

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	1 of 82	00

COMUNE DI ANCONA



**INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA
ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"
SITA IN ANCONA VIA PODGORA**

RELAZIONE SULLE STRUTTURE

00	Progetto esecutivo	CC	CC	CS	03/12/19
Rev. / Rev	Description /	Prepared / Preparato	Checked / Verificato	Approved / Approvato	Date /

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	2 of 82	00

Sommario

1	PREMESSA.....	1
1.1	Descrizione dell'edificio.....	1
1.2	Descrizione dell'intervento di miglioramento sismico.....	4
1.3	Criteri di calcolo e riferimenti normativi.....	6
2	INDAGINI IN SITU	7
2.1	Livello di conoscenza	7
2.2	Interpretazione delle indagini in situ	9
3	RELAZIONE SUI MATERIALI	10
3.1	Materiali intervento di miglioramento sismico.....	10
4	DEFINIZIONE DELLE AZIONI	13
4.1	Analisi dei carichi.....	13
4.2	Azione sismica	14
4.3	Combinazioni delle azioni.....	40
5	RISULTATI VERIFICA DI VULNERABILITA' SISMICA.....	43
6	MODELLI DI CALCOLO	44
7	METODI DI ANALISI.....	47
7.1	Risultati delle Time History	49
8	VERIFICA IN TERMINI DI SPOSTAMENTO ALLO SLO	55
9	VERIFICHE DELLE STRUTTURE ESISTENTI.....	58
10	VERIFICHE DELLE NUOVE STRUTTURE	58
10.1	Dissipatori.....	58
10.2	Controvento (Brace)	60
10.3	Collegamento bullonato.....	61
10.4	Collegamento dei controventi alla fondazione	62

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	3 of 82	00

10.5	Pareti in calcestruzzo armato	64
11	RINFORZI LOCALI DEI PILASTRI	65
12	CONFRONTO FRA ANALISI DINAMICA NON LINEARE E ANALISI DINAMICA LINEARE.....	68
13	RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI.....	70
13.1	Relazione geotecnica.....	70
13.2	Relazione sulle fondazioni.....	71
13.3	Prove di carico sui micropali	77
14	CONFRONTO FRA LO STATO DI FATTO E LO STATO DI PROGETTO	77
15	CONCLUSIONI	79

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	1 of 82	00

1 PREMESSA

La presente relazione è relativa al progetto esecutivo di miglioramento sismico della Scuola Elementare "Montessori" e Scuola di Infanzia "Casa dei Bimbi", sita in via Podgora n.30 in Ancona (AN).

Nella planimetria seguente è possibile individuare la dislocazione dei fabbricati che compongono il complesso.

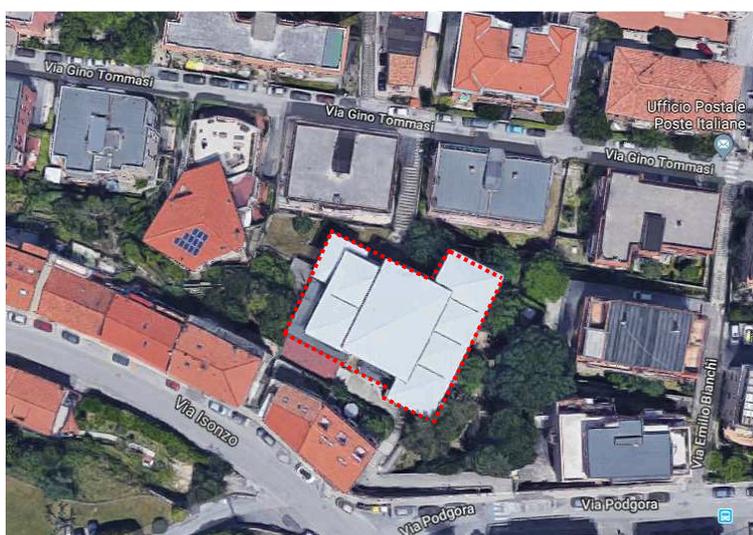


Figura 1 – Individuazioni corpi del complesso scolastico

1.1 Descrizione dell'edificio

L'edificio in esame è realizzato da un unico corpo di fabbrica in struttura in c.a. che si erge per quattro elevazioni, di cui due seminterrate.

La struttura presenta una forma inscrivibile in un rettangolo di lati di circa 31.50 m x 28.95 m, con altezza massima a livello di gronda, misurata dal prospetto che presenta quattro elevazioni libere, pari a 14.80 m.

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: <p style="text-align: center;">RELAZIONE SULLE STRUTTURE</p>	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	<p style="text-align: center;">19-037</p>	<p style="text-align: center;">RE-002</p>
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	<p style="text-align: center;">2 of 82</p>	<p style="text-align: center;">00</p>

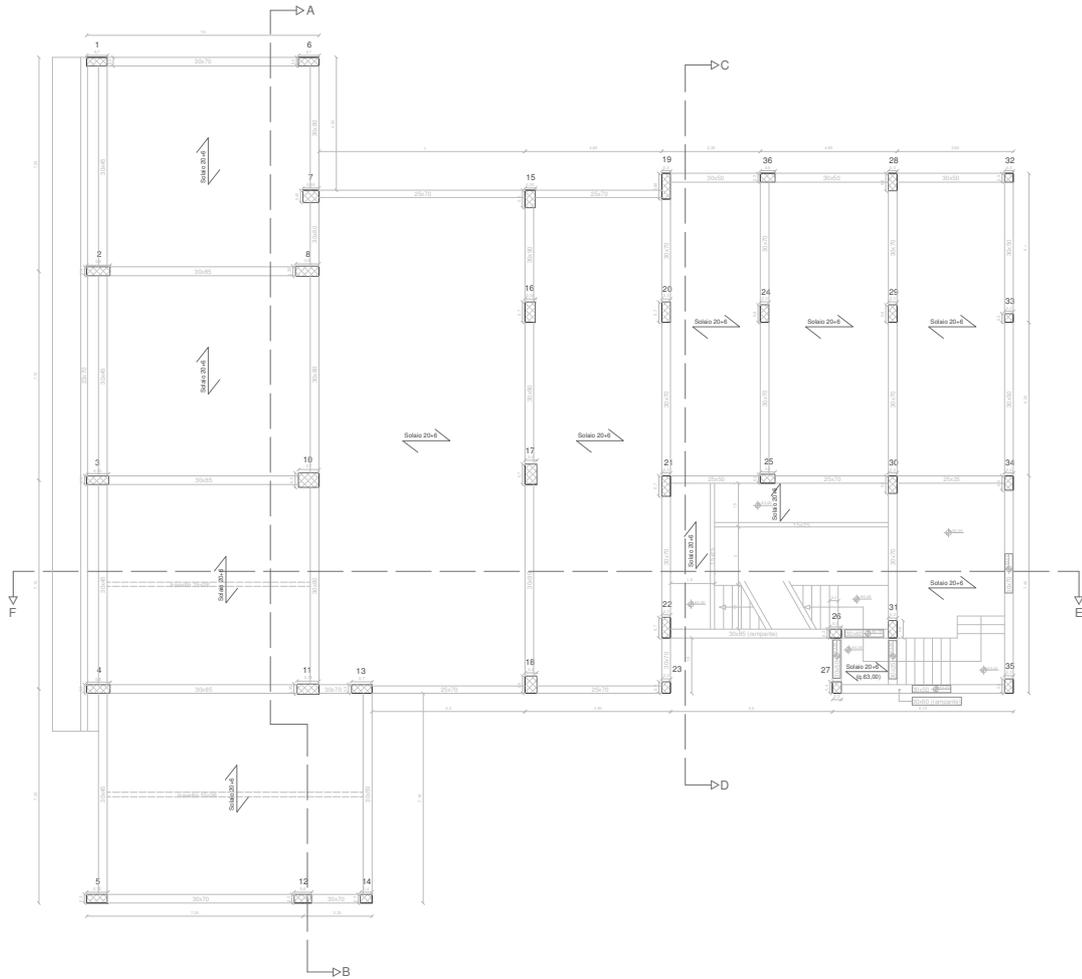


Figura 1 – Planimetria piano terra (Q.+63.00m)

Project / Progetto:		
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo:	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	3 of 82	00

RELAZIONE SULLE STRUTTURE

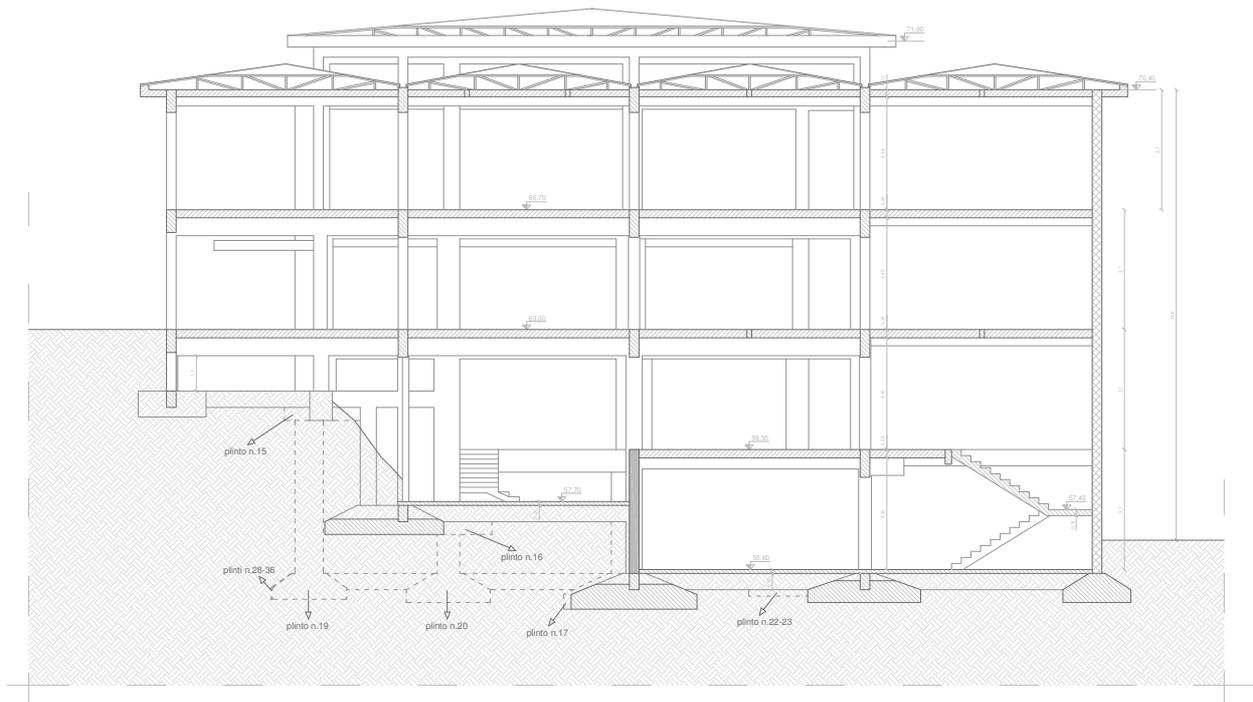


Figura 2 – Sezione A-B

L'organismo strutturale è composto da travi e pilastri di dimensioni variabili che si articolano nello spazio, andando a formare un telaio spaziale.

Le strutture di fondazione sono costituite da plinti su pali, il cui piano di imposta è posizionato a quote variabili. I pilastri sono generalmente di forma rettangolare, allungati secondo le direzioni X e Y, con le dimensioni che vanno da un massimo di 50x90 cm ad un minimo di 30x30 cm, rastremando con il susseguirsi delle elevazioni. Non tutte le pilastrate si estendono per le quattro elevazioni: la quota di imposta variabile e la copertura disposta su più livelli determinano differenti altezze complessive dell'edificio.

Le travate sono dirette nelle due direzioni e sono principalmente di tipo "calato". Le dimensioni variano da un massimo di 25x115 cm ad un minimo di 50x30 cm.

Gli orizzontamenti di interpiano sono in latero-cemento di spessore 20+6 cm e disposti a quote:

Piano 1° seminterrato: +57.70, +59.30, +59.75 m;

Piano Terra: +63.00 m;

Piano Primo: +65.63, +66.70 m;

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	4 of 82	00

Il solaio di copertura, anch'esso in latero cemento, di spessore 14+6 cm è disposto alle quote: +67.60, +70.40, +71.90 m. Al di sopra di esso si erige una copertura a padiglione in acciaio e lamiera grecata. Non si hanno informazioni circa la sua struttura in quanto gli ambienti sottotetto sono inaccessibili.

Non si hanno informazioni sul solaio controterra a quote +55.10 e +55.60 m (Piano 2° seminterrato).

I collegamenti verticali sono garantiti da tre vani scala, di cui solamente uno di essi si estende a tutta altezza.

Le strutture delle scale sono in parte in soletta rampante di spessore 18 cm (vano scala a Nord-Ovest che collega il piano 2° seminterrato con il 1° seminterrato) e con trave a ginocchio (vano scala a Nord-Est che si estende per tutti gli orizzontamenti). Non si hanno precise informazioni sulla scala che collega l'aula psicomotricità con il disimpegno a quota +59.30 m in quanto non era prevista nel progetto originario. Essa, presumibilmente, è in soletta rampante.

Per quanto riguarda le strutture controterra di evidenza come siano presenti dei setti in c.a. di spessore 30 cm nel solo piano 2° seminterrato. Al piano 1° seminterrato il terreno è adagiato secondo il suo angolo di natural declivio, non necessitando quindi di opere di contenimento.

1.2 Descrizione dell'intervento di miglioramento sismico

L'intervento di miglioramento sismico progettato per la scuola in esame prevede, come già anticipato, in primo luogo l'eliminazione delle vulnerabilità locali a taglio attraverso incamiciatura con calcestruzzo fibrorinforzato (High Performance Concrete HPC) dei pilastri tozzi. Essendo infatti, meccanismi di rottura fragili, pregiudicano severamente il livello di sicurezza dell'edificio intero.

In secondo luogo, si prevede l'inserimento di aste di controventamento in acciaio all'interno dei telai in c.a., dotati di dissipatori elasto-plastici in acciaio BRB (Buckling Restrained Brace).



Figure 3 Dispositivo BRB

Project / Progetto:	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: <p style="text-align: center;">RELAZIONE SULLE STRUTTURE</p>	Job No. /Commissa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	5 of 82	00

I controventi sono realizzati con acciaio zincato a caldo e sono costituiti da profili tubolari circolari cavi. In corrispondenza della parte terminale dei tubi, vengono opportunamente collegati i dispositivi BRB, mediante dei giunti flangiati bullonati.

Per evitare il rifacimento delle tamponature che comporterebbe un notevole impatto sia in termini di lavorazioni che di costi, i controventi vengono disposti all'esterno del telaio in c.a.: il collegamento viene realizzato con delle piastre metalliche bullonate con barre filettate ad alta resistenza, passanti nel calcestruzzo esistente e fissate con una contropiastra sul lato interno, in maniera tale che la connessione abbia rigidità tale da garantire il trasferimento delle forze dal telaio di controventamento alla struttura esistente. Inoltre, così facendo si incrementa il confinamento sul calcestruzzo.

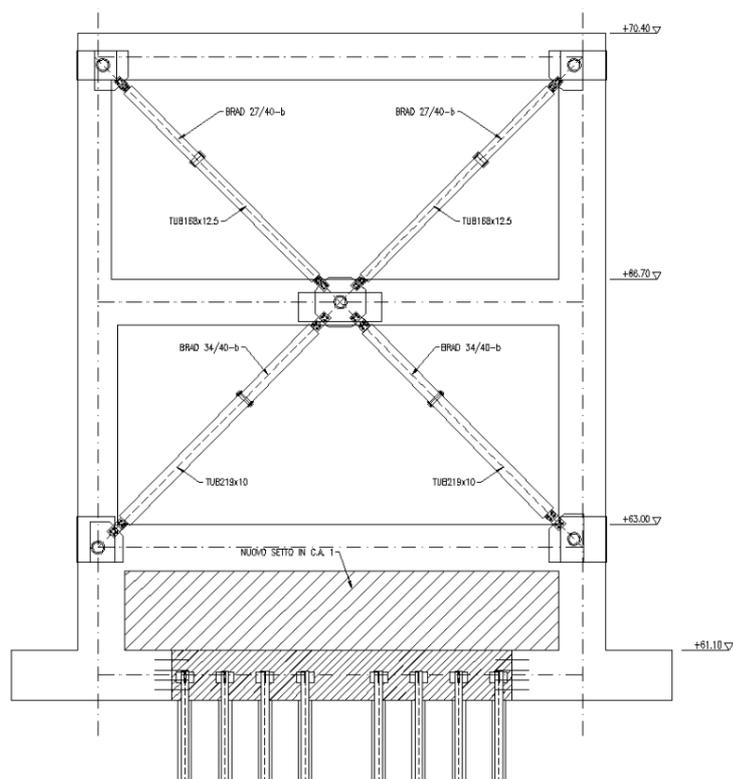


Figure 4 Controventi dissipativo tipo

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	6 of 82	00

In corrispondenza delle specchiature controventate che hanno il piano interrato, per evitare di creare delle disomogeneità in altezza in termini di rigidità, vengono inserite delle pareti in c.a., le quali contribuiscono ulteriormente alla regolarizzazione del comportamento dinamico della struttura.

1.3 Criteri di calcolo e riferimenti normativi

Le analisi e le verifiche del complesso scolastico vengono effettuate con il metodo semiprobabilistico agli stati limite, assumendo le azioni e le combinazioni previste dalle NTC 2018.

Le normative di riferimento sono:

- D.M. 17 gennaio 2018 recante "Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 recante "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»";
- EN15129:2009: "Anti-seismic devices".
- CNR DT 204/2006 recante "Istruzioni per la progettazione, esecuzione ed il controllo di strutture di calcestruzzo fibrorinforzato"

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati e delle verifiche condotte ai sensi delle norme vigenti

Il codice di calcolo adottato per le verifiche strutturali è SAP2000 advanced, versione 20.2.0, sviluppati dalla Computers and Structures Inc. (CSI) di Berkeley, California.

L'azienda ha predisposto le informazioni sugli algoritmi di verifica in accordo alle norme italiane ed europee per gli elementi in acciaio e c.a.: la documentazione relativa è disponibile sul sito <http://www.csi-italia.eu/software/sap2000/manuali-in-italiano/> alla sezione Analysis Verification.

Le funzioni di controllo disponibili, innanzitutto quelle grafiche, consentono di verificare la riproduzione della realtà costruttiva ed accertare la corrispondenza del modello con la geometria strutturale e con le condizioni di carico ipotizzate.

Si è provveduto, così come prescritto dal paragrafo 10.2 del D.M. 17 Gennaio 2018, a valutazioni semplificate in merito ai risultati dell'analisi, volte a stabilire se i risultati della stessa fossero o meno accettabili, che hanno dato esito positivo.

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	7 of 82	00

2 INDAGINI IN SITU

Le proprietà meccaniche dei materiali da utilizzare nelle analisi e i dettagli costruttivi degli elementi strutturali discendono dalle considerazioni già fatte nella verifica di vulnerabilità sismica (di seguito VVS) e nel Progetto Definitivo.

2.1 Livello di conoscenza

Per la verifica degli edifici esistenti le norme tecniche prevedono la definizione di tre differenti livelli di conoscenza e di tre diversi fattori di confidenza. Questi sono determinabili in base agli approfondimenti effettuati durante le fasi conoscitive dell'oggetto di verifica (analisi storico-critica, rilievo e caratterizzazione meccanica dei materiali). La quantità e la qualità dei dati acquisiti determinano il metodo di analisi ed i valori dei fattori di confidenza da applicare alle proprietà dei materiali per le verifiche di sicurezza.

I *livelli di conoscenza*, riguardanti i diversi parametri coinvolti nel modello, quali geometria, dettagli costruttivi e materiali, sono così definiti:

- LC1: Conoscenza Limitata;
- LC2: Conoscenza Adeguata;
- LC3: Conoscenza Accurata.

I correlati *fattori di confidenza* sono da utilizzare come ulteriori coefficienti parziali di sicurezza che tengono conto delle carenze nella conoscenza dei parametri del modello.

Nella tabella che segue vengono riportati i *Livelli di Conoscenza*, in funzione delle informazioni disponibili, i metodi di analisi ammessi ed i valori dei *Fattori di Confidenza* per edifici in c.a.

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	8 of 82	00

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>limitate</i> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>limitate</i> prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2		Disegni costruttivi incompleti con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure estese verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con <i>limitate</i> prove in-situ oppure estese prove in-situ	Tutti	1.20
LC3		Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure esaustive verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure esaustive prove in-situ	Tutti	1.00

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva sui livelli di rilievo dei dettagli costruttivi e sulla quantità di prove sui materiali per edifici in c.a.

	Rilievo (dei dettagli costruttivi)(a)	Prove (sui materiali) (b)(c)
Per ogni tipo di elemento "primario" (trave, pilastro...)		
Verifiche limitate	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per 300 m2 di piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio
Verifiche estese	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provini di cls. per 300 m2 di piano dell'edificio, 2 campioni di armatura per piano dell'edificio
Verifiche esaustive	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provini di cls. per 300 m2 di piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	9 of 82	00

2.2 Interpretazione delle indagini in situ

Calcestruzzo

$R_{C,MINIMO}$	$R_{C,MASSIMO}$	$R_{C,MEDIO}$	DEV.ST.	CV
(MPa)	(MPa)	(MPa)		
8.70	21.90	14.24	4.82	33.86%

Ne risulta una resistenza cubica media in situ di 14.24 N/mm², con una deviazione standard di 4.82.

Ai fini del calcolo del miglioramento sismico dell'edificio si assumeranno i valori medi ricavati dalle prove, divisi per il Fattore di Confidenza.

L'intervento è stato progettato con il Livello di Conoscenza LC3, a cui corrisponde un fattore di confidenza unitario. Pertanto, per il calcestruzzo si ha:

PARAMETRO DI CALCOLO						
$R_{C,MEDIO}$	$f_{c,MEDIO}$	FC	E	E (50%)	v	G (50%)
(MPa)	(MPa)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
14.24	11.82	1	23132	11566	0.20	4819

$$f_{c,d} = f_{c,medio} / FC = 11.82 / 1 = 11.82 \text{ MPa.}$$

Nelle seguenti analisi viene considerato il modulo elastico del calcestruzzo fessurato in ragione del 50%.

Acciaio per armature

$f_{y,MINIMO}$	$f_{y,MASSIMO}$	$f_{y,MEDIO}$	DEV.ST.	CV
(MPa)	(MPa)	(MPa)		
431.60	502.03	475.56	30.50	6.41%

Come già detto per il calcestruzzo, ai fini del calcolo del miglioramento sismico dell'edificio sono stati assunti i valori medi ricavati dalle prove, divisi per il Fattore di Confidenza (FC=1,00).

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	10 of 82	00

PARAMETRO DI CALCOLO		
Fy,MEDIO	FC	E
(MPa)		(MPa)
475.00	1	210000

$f_{y,d} = f_{y,medio} / FC = 475 / 1.00 = 475 \text{ MPa}$.

3 RELAZIONE SUI MATERIALI

3.1 Materiali intervento di miglioramento sismico

Acciaio da carpenteria

Gli elementi di carpenteria metallica saranno realizzati con acciai conformi alle seguenti tipologie:

Elementi saldati $t < 30\text{mm}$ EN 10025-2 S355J0G3

Elementi saldati $30 < t < 50\text{mm}$ EN 10025-2 S355J2G3

Elementi. non saldati, angolari e piastre EN 10025-2 S355J0

Giunzioni bullonate

Le giunzioni bullonate saranno realizzate con bulloni ad alta resistenza aventi le seguenti caratteristiche, conformi alle specifiche contenute nel p.to 11.3.4.6.2 del D.M. 17.01.2018:

Classe del bullone	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	320	300	400	480	640	900
f_{ub} (N/mm ²)	400	400	500	500	600	800	1 000

Dove f_{yb} e f_{tb} sono le tensioni di snervamento e di rottura delle classi di resistenza della bullonatura.

Calcestruzzo per opere di fondazione e pareti

Per le opere di fondazione e per i setti in c.a. si prevede l'impiego di un calcestruzzo di classe "C 32/40" ($R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$); pertanto nelle valutazioni di resistenza con il metodo degli stati limite si assumono i seguenti parametri:

Project / Progetto:		
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo:	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	11 of 82	00
RELAZIONE SULLE STRUTTURE		

Classe di resistenza C32/40			
Classe di consistenza	S4		
Resistenza caratteristica su cubi a compressione	R_{ck}	40	MPa
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck}	33.2	MPa
Resistenza cilindrica media	f_{cm}	41.2	MPa
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	18.8	MPa
Resistenza media a trazione	f_{ctm}	3.1	MPa
Resistenza caratteristica a trazione al frattile del 5%	$f_{ctk (5\%)}$	2.2	MPa
Resistenza caratteristica a trazione al frattile del 95%	$f_{ctk (95\%)}$	4.0	MPa
Resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd}	1.4	MPa
Resistenza media a trazione per flessione	f_{ctfm}	3.7	MPa
Modulo elastico istantaneo	E_{cm}	33643	MPa
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza	f_{bk}	4.9	MPa
Resistenza tangenziale di aderenza	f_{bd}	3.3	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ_c	1.5	

La classe di esposizione prescritta è la XC2 a cui corrisponde un rapporto acqua cemento pari a 0,60 con un minimo contenuto in cemento di 300 Kg/mc. La classe di consistenza prevista è la S4, il diametro massimo degli inerti D_{max} è pari a 25 mm mentre il copriferro minimo è di 25 mm.

Acciaio per armature c.a.

Si utilizzeranno barre ad aderenza migliorata del tipo **B450C** controllate in stabilimento, pertanto nelle valutazioni di resistenza con il metodo degli stati limite si assumono i seguenti parametri:

Acciaio per cemento armato B450C			
Tensione nominale di snervamento	$f_{y nom}$	450	MPa
Tensione nominale di rottura	$f_{t nom}$	540	MPa
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq f_{y nom}$	450	MPa
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq f_{t nom}$	540	MPa
Rapporto di sovraresistenza caratteristico	$(f_t / f_y)_k$	≥ 1.15	
	$(f_t / f_y)_k$	< 1.35	
Fattore di sicurezza effettivo caratteristico	$(f_y / f_{y nom})_k$	≤ 1.25	MPa

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	12 of 82	00

Allungamento A_{gt} caratteristico	$(A_{gt})_k$	$\geq 7.5\%$	
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:			
$\phi < 12$ mm		4 ϕ	
$12 \leq \phi \leq 16$ mm		5 ϕ	
$16 < \phi \leq 25$ mm		8 ϕ	
$25 < \phi \leq 40$ mm		10 ϕ	
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ_s	1.15	
Resistenza di calcolo	f_{yd}	391	MPa
Modulo di elasticità di calcolo	E_s	210000	MPa

Le armature da porsi in opera non dovranno presentare tracce di ossidazione, corrosione e di qualsiasi altra sostanza che possa ridurne l'aderenza al conglomerato, dovranno inoltre presentare sezione integra e priva di qualsiasi difetto di fusione.

Calcestruzzo fibrorinforzato HPC

Per gli interventi locali sui pilastri viene utilizzato un calcestruzzo fibrorinforzato mediante l'introduzione nell'impasto di fibre metalliche: queste consentono di ottenere un materiale con una notevole resistenza, come indicato di seguito:

- Resistenza cubica a compressione 130 MPa
- Resistenza a trazione 8,5 MPa

Nel calcolo dei rinforzi locali, si terrà in conto comunque delle limitazioni poste dalle NTC sulle resistenze massime che possono essere considerate per il calcestruzzo (3 Mpa a trazione e 70 MPa a compressione).

Project / Progetto:		
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo:	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	13 of 82	00
RELAZIONE SULLE STRUTTURE		

4 DEFINIZIONE DELLE AZIONI

4.1 Analisi dei carichi

Per ogni elemento strutturale si determinano le azioni permanenti ("G₁": permanenti strutturali; "G₂": carichi permanenti non strutturali) e le azioni variabili (valori caratteristici "Q_k").

SOLAIO INTERPIANO IN LATERO-CEMENTO 20+6				
Carico	Stratigrafia	Spessore [cm]	Massa volumica [kg/m ³]	Peso [Kg/m ²]
G1	Solaio in latero-cemento:	20+6	-	330
	TOTALE G1 :			330
G2	Massetto:	8	2000	160
	Pavimento (Linoleum):	0.5		10
	Intonaco:	1.5	1800	27
	TOTALE G2 :			197
Q	Ambienti suscettibili ad affollamento (cat. C1)			300

SOLAIO COPERTURA IN LATERO-CEMENTO 16+6				
Carico	Stratigrafia	Spessore [cm]	Massa volumica [kg/m ³]	Peso [Kg/m ²]
G1	Solaio in latero-cemento	16+6	-	310
	TOTALE G1 :			310
G2	Intonaco:	1.5	1800	27
	Ordito della copertura (da relazione di calcolo originaria):			20
	TOTALE G2 :			47
Q	Coperture accessibili per la sola manutenzione (cat. H)			50

Il carico dell'ordito della copertura è stato dedotto dalla relazione di calcolo originaria in quanto, trattandosi di locali inaccessibili, non è stato possibile rilevare la struttura.

TAMPONATURE PERIMETRALI					
Carico	Stratigrafia	Spessore [cm]	Massa volumica [kg/m ³]	Altezza tamponature [m]	Carico distribuito g ₂ [kg/m]
G2	Intonaco:	2	1800	1	36
	Laterizio forato:	8	800	1	64
	Mattone pieno:	6.5	1800	1	117
TOTALE G2 TAMPONATURE :					217

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	14 of 82	00

SCALA RAMPA						
Carico	Stratigrafia	Spessore [cm]	Pedata [cm]	Alzata [cm]	Massa volumica [kg/m ³]	Peso [Kg/m ²]
G2	Gradino gettato in opera (30x15cm):		30	15	2000	150
	Rivestimento pedata marmo (30x2,5cm):	2.5	30		2600	65
	Rivestimento alzata marmo (15x2cm):	2		15	2600	26
	TOTALE G2 :					241
Q	Sovraccarico accidentale scale (Cat. C):				400	358

PIANEROTTOLO				
Carico	Stratigrafia	Spessore [cm]	Massa volumica [kg/m ³]	Peso [Kg/m ²]
G2	Rivestimento in marmo:	2.5	2600	65
	TOTALE G2 :			65
Q	Sovraccarico accidentale scale (Cat. C):			400

L'incidenza dei divisori sui solai di interpiano viene valutata solo dove effettivamente presente e pari a 140 kg/m² nelle specchiature di solaio corrispondenti ai bagni e 100 kg/m² nelle aule.

4.2 Azione sismica

Per la valutazione delle azioni sismiche, si assume una vita nominale:

$$V_N = 50 \text{ anni}$$

equivalente alla vita residua della struttura alla data odierna indicata dalle normative nazionali e regionali.

La classe d'uso assunta per il complesso è la **III** (Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi) da cui discende un valore del coefficiente d'uso pari a:

$$C_U = 1,5$$

Pertanto il periodo di riferimento per l'azione sismica risulta:

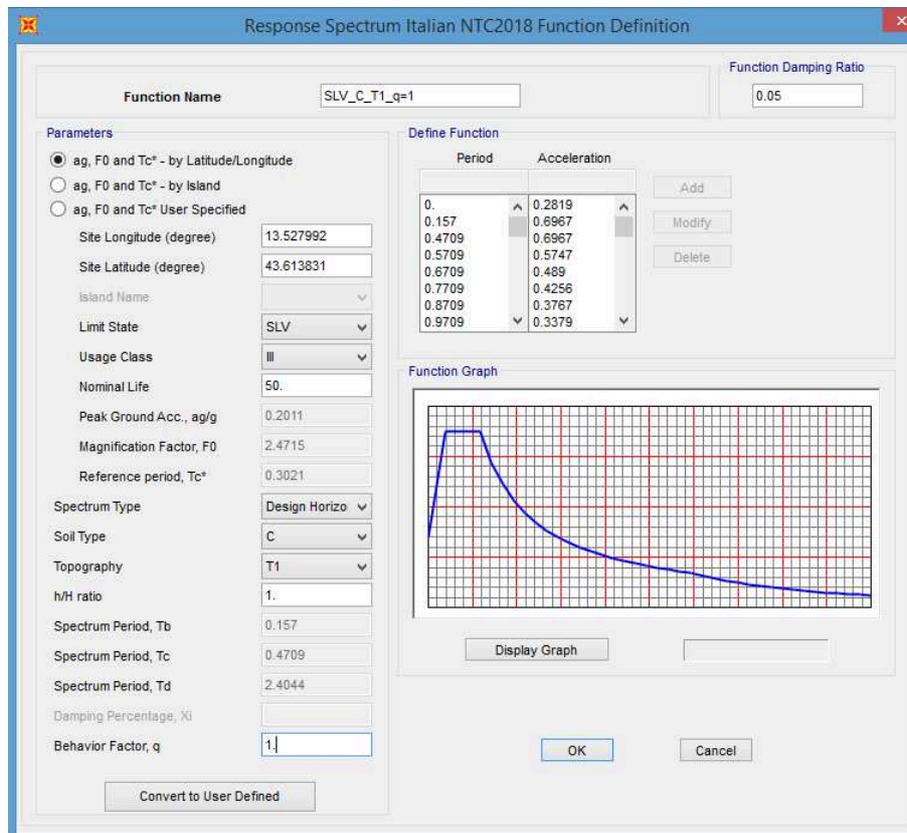
$$V_R = V_N \cdot C_U = 75 \text{ anni}$$

In merito alla categoria di sottosuolo, si fa riferimento alla relazione geologica da cui si evince che la categoria di riferimento è la **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 $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana

Project / Progetto:		
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo:	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	15 of 82	00
RELAZIONE SULLE STRUTTURE		

finalmente). La condizione topografica del sito è la T1 (Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$).

Gli spettri di risposta elastici di riferimento, relativi alle coordinate geografiche del sito e definiti su terreno di categoria A e condizione topografica T1, in funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento relativo a SLO e SLV previsti dalle NTC, sono riportati nelle figure seguenti:



Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	16 of 82	00

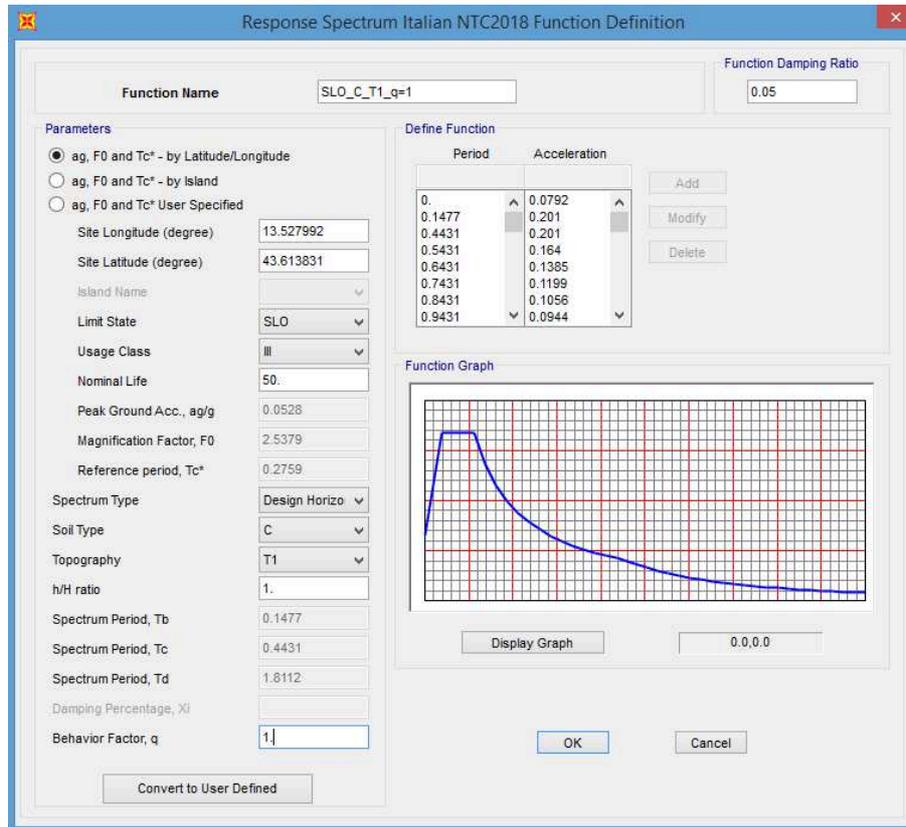


Figure 5 Spettri di risposta elastici

Svolgendo analisi di tipo dinamico in campo non lineare (time history), per la verifica degli stati limite ultimi e di esercizio, le NTC prescrivono l'impiego di accelerogrammi, artificiali, o naturali o simulati, come definito al punto 3.2.3.6. Per quanto riguarda la loro durata, in assenza di studi specifici, quella della parte pseudo-stazionaria deve essere almeno pari a 10 secondi e deve essere preceduta e seguita da tratti di ampiezza crescente da zero e decrescente a zero, di modo che la durata complessiva dell'accelerogramma sia non inferiore a 25 secondi. Inoltre, per quelli artificiali si prescrive la coerenza con lo spettro elastico in termini di media delle ordinate spettrali, ottenute con i diversi accelerogrammi, per un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente $\xi = 5\%$. Nello specifico l'ordinata spettrale media non deve presentare uno scarto in difetto superiore al 10%, rispetto alla corrispondente componente dello spettro elastico, in alcun punto del maggiore tra gli intervalli $0,15 s \div 2,0 s$ e $0,15 s \div 2T$, in cui T è il periodo fondamentale di vibrazione della struttura in campo elastico, per le verifiche agli stati limite ultimi, e $0,15 s \div 1,5T$, per le verifiche agli stati limite di esercizio.

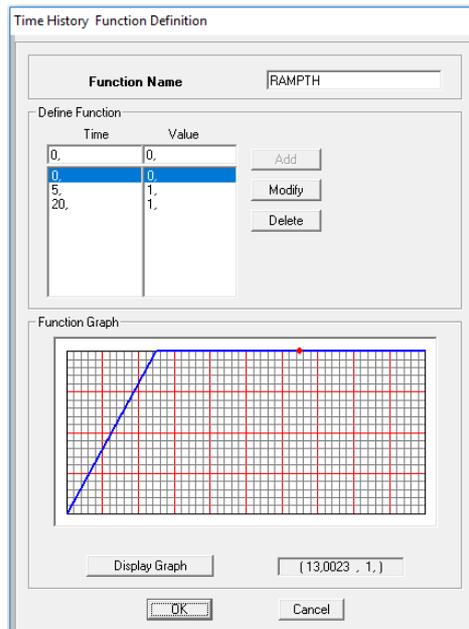
Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	17 of 82	00

Per quanto riguarda il numero di accelerogrammi da impiegare, in merito alla risposta alle diverse componenti dell'azione sismica ed alla variabilità spaziale del moto, al punto 7.3.5 delle NTC si dice che gli effetti sulla struttura sono rappresentati dai valori medi degli effetti più sfavorevoli ottenuti dalle analisi, se si utilizzano almeno sette diversi gruppi di accelerogrammi, mentre dai valori più sfavorevoli degli effetti, in caso contrario e comunque non si possono mai impiegare meno di tre accelerogrammi. Nel caso in esame verranno utilizzati sette accelerogrammi.

Si riportano i gruppi di accelerogrammi utilizzati e la loro spettro compatibilità per lo stato limite di collasso (SLC), salvaguardia della vita (SLV) e per lo stato limite di operatività (SLO) relativo al sito di Ancona per un periodo di riferimento $V_R = 75 \text{ anni}$, insieme all'accelerogramma unitario denominato "rampth", utilizzato come caso di partenza relativo ai soli carichi verticali nelle time history condotte con il metodo FNA.

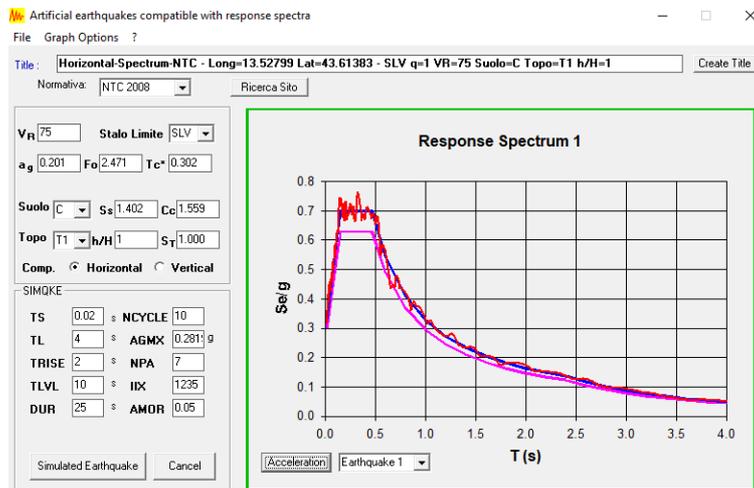
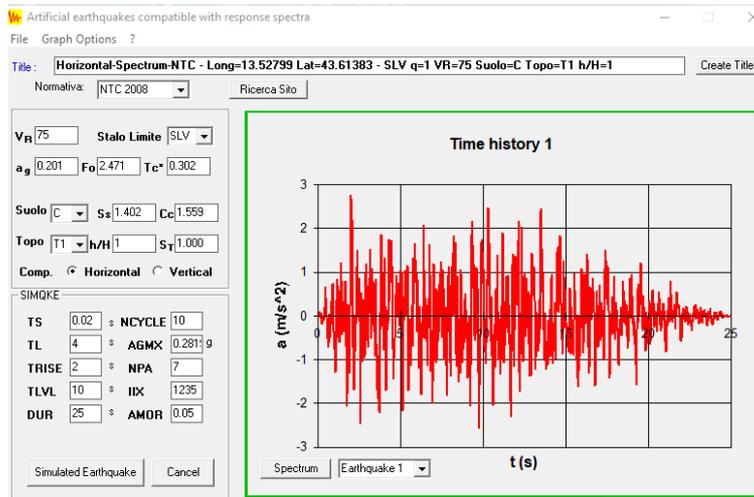
Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	18 of 82	00

Accelerogramma "rampth" per le time history (FNA):

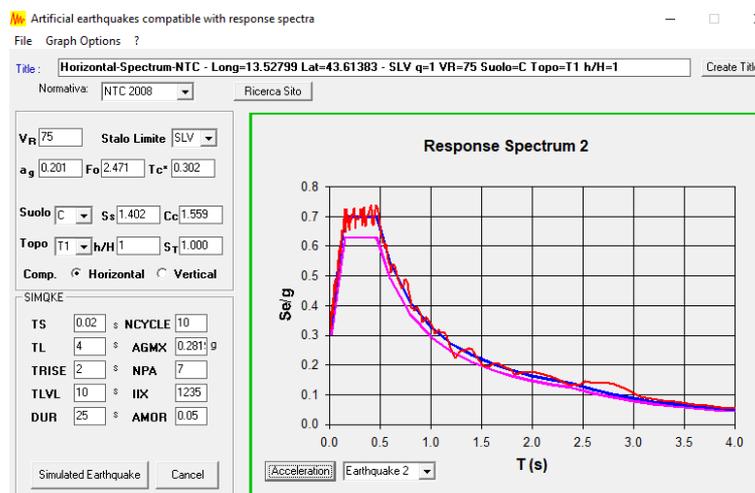
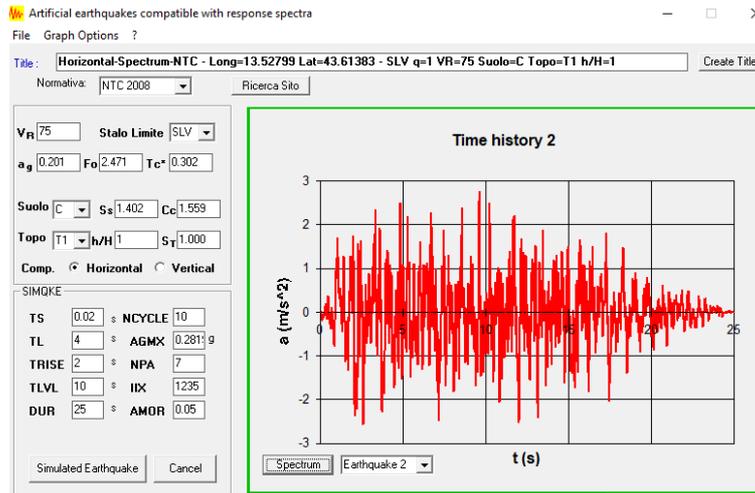


Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	19 of 82	00

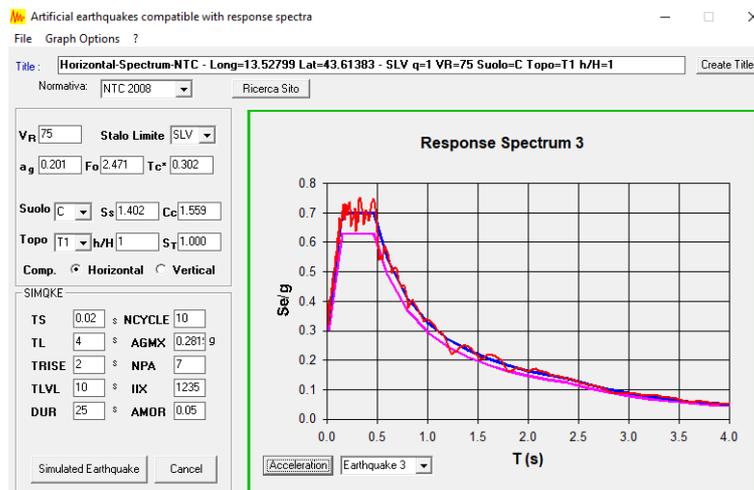
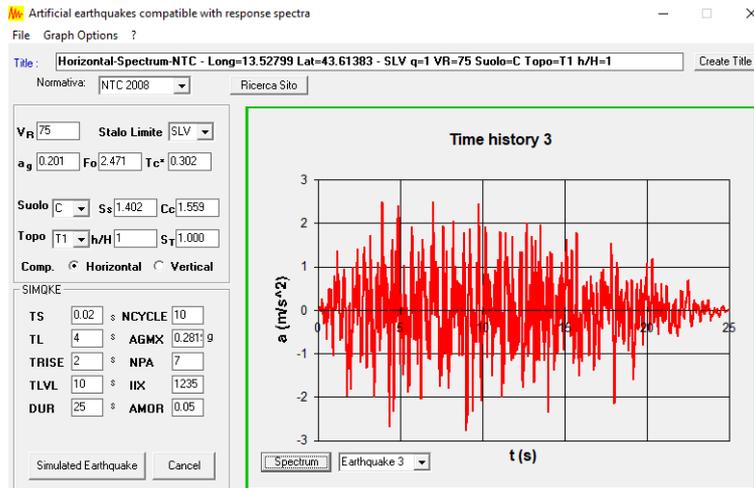
Accelerogrammi per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) e spettrocompatibilità:



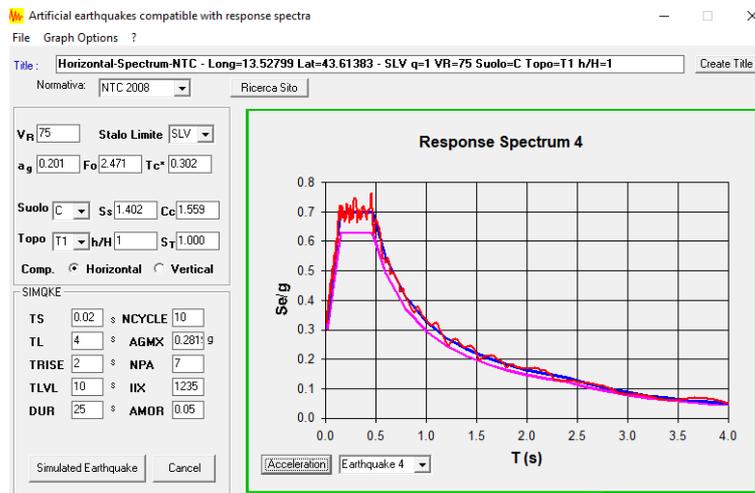
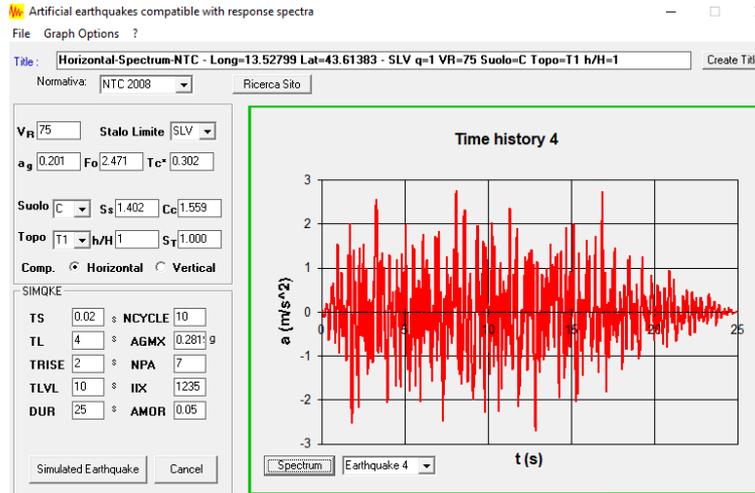
Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	20 of 82	00



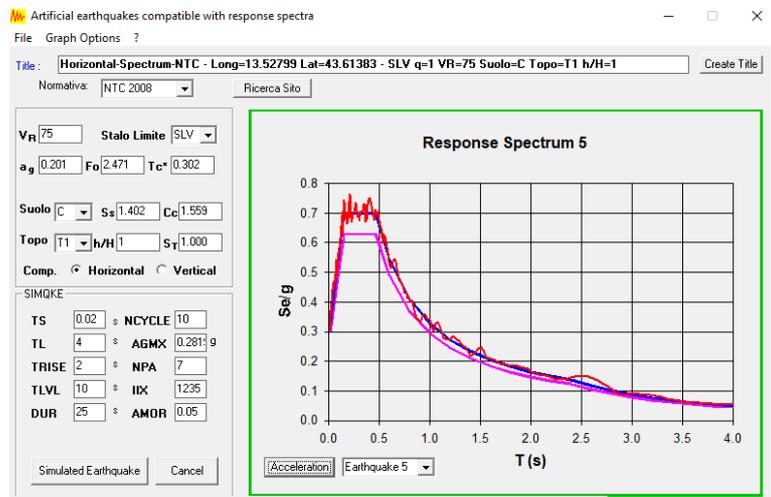
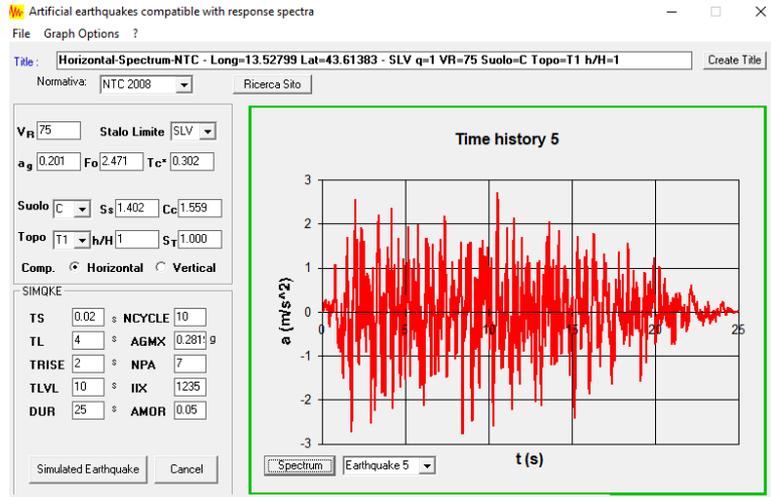
Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	21 of 82	00



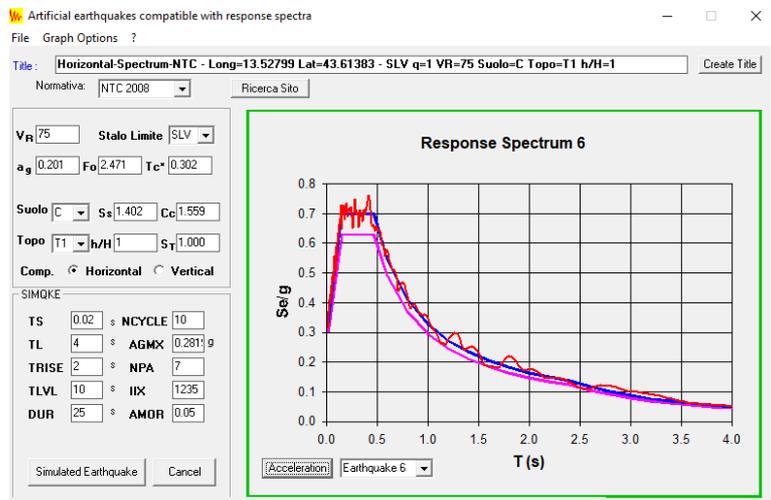
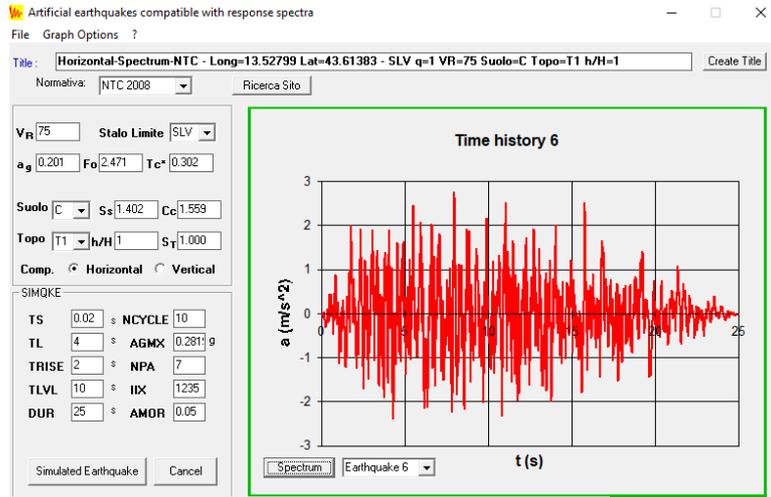
Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	22 of 82	00



Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	23 of 82	00



Project / Progetto:	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: <p style="text-align: center;">RELAZIONE SULLE STRUTTURE</p>	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	24 of 82	00



Project / Progetto:

PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"

IngeSar.it
Studio di
Ingegneria Sardella s.r.l.

Title / Titolo:

RELAZIONE SULLE STRUTTURE

Job No. /Commessa

Doc. No./N. Doc.

19-037

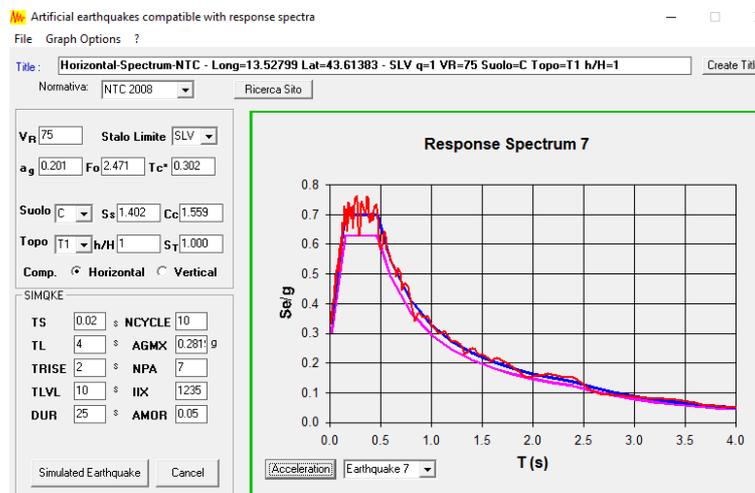
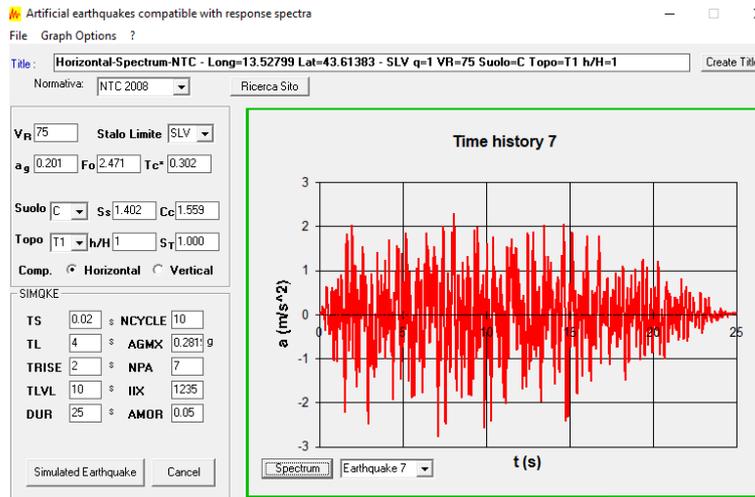
RE-002

Sh. Of / Fg. di

Rev. / Rev.

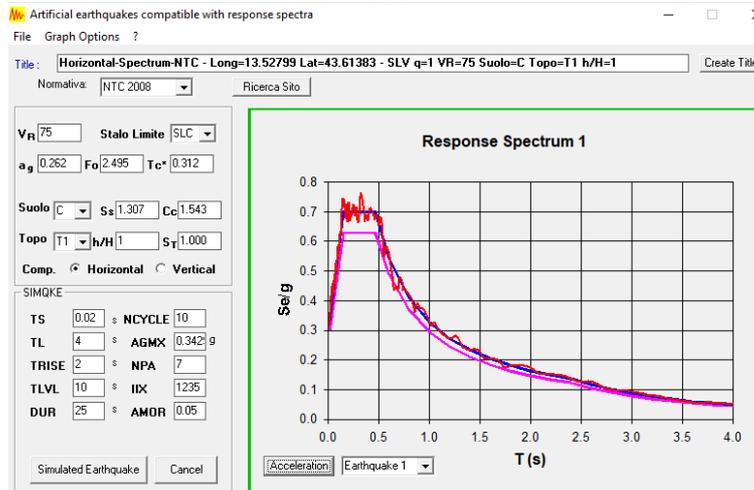
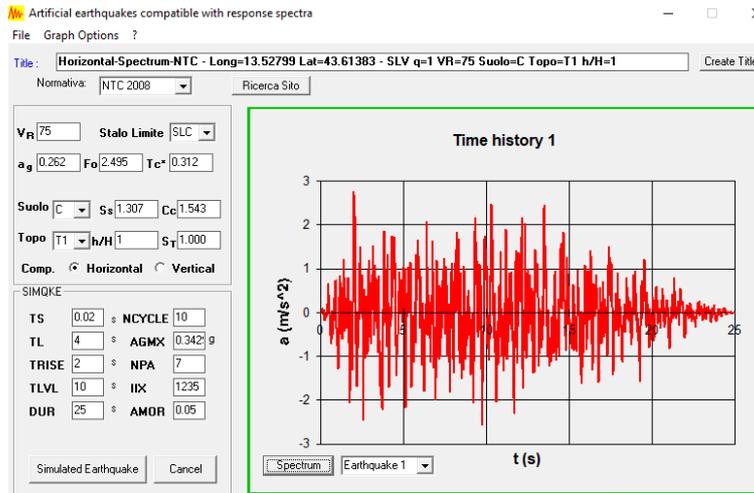
25 of 82

00



Project / Progetto:	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo:	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	26 of 82	00
RELAZIONE SULLE STRUTTURE		

Accelerogrammi per lo stato limite di collasso (SLC) e spettrocompatibilità:



Project / Progetto:

PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"

IngeSar.it
Studio di
Ingegneria Sardella s.r.l.

Title / Titolo:

RELAZIONE SULLE STRUTTURE

Job No. /Commessa

Doc. No./N. Doc.

19-037

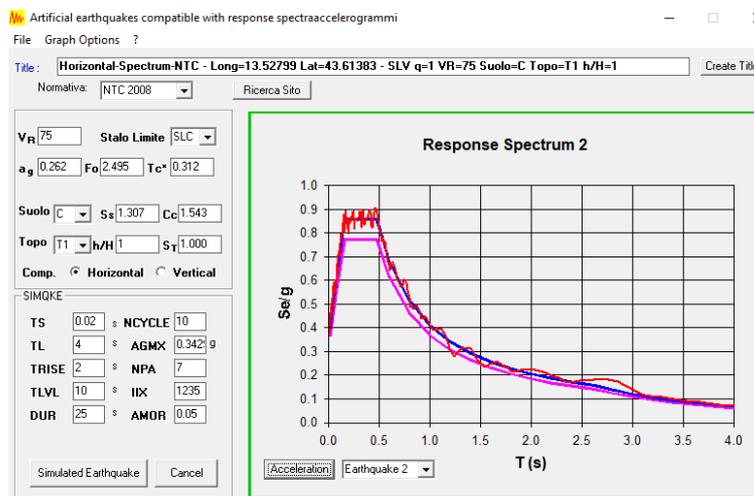
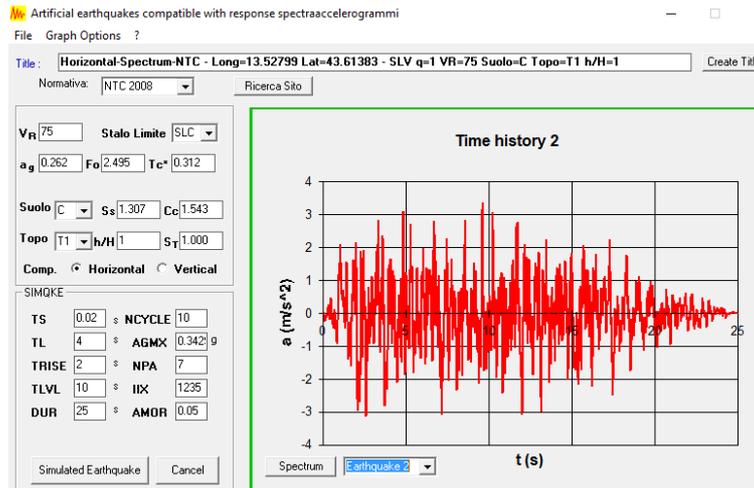
RE-002

Sh. Of / Fg. di

Rev. / Rev.

27 of 82

00



Project / Progetto:

PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"

IngeSar.it
Studio di
Ingegneria Sardella s.r.l.

Title / Titolo:

RELAZIONE SULLE STRUTTURE

Job No. /Commessa

Doc. No./N. Doc.

19-037

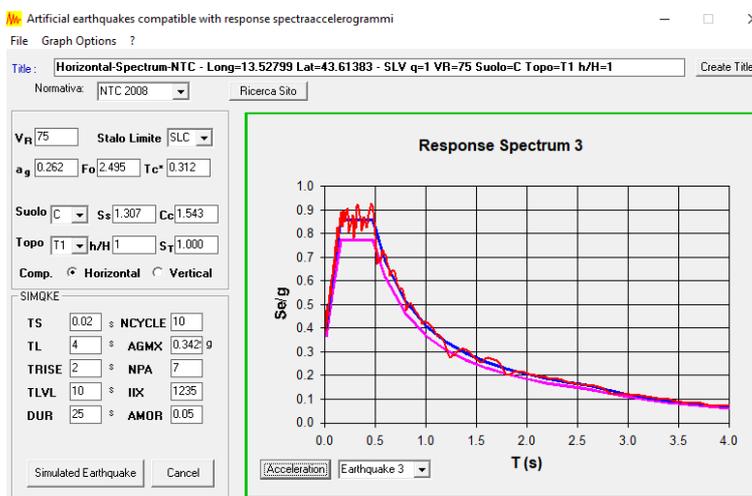
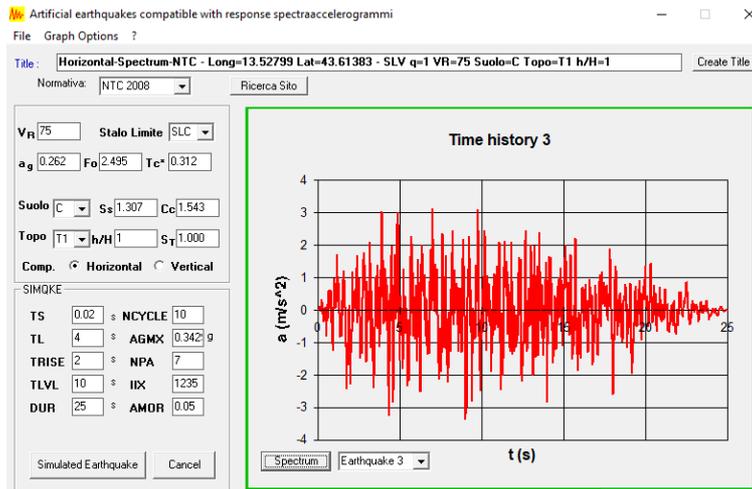
RE-002

Sh. Of / Fg. di

Rev. / Rev.

28 of 82

00



Project / Progetto:

PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"

IngeSar.it
Studio di
Ingegneria Sardella s.r.l.

Title / Titolo:

RELAZIONE SULLE STRUTTURE

Job No. /Commessa

Doc. No./N. Doc.

19-037

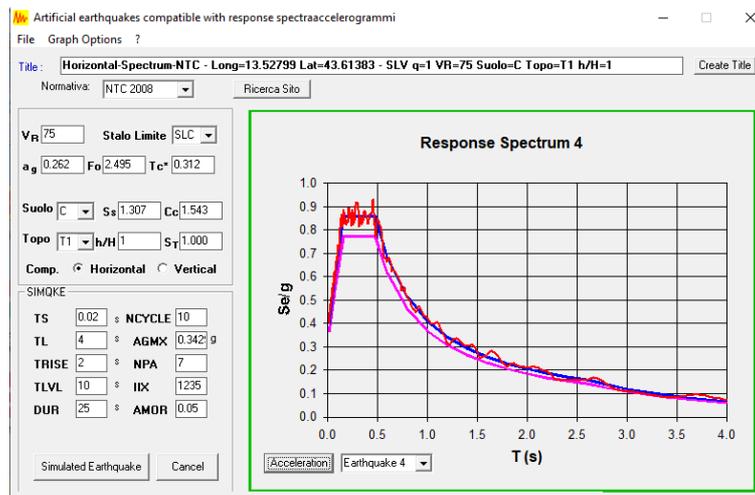
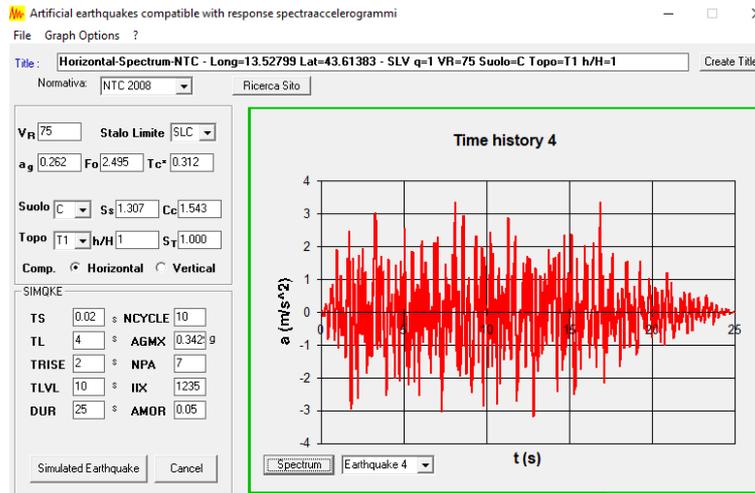
RE-002

Sh. Of / Fg. di

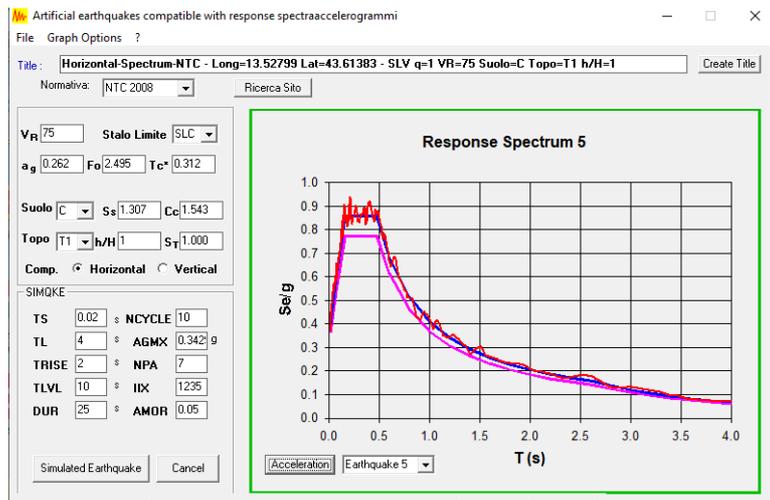
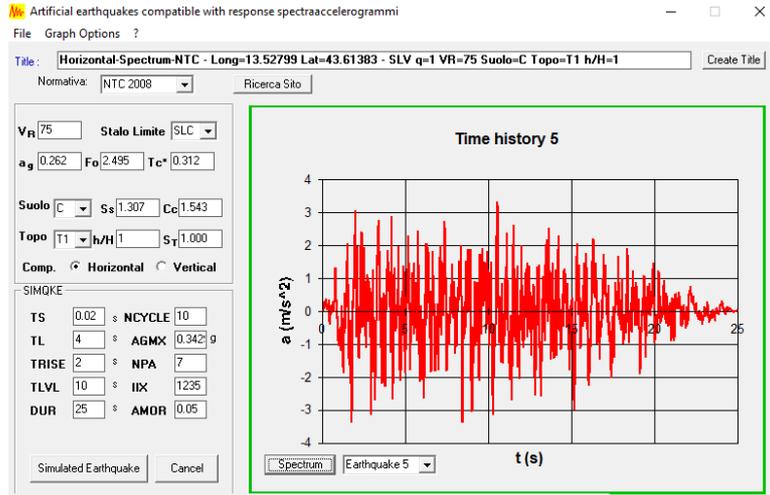
Rev. / Rev.

29 of 82

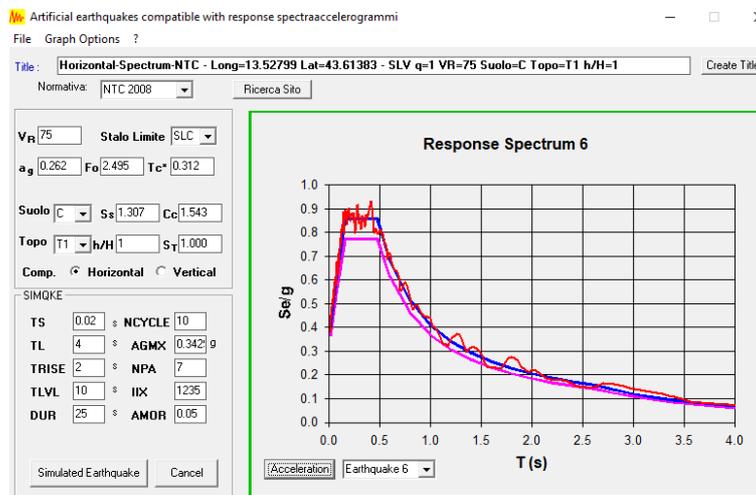
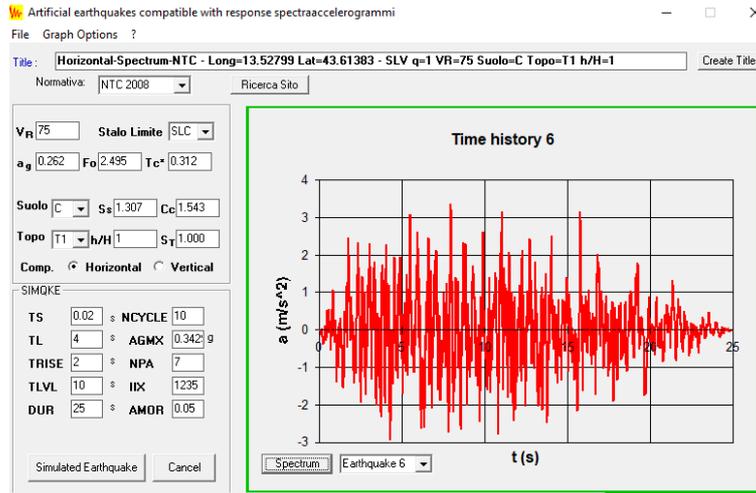
00



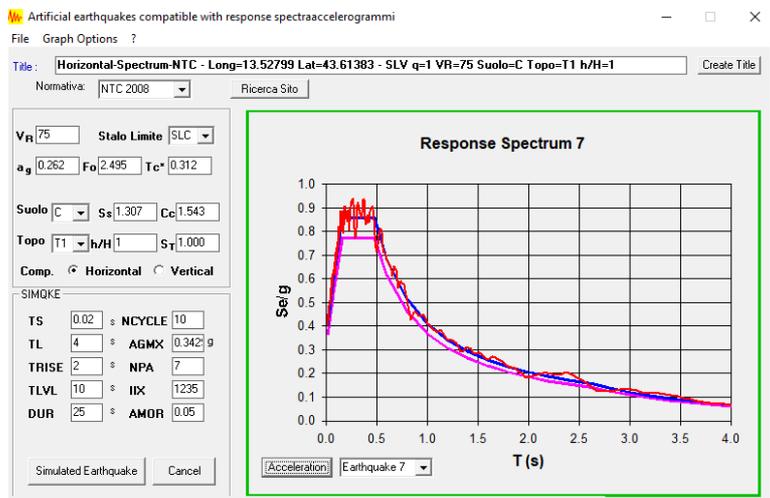
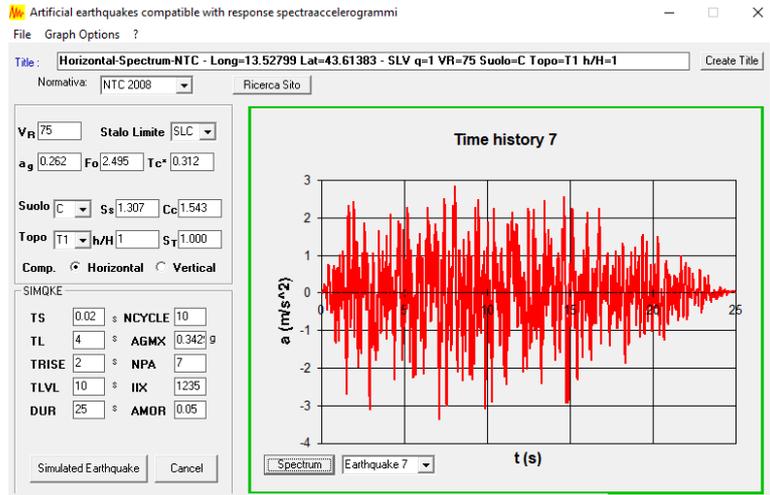
Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	30 of 82	00



Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	31 of 82	00

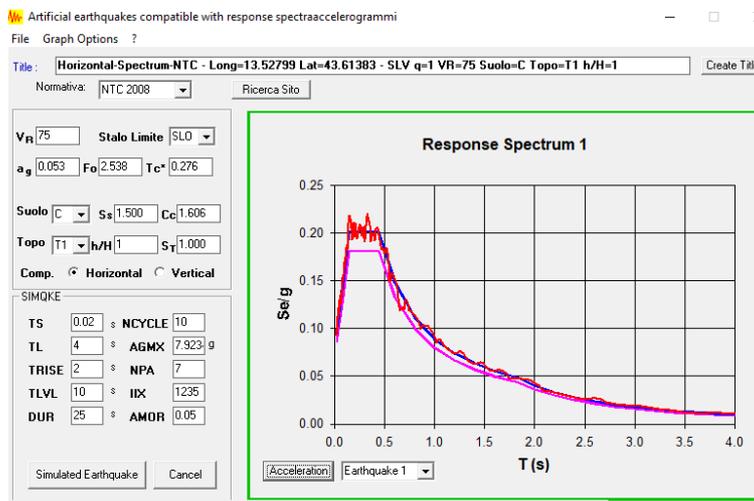
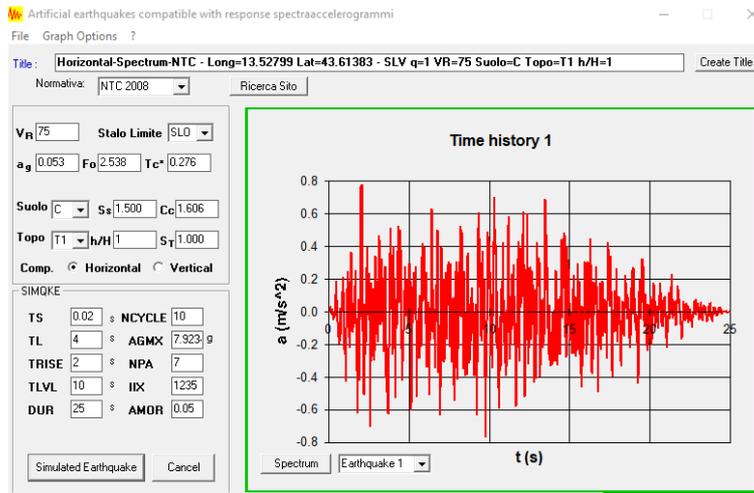


Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	32 of 82	00



Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	33 of 82	00

Accelerogrammi per lo stato limite di operatività (SLO) e spettrocompatibilità:



Project / Progetto:

PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"

IngeSar.it
Studio di
Ingegneria Sardella s.r.l.

Title / Titolo:

RELAZIONE SULLE STRUTTURE

Job No. /Commessa

Doc. No./N. Doc.

19-037

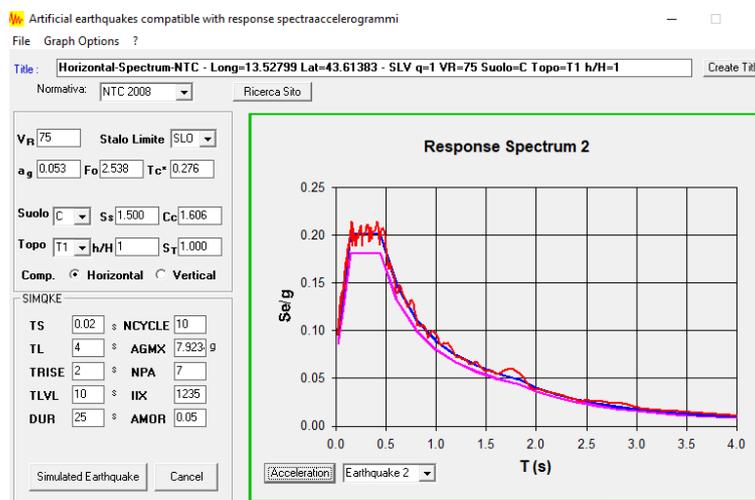
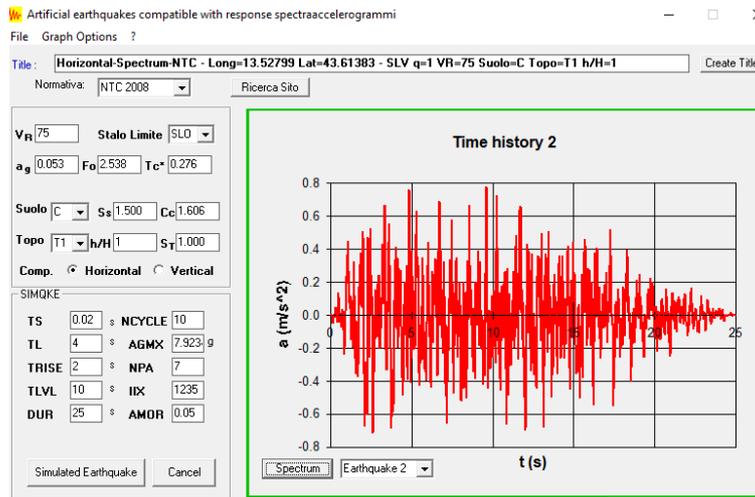
RE-002

Sh. Of / Fg. di

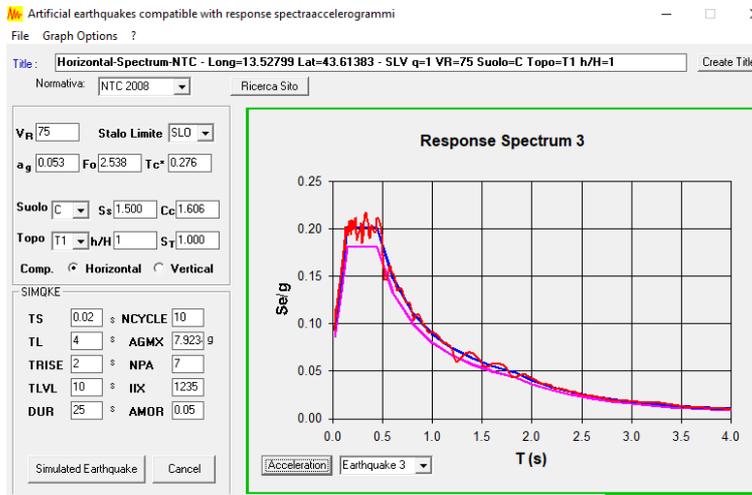
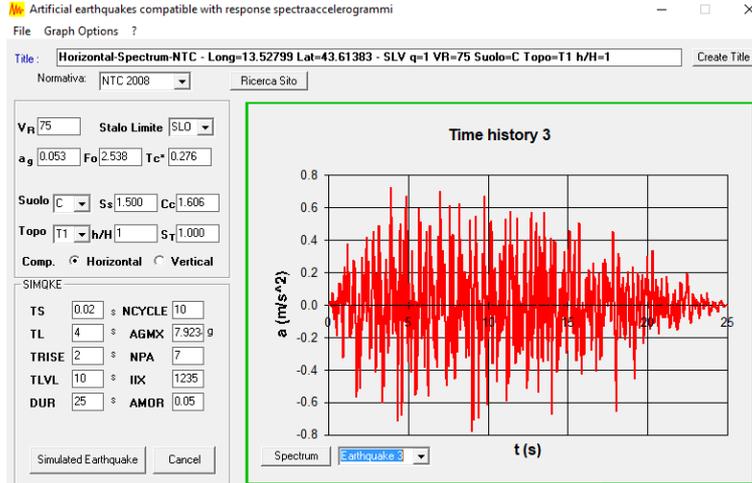
Rev. / Rev.

34 of 82

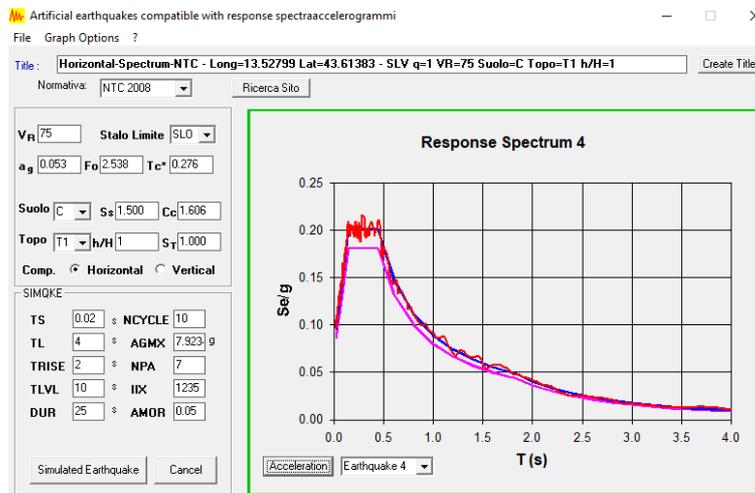
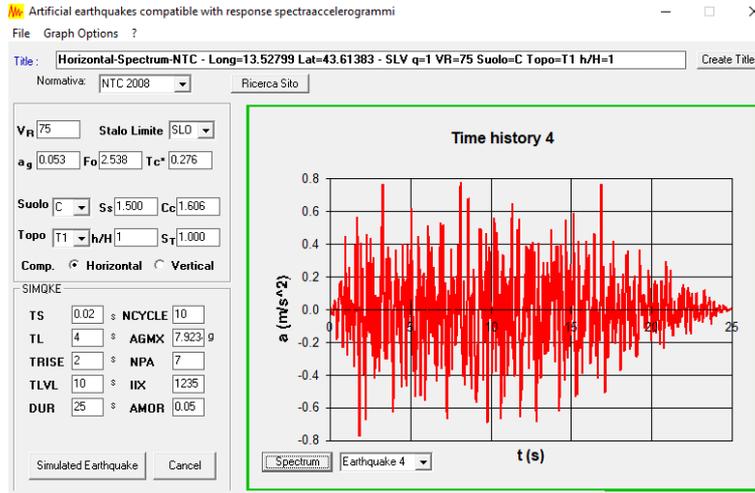
00



Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	35 of 82	00



Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	36 of 82	00



Project / Progetto:

PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"

IngeSar.it
Studio di
Ingegneria Sardella s.r.l.

Title / Titolo:

RELAZIONE SULLE STRUTTURE

Job No. /Commessa

Doc. No./N. Doc.

19-037

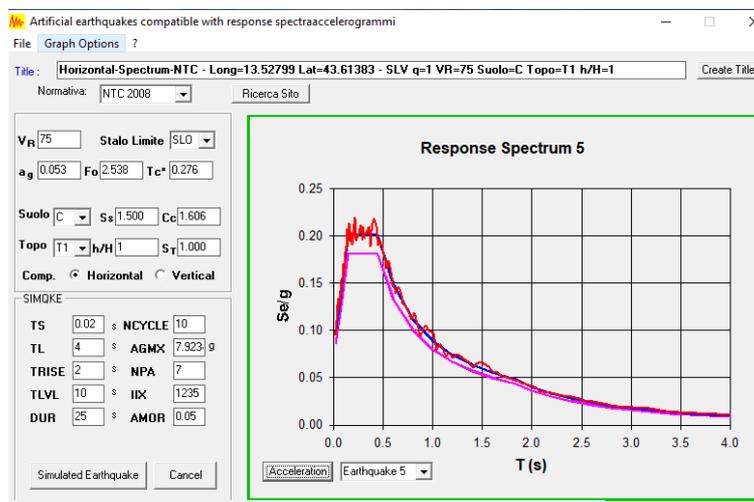
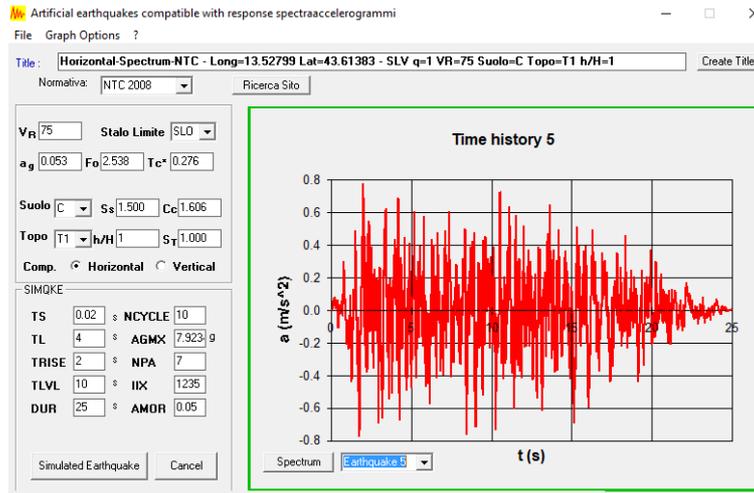
RE-002

Sh. Of / Fg. di

Rev. / Rev.

37 of 82

00



Project / Progetto:

PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"

IngeSar.it
Studio di
Ingegneria Sardella s.r.l.

Title / Titolo:

RELAZIONE SULLE STRUTTURE

Job No. /Commessa

Doc. No./N. Doc.

19-037

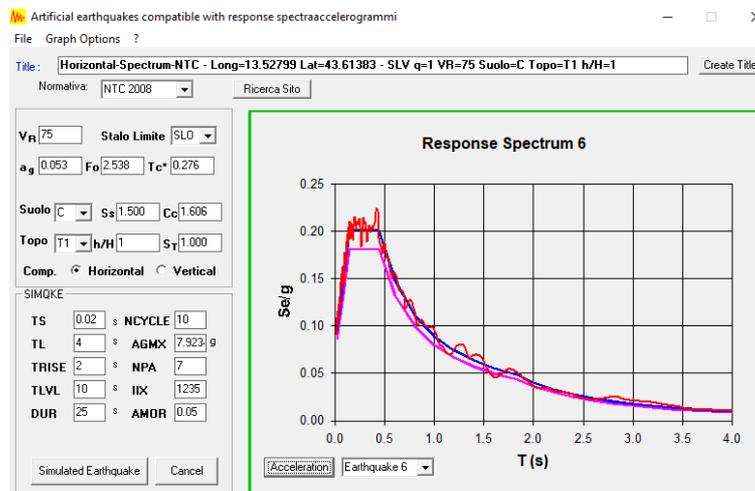
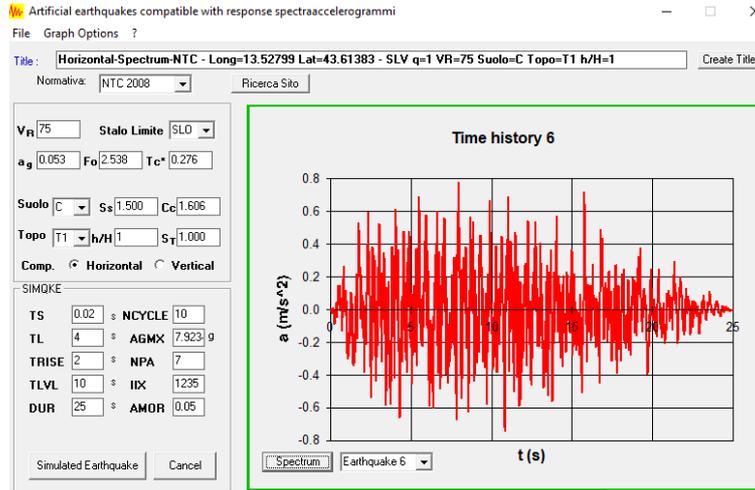
RE-002

Sh. Of / Fg. di

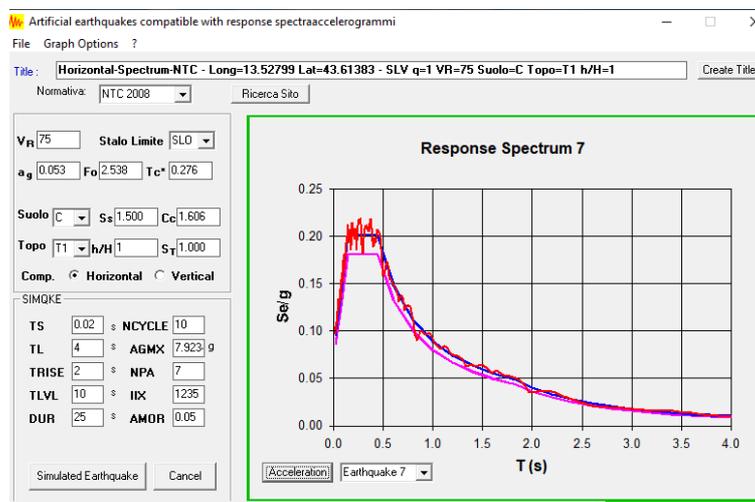
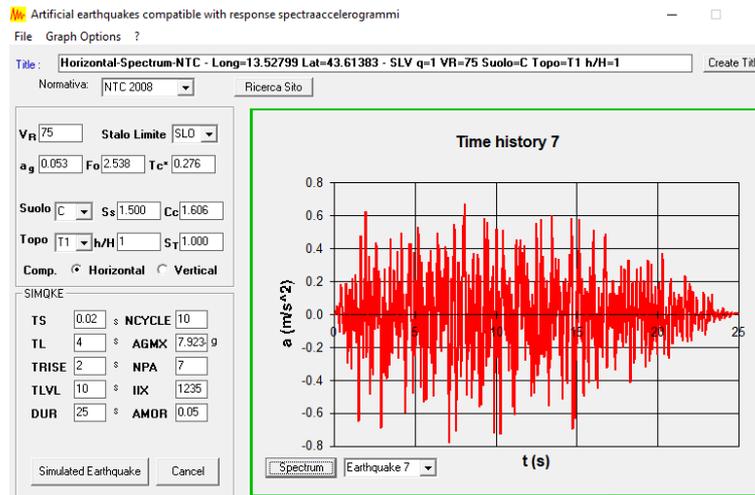
Rev. / Rev.

38 of 82

00



Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	39 of 82	00



Per l'analisi in campo non lineare, gli accelerogrammi vengono combinati nelle due direzioni orizzontali, in modo da ottenere 7 combinazioni per ciascuno stato limite. Gli effetti da considerare saranno quelli mediati fra i valori più sfavorevoli, in quanto sono stati considerati 7 accelerogrammi, come suggerito dalle NTC 2018. La componente verticale del sisma non viene considerata nell'analisi.

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	40 of 82	00

4.3 Combinazioni delle azioni

Masse per il calcolo delle azioni sismiche

Vengono dedotte dalla seguente relazione:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

dove:

- G_1 = masse dovute ai pesi propri delle strutture;
- G_2 = masse dovute ai carichi permanenti;
- Q_{kj} = masse dovute ai carichi variabili;
- Ψ_{2j} = coefficiente di combinazione.

Per il coefficiente di combinazione sono stati adottati i seguenti valori:

Neve (copertura) $\Psi_{2j} = 0,0$ (altitudine inferiore a 1000 m s.l.m.)

Sovraccarico d'esercizio $\Psi_{2j} = 0,6$ (ambienti suscettibili di affollamento)

Combinazione delle componenti dell'azione sismica

Nella combinazione delle componenti dell'azione sismica per le analisi dinamiche con integrazione al passo in campo non lineare, le due componenti accelerometriche orizzontali (e quella verticale, ove necessario sono applicate simultaneamente) a formare un gruppo di accelerogrammi:

$$1,00 \cdot E_x + 0,30 \cdot E_y \cdot$$

$$0,30 \cdot E_x + 1,00 \cdot E_y$$

Nel caso in esame, sono stati considerati unicamente le componenti accelerometriche orizzontali.

Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico relative alle condizioni non sismiche sono dedotte dalla seguente relazione simbolica

$$F_d = \gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_p P + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Qi} \sum_{i=2}^{i=n} (\Psi_{0i} Q_{ki})$$

dove:

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	41 of 82	00

- F_d = azioni di progetto;
- $\gamma_{G_1} = 1.3$ (1.0 se il contributo aumenta la sicurezza);
- G_1 = carichi permanenti strutturali;
- $\gamma_{G_2} = 1.5$ (0 se il contributo aumenta la sicurezza);
- G_2 = carichi permanenti non strutturali;
- $\gamma_{Q_k} = 1.5$ (0 se il contributo aumenta la sicurezza);
- Q_{ki} = azioni variabili (valore caratteristico);
- $\Psi_{0i} = 0.5$ coefficiente di combinazione per neve;
- $\Psi_{0i} = 0.7$ coefficiente di combinazione per luoghi suscettibili di affollamento.

Nel caso di azioni sismiche, le sollecitazioni, per la verifica allo stato limite ultimo, vengono valutate con la formula di combinazione:

$$E + G_1 + G_2 + P + \Psi_{21}Q_{k1} + \sum_{i=2}^{i=n} (\Psi_{2i}Q_{ki})$$

dove:

- E = azione sismica di progetto;
- G_1 = carichi permanenti strutturali;
- G_2 = carichi permanenti non strutturali;
- $\Psi_{2j} = 0,0$ coefficiente di combinazione per la neve e per il sottotetto accessibile per soli scopi manutentivi;
- $\Psi_{2j} = 0,6$ coefficiente di combinazione per ambienti suscettibili di affollamento.

Dati generali di input

Project / Progetto:	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo:	Job No. /Commissa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	42 of 82	00

RELAZIONE SULLE STRUTTURE

TABLE: Combination Definitions		
ComboName	CaseType	CaseName
Text	Text	Text
EX1-100-q=1.5	Linear Static	STATICA DM18
EX1-100-q=1.5	NonLin Modal Hist	THACC-1-X0.3Y-100
EX2-100-q=1.5	Linear Static	STATICA DM18
EX2-100-q=1.5	NonLin Modal Hist	THACC-2-X0.3Y-100
EX3-100-q=1.5	Linear Static	STATICA DM18
EX3-100-q=1.5	NonLin Modal Hist	THACC-3-X0.3Y-100
EX4-100-q=1.5	Linear Static	STATICA DM18
EX4-100-q=1.5	NonLin Modal Hist	THACC-4-X0.3Y-100
EX5-100-q=1.5	Linear Static	STATICA DM18
EX5-100-q=1.5	NonLin Modal Hist	THACC-5-X0.3Y-100
EX6-100-q=1.5	Linear Static	STATICA DM18
EX6-100-q=1.5	NonLin Modal Hist	THACC-6-X0.3Y-100
EX7-100-q=1.5	Linear Static	STATICA DM18
EX7-100-q=1.5	NonLin Modal Hist	THACC-7-X0.3Y-100
EY1-100-q=1.5	Linear Static	STATICA DM18
EY1-100-q=1.5	NonLin Modal Hist	THACC-1-0.3XY-100
EY2-100-q=1.5	Linear Static	STATICA DM18
EY2-100-q=1.5	NonLin Modal Hist	THACC-2-0.3XY-100
EY3-100-q=1.5	Linear Static	STATICA DM18
EY3-100-q=1.5	NonLin Modal Hist	THACC-3-0.3XY-100
EY4-100-q=1.5	Linear Static	STATICA DM18
EY4-100-q=1.5	NonLin Modal Hist	THACC-4-0.3XY-100
EY5-100-q=1.5	Linear Static	STATICA DM18
EY5-100-q=1.5	NonLin Modal Hist	THACC-5-0.3XY-100
EY6-100-q=1.5	Linear Static	STATICA DM18
EY6-100-q=1.5	NonLin Modal Hist	THACC-6-0.3XY-100
EY7-100-q=1.5	Linear Static	STATICA DM18
EY7-100-q=1.5	NonLin Modal Hist	THACC-7-0.3XY-100
EX-MED-100-q1.5	Response Combo	EX1-100-q=1.5
EX-MED-100-q1.5	Response Combo	EX2-100-q=1.5
EX-MED-100-q1.5	Response Combo	EX3-100-q=1.5
EX-MED-100-q1.5	Response Combo	EX4-100-q=1.5
EX-MED-100-q1.5	Response Combo	EX5-100-q=1.5
EX-MED-100-q1.5	Response Combo	EX6-100-q=1.5
EX-MED-100-q1.5	Response Combo	EX7-100-q=1.5
EY-MED-100-q=1.5	Response Combo	EY1-100-q=1.5
EY-MED-100-q=1.5	Response Combo	EY2-100-q=1.5
EY-MED-100-q=1.5	Response Combo	EY3-100-q=1.5
EY-MED-100-q=1.5	Response Combo	EY4-100-q=1.5
EY-MED-100-q=1.5	Response Combo	EY5-100-q=1.5
EY-MED-100-q=1.5	Response Combo	EY6-100-q=1.5
EY-MED-100-q=1.5	Response Combo	EY7-100-q=1.5
EX1-SLC	Linear Static	STATICA DM18
EX1-SLC	NonLin Modal Hist	THACC-1-X0.3Y-SLC
EX2-SLC	Linear Static	STATICA DM18
EX2-SLC	NonLin Modal Hist	THACC-2-X0.3Y-SLC
EX3-SLC	Linear Static	STATICA DM18
EX3-SLC	NonLin Modal Hist	THACC-3-X0.3Y-SLC
EX4-SLC	Linear Static	STATICA DM18
EX4-SLC	NonLin Modal Hist	THACC-4-X0.3Y-SLC
EX5-SLC	Linear Static	STATICA DM18
EX5-SLC	NonLin Modal Hist	THACC-5-X0.3Y-SLC
EX6-SLC	Linear Static	STATICA DM18
EX6-SLC	NonLin Modal Hist	THACC-6-X0.3Y-SLC
EX7-SLC	Linear Static	STATICA DM18
EX7-SLC	NonLin Modal Hist	THACC-7-X0.3Y-SLC
EY1-SLC	Linear Static	STATICA DM18
EY1-SLC	NonLin Modal Hist	THACC-1-0.3XY-SLC
EY2-SLC	Linear Static	STATICA DM18
EY2-SLC	NonLin Modal Hist	THACC-2-0.3XY-SLC
EY3-SLC	Linear Static	STATICA DM18
EY3-SLC	NonLin Modal Hist	THACC-3-0.3XY-SLC
EY4-SLC	Linear Static	STATICA DM18
EY4-SLC	NonLin Modal Hist	THACC-4-0.3XY-SLC
EY5-SLC	Linear Static	STATICA DM18
EY5-SLC	NonLin Modal Hist	THACC-5-0.3XY-SLC
EY6-SLC	Linear Static	STATICA DM18
EY6-SLC	NonLin Modal Hist	THACC-6-0.3XY-SLC
EY7-SLC	Linear Static	STATICA DM18
EY7-SLC	NonLin Modal Hist	THACC-7-0.3XY-SLC

EX-MED-SLC	Response Combo	EX1-SLC
EX-MED-SLC	Response Combo	EX2-SLC
EX-MED-SLC	Response Combo	EX3-SLC
EX-MED-SLC	Response Combo	EX4-SLC
EX-MED-SLC	Response Combo	EX5-SLC
EX-MED-SLC	Response Combo	EX6-SLC
EX-MED-SLC	Response Combo	EX7-SLC
EY-MED-SLC	Response Combo	EY1-SLC
EY-MED-SLC	Response Combo	EY2-SLC
EY-MED-SLC	Response Combo	EY3-SLC
EY-MED-SLC	Response Combo	EY4-SLC
EY-MED-SLC	Response Combo	EY5-SLC
EY-MED-SLC	Response Combo	EY6-SLC
EY-MED-SLC	Response Combo	EY7-SLC
EX1-100-q=3	Linear Static	STATICA DM18
EX1-100-q=3	NonLin Modal Hist	THACC-1-X0.3Y-100
EX2-100-q=3	Linear Static	STATICA DM18
EX2-100-q=3	NonLin Modal Hist	THACC-2-X0.3Y-100
EX3-100-q=3	Linear Static	STATICA DM18
EX3-100-q=3	NonLin Modal Hist	THACC-3-X0.3Y-100
EX4-100-q=3	Linear Static	STATICA DM18
EX4-100-q=3	NonLin Modal Hist	THACC-4-X0.3Y-100
EX5-100-q=3	Linear Static	STATICA DM18
EX5-100-q=3	NonLin Modal Hist	THACC-5-X0.3Y-100
EX6-100-q=3	Linear Static	STATICA DM18
EX6-100-q=3	NonLin Modal Hist	THACC-6-X0.3Y-100
EX7-100-q=3	Linear Static	STATICA DM18
EX7-100-q=3	NonLin Modal Hist	THACC-7-X0.3Y-100
EY1-100-q=3	Linear Static	STATICA DM18
EY1-100-q=3	NonLin Modal Hist	THACC-1-0.3XY-100
EY2-100-q=3	Linear Static	STATICA DM18
EY2-100-q=3	NonLin Modal Hist	THACC-2-0.3XY-100
EY3-100-q=3	Linear Static	STATICA DM18
EY3-100-q=3	NonLin Modal Hist	THACC-3-0.3XY-100
EY4-100-q=3	Linear Static	STATICA DM18
EY4-100-q=3	NonLin Modal Hist	THACC-4-0.3XY-100
EY5-100-q=3	Linear Static	STATICA DM18
EY5-100-q=3	NonLin Modal Hist	THACC-5-0.3XY-100
EY6-100-q=3	Linear Static	STATICA DM18
EY6-100-q=3	NonLin Modal Hist	THACC-6-0.3XY-100
EY7-100-q=3	Linear Static	STATICA DM18
EY7-100-q=3	NonLin Modal Hist	THACC-7-0.3XY-100
EX-MED-100-q=3	Response Combo	EX1-100-q=3
EX-MED-100-q=3	Response Combo	EX2-100-q=3
EX-MED-100-q=3	Response Combo	EX3-100-q=3
EX-MED-100-q=3	Response Combo	EX4-100-q=3
EX-MED-100-q=3	Response Combo	EX5-100-q=3
EX-MED-100-q=3	Response Combo	EX6-100-q=3
EX-MED-100-q=3	Response Combo	EX7-100-q=3
EY-MED-100-q=3	Response Combo	EY1-100-q=3
EY-MED-100-q=3	Response Combo	EY2-100-q=3
EY-MED-100-q=3	Response Combo	EY3-100-q=3
EY-MED-100-q=3	Response Combo	EY4-100-q=3
EY-MED-100-q=3	Response Combo	EY5-100-q=3
EY-MED-100-q=3	Response Combo	EY6-100-q=3
EY-MED-100-q=3	Response Combo	EY7-100-q=3
EX-1-SLO	Linear Static	STATICA DM18
EX-1-SLO	NonLin Modal Hist	THACC-1-X0.3Y-SLO
EY-1-SLO	Linear Static	STATICA DM18
EY-1-SLO	NonLin Modal Hist	THACC-1-0.3XY-SLO
EX-2-SLO	Linear Static	STATICA DM18
EX-2-SLO	NonLin Modal Hist	THACC-2-X0.3Y-SLO
EY-2-SLO	Linear Static	STATICA DM18
EY-2-SLO	NonLin Modal Hist	THACC-3-0.3XY-SLO
EX-3-SLO	Linear Static	STATICA DM18
EX-3-SLO	NonLin Modal Hist	THACC-3-X0.3Y-SLO
EY-3-SLO	Linear Static	STATICA DM18
EY-3-SLO	NonLin Modal Hist	THACC-3-0.3XY-SLO

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	44 of 82	00

Tipo di analisi	Livello di conoscenza	IR minimo	Note
Analisi dinamica lineare, SLV	LC2	0.217	Verifiche locali, sezioni dei pilastri, meccanismo di rottura di tipo fragile
Analisi dinamica lineare, SLV	LC3	0.289	
Analisi statica non lineare, SLV	LC2	0.481	Verifica globale

6 MODELLI DI CALCOLO

L'analisi strutturale viene effettuata su modelli di calcolo ad elementi finiti, che schematizzano l'intera struttura di elevazione nella condizione di progetto ovvero il telaio in c.a. con gli orizzontamenti e le strutture dissipative. Tali modelli riproducono in maniera accurata le distribuzioni di massa e rigidezza strutturale effettiva.

Nel modello non vengono considerate le tamponature in termini di rigidezza, ma soltanto in termini di massa, in quanto non si ritiene che possano incidere in maniera significativa sulla rigidezza complessiva, dell'edificio a causa della diffusa presenza di aperture e della composizione sullo spessore dei pannelli murari.

La struttura in elevazione del corpo di fabbrica è schematizzata con elementi frame per le travi ed i pilastri, mentre si è fatto ricorso agli elementi shell per le solette dei solai, di diverso spessore come emerso dalle indagini, per le solette delle scale e per le nuove pareti in ca., introdotte in corrispondenza delle specchiature controventate, al piano seminterrato. Nella fattispecie, per le solette dei solai è stata adottata la shell "none", avente rigidezza nulla, ma utile per l'assegnazione dei carichi alle travi, in relazione all'orditura del solaio. Questo è dovuto al fatto che avendo i solaio in calcestruzzo di spessore sempre superiore ai 4 cm, è stata considerata l'ipotesi di impalcato rigido, inserendo dei constrain tipo Diaphragm.

Nella condizione di progetto si considera la fessurazione del calcestruzzo attraverso la riduzione del modulo elastico al 50%, che produce un effetto diretto sugli spostamenti della struttura, aumentandoli.

Le fondazioni sono costituite da plinti collegati con cordoli rigidi flessionalmente in entrambe le direzioni: dunque è garantito il vincolo di incastro al piede dei pilastri.

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	45 of 82	00

I carichi sono assegnati come pressioni sulle shell dei solai, tenendo conto di una ripartizione del tipo "one way" sulle travi adiacenti; i carichi delle tamponature sono state invece assegnate direttamente ai frame corrispondenti.

Per quanto riguarda la schematizzazione dei controventi dissipativi, sono stati introdotti nelle maglie strutturali interessate dei link tipo Plastic Wen, a comportamento elasto-plastico incrudente ciclico, a cui sono state assegnate le caratteristiche di rigidezza equivalente in funzione della rigidezza assiale del Brace (realizzato con profilo tubolare circolare) e della rigidezza elastica del dissipatore, secondo la seguente formula:

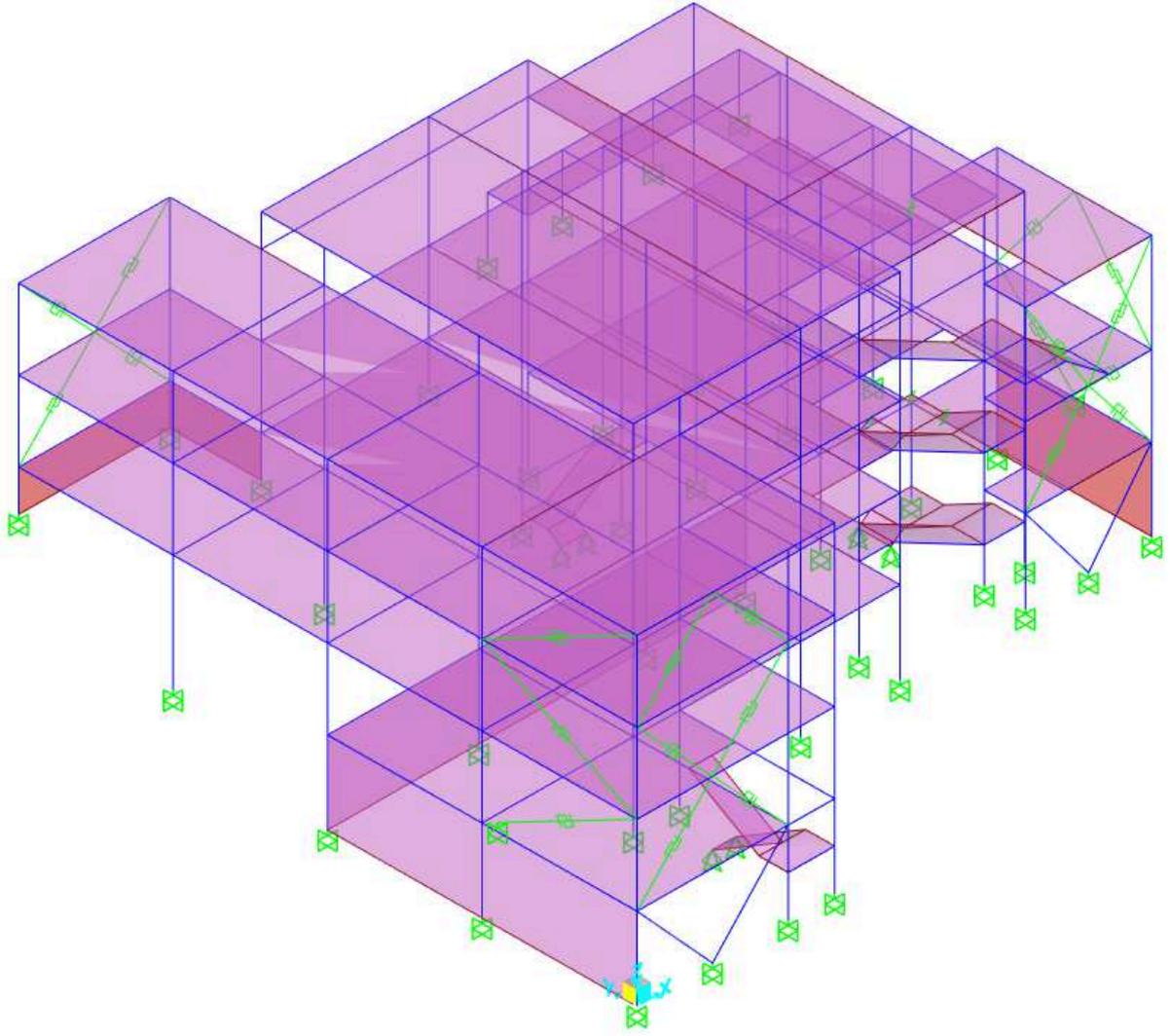
$$K_C = \frac{1}{\frac{1}{K_D} + \frac{1}{K_B}}$$

Dove:

- K_C è la rigidezza equivalente del controvento dissipativo
- K_D è la rigidezza del dissipatore
- K_B è la rigidezza del braccio

Di seguito si riporta lo schema tridimensionale del modello completo:

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: <p style="text-align: center;">RELAZIONE SULLE STRUTTURE</p>	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	<p style="text-align: center;">19-037</p>	<p style="text-align: center;">RE-002</p>
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	<p style="text-align: center;">46 of 82</p>	<p style="text-align: center;">00</p>



Project / Progetto:		
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo:	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	47 of 82	00

RELAZIONE SULLE STRUTTURE

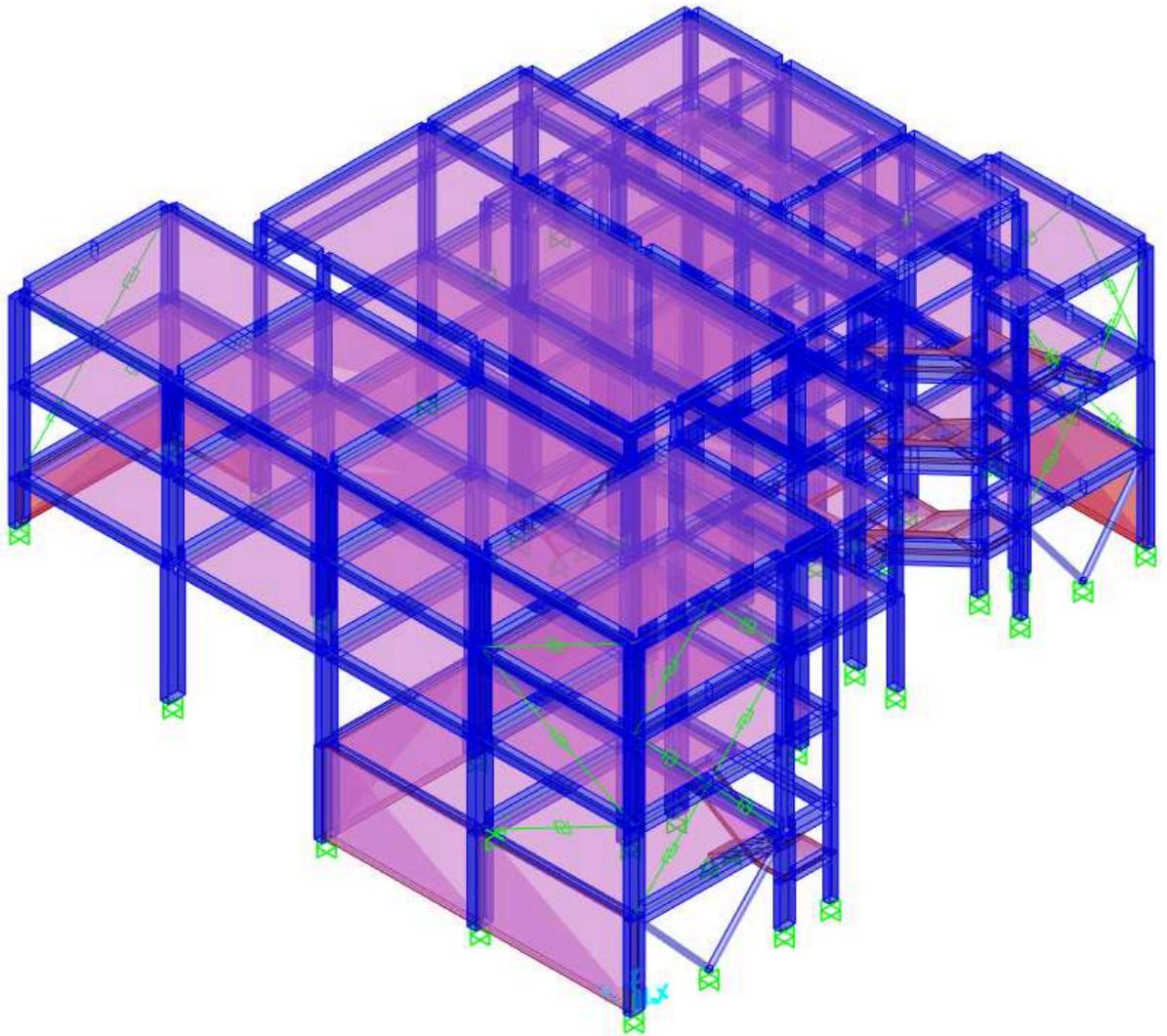


Figure 7 Viste tridimensionali modello

7 METODI DI ANALISI

L'analisi strutturale e le verifiche vengono condotte con un'analisi dinamica non lineare di tipo FNA ("Fast Non linear Analysis"). Questo tipo di analisi richiede degli oneri computazionali modesti, in quanto la struttura esistente viene modellata in campo lineare, mentre le non linearità meccaniche sono unicamente concentrate negli elementi dissipativi, ovvero i link.

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	48 of 82	00

Questo è il modo più corretto di eseguire l'analisi strutturale, in quanto è l'unico modo possibile di cogliere la dissipazione dei dispositivi. L'analisi time history infatti, permette di monitorare per ciascun link, il ciclo isteretico, la cui area sottesa corrisponde esattamente all'energia dissipata da quello stesso elemento.

Come riportato nella Circolare alle NTC, le analisi non lineari permettono di tener conto delle non linearità di materiale e geometriche sia della struttura portante, sia del sistema di dissipazione di energia. Le analisi non lineari, pertanto, sono particolarmente indicate nei casi in cui, per il terremoto di progetto agli SLU:

- la struttura si plasticizza considerevolmente e dissipa energia insieme al sistema dissipativo;
- il sistema dissipativo ha un comportamento fortemente non lineare non riducibile a lineare;
- struttura e sistema dissipativo hanno entrambi comportamenti fortemente non lineari.

In tutti i casi le analisi non lineari permettono di valutare in maniera diretta e più efficace il comportamento del sistema strutturale nel suo complesso e di ottimizzare al meglio la progettazione del sistema dissipativo; in particolare, ottimizzando la distribuzione ed il dimensionamento dei dispositivi nella struttura evitando deformazioni concentrate in pochi elementi strutturali e/o in pochi dispositivi, massimizzando così l'efficienza del sistema.

La risposta della struttura è calcolata mediante l'integrazione dell'equazione non lineare del moto:

$$M \cdot \ddot{u} + C \cdot \dot{u} + K \cdot u = F(t)$$

dove:

M corrisponde alla matrice della massa;

C corrisponde alla matrice dello smorzamento;

K corrisponde alla matrice della rigidità;

$F(t)$ è il carico applicato in funzione del tempo, cioè l'input sismico;

u è il vettore spostamento.

Caratteristica peculiare dell'analisi non lineare dinamica è quella di riuscire a seguire il comportamento dell'edificio sottoposto a sollecitazioni cicliche, simulando effettivamente il sisma e la sua variabilità spaziale.

Le principali caratteristiche del metodo FNA sono:

- Ad ogni passo di integrazione la matrice delle rigidità rimane costante;

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	49 of 82	00

- Le componenti non lineari sono trattate con un vettore di forze non lineari che dipende, a sua volta, dai vettori LDR (Load Dependent Ritz vector);
- Le equazioni modali disaccoppiate sono calcolate ad ogni passo di tempo.

Il metodo FNA è suggerito dalla letteratura tecnica quando i nllink sono concentrati in pochi punti del modello; inoltre, consente un'esecuzione più rapida delle analisi.

7.1 Risultati delle Time History

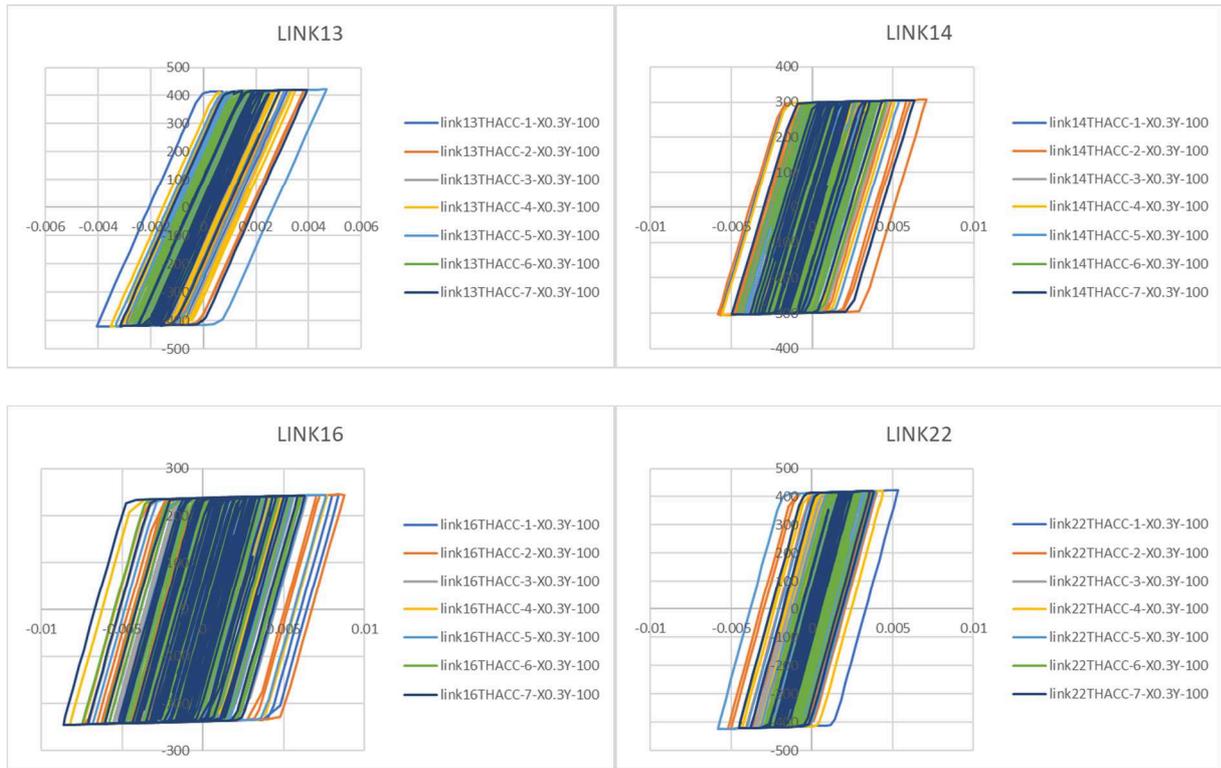
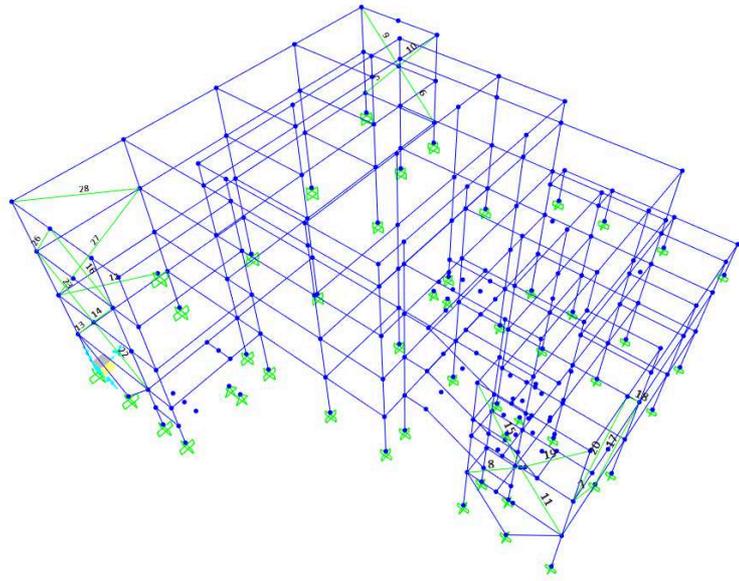
I risultati ottenuti nelle analisi non lineari vengono riportati sia in termini di cicli d'isteresi, per un link generico inserito nella struttura esistente che in termini di bilancio energetico.

Nel bilancio energetico l'energia complessiva, che rappresenta l'energia in ingresso dovuta al sisma (input Energy), è data principalmente dalla somma dell'energia dissipata dai dispositivi isteretici (Link Histeretic) e dell'energia associata allo smorzamento modale (modal Damping).

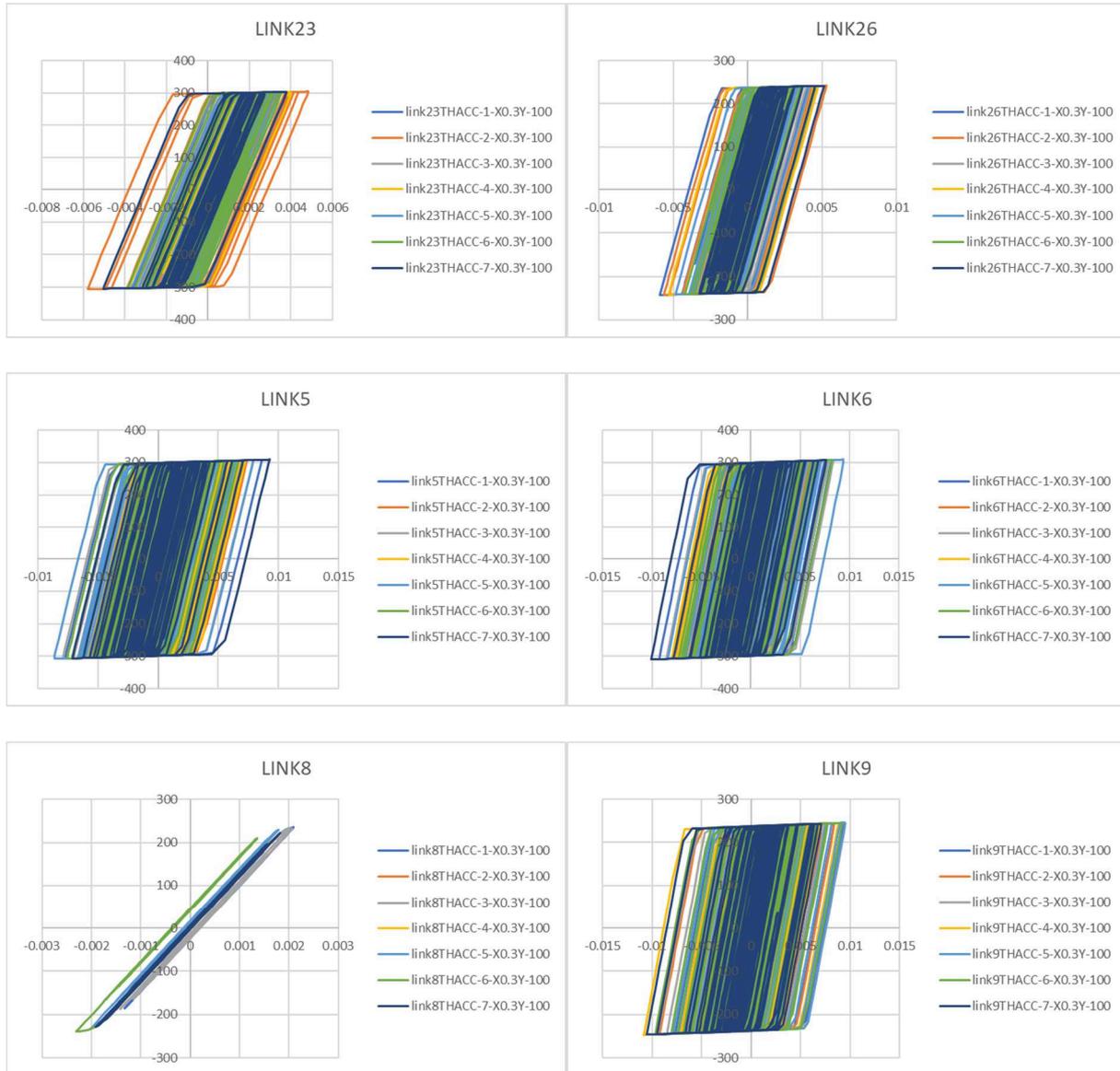
Dai cicli d'isteresi dei dissipatori si può dedurre l'ampiezza degli allungamenti e degli accorciamenti massimi del dispositivo (e la massima forza ricevuta), mentre l'area racchiusa da ogni ciclo rappresenta l'energia dissipata.

Con riferimento allo SLV, vengono mostrati i cicli dei dissipatori, i quali sono stati dimensionati in maniera tale che riescano a garantire dei cicli isteretici adeguatamente estesi, in maniera da ottimizzarne il funzionamento sotto un sisma di notevole entità. Si riportano di seguito i cicli dissipativi dei dispositivi e una vista 3d del modello con indicata la denominazione dei link:

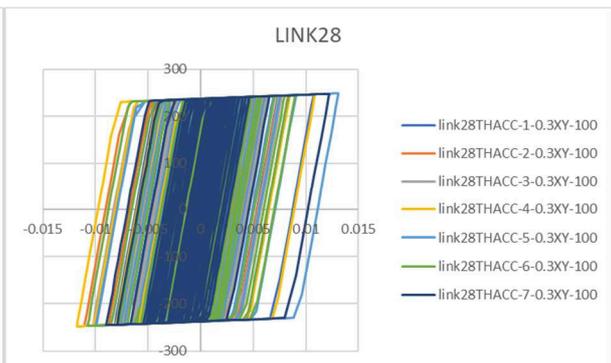
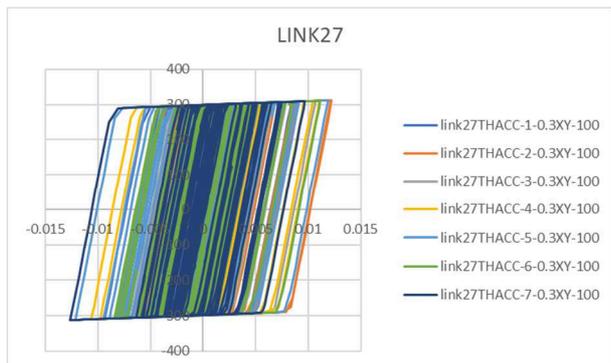
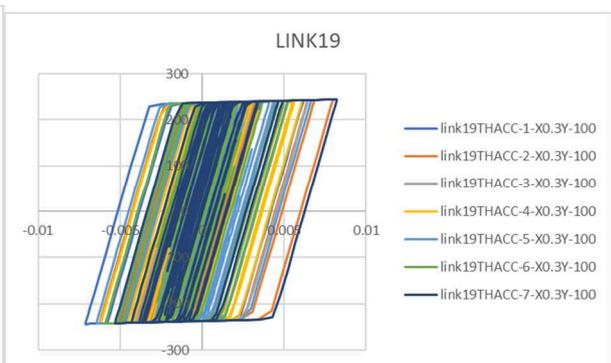
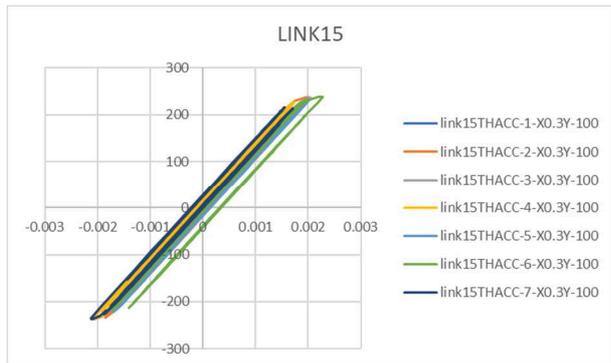
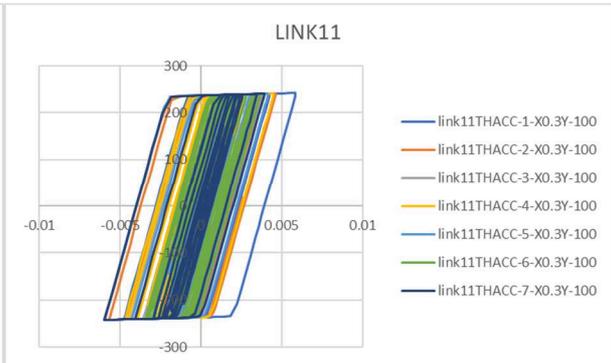
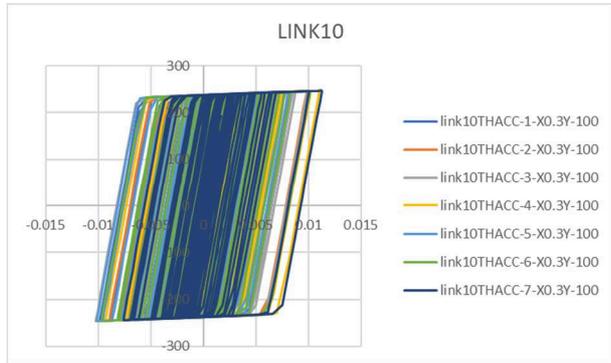
Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
Title / Titolo: <p style="text-align: center;">RELAZIONE SULLE STRUTTURE</p>	Job No. /Commissa 19-037	Doc. No./N. Doc. RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	50 of 82	00



Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa 19-037	Doc. No./N. Doc. RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	51 of 82	00



Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	52 of 82	00



Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	53 of 82	00

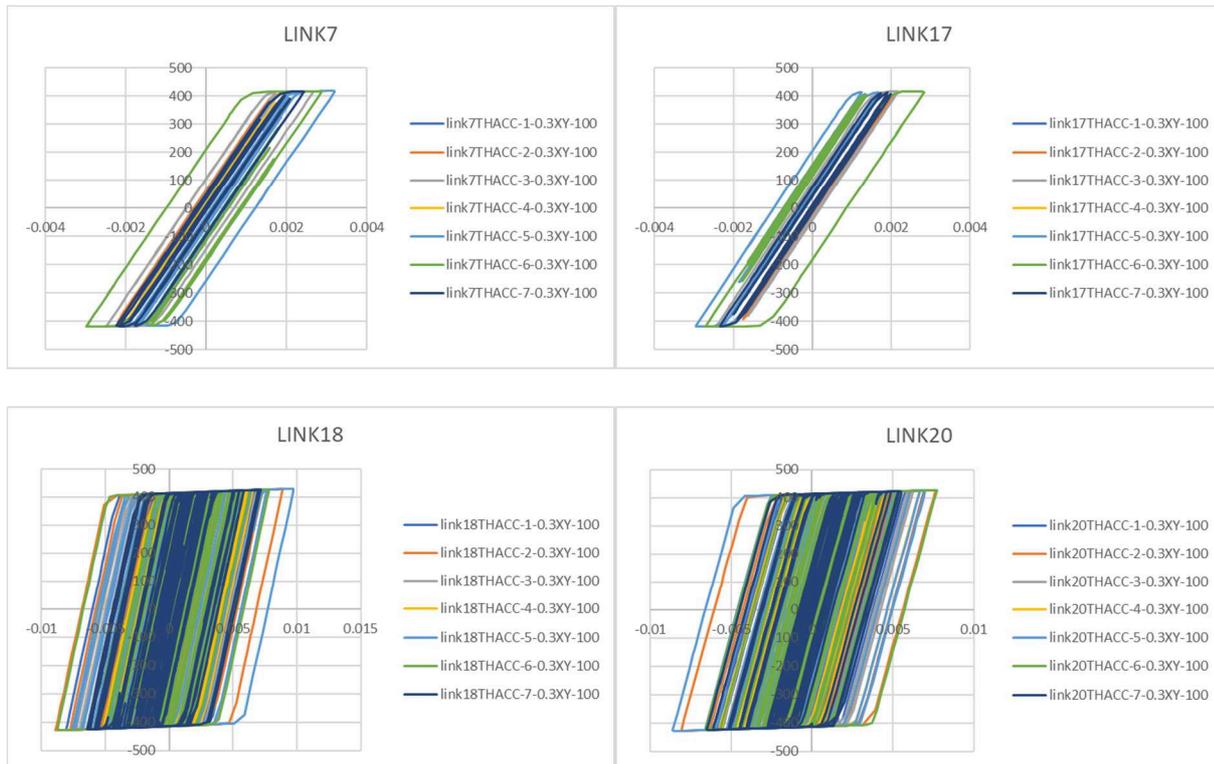


Figure 8 Comportamento ciclico dei link

Dai bilanci energetici, si nota che una parte significativa dell'energia in ingresso, viene dissipata dai dispositivi BRB, evitando che quella stessa finisca sulla struttura come energia elastica, in grado quindi di provocare delle sollecitazioni aggiuntive. Nella figura che segue si mostra il bilancio energetico per una generica combinazione: si noti come una buona parte dell'energia in ingresso prodotta dal sisma venga dissipata;

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: <p style="text-align: center;">RELAZIONE SULLE STRUTTURE</p>	Job No. /Commessa <p style="text-align: center;">19-037</p>	Doc. No./N. Doc. <p style="text-align: center;">RE-002</p>
	Sh. Of / Fg. di <p style="text-align: center;">54 of 82</p>	Rev. / Rev. <p style="text-align: center;">00</p>

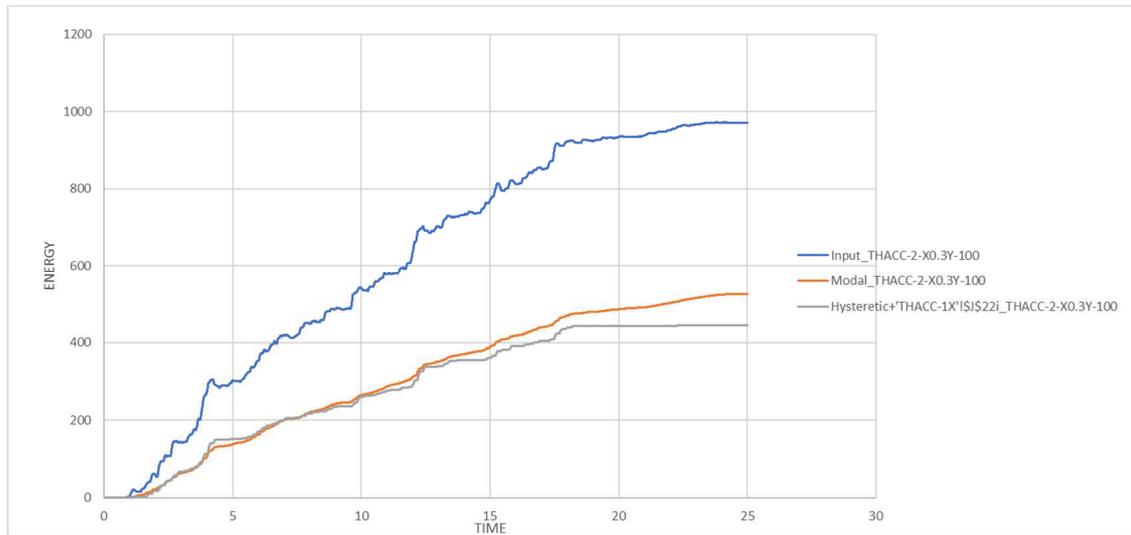


Figure 9 Bilancio energetico

Project / Progetto:		
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo:	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	55 of 82	00
RELAZIONE SULLE STRUTTURE		

8 VERIFICA IN TERMINI DI SPOSTAMENTO ALLO SLO

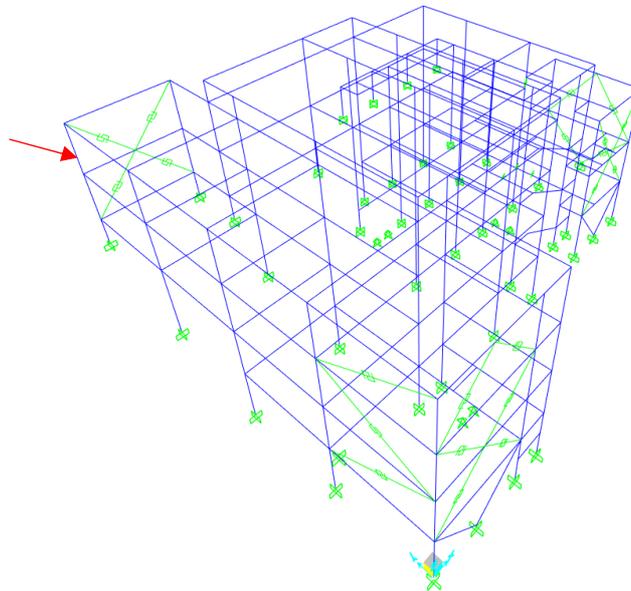
La verifica degli spostamenti va eseguita per gli stati limite di esercizio considerati; nel caso in esame, deve essere svolta allo SLO. Lo scopo è quello di valutare che gli spostamenti strutturali indotti dall'azione sismica, per lo SL considerato, non producano danni tali da rendere temporaneamente inagibile l'edificio.

In analogia con gli edifici di nuova costruzione, la verifica è ritenuta soddisfatta quando gli spostamenti di interpiano ottenuti dall'analisi in situazione sismica (d_r) sono inferiori al limite fissato dalla normativa per le costruzioni con tamponamenti collegati rigidamente alla struttura che interferiscono con la deformabilità della stessa, ovvero:

$$d_r < \frac{2}{3} \cdot (0.005h)$$

dove h è l'altezza d'interpiano.

Il pilastro che subisce gli spostamenti maggiori è il pilastro 1, indicato nel modello di seguito: la verifica allo SLO sarà quindi condotta soltanto su di esso.



Si riporta la verifica per le due combinazioni più gravose, una con l'accelerogramma prevalente in x e una in y . La verifica viene mostrata in forma grafica, indicando che per ogni istante di durata dell'input sismico, il drift di piano è sempre contenuto al di sotto del limite posto dalla normativa:

Project / Progetto:		
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: <p style="text-align: center;">RELAZIONE SULLE STRUTTURE</p>	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	56 of 82	00

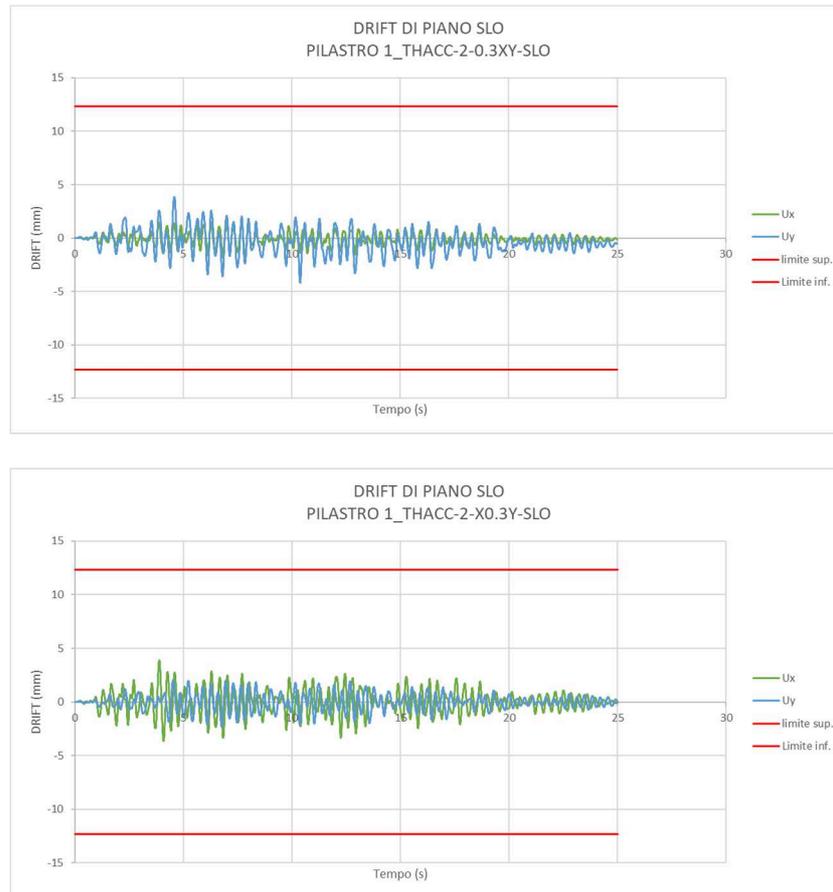


Figura 10 Storia temporale del drift di piano

La verifica allo SLO risulta ampiamente soddisfatta: l'introduzione di controventi dissipativi elasto plastici infatti, determina non solo una dissipazione di energia apprezzabile per sismi di entità notevole, ma anche un irrigidimento della struttura, che comporta una riduzione degli spostamenti fra i diversi piani.

Di seguito viene mostrata la deformata del pilastro 1, considerando l'involuppo degli spostamenti allo SLO; si tenga conto che essendo un involucro, gli spostamenti massimi fra i vari piani potrebbero non essere concomitanti allo stesso istante temporale (il che rende l'andamento della deformata a vantaggio di sicurezza):

Project / Progetto:	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: <p style="text-align: center;">RELAZIONE SULLE STRUTTURE</p>	Job No. /Commissa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	57 of 82	00

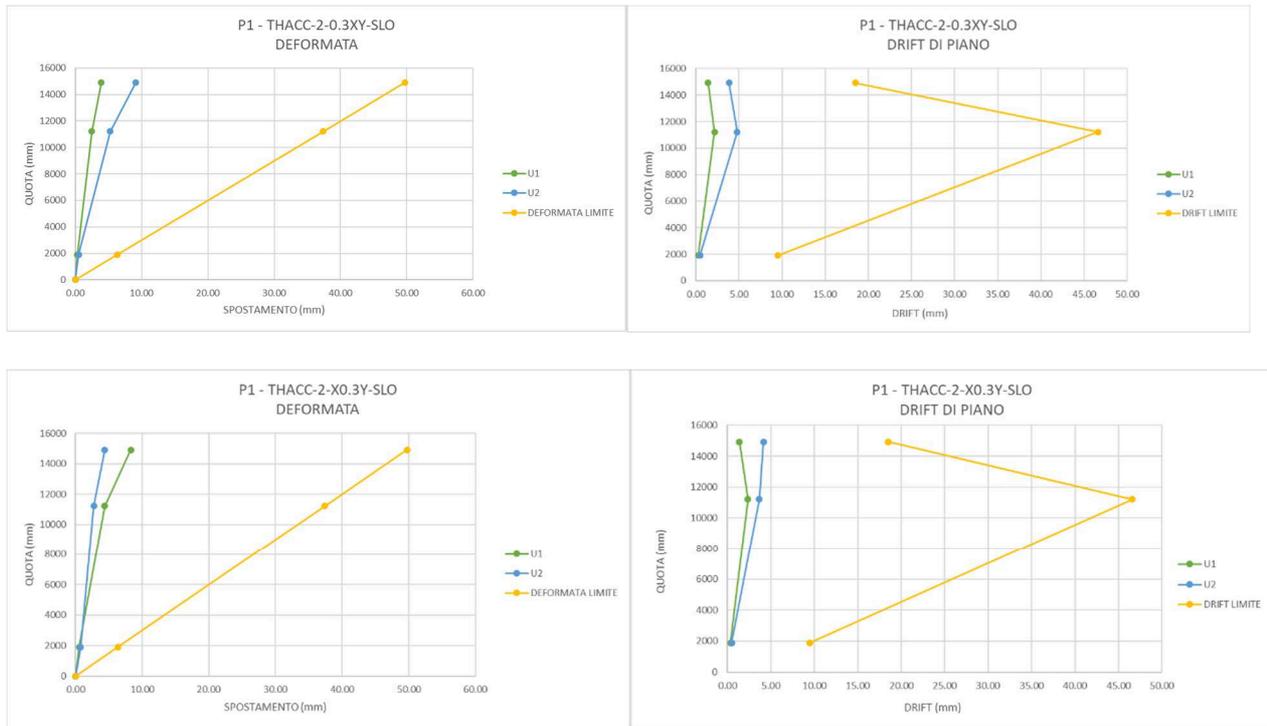


Figura 11 Deformata globale e drift di piano

Il fatto che l'andamento in altezza della deformata sia circa rettilineo, indica che la rigidezza dei controventi alle diverse quote è stata correttamente tarata.

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	58 of 82	00

9 VERIFICHE DELLE STRUTTURE ESISTENTI

La soluzione progettata comporta il miglioramento sismico al 60% del fabbricato. Le verifiche dei meccanismi duttili e fragili vengono eseguite sulla base dei risultati delle analisi dinamiche non lineari.

Ai fini delle verifiche dei meccanismi duttili globali, viene assunto un fattore di comportamento q pari a 3: questo implica considerare una certa capacità dissipativa delle strutture in c.a. esistenti, che si va ad aggiungere alla dissipazione garantita dai dispositivi. Le verifiche fragili invece, vengono condotte con un fattore q pari a 1,5 (comportamento non dissipativo).

I calcoli in dettaglio vengono riportati nell'allegato "Tabulato di calcolo".

Le verifiche sono effettuate secondo il capitolo 8 delle NTC 2018, attraverso il software VIS ver. 12.1.3 della CSI Italia "Verificatore Italiano di Sezioni", post processore del SAP2000 con cui è stato fatto il modello di calcolo.

10 VERIFICHE DELLE NUOVE STRUTTURE

10.1 Dissipatori

I dispositivi adottati per la dissipazione di energia sono del tipo BRB. Questi sfruttano lo snervamento di un elemento metallico immerso in un nucleo in calcestruzzo che ne impedisce l'instabilità: in questo modo il comportamento dell'acciaio resta simmetrico a trazione e compressione, garantendo un comportamento ciclico isteretico stabile ed esteso.

La verifica dei dispositivi viene condotta ai sensi del 7.10.6.2.2 delle NTC 2018, in cui viene prescritto che lo spostamento ultimo d_2 del dissipatore deve essere maggiore dello spostamento massimo impresso al medesimo, considerando l'input allo SLC. Si riporta il massimo spostamento subito da un dissipatore, per l'input allo SLC:

Project / Progetto:	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo:	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	59 of 82	00
RELAZIONE SULLE STRUTTURE		

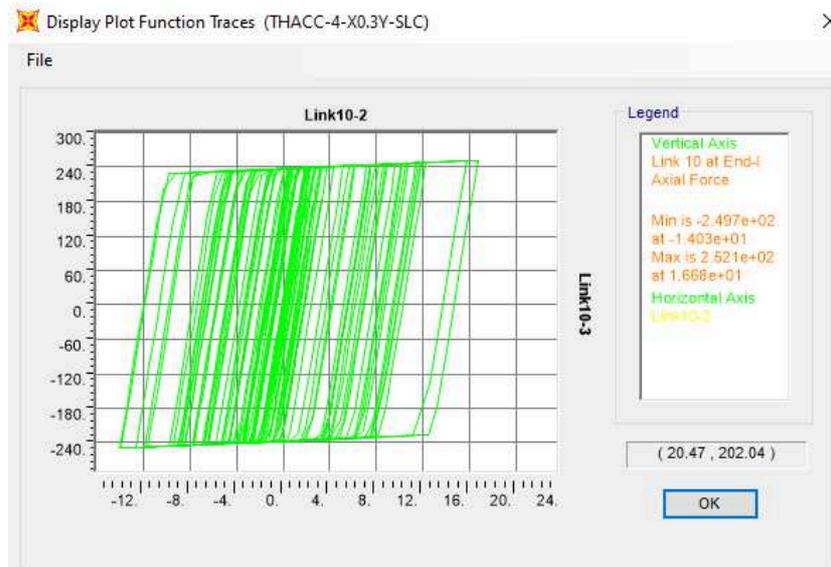


Figura 12 Massima ampiezza di spostamento del link 10

$D_{\max} = 16,7 \text{ mm} < D_u = 20 \text{ mm};$

dunque la verifica è soddisfatta.

Project / Progetto:		
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo:	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	60 of 82	00
RELAZIONE SULLE STRUTTURE		

10.2 Controvento (Brace)

Il controvento serve a garantire il funzionamento del dispositivo dissipativo ed a realizzare il collegamento con il telaio in c.a.. Nel progetto sono utilizzati dei profili tubolari circolari, aventi rigidità assiale compresa fra 2 e 4 volte quella dei dispositivi su cui sono connessi, come suggerito dalla letteratura tecnica.

La verifica più gravosa è quella di stabilità a carico assiale, dove la forza è rappresentata dallo sforzo massimo trasferibile dal dispositivo, nell'ottica di rispettare una gerarchia delle resistenze all'interno del controvento dissipativo.

Di seguito l'esito della verifica:

- Controvento per dissipatore tipo BRAD 27/40

CARATTERISTICHE DEL PROFILO		TUBO 168X12.5	
Tensione di snervamento	fyk	3550	kg/cm2
area	A	61.18	cm2
momento inerzia asse forte	Jx	1868	cm4
momento inerzia asse debole	Jy	1868	cm4
Lunghezza di libera inflessione	L	300	cm
CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE			
Forza normale di compressione	Ned	270	KN
VERIFICA DI STABILITA'			
Carico critico euleriano in x	Ncr,x	4297.47	kN
Carico critico euleriano in y	Ncr,y	4297.47	kN
Snellezza normalizzata	lambda	0.71090642	
Fattore di imperfezione	alpha	0.21	
	Phi	0.80633914	
Fattore di riduzione per instabilità	chi	0.84256052	
FATTORE DI SICUREZZA		0.15492	<1

Project / Progetto:		
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo:	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	61 of 82	00
RELAZIONE SULLE STRUTTURE		

- Controvento per dissipatore tipo BRAD 34/40 e 48/40

CARATTERISTICHE DEL PROFILO		TUBO 219X100	
Tensione di snervamento	f _{yk}	3550	kg/cm ²
area	A	65.59	cm ²
momento inerzia asse forte	J _x	3598	cm ⁴
momento inerzia asse debole	J _y	3598	cm ⁴
Lunghezza di libera inflessione	L	700	cm
CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE			
Forza normale di compressione	Ned	480	KN
VERIFICA DI STABILITA'			
Carico critico euleriano in x	Ncr,x	1520.35	kN
Carico critico euleriano in y	Ncr,y	1520.35	kN
Snellezza normalizzata	lambda	1.23754545	
Fattore di imperfezione	α	0.21	
	Φ	1.37470164	
Fattore di riduzione per instabilità	χ	0.50677264	
FATTORE DI SICUREZZA		0.42712	<1

Si noti che le verifiche dei controventi sono soddisfatte con un margine ampio di sicurezza, in quanto questi elementi è necessario che siano rigidi per garantire il corretto funzionamento dei dispositivi.

10.3 Collegamento bullonato

Il dissipatore è dotato di un piatto forato saldato all'estremità, che permette di realizzare la giunzione bullonata con la piastra che a sua volta realizzerà il collegamento con la struttura esistente. Il controvento dissipativo trasmette un'azione di taglio sui bulloni, la quale attraverso due coprighiunti, viene trasmessa alla piastra e quindi alla struttura. Con riferimento al dispositivo che trasmette la massima forza, ovvero il BRAD tipo 48/40 (F_{max}= 480 KN), viene eseguita la verifica a taglio dei 4 bulloni (M24 classe 10.9) ed a rifollamento del piatto (spessore 20 mm):

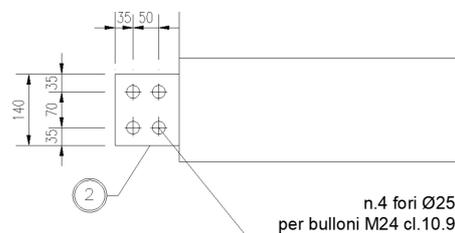


Figure 13 Attacco del dissipatore

Project / Progetto:		
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: <p style="text-align: center;">RELAZIONE SULLE STRUTTURE</p>	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	62 of 82	00

VERIFICA COLLEGAMENTO ACCIAIO (par.3 UNI EN 1993-1-8)					
VERIFICA DEL BULLONE E DELLA PIASTRA					
Forza di progetto di taglio - SLU	$F_{v,Ed} =$	120.00	kN		
Forza di progetto di trazione - SLU	$F_{t,Ed} =$	0.00	kN		
Eccentricità tra asse profilo e asse piastra	$x =$	0	mm		
Momento flettente di progetto bullone - SLU	$M_{Ed} =$	0.00	kNm		
Spessore del piatto	$t_1 =$	20	mm		
Resistenza ultima del piatto	$f_{tk} =$	510	N/mm ²		
Resistenza a snervamento del piatto	$f_{yk} =$	355	N/mm ²		
Classe del bullone		10.9			
Resistenza ultima del bullone	$f_{ub} =$	1000	N/mm ²		
Resistenza a snervamento del bullone	$f_{yb} =$	900	N/mm ²		
Coefficiente parziale di resistenza perno	$\gamma_{M0} =$	1.00	-		
Coefficiente parziale di resistenza bullone	$\gamma_{M2} =$	1.25	-		
Tipo di foro		NORMALIZZATO			
Diametro del foro	$d_0 =$	25	mm		
Diametro nominale del bullone	$d_n =$	24	mm		
Distanza tra i bordi estremi dell'asolatura	$d_a =$	-	mm		
Diametro resistente del bullone	$d_{res} =$	21.2	mm		
Area nominale del bullone	$A_n =$	452.4	mm ²		
Area resistente del bullone	$A_{res} =$	353.0	mm ³		
Momento d'inerzia del bullone	$J =$	9916	mm ⁴		
Modulo di resistenza del bullone	$W_{el} =$	935	mm ³		
	$\alpha_v =$	0.50	-		
	$\alpha_d =$	0.47	-		
	$\alpha_b =$	0.47	-		
	$k_1 =$	2.22	-		
	$k_2 =$	0.90	-		
Distanza media vertici bullone e facce piane	$d_m =$	15	mm		
Distanza dal bordo parallela al carico	$e_1 =$	35	mm	>=30mm	
Distanza dal bordo perpendicolare al carico	$e_2 =$	35	mm	>=30mm	
Distanza dal bordo parallela al carico per fori asolati	$e_3 =$	-	mm	>=37.5mm	
Distanza dal bordo perpendicolare al carico per fori asolati	$e_4 =$	-	mm	>=37.5mm	
VERIFICA LATO BULLONE					
Resistenza a taglio	$F_{v,Rd} =$	141.2	kN	F.S.= 0.85	verifica
Resistenza a trazione	$F_{t,Rd} =$	254.2	kN	F.S.= 0.00	verifica
Taglio e trazione combinati	F.S.=	0.85	≤1		verifica
Resistenza a flessione del bullone	$M_{Rd} =$	1.26	kNm	F.S.= 0.00	verifica
Taglio e flessione combinati	F.S.=	0.72	≤1		verifica
VERIFICA LATO PIASTRA					
Resistenza a rifollamento	$F_{b,Rd} =$	121.7	kN	F.S.= 0.99	verifica

10.4 Collegamento dei controventi alla fondazione

Il collegamento dei controventi alla nuova fondazione costituita da un plinto su micropali viene realizzato con dei tirafondi dotati di un piatto per massimizzare la superficie di contatto col

Project / Progetto:		
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo:	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	63 of 82	00

RELAZIONE SULLE STRUTTURE

calcestruzzo, come indicato nelle tavole progettuali. Poiché lo sfilamento dei tirafondi risulta essere implicitamente impedito dal piatto stesso, si esegue unicamente la verifica a taglio del singolo bullone ($\Phi 24$ classe 8.8, lunghezza di ancoraggio 400 mm).

La situazione più gravosa risulta essere quella relativa alla specchiatura delimitata dai pilastri 34 e 35, dove insistono due dissipatori tipo BRAD 48/40. La forza massima tagliante agente sul singolo tirafondo è pari a:

$$F_{max} = 480 * \cos\alpha = 86 \text{ kN}$$

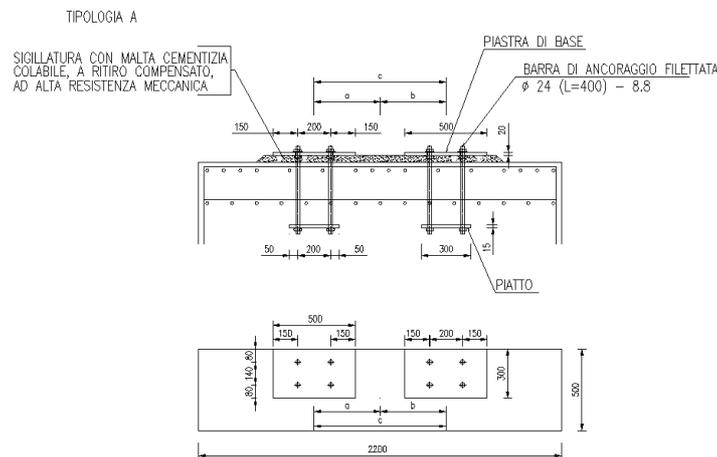


Figure 14 Disposizione dei tirafondi

Il singolo tirafondo ha una resistenza a taglio di:

$$F_{rd} = 0.6 * f_{tb} * A / \gamma_{m2} = 113 \text{ kN}$$

pertanto, la verifica sui tirafondi è soddisfatta.

Project / Progetto:		
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo:	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	64 of 82	00

10.5 Pareti in calcestruzzo armato

Le pareti in c.a. sono introdotte alla base delle specchiature delimitate dai pilastri P1-P6 e P6-P7. I setti sono stati progettati in modo non dissipativo, dunque non sono state considerate le prescrizioni in termini di dettagli costruttivi da capitolo 7.

Le pareti hanno uno spessore di 200 mm e una lunghezza che si estende per tutta la luce libera fra i pilastri in cui sono inseriti.

Nella fattispecie, al punto 7.4.6.2.4. delle NTC 2018, viene indicato che per limitare la fessurazione dovuta al taglio il rapporto geometrico di armatura orizzontale e verticale deve essere almeno pari allo 0,2%.

Di seguito si riporta il progetto delle armature:

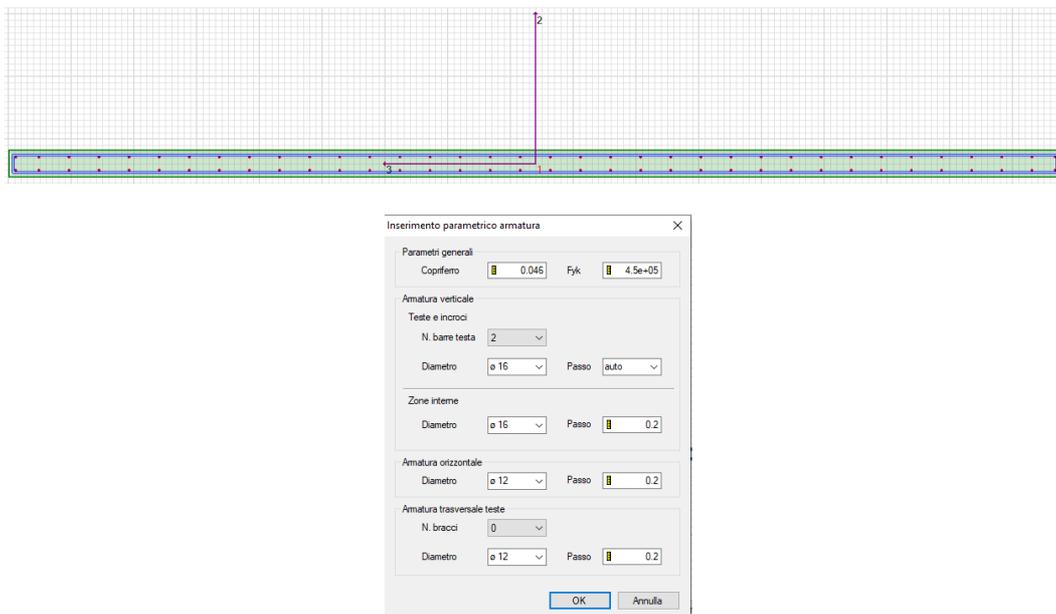


Figure 15 Armature del setto

Setto	Sezione	Stazione [m]	Combinazione	N [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	D/C
SettoP1-P6	1B	5.62	EX-MED-100-q=1.5	-11.78	3991.58	-91.08	0.414
	1T	7.52	EY-MED-100-q=1.5	-276.35	1203.15	-12.82	0.061
SettoP6-P7	1B	5.62	EY-MED-100-q=1.5	-94.46	24.69	-2827.40	0.446
	1T	7.52	EX-MED-100-q=1.5	-83.08	-4.24	-790.86	0.111

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	65 of 82	00

Setto	Sezione	Stazione [m]	Direzione 2	Direzione 2	Direzione 2	Direzione 3	Direzione 3	Direzione 3
			Combinazione	V [kN]	D/ C	Combinazione	V [kN]	D/ C
SettoP1-P6	1B	5.62	EX-MED-100-q=1.5	72.24	0.090	EX-MED-100-q=1.5	-2605.41	0.501
	1T	7.52	EX-MED-100-q=1.5	-39.64	0.047	EX-MED-100-q=1.5	-2823.07	0.538
SettoP6-P7	1B	5.62	EY-MED-100-q=1.5	-2711.63	0.859	EX-MED-100-q=1.5	61.99	0.128
	1T	7.52	EY-MED-100-q=1.5	-2773.69	0.877	EX-MED-100-q=1.5	-26.75	0.054

Per quanto riguarda il dettaglio della disposizione delle armature, si rimanda alle tavole progettuali.

11 RINFORZI LOCALI DEI PILASTRI

A completamento del miglioramento sismico del fabbricato, i meccanismi fragili che non riescono ad essere scongiurati con la dissipazione di energia (come mostrato nei tabulati di calcolo), vengono eliminati attraverso l'incamiciatura con calcestruzzo fibrorinforzato alle altissime prestazioni, a cui viene aggiunta la necessaria quantità di armatura a taglio necessaria al soddisfacimento della verifica.

I pilastri che necessitano del rinforzo sono elementi tozzi, principalmente localizzati in corrispondenza delle scale e degli orizzontamenti sfalsati.

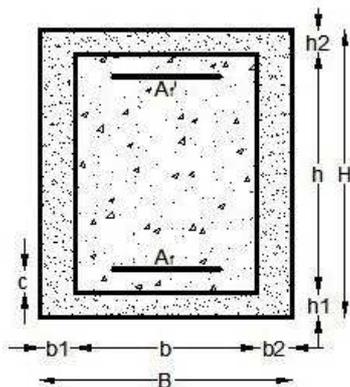
Di seguito si riporta il calcolo dimostrativo per un pilastro generico (nella fattispecie il pilastro 26):

Project / Progetto:		
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo:	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	66 of 82	00

Dati del pilastro da rinforzare:

Base	500	mm
Altezza	300	mm
Copriferro	0	mm
Area di Acciaio in trazione	508	mm ²
Area di Acciaio in compressione	508	mm ²
Diametro delle Staffe	6	mm
Passo delle Staffe	200	mm
Sforzo Normale Sollecitante	281	kN

La sezione viene ringrossata, secondo lo schema riportato di seguito, con una malta cementizia bicomponente colabile ad elevatissime prestazioni meccaniche, ritiro compensato ed elevata duttilità:



$b_1 = 40 \text{ mm}$
 $b_2 = 40 \text{ mm}$
 $h_1 = 40 \text{ mm}$
 $h_2 = 40 \text{ mm}$

Le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo fibrorinforzato assunte per il calcolo sono:

Resistenza Caratteristica a Compressione	70.00	MPa
Resistenza Caratteristica a Trazione	3.00	MPa
Resistenza di calcolo a Compressione	39.67	MPa
Resistenza di calcolo a Trazione	5.67	MPa

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	67 of 82	00

Il calcolo viene eseguito con la semplificazione dello stress block applicata sia al calcestruzzo esistente che al fibrorinforzato assumendo i seguenti fattori correttivi:

$$l = 0.75 \quad h = 0.90$$

Le caratteristiche resistenti della sezione prima del rinforzo sono le seguenti:

Sforzo Normale Massimo	Nrd	1802.6	kN
Momento Resistente	Mrd	86.9	kNm
Asse neutro	x	77	mm
Deformazione dell'acciaio compresso	e	-0.0002	
Deformazione dell'acciaio teso	e	0.0023	
Taglio Resistente	Vrd	90.34	kN
Resistenza della Biella Compresa	Vrdc	268.13	kN
Resistenza dell'Armatatura Trasversale	Vrds	90.34	kN

Le caratteristiche resistenti della sezione dopo il rinforzo sono le seguenti:

Sforzo Normale Massimo	Nrd	3352.0	kN
		4	
Momento Resistente	Mrd	131.14	kNm
Asse neutro	x	38	mm
Deformazione dell'acciaio compresso	e	-0.0001	
Deformazione dell'acciaio teso	e	0.0023	
Taglio Resistente	Vrd	232.68	kN
Resistenza della Biella Compresa	Vrdc	226.88	kN
Resistenza al Taglio del solo Rinforzo	Vrds	51.57	kN

Dove la resistenza del rinforzo a taglio è data sia dal contributo del calcestruzzo nuovo che dall'aggiunta di staffe, come indicato nelle tavole di progetto.

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	68 of 82	00

12 CONFRONTO FRA ANALISI DINAMICA NON LINEARE E ANALISI DINAMICA LINEARE

Come indicato al punto 7.3.4.1. delle NTC 2018, è necessario confrontare i risultati dell'analisi dinamica non lineare con quelli di un'analisi dinamica lineare, condotta sul medesimo modello di calcolo. Il confronto deve essere fatto in termini di taglio alla base nelle due direzioni principali della struttura.

Per prima cosa occorre stimare lo smorzamento equivalente introdotto dalla dissipazione di energia: con tale valore di η viene ridotto lo spettro elastico di progetto costituente l'input sismico nell'analisi modale. Questo procedimento viene realizzato facendo il rapporto fra i tagli alla base nelle due direzioni, forniti da un modello in cui non viene considerata la dissipazione energetica e da un modello in cui invece questa è stata introdotta, come mostrato di seguito.

MODELLO CON DISSIPAZIONE			
OutputCase	StepType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	KN	KN
EX-MED-100-q1.5	Max	4733.216	2239.901
EX-MED-100-q1.5	Min	-4927.73	-2263.857
MODELLO SENZA DISSIPAZIONE			
OutputCase	StepType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	KN	KN
EX-MED-100-q1.5	Max	6198.179	2968.945
EX-MED-100-q1.5	Min	-6487.39	-2989.664
	η	0.76	0.75
		0.76	0.76

Dunque, lo smorzamento equivalente è pari a 0,75.

I risultati dell'analisi dinamica lineare con spettro di risposta elastico ridotto di un fattore 0,75, sono in piena analogia con quelli della time history: confrontando i tagli alla base, si nota che la differenza i termini di taglio alla base è inferiore al 10%, come mostrato nella seguente tabella.

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	69 of 82	00

TABLE: Base Reactions			
OutputCase	Tipo di analisi	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	KN	KN
SLV_X_q=1.5_eta=0.75	DINAMICA LINEARE	4478.089	2050.25
EX-MED-100-q1.5	TIME HISTORY	4733.216	2239.901
	Δ	5%	8%

TABLE: Base Reactions			
OutputCase	Tipo di analisi	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	KN	KN
SLV_Y_q=1.5_eta=0.75	DINAMICA LINEARE	1726.606	4500.153
EY-MED-100-q1.5	TIME HISTORY	1536.96	4628.556
	Δ	11%	3%

Project / Progetto:	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo:	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	70 of 82	00

13 RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI

Nella presente relazione vengono analizzate le fondazioni profonde su micropali realizzate al di sotto dei controventi dissipativi e sotto le pareti.

13.1 Relazione geotecnica

Il modello geotecnico di sottosuolo e le caratteristiche del terreno di fondazione utilizzati per le analisi derivano dalle risultanze della Relazione Geologica redatta dal Geol. Giuliani Stefano in data Novembre 2019 su richiesta del Comune di Ancona.

L'area in esame si presenta su di una porzione mediana di un pendio tipico dei luoghi ad acclività discreta e fortemente urbanizzato, a quota topografica media di circa 68 mt. s.l.m., pendio con acclività media di circa 10-11° risulta fortemente modificato dalla messa in opera di muri di sostegno controterra a monte opera, sterri e riporti relativi all'urbanizzazione del versante. La determinazione dei parametri geotecnici è stata eseguita sulla base dei dati reperiti da aree limitrofe per la costruzione di altre opere, e sono di seguito riassunti:

Prof. Strato (m)	qc Distribuzione normale R.C. (Mpa)	fs Distribuzione normale R.C. (Mpa)	Gamma (KN/m ³)	Comp. Geotecnico prevalente	Descrizione
1.20	0.629	0.113	17.5	Coesivo	terreno vegetale
3.80	4.438	0.222	20.7	Coesivo	argilla sabbiosa (ELUVIONI DEL SUBSTRATO)
7.00	8.434	0.388	21.7	Coesivo	argilla mamosa alterata con sabbie (SUBSTRATO ALTERATO PLIOCENICO)
8.00	26.502	1.111	22.0	Coesivo	argilla mamosa (SUBSTRATO)

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo, I: Incoerente, CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (KPa)
Eu:	Modulo di defomazione non drenato (Mpa)
Mo:	Modulo Edometrico (Mpa)
G:	Modulo di deformazione a taglio (Mpa)
OCR:	Grado di sovraconsolidazione
Puv:	Peso unità di volume (KN/m ³)
PuvS:	Peso unità di volume saturo (KN/m ³)
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey:	Modulo di Young (Mpa)
Vs:	Velocità onde di taglio (m/s)

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	1.20	C	21.0	0.9	3.8	8.5	1.1	17.5	18.2	--	--	--	166.78
2	3.80	C	137.9	6.7	5.8	28.2	8.9	20.7	21.5	--	--	--	308.62
3	7.00	C	221.1	12.7	11.0	41.8	9.0	21.7	22.5	--	--	--	377.80
4	8.00	C	423.4	39.8	34.5	84.0	9.0	22.0	22.5	--	--	--	541.86

Project / Progetto:		
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo:	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	71 of 82	00

13.2 Relazione sulle fondazioni

Il Progetto di miglioramento sismico della scuola elementare "Montessori" e d'infanzia casa dei bimbi prevede di inserire in n. 5 specchiature dei controventi dissipativi. Quattro di questi controventi alla base vengono intestati su plinti isolati fondati su micropali per poter sostenere i carichi concentrati derivanti dalle combinazioni sismiche. I plinti hanno spessore di 70 cm e dimensioni in pianta di 210 cm x 100 cm. In corrispondenza delle pareti di nuova costruzione, viene realizzato l'allargamento della fondazione esistente, sotto la quale vengono inseriti ulteriori micropali.

In tal senso, nella verifica delle fondazioni, vengono considerate due tipologie distinte: un plinto tipo A che è quello su cui si innestano i controventi, e un plinto tipo B su cui poggia il setto in c.a.

I micropali sono della tipologia TUBFIX, realizzati a mezzo di iniezioni ripetute di miscela cementizia, ed hanno lunghezze variabili dai 12 ai 16 metri, come indicato nel dettaglio nelle tavole progettuali.

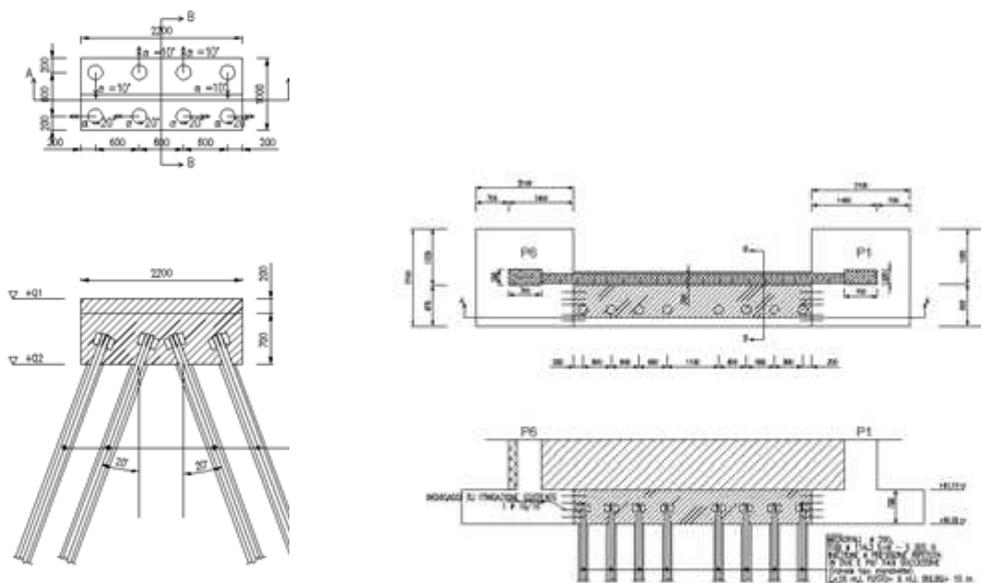


Figure 16 Fondazione tipo A e fondazione tipo B

Fondazione tipo A

Per determinare le azioni sui singoli micropali, è stato realizzato un modello con elementi shell appoggiati su delle molle aventi rigidezza pari a quella dei micropali, e la medesima inclinazione. Il sistema è stato poi caricato con le azioni massime trasmissibili dai controventi, nell'ottica di garantire il rispetto della gerarchia delle resistenze fra fondazione e controventi.

Project / Progetto:	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo:	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	72 of 82	00
RELAZIONE SULLE STRUTTURE		

Sono state considerate due combinazioni di carico, una in cui viene massimizzato lo sforzo assiale di compressione, e uno in cui viene minimizzato, favorendo la nascita di forze di trazione sui micropali:

	P27-P35			P4-P5			P34-P35			P5-P12		
Sollecitazioni base	N	V	M	N	V	M	N	V	M	N	V	M
plinto COMBO 1	493.61	40.53	36.4734	153.09	167.57	150.8121	259.75	403.22	362.9016	397.39	210.12	357.2091
	P27-P35			P4-P5			P34-P35			P5-P12		
Sollecitazioni base	N	V	M	N	V	M	N	V	M	N	V	M
plinto COMBO 2	-92.92	185.17	166.6539	-85.97	295.70	266.1309	3.18	369.11	332.2017	241.65	45.85	77.9484

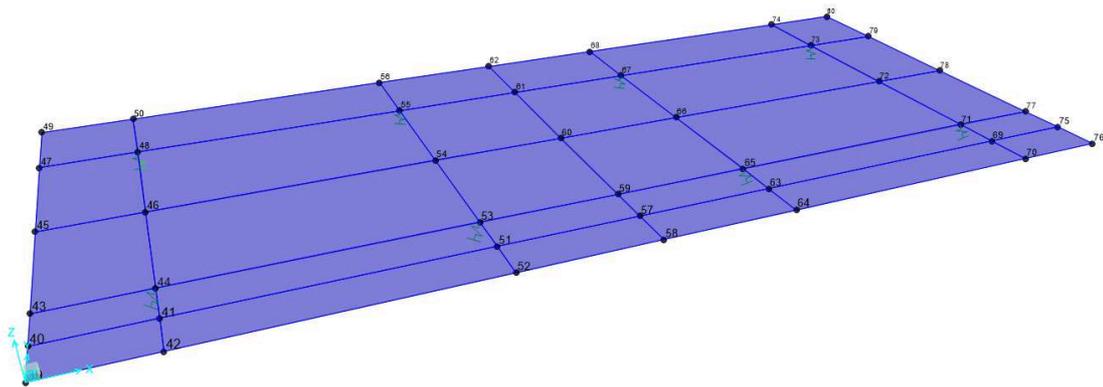


Figure 17 Modello della fondazione alla base dei controventi (tipo A)

I risultati dell'analisi strutturale sono di seguito indicati:

Project / Progetto:	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo:	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	73 of 82	00

RELAZIONE SULLE STRUTTURE

Pilastrata	n° micropal	TABLE: Joint Reactions			+ compr - trax MASSIMI (KN)	n° micropalo	TABLE: Joint Reactions			+ compr - trax MASSIMI (KN)
		OutputCase Text	CaseType Text	F3 KN			OutputCase Text	CaseType Text	F3 KN	
P27-P35	44	COMBO 1 P27-P35	Combination	132.55	194.24	44	COMBO 2 P27-P35	Combination	-140.9	129.3
	48	COMBO 1 P27-P35	Combination	-0.71		48	COMBO 2 P27-P35	Combination	73.7	
	53	COMBO 1 P27-P35	Combination	127.79		53	COMBO 2 P27-P35	Combination	-174.3	
	55	COMBO 1 P27-P35	Combination	-11.82		55	COMBO 2 P27-P35	Combination	22.9	
	65	COMBO 1 P27-P35	Combination	194.24		65	COMBO 2 P27-P35	Combination	129.3	
	67	COMBO 1 P27-P35	Combination	-17.39		67	COMBO 2 P27-P35	Combination	-2.5	
	71	COMBO 1 P27-P35	Combination	184.60		71	COMBO 2 P27-P35	Combination	96.9	
73	COMBO 1 P27-P35	Combination	-28.50	73	COMBO 2 P27-P35	Combination	-53.3			
P4-P5	44	COMBO 1 P4-P5	Combination	-53.87	191.86	44	COMBO 2 P4-P5	Combination	-209.8	222.1
	48	COMBO 1 P4-P5	Combination	57.25		48	COMBO 2 P4-P5	Combination	111.3	
	53	COMBO 1 P4-P5	Combination	-82.90		53	COMBO 2 P4-P5	Combination	-262.7	
	55	COMBO 1 P4-P5	Combination	11.31		55	COMBO 2 P4-P5	Combination	30.2	
	65	COMBO 1 P4-P5	Combination	191.86		65	COMBO 2 P4-P5	Combination	222.1	
	67	COMBO 1 P4-P5	Combination	-11.70		67	COMBO 2 P4-P5	Combination	-10.4	
	71	COMBO 1 P4-P5	Combination	161.31		71	COMBO 2 P4-P5	Combination	170.0	
73	COMBO 1 P4-P5	Combination	-57.64	73	COMBO 2 P4-P5	Combination	-91.5			
P34-35	44	COMBO 1 P34-P35	Combination	-172.34	418.43	44	COMBO 2 P34-P35	Combination	-229.4	310.2
	48	COMBO 1 P34-P35	Combination	133.52		48	COMBO 2 P34-P35	Combination	132.7	
	53	COMBO 1 P34-P35	Combination	-242.73		53	COMBO 2 P34-P35	Combination	-295.0	
	55	COMBO 1 P34-P35	Combination	22.97		55	COMBO 2 P34-P35	Combination	31.5	
	65	COMBO 1 P34-P35	Combination	418.43		65	COMBO 2 P34-P35	Combination	310.2	
	67	COMBO 1 P34-P35	Combination	-32.39		67	COMBO 2 P34-P35	Combination	-19.2	
	71	COMBO 1 P34-P35	Combination	345.46		71	COMBO 2 P34-P35	Combination	244.6	
73	COMBO 1 P34-P35	Combination	-142.94	73	COMBO 2 P34-P35	Combination	-120.4			
P5-P12	44	COMBO 1 P5-P12	Combination	-56.17	313.82	44	COMBO 2 P5-P12	Combination	40.7	120.9
	48	COMBO 1 P5-P12	Combination	29.99		48	COMBO 2 P5-P12	Combination	4.5	
	53	COMBO 1 P5-P12	Combination	8.79		53	COMBO 2 P5-P12	Combination	56.3	
	55	COMBO 1 P5-P12	Combination	-90.56		55	COMBO 2 P5-P12	Combination	-21.9	
	65	COMBO 1 P5-P12	Combination	252.79		65	COMBO 2 P5-P12	Combination	107.7	
	67	COMBO 1 P5-P12	Combination	69.53		67	COMBO 2 P5-P12	Combination	14.0	
	71	COMBO 1 P5-P12	Combination	313.82		71	COMBO 2 P5-P12	Combination	120.9	
73	COMBO 1 P5-P12	Combination	-51.02	73	COMBO 2 P5-P12	Combination	-12.3			

Per le specchiature delimitate dai pilastri P5-P12 e P34-P35, i micropali hanno lunghezza di 16 metri e un fusto iniettato per 10 metri; tutti gli altri plinti sono invece fondati su micropali da 12 metri con 6 metri di fusto.

Di seguito si riportano le verifiche geotecniche dei micropali della fondazione tipo A:

Micropalo da 12 metri

Descrizione	
Tipologia	TUBIFIX
Iniezione	IRS: Iniezione ripetitiva e selettiva
Pressione limite di iniezione	3.00 kg/cm ²
Diametro di perforazione	0.20 m
Alfa	1.80
Diametro bulbo	0.36 m
Lunghezza bulbo	6.00 m
Lunghezza fusto	6.00 m
Diametro esterno tubolare	114.30 mm
Spessore tubolare	8.00 mm

Stratigrafia

Nr.: Numero dello strato. Hs: Spessore dello strato. Fi: Angolo di attrito. c: Coesione Alfa: Coefficiente adesione attrito laterale. Vs: Velocità onde di taglio.

Strat. 1

Nr.	Hs	Peso unità di	Peso Unità di	c [kg/cm ²]	Fi (°)	Attrito negativo	Alfa	Modulo elastico	Vs [m/s]	Descrizio ne
-----	----	------------------	------------------	----------------------------	-----------	---------------------	------	--------------------	-------------	-----------------

Project / Progetto:	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	74 of 82	00

	Volume [kg/m ³]	volumi Saturo [kg/m ³]								litologica
1	1.20	1750.00	1750.00	0.21	0.00	Si	1.00	9.00	166.78	
2	2.60	2070.00	2070.00	1.38	0.00	Si	1.00	67.00	308.62	
3	3.20	2170.00	2170.00	2.21	0.00	Si	1.00	127.00	377.8	
4	50.00	2200.00	2200.00	4.23	0.00	Si	1.00	3980.00	541.86	

Carico limite

Stratigrafia	Nq	Nc	Fi/C strato punta Palo (°)/[kg/cm ²]	Peso palo [kg]	Carico limite punta [kg]	Carico limite laterale [kg]	Carico limite [kg]	Attrito negativo [kg]
A1+M1+R 3	1.00	9.00	0/4.23	2249.57	0.00	56001.38	58250.95	--

RESISTENZA DI PROGETTO CARICHI ASSIALI DI TRAZIONE

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione:		A1+M1+R3	
Numero verticali di indagine		1	
Fattore correlazione verticale indagate media (xi3)		1.70	
Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4)		1.70	
	Rc, Min [kg]	Rc, Media [kg]	Rc, Max [kg]
Base	--	--	--
Laterale	56001.38	56001.38	56001.38
Totale	58250.95	58250.95	58250.95
Coefficiente parziale resistenza caratteristica Laterale		R3	41.25
Resistenza di progetto laterale			26353.59 kg
Resistenza di progetto			28603.16 kg

RESISTENZA DI PROGETTO CARICHI ASSIALI DI COMPRESSIONE

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione:		A1+M1+R3	
Numero verticali di indagine		1	
Fattore correlazione verticale indagate media (xi3)		1.70	
Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4)		1.70	
	Rc, Min [kg]	Rc, Media [kg]	Rc, Max [kg]
Base	41375.27	41375.27	41375.27
Laterale	56001.38	56001.38	56001.38
Totale	95127.08	95127.08	95127.08
Coefficiente parziale resistenza caratteristica Base		R3	1.35
Resistenza di progetto base			18028.44 kg
Resistenza di progetto laterale			28645.21 kg
Resistenza di progetto			44424.08 kg

Project / Progetto:		
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	75 of 82	00

Micropalo da 16 metri

Descrizione	TUBIFIX
Tipologia	IRS: Iniezione ripetitiva e selettiva
Iniezione	
Pressione limite di iniezione	3.00 kg/cm ²
Diametro di perforazione	0.20 m
Alfa	1.80
Diametro bulbo	0.36 m
Lunghezza bulbo	10.00 m
Lunghezza fusto	6.00 m
Diametro esterno tubolare	114.30 mm
Spessore tubolare	8.00 mm

Carico limite

Stratigrafia	Nq	Nc	Fi/C strato punta Palo (°)/[kg/cm ²]	Peso palo [kg]	Carico limite punta [kg]	Carico limite laterale [kg]	Carico limite [kg]	Attrito negativo [kg]
A1+M1+R 3	1.00	9.00	0/4.23	3351.28	0.00	93335.72	96687.00	--

RESISTENZA DI PROGETTO CARICHI ASSIALI DI TRAZIONE

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione:		A1+M1+R3	
Numero verticali di indagine		1	
Fattore correlazione verticale indagate media (xi3)		1.70	
Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4)		1.70	
	Rc, Min [kg]	Rc, Media [kg]	Rc, Max [kg]
Base	--	--	--
Laterale	93335.72	93335.72	93335.72
Totale	96687.00	96687.00	96687.00
Coefficiente parziale resistenza caratteristica		R3	
Laterale		1.25	
Resistenza di progetto laterale		43922.69 kg	
Resistenza di progetto		47273.97 kg	

RESISTENZA DI PROGETTO CARICHI ASSIALI DI COMPRESSIONE

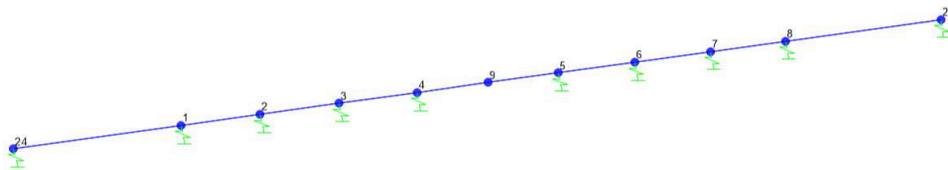
Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione:		A1+M1+R3	
Numero verticali di indagine		1	
Fattore correlazione verticale indagate media (xi3)		1.70	
Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4)		1.70	
	Rc, Min [kg]	Rc, Media [kg]	Rc, Max [kg]
Base	42271.00	42271.00	42271.00
Laterale	93335.72	93335.72	93335.72
Totale	132255.40	132255.40	132255.40

Project / Progetto:	 Studio di Ingegneria Sardella s.r.l.	
PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo:	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	76 of 82	00
RELAZIONE SULLE STRUTTURE		

Coefficiente parziale resistenza caratteristica	R3
Base	1.35
Laterale	1.15
Resistenza di progetto base	18418.73 kg
Resistenza di progetto laterale	47742.05 kg
Resistenza di progetto	62809.51 kg

Fondazione tipo B

L'altra tipologia di fondazione su micropali è quella che viene realizzata sotto i setti in c.a. la determinazione delle sollecitazioni sui micropali è stata effettuata considerando una trave rigida poggiata su delle molle, caricata con le azioni trasmesse dai setti.



Le azioni applicate sulla fondazione sono:

	SettoP1-P6_1B		
	OutputCase	N [KN]	M [KN*m]
COMBO 1 P1_P6	EX-MED-100-q=1.5	-809.714	2458.4285
COMBO 2 P1_P6	EX-MED-100-q=1.5	-196.215	-1960.6321

Le azioni sui singoli micropali sono:

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	77 of 82	00

Setto P1-P6		
Joint	OutputCase	F3
Text	Text	KN
1	COMBO 1 P1_P6	-174.636
2	COMBO 1 P1_P6	-104.37
3	COMBO 1 P1_P6	-34.1
4	COMBO 1 P1_P6	36.183
5	COMBO 1 P1_P6	165.047
6	COMBO 1 P1_P6	235.276
7	COMBO 1 P1_P6	305.476
8	COMBO 1 P1_P6	375.667
1	COMBO 2 P1_P6	243.816
2	COMBO 2 P1_P6	187.817
3	COMBO 2 P1_P6	131.812
4	COMBO 2 P1_P6	75.789
5	COMBO 2 P1_P6	-26.982
6	COMBO 2 P1_P6	-83.019
7	COMBO 2 P1_P6	-139.041
8	COMBO 2 P1_P6	-195.058

I micropali al di sotto dei setti sono lunghi 16 metri, con 10 metri di fusto. La resistenza è dunque analoga a quella indicata nel precedente paragrafo; la verifica è pertanto soddisfatta.

13.3 Prove di carico sui micropali

Come indicato dalla Norma al 6.4.3.7.2, è necessario eseguire prove di carico sulle fondazioni profonde in corso d'opera al fine di verificarne la corretta esecuzione. Poiché i micropali sono in totale n°48, sono obbligatorie 2 prove di carico almeno. In particolare, per i micropali di lunghezza 16 metri, il carico di prova deve essere pari a 40 t, mentre per i micropali da 12 metri, il carico da utilizzare deve essere di 30 t.

14 CONFRONTO FRA LO STATO DI FATTO E LO STATO DI PROGETTO

L'intervento di miglioramento sismico comporta sulla struttura esistente un importante incremento dell'indice di rischio, che da 0,21 passa a 0,60: si capisce quindi che seppur ancora la struttura non sia in grado di sopportare l'azione sismica prevista dalla Norma per intero, il suo livello di sicurezza risulta comunque fortemente aumentato rispetto allo stato di fatto.

L'introduzione dei controventi dissipativi permette di aumentare la rigidità della struttura e di abbattere l'energia in ingresso, con conseguente riduzione della domanda sismica. Tuttavia, la disposizione in pianta degli stessi è stata definita sulla base dei risultati dell'analisi modale, che nello stato di fatto presentava i primi tre modi fortemente accoppiati a causa della presenza eccentrica

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	78 of 82	00

della scala, e con una massa partecipante molto scarsa: come conseguenza di ciò, anche i modi superiori, risultavano dare un contributo importante alla risposta dinamica della struttura.

In seguito alla disposizione dei controventi, i modi di vibrare della struttura sono stati fortemente regolarizzati, con degli accoppiamenti torsionali ridotti rispetto allo stato di fatto.

La dissipazione di energia fornita dai dispositivi, risulta dipendente dallo spostamento della struttura: è stato dunque necessario studiare con cura la disposizione dei dissipatori in altezza e tararne la relativa forza di snervamento, così che per i diversi spostamenti di interpiano, possano attivarsi tutti insieme, in modo da ottimizzarne il funzionamento. Purtroppo, i vincoli architettonici presenti hanno impedito l'aggiunta di un numero più elevato di dissipatori, che avrebbe portato ulteriori vantaggi all'edificio.

L'intervento viene completato eliminando i meccanismi locali a taglio dei pilastri tozzi le cui verifiche non risultano soddisfatte, mediante incamiciatura con calcestruzzo fibrorinforzato: in questo modo si riesce ad aumentare sia la resistenza a taglio che la duttilità degli elementi rinforzati, garantendo anche un miglioramento del comportamento globale.

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE SULLE STRUTTURE	Job No. /Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-002
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	79 of 82	00

15 CONCLUSIONI

Dai risultati ottenuti è possibile concludere che il Progetto illustrato nella presente relazione consente di ottenere il miglioramento sismico al 60% della struttura in esame.

Qualora in futuro si decida di realizzare il pieno adeguamento sismico dell'edificio, sarà possibile aggiungere ulteriori specchiature di controventi dissipativi.