

COMUNE DI TUORO SUL TRASIMENO

REGIONE UMBRIA



PROPRIETA': COMUNE DI TUORO SUL TRASIMENO

Dott.ing. Walter Rubbiani

Via colle del vento, 68 – 06131 – Perugia
 E-mail info@rubbiani-ingegneria.it P.I. 02533540544
 Cell. 349.8044902

OGGETTO:

RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA DELLA SCUOLA MATERNA DEL COMUNE DI TUORO S/T MEDIANTE DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DELL'ESISTENTE. RIF. ART. 10 D.L. 12-09-2013 N. 104, CONVERTITO DALLA LEGGE 8 NOVEMBRE 2013 N. 128

Progettista Ing. Walter Rubbiani	Collaboratori	<u>ELABORATI:</u> Relazione geologica		
		Codice pratica 1805A	Elaborato n° RA	Data OTTOBRE 2018

Esecutore	Verificato	Approvato
Geol. Luciano Faralli	Geol. Luciano Faralli	Geol. Luciano Faralli

SOMMARIO

1. PREMESSA	3
2. DATI BIBLIOGRAFICI ED INDAGINI DI RIFERIMENTO	5
2.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE-GEOTECNICHE REALIZZATE	5
2.1.1 Prove penetrometriche statiche CPT.....	5
2.1.2 Prove di laboratorio	6
2.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE-GEOTECNICHE REPERITE.....	7
2.2.1 Sondaggio geognostico	7
2.2.2 Prove di laboratorio	9
2.3 INDAGINI GEOFISICHE REALIZZATE.....	9
2.3.1 Cenni teorici sul metodo M.A.S.W.....	10
3. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DELL'AREA.....	12
4. CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE.....	13
4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE.....	13
4.2 SCENARIO LITOSTRATIGRAFIO LOCALE	14
4.3 SCENARIO IDROGEOLOGICO LOCALE.....	15
5. CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE E GEOTECNICHE DEI TERRENI	17
5.1 INDICAZIONI PER IL PROGETTO	19
6. MODELLO SISMICO DEL SITO	21
6.1 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA E PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	21
6.2 STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 3	26
6.2.1 Modello stratigrafico	26
6.2.2 Stratigrafia sismica finalizzata alla modellazione specifica	27
6.2.3 Curve di decadimento	28
6.2.4 Accelerogrammi di input.....	30
6.2.5 Modellazioni numeriche monodimensionali	39
6.2.6 Risultati	40
6.3 AZIONE SISMICA E CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI.....	43
6.4 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE.....	46

1. PREMESSA

Per incarico dell'Amministrazione Comunale di Tuoro sul Trasimeno, è stato effettuato uno studio geologico-tecnico su un'area che sarà interessata dalla realizzazione della Scuola dell'Infanzia di Tuoro sul Trasimeno, nell'omonima località.

Il presente studio è stato redatto in quanto si rende necessario provvedere alla variazione e revisione del progetto esecutivo approvato, in virtù delle mutate esigenze dell'Amministrazione.

L'attuale progetto prevede la realizzazione di un nuovo edificio, sviluppato su un unico piano fuori terra, della superficie complessiva di circa **750 m²**.

Gli interventi interesseranno un'area catastalmente censita al **F° 13, pt.lle n.ri 298, 758**, del Comune di Tuoro sul Trasimeno (PG).

L'indagine svolta ha permesso di verificare ed analizzare la fattibilità esecutiva dell'opera in progetto, analizzando le caratteristiche morfologiche, geologico-stratigrafiche, idrogeologiche e meccaniche dei terreni interessati e le caratteristiche sismiche del sito d'intervento, e di redigere uno studio di sintesi delle risultanze emerse.

Nell'ambito del presente studio è stata realizzata una specifica campagna di indagini, condotta nel mese di agosto 2018, consistita nell'esecuzione di n. 2 prove penetrometriche statiche (CPT), il prelievo di n. 1 campione indisturbato, n. 1 indagine di sismica attiva tipo MASW e prove di laboratorio geotecnico.

Sono inoltre risultate disponibili alcune indagini geognostiche eseguite nello stesso sito d'intervento nell'ambito degli studi e indagini di Microzonazione Sismica di livello 3 del Comune di Tuoro S.T. (art. 11 Legge n. 77 del 24/06/2009, O.C.D.P.C. n. 293 del 26/10/2015), in corso di redazione a cura dello scrivente; per quanto riguarda il sito d'interesse sono risultate disponibili le risultanze di n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo, con esecuzione di prove SPT in foro e prelievo di campioni di terreno e le prove di laboratorio geotecnico eseguite sugli stessi.

Nell'ambito del presente studio è stato inserito anche lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 3, in ottemperanza a quanto previsto nella D.G.R. 8 marzo 2010 n. 377, "Criteri per l'esecuzione degli studi di microzonazione sismica", che prevede l'esecuzione di indagini di livello 3 nelle zone 1 e 2 della classificazione sismica vigente, sulle aree destinate ad ospitare edifici ed opere infrastrutturali di interesse strategico o rilevanti in caso di collasso, così come definiti dalla D.G.R. n. 1700, del 19 novembre 2003 e ss.mm.ii.

Lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 3 riportato fa esplicito riferimento ai contenuti ed alle risultanze dei già citati studi e indagini di MZS livello 3 in corso di redazione conclusiva e interessanti varie località del territorio comunale.

La presente relazione è stata redatta in ottemperanza alle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008), vigenti al momento della redazione del progetto degli interventi previsti, in considerazione del fatto che la zona di intervento rientra in quelle definite sismiche come zona 2 (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003 "Nuove norme tecniche sulla riclassificazione sismica del territorio nazionale", D.G.R. del 18 giugno 2003 n. 852 "Approvazione classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria", D.G.R. del 18 settembre 2012 n. 1111 "Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria").

In allegato alla presente relazione:

- corografia area di studio, estratto Sezione I.G.M., in scala 1:25.000 (F° 299 Sez. III "Tuoro sul Trasimeno");

- corografia area d'intervento, estratto C.T.R. Regione Umbria, Sez. 299.130 "Tuoro sul Trasimeno", scala 1:10.000;
- corografia area d'intervento, estratto planimetria catastale F° 13, Comune di Tuoro sul Trasimeno, in scala 1:1.000;
- corografia ubicazione indagini, su estratto planimetria di progetto, in scala 1:500;
- corografia geomorfologica, estratto cartografia Progetto IFFI "Inventario fenomeni franosi in Italia" – I.S.P.R.A., in scala 1:10.000;
- corografia geomorfologica, estratto cartografia Progetto P.A.I. "Inventario dei fenomeni franosi e situazioni a rischio frana - Tav. 249" - Autorità di Bacino Fiume Tevere, in scala 1:10.000;
- corografia geologica generale, estratto Carta Geologica Regione Umbria, Sez. 299.130 "Tuoro sul Trasimeno", scala 1:10.000;
- sezione geologica-litotecnica A-A', scala 1:200/200;
- stralcio sezione geologico-tecnica, tratta da studi e indagini di MZS livello 3 del territorio comunale di Tuoro S.T. in corso di esecuzione, in scala 1:2.000 (Comune di Tuoro S.T. – S.G.A. Studio Geologi Associati, Dott. G.Servoli, Dott. M.Scorpioni, 2018);
- tabulati, grafici, documentazione fotografica e stima dei parametri geotecnici delle prove penetrometriche statiche CPT (prove CPT1 e CPT2, agosto 2018);
- stratigrafia sondaggio geognostico S1 e documentazione fotografica (SGA Studio Geologi Associati, studio di MZS livello 3, 2018);
- prove di laboratorio geotecnico (agosto 2018);
- prove di laboratorio geotecnico (SGA Studio Geologi Associati, studio di MZS livello 3, 2018);
- tabulati e grafici indagine geofisica tipo MASW (MASW1, agosto 2018).

2. DATI BIBLIOGRAFICI ED INDAGINI DI RIFERIMENTO

Lo studio in oggetto, presa visione della bibliografia e cartografia di riferimento, ha previsto una prima fase di osservazione di superficie, che ha permesso una caratterizzazione litologica generale dei termini affioranti nell'intorno dell'area d'Interesse, con particolare attenzione alle condizioni morfologiche ed idrogeologiche d'insieme.

In particolare, per quanto concerne i dati fruibili, ci si è avvalsi della consultazione delle cartografie geologiche ufficiali disponibili (Carta Geologica D'Italia, in scala 1:100.000 - F° 122 "Perugia"; Carta Geologica d'Italia, in scala 1:50.000 – F° 310 "Passignano"; Carta Geologica Regione Umbria, in scala 1:10.000, Sez. 299.130 "Tuoro sul Trasimeno"; Carta geologica PRG), nonché di dati bibliografici e di studi ed indagini recenti (geognostiche, geotecniche, prove di laboratorio, rilievi piezometrici), eseguiti nel medesimo sito d'intervento e contesto geologico-stratigrafico.

Sotto l'aspetto geomorfologico ed idraulico, ci si è avvalsi della consultazione della cartografia dell'ISPRA, relativa al progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), delle cartografie dell'assetto geomorfologico, del P.A.I., eseguite dall'Autorità di Bacino del F.Tevere e delle cartografie tematiche del PRG.

Unitamente a ciò sono risultati disponibili gli studi e indagini di Microzonazione Sismica di livello 3 (art. 11 Legge n. 77 del 24/06/2009, O.C.D.P.C. n. 293 del 26/10/2015), eseguiti dallo scrivente studio nell'ambito delle principali località del territorio comunale ed attualmente in fase di conclusione, che comprendono specificatamente tra le altre quella in esame.

Tali studi sono stati adottati ed utilizzati integralmente nell'ambito della presente, in ottemperanza a quanto previsto nella D.G.R. 8 marzo 2010 n. 377, "Criteri per l'esecuzione degli studi di microzonazione sismica", che prevede l'esecuzione di indagini di livello 3 nelle zone 1 e 2 della classificazione sismica vigente, sulle aree destinate ad ospitare edifici ed opere infrastrutturali di interesse strategico o rilevanti in caso di collasso, così come definiti dalla D.G.R. n. 1700 del 19 novembre 2003 e ss.mm.ii.

Gli stessi hanno fornito approfondite informazioni di carattere litostratigrafico e sismico oltre a dati geofisici e geognostici di dettaglio eseguiti nell'area di diretto intervento (n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo, con esecuzione di prove SPT in foro e prelievo di campioni di terreno e le prove di laboratorio geotecnico eseguite sugli stessi).

Infine, nell'ambito del presente studio è stata realizzata una specifica campagna d'indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche, condotta mediante la realizzazione di n. 2 prove penetrometriche statiche CPT, il prelievo di n. 1 campione indisturbato di terreno, prove di laboratorio geotecnico e n. 1 indagine di sismica attiva tipo MASW.

L'ubicazione delle indagini è riportata nell'allegata Corografia ubicazione indagini, in scala **1:500**.

2.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE-GEOTECNICHE REALIZZATE

2.1.1 Prove penetrometriche statiche CPT

Nell'ambito della campagna di indagini geognostiche-geotecniche specificatamente eseguita per il presente studio (agosto 2018), sono state realizzate n. 2 prove penetrometriche statiche CPT (Cone Penetration Test), realizzate con un penetrometro statico/dinamico cingolato auto-ancorante standard superpesante tipo GOUDA TG63 CPT 200 KN ISM.C "Pagani", con le seguenti caratteristiche:

PROVE DI LABORATORIO (Agosto 2018)

CAMPIONE N.	QUOTA (m da p.c.)	PESO DI VOLUME γ (kN/m ³)	CONTENUTO D'ACQUA W (%)	TAGLIO DIRETTO CD (ϕ' - c')
CPT2-C1	1.90-2.30	21.0	17.4	25.9° - 6.1 kPa
S1-C3	12.00-12.50	20.4	20.5	23.5° - 31.9 kPa

I certificati delle prove di laboratorio eseguite sono allegati alla presente.

2.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE-GEOTECNICHE REPERITE

2.2.1 Sondaggio geognostico

Durante la campagna d'indagini eseguita nell'ambito degli studi e indagini di Microzonazione Sismica di livello 3 del territorio comunale, è stato condotto n° 1 sondaggio geognostico nell'area di attuale interesse progettuale, realizzato con metodo di perforazione a carotaggio continuo, la cui profondità è di seguito indicata, unitamente alle prove geotecniche in foro eseguite ed ai campioni prelevati.

SONDAGGIO GEOGNOSTICO A CAROTAGGIO CONTINUO (Febbraio 2018)

LOCALITÀ MS3	SITO PUNTUALE MS3	SIGLA	PROFONDITÀ (m)	PROVE S.P.T.	CAMPIONI PRELEVATI
TUORO SUL TRASIMENO	P97	S1	20	3	3

Per l'esecuzione del sondaggio è stata utilizzata una sonda a rotazione con testa idraulica, CMV mod. MK600.

Il carotaggio integrale è stato realizzato con carotiere semplice, con l'obiettivo di produrre carote che permettessero di definire il più fedelmente possibile le caratteristiche litologiche, tessiturali e strutturali dei terreni, cercando inoltre di raggiungere la maggior percentuale di carotaggio possibile, mediante operazioni di carotaggio che hanno previsto manovre da 0.5 m a 1.5 m di lunghezza.

Le operazioni di carotaggio sono state eseguite a secco mentre, l'utilizzo di acqua quale fluido di perforazione, è stato effettuato durante le operazioni di infissione della tubazione di rivestimento provvisorio.

Sono stati utilizzati i seguenti sistemi di perforazione:

SISTEMA DI PERFORAZIONE CON ASTE E CAROTIERE

- aste con filettatura API
 - diametro \varnothing = 75-90 mm
 - lunghezza L = 1000-1500-3000 mm
- carotiere semplice S con corona di perforazione in widia
 - diametro esterno \varnothing = 101 mm; lunghezza utile L = 3000 mm
- tubi di rivestimento provvisorio
 - diametro esterno \varnothing = 127 mm

- lunghezza L = 1500 mm (1700 camicia con corona)

Le carote di sondaggio, estratte durante le perforazioni, sono state deposte in apposite cassette catalogatrici e quotate; sulle stesse sono state effettuate le valutazioni e le osservazioni atte alla caratterizzazione dei terreni, delle prove dirette speditive di campagna (prove di resistenza alla rottura con Pocket Penetrometer), infine è stata effettuata la documentazione fotografica.

Dall'osservazione delle carote di sondaggio sono state redatte le relative colonne stratigrafiche, con le operazioni effettuate, le relative quote, le caratteristiche dei materiali rilevati, le quote delle prove geotecniche effettuate *in situ* e quelle dei campioni di terreno prelevati.

Le indagini e le prove in situ effettuate sono state eseguite secondo le prescrizioni riportate nelle "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche – A.G.I., 1977".

Nel dettaglio la perforazione è stata condotta con le seguenti modalità:

S1 :

- data inizio: 19.02.2018 data fine: 19.02.2018
- macchina operatrice: CMV MK600, cingolata;
- perforazione ad andamento verticale spinta fino alla profondità di 20.0 m da p.c.;
- sondaggio eseguito a carotaggio continuo da 0.0 a 20.0 m da p.c.;
- utilizzo di fluido di perforazione (acqua): nessuno in fase di perforazione a carotaggio continuo, continuo in fase di infissione del rivestimento provvisorio;
- utilizzato carotiere semplice $\varnothing = 101$ mm, lunghezza utile 150 e 300 cm, tratto 0.0-20.0 m;
- utilizzato rivestimento metallico $\varnothing = 127$ mm, lunghezza 150 cm, fino a 15.0 m da p.c.;
- utilizzo di corona in widia nel tratto 0.0 – 20.0 m da p.c.;
- esecuzione di prove speditive di resistenza alla compressione con pocket penetrometer (penetrometro tascabile Controls T163), a varie profondità;
- esecuzione di n. 3 prove SPT (Standard Penetration Test) con punta aperta e campionatore Raymond, alle seguenti profondità da p.c.:
 - 5.00 – 5.45 m (punta aperta – n° colpi SPT 5-8-11 – Nspt 19);
 - 10.00 – 10.45 m (punta aperta – n° colpi SPT 6-12-15 – Nspt 27);
 - 15.00 – 15.45 m (punta aperta – n° colpi SPT 21-33-43 – Nspt 76);
- prelievo di n. 2 campioni rimaneggiati (spezzoni di carota), alle seguenti profondità da p.c.:
 - CR1, quota 2.60 - 3.00 (data prelievo 19.02.2018);
 - CR2, quota 6.60 - 7.00 (data prelievo 19.02.2018);
- prelievo di n. 1 campione indisturbato (campionatore Shelby a pareti sottili), alle seguenti profondità da p.c.:
 - C3, quota 12.00 – 12.50 m (data prelievo 19.02.2018);
- raccolta delle carote in 4 cassette catalogatrici secondo le seguenti quote (in metri da p.c.): C1 (0.0-5.0); C2 (5.0-10.0); C3 (10.0-15.0); C4 (15.0-20.0);

NOTE: ---.

L'ubicazione del punto d'indagine è riportata nell'allegata corografia delle indagini, in scala 1:500 inoltre, allegato alla presente, è riportato il log stratigrafico del sondaggio a carotaggio continuo con la documentazione fotografica dello stesso.

Modalità di esecuzione delle Prove Penetrometriche in foro tipo S.P.T. (Standard Penetration Test)

Nel corso dell'esecuzione del sondaggio meccanico sono state eseguite Standard Penetration Test (SPT), secondo le prescrizioni riportate nelle "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche – A.G.I., 1977 e 1994".

L'attrezzatura utilizzata ha le seguenti caratteristiche:

- maglio di acciaio con peso P = 63.5 Kg;
- dispositiva di guida e di sganciamento automatico con corsa a caduta libera di 0.76 m;
- punta aperta con campionatore tipo Raymond con diametro esterno $\varnothing = 50.8$ mm, angolo al vertice 60°.

2.2.2 Prove di laboratorio

Durante la campagna d'indagini eseguita nell'ambito degli studi e indagini di Microzonazione Sismica di livello 3 del territorio comunale, sono stati sottoposti a prove ed analisi di laboratorio n. 2 campioni di terreno, tra quelli prelevati.

Le analisi sono state effettuate presso il laboratorio Terra s.n.c. di Papiano, Magione – PG (Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010 Settore A - prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali).

La seguente tabella illustra le principali caratteristiche dei campioni, le prove effettuate sugli stessi ed i risultati ottenuti.

PROVE DI LABORATORIO (Marzo-Aprile 2018)

CAMPIONE N.	QUOTA (m da p.c.)	PESO DI VOLUME γ (kN/m ³)	PESO SPECIFICO G_s (kN/m ³)	CONTENUTO D'ACQUA W (%)	ANALISI GRANULOMETRICA (%)
S1-CR1	2.60-3.00	21.2	26.9	17.4	(G) 2.9 (S) 44.9 (L) 29.7 (A) 22.5
S1-CR2	6.60-7.00	20.7	27.5	22.0	(G) 1.2 (S) 65.4 (L) 23.3 (A) 10.1

I certificati delle prove di laboratorio eseguite sono allegati alla presente.

2.3 INDAGINI GEOFISICHE REALIZZATE

E' stata eseguita una indagine geofisica di sismica attiva tipo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves-Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh) con profilo di 46 m.

La campagna di indagini geofisiche, eseguite dallo scrivente, è stata realizzata con lo scopo di individuare i valori della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs nel sottosuolo, ai fini della definizione della categoria di sottosuolo, così come indicato dalle N.T.C. 2008 (D.M. 14 gennaio 2008).

I sismogrammi sono stati acquisiti con sismografo multicanale DoReMi della SARA s.r.l., con risoluzione di acquisizione 24bit, collegato tramite cavo a 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4.5 Hz.

Per quanto attiene il sistema di acquisizione con utilizzo del sismografo digitale DoReMi della SARA S.r.l., sono di seguito riportate le caratteristiche del sistema di acquisizione utilizzato:

No. of Bits	24
A/D Converter Type	SIGMA DELTA
Converter Input Span	5 V
S/N Ratio @ 500 SPS	140 dB
S/N Ratio @ 5000 SPS	130 dB
S/N Ratio @ 20000 SPS	105 dB
Input Type	Unipolar Differential
Input Impedance	20 k Ω
Common Mode Rejection	> 80 dB
Low Pass Filter:	400 Hz
High Pass Filter:	none
Max Sampling Lag Between Ch.:	<30 ppm
Max Error Between Trigger Ch.:	< 1 ns
Ch. Memory:	128000 bytes
Maximum Samples:	30000
Sampling Rates:	200 Hz to 20000 Hz
Maximum Connectable Channels:	255
Power Consumption:	\approx 0.3 W per Ch.
Instrument Chain Max Length:	1000 m
Recommended Geophones:	4.5 Hz High Gain 80 V/m/s
Diagnosis:	Memory Status (OK / Vdc)
Baud Rate:	115200/230400, N, 8,1

Come sistema per fornire il tempo zero all'acquisitore, è stato utilizzato un geofono starter posto in corrispondenza del punto di energizzazione.

I grafici di acquisizione ed elaborazione e la documentazione fotografica dell'indagine geofisica, sono riportati in allegato alla presente.

2.3.1 Cenni teorici sul metodo M.A.S.W.

La tecnica M.A.S.W. consente una accurata e dettagliata ricostruzione bidimensionale della distribuzione della velocità delle onde S nel sottosuolo. Tale metodologia risulta essere internazionalmente accreditata.

La determinazione della velocità delle onde di taglio VS tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi, poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%), rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).

Le prospezioni sismiche M.A.S.W. forniscono una buona risoluzione e non sono limitate, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità.

Inoltre, la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla VP e dalla densità, è funzione innanzitutto della VS, parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dalle normative antisismiche (D.M. 14 gennaio 2008).

Infatti, mentre la velocità delle onde P misurata in terreni saturi dipende in maniera sostanziale dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, la velocità delle onde S è caratteristica delle vibrazioni trasmesse dal solo scheletro solido e, pertanto, a differenza delle onde P, risulta rappresentativa delle reali proprietà meccaniche del terreno.

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle VS, è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati.

Analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione.

La velocità delle onde di Rayleigh (VR) è pari a circa il 90% delle onde di taglio (VS).

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede 4 passi fondamentali:

1. Ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni
2. Estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione);
3. Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle VS
4. Ricostruzione di una sezione delle VS.

Quando vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra, vengono generate sia onde di volume (P ed S), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni.

Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, canali sotterranei, trovanti lapidei, ecc.) e diventano rumore.

Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana.

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni.

3. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DELL'AREA

L'area in esame, localizzata ad una quota media di circa 266-268 m s.l.m., è ubicata in prossimità di Via Petri e Viale Console Flaminio, nella porzione meridionale dell'abitato di Tuoro sul Trasimeno, nell'omonimo comune.

La zona di studio è localizzata in un contesto pianeggiante, ubicato lungo la porzione settentrionale della pianura alluvionale prospiciente a N il Lago Trasimeno, in prossimità della zona di raccordo con la struttura collinare sulla quale si sviluppa l'abitato di Tuoro S.T., in un'area situata in destra idrografica del F.so Navaccia.

Lo scenario morfologico originario risulta parzialmente riorganizzato, per effetto delle attività antropiche a corredo sia dell'uso agricolo del suolo, che dell'urbanizzazione del sito, di recente sviluppo.

I valori medi delle pendenze risultano pertanto generalmente inferiori al 5%, con l'area di diretto intervento che è caratterizzata da un assetto pianeggiante.

Nell'area di specifico interesse non sono stati rilevati indizi morfologici tali da far presupporre fenomeni gravitativi di instabilità, in atto o prevedibili; ciò risulta inoltre confermato dall'analisi della cartografia Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia – Progetto IFFI, dell'Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione Ambientale (I.S.P.R.A.), dalla cartografia geomorfologica del P.A.I., dell'Autorità di Bacino del F. Tevere e dalla cartografia tematica del PRG del Comune di Tuoro S.T.

Valutando la morfologia del sito e le condizioni litologiche rilevate, si considera l'area stabile ritenendo inoltre che la realizzazione degli interventi in progetto, non possa indurre dissesti gravitativi né modificare la stabilità complessiva della stessa.

L'idrografia superficiale è costituita da una serie di fossi, principali e secondari, con portate legate al regime meteorico stagionale, i quali incidono i versanti delle strutture collinari, per raccordarsi poi verso valle e defluire al Lago Trasimeno.

Tra questi è presente il Fosso Navaccia, rispetto al quale l'area è ubicata in destra idrografica, posto ad una distanza minima di circa 100 m in direzione E.

Considerando la distanza del sito e l'assenza di informazioni relative ad eventi pregressi, si ritiene di potere escludere il rischio idraulico per fenomeni di esondazione del Fosso Navaccia a danno dell'area d'intervento.

Una serie di elementi idrografici minori sono presenti all'interno dell'area e lungo i bordi della stessa.

Si tratta di piccoli fossi camporili che scorrono sia in direzione media NNE-SSO che E-O, raccordandosi variamente tra loro per defluire sia verso sud che verso est e confluire poi al Fosso Navaccia o al Fosso Macerone, tributari del Lago Trasimeno.

Relativamente a tali fossi camporili, per le porzioni di diretto interesse, si segnala la presenza in alveo di alcuni modesti fenomeni di ristagno ed erosivi inoltre, sono segnalati locali fenomeni di esondazione in tratti esterni al sito d'intervento.

Oltre quanto indicato, non sono stati rilevati fenomeni di ruscellamento o ulteriori fenomeni di ristagno delle acque, le quali risultano sufficientemente drenate dai terreni superficiali o convogliate verso i sistemi di raccolta esistenti.

4. CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

Per la ricostruzione dello scenario litostratigrafico dell'area, dopo la consultazione del materiale bibliografico disponibile, si è fatto riferimento a quanto osservato in superficie ed ai risultati delle indagini geognostiche - geotecniche e geofisiche, realizzate e reperite.

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

Il contesto geologico in esame è da riferire al dominio continentale della serie sedimentaria pleisto-olocenica dei depositi alluvionali del Lago Trasimeno (sigla b – Carta Geologica Regione Umbria, Sez. 299.130 "Tuoro sul Trasimeno", scala 1:10.000, ved. stralcio allegato), e della serie sedimentaria plio-pleistocenica, dei depositi fluvio-lacustri riferibili al Supersistema della Val di Chiana, Sistema del Trasimeno, Subsistema di Macchie (sigla TMO₁, pleistocene med.-sup.).

Per la porzione d'interesse, i sedimenti alluvionali pleisto-olocenici sono caratterizzati dalla presenza di limi sabbioso-argillosi, limi argilloso-sabbiosi, limi argillosi e limi con argilla, a tratti debolmente ghiaiosi e ghiaiosi, da poco a moderatamente consistenti e da sabbie limose, sabbie con limo-argillose, sabbie con limo e argilla, localmente debolmente ghiaiose e ghiaiose, da poco a moderatamente addensate, complessivamente caratterizzati da spessori di circa 15 m.

I sedimenti plio-pleistocenici sono riferibili ad un ambiente deposizionale inizialmente di tipo marino-transizionale e successivamente fluvio-lacustre, con la fase più recente di tipo piana alluvionale episodicamente invasa dall'acqua, complessivamente legato al colmamento di una vasta depressione tettonica, sviluppatosi a partire dal Pliocene a seguito della fase distensiva che ha interessato il sistema compressivo Falda Toscana/Unità umbro-romagnole e toscano-umbre.

Per la porzione d'interesse, tali sedimenti sono caratterizzati dalla presenza di sabbie-limose e debolmente limose, limi sabbiosi e sabbioso-argillosi e limi argillosi, a tratti ghiaiosi e con ghiaia, da addensate a molto addensate e da moderatamente consistenti a consistenti, riferibili a sedimenti pleistocenici del Sistema del Trasimeno, Subsistema di Macchie - TMO₁.

In bibliografia a tali sedimenti sono attribuiti spessori intorno ai 30-50 m al di sotto delle strutture collinari, in aumento verso il centro del lago dove possono raggiungere spessori di circa 80 m (Note illustrative Carta Geologica d'Italia, scala 1:50.000); per l'area d'interesse, gli spessori di tali sedimenti sono stati stimati mediamente intorno ai 30 m, sulla base delle risultanze degli studi di MZS livello 3, citati in precedenza.

In allegato è riportato uno stralcio di una sezione geologico-tecnica derivante da tali studi, in scala 1:2.000, esemplificativa del modello geologico generale, posta ad E del sito d'intervento ad una distanza di alcune decine di metri, in un ambito nel quale sono stati individuati spessori maggiori di circa una decina di metri, dei sedimenti pleistocenici.

Tali sedimenti possono risultare in appoggio con un contatto basale discordante sul Sistema di Sanfatucchio (Pliocene sup.-Pleistocene inf.), relativamente alle litofacies costituite da sabbie medio-grossolane intercalate ad argille e limi-argillosi.

Per quanto concerne l'area d'intervento, dalle risultanze degli studi di MZS livello 3, si ritiene che i sedimenti pleistocenici risultino in appoggio sul substrato marino pre-pliocenico, individuato come bedrock sismico ($V_s > 800$ m/s), mediante un contatto discordante di tipo erosivo, a profondità medie di 40-45 m da p.c.

Lo stesso substrato è rappresentato, nelle porzioni collinari immediatamente limitrofe, dalla Formazione del Macigno, Membro di Poggio Belvedere (MAC₂ - Oligocene sup.-Miocene inf. - *Chattiano p.p.-Acquitano*)

p.p.), costituito da alternanze di strati torbiditici quarzoso-feldpatici, in strati da spessi a molto spessi e di livelli metrici o decametrici a torbiditi sottili, con prevalenza di livelli con rapporto arenaria/pelite (A/P) >1.

Lo spessore medio è di circa 600 m.

4.2 SCENARIO LITOSTRATIGRAFIO LOCALE

Nell'area direttamente interessata dall'intervento in progetto, da quanto verificato a scala di rilevamento superficiale, unitamente a quanto riscontrato dalle risultanze delle indagini geognostiche-geotecniche e geofisiche, eseguite e reperite, il modello litostratigrafico di dettaglio risulta costituito da termini litologici eterogenei per la natura granulometrica, tessiturale e deposizionale.

I sedimenti alluvionali e fluvio-lacustri presenti risultano caratterizzati da una variabilità granulometrica verticale ed orizzontale, con eteropie in senso laterale e verticale funzione del sistema paleogeografico in atto durante i processi di sedimentazione, con assetto geometrico generalmente lentiforme e distribuzione irregolare.

La distribuzione e la ricostruzione del modello di dettaglio dei corpi sedimentari presenti, è riportata nell'allegata sezione geologica-litotecnica A-A', in scala 1:200/200.

In particolare, relativamente all'area di intervento e all'immediato contorno, s'individuano:

- Una coltre di *terreno vegetale*, di natura prevalentemente sabbioso-argillosa, con spessore di alcuni decimetri (max indagato 0.8 m).
- Sottostanti *depositi alluvionali* i quali sono stati suddivisi nelle seguenti litofacies in funzione della natura granulometrica e delle condizioni di resistenza meccanica:

b1 La prima, sommitale, è costituita da limi sabbioso-argillosi, prevalenti, con livelli di limi-argillosi e sabbie con limo-argillose, debolmente ghiaiosi e ghiaiosi, prevalentemente marroni con screziature ocracee e grigiastre e pigmentazioni brunastre organiche. I clasti osservati nel sondaggio S1, sono subarrotondati e spesso alterati, da mm a c.ca 2 cm. E' stata osservata la presenza di calcinoli. I sedimenti appartenenti a questa litofacies si presentano moderatamente e poco consistenti e moderatamente e poco addensati, essiccati e induriti. Tali sedimenti sono stati intercettati fino a profondità di circa 2 m da p.c.

b2 Sottostanti limi sabbioso-argillosi debolmente ghiaiosi e ghiaiosi, con sabbie con limo argillose prevalenti alla base, con livelli di limi-argillosi, prevalentemente marroni, con screziature ocracee, grigiastre e brunastre organiche. I clasti osservati nel sondaggio S1, sono subarrotondati e spesso alterati, da mm a c.ca 2 cm. E' stata osservata la presenza di calcinoli fino a profondità di c.ca 4 m da p.c. I sedimenti appartenenti a questa litofacies si presentano moderatamente consistenti e moderatamente addensati. Tali sedimenti sono stati intercettati fino a profondità di circa 7.4 m da p.c. (S1 e CPT2) e 6.6 m da p.c. (CPT1), in apparente diminuzione verso est.

b3 Porzione basale dei depositi alluvionali pleisto-olocenici, differenziata in due litofacies;

la prima (b3/1), costituita da limi argillosi, limi con argilla e limi argilloso-sabbiosi, marroni con screziature ocracee e pigmentazioni brunastre organiche, moderatamente e poco consistenti, con passaggio graduale alla sottostante (b3/2) a profondità di poco superiori a 11 m da p.c. (11.2 m in S1);

la seconda (b3/2), costituita da sabbie con limo e argilla, sabbie limose e debolmente limose, limi sabbioso-argillosi e limi-argillosi, marroni e marroni ocracee con screziature grigio chiare,

moderatamente addensate, moderatamente consistenti, presente fino al passaggio con i sedimenti attribuiti ai depositi fluvio-lacustri pleistocenici, individuato a profondità di circa 15 m da p.c. (14.9 m in S1).

- Sottostanti *depositi fluvio-lacustri pleistocenici* (litofacies b4) caratterizzati da alternanze di sabbie limose e debolmente limose e limi sabbiosi e sabbioso-argillosi, con livelli di limi-argillosi, a tratti ghiaiosi e con ghiaia, osservati nel sondaggio S1 fino a profondità di 20 m da p.c. (massima profondità dell'indagine diretta) con colorazioni marroni ocracee con screziature grigiastre e marroni scure, con noduletti brunastri organici. I clasti sono perlopiù arenacei, subarrotondati, spesso alterati, con dimensioni fino a 3-4 cm. Tali sedimenti si presentano da addensati a molto addensati e da moderatamente consistenti a consistenti. La base dei sedimenti pleistocenici, o perlomeno il passaggio al substrato sismico ($V_s > 800$ m/s), sulla scorta delle risultanze degli studi di MZS livello 3 precedentemente citati, è individuabile a profondità di circa 40-45 m al di sotto dell'area d'interesse.
- Sottostante substrato oligo-miocenico individuato quale substrato sismico dell'area, riferibile, in base alla cartografia geologica disponibile ed agli studi già menzionati, alla Formazione del Macigno, Membro di Poggio Belvedere (MAC₂).

4.3 SCENARIO IDROGEOLOGICO LOCALE

Le caratteristiche idrogeologiche del sito sono state indagate sia attraverso la consultazione dei dati bibliografici disponibili, sia dalle risultanze della campagna d'indagini eseguita, che dalle condizioni presenti nell'area di studio e al contorno.

In particolare, per quanto riguarda la determinazione del livello piezometrico della falda locale, ci si è avvalsi delle misure del livello piezometrico eseguite in un pozzo posto in posizione limitrofa all'area d'intervento, spigolo di NW, nel quale sono stati rilevati livelli statici di 1.1 m da p.c. (febbraio 2018) e 2.2 m (agosto 2018).

La natura idrogeologica dei terreni presenti risulta a grande scala eterogenea, in funzione prevalentemente della percentuale di frazione fine presente; la permeabilità risulta di tipo primario, per porosità.

I sedimenti presenti sono caratterizzati da una variabilità di termini, sia a media permeabilità (sabbie a variabile contenuto limoso e argilloso e limi-sabbiosi), con intercalazioni e lenti a permeabilità più ridotta, limose, a variabile contenuto argilloso e sabbioso; è talora presente una variabile frazione ghiaiosa.

Tali sedimenti presentano pertanto un ampio *range* di variabilità del valore della permeabilità, dipendente sia della natura granulometrica indicata ma influenzato anche dal grado di addensamento e consistenza, dalla natura deposizionale e dall'età degli stessi: tali valori si stimano compresi tra $1 \times 10^{-3} < K < 1 \times 10^{-4}$ cm/s, per i sedimenti medi, tra $1 \times 10^{-4} < K < 1 \times 10^{-5}$ cm/s, per i termini medio-fini, e tra $1 \times 10^{-6} < K < 1 \times 10^{-8}$ cm/s per i termini a prevalenza limosa ed argillosa.

Le circolazioni individuate sono pertanto da riferire ad un acquifero superficiale dotato di discreta permeabilità primaria, per porosità, che si ritiene decrescere con la profondità sino a risultare di tipo confinato al letto per la presenza di livelli a bassa o nulla permeabilità e risulta di modesto spessore ma di notevole estensione; la falda può essere definita di tipo cilindrico, genericamente freatica ed illimitata lateralmente. L'alimentazione avviene prevalentemente per infiltrazione diretta delle acque meteoriche e per dispersione da parte del reticolo idrografico superficiale.

Considerando i dati bibliografici disponibili, si ritiene che i livelli rilevati possano subire ulteriori innalzamenti rispetto al piano campagna in fase di massima morbida ed a tergo di periodi caratterizzati da precipitazioni intense e perisistenti, come confermato dall'analisi della cartografia idrogeologica del PRG, che indica la

presenza di un acquifero a permeabilità primaria da bassa a media, con isopieze comprese di circa 270 m s.l.m., quindi circa coincidenti con il piano campagna o a soggiacenza estremamente limitata.

Tali circolazioni andranno tenute in considerazione, sia in fase realizzativa (scavi o perforazioni di fondazione), sia al fine di evitare risalite capillari nelle strutture fondali e nelle strutture immediatamente soprastanti.

5. CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE E GEOTECNICHE DEI TERRENI

La caratterizzazione dello scenario geotecnico locale di riferimento è stata effettuata sulla scorta dei risultati delle indagini eseguite in sito nell'area d'intervento, delle prove di laboratorio effettuate e sulla base delle osservazioni tessiturali condotte sui materiali indagati e presenti in affioramento, comparati con studi condotti in contesti litologici simili o analoghi; in tal modo è stato possibile caratterizzare i terreni presenti e valutarne le condizioni geomeccaniche di dettaglio dell'area d'intervento, stimando una prima parametrizzazione geotecnica degli stessi.

Il progetto prevede la realizzazione di un edificio scolastico, sviluppato su un unico piano fuori terra, della superficie complessiva di circa **750 m²**.

L'analisi litostratigrafica dei terreni presenti e le risultanze delle indagini geognostiche e geotecniche eseguite, dettagliate nei capitoli precedenti, hanno evidenziato la presenza di una porzione sommitale dei sedimenti alluvionali pleisto-olocenici (b1, vedere par. 4.2), che presenta fenomeni di indurimento presumibilmente riferibili ad essiccamento, ben evidenziati nelle prove penetrometriche CPT eseguite nel mese di agosto 2018, dove si osserva un valore elevato ed anomalo del rapporto di sovraconsolidazione OCR, perlomeno fino a profondità di circa 2 m da p.c.

La ricostruzione del modello litostratigrafico da adottare è riportata nell'allegata sezione geologica-litotecnica, in scala 1:200/200, descritta nel precedente capitolo.

Ai fini della caratterizzazione geotecnica dei terreni presenti, si riportano in allegato una serie di tabulati che forniscono una stima dei principali parametri geotecnici, derivanti dall'elaborazione delle prove penetrometriche statiche eseguite (CPT).

Inoltre, viene di seguito riportata una tabella di stima dell'angolo di attrito efficace, secondo vari metodi di calcolo di uso comune, basata sulle risultanze delle prove penetrometriche standard (SPT), eseguite durante la realizzazione del sondaggio S1, le quali, considerato il contenuto delle frazioni fini presenti nei terreni indagati, sono state utilizzate esclusivamente per una valutazione qualitativa del grado di consistenza ed addensamento dei medesimi.

PROVE PENETROMETRICHE STANDARD (S.P.T.) - STIMA DEL VALORE DI ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE

Sond n.	SPT n.	Prof. m	N _{SPT}	Japanese Nat. Railway	Road Bridge Specification	Meyerhof >5% limo	Peck-Hanson Thornburn	Owasaki Iwasaki	Sowers	Media
				$\phi = 0,3 N_{SPT} + 27$	$\phi = RDQ(15N_{SPT}) + 15$	$\phi = 0,46 N_{SPT} + 29,47 - 0,004N^2SPT$	$\phi = 0,28 N_{SPT} + 27,2$	$\phi = RDQ(20 N_{SPT}) + 15$	$\phi = 0,28 N_{SPT} + 28$	
S1	1	5,0	19	32,7	31,9	36,8	32,5	34,5	33,3	33,6
	2	10,0	27	35,1	35,1	39,0	34,8	38,2	35,6	36,3
	3	15,0	76	49,8	48,8	41,3	48,5	54,0	49,3	48,6
				Sabbie medie-grosse e sabbie ghiaiose prof. > 8-10 m sopra falda	Sabbie fini o limose prof > 8-10 m sopra falda	Sabbie prof < 5 m sopra falda	Sabbie prof < 5 m sopra falda	Sabbie da medie a grossolane fino a deb. ghiaiose prof. > 8-10 m sopra falda	Sabbie prof < 4 m sopra falda	

Per quanto concerne i terreni presenti, escludendo la coltre di terreno vegetale, viene di seguito riportata una schematizzazione delle principali caratteristiche geomeccaniche dei terreni investigati:

Depositi alluvionali – (b1)

(indagati con 2 CPT e 1 sondaggio)

Limi sabbioso-argillosi, prevalenti, con livelli di limi argillosi e sabbie con limo-argillose, debolmente ghiaiosi e ghiaiosi, moderatamente e poco consistenti e moderatamente e poco addensate, essiccati e induriti.

Parametro		Unità di misura	Minimo	Medio
γ	peso di volume	KN/m ³	20.5 (quando saturi)	21.0 (quando saturi)
ϕ'	angolo di attrito efficace	°	24°	26°
c'	coesione efficace	kPa	0.0	0.0

Depositi alluvionali – (b2)

(indagati con 2 CPT e 1 sondaggio, disponibili 3 campioni, eseguito 1 taglio CD su un campione, 2 granulometriche e 3 pesi di volume, disponibile 1 SPT in foro)

Limi sabbioso-argillosi, prevalenti, debolmente ghiaiosi e ghiaiosi con sabbie con limo-argillose prevalenti alla base, con livelli di limi argillosi, moderatamente consistenti e moderatamente addensate.

Parametro		Unità di misura	Minimo	Medio
γ	peso di volume	KN/m ³	20.7	21.0
ϕ'	angolo di attrito efficace	°	25°	26°
c'	coesione efficace	kPa	3	6
Cu	Coesione non drenata	kPa	20	90

Depositi alluvionali – (b3/1 – b3/2)

(indagati con 2 CPT e 1 sondaggio, disponibile 1 campione, eseguito 1 taglio CD e 1 peso di volume, disponibile 1 SPT in foro)

Limi argillosi, limi con argilla e limi argilloso-sabbiosi, prevalenti nella porzione superiore e sabbie con limo e argilla, sabbie limose e debolmente limose, limi sabbioso-argillosi, prevalenti nella porzione inferiore, da poco a moderatamente consistenti, moderatamente addensate.

Parametro		Unità di misura	Minimo	Medio
γ	peso di volume	KN/m ³	20.3	20.4
ϕ'	angolo di attrito efficace	°	23°	24°
c'	coesione efficace	kPa	10	30
Cu	Coesione non drenata	kPa	45	70

Depositi fluvio-lacustri – (b4)

(indagati con 1 sondaggio, disponibile 1 SPT in foro)

Alternanze di sabbie limose e debolmente limose e limi sabbiosi e sabbioso-argillosi, a tratti ghiaiosi e con ghiaia, con livelli di limi argillosi, da addensate a molto addensate, moderatamente consistenti e consistenti.

Parametro		Unità di misura	Minimo	Medio
γ	peso di volume	KN/m ³	20.5	21.0
ϕ'	angolo di attrito efficace	°	33°	34°
c'	coesione efficace	kPa	0	0

5.1 INDICAZIONI PER IL PROGETTO

Sulla base delle considerazioni generali del contesto in esame, confermate da quanto si rileva dalla letteratura geologica e dall'esecuzione delle indagini eseguite, i sedimenti alluvionali, inalterati, risultano avere buone caratteristiche geotecniche complessive in riferimento all'opera in progetto (edificio ad un solo piano fuori terra).

Data la natura e le caratteristiche meccaniche degli stessi, non si evidenziano problematiche particolari per la realizzazione dell'opera in progetto; le fondazioni potranno essere impostate direttamente sugli stessi, sufficientemente attestate nei terreni naturali inalterati, esenti da interferenze esterne (come previsto dalle NTC 2008 *"Il piano di posa deve essere situato al di sotto della coltre di terreno vegetale, nonché al di sotto dello strato interessato dal gelo e da significative variazioni di umidità stagionali"*), quindi, nel caso di realizzazione di fondazioni superficiali, previa asportazione perlomeno della coltre vegetale superficiale e della porzione interessata da fenomeni di essiccamento e indurimento, individuabile circa nei primi 2 m da p.c.

Gli interventi in progetto dovranno comunque essere dimensionati dal progettista, considerando le caratteristiche stratigrafiche dei terreni presenti, tenendo in debita considerazione la variabilità dei litotipi ed adottando parametri geotecnici caratteristici compatibili con i parametri ed i dati geotecnici riportati nella presente; al progettista si rimanda quindi anche la scelta tipologica del sistema fondale da adottare.

Il terreno di fondazione non dovrà subire rimaneggiamenti e deterioramenti prima della costruzione delle opere, ed il piano di posa degli elementi strutturali di fondazione (ad es. nel caso di fondazioni superficiali), dovrà essere eventualmente regolarizzato e protetto con conglomerato magro o altro materiale idoneo, verificando la presenza di eventuali "tasche" d'alterazione.

In corso d'opera sarà da prevedersi ogni accorgimento atto alla sicurezza del luogo di lavoro, con particolare attenzione a ridurre al minimo indispensabile il tempo che intercorre tra l'esecuzione di scavi e la realizzazione di fondazioni superficiali o/e tra l'esecuzione di perforazioni (fondazioni profonde) e l'allestimento delle armature, il getto del calcestruzzo delle stesse ed il loro corretto collegamento; potrà inoltre essere opportuno prevedere l'eventuale copertura con teli impermeabili ed opere di deflusso temporanee, al fine di preservare i terreni di fondazioni durante precipitazioni meteoriche ed evitare il loro decadimento meccanico dovuto ad esempio al persistere di ristagni idrici o ad anomalo essiccamento.

La falda di base locale è stata rilevata nelle immediate vicinanze dell'area d'intervento, a profondità di 1.1 m da p.c. (febbraio 2018) e 2.2 m (agosto 2018).

Considerando i dati bibliografici disponibili, si ritiene che i livelli rilevati possano subire ulteriori innalzamenti rispetto al piano campagna in fase di massima morbida ed a tergo di periodi caratterizzati da precipitazioni intense e perisistenti, come confermato dall'analisi della cartografia idrogeologica del PRG, che indica la presenza di un acquifero a permeabilità primaria da bassa a media, con isopieze comprese di circa 270 m s.l.m., quindi circa coincidenti con il piano campagna o a soggiacenza estremamente limitata.

Tali circolazioni andranno tenute in considerazione, sia in fase realizzativa (scavi o perforazioni di fondazione), sia al fine di evitare infiltrazioni e risalite capillari nelle strutture fondali e nelle strutture immediatamente soprastanti, prevedendo pertanto opportune opere di drenaggio e/o impermeabilizzazione e la conseguente corretta raccolta e allontanamento delle acque.

Relativamente alle opere di scavo, queste dovranno comunque essere dimensionate a cura del progettista, tenendo conto delle locali situazioni stratigrafiche, morfologiche, delle strutture e carichi eventualmente presenti al contorno e mediante l'utilizzo di parametri geotecnici compatibili con i parametri ed i dati geotecnici riportati nella presente.

Al fine di garantire la stabilità del fronte di scavo, l'apertura degli scavi non dovrà comunque protrarsi per lunghi periodi, derivando da ciò un decadimento delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni esposti, con formazione di probabili movimenti di terreno; si raccomanda inoltre di proteggere gli stessi scavi con telo impermeabile in concomitanza di eventi meteorici, evitando il ruscellamento da monte delle acque meteoriche, al fine di evitare l'innescio di fenomeni erosivi diffusi e concentrati e comunque di fenomeni di dissesto.

Il colmamento della porzione di scavo a tergo delle strutture dovrà essere effettuata con materiale arido drenante opportunamente selezionato, escludendo le porzioni ad elevato contenuto di fine granulometrico, prevedendo il compattamento dello stesso, in funzione dell'utilizzo dell'area risultante, seguendo inoltre le indicazioni già riportate in precedenza, in merito alla realizzazione di opportune opere di drenaggio.

L'esecuzione degli scavi dovrà naturalmente essere effettuata in osservanza della normativa sulla sicurezza del luogo di lavoro, riferibile ai lavori di sbancamenti o trincee.

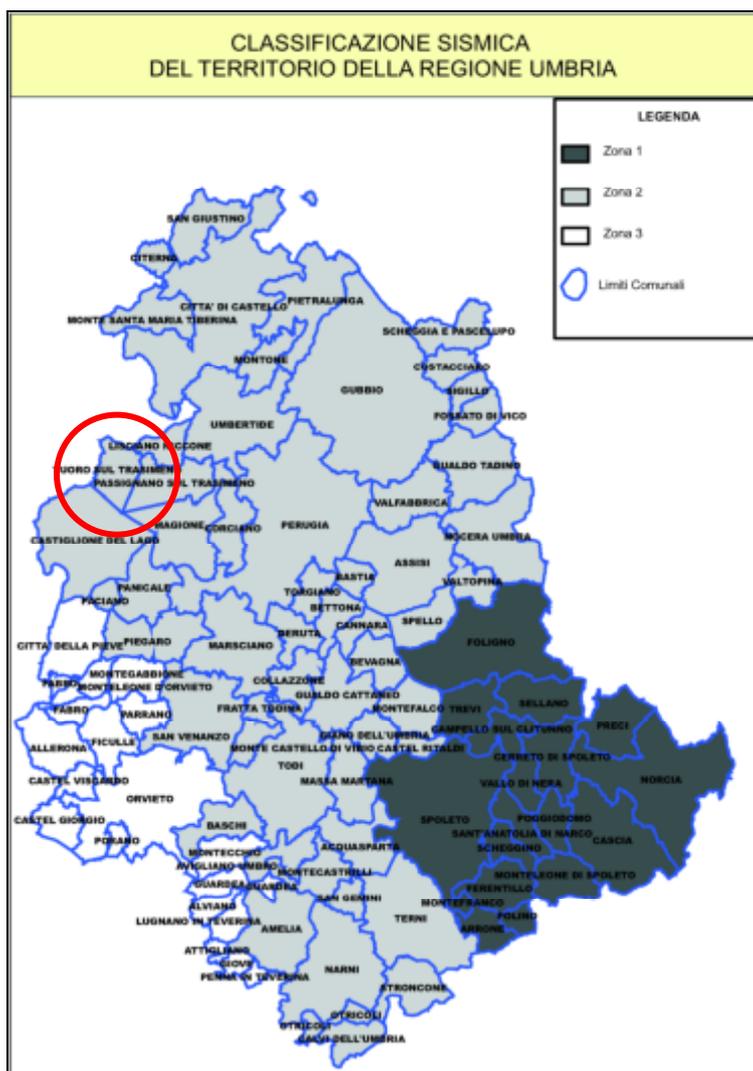
Pertanto, in riferimento alle già citate NTC 2008, per scavi in prossimità di manufatti esistenti e scavi in trincea a fronte verticale di altezza superiore ai 2 m, nei quali sia prevista la permanenza di operai, si dovrà prevedere un armatura di sostegno delle pareti di scavo.

Eventuali circolazioni idriche localizzate, non individuate nella presente fase, dovranno essere captate e correttamente recapitate ai sistemi di raccolta esistenti.

6. MODELLO SISMICO DEL SITO

6.1 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA E PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

Il territorio comunale di Tuoro sul Trasimeno (PG) è classificato come *zona sismica 2*, come evidenziato dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003 "Nuove norme tecniche sulla riclassificazione sismica del territorio nazionale" e dalle D.G.R. del 18 giugno 2003 n. 852 "Approvazione classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria" e del 18 settembre 2012 n. 1111 "Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria".



Classificazione sismica dei comuni della REGIONE UMBRIA (DGR 1111/2012)

La sismicità storica dell'Umbria, con particolare riferimento all'Appennino Umbro Marchigiano, presenta caratteristiche ben conosciute, anche sulla base di ricerche condotte sin dall'inizio del secolo e dai dati del Catalogo dei Terremoti, dalle ricerche sulla zonazione sismogenetica, dagli studi delle relazioni di attenuazione del moto del suolo e dalle valutazioni di a_{max} (accelerazione massima) attesa con determinati tempi di ritorno.

La zonazione sismogenetica del territorio nazionale assegna l'Umbria a più zone sismogenetiche della Catena Appenninica settentrionale e centrale; principalmente sono coinvolte le zone 918, 919 e 920 (Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Val di Chiana-Ciociaria) che, anche in virtù della loro maggiore estensione in senso NN/O-SS/E, coprono quasi tutto il territorio regionale in senso appenninico.

In particolare nella zona 919 (Appennino Umbro) sono previste magnitudo (MW [Magnitudo momento sismico]) massime attese (cautelative) pari a 6,37 e nella zona 920, all'interno della quale è ubicato il sito in esame (Val di Chiana-Ciociaria) pari a 6,14.

La massima intensità sismica osservata è di intensità pari al 10° grado della Scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg), mentre la massima magnitudo (Ms) Richter mai registrata è oltre a circa 6,5, con una frequenza di terremoti al di sopra del 7° grado MCS maggiore od uguale a 20 eventi per secolo negli ultimi tre secoli e, complessivamente per tale periodo, con più di 15 sismi di intensità maggiore od uguale all'8° grado MCS.

Si tratta prevalentemente di un'attività sismica concentrata nei settori orientali e nord-orientali della regione, entro la crosta terrestre, con il 95% degli eventi con profondità epicentrale inferiore ai 15 Km.

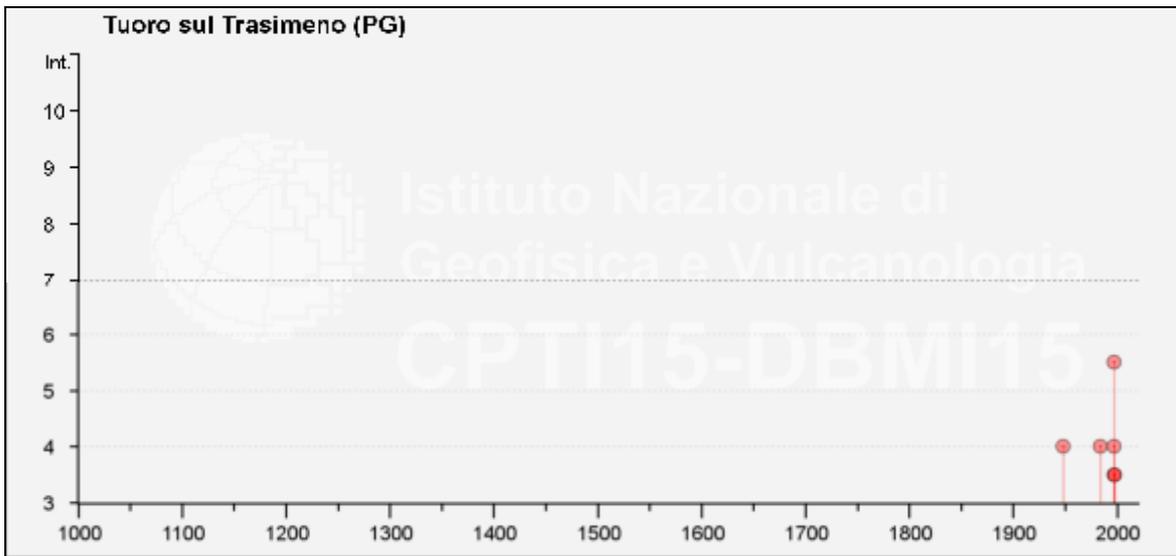
La distribuzione dei sismi è conseguente alla disposizione delle zone sismogenetiche ed alle loro caratteristiche geologico-strutturali.

In linea generale si può affermare che la zona ad Est dell'allineamento F. Tevere-Valle Umbra risente di una sismicità medio-alta ed alta mentre, quella ad Ovest è interessata da un più modesto grado di sismicità, da medio-basso a medio.

Dal Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15) dell'INGV-Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (<http://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15>), è consultabile la storia sismica del comune di Tuoro S.T., nella quale sono riassunti 15 eventi a partire dall'anno 1948.

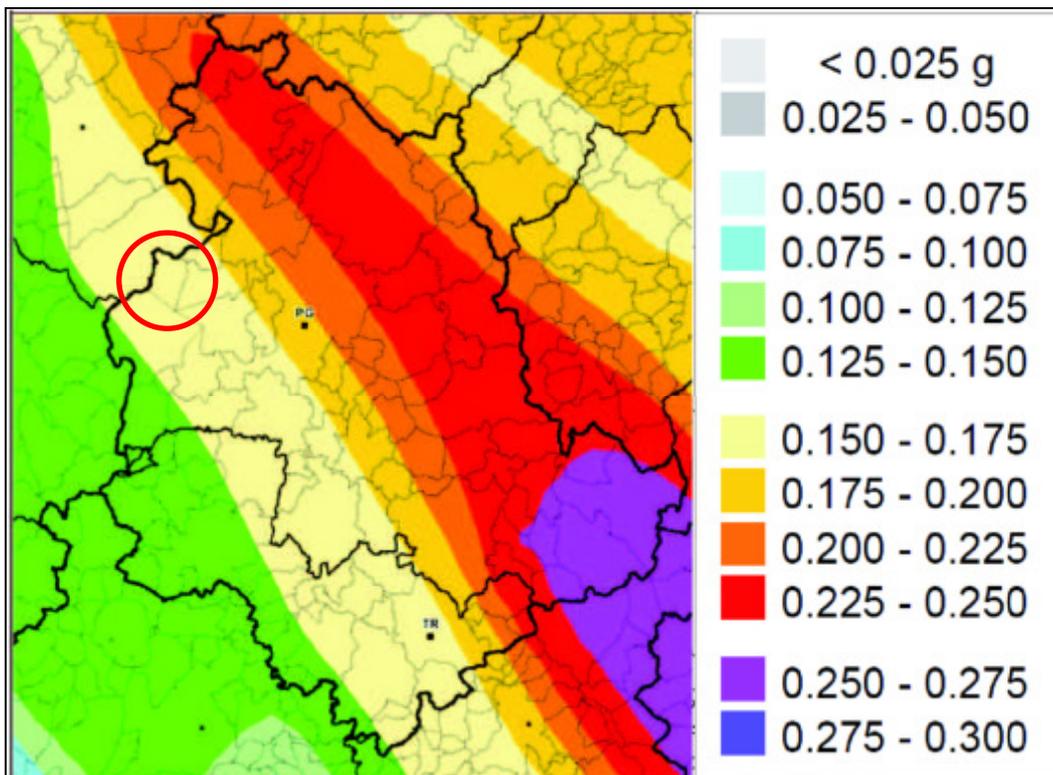
In particolare, si osserva che la massima intensità di sito, **Is**, è stata di V-VI grado della scala Mercalli (MCS), (scossa da moderata a piuttosto forte, avvertita da molte persone fino anche da persone addormentate, con tremolii di cristalli, infissi e oscillazioni di oggetti appesi fino alla caduta di oggetti, con danni potenziali da nessuno a molto lievi), per eventi di intensità epicentrale, **Io**, del VIII-IX grado MCS del terremoto del 1997 dell'Appennino Umbro-Marchigiano, con una magnitudo Richter media di 5.97.

Storia sismica di Tuoro sul Trasimeno					
[43.208, 12.072]					
Numero totale di terremoti: 15					
Effetti Terremoti:					
Is	Data e orario	Terremoto		Io	M
4	1948 06 13 06 33 36.00	Alta Valtiberina	142	7	5,04
2-3	1951 08 08 19 56	Gran Sasso	94	7	5,25
NF	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6,81
4	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	709	7	5,62
2	1986 10 13 05 10 00.31	Monti Sibillini	322	5-6	4,46
NF	1987 07 03 10 21 57.64	Costa Marchigiana	359	7	5,06
NF	1990 05 08 22 33 15.91	Alta Valtiberina	64	5	3,77
NF	1993 06 04 21 36 50.60	Valle del Topino	90	5-6	4,39
NF	1993 06 05 19 16 17.02	Valle del Topino	326	6	4,72
5-6	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5,97
4	1997 10 03 08 55 22.07	Appennino umbro-marchigiano	490		5,22
3-4	1997 10 06 23 24 53.29	Appennino umbro-marchigiano	437		5,47
3-4	1998 04 05 15 52 21.01	Appennino umbro-marchigiano	395		4,78
NF	2005 12 15 13 28 39.59	Val Nerina	350	5	4,14
NF	2006 10 21 07 04 10.01	Anconetano	287	5	4,21

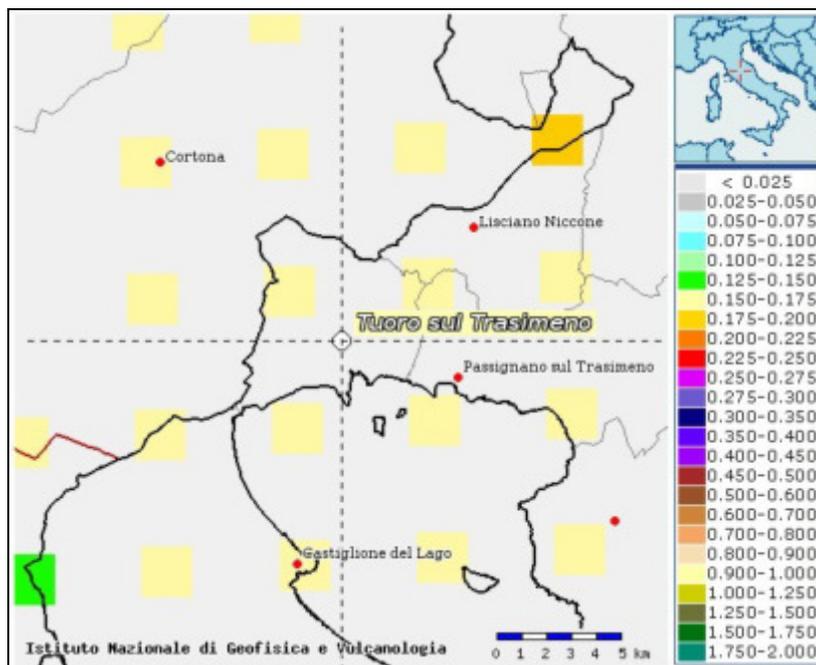


Storia sismica di Tuoro sul Trasimeno – DBMI15 - INGV

Per quanto concerne la Pericolosità sismica di base, si è fatto riferimento alla Mappa interattiva di Pericolosità Sismica del progetto DPC-INGV S1 (consultabili al sito <http://esse-1gis.mi.ingv.it>), dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a_{max}), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a sottosuoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/s, Cat. A).



Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale (stralcio per la Regione Umbria con individuazione del territorio comunale di Tuoro sul Trasimeno) – INGV



Mappa di Pericolosità Sismica del Comune di Tuoro sul Trasimeno - INGV

In particolare, sulla Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale sopra riportata, l'isolinea della soglia d'ingresso in zona 2 ($a_{g475} > 0,15g$) è unidirezionale, con orientamento N/NO-S/SE ed è posizionata ad Ovest del territorio comunale di Tuoro sul Trasimeno.

E' stata quindi effettuata una stima della Magnitudo Massima del Sito, a seguito di attività di sorgenti simogenetiche limitrofe al sito progettuale, utilizzando i dati di disaggregazione del valore di a_g di cui alla Mappe Interattive di Pericolosità Sismica sopra indicata.

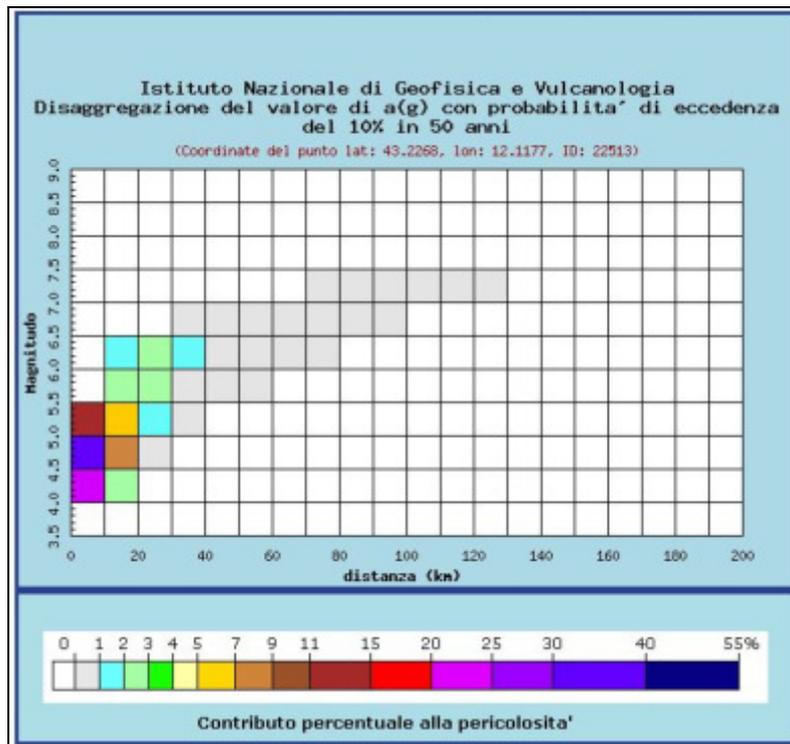
La disaggregazione (o deaggregazione) della pericolosità sismica (McGuire,1995; Bazzurro and Cornell, 1999) è una operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di uno specifico sito.

La disaggregazione del valore di a_g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (corrispondente ad evento sismico con tempo di ritorno pari a 475 anni – Stato Limite di Vita SLV per verifiche di una struttura standard) riferita al **nodo ID22513** (distante circa m 3800 dal sito indagato) evidenzia un valore medio di M - D (Magnitudo-Distanza) pari a:

- **Magnitudo:** **4,88**
- **Distanza sorgente sismica:** **9,11 Km**

Tale dato, anche in base a quanto valutato con il progetto DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) dell'INGV e l'analisi dei terremoti storici, è altamente attendibile entro la finestra temporale considerata.

Infine, recenti studi sull' "analisi di disaggregazione" (Albarelo, 2012) volta ad identificare gli eventi sismici del passato più rappresentativi della pericolosità locale per ciascuna località capoluogo comunale, indicano per Tuoro sul Trasimeno un valore dell'intensità macrosismica caratterizzata da una fissata probabilità di eccedenza in un fissato tempo di esposizione (I_{rif}) pari a 7, per un evento di magnitudo macrosismica di 6.44, con distanza epicentrale di 29 km.



Disaggregazione del valore di ag per nodo di riferimento con Mmax - INGV/Istituto Nazionale di geofisica e Vulcanologia

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.2268, lon: 12.1177, ID: 22513)										
	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	24.500	33.100	11.400	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	2.910	7.750	6.400	2.660	1.920	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.361	1.760	2.270	2.160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.111	0.747	1.050	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.125	0.421	0.005	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.140	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.033	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.038	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.024	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	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

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.880	9.110	1.180

Disaggregazione del valore di ag per nodo di riferimento con Mmax - INGV/Istituto Nazionale di geofisica e Vulcanologia

6.2 STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 3

Lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 3 è stato redatto in ottemperanza a quanto previsto nella D.G.R. 8 marzo 2010 n. 377, "Criteri per l'esecuzione degli studi di microzonazione sismica", che prevede l'esecuzione di indagini di livello 3 nelle zone 1 e 2 della classificazione sismica vigente, sulle aree destinate ad ospitare edifici ed opere infrastrutturali di interesse strategico o rilevanti in caso di collasso, così come definiti dalla D.G.R. n. 1700 del 19 novembre 2003 e ss.mm.ii.

Lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 3 fa esplicito riferimento, e ne riprende integralmente i contenuti ed i risultati, agli studi e indagini di Microzonazione Sismica di livello 3 (art. 11 Legge n. 77 del 24/06/2009, O.C.D.P.C. n. 293 del 26/10/2015), di seguito denominati MZS 3, eseguiti dallo scrivente studio nell'ambito delle principali località del territorio comunale ed attualmente in fase di conclusione, che comprendono specificatamente, tra le altre, l'area in esame.

Tali studi di Microzonazione sismica sono stati effettuati attraverso la realizzazione di un progetto in ambiente GIS, standardizzato attraverso gli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" per gli studi di Microzonazione sismica redatti dalla "Commissione tecnica per la microzonazione sismica" (art.5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907), Versione 4.1, denominati SRAI.

Sono stati utilizzati anche gli Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica (ICMS – 2008, AA.VV. - Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e delle Province autonome, Commissione protezione civile).

Tali attività sono state realizzate in collaborazione con il "Servizio geologico e competenze regionali in materia di acque pubbliche" della Regione Umbria, che ha avuto la funzione di supporto e coordinamento tecnico scientifico per le attività di microzonazione sismica dei territori oggetto di studio.

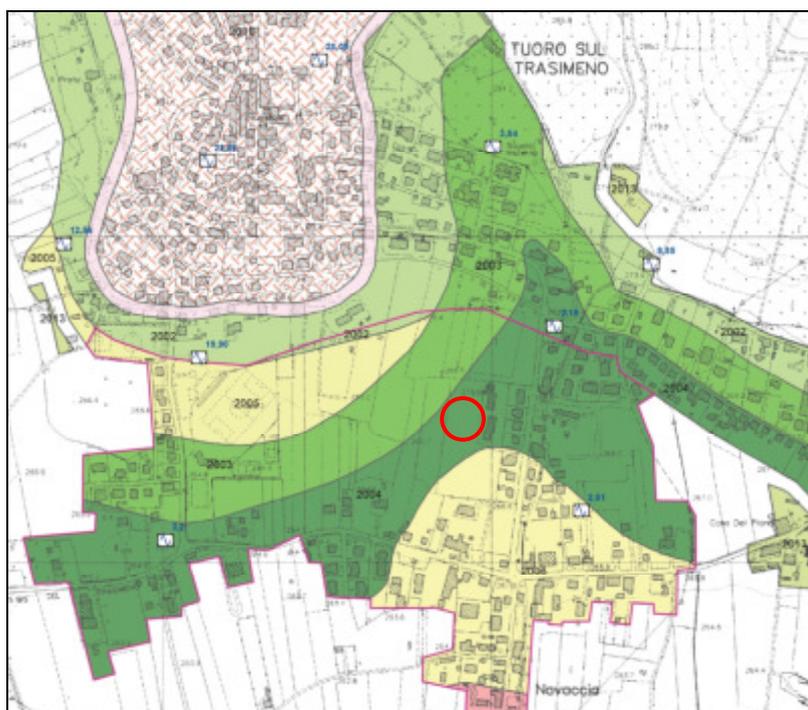
6.2.1 Modello stratigrafico

I dati disponibili relativi alle indagini reperite e realizzate nell'ambito degli studi di MZS 3, tra i quali sono compresi tutti quelli specificatamente relativi all'area di realizzazione dell'edificio scolastico, precedentemente dettagliati, hanno permesso di ricostruire il modello stratigrafico e geologico-tecnico delle aree indagate e delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), individuate nell'ambito degli MZS 3.

Il modello stratigrafico e geologico-tecnico è già stato precedentemente descritto (vedere par. 4.1 e 4.2), ed è osservabile nelle allegate sezioni, geologica-litotecnica A-A', scala 1:200/200, di dettaglio per gli interventi esecutivi in progetto, e nello stralcio di una delle sezioni geologico-tecniche degli studi e indagini di MZS 3 del Comune di Tuoro S.T., scala 1:2.000 (Comune di Tuoro S.T.–S.G.A. Studio Geologi Associati, Dott. G. Servoli, Dott. M.Scopioni, 2018), specificatamente utilizzate per la modellazione inerente lo studio di MZS 3.

Dall'analisi di tale modello è derivata l'individuazione delle MOPS delle aree indagate; l'area di realizzazione dell'edificio scolastico risulta compresa nella MOPS 2004, presente tra le Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, alla quale risulta associata la seguente descrizione: "Zona 4 – Sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi, da poco addensati a molto addensati, alternati a limi argilloso-sabbiosi e argille limoso-sabbiose, da poco consistenti a molto consistenti, con spessori minimi e massimi supposti da 30 a 60 m (spessore medio 45 m), su substrato geologico stratificato costituito da alternanza di litotipi".

Viene di seguito riportato uno stralcio della Carta delle MOPS, non in scala, redatta nell'ambito degli MZS 3, con evidenziata l'area di realizzazione dell'edificio scolastico.



Stralcio della Carta delle MOPS – da MZS 3 (2018), non in scala

Più specificatamente, alla MOPS 2004, che comprende il sito in esame, sono stati attribuiti i seguenti spessori delle unità litostratigrafiche presenti.

LOCALITA'	Legenda Carta Geologica	MOPS	Spessori (m) minimo-massimo	Spessore medio (m) utilizzato
TUORO S.T.	b - ALLUVIONI	2004	11-15	13
	TMO1	2004	16-47	32

Il confronto dei valori medi adottati per la MOPS 2004, con i dati litostratigrafici puntuali del sito di intervento, decritti nei paragrafi precedenti, evidenzia come lo stesso presenti condizioni molto prossime agli stessi.

6.2.2 Stratigrafia sismica finalizzata alla modellazione specifica

Il complesso dei dati disponibili nell'ambito degli studi di MZS 3, tra i quali sono compresi quelli specificatamente eseguiti nell'area di intervento, anche nell'ambito del presente studio, hanno permesso di ricostruire la sismostratigrafia dell'area dal piano campagna fino al bedrock sismico.

L'elaborazione di tali dati ha portato alla definizione di un modello sismostratigrafico specifico di sito; di seguito si fornisce uno schema delle principali proprietà fisiche e geofisiche stimate e successivamente utilizzate per le fasi di modellazione.

LOCALITA'	Legenda Carta Geologica	range Vs (m/s) minimo-massimo	V _{sh} (m/s) media calcolata per unita'	V _s (m/s) media assegnata	Curve G/G ₀ e D	peso di volume kN/m ³	interpretazione da indagine
TUORO SUL TRASIMENO	b ALLUVIONI	159-263	215	220	b - Umbertide S9-C1	20,5	N. 5 MASW N. 3 ESAC N.3 H/V
	TMO1	382-605	451	450	Dep. Plio-pleistocenici prev. Sabbiosi <40 m (CTA1-2) e >40 m (CTA1-2) - Umbertide S7-C2 e P.te Felcino S9-C3	21	N. 8 MASW N. 3 ESAC N.3 H/V
	MAC2	800-1390	945	950	-	23	N. 3 MASW N. 3 ESAC N.3 H/V

6.2.3 Curve di decadimento

Nell'ambito delle analisi effettuate negli studi di MZS 3, la Regione Umbria, Servizio geologico e competenze regionali in materia di acque pubbliche, si è occupata di scegliere e fornire le curve di degrado da utilizzare nelle modellazioni numeriche, in funzione delle unità geologico tecniche presenti nelle aree di studio.

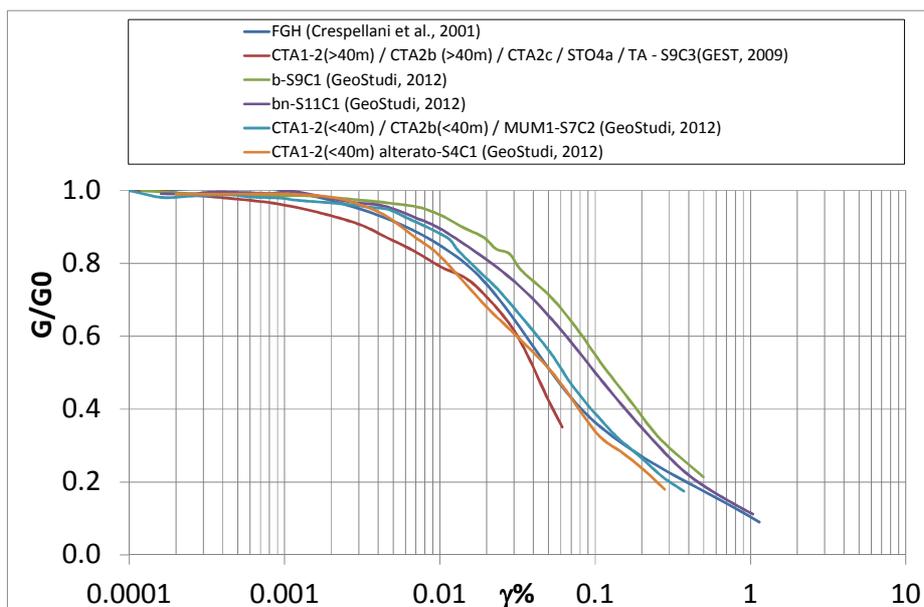
Di seguito si forniscono quelle assegnate per le sole unità geologico tecniche di interesse nel sito oggetto del presente studio.

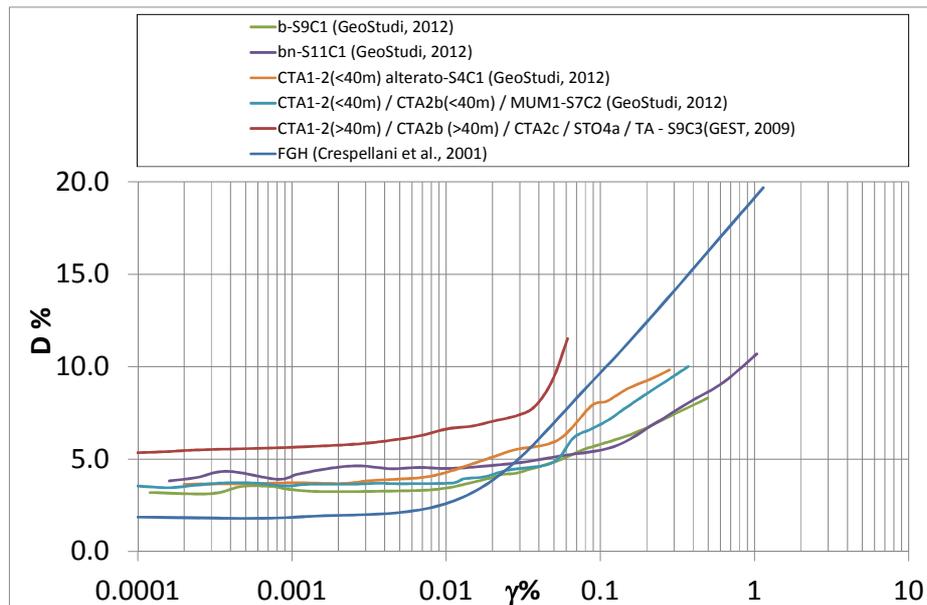
Unità geologico tecnica	b – Alluvioni (MLlc)
Nome curva di decadimento	Umbertide S9-C1 – Geostudi, 2012

γ [%]	G/G ₀ [-]	D [%]
0,00012	1	3,19
0,0003	0,989	3,13
0,00047	0,989	3,52
0,00075	0,985	3,52
0,00094	0,985	3,37
0,0016	0,984	3,24
0,0065	0,958	3,3
0,01	0,933	3,43
0,014	0,899	3,69
0,019	0,872	3,96
0,02312	0,839	4,17
0,02811	0,826	4,23
0,0336	0,78	4,41
0,0526	0,705	4,9
0,078	0,615	5,52
0,108	0,529	5,88
0,173	0,416	6,47
0,2645	0,317	7,2
0,496	0,214	8,3

Unità geologica tecnica	TMO1 (SMIc)
Nome curva di decadimento	Dep. Plio-pleistocenici prev. Sabbiosi <40 m (CTA1-2) - Umbertide S7-C2 – Geostudi, 2012

γ [%]	G/G ₀ [-]	D [%]
0,0001	1	3,54
0,00016	0,981	3,45
0,00024	0,984	3,6
0,00036	0,987	3,71
0,00048	0,987	3,72
0,0006	0,982	3,69
0,00094	0,979	3,54
0,00121	0,973	3,63
0,00236	0,963	3,64
0,00351	0,954	3,69
0,00466	0,948	3,67
0,00585	0,929	3,67
0,011	0,872	3,71
0,01373	0,837	3,93
0,01862	0,777	4,05
0,0257	0,717	4,4
0,04982	0,567	4,81
0,0679	0,481	6,15
0,0884	0,415	6,64
0,112	0,365	7,1
0,139	0,322	7,65
0,194	0,27	8,47
0,27084	0,215	9,25
0,372	0,175	10,01





6.2.4 Accelerogrammi di input

L'input sismico utilizzato per tutte le modellazioni numeriche nell'ambito degli studi di MZS 3, è stato fornito dalla Regione Umbria, Servizio geologico e competenze regionali in materia di acque pubbliche.

Di seguito si allega il report fornito, descrivente il set di sette accelerogrammi scelto come rappresentativi per il comune di Tuoro sul Trasimeno, ed i relativi spettri di risposta e, successivamente, delle tabelle descrittive sintetiche di ogni accelerogramma utilizzato.

I 7 accelerogrammi (stato limite di riferimento SLV nel caso di MZS di livello 3, Tr 475 anni), sono stati ricavati mediante il programma REXELite (Iervolino I., Galasso C., Paolucci R., Pacor F., 2011), Engineering ground motion record selection in the Italian ACcelerometric Archive, Bulletin of Earthquake Engineering 9(6):1761-1778.

La ricerca è stata effettuata sulla base dei dati sotto indicati:

Target spettro

Latitudine: 43.208068 Longitudine: 12.073158
 Categoria sottosuolo: A Categoria topografica: 1
 Vita Nominale [anni]: 50 Coefficiente d'uso (Cu): 1.0
 Probabilità di superamento : 0.1

Ricerca dei record preliminari

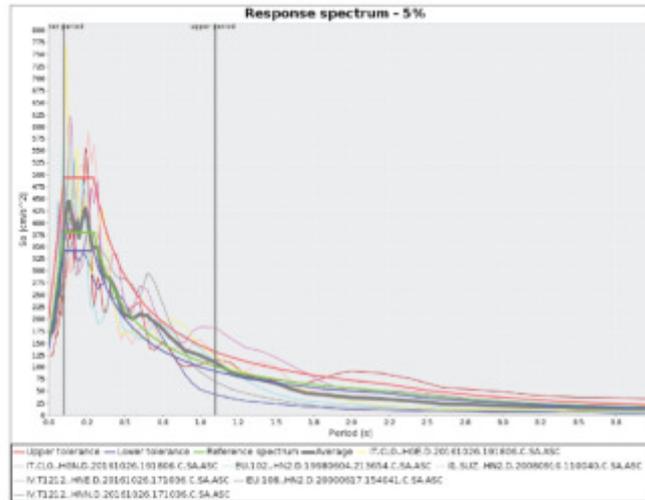
Classificazione del sito della stazione: A,A*
 Magnitudine min: 5.0 Magnitudine max: 6.0 Tipi di magnitudine considerati: WL
 Distanza epicentrale min [km]: 0.0 Distanza epicentrale max [km]: 40.0
 Inclusione degli eventi trigger in ritardo: no
 Inclusione delle registrazioni analogiche: si

Parametri di corrispondenza dello spettro e opzioni di analisi

Periodo range min [s]: 0.1 Periodo range max [s]: 1.1
 Tolleranza sotto la media [%]: 10.0 Tolleranza sopra la media [%]: 30.0
 Record scalati: no

REGIONE UMBRIA - TUORO SUL TRASIMENO (475yrs)

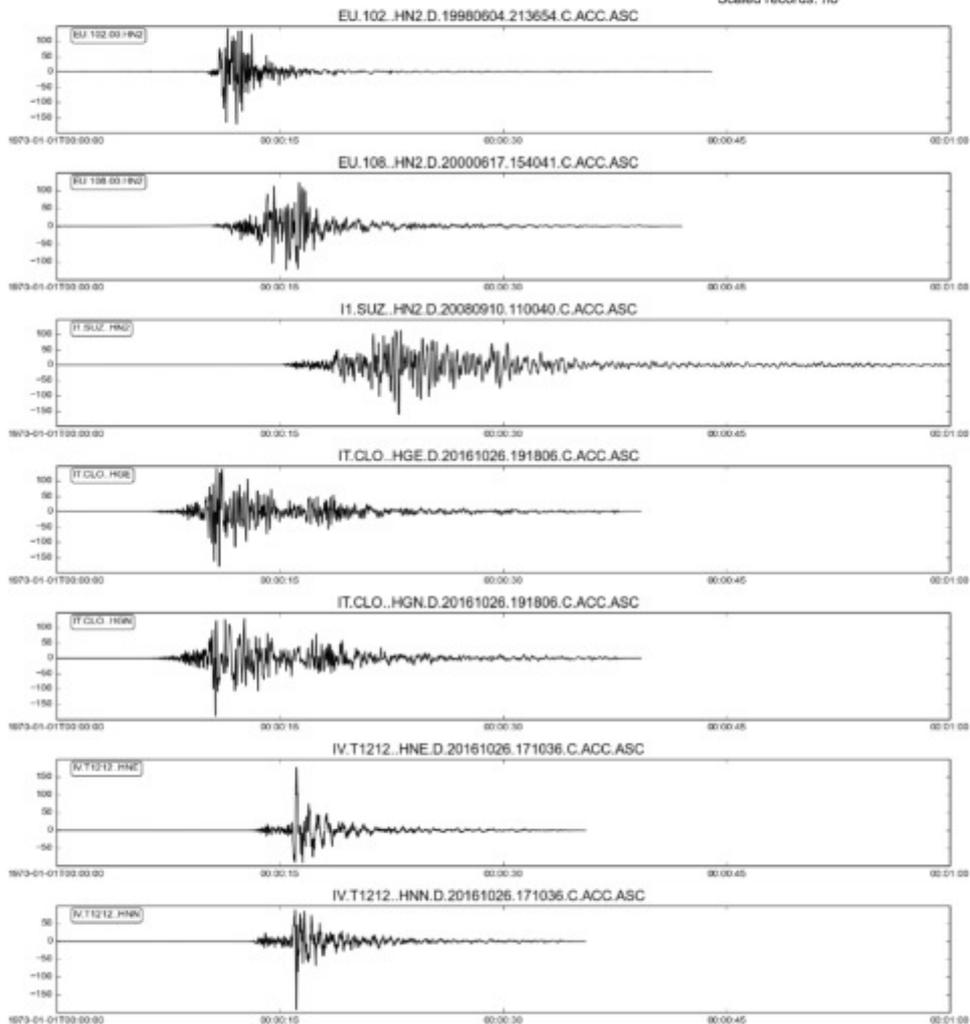
Mon Nov 20 22:27:14 CET 2017



Target spectrum
 =====
 Latitude: 43.208068
 Longitude: 12.073158
 Site classification: A
 Topography: 1
 Nominal life [years]: 50
 Building functional type (Cu): 1.0
 Limit state probability : 0.1

Preliminary record search
 =====
 Station site classification: A,A*
 Magnitude min: 5.0
 Magnitude max: 6.0
 Types of magnitude considered: WL
 Epicentral distance min [km]: 0.0
 Epicentral distance max [km]: 40.0
 Include late trigger events: no
 Include analog recordings: yes

Analysis options
 =====
 Period range min [s]: 0.1
 Period range max [s]: 1.1
 Tolerance below average [percent]: 10.0
 Tolerance above average [percent]: 30.0
 Scaled records: no



DATI INFORMATIVI ACCELEROGRAMMA EU.102..HN2.D.19980604.213654.C.ACC.ASC

EVENT_NAME: ICELAND_REGION
EVENT_ID: IS-1998-0022
EVENT_DATE_YYYYMMDD: 19980604
EVENT_TIME_HHMMSS: 213654
EVENT_LATITUDE_DEGREE: 63.9532
EVENT_LONGITUDE_DEGREE: -21.2831
EVENT_DEPTH_KM: 10.0
HYPOCENTER_REFERENCE: ISC
MAGNITUDE_W: 5.4
MAGNITUDE_W_REFERENCE: HRVD-NEIC
MAGNITUDE_L: 4.6
MAGNITUDE_L_REFERENCE: BER
FOCAL_MECHANISM: SS
NETWORK: EU
STATION_CODE: 102
STATION_NAME: Hveragerdi-Church
STATION_LATITUDE_DEGREE: 64.002000
STATION_LONGITUDE_DEGREE: -21.187000
STATION_ELEVATION_M:
LOCATION: 00
SENSOR_DEPTH_M: 0.0
VS30_M/S:
SITE_CLASSIFICATION_EC8: A*
MORPHOLOGIC_CLASSIFICATION:
EPICENTRAL_DISTANCE_KM: 7.2
EARTHQUAKE_BACKAZIMUTH_DEGREE: 220.9
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_YYYYMMDD_HHMMSS:
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_PRECISION:
SAMPLING_INTERVAL_S: 0.005000
NDATA: 105
DURATION_S:
STREAM: HN2
UNITS: cm/s ²
INSTRUMENT: sensor = Unknown [Unknown] digitizer = Unknown [Unknown]
INSTRUMENT_ANALOG/DIGITAL: D
INSTRUMENTAL_FREQUENCY_HZ: 45.000
INSTRUMENTAL_DAMPING:
FULL_SCALE_G: 1.0
N_BIT_DIGITAL_CONVERTER:
PGA_CM/S ² : -171.540606
TIME_PGA_S: 12.100000
BASELINE_CORRECTION: BASELINE REMOVED
FILTER_TYPE: BUTTERWORTH
FILTER_ORDER: 2
LOW_CUT_FREQUENCY_HZ: 0.200
HIGH_CUT_FREQUENCY_HZ: 40.000
LATE/NORMAL_TRIGGERED: NT
DATABASE_VERSION: DYNA 1.0
HEADER_FORMAT: DYNA 1.2
DATA_TYPE: ACCELERATION RESPONSE SPECTRUM
PROCESSING: manual (Paolucci et al., 2011)
DATA_TIMESTAMP_YYYYMMDD_HHMMSS: 20141124_103159.367
DATA_LICENSE: U (unknown license)
DATA_CITATION: Luzi L, Puglia R, Russo E & ORFEUS WG5 (2016). Engineering Strong Motion Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Observatories & Research Facilities for European Seismology. doi: 10.13127/ESM
DATA_CREATOR: ESM working group
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR_CITATION: Ambraseys et al. (2004). CD-ROM "Dissemination of European strong-motion data, volume 2"
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR: ESD CD-ROM "Dissemination of European strong-motion data, volume 2" (2004)
ORIGINAL_DATA_CREATOR_CITATION: Ambraseys et al. (2002). Internet-Site for European Strong-Motion Data http://www.isesd.hi.is/
ORIGINAL_DATA_CREATOR: network: EU (Generic European Strong Motion Network); owner: Internet-Site for European Strong-Motion Data

DATI INFORMATIVI ACCELEROGRAMMA EU.108..HN2.D.20000617.154041.C.ACC.ASC

EVENT_NAME: ICELAND
EVENT_ID: IS-2000-0048
EVENT_DATE_YYYYMMDD: 20000617
EVENT_TIME_HHMMSS: 154041
EVENT_LATITUDE_DEGREE: 63.9220
EVENT_LONGITUDE_DEGREE: -20.4670
EVENT_DEPTH_KM: 10.0
HYPOCENTER_REFERENCE: ISC
MAGNITUDE_W: 6.5
MAGNITUDE_W_REFERENCE: HRV
MAGNITUDE_L: 5.3
MAGNITUDE_L_REFERENCE: BER
FOCAL_MECHANISM: SS
NETWORK: EU
STATION_CODE: 108
STATION_NAME: Minni-Nupur
STATION_LATITUDE_DEGREE: 64.050000
STATION_LONGITUDE_DEGREE: -20.160000
STATION_ELEVATION_M:
LOCATION: 00
SENSOR_DEPTH_M: 0.0
VS30_M/S:
SITE_CLASSIFICATION_EC8: A*
MORPHOLOGIC_CLASSIFICATION:
EPICENTRAL_DISTANCE_KM: 20.7
EARTHQUAKE_BACKAZIMUTH_DEGREE: 226.6
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_YYYYMMDD_HHMMSS:
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_PRECISION:
SAMPLING_INTERVAL_S: 0.005000
NDATA: 105
DURATION_S:
STREAM: HN2
UNITS: cm/s ²
INSTRUMENT: sensor = Unknown [Unknown] digitizer = Unknown [Unknown]
INSTRUMENT_ANALOG/DIGITAL: D
INSTRUMENTAL_FREQUENCY_HZ: 50.000
INSTRUMENTAL_DAMPING:
FULL_SCALE_G: 1.0
N_BIT_DIGITAL_CONVERTER: 18
PGA_CM/S ² : -123.197006
TIME_PGA_S: 15.460000
BASELINE_CORRECTION: BASELINE REMOVED
FILTER_TYPE: BUTTERWORTH
FILTER_ORDER: 2
LOW_CUT_FREQUENCY_HZ: 0.100
HIGH_CUT_FREQUENCY_HZ: 40.000
LATE/NORMAL_TRIGGERED: NT
DATABASE_VERSION: DYNA 1.0
HEADER_FORMAT: DYNA 1.2
DATA_TYPE: ACCELERATION RESPONSE SPECTRUM
PROCESSING: manual (Paolucci et al., 2011)
DATA_TIMESTAMP_YYYYMMDD_HHMMSS: 20170711_160727.391
DATA_LICENSE: U (unknown license)
DATA_CITATION: Luzi L, Puglia R, Russo E & ORFEUS WG5 (2016). Engineering Strong Motion Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Observatories & Research Facilities for European Seismology. doi: 10.13127/ESM
DATA_CREATOR: ESM working group
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR_CITATION: Ambraseys et al. (2004). CD-ROM "Dissemination of European strong-motion data, volume 2"
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR: ESD CD-ROM "Dissemination of European strong-motion data, volume 2" (2004)
ORIGINAL_DATA_CREATOR_CITATION: Ambraseys et al. (2002). Internet-Site for European Strong-Motion Data http://www.isesd.hi.is/
ORIGINAL_DATA_CREATOR: network: EU (Generic European Strong Motion Network); owner: Internet-Site for European Strong-Motion Data

DATI INFORMATIVI ACCELEROGRAMMA I1.SUZ..HN2.D.20080910.110040.C.ACC.ASC

EVENT_NAME: IR200809101100
EVENT_ID: IR200809101100
EVENT_DATE_YYYYMMDD: 20080910
EVENT_TIME_HHMMSS: 110040
EVENT_LATITUDE_DEGREE: 26.7723
EVENT_LONGITUDE_DEGREE: 55.8332
EVENT_DEPTH_KM: 12.0
HYPOCENTER_REFERENCE: ISC
MAGNITUDE_W: 6.0
MAGNITUDE_W_REFERENCE: NEIC
MAGNITUDE_L: 5.8
MAGNITUDE_L_REFERENCE: THR
FOCAL_MECHANISM: TF
NETWORK: I1
STATION_CODE: SUZ
STATION_NAME: Suza
STATION_LATITUDE_DEGREE: 26.781900
STATION_LONGITUDE_DEGREE: 56.070400
STATION_ELEVATION_M: -20
LOCATION:
SENSOR_DEPTH_M: 0.0
VS30_M/S: 1334
SITE_CLASSIFICATION_EC8: A
MORPHOLOGIC_CLASSIFICATION:
EPICENTRAL_DISTANCE_KM: 23.6
EARTHQUAKE_BACKAZIMUTH_DEGREE: 267.5
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_YYYYMMDD_HHMMSS:
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_PRECISION:
SAMPLING_INTERVAL_S: 0.005000
NDATA: 105
DURATION_S:
STREAM: HN2
UNITS: cm/s ²
INSTRUMENT: sensor = Unknown [Unknown] digitizer = Unknown [Unknown]
INSTRUMENT_ANALOG/DIGITAL: D
INSTRUMENTAL_FREQUENCY_HZ:
INSTRUMENTAL_DAMPING:
FULL_SCALE_G:
N_BIT_DIGITAL_CONVERTER:
PGA_CM/S ² : -161.092637
TIME_PGA_S: 23.005000
BASELINE_CORRECTION: BASELINE REMOVED
FILTER_TYPE: BUTTERWORTH
FILTER_ORDER: 2
LOW_CUT_FREQUENCY_HZ: 0.050
HIGH_CUT_FREQUENCY_HZ: 30.000
LATE/NORMAL_TRIGGERED: NT
DATABASE_VERSION: DYNA 1.0
HEADER_FORMAT: DYNA 1.2
DATA_TYPE: ACCELERATION RESPONSE SPECTRUM
PROCESSING: manual (Paolucci et al., 2011)
DATA_TIMESTAMP_YYYYMMDD_HHMMSS: 20171013_174024.623
DATA_LICENSE: CC-BYNC-SA4_0-IR (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)
DATA_CITATION: Luzi L, Puglia R, Russo E & ORFEUS WG5 (2016). Engineering Strong Motion Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Observatories & Research Facilities for European Seismology. doi: 10.13127/ESM
DATA_CREATOR: ESM working group
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR_CITATION:
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR: Iran Strong Motion Network http://ismn.bhrc.ac.ir/en
ORIGINAL_DATA_CREATOR_CITATION: Iranian Strong Motion Network, Road, Housing, and Urban Development Research Center http://www.fdsn.org/networks/detail/I1/
ORIGINAL_DATA_CREATOR: network: I1 (Iranian Strong Motion Network); owner: Road Housing & Urban Development Research Center (Iran)

DATI INFORMATIVI ACCELEROGRAMMA IT.CLO..HGE.D.20161026.191806.C.ACC.ASC

EVENT_NAME: CENTRAL_ITALY
EVENT_ID: EMSC-20161026_0000095
EVENT_DATE_YYYYMMDD: 20161026
EVENT_TIME_HHMMSS: 191806
EVENT_LATITUDE_DEGREE: 42.9087
EVENT_LONGITUDE_DEGREE: 13.1288
EVENT_DEPTH_KM: 7.5
HYPOCENTER_REFERENCE: INGV-CNT_Seismic_Bulletin
MAGNITUDE_W: 5.9
MAGNITUDE_W_REFERENCE: INGV-webservice
MAGNITUDE_L: 5.9
MAGNITUDE_L_REFERENCE: INGV-CNT_Seismic_Bulletin
FOCAL_MECHANISM: NF
NETWORK: IT
STATION_CODE: CLO
STATION_NAME: Castelluccio di Norcia
STATION_LATITUDE_DEGREE: 42.829399
STATION_LONGITUDE_DEGREE: 13.206000
STATION_ELEVATION_M: 1456
LOCATION:
SENSOR_DEPTH_M: 0.0
VS30_M/S:
SITE_CLASSIFICATION_EC8: A*
MORPHOLOGIC_CLASSIFICATION:
EPICENTRAL_DISTANCE_KM: 10.8
EARTHQUAKE_BACKAZIMUTH_DEGREE: 324.4
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_YYYYMMDD_HHMMSS: 20161026_191802.740
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_PRECISION: milliseconds
SAMPLING_INTERVAL_S: 0.005000
NDATA: 105
DURATION_S:
STREAM: HGE
UNITS: cm/s ²
INSTRUMENT: sensor = Unknown [Unknown] digitizer = Unknown [Unknown]
INSTRUMENT_ANALOG/DIGITAL: D
INSTRUMENTAL_FREQUENCY_HZ:
INSTRUMENTAL_DAMPING:
FULL_SCALE_G:
N_BIT_DIGITAL_CONVERTER:
PGA_CM/S ² : -179.955087
TIME_PGA_S: 10.930000
BASELINE_CORRECTION: BASELINE REMOVED
FILTER_TYPE: BUTTERWORTH
FILTER_ORDER: 2
LOW_CUT_FREQUENCY_HZ: 0.070
HIGH_CUT_FREQUENCY_HZ: 40.000
LATE/NORMAL_TRIGGERED: NT
DATABASE_VERSION: DYNA 1.0
HEADER_FORMAT: DYNA 1.2
DATA_TYPE: ACCELERATION RESPONSE SPECTRUM
PROCESSING: manual (Paolucci et al., 2011)
DATA_TIMESTAMP_YYYYMMDD_HHMMSS: 20170711_162639.004
DATA_LICENSE: CC-BY3_0-IT (http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.en)
DATA_CITATION: Luzi L, Puglia R, Russo E & ORFEUS WG5 (2016). Engineering Strong Motion Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Observatories & Research Facilities for European Seismology. doi: 10.13127/ESM
DATA_CREATOR: ESM working group
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR_CITATION: Ufficio Rischio Sismico e Vulcanico del Dipartimento della Protezione Civile (http://www.protezionecivile.gov.it/)
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR: Rete Accelerometrica Nazionale - RAN Download (http://www.mot1.it/randownload/)
ORIGINAL_DATA_CREATOR_CITATION: Italian Strong Motion Network, Italian Civil Protection Department http://www.protezionecivile.gov.it
ORIGINAL_DATA_CREATOR: network: IT (Italian Strong Motion Network); owner: Dipartimento Della Protezione Civile

DATI INFORMATIVI ACCELEROGRAMMA IT.CLO..HGN.D.20161026.191806.C.ACC.ASC

EVENT_NAME: CENTRAL_ITALY
EVENT_ID: EMSC-20161026_0000095
EVENT_DATE_YYYYMMDD: 20161026
EVENT_TIME_HHMMSS: 191806
EVENT_LATITUDE_DEGREE: 42.9087
EVENT_LONGITUDE_DEGREE: 13.1288
EVENT_DEPTH_KM: 7.5
HYPOCENTER_REFERENCE: INGV-CNT_Seismic_Bulletin
MAGNITUDE_W: 5.9
MAGNITUDE_W_REFERENCE: INGV-webservice
MAGNITUDE_L: 5.9
MAGNITUDE_L_REFERENCE: INGV-CNT_Seismic_Bulletin
FOCAL_MECHANISM: NF
NETWORK: IT
STATION_CODE: CLO
STATION_NAME: Castelluccio di Norcia
STATION_LATITUDE_DEGREE: 42.829399
STATION_LONGITUDE_DEGREE: 13.206000
STATION_ELEVATION_M: 1456
LOCATION:
SENSOR_DEPTH_M: 0.0
VS30_M/S:
SITE_CLASSIFICATION_EC8: A*
MORPHOLOGIC_CLASSIFICATION:
EPICENTRAL_DISTANCE_KM: 10.8
EARTHQUAKE_BACKAZIMUTH_DEGREE: 324.4
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_YYYYMMDD_HHMMSS: 20161026_191802.740
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_PRECISION: milliseconds
SAMPLING_INTERVAL_S: 0.005000
NDATA: 105
DURATION_S:
STREAM: HGN
UNITS: cm/s ²
INSTRUMENT: sensor = Unknown [Unknown] digitizer = Unknown [Unknown]
INSTRUMENT_ANALOG/DIGITAL: D
INSTRUMENTAL_FREQUENCY_HZ:
INSTRUMENTAL_DAMPING:
FULL_SCALE_G:
N_BIT_DIGITAL_CONVERTER:
PGA_CM/S ² : -189.388350
TIME_PGA_S: 10.690000
BASELINE_CORRECTION: BASELINE REMOVED
FILTER_TYPE: BUTTERWORTH
FILTER_ORDER: 2
LOW_CUT_FREQUENCY_HZ: 0.070
HIGH_CUT_FREQUENCY_HZ: 40.000
LATE/NORMAL_TRIGGERED: NT
DATABASE_VERSION: DYNA 1.0
HEADER_FORMAT: DYNA 1.2
DATA_TYPE: ACCELERATION RESPONSE SPECTRUM
PROCESSING: manual (Paolucci et al., 2011)
DATA_TIMESTAMP_YYYYMMDD_HHMMSS: 20170711_162639.004
DATA_LICENSE: CC-BY3_0-IT (http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.en)
DATA_CITATION: Luzi L, Puglia R, Russo E & ORFEUS WG5 (2016). Engineering Strong Motion Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Observatories & Research Facilities for European Seismology. doi: 10.13127/ESM
DATA_CREATOR: ESM working group
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR_CITATION: Ufficio Rischio Sismico e Vulcanico del Dipartimento della Protezione Civile (http://www.protezionecivile.gov.it/)
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR: Rete Accelerometrica Nazionale - RAN Download (http://www.mot1.it/randownload/)
ORIGINAL_DATA_CREATOR_CITATION: Italian Strong Motion Network, Italian Civil Protection Department http://www.protezionecivile.gov.it
ORIGINAL_DATA_CREATOR: network: IT (Italian Strong Motion Network); owner: Dipartimento Della Protezione Civile

DATI INFORMATIVI ACCELEROGRAMMA IV.T1212..HNE.D.20161026.171036.C.ACC.ASC

EVENT_NAME: CENTRAL_ITALY
EVENT_ID: EMSC-20161026_0000077
EVENT_DATE_YYYYMMDD: 20161026
EVENT_TIME_HHMMSS: 171036
EVENT_LATITUDE_DEGREE: 42.8802
EVENT_LONGITUDE_DEGREE: 13.1275
EVENT_DEPTH_KM: 8.7
HYPOCENTER_REFERENCE: INGV-CNT_Seismic_Bulletin
MAGNITUDE_W: 5.4
MAGNITUDE_W_REFERENCE: INGV-webservice
MAGNITUDE_L: 5.4
MAGNITUDE_L_REFERENCE: INGV-CNT_Seismic_Bulletin
FOCAL_MECHANISM: NF
NETWORK: IV
STATION_CODE: T1212
STATION_NAME: Avendita PG
STATION_LATITUDE_DEGREE: 42.751556
STATION_LONGITUDE_DEGREE: 13.044636
STATION_ELEVATION_M: 869
LOCATION:
SENSOR_DEPTH_M: 1.0
VS30_M/S:
SITE_CLASSIFICATION_EC8: A*
MORPHOLOGIC_CLASSIFICATION:
EPICENTRAL_DISTANCE_KM: 15.8
EARTHQUAKE_BACKAZIMUTH_DEGREE: 25.3
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_YYYYMMDD_HHMMSS: 20161026_171027.496
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_PRECISION: milliseconds
SAMPLING_INTERVAL_S: 0.005000
NDATA: 105
DURATION_S:
STREAM: HNE
UNITS: cm/s ²
INSTRUMENT: sensor = Unknown [Unknown] digitizer = Unknown [Unknown]
INSTRUMENT_ANALOG/DIGITAL: D
INSTRUMENTAL_FREQUENCY_HZ:
INSTRUMENTAL_DAMPING:
FULL_SCALE_G:
N_BIT_DIGITAL_CONVERTER:
PGA_CM/S ² : 176.708485
TIME_PGA_S: 16.135000
BASELINE_CORRECTION: BASELINE REMOVED
FILTER_TYPE: BUTTERWORTH
FILTER_ORDER: 2
LOW_CUT_FREQUENCY_HZ: 0.040
HIGH_CUT_FREQUENCY_HZ: 70.000
LATE/NORMAL_TRIGGERED: NT
DATABASE_VERSION: DYNA 1.0
HEADER_FORMAT: DYNA 1.2
DATA_TYPE: ACCELERATION RESPONSE SPECTRUM
PROCESSING: manual (Paolucci et al., 2011)
DATA_TIMESTAMP_YYYYMMDD_HHMMSS: 20170711_163424.002
DATA_LICENSE: CC-BY4_0 (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)
DATA_CITATION: Luzi L, Puglia R, Russo E & ORFEUS WG5 (2016). Engineering Strong Motion Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Observatories & Research Facilities for European Seismology. doi: 10.13127/ESM
DATA_CREATOR: ESM working group
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR_CITATION: (C) INGV - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR: FDSN INGV Web Service (http://webservices.rm.ingv.it/fdsnws/dataselect/1/)
ORIGINAL_DATA_CREATOR_CITATION: Data for this study comes from the Italian national seismic network operated by Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia and archived at the European Integrated Data Archive http://eida.rm.ingv.it/
ORIGINAL_DATA_CREATOR: network: IV (Italian National Seismic Network); owner: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

DATI INFORMATIVI ACCELEROGRAMMA IV.T1212..HNN.D.20161026.171036.C.ACC.ASC

EVENT_NAME: CENTRAL_ITALY
EVENT_ID: EMSC-20161026_0000077
EVENT_DATE_YYYYMMDD: 20161026
EVENT_TIME_HHMMSS: 171036
EVENT_LATITUDE_DEGREE: 42.8802
EVENT_LONGITUDE_DEGREE: 13.1275
EVENT_DEPTH_KM: 8.7
HYPOCENTER_REFERENCE: INGV-CNT_Seismic_Bulletin
MAGNITUDE_W: 5.4
MAGNITUDE_W_REFERENCE: INGV-webservice
MAGNITUDE_L: 5.4
MAGNITUDE_L_REFERENCE: INGV-CNT_Seismic_Bulletin
FOCAL_MECHANISM: NF
NETWORK: IV
STATION_CODE: T1212
STATION_NAME: Avendita PG
STATION_LATITUDE_DEGREE: 42.751556
STATION_LONGITUDE_DEGREE: 13.044636
STATION_ELEVATION_M: 869
LOCATION:
SENSOR_DEPTH_M: 1.0
VS30_M/S:
SITE_CLASSIFICATION_EC8: A*
MORPHOLOGIC_CLASSIFICATION:
EPICENTRAL_DISTANCE_KM: 15.8
EARTHQUAKE_BACKAZIMUTH_DEGREE: 25.3
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_YYYYMMDD_HHMMSS: 20161026_171027.496
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_PRECISION: milliseconds
SAMPLING_INTERVAL_S: 0.005000
NDATA: 105
DURATION_S:
STREAM: HNN
UNITS: cm/s ²
INSTRUMENT: sensor = Unknown [Unknown] digitizer = Unknown [Unknown]
INSTRUMENT_ANALOG/DIGITAL: D
INSTRUMENTAL_FREQUENCY_HZ:
INSTRUMENTAL_DAMPING:
FULL_SCALE_G:
N_BIT_DIGITAL_CONVERTER:
PGA_CM/S ² : -191.687902
TIME_PGA_S: 16.130000
BASELINE_CORRECTION: BASELINE REMOVED
FILTER_TYPE: BUTTERWORTH
FILTER_ORDER: 2
LOW_CUT_FREQUENCY_HZ: 0.040
HIGH_CUT_FREQUENCY_HZ: 70.000
LATE/NORMAL_TRIGGERED: NT
DATABASE_VERSION: DYNA 1.0
HEADER_FORMAT: DYNA 1.2
DATA_TYPE: ACCELERATION RESPONSE SPECTRUM
PROCESSING: manual (Paolucci et al., 2011)
DATA_TIMESTAMP_YYYYMMDD_HHMMSS: 20170711_163424.002
DATA_LICENSE: CC-BY4_0 (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)
DATA_CITATION: Luzi L, Puglia R, Russo E & ORFEUS WG5 (2016). Engineering Strong Motion Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Observatories & Research Facilities for European Seismology. doi: 10.13127/ESM
DATA_CREATOR: ESM working group
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR_CITATION: (C) INGV - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR: FDSN INGV Web Service (http://webservices.rm.ingv.it/fdsnws/dataselect/1/)
ORIGINAL_DATA_CREATOR_CITATION: Data for this study comes from the Italian national seismic network operated by Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia and archived at the European Integrated Data Archive http://eida.rm.ingv.it/
ORIGINAL_DATA_CREATOR: network: IV (Italian National Seismic Network); owner: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

6.2.5 Modellazioni numeriche monodimensionali

Nell'ambito degli studi di MZS 3 sono state eseguite simulazioni numeriche monodimensionali (1D).

I programmi di calcolo 1D sono validi per modellare situazioni piano parallele, a uno o più strati, considerando una colonna verticale monodimensionale e ipotizzando lateralmente omogenea la stratigrafia presente ai lati della verticale di analisi. Per tali situazioni è lecito pertanto considerare la sola dimensione della profondità, trascurando le altre due dimensioni.

Le procedure di calcolo considerano, nella soluzione dell'equilibrio dinamico del sistema, il legame non lineare attraverso un'analisi lineare equivalente, che consiste nell'esecuzione di una sequenza di analisi lineari complete con aggiornamento successivo dei parametri di rigidità e smorzamento, fino al soddisfacimento di un prefissato criterio di convergenza.

Il software utilizzato per le simulazioni numeriche monodimensionali è stato STRATA (Kottke & Rathje, 2008).

Il software STRATA (SHAKE type), adotta appunto l'analisi lineare equivalente e lavora nel campo delle tensioni totali.

Il modello fisico utilizzato è quello a strati continuo e omogenei, a comportamento viscoelastico e consiste in n strati piani e paralleli di estensione orizzontale infinita su un semispazio corrispondente al bedrock sismico.

Sullo stesso semispazio si applica il moto di input; ogni strato è considerato omogeneo ed isotropo ed è caratterizzato dallo spessore h , dalla densità, dal modulo di elasticità a taglio G , dal rapporto di smorzamento e dalla velocità di propagazione delle onde S .

Il comportamento del terreno non è lineare e varia al variare della deformazione indotta dal terremoto.

Il processo di calcolo è iterativo, la procedura di iterazione va portata avanti per un numero di cicli tali che il valore di deformazione tangenziale caratteristica di un ciclo sia uguale a quella del ciclo precedente, a meno di un valore di tolleranza prefissato.

I modelli sismostratigrafici adottati per le simulazioni numeriche e la loro relativa distribuzione areale sono stati definiti attraverso l'analisi, area per area, dei risultati delle indagini, delle sezioni geologico tecniche realizzate e del modello di sottosuolo ipotizzato.

Di seguito si forniscono i parametri comuni di input e di output utilizzati per le varie elaborazioni, indicati dalla Regione Umbria, Servizio geologico e competenze regionali in materia di acque pubbliche:

- Metodo: EQL;
- Parametri di calcolo:
 - Error tolerance: 2.0%;
 - Maximum number of iteration: 10;
 - Damping Bedrock Layer: 0.5%;

Response spectrum properties:

Damping: 5%;
Minimum: 0.01 s;
Maximum: 4.0 s;
Point count: 100
Spacing: Log.

Per ogni simulazione sono stati estratti:

- i tabulati dei sette spettri di risposta di input con unità di misura in (g);
- i tabulati dei sette spettri di risposta di output calcolati in superficie con unità di misura in (g);
- i tabulati dei sette accelerogrammi di output con unità di misura in (g).

Per ogni elaborazione, attraverso specifico foglio di calcolo fornito dalla Regione Umbria, Servizio geologico e competenze regionali in materia di acque pubbliche, è stato poi calcolato:

- lo spettro medio di risposta di input con unità di misura in (g);
- lo spettro medio di risposta di output con unità di misura in (g);
- una terna di fattori di amplificazione FA nei tre intervalli di periodi scelti dalla Regione Umbria, Servizio geologico e competenze regionali in materia di acque pubbliche (0.1-0.5s, 0.4-0.8s, 0.7-1.1s).

Per quanto riguarda i dati degli spettri e degli accelerogrammi di output sono stati realizzati, per ogni simulazione/microzona files in formato *.txt.

Per quanto riguarda i files (e la tabella allegata), contenenti i sette spettri di output e quelli relativi ai sette accelerogrammi di output, le sette colonne fanno progressivamente riferimento ai sette accelerogrammi di input secondo il seguente ordine:

- EU.102..HN2.D.19980604.213654.C.ACC.ASC
- EU.108..HN2.D.20000617.154041.C.ACC.ASC
- I1.SUZ..HN2.D.20080910.110040.C.ACC.ASC
- IT.CLO..HGE.D.20161026.191806.C.ACC.ASC
- IT.CLO..HGN.D.20161026.191806.C.ACC.ASC
- IV.T1212..HNE.D.20161026.171036.C.ACC.ASC
- IV.T1212..HNN.D.20161026.171036.C.ACC.ASC

6.2.6 Risultati

Nel presente paragrafo saranno descritte, per la microzona individuata nell'ambito degli studi di MZS 3 all'interno della quale risulta ubicata l'area oggetto del presente, le risultanze delle simulazioni numeriche effettuate ed i relativi valori di FA.

Località: Tuoro sul Trasimeno (MOPS 2004)

Metodo di calcolo: 1D

Modello sismostratigrafico adottato:

Strato n.	Spessore (m)	Unità geologico tecnica	Velocità (Vs) assegnata (m/s)	Curve di degrado
1	13	b – Alluvioni (MLlc)	220	Umbertide S9-C1 – Geostudi, 2012
2	32	TMO ₁ (SMlc)	450	Dep. Plio-pleistocenici prev. Sabbiosi <40 m (CTA1-2) - Umbertide S7-C2 – Geostudi, 2012
3	-	MAC2 (ALS)	950	-

Spettri di output:

T (s)	input #1	input #2	input #3	input #4	input #5	input #6	input #7	MEDIO
0,01	0,304067	0,267259	0,302983	0,310563	0,263938	0,359886	0,360701	0,309913768
0,010624	0,304264	0,267289	0,303098	0,3107878	0,264004	0,359942	0,360811	0,310028062
0,011287	0,304489	0,267323	0,303229	0,3110422	0,264079	0,360003	0,360933	0,31015696
0,011991	0,304747	0,267362	0,303378	0,3113302	0,264164	0,360074	0,361054	0,310301248
0,012739	0,305041	0,267405	0,303547	0,3116576	0,26426	0,360177	0,361187	0,310467795
0,013534	0,305373	0,267451	0,303739	0,3120276	0,264371	0,360283	0,361341	0,310654778
0,014378	0,305745	0,267501	0,303956	0,3124521	0,264498	0,360434	0,361403	0,310855705
0,015275	0,306189	0,267572	0,304204	0,3129265	0,264646	0,360482	0,361512	0,311076125
0,016228	0,306857	0,267625	0,304488	0,3134643	0,264822	0,360525	0,361895	0,311382375
0,017241	0,307608	0,267808	0,304811	0,3140752	0,265033	0,360757	0,362384	0,311782363
0,018316	0,308495	0,268042	0,305187	0,3147808	0,265248	0,361031	0,362825	0,312229932
0,019459	0,309034	0,268331	0,305621	0,3156048	0,265443	0,361275	0,363071	0,312625714
0,020673	0,309586	0,268855	0,306092	0,3162332	0,265847	0,361358	0,363509	0,313068508
0,021963	0,310504	0,26907	0,306674	0,3171421	0,265937	0,361458	0,363938	0,313531709
0,023333	0,312003	0,269341	0,307357	0,3185023	0,266033	0,362725	0,364614	0,314367817
0,024789	0,311795	0,268163	0,308171	0,3203731	0,266445	0,363961	0,364909	0,314830922
0,026335	0,313259	0,267743	0,309025	0,320013	0,266779	0,364817	0,364904	0,315220108
0,027978	0,316527	0,26802	0,310111	0,3197637	0,266981	0,364637	0,366055	0,316013465
0,029724	0,316427	0,267775	0,312153	0,3282331	0,267188	0,364208	0,366738	0,317531616
0,031578	0,319103	0,270408	0,314237	0,338067	0,269501	0,362638	0,367988	0,320277349
0,033548	0,314912	0,270844	0,316181	0,3371499	0,27375	0,362312	0,367498	0,320378116
0,035641	0,32586	0,271489	0,314868	0,3474101	0,274003	0,377579	0,369787	0,325856584
0,037865	0,336495	0,284634	0,315404	0,3639253	0,274085	0,386168	0,367678	0,332627192
0,040227	0,327868	0,290264	0,325071	0,3731715	0,27109	0,381485	0,366207	0,333593839
0,042737	0,364589	0,285059	0,330226	0,3817345	0,26429	0,381976	0,362514	0,338627059
0,045403	0,382834	0,277132	0,326458	0,3793736	0,271649	0,381199	0,367629	0,340896416
0,048236	0,403723	0,278446	0,328322	0,3820799	0,284725	0,383752	0,373393	0,347777221
0,051245	0,413864	0,274895	0,335323	0,4041062	0,283185	0,387809	0,386427	0,355086826
0,054442	0,41659	0,27172	0,323192	0,4224474	0,316535	0,381103	0,391927	0,3605021
0,057839	0,474714	0,275951	0,328522	0,4010085	0,36097	0,376324	0,398623	0,373730408
0,061447	0,448028	0,285583	0,334665	0,3895594	0,369095	0,373035	0,413354	0,373331414
0,065281	0,426966	0,287937	0,36278	0,3707159	0,402631	0,381828	0,431844	0,380671737
0,069354	0,433041	0,290209	0,361841	0,3921862	0,474145	0,379926	0,460961	0,398901274
0,073681	0,584442	0,319859	0,392928	0,4166223	0,554407	0,401106	0,48329	0,450379244
0,078277	0,637094	0,347586	0,418221	0,4318941	0,564194	0,43001	0,527445	0,479492039
0,083161	0,601246	0,374894	0,446271	0,4894792	0,493851	0,443673	0,554867	0,48632572
0,088349	0,629808	0,437728	0,501713	0,5371325	0,450627	0,451486	0,556821	0,509330886
0,093861	0,712057	0,410266	0,493738	0,6709281	0,545607	0,477931	0,581538	0,55600952
0,099717	0,7271	0,432853	0,506093	0,7278898	0,560025	0,488571	0,592118	0,576378628
0,105939	0,615249	0,459066	0,538466	0,9536907	0,521919	0,496542	0,574981	0,594273295
0,112548	0,619216	0,455871	0,495013	1,1789945	0,60724	0,55091	0,571701	0,639849196
0,11957	0,614142	0,514097	0,529654	1,09033	0,666725	0,605164	0,579625	0,657105297
0,127029	0,679099	0,557912	0,46323	0,7896695	0,673781	0,611504	0,628709	0,629129178
0,134955	0,741262	0,536251	0,486251	0,6164792	0,722917	0,605742	0,65559	0,623498803
0,143374	0,630373	0,498816	0,535529	0,580167	0,677086	0,612502	0,660922	0,599342244
0,152319	0,652584	0,54243	0,547474	0,6177882	0,622271	0,611155	0,648156	0,605979579
0,161822	0,728575	0,549589	0,535078	0,6395049	0,54672	0,583657	0,613115	0,599462622
0,171918	0,715595	0,578227	0,712546	0,7126147	0,545071	0,568816	0,585054	0,631131887
0,182644	0,792669	0,716203	0,908984	0,9766741	0,60546	0,569139	0,596401	0,737932955
0,194039	0,77751	0,831979	1,178704	0,8844422	0,616482	0,621756	0,595059	0,786561845
0,206144	0,8645	0,903564	1,207284	0,8569224	0,664314	0,654803	0,610731	0,823159944
0,219006	1,117166	0,996444	1,193934	0,9565902	0,656647	0,666306	0,690618	0,89681503
0,232669	1,138725	1,171564	1,055371	1,0340321	0,707141	0,700361	0,660676	0,923981337
0,247185	0,88093	1,214688	1,22496	0,9414454	0,738955	0,742489	0,642809	0,912325245
0,262606	0,571777	0,991887	1,304814	0,7625394	0,765707	0,770361	0,633515	0,828657346
0,27899	0,452235	0,761534	1,135817	0,6255262	0,891548	0,767627	0,614196	0,749783502

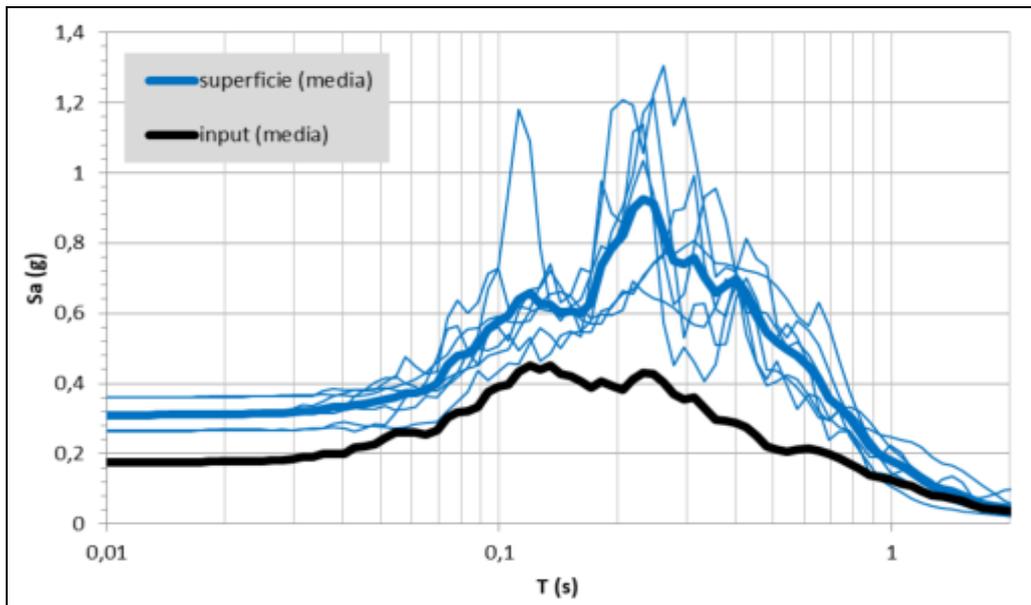
0,296396	0,502664	0,529725	1,212671	0,6557504	0,897828	0,787298	0,587332	0,739038542
0,314888	0,461583	0,623893	1,066245	0,7895412	0,993228	0,807942	0,565667	0,758299941
0,334533	0,405847	0,62658	0,894977	0,930094	0,740122	0,776629	0,561941	0,705170059
0,355404	0,456223	0,509034	0,703808	0,9571521	0,614149	0,7445	0,619715	0,657797242
0,377577	0,604184	0,513416	0,732186	0,8658146	0,59206	0,74078	0,697335	0,677967928
0,401134	0,682388	0,642124	0,717519	0,7060098	0,717534	0,732551	0,676263	0,696341446
0,42616	0,627368	0,700821	0,602425	0,540106	0,81333	0,721667	0,601822	0,658219838
0,452748	0,572551	0,640889	0,460801	0,4564666	0,753973	0,716967	0,605175	0,600974661
0,480994	0,439877	0,544691	0,412161	0,3935235	0,73341	0,702414	0,601543	0,546802804
0,511003	0,437552	0,531709	0,463967	0,405899	0,567215	0,677348	0,554667	0,51976549
0,542884	0,416197	0,57135	0,39502	0,423944	0,530768	0,640241	0,504133	0,49737899
0,576753	0,386636	0,529826	0,327455	0,4123586	0,580351	0,590002	0,519676	0,478043661
0,612736	0,347922	0,453748	0,369834	0,365652	0,551997	0,565324	0,4821	0,448082298
0,650964	0,302324	0,326325	0,359537	0,3167105	0,510089	0,631458	0,43045	0,41098501
0,691577	0,296691	0,238281	0,303323	0,2925978	0,436403	0,565254	0,376951	0,35850014
0,734723	0,325641	0,263525	0,275223	0,3244247	0,365001	0,46676	0,320189	0,334394643
0,780562	0,32189	0,261944	0,265865	0,3342654	0,310154	0,379466	0,250771	0,303479173
0,82926	0,290279	0,217123	0,231231	0,3210762	0,279643	0,304787	0,210302	0,26492023
0,880996	0,244745	0,142681	0,190828	0,2910898	0,268086	0,237333	0,169269	0,22057598
0,935961	0,209422	0,144192	0,189502	0,2530142	0,254143	0,188822	0,127399	0,195213542
0,994354	0,187227	0,140473	0,224488	0,2176689	0,249584	0,146733	0,108654	0,182118364
1,05639	0,155744	0,150251	0,201838	0,1910575	0,240121	0,128427	0,090231	0,165381552
1,122297	0,136034	0,164199	0,15829	0,1628558	0,234305	0,112503	0,07325	0,148776716
1,192316	0,117567	0,141712	0,114144	0,1392274	0,218014	0,098158	0,059117	0,126848521
1,266703	0,098853	0,122741	0,10131	0,1170598	0,190637	0,085078	0,05205	0,10967559
1,345731	0,081912	0,098089	0,126505	0,1008427	0,173424	0,073108	0,046236	0,100016737
1,429689	0,067447	0,090538	0,134532	0,0901941	0,165719	0,062399	0,041433	0,093180487
1,518886	0,054725	0,082472	0,116902	0,0835157	0,150391	0,053061	0,037207	0,082610325
1,613647	0,045358	0,073593	0,07412	0,0731418	0,130538	0,044956	0,03323	0,067848111
1,71432	0,038633	0,074288	0,055616	0,0602739	0,108948	0,038007	0,029346	0,057873131
1,821274	0,033227	0,08296	0,056518	0,0484101	0,086358	0,032041	0,025634	0,052163934
1,934901	0,028889	0,096912	0,043665	0,0385912	0,067283	0,027053	0,022252	0,04637785
2,055617	0,025141	0,100755	0,035015	0,0306908	0,055335	0,024406	0,019337	0,041525799
2,183864	0,022209	0,094689	0,035981	0,0236938	0,057548	0,022028	0,016663	0,038973072
2,320113	0,020222	0,085002	0,030785	0,0199922	0,055869	0,019722	0,014611	0,03517178
2,464861	0,018537	0,074756	0,02861	0,0174216	0,048456	0,017585	0,012998	0,031194914
2,618641	0,016742	0,065837	0,02562	0,0134879	0,042361	0,015812	0,011464	0,027331992
2,782014	0,014987	0,060486	0,024456	0,0121856	0,039314	0,014113	0,010506	0,025149394
2,955581	0,013406	0,053637	0,023618	0,012575	0,033113	0,012481	0,009518	0,022621051
3,139975	0,01189	0,047091	0,024822	0,0124023	0,028062	0,011079	0,008746	0,020584584
3,335874	0,010335	0,039432	0,025921	0,0107827	0,022571	0,00969	0,007946	0,018096824
3,543995	0,008813	0,038165	0,024781	0,0096405	0,016757	0,008607	0,006828	0,016227213
3,7651	0,007456	0,037122	0,023176	0,008955	0,013837	0,007738	0,006559	0,014977475
4	0,006333	0,035201	0,02355	0,007782	0,011326	0,006632	0,005654	0,013782693

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
2,03	2,13	1,61

I valori di FA sono calcolati come media logaritmica dei valori di FA relativi ai 7 accelerogrammi utilizzati

$$m_{ln} = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 \ln(FA_i)$$

$$FA_{rif} = e^{m_{ln}}$$



Calcolo degli FA per ogni intervallo di periodo di interesse e grafici di confronto spettri di output, spettro medio di output, spettro medio di input

6.3 AZIONE SISMICA E CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI

La caratterizzazione sismica del sottosuolo è stata effettuata sulla base delle caratteristiche litologiche, di resistenza meccanica e sismiche, evidenziate nel corso dello studio effettuato.

In particolare, sulla base dei modelli di velocità del sottosuolo, forniti dai modelli di calcolo derivanti dall'indagine geofisica di sismica attiva di tipo MASW (MASW1), realizzata specificatamente nel sito d'intervento, è stato possibile ricavare dati del parametro V_s fino a profondità di almeno 30 m dal p.c (Ved. diagramma).

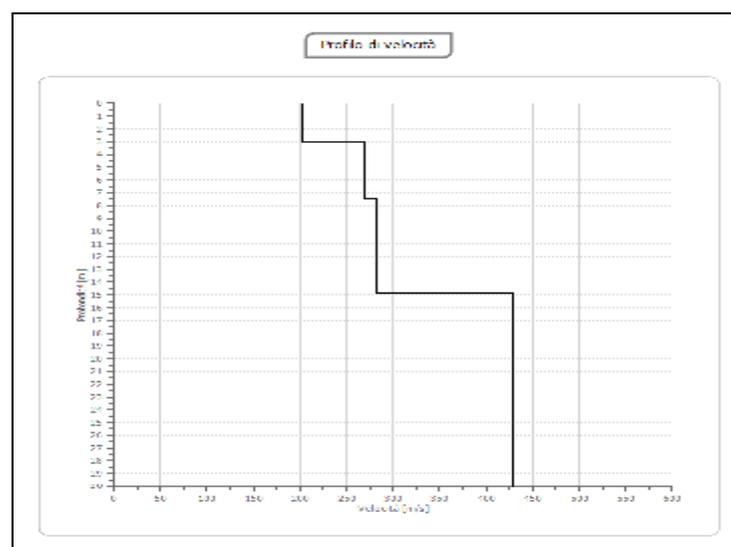


Diagramma Profondità(m)/ V_s (m/s)

Il valore di V_{s30} (velocità di propagazione delle onde di taglio, NTC 2008), per il sito d'intervento, risulta quindi pari a V_{s30} **322 m/s**, considerata dal piano campagna, secondo il seguente profilo di velocità delle onde di taglio:

0.0 - 3.1	m da p.c.	$V_s = 203$ m/s;
3.1 - 7.5	m da p.c.	$V_s = 269$ m/s;
7.5 - 14.9	m da p.c.	$V_s = 281$ m/s
14.9 - >30.0	m da p.c.	$V_s = 429$ m/s.

Per la caratterizzazione sismica del sottosuolo, secondo quanto previsto dal D.M. del 14 gennaio 2008 Tab. 3.2.II), adottando l'approccio semplificato, si assegna la categoria di sottosuolo "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 $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)".

NTC 2008 - Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria di sottosuolo	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori 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 $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ 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 $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ 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 $N_{SPT30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ 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).

Per la categoria di sottosuolo individuata, le espressioni relative alla determinazione dei parametri sismici S_s e C_c derivano dall'allegata Tab. 3.2.V delle NTC 2008.

NTC 2008 - Tab. 3.2.V – Espressioni di S_s e C_c

Categoria di sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T^*_c)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T^*_c)^{-0,33}$
D	$1,00 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T^*_c)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T^*_c)^{-0,40}$

Non si evidenziano elementi di amplificazione topografica locale pertanto, la categoria topografica di riferimento da assegnarsi è **T1 (Superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$)**.

Per la determinazione dei parametri sismici di riferimento, è stato utilizzato il software Geostru PS, considerando quanto segue (N.B. tutte le coordinate sono in ED50):

SITO IN ESAME

Latitudine: 43,205794° Longitudine: 12,076846°
 43,204830° (WGS84) 12,075891 ° (WGS84)
 Classe d'uso costruzione: 3 (III) Vita nominale: ≥ 50 anni Tipo di interpolazione: Media ponderata

SITI DI RIFERIMENTO

	ID	Latitudine (°)	Longitudine (°)	Distanza (m)
Sito 1	22512	43,225950	12,049120	3174
Sito 2	22513	43,226780	12,117750	4054
Sito 3	22735	43,176780	12,118890	4693
Sito 4	22734	43,175950	12,050330	3954

PARAMETRI SISMICI

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T1
 Periodo di riferimento: 75 anni
 Coefficiente cu: 1,5

	Probabilità di superamento (%)	Tr (anni)	ag (g)	Fo	Tc* (s)
Operatività (SLO)	81	45	0,064	2,530	0,270
Danno (SLD)	63	75	0,078	2,539	0,279
Salvaguardia della vita (SLV)	10	712	0,179	2,458	0,300
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1462	0,221	2,473	0,308

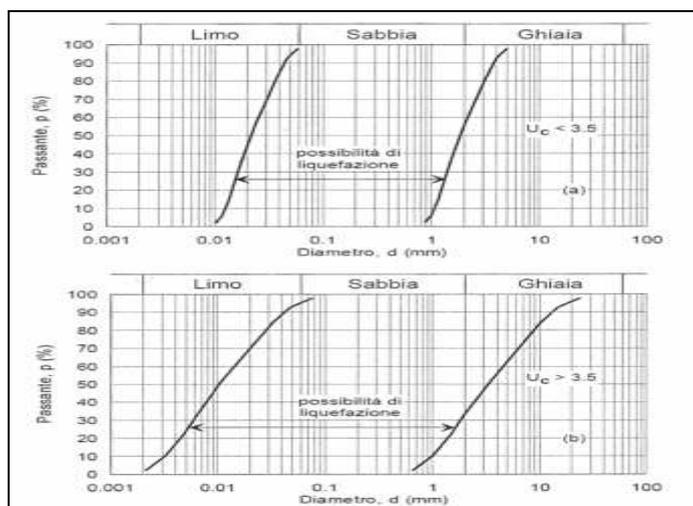
COEFFICIENTI SISMICI (FONDAZIONI - STABILITA' DEI PENDII)

	Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax (m/s ²)	Beta
SLO	1,500	1,620	1,000	0,019	0,010	0,949	0,200
SLD	1,500	1,600	1,000	0,024	0,012	1,153	0,200
SLV	1,440	1,560	1,000	0,062	0,031	2,527	0,240
SLC	1,370	1,550	1,000	0,085	0,042	2,965	0,280

6.4 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Relativamente alla verifica nei confronti della liquefazione dei terreni di fondazione presenti, le NTC 2008 stabiliscono che tale verifica possa essere omessa qualora si verifichi una delle seguenti condizioni:

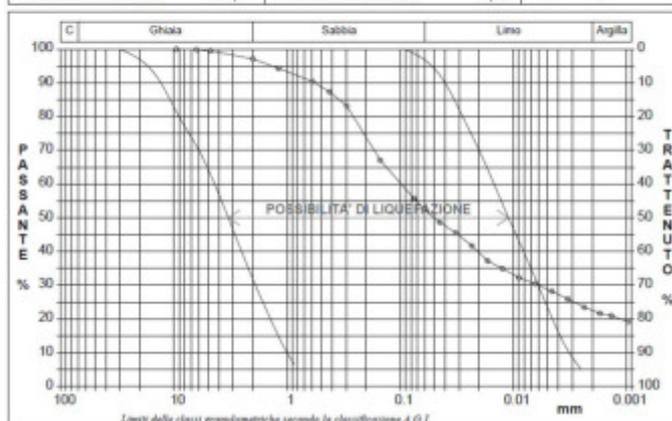
- Eventi sismici di magnitudo M inferiore a 5;
- Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0.1g$;
- Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$;
- Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura sottostante (1a - terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ e 1b - terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$).



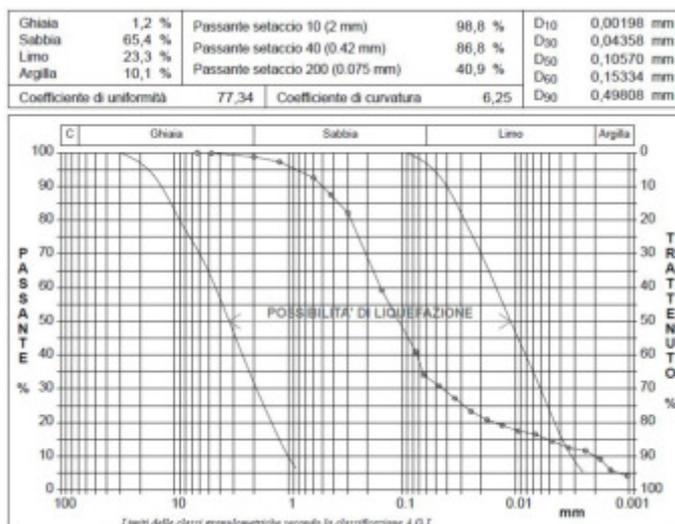
Distribuzione granulometrica per terreni soggetti a possibile liquefazione

In considerazione di quanto sopra riportato, sono state esaminate le risultanze delle analisi granulometriche eseguite su n. 2 campioni prelevati nel sondaggio S1, di seguito riportate sinteticamente ed osservabili nei certificati di laboratorio allegati.

Ghiaia	2,9 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	97,1 %	D ₁₀	0,00017 mm	
Sabbia	44,9 %	Passante setaccio 40 (0,42 mm)	86,8 %	D ₃₀	0,00596 mm	
Limo	29,7 %	Passante setaccio 200 (0,075 mm)	55,6 %	D ₅₀	0,04982 mm	
Argilla	22,5 %			D ₆₀	0,09763 mm	
Coefficiente di uniformità		563,77	Coefficiente di curvatura		2,10	
					D ₉₀	0,56598 mm



Curva granulometrica campione S1 CR1 (2-6-3.0 m)



Curva granulometrica campione S1 CR2 (6.6-7.0 m)

Dall'osservazione delle stesse si evince che entrambe le curve granulometriche, rappresentative dei sedimenti alluvionali presenti nel sito d'intervento, sono caratterizzate da una distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate con possibilità di liquefazione.

In considerazione di quanto sopra esposto, conformemente a quanto indicato nell'NTC 2008, non si è proceduto ad alcuna verifica della suscettibilità alla liquefazione, ritenendo che gli stessi possono essere classificati come non liquefacibili in fase sismica in riferimento alla normativa vigente.

Perugia, Settembre 2018

Dott. Geologo Luciano Faralli