



COMUNE DI BUSTO ARSIZIO  
Via F.lli D'Italia n. 12  
Busto Arsizio



AGESP Attività Strumentali s.r.l.  
via M. Polo n. 12  
21052 Busto Arsizio (Va)

## SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO ALBERT SCHWEITZER

### INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO, ANTINCENDIO E NORMATIVO PROGETTO ESECUTIVO

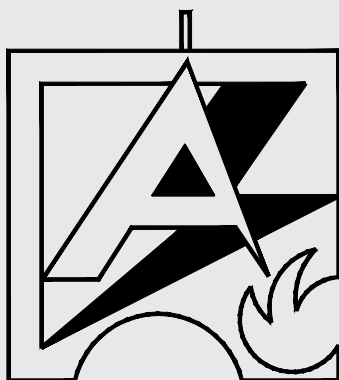
IL PROGETTISTA  
DI RIFERIMENTO:

Ing. Roberto Torresan  
Via Mameli, 22  
21052 Busto Arsizio (Va)

IL RUP:

Arch. Sergio Callegari  
Agesp Attività Strumentali srl

TAV.	Relazione specialistica opere strutturali	
SCALA:	DATA: 21.06.2018	AGGIORNAMENTO: .....



### **A.T.P. Schweitzer**

PROGETTO ARCHITETTONICO: **Arch. Alberto d'Elia  
Arch. Stefano d'Elia**

PROGETTO STRUTTURALE: **Ing. Roberto Torresan**

PROGETTO IMPIANTO ELETTRICO: **Per. Ind. Alberto Bioli**

PROGETTO ADEGUAMENTO VVF: **Ing. Marco Viel**

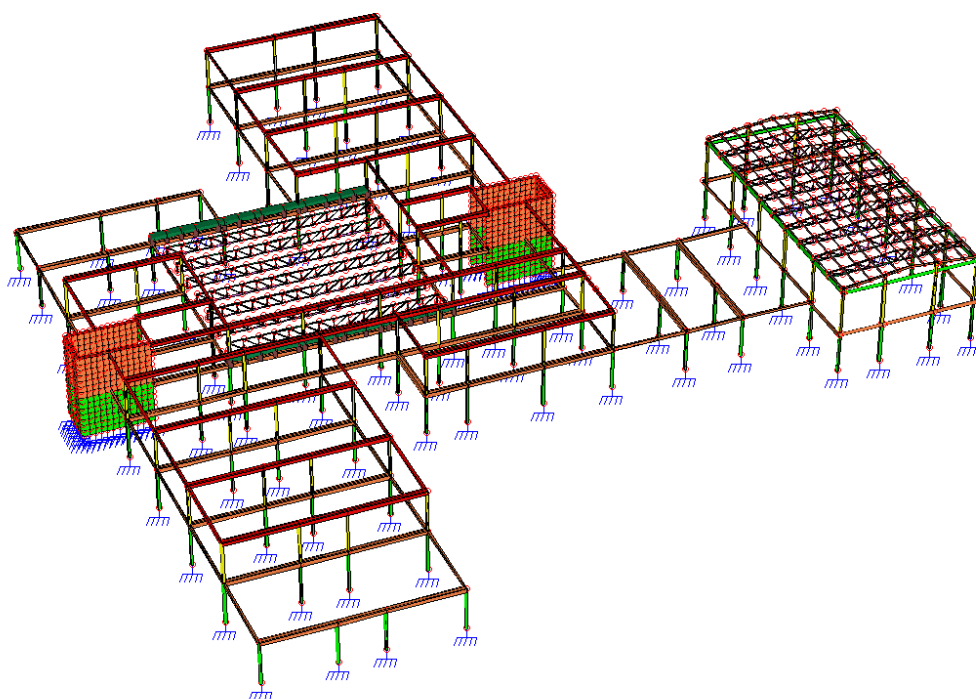
**Manutenzione straordinaria Scuole Albert Schweitzer  
Via Ercole Comerio 10 - Busto Arsizio**

# **RELAZIONE SPECIALISTICA OPERE STRUTTURALI**

**Giugno 2018**

# INDICE DEI CONTENUTI

1. **PREMESSA**
2. **PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI**
3. **ANALISI DELL STATO DI FATTO**
4. **PROGETTO**
5. **QUADRO GENERALE DEI COSTI COMPUTATI**



## 1. PREMESSA

L'edificio oggetto del presente progetto Definitivo/Esecutivo è la **Scuola Secondaria di primo grado Albert Schweitzer** situata in Via Ercole Comerio, 10, a Busto Arsizio (VA)

La presente relazione tratta delle opere strutturali da predisporre ai fini dell'intervento di miglioramento sismico della costruzione nel rispetto del punto 8.4.2 del DM 17/01/2018.

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

D.M. 17/01/2018 – Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”

Circolare n.617 del 2/02/2009 – istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14/01/2008

## 3. ANALISI DELLO STATO DI FATTO

### Descrizione della costruzione:

Si tratta di un edificio eretto negli anni '70 utilizzando una tecnologia mista; infatti gli elementi strutturali verticali sono costituiti da colonne in acciaio e vani scala in calcestruzzo armato gettato in opera mentre gli elementi strutturali orizzontali sono costituiti da travi in acciaio e lastre prefabbricate in c.a. autoportanti, sulle stesse appoggiate, ad eccezione della copertura dell'anfiteatro, realizzata con lamiera grecata e getto in calcestruzzo collaborante.

La struttura del corpo aule/servizi ha una forma articolata costituita da rettangoli dislocati su una superficie di dimensioni massime 66.80 x 72.90 circa e si sviluppa su due livelli aventi superfici diverse; pertanto l'impalcato di piano primo è, in parte, chiuso per l'utilizzo scolastico e, in parte, scoperto con funzione di copertura del piano terra; tale conformazione presenta irregolarità prevalentemente in altezza.

La palestra, strutturalmente connessa al restante corpo di fabbrica è, invece, costituita da un corpo di fabbrica monopiano con dimensioni in pianta pari a 12.90 x 25m e con altezza interna di circa 7.20m.

Le strutture in elevazione sono costituite da profilati in acciaio HEB 180, sia per la scuola che per la palestra, e da vani scala realizzati in calcestruzzo leggermente armato di spessore 20cm con rampe scale sempre in calcestruzzo armato gettato in opera.

Gli impalcati del corpo aule/servizi sono costituiti da lastre nervate in c.a. autoportanti di larghezza 2.40m l'armatura delle quali è costituita da profilato metallico IPE 120 parzialmente annegato nella nervatura.

I succitati solai, con luci variabili da 3.50m a 7.40m circa, appoggiano su travi costituite da due profili UNP260 distanziati paralleli, fissati alla colonna con piastre bullonate, il cui spazio intermedio risultante è riempito in calcestruzzo, probabilmente non armato; in tal modo è stato possibile realizzare le colonne intere per i due piani.

I pannelli di solaio hanno spessore 10cm oltre la greca e, ai fini sismici possono essere considerati, nell'insieme, un piano rigido in grado di trasmettere le forze di taglio agli elementi sismoresistenti (vani scale), in funzione della loro rigidezza.

La copertura dell'anfiteatro è, invece, realizzata con travi reticolari di luce 18.30m circa e altezza 0.90m, poste ad interasse 2.40m circa, sulle quali è fissato un solaio in lamiera grecata con getto in calcestruzzo collaborante.

Infine la copertura della palestra è realizzata con travi reticolari di luce 11.60 circa e altezza variabile da 0.50m a 1.10m circa e poste ad interasse 2.40m circa.

Sulle suddette travi sono appoggiati arcarecci, costituiti da tubolari metallici 100x50, sui quali è fissato il manto di copertura in lamiera grecata.

La committenza a messo a disposizione le planimetrie dell'edificio nelle quali sono individuate le posizioni delle strutture in elevazione (colonne e vani scala).

Per caratterizzare geometricamente e meccanicamente le sezioni degli elementi strutturali verticali ed orizzontali, non avendo a disposizione i disegni strutturali, si è reso necessario il rilievo in loco degli stessi e delle loro mutue connessioni e, nel caso dei vani scala, l'individuazione delle armature presenti.

Una volta raccolti tutti i dati si è proceduto con l'implementazione di un modello matematico agli elementi finiti al quale sono stati poi applicati i carichi di progetto in base alle vigenti normative, compresa anche l'azione sismica caratterizzata da uno spettro periodo/accelerazione proprio del sito.

In particolare per la determinazione dell'azione sismica, essendo, nello stato di fatto, gli elementi sismoresistenti costituiti essenzialmente dai soli vani scala che, come scritto, sono poco armati e quindi poco duttili, si è scelto un fattore di comportamento della struttura ( $q$ ) pari a 1.5 ridotto a 1.2 ( $K_r=0.8$ ) a causa dell'irregolarità in altezza.

Si è quindi eseguita un'analisi dinamica lineare della struttura con le seguenti ipotesi:

- Piano rigido in corrispondenza degli impalcati in lastre di c.a.
- Connessioni travi/colonne rigide
- Connessioni impalcato vani scale efficace solo a compressione; ciò in quanto non è certa l'affidabilità delle connessioni a trazione e taglio presenti in corrispondenza dell'appoggio dei solai sui vani scale

In base a quest'ultima ipotesi si verifica che, in direzione Y (sud-nord), entrambi i vani scala vengono coinvolti nella reazione alle forze orizzontali in entrambi i versi mentre, in direzione X (ovest-est) viene alternativamente impegnato un solo vano scale.

I risultati significativi per la determinazione dell'indice di vulnerabilità sismica sono esposti nelle figure che seguono

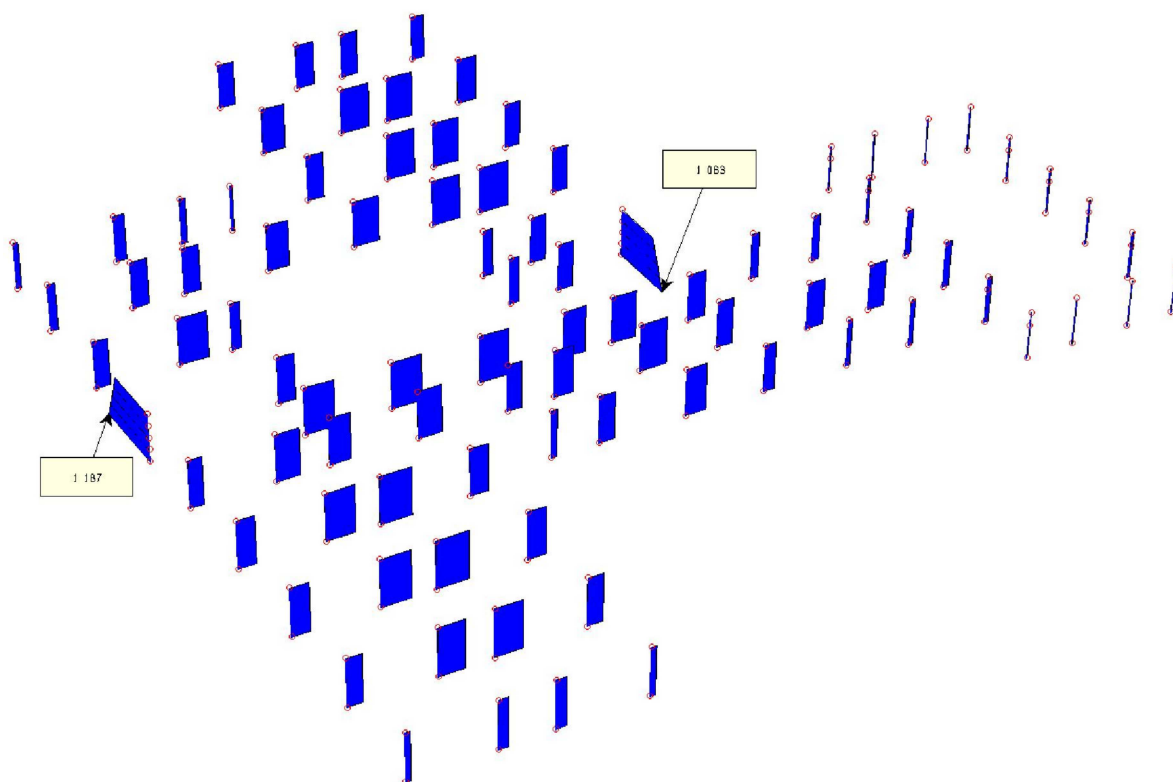


Fig. 1 – Azione assiale (kN) – con evidenziati i valori in corrispondenza dei vani scale (1187 kN , 1063 kN)

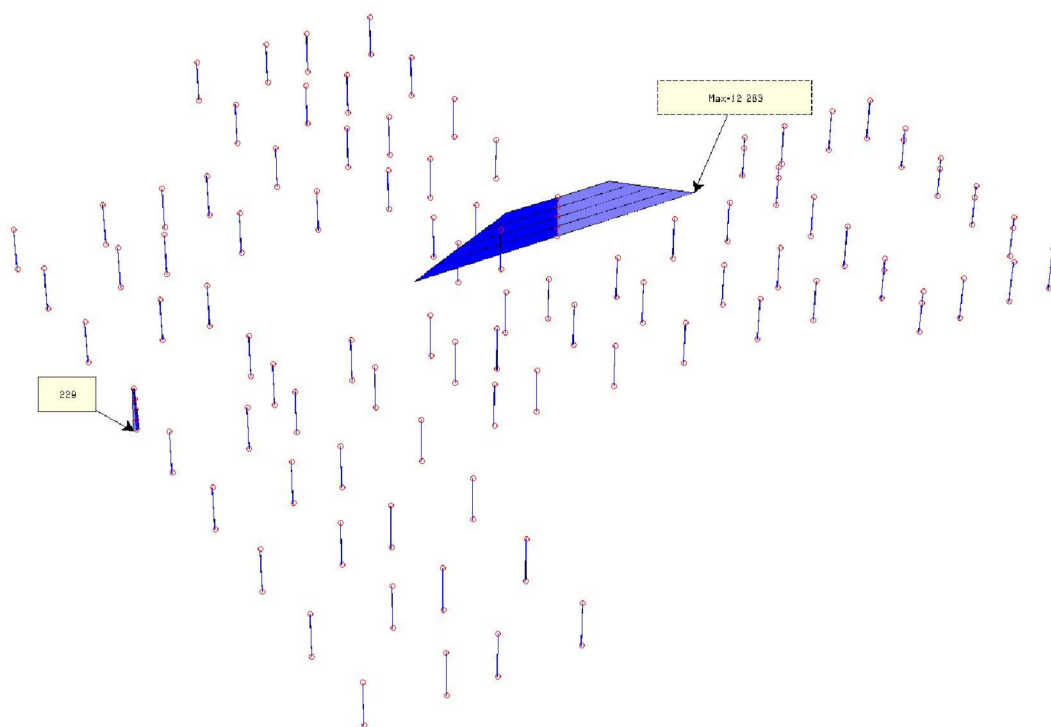


Fig. 2 – Momento Flettente X (kNm) – con evidenziati i valori in corrispondenza dei vani scale (229 kN , 12283 kN)

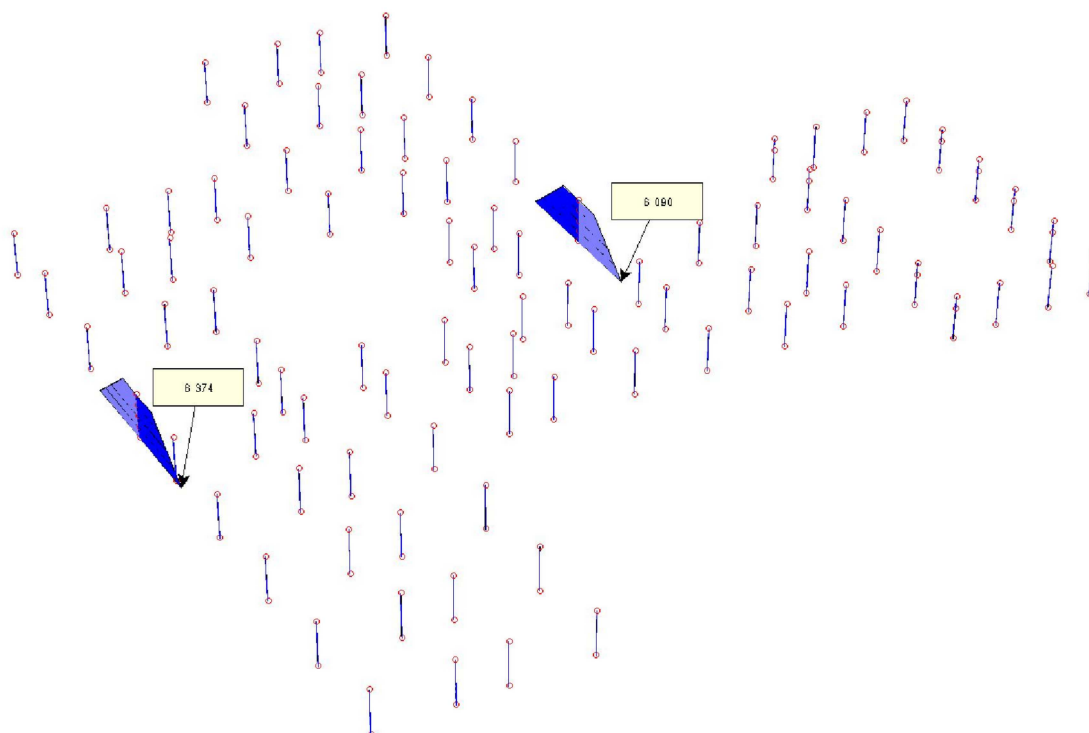


Fig. 3 – Momento Flettente Y (kNm) – con evidenziati i valori in corrispondenza dei vani scale (6374kN , 6090 kN)

Dall'esame dei diagrammi delle sollecitazioni si evince che:

- L'ipotesi di considerare i vani scale come unici elementi sismoresistenti è corretta; infatti si può notare che le sollecitazioni flessionali sulle colonne sono quasi nulle sia in direzioni X che in direzione Y

- Effettivamente con l'ipotesi di connessione fatta, si nota che in direzione X l'azione flessionale dovuta al taglio sismico si concentra su un unico vano mentre in direzione Y è distribuita in parti quasi uguali su entrambi i vani scala

In queste condizioni la verifica a pressoflessione della sezione composta corrispondente al vano scale ha esito positivo solo se la coppia di azioni  $M_x = 12283\text{kN}$ ,  $M_y=6090\text{kN}$  si trova all'interno del dominio di resistenza della sezione stessa per l'azione assiale  $N = 1063\text{ kN}$ .

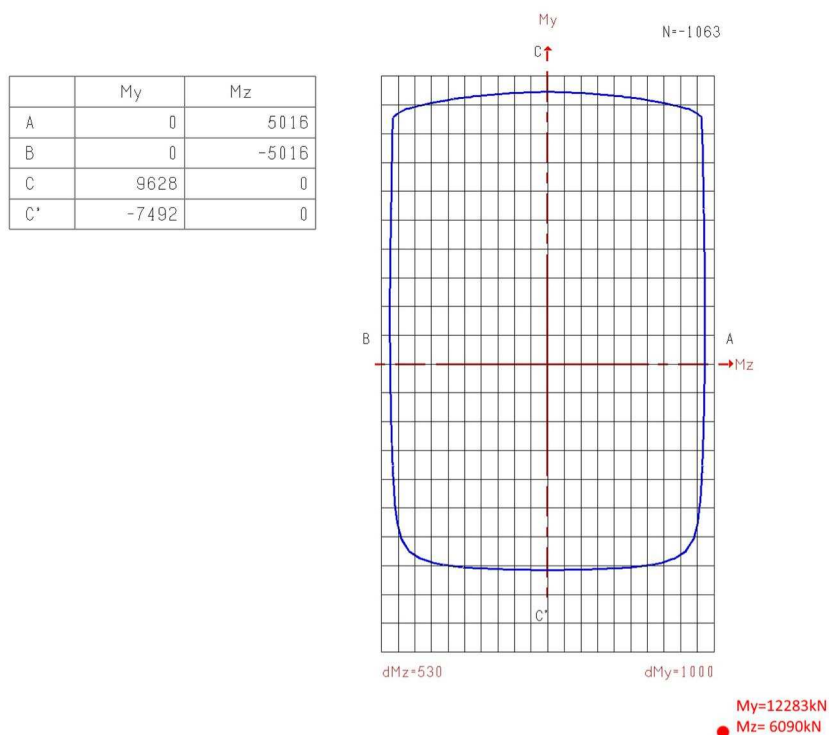


Fig.4 – Dominio di resistenza sezione composta vano scale

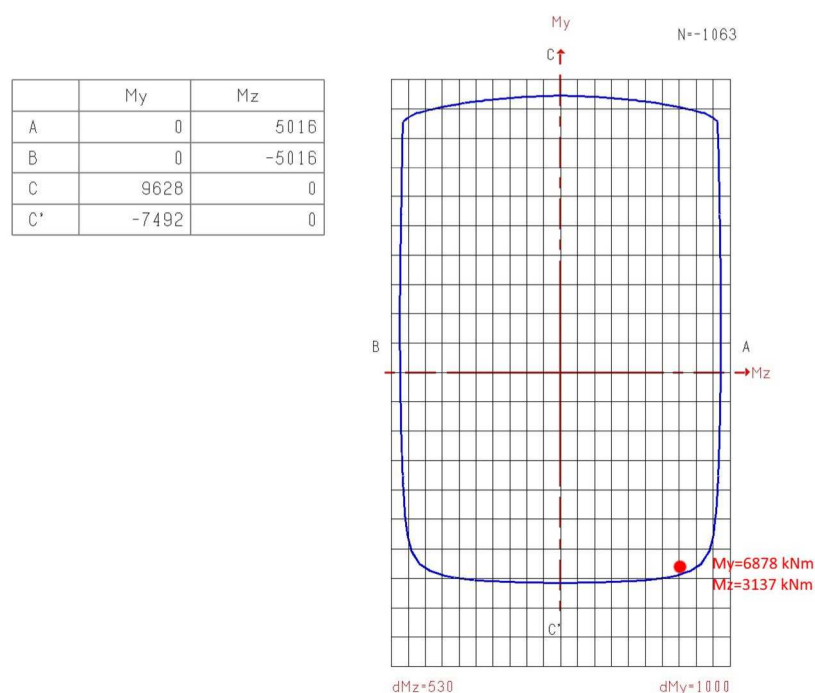


Fig.5 – Verifica della sezione del vano scale con riduzione della domanda al 53%

Come si può dedurre dalla figura 4, la coppia di azioni è esterna al dominio di resistenza della sezione e, pertanto, la verifica non è soddisfatta.

E' possibile calcolare di quanto si deve ridurre l'accelerazione sismica di progetto, e di conseguenza la domanda in termini di azione tagliante sui vani scala, al fine di rientrare nel dominio di resistenza (ved. figura 5 -  $N = 1063\text{kN}$ ,  $M_x = 6878\text{kN}$ ,  $M_y = 3137\text{kN}$ ).

Tale fattore di riduzione, pari a 0,53, identifica **l'indice di vulnerabilità sismica (53%)**.

Secondo quanto indicato al punto 8.4.2 delle NTC gli interventi di miglioramento sismico, in caso delle scuole, devono portare l'indice di vulnerabilità sismica almeno al valore 0,60.

Nel caso in esame, tali interventi di miglioramento sismico sono, quindi, volti all'aumento della capacità portante dei vani scala e al collegamento efficace degli stessi con gli impalcati in particolare in direzione X che sono le principali criticità riscontrate nella struttura.

Altri interventi previsti sono finalizzati a migliorare la regolarità in pianta della costruzione e all'irrigidimento degli impalcati di copertura dell'anfiteatro e della palestra.

## **4. INTERVENTI IN PROGETTO**

Gli interventi previsti per raggiungere l'obiettivo previsto sono i seguenti:

- 1- Retrofitting parziale delle pareti dei nuclei scale tramite incamiciatura esterna, costituita da getto collaborante di spessore 10cm in betoncino fibrorinforzato a ritiro controllato armato, al fine di integrare la debole armatura presente e conferire, quindi, ai nuclei scale l'opportuna resistenza e duttilità nei confronti dell'azione sismica; sugli stessi infatti tramite gli impalcati supposti rigidi nel loro piano (date le loro caratteristiche) confluisce la maggior parte del taglio sismico.
- 2- Ancoraggio efficace dei vani scala agli impalcati tramite posizionamento di briglie metalliche adeguatamente collegate agli impalcati. Tale intervento viene calcolato per trasmettere efficacemente il taglio di progetto dall'impalcato ai vani scala ed evitare così l'impegno di un singolo vano scala in direzione X.
- 3- Realizzazione di controventatura, costituita da piatti in acciaio 200 x 100 delle pilastrate più esterne a piano terra con lo scopo principale di contrastare al massimo il comportamento torsionale e proteggere così le colonne limitandone lo spostamento relativo sommità-base (drift).
- 4- Realizzazione di controventatura di irrigidimento della copertura dell'anfiteatro al fine di limitare gli spostamenti dei correnti inferiori (attualmente liberi) in caso di azione sismica
- 5- Realizzazione di controventatura delle strutture verticali della palestra con il posizionamento di croci realizzate con trefoli in acciaio armonico opportunamente tesati sui due livelli ad eccezione di quelli posti sui lati lunghi a piano terra che, per esigenze funzionali e di sicurezza, sono realizzati con saette inclinate a 45° resistenti sia a trazione che a compressione.



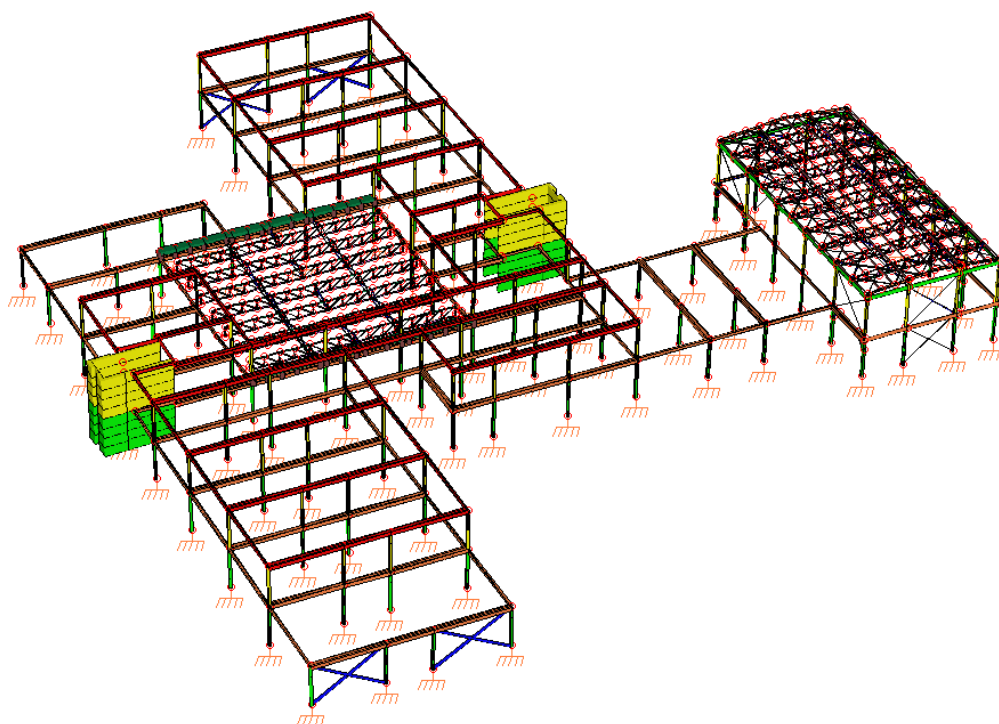


Fig.6 – Modello della struttura modificato con gli interventi previsti (colore blu)

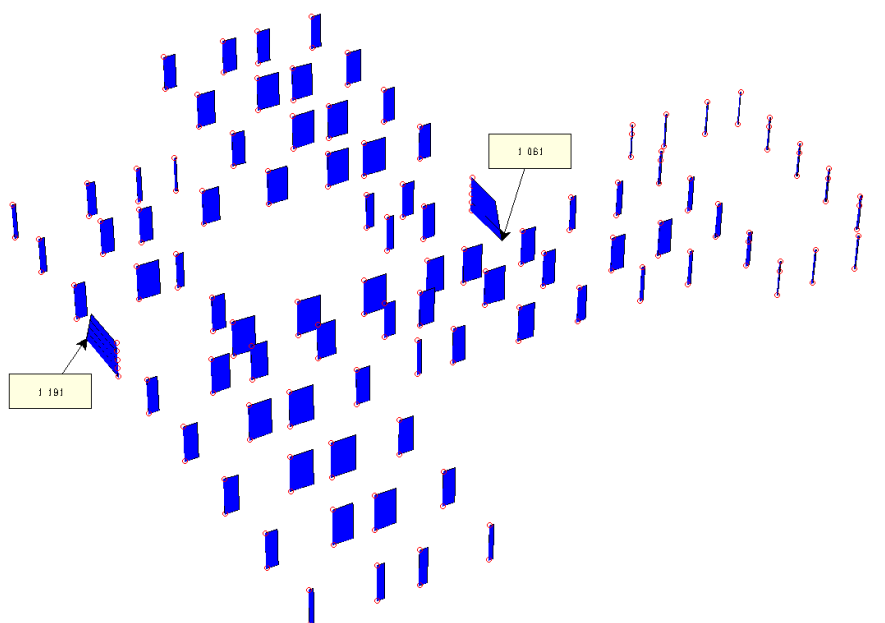


Fig. 7 – Azione assiale (kN) – con evidenziati i valori in corrispondenza dei vani scale (1191 kN , 1061 kN)

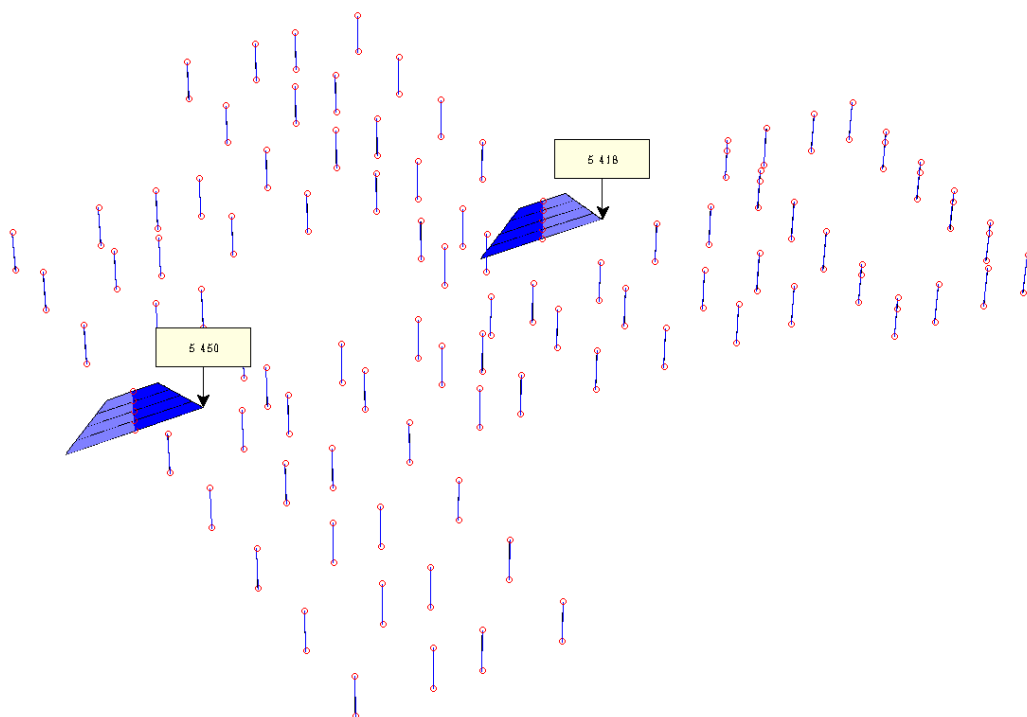


Fig. 8 – Momento Flettente X (kNm) – con evidenziati i valori in corrispondenza dei vani scale (5450 kN , 5418 kN)

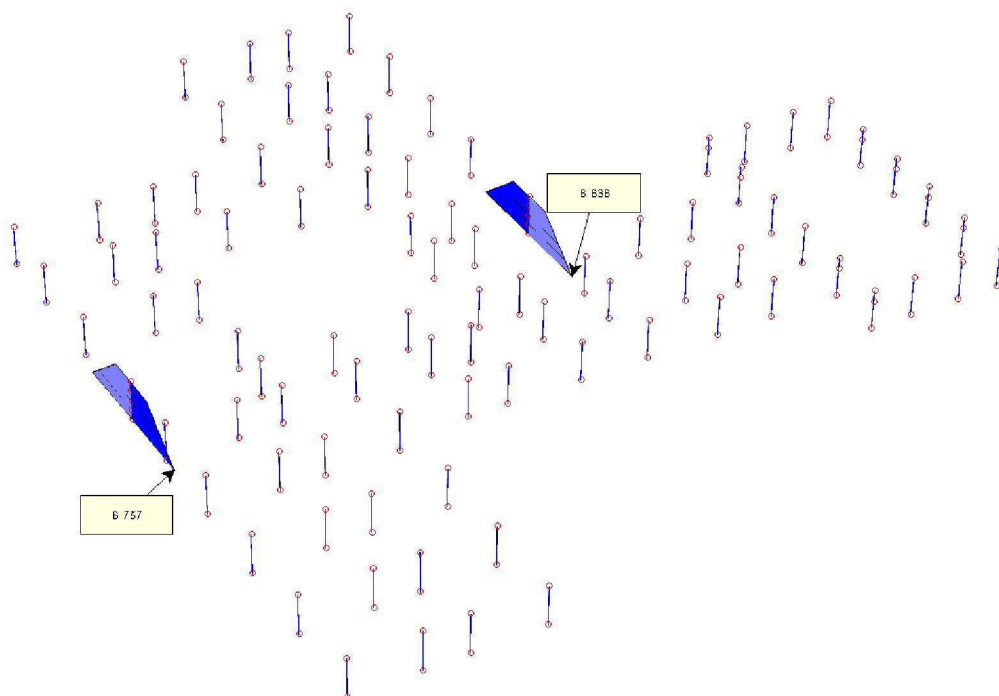


Fig. 9 – Momento Flettente Y (kNm) – con evidenziati i valori in corrispondenza dei vani scale (6757kN , 6636 kN)

Dopo aver modificato il modello in funzione degli interventi previsti (ved. fig.6), si è nuovamente eseguita l'analisi dinamica lineare ottenendo i risultati illustrati nelle figure 7 – 8 – 9.

Si è quindi eseguita la verifica della sezione composta del vano scala, tenendo conto dell'intervento di retrofitting che consiste nella placcatura della parte esterna del vano con un getto di calcestruzzo fibrorinforzato armato di spessore 10cm.

La verifica è soddisfatta con una riduzione all'**83% ( $\zeta_E$ )** della domanda di taglio sugli elementi sismoresistenti (ved. figura10 -  $N = 1190\text{kN}$ ,  $M_x = 4579\text{kN}$ ,  $M_y = 5697\text{kN}$ )

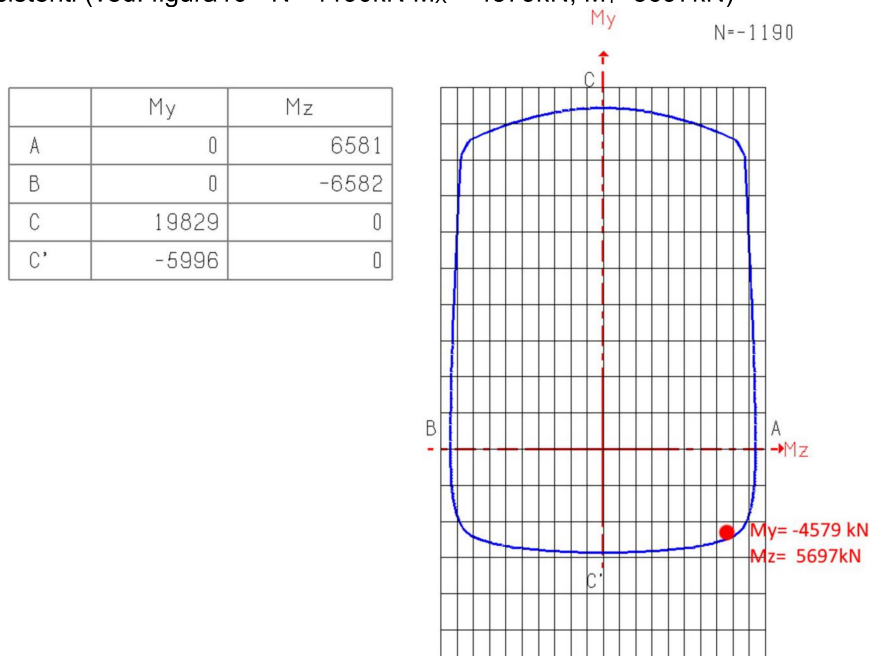


Fig. 10 – Verifica sezione vano scale rinforzata

Il rapporto capacità/domanda  $\zeta_E$  ottenuto con gli interventi di miglioramento in progetto, rispetta il requisito richiesto al punto 8.4.2 del DM 17/01/2018 in quanto risulta superiore al 60%.

#### 8.4.2. INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

La valutazione della sicurezza e il progetto di intervento dovranno essere estesi a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, nonché alla struttura nel suo insieme.

Per la combinazione sismica delle azioni, il valore di  $\zeta_E$  può essere minore dell'unità. A meno di specifiche situazioni relative ai beni culturali, per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV il valore di  $\zeta_E$ , a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere comunque non minore di 0,6, mentre per le rimanenti costruzioni di classe III e per quelle di classe II il valore di  $\zeta_E$ , sempre a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere incrementato di un valore comunque non minore di 0,1.

Nel caso di interventi che prevedano l'impiego di sistemi di isolamento, per la verifica del sistema di isolamento, si deve avere almeno  $\zeta_E = 1,0$ .

## 5. QUADRO SPECIFICO DEI COSTI E TEMPISTICHE

### 5.1 STIMA DEI COSTI

Estraendo dai computi metrici estimativi si può riassumere quanto segue:

OG 1 LAVORI EDILI (opere in calcestruzzo armato)	€	76.933,16
OG 1 LAVORI EDILI (protezione antincendio strutture)	€	148.097,28

OS18/21 OPERE SPECIALISTICHE (strutture in acciaio)	€	31.348,24
---	---	-----------

<b>TOTALE IMPORTO OPERE COMPUTATE</b>	<b>€</b>	<b>256.378,68</b>
---------------------------------------	----------	-------------------

## 5.2 STIMA DEI TEMPI

Sulla base dell'incidenza della manodopera sui prezzi unitari si possono stimare i seguenti tempi, nell'ipotesi di 8 ore di lavoro giornaliero feste escluse:

- Opere in c.a. per intervento di retrofitting dei vani scale	15gg
- Controventatura verticale blocco aule / servizi	3gg
- Controventature orizzontale copertura anfiteatro	7gg
- Controventatura verticale palestra	8gg
- Controventatura orizzontale palestra	15gg
<b>TOTALE</b>	<b>48gg</b>

**Busto Arsizio, 20 giugno 2018**

**Il progettista:**

Ing. Roberto Torresan