

IL TECNICO

## COMUNE DI CURTATONE

Piazza Corte Spagnola 3  
46010 Curtatone (MN)

Progetto di fattibilità tecnica ed  
economica per potenziamento della  
prestazione strutturale della scuola  
dell'infanzia e nido di Buscoldo

Novembre  
2016

[www.curtatone.it](http://www.curtatone.it)

IL RESPONSABILE  
(PER L'AMMINISTRAZIONE)

## RELAZIONE TECNICA

In sede di stesura del piano delle opere pubbliche relativamente al triennio 2015 – 2017 e più specificatamente nell'elenco delle opere da realizzarsi nell'anno 2015, l'Amministrazione Comunale in sede di approvazione della bozza di piano deliberato dalla Giunta Comunale, ha previsto di intervenire per effettuare un adeguamento della prestazione strutturale della scuola d'infanzia e nido di Buscoldo al fine di poter raggiungere i livelli di risposta sismica prescritti dalla recente normativa tecnica in materia.

L'importanza di tale intervento consiste nel fatto che in esito ad una verifica condotta nel 2014 da tecnico incaricato si è rilevato che allo stato attuale, in relazione delle azioni previste dalle norme tecniche vigenti, la struttura risulta agibile sotto l'aspetto della sicurezza statica. Tuttavia sotto l'aspetto della sicurezza sismica la struttura presenta carenze causate dal fatto che essa è costituita da telai in generale non collegati trasversalmente tra loro, costituiti da pilastri in generale cedevoli rispetto alle travi ed agli orizzontamenti.

Lo studio di fattibilità predisposto prevede una serie di interventi atti ad aumentare la risposta sismica al fine di rendere la struttura del fabbricato adeguata anche ai disposti recenti in materia.

Il progetto è costituito da più fasi in quanto prima di addivenire ad una individuazione precisa degli elementi sui quali intervenire e delle soluzioni idonee sarà necessario procedere con una fase investigativa più accurata dello studio condotto. Detta fase di investigazione ha lo scopo di poter aumentare la conoscenza delle strutture e conseguentemente di ridurre il più possibile gli interventi strutturali.

L'importo complessivo dei lavori a base d'asta compreso gli oneri della sicurezza di cui al D.Lgs. 81/2008 vengono stimati in complessivi **€. 410.000,00.**

# **RELAZIONE TECNICA PER LA VERIFICA DELLA VULNERABILITA' SISMICA RELATIVA LA SCUOLA DELL'INFANZIA E MICRONIDO DI BUSCOLDO IN VIA MAGGIOLINI 10 A CURTATONE (MN)**

## **Sommario**

PREMESSA.....	2
MODIFICHE DEL FABBRICATO NEL TEMPO.....	3
CARATTERISTICHE STRUTTURALI E TIPOLOGICHE DELL'EDIFICIO .....	4
QUADRO FESSURATIVO .....	6
LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA.....	8
Caratterizzazione meccanica dei materiali.....	9
Indagini visive .....	10
AZIONI E CARICHI AGENTI .....	14
PROCEDURA DI CALCOLO PER MODELLAZIONE STRUTTURALE .....	15
Parametri di modellazione della struttura .....	15
Creazione del modello a telaio equivalente.....	16
Definizione dei solai.....	17
Descrizione generale della struttura in elevazione .....	17
Criteri di valutazione degli elementi non strutturali e degli impianti .....	20
Parametri che concorrono alla definizione dell'azione sismica di base del sito .....	20
Azioni verticali di calcolo .....	20
Azioni orizzontali di calcolo .....	21
Spettro da normativa.....	21
STRUTTURE GEOTECNICHE, DI FONDAZIONE E PORTANZA TERRENO .....	23
AZIONI AGENTI .....	25
VERIFICHE SISMICHE.....	30
Verifica a taglio .....	30
Verifica a pressoflessione deviata .....	32
CONCLUSIONI .....	37
RIFERIMENTI NORMATIVI.....	39
ALLEGATI.....	39

## PREMESSA

La presente relazione si riferisce alla scuola dell'infanzia sita nel quartiere Buscoldo del Comune di Curtatone, in via Maggiolini, 10 all'interno di un lotto indipendente posto nell'abitato.



Figura 1 - Viste aeree a sud-est e sud-ovest (sopra) e sud-est e nord-est (sotto) estratte dal sito "bing.com". Il pallino blu indica l'ingresso principale dal parcheggio che costeggia via Maggiolini

Il fabbricato costituisce un unico corpo di fabbrica all'interno di un complesso di fabbricati che ospitano altre attività scolastiche di livello superiore a micronido e scuola dell'infanzia. Il fabbricato è dotato di centrale termica posta in un piano interrato adiacente al corpo di fabbrica principale.

## MODIFICHE DEL FABBRICATO NEL TEMPO

Il fabbricato è stato realizzato nei primi anni 2000. Dagli archivi comunali si sono ritrovati il progetto originale del 2000 a firma dell'Ing. Claudio Lonardi e la variante del 2002 a firma Geom. Livio Martelli.

La costruzione del complesso è iniziata nell'anno 2000 con la realizzazione delle fondazioni, pilastri del primo impalcato e parte delle murature. I lavori si sono interrotti a causa della rescissione del contratto con impresa esecutrice e direzione lavori da parte del Comune di Curtatone, in quanto le opere non erano state realizzate secondo la regola dell'arte. Per tale motivo, con variante protocollata nel 2002, si è proceduto alla demolizione di parte dei pilastri realizzati e la realizzazione di placcaggi alla base per altri pilastri. Quindi le opere strutturali sono terminate nel 2003 con il rilascio del certificato di collaudo a cura Ing. Severino Malavasi.

Di seguito si riporta un estratto della pianta architettonica dell'edificio con evidenziati i pilastri (in rosso).

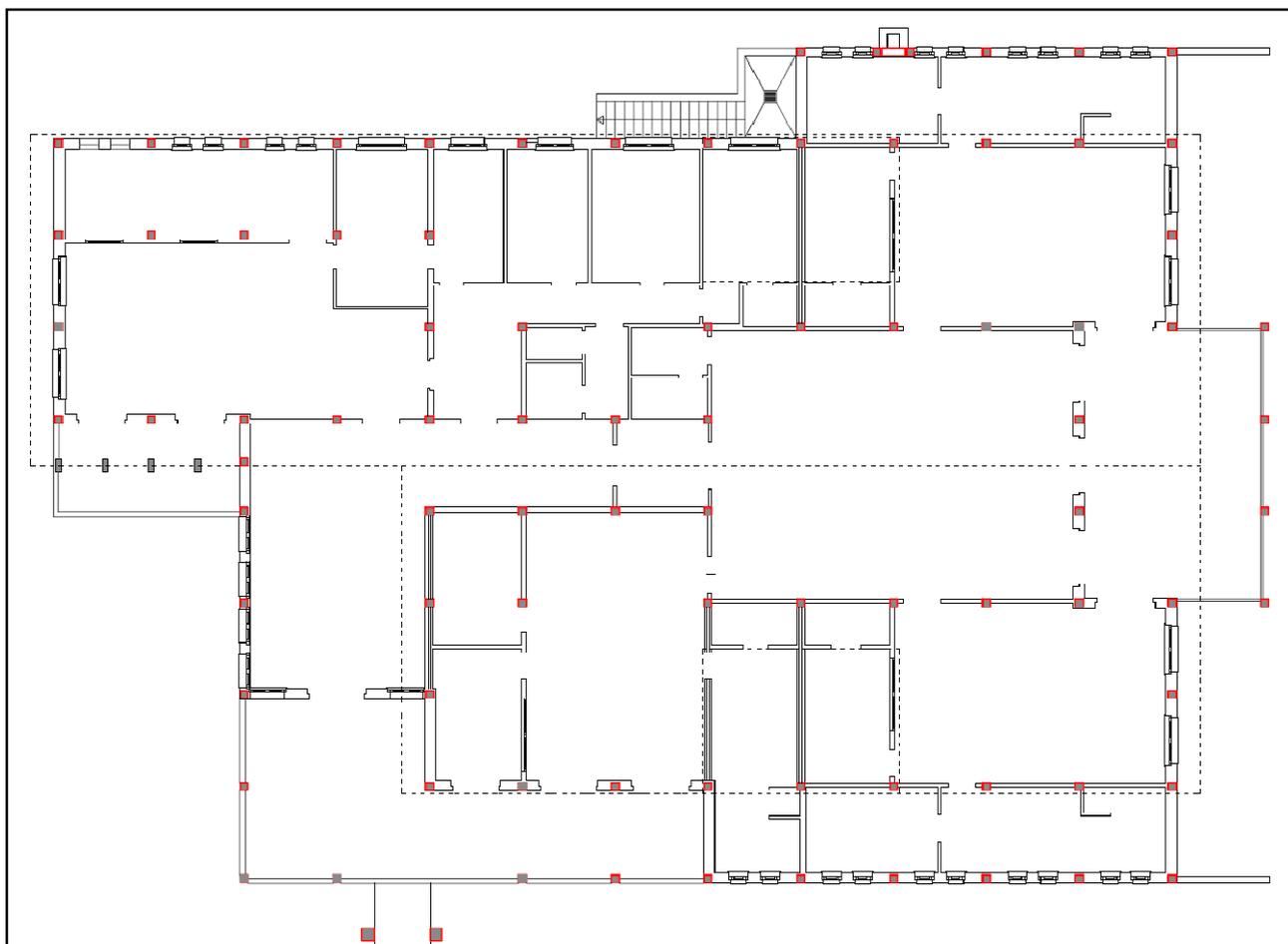


Figura 2 - Pianta architettonica e pilastri

## CARATTERISTICHE STRUTTURALI E TIPOLOGICHE DELL'EDIFICIO

L'edificio in questione è un fabbricato monopiano, irregolare in pianta ed in altezza. In pianta ha uno sviluppo di 30x25 m con due appendici rettangolari di 6x10 m (relativo la zona del micronido) e 3x12 m (relativo il blocco bagni sopra la centrale termica).

Le altezze nette interpiano variano da 2.50 (relativamente blocco bagni, porticato ed ingresso principale) a 3.00 m (relativamente le aule) e da un minimo di 5.53 m ad un massimo di 6.88 m nel salone principale.

La ricostruzione della struttura si è potuta eseguire in quanto, presso gli archivi comunali sono presenti molti documenti a valenza statica quali:

- Progetto strutturale a firma Ing. Lonardi Claudio
  - Tavola S01, Fondazioni (Luglio 2000)
  - Tavola S02, Armatura fondazioni e tabella pilastri (Luglio 2000)
  - Tavola S03, Copertura (Luglio 2000)
  - Tavola S04, Armatura travi copertura (Luglio 2000)
  - Relazione di calcolo (Luglio 2000)
- Denuncia c.a. del febbraio/maggio 2002 a firma Ing. Squassabia
  - Tavola CA1, Pianta e particolari solaio copertura (Febbraio 2002)
  - Tavola CA2, Armature travi dei solai (Febbraio 2002)
  - Tavola CA3, Pianta e particolari solaio copertura (Maggio 2002)
  - Tavola CA4, Rinforzo strutturale al piede dei pilastri e sottofondo (Maggio 2002)
  - Tavola Tecom Sistemi srl e relazione di calcolo a firma Ing. Claudio Zorzin (Maggio 2002)
  - Relazione di calcolo integrativa (Febbraio 2002)
- Variante strutture del settembre 2002
  - Tavola CA1, Pianta e particolari solaio copertura (Settembre 2002)
  - Tavola CA2, Armature travi dei solai (Settembre 2002)
  - Tavola CA3, Pianta e particolari solaio copertura (Settembre 2002)
  - Tavola CA4, Rinforzo strutturale al piede dei pilastri e sottofondo (Settembre 2002)
- Collaudo statico a firma Ing. Malvasi Severino (Marzo 2003)

La struttura in elevazione è costituita da un telaio in cemento armato con pilastri, travi e cordoli di perimetro. I pilastri sono tutti delle dimensioni 25x25 cm, mentre si individuano 24 tipologie diverse di travi e 9 tipologie di cordolo.

Le fondazioni in c.a. sono realizzate con trave continua a sezione a T rovescia o rettangolare che collegano i diversi elementi strutturali ed alcuni plinti isolati.

I solai sono in pannelli prefabbricati di due tipologie: laterocemento di altezza 20+4 cm e tipo predalles di

altezza 24 cm (che di seguito verranno meglio caratterizzati).

È presente un sottotetto non accessibile da botole o varchi, su cui insiste una struttura a muricci e tavelloni, che costituisce buona parte della copertura a falde inclinate, ad eccezione di quella del salone principale, realizzata con travi in c.a. e solaio in pannelli prefabbricati in laterocemento.

Una parte della copertura è piana posta sopra le zone bagni e porticato di ingresso, accessibile unicamente per manutenzioni.

Da un punto di vista strutturale il fabbricato si può così caratterizzare:

- Le fondazioni continue sono costituite da travi in calcestruzzo armato a sezione rettangolare o a T rovescia con ciabatta di fondazione dello spessore variabile tra i 75 e 90 cm e spiccatto di spessore 25 cm ed altezza di 28 cm.
- Le strutture portanti sono costituite da pilastri in c.a. delle dimensioni di 25x25 cm ad eccezione di quattro pilastri 40x20 cm.
- Gli orizzontamenti, sono così suddivisi:
  - Solaio copertura piana: costituito da solaio tipo predalles di altezza 24 cm con lastra di base dello spessore di 4 cm e larghezza 120 cm, con pannelli di polistirolo da 16 cm, cappa da 4 cm e travetto largo 12 cm e interasse 54 cm.
  - Solai del piano sottotetto: costituito dalla medesima tipologia di solaio di cui sopra. Tuttavia, questo orizzontamento costituisce la base di appoggio per il sistema a muricci e tavelloni formanti i piani inclinati della copertura a falde inclinate.
  - Copertura salone principale: costituito da solaio pannelli prefabbricati in laterocemento di larghezza 120 cm, costituiti da pignatte e travetti di interasse 40 cm ed altezza 20 cm e getto in opera di completamento da 4 cm.

Si rimanda, inoltre, all'indagine fotografica allegata alla presente relazione in formato digitale.

## QUADRO FESSURATIVO

Durante la fase di rilievo delle strutture è stata condotta un'attenta analisi del quadro fessurativo (vedi anche indagine fotografica digitale), sia a livello delle strutture portanti, dei soffitti e dei pavimenti, nonché degli elementi portati quali tramezzi, porte e divisorie in genere.

Dall'indagine a vista si è rilevato quanto segue:

- **Strutture portanti:** le strutture portanti, per quanto potuto visionare, sono in buono stato e non presentano stati fessurativi importanti. Essendo per la maggior parte intonacati, non si sono individuate cavillature negli intonaci tali da indurre a pensare a fenomeni di deformazione eccessiva. Si segnalano alcuni fenomeni infiltrativi che interessano la base dei pilastri dei porticati ed alcune travi sulla copertura piana e che nel tempo possono compromettere la durabilità del calcestruzzo, favorendo il distacco del copriferro e la corrosione delle armature.  
Due evidenti fessure della gronda posta sopra il terrazzo sopra la sala mensa, andranno risarcite e ripristinate al fine di evitare infiltrazioni che interesserebbero solaio e travi inclinate.  
Si segnalano la formazione di segni riconducibili a problematiche di umidità nei bagni nell'interfaccia trave-mutatura.  
Infine relativamente le murature in c.a. della centrale termica, si ravvisano diffuse infiltrazioni di acqua meteorica.
- **Murature:** le murature non costituiscono elemento strutturale portante, ma hanno prettamente la funzione di divisoria, tamponamento e chiusura verticale esterna. Esse sono dichiarate come murature in laterizio a cassa vuota (di vario spessore) con isolante interposto.  
All'interfaccia con il telaio in cemento armato, queste non risultano adeguatamente ammorsate, segnando le strutture con fessure anche passanti ed effetto fantasma accentuato da cavillature. Tali fessure, quando risarcite, hanno nuovamente segnato gli intonaci ed hanno determinato pure situazioni infiltrative localizzate. Qualche infiltrazione si è ravvisata pure nell'intorno dei telai dei serramenti.  
Si segnalano due fasce murarie poste sul retro del fabbricato completamente svincolate dalla struttura esistente, con fessure che segnano il distacco netto dalle stesse. Tali murature, se non adeguatamente fissate, costituiscono elemento di labilità locale. Necessita pertanto intervenire per l'ammorsamento alla struttura esistente e relativa messa in sicurezza.
- **Solai:** i solai non presentano fessure che evidenzino una eccessiva sollecitazione della struttura portante o eccessiva flessione, tuttavia si segnalano diffuse cavillature all'interfaccia con le murature che hanno portato pure a fenomeni infiltrativi, in particolare nella zona dei due abbaini in muratura.

Tali fenomeni infiltrativi sono pure diffusi nelle zone dei bagni; in tal caso sono dovuti all'eccessivo ristagno dell'acqua piovana sulla copertura piana.

Infine è presente un'infiltrazione nella saletta mensa, individuata sul controsoffitto a quadrotti in cartongesso. Necessita risolvere la problematica e sostituire i quadrotti ammalorati al fine di prevenire futuri danneggiamenti e minare la durabilità della struttura.

- *Pavimenti*: si fa presente che sulla pavimentazione in linoleum dell'ingresso del salone principale si è notato un cedimento del sottofondo le cui cause dovranno essere necessariamente verificate.

## LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

In questa fase, per la verifica in oggetto, verrà utilizzato un Livello di Conoscenza LC1, con verifiche in situ limitate in quanto, in accordo con l'amministrazione, non sono stati effettuati sondaggi estesi e verifiche di ogni singola struttura. Pertanto verrà utilizzato un Fattore di Confidenza FC1, come chiarito nella tabella C8A.1.2 della Circolare:

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

Tabella C8A.1.1 della Circolare

Al fine di realizzare un modello agli elementi finiti in grado di valutare il livello di sicurezza del fabbricato in condizioni sismiche, necessitano determinare i seguenti parametri:

1. definizione geologica del terreno, con la determinazione della categoria del sottosuolo ai sensi del paragrafo 3.2.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008 di seguito abbreviate come NTC) e corrispondente paragrafo nella Circolare del 2 luglio 2009 (chiarimenti alle NTC e di seguito denominata Circolare) e relativa costante di sottosuolo (costante di Winkler);
2. determinazione delle caratteristiche meccaniche degli elementi in c.a. e relativa geometria per ogni impalcato;
3. determinazione della tipologia delle fondazioni e dell'orientamento di tutti gli orizzontamenti di piano, con individuazione della tipologia dei materiali e composizione delle orditure.

A seconda delle tipologie ed estensione delle indagini volte a determinare tali aspetti è possibile

raggiungere un preciso Livello di Conoscenza (LC) necessario per valutare opportuni coefficienti di sicurezza definiti nelle NTC2008 (e corrispettivo nella Circolare) al paragrafo 8.5.4 e denominati Fattori di Confidenza (FC). Tali fattori, di fatto, penalizzano le caratteristiche meccaniche dei materiali.

Relativamente il punto 1, è stata considerata la categoria di sottosuolo più comune della zona, ovvero “Categoria sottosuolo C” con “Categoria topografica T1”.

Relativamente il punto 2, si è proceduto al rilievo del fabbricato verificando la geometria generale del complesso ispezionando ogni locale del piano terra, misurando le altezze interpiano, gli spessori delle murature, la presenza di aperture e di nicchie o passanti di impianti, in coerenza con gli esecutivi estratti dall’archivio comunale. Tutto ciò al fine di valutare le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo e relative armature. Non essendo state svolte prove in situ, tali caratteristiche sono state desunte dalla Circolare.

Relativamente il punto 3, ovvero caratterizzare fondazioni ed orizzontamenti, sono state effettuate indagini visive in forma estesa atte a rilevare spessori e profondità delle fondazioni, nonché le tipologie dei solai presenti e loro principali caratteristiche. La maggior parte delle orditure erano visibili per effetto fantasma mentre le altre si sono desunte dagli esecutivi progettuali.

## Caratterizzazione meccanica dei materiali

Si assumono i valori di resistenza del calcestruzzo dichiarati nel progetto e nel collaudo, penalizzandoli per i coefficienti desunti dalla tabella di cui sopra. Pertanto:

Calcestruzzo di progetto C 25/30

<b>C25/30</b>	$f_{ck}$	25	N/mm <sup>2</sup>
	$R_{ck}$	30	N/mm <sup>2</sup>
	$\gamma_c$	1,5	
$\epsilon_{c2}$	2	‰	
	$\epsilon_{cu}$	3,5	‰
$\alpha_{cc}$	0,85	?	
	$f_{cd}$	14,17	N/mm <sup>2</sup>
	$f_{cc} / f_{cd}$	0,8	
	$\sigma_{c,adm}$	9,75	N/mm <sup>2</sup>
$\tau_{co}$	0,6		
	$\tau_{c1}$	1,829	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctm}$	2,565		
	$E_{cm}$	31.476	N/mm <sup>2</sup>

Calcestruzzo C25/30 (LC1)

<b>C25/30 LC</b>	$f_{ck}$	18,52	N/mm <sup>2</sup>
	$R_{ck}$	22,23	N/mm <sup>2</sup>
	$\gamma_c$	1,5	
$\epsilon_{c2}$	2	‰	
	$\epsilon_{cu}$	3,5	‰
$\alpha_{cc}$	0,85	?	
	$f_{cd}$	10,49	N/mm <sup>2</sup>
	$f_{cc} / f_{cd}$	0,8	
	$\sigma_{c,adm}$	7,808	N/mm <sup>2</sup>
$\tau_{co}$	0,4964		
	$\tau_{c1}$	1,607	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctm}$	2,1		
	$E_{cm}$	29.478	N/mm <sup>2</sup>

<b>FeB44k</b>	$f_{yk}$	430	N/mm <sup>2</sup>
	$f_{tk}$	540	N/mm <sup>2</sup>
	$\gamma_s$	1,15	
$E_s/E_c$	15		
	$E_s$	200.000	N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{su}$	67,5	‰
	$f_{yd}$	373,9	N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{syd}$	1,87	‰
	$\sigma_{s,adm}$	255	N/mm <sup>2</sup>

Acciaio FeB44k di progetto

<b>FeB44k LC</b>	$f_{yk}$	318,52	N/mm <sup>2</sup>
	$f_{tk}$	400	N/mm <sup>2</sup>
	$\gamma_s$	1,15	
$E_s/E_c$	15		
	$E_s$	200.000	N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{su}$	67,5	‰
	$f_{yd}$	277	N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{syd}$	1,385	‰
	$\sigma_{s,adm}$	188,89	N/mm <sup>2</sup>

Acciaio Feb44k (LC1)

## Indagini visive

Durante i rilievi geometrici del fabbricato si è pure condotta indagine visiva sulle strutture esistenti. Le immagini che seguono evidenziano gli elementi tipologici delle strutture, nonché alcune problematiche riscontrate e già elencate nel quadro fessurativo.



Figura 3 - L'effetto fantasma sulla copertura di uno degli abbaini. La fessurazione tra trave e muratura.



Figura 4 - Umidità alla base dei pilastri del porticato. Tale fenomeno interessa pure alcuni pilastri di perimetro



Figura 5 - Particolare delle muratura aggettante, non ammorsata alla struttura e con fessura passante all'intersezione con il corpo principale di fabbrica



Figura 6 - Fessure importanti sulla gronda sopra il balcone sopra la mensa da ripristinare.



Figura 7 - Particolare discontinuità tra elementi verticali ed orizzontamenti



Figura 8 - Una vista della copertura piana con zone di ristagno dell'acqua



Figura 9 - Particolare delle fessure su muratura di tamponamento. Le fessure riguardano giunti in malta e l'interfaccia con le strutture in c.a.



Figura 10 - Infiltrazioni nella muratura in c.a. della centrale termica

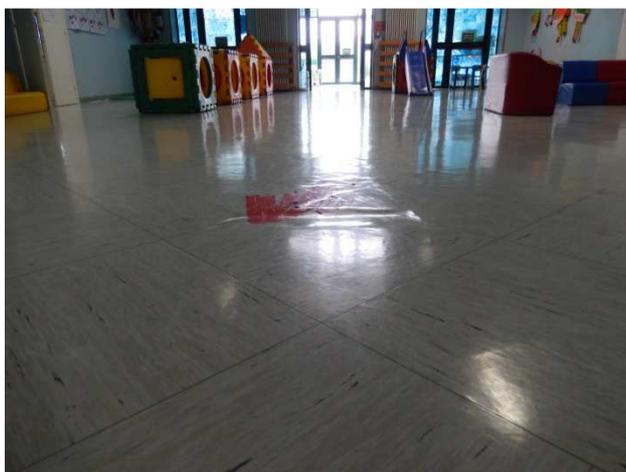


Figura 11 - Cedimento sulla pavimentazione del salone principale

Per maggiori dettagli e fotografie relative l'immobile e le relative patologie, si rimanda all'indagine fotografica in formato digitale allegata alla presente relazione.

## AZIONI E CARICHI AGENTI

Si passa ora ad analizzare i carichi agenti ipotizzati, desunti dalle indagini visive e dagli elaborati di progetto. I carichi si sono distinti in carichi propri della struttura (G1), in carichi portati (G2) e sovraccarichi accidentali (Q). La nomenclatura è la stessa utilizzata nella tavola grafica.

Per semplificare ed uniformare il più possibile i carichi agenti, si sono individuati:

- carichi al metro quadro, relativi l'incidenza del peso proprio di solaio, **G1 = 300 kg/mq;**
- carichi al metro quadro, relativi l'incidenza dei pesi portati suddivisi in due tipologie:
  - portati su solaio del sottotetto (intonaco, muricci e tavelloni, coppi), **G2' = 250 kg/mq;**
  - portati su copertura piana e copertura inclinata (intonaco e coppi), **G2'' = 120 kg/mq;**
- carichi al metro quadro relativi i carichi accidentali, **Q = 82 kg/mq;**
- carichi al metro lineare relativi alla gronda di perimetro, **G2' = 430 kg/m;**
- carichi lineari relativi le murature portate, **G2'' = 825 kg/m;**
- carichi lineari relativi l'incidenza dei solai e relativi sovraccarichi, **G''' = 1200 kg/m;**

Riassumiamo di seguito i vari carichi, inseriti nel modello. I carichi sono valutati in kg/cm. I carichi lineari rappresentano considerano già l'incidenza di solai e carichi lineari sopra definiti. Non vengono rappresentati i pesi propri degli elementi strutturali in quanto automaticamente valutati dal programma.

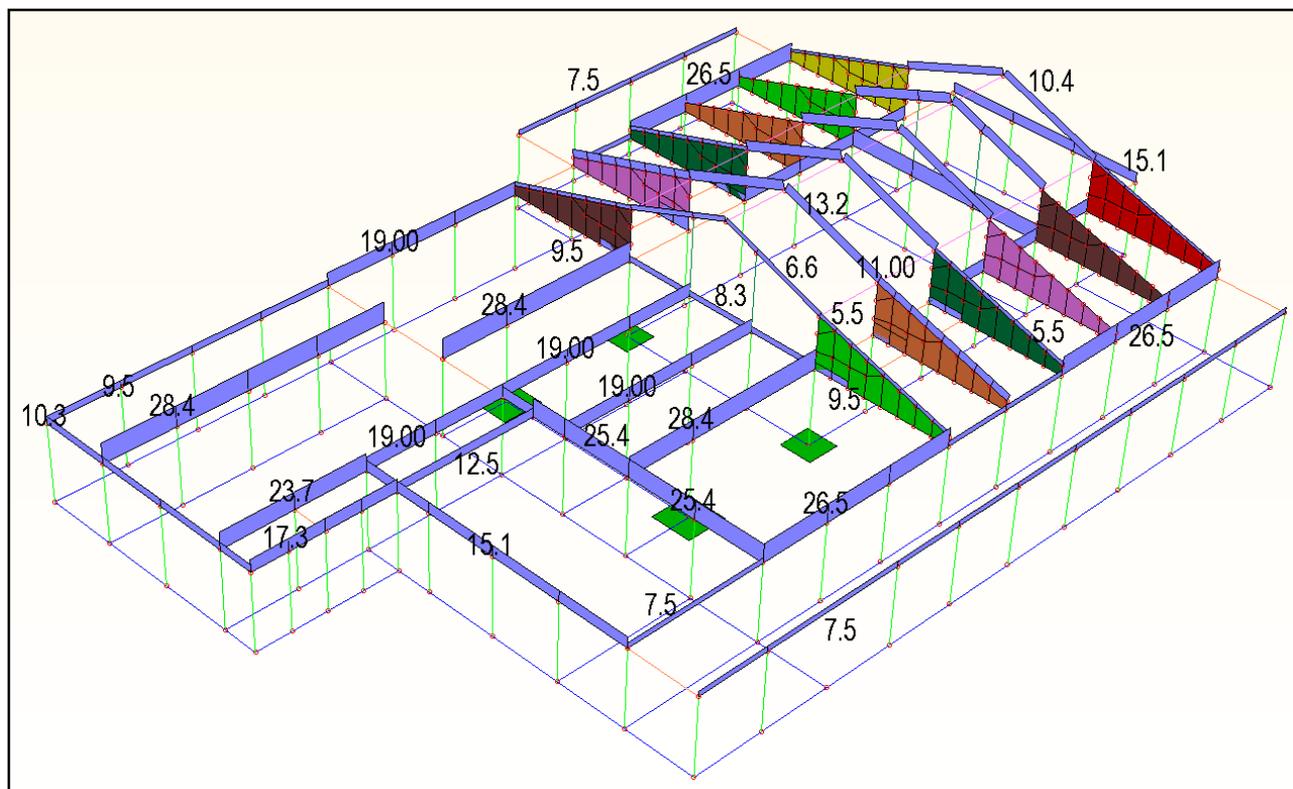


Figura 12 - Solaio del piano sottotetto: orditura solai, carichi agenti al mq e carichi lineari da gronda (in kg/cm)

## PROCEDURA DI CALCOLO PER MODELLAZIONE STRUTTURALE

### Parametri di modellazione della struttura

Per l'edificio è stato creato un modello tridimensionale nello spazio ed è stata effettuata un'analisi di tipo dinamico lineare ai sensi delle NTC2008, paragrafo 7.3 e paragrafo C8.7.2.4 della Circolare esplicativa.

La modellazione viene condotta, con riferimento alle NTC2008, assumendo i seguenti parametri:

Vita nominale costruzione	50	anni
Classe d'uso	III	
Vita di riferimento	75	anni
Spettro di risposta di progetto	SLV	
Probabilità di sup.	10%	
Tempo di ritorno sisma	712	anni
Cat. suolo	C	
Coeff. Moltiplicativo sisma	1	
Coeff. topografico	1	
Coeff. smorzamento	5%	
Eccentricità accidentale	5%	
$q_{01} - q_{02}$	1,5	
$q_v$	1,5	
$K_w$	1	
$K_r$	1	
duttilità	CD-B	
N° frequenze di analisi (modi)	12	
Percentuale tot. di massa eccitata	100%	
Combinazione dei modi	CQC	
Combinazioni azioni sismiche	NTC2008	
Combinazioni azioni sismiche $\lambda$	0,3	
Combinazioni azioni sismiche $\mu$	0,3	
Località di riferimento	Curtatone	
$a_g/g$	0.0866	
$F_0$	2,58	
$T_c^*$	0,31	

Le azioni gravanti sui nodi, ai fini del dimensionamento e verifica dei collegamenti, sono state ottenute tramite la creazione di un modello desunto dalle geometrie dello stato di fatto.

L'elaborazione dati ha sfruttato il programma di calcolo MasterSap di AMV, software per il calcolo ad elementi finiti con analisi lineare dinamica; successivamente i risultati sono stati elaborati dal post-processore MasterArm, per la lettura delle azioni agenti sugli elementi in c.a.

## Creazione del modello a telaio equivalente

Il software utilizzato ha permesso di costruire il modello in modo interattivo, introducendo graficamente la struttura e controllando in ogni momento i dati ed i risultati. Innanzitutto si è partiti col definire le caratteristiche geometriche della struttura e le altezze dei piani, ovvero la disposizione in pianta degli elementi strutturali, attraverso la definizione dei parametri e delle caratteristiche meccaniche dei materiali. La definizione dei dati geometrici relativi alle pareti è stata gestita graficamente, lucidando il file in formato DXF rappresentando dei segmenti che descrive gli assi.

Tali segmenti sono stati opportunamente collegati tra loro al fine di garantire la continuità strutturale; questi collegamenti, a loro volta, rappresentano i nodi del telaio equivalente.

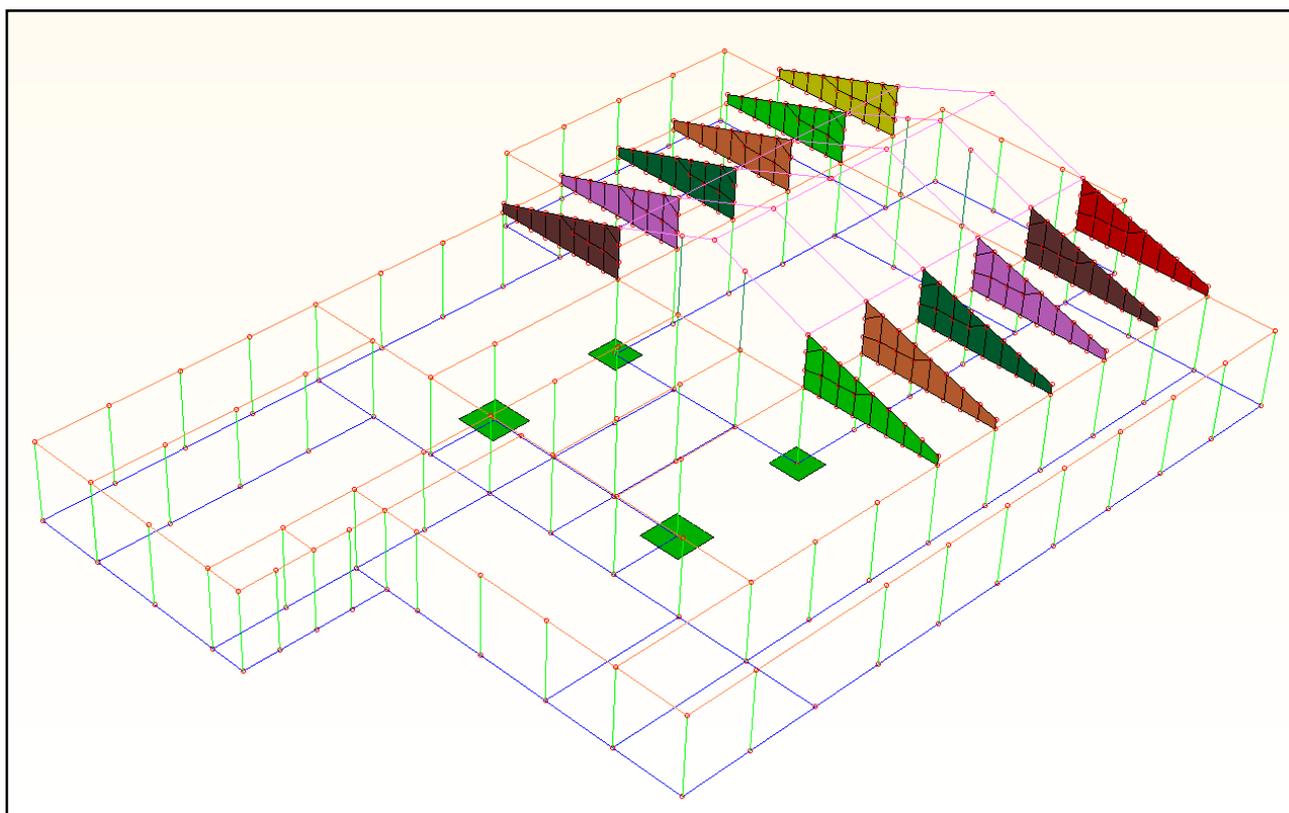


Figura 13 - Identificazione degli assi degli elementi strutturali siano essi travi, pareti, pilastri.

Dall'immagine si individuano gli assi di tutti gli elementi strutturali. In blu sono rappresentate le travi di fondazione continua. In verde più scuro si individuano puntualmente quattro plinti, collegati tra loro dalle travi di fondazione, mentre in verde ed arancione sono rappresentati rispettivamente pilastri e travi. Al piano secondo i colori di travi e pilastri variano di cromatismo in quanto appartenenti ad un livello superiore, creato necessariamente per la definizione dei carichi dei solai.

Le travi parete sono state modellate come elementi guscio, riconoscibili nell'immagine come unici elementi "piano".

## Definizione dei solai

Per quanto riguarda il comportamento dei solai, in base all'analisi dei carichi effettuata abbiamo assegnato i valori relativi ai carichi permanenti strutturali ( $G_k=G_1$ ), ai carichi permanenti non strutturali ( $G_{k,agg}=G_2$ ), e ai carichi variabili ( $Q_k$ ) per i quali sono stati inseriti, in base alla destinazione d'uso, i valori dei coefficienti riduttivi  $\Psi_2$  e  $\Psi_0$ . Dopo aver specificato i parametri geometrico-meccanici sopra menzionati, sono stati quindi inseriti i singoli campi di solaio nel modello, selezionando ordinatamente le travi d'appoggio ed individuandone l'orditura attraverso la scelta di un orientamento "di riferimento", parallelo o perpendicolare alle travi di appoggio.

Vista la natura dei solai sono stati creati piani rigidi in corrispondenza degli stessi.

## Descrizione generale della struttura in elevazione

Riassumendo quanto sopra detto relativamente la modellazione, si individuano i seguenti elementi strutturali. Di ciascun elemento è stata attribuita una sezione, un materiale ed una classificazione strutturale.

1. *Fondazione*: le fondazioni riscontrate sono di due tipologie:
  - a. costituite da travi continue di sezione a T rovescia, indicate nelle tavole di progetto;
  - b. quattro plinti isolati, indicati nelle tavole di progetto;
2. *Struttura in elevazione*: è costituita da tre tipologie di elementi:
  - a. Travi in c.a. a sezioni varie indicate nelle tavole di progetto;
  - b. Pilastri in c.a. 25x25 o 20x40 cm indicate nelle tavole di progetto;
  - c. Travi parete in c.a. dello spessore di 25 cm indicate nelle tavole di progetto;
3. *Orizzontamenti*: sono di due tipologie:
  - a. predalles di altezza 4+16+4;
  - b. Pannelli in laterocemento, di altezza 20+4;

I carichi derivanti da elementi portati o insistenti sui solai sono stati inseriti unicamente come carichi lineari sulle relative travi. Nel modello non vengono rappresentati graficamente.

4. *Copertura*: relativamente la copertura del salone, questa è stata modellata, così come da esecutivi di progetto ed indagini visive. La copertura in muricci e tavelloni non è rappresentata in quanto peso portato dal solaio del sottotetto.

Di seguito si riportano alcune immagini del modello come sopra descritto.

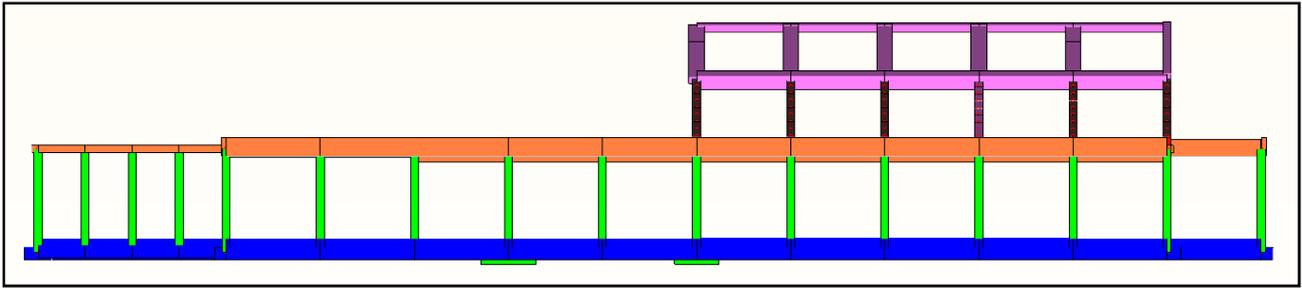


Figura 14 - Vista laterale del fabbricato. Rappresenta il fronte lato porticato sulla destra e lato ingresso principale

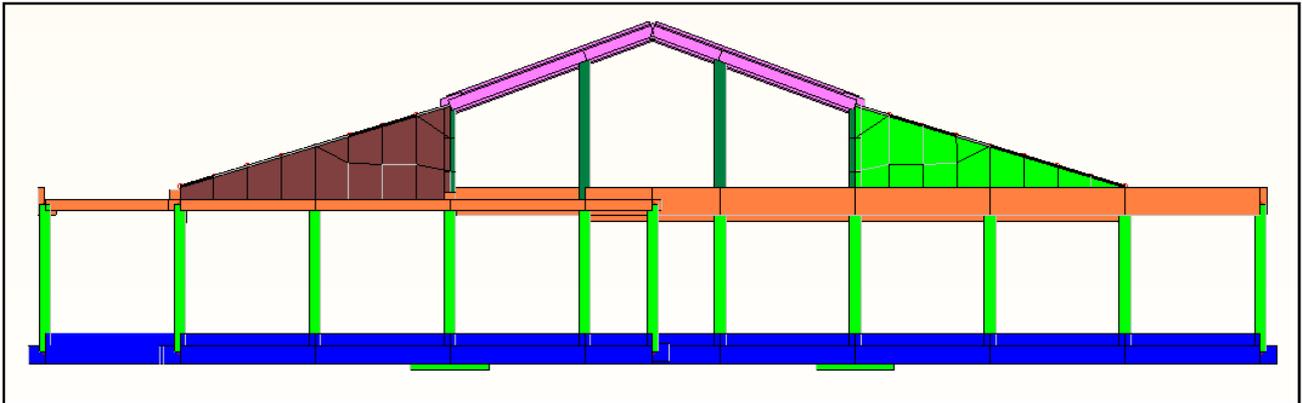


Figura 15 - Vista frontale del fabbricato. Rappresenta il fronte che da sul parcheggio di via Maggiolini

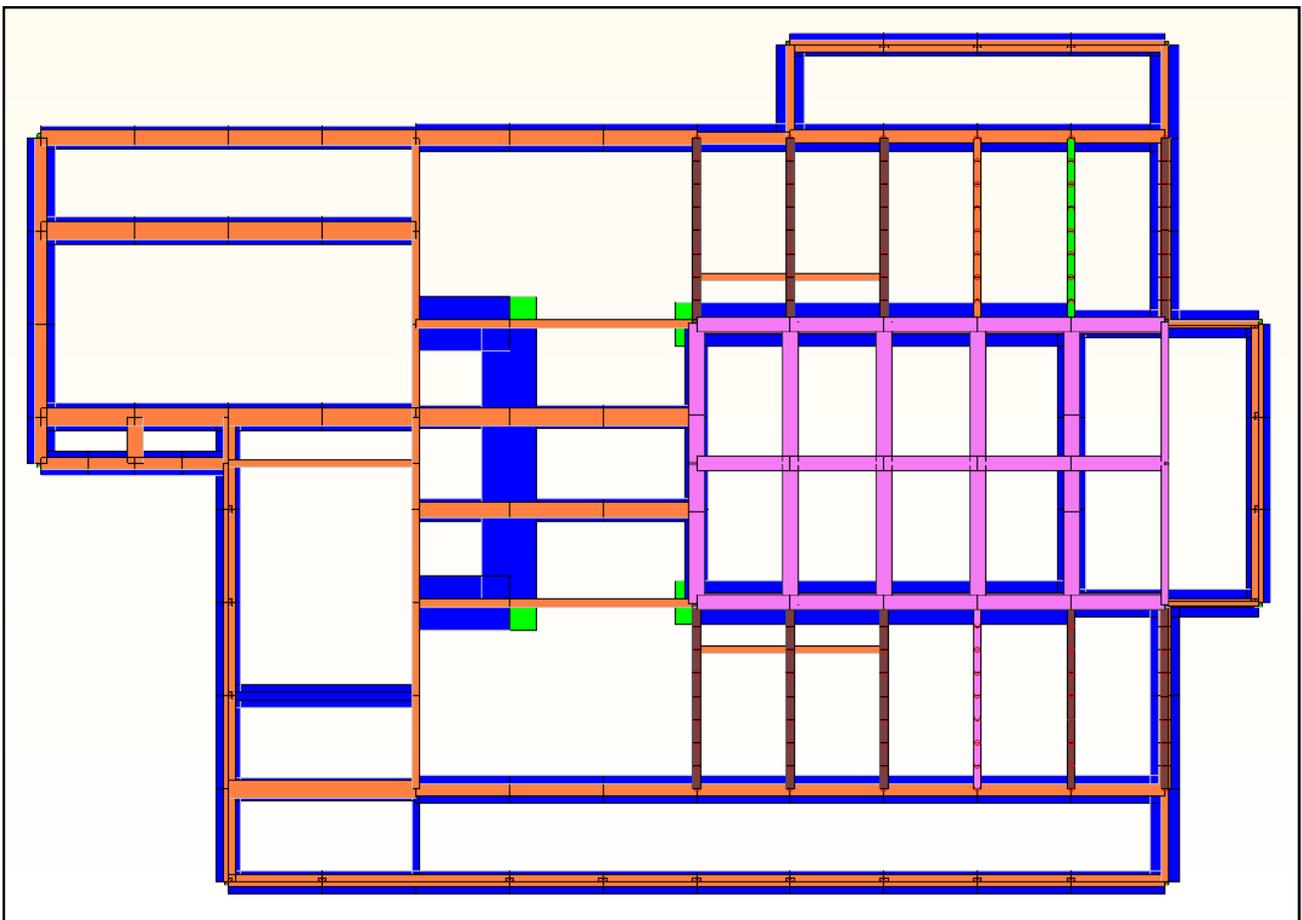


Figura 16 - Vista dall'alto del fabbricato. Si distingue la trama delle travi del piano terra (in arancione) e quelle di copertura (in rosa)

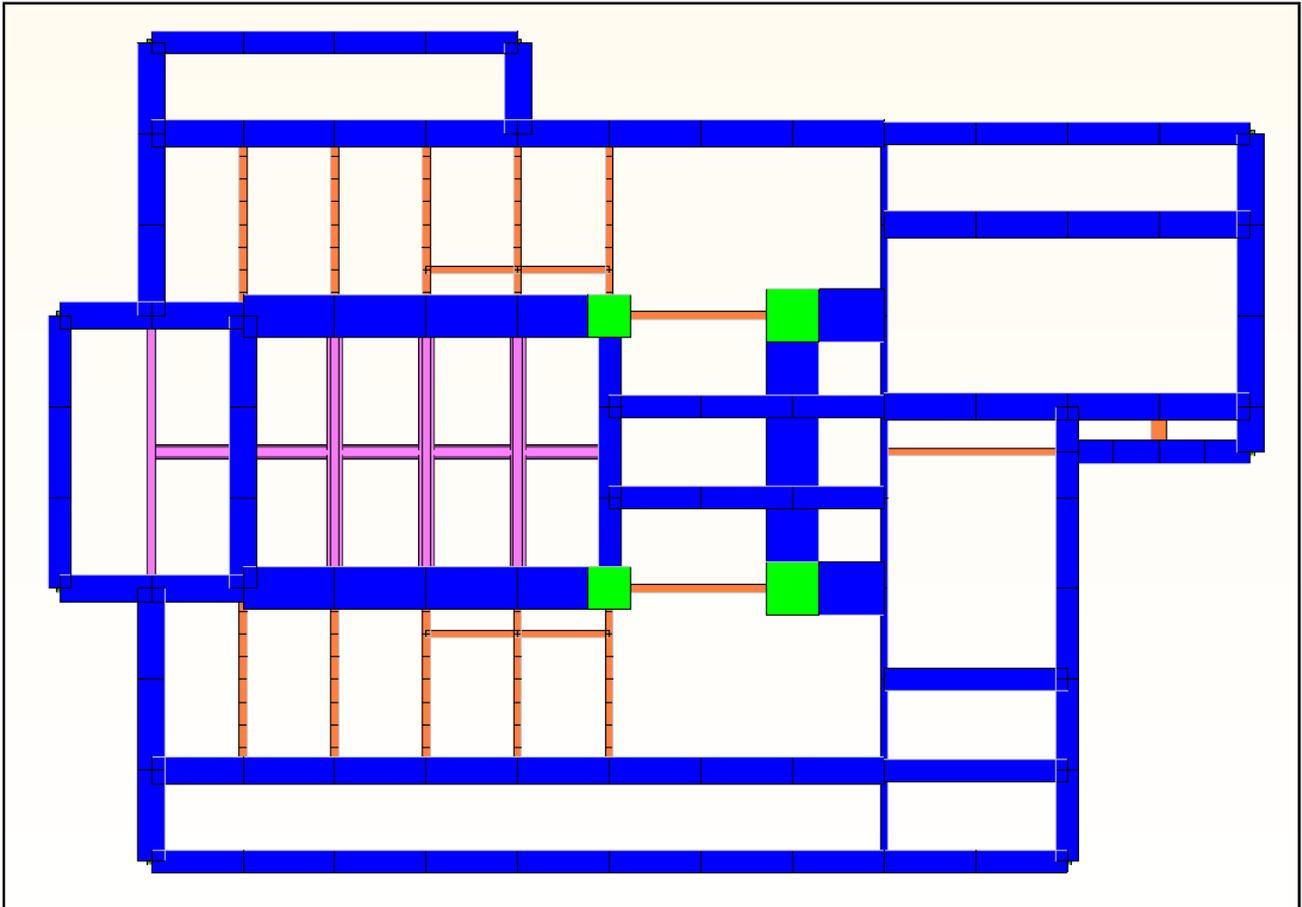


Figura 17 - Vista dal basso del fabbricato. Rappresenta la pianta (dal basso) delle fondazioni continue (in blu) e dei plinti (in verde)

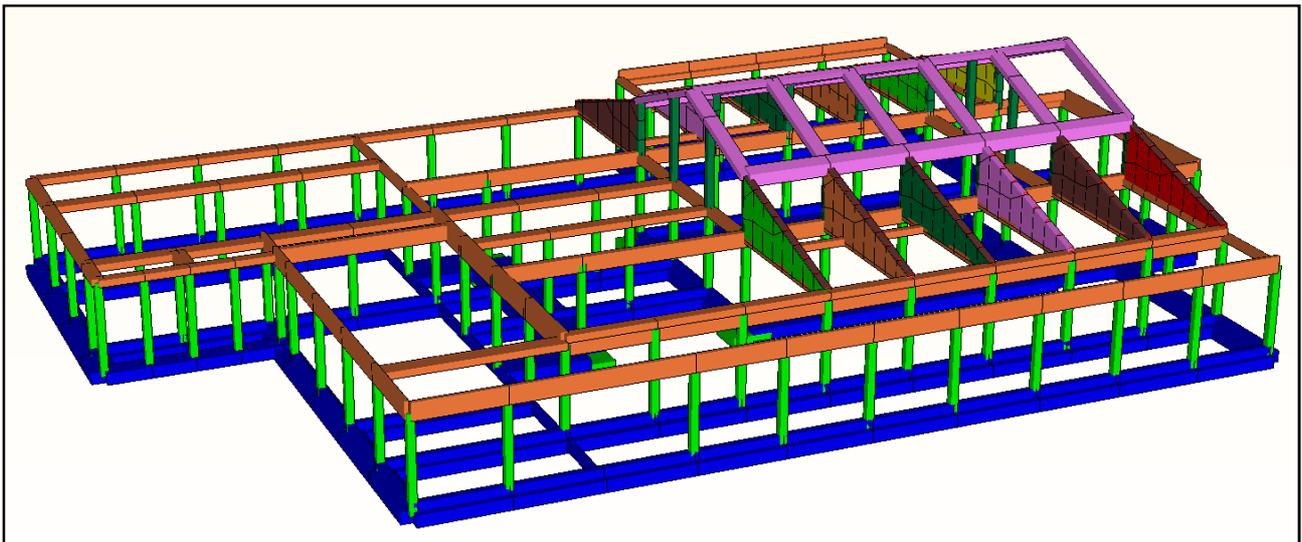


Figura 18 - Vista assonometrica del fabbricato. Si distinguono il lato che dà sul parcheggio di via Maggiolini ed il porticato con ingresso principale (rappresentato sul lato lungo dell'immagine)

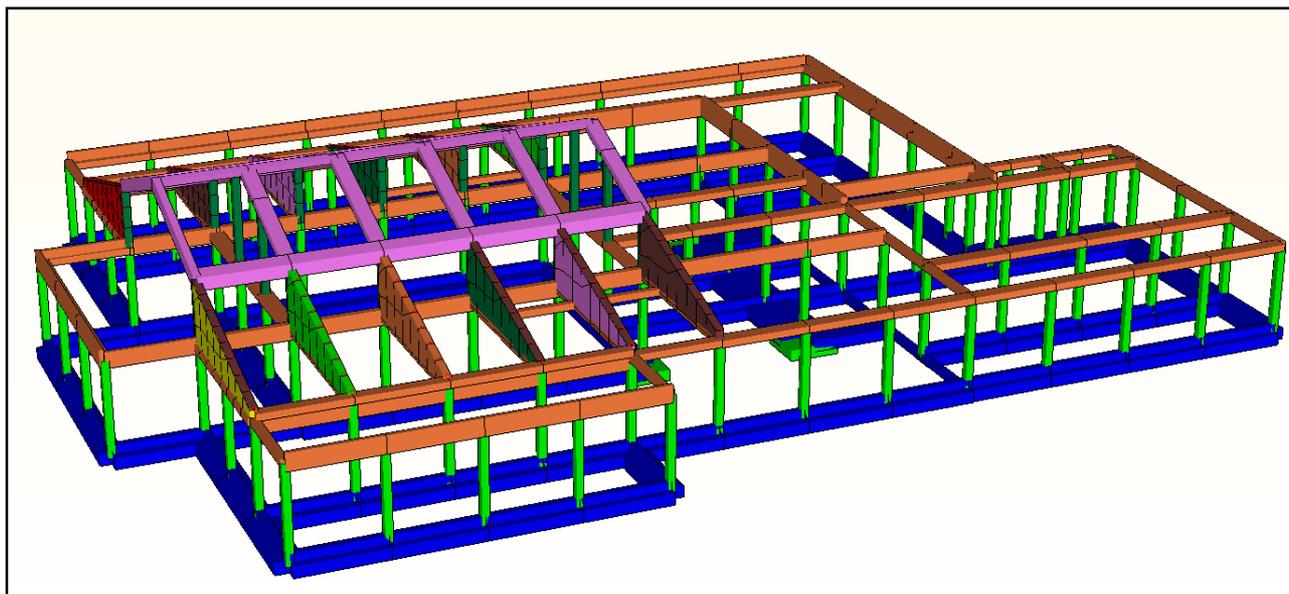


Figura 19 - Un'altra vista assonometrica del fabbricato. Viene rappresentato il lato del blocco bagni vicino alla centrale termica ed il lato del cortile interno. Sulla sinistra si distingue il volume relativo la zona mensa e relativo terrazzo sottostante.

## Criteri di valutazione degli elementi non strutturali e degli impianti

Gli elementi strutturali secondari e gli elementi non strutturali autoportanti sono rappresentati unicamente in termini di pesi portati.

## Parametri che concorrono alla definizione dell'azione sismica di base del sito

### Azioni verticali di calcolo

Per quanto riguarda l'introduzione dei carichi agenti all'interno del modello numerico, si è fatto riferimento all'analisi dei carichi già ampiamente descritta nei paragrafi precedenti. In particolare, i pesi propri degli elementi strutturali sono stati calcolati in modo automatico dal software, in funzione delle caratteristiche geometriche e dei pesi per unità di volume specificati nella definizione dei singoli elementi strutturali (tipicamente setti murari e travi); analogamente, i carichi da solaio sono stati inseriti nell'apposita finestra di comando descritta al paragrafo precedente, specificando i coefficienti di combinazione in funzione della destinazione d'uso dei locali.

I solai di copertura con le relative travi di sostegno e le pareti murarie sono stati tenuti in conto applicando dei carichi distribuiti alle strutture sottostanti. Tali carichi sono stati valutati manualmente sulla scorta delle ipotesi descritte nei paragrafi precedenti e sono stati successivamente applicati alle pareti, specificandone la posizione e il relativo valore.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$E + G_1 + G_2 + \sum_i \Psi_{2i} Q_{Ki}$$

E azione sismica per lo stato limite in esame;

G1 peso proprio di tutti gli elementi strutturali;

- G2 peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- $\Psi_{2i}$  coefficiente di combinazione;
- Q<sub>Ki</sub> valore caratteristico della azione variabile;

I valori dei vari coefficienti sono scelti in base alla destinazione d'uso dei vari solai secondo quanto indicato nelle NTC.

### Azioni orizzontali di calcolo

La tabella che segue riassume i parametri di calcolo in base alle coordinate geografiche del sito in analisi, della vita nominale e della classe d'uso della struttura, come già accennato al paragrafo precedente.

Classe uso	Vita Vn [anni]	Coeff. Uso	Periodo Vr [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
III	50.0	1.5	75.0	C	T1

Le coordinate sono riferite a Curtatone. La vita nominale prevista è pari a 50 anni considerando il fabbricato una costruzione di tipo ordinario. Vista la destinazione del fabbricato (scuola e sede di attività sociali aperte al pubblico) si è assunta una classe d'uso pari a III.

Parametri di pericolosità sismica			
	SLV	SLD	SLO
$a_g$	0,975	0,439	0,369
$F_0$	2,58	2,56	2,58
$T^*C$	0,31	0,28	0,24
$T_R$	712	75	45

Tabelle dei parametri di calcolo

### Spettro da normativa

Gli spettri di risposta, sono definiti in funzione del reticolo di riferimento definito nella “Tabella 1” (parametri spettrali) in allegato alle NTC .

Tale tabella fornisce, in funzione delle coordinate geografiche (latitudine, longitudine), i parametri necessari a tracciare lo spettro. I parametri forniti dal reticolo di riferimento sono (si faccia riferimento pure alla tabella precedente):

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T^*C$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

La trilogia di valori qui descritta, è definita per un periodo di ritorno assegnato( $T_R$ ), definito in base alla probabilità di superamento di ciascuno degli stati limite.

Tali valori, saranno pertanto definiti per ciascuno degli stati limite esaminati (vedere tabella).

Lo spettro sismico dipende anche dalla “Classe del suolo” e dalla “categoria topografica” (vedere tabella).

NT 08

Parametri di pericolosità sismica

Calcola

	SLV	SLD	SLO
$a_g$	0,975	0,439	0,369
$F_0$	2,58	2,56	2,58
$T_C^*$	0,31	0,28	0,24
$T_R$	712	75	45

Classe suolo

C

	SLV	SLD	SLO
$S_S$	1,50	1,50	1,50
$T_B$	0,16	0,15	0,13
$T_C$	0,48	0,45	0,40
$T_D$	2,00	1,78	1,75

Categoria topografica

T1  $S_T$  1

Tabelle per la definizione dello spettro di risposta

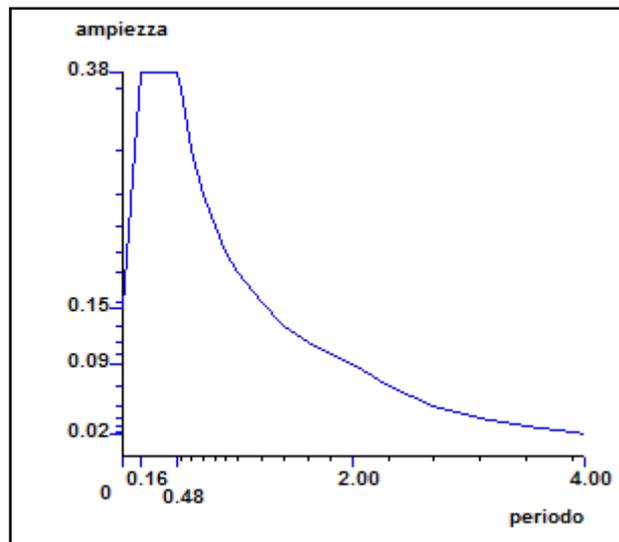


Figura 20 - Spettro di risposta allo SLV

## STRUTTURE GEOTECNICHE, DI FONDAZIONE E PORTANZA TERRENO

La natura del terreno in queste zone ampiamente edificate sono caratterizzate da terreni limo-sabbiosi di buona portanza. Normalmente il  $q_{lim}$  in queste zone, in mancanza di studi più approfonditi è pari a 6 kg/cmq. In questo studio viene assunto come  $q_{lim}$  pari a 5,4 kg/cmq. Pertanto verranno verificate le pressioni al piede del fabbricato, che dovranno essere inferiori a 5,4 kg/cmq penalizzato per un coefficiente  $\gamma_R$  pari a 2,3; quindi il valore di riferimento è 2,35 kg/cmq.

Di seguito si riportano i risultati delle pressioni sulle fondazioni (in kg/cmq) desunte dal modello in condizione sia di analisi statica, sia in condizioni di verifica in presenza di sisma (sollecitazioni dinamiche). Pertanto il grafico mostrerà l'involuppo dei risultati, evidenziando la situazione più gravosa. Nel primo caso viene considerato l'incremento dei carichi proporzionale ai coefficienti parziali  $\gamma_{G1}$  pari a 1,3 e  $\gamma_{G2}$  e  $\gamma_Q$  pari a 1,5; pertanto costituirà pure la condizione di carico più gravosa.

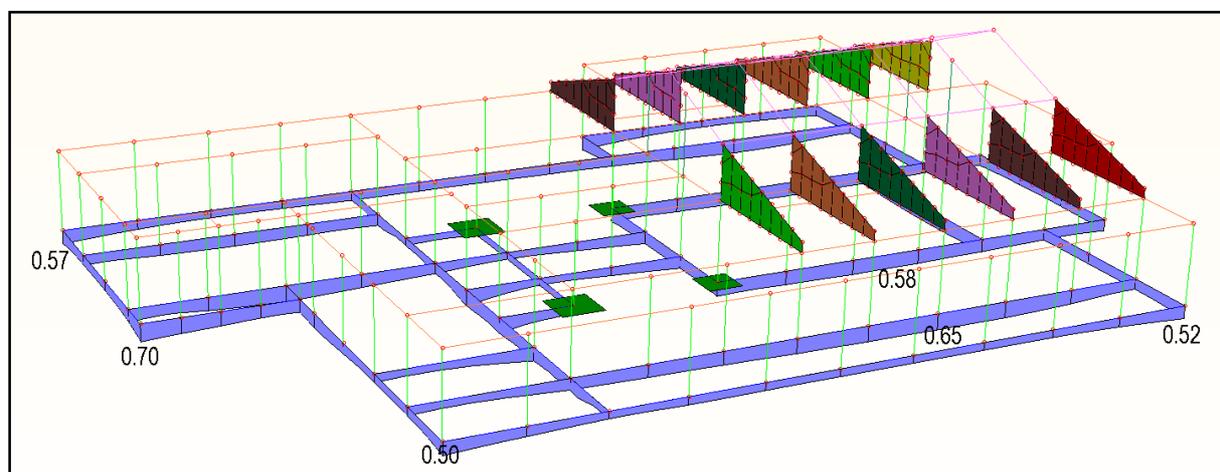


Figura 21 - Pressioni su travi di fondazione, con indicazione delle principali sollecitazioni (vista dall'alto).

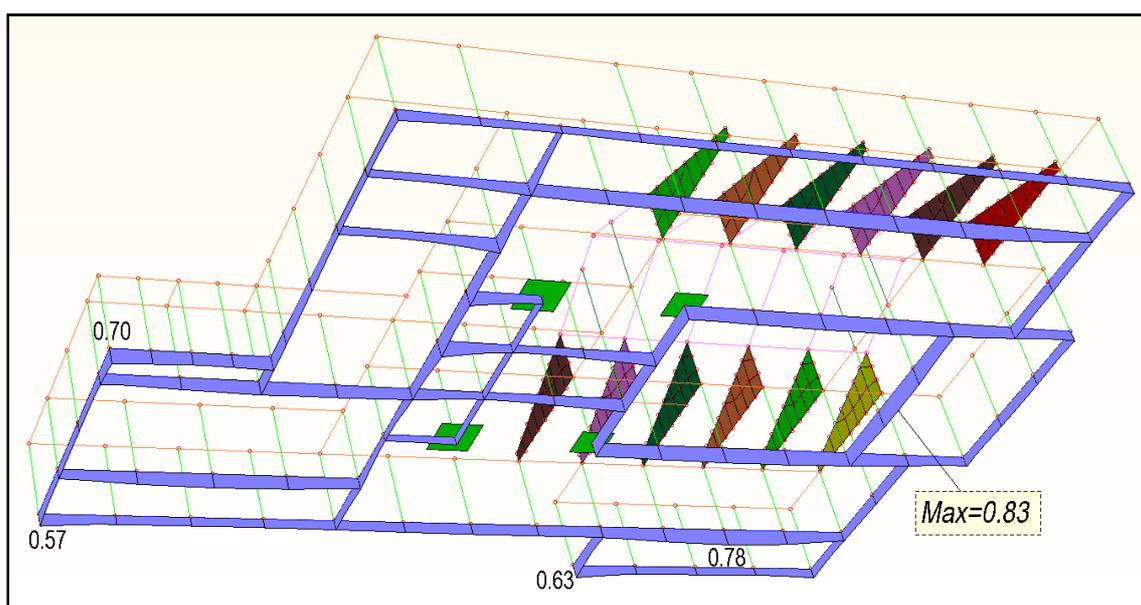


Figura 22 - Pressioni su travi di fondazione (vista dal sotto delle fondazioni).

La massima sollecitazione è pari a 0.83 kg/cmq che è minore del valore di riferimento 2.35 kg/cmq.

Di seguito riportiamo le pressioni sui 4 plinti.

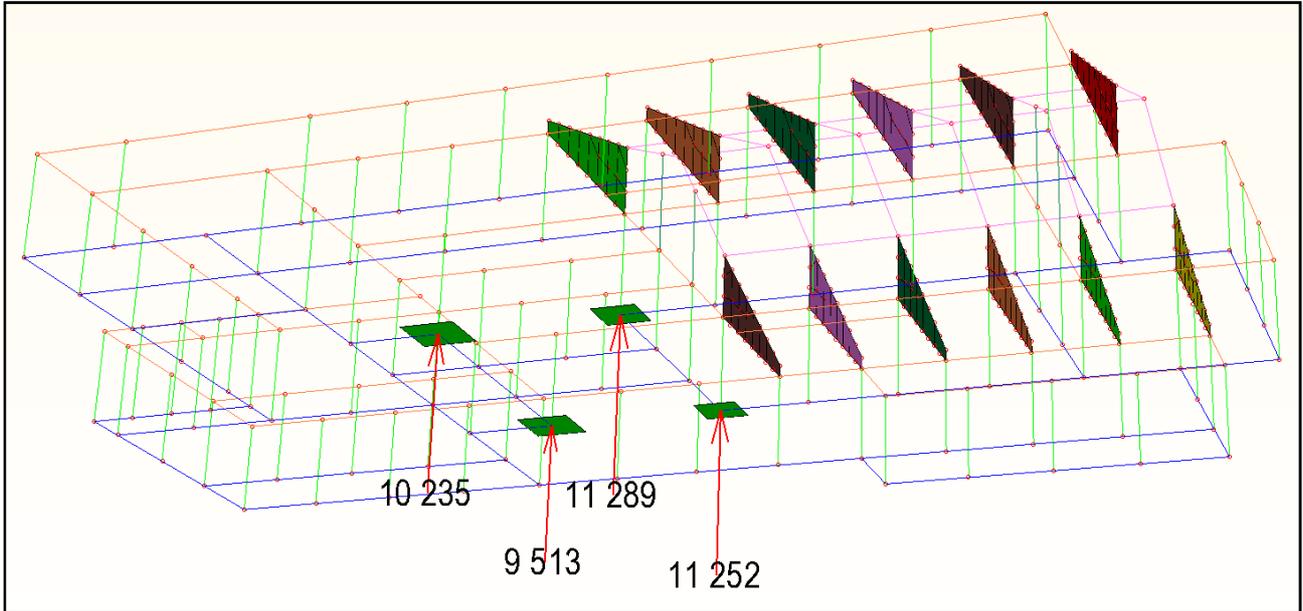


Figura 23 - Reazione vincolare sui plinti indicata in kg

Il carico massimo pari a 11289 kg insiste su un plinto delle dimensioni di 140x140 cm. La pressione agente sul terreno sarà pari a 0.58 kg/cmq.

Pertanto essendo sia la pressione sulle travi di fondazione che la pressione sui plinti inferiore al valore di riferimento 2.35 kg/cmq, la verifica della portanza del terreno risulta soddisfatta.

## AZIONI AGENTI

Si è deciso di concentrare la verifica sugli elementi che, in condizioni sismiche, sono quelli maggiormente sollecitati, ovvero i pilastri. Prima di riportare i risultati, delle azioni, nell'immagine seguente si riportano i numeri attribuiti ai singoli elementi.

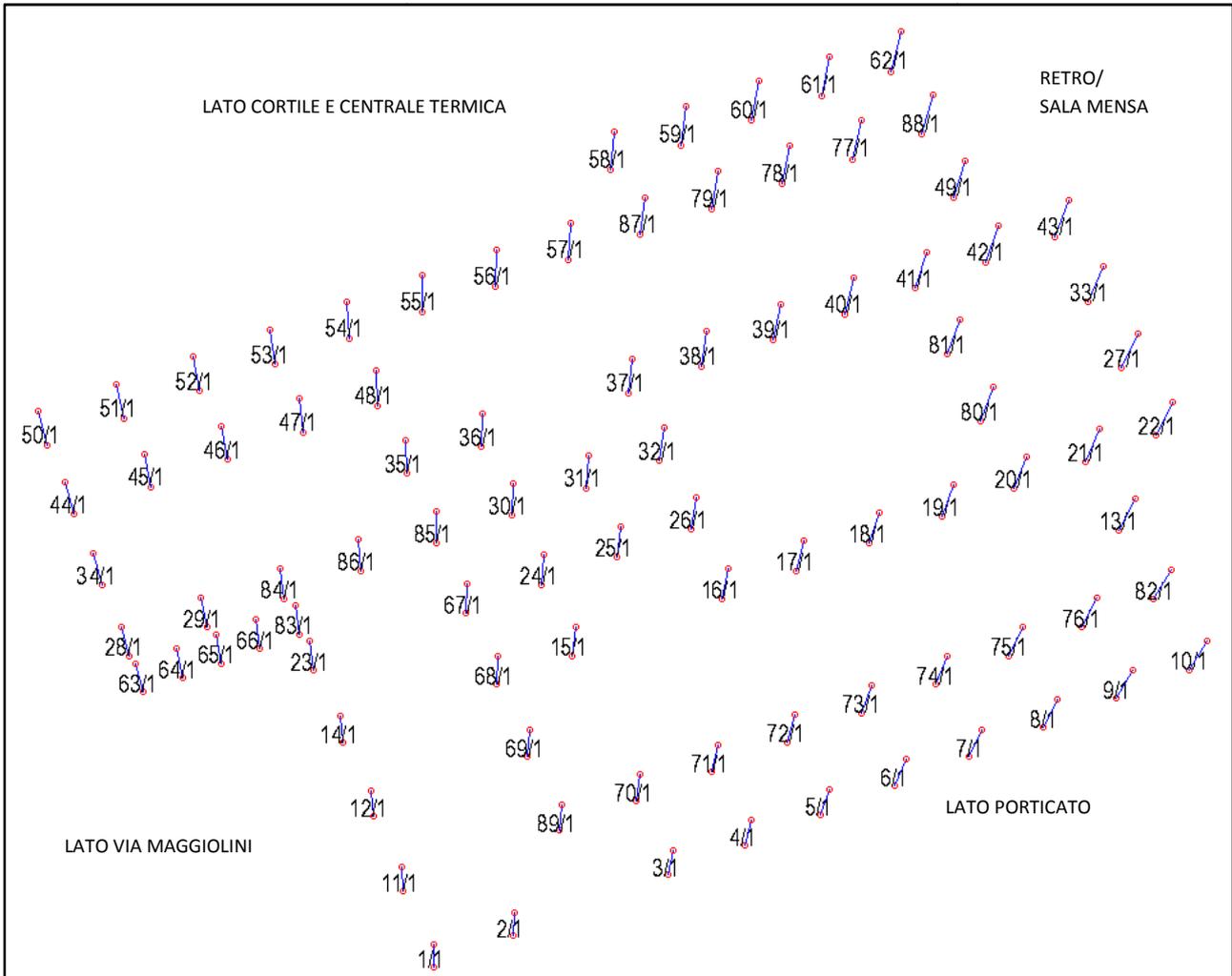


Figura 24 - Numerazione dei pilastri del fabbricato e relativi la quota al piano terra, in cui si prevedono gli sforzi di taglio e momenti flettenti maggiori dovuti alle azioni orizzontali

Di seguito si riportano graficamente i risultati delle azioni agenti sulla struttura, relativamente le sollecitazioni a sforzo normale (compressione/trazione), a taglio ed a momento flettente, nelle due direzioni notevoli X ed Y. I risultati costituiscono l'involuppo delle massime sollecitazioni a cui è sottoposto il fabbricato sia in condizioni in condizioni dinamiche. Si riportano i dati dell'elemento più sollecitato ed alcuni altri dati campione.

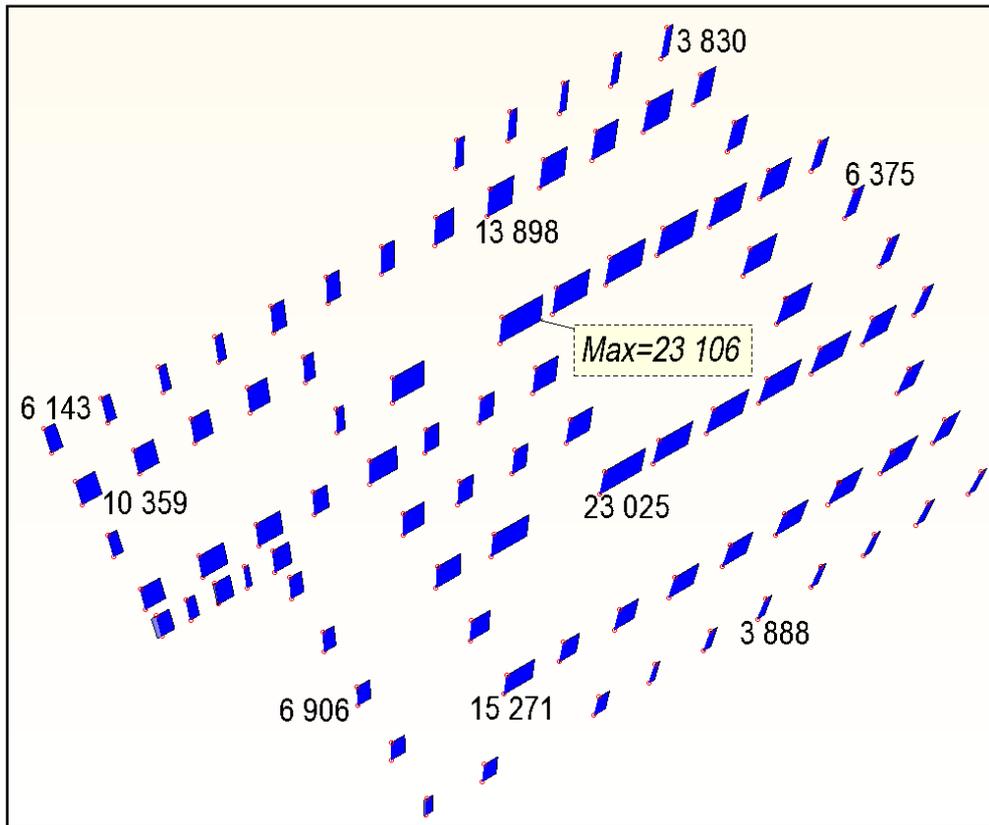


Figura 25 - Azioni di compressione (blu scuro) e trazione (azzurro). I pilastri in generale risultano sempre compressi ad eccezione dei pilastri 1 e 63 che presentano pure sforzi di trazione

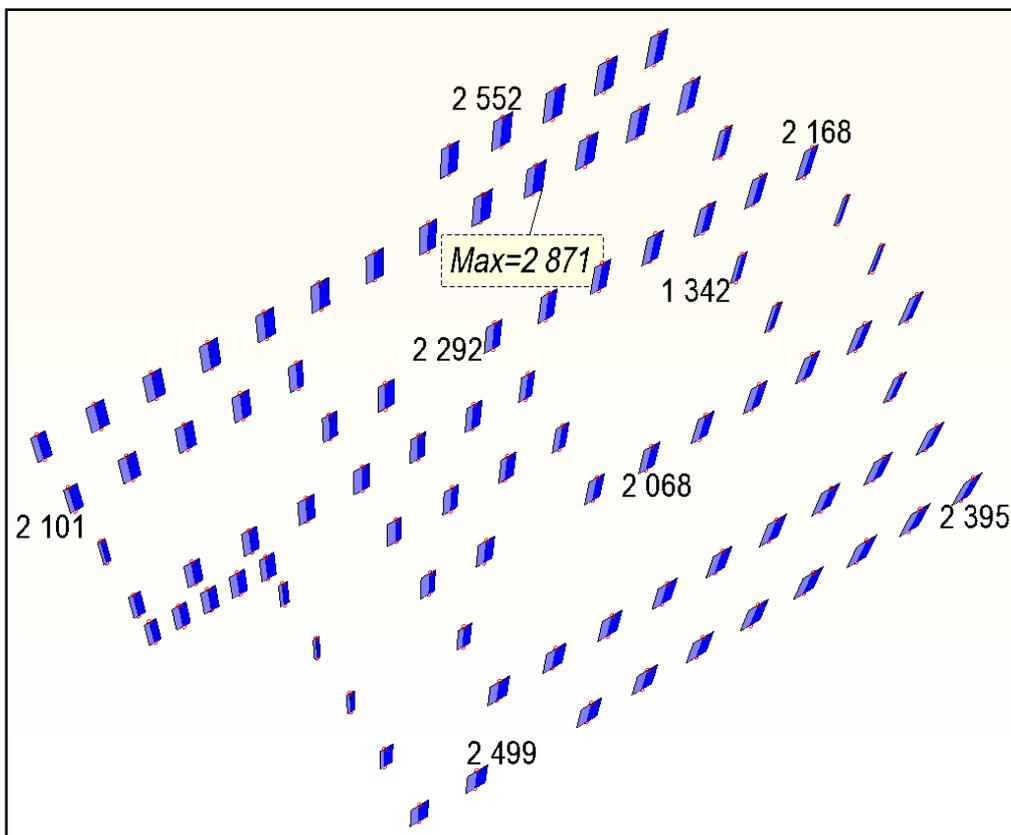


Figura 26 - Azioni taglianti in direzione Y. Le azioni sono piuttosto uniformi. Il pilastro maggiormente sollecitato risulta essere il 79

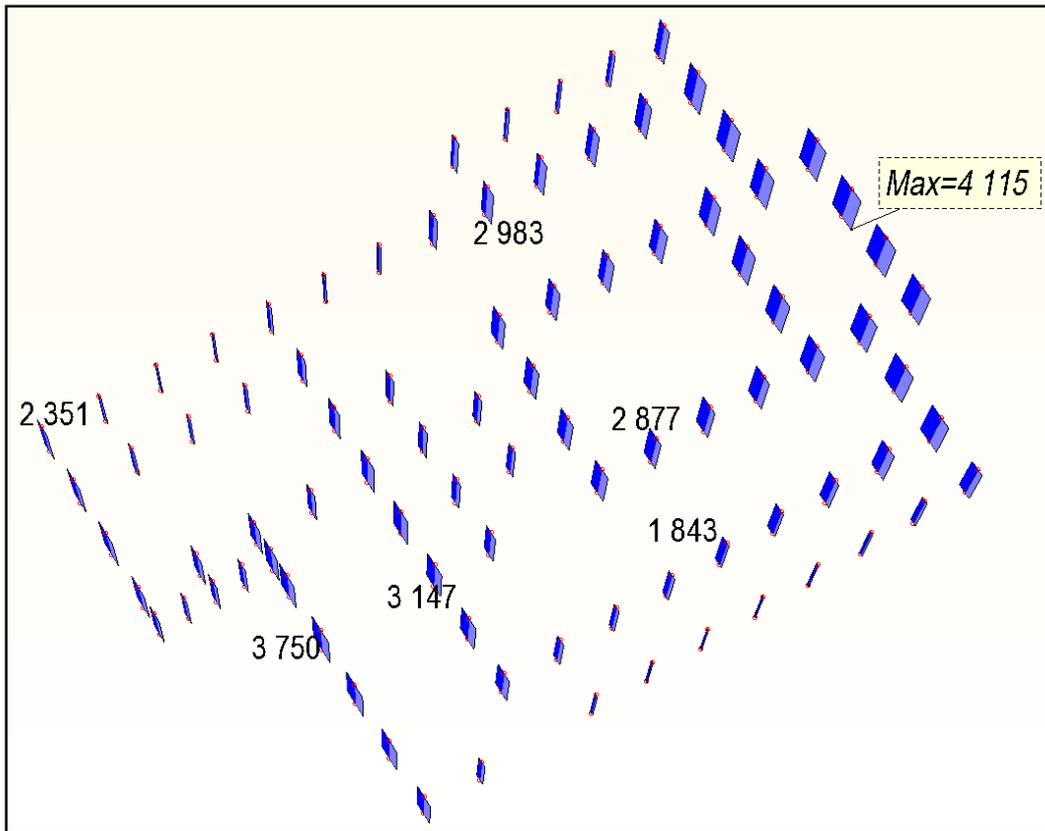


Figura 27 - Azioni taglianti in direzione Z. Le azioni sono piuttosto uniformi. Il pilastro maggiormente sollecitato risulta essere il 33

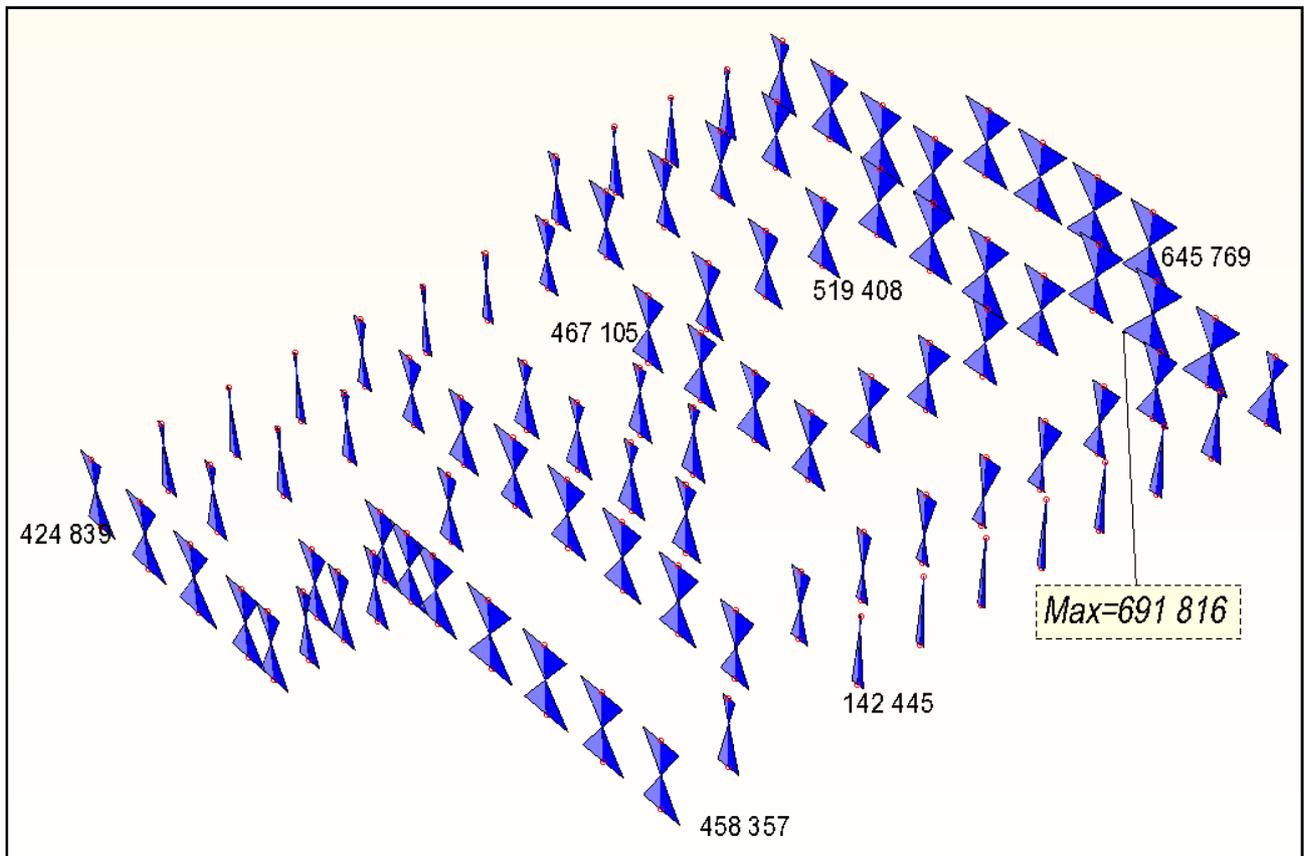


Figura 28 - Momento flettente in direzione Y. Il pilastro maggiormente sollecitato è il 13

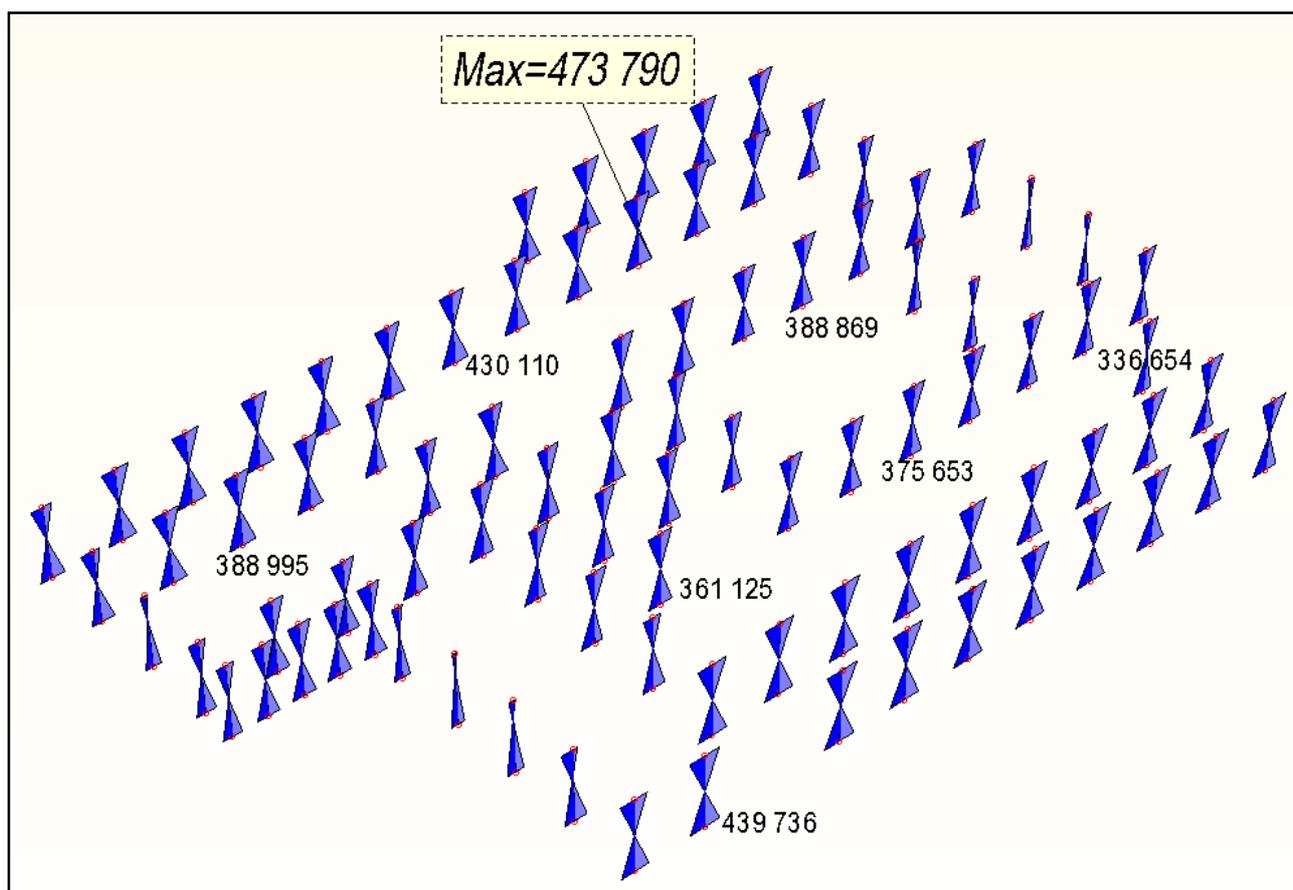


Figura 29 - Momento flettente in direzione Z. Il pilastro maggiormente sollecitato è il 79

Relativamente i risultati e le azioni agenti rispetto agli assi di riferimentospecifica quanto segue:

- lo sforzo normale è positivo se di trazione,
- la forza tagliante in Y è positiva se agisce a sinistra dell'ascissa interessata nel verso positivo dell'asse locale corrispondente,
- la forza tagliante in Z è positiva se agisce a sinistra dell'ascissa interessata nel verso negativo dell'asse locale corrispondente,
- il momento flettente in Y è positivo se tende le fibre posteriori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse z,
- il momento flettente in Z è positivo se tende le fibre inferiori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse y.

Per meglio chiarire tali aspetti si riporta una immagine esplicativa, in cui vengono riportati i versi di riferimento degli assi. Per alcune verifiche il sistema di riferimento "y-z" sarà inteso come "x-y".

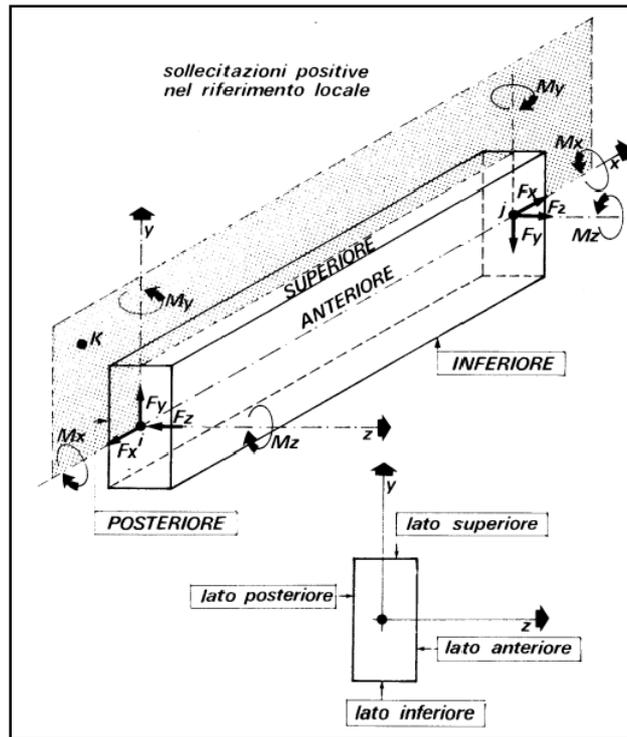


Figura 30 - Sistema di riferimento locale dei risultati (tabulati e grafici). Per alcune verifiche il sistema di riferimento "y-z" sarà inteso come "x-y"

In allegato alla presente relazione vengono inoltre riportate le tabelle riassuntive delle azioni sui pilastri. Tali dati si riferiscono alle azioni sul pilastro alla base ed in sommità, relativamente le 24 combinazioni di carico effettuate dall'analisi dinamica.

## VERIFICHE SISMICHE

Come sopra anticipato, per la verifica della vulnerabilità sismica, si è scelto di verificare i pilastri in quanto elementi maggiormente sollecitati in caso di azioni orizzontali. Per tali elementi verrà condotta una analisi alle azioni di taglio ed alle azioni flettenti.

Per le azioni di taglio verrà analizzata l'azione peggiore insistente tra quella nelle due direzioni. In questo caso è indifferente la direzione dello sforzo in quanto il pilastro ha sezione quadrata e disposizione delle armature simmetrica nelle due direzioni.

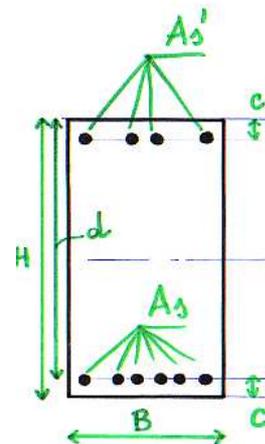
Per le azioni flettenti verrà effettuata una verifica a pressoflessione deviata. In particolare necessita trovare la combinazione peggiore di momento flettente in direzione y, momento flettente in direzione z e sforzo assiale. Ovviamente la scelta ricadrà su uno sforzo assiale di compressione basso o di trazione, che costituisce la situazione iniziale peggiore in caso di pressoflessione.

Il pilastro analizzato ha sezione 25x25 cm, armato con 4 barre da 12 mm, copri ferro 3 cm e staffe diametro 6 mm passo 20 cm.

### Verifica a taglio

Viene considerato un taglio pari a 4115 kg agente sul pilastro 33. Pertanto:

DATI DELLA SEZIONE		
B =	25 cm	base
H =	25 cm	altezza
c =	3,5 cm	copriferro ferro teso
c' =	3,5 cm	copriferro ferro compresso
d = H-c =	21,5 cm	altezza utile
As =	2,26 cm <sup>2</sup>	area ferro teso
As' =	2,26 cm <sup>2</sup>	area ferro compresso
fyk =	3185 kg/cm <sup>2</sup>	FeB44k LC1
Es =	2100000 kg/cm <sup>2</sup>	
fyd =	2770 kg/cm <sup>2</sup>	
esy =	1,32 *10 <sup>-3</sup>	
σs,adm =	2600 kg/cm <sup>2</sup>	
Rck =	222 kg/cm <sup>2</sup>	C25/30 LC1
Ec =	294464 kg/cm <sup>2</sup>	
fcd =	104 kg/cm <sup>2</sup>	
fctm =	20,9 kg/cm <sup>2</sup>	
fctk =	14,7 kg/cm <sup>2</sup>	



$f_{ctd} =$	9,8	$\text{kg/cm}^2$		
$f_{cfm} =$	25,1	$\text{kg/cm}^2$		
$f_{cfk} =$	17,6	$\text{kg/cm}^2$		
$f_{cfd} =$	11,7	$\text{kg/cm}^2$		
$\alpha_c =$	1,0	cautelativo (Par. 4.1.2.1.3.2, D.M. 14/01/2008)		
$f_{cd}' =$	52,21	$\text{kg/cm}^2$		
<b>ELEMENTI SENZA ARMATURA RESISTENTE A TAGLIO</b>				
$k =$	1,96	< 2		
$\rho_l =$	0,0042	< 0,02		
$N_{Ed} =$	6375	kg		
$\sigma_{cp} =$	0,01	$\text{N/mm}^2$	< 0,2 $f_{cd} =$	2,09 $\text{N/mm}^2$
$V_{Rd} =$	2515	kg		
$V_{Rd} =$	2,5	t		
<b>STAFFE</b>				
$A_{sw} =$	0,28	$\text{cm}^2$		
n.bracci =	2			
passo =	20	cm		
$\theta =$	22	°	$\theta^*$ tra 22° e 45°, Par. 4.1.2.1.3.2 D.M. 14/01/2008	
$\text{ctg } \theta =$	2,48			
$\alpha =$	90	°	90° per staffe	
$\text{ctg } \alpha =$	0,00			
<b><math>\theta^*</math> OTTIMALE PER MASSIMIZZARE LA RESISTENZA A TAGLIO</b>				
$\text{ctg } \theta^* =$	3,96			
$\theta^* =$	14,18	°		
<b>RESISTENZA LATO ACCIAIO</b>				
$V_{Rsd} =$	3750	kg		
$V_{Rsd} =$	3,8	t		
<b>RESISTENZA LATO CALCESTRUZZO</b>				
$V_{Rcd} =$	8772	kg		
$V_{Rcd} =$	8,8	t		
<b><u>RESISTENZA A TAGLIO, min (<math>V_{Rsd}</math>, <math>V_{Rcd}</math>)</u></b>				
$V_{Rcd} =$	3,8	t	<	4,115 t      92% NON VERIFICATO

Tabella verifica azione tagliante. La resistenza a taglio ultima è minore della azione agente

## Verifica a pressoflessione deviata

Dalle tabelle riassuntive sulle azioni dei pilastri allegata alla presente relazione, si scelgono i pilastri sollecitati nelle condizioni più gravose. Si indica con “N” lo sforzo assiale, con “My” il momento flettente attorno all’asse y ed “Mz” il momento flettente attorno all’asse z. Si precisa che, vista la simmetria e la geometria quadrata della sezione del pilastro, l’asse “y” e “z” e le relative direzioni non saranno considerate, in quanto il grafico My-Mz è perfettamente simmetrico attorno agli assi y e z.

In particolare si sono scelti il pilastro 1, 13 e 79.

Tali pilastri hanno le seguenti sollecitazioni riferite ad una specifica combinazione di carico, ovvero:

- Pilastro 1 - (pilastro d’angolo soggetto a sforzo di trazione nella sezione di base relativamente combinazione di carico 10)
  - N = 798 kg
  - My = MxEd = 4584 kgm
  - Mz = MyEd = 2183 kgm
  
- Pilastro 13 - (pilastro d’angolo soggetto a sforzo di trazione nella sezione di base relativamente combinazione di carico 10)
  - N = 5774 kg
  - My = MxEd = 6918 kgm
  - Mz = MyEd = 1844 kgm
  
- Pilastro 79 - (pilastro d’angolo soggetto a sforzo di trazione nella sezione di base relativamente combinazione di carico 10)
  - N = 8450 kg
  - My = MxEd = 4756 kgm
  - Mz = MyEd = 2775 kgm

Di seguito si riportano i tabulati di verifica.





- Pilastro 79 - (pilastro d'angolo soggetto a sforzo di trazione nella sezione di base relativamente combinazione di carico 10)

**TITOLO : PILASTRO 13**

N° Vertici  Zoom N° barre  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	25
2	25	25
3	25	0
4	0	0

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	1,13	3,5	3,5
2	1,13	3,5	21,5
3	1,13	21,5	21,5
4	1,13	21,5	3,5

**Sollecitazioni**  
 S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>   kN  
M<sub>xEd</sub>   kNm  
M<sub>yEd</sub>

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
**FeB44k LC** **C25/30 LC**  
ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>   
E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>   
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>   
σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>   
τ<sub>c1</sub>

M<sub>xRd</sub>  kN m  
M<sub>yRd</sub>  kN m  
σ<sub>c</sub>  N/mm²  
σ<sub>s</sub>  N/mm²  
ε<sub>c</sub>  ‰  
ε<sub>s</sub>  ‰  
d  cm  
x  x/d   
δ

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U. +  S.L.U. -  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd

angolo asse neutro θ°

Precompresso

Tabella riassuntiva dei valori resistenti e dati di input

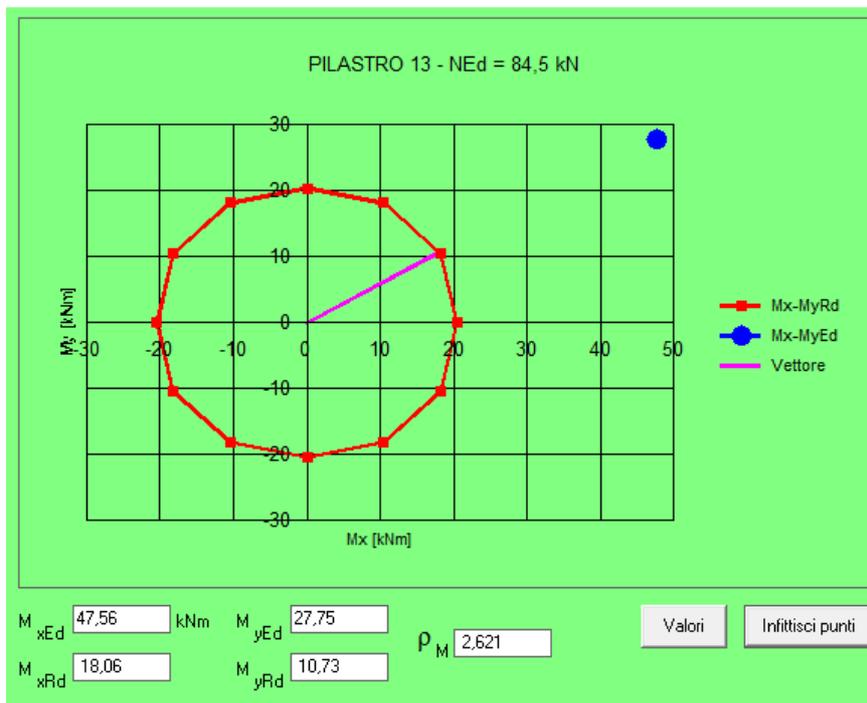


Diagramma Mx-My

Il valore ρ<sub>M</sub> corrisponde all'inverso della percentuale di resistenza del pilastro che pertanto è pari a 0.38%.

I risultati delle verifiche hanno messo in luce che a taglio la sicurezza garantita è pari al 92%. Tale dato è stato raggiunto ipotizzando lo sfruttamento massimo del puntone compresso in calcestruzzo, valutandolo inclinato a 22° come concesso al paragrafo 4.1.2.1.3.2 delle NTC 2008. Tale dato pertanto è il massimo livello di sicurezza a taglio raggiungibile dai pilastri in c.a.

Relativamente la resistenza a pressoflessione deviata, si segnala il raggiungimento di un livello di sicurezza pari al 26%. Tale dato risulta così peggiorato a causa della penalizzazione dei materiali originali che di fatto sono stati abbattuti di un coefficiente 1,35 nelle resistenze alle azioni.

Pertanto il fabbricato in oggetto raggiunge un livello di sicurezza pari al 26% relativamente alle azioni sismiche.

## CONCLUSIONI

Allo stato attuale, in relazione delle azioni previste dalle norme tecniche vigenti, la struttura risulta agibile sotto l'aspetto della sicurezza statica. Al contrario, sotto l'aspetto della sicurezza sismica la struttura presenta carenze causate dal fatto che essa è costituita da telai in generale non collegati trasversalmente tra loro, costituiti da pilastri in generale cedevoli rispetto alle travi ed agli orizzontamenti.

Si è valutato un coefficiente di sicurezza pari ad  $\alpha_u = 0.26$ .

Particolare attenzione dovrà pure essere tenuta, relativamente possibili meccanismi locali dovuti a murature non ammorsate al corpo di fabbrica principale, nonché alla connessione dei paramenti di facciata a cassa vuota con semplice funzione di tamponamento che difficilmente potranno seguire gli spostamenti degli attuali telai, non convenientemente collegati trasversalmente né controventati.

Per questo complesso scolastico necessita quindi affrontare un adeguamento sismico al fine di portarlo ad un accettabile coefficiente di sicurezza.

Si individua la seguente metodologia di intervento per l'individuazione delle tecniche di adeguamento sismico, ciò al fine di soddisfare il principio della "giusta misura e minimo intervento":

1. portare il livello di conoscenza ad LC3, ovvero:
  - a. validare i disegni esecutivi strutturali, peraltro presenti, a mezzo di un insieme sistematico di sondaggi per verificare le congruenze geometriche, le effettive armature presenti. Dovranno pure essere caratterizzati i materiali quali calcestruzzo ed acciaio con estrazione di carote, prove di pull-out e prove a trazione di spezzoni di armature.
  - b. Verificare la connessione tra telai in cemento armato e involucro formanti i tamponamenti verticali sia di perimetro che interni. In questa fase dovranno essere eseguiti carotaggi e sondaggi anche agli orizzontamenti ed all'attacco di questi con i paramenti verticali, al fine di una corretta restituzione architettonica dell'interazione telaio-tamponamenti verticali e telaio-orizzontamenti.
  - c. Eseguire nuova modellazione secondo i nuovi livelli di conoscenza al fine di individuare univocamente le criticità sia globali che locali e quindi le definitive azioni resistenti e stati tensioni ali conseguenti.
2. Sulla scorta delle conoscenze acquisite è possibile un corretto approccio dal punto di vista costi-benefici. In generale si prevedono le seguenti tipologie di intervento:
  - a. Posizionamento di sistemi di controvento con funzione di collegamento trasversale dei telai, nonché con funzione di elementi dissipativi alle azioni orizzontali globali.
  - b. Inserimento di pareti in c.a. con funzione elementi resistenti alle azioni taglianti derivanti dal sisma in entrambe le direzioni.
  - c. Sistema composito per il rinforzo a taglio e a flessione di elementi in calcestruzzo mediante

l'applicazione di compositi in natura fibrosa, costituiti da reti in FRP.

- d. Eliminazione di strutture spingenti nella copertura anche con l'inserimento di catene.
- e. Definizione tipologica di elementi di connessione tra struttura principale in c.a. ed elementi secondari, sia verticali che orizzontali in funzione della conoscenza delle effettive connessioni costruttive.
- f. Riabilitazione degli elementi a tenuta, con particolare riferimento alle zone con giunti strutturali al fine di garantire la durabilità delle membrature.

Mantova, li 05/06/2014

*Il tecnico*

*Ing. Dario Buttini*

.....

## RIFERIMENTI NORMATIVI

### Normativa di riferimento cogente e documenti tecnici integrativi:

- D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le costruzioni
- Circolare n. 617 del 02/02/2009 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- D.P.C.M. 09/02/2011 – Valutazioni e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni 14/01/2008
- UNI EN 1990:2006 13/04/2006 Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991-1-1:2004 01/08/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesanti per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici.
- UNI EN 1991-1-3:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve.
- UNI EN 1991-1-4:2005 01/07/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
- UNI EN 1992-1-1:2005 24/11/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.- UNI EN 1997-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.
- UNI EN 1998-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI EN 1998-3:2005 01/08/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici.
- UNI EN 1998-5:2005 01/01/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

## ALLEGATI

1. Tabelle azioni agenti sui pilastri;
2. Scheda di sintesi della verifica sismica di "livello 1" o di "livello 2" per gli edifici strategici ai fini della protezione civile o rilevanti in caso di collasso a seguito di evento sismico (Ordinanza n. 3274/2003 – Articolo 2, commi 3 e 4);
3. Indagine fotografica su supporto digitale;
4. Piante strutturali e sezioni tipiche: Tavola 5

# PROGETTO di FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Potenziamento della prestazione strutturale della scuola d'infanzia e nido di Buscoldo

Comune di Curtatone - MN -

## QUADRO ECONOMICO - STUDIO DI FATTIBILITÀ

Il quadro economico determinante i costi presunti è il seguente:

<b>A) LAVORI A BASE D'ASTA</b>	€	280.000,00		
di cui:				
- Lavori soggetti al ribasso d'asta	€	272.000,00		
-Oneri per adempimenti in materia di sicurezza (non soggetti a ribasso d'asta)	€	8.000,00		
<b>Sommano lavori a base d'asta</b>	<b>€</b>	<b>280.000,00</b>	<b>€</b>	<b>280.000,00</b>
<b>B) SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE</b>				
B1) Lavori in economia previsti in progetto ed esclusi dall'appalto o a gestione diretta - D. Lgs. 163/2006 e s.m.i.	€	1.000,00		
B2) Indagini - prospezioni geognostiche (< 2,00 % iva compresa)	€	2.000,00		
B3) Allacciamenti a pubblici servizi, interferenze, spostamenti, etc. (TELECOM, ENEL, GAS, etc. Iva compresa)	€	500,00		
B4) Imprevisti (<5% di A - art. 132 D. Lgs. 163/2006 e s.m.i.)	€	3.000,00		
B5) Acquisizione aree immobili, occupazioni, danni, spese notarili e generali etc.	€	500,00		
B6) ACCANTONAMENTI				
B6.1) Accantonamenti di cui all'art. 133 c.4 D. Lgs. 163/2006 e s.m.i.	€	1.000,00		
B6.2) Accantonamenti di cui all'art. 92 c.5 D. Lgs. 163/2006 e s.m.i. ( 0,5 < 2,00 % di A)	€	3.000,00		
B6.3) Accantonamenti di cui all'art. 12c.1 Regolamento (3% di A)	€	1.000,00		
B7) Spese tecniche relative a progettazione, alle necessarie attività preliminari e di supporto, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione, assistenza giornaliera e contabilità, collaudo tecnico-amministrativo ed altri collaudi	€	30.000,00		
B8) Assicurazione dei dipendenti	€	-		
B9) Spese per attività di consulenza o di supporto	€	-		
B10) Eventuali spese per commissioni giudicatrici	€	-		
B11) Spese per pubblicità, ed ove previsto, ove previsto, per opere artistiche e spese d'appalto	€	500,00		
B12) Spese per accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche previste da cap. speciale d'appalto	€	13.000,00		
B13) C.N.P.A.I.A. (4% su B2, B7, B9, B10, B12)	€	1.800,00		
B14) Premio per assicurazione per verificatore	€	135,00		
B15) Varie ed arrondamenti, contributo Autorità di vigilanza	€	199,30		
<b>Sommano per somme a disposizione</b>	<b>€</b>	<b>57.634,30</b>	<b>€</b>	<b>57.634,30</b>
<b>C) IMPOSTA VALORE AGGIUNTO SUI LAVOF</b>				
C1) IVA 22% (su voce A)	€	61.600,00		
C1) IVA 22% (su voce B1)	€	220,00		
C1) IVA 22% (su voce B3,B11)	€	220,00		
C1) IVA 22% (su voce B2,B7,B9,B10, B12,B13, B14)	€	10.325,70		
<b>Sommano</b>	<b>€</b>	<b>72.365,70</b>	<b>€</b>	<b>72.365,70</b>

**TOTALE COMPLESSIVO**

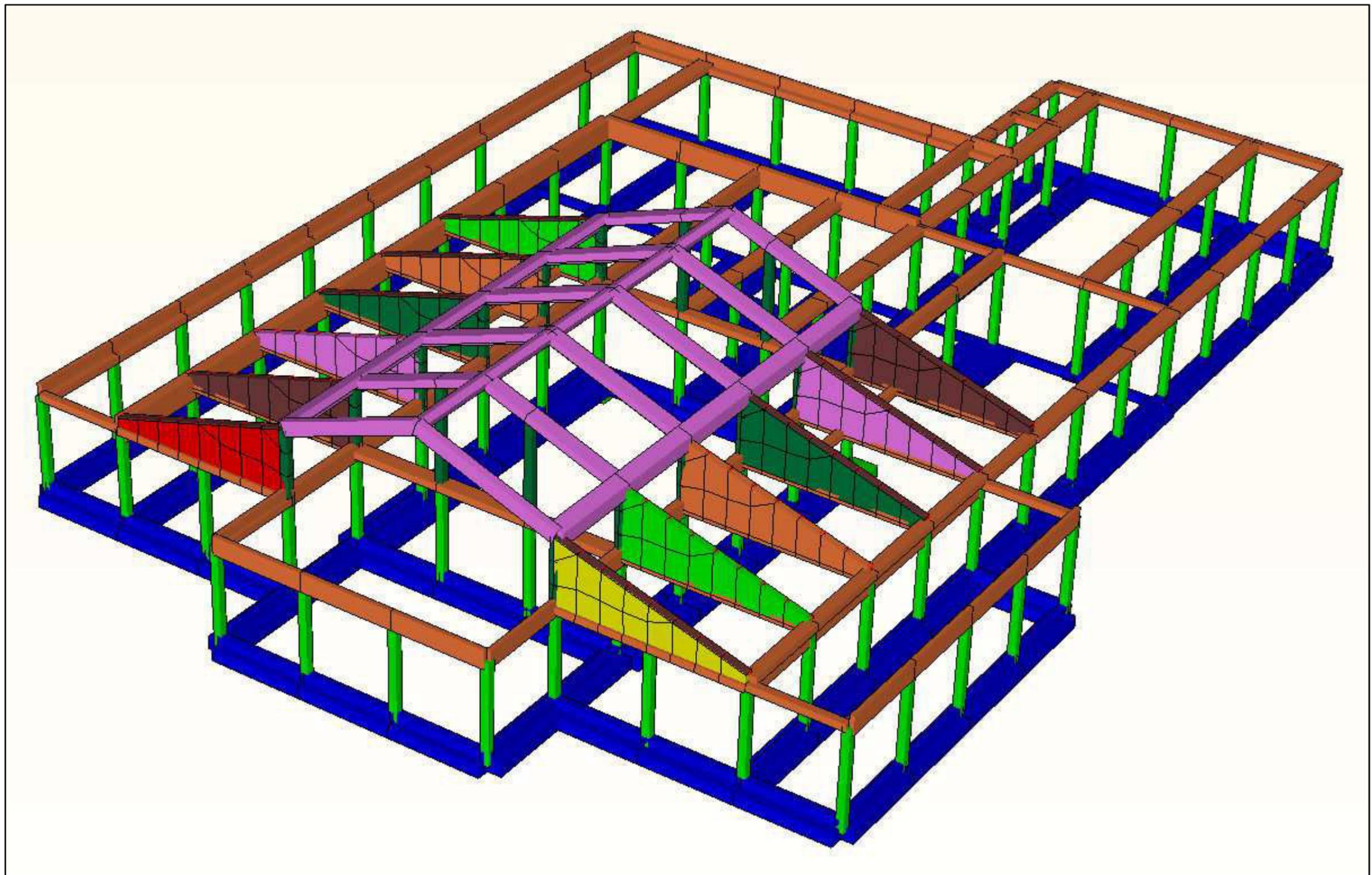
**PROGETTO DEFINITIVO**

**€ 410.000,00**

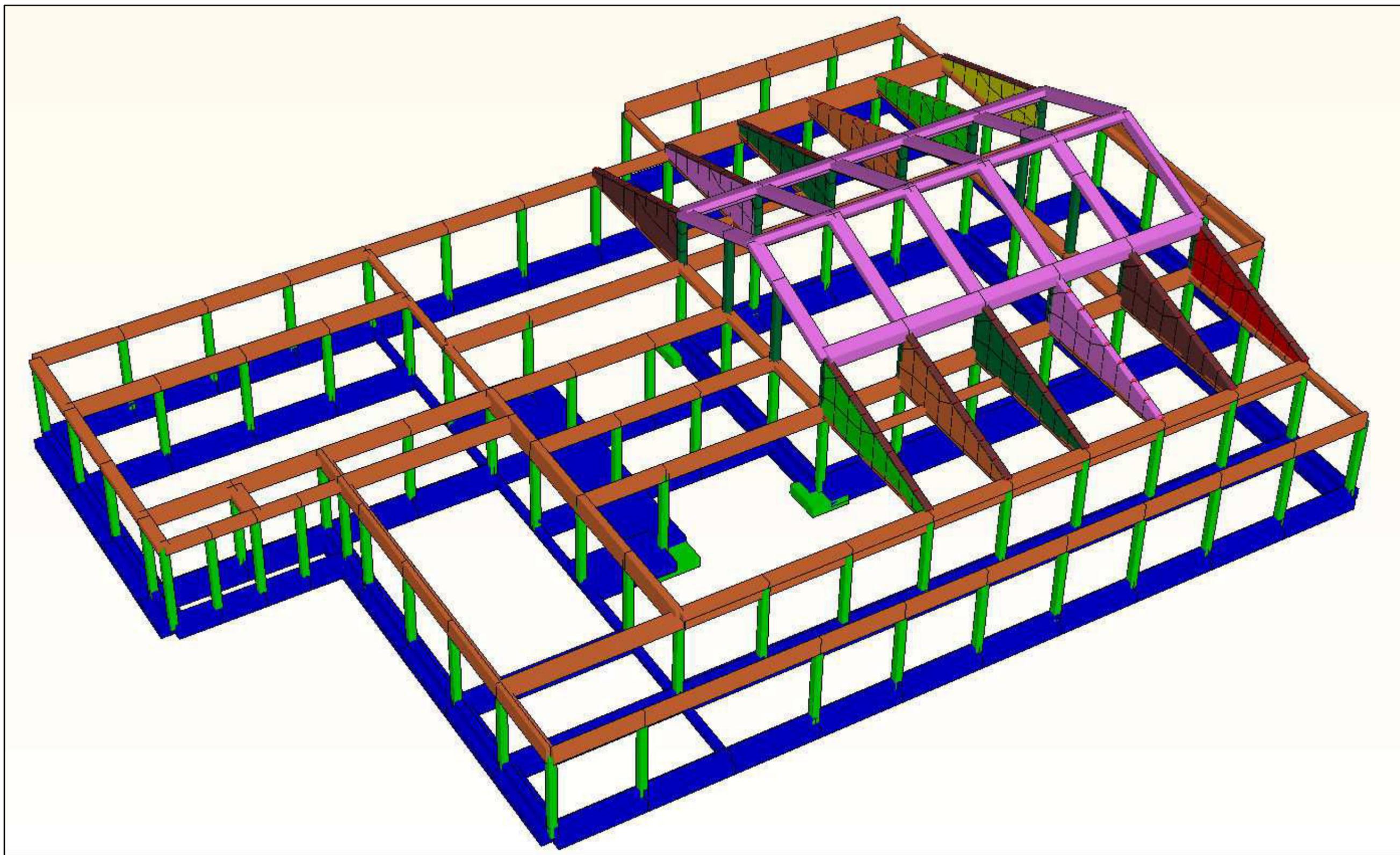
<b>COMPUTO DI MASSIMA PER LE OPERE DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA E MICRONIDO DI BUSCOLDO (COMUNE DI CURTATONE - MN)</b>	
Approntamenti di cantiere e demolizioni	€ 32.000,00
Opere di consolidamento a setti in c.a.	€ 70.000,00
Opere di consolidamento a struttura metallica	€ 90.000,00
Ricostruzione e ripristini	€ 80.000,00
Oneri per la sicurezza	€ 8.000,00
<b>TOTALE OPERE DI MESSA IN SICUREZZA</b>	<b>€ 280.000,00</b>

***PANORAMICA  
DELLE STRUTTURE  
OGGETTO DI  
INTERVENTO***

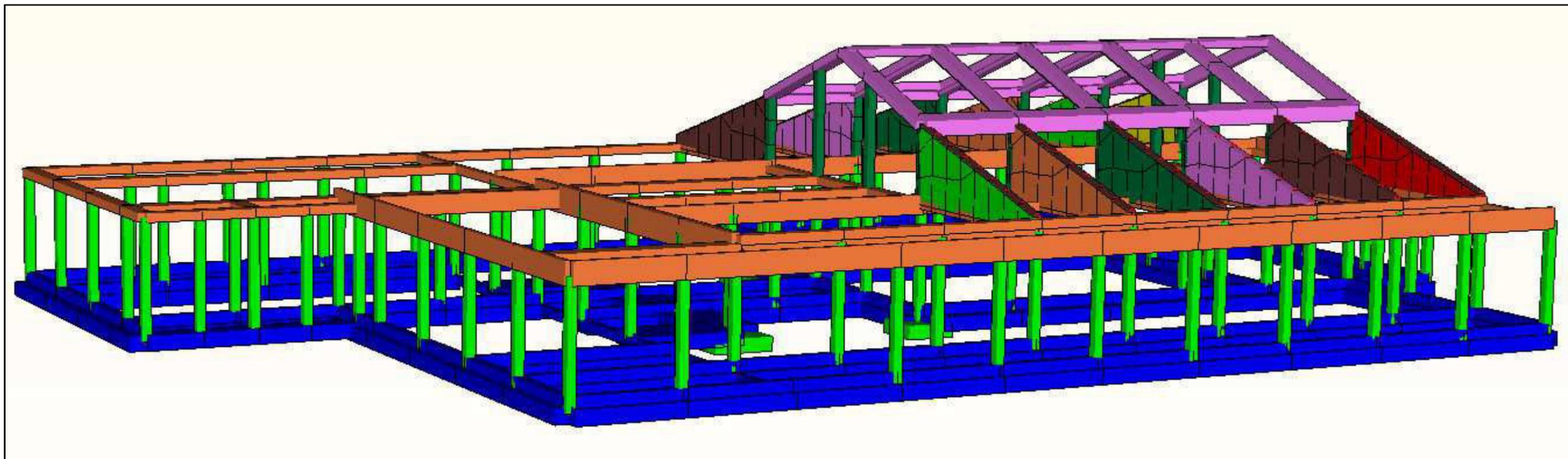
*Scuola dell'infanzia e micronido di Buscolo  
in via Maggiolini 10 (Comune di Curtatone)*



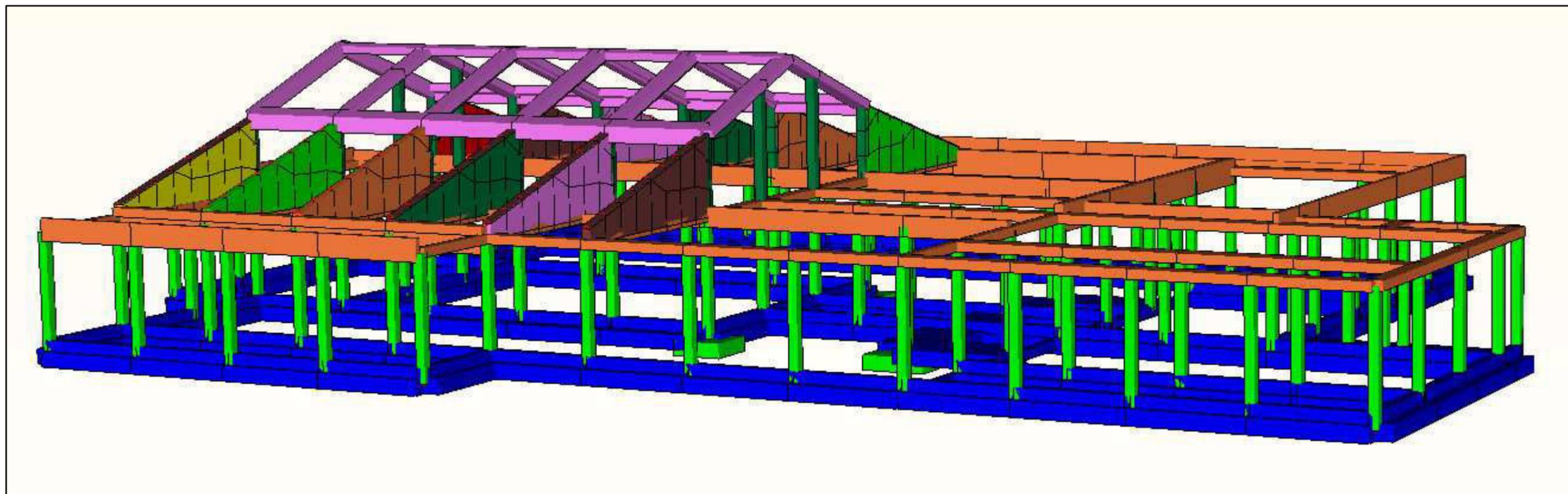
Vista dall'ingresso sul fronte (via Maggiolini 10)



Vista dal giardino sul retro (zona centrale termica)

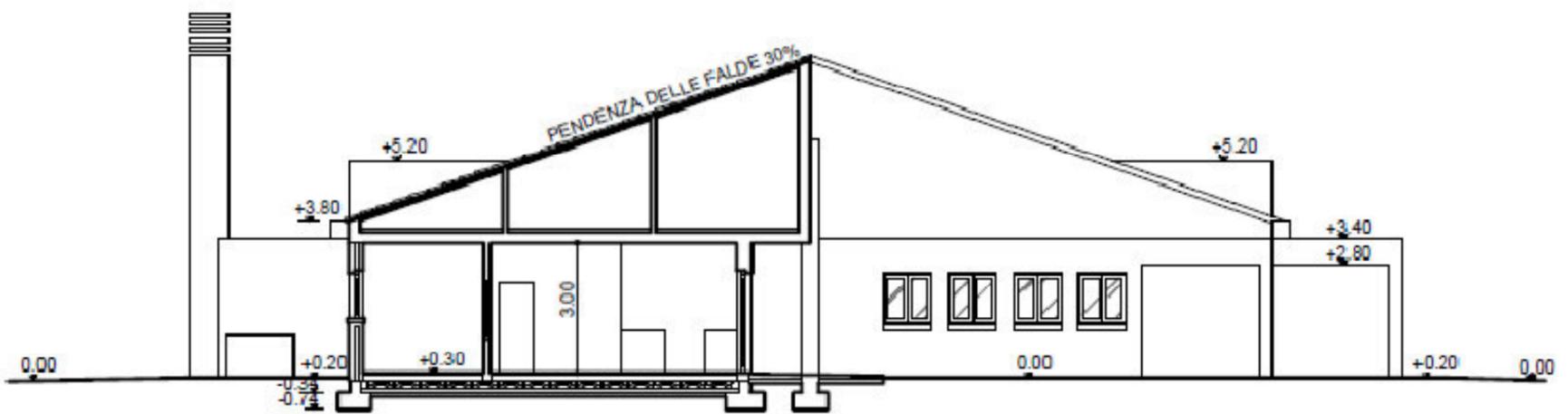
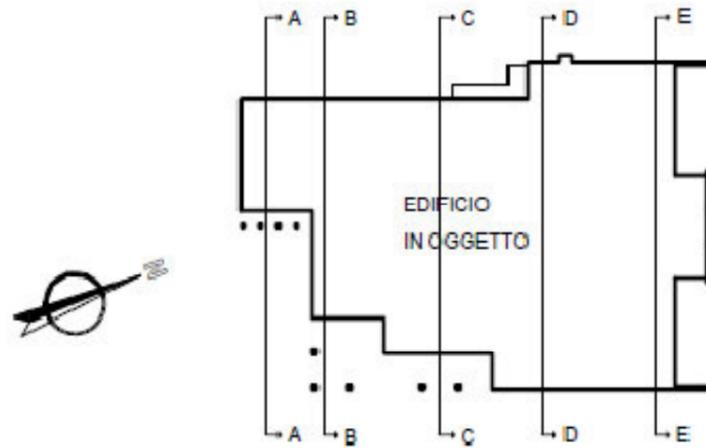


**Vista dall'ingresso principale (via Maggiolini 10)**

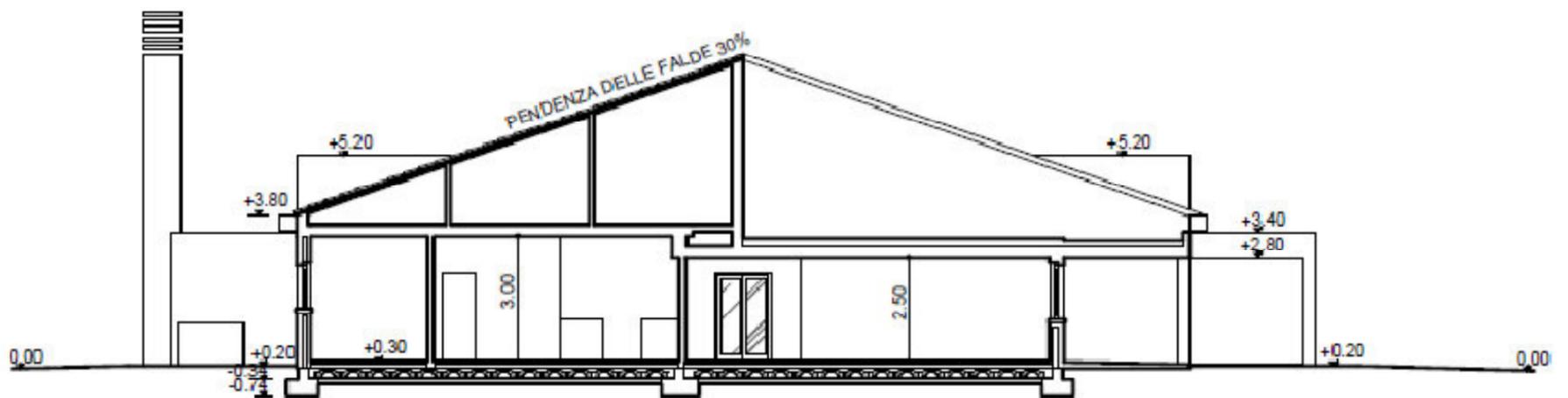


**Vista dal giardino sul retro (zona centrale termica)**

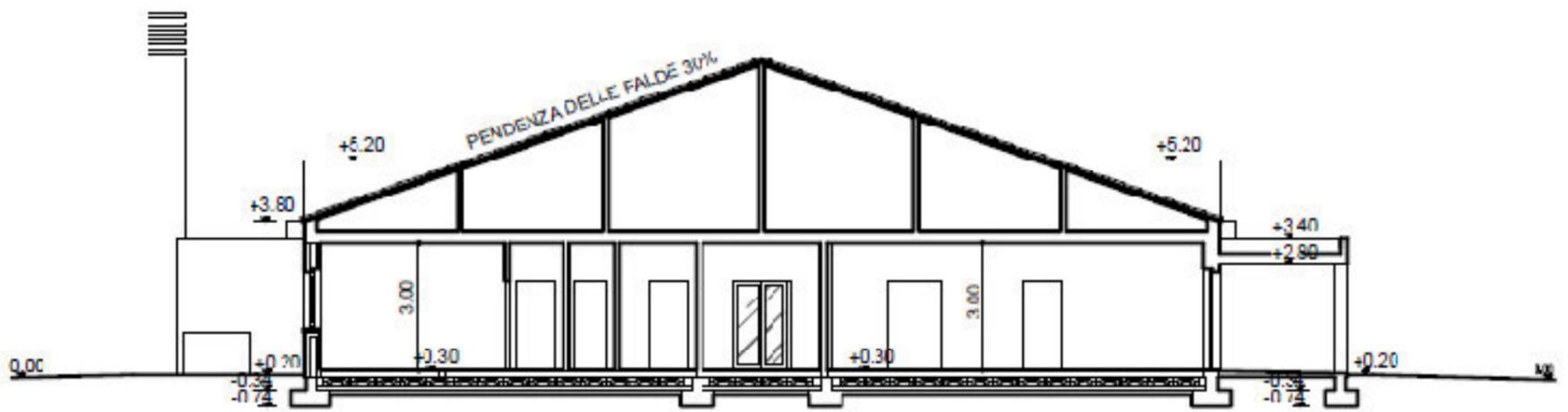
# SEZIONI TIPICHE



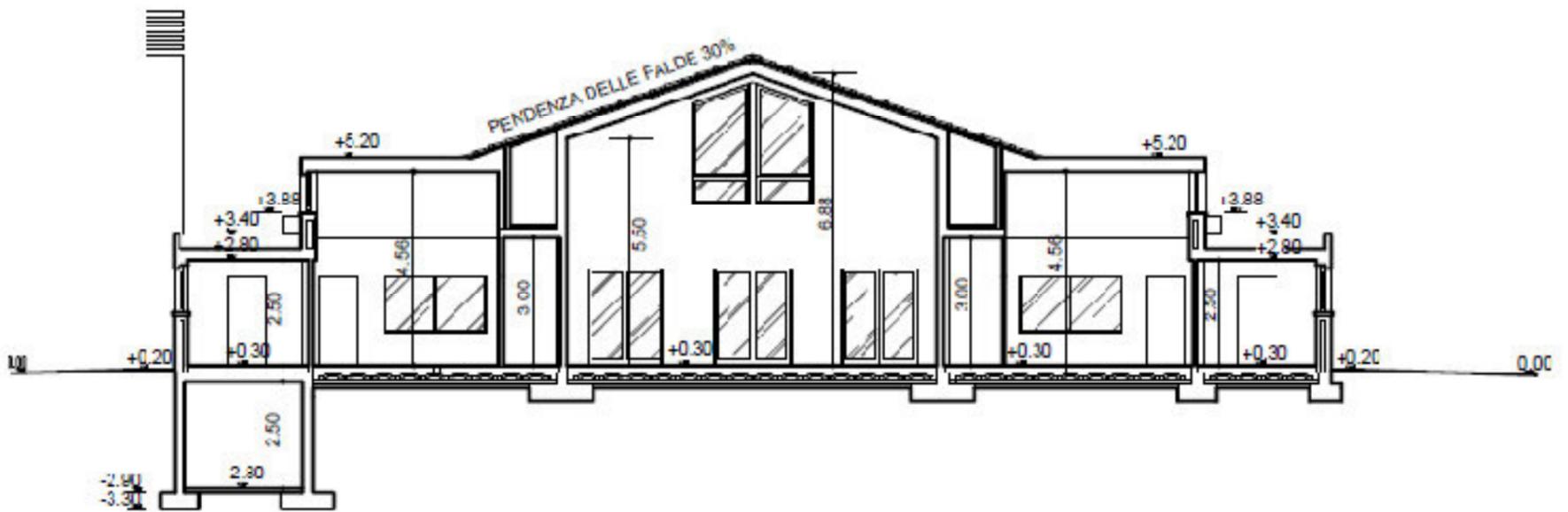
**sezione A-A**



**sezione B-B**



**sezione C-C**



**sezione D-D**

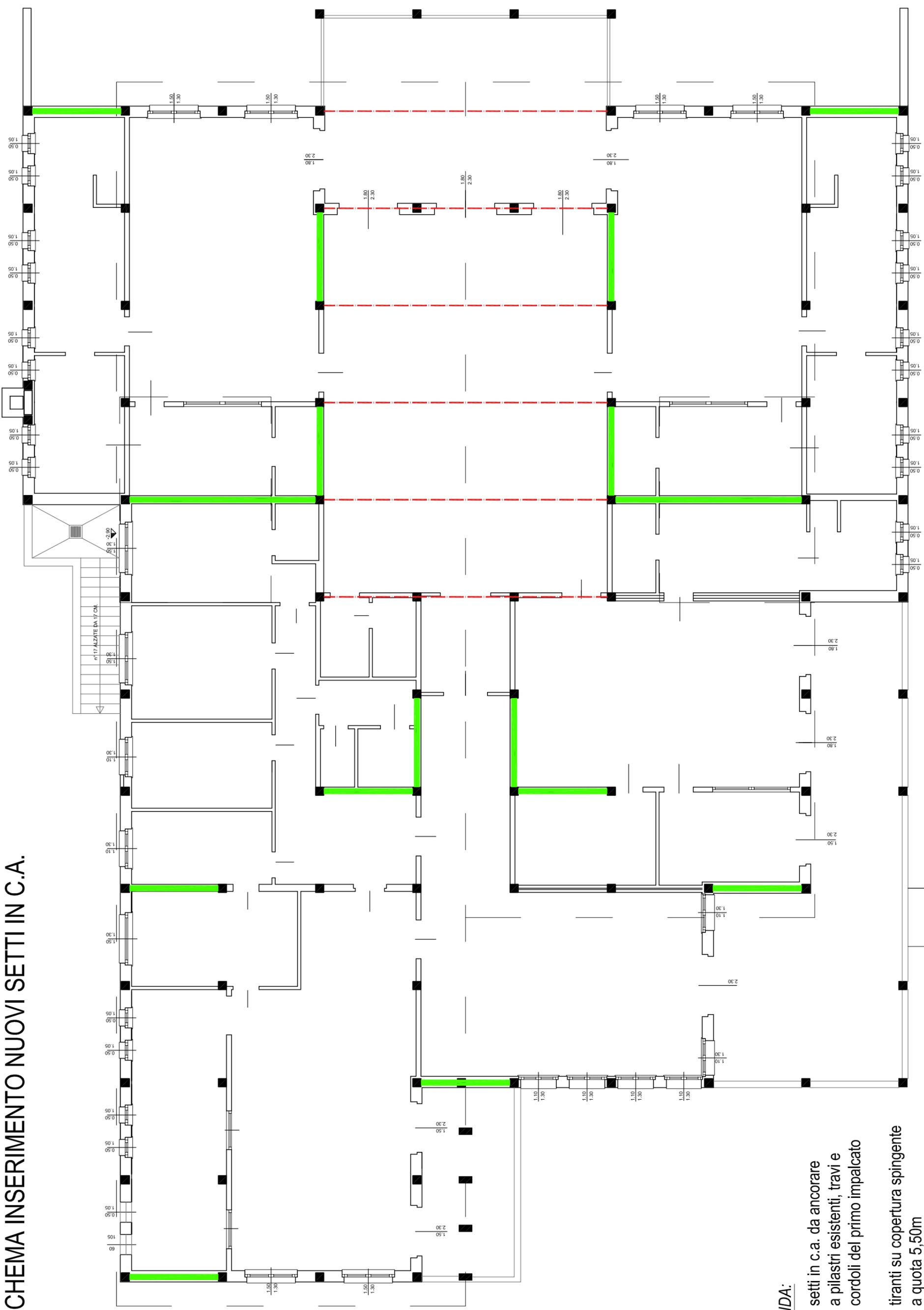


**sezione E-E**

# ***IPOSTESI DI INTERVENTO***

*Scuola dell'infanzia e micronido di Buscoido  
in via Maggiolini 10 (Comune di Curtatone)*

# SCHEMA INSERIMENTO NUOVI SETTI IN C.A.



## LEGENDA:

- setti in c.a. da ancorare
- a pilastri esistenti, travi e cordoli del primo impalcato
- tiranti su copertura spingente a quota 5,50m

# SCHEMA CONTROVENTI IN ACCIAIO

CONTROVENTI  
IN ACCIAIO

