Tc	Fo	S	Fatt. q
Stato Limite di Operatività	0.039	0.275	2.681	1.000	1.000

dove: $A_{g/g}$ è la accelerazione parametrica, t_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, $S=S_s \cdot S_c$ è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche.

Lo stato limite di esercizio si considera conseguito qualora sono rispettate le verifiche allo stato limite di danno (SLD). Per le strutture in classe III e IV devono inoltre essere soddisfatte le verifiche allo stato limite di operatività (SLO) per gli elementi non strutturali e gli impianti. Nel caso in esame (strutture in classe IV) non essendo presenti elementi non strutturali e impianti di rilevante importanza le verifiche allo SLO sono state omesse.

3.7 Risposta sismica locale

Trattandosi di un'opera di classe IV nella Regione Lazio è obbligatorio effettuare la Risposta sismica Locale.

Nella relazione geologica a pagina 29 è riportato lo studio effettuato di cui si riporta succintamente le conclusioni.

Nel studio di RSL è stato determinato il moto sismico atteso allo strato più superficiale per tutti gli stati limite. In base ai risultati si evidenzia che l'amplificazione dello spettro calcolato mediante risposta sismica locale ai vari stati limite, per periodi fino a circa 0,3-0,4 secondi, è sempre superiore rispetto all'amplificazione dello spettro di normativa per suolo di cat. sismica "B".

Per periodi superiori a circa 0,3-0,4 secondi, tutti gli spettri calcolati ai vari stati limite sono inferiori a quello di normativa per suolo di categoria "B". Nella tabella a pagina seguente si riportano i dati di sintesi utilizzati per lo studio di RSL ed i relativi dati finali di output.

Nel presente progetto comunque si è scelto in favore di sicurezza di mantenere le precedenti caratteristiche sismiche del terreno tipo "C" in quanto tale scelta progettuale era stata già effettuata nel più ampio Progetto Esecutivo delle Opere Strategiche del Porto di Civitavecchia inviato ai vari organi competenti, validato dal RUP con verbale del 05.12.2011 ed approvato con Decreto n.140/2010 del Presidente dell'Autorità Portuale di Civitavecchia, Fiumicino e Gaeta.