

Città di Torino  
Settore edilizia scolastica nuove opere

VERIFICHE TECNICHE  
STRUTTURALI SU EDIFICI SCOLASTICI  
INSERITI NELLE OPERE DI MANUTENZIONE  
STRAORDINARIA  
CIRCOSCRIZIONI 7-8-1 PARTE (CENTRO)

## **PERIZIA STATICA PRELIMINARE**

*(fase 1)*

*Scuola Materna statale “Giuria”*

*Via Pietro Giuria n. 43 - TORINO*

Il professionista

Ing. Carmelo RINALDIS

# Indice

1.	Introduzione .....	3
2.	Riferimenti normativi.....	3
3.	Documentazione acquisita.....	4
4.	Descrizione generale dell'opera .....	4
5.	Descrizione delle strutture.....	5
6.	Analisi del quadro fessurativo e delle criticità riscontrate .....	6
7.	Criteri di analisi svolta .....	6
8.	Analisi strutturale secondo normativa originaria .....	6
8.1.	Criteri generali di analisi e di verifica .....	6
8.2.	Caratteristiche dei materiali .....	7
8.3.	Analisi dei carichi.....	7
8.4.	Analisi delle sollecitazioni e verifica elementi .....	8
9.	Valutazione della sicurezza secondo normativa attuale (NTC 2008).....	10
9.1.	Criteri generali di analisi e di verifica .....	11
9.2.	Caratteristiche dei materiali .....	12
9.3.	Analisi dei carichi.....	13
9.4.	Analisi delle sollecitazioni e verifica elementi .....	13
10.	Conclusioni.....	15

## 1. Introduzione

Nel contesto delle opere di manutenzione straordinaria di alcuni edifici scolastici appartenenti alle circoscrizioni 7, 8 e parte della 1, nel territorio della Città di Torino, sono previste delle verifiche tecniche strutturali, nella forma di perizia statica, in conformità alle leggi vigenti all'epoca della costruzione, e la valutazione della sicurezza secondo la procedura prevista dal D.M. 14/1/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Lo svolgimento delle verifiche suddette è articolato in due fasi temporali, di seguito descritte:

- Fase 1: predisposizione di una perizia statica preliminare, valutando la sicurezza strutturale dell'edificio nel rispetto delle normative vigenti all'epoca della costruzione e delle normative attuali, e progettazione di una campagna di indagini conoscitive sulle strutture e sui materiali costitutivi;
- Fase 2: direzione operativa della campagna di indagini conoscitive ed emissione, ove ricorrano le condizioni, del certificato di idoneità statica, accompagnato dalla perizia statica conclusiva.

Nella fase attuale di verifica (Fase 1) sussistono naturalmente delle incertezze, differenti da caso a caso in funzione delle informazioni già disponibili e dalla facilità di comprensione della struttura tramite semplici rilievi visivi. Per tale ragione, la valutazione della sicurezza statica è da considerarsi in ogni caso approssimativa, e dunque la perizia statica dovrà ritenersi "preliminare".

La presente perizia statica riguarda le strutture del plesso scolastico in cui ha sede la scuola materna "Giuria", sita in via Pietro Giuria n. 43 a Torino.

La prima parte della relazione comprende la descrizione generale dell'opera e delle strutture, l'inquadramento storico del fabbricato e l'eventuale evoluzione costruttiva, e i risultati dei rilievi e delle indagini condotte (Capitoli 2 – 7); la seconda riguarda l'analisi dei risultati ottenuti applicando la normativa vigente all'epoca della costruzione (Capitolo 8), mentre la terza parte riassume una valutazione dei livelli di sicurezza secondo il D.M. 14/1/2008 attualmente vigente (Capitolo 9).

La documentazione fotografica a corredo della presente relazione è riportata nell'Allegato n. 1.

## 2. Riferimenti normativi

La Normativa di riferimento per l'esecuzione delle verifiche tecniche è riportata di seguito:

1. Regio Decreto n. 2229 del 16/11/1939 "Norme per la esecuzione delle opere in conglomerato cementizio semplice od armato";

2. Circ. Min. LL.PP. n. 1472 del 23/05/1957 “Armature delle strutture in cemento armato”;
3. Circ. Min. LL.PP. n. 1547 del 17/05/1965 “Caratteristiche e modalità di impiego nel cemento armato degli acciai ad aderenza migliorata”;
4. Norme CNR UNI 10012/67 “Ipotesi di carico sulle costruzioni”;
5. D.M. LL.PP. n. 180 del 30/05/1972;
6. D.M. LL.PP. n. 198 del 30/05/1974;
7. Legge n. 1086 del 5/11/1971 “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica”;
8. D.M. 14/01/2008 “Norme tecniche per le costruzioni”, S.O. n. 30 alla G.U. n. 29 del 4/2/08 (*abbreviate nel seguito come “NTC 2008”*);
9. Circolare esplicativa delle Norme Tecniche per le Costruzioni, di cui al n. 617 S.O. del n. 27 alla G.U. n. 47 del 26/2/2009 (*abbreviata nel seguito come “Circolare delle NTC 2008”*).

### 3. Documentazione acquisita

Dal momento che non è disponibile alcuna documentazione relativa ai fabbricati, le informazioni sulla geometria delle strutture dovranno essere acquisite tramite un dettagliato rilievo ex-novo, integrato da un progetto simulato che ipotizzi l'organismo resistente.

### 4. Descrizione generale dell'opera

Il plesso scolastico in oggetto è costituito da un singolo fabbricato, ubicato nella circoscrizione 8 del territorio comunale della Città di Torino, con accesso principale da via Giuria n. 43, progettato nel 1976 circa e costruito nel 1978 circa.

Il fabbricato è formato da 14 unità modulari mobili prefabbricate, ad un piano fuori terra, poste sfalsate tra loro; ciascuna di esse ha dimensioni pari a 16.60 x 3.60 m circa (cfr. Allegato 1 fig. 1-2). Secondo quanto riferito dai tecnici comunali, l'opera doveva avere un carattere provvisorio, come si può anche dedurre dalla tipologia costruttiva utilizzata.

Le unità modulari sono state prodotte dalla ditta “International Happy Home S.p.A.” di Volvera (TO) (cfr. Allegato 1 fig. 6), che non risulta però più rintracciabile.

Il piano di calpestio dell'edificio si trova sopraelevato rispetto alla quota del piano terreno di circa un metro. Sempre secondo le informazioni dei tecnici comunali, la tipologia costruttiva delle unità modulari sarebbe costituita da pannelli in legno, con interposto isolamento termico in lana di vetro, e rivestiti da fogli di lamiera preverniciata, per uno spessore totale di circa 15 cm (cfr. Allegato 1

fig. 1-2). Le partizioni interne sono invece realizzate in pannelli di cartongesso, per uno spessore finito di 10 cm.

E' presente una controsoffittatura di tipo leggero con orditura nascosta, in tutti i locali destinati ad attività didattiche, con eccezione quindi dei servizi e della cucina (cfr. Allegato 1 fig. 3), nei quali è presente un soffitto intonacato.

L'altezza interpiano netta, misurata fino al controsoffitto, è pari a 3,00 m circa.

## 5. Descrizione delle strutture

*In riferimento a quanto indicato nel capitolo introduttivo, si premette che la conoscenza della struttura e dei materiali costitutivi in questa fase di verifica (Fase 1) è fortemente limitata, a causa della mancanza di documentazione progettuale e di qualsiasi elemento portante visibile nelle parti in elevazione. In particolare, non si è potuto stabilire se i pannelli che costituiscono il modulo abitativo siano strutturalmente collaboranti o meno.*

*Si è pertanto proceduto a rilevare in situ la geometria e le strutture di fondazione visibili ad occhio nudo e ad ipotizzare un organismo resistente per l'unità modulare. Nel seguito vengono descritte le assunzioni e le ipotesi derivante da tale procedimento.*

Le strutture di elevazione sono formate *presumibilmente* da piedritti in profili metallici di acciaio (cfr. Allegato 1 fig. 5), che sostengono delle travature reticolari piane a livello della copertura, su cui poggiano arcarecci per il supporto del manto di rivestimento.

Ciascuna unità modulare poggia su una fondazione sopraelevata costituita da due ordini di travi metalliche a Z, disposte parallelamente al lato maggiore e internamente rispetto al filo esterno dell'unità, sorrette da supporti prefabbricati in calcestruzzo, di forma troncopiramidale con sezione di base di 30 x 30 cm circa (cfr. Allegato 1 fig. 7-8). I supporti poggiano su un battuto di magrone di calcestruzzo.

La parte di fabbricato che resta a sbalzo viene sostenuta da mensole metalliche saldate sull'anima delle travi principali, ad interasse di circa 1m (cfr. Allegato 1 fig. 7).

Ortogonalmente alle travi principali, lungo il lato minore dell'unità modulare, sono poste due travi di bordo, anch'esse in acciaio, a sostegno dei pannelli di tamponamento esterni.

Gli elaborati grafici di supporto alle verifiche sono riprodotti nell'Allegato 2 alla presente relazione.

## 6. Analisi del quadro fessurativo e delle criticità riscontrate

Durante i sopralluoghi del 13 maggio e del 22 giugno 2010, l'indagine visiva ha evidenziato i seguenti aspetti:

- Non appaiono fessurazioni visibili ad occhio nudo nelle partizioni interne ed esterne;
- Le travi di fondazione appaiono in discreto stato di conservazione, almeno per quanto visibile dalle botole di ispezione poste sul perimetro delle unità modulari.

*Si sottolinea che non è stato possibile ispezionare la copertura, le ipotetiche strutture di sostegno in elevazione (piedritti e reticolari metalliche) e il locale destinato la centrale termica. Si dovrà pertanto procedere, nella Fase 2 delle verifiche, ad una campagna di indagine approfondita, per identificare la tipologia di organismo resistente e la relativa geometria.*

## 7. Criteri di analisi svolta

Sulla base delle informazioni acquisite durante i rilievi e delle ipotesi definite in precedenza, l'analisi della struttura è stata condotta per un semi modulo (cfr. Allegato 2) con i criteri della Scienza delle Costruzioni, ipotizzando schemi statici semplificati, che presuppongono un comportamento statico a telaio per la parte in elevazione, con i piedritti vincolati al piede dalle travi di fondazione e in sommità dalle travature reticolari. L'analisi strutturale viene condotta in campo lineare e considerando il materiale perfettamente elastico.

## 8. Analisi strutturale secondo normativa originaria

Sulla base dell'epoca di realizzazione dell'edificio e dall'analisi della normativa storica, si desume che la normativa in vigore al momento della costruzione del fabbricato era la seguente:

- Per il calcestruzzo armato: D.M. LL.PP. n. 198 del 1974;
- Per l'acciaio da carpenteria: UNI CNR 10011/88;
- Per le azioni sulle costruzioni: UNI CNR 10012/67

*Nota: si utilizzano le norme UNI CNR 10011/88 come riferimento per le costruzioni di acciaio, sebbene siano successive alla data di costruzione dell'edificio, in quanto la normativa precedente sull'acciaio non è definita.*

### 8.1. Criteri generali di analisi e di verifica

Nel rispetto della normativa originaria sopra riportata, la struttura è stata verificata con il metodo delle tensioni ammissibili. La sicurezza è pertanto valutata confrontando le sollecitazioni agenti

negli elementi strutturali con i valori di tensione ammissibile fissata per l'acciaio da carpenteria metallica. Le verifiche sono condotte in funzione della geometria degli elementi strutturali rilevati in situ (elementi di fondazione - cfr. Allegato 2) e dei profili metallici ipotizzati in un progetto simulato, in accordo con la normativa dell'epoca.

## 8.2. Caratteristiche dei materiali

Come specificato nel capitolo introduttivo, a causa dell'assenza di documentazione originale di progetto si ipotizzano le seguenti caratteristiche dei materiali:

<b>CALCESTRUZZO (supporti in fondazione)</b>		
Tipo di cemento	-	32.5
Classe di resistenza $R_{ck}$	N/mm <sup>2</sup>	20
Tensione ammissibile $\sigma_{c,amm}$	N/mm <sup>2</sup>	7.25
Modulo elastico normale ( $E_{cm}$ )	N/mm <sup>2</sup>	25456
Modulo elastico tangenziale ( $G_{cm}$ )	N/mm <sup>2</sup>	11068
Coefficiente di Poisson $\nu$	-	0.15
Peso specifico calcestruzzo armato	kN/m <sup>3</sup>	25

<b>ACCIAIO DA CARPENTERIA</b>		
Tipo	-	Fe360
Tensione ammissibile $\sigma_{s,amm}$	N/mm <sup>2</sup>	160
Modulo elastico normale ( $E_{sm}$ )	N/mm <sup>2</sup>	210000
Modulo elastico tangenziale ( $G_{sm}$ )	N/mm <sup>2</sup>	91304
Coefficiente di Poisson $\nu$	-	0.15
Peso specifico	kN/m <sup>3</sup>	78.5

### Terreno di sottosuolo

Le caratteristiche del terreno di sottosuolo per il sito in esame non sono conosciute. Ciò nonostante, considerati i carichi limitati che giungono in fondazione, la presenza di numerosi supporti che consentono di ridurre i valori delle singole reazioni e la realizzazione di un battuto di magrone di calcestruzzo, si può ipotizzare a favore di sicurezza un tasso ammissibile sul terreno pari a 100 kN/m<sup>2</sup>. Tale assunzione dovrà essere validata, o meno, da una specifica indagine sulle caratteristiche del terreno, da effettuarsi con la seconda fase di verifiche (Fase 2).

## 8.3. Analisi dei carichi

Ai fini delle verifiche, le azioni variabili che si manifestano sulla struttura sono valutate in riferimento ai valori nominali, individuati dalle norme UNI CNR 10012/67 per la pertinente

destinazione d'uso, mentre le azioni permanenti derivano dalle ipotesi fatte sulla tipologia e geometria degli elementi in situ. Le tabelle seguenti riassumono i valori utilizzati:

*Solaio piano terra (aule scolastiche)*

**Carichi permanenti**

Solaio in travetti di legno e sottofondo in pannelli	kN/m <sup>2</sup>	1.00
Permanenti portati (pavimentazione in linoleum)	kN/m <sup>2</sup>	1.00
<b>Totale</b>	kN/m <sup>2</sup>	<b>2.00</b>

**Carichi variabili**

Carico variabile (aule scolastiche)	kN/m <sup>2</sup>	<b>3.50</b>
<b>Totale</b>	kN/m <sup>2</sup>	<b>5.50</b>

*Solaio di copertura*

**Carichi permanenti**

Solaio in reticolari metalliche	kN/m <sup>2</sup>	1.50
Permanenti portati (lamiera)	kN/m <sup>2</sup>	0.50
<b>Totale</b>	kN/m <sup>2</sup>	<b>2.00</b>

**Carichi variabili**

Carico variabile (neve)	kN/m <sup>2</sup>	<b>0.90</b>
<b>Totale</b>	kN/m <sup>2</sup>	<b>2.90</b>

La controsoffittatura è di tipo leggero e ha un peso stimato pari a **0.50** kN/m<sup>2</sup>, comprensivo di orditura e di pendinatura.

**8.4. Analisi delle sollecitazioni e verifica elementi**

Nel seguito si riportano i dettagli delle verifiche svolte su alcuni elementi, selezionati tra quelli più significativi, in funzione delle ipotesi fatte in precedenza e delle risultanze di un progetto simulato.

**Trave reticolare - livello copertura**

*Si considera il tratto di reticolare compreso tra due piedritti, avente lunghezza  $L = 6.90$  m circa.*

da progetto simulato:

- corrente inferiore: UPN 100
- corrente superiore: UPN 100
- diagonali e montanti: doppio L40x40x4

Forza applicata sui nodi della reticolare in corrispondenza degli arcarecci:

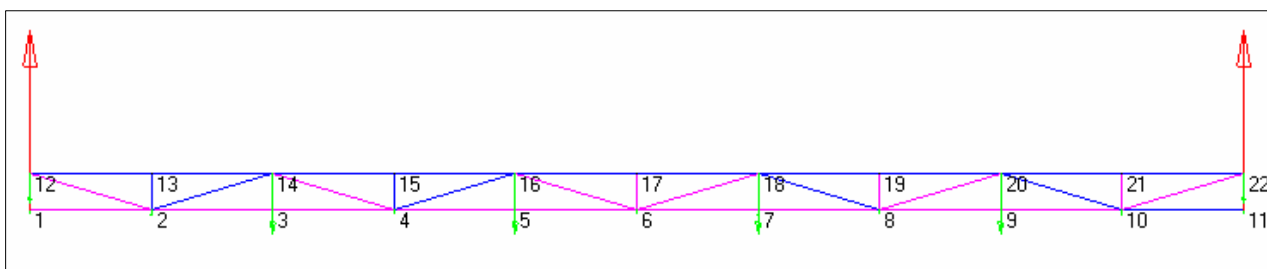
$$N = (1.80 \times 1.28) \text{ m}^2 \times 2.90 \text{ kN/m}^2 = 6.68 \text{ kN}$$

Forza applicata sui nodi del corrente inferiore per carico appeso dovuto a controsoffitto:

$$N_{\text{contr}} = (1.80 \times 0.64) \text{ m}^2 \times 0.50 \text{ kN/m}^2 = 0.58 \text{ kN}$$



Lo schema statico della reticolare è illustrato nella figura seguente:



L'analisi statica ha fornito i seguenti risultati:

Sforzo max (compressione) asta del corrente superiore:  $N_{\max, \text{sup}} = -151 \text{ kN}$   
 Area profilo superiore:  $1345 \text{ mm}^2$   $\lambda = 43 \rightarrow \omega = 1.07$  (da UNI CNR 10011/88)  
 Sollecitazione:  $\sigma_s = \omega N_{\max, \text{sup}}/A = 120 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{s, \text{amm}, I} (=160 \text{ N/mm}^2)$

Sforzo max (trazione) asta del corrente inferiore:  $N_{\max, \text{inf}} = 150 \text{ kN}$   
 Area profilo inferiore:  $1345 \text{ mm}^2$   
 Sollecitazione:  $\sigma_{s, \text{inf}} = 111.5 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{s, \text{amm}, I} (=160 \text{ N/mm}^2)$

Sforzo max (trazione) asta del diagonale:  $N_{\max, \text{diag}} = 53 \text{ kN}$   
 Area profilo diagonale:  $610 \text{ mm}^2$   
 Sollecitazione:  $\sigma_{s, \text{diag}} = 86.9 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{s, \text{amm}, I} (=160 \text{ N/mm}^2)$

Sforzo max (compressione) asta del diagonale:  $N_{\max, \text{diag}} = -51 \text{ kN}$   
 Area profilo diagonale:  $610 \text{ mm}^2$   $\lambda = 58 \rightarrow \omega = 1.30$  (da UNI CNR 10011/88)  
 Sollecitazione:  $\sigma_{s, \text{diag}} = \omega N_{\max, \text{diag}}/A = 108.7 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{s, \text{amm}, I} (=160 \text{ N/mm}^2)$

Sforzo max (compressione) asta del montante:  $N_{\max, \text{montante}} = -19 \text{ kN}$   
 Area profilo montante:  $610 \text{ mm}^2$   
 Sollecitazione:  $\sigma_{s, \text{montante}} = 31 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{s, \text{amm}, I} (=160 \text{ N/mm}^2)$

**Arcareccio** - livello copertura - luce netta =  $3.60 \text{ m}$

da progetto simulato: **UPN 100**  
 $W_y = 41069 \text{ mm}^3$

Si ipotizza uno schema statico in semplice appoggio, con momento flettente pari a  $ql^2/8$  in mezzeria.

Interasse stimato tra arcarecci =  $1.28 \text{ m}$

Carico totale su arcareccio:

$q = 1.28 \text{ m} \times 2.90 \text{ kN/m}^2 = 3.71 \text{ kN/m}$

Momento flettente =  $6 \text{ kNm}$

Sollecitazione nell'arcareccio:  $\sigma_s = 146.1 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{s, \text{amm}, I} (=160 \text{ N/mm}^2)$

**Piedritto** -  $H = 3.00 \text{ m}$  circa

da progetto simulato: **UPN 100**  
 Area sezione:  $A_s = 1345 \text{ mm}^2$

Sforzo normale al piede:

$N_p = (6.9 \times 1.8) \text{ m}^2 \times 2.9 \text{ kN/m}^2 = 36 \text{ kN}$

Nota: lo schema statico di trave reticolare incernierata (ipotizzata in questa fase di verifica) non prevede la trasmissione di momenti ai piedritti.

### Sostegno di fondazione:

Sezione di base (30 x 30 cm):	$A_p = 0.09 \text{ m}^2$
Area di competenza:	$A_{\text{comp}} = (1.80 \times 3.00) = 5.40 \text{ m}^2$
Carico al piede del sostegno:	$N_{\text{tot}} = 5.40 \times 5 \text{ kN/m}^2 = 27 \text{ kN}$
Sollecitazione di compressione sul cls:	$\sigma_c = 0.3 \text{ N/mm}^2$ ( $< \sigma_{c,\text{adm}} = 7.25 \text{ N/mm}^2$ )
Sollecitazione sul terreno:	$\sigma_t = (N_{\text{tot}} + P_{\text{magrone}})/A = (27 + 3.75)/1 = 30.75 \text{ kN/m}^2$ ( $< \sigma_{t,\text{adm}} = 100 \text{ kN/m}^2$ )
considerando una striscia di magrone di 1x1 metri.	

Tutti gli elementi sopra verificati, ai sensi della normativa dell'epoca, danno ovviamente dei risultati favorevoli, in quanto i profili esaminati sono frutto di un progetto simulato. Per la validazione di tali risultati sono però necessari dei riscontri sul costruito, in primis sull'effettiva correttezza delle assunzioni circa l'organismo strutturale resistente, e successivamente su geometria e resistenza delle membrature portanti; tali riscontri verranno eseguiti con la campagna di indagini e prove prevista nella seconda fase di verifiche (Fase 2).

## 9. Valutazione della sicurezza secondo normativa attuale (NTC 2008)

Ai sensi della normativa tecnica vigente (NTC 2008), la valutazione della sicurezza delle costruzioni esistenti dovrà essere condotta nel rispetto degli stati limite ultimi, nella combinazione relativa allo stato di salvaguardia della vita umana (SLV) o allo stato di collasso (SLC); nella presente relazione, la verifica è condotta nei confronti dello SLV.

*Non sono contemplate invece, per la finalità delle presenti verifiche statiche, le azioni di tipo sismico.*

L'analisi storico-critica del fabbricato è descritta nel capitolo 3, mentre il rilievo geometrico-strutturale, eseguito in occasione dei sopralluoghi alle opere, è sintetizzato negli elaborati grafici allegati alla presente relazione (Allegato 2).

La Normativa prevede che, sulla base delle informazioni già disponibili e dei risultati della campagna di prove in progetto, il livello di conoscenza *raggiungibile* per la struttura in esame si classifichi come "limitato" o LC1, stante il quadro di incertezza generale sulla costruzione.

Nelle presenti verifiche preliminari si adotta il medesimo livello di conoscenza, sebbene non siano ancora state eseguite le verifiche in situ e le prove previste nella Fase 2.

Il livello di conoscenza adottato è definito dagli aspetti sotto elencati:

Geometria: è nota in base ai rilievi in situ, condotto, per le finalità insite in questa prima fase di verifica, sugli elementi strutturali direttamente ispezionabili, mentre non è nota la geometria delle parti portanti in elevazione;

Dettagli costruttivi: i dettagli costruttivi delle membrature metalliche e loro giunzioni non sono disponibili dagli elaborati esecutivi delle strutture e sono dunque ricavati da un progetto simulato, in accordo con la normativa dell'epoca della costruzione.

Secondo la Normativa attuale (cfr. Tab. C8A.1.2 della Circolare), in questa configurazione sono richieste *limitate verifiche in-situ*, effettuando un rilievo delle caratteristiche dei collegamenti sul 15% del totale degli elementi strutturali. Tali rilievi saranno oggetto di una specifica campagna di indagini conoscitive, da eseguirsi nella Fase 2 di verifica.

Proprietà dei materiali: le informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali non sono disponibili, e quindi si adottano i valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca, convalidati da limitate prove in-situ.

Secondo la Normativa attuale (cfr. Tab. C8A.1.2 della Circolare), sono quindi richieste *limitate prove in-situ*, nella misura di 1 provino di acciaio e di 1 campione di bullone o chiodo (se presenti) per piano dell'edificio.

Tali prove saranno oggetto di una specifica campagna di indagini conoscitive, da eseguirsi nella Fase 2 di verifica.

Il fattore di confidenza (FC) corrispondente al livello di conoscenza assunto è pari a **1.35** (cfr. Tab. C8A.1.2 della Circolare).

*Si specifica che allo stato attuale non è possibile accertare se i pannelli di tamponamento esterno di ciascuna unità mobile abbiano o meno funzione portante.*

### **9.1. Criteri generali di analisi e di verifica**

#### Vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento

L'edificio in progetto rientra tra le opere di importanza provvisoria (NTC Tabella 2.4.I), per cui la vita nominale è pari a  $V_N \geq 10$  anni. La classe d'uso è invece determinata come Classe III, in quanto si tratta di edifici scolastici, come precisato nelle Istruzioni alle NTC al § 2.4.2.

Di conseguenza, il periodo di riferimento è pari al valore minimo, ossia a  $V_R \geq 35$  anni.

### Combinazione delle azioni

Per la verifica allo Stato Limite Ultimo (SLV):

Valori dei coefficienti di combinazione adottati:

$$\sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Categoria	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
C.1 (scuole)	0.7	0.7	0.6
Vento	0.6	0.2	0.0
Neve	0.5	0.2	0.0

I coefficienti parziali di sicurezza per le azioni sono derivati dalle NTC - Tabella 2.6.I e sono pari a:

$$\gamma_{g1} = 1.3$$

$$\gamma_{g2} = 1.5$$

$$\gamma_q = 1.5$$

## 9.2. Caratteristiche dei materiali

Dove non specificato diversamente, si fa riferimento ai valori riportati nel capitolo precedente relativo alle verifiche secondo la normativa dell'epoca di costruzione.

<b>CALCESTRUZZO (supporti in fondazione)</b>		
Resistenza media caratteristica di riferimento $R_{ck,m}$	N/mm <sup>2</sup>	20
Resistenza media caratteristica $f_{c,m}$	N/mm <sup>2</sup>	16.6
Coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_c$	-	1.5
Resistenza di calcolo $f_{cd,LC}$	N/mm <sup>2</sup>	6.97
Modulo elastico normale (E <sub>cm</sub> /FC)	N/mm <sup>2</sup>	20152
Modulo elastico tangenziale (G <sub>cm</sub> /FC)	N/mm <sup>2</sup>	8762
Coefficiente di Poisson $\nu$	-	0.15
Peso specifico calcestruzzo armato	kN/m <sup>3</sup>	25

<b>ACCIAIO DA CARPENTERIA</b>		
Tipo	-	Fe360
$f_{yk}$	N/mm <sup>2</sup>	235
Coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_s$	-	1.05
$f_{yd,LC}$	N/mm <sup>2</sup>	166
Modulo elastico normale (E <sub>sm</sub> /FC)	N/mm <sup>2</sup>	155555
Modulo elastico tangenziale (G <sub>sm</sub> /FC)	N/mm <sup>2</sup>	67633
Coefficiente di Poisson $\nu$	-	0.15
Peso specifico	kN/m <sup>3</sup>	78.5

### Terreno di sottosuolo

Si rimanda a quanto descritto nel par. 8.2 relativamente alle caratteristiche del terreno di fondazione, attualmente sconosciute.

### 9.3. Analisi dei carichi

Ai fini delle verifiche, le azioni che si manifestano sulla struttura sono valutate in riferimento al raggiungimento dello stato limite ultimo (SLV), nella combinazione indicata in precedenza.

I carichi variabili sono desunti dai valori di Normativa (NTC 2008), mentre quelli permanenti derivano dalle ipotesi fatte sulla tipologia e geometria degli elementi in situ. Le tabelle seguenti riassumono i valori utilizzati:

#### *Solaio piano terra (aule scolastiche)*

##### **Carichi permanenti $G_k$**

Solaio in travetti di legno e sottofondo in pannelli	kN/m <sup>2</sup>	1.00
Permanenti portati (pavimentazione in linoleum)	kN/m <sup>2</sup>	1.00
<b>Totale <math>G_k</math></b>	kN/m <sup>2</sup>	<b>2.00</b>

##### **Carichi variabili $Q_k$**

Carico variabile (cat. C1 scuole)	kN/m <sup>2</sup>	<b>3.00</b>
<b>Totale <math>G_k + Q_k</math></b>	kN/m <sup>2</sup>	<b>5.00</b>

#### *Solaio di copertura*

##### **Carichi permanenti $G_k$**

Solaio in reticolari metalliche	kN/m <sup>2</sup>	1.50
Permanenti portati (lamiera)	kN/m <sup>2</sup>	0.50
<b>Totale <math>G_k</math></b>	kN/m <sup>2</sup>	<b>2.00</b>

##### **Carichi variabili $Q_k$**

Carico variabile (neve)	kN/m <sup>2</sup>	<b>1.35</b>
<b>Totale <math>G_k + Q_k</math></b>	kN/m <sup>2</sup>	<b>3.35</b>

### 9.4. Analisi delle sollecitazioni e verifica elementi

Nel seguito si riportano i dettagli delle verifiche svolte sugli stessi elementi analizzati in precedenza, nel capitolo relativo alle verifiche secondo normativa dell'epoca, per consentire un confronto diretto del livello di sicurezza atteso, in rapporto alle due diverse normative. *Le verifiche sono condotte, come già indicato, in funzione delle sezioni e dei profili metallici ipotizzato con un progetto simulato.*

#### **Trave reticolare - livello copertura**

Si considera il tratto di reticolare compreso tra due piedritti, avente lunghezza  $L = 6.90$  m circa.

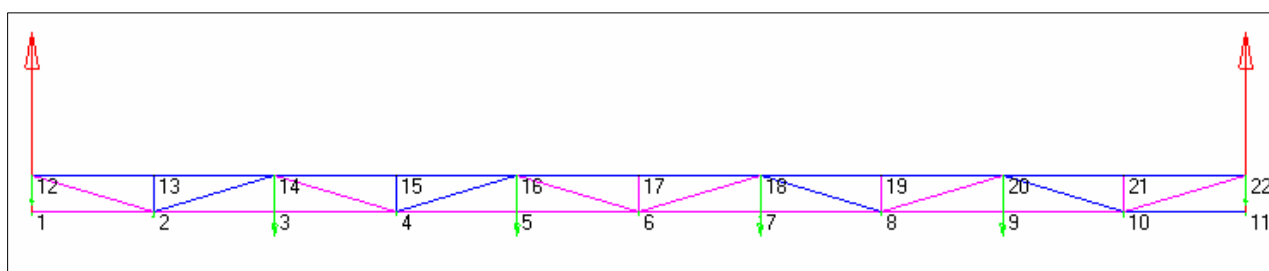
da progetto simulato:                      corrente inferiore:    **UPN 100 (classe 1)**

corrente superiore: UPN 100 (classe 1)  
 diagonali e montanti: doppio L40x40x4 (classe 3)

carico uniforme in combinazione SLU:  $q = 4.275 \text{ kN/m}$   
 Forza applicata sui nodi della reticolare in corrispondenza degli arcarecci:  
 $N = (1.80 \times 1.28) \text{ m}^2 \times 4.725 \text{ kN/m}^2 = 10.88 \text{ kN}$

Forza applicata sui nodi del corrente inferiore per carico appeso dovuto a controsoffitto:  
 $N_{\text{contr}} = (1.80 \times 0.64) \text{ m}^2 \times 0.75 \text{ kN/m}^2 = 0.86 \text{ kN}$

Lo schema statico della reticolare è illustrato nella figura seguente:



L'analisi statica ha fornito i seguenti risultati:

Sforzo max (compressione) asta del corrente superiore:  $N_{\text{sd,max,sup}} = -243 \text{ kN}$   
 Area profilo superiore:  $1345 \text{ mm}^2$

Sollecitazione ideale di compressione semplice:  $N_{\text{Rd,sup}} = A \times f_{\text{yd,LC}} = 223 \text{ kN} < |N_{\text{sd,max,sup}}|$   
verifica non soddisfatta

Sforzo max (trazione) asta del corrente inferiore:  $N_{\text{sd,max,inf}} = 242 \text{ kN}$   
 Area profilo inferiore:  $1345 \text{ mm}^2$

Sollecitazione di trazione semplice:  $N_{\text{Rd,inf}} = A \times f_{\text{yd,LC}} = 223 \text{ kN} < N_{\text{sd,max,inf}}$   
verifica non soddisfatta

Sforzo max (trazione) asta del diagonale:  $N_{\text{sd,max,diag}} = 86 \text{ kN}$   
 Area profilo diagonale:  $610 \text{ mm}^2$

Sollecitazione di trazione semplice:  $N_{\text{Rd,diag}} = A \times f_{\text{yd,LC}} = 101 \text{ kN} > N_{\text{sd,max,diag}}$   
verifica soddisfatta

Sforzo max (compressione) asta del diagonale:  $N_{\text{sd,max,diag}} = -83 \text{ kN}$   
 Area profilo diagonale:  $610 \text{ mm}^2$   $n = N_{\text{sd}} / N_{\text{Rd}} =$

Sollecitazione ideale di compressione semplice:  $N_{\text{Rd,diag}} = A \times f_{\text{yd,LC}} = 101 \text{ kN} > |N_{\text{sd,max,sup}}|$   
verifica soddisfatta

Sforzo max (compressione) asta del montante:  $N_{\text{sd,max,montante}} = -31 \text{ kN}$   
 Area profilo montante:  $610 \text{ mm}^2$

Sollecitazione ideale di compressione semplice:  $N_{\text{Rd,mont}} = A \times f_{\text{yd,LC}} = 101 \text{ kN} > |N_{\text{sd,max,mont}}|$   
verifica soddisfatta

*Pertanto, se le ipotesi sull'organismo resistente e sulle dimensioni dei profili fossero confermate a seguito della campagna di indagini in progetto (Fase 2), sarebbe necessario procedere ad un intervento di miglioramento per aumentare la capacità portante della travatura reticolare.*

**Arcareccio** - livello copertura - luce netta = 3.60 m

da progetto simulato:

UPN 100

$$W_y = 41069 \text{ mm}^3$$

Sezione di classe 1

Si ipotizza uno schema statico in semplice appoggio, con momento flettente pari a  $ql^2/8$  in mezzzeria.

Interasse stimato tra arcarecci = 1.28 m

Carico totale su arcareccio:

$$q = 1.28 \text{ m} \times 4.725 \text{ kN/m}^2 = 6.05 \text{ kN/m}$$

Momento sollecitante di calcolo:  $M_{sd} = 9.8 \text{ kNm}$

$$M_{Rd} = W_y \times f_{yd,LC} = 6.81 \text{ kNm} < M_{sd}$$

verifica non soddisfatta

*Analogamente a quanto sopra, se le ipotesi sopra enunciate fossero confermate a seguito della campagna di indagini in progetto (Fase 2), sarebbe necessario procedere ad un intervento di miglioramento per aumentare la capacità portante degli arcarecci.*

**Piedritto** - H = 3.00 m circa

da progetto simulato:

UPN 100

Area sezione:

$$A_s = 1345 \text{ mm}^2$$

Sforzo normale al piede:

$$N_{sd,p} = (6.9 \times 1.8) \text{ m}^2 \times 4.725 \text{ kN/m}^2 = 58.7 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = A_s \times f_{yd,LC} = 223.2 \text{ kN}$$

verifica soddisfatta

**Sostegno di fondazione:**

Sezione di base (30 x 30 cm):

$$A_p = 0.09 \text{ m}^2$$

Area di competenza:

$$A_{comp} = (1.80 \times 3.00) = 5.40 \text{ m}^2$$

carico uniforme in combinazione SLU:

$$q = 7.3 \text{ kN/m}$$

Carico al piede del sostegno:

$$N_{sd,tot} = 5.40 \times 7.3 \text{ kN/m}^2 = 39.4 \text{ kN}$$

Sollecitazione di compressione sul cls:

$$f_c = 0.44 \text{ N/mm}^2 (< f_{cd,LC} = 6.97 \text{ N/mm}^2)$$

La verifica di alcuni degli elementi scelti a campione non è risultata soddisfatta, nel contesto delle assunzioni e delle ipotesi fatte in precedenza. Con il livello attuale di conoscenza della struttura e stante l'impossibilità di ridurre i carichi gravanti su questi elementi, il soddisfacimento delle condizioni di sicurezza previste nelle NTC richiederebbe dunque un intervento di rinforzo strutturali su questi elementi, finalizzato all'aumento della capacità resistente.

## 10. Conclusioni

Le verifiche condotte sulle strutture della scuola in oggetto, differenziate a seconda della normativa di riferimento selezionata (epoca o NTC), hanno fornito esiti diversi.

Le verifiche sono state basate su ipotesi circa la tipologia di organismo resistente e di un conseguente progetto simulato, e sono pertanto affette da un fattore di incertezza molto elevato. Ciò

determina la necessità di effettuare un'approfondita campagna di indagini e prove, che verrà eseguita nella successiva fase di verifiche.

Nel quadro generale delle ipotesi e assunzioni sopra riportate e del progetto simulato, i risultati delle verifiche condotte in conformità alle normative vigenti all'epoca della costruzione sarebbero infatti generalmente positive, come dimostrato anche dalle discrete condizioni generali delle parti visibili della costruzione, soggette ai carichi previsti per la destinazione d'uso pertinente.

Per quanto concerne invece la valutazione della sicurezza secondo la vigente Normativa (D.M. 14/1/2008), le verifiche dettagliate al Capitolo 9 dimostrano che alcuni elementi strutturali non sono adeguati a resistere alle azioni statiche, nella combinazione di carico di stato limite ultimo, mentre altri elementi risultano essere adeguati. La mancata idoneità di alcuni elementi è dovuta sia alla penalizzazione imposta alle resistenze dei materiali, operata tramite il fattore di confidenza, che tiene conto del basso livello di conoscenza adottato, e sia all'incremento dei carichi neve rispetto alla normativa dell'epoca.

Sulla base di quanto esposto, verifiche e valutazioni più approfondite saranno possibili dopo l'esecuzione della campagna di indagini e prove in progetto, a conclusione delle quali sarà possibile indicare all'Amministrazione le eventuali misure da adottare per il mantenimento del livello di sicurezza originario della costruzione, per l'eliminazione delle criticità già riscontrate o di quelle che potrebbero essere evidenziate a seguito delle indagini conoscitive.

Nichelino, li .....

Il professionista  
(ing. Carmelo RINALDIS)

---

*Allegato 1: Documentazione fotografica;*  
*Allegato 2: Elaborati grafici di supporto all'analisi.*