

Come indicato sommariamente nella relazione generale

il progetto prevede il Miglioramento Sismico dell'edificio, già ipotizzato a conclusione della Verifica Sismica redatta dalla scrivente nel 2012; si rende, quindi, necessario in questa sede un breve riassunto dei risultati dell'analisi citata.

### **Quadro Riassuntivo dell'analisi sismica (anno 2012)**

L'analisi storico critica si è basata sullo studio del progetto di costruzione dell'edificio, redatto nel 1980, e su quello della ristrutturazione del 2004; un rilievo molto accurato delle fondazioni (cui si accede, fino dove possibile, dal piano seminterrato) e dei solai ha permesso di valutare con buona precisione sia le quote di imposta che i carichi effettivamente agenti. Il rilievo materico è stato, poi, attuato mediante una serie di saggi su campioni di laterizio, malta, calcestruzzo (estrazione di carote) e barre di armatura (solo la posizione rilevata con pacometro); il livello di conoscenza acquisito è LC2.

L'analisi della capacità resistente dell'edificio è stata condotta su due livelli:

- analisi lineare modale, su modello ad elementi finiti;
- analisi non lineare (push over) su modello a telai equivalenti.

La prima analisi, di tipo lineare dinamica (modale), è stata eseguita sul modello ad elementi finiti utilizzato per l'analisi delle azioni statiche, con le pareti in muratura modellate mediante elementi bidimensionali. Secondo quanto previsto dal §8.7.3 delle NTC2008 e dal §C8.7.3 della circolare, essendo una struttura mista si è dovuto escludere dalla distribuzione delle azioni taglienti i pilastri in cemento armato. Si è trascurato quindi il contributo alla capacità resistente sismica degli elementi in cemento armato, inserendo in corrispondenza del piede dell'elemento uno svincolo alle azioni taglienti.

Tale analisi ha portato alla definizione della capacità dell'edificio in termini di periodo di ritorno, la quale è risultata pari a  $T_{R,C}=30$  anni.

L'indice di rischio  $I_{RCD}$ , calcolato secondo quanto riportato nelle Istruzioni Tecniche D.2.9 della Regione Toscana mediante la relazione

$$I_{RCD} = (T_{R,C} / T_{R,D})^{0,41}$$

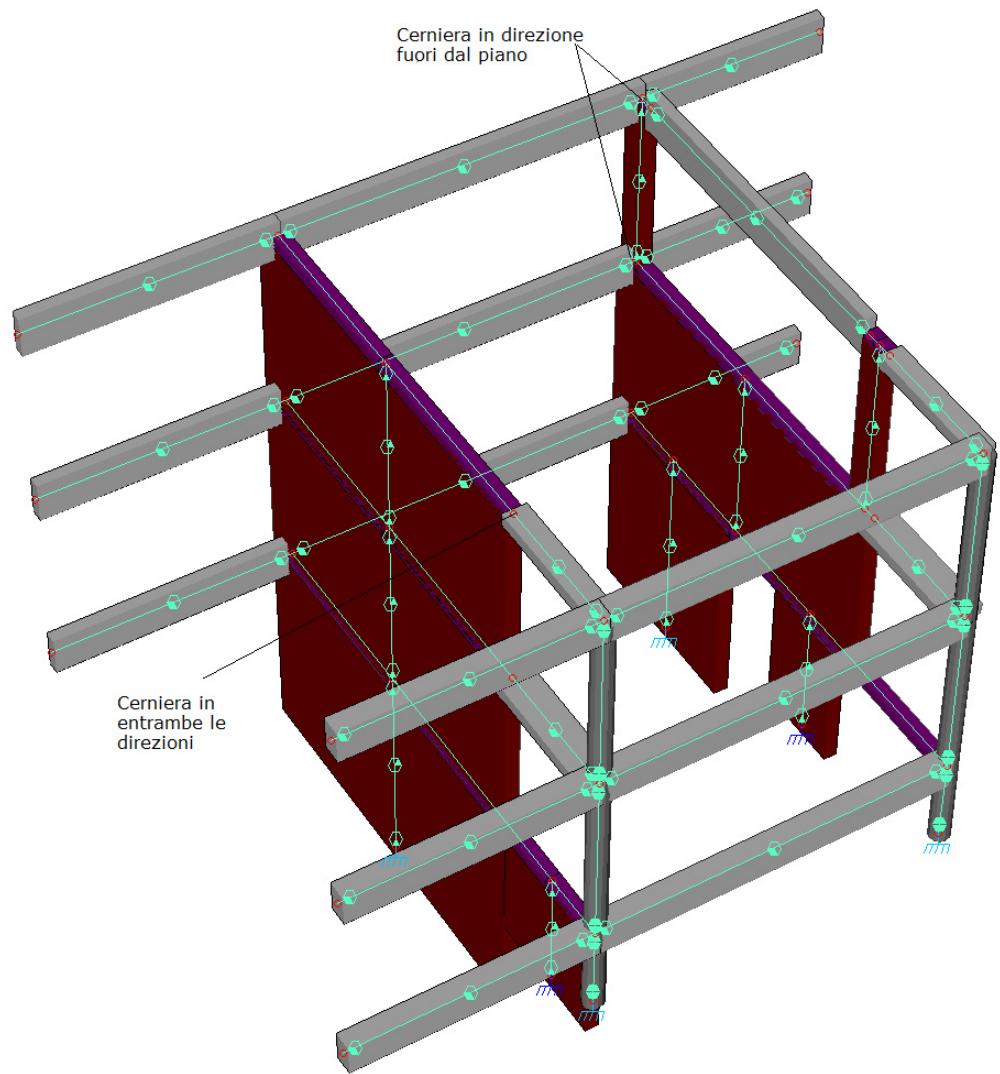
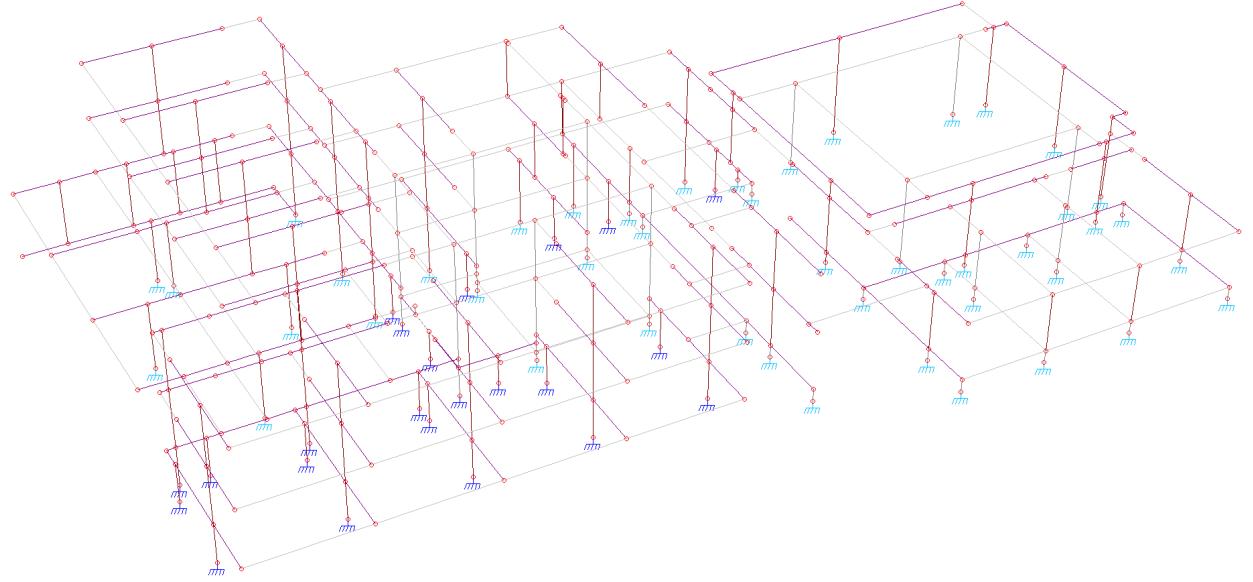
risulta pari a:  $I_r = (30/712)^{0,41} = 0,27$ .

Si deve tuttavia notare che tale modellazione, non tenendo conto delle capacità plastiche dei materiali e del contributo dei pilastri in cemento armato, porta a sottostimare le effettive potenzialità della struttura.

Per poter sfruttare maggiormente le capacità della struttura è stata eseguita un'ulteriore analisi sismica, di tipo non lineare (analisi pushover), modellando la muratura mediante elementi monodimensionali, modellazione anche detta a telaio equivalente, con plasticità concentrate, per la valutazione del livello di sicurezza alle azioni sismiche.

Anche questa seconda analisi è stata condotta utilizzando il software di calcolo agli stati limite MASTER SAP della AMV.

Nella modellazione a telai equivalenti, i maschi sono stati schematizzati come elementi tipo trave, caratterizzati da rigidezza nulla nei confronti delle azioni fuori dal piano del maschio. Si riporta un'immagine del modello globale, ed un particolare di una porzione di struttura.



Nelle immagini sopra riportate, gli elementi di colore rosso rappresentano i maschi murari, mentre gli elementi in grigio rappresentano travi e pilastri in cemento armato. Gli elementi viola in corrispondenza dei piani rappresentano i collegamenti rigidi tra i nodi del telaio. Come è evidenziato in figura, in corrispondenza dei nodi tra gli elementi trave in cemento armato e gli elementi in muratura, sono stati inseriti degli svincoli rotazionali per tenere conto della scarsa resistenza che il maschio in muratura oppone alle rotazioni di tale elementi.

Anche ai nodi in corrispondenza del piede e della sommità di ogni maschio murario è stato inserito uno svincolo ai momenti agenti in direzione ortogonale al maschio steso, per annullare la rigidezza delle pareti al di fuori del piano. In corrispondenza del piano del solaio è stato inserito un vincolo agli spostamenti dei nodi, per tener conto della rigidezza dell'impalcato.

Per modellare il comportamento resistente e deformativo degli elementi sono state inserite cerniere plastiche con comportamento ideale bilineare di tipo "elastico-perfettamente plastico".

Per gli elementi in muratura sono stati imposti i seguenti limiti per quanto riguarda la deformabilità (§7.8.2.2.1):

Pressoflessione  $\delta/h=0,6\%$

Taglio  $\delta/h=0,4\%$

con  $\delta$  = spostamento in testa al maschio  
 $h$  = altezza del maschio

Le cerniere plastiche sono state distribuite secondo i seguenti criteri:

- Al piede ed in testa del maschio murario può formarsi una cerniera plastica per pressoflessione nel piano del maschio murario;
- Al centro del maschio murario può formarsi una cerniera a taglio;
- Alle estremità delle travi in cemento armato, nel caso in cui queste non poggino su un maschio murario, sono state inserite cerniere a flessione nelle due direzioni  $M_y$  e  $M_z$ ;
- In corrispondenza delle travi semplicemente appoggiate su un maschio murario ad entrambe gli appoggi, sono state inserite cerniere in corrispondenza della mezzeria;
- Al piede ed in testa dei pilastri in cemento armato sono state inserite cerniere plastiche per pressoflessione.

## AZIONE SISMICA

Si riportano le caratteristiche dell'azione sismica di progetto:

### NORMATIVA

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	III
Vita di riferimento	75 anni
Spettro di risposta	Stato limite elastico
Probabilità di superamento periodo di riferimento	10
Tempo di ritorno del sisma	712 anni
Località	Terricciola - (PI)
ag/g	0.16
F0	2.499
Tc	0.276
Categoria del suolo	C
Fattore topografico	1
Coordinate	LAT 43,52851° LONG 10,66927°

### PARAMETRI SISMICI ANALISI STATICÀ DINAMICA NON LINEARE (PUSHOVER)

Eccentricità accidentale	5%
Periodo proprio T1	0.2801 [C1 = 0.05 H = 995]
$\lambda$	0.85
Coefficiente di smorzamento	5%
Sd (T1)	0.584 g
Coeff.globale accelerazione sismica	0.496

## RISULTATI DELL'ANALISI PUSHOVER

La struttura è stata analizzata suddividendola in due corpi:

- CORPO A - il corpo principale, costituito da 3 piani, di cui uno seminterrato, in cui si trovano le aule;
- CORPO B - il corpo della palestra e delle aule dei professori, costituito da un unico piano.

Analizzare i due corpi separatamente rappresenta una scelta cautelativa di semplificazione del modello, in quanto questo porta a sottostimare le capacità della struttura. Tale decisione è comunque avvalorata dal fatto che i due corpi risultano debolmente collegati tra di loro, mediante le travi ricalcate in cemento armato del piano primo 21-22 e 41-43 e dal solaio di piano.

### CORPO A

Si riportano i risultati dell'analisi pushover relativi ad ognuna delle 16 combinazioni, derivanti dall'aver scelto entrambe le distribuzioni previste dalla normativa (8 combinazioni relative ad una distribuzione proporzionale alle forze sismiche statiche equivalenti, ed 8 combinazioni proporzionali alle masse).

Stato Attuale						
N.	Combinazione	$d^*_{\text{Max}}$ (SLU)	$du^*$	$T_{R,C}$	$T_{R,D}$	$R_{CD}$
1	St. a.n.l. \ Sisma +X, Tors +	0,973	0,424	147	712	<b>0,21</b>
2	St. a.n.l. \ Sisma +Y, Tors +	-	-	-	-	-
3	St. a.n.l. \ Sisma -X, Tors +	0,650	0,413	325	712	<b>0,46</b>
4	St. a.n.l. \ Sisma -Y, Tors +	0,147	0,159	768	712	<b>1,08</b>
5	St. a.n.l. \ Sisma +X, Tors -	0,973	0,424	147	712	<b>0,21</b>
6	St. a.n.l. \ Sisma +Y, Tors -	-	-	-	-	-
7	St. a.n.l. \ Sisma -X, Tors -	0,650	0,413	325	712	<b>0,46</b>
8	St. a.n.l. \ Sisma -Y, Tors -	0,147	0,159	768	712	<b>1,08</b>
9	St. a.n.l. \ Uniforme +X, Tors +	1,424	0,581	102	712	<b>0,14</b>
10	St. a.n.l. \ Uniforme +Y, Tors +	-	-	-	-	-
11	St. a.n.l. \ Uniforme -X, Tors +	1,023	0,566	218	712	<b>0,31</b>
12	St. a.n.l. \ Uniforme -Y, Tors +	0,432	0,218	282	712	<b>0,40</b>
13	St. a.n.l. \ Uniforme +X, Tors -	0,973	0,424	147	712	<b>0,21</b>
14	St. a.n.l. \ Uniforme +Y, Tors -	-	-	-	-	-
15	St. a.n.l. \ Uniforme -X, Tors -	1,023	0,566	218	712	<b>0,31</b>
16	St. a.n.l. \ Uniforme -Y, Tors -	0,147	0,159	768	712	<b>1,08</b>

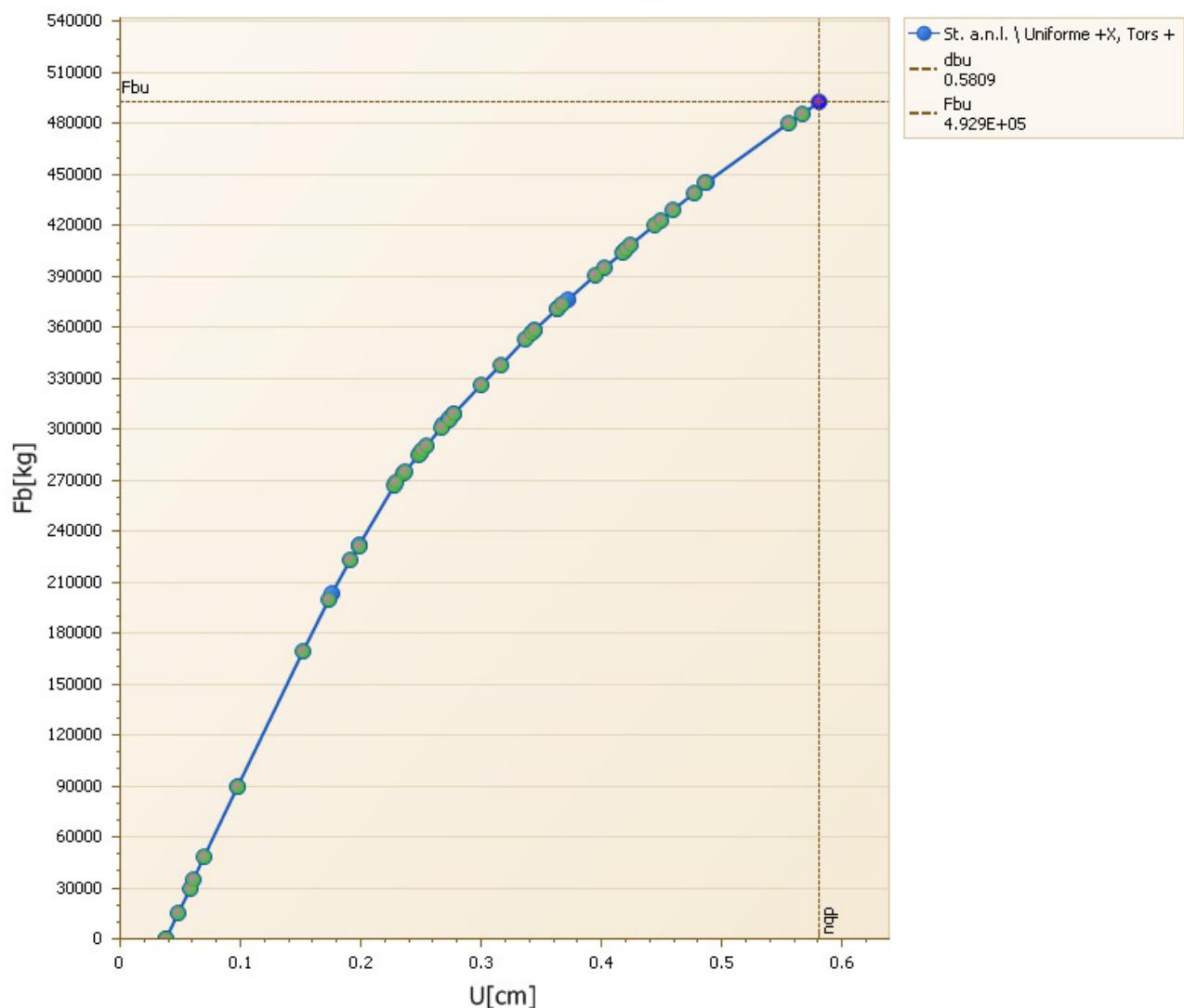
in cui:

- $T_{R,C}$  è il periodo di ritorno dell'azione sismica sopportata dal sistema (capacità);
- $T_{R,D}$  è il periodo di ritorno della domanda sismica;
- $R_{CD}$  rappresenta il rapporto capacità domanda, ovvero  $R_{CD} = (T_{R,C} / T_{R,D})$
- $I_{RCD}$  rappresenta l'indice di rischio, calcolato secondo quanto riportato nelle Istruzioni Tecniche D.2.9 della Regione Toscana, mediante la relazione:

$$I_{RCD} = (T_{R,C} / T_{R,D})^{0,41}$$

Alla combinazione 9 è associato il minor valore del periodo di ritorno dell'azione sismica sopportata dal sistema. Si riporta la curva di capacità di tale combinazione; l'indice di rischio è pari a **0,45** corrispondente al periodo di ritorno di 102 anni.

## Curva di capacità



In corrispondenza di tale combinazione l'indice di rischio  $I_{RCD}$ , risulta pari a:  $I_{RCD} = 0,45$

## CORPO B

Si riportano i risultati dell'analisi pushover relativi ad ognuna delle 16 combinazioni, derivanti dall'aver scelto entrambe le distribuzioni previste dalla normativa (8 combinazioni relative ad una distribuzione proporzionale alle forze sismiche statiche equivalenti, ed 8 combinazioni proporzionali alle masse).

N.	Combinazione	Stato Attuale					
		$d^*_{\text{Max}}$ (SLU)	$du^*$	$T_{R,C}$	$T_{R,D}$	$R_{CD}$	$I_{RCD}$
1	St. a.n.l. \ Sisma +X, Tors +	0,017	0,026	2291	712	>2	<b>1,61</b>
2	St. a.n.l. \ Sisma +Y, Tors +	0,023	0,039	>2475	712	-	-
3	St. a.n.l. \ Sisma -X, Tors +	0,018	0,026	1999	712	>2	<b>1,53</b>
4	St. a.n.l. \ Sisma -Y, Tors +	0,021	0,044	>2475	712	>2	>2
5	St. a.n.l. \ Sisma +X, Tors -	0,017	0,026	2291	712	>2	<b>1,61</b>
6	St. a.n.l. \ Sisma +Y, Tors -	0,023	0,039	>2475	712	-	-
7	St. a.n.l. \ Sisma -X, Tors -	0,018	0,026	1999	712	>2	<b>1,53</b>
8	St. a.n.l. \ Sisma -Y, Tors -	0,021	0,044	>2475	712	>2	>2
9	St. a.n.l. \ Uniforme +X, Tors +	0,025	0,032	1388	712	<b>1,95</b>	<b>1,31</b>
10	St. a.n.l. \ Uniforme +Y, Tors +	0,033	0,047	1584	712	-	-
11	St. a.n.l. \ Uniforme -X, Tors +	0,025	0,032	1211	712	<b>1,70</b>	<b>1,24</b>
12	St. a.n.l. \ Uniforme -Y, Tors +	0,030	0,053	>2475	712	>2	>2
13	St. a.n.l. \ Uniforme +X, Tors -	0,017	0,026	2291	712	>2	<b>1,61</b>

in cui:

- $T_{R,C}$  è il periodo di ritorno dell'azione sismica sopportata dal sistema (capacità);
- $T_{R,D}$  è il periodo di ritorno della domanda sismica;
- $R_{CD}$  rappresenta il rapporto capacità domanda, ovvero  $R_{CD} = (T_{R,C} / T_{R,D})$
- $I_{RCD}$  rappresenta l'indice di rischio, calcolato secondo quanto riportato nelle Istruzioni Tecniche D.2.9 della Regione Toscana, mediante la relazione:

$$I_{RCD} = (T_{R,C} / T_{R,D})^{0,41}$$

Si ottiene un valore molto maggiore dell'indice di rischio relativo a questa parte di edificio, superiore all'unità. Questo è determinato dalla buona configurazione di questa parte di edificio, che si sviluppa su un unico livello, e con una copertura costituita prevalentemente da materiale leggero. Inoltre sono presenti i pilastri in cemento armato in posizione centrale, sui quali si va a concentrare gran parte dell'azione, scaricando i maschi murari laterali.

Dati i risultati dell'analisi sismica del 2012 appare chiaro come la parte di edificio che necessita di rinforzo/miglioramento sismico sia il cosiddetto "Corpo A" ovvero quello articolato su più livelli e maggiormente irregolare dal punto di vista geometrico.

Su questa parte di edificio si concentra, pertanto, il progetto in esame che riprende il suggerimento, posto a conclusione dell'analisi di vulnerabilità sismica, di inserire dei controventi in quei piani verticali in cui le pareti portanti sono poche (prospetti nord ed ovest) o addirittura assenti (prospetto sud).

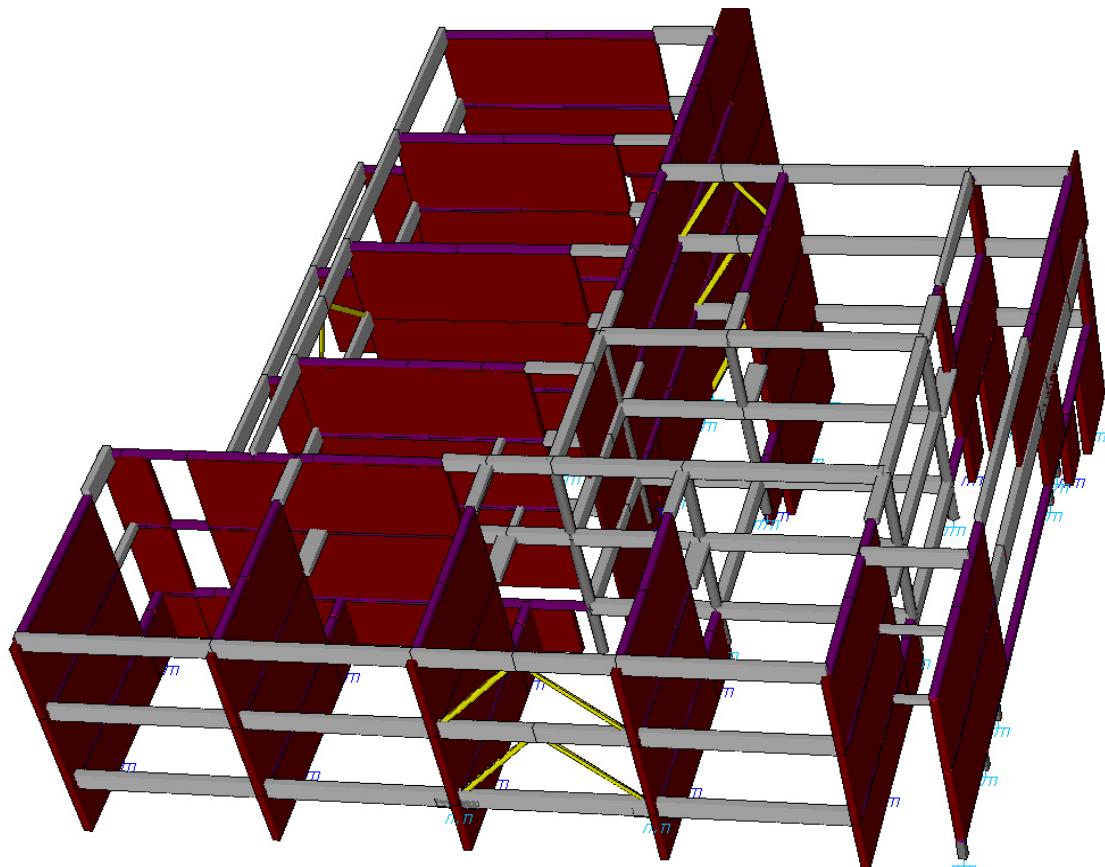
### ***Intervento di Miglioramento Sismico***

Per l'analisi della capacità resistente post intervento è stato ripreso il modello di calcolo dell'analisi non lineare, trattato in precedenza, modificato con aggiunta di controventi di facciata lungo i tre prospetti sud, ovest e nord; i controvento sono inseriti come aste incernierate agli estremi e formati da:

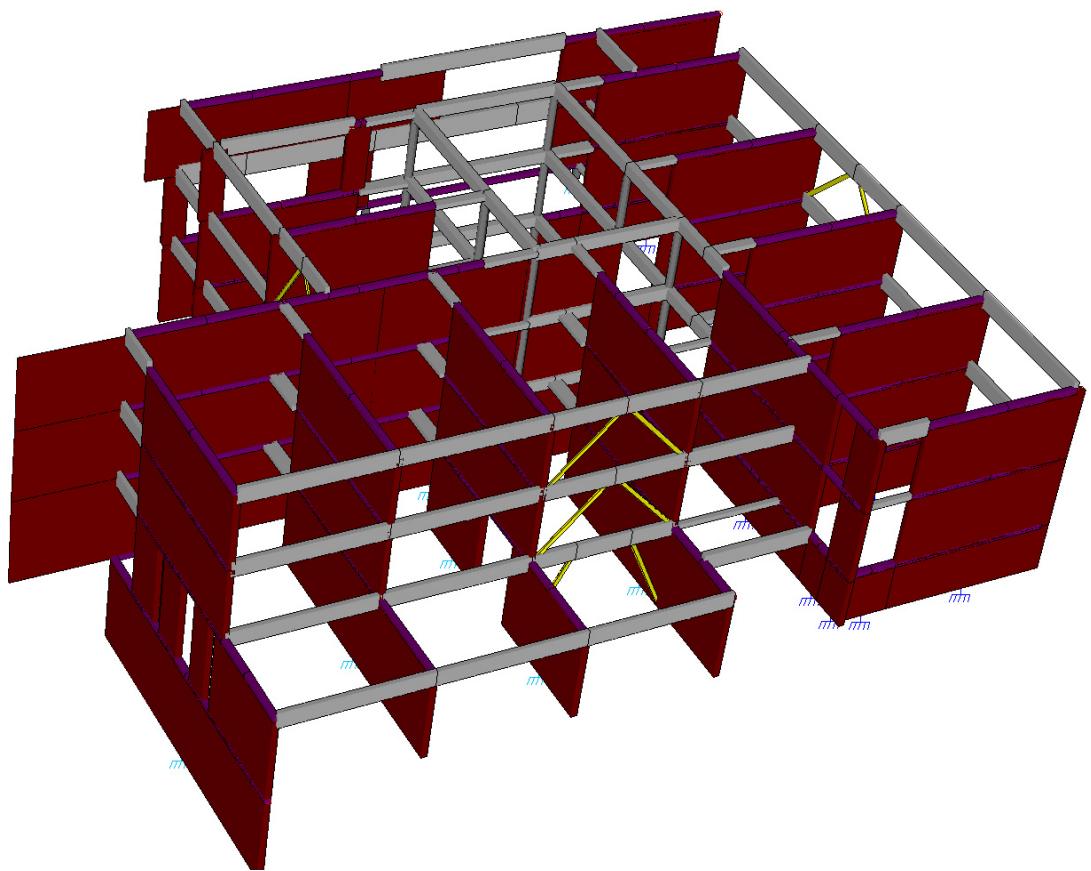
- diagonali incerierati alle travi di piano, esistenti, in cemento armato;
- montanti a riportare l'azione di carico dalla sommità fino a terra.

I micropali posti con plinto di collegamento alla base dei controventi sono dimensionati a parte, tenendo conto degli sforzi trasmessi – vedi relazione geotecnica e delle fondazioni.

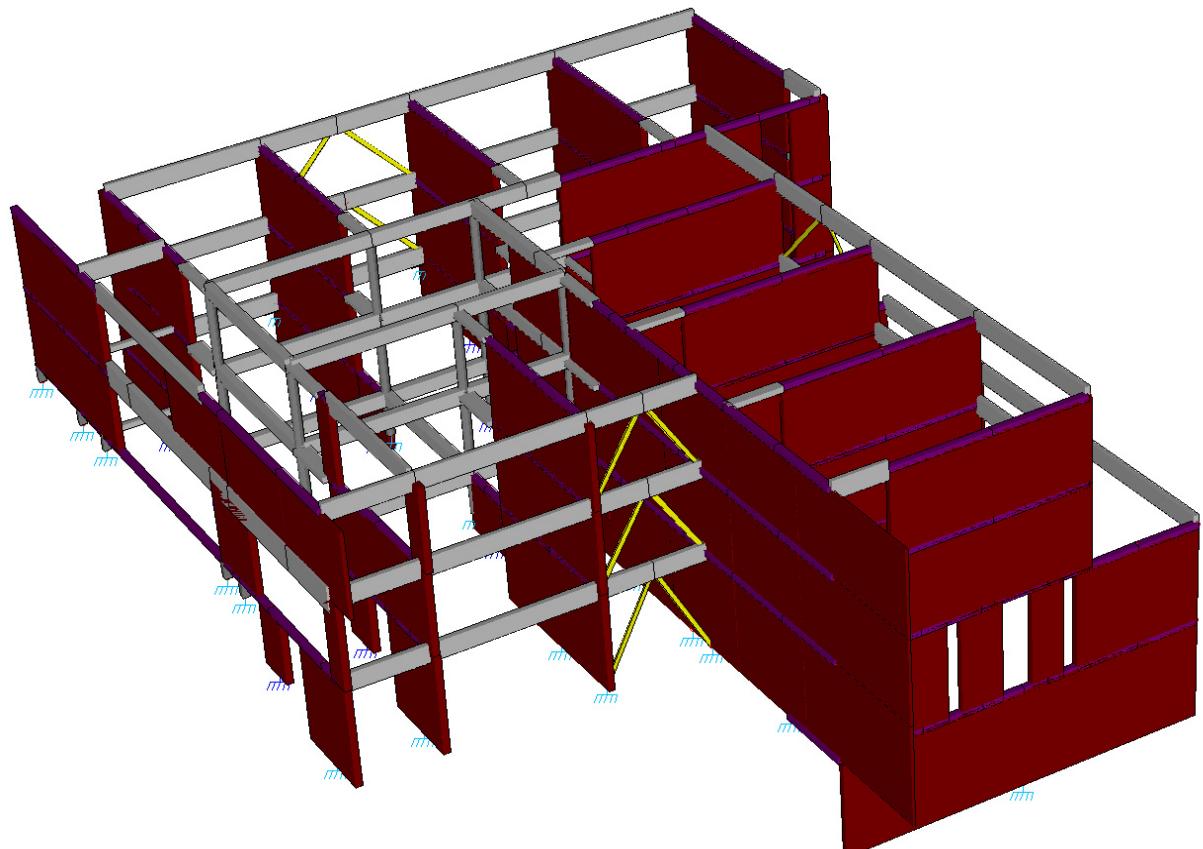
Di seguito si riporta, quindi, alcune viste del modello tridimensionale di progetto del corpo A, i dati di input dell'analisi, i carichi applicati (invariati rispetto allo stato attuale) ed i risultati dell'analisi non lineare con indice di rischio ottenuto.



Vista dal lato sud (prospetto anteriore)



Vista dal lato ovest (verso campo di calcio)



vista dal lato nord (retro)

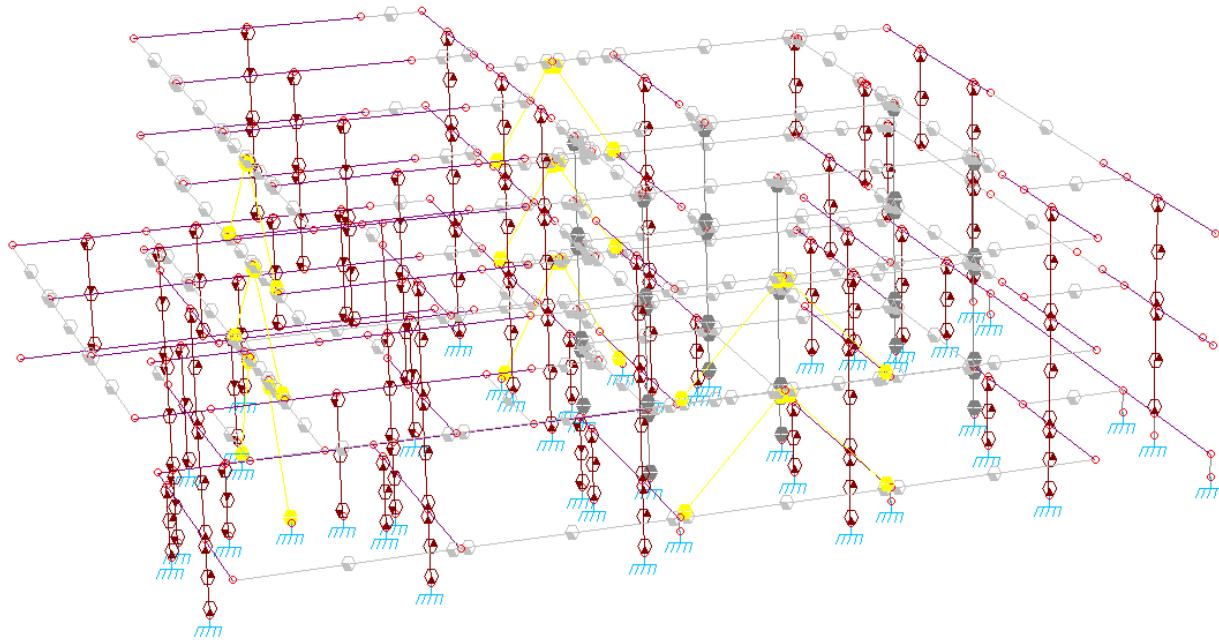


IMMAGINE DEL MODELLO CON EVIDENZIATE LE CERNIERE

## DATI DI INPUT

### INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

Nome dell'archivio di lavoro	<i>Ipotesi interventi Globale Controventi</i>
Intestazione del lavoro	<i>Scuola Terricciola</i>
Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Pushover
Tipo di soluzione	Non lineare a controllo di spostamento con nodo di controllo
Unita' di misura delle forze	kg
Unita' di misura delle lunghezze	cm
Normativa	NTC-2018

### NORMATIVA

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	III
Vita di riferimento	75 anni
Luogo	Terricciola - (PI)
Longitudine (ED50)	10.6764
Latitudine (ED50)	43.5239
Categoria del suolo	C
Fattore topografico	1.2

### PARAMETRI SISMICI

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag/g*S)
SLO	45	0.055	2.48	0.24	1.67	1.50	0.099
SLD	75	0.070	2.47	0.25	1.66	1.50	0.126
SLV	712	0.160	2.50	0.28	1.61	1.46	0.280
SLC	1462	0.196	2.54	0.28	1.59	1.40	0.330
TR utilizzato nel progetto			712 anni				

### DATI SPETTRO

Eccentricita' accidentale	5%
Periodo proprio T1 in direzione X	0.000
Periodo proprio T1 in direzione Y	0.000
$\lambda$	0.85
Coefficiente di smorzamento	5%
Sd (T1)	0.280 g
Coeff.globale accelerazione sismica	0.238
Probabilita' di superamento del periodo di riferimento (spettro SLD)	63
Probabilita' di superamento del periodo di riferimento (spettro SLO)	81

## ANALISI DEI CARICHI

SI FA PRESENTE CHE I CARICHI SOTTO RIPORTATI SONO ESPRESI IN KG/CMQ

CARICHI PER ELEMENTI TRAVE, TRAVE DI FONDAZIONE E RETICOLARE

### Carico distribuito con riferimento globale X

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Vento direzione X	24	Condizione 4	Variabile: Vento	0.008000	0.000	0.008000	0.000	0.0000	0.0000
Vento direzione -X	25	Condizione 5	Variabile: Vento	0.008000	0.000	0.008000	0.000	0.0000	0.0000

### Carico distribuito con riferimento globale Y

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Vento direzione Y	26	Condizione 6	Variabile: Vento	0.008000	0.000	0.008000	0.000	0.0000	0.0000
Vento direzione -Y	27	Condizione 7	Variabile: Vento	0.008000	0.000	0.008000	0.000	0.0000	0.0000

### Carico distribuito con riferimento globale Z

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
P. P. SOLAIO h=20cm	1	Condizione peso proprio	Permanente: Peso Proprio	-0.030000	0.000	-0.030000	0.000	1.0000	1.0000
P. P. SOLAIO h=22cm	2	Condizione peso proprio	Permanente: Peso Proprio	-0.031800	0.000	-0.031800	0.000	1.0000	1.0000
PERM. PORT. COP. A FALDA hmed=90cm	3	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.013500	0.000	-0.013500	0.000	1.0000	1.0000
PERM. PORT. COPERTURA PIANA	4	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.020000	0.000	-0.020000	0.000	1.0000	1.0000
CARICO NEVE	5	Condizione 2	Variabile: Neve	-0.006000	0.000	-0.006000	0.000	0.0000	0.0000
PERM. PORT. COPERTURA ACCIAIO	6	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.005000	0.000	-0.005000	0.000	1.0000	1.0000
PERM. PORT. SOPRAFINESTRA	7	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.050000	0.000	-0.050000	0.000	1.0000	1.0000
PERM. PORT. MURATURA IN COPERTURA	8	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-1.500000	0.000	-1.500000	0.000	1.0000	1.0000
PERM. PORT. PIANO PRIMO	9	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.011000	0.000	-0.011000	0.000	1.0000	1.0000
PERM. PORT. PARETI DIVISORIE al cmq	10	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.012000	0.000	-0.012000	0.000	1.0000	1.0000
C. ESER. INTERPIANO	11	Condizione 3	Variabile: Aree di acquisto e congresso	-0.030000	0.000	-0.030000	0.000	0.6000	0.6000
PERM. PORT. SOTTOFINESTRE AULE	12	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-3.375000	0.000	-3.375000	0.000	1.0000	1.0000
PERM. PORT. SOTTOFINESTRE BAGNI	13	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-6.570000	0.000	-6.570000	0.000	1.0000	1.0000
PERM. PORT. PARAPETTO VASCA	14	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-2.325000	0.000	-2.325000	0.000	1.0000	1.0000
PERM. PORT. PARETI DIVISORIE	15	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-3.200000	0.000	-3.200000	0.000	1.0000	1.0000
PERM. PORT. PIANO TERRA	16	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.010000	0.000	-0.010000	0.000	1.0000	1.0000
P. P. SOLAIO CELERSAP 24+4	17	Condizione peso proprio	Permanente: Peso Proprio	-0.036500	0.000	-0.036500	0.000	1.0000	1.0000
PERM. PORT. COP. A FALDA hmed=45cm	28	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.011300	0.000	-0.011300	0.000	1.0000	1.0000
PERM. PORT. COP. A FALDA hmed=22cm	29	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.010100	0.000	-0.010100	0.000	1.0000	1.0000
P. P. SOLAIO LATERIZIO h=24cm	30	Condizione peso proprio	Permanente: Peso Proprio	-0.027000	0.000	-0.027000	0.000	1.0000	1.0000
PERM. PORT. TAMPONATURA	31	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.025000	0.000	-0.025000	0.000	1.0000	1.0000
C. ESER SCALE	32	Condizione 3	Variabile: Aree di acquisto e congresso	-0.040000	0.000	-0.040000	0.000	0.6000	0.6000
P. P. SOLETTA 15cm	33	Condizione peso proprio	Permanente: Peso Proprio	-0.037500	0.000	-0.037500	0.000	1.0000	1.0000
PERM. PORTATO SCALE	34	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.025000	0.000	-0.025000	0.000	1.0000	1.0000

CARICHI PER ELEMENTI BIDIMENSIONALI

**Carico di superficie nella direzione globale X, agente sulla superficie reale**

Descrizione	Codice	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Valore	Aliq.inerziale	Aliq.inerz.SLD
Vento direzione X	20	Condizione 4	Variabile: Vento	0.008000	0.0000	0.0000
Vento direzione -X	22	Condizione 5	Variabile: Vento	0.008000	0.0000	0.0000

**Carico di superficie nella direzione globale Y, agente sulla superficie reale**

Descrizione	Codice	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Valore	Aliq.inerziale	Aliq.inerz.SLD
Vento direzione Y	21	Condizione 6	Variabile: Vento	0.008000	0.0000	0.0000
Vento direzione -Y	23	Condizione 7	Variabile: Vento	0.008000	0.0000	0.0000

**Carico di superficie nella direzione globale Z, agente sulla superficie reale**

Descrizione	Codice	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Valore	Aliq.inerziale	Aliq.inerz.SLD
ACCIDENTALE SCALE	18	Condizione 3	Variabile: Aree di acquisto e congresso	-0.040000	1.0000	1.0000

**Carico uniformemente distribuito sul lato nella direzione globale Z**

Descrizione	Codice	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Valore	Aliq.inerziale	Aliq.inerz.SLD
PERMANENTE PORTATO PARAPETTO SCALE	19	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-2.325000	1.0000	1.0000

## COMBINAZIONI DI CARICO

### NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 ITALIA - PROPORZIONALE A FORME MODALI E MASSE - COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	STATICA "azioni controllate dall'uomo"	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Aree di acquisto e congresso Variabile: Neve	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 3 Condizione 2	1.100 1.100 1.500 0.300
2	St. a.n.l.	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 3	1.000 1.000 0.600
3	Sisma +X, Tors +	Azione sismica: SISMA +X	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 3	1.000 1.000 0.600
4	Sisma +Y, Tors +	Azione sismica: SISMA +Y	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 3	1.000 1.000 0.600
5	Sisma -X, Tors +	Azione sismica: SISMA -X	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 3	1.000 1.000 0.600
6	Sisma -Y, Tors +	Azione sismica: SISMA -Y	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 3	1.000 1.000 0.600
7	Sisma +X, Tors -	Azione sismica: SISMA +X	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 3	1.000 1.000 0.600
8	Sisma +Y, Tors -	Azione sismica: SISMA +Y	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 3	1.000 1.000 0.600
9	Sisma -X, Tors -	Azione sismica: SISMA -X	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 3	1.000 1.000 0.600
10	Sisma -Y, Tors -	Azione sismica: SISMA -Y	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 3	1.000 1.000 0.600
11	Uniforme +X, Tors +	Azione sismica:	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 3	1.000 1.000 0.600
12	Uniforme +Y, Tors +	Azione sismica:	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 3	1.000 1.000 0.600
13	Uniforme -X, Tors +	Azione sismica:	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 3	1.000 1.000 0.600
14	Uniforme -Y, Tors +	Azione sismica:	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 3	1.000 1.000 0.600
15	Uniforme +X, Tors -	Azione sismica: SISMA +X	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 3	1.000 1.000 0.600
16	Uniforme +Y, Tors -	Azione sismica: SISMA +Y	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 3	1.000 1.000 0.600
17	Uniforme -X, Tors -	Azione sismica:	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 3	1.000 1.000 0.600
18	Uniforme -Y, Tors -	Azione sismica: SISMA -Y	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 3	1.000 1.000 0.600

## COMBINAZIONI DI CARICO PER L'ANALISI NON LINEARE

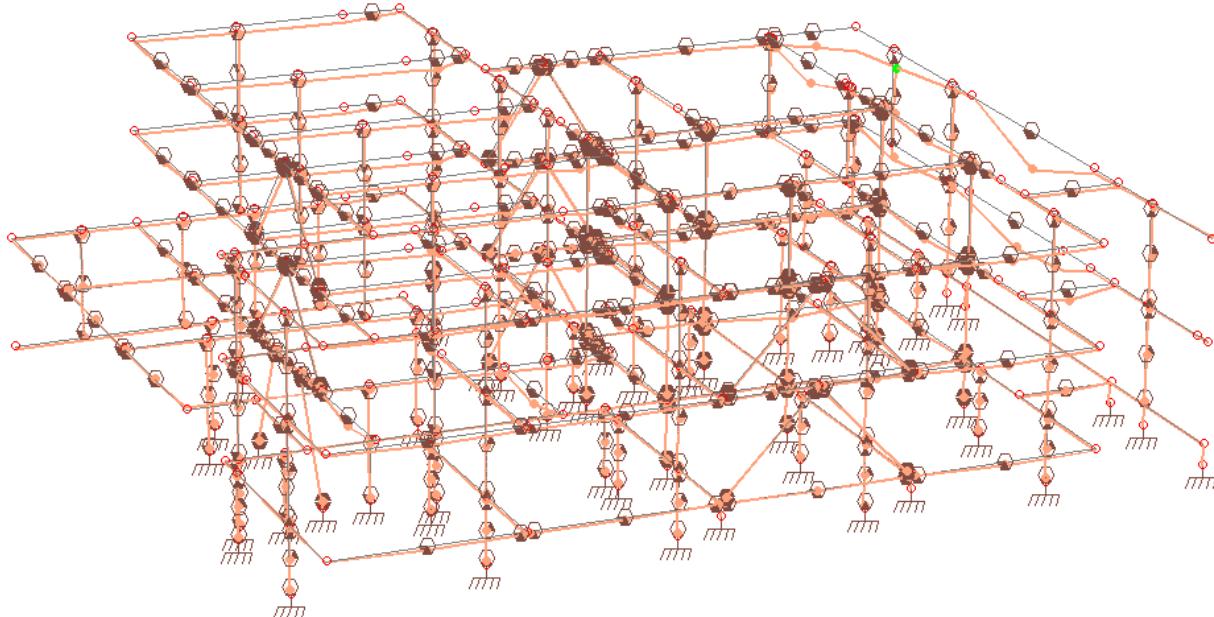
Nome	Combinazione iniziale	Combinazione incrementale	Nc	gdi	Spost. max	Spost. al passo	Iter. al passo
St. a.n.l. \ Sisma +X, Tors +	St. a.n.l.	Sisma +X, Tors +	6088	Ux	50.000000	0.000000	2000
St. a.n.l. \ Sisma +Y, Tors +	St. a.n.l.	Sisma +Y, Tors +	6088	Uy	50.000000	0.000000	2000
St. a.n.l. \ Sisma -X, Tors +	St. a.n.l.	Sisma -X, Tors +	6088	Ux	50.000000	0.000000	2000
St. a.n.l. \ Sisma -Y, Tors +	St. a.n.l.	Sisma -Y, Tors +	6088	Uy	50.000000	0.000000	2000
St. a.n.l. \ Sisma +X, Tors -	St. a.n.l.	Sisma +X, Tors -	6088	Ux	50.000000	0.000000	2000
St. a.n.l. \ Sisma +Y, Tors -	St. a.n.l.	Sisma +Y, Tors -	6088	Uy	50.000000	0.000000	2000
St. a.n.l. \ Sisma -X, Tors -	St. a.n.l.	Sisma -X, Tors -	6088	Ux	50.000000	0.000000	2000
St. a.n.l. \ Sisma -Y, Tors -	St. a.n.l.	Sisma -Y, Tors -	6088	Uy	50.000000	0.000000	2000
St. a.n.l. \ Uniforme +X, Tors +	St. a.n.l.	Uniforme +X, Tors +	6088	Ux	50.000000	0.000000	2000
St. a.n.l. \ Uniforme +Y, Tors +	St. a.n.l.	Uniforme +Y, Tors +	6088	Uy	50.000000	0.000000	2000
St. a.n.l. \ Uniforme -X, Tors +	St. a.n.l.	Uniforme -X, Tors +	6088	Ux	50.000000	0.000000	2000
St. a.n.l. \ Uniforme -Y, Tors +	St. a.n.l.	Uniforme -Y, Tors +	6088	Uy	50.000000	0.000000	2000
St. a.n.l. \ Uniforme +X, Tors -	St. a.n.l.	Uniforme +X, Tors -	6088	Ux	50.000000	0.000000	2000
St. a.n.l. \ Uniforme +Y, Tors -	St. a.n.l.	Uniforme +Y, Tors -	6088	Uy	50.000000	0.000000	2000
St. a.n.l. \ Uniforme -X, Tors -	St. a.n.l.	Uniforme -X, Tors -	6088	Ux	50.000000	0.000000	2000
St. a.n.l. \ Uniforme -Y, Tors -	St. a.n.l.	Uniforme -Y, Tors -	6088	Uy	50.000000	0.000000	2000

## INDICE DI RISCHIO

### STATO LIMITE ULTIMO

Combinazione	TR,C	TR,D	RCD	PGAC (m/s^2)	PGAD (m/s^2)	Alfa u
St. a.n.l. \ Sisma +X, Tors +	207	712	0.601	1.854	2.750	<b>0.674</b>
St. a.n.l. \ Sisma +Y, Tors +	2369	712	1.640	3.561	2.750	1.295
St. a.n.l. \ Sisma -X, Tors +	268	712	0.669	2.031	2.750	0.738
St. a.n.l. \ Sisma -Y, Tors +	1634	712	1.408	3.309	2.750	1.203
St. a.n.l. \ Sisma +X, Tors -	207	712	0.601	1.854	2.750	<b>0.674</b>
St. a.n.l. \ Sisma +Y, Tors -	2369	712	1.640	3.561	2.750	1.295
St. a.n.l. \ Sisma -X, Tors -	268	712	0.669	2.031	2.750	0.738
St. a.n.l. \ Uniforme +X, Tors +	289	712	0.690	2.101	2.750	0.764
St. a.n.l. \ Uniforme +Y, Tors +	>2475	712	>1.670	>3.596	2.750	>1.307
St. a.n.l. \ Uniforme -X, Tors +	470	712	0.843	2.474	2.750	0.900
St. a.n.l. \ Uniforme -Y, Tors +	>2475	712	>1.670	>3.596	2.750	>1.307
St. a.n.l. \ Uniforme +X, Tors -	207	712	0.601	1.854	2.750	<b>0.674</b>
St. a.n.l. \ Uniforme +Y, Tors -	>2475	712	>1.670	>3.596	2.750	>1.307
St. a.n.l. \ Uniforme -X, Tors -	470	712	0.843	2.474	2.750	0.900
St. a.n.l. \ Uniforme -Y, Tors -	1634	712	1.408	3.309	2.750	1.203

L'indice di rischio risultante dall'analisi è, come indicato, **0,674**, corrispondente ad un periodo di ritorno dell'azione sismica di 207 anni.



Deformata relativa alla combinazione  
St. a.n.l. \ Uniforme +X, Tors -

Determinato l'indice di rischio è stato aggiornato anche il modello di calcolo analisi lineare modale, più attendibile per la valutazione delle sollecitazioni negli elementi; infatti le sollecitazioni che è risulato necessario ricavare sono quelle relative a :

- aste dei controventi (diagonali e ritti) per la verifica della sezione di esse e dei nodi di collegamento (vedi relazione di calcolo parte seconda);

– travi in calcestruzzo su cui si innestano i controventi, per la verifica di sezione ed armatura e dei necessari rinforzi (vedi relazione di calcolo parte terza).

Di seguito si riporta l'immagine e i dati di input del modello di calcolo analisi lineare ad elementi finiti.

## DATI DI INPUT ANALISI LINEARE MODALE

### INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

	Modale Stato di fatto
Nome dell'archivio di lavoro	Scuola Terricciola
Intestazione del lavoro	Nello Spazio
Tipo di struttura	Statica e Dinamica
Tipo di analisi	Lineare
Tipo di soluzione	kg
Unita' di misura delle forze	cm
Unita' di misura delle lunghezze	NTC-2018
Normativa	

### NORMATIVA

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	III
Vita di riferimento	75 anni
Luogo	Terricciola - (PI)
Longitudine (ED50)	10.679
Latitudine (ED50)	43.526
Categoria del suolo	C
Fattore topografico	1.2

### PARAMETRI SISMICI

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag/g*S)
SLO	45	0.055	2.48	0.24	1.67	1.50	0.099
SLD	75	0.070	2.47	0.25	1.66	1.50	0.126
SLV	712	0.160	2.50	0.28	1.61	1.46	0.280
SLC	1462	0.196	2.54	0.28	1.59	1.40	0.330

TR utilizzato nel progetto 207 anni

### STATO LIMITE ULTIMO

Coefficiente di smorzamento	5%
Eccentricita' accidentale	5%
Numero di frequenze	120

Fattore q di struttura per sisma orizzontale	qor=1.5
Periodo proprio T1 in direzione X	0.300
Periodo proprio T1 in direzione Y	0.277

### PARAMETRI SISMICI

Angolo del sisma nel piano orizzontale	0
Sisma verticale	Assente
Combinazione dei modi	CQC
Combinazione componenti azioni sismiche	NTC - Eurocodice 8
$\lambda$	0.3
$\mu$	0.3

