



Regione Lombardia  
Provincia di Milano  
Comune di

D

**CUSANO MILANINO**

**RISTRUTTURAZIONE DELL'EDIFICIO  
DI VIA SEVESO 10 CON FINALITA' DI  
HOUSING SOCIALE**

**Doc RT ST**

*PROGETTO  
DEFINITIVO/ESECUTIVO*

SCALA: -

DATA: **12/2017**

COM. AS\_1726

REV.

FILE: AS1726\_RT ST\_CusanoMilano\_  
SocialHousing\_PP

**RELAZIONE TECNICO  
SPECIALISTICA  
STRUTTURE**

Progetto: Raggruppamento Temporaneo di Professionisti

**Studio Tecnico Associato AS32**

Arch. A. Vergnano - Ing. A. Camelliti -  
Arch. A. Di Gregorio - Arch. S. Arena



Corso Peschiera 136, 10138 Torino  
Tel 011 0361986 fax 011 0361987  
e-mail studio.as32@gmail.com

**Arch. Mauro Roberto Matera**

Via Rivarolo 49/A, 10071 Borgaro T.se (TO)

**Dott. Geol. Mirco Rosso**

Via Cossano 14, 10161 Maglione (TO)

Responsabile Unico del Procedimento: **Dott. Marco Iachelini**

## SOMMARIO

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | PREMESSA .....  | 4  |
| 2     | LIVELLO DI CONOSCENZA .....                                 | 5  |
| 2.1   | Strutture verticali .....                                   | 5  |
| 2.2   | Solai .....   | 5  |
| 3     | NORMATIVE.....  | 6  |
| 4     | CRITERI DI PROGETTO E LIVELLI PRESTAZIONALI .....           | 7  |
| 5     | INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO .....              | 7  |
| 6     | ANALISI DEL RISCHIO SISMICO .....                           | 8  |
| 6.1   | Rischio sismico.....  | 8  |
| 6.2   | Classificazione sismica del comune di Cusano Milanino ..... | 9  |
| 6.3   | Vita nominale e Classe d'uso .....                          | 9  |
| 6.4   | Periodo di riferimento per l'azione sismica.....            | 9  |
| 7     | MATERIALI .....   | 10 |
| 7.1   | Materiali delle strutture esistenti .....                   | 10 |
| 7.1.1 | Muratura portante .....                                     | 10 |
| 7.1.2 | Legno massiccio.....  | 11 |
| 7.1.3 | Acciaio da carpenteria .....                                | 12 |
| 7.2   | Materiali delle nuove strutture .....                       | 12 |
| 7.2.1 | Calcestruzzo.....   | 12 |
| 7.2.2 | Acciaio per cemento armato.....                             | 12 |
| 7.2.3 | Acciaio da carpenteria metallica .....                      | 13 |
| 7.3   | Legno massiccio .....                                       | 13 |
| 8     | ANALISI DEI CARICHI .....                                   | 13 |
| 8.1   | Ante operam.....  | 13 |
| 8.1.1 | Pesi propri.....  | 13 |
| 8.1.2 | Sovraccarichi permanenti.....                               | 14 |
| 8.2   | Post Operam.....  | 14 |
| 8.2.1 | Pesi propri.....  | 14 |
| 8.2.2 | Sovraccarichi permanenti.....                               | 14 |
| 8.3   | Sovraccarichi antropici.....                                | 14 |
| 8.4   | Carichi ambientali .....                                    | 15 |
| 8.4.1 | Neve .....  | 15 |
| 8.5   | Azione sismica .....  | 15 |
| 8.5.1 | Fattore di Struttura .....                                  | 16 |
| 8.6   | Coefficienti parziali per le azioni .....                   | 16 |
| 8.7   | Coefficienti di combinazione.....                           | 17 |
| 8.8   | Combinazione dei carichi .....                              | 17 |
| 9     | CARATTERISTICHE PROGRAMMA DI CALCOLO.....                   | 17 |
| 10    | ANALISI DINAMICA .....                                      | 18 |

**11 CONCLUSIONI..... 20**  
**11.1 Indici di rischio..... 20**

# 1 PREMESSA

La relazione che segue tratta le impostazioni del calcolo delle strutture portanti nell'ambito del progetto di ristrutturazione dell'edificio sito in Cusano Milanino Via Seveso, 10, con finalità di social housing.

Il progetto è stato sviluppato con l'obiettivo di adeguare, sotto il profilo statico, le capacità delle strutture portanti e, nel contempo ottenere un miglioramento del comportamento sismico del fabbricato.

L'edificio presenta pianta ad L ed un ingombro in pianta pari a circa 13.0 x 12.0 m ed altezza di gronda di circa 11.5 m.



Il fabbricato si articola su tre piani fuori terra ed un interrato. Gli interventi a progetto riguardano il secondo e il terzo solaio (da consolidare o sostituire), il piano sottotetto (realizzazione di un cordolo perimetrale) ed il cortile interno (realizzazione di una nuova scala metallica).

Le strutture portanti in elevazione sono in muratura di laterizio. I solai sono in struttura mista di acciaio e cls o legno e cls oppure in laterocemento, fanno eccezione i nuovi balconi che sono previsti con struttura principale in acciaio e calpestio in legno. La copertura, su cui non si interviene è in legno, la nuova scala è invece prevista in carpenteria metallica.

## 2 LIVELLO DI CONOSCENZA

Per lo sviluppo del progetto, in funzione delle possibilità a ns. disposizione è stato raggiunto un livello di conoscenza LC1.

Nella fattispecie sono stati condotti alcuni sondaggi localizzati volti a caratterizzare le strutture portanti del fabbricato. Da tali sondaggi sono state desunte le seguenti informazioni.

### 2.1 Strutture verticali

Per quanto è stato possibile valutare durante le operazioni di rilievo è lecito supporre che il fabbricato ad oggi sia il risultato di successivi interventi che hanno portato alla realizzazione delle strutture principali ed a successivi ampliamenti.

Le strutture verticali risultano in ogni caso realizzate in muratura portante con spessori variabili.

Il nucleo principale del fabbricato, di più antica costruzione presenta spessori che variano tra 25 e 45 cm. Le murature risultano ammortate trasversalmente anche se in corrispondenza dei degli spigoli tra i muri laterali e il muro di facciata sulla Via Seveso sono presenti fessure marcate in modo variabile ma presumibilmente presenti da molti anni.

Oltre il corpo principale sono poi presenti alcuni ampliamenti, il più significativo è accostato al nucleo principale ed è più basso di un piano rispetto a quest'ultimo. Le strutture verticali presentano spessori simili a quelli del nucleo principale.

Sono poi presenti due bassi fabbricati tra i due corpi di cui sopra che presentano muri più sottili (spessore 15 cm). Per uno di questi è prevista la demolizione in progetto, mentre il restante sarà limitatamente modificato.

### 2.2 Solai

I solai sono molto vari:

- Solaio PT. Il piano terra è sostenuto da un solaio su putrelle e voltini. Dalla valutazione della larghezza dell'ala delle putrelle potrebbero essere IPN 140;
- Solaio P1 e P2 corpo principale. Questi solai presentano una struttura singolare, costituita da putrelle (IPE120) inframmezzate da lastre in cls di spessore 4 cm. La quota di posa del pavimento è raggiunta con un riempimento di materiale incoerente;
- Solaio sottotetto corpo principale. Il solaio di sottotetto è costituito da travetti in legno di sezione 7x15 con interasse variabile tra 50 e 60 cm. Al di sopra è presente un tavolato e verosimilmente un leggero strato di isolante;
- Coperture. Le coperture sono lignee;
- Solai corpi secondari. I corpi in ampliamento si presentano con solai in laterocemento costituito da travetti di altezza pari a circa 16 cm e interasse 40 cm.

Sulla base di quanto si è potuto osservare si possono fare le prime considerazioni:

- I solai non sono rigidi, in quanto mancano i presupposti da normativa vigente per tale assunzione;
- I solai potrebbero non essere originali, infatti l'epoca di costruzione del fabbricato si colloca entro i primi decenni del secolo XX, mentre i profili commerciali oggi conosciuti sono di epoca posteriore. E' lecito presumere che in origine i solai

presentassero struttura lignea o a putrelle e voltini come tuttora presenti al PT e nel sottotetto;

- Sui solai dei corpi aggiunti non è possibile fare valutazioni in quanto è più difficile stimare l'epoca di costruzione.

### 3 **NORMATIVE**

#### Normative tecniche e procedurali vigenti

##### **Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380**

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia Circ. n.11651 del 14/02/1974

##### **DM 14/01/2008, “Norme Tecniche per le Costruzioni”**

Normativa tecnica di riferimento. Essendo un documento generale di carattere prestazionale per la definizione di parametri specifici e per le regole di dettaglio, come previsto dal Decreto stesso, ci si è riferiti alle seguenti normative:

##### **Ministero delle infrastrutture e dei Trasporti, circolare n. 617 del 2 febbraio 2009**

ISTRUZIONI per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 Gennaio 2008.

##### **Decreto Legislativo del Presidente della Repubblica 22 gennaio 2004, n. 42**

Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 Legge 6 luglio 2002, n. 137

##### **Direttiva del presidente del Consiglio dei Ministri 09/02/2011**

Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008

##### **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274**

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica

#### Normative tecniche europee

##### **UNI EN 1990:2006**

Eurocodice – Criteri generali di progettazione strutturale

##### **UNI EN 1991-1-1:2004**

Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-1: Azioni in Generale – Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici.

##### **UNI EN 1992-1-1:2005**

Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

##### **UNI EN 1993-1-1:2005**

Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

**UNI EN 206-1:2006**

Calcestruzzo – Parte 1: Specificazione, prestazione e conformità.

**UNI 11104:2004**

Calcestruzzo: Specificazione, prestazione e conformità. Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

**Normative tecniche storiche**

**Regio Decreto 07/06/1928 n° 1431** “Prescrizioni per l'accettazione degli agglomeranti idraulici e per l'esecuzione delle opere in conglomerato cementizio”

**Regio Decreto 4 aprile 1929 n° 592** “Norme per l'accettazione dei cementi speciali”.

**Regio Decreto 29 luglio 1933 n° 1213** “Norme per l'accettazione dei leganti idraulici e per l'esecuzione delle opere in conglomerato cementizio”.

**CNR-UNI 10012-67**, “Ipotesi di carico sulle costruzioni”

#### **4 CRITERI DI PROGETTO E LIVELLI PRESTAZIONALI**

L'analisi strutturale è stata effettuata in base alle normative vigenti.

In particolare per la definizione dei carichi, le analisi e le verifiche si è fatto riferimento al quadro normativo delineato del D.M. 14/01/08 (Norme Tecniche per le Costruzioni).

Per quanto non riportato sul Decreto si sono seguite le indicazioni degli Eurocodici e della Circolare applicativa delle NTC medesime.

Le verifiche degli elementi sono state svolte seguendo il metodo degli Stati Limite.

#### **5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO**

Si riporta un estratto dalla relazione geologico tecnica redatta nell'ambito del presente progetto.

Il sito oggetto degli interventi si inserisce in un contesto fortemente antropizzato. Dal punto di vista geomorfologico l'area risulta sostanzialmente pianeggiante, va esclusivamente evidenziata una differenza di quota tra l'edificio esistente e l'area verde immediatamente adiacente nella parte retrostante, valutabile intorno a 2 m circa.

Dal punto di vista geologico l'inquadramento dell'area è stato effettuato prendendo in considerazione la “Carta geologica, litologica e geomorfologica” allegata al P.G.T. del Comune di Cusano Milanino, già citata, che inserisce il sito in oggetto all'interno dei depositi ascrivibili alle alluvioni fluvio-glaciali, costituite da sabbie e ghiaie, con presenza di possibili livelli debolmente limoso-argillosi. Questi depositi presentano uno spessore superiore a 30 m, come confermato dall'indagine sismica eseguita sul terreno.

Il modello geologico del terreno quindi risulta essere piuttosto omogeneo, come detto, fino almeno alla profondità di 30 m sono infatti presenti termini sabbioso-ghiaiosi in percentuali

variabili con la profondità e localmente caratterizzati dalla presenza comunque contenuta di materiale più fine limoso.

La caratterizzazione generale della situazione idrogeologica è stata condotta facendo riferimento alla "Carta idrogeologica e idrografica" allegata al P.G.T. del Comune di Cusano Milanino.

La zona in oggetto risulta compresa tra le isopieze quotate 127 e 126 m. Considerata una quota di circa 157 m s.l.m. per quanto riguarda l'edificio in oggetto, si ottiene così un valore della soggiacenza pari a circa 30 m.

A seguito della prova sismica si è potuto inoltre stabilire la presenza di acque di falda a partire dalla profondità di 19 m, rispetto al piano dell'area verde che si trova ad una quota di circa 2 m più in basso rispetto al livello di imposta dell'edificio. Il valore della soggiacenza riscontrato quindi è di poco superiore a 20 m, e conseguentemente più cautelativo rispetto a quello estrapolato dalla cartografia di piano.

L'indagine MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è un'indagine indiretta attiva che misura la velocità di fase delle onde sismiche di superficie.

L'interpretazione delle misure effettuate avviene attraverso appositi programmi di calcolo che ricostruiscono la distribuzione delle velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) in profondità attraverso l'applicazione di un algoritmo genetico che procede alla ricerca del modello che minimizza l'errore rispetto alle misure effettuate. Il metodo ReMi (Refraction Microtremor) permette di derivare il profilo medio delle  $V_{s30}$  usando unicamente il rumore ambientale rilevato da un normale sismografo con geofoni verticali a rifrazione standard.

Le sorgenti sismiche consistono in "rumori ambientali", o microtremori, costantemente generati da disturbi naturali o artificiali. A seconda delle proprietà del materiale costituente il substrato, il metodo può determinare le velocità di onde di taglio fino ad un massimo di 100 metri di profondità; in combinazione con la tecnica MASW, è quindi molto utile per determinare l'andamento della velocità media delle onde di taglio nei primi trenta metri di profondità e quindi la categoria del suolo di fondazione.

I risultati dell'indagine hanno permesso di attribuire la categoria di suolo di fondazione di tipo **C**.

## **6 ANALISI DEL RISCHIO SISMICO**

### **6.1 Rischio sismico**

L'Italia è uno dei Paesi a maggiore rischio sismico del Mediterraneo per la frequenza dei terremoti che hanno storicamente interessato il suo territorio e per l'intensità che alcuni di essi hanno raggiunto determinando un impatto sociale ed economico rilevante.

La sismicità (frequenza e forza con cui si manifestano i terremoti) è una caratteristica fisica del territorio al pari del clima, dei rilievi montuosi e dei corsi d'acqua. Conoscendo la frequenza e l'energia (magnitudo) associate ai terremoti che caratterizzano un territorio ed attribuendo un valore di probabilità al verificarsi di un evento sismico di una certa magnitudo in un certo intervallo di tempo, si può definire la sua pericolosità sismica. Un territorio avrà una pericolosità sismica tanto più elevata quanto più probabile sarà, a parità di intervallo di tempo considerato, il verificarsi di un terremoto di una certa magnitudo.

Il rischio sismico è determinato da una combinazione della pericolosità, della vulnerabilità e dell'esposizione ed è la misura dei danni che, in base al tipo di sismicità, di resistenza delle costruzioni e di antropizzazione (natura, qualità e quantità dei beni esposti), ci si può attendere in un dato intervallo di tempo.

La pericolosità sismica di un territorio è rappresentata dalla frequenza e dalla forza dei terremoti che lo interessano, ovvero dalla sua sismicità.

La pericolosità sismica viene definita come la probabilità che in una data area ed in un certo intervallo di tempo si verifichi un terremoto che superi una soglia di intensità, magnitudo o accelerazione di picco (PGA) di nostro interesse.

Negli ultimi 30 anni è emersa una maggiore richiesta di conoscenze del livello di pericolosità sismica da parte di Enti e amministrazioni locali, che ha favorito lo sviluppo di metodi di studio e calcolo di tale parametro.

Soprattutto negli ultimi anni, studi di pericolosità sismica sono stati impiegati nelle analisi territoriali e regionali finalizzate a zonazioni (classificazione sismica) o micro zonazioni. In quest'ultimo caso, la valutazione della pericolosità comporta l'individuazione delle aree che, in occasione di una scossa sismica, possono essere soggette a fenomeni di amplificazione. Infatti, il terremoto determina effetti diversi in funzione delle condizioni geologiche e geomorfologiche locali, fornendo utili indicazioni per la pianificazione urbanistica.

## 6.2 Classificazione sismica del comune di Cusano Milanino

Il Comune di Cusano Milanino, ai sensi della DGR 2129 del 11/07/2014 è classificato in classe 4 con accelerazione di picco al suolo su suolo di tipo A inferiore a 0.049 g.

## 6.3 Vita nominale e Classe d'uso

Con riferimento alla tabella 2.4.I delle NTC'08 l'edificio è un'opera ordinaria e dunque classificata come tipo di costruzione 2.

| TIPI DI COSTRUZIONE |  | Vita Nominale<br>$V_N$ (in anni) |
|---------------------|--|----------------------------------|
| 1                   | Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>                   | $\leq 10$                        |
| 2                   | Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale | $\geq 50$                        |
| 3                   | Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica    | $\geq 100$                       |

Con riferimento al paragrafo 2.4.2 delle NTC'08, la tipologia di costruzione in progetto rientra nella classe II ( $C_U = 1.0$ ).

## 6.4 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche sulla costruzione vengono valutate in relazione al periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava moltiplicando la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ , definito dalle NTC'08 nella tabella 2.4.II.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

| CLASSE D'USO       | I   | II  | III | IV  |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|
| COEFFICIENTE $C_U$ | 0,7 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |

Nel caso in esame la vita di riferimento è  $V_R = V_N * C_U = 50 * 1.0 = 50$  anni.

Le analisi che seguono sono volte a indagare quale sia la massima azione sismica sopportabile dalle strutture esistenti allo stato di fatto, il periodo di riferimento, definito dalla normativa tecnica vigente, va quindi inteso come un termine di riferimento massimo oltre il quale non è necessario spingersi nelle valutazioni tecniche. La metodologia di studio delle

strutture parte in realtà da sismi caratterizzati da periodi di riferimento più bassi, aumentati gradualmente fino a raggiungere il collasso del primo elemento strutturale.

Sarà quindi quello il periodo di riferimento delle strutture esistenti, dato di base per la progettazione degli interventi di consolidamento esposti nella relazione di calcolo di progetto.

Sulla base poi degli incrementi di resistenza che sarà possibile raggiungere con gli interventi in progetto sarà anche possibile valutare il periodo di riferimento del fabbricato nella configurazione di progetto.

## 7 MATERIALI

### 7.1 Materiali delle strutture esistenti

#### 7.1.1 Muratura portante

Le murature esistenti sono realizzate con mattoni pieni. Dalla Tab.C8A.1.1, sotto richiamata, a partire dal livello di conoscenza assunto, è possibile determinare le caratteristiche del materiale, ovvero per la resistenza il valore minimo della tabella C8A.2.1 e per il modulo elastico il valore medio dell'intervallo della tabella C8A.2.1.

| Tipologia di muratura   | $f_m$                | $\tau_v$             | E                    | G                    | w                    |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|   | (N/cm <sup>2</sup> ) | (N/cm <sup>2</sup> ) | (N/mm <sup>2</sup> ) | (N/mm <sup>2</sup> ) | (kN/m <sup>3</sup> ) |
|   | Min-max              | min-max              | min-max              | min-max              |                      |
| Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)                  | 100                  | 2,0                  | 690                  | 230                  | 19                   |
|   | 180                  | 3,2                  | 1050                 | 350                  |                      |
| Muratura a conci sbalzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno              | 200                  | 3,5                  | 1020                 | 340                  | 20                   |
|   | 300                  | 5,1                  | 1440                 | 480                  |                      |
| Muratura in pietre a spacco con buona tessitura   | 260                  | 5,6                  | 1500                 | 500                  | 21                   |
|   | 380                  | 7,4                  | 1980                 | 660                  |                      |
| Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)                                 | 140                  | 2,8                  | 900                  | 300                  | 16                   |
|   | 240                  | 4,2                  | 1260                 | 420                  |                      |
| Muratura a blocchi lapidei squadrati  | 600                  | 9,0                  | 2400                 | 780                  | 22                   |
|   | 800                  | 12,0                 | 3200                 | 940                  |                      |
| Muratura in mattoni pieni e malta di calce  | 240                  | 6,0                  | 1200                 | 400                  | 18                   |
|   | 400                  | 9,2                  | 1800                 | 600                  |                      |
| Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤ 40%)         | 500                  | 24                   | 3500                 | 875                  | 15                   |
|   | 800                  | 32                   | 5600                 | 1400                 |                      |
| Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)                               | 400                  | 30,0                 | 3600                 | 1080                 | 12                   |
|   | 600                  | 40,0                 | 5400                 | 1620                 |                      |
| Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%) | 300                  | 10,0                 | 2700                 | 810                  | 11                   |
|   | 400                  | 13,0                 | 3600                 | 1080                 |                      |
| Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)        | 150                  | 9,5                  | 1200                 | 300                  | 12                   |
|   | 200                  | 12,5                 | 1600                 | 400                  |                      |
| Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)                              | 300                  | 18,0                 | 2400                 | 600                  | 14                   |
|   | 440                  | 24,0                 | 3520                 | 880                  |                      |

Nelle verifiche di progetto è stato applicato il coefficiente correttivo che tiene conto dell'ammorsamento trasversale, non utilizzabile allo stato di fatto per via delle fessure presenti e per via della mancanza di informazioni sull'ammorsamento tra pareti costruite in epoche differenti.

Tabella C8A.2.2 - Coefficienti correttivi dei parametri meccanici (indicati in Tabella C8A.2.1) da applicarsi in presenza di: malta di caratteristiche buone o ottime; giunti sottili; ricorsi o listature; sistematiche connessioni trasversali; nucleo interno particolarmente scadente e/o ampio; consolidamento con iniezioni di malta; consolidamento con intonaco armato.

| Tipologia di muratura  | Malta buona | Giunti sottili (<10 mm) | Ricorsi o listature | Connessioni trasversale | Nucleo scadente e/o ampio | Iniezione di miscele leganti | Intonaco armato * |
|--|-------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------|
| Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari) | 1,5         | -                       | 1,3                 | 1,5                     | 0,9                       | 2                            | 2,5               |
| Muratura a conci sbozzati, con parametro di limitato spessore e            | 1,4         | 1,2                     | 1,2                 | 1,5                     | 0,8                       | 1,7                          | 2                 |
| Muratura in pietre a spacco con buona tessitura                            | 1,3         | -                       | 1,1                 | 1,3                     | 0,8                       | 1,5                          | 1,5               |
| Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)                | 1,5         | 1,5                     | -                   | 1,5                     | 0,9                       | 1,7                          | 2                 |
| Muratura a blocchi lapidei squadriati                                      | 1,2         | 1,2                     | -                   | 1,2                     | 0,7                       | 1,2                          | 1,2               |
| Muratura in mattoni pieni e malta di calce                                 | 1,5         | 1,5                     | -                   | 1,3                     | 0,7                       | 1,5                          | 1,5               |

\* Valori da ridurre convenientemente nel caso di pareti di notevole spessore (p.es. > 70 cm).

I parametri di calcolo delle murature risultano quindi:

| Valori di calcolo Murature ANTE OPERAM |                 | Valori di calcolo Murature Rinf. POST OPERAM |                 |
|--|-----------------|--|-----------------|
| <b>fm</b>                              | <b>2.4 Mpa</b>  | <b>fm</b>                                    | <b>3.6 Mpa</b>  |
| <b>t0</b>                              | <b>0.06 Mpa</b> | <b>t0</b>                                    | <b>0.09 Mpa</b> |
| <b>E</b>                               | <b>1200 Mpa</b> | <b>E</b>                                     | <b>1800 Mpa</b> |
| <b>G</b>                               | <b>400 Mpa</b>  | <b>G</b>                                     | <b>600 Mpa</b>  |
| <b>W</b>                               | <b>18 kN/mc</b> | <b>W</b>                                     | <b>18 kN/mc</b> |

## 7.1.2 Legno massiccio

Sulla base dei sondaggi eseguiti è lecito supporre che il legno da costruzione utilizzato sia larice rosso che si ritiene adeguato porre in classe C20

prospetto 1 Classi di resistenza - Valori caratteristici

|   |               | Pioppo e confere |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Latifoglie |      |      |      |      |      |      |      |
|---|---------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
|   |               | C14              | C16  | C18  | C20  | C22  | C24  | C27  | C30  | C35  | C40  | C45        | C50  | D30  | D35  | D40  | D50  | D60  | D70  |
| Proprietà di resistenza (in N/mm <sup>2</sup> )   |               |                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |      |      |
| Flessione   | $f_{m,k}$     | 14               | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   | 27   | 30   | 35   | 40   | 45         | 50   | 30   | 35   | 40   | 50   | 60   | 70   |
| Trazione parallela  | $f_{t,0,k}$   | 8                | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 16   | 18   | 21   | 24   | 27         | 30   | 18   | 21   | 24   | 30   | 36   | 42   |
| Trazione perpendicolare   | $f_{t,90,k}$  | 0,4              | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,6        | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,6  |
| Compressione parallela  | $f_{c,0,k}$   | 16               | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 25   | 26   | 27         | 29   | 23   | 25   | 26   | 29   | 32   | 34   |
| Compressione perpendicolare   | $f_{c,90,k}$  | 2,0              | 2,2  | 2,2  | 2,3  | 2,4  | 2,5  | 2,6  | 2,7  | 2,8  | 2,9  | 3,1        | 3,2  | 8,0  | 8,4  | 8,8  | 9,7  | 10,5 | 13,5 |
| Taglio  | $f_{v,k}$     | 1,7              | 1,8  | 2,0  | 2,2  | 2,4  | 2,5  | 2,8  | 3,0  | 3,4  | 3,8  | 3,8        | 3,8  | 3,0  | 3,4  | 3,8  | 4,6  | 5,3  | 6,0  |
| Proprietà di rigidezza (in kN/mm <sup>2</sup> )   |               |                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |      |      |
| Modulo di elasticità medio parallela  | $E_{0,mean}$  | 7                | 8    | 9    | 9,5  | 10   | 11   | 11,5 | 12   | 13   | 14   | 15         | 16   | 10   | 10   | 11   | 14   | 17   | 20   |
| Modulo di elasticità parallelo al 5%  | $E_{0,05}$    | 4,7              | 5,4  | 6,0  | 6,4  | 6,7  | 7,4  | 7,7  | 8,0  | 8,7  | 9,4  | 10,0       | 10,7 | 8,0  | 8,7  | 9,4  | 11,8 | 14,3 | 16,8 |
| Modulo di elasticità medio perpendicolare   | $E_{90,mean}$ | 0,23             | 0,27 | 0,30 | 0,32 | 0,33 | 0,37 | 0,38 | 0,40 | 0,43 | 0,47 | 0,50       | 0,53 | 0,64 | 0,69 | 0,75 | 0,93 | 1,13 | 1,33 |
| Modulo di taglio medio  | $G_{mean}$    | 0,44             | 0,5  | 0,56 | 0,59 | 0,63 | 0,69 | 0,72 | 0,75 | 0,81 | 0,88 | 0,94       | 1,00 | 0,60 | 0,65 | 0,70 | 0,88 | 1,06 | 1,25 |
| Massa volumica (in kg/m <sup>3</sup> )  |               |                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |      |      |
| Massa volumica  | $\rho_k$      | 290              | 310  | 320  | 330  | 340  | 350  | 370  | 380  | 400  | 420  | 440        | 460  | 530  | 560  | 590  | 650  | 700  | 900  |
| Massa volumica media  | $\rho_{mean}$ | 350              | 370  | 380  | 390  | 410  | 420  | 450  | 460  | 480  | 500  | 520        | 550  | 640  | 670  | 700  | 780  | 840  | 1080 |
| Nota  |               |                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |      |      |
| a) I valori forniti sopra per la resistenza a trazione, la resistenza a compressione, la resistenza a taglio, il modulo di elasticità al 5%, il modulo di elasticità medio perpendicolare alla fibratura e il modulo di taglio medio, sono calcolati utilizzando le equazioni fornite nell'appendice A. |               |                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |      |      |
| b) Le proprietà nel prospetto sono compatibili con un legno la cui umidità sia corrispondente ad una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa del 65%.  |               |                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |      |      |
| c) Il legno conforme alle classi C45 e C50 può non essere immediatamente disponibile.   |               |                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |      |      |

### 7.1.3 Acciaio da carpenteria

L'acciaio utilizzato per la realizzazione dei solai si ritiene che possa appartenere alla classe Fe36 di cui si riportano le caratteristiche meccaniche principali:

$$f_{yk} = 235 \frac{N}{mm^2} \quad (t \leq 40mm) \quad (\text{resistenza caratteristica a trazione})$$

$$E = 210000 \frac{N}{mm^2} \quad (\text{modulo elastico longitudinale})$$

$$\mu = 0.3 \quad (\text{coefficiente di Poisson})$$

$$\alpha = 12 \times 10^{-6} \quad (\text{coefficiente di dilatazione termica})$$

## 7.2 Materiali delle nuove strutture

### 7.2.1 Calcestruzzo

Calcestruzzo C25/30

$$R_{ck} = 30 \frac{N}{mm^2} \quad (\text{resistenza cubica caratteristica a compressione})$$

$$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} \approx 25 \frac{N}{mm^2} \quad (\text{resistenza cilindrica caratteristica a compressione})$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_C} = 14.1 \frac{N}{mm^2} \quad (\text{resistenza di calcolo a compressione})$$

$$f'_{cd} = 0.80 \cdot f_{cd} = 11.3 \frac{N}{mm^2} \quad (\text{resistenza di calcolo a compressione sp. } < 50mm)$$

$$f_{ctm} = 0.3 \cdot 25^{2/3} = 2.56 \frac{N}{mm^2} \quad (\text{resistenza media a trazione assiale})$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_C} = \frac{0.7 \cdot f_{ctm}}{\gamma_C} = 1.2 \frac{N}{mm^2} \quad (\text{resistenza di calcolo a trazione assiale})$$

$$f_{ctfd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_C} = \frac{0.7 \cdot f_{ctm}}{\gamma_C} = 1.4 \frac{N}{mm^2} \quad (\text{resistenza di calcolo a trazione per flessione})$$

$$f_{bd} = \frac{f_{bk}}{\gamma_C} = \frac{2.25 \cdot f_{ctk}}{\gamma_C} = 2.7 \frac{N}{mm^2} \quad (\text{tensione tangenziale di aderenza acciaio-clc})$$

$$E_{cm} = 22000 \cdot \left( \frac{f_{cm}}{10} \right)^{0.3} = 22000 \cdot \left( \frac{f_{ck} + 8}{10} \right)^{0.3} = 31475 \frac{N}{mm^2}$$

### 7.2.2 Acciaio per cemento armato

Acciaio in barre: B450C controllato in stabilimento.

$$E = 210000 N/mm^2 \quad (\text{modulo elastico})$$

$$f_{yk} = 450 N/mm^2 \quad (\text{resistenza a rottura})$$

$$f_{yd} = 391.3 \text{ N/mm}^2$$

(resistenza di calcolo)

### 7.2.3 Acciaio da carpenteria metallica

Acciaio per carpenteria: S235

$$f_{yk} = 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (t \leq 40 \text{ mm}) \quad (\text{resistenza caratteristica a trazione})$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{235}{1.05} = 223.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{resistenza di calcolo delle sez. di classe 1-2-3-4})$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{235}{1.05} = 223.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{resistenza all'instabilità delle membrature})$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M2}} = \frac{235}{1.25} = 188 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{resistenza delle sezioni tese indebolite dai fori})$$

$$E = 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{modulo elastico longitudinale})$$

$$\mu = 0.3 \quad (\text{coefficiente di Poisson})$$

$$\alpha = 12 \times 10^{-6} \quad (\text{coefficiente di dilatazione termica})$$

### 7.3 Legno massiccio

Legno di conifera tipo C22

prospetto 1 Classi di resistenza - Valori caratteristici

|   |               | Pino e conifere |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Latifoglie |      |      |      |      |      |      |
|---|---------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|------|------|
|   |               | C14             | C16  | C18  | C20  | C22  | C24  | C27  | C30  | C35  | C40  | C45  | C50        | D30  | D35  | D40  | D50  | D60  | D70  |
| Proprietà di resistenza (in N/mm <sup>2</sup> )   |               |                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |      |
| Flessione   | $f_{m,k}$     | 14              | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   | 27   | 30   | 35   | 40   | 45   | 50         | 30   | 35   | 40   | 50   | 60   | 70   |
| Trazione parallela  | $f_{t,0,k}$   | 8               | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 16   | 18   | 21   | 24   | 27   | 30         | 18   | 21   | 24   | 30   | 36   | 42   |
| Trazione perpendicolare   | $f_{t,90,k}$  | 0,4             | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,6        | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,6  |
| Compressione parallela  | $f_{c,0,k}$   | 16              | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 25   | 26   | 27   | 29         | 23   | 25   | 26   | 29   | 32   | 34   |
| Compressione perpendicolare   | $f_{c,90,k}$  | 2,0             | 2,2  | 2,2  | 2,3  | 2,4  | 2,5  | 2,6  | 2,7  | 2,8  | 2,9  | 3,1  | 3,2        | 8,0  | 8,4  | 8,8  | 9,7  | 10,5 | 13,5 |
| Taglio  | $f_{vk}$      | 1,7             | 1,8  | 2,0  | 2,2  | 2,4  | 2,5  | 2,8  | 3,0  | 3,4  | 3,8  | 3,8  | 3,8        | 3,0  | 3,4  | 3,8  | 4,6  | 5,3  | 6,0  |
| Proprietà di rigidità (in kN/mm <sup>2</sup> )  |               |                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |      |
| Modulo di elasticità medio parallela  | $E_{0,mean}$  | 7               | 8    | 9    | 9,5  | 10   | 11   | 11,5 | 12   | 13   | 14   | 15   | 16         | 10   | 10   | 11   | 14   | 17   | 20   |
| Modulo di elasticità parallelo al 5%  | $E_{0,05}$    | 4,7             | 5,4  | 6,0  | 6,4  | 6,7  | 7,4  | 7,7  | 8,0  | 8,7  | 9,4  | 10,0 | 10,7       | 8,0  | 8,7  | 9,4  | 11,8 | 14,3 | 16,8 |
| Modulo di elasticità medio perpendicolare   | $E_{90,mean}$ | 0,23            | 0,27 | 0,30 | 0,32 | 0,33 | 0,37 | 0,38 | 0,40 | 0,43 | 0,47 | 0,50 | 0,53       | 0,64 | 0,69 | 0,75 | 0,93 | 1,13 | 1,33 |
| Modulo di taglio medio  | $G_{mean}$    | 0,44            | 0,5  | 0,56 | 0,59 | 0,63 | 0,69 | 0,72 | 0,75 | 0,81 | 0,88 | 0,94 | 1,00       | 0,60 | 0,65 | 0,70 | 0,88 | 1,06 | 1,25 |
| Massa volumica (in kg/m <sup>3</sup> )  |               |                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |      |
| Massa volumica  | $\rho_k$      | 290             | 310  | 320  | 330  | 340  | 350  | 370  | 380  | 400  | 420  | 440  | 460        | 530  | 560  | 590  | 650  | 700  | 900  |
| Massa volumica media  | $\rho_{mean}$ | 350             | 370  | 380  | 390  | 410  | 420  | 450  | 460  | 480  | 500  | 520  | 550        | 640  | 670  | 700  | 780  | 840  | 1080 |
| Nota  |               |                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |      |
| a) I valori forniti sopra per la resistenza a trazione, la resistenza a compressione, la resistenza a taglio, il modulo di elasticità al 5%, il modulo di elasticità medio perpendicolare alla fibratura e il modulo di taglio medio, sono calcolati utilizzando le equazioni fornite nell'appendice A. |               |                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |      |
| b) Le proprietà nel prospetto sono compatibili con un legno la cui umidità sia corrispondente ad una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa del 65%.  |               |                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |      |
| c) Il legno conforme alle classi C45 e C50 può non essere immediatamente disponibile.   |               |                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |            |      |      |      |      |      |      |

## 8 ANALISI DEI CARICHI

### 8.1 Ante operam

#### 8.1.1 Pesì propri

I pesi propri dei solai a seguito degli interventi di consolidamento risultano:

- Solai corpo principale: 110 daN/mq
- Solai corpo secondario: 250 daN/mq

### 8.1.2 Sovraccarichi permanenti

Si riporta una tabella riepilogativa dei sovraccarichi previsti:

- Solai corpo principale: 320 daN/mq
- Solai corpo secondario: 100 daN/mq

Per quanto riguarda i tramezzi, si ipotizza che se ne fosse tenuto conto considerando, conformemente a quanto riportato sulle NTC 2008 un carico pari a 40 daN/mq (ipotesi di progetto simulato).

## 8.2 Post Operam

### 8.2.1 Pesì propri

I pesi propri dei solai a seguito degli interventi di consolidamento risultano:

- Solai corpo principale: 230 daN/mq
- Solaio sottotetto corpo principale: 20 daN/mq
- Solai corpo secondario: 350 daN/mq

### 8.2.2 Sovraccarichi permanenti

Si riporta una tabella riepilogativa dei sovraccarichi previsti:

- Solai corpo principale: 140 daN/mq
- Solai corpo secondario: 200 daN/mq
- Coperture: 50 daN/mq

Per quanto riguarda i tramezzi, trattandosi di tramezzature leggere si considera un carico distribuito pari a 40 daN/mq.

## 8.3 Sovraccarichi antropici

Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

| Cat.   | Ambienti  | $q_k$<br>(kN/m <sup>2</sup> )     | $Q_k$<br>(kN) | $H_k$<br>(kN/m) |
|--|---|-----------------------------------|---------------|-----------------|
| A  | Ambienti ad uso residenziale.<br>Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento) | 2,00                              | 2,00          | 1,00            |
|  | Coperture e sottotetti  |                                   |               |                 |
|  | Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione  | 0,50                              | 1,20          | 1,00            |
|  | Cat. H2 Coperture praticabili   | secondo categoria di appartenenza |               |                 |
|  | Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso   | —                                 | —             | —               |
| * non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati   |   |                                   |               |                 |
| ** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso |   |                                   |               |                 |

## 8.4 Carichi ambientali

### 8.4.1 Neve

Zona Neve = I Mediterranea

Ce (coeff. di esposizione al vento) = 1,00

Valore caratteristico del carico al suolo ( $q_{sk} C_e$ ) = 150 daN/mq

Angolo di inclinazione della falda  $\alpha = 0,0^\circ$

$\mu_1 = 0,80 \Rightarrow Q_1 = 120 \text{ daN/mq}$

## 8.5 Azione sismica

Per l'azione sismica vale quanto definito ai punti precedenti. E' stato definito uno spettro di riferimento come previsto dalle NTC per edificio con Vita nominale 50 anni e Coefficiente di utilizzo 1.0.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Per punti non coincidenti con il reticolo di riferimento e periodi di ritorno non contemplati direttamente si opera come indicato nell'allegato alle NTC (rispettivamente media pesata e interpolazione).

L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento  $V_r$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso (vedi tabella Parametri della struttura). Fissato il periodo di riferimento  $V_r$  e la probabilità di superamento  $P_{ver}$  associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno  $T_r$  e i relativi parametri di pericolosità sismica (vedi tabella successiva):

ag: accelerazione orizzontale massima del terreno;

Fo: 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;

| Parametri della struttura |                   |            |                      |               |                       |
|---------------------------|-------------------|------------|----------------------|---------------|-----------------------|
| Classe d'uso              | Vita $V_n$ [anni] | Coeff. Uso | Periodo $V_r$ [anni] | Tipo di suolo | Categoria topografica |
| II                        | 50.0              | 1.0        | 50                   | C             | T1                    |

Individuati su reticolo di riferimento i parametri di pericolosità sismica si valutano i parametri spettrali riportati in tabella:

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente  $S = S_s * S_t$  (3.2.5)

Fo è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale

Fv è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima verticale, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno ag su sito di riferimento rigido orizzontale

Tb è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante.

Tc è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante.

Td è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

| Id nodo | Longitudine | Latitudine | Distanza |
|---------|-------------|------------|----------|
|         |             |            | Km       |
| Loc.    | 9.185       | 45.551     |          |
| 12038   | 9.143       | 45.507     | 5.866    |
| 12039   | 9.214       | 45.509     | 5.171    |
| 11817   | 9.210       | 45.559     | 2.133    |
| 11816   | 9.139       | 45.557     | 3.631    |

| SL  | Pver | Tr    | ag    | Fo    | T*c   |
|-----|------|-------|-------|-------|-------|
|     |      | Anni  | g     |       | sec   |
| SLO | 81.0 | 30.0  | 0.018 | 2.560 | 0.160 |
| SLD | 63.0 | 50.0  | 0.024 | 2.540 | 0.190 |
| SLV | 10.0 | 475.0 | 0.049 | 2.650 | 0.280 |
| SLC | 5.0  | 975.0 | 0.059 | 2.690 | 0.300 |

| SL  | ag    | S     | Fo    | Fv    | Tb    | Tc    | Td    |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     | g     |       |       |       | sec   | sec   | sec   |
| SLO | 0.018 | 1.500 | 2.560 | 0.470 | 0.103 | 0.308 | 1.674 |
| SLD | 0.024 | 1.500 | 2.540 | 0.526 | 0.115 | 0.345 | 1.694 |
| SLV | 0.049 | 1.500 | 2.650 | 0.790 | 0.149 | 0.447 | 1.795 |
| SLC | 0.059 | 1.500 | 2.690 | 0.880 | 0.156 | 0.469 | 1.835 |

### 8.5.1 Fattore di Struttura

Il fattore di struttura considerato, conformemente a quanto previsto dalla Circolare esplicativa alle NTC 2008 §C8.7.1.2 è stato assunto pari a:

$$q = 1.5 \alpha_u / \alpha_1 = 1.5 \times 1.5 = 2.25$$

### 8.6 Coefficienti parziali per le azioni

Per le azioni si impiegano i coefficienti  $\gamma_F$  riportati nella colonna A1 della tabella 2.6.I delle NTC'08:

**Tabella 2.6.I** – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

|   |             | Coefficiente $\gamma_F$ | EQU | A1 STR | A2 GEO |
|---|-------------|-------------------------|-----|--------|--------|
| Carichi permanenti                                | favorevoli  | $\gamma_{G1}$           | 0,9 | 1,0    | 1,0    |
|   | sfavorevoli |                         | 1,1 | 1,3    | 1,0    |
| Carichi permanenti non strutturali <sup>(1)</sup> | favorevoli  | $\gamma_{G2}$           | 0,0 | 0,0    | 0,0    |
|   | sfavorevoli |                         | 1,5 | 1,5    | 1,3    |
| Carichi variabili                                 | favorevoli  | $\gamma_{Qi}$           | 0,0 | 0,0    | 0,0    |
|   | sfavorevoli |                         | 1,5 | 1,5    | 1,3    |

<sup>(1)</sup>Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

## 8.7 Coefficienti di combinazione

Per i coefficienti di combinazione si impiegano i valori riportati nella tabella 2.5.1 delle NTC'08:

Tabella 2.5.1 – Valori dei coefficienti di combinazione

| Categoria/Azione Variabile   | $\Psi_{1j}$ | $\Psi_{2j}$ | $\Psi_{3j}$ |
|--|-------------|-------------|-------------|
| Categoria A Ambienti ad uso residenziale                                 | 0,7         | 0,5         | 0,3         |
| Categoria B Uffici   | 0,7         | 0,5         | 0,3         |
| Categoria C Ambienti accessibili di affollamento                         | 0,7         | 0,7         | 0,5         |
| Categoria D Ambienti ad uso commerciale                                  | 0,7         | 0,7         | 0,5         |
| Categoria E Biblioteche, negozi, magazzini e ambienti ad uso industriale | 1,0         | 0,9         | 0,8         |
| Categoria F Fiumi e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ tND)    | 0,7         | 0,7         | 0,5         |
| Categoria G Rive e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ tND)        | 0,7         | 0,5         | 0,3         |
| Categoria H Coperture  | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
| Neve   | 0,6         | 0,2         | 0,0         |
| Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)                                      | 0,5         | 0,1         | 0,0         |
| Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)   | 0,7         | 0,5         | 0,1         |
| Variazioni termiche  | 0,6         | 0,5         | 0,0         |

## 8.8 Combinazione dei carichi

I carichi agenti vengono combinati secondo quanto prescritto dalle norme tecniche ed in particolare:

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma G_1 \cdot G_1 + \gamma G_2 \cdot G_2 + \gamma P + \gamma Q_1 \cdot Q_{k1} + \gamma Q_2 \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma Q_3 \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione frequente SLE

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione quasi permanente SLE

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite connessi alle azioni eccezionali

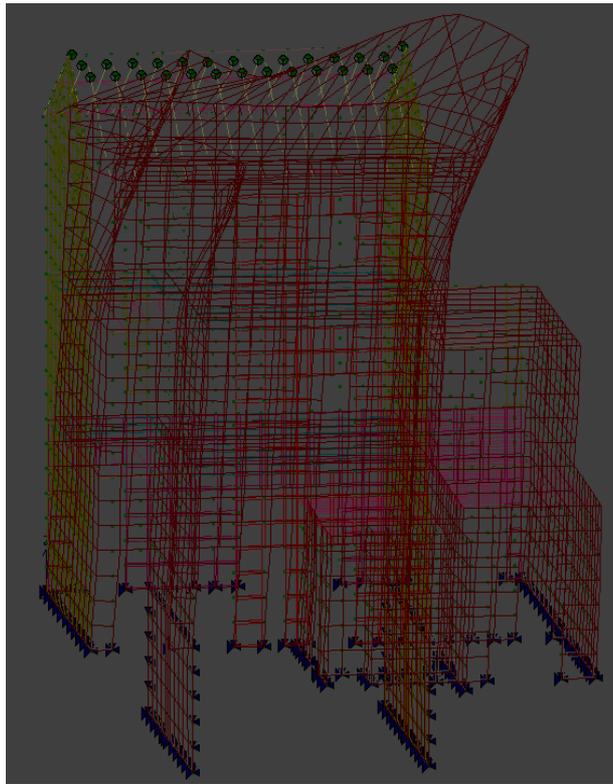
$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

## 9 CARATTERISTICHE PROGRAMMA DI CALCOLO

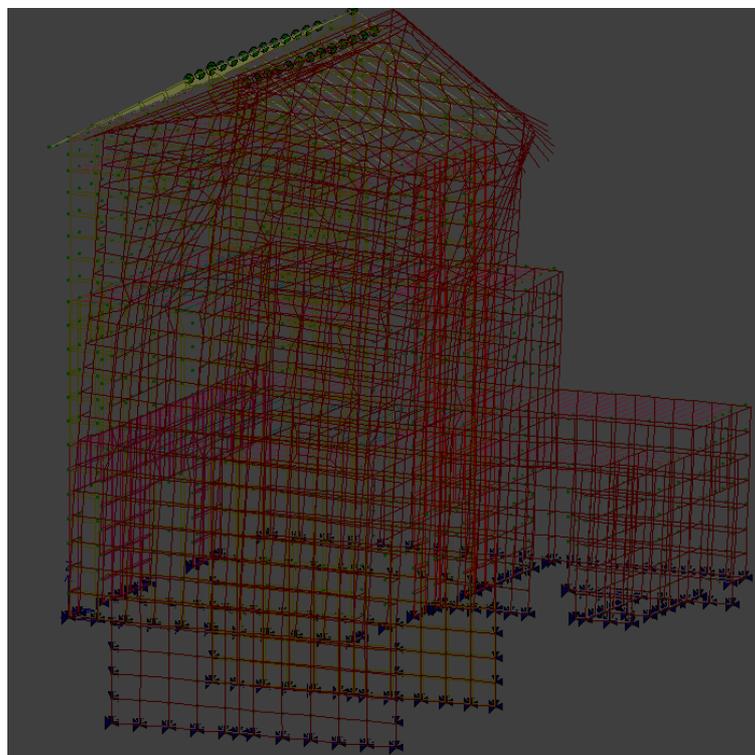
Il programma impiegato nella modellazione è il PROSAP vers. 2016-04-174 che implementa i calcoli e le verifiche secondo il DM2008. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali avviene con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso deformativo indotto da carichi statici. L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo sopraindicato si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in



| Modo           | Frequenza | Periodo | Acc. Spettrale | M efficace X x g | % | M efficace Y x g | % |
|----------------|-----------|---------|----------------|------------------|---|------------------|---|
| Risulta        |           |         |                | 4.009e+05        |   | 4.026e+05        |   |
| In percentuale |           |         |                | 98.69            |   | 99.13            |   |



Modo 1:  $f = 3.04 \text{ Hz}$ ;  $T = 0.33 \text{ s}$



Modo 2:  $f = 4.49 \text{ Hz}$ ;  $T = 0.22 \text{ s}$

## 11 CONCLUSIONI

A valle delle analisi condotte sul fabbricato nella situazione ante operam e post operam si possono trarre le seguenti conclusioni:

- Il fabbricato nello stato attuale non rispetta le richieste normative quanto a resistenza dei solai che ad oggi non sarebbero verificabili;
- Il solaio di copertura del corpo secondario che affaccia sulla via Seveso ad oggi è costituito da due cantonali in legno su cui poggiano listellatura e manto di copertura. Al piano inferiore l'altezza è delimitata da un solaio molto leggero in legno controsoffittato inferiormente. Tale solaio è del tutto inadeguato in quanto ad oggi, carico solo del peso proprio e del controsoffitto, presenta inflessioni incompatibili con il controsoffitto inferiore che si è quindi fessurato. In progetto è prevista la demolizione sia della copertura che del sottotetto per realizzare una nuova copertura piana;
- L'intervento di consolidamento o sostituzione dei solai permette di raggiungere il pieno adeguamento normativo in termini di portanza e pertanto nella configurazione da progetto i solai sono equiparabili a tutti gli effetti a solai di nuova costruzione;
- Sotto il profilo dinamico non sono state eseguite analisi allo stato di fatto in virtù della mancanza dei requisiti statici;
- Allo stato di progetto è stato possibile raggiungere un livello di resistenza ad un sisma caratterizzato da spettro con PGA pari al 60% di quella da normativa.

### 11.1 Indici di rischio

Si presentano gli indici di rischio nello stato di fatto (ante operam) e nello stato di progetto (post operam).

Il parametro  $\alpha_u$  è considerato un indicatore del rischio di collasso: valori prossimi o superiori all'unità caratterizzano casi in cui il livello di rischio è prossimo a quello richiesto dalle norme; valori bassi, prossimi a zero, caratterizzano casi ad elevato rischio.

Si considerano i valori di accelerazione per lo stato di fatto e di progetto, così come evidenziati nei paragrafi di verifica.

Indicatore di rischio ante operam per Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):

rapporto tra le accelerazioni  $\alpha_u = \text{PGA}_{\text{capacità}} / \text{PGA}_{\text{domanda}} = 0.00 / 0.049 = 0.00$

Indicatore di rischio post operam per Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):

rapporto tra le accelerazioni  $\alpha_u = \text{PGA}_{\text{capacità}} / \text{PGA}_{\text{domanda}} = 0.029 / 0.049 = 0.60$