



Regione Piemonte

# CITTA' DI RIVALTA DI TORINO

Città Metropolitana di Torino

## **RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA DEL POLO DELL'INFANZIA DELLA FRAZIONE PASTA. ADEGUAMENTO ALLE NORMATIVE SISMICA ED ANTINCENDIO-EFFICIENTAMENTO ENERGETICO ED AMPLIAMENTO DI SPAZI DIDATTICI CUP: B66C18000040006**

ELABORATO

**01**

REVISIONE

**0**

TITOLO

### **VULNERABILITA' SISMICA SCUOLA DELL'INFANZIA "GIROTONDO"**

**Relazione illustrativa, modellazione sismica e tabulati  
di calcolo**

PROPRIETA'

**COMUNE DI RIVALTA DI TORINO  
C.F./P.IVA 01864440019**

**RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO  
Arch. Giovanni Ruffinatto**

PROGETTISTA  
STRUTTURE

**Ing. Andrea Manzone  
via Torquato Tasso 5, 10122, Torino (TO)  
P.IVA 10927090018  
Tel. 349-5556891**

DATA

06/06/2018

**CITTA' DI RIVALTA DI TORINO**

**VALUTAZIONE CAPACITA' SISMICA - SCUOLA MATERNA  
"GIROTONDO", VIA LEOPARDI 13**

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

In conformità al paragrafo 10.1 del D.M. 17.01.2018 e relativa CIRCOLARE N. 617/09

***Committenti***  
**Città di Rivalta di Torino**

06/06/2018

Progetto eseguito con l'ausilio del software di calcolo DOLMEN





# **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

## **INDICE**

### **1 - DESCRIZIONE DELLE OPERE**

#### **1.1 - UBICAZIONE**

### **2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

### **3 - CRITERI DI PROGETTAZIONE E MODELLAZIONE**

#### **3.1 - STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA**

#### **3.2 - STATO LIMITE DI DANNO**

#### **3.3 - STATI LIMITE DI ESERCIZIO**

#### **3.4 - VERIFICHE STRUTTURALI E GEOTECNICHE**

### **4 - AZIONI SULLE STRUTTURE**

#### **4.1 - CONDIZIONI ELEMENTARI DI CARICO**

#### **4.2 - ANALISI DEI CARICHI**

#### **4.3 - CONDIZIONI E CASI DI CARICO**

### **5 - ANALISI DEL COMPORTAMENTO DELLE STRUTTURE**

#### **5.1 - SISTEMI DI RIFERIMENTO**

### **6 - INFORMAZIONI SUL SOFTWARE**

## 1 - DESCRIZIONE DELLE OPERE

La struttura è in calcestruzzo armato prefabbricato a pareti spaziale con copertura in cemento. Lo scheletro portante è costituito da:

- Pilastri: Elementi con una dimensione prevalente, posizionati verticalmente tra due piani differenti sottoposti a presso flessione deviata e taglio biassiale;
- Pareti: Elementi con due dimensioni prevalenti, posizionati verticalmente tra due piani differenti sottoposti a presso flessione deviata e taglio biassiale;

La struttura è stata schematizzata escludendo il contributo degli elementi aventi rigidità e resistenza trascurabili a fronte dei principali.

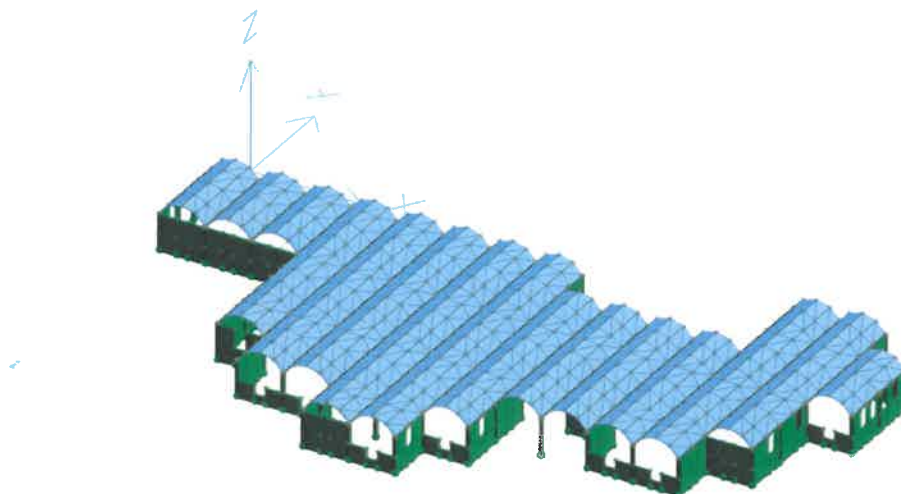
Il calcolo delle strutture viene effettuato come da D.M. 2018 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.

Vita Nominale 50 anni

Classe d'Uso IV

### Vista assonometrica globale della struttura (con ingombri)

Assonometria : 30° 30°



*Vista assonometrica della struttura.*

### 1.1 - UBICAZIONE

L'edificio oggetto del presente progetto strutturale sarà ubicato nel comune di Rivalta di Torino.

## 2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I criteri di progettazione, dimensionamento e verifica sono conformi alle seguenti direttive.

### LEGGI, DECRETI E CIRCOLARI

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G.U. 21 dicembre 1971 n. 321)

*Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.*

Circ. M. n. 11951 del 14/02/1974

*Istruzioni per le applicazioni della legge n. 1086.*

Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G.U. 21 marzo 1974 n. 76)

*Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche. Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.*

D.M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018 (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42 - Suppl. Ord.)  
*Norme Tecniche per le Costruzioni.*

Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti (G.U. 26 febbraio 2009 n. 27 - Suppl. Ord.)  
*Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 17 gennaio 2018.*

D.P.R. 6 giugno 2001 n. 380  
*Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.*

### **NORME NAZIONALI**

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella

UNI EN 206-1/2001 - *Calcestruzzo, prestazione produzione e conformità.*

### **NORME EUROPEE**

Conformemente a quanto previsto dal paragrafo 12 del D.M. 17 gennaio 2018 si sono considerati anche i seguenti riferimenti tecnici che si intendono coerenti con i principi del D.M. stesso:

EUROCODICI da 1 a 8, nella forma internazionale EN.

## **3 - CRITERI DI PROGETTAZIONE E MODELLAZIONE**

Il progetto e la verifica degli elementi strutturali seguono il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite. La struttura è modellata con il metodo degli elementi finiti, applicato a sistemi tridimensionali. Gli elementi utilizzati sono sia monodimensionali (trave con eventuali sconnessioni interne), che bidimensionali (piastre e membrane triangolari e quadrangolari). I vincoli sono considerati puntuali ed inseriti tramite le sei costanti di rigidezza elastica, oppure come elementi asta poggianti su suolo elastico). Le sezioni oggetto di verifica nelle travi sono stampate a passo costante; dei gusci si conoscono le sollecitazioni nel baricentro dell'elemento stesso.

Le condizioni elementari di carico vengono cumulate secondo combinazioni di carico tali da risultare le più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, determinando quindi le azioni di calcolo da utilizzare per il progetto. Gli Stati Limite definiti al paragrafo 3.2.1 del *D.M. 17 gennaio 2018*, indicati nella tabella 3.2.1 - probabilità di superamento  $P_{VR}$  al variare dello stato limite considerato, sono:

- Stati Limite Ultimi SLV di salvaguardia della vita;
- Stati Limite di Esercizio SLD.

Quelli definiti al paragrafo 2.5.3, Stati Limite di Esercizio SLE sono definiti dalle combinazioni: rara, frequente e quasi permanente.

I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite secondo le indicazioni del *D.M. 17 gennaio 2018*. I carichi agenti sui solai, derivanti dall'analisi dei carichi, vengono ripartiti dal programma di calcolo in modo automatico sulle membrature (travi, pilastri, pareti, solette, platee, etc.). I carichi dovuti ai tamponamenti, sia sulle travi di fondazione che su quelle di piano, sono schematizzati come carichi lineari agenti esclusivamente sulle aste. Su tutti gli elementi strutturali è inoltre possibile applicare direttamente ulteriori azioni concentrate e/o distribuite (variabili con legge lineare ed agenti lungo tutta l'asta o su tratti limitati di essa). Le azioni introdotte direttamente sono combinate con le altre (carichi permanenti, accidentali e sisma) mediante le combinazioni di carico di seguito descritte; da esse si ottengono i valori probabilistici da impiegare successivamente nelle verifiche.

### 3.1 - STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA

Le azioni sulla costruzione sono state cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come consentito dalle norme vigenti.

Per gli Stati Limite Ultimi sono state adottate le combinazioni del tipo:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

dove:

- G<sub>1</sub> Peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente;  
Forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno);  
Forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo);
- G<sub>2</sub> Peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P Azioni di pretensione e precompressione;
- Q Azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo;  
di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;  
di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;
- Q<sub>ki</sub> Valore caratteristico dell'azione variabile i-esima.
- γ Coefficienti parziali come definiti nella tabella 2.6.I del *D.M. 17 gennaio 2018*;
- ψ<sub>0i</sub> Coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici.

Le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico elementare: ciascuna condizione di carico accidentale, a rotazione, è stata considerata sollecitazione di base (Q<sub>k1</sub> nella formula precedente).

I coefficienti relativi a tali combinazioni di carico sono riportati negli allegati tabulati di calcolo.

In zona sismica, oltre alle sollecitazioni derivanti dalle generiche condizioni di carico statiche, devono essere considerate anche le sollecitazioni derivanti dal sisma. L'azione sismica è stata combinata con le altre azioni secondo la seguente relazione:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

dove:

- E Azione sismica per lo Stato Limite e per la classe di importanza in esame;
- G<sub>1</sub> Peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- G<sub>2</sub> Peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P Azione di pretensione e precompressione;
- ψ<sub>2i</sub> Coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili
- Q<sub>ki</sub> Valore caratteristico dell'azione variabile i-esima.

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

$$G_K + \sum_i (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

I valori dei coefficienti ψ<sub>2i</sub> sono contenuti nella seguente tabella:

Azione	$\psi_{0i}$	$\psi_{1i}$	$\psi_{2i}$
Categoria A – Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B – Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C – Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D – Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H – Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

### 3.2 - STATO LIMITE DI DANNO

L'azione sismica è stata combinata con le altre azioni mediante una relazione del tutto analoga alla precedente:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

dove:

- E Azione sismica per lo Stato Limite e per la classe di importanza in esame;
- $G_1$  Peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- $G_2$  Peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P Azione di pretensione e precompressione;
- $\psi_{2i}$  Coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili
- $Q_{ki}$  Valore caratteristico dell'azione variabile i-esima.

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

$$G_K + \sum_i (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

I valori dei coefficienti  $\psi_{2i}$  sono contenuti nella tabella già riportata per lo SLV.

### 3.3 - STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Per le verifiche allo Stato Limite di Esercizio, a seconda dei casi, si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

combinazione rara

$$F_d = \sum_{j=1}^m (G_{Kj}) + Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{0i} \cdot Q_{ki}) + \sum_{h=1}^l (P_{kh})$$

combinazione frequente

$$F_d = \sum_{j=1}^m (G_{Kj}) + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki}) + \sum_{h=1}^l (P_{kh})$$

combinazione quasi permanente



$$F_d = \sum_{j=1}^m (G_{kj}) + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki}) + \sum_{h=1}^l (P_{kh})$$

dove:

- $G_{kj}$  Valore caratteristico della j-esima azione permanente;
  - $P_{kh}$  Valore caratteristico della h-esima azione di pretensione o precompressione;
  - $Q_{k1}$  Valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
  - $Q_{ki}$  Valore caratteristico dell'azione variabile i-esima.
  - $\psi_{0i}$  Coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili di durata breve ma ancora significativi nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili;
  - $\psi_{1i}$  Coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0.95 delle distribuzioni dei valori istantanei;
  - $\psi_{2i}$  Coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.
- I valori dei coefficienti  $\psi_{0i}$ ,  $\psi_{1i}$ ,  $\psi_{2i}$  sono contenuti nella tabella già riportata per lo SLV.

In maniera analoga a quanto illustrato nel caso dello SLU le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico; a turno ogni condizione di carico accidentale è stata considerata sollecitazione di base, dando con ciò origine a tanti valori combinati. Per ognuna delle combinazioni ottenute, in funzione dell'elemento (trave, pilastro, etc.), sono state effettuate le verifiche allo SLE (tensioni, deformazione e fessurazione).

### 3.4 - VERIFICHE STRUTTURALI E GEOTECNICHE

Le verifiche strutturali e geotecniche presenti, come definite al punto 2.6.1 del *D.M. 17 gennaio 2018*, sono state effettuate con l'Approccio 2 come definito al citato punto.

## 4 - AZIONI SULLE STRUTTURE

### 4.1 - CONDIZIONI ELEMENTARI DI CARICO

Le condizioni elementari di carico sono: peso proprio, carichi permanenti, carichi accidentali, coazioni e sisma.

Il sisma di progetto corrisponde a quanto previsto dal *D.M. 17 gennaio 2018*.

L'ampiezza dello spettro di risposta è ricavato dai dati ufficiali della micro-zonizzazione, come sopra già riportato.

In accordo con le sopracitate normative, sono state considerate nei calcoli le seguenti azioni:

- pesi propri strutturali;
- carichi permanenti portati dalla struttura;
- carichi variabili;
- forze simulanti il sisma, ricavate tramite analisi statica semplificata o dinamica.

Le condizioni ed i casi di carico prese in conto nel calcolo sono specificate nei seguenti paragrafi.

### 4.2 - ANALISI DEI CARICHI

Le azioni sono state modellate tramite opportuni carichi concentrati e distribuiti su nodi ed aste.

I pesi propri degli elementi strutturali inseriti nei modelli di calcolo sono autodeterminati dal programma, in funzione delle dimensioni e del peso specifico del materiale:

- $\gamma_{cls, \text{armato}} = 25.0 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_{acciaio} = 78.5 \text{ kN/m}^3$

I valori dei carichi applicati sono riportati di seguito.

#### CARICHI PERMANENTI

Peso proprio strutture 2.50 kN/m<sup>3</sup>

#### CARICHI VARIABILI

Prescritti dal 2018 alla tabella 6.1.II.

### 4.3 - CONDIZIONI E CASI DI CARICO

Le condizioni di carico riportate nei tabulati relativi alla verifica di ciascun elemento sono di seguito riassunte.

NUM	DESCRIZIONE
1	Peso proprio
2	Permanente
3	A:Var abitazione
4	Neve (<1000m slm)
5	Sisma X
6	Sisma Y
7	Torcente add. X
8	Torcente add. Y

Si riporta di seguito il dettaglio dei carichi inseriti in ciascuna condizione.

#### CARICHI NELLE CONDIZIONI

001) Peso proprio	[ Peso proprio ]
957 pesi propri aste	
1419 pesi propri gusci	
002) Permanente	[ Permanente ]
003) A:Var abitazione	[ A:Var abitazione ]
004) Neve (<1000m slm)	[ Neve (<1000m slm) ]

I casi di carico riportati nei tabulati relativi alla verifica di ciascun elemento sono di seguito riassunti.

-----									
NOM		DESCRIZIONE	VERIF.	TIPO	CONDIZIONI INSERITE				
CASI INS.									
-----									
Nom		Coef.			Nro	Descrizione	Coef.	Somma	
-----									
1	SLU	SENZA SISMA	SLU	somma	1	Peso_proprio_____	1.300	+	
					2	Permanente_____	1.500	+	
					3	A:Var_abitazione____	1.500	+	
					4	Neve_(<1000m_slm)____	1.500	+	
2	SISMAX	SLU	NONUT	somma	5	Sisma_X	1.000	+/-	
					7	Torcente_add._X	1.000	+/-	
3	SISMAY	SLU	NONUT	somma	6	Sisma_Y	1.000	+/-	
					8	Torcente_add._Y	1.000	+/-	

4	SLU con SISMAX	SLU	somma	1	Peso_proprio_____	1.000	+	
2	1.000			2	Permanente_____	1.000	+	
				3	A:Var_abitazione____	.300	+	
5	SLU con SISMAY	SLU	somma	1	Peso_proprio_____	1.000	+	
3	1.000			2	Permanente_____	1.000	+	
				3	A:Var_abitazione____	.300	+	
6	Rara	RARA	somma	1	Peso_proprio_____	1.000	+	
				2	Permanente_____	1.000	+	
				3	A:Var_abitazione____	1.000	+	
				4	Neve_(<1000m_slm)____	1.000	+	
7	Frequente	FREQ	somma	1	Peso_proprio_____	1.000	+	
				2	Permanente_____	1.000	+	
				3	A:Var_abitazione____	.500	+	
				4	Neve_(<1000m_slm)____	.200	+	
8	Quasi Perm	QPERM	somma	1	Peso_proprio_____	1.000	+	
				2	Permanente_____	1.000	+	
				3	A:Var_abitazione____	.300	+	

## 5 - ANALISI DEL COMPORTAMENTO DELLE STRUTTURE

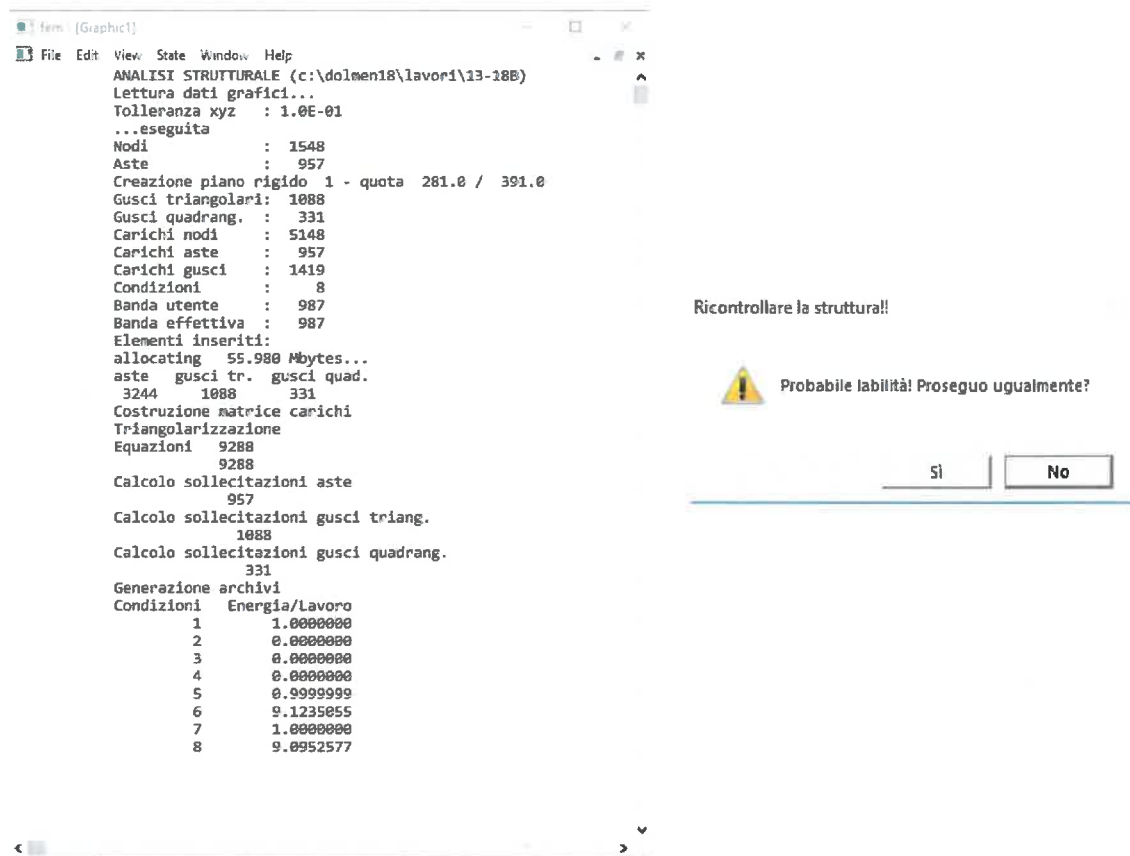
### 5.1 - SISTEMI DI RIFERIMENTO

L'immagine seguente mostra il sistema di riferimento locale della singola asta e la convenzione di segno positivo per le caratteristiche della sollecitazione.

Le sollecitazioni riportate nelle figure seguenti prescindono dal sistema di riferimento globale del modello 3D e si rifanno a quelli locali delle singole aste.

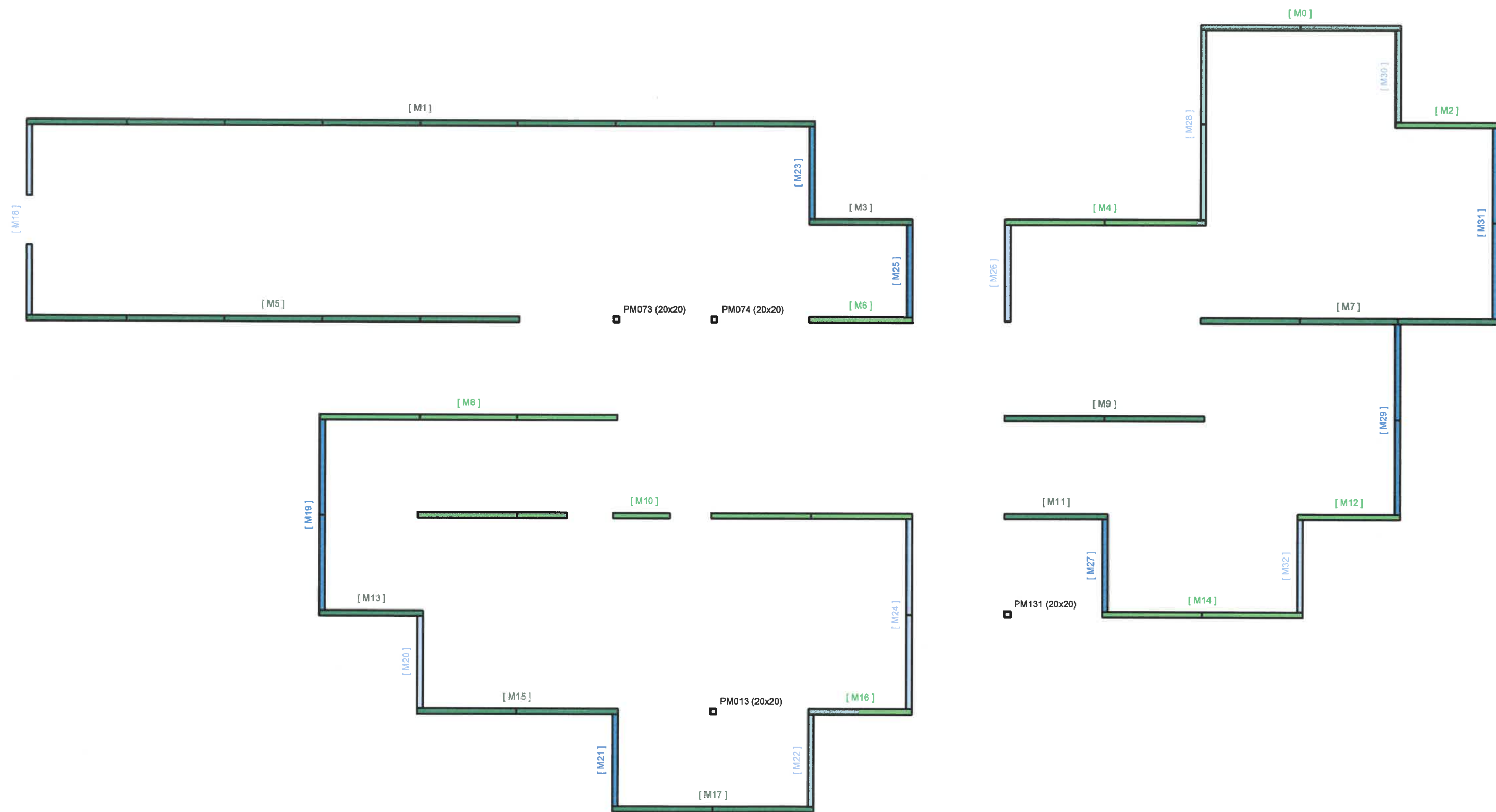
Gli spostamenti, invece, sono espressi nel sistema di riferimento globale.

L'analisi delle sollecitazioni condotta sul modello evidenzia lo stato di labilità dei pannelli di facciata nord e sud.  
Come si vede dalla schermata sotto riportata il rapporto lavoro-spostamento riporta valori diversi da 1, il che significa che alcuni elementi subiscono deformazioni incontrollate.



## 6 - INFORMAZIONI SUL SOFTWARE

Il progetto descritto con la presente relazione è stato eseguito con l'ausilio del software DOLMEN, versione 18 - codice chiave hardware: w7.KEizYLO4x.



PIANTA PANNELLI PREFABBRICATI - NOMENCLATURA TABULATI DI CALCOLO - SCUOLA DELL'INFANZIA "GIROTONDO"

**CITTA' DI RIVALTA DI TORINO**

**VALUTAZIONE CAPACITA' SISMICA - SCUOLA MATERNA  
"GIROTONDO", VIA LEOPARDI 13**

**MODELLAZIONE SISMICA**

In conformità al paragrafo 3.2 del D.M. 17.01.2018 e relativa CIRCOLARE N. 617/09

***Committenti***  
**Città di Rivalta di Torino**

06/06/2018

Progetto eseguito con l'ausilio del software di calcolo DOLMEN





# MODELLAZIONE SISMICA

## INDICE

1 - CLASSE DI DUTTILITÀ

2 - VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

2.1 - METODO DI ANALISI

2.2 - COMBINAZIONE DELLE COMPONENTI DELL'AZIONE SISMICA

2.3 - ECCENTRICITÀ ACCIDENTALI

2.4 - SOLAI RIGIDI

3 - SPETTRI DI PROGETTO PER SLU E SLD



## 1 - CLASSE DI DUTTILITÀ

La classe di duttilità è rappresentativa della capacità della struttura in cemento armato di dissipare energia in campo anelastico per azioni cicliche ripetute.

Le deformazioni anelastiche devono essere distribuite nel maggior numero di elementi duttili, in particolare le travi, salvaguardando in tal modo i pilastri e soprattutto i nodi travi pilastro che sono gli elementi più fragili.

Il *D.M. 17 gennaio 2018* definisce due tipi di comportamento strutturale:

- comportamento strutturale non dissipativo;
- comportamento strutturale dissipativo.

Per strutture con comportamento strutturale dissipativo si distinguono due livelli di Capacità Dissipativa o Classi di Duttilità (CD):

- CD 'A' - Alta;
- CD 'B' - Bassa.

La differenza tra le due classi risiede nella entità delle plasticizzazioni cui ci si riconduce in fase di progettazione; per ambedue le classi, onde assicurare alla struttura un comportamento dissipativo e duttile evitando rotture fragili e la formazione di meccanismi instabili imprevedibili, si fa ricorso ai procedimenti tipici della gerarchia delle resistenze.

Le strutture in esame sono state progettate in classe di duttilità (CD) B.

## 2 - VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al capitolo 7.3.3.2 del *D.M. 17 gennaio 2018 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*.

### 2.1 - METODO DI ANALISI

In particolare è stata eseguita un'analisi statica lineare che consiste nell'applicazione di forze statiche equivalenti alle forze di inerzia indotte dall'azione sismica e può essere effettuata per costruzioni che rispettino i requisiti specifici riportati nei paragrafi successivi, a condizione che il periodo del modo di vibrare principale nella direzione in esame ( $T_1$ ) non superi  $2.5 T_c$  o  $T_D$  e che la costruzione sia regolare in altezza. Per costruzioni civili o industriali che non superino i 40 m di altezza e la cui massa sia approssimativamente uniformemente distribuita lungo l'altezza,  $T_1$  può essere stimato, in assenza di calcoli più dettagliati, utilizzando la formula seguente:

$$T_1 = C_1 * H^{3/4}$$

dove  $H$  è l'altezza della costruzione, in metri, dal piano di fondazione e  $C_1$  vale 0.085 per costruzioni con struttura a telaio in acciaio, 0.075 per costruzioni con struttura a telaio in calcestruzzo armato e 0.050 per costruzioni con qualsiasi altro tipo di struttura.

L'entità delle forze si ottiene dall'ordinata dello spettro di progetto corrispondente al periodo  $T_1$  e la loro distribuzione sulla struttura segue la forma del modo di vibrare principale nella direzione in esame, valutata in modo approssimato.

La forza da applicare a ciascuna massa della costruzione è data dalla formula seguente:

$$F_i = F_h * z_i * W_i / \sum_j z_j * W_j$$

dove:

$$F_h = S_d(T_1) * W * \lambda / g$$

$F_i$  è la forza da applicare alla massa  $i$ -esima;

$W_i$  e  $W_j$  sono i pesi, rispettivamente, della massa  $i$  e della massa  $j$ ;

$z_i$  e  $z_j$  sono le quote, rispetto al piano di fondazione (come definito al paragrafo 3.2.3.1), delle masse  $i$  e  $j$ ;

$S_d(T_1)$  è l'ordinata dello spettro di risposta di progetto definito al paragrafo 3.2.3.5;

$W$  è il peso complessivo della costruzione;

$\lambda$  è un coefficiente pari a 0.85 se la costruzione ha almeno tre orizzontamenti e se  $T_1 < 2T_c$ , pari a 1 in tutti gli altri casi;

$g$  è l'accelerazione di gravità.

Si riportano di seguito i valori dei parametri fondamentali per l'analisi sismica.

-----  
Analisi sismica - Statica lineare - ( NTC 2008 )  
-----

#### DATI PROGETTO

Edificio sito in località RIVALTA DI TORINO ( long. 7.550 lat. 45.010900 )

Categoria del suolo di fondazione = E

Coeff. di amplificazione stratigrafica  $S_s = 1.600$

Coeff. di amplificazione topografica  $ST = 1.000$

$S = 1.600$

Vita nominale dell'opera VN = 50 anni

Coefficiente d'uso CU = 1.5

Periodo di riferimento VR = 75.0

PVR : probabilità di superamento in VR = 10 %

Tempo di ritorno = 711

Coeff. di smorzamento viscoso = 5.0

Valori risultanti per :

ag 0.880 [g/10]

Fo 2.643

TC\* 0.276

Fattore di struttura q = 1.500

Rapporto spettro di esercizio / spettro di progetto = 0.689

Coeff. lambda = 1.0000

Sd = 0.248 per  $T_1 = 0.21$

Numero condizioni generanti carichi sismici : 3

Cond. 001 : Peso proprio con coeff. 1.000

Cond. 002 : Permanente con coeff. 1.000

Cond. 003 : A:Var\_abitazione con coeff. 0.300

Condizioni di carico sismico generate:

Cond. 005 : Sisma X

Cond. 006 : Sisma Y

Cond. 007 : Torcente add. X

Cond. 008 : Torcente add. Y

Carichi sismici :

Piani	Pesi	C. distr.	Forze piano	Torc. piano X	Torc. piano Y	Bar. X
Bar. Y						
cm	daN		daN	daNm	daNm	cm
56.0	4085	0.0535	219	197	403	
3316.5	-2402.9					
126.0	145719	0.1204	17541	25216	47362	
2825.6	-1395.8					
276.0	141651	0.2637	37352	53693	100849	
2816.5	-1428.2					
361.3	176674	0.3452	60980	87658	160036	
2814.9	-1459.3					

## 2.2 - COMBINAZIONE DELLE COMPONENTI DELL'AZIONE SISMICA

Il sisma viene convenzionalmente considerato come agente separatamente in due direzioni tra loro ortogonali prefissate; per tenere conto che nella realtà il moto del terreno durante l'evento sismico ha direzione casuale e in accordo con le prescrizioni normative, per ottenere l'effetto complessivo del sisma, a partire dagli effetti delle direzioni calcolati separatamente, si è provveduto a sommare i massimi ottenuti in una direzione con il 30% dei massimi ottenuti per l'azione applicata nell'altra direzione. L'azione sismica verticale viene considerata in presenza di elementi pressoché orizzontali con luce superiore a 20 m, di elementi principali precompressi o di elementi a mensola.

## 2.3 - ECCENTRICITÀ ACCIDENTALI

Per valutare le eccentricità accidentali, previste in aggiunta all'eccentricità effettiva, sono state considerate condizioni di carico aggiuntive ottenute applicando l'azione sismica nelle posizioni del centro di massa di ogni piano ottenute traslando gli stessi, in ogni direzione considerata, di una distanza pari a +/-5% della dimensione massima del piano in direzione perpendicolare all'azione sismica.

## 2.4 - LIVELLI RIGIDI

Nella definizione del modello strutturale alcuni livelli sono stati considerati infinitamente rigidi nel loro piano. In particolare i piani rigidi generati nel modello tridimensionale sono i seguenti:

Livello	Quota [cm]	Rigido
Fondazione	0	SÌ
1	336	SÌ

Si ricorda che la normativa consente di considerare un solaio come infinitamente rigido se rispettato il *par. 7.2.6 D.M. 17 gennaio 2018*, per orizzontamenti realizzati in cemento armato, latero-cemento con soletta in c.a. di almeno 40 mm di spessore o in struttura mista con soletta in cemento armato di almeno 50 mm di spessore collegata da connettori a taglio opportunamente dimensionati agli elementi strutturali in acciaio o in legno purché le aperture presenti non ne riducano significativamente la rigidità.