

ING. FEDERICO BERNARDINI  
**PROGETTAZIONI**



PROGETTO :

**ADEGUAMENTO AI CARICHI STATICI DELLA SCUOLA PRIMARIA  
DI COLLESALVETTI (LI)**

Via San Quirico n° 3/5, 57014- Collesalveti (LI)

COMMITTENTE :

**Comune di Collesalveti**

Piazza della Repubblica n° 32, 57014- Collesalveti (LI)

PROGETTISTI:

FEDERICO  
BERNARDINI  
ingegnere

Via Turati n°7  
57014 -Collesalveti (LI)  
Tel./fax.: 0586.966202  
Mail: bfprogetti@gmail.com  
P.IVA: 01527960494

TIMBRI E FIRME

VARIE:

OGGETTO:

**PROGETTO ESECUTIVO:**

***RELAZIONE DI CALCOLO***

ELABORATO:

**A8**

CODICE FILE:

32\_22 A8 \_r0

REV.

0

NOTE:

Prima emissione

DATA:

Luglio 2022

# INDICE

<b>1</b>	<b>SPECIFICHE DI PROGETTO .....</b>	<b>3</b>
1.1	PREMESSA .....	3
1.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	3
1.3	VITA NOMINALE (P.TO 2.4.1 NTC):.....	3
1.4	CLASSE E COEFFICIENTE D'USO (P.TO 2.4.2 NTC):.....	3
1.5	PERIODO DI RIFERIMENTO (P.TO 2.4.3 NTC):.....	3
1.6	AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE (P.TO 2.5 NTC) .....	3
1.7	VERIFICHE EFFETTUATE (P.TO 2.6 NTC) .....	3
1.8	STATI LIMITE CONSIDERATI (P.TO 3.2.1 NTC).....	4
1.9	AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE.....	5
1.10	MODELLO NUMERICO.....	6
1.11	COMBINAZIONI E/O PERCORSI DI CARICO.....	7
<b>2</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI.....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>MODELLO DI CALCOLO STATO ATTUALE E STATO DI PROGETTO .....</b>	<b>10</b>

# 1 SPECIFICHE DI PROGETTO

## 1.1 Premessa

Nella presente relazione sono illustrati i principali criteri e parametri di progetto utilizzati oltre alla illustrazione del modello strutturale di calcolo.

I risultati delle elaborazioni comprendenti sollecitazioni e verifiche dei vari elementi strutturali sono specificati nel fascicolo dei calcoli allegato alla presente pratica.

## 1.2 Normativa di riferimento

- **D.M. 17.01.2018** "Norme Tecniche sulle Costruzioni"
- **Circolare n. 7/CSLLPP 21.01.2019** "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"

## 1.3 Vita nominale (p.to 2.4.1 NTC):

### Tipo di costruzione:

Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari

**Vita Nominale VN** (in anni)            50

## 1.4 Classe e coefficiente d'uso (p.to 2.4.2 NTC):

### Classe d'uso:

III) Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi.

### Coefficiente d'uso

CU=1.5

## 1.5 Periodo di riferimento (p.to 2.4.3 NTC):

VR = VN × CU = 75

## 1.6 Azioni di progetto sulla costruzione (p.to 2.5 NTC)

### Valori dei coefficienti di combinazione impiegati (Tab. 2.5.I NTC)

**Q<sub>nk</sub>: Neve** (a quota ≤ 1000 m s.l.m.):             $\psi_0 = 0,5$              $\psi_1 = 0,2$              $\psi_2 = 0,0$

## 1.7 Verifiche effettuate (p.to 2.6 NTC)

Le verifiche agli stati limite ultimi effettuate sono le seguenti:

- lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: **STR**

**Valori dei coefficienti parziali impiegati nelle verifiche (Tab. 2.6.I NTC)**

		<b>Coefficiente <math>\gamma_F</math></b>	<b>A1 STR</b>	<b>A2 GEO</b>
<b>Carichi permanenti</b>	favorevoli	$\gamma_{G1}$	1.0	1.0
	sfavorevoli		1.3	1.0
<b>Carichi permanenti non strutturali</b>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0.8	0.8
	sfavorevoli		1.5	1.3
<b>Carichi variabili</b>	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0.0	0.0
	sfavorevoli		1.5	1.3

**1.8 Stati limite considerati (p.to 3.2.1 NTC)**

Nel progetto in questione sono stati considerati i seguenti stati limite:

**SLU:** - Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)

**SLE:** - Stato Limite di danno (SLD)

**Probabilità di superamento degli stati limite considerati (Tab. 3.2.I NTC)**

		Pvr Probabilità di superamento nel periodo di riferimento Vr
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%

## 1.9 Azioni di progetto sulla costruzione

Nei capitoli “modellazione delle azioni” e “schematizzazione dei casi di carico” sono indicate le azioni sulla costruzione.

Nel prosieguo si indicano tipo di analisi strutturale condotta (statico, dinamico, lineare o non lineare) e il metodo adottato per la risoluzione del problema strutturale nonché le metodologie seguite per la verifica o per il progetto-verifica delle sezioni. Si riportano le combinazioni di carico adottate e, nel caso di calcoli non lineari, i percorsi di carico seguiti; le configurazioni studiate per la struttura in esame *sono risultate effettivamente esaustive per la progettazione-verifica.*

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 tensodeformativo indotto da carichi statici. L'analisi strutturale è condotta con il metodo dell'analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

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 corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. Le incognite del problema (nell'ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi:

$$\mathbf{K} * \mathbf{u} = \mathbf{F} \quad \text{dove} \quad \mathbf{K} = \text{matrice di rigidezza}$$

$\mathbf{u}$  = vettore spostamenti nodali  
 $\mathbf{F}$  = vettore forze nodali

Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente ad una terna locale all'elemento stesso.

Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume l'asse Z verticale ed orientato verso l'alto.

Gli elementi utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura sono i seguenti:

- Elemento tipo **TRUSS** (biella-D2)
- Elemento tipo **BEAM** (trave-D2)
- Elemento tipo **MEMBRANE** (membrana-D3)
- Elemento tipo **PLATE** (piastra-guscio-D3)
- Elemento tipo **BOUNDARY** (molla)
- Elemento tipo **STIFFNESS** (matrice di rigidezza)
- Elemento tipo **BRICK** (elemento solido)
- Elemento tipo **SOLAIO** (macro elemento composto da più membrane)

## 1.10 Modello numerico

In questa parte viene descritto il modello numerico utilizzato (ante e post operam) per l'analisi della struttura. La modellazione della struttura è la medesima nello stato ante e post operam, in quest'ultimo è stato solamente inserito il rinforzo con l'intonaco armato dei setti più sollecitati.

La presentazione delle informazioni deve essere, coerentemente con le prescrizioni del paragrafo 10.2 delle NTC-18, tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità

<b>Modellazione della geometria e proprietà meccaniche:</b>	
nodi	5779
elementi D2 (per aste, travi, pilastri...)	280
elementi D3 (per pareti, platee, gusci...)	5468
elementi solaio	42
elementi solidi	0
<b>Dimensione del modello strutturale [cm]:</b>	
X min =	-0.80
Xmax =	2461.00
Ymin =	-0.00
Ymax =	1534.82
Zmin =	0.00
Zmax =	1630.00
<b>Strutture verticali:</b>	
Elementi di tipo asta	NO
Pilastri	NO
Pareti	SI
Setti (a comportamento membranale)	NO
<b>Strutture non verticali:</b>	
Elementi di tipo asta	SI
Travi	SI
Gusci	NO
Membrane	NO
<b>Orizzontamenti:</b>	
Solai con la proprietà piano rigido	SI
Solai senza la proprietà piano rigido	SI
<b>Tipo di vincoli:</b>	
Nodi vincolati rigidamente	SI
Nodi vincolati elasticamente	NO
Nodi con isolatori sismici	NO
Fondazioni puntuali (plinti/plinti su palo)	NO
Fondazioni di tipo trave	NO
Fondazioni di tipo platea	NO
Fondazioni con elementi solidi	NO
<b>Tipo di analisi strutturale</b>	
Sismica statica lineare	NO
Sismica dinamica lineare	NO
Sismica statica non lineare (prop. masse)	NO
Sismica statica non lineare (prop. modo)	NO
Sismica statica non lineare (triangolare)	NO
Non linearità geometriche (fattore P delta)	NO
Analisi lineare	SI

### 1.11 Combinazioni e/o percorsi di carico

Si veda il capitolo “Definizione delle combiazioni” in cui sono indicate le combinazioni di carico adottate e, nel caso di calcoli non lineari, i percorsi di carico seguiti.

Combinazioni dei casi di carico	
APPROCCIO PROGETTUALE	Approccio 2
Tensioni ammissibili	NO
SLU	SI
SLV (SLU con sisma)	NO
SLC	NO
SLD	NO
SLO	NO
SLU GEO A2 (per approccio 1)	NO
SLU EQU	NO
Combinazione caratteristica (rara)	SI
Combinazione frequente	SI
Combinazione quasi permanente (SLE)	SI
SLA (accidentale quale incendio)	NO

#### Verifiche agli stati limite ultimi

Nel capitolo relativo alla progettazione degli elementi strutturali agli SLU vengono indicate, con riferimento alla normativa adottata, le modalità ed i criteri seguiti per valutare la sicurezza della struttura nei confronti delle possibili situazioni di crisi ed i risultati delle valutazioni svolte. In via generale, oltre alle verifiche di resistenza e di spostamento, devono essere prese in considerazione verifiche nei confronti dei fenomeni di instabilità, locale e globale, di fatica, di duttilità, di degrado.

#### Verifiche agli stati limite di esercizio

Nel capitolo relativo alla progettazione degli elementi strutturali agli SLU vengono indicate, con riferimento alla normativa adottata, le modalità seguite per valutare l'affidabilità della struttura nei confronti delle possibili situazioni di perdita di funzionalità (per eccessive deformazioni, fessurazioni, vibrazioni, etc.) ed i risultati delle valutazioni svolte.

## 2 ANALISI DEI CARICHI

<b>SOLAI INTERPIANO tipo 1</b>				
<b><i>G<sub>1k</sub>) Carichi permanenti compiutamente definiti</i></b>				
	Intonaco			30 [daN/mq]
	Peso proprio solaio travetti e tavelloni			205 [daN/mq]
	Sottofondo			90 [daN/mq]
	Pavimentazione			50 [daN/mq]
				<b>375 [daN/mq]</b>
<b><i>G<sub>2k</sub>) Carichi permanenti non compiutamente definiti</i></b>				
	Tramezzature bagni			160 [daN/mq]
<b><i>Q<sub>sk</sub>) Carichi variabili</i></b>				
	Cat. C1:			300 [daN/mq]
			<b>TOT.</b>	<b>835 [daN/mq]</b>
<b>SOLAI INTERPIANO tipo 1 corridoio</b>				
<b><i>G<sub>1k</sub>) Carichi permanenti compiutamente definiti</i></b>				
	Intonaco			30 [daN/mq]
	Peso proprio solaio travetti e tavelloni			205 [daN/mq]
	Sottofondo			90 [daN/mq]
	Pavimentazione			50 [daN/mq]
				375 [daN/mq]
<b><i>G<sub>2k</sub>) Carichi permanenti non compiutamente definiti</i></b>				
	Tramezzature bagni			0 [daN/mq]
<b><i>Q<sub>sk</sub>) Carichi variabili</i></b>				
	Cat. C1:			300 [daN/mq]
			<b>TOT.</b>	<b>675 [daN/mq]</b>
<b>SOLAIO INTERPIANO tipo 2</b>				
<b><i>G<sub>1k</sub>) Carichi permanenti compiutamente definiti</i></b>				
	Intonaco			30 [daN/mq]
	Solaio in laterocemento			220 [daN/mq]
	Sottofondo			90 [daN/mq]
	Pavimentazione			50 [daN/mq]
				390 [daN/mq]
<b><i>G<sub>2k</sub>) Carichi permanenti non compiutamente definiti</i></b>				
	Tramezzature aule			100 [daN/mq]
<b><i>Q<sub>sk</sub>) Carichi variabili</i></b>				
	Cat. C1:			300 [daN/mq]
			<b>TOT.</b>	<b>790 [daN/mq]</b>



<b>SOLAI COPERTURA</b>					
<b><i>G<sub>1k</sub>) Carichi permanenti compiutamente definiti</i></b>					
	Intonaco				30 [daN/mq]
	Peso proprio solaio sottotetto laterocemento				250 [daN/mq]
	Peso proprio solaio copertura laterocemento				250 [daN/mq]
	Manto di copertura				50 [daN/mq]
					580 [daN/mq]
<b><i>Q<sub>sk</sub>) Carichi variabili</i></b>					
	Cat. Cop				50 [daN/mq]
				<b>TOT.</b>	<b>630 [daN/mq]</b>
<b>SCALA</b>					
<b><i>G<sub>1k</sub>) Carichi permanenti compiutamente definiti</i></b>					
	Intonaco				30 [daN/mq]
	Gradino in pietra				500 [daN/mq]
					530 [daN/mq]
<b><i>Q<sub>sk</sub>) Carichi variabili</i></b>					
	Cat. C1:				300 [daN/mq]
				<b>TOT.</b>	<b>830 [daN/mq]</b>

- **Neve**

Zona Neve = III

Periodo di ritorno,  $T_r = 50$  anni

Ctr = 1 per  $T_r = 50$  anni

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

Valore caratteristico del carico al suolo =  $q_{sk} C_e C_{tr} = 60$  daN/mq

**Copertura a due falde:**

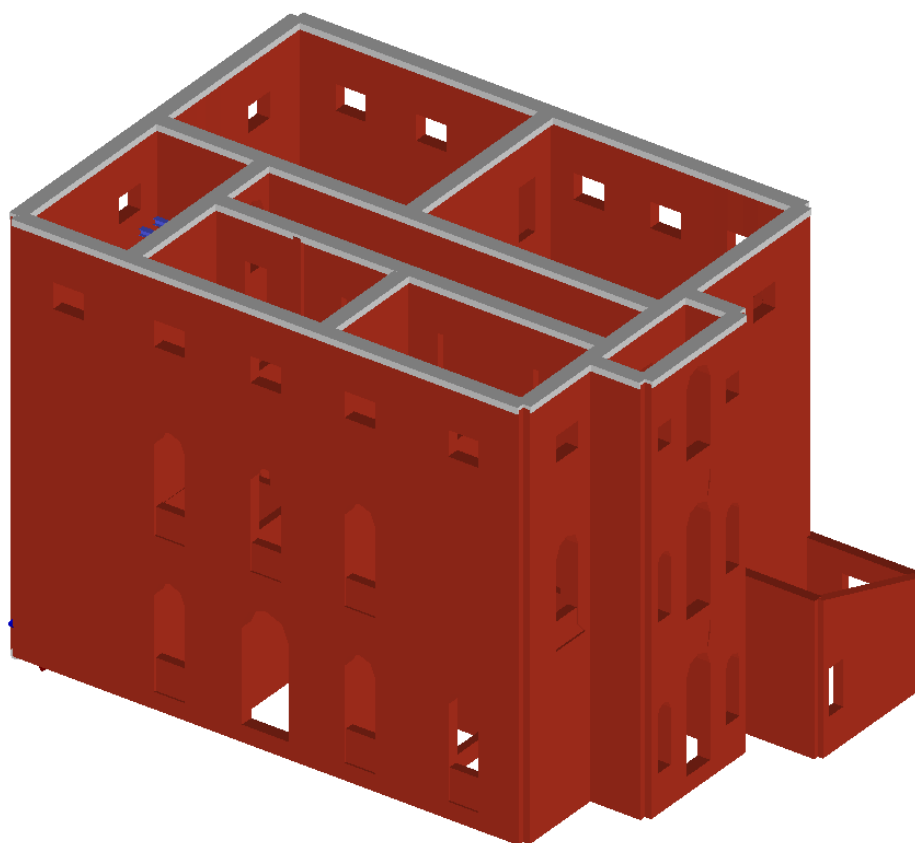
Angolo di inclinazione della falda  $\alpha_1 = 18,0^\circ$

$\mu_1(\alpha_1) = 0,80 \Rightarrow Q_1 = 48$  daN/mq

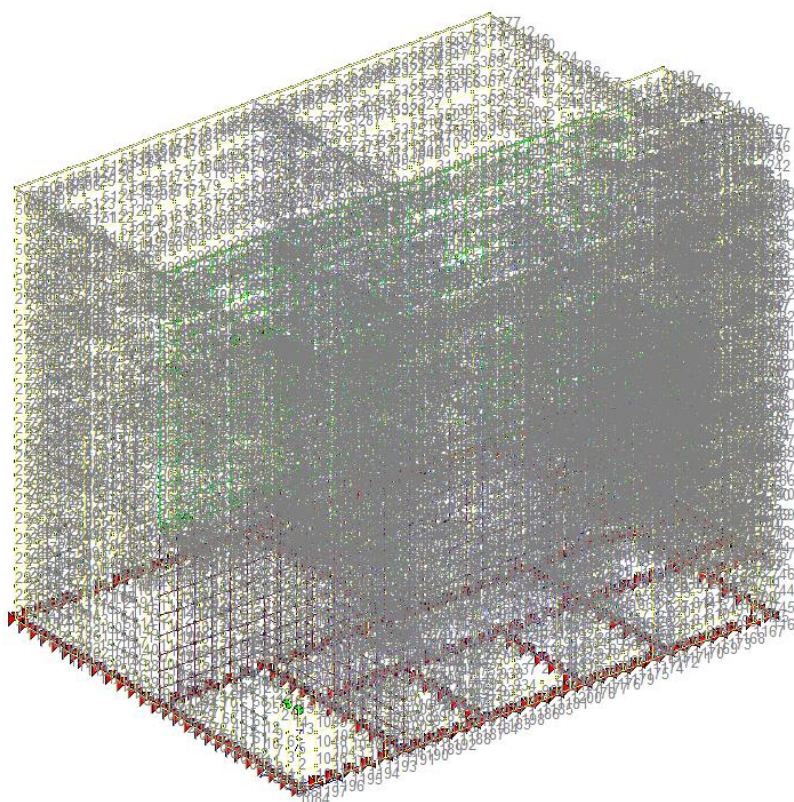
Angolo di inclinazione della falda  $\alpha_2 = 18,0^\circ$

$\mu_1(\alpha_2) = 0,80 \Rightarrow Q_2 = 48$  daN/mq

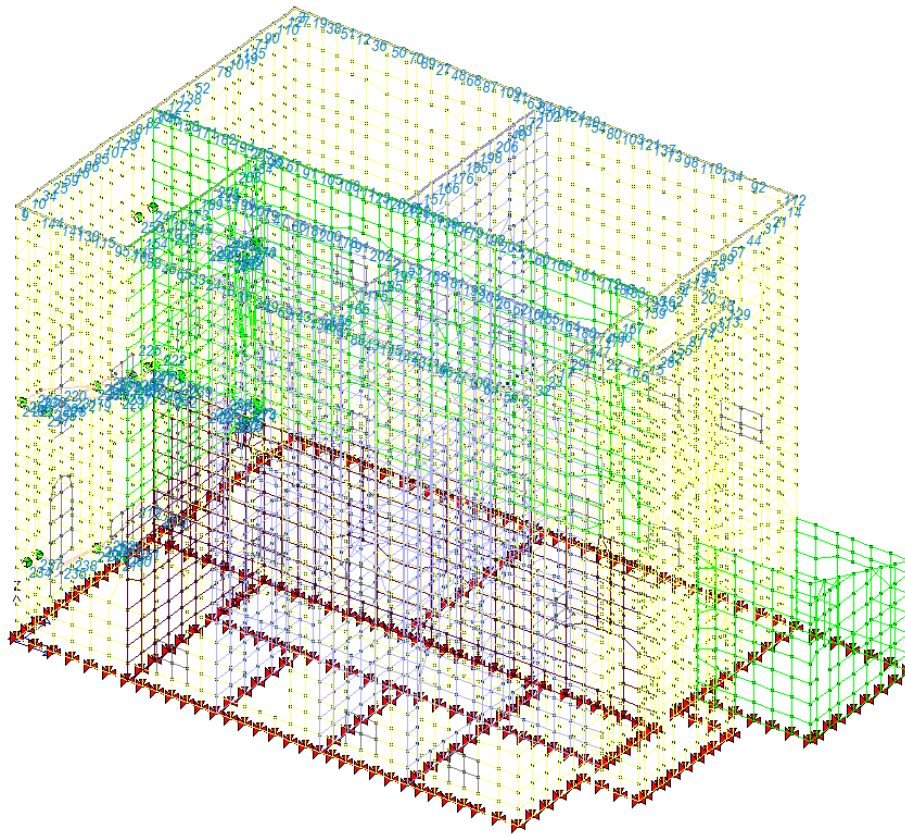
### 3 MODELLO DI CALCOLO STATO ATTUALE E STATO DI PROGETTO



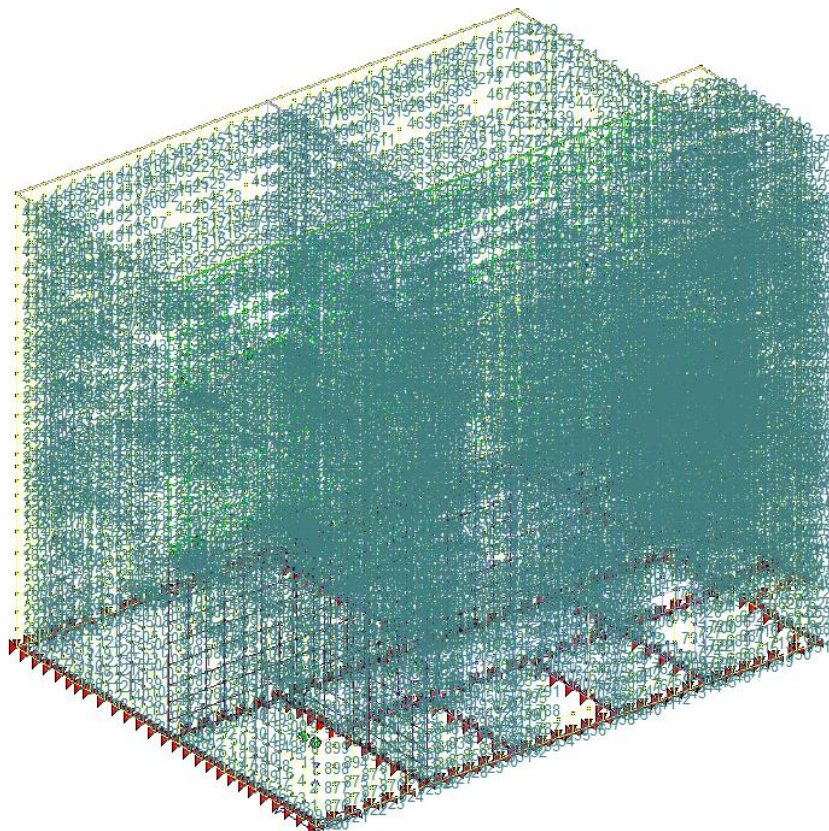
Modello di calcolo



Modello di calcolo con individuazione dei nodi



Modello di calcolo con individuazione degli elementi D2



Modello di calcolo con individuazione degli elementi D3