

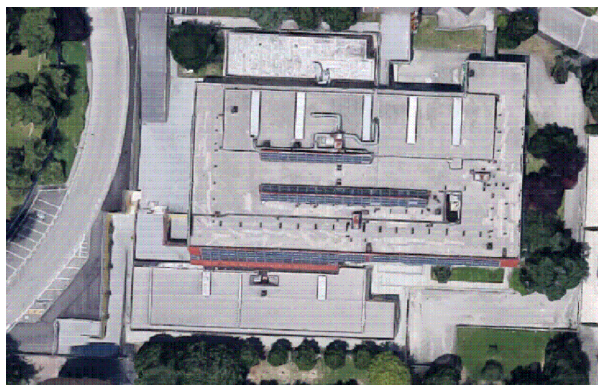


Comune di Ascoli Piceno

Bando P12/2018 Procedura telematica aperta sotto soglia comunitaria
per l'affidamento del contratto avente ad oggetto

VERIFICA DELLA VULNERABILITÀ SISMICA DEL PATRIMONIO EDILIZIO
SCOLASTICO DEL COMUNE DI ASCOLI PICENO -LOTTO 3

CIG: 7711667CEA



COMMITTENTE: COMUNE DI ASCOLI PICENO - Settore Tecnico Edilizia, Attività Produttive e Ambiente
Dirigente Servizio Tecnico: Arch. Ugo Galanti
Responsabile del Procedimento: Ing. Rosanna Gabrielli

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI:

M.T. PROGETTI Studio Associato
Mandatario Capogruppo
Ing. Umberto Tassi



EUTECNE S.r.l.
Mandante

EUTECNE S.r.l.
architettura | ingegneria

Ing. Gennaioli Marco
Mandante

Ing. Baldelli Barbara
Mandante

UNILAB SPERIMENTAZIONE S.R.L.
Mandante

OGGETTO: RELAZIONE GEOLOGICA SCUOLA DELL'INFANZIA E
PRIMARIA "DON GIUSSANI" MONTICELLI

TAV.:

RG_M

SCALA: -

PLOTTAGGIO: -

FILE: 1888 RG

REV.	DATA	REDATTO	APPROVATO	MOTIVAZIONE
A	20/07/2020		U. TASSI	PRIMA EMISSIONE
B				
C				



INDICE

1. PREMESSA
2. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO
 - 2.1 UBICAZIONE TOPOGRAFICA
 - 2.2 CARATTERI GEOMORFOLOGICI
 - 2.3 CARATTERI GEOLOGICI
 - 2.4 CARATTERI IDROGEOLOGICI
3. INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA
 - 3.1 CARATTERI LITOSTRATIGRAFICI E LITOTECNICI DEI TERRENI
4. AZIONE SISMICA
 - 4.1 CATEGORIE STRATIGRAFICHE, TOPOGRAFICHE ED AZIONI SISMICHE (NTC08)
 - 4.2 RISULTATI DEGLI STUDI DI MZS DI LIVELLO 3 E CONFRONTO DEGLI SPETTRI
 - 4.3 ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL)
 - SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO SLV
 - SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO SLD
 - SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO SLO
5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

1. PREMESSA

L'Amministrazione Comunale di Ascoli Piceno, con Determinazione n. 587 del 02/03/2020, ha incaricato la sottoscritta Laura Longo di redigere la relazione geologica propedeutica alla valutazione degli interventi di miglioramento sismico da effettuare per il plesso scolastico "Infanzia/primaria Don Giussani-Monticelli".

A tal fine sono stati eseguiti sopralluoghi preliminari, il reperimento dati, il rilevamento geologico-geomorfologico di superficie, l'elaborazione del piano indagini e l'assistenza tecnica durante le indagini geognostiche, con relativa redazione della relazione geologica, modellazione geotecnica e geosismica del sito e analisi di risposta sismica locale sull'edificio scolastico.

Le indagini suddette sono state le seguenti:

- reperimento di n. 1 sondaggio geognostico;
- reperimento di dati litostratigrafici e litotecnici in aree limitrofe;
- esecuzione di n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo;
- n. 2 prove penetrometriche dinamiche tipo SPT in foro di sondaggio (Standard Penetration Test)
- Esecuzione di n. 1 misura sismica attiva MASW
- Esecuzione di n. 1 misura sismica passiva HVSR

Alla presente relazione si allegano:

- stratigrafia sondaggio geognostico S1
- stima parametri geotecnici prova SPT n.1 e SPT n.2
- stratigrafia sondaggio reperito S3
- report indagini sismiche
- Tavola 1: cartografie geologiche, piante e sezioni

2. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

2.1 UBICAZIONE TOPOGRAFICA

La scuola dell'infanzia e primaria oggetto dell'intervento è situata in località Monticelli, quartiere residenziale situato ad Est del centro storico di Ascoli Piceno.

In particolare la scuola si trova in prossimità della S.S. Salaria, soprastrada rispetto alla strada comunale via dei Girasoli.

Tale struttura, articolata in due corpi di fabbrica della grandezza complessiva di circa 3800 mq, separati da un giunto tecnico, sorge alla quota di circa 120 m s.l.m., in corrispondenza del terrazzo alluvionale depositato dal Fiume Tronto sovrastato dai depositi colluviali provenienti dai versanti siti a Nord.

(vedi Tavola 1- Inquadramento territoriale scala 1: 5.000)

2.2 CARATTERI GEOMORFOLOGICI

Dal punto di vista geologico l'area in esame appartiene al vecchio terrazzo alluvionale T3 depositato in sinistra orografica dal Fiume Tronto in tempi relativamente recenti (Pleistocene sup.).

Tale area insiste in corrispondenza della fascia di monte del deposito alluvionale terrazzato, collegata ai pendii arenacei che limitano la valle fluviale a Nord.

La zona alluvionale considerata è sovrastata a Nord dalle creste arenacee suddette, intervallate dall'incisione di vallecole con asse all'incirca N-S, che hanno determinato l'accumulo di depositi colluviali al di sopra dei depositi fluviali del terrazzo di terzo ordine.

L'area studiata, data la sua origine sedimentaria, evidenzia, una morfologia regolare e sub-pianeggiante, tipica dei bacini di sedimentazione alluvionale; la superficie topografica in corrispondenza dell'area di sedime della scuola si presenta lievemente inclinata di circa 4 gradi verso l'asta fluviale (Sud), mentre il pendio che va dalle creste arenacee site a Nord fino all'asta del Fiume Tronto presenta una inclinazione media di circa 7-8 gradi.

La morfologia della zona e i terreni indagati presentano caratteristiche lito-stratigrafiche e meccaniche tali da garantire condizioni di equilibrio stabili nel tempo.

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Tronto (PAI) non individua in

corrispondenza dell'area di intervento aree con dissesti idrogeologici (frane e aree esondabili).
(vedi Fig.1)

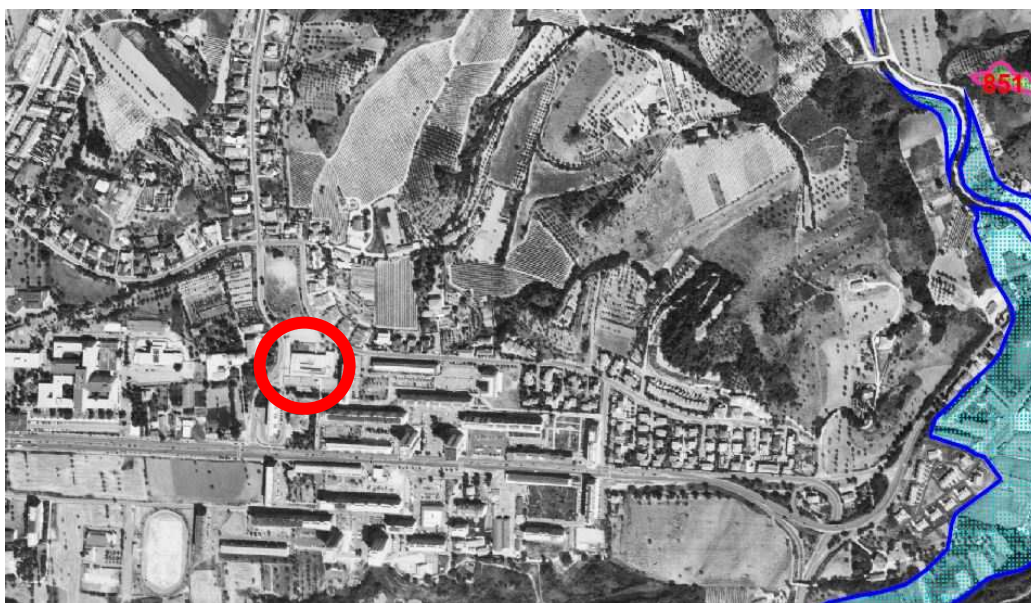


Fig. 1 - Stralcio Carta del dissesto e delle aree esondabili (PAI)

2.3 CARATTERI GEOLOGICI

I terreni che costituiscono l'area edificabile in oggetto, come già detto, appartengono ai depositi alluvionali del III ordine depositati dal F. Tronto a seguito della variazione nel tempo del proprio regime idraulico e della presenza di fratture che hanno favorito l'erosione d'alveo.

Il F. Tronto, infatti, ha inciso e successivamente alluvionato le arenarie e marne di base, della Formazione Messiniana (Formazione della Laga), conferendo alla zona in oggetto la tipica morfologia terrazzata rilevabile in corrispondenza delle aree circostanti.

La giacitura degli strati arenacei, rilevabili su affioramenti presenti in zone limitrofe site a Nord, presenta mediamente immersione verso nord-est e pendenza variabile tra i 20 e i 45 gradi rispetto all'orizzonte.

(vedi Tav. 1 - Carta geologico-geomorfologica scala 1:1000)

I terreni indagati tramite sondaggio geognostico a carotaggio continuo, prove SPT in foro di sondaggio e prove sismiche sono, pertanto, formati in superficie da una copertura limosa e limo-sabbiosa di origine colluviale (risedimentazione dei materiali terrigeni asportati dai pendii arenacei

di monte e rimaneggiati dalle acque di corrivazione), sovrastante i depositi alluvionali sabbiosi e sabbioso-limosi passanti alle ghiaie ciottolose alluvionali, ubicati fino alla profondità di circa 9,0 m dal p.c.

Alla profondità di circa 12,50 m, nel punto d'indagine, giacciono le arenarie grigie alterate della formazione di base.

(vedi scheda sondaggio S1 e Tav. 1: Sezione geologica e litostratigrafica AA)

2.4 CARATTERI IDROGEOLOGICI

L'area studiata è interessata principalmente dalle acque di diretta precipitazione meteorica, e dalle acque di versante provenienti dalle zone più alte in quota site a Nord e convogliate verso l'asta del F. Tronto, dai versanti estesi a monte e dalla vallecchia, alla cui intersezione con il terrazzo alluvionale di valle è ubicata la scuola oggetto di studio.

Tali acque vengono smaltite piuttosto rapidamente in profondità dai depositi colluviali limo-sabbiosi ed alluvionali prevalentemente sabbiosi, caratterizzati da discreti valori di conducibilità idraulica; il drenaggio delle acque superficiali avviene rapidamente in corrispondenza dei depositi ghiaioso - ciottolosi con elevata conducibilità idraulica.

Le acque di infiltrazione superficiale vengono tamponate dalle arenarie e marne di base, impermeabili, ubicate alla profondità media di circa 12,0-13,00 m dal p.c..

Nell'area in esame non è stata rilevata una falda acquifera, ma è possibile una modesta circolazione idrica profonda al contatto con il bed rock impermeabile e tamponante.

(vedi Tav. 1: sezione geologica e litostratigrafica AA)

3. INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

3.1 CARATTERI LITOSTRATIGRAFICI E LITOTECNICI DEI TERRENI

L'andamento stratigrafico dei terreni che costituiscono l'area in oggetto è stato ricostruito mediante rilevamento geomorfologico di campagna, la consultazione delle cartografie e studi geologici eseguiti dalla sottoscritta (PRG Ascoli Piceno), indagini reperite eseguite in aree limitrofe e le indagini eseguite per lo studio attuale di vulnerabilità sismica:

- n. 1 sondaggio geognostico (reperito);
- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo;
- n. 2 prove SPT in foro di sondaggio;
- n. 1 misura sismica attiva MASW;
- n. 1 misura sismica passiva HVSR

Tali indagini hanno rilevato la presenza di materiali di copertura limosi e limoso-sabbiosi sovrastanti le sabbie e ghiaie alluvionali di terrazzo; questi ultimi, dello spessore medio di circa 5,00 m, giacciono sulle arenarie e marne di base, dapprima alterate e fratturate, ubicate alla profondità media di circa 12,50 m nel punto di indagine (vedi sondaggio S1); l'andamento della formazione litoide di base è subpianeggiante, lievemente inclinata verso Sud.

Pertanto la sequenza stratigrafica media dei terreni indagati, riferita al p.c. attuale, risulta:

- da m. 0,00 a m. 1,50 circa dal p.c.: terreno di riporto limo-argilloso con pietrisco e sabbia
- da m. 1,50 a m. 7,00 circa dal p.c.: limi e limi sabbiosi marroni moderatamente consistenti
- da m. 7,00 a m. 9,0 circa dal p.c.: sabbie limose e sabbie giallastre alluvionali
- da m. 9,00 a m. 12,50 circa dal p.c.: ghiaie ciottolose in matrice sabbiosa, alluvionali
- da m. 12,50 circa in poi: arenarie alterate, bituminose, di colore grigio-nerastro

(vedi sondaggio geognostico S1 eseguito e Tav. 1 - sezione geologica e litostratigrafica AA)

La sequenza lito-stratigrafica precedentemente evidenziata, le prove SPT (standard penetration test) eseguite nel foro di sondaggio, i dati geotecnici in possesso della sottoscritta e l'indagine sismostratigrafica eseguita sul lato valle dell'edificio scolastico, hanno permesso di individuare, per omogeneità litologica e meccanica, n. 4 livelli geotecnici (escluso il terreno vegetale/di riporto), di seguito riportati:

1^ Livello geotecnico: limi e limi sabbiosi marroni

- ubicazione in profondità (max) dal p.c.: da m. 1,50 a m. 7,00
- NSPT = 6 alla profondità di 1,50 m. / 7 alla profondità di 3,0 m
- peso dell'unità di volume (p.v.) = 1,8 Kg/dmc
- angolo d'attrito interno (ϕ) = 25 gradi
- coesione non drenata (C_u) = 0,4 Kg/cm²
- modulo edometrico (E) = 30 Kg/cm²

2^ Livello geotecnico: sabbie limose e sabbie giallastre

- ubicazione media dal p.c.: da m. 7,00 a 9,00 m.
- peso dell'unità di volume (p.v.) = 1,9 Kg/dmc
- angolo d'attrito interno (ϕ) = 30 gradi
- modulo edometrico (E) = 80 Kg/cm²

3^ Livello geotecnico: ghiaie ciottolose in matrice sabbiosa

- ubicazione media in profondità dal p.c.: da m. 9,00 a m. 12,00
- peso dell'unità di volume (p.v.) = 1,9 Kg/dmc
- angolo d'attrito interno (ϕ) = 35 gradi
- modulo edometrico (E) = 180 Kg/cm²

4^ Livello geotecnico: arenarie grigie di base con livelli marnosi alterate e fratturate

- ubicazione media in profondità dal p.c.: da m. 12,00 in poi
- peso dell'unità di volume (p.v.) = 2,1 Kg/dmc
- angolo d'attrito interno (ϕ) = 35-40 gradi
- coesione non drenata (C_u) = 2,5 Kg/cm² (livelli marnosi)

(vedi Tav. 1 - sezione litotecnica prospetto Est)

4. AZIONE SISMICA

4.1 CATEGORIE STRATIGRAFICHE, TOPOGRAFICHE ED AZIONI SISMICHE (NTC2018)

Secondo il D.M. gennaio 2018 le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. La pericolosità sismica è definita:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC;
- in corrispondenza di un reticolo di riferimento;
- per diverse probabilità di superamento nella vita di riferimento PVR.

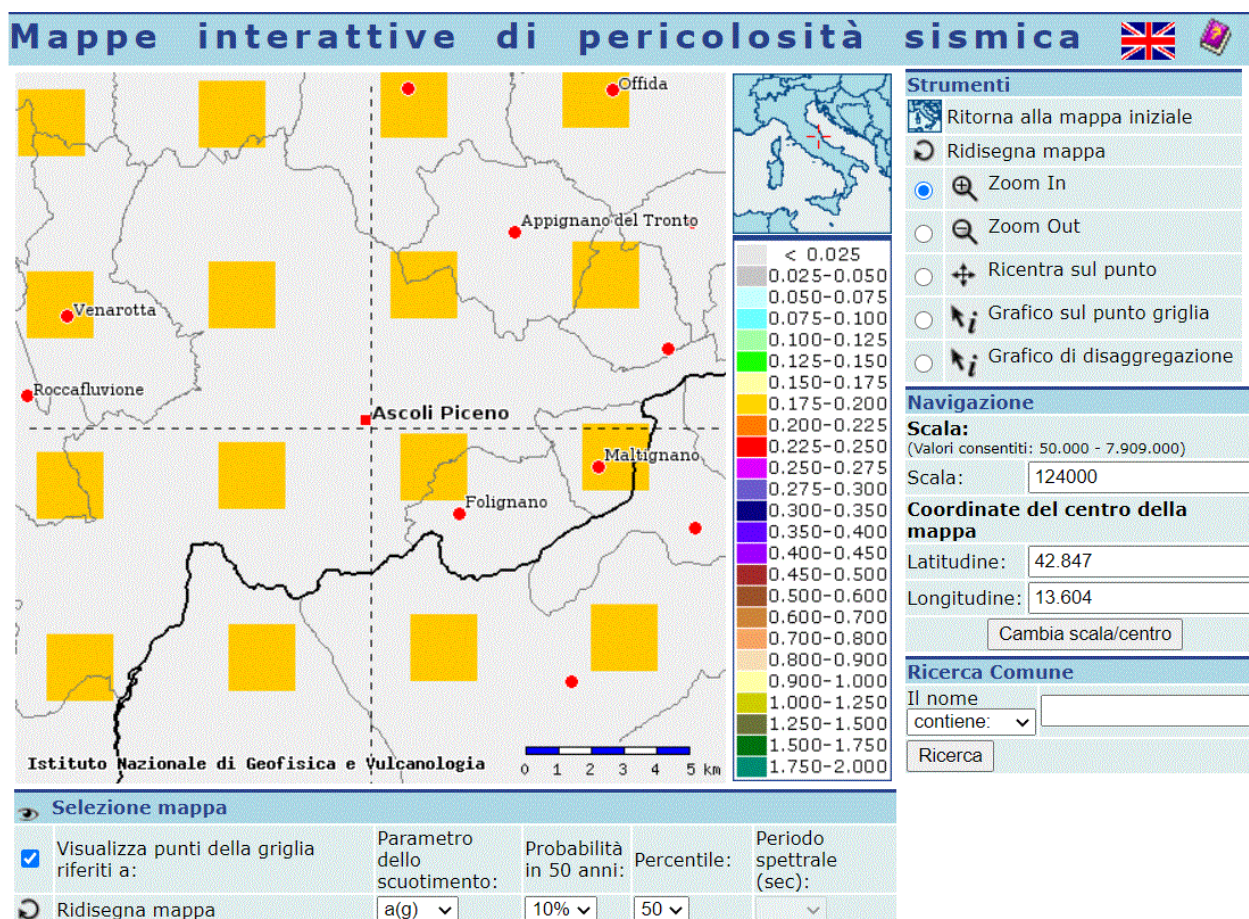


Figura 1: Mappa pericolosità sismica da INGV.

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In base alla posizione del sito, alla classe d'uso e alla vita nominale della costruzione, si ottengono i parametri su sito di riferimento rigido orizzontale secondo gli stati limite di esercizio (SLO, SLD) e gli stati limite ultimi (SLV, SLC).

Per la valutazione dell'azione sismica di progetto le NTC'18 prevedono un approccio semplificato basato sull'individuazione delle condizioni topografiche, in base della morfologia del sito, e delle categorie di sottosuolo di riferimento, valutate in funzione della velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ di seguito definita:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

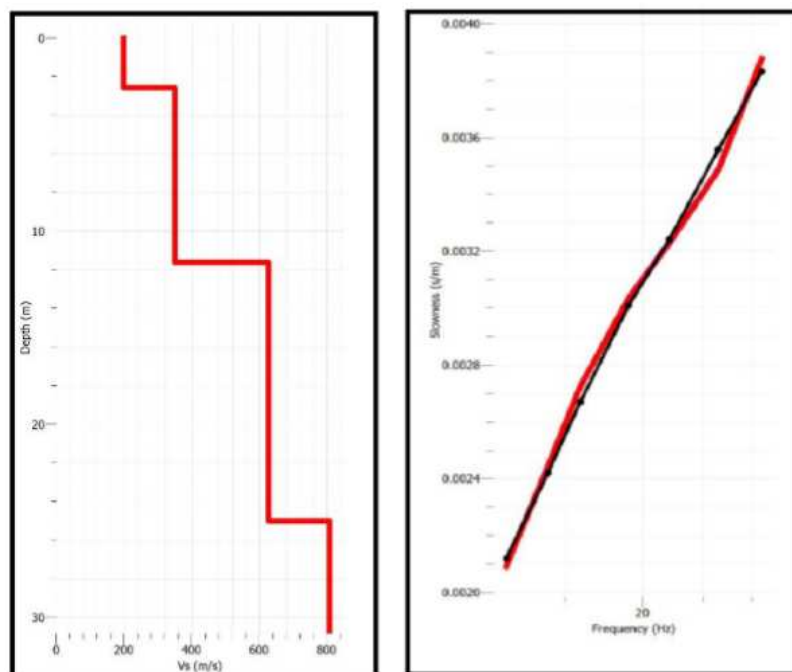
$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Nel sito di interesse è stata realizzata un'indagine sismica articolata in: n. 1 misura sismica attiva di tipo MASW che ha consentito la definizione della V_s equivalente e n. 1 misura sismica passiva mediante tromografo digitale (tromino metodo HVSR), necessaria per valutare la frequenza fondamentale di vibrazione del terreno.

La misura sismica attiva MASW ha evidenziato il seguente andamento delle V_s :



Sismostrato	Profondità		Spessore	Vs (m/s)
1	0.00	2.54	2.54	198
2	2.54	11.85	9.31	355
3	11.85	24.78	12.93	627
4	24.78	---	---	810

Figura 2: Sismostratigrafia da analisi congiunta MASW – H/V.

L'indagine sismica ha evidenziato la presenza di substrato sismico ($V_s > 800$ m/sec) alla profondità di circa 24,78 m. dal p.c. attuale; il valore di V_s equivalente ottenuto è **pari a 415 m/sec**; pertanto, il sito in esame appartiene alla seguente **Categoria di sottosuolo: B – Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{seq} compresi tra 360 m/s e 800 m/s.**

(vedi report indagine sismica)

In base alla morfologia l'area in esame presenta **Condizioni topografiche di tipo T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.**

La misura sismica passiva H/V ha mostrato un modesto picco di amplificazione alla **frequenza di 7.47 \pm 1.88 Hz** di ampiezza inferiore a 2.

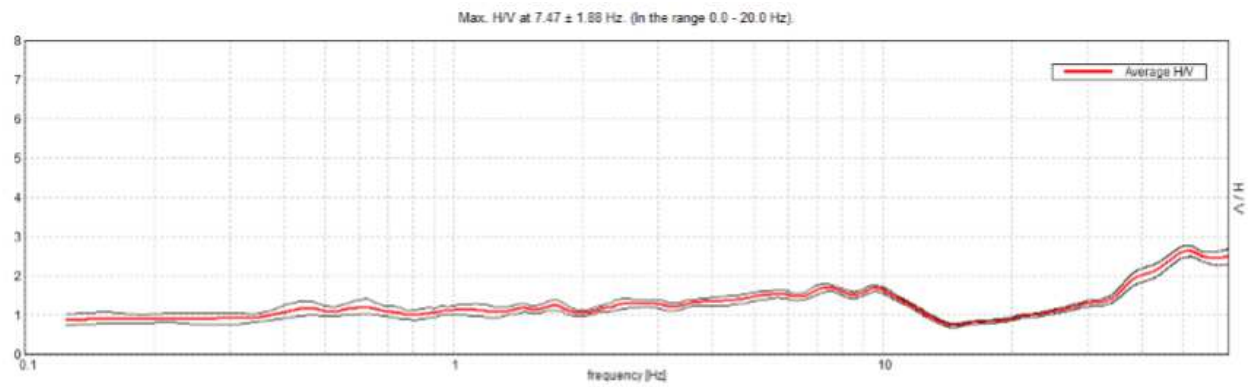
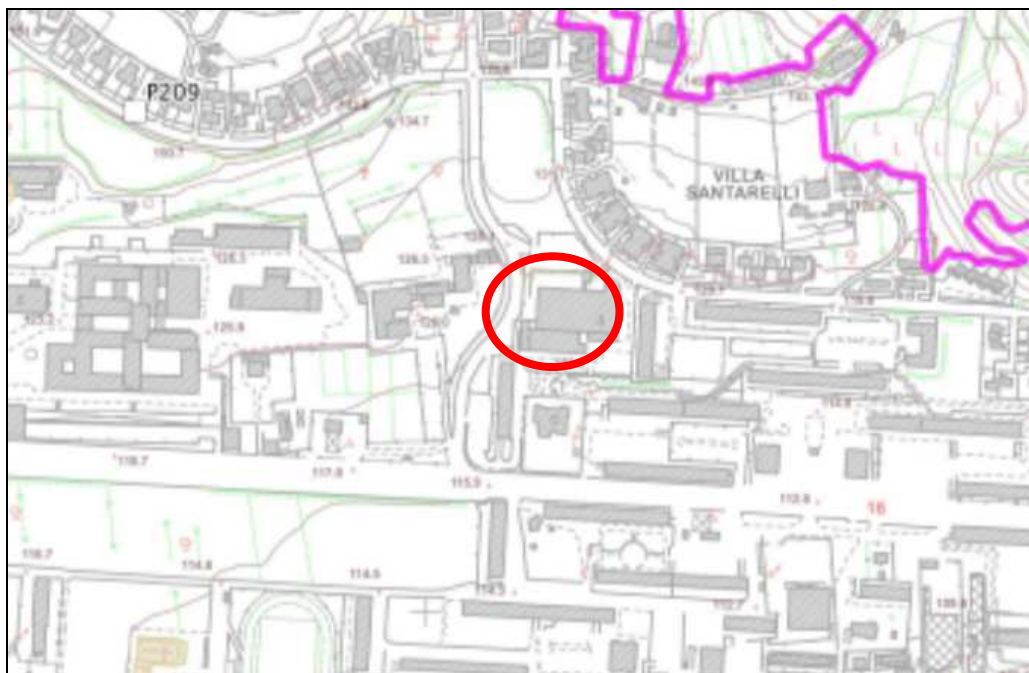


Figura 3: Misura HVSR

4.2 RISULTATI DEGLI STUDI DI MZS DI LIVELLO 3 E CONFRONTO DEGLI SPETTRI

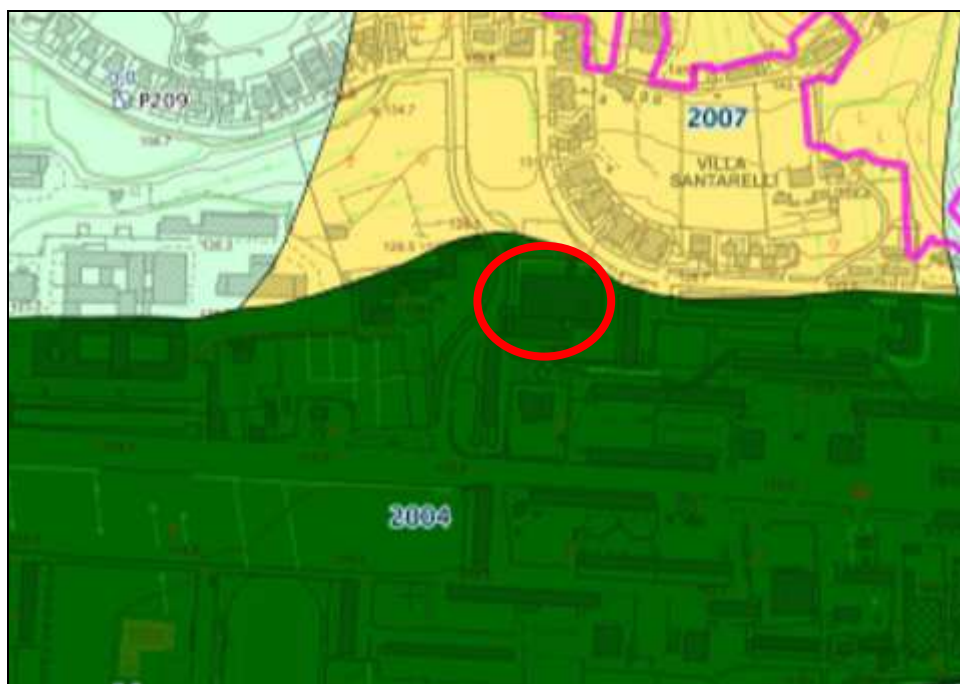
L'area di ubicazione dell'edificio scolastico in esame rientra nella porzione di territorio comunale oggetto di studi di Microzonazione Sismica di livello 3 (febbraio 2018); di seguito si riportano stralci delle Carte di MZS (in rosso l'edificio oggetto di intervento)

Stralcio Carta delle frequenze naturali dei terreni (f_0)

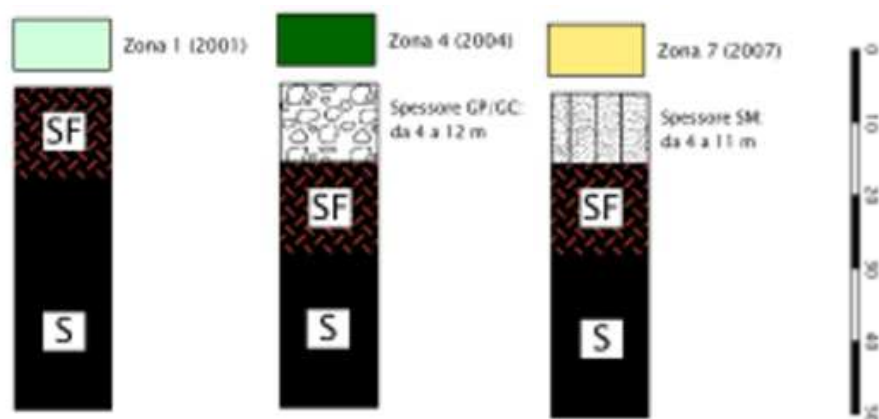


Dallo stralcio cartografico sopra allegato risulta che in prossimità dell'edificio scolastico oggetto di studio non sono presenti misure sismiche effettuate in sede di redazione dello studio di MZS di livello III.

Stralcio Carta delle Microzone Omogenea in Prospettiva Sismica (MOPS)



Zone stabili suscettibili di amplificazione



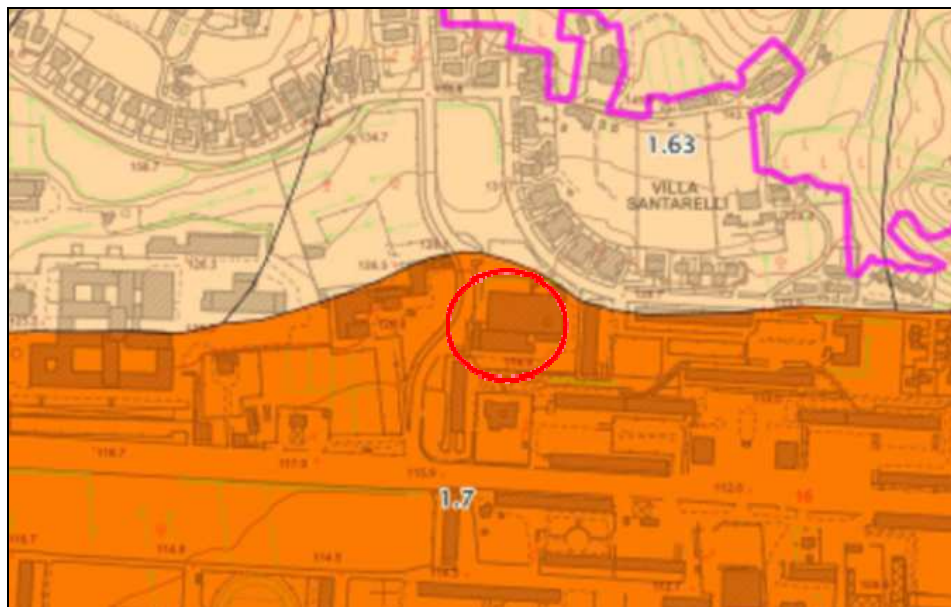
L'edificio scolastico in esame ricade in zona stabile suscettibile di amplificazione definita dalla MOPS 2004, caratterizzata da coperture ghiaioso sabbiose GP/CC con spessore compreso tra 4 e 12 m., poggianti su substrato alterato (SF), passante in profondità al substrato integro (S).

Le carte di MZS di livello tre forniscono dei valori di Fattore di Amplificazione FA per tre diversi intervalli di periodo T: 0.1-0.5 sec, 0.4-0.8 sec., 0.7-1.1 sec.

I fattori FA sono rapporti tra grandezze integrali derivate da spettri di risposta elastici alla superficie e quelli corrispondenti al moto atteso su suolo di riferimento pianeggiante ed ipoteticamente affiorante nello stesso sito, valutati su ciascuna MOPS per i tre diversi intervalli di periodo di vibrazione.

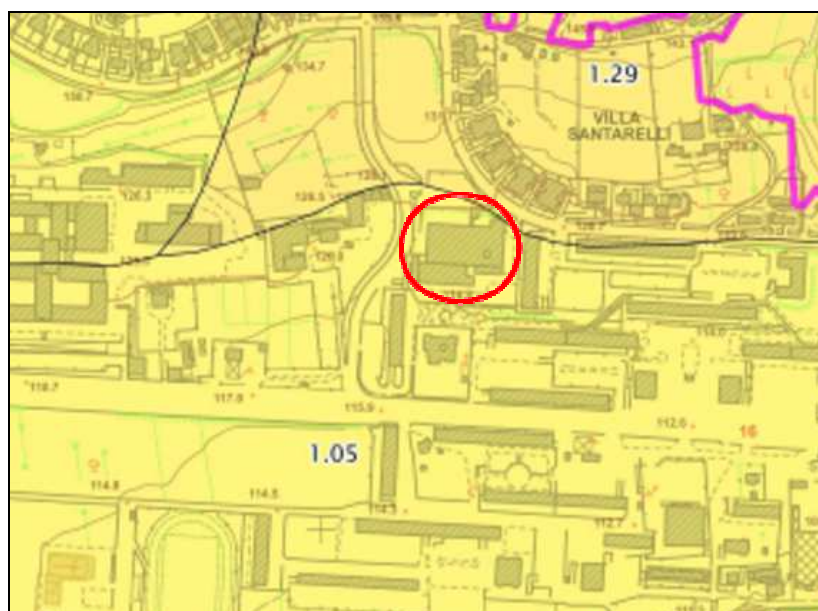
Ad ogni fattore di amplificazione FA è associato uno spettro di risposta in pseudoaccelerazione allegato agli studi di MZS. I fattori di amplificazione sono riportati nei seguenti stralci cartografici:

Stralcio Carta di Microzonazione Sismica (FA0105 s)



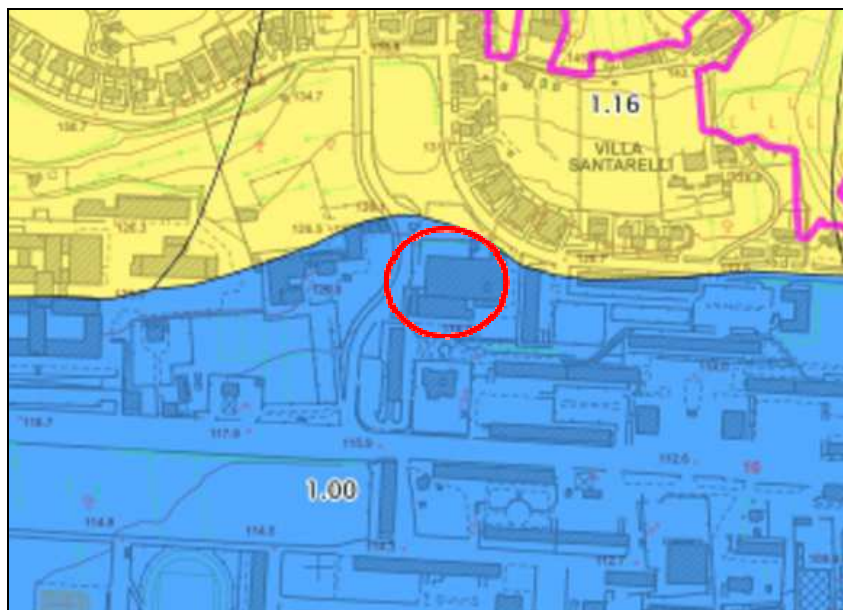
Il valore di FA nell'intervallo di Periodo 0.1-0.5 sec è 1.7

Stralcio Carta di Microzonazione Sismica (FA0408 s)



Il valore di FA nell'intervallo di Periodo 0.4-0.8 sec è 1.05

Stralcio Carta di Microzonazione Sismica (FA0711s)



Il valore di FA nell'intervallo di Periodo 0.7-1.1 sec è 1.0.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione associato alla MOPS 2004 (allo SLV) comprendente l'edificio scolastico di Monticelli, normalizzato secondo la procedura prevista dall'Allegato 1 all'Ordinanza n. 55 del 24 aprile 2018 del Commissario del Governo per la Ricostruzione nei territori interessati dal sisma del 24 agosto 2016, presenta i seguenti parametri:

ag (g) 0,350
Sa max (g) 1,234
T (Sa max) 0,170
Sa medio (g) 0,958
Sv max (m/s) 0,369
T (Sv max) 0,280
Sv medio (m/s) 0,336
Tb 0,075
Tc 0,225
Td 2,999
Fo 2,739

Si sottolinea che le analisi numeriche di MZS di livello 3 si riferiscono allo SLV per interventi appartenenti alla Classe d'Uso Cu II con Vita Nominale di 50 anni, con accelerogrammi di input (in numero di 7), relativi ad un tempo di ritorno di 475 anni; pertanto, tali parametri non sono utilizzabili per la definizione dell'azione sismica di progetto relativa agli edifici scolastici, appartenenti alla Classe d'Uso III.

4.3 ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL)

Di seguito si sintetizzano i risultati dell'analisi di risposta sismica locale monodimensionale (RSL) eseguita per la valutazione dell'azione sismica, come previsto dall'aggiornamento delle NTC'18 al par.3.2.2.: “ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi”.

L'analisi è stata eseguita nei confronti dello SLV (Stato limite di Salvaguardia della Vita), dello SLD (Stato limite di Danno) e dello SLO (Stato Limite di Operatività) per costruzioni con Vita Nominale di 50 anni rientranti nella Classe d'uso III a cui si associa un valore di C_u pari a 1,5 secondo le seguenti Tabelle:

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_u

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

Il sito in esame è definito dalle seguenti coordinate del punto medio:

sistema WGS84: lat.: 42.851677°; long.: 13.624555°

sistema ED50: lat.: 42.852486 - Long 13.625533.

Per calcolare l'accelerazione di base del sito e l'azione sismica di progetto è stato utilizzato il software gratuito Edilus-MS utilizzabile on-line al seguente indirizzo <https://www.acca.it/edilus-ms/>.

Utilizzando tale software, posizionando il cursore sull'edificio oggetto di analisi, impostata la vita nominale della struttura ($V_N=50$ anni) ed il coefficiente d'uso della struttura ($c_u=1,5$), si ottengono i valori riportati nella seguente tabella:

Stato Limite	T_R (anni)	A_g (g)	F_0	T_C^*
SLO	45	0.069	2.455	0.291
SLD	75	0.086	2.447	0.309
SLV	712	0.206	2.490	0.350
SLC	1462	0.263	2.528	0.358

Nella valutazione delle azioni sismiche locali è necessario definire gli accelerogrammi di input utilizzati, ricordando che l'uso di accelerogrammi artificiali non è ammesso nelle analisi dinamiche di opere e sistemi geotecnici (NTC18 § 3.2.3.6).

L'analisi è stata effettuata adottando una procedura di calcolo in cui viene simulata la propagazione di onde sismiche all'interno di strati di terreno compresi tra il substrato sismico ($V_s > 800$ m/sec) ed il piano campagna; tale analisi richiede le seguenti operazioni preliminari:

- Scelta della schematizzazione geometrica del problema
- Definizione del modello geotecnico del sottosuolo,
- Definizione dell'azione sismica al substrato roccioso (scelta dell'input sismico)
- Scelta della procedura di analisi.

I risultati forniti nel presente studio costituiscono una valutazione del moto sismico “più realistico” derivante da una analisi monodimensionale (1D) implementata mediante il codice di calcolo Strata, che definisce la modifica che il segnale sismico subisce, a causa delle condizioni locali, rispetto a quello su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di tipo A).

Il risultato della presente analisi di RSL è lo spettro elastico in accelerazione delle componenti orizzontali relativi allo SLV ed allo SLD.

Modellazione Geologica e Geotecnica del sottosuolo

Il modello geologico, ricavato dalla consultazione delle indagini sopra descritte, si può schematizzare con la seguente sequenza stratigrafica a partire dal p.c. attuale:

- Terreno vegetale e di riporto
- Sabbie e sabbie limose
- Ghiaie ciottolose in matrice sabbiosa
- Arenarie grigie alterate e fratturate
- Arenarie integre

Pertanto, il modello geotecnico e sismico del sottosuolo adottato nella modellazione è il seguente:

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	2.50	terreno vegetale e riporto	198.00
2	2.50	9.50	sabbie e ghiaie in matrice sabbiosa	355.00
3	12.00	12.00	arenarie alterate	627.00
4	24.00	Half-Space	Bedrock	810.00

La misura sismica passiva HVSR ha evidenziato un modesto picco di amplificazione, piuttosto ampio e non ben definito, alla frequenza di circa 7.4 ± 1.88 Hz con ampiezza che non raggiunge il valore di 2 (assenza di importanti contrasti di impedenza).

Tale misura sismica è stata utilizzata per calibrare il modello geologico e sismico sopra descritto mediante analisi EL (Lineare Equivalente) con il software Strata; il valore di picco di frequenza ottenuto dalla simulazione è di 5.75 Hz e rientra nel range di frequenza 7.4-1.88 Hz registrato dal tromografo digitale.

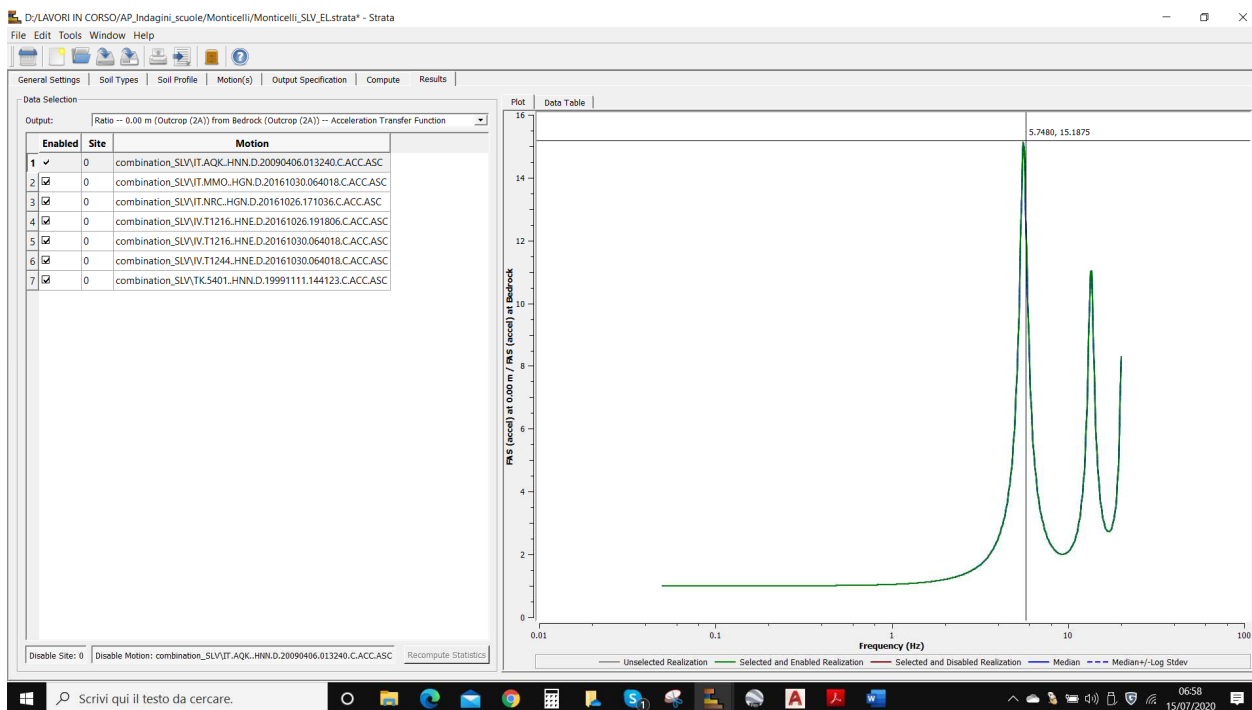


Figura 4: funzione di amplificazione ottenuta da analisi LE

Per descrivere la dipendenza del modulo di taglio (G) e dello smorzamento (D) dalla deformazione, sono state utilizzate le curve di decadimento indicate sullo studio di MZS di livello III del territorio comunale, relative alla tipologia dei terreni presenti.

In particolare, per terreno di riporto e di copertura si sono utilizzate le curve Prova AP_SM, per le sabbie e ghiaie si sono adottate le curve di Rollins ed ali 1998 e per il substrato alterato le curve di Modoni e Gazzelloni (2010).

Definizione dei dati di INPUT sismico

Per poter effettuare l'analisi è necessario definire l'azione sismica da applicare al substrato sismico roccioso rappresentata da un numero prefissato di registrazioni accelerometriche.

Nel caso in esame si sono utilizzati accelerogrammi naturali (il numero minimo che consente di far riferimento ai valori medi dei risultati, secondo quanto prescritto dalle NTC'18) selezionati dalla banca accelerometrica digitale European Strong-motion Database (ESD), imponendo i criteri di scelta e spettro-compatibilità imposti dalle NTC 18.

Per la selezione degli accelerogrammi di input è stato utilizzato il codice REXELite (Iervolino et al., 2011), sviluppato in collaborazione tra INGV, Politecnico GNGTS 2017 e consorzio ReLUIIS nell'ambito del progetto della convenzione tra INGV e DPC denominato S4 (2007-2009). REXELite è disponibile al sito della banca dati accelerometrica Europea e Italiana (rispettivamente <http://esm.mi.ingv.it>, ESM, e <http://itaca.mi.ingv.it>, ITACA).

Lo spettro elastico di accelerazione di riferimento al sito viene costruito specificando le coordinate geografiche del sito, la categoria di sottosuolo (A - A*), la categoria topografica (T1), la "Vita Nominale" ($V_n=50$ anni) dell'opera strutturale, la "Classe d'Uso" ($CU=1.5$) e lo "Stato Limite" di interesse (SLV e SLD).

Gli accelerogrammi sono stati selezionati dalla banca dati, specificando:

- un intervallo di magnitudo e distanza sorgente-sito partendo da dati di disaggregazione del sito;
- il tipo di meccanismo focale dell'evento;
- la categoria di sottosuolo.

L'insieme dei 7 accelerogrammi è stato selezionato in modo che la loro media sia compresa tra una tolleranza minima e massima rispetto allo spettro di riferimento (tolleranza minima del 10%, tolleranza massima 30%) nell'intervallo di periodo: 0.1 - 1.1 s (Ord. n. 24 del 12 maggio 2017).

Il primo criterio per la selezione degli accelerogrammi reali è la compatibilità con i vincoli sismotettonici del contesto geologico regionale e, in particolare, con i valori di magnitudo, distanza epicentrale ed i meccanismi focali dei terremoti di scenario che contribuiscono maggiormente alla pericolosità del sito.

Tale informazione è stata ottenuta dall'analisi dei dati di disaggregazione della pericolosità sismica disponibili sul sito web dell'INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>) per tutto il territorio nazionale, con riferimento ai punti del reticolo in cui esso è stato suddiviso.

Definizione dei dati di INPUT sismico_SLV

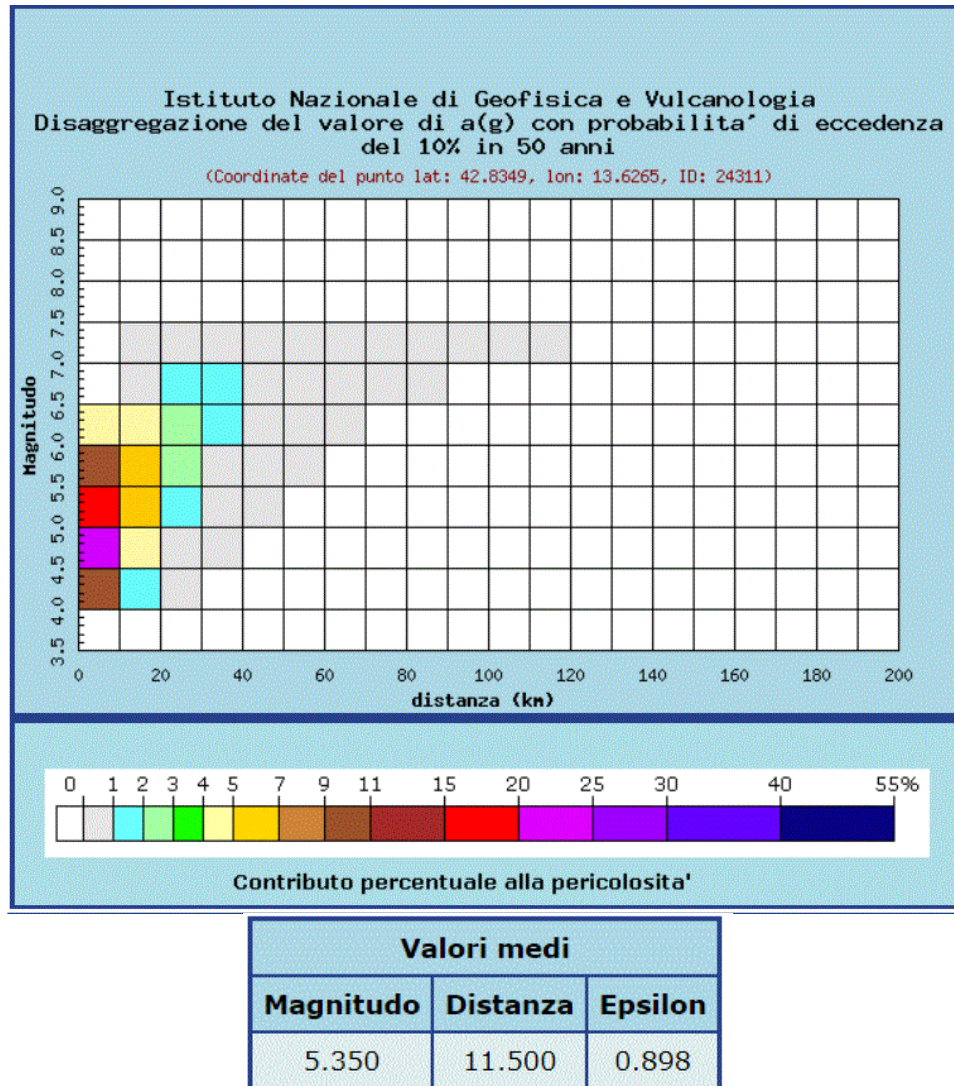


Figura 5: Risultati dati di disaggregazione_SLV

Con riferimento alle figure sopra riportate la coppia Magnitudo-distanza del sito sono:

M (magnitudo) compresa fra $M_{min} = 4$ e $M_{max} = 7$ R (distanza) compresa fra $R_{min} = 0$ Km e $R_{max} = 40$ Km

Una prima ricerca dell'input sismico effettuata imponendo i dati M-R provenienti dal grafico della disaggregazione non ha fornito una settupla compatibile; pertanto, si   ripetuta la ricerca variando la distanza massima R (50 Km).

Request info			
Request number	23698		
Session title	Scuola Don Giussani_AP_SLV		
Processing started at	2020-07-15 07:11:55		
Latitude [degrees]	42.85152	Longitude	13.62429
Site classification (EC8)	A		
Topography	T1 - flat surfaces, isolated cliffs and slopes with average slope angle not greater than 15°		
Nominal life [years]	50 years - ordinary structures		
Building functional type	3 - important structures (Cu=1.5)		
Limit state probability	Life safety (P=10%)		
Ground motion components	One horizontal component		
Station site classification criteria	A,A*,B,B*,C,C*,D,D*,E,E*		
Focal mechanism	Not selected		
Magnitude (Ml or Mw)	min	4.0	max 7.0
Epicentral distance [km]	min	0.0	max 50.0
Period range [s]	lower	0.1	upper 1.1
Tolerance [%]	lower	10.0	upper 30.0
Scaled records	No		
Include...	late trigger events	No	analog records No

Figura 6: Schema parametri di input per l'estrazione degli accelerogrammi con RexeLite_SLV

Imponendo i criteri di ricerca sopra indicati si è ottenuto il seguente set di accelerogrammi naturali registrati su siti A e A*, costituito dai sette accelerogrammi indicati in Fig. 7 e Fig.8.

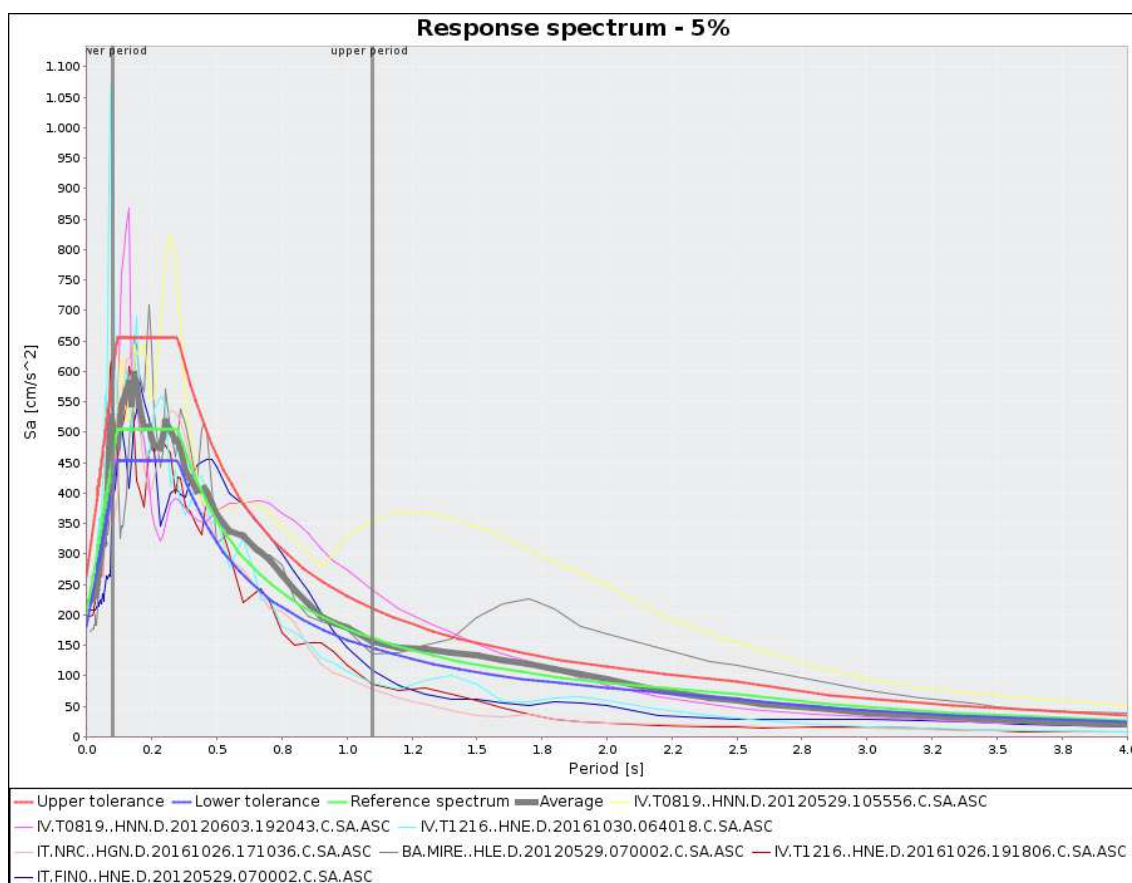


Fig.7: spettri degli accelerogrammi di input e limiti di spettrocompatibilità ottenuti da RexeLite_SLV

Network	Station code	Event time	Scale factor	Usable Bandwidth [Hz]	Orientation	Response spectrum
BA - University of Basilicata (UNIBAS) Network [BAS]	MIRE	2012-05-29 07:00:02	1.0	39.93	HLE	
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	FIN0	2012-05-29 07:00:02	1.0	29.95	HNE	
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	NRC	2016-10-26 17:10:36	1.0	29.93	HGN	
IV - Italian National Seismic Network [INGV]	T0819	2012-05-29 10:55:56	1.0	39.95	HNN	
IV - Italian National Seismic Network [INGV]	T0819	2012-06-03 19:20:43	1.0	39.9	HNN	
IV - Italian National Seismic Network [INGV]	T1216	2016-10-26 19:18:06	1.0	29.96	HNE	
IV - Italian National Seismic Network [INGV]	T1216	2016-10-30 06:40:18	1.0	29.96	HNE	

Figura 8: codici identificativi degli accelerogrammi di input_SLV estratti con RexeLite

Definizione dei dati di INPUT sismico_SLD

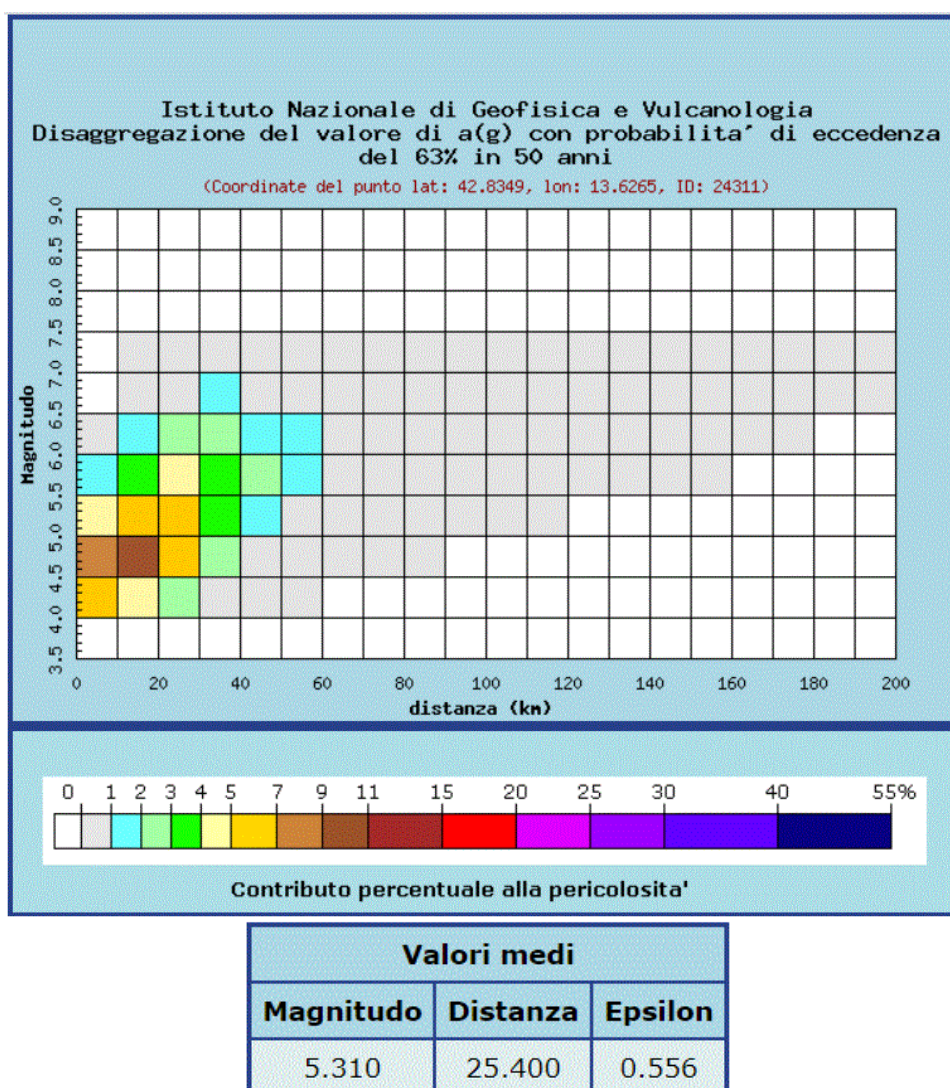


Figura 9: Risultati dati di disaggregazione_SLD

Con riferimento alle figure sopra riportate la coppia Magnitudo-distanza del sito sono:
M (magnitudo) compresa fra $M_{min} = 4$ e $M_{max} = 7$ R (distanza) compresa fra $R_{min} = 0$ Km e $R_{max} = 60$ Km

REXELite Confirm Input Data

Session title	Scuola Don Giussani_AP_SLD		
Latitude [degrees]	45.85152	Longitude	13.62429
Site classification (EC8)	A		
Topography	T1 - flat surfaces, isolated cliffs and slopes with average slope angle not greater than 15°		
Nominal life [years]	50 years - ordinary structures		
Building functional type	3 - important structures ($C_u=1.5$)		
Limit state probability	Damage ($P=63\%$)		
Ground motion components	One horizontal component		
Station site classification criteria	A,A*,B,B*,C,C*,D,D*,E,E*		
Focal mechanism	Not selected		
Magnitude	min 4.0	max	7.0
Type of magnitude to use	Mw or MI indifferently		
Epicentral distance [km]	min 0.0	max	60.0

Figura 10: Schema parametri di input per l'estrazione degli accelerogrammi con RexeLite_SLD

Imponendo i criteri di ricerca sopra indicati si è ottenuto il seguente set di accelerogrammi naturali registrati su siti A e A*, costituito dai sette accelerogrammi indicati in Fig.11 e12.

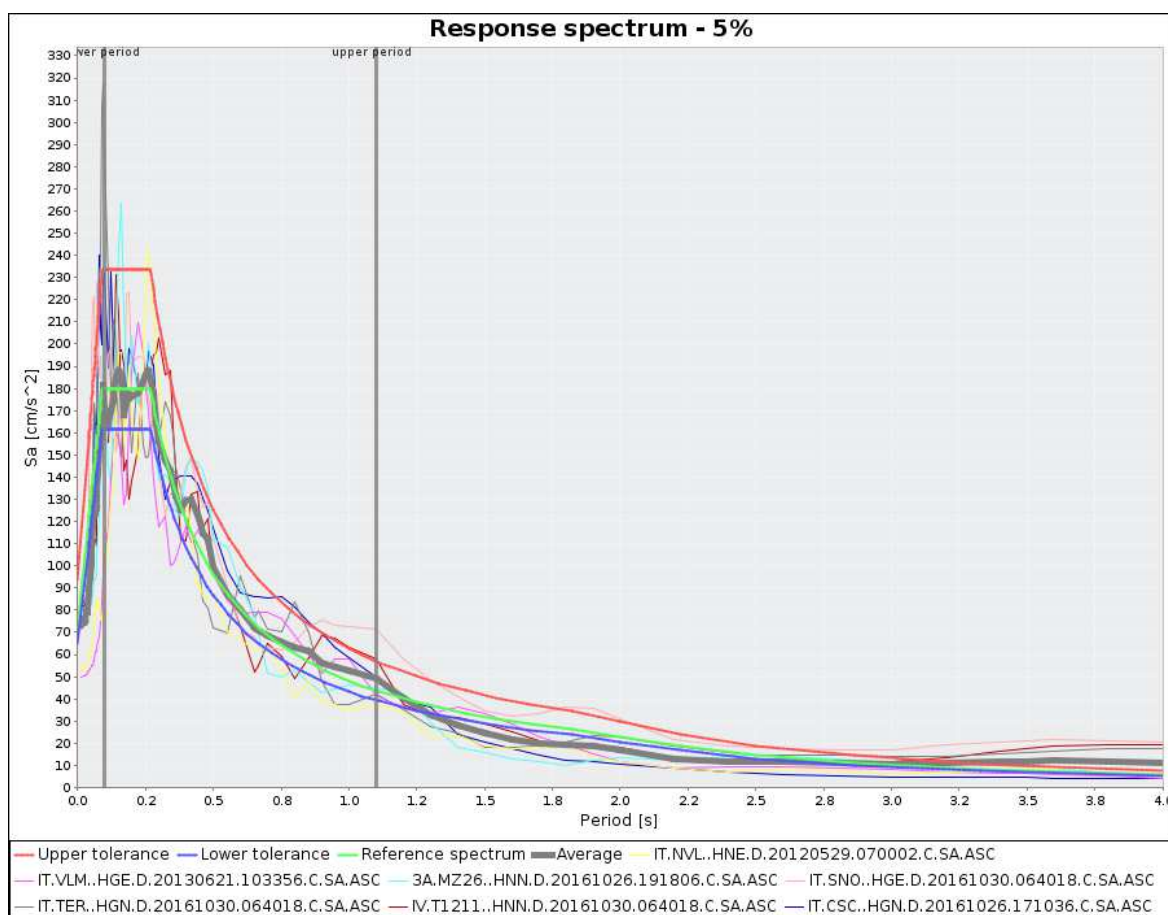


Fig.11: spettri degli accelerogrammi di input e limiti di spettrocompatibilità ottenuti da RexeLite_SLD

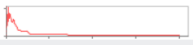



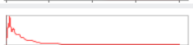
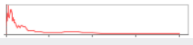

Network	Station code	Event time	Scale factor	Usable Bandwidth [Hz]	Orientation	Response spectrum
3A - Centro di microzonazione sismica Network, 2016 Central Italy seismic sequence	MZ26	2016-10-26 19:18:06	1.0	29.95	HNN	
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	CSC	2016-10-26 17:10:36	1.0	29.92	HGN	
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	NVL	2012-05-29 07:00:02	1.0	29.94	HNE	
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	SNO	2016-10-30 06:40:18	1.0	69.97	HGE	
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	TER	2016-10-30 06:40:18	1.0	49.97	HGN	
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	VLM	2013-06-21 10:33:56	1.0	39.9	HGE	
IV - Italian National Seismic Network [INGV]	T1211	2016-10-30 06:40:18	1.0	29.98	HNN	

Figura 12: codici identificativi degli accelerogrammi di input_SLD estratti con RexeLite

Gli accelerogrammi selezionati sono stati tutti registrati su siti rocciosi affioranti e sono caratterizzati da valori di magnitudo e distanza epicentrale, compatibili con i risultati dello studio di disaggregazione.

Definizione dei dati di INPUT sismico_SLO

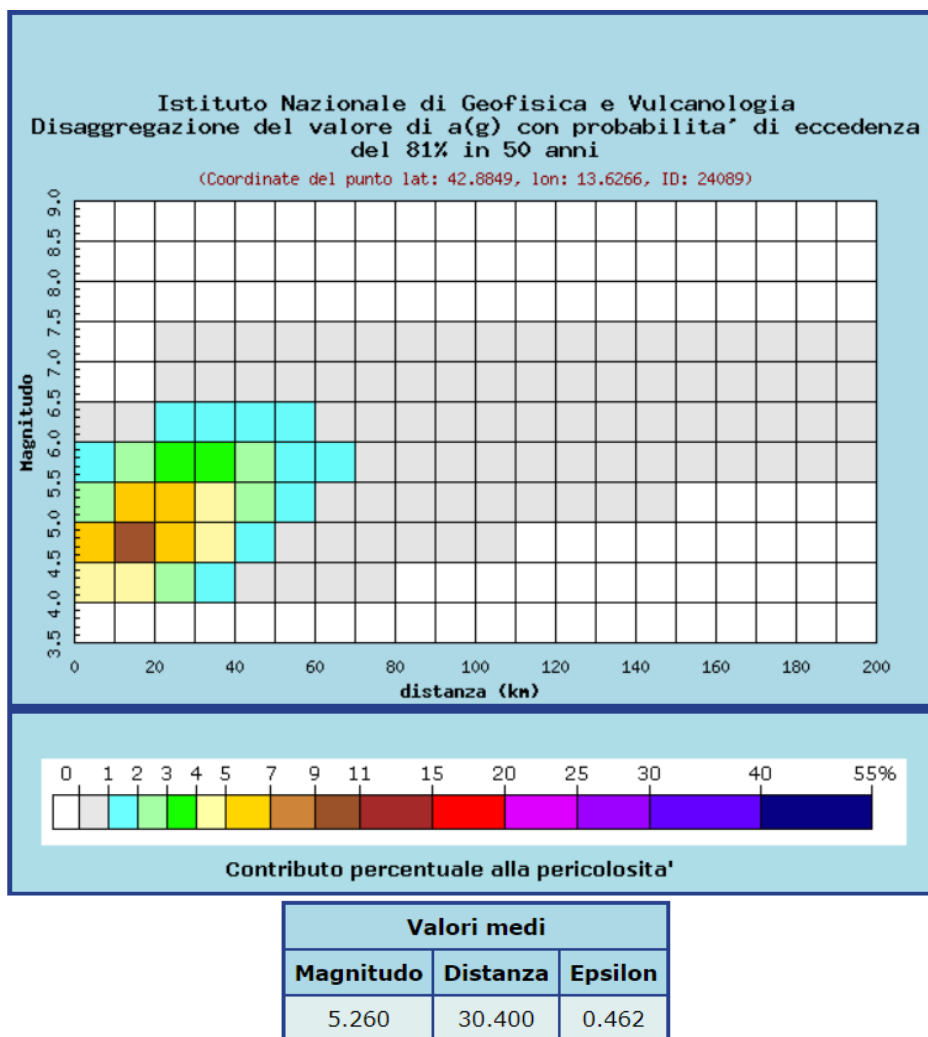


Figura 13: Risultati dati di disaggregazione_SLO

Con riferimento alle figure sopra riportate la coppia Magnitudo-distanza del sito sono:

M (magnitudo) compresa fra $M_{min} = 4$ e $M_{max} = 6.5$ R (distanza) compresa fra $R_{min} = 0$ Km e $R_{max} = 70$ Km

REXELite Confirm Input Data

Session title	AP_Scuola Monticelli_SLO		
Latitude [degrees]	42.851677	Longitude	13.624555
Site classification (EC8)	A		
Topography	T1 - flat surfaces, isolated cliffs and slopes with average slope angle not greater than 15°		
Nominal life [years]	50 years - ordinary structures		
Building functional type	3 - important structures ($C_u=1.5$)		
Limit state probability	Operability ($P=81\%$)		
Ground motion components	One horizontal component		
Station site classification criteria	A,A*		
Focal mechanism	Not selected		
Magnitude	min 4.0	max	6.5
Type of magnitude to use	Mw or MI indifferently		
Epicentral distance [km]	min 0.0	max	70.0

Figura14: Schema parametri di input per l'estrazione degli accelerogrammi con RexeLite_SLO

Imponendo i criteri di ricerca sopra indicati si è ottenuto il seguente set di accelerogrammi naturali registrati su siti A e A*, costituito dai sette accelerogrammi indicati in Fig. 15 e 16.

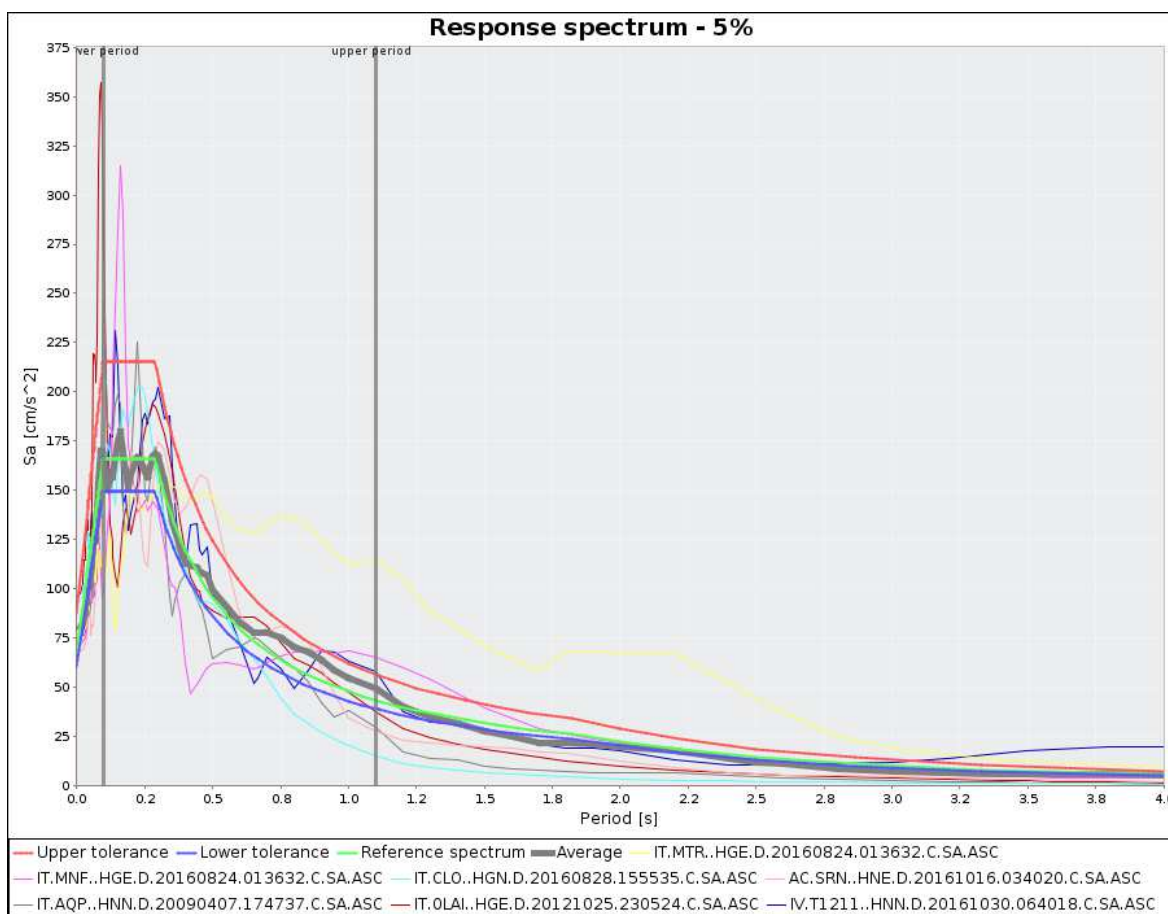


Fig.15: spettri degli accelerogrammi di input e limiti di spettrocompatibilità ottenuti da RexeLite_SLO


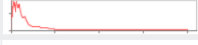











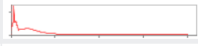


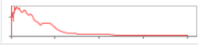


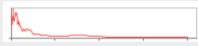

Network	Station code	Event time	Scale factor	Usable Bandwidth [Hz]	Orientation	Response spectrum
AC - Seismological Network of Albania [IGEWE]	SRN 	2016-10-16 03:40:20	1.0	29.9	HNE	 
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	OLA 	2012-10-25 23:05:24	1.0	39.92	HGE	 
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	AQP 	2009-04-07 17:47:37	1.0	39.9	HNN	 
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	CLO 	2016-08-28 15:55:35	1.0	49.93	HGN	 
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	MNF 	2016-08-24 01:36:32	1.0	29.93	HGE	 
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	MTR 	2016-08-24 01:36:32	1.0	39.95	HGE	 
IV - Italian National Seismic Network [INGV]	T1211 	2016-10-30 06:40:18	1.0	29.98	HNN	 

Figura 16: codici identificativi degli accelerogrammi di input_SLO estratti con RexeLite

Gli accelerogrammi selezionati sono stati tutti registrati su siti rocciosi affioranti e sono caratterizzati da valori di magnitudo e distanza epicentrale, compatibili con i risultati dello studio di disaggregazione.

Procedura di calcolo ed analisi dei risultati

Si ipotizza che il moto sismico, applicato al substrato, sia costituito da onde che si propagano in direzione verticale, perpendicolarmente alla direzione di giacitura degli strati.

Ciascuno degli accelerogrammi naturali è stato applicato al substrato sismico e propagato attraverso il profilo di terreno sopra descritto, al fine di determinare l'accelerazione prodotta sulla superficie libera dall'amplificazione dovuta alla stratigrafia del sito.

L'output di STRATA evidenzia lo spettro elastico in accelerazione della componente orizzontale ottenuto in termini di valori medi (media geometrica) e di intervallo di confidenza superiore.

Gli spettri elastici ottenuti, definiti dai parametri T (periodo) ed Se (accelerazione) sono stati "normalizzati" per avere una graficizzazione simile agli spettri di normativa da cui ricavare i parametri analitici a_g , a_{max} , F_0 , T_b , T_c , T_d .

Di seguito si propone una procedura di regolarizzazione dello spettro effettuata secondo l'Allegato 1 all'Ordinanza n.55 del 24 aprile 2018 del Commissario per la ricostruzione (ripresa da ICMS)

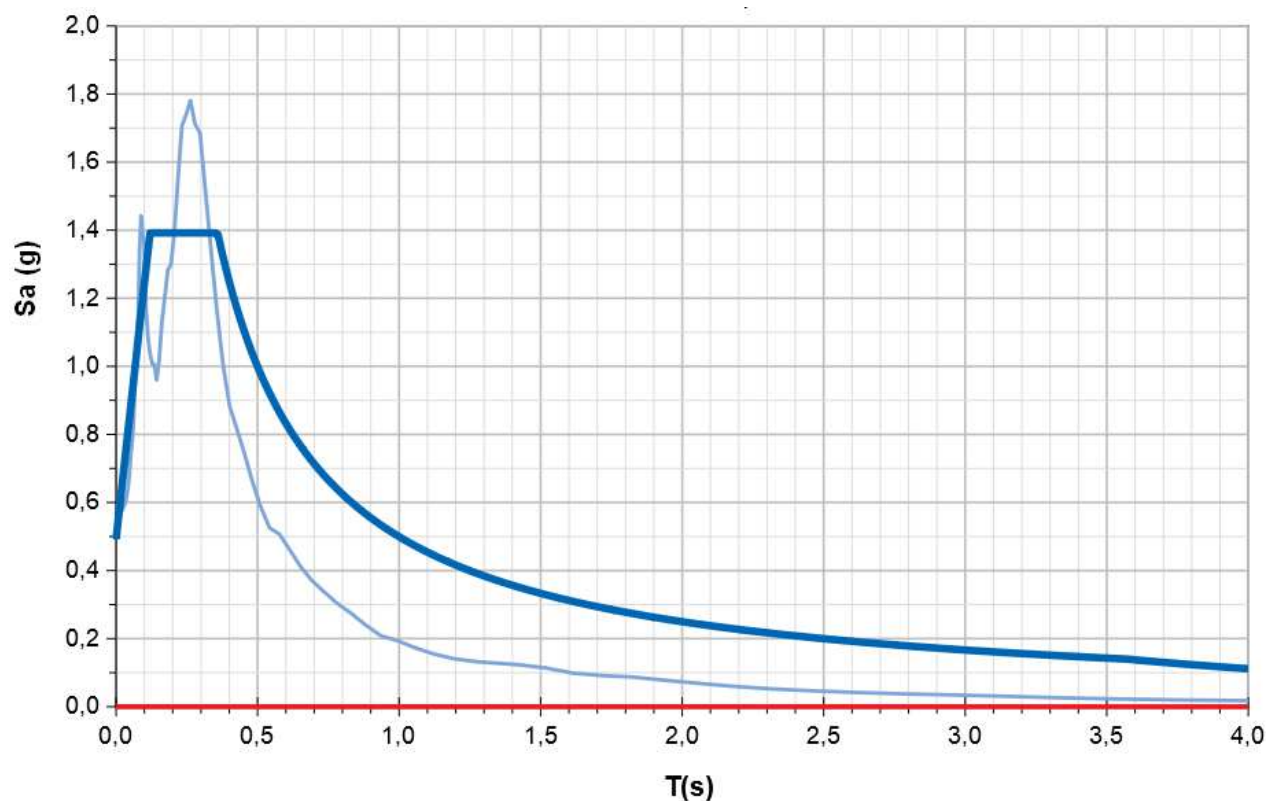
SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO _ SLV

I parametri relativi allo spettro elastico delle componenti orizzontali allo SLV sono i seguenti:

a_g (g) 0,493
 S_a max (g) 1,781
 T (S_a max) 0,263
 S_a medio (g) 1,392
 S_v max (m/s) 0,780
 T (S_v max) 0,296
 S_v medio (m/s) 0,780
 T_b 0,120
 T_c 0,359
 T_d 3,570
 F_0 2,826

La figura sottostante riporta lo spettro di risposta elastico in superficie (linea azzurra) e lo stesso spettro elastico normalizzato alla classica forma dello spettro di normativa (linea blu)

SPETTRO ELASTICO SLV QUOTA P.C. (Classe d'uso III – Vn 50 anni-SLV)



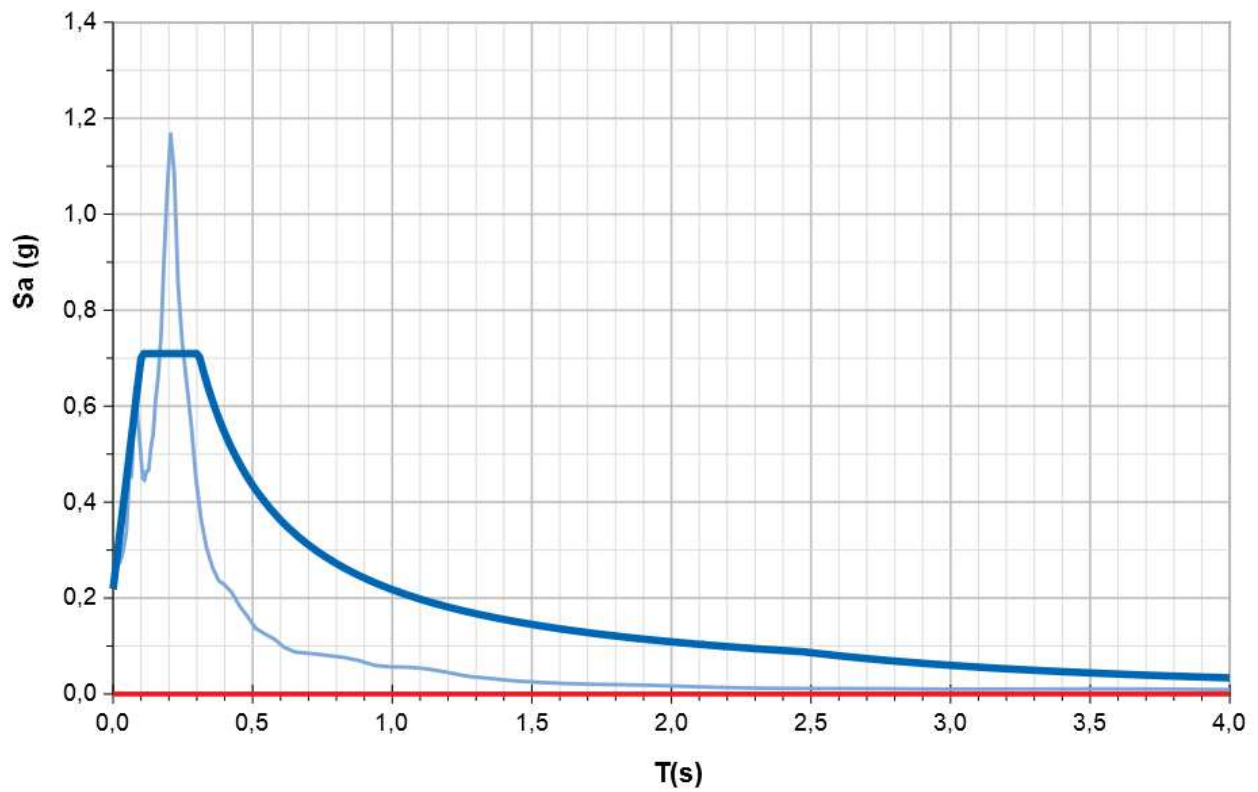
SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO _ SLD

I parametri relativi allo spettro elastico delle componenti orizzontali allo SLD sono i seguenti:

ag (g) 0,219
Sa max (g) 1,167
T (Sa max) 0,206
Sa medio (g) 0,710
Sv max (m/s) 0,375
T (Sv max) 0,206
Sv medio (m/s) 0,340
Tb 0,102
Tc 0,307
Td 2,475
Fo 3,244

La figura sottostante riporta lo spettro di risposta elastico in superficie (linea azzurra) e lo stesso spettro elastico normalizzato alla classica forma dello spettro di normativa (linea blu) allo SLD.

SPETTRO ELASTICO SLD QUOTA P.C. (Classe d'uso III – Vn 50 anni-SLD)



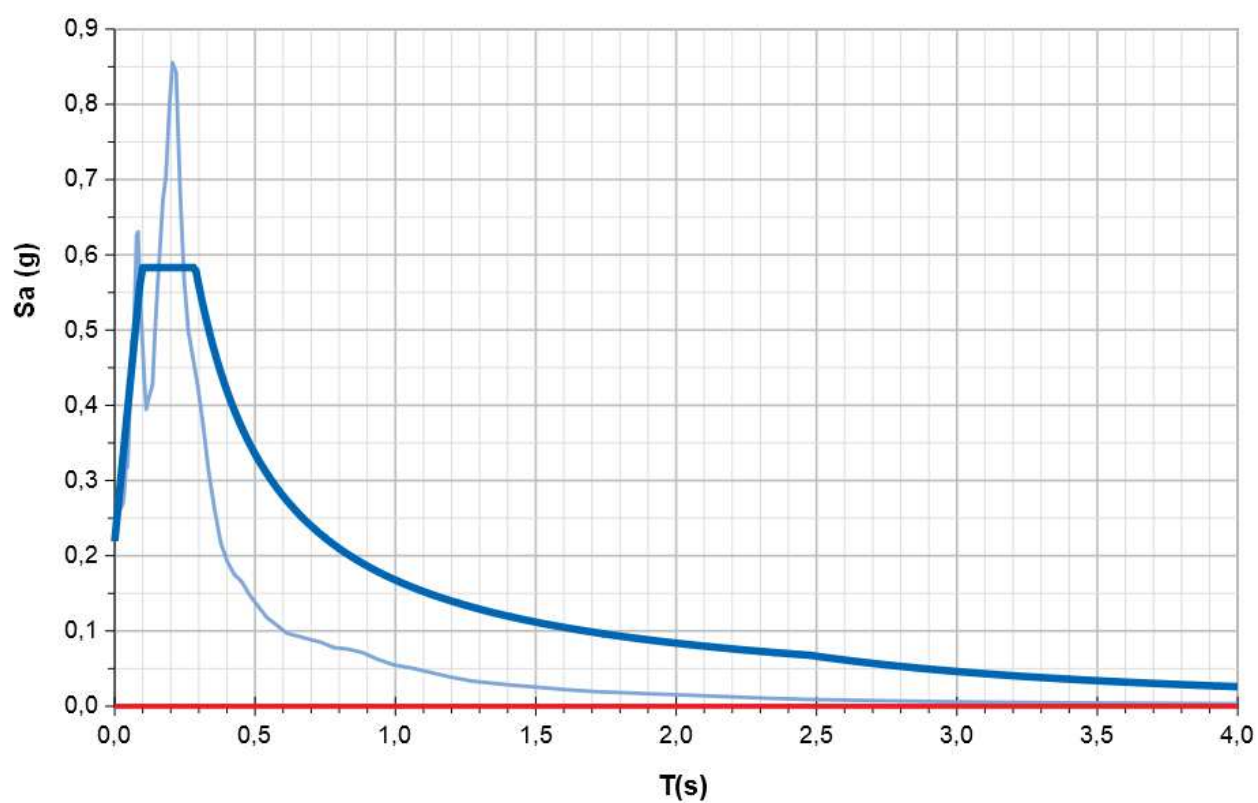
SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO _ SLO

I parametri relativi allo spettro elastico delle componenti orizzontali allo SLO sono i seguenti:

ag (g) 0,21
Sa max (g) 0,856
T (Sa max) 0,206
Sa medio (g) 0,583
Sv max (m/s) 0,288
T (Sv max) 0,219
Sv medio (m/s) 0,262
Tb 0,096
Tc 0,288
Td 2,477
Fo 2,660

La figura sottostante riporta lo spettro di risposta elastico in superficie (linea azzurra) e lo stesso spettro elastico normalizzato alla classica forma dello spettro di normativa (linea blu) allo SLO.

SPETTRO ELASTICO SLO QUOTA P.C. (Classe d'uso III – Vn 50 anni-SLD)



Valutazione del parametro S da Analisi di RSL

L'azione sismica di progetto è definita dalle norme tecniche a partire dalla "pericolosità di base" (a_g) del sito in cui ricade l'edificio e dal parametro (S), che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche.

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa al sito (suolo A- topografia T1)

S = coefficiente di amplificazione dell'accelerazione del terreno rispetto all'accelerazione massima attesa al sito con suolo A- topografia T1.

Nel caso in studio allo SLV il valore di a_g è pari 0,493 da cui risulta un valore del parametro S pari a 2,39, secondo la seguente formula:

$$(SLV) \ a_g \times S = 0,206 \times 2,39 = 0,493 \ g$$

Nel caso in studio allo SLD il valore di a_g è pari 0,291 da cui risulta un valore del parametro S pari a 2,54, secondo la seguente formula:

$$(SLV) \ a_g \times S = 0,086 \times 2,54 = 0,219 \ g$$

Nel caso in studio allo SLO il valore di a_g è pari 0,210 da cui risulta un valore del parametro S pari a 3,04, secondo la seguente formula:

$$(SLV) \ a_g \times S = 0,069 \times 3,04 = 0,21 \ g$$

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'analisi geo-morfologica dell'area studiata, le caratteristiche stratigrafiche, meccaniche e sismiche dei terreni indagati, descritte e analizzate in questa relazione tecnica, permettono di effettuare le seguenti considerazioni:

- La scuola dell'infanzia e primaria Don Giussani è situata nel quartiere di Monticelli, ad Est del centro storico di Ascoli Piceno; in particolare la scuola si trova in prossimità della S.S. Salaria, soprastrada rispetto alla strada comunale via dei Girasoli;
- dal punto di vista geologico l'area in esame appartiene al vecchio terrazzo alluvionale T3 depositato in sinistra orografica dal Fiume Tronto in tempi relativamente recenti (Pleistocene sup.), collegata ai pendii arenacei che limitano a Nord la valle fluviale.
- I terreni indagati tramite sondaggio geognostico a carotaggio continuo, prove SPT in foro di sondaggio e prove sismiche, sono formati in superficie da una copertura limosa e limo-sabbiosa di origine colluviale, sovrastante i depositi alluvionali sabbiosi e sabbioso-limosi passanti alle ghiaie ciottolose alluvionali in matrice sabbiosa, ubicate fino alla profondità di circa 9,0 m dal p.c..
- alla profondità di circa 12,50 m, nel punto d'indagine (S1), giacciono le arenarie grigie alterate e fratturate della formazione di base; l'andamento della formazione litoide è subpianeggiante, lievemente inclinata verso Sud (asta del Fiume Tronto);
- l'area studiata è interessata principalmente dalle acque di diretta precipitazione meteorica, e dalle acque di versante provenienti dai pendii arenacei più alti in quota siti a Nord, drenate in profondità dai terreni alluvionali dotati di elevata conducibilità idraulica; non è stata rilevata una falda acquifera, ma in occasione di piogge prolungate ed abbondanti è possibile la formazione di una modesta falda profonda al contatto con il *bedrock* impermeabile e tamponante;
- esclusi i primi 1,50 m circa di terreno vegetale e di riporto, dal sondaggio geognostico e dalle prove SPT (effettuate alla profondità di m 1,50 e m 3,0 dal p.c.), risulta che i terreni presentano delle discrete caratteristiche meccaniche nel primo livello geotecnico, che vanno a migliorare con la profondità;
- la scuola, con struttura portante realizzata con il sistema prefabbricato, ha una forma abbastanza semplice, divisa in due blocchi separati da un giunto tecnico; la superficie topografica su cui poggia è subpianeggiante (debolmente inclinata di circa 4 gradi verso Sud); il lato Nord del blocco di monte è limitato da una scarpata con muro di sostegno di circa 3,0 metri.

- le indagini sismiche hanno evidenziato valori bassi delle onde S nei primi metri di terreno ($V_s = 198$ m/s fino alla profondità di metri 2,5 dal p.c.) e medie velocità ($V_s = 355$ m/s) fino alla profondità di circa 11,80 m; pertanto la presenza dei terreni di copertura con V_s medio-bassa hanno fornito, tramite l'analisi di risposta sismica locale, valori di accelerazione orizzontale "ag" in superficie dell'ordine di 0.49 g allo SLV per la tipologia di edificio in esame.

Ascoli Piceno, Luglio 2020

Il Geologo

Dott.ssa Laura Longo

