

ACCORDO DI PROGRAMMA

tra Ministero dello Sviluppo Economico - Regione del Veneto -
Comune di Venezia - Autorità Portuale di Venezia
per la riconversione e riqualificazione industriale
dell'area di crisi industriale complessa di Porto Marghera
progetto infrastrutturale n. 09

CITTA' DI
VENEZIA



Comune di Venezia
Direzione
Lavori Pubblici



Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755)

N° TAV

C.02

PROGETTO ESECUTIVO

GEOLOGIA-GEOTECNICA
Relazione sismica

Scala
-

| REVISIONE | DATA | RE | VE | AP | NOTE |
|-----------|------------|------|------|------|-----------|
| A | 16/01/2018 | R.S. | S.C. | S.A. | EMISSIONE |
| | | | | | |
| | | | | | |



Ministero dello Sviluppo Economico

Responsabile Unico del Procedimento

ing. Simone Agrondi

Progettisti



Via Belvedere 8/10
30035 - Mirano (VE)
tel. +39 041 5785711
fax. +39 041 5785711
www.fm-ingegneria.com
stradavega@fm-ingegneria.com

ing. Tommaso Tassi



Via Squero, 12
35043 Monselice (PD)
tel. +39 042 9787111
fax. +39 042 9787105
www.net-italia.com
info@netspa.com

ing. Stefano Susani



Galleria Spagna 35 - Torre B
35127 Padova (PD)
tel. +39 049 8846799
fax. +39 049 605473
www.sogen.it
info@sogen.it

ing. Simone Carraro



Via Galileo Ferraris, 14A
30175 Marghera (VE)
tel. +39 041 5060842
fax. +39 041 506 9373
www.gvassociati.com
info@gvassociati.com

ing. Alberto Giovannini



Via Tiepolo, 8
31027 Spresiano (TV)
tel. +39 042 2887031
fax. +39 042 2889589
www.gtgeo.it
info@gtgeo.it

dott. Claudio Galli



| | | |
|--|------------------------|---|
| Intervento: | Livello progettazione: | Elaborato: |
| Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755) | PROGETTO ESECUTIVO | GEOLOGIA E GEOTECNICA C.02.A_Relazione Sismica |

Sommario

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | PREMESSA | 2 |
| 2 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 3 |
| 3 | DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO | 4 |
| 3.1 | CAMPAGNA INDAGINI 2001 | 4 |
| 3.2 | CAMPAGNA INDAGINI 2004 | 4 |
| 3.3 | CAMPAGNA INDAGINI 2015 | 4 |
| 3.4 | CAMPAGNE INDAGINI 2017 | 4 |
| 4 | SISMICITÀ DI ZONA | 5 |
| 4.1 | CLASSIFICAZIONE DEL SITO | 5 |
| 4.2 | DISAGGREGAZIONE DEI DATI | 8 |
| 5 | AZIONE SISMICA DI PROGETTO | 12 |
| 5.1 | EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE LOCALE | 12 |
| 5.1.1 | PROFILO DELLE ONDE DI TAGLIO Vs E Vs30 | 13 |
| 5.1.2 | CATEGORIA SISMICA DEL SUOLO | 16 |
| 5.1.3 | CATEGORIA TOPOGRAFICA | 16 |
| 5.2 | VITA DI RIFERIMENTO DELL'AZIONE SISMICA | 16 |
| 5.3 | COEFFICIENTI SISMICI | 16 |
| 5.4 | SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI | 19 |
| 6 | CONCLUSIONI | 22 |

| | | |
|--|------------------------|---|
| Intervento: | Livello progettazione: | Elaborato: |
| Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755) | PROGETTO ESECUTIVO | GEOLOGIA E GEOTECNICA C.02.A_Relazione Sismica |

1 PREMESSA

La presente relazione, di carattere sismico, si inserisce nell'ambito dei lavori di riqualifica e adeguamento delle infrastrutture da realizzarsi nella prima zona industriale di Porto Marghera, riguardanti in particolare l'area del Parco Scientifico e Tecnologico, denominato Vega.

Nel dettaglio saranno fornite le principali indicazioni nei riguardi della sismicità per l'area oggetto di studio.



Figura 1.1. Immagine satellitare area di intervento

Le procedure di classificazione sismica dell'area saranno definite sulla base delle direttive legislative, in funzione de dati divulgati nel web dall'I.N.G.V. e degli effetti di amplificazione locale.

L'esame permetterà di definire l'attività sismica che si può verificare il loco, definita in termini di accelerazione massima orizzontale (a_g) e di Magnitudo Momento (M).

| | | |
|--|------------------------|---|
| Intervento: | Livello progettazione: | Elaborato: |
| Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755) | PROGETTO ESECUTIVO | GEOLOGIA E GEOTECNICA C.02.A_Relazione Sismica |

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Tale relazione è stata redatta sulla base di quanto stabilito delle seguenti norme e raccomandazioni tecniche:

Legge 2 febbraio 1974, n°64 *“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”*.

D.M. LL. PP. 16 gennaio 1996 *“Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche”*.

Circolare del M. LL. PP. 10 aprile 1997, n°65/AA.GG. *“Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche» di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996”*.

D.M. 14 gennaio 2008 *“Norme Tecniche per le costruzioni”*.

D.M. 6 maggio 2008 *“Integrazione al decreto 14 gennaio 2008 di approvazione delle nuove «Norme tecniche per le costruzioni» (Gazzetta ufficiale 02/07/2008 n. 153)”*.

CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 *“Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27)”*.

Ordinanza P.C.M. del 20 marzo 2003 n°3274 *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica”*.

Ordinanza P.C.M. n°3431 03 maggio 2005 *“Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»”*.

Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 dalla G.U. n.108 del 11/05/06 *«Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”*.

Ordinanza del PCM 3274 del 20 marzo 2003 *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”, come modificata e integrata dall'Ordinanza del P.C.M. n. 3316 del 2 ottobre 2003”*.

Deliberazione n. 47 del 10 febbraio 2004 – *“Prime disposizioni per l'attuazione dell'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»”*.

Circolare del 18/02/2010 - *“Entrata in vigore delle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”*. Cessazione del regime transitorio di cui all'art.20 comma 1 del D.L. 31 dicembre 2007 n° 248 - Circolari 5 agosto 2009 e 11 dicembre 2009.

AGI - giugno 1977 *“Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche”*.

| | | |
|--|------------------------|---|
| Intervento: | Livello progettazione: | Elaborato: |
| Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755) | PROGETTO ESECUTIVO | GEOLOGIA E GEOTECNICA C.02.A_Relazione Sismica |

3 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Nell'area di interesse, sono state effettuate nel corso degli anni numerose campagne di indagini, tali studi non hanno mai comportato l'esecuzione di indagini di tipo geofisico o stendimenti sismici specifici per la definizione dei parametri di risposta sismica dei terreni. In particolare si distinguono 4 differenti campi prova a partire dal 2001 fino al 2017.

3.1 Campagna indagini 2001

La prima campagna indagini nell'area è quella del 2001, le indagini sono state effettuate da Geotecnica Veneta per conto del Comune di Venezia, si individuano nella zona di interesse:

n° 2 prove penetrometriche statiche (PP7 PP8)

3.2 Campagna indagini 2004

Nel 2004, con lo scopo principale di indagare il grado di inquinamento degli strati superficiali, sono state effettuate per conto del Comune di Venezia ulteriori indagini nel tratto viario di collegamento tra Via Torino e Strada Statale 11, Mestre (VE). In particolare sono risultati ricadere nell'area di interesse:

n° 3 sondaggi spinti fino a 30 35m, corredati da prove in foro e successive analisi (10 11 12)

3.3 Campagna indagini 2015

Le ulteriori indagini svolte nel corso del 2015 sono:

n° 3 sondaggi spinti fino a profondità variabile tra i 20 e i 30m, corredati da prove in foro e successive analisi (S1 S2 S3)

3.4 Campagna indagini 2017

Recentemente, ad integrare le precedenti indagini si sono effettuate inoltre nel corso del 2017:

n° 15 prove con piezocono CPTU fino ad una profondità massima di 30 m dal P.C.;

n° 3 sondaggi spinti fino a profondità variabile tra i 20 e i 30m, corredati da prove in foro e successive analisi (BH01 BH02 BH03)

| | | |
|--|------------------------|---|
| Intervento: | Livello progettazione: | Elaborato: |
| Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755) | PROGETTO ESECUTIVO | GEOLOGIA E GEOTECNICA C.02.A_Relazione Sismica |

4 SISMICITÀ DI ZONA

4.1 Classificazione del sito

A seguire si riportano le mappe cromatiche con la classificazione sismica storica del territorio italiano sulla base delle normative nazionali e a seguire quella relativa alla regione Veneto.

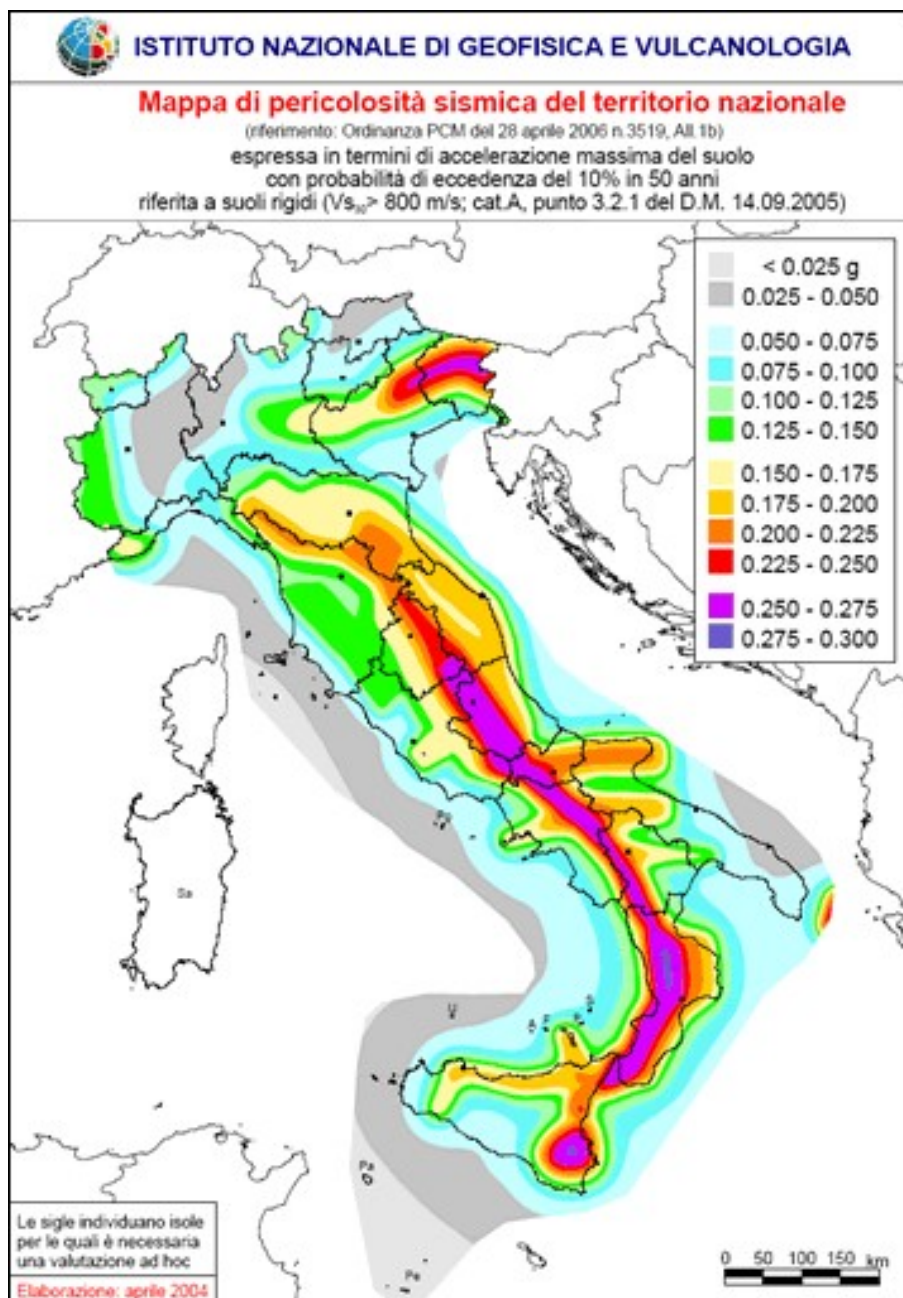
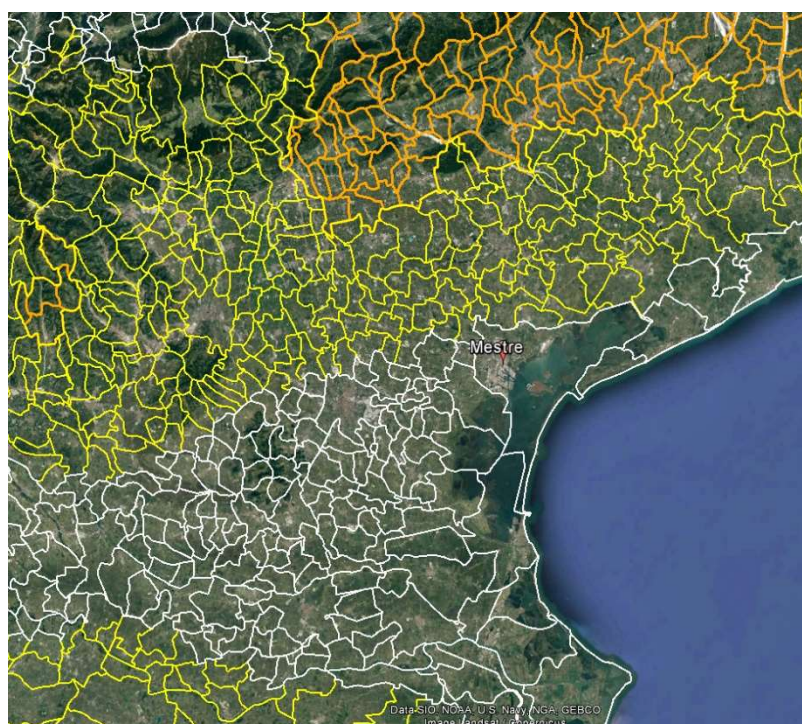


Figura 4.1. Mappa di pericolosità sismica territorio nazionale

| | | |
|--|------------------------|---|
| Intervento: | Livello progettazione: | Elaborato: |
| Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755) | PROGETTO ESECUTIVO | GEOLOGIA E GEOTECNICA C.02.A_Relazione Sismica |

In accordo con le prescrizioni normative, Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia", il territorio nazionale è stato classificato in 4 zone caratterizzate da pericolosità sismica decrescente definite come segue:

- **Zona 1** È la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.
- **Zona 2** Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
- **Zona 3** I Comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti
- **Zona 4** È la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse.



| ZONA SISMICA (livello di pericolosità) | | Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag) |
|--|------------------------|--|
| | ZONA 1 (alto) | $ag > 0.25$ |
| | ZONA 2 (medio) | $0.15 < ag \leq 0.25$ |
| | ZONA 3 (basso) | $0.05 < ag \leq 0.15$ |
| | ZONA 4 (minimo) | $ag \leq 0.05$ |

Figura 4.2 Classificazione sismica Regione Veneto (GDL 1998).

Osservando le mappe di pericolosità sismica l'area oggetto di studio appartiene alla zona 4 classificata come zona a basso rischio sismico.

In base all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 e alla successiva Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006, i Comuni interessati delle opere in oggetto vengono classificati in funzione delle zona sismica e dal parametro di accelerazione

| | | |
|--|------------------------|---|
| Intervento: | Livello progettazione: | Elaborato: |
| Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755) | PROGETTO ESECUTIVO | GEOLOGIA E GEOTECNICA C.02.A_Relazione Sismica |

massima orizzontale a_g (valore riferito ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni) come segnalato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

La grandezza a_g rappresenta il valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (a_g), tale valore non ha però influenza sulla progettazione.

In Figura 4.3 è riportata la mappa probabilistica della pericolosità sismica per il veneto, dove sono forniti i valori di a_g su una griglia regolare a passo $0,05^\circ$.

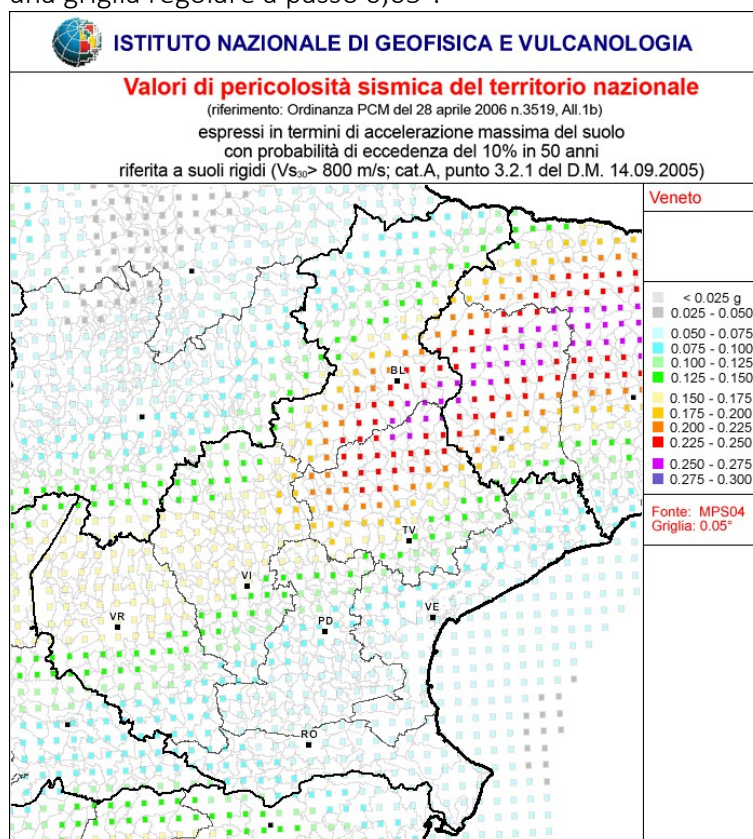


Figura 4.3 Riclassificazione sismica del territorio italiano

Per i punti di coordinate 12.2512 e 45.4754 si osservano valori di accelerazione massima orizzontale attesi per probabilità di superamento del 10% in 50 anni di seguito riportati in Figura 4.4.

| | | |
|--|------------------------|---|
| Intervento: | Livello progettazione: | Elaborato: |
| Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755) | PROGETTO ESECUTIVO | GEOLOGIA E GEOTECNICA C.02.A_Relazione Sismica |

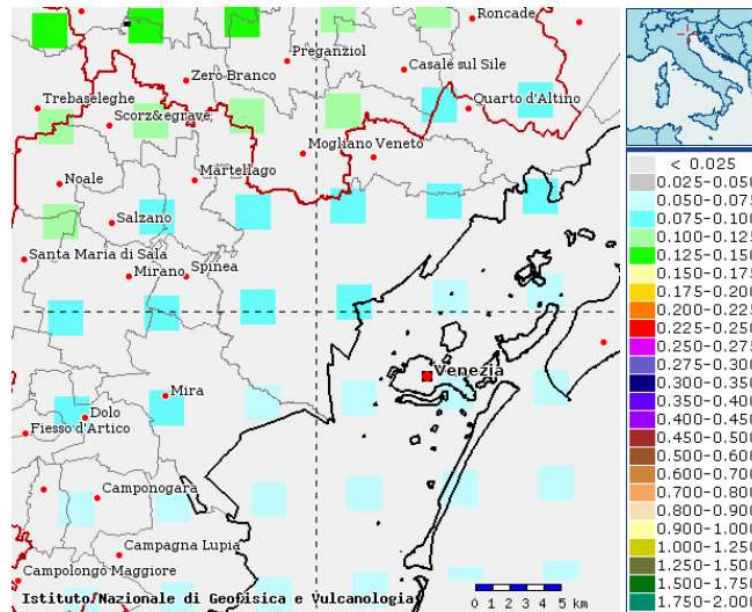


Figura 4.4 Pericolosità sismica del Comune di Venezia Mestre (OPCM 3519/2006) – $a_g/g = 0.075 \div 0.100$

4.2 Disaggregazione dei dati

La disaggregazione della pericolosità sismica è un'operazione di tipo statistico che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

Interrogando il database nazionale dell'istituto di geofisica e vulcanologia nel punto del reticolato più prossimo alla zona di interesse (Figura 4.5) si ottengono i valori delle accelerazioni spettrali riferiti a differenti periodi temporali da 0 fino a 2 secondi (Figura 4.6).

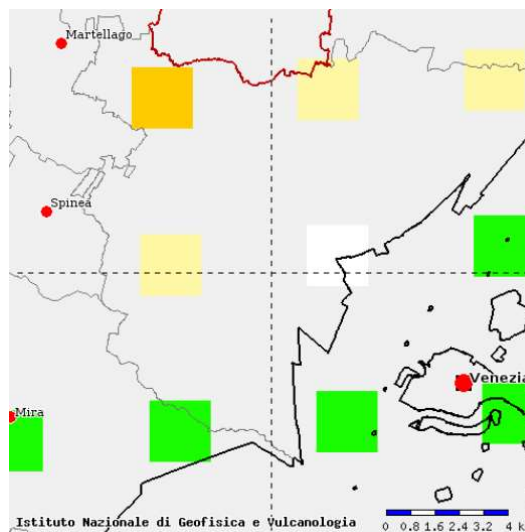


Figura 4.5. Punto del reticolato da INGV

Intervento:

Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

GEOLOGIA E GEOTECNICA

C.02.A_Relazione Sismica

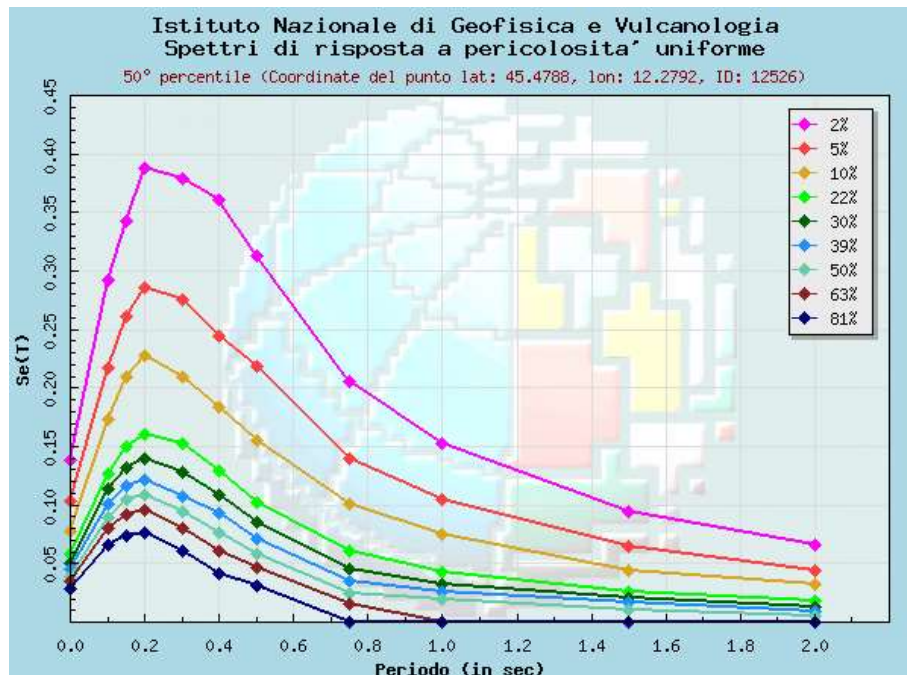


Figura 4.6. Spettri di risposta per pericolosità uniforme

I valori dei coefficienti moltiplicativi dell'accelerazione sono riportati di seguito in Tabella 4.1. Spettri di risposta a pericolosità uniforme.

Tabella 4.1. Spettri di risposta a pericolosità uniforme

| Probabilità di eccedenza in 50 anni | Spettri di risposta a pericolosità uniforme 50° percentile (Coordinate del punto lat: 44.7928, lon: 10.3215, ID: 15384) | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Periodo (in sec) | | | | | | | | | | |
| | 0.00 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.50 | 0.75 | 1.00 | 1.50 | 2.00 |
| 2% | 0.1385 | 0.2927 | 0.3431 | 0.3878 | 0.3788 | 0.3609 | 0.3134 | 0.2059 | 0.1531 | 0.0944 | 0.0657 |
| 5% | 0.1029 | 0.2178 | 0.2613 | 0.2856 | 0.2751 | 0.2438 | 0.2191 | 0.1398 | 0.1046 | 0.0645 | 0.0443 |
| 10% | 0.0775 | 0.1736 | 0.2092 | 0.2270 | 0.2090 | 0.1834 | 0.1552 | 0.1008 | 0.0746 | 0.0446 | 0.0325 |
| 22% | 0.0576 | 0.1264 | 0.1497 | 0.1608 | 0.1528 | 0.1290 | 0.1017 | 0.0605 | 0.0424 | 0.0264 | 0.0176 |
| 30% | 0.0511 | 0.1132 | 0.1313 | 0.1393 | 0.1275 | 0.1092 | 0.0859 | 0.0458 | 0.0326 | 0.0202 | 0.0135 |
| 39% | 0.0452 | 0.1013 | 0.1163 | 0.1216 | 0.1079 | 0.0936 | 0.0716 | 0.0347 | 0.0257 | 0.0164 | 0.0089 |
| 50% | 0.0394 | 0.0891 | 0.1044 | 0.1087 | 0.0944 | 0.0769 | 0.0578 | 0.0249 | 0.0194 | 0.0102 | 0.0058 |
| 63% | 0.0350 | 0.0797 | 0.0918 | 0.0955 | 0.0801 | 0.0602 | 0.0465 | 0.0161 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 81% | 0.0288 | 0.0662 | 0.0738 | 0.0768 | 0.0609 | 0.0417 | 0.0305 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

Per l'identificazione dell'hazard di sito la fonte ufficiale è l'istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia che fornisce direttamente i valori di M e R da considerare per la disaggregazione dei dati.

Per la zona di Venezia Mestre dati forniti sono quelli riportati in Tabella 4.2 e graficati di seguito in Figura 4.7.

| | | |
|--|------------------------|---|
| Intervento: | Livello progettazione: | Elaborato: |
| Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755) | PROGETTO ESECUTIVO | GEOLOGIA E GEOTECNICA C.02.A_Relazione Sismica |

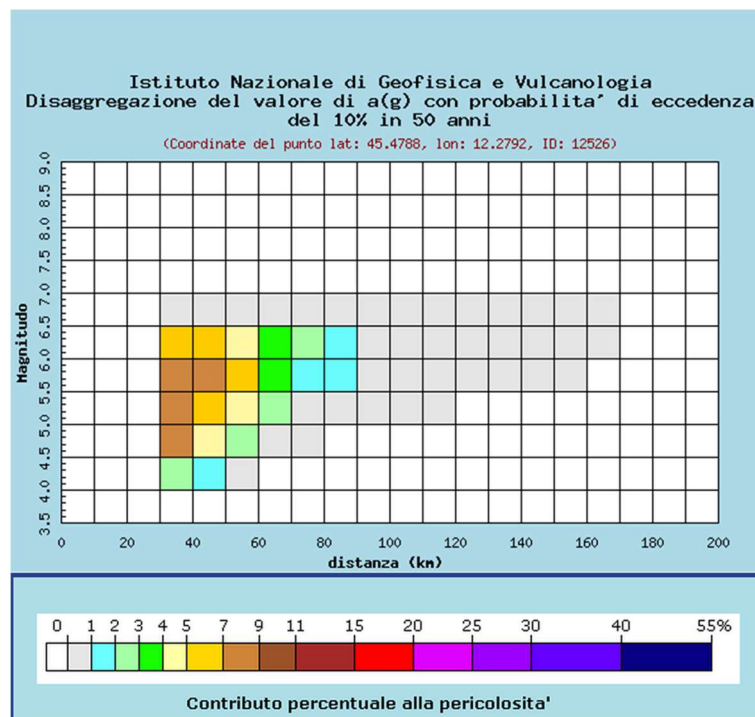


Figura 4.7. Disaggregazione del valore $a(g)$ da INGV

Tabella 4.2. Dati disaggregazione di $a(g)$ Venezia Mestre

| Distanza in km | Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.5281, lon: 12.207, ID: 12303) | | | | | | | | | | |
|----------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Magnitudo | | | | | | | | | | |
| | 3.5-4.0 | 4.0-4.5 | 4.5-5.0 | 5.0-5.5 | 5.5-6.0 | 6.0-6.5 | 6.5-7.0 | 7.0-7.5 | 7.5-8.0 | 8.0-8.5 | 8.5-9.0 |
| 0-10 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10-20 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 20-30 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 30-40 | 0.000 | 2.110 | 7.130 | 8.280 | 7.440 | 5.360 | 0.796 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 40-50 | 0.000 | 1.050 | 4.880 | 6.890 | 7.130 | 5.820 | 0.932 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 50-60 | 0.000 | 0.116 | 2.130 | 4.240 | 5.150 | 4.790 | 0.826 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 60-70 | 0.000 | 0.000 | 0.610 | 2.430 | 3.550 | 3.730 | 0.690 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 70-80 | 0.000 | 0.000 | 0.066 | 0.965 | 1.810 | 2.170 | 0.428 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 80-90 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.352 | 1.030 | 1.280 | 0.263 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 90-100 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.119 | 0.671 | 0.866 | 0.183 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 100-110 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.026 | 0.510 | 0.824 | 0.188 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 110-120 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.300 | 0.636 | 0.154 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 120-130 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.129 | 0.403 | 0.104 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 130-140 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.041 | 0.218 | 0.061 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 140-150 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.007 | 0.075 | 0.023 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 150-160 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.011 | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 160-170 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 170-180 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 180-190 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 190-200 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

| Intervento: | Livello progettazione: | Elaborato: |
|--|------------------------|---|
| Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755) | PROGETTO ESECUTIVO | GEOLOGIA E GEOTECNICA C.02.A_Relazione Sismica |

Le indicazioni fornite dal sito per il sisma atteso individuano un valore di magnitudo momento $M=5,62$ e una distanza epicentrale $R=52\text{km}$, valore della deviazione standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano ϵ risulta pari a 1,54.

| | | |
|--|------------------------|---|
| Intervento: | Livello progettazione: | Elaborato: |
| Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755) | PROGETTO ESECUTIVO | GEOLOGIA E GEOTECNICA C.02.A_Relazione Sismica |

5 AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Dal punto di vista sismico la normativa vigente richiede la determinazione dei parametri necessari alla definizione delle azioni sismiche di progetto per il sito, consistenti nel periodo di riferimento per la valutazione dell'azione sismica (parametro direttamente dipendente dalla vita nominale dell'opera), pericolosità sismica di base (microzonazione), valutazione degli effetti di sito e infine la determinazione della corretta sequenza stratigrafica così come indicato al punto 3.2.2 del DM 14.01.2008.

5.1 Effetti di amplificazione locale

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto (O.P.C.M. n° 3274/03, DM 14.01.2008), si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante l'utilizzo di un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. In particolare si classifica il terreno presente al di sotto del piano di posa delle fondazioni dell'opera di progetto, attraverso il valore della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio (definita successivamente) entro i primi 30 m di profondità. L'Ordinanza suddivide i terreni secondo la tabella seguente.

| Categoria | Descrizione |
|-----------|---|
| A | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m. |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina). |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina). |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina). |
| E | Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s). |

| | | |
|--|------------------------|---|
| Intervento: | Livello progettazione: | Elaborato: |
| Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755) | PROGETTO ESECUTIVO | GEOLOGIA E GEOTECNICA C.02.A_Relazione Sismica |

5.1.1 Profilo delle onde di taglio Vs e Vs30

Il profilo di velocità delle onde di taglio rappresenta una delle variabili che maggiormente influenzano i fenomeni di risposta sismica locale, la normativa richiede la valutazione del parametro significativo

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} [m/s].$$

In mancanza di prove di tipo sismico, per lo studio effettuato nei riguardi della risposta sismica del terreno ci si basa sulle recenti prove penetrometriche. Va precisato che, anche se i livelli deformativi indotti nel terreno dalle prove penetrometriche e dalle prove geofisiche per la misura di V_s sono molto diversi tra loro, numerose evidenze sperimentali mostrano che le due grandezze, q_c e V_s , sono influenzate dagli stessi parametri e sono tra loro correlate.

I parametri dinamici vengo di seguito determinati a partire dai risultati sulle prove penetrometriche.

Il profilo delle velocità delle onde di taglio V_s è stato ricavato in relazione alla resistenza di punta R_p mediante relazioni del tipo $V_s = f(q_c)$, in particolare si adotta la relazione diretta del tipo $V_s = \alpha \cdot q_c^\beta$ tali relazioni come si osserva risultano indipendenti dalla profondità con α e β coefficienti della regressione relativi alle correlazioni dirette con la resistenza di punta R_p .

Rimandando alla letteratura specifica, per la determinazione dei valori di V_s , si sono adottate correlazioni di consolidata validità, nel dettaglio ci si riferisce alle trattazioni proposte da Imai-Tonouchi (1982), Madiani-Simoni e Simonini-Cola (2000); specifica quest'ultima della zona di Venezia Mestre.

Osservata globalmente l'omogeneità degli andamenti dei profili delle resistenze di punta, i valori di V_s saranno definiti come media di quelli ricavati per tutti le verticali definite dalle prove CPTU. Considerando quindi una stratigrafia di riferimento ricostruita integrando tra loro i risultati delle indagini riportate in precedenza si riportano gli andamenti dei profili R_p e V_s a seguire.

Intervento:

Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

GEOLOGIA E GEOTECNICA

C.02.A_Relazione Sismica

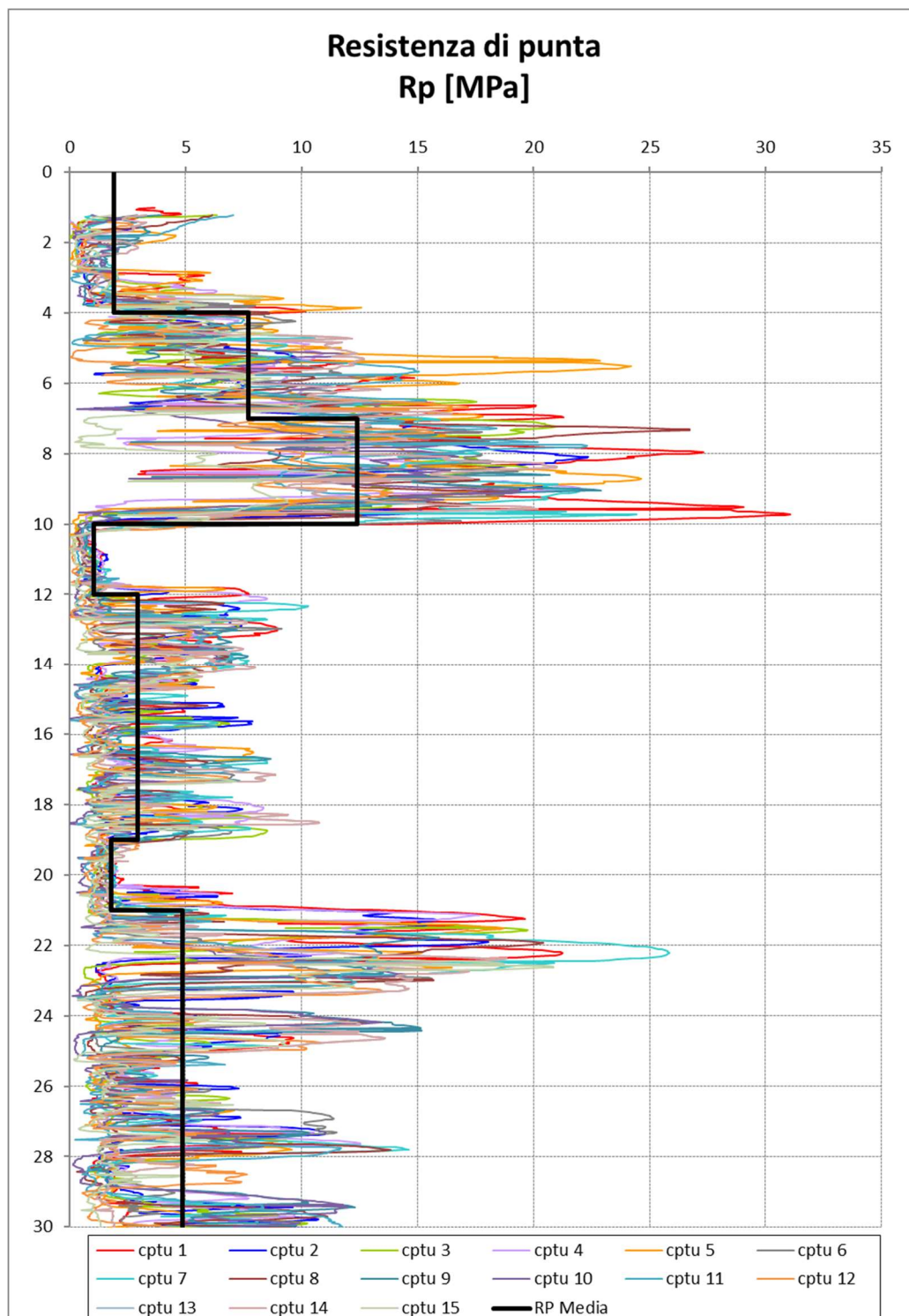


Figura 5.1. Andamento delle resistenze di punta R_p

Intervento:

Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

GEOLOGIA E GEOTECNICA

C.02.A_Relazione Sismica

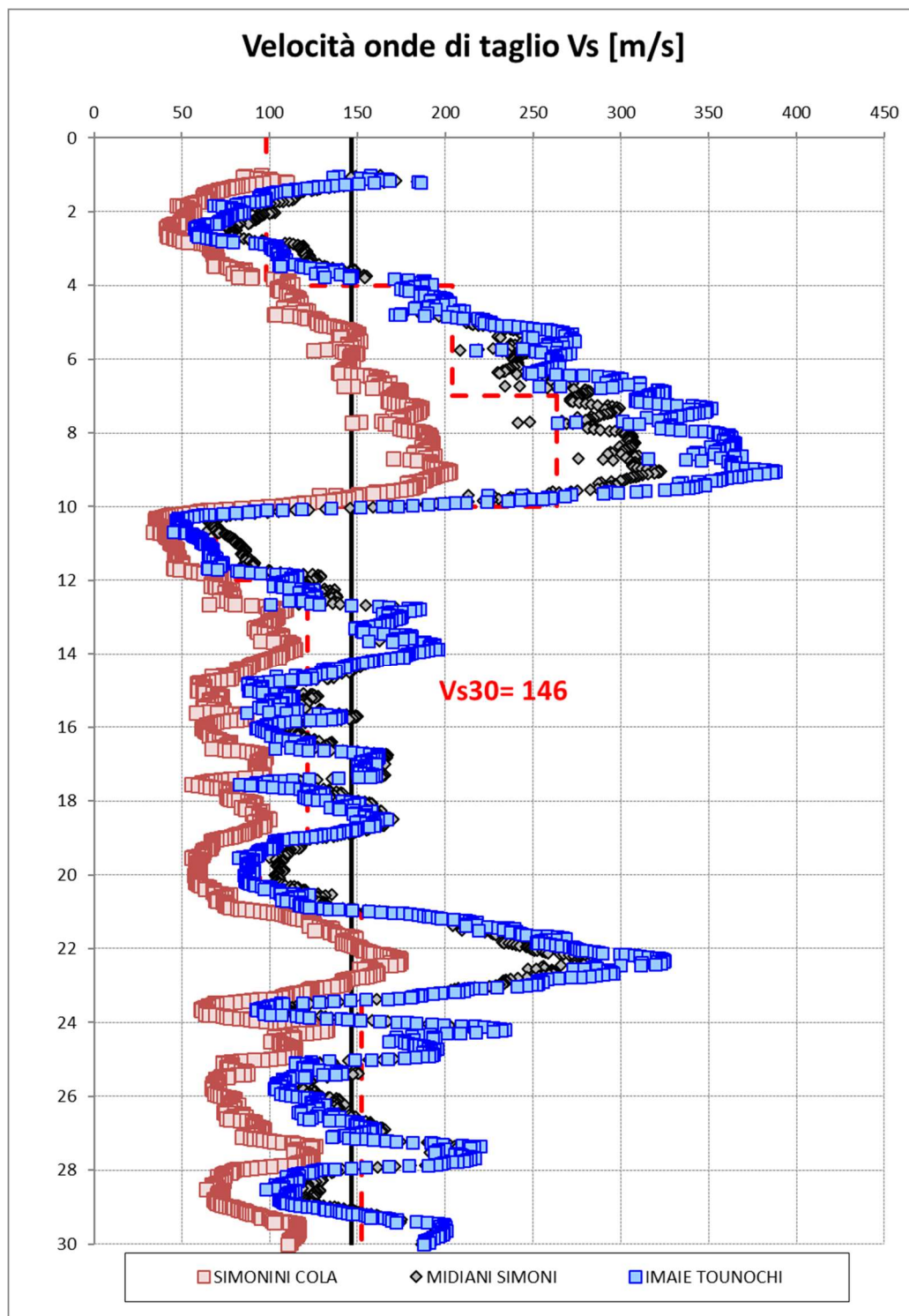


Figura 5.2. V_s medi e V_{s30}

Per quanto sopra si definisce un valore del parametro medio di riferimento V_{s30} pari a 146m/s.

| | | |
|--|------------------------|---|
| Intervento: | Livello progettazione: | Elaborato: |
| Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755) | PROGETTO ESECUTIVO | GEOLOGIA E GEOTECNICA C.02.A_Relazione Sismica |

5.1.2 Categoria sismica del suolo

Dai parametri geotecnici dei terreni, ed in particolare sulla base alle risultanze nei riguardi dei profili delle onde di taglio V_s ricostruiti in funzione delle prove CPTU (indagini 2017), si può attribuire ai depositi una categoria sismica tipo D, tale categoria viene così descritta nel D.M. 14 gennaio 2008:

“Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori V_s inferiori a 180m/s”.

5.1.3 Categoria topografica

L’osservazione della planimetria permette di risalire alla categoria topografica del sito considerato.

Il rilievo dell’area evidenzia una superficie pressoché pianeggiante dove il dislivello risulta essere contenuto, pertanto si individua una categoria topografica di tipo T1 a cui corrisponde un coefficiente di amplificazione S_t unitario.

Tale categoria è descritta dal D.M. 14 gennaio 2008 come segue:

“Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ”.

5.2 Vita di riferimento dell’azione sismica

In ottemperanza al paragrafo 2.4.1 del D.M. 14 gennaio 2008, il parametro di accelerazione massima orizzontale se riferito alla Classe d’Uso dell’opera, alla Vita Nominale dell’opera e alla categoria del sottosuolo di fondazione, assume i seguenti valori massimi in funzione dello stato limite utilizzato per la progettazione delle opere.

- Classe d’Uso dell’opera: IV $C_u = 2.0$
- Vita Nominale dell’opera: $V_N = 50$ anni
- Periodo di riferimento dell’azione sismica $V_R = V_N \times C_u = 100$ anni

| TIPI DI COSTRUZIONE | | Vita Nominale V_N (in anni) |
|---------------------|--|----------------------------------|
| 1 | Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹ | ≤ 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 |

| CLASSE D’USO | I | II | III | IV |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|
| COEFFICIENTE C_u | 0,7 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |

5.3 Coefficienti sismici

Il presente paragrafo riporta i parametri di accelerazione massima al suolo (a_{max}/g) e le componenti orizzontali e verticali dell’azione sismica (k_H e k_V) in funzione della categoria del sottosuolo e della vita di riferimento dell’opera, tali parametri saranno di riferimento per le successive relazioni di calcolo.

Per effetto dell’amplificazione stratigrafica e topografica, l’accelerazione al suolo a_g subisce un’amplificazione pari a $S_S \cdot S_T$. Sottosuolo e ubicazione topografica sono così definiti:

| | | |
|--|------------------------|---|
| Intervento: | Livello progettazione: | Elaborato: |
| Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755) | PROGETTO ESECUTIVO | GEOLOGIA E GEOTECNICA C.02.A_Relazione Sismica |

| Categoria sottosuolo | S_s | C_c |
|-------------------------|---|------------------------------|
| A | 1,00 | 1,00 |
| B | $1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$ | $1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$ |
| C | $1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$ | $1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$ |
| D | $0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$ | $1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$ |
| E | $1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$ | $1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$ |

La situazione topografica del sito può essere fatta ricadere nella T_1 della tabella seguente:

| 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 $i > 30^\circ$ |

Per i vari stati limite, in funzione dell'amplificazione stratigrafica e topografica, si ottengono i valori di a_{max} riportati di seguito.

Ai fini del calcolo, le componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica sono determinate rispettivamente mediante le formule $k_h = \beta_s \cdot a_{max}/g$ e $k_v = \pm 0,5 k_h$

Dove β_s rappresenta il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, a_{max} l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito, pari a $a_g \times S_s \times S_T$ e g l'accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono illustrati nella tabella seguente in relazione alle categorie di sottosuolo e all'accelerazione sismica attesa:

| | Categoria di sottosuolo | |
|-------------------------|-------------------------|------------|
| | A | B, C, D, E |
| | β_s | β_s |
| $0,2 < a_g(g) \leq 0,4$ | 0,30 | 0,28 |
| $0,1 < a_g(g) \leq 0,2$ | 0,27 | 0,24 |
| $a_g(g) \leq 0,1$ | 0,20 | 0,20 |

A seguire si riporta il calcolo delle componenti k_H e k_V e dell'accelerazione massima attesa, in funzione del sito di appartenenza e della categoria del sottosuolo. Il calcolo è stato eseguito attraverso l'ausilio del software *Geostru PS Parametri sismici v.1.4* (<http://www.geostru.com/geoapp/parametri-sismici.aspx>).

Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

PROGETTO ESECUTIVO

GEOLOGIA E GEOTECNICA

C.02.A_Relazione Sismica



18

| | | |
|--|------------------------|---|
| Intervento: | Livello progettazione: | Elaborato: |
| Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755) | PROGETTO ESECUTIVO | GEOLOGIA E GEOTECNICA C.02.A_Relazione Sismica |

5.4 Spettri di risposta elastici

Si procede alla determinazione delle azioni per uno spettro di risposta elastico in accelerazioni delle componenti orizzontali e delle componenti verticali così come stabilito ai punti 3.2.3.2.1 e 3.2.3.2.2 del DM 14 gennaio 2008 dove viene data definizione dei parametri calcolati.

Il sisma di progetto è valutato secondo le indicazioni delle NTC 2008, di seguito si riportano i risultati dell'analisi.

Nell'analisi svolta si applica l'accelerazione alle masse come indicato da normativa (NTC 2008-par.7.11.6.3.1).

Considerando quindi uno lo stato limite SLV di vita dell'opera e le indicazioni precedentemente determinate riguardanti categoria sismica del suolo e categoria topografica si possono individuare i valori caratteristici della risposta elastica del sito per le componenti orizzontale e verticale dell'accelerazione equivalente di seguito riportati.

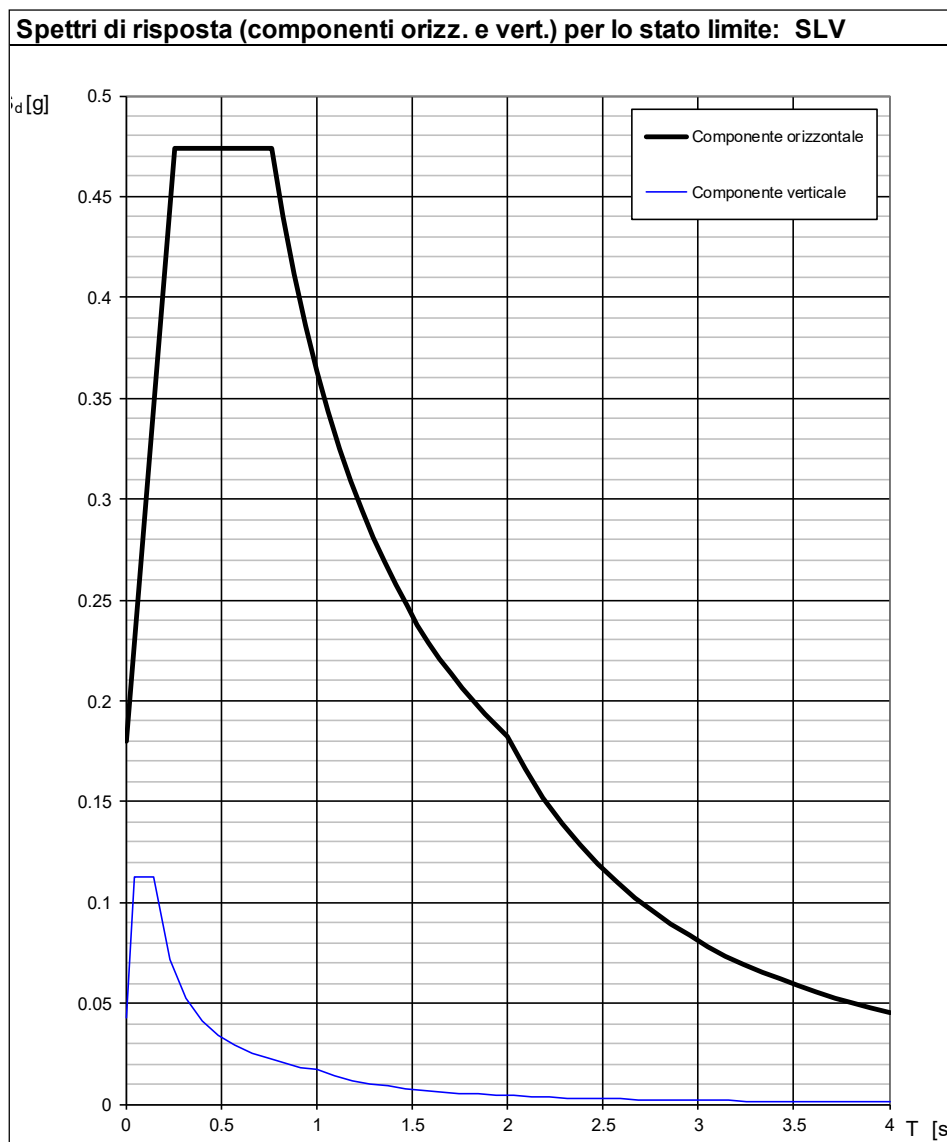


Figura 5.4. Spettri di risposta elastici

| | | |
|--|------------------------|---|
| Intervento: | Livello progettazione: | Elaborato: |
| Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755) | PROGETTO ESECUTIVO | GEOLOGIA E GEOTECNICA C.02.A_Relazione Sismica |

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

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_g | 0.100 g |
| F_o | 2.638 |
| T_C^* | 0.378 s |
| S_S | 1.800 |
| C_C | 2.034 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.000 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1.800 |
| η | 1.000 |
| T_B | 0.256 s |
| T_C | 0.768 s |
| T_D | 1.999 s |

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η 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 | 0.180 |
| $T_B \leftarrow$ | 0.256 | 0.474 |
| $T_C \leftarrow$ | 0.768 | 0.474 |
| | 0.827 | 0.440 |
| | 0.886 | 0.411 |
| | 0.944 | 0.386 |
| | 1.003 | 0.363 |
| | 1.061 | 0.343 |
| | 1.120 | 0.325 |
| | 1.179 | 0.309 |
| | 1.237 | 0.294 |
| | 1.296 | 0.281 |
| | 1.354 | 0.269 |
| | 1.413 | 0.258 |
| | 1.472 | 0.247 |
| | 1.530 | 0.238 |
| | 1.589 | 0.229 |
| | 1.647 | 0.221 |
| | 1.706 | 0.213 |
| | 1.765 | 0.206 |
| | 1.823 | 0.200 |
| | 1.882 | 0.193 |
| | 1.941 | 0.188 |
| $T_D \leftarrow$ | 1.999 | 0.182 |
| | 2.094 | 0.166 |
| | 2.190 | 0.152 |
| | 2.285 | 0.139 |
| | 2.380 | 0.128 |
| | 2.476 | 0.119 |
| | 2.571 | 0.110 |
| | 2.666 | 0.102 |
| | 2.761 | 0.095 |
| | 2.857 | 0.089 |
| | 2.952 | 0.084 |
| | 3.047 | 0.078 |
| | 3.143 | 0.074 |
| | 3.238 | 0.069 |
| | 3.333 | 0.066 |
| | 3.428 | 0.062 |
| | 3.524 | 0.059 |
| | 3.619 | 0.056 |
| | 3.714 | 0.053 |
| | 3.809 | 0.050 |
| | 3.905 | 0.048 |
| | 4.000 | 0.045 |

Figura 5.5. Parametri dello spettro di risposta elastico orizzontale SLV

| | | |
|--|------------------------|---|
| Intervento: | Livello progettazione: | Elaborato: |
| Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755) | PROGETTO ESECUTIVO | GEOLOGIA E GEOTECNICA C.02.A_Relazione Sismica |

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

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_{gv} | 0.043 g |
| S_S | 1.000 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.000 |
| T_B | 0.050 s |
| T_C | 0.150 s |
| T_D | 1.000 s |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|-------|
| F_v | 1.125 |
| S | 1.000 |
| η | 1.000 |

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

Punti dello spettro di risposta

| | T [s] | Se [g] |
|------------------|-------|--------|
| | 0.000 | 0.043 |
| $T_B \leftarrow$ | 0.050 | 0.112 |
| $T_C \leftarrow$ | 0.150 | 0.112 |
| | 0.235 | 0.072 |
| | 0.320 | 0.053 |
| | 0.405 | 0.042 |
| | 0.490 | 0.034 |
| | 0.575 | 0.029 |
| | 0.660 | 0.026 |
| | 0.745 | 0.023 |
| | 0.830 | 0.020 |
| | 0.915 | 0.018 |
| $T_D \leftarrow$ | 1.000 | 0.017 |
| | 1.094 | 0.014 |
| | 1.188 | 0.012 |
| | 1.281 | 0.010 |
| | 1.375 | 0.009 |
| | 1.469 | 0.008 |
| | 1.563 | 0.007 |
| | 1.656 | 0.006 |
| | 1.750 | 0.005 |
| | 1.844 | 0.005 |
| | 1.938 | 0.004 |
| | 2.031 | 0.004 |
| | 2.125 | 0.004 |
| | 2.219 | 0.003 |
| | 2.313 | 0.003 |
| | 2.406 | 0.003 |
| | 2.500 | 0.003 |
| | 2.594 | 0.003 |
| | 2.688 | 0.002 |
| | 2.781 | 0.002 |
| | 2.875 | 0.002 |
| | 2.969 | 0.002 |
| | 3.063 | 0.002 |
| | 3.156 | 0.002 |
| | 3.250 | 0.002 |
| | 3.344 | 0.002 |
| | 3.438 | 0.001 |
| | 3.531 | 0.001 |
| | 3.625 | 0.001 |
| | 3.719 | 0.001 |
| | 3.813 | 0.001 |
| | 3.906 | 0.001 |
| | 4.000 | 0.001 |

Figura 5.6. Parametri dello spettro di risposta elastico verticale SLV

| | | |
|--|------------------------|---|
| Intervento: | Livello progettazione: | Elaborato: |
| Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755) | PROGETTO ESECUTIVO | GEOLOGIA E GEOTECNICA C.02.A_Relazione Sismica |

6 CONCLUSIONI

È stata analizzato dal punto di vista sismico il sito in esame ricadente nell'area di Venezia Mestre.

Al fine di definire gli scenari relativamente ai terremoti attesi nella zona i caratteri delle manifestazioni sismiche sono stati valutati interrogando il database nazionale dell'istituto italiano di vulcanologia.

In base alle prove eseguite sul sito in esame, si è definita la categoria del sottosuolo, si individua un terreno "TIPO D" con classe topografica "T1", secondo il D.M. 14 gennaio 2008.

Sono stati definiti i parametri per la descrizione dello spettro sismico di progetto SLV nelle sue componenti orizzontali e verticali considerando una vita nominale $V_n=50$ anni e un coefficiente d'uso $C_u=2$ nonché i parametri k_H e k_V di accelerazione massima al suolo per le componenti orizzontali e verticali dell'azione sismica in funzione della categoria del sottosuolo e della vita di riferimento dell'opera.