

## PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 – Potenziamento dell’offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università  
Investimento 1.1: Piano per asili nido e scuole dell’infanzia e servizi di educazione e cura per la prima infanzia



RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE - MESSA IN SICUREZZA - RICONVERSIONE DEL 11° CIRCOLO DIDATTICO IN "NIDO SCIALOJA"

### PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA (articolo 23 comma 5 D.lgs. n. 50/2016 e s.m.i.)

Responsabile del Procedimento:  
arch. Alfonso Ghezzi

Progettista  
ing. Pasquale Ciccarelli

Descrizione Elaborato

Relazioni Interventi strutturali

COD. ELABORATO :

**B**

SCALA :

-

DATA :

Aprile 2022

## Sommario

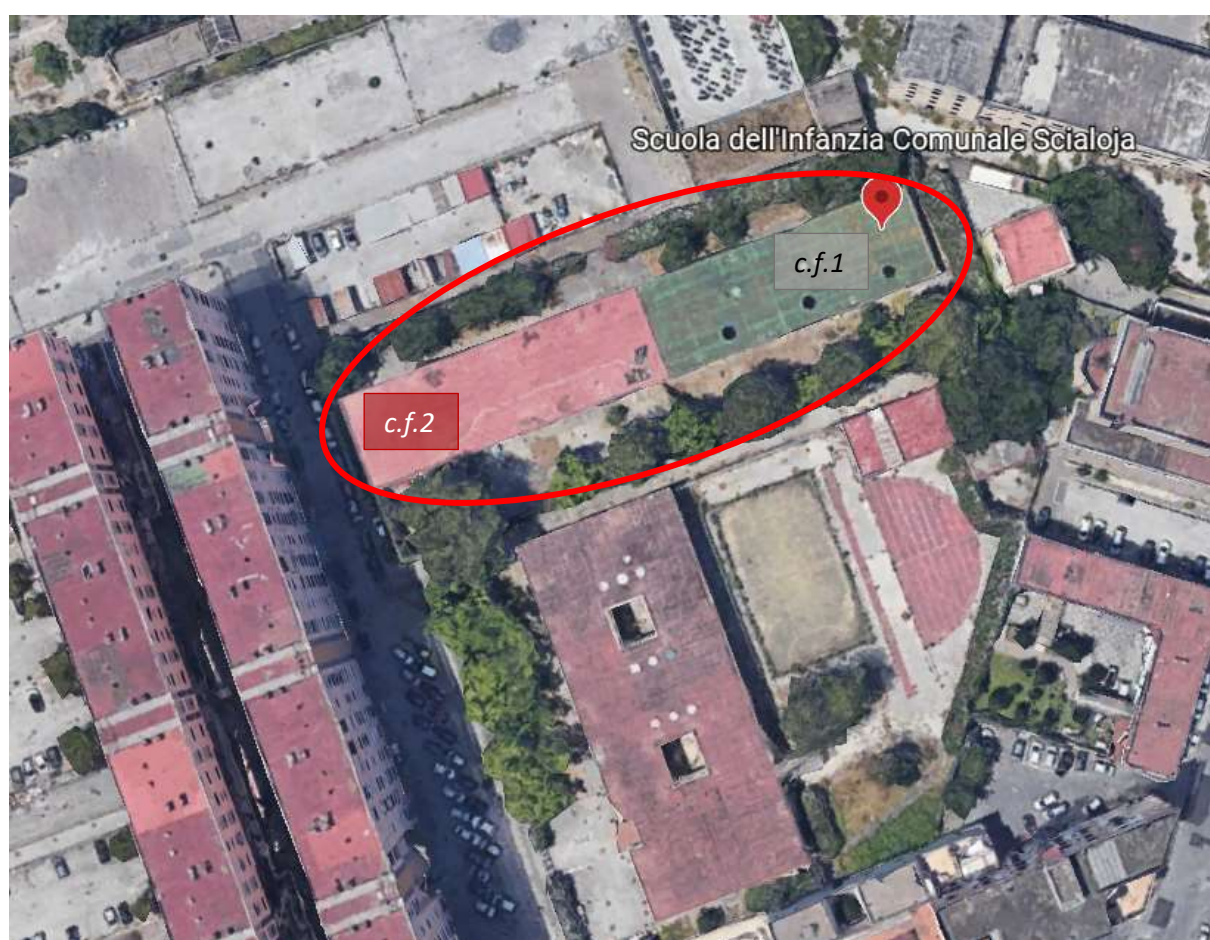
1.1	INTRODUZIONE.....	2
1.2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	4
1.3	DESCRIZIONE DEL FABBRICATO.....	5
2	ANALISI STORICO CRITICA .....	10
2.1	INDAGINI E RILIEVI CONDOTTI .....	11
2.2	MODELLAZIONE STRUTTURALE CON IPOTESI DI PROGETTO .....	13
2.3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI UTILIZZATI.....	16
2.4	CARATTERISTICHE DEL SOTTOSUOLO .....	17
3	ANALISI DEI CARICHI.....	19
3.1	PESI PROPRI ELEMENTI STRUTTURALI $G_{k1}$ .....	19
3.2	PESI PERMANENTI NON STRUTTURALI $G_{k2}$ .....	21
3.3	SOVRACCARICO ACCIDENTALE .....	22
3.4	CARICO DA NEVE .....	22
3.5	CARICO DA VENTO.....	23
3.6	COMBINAZIONE DELLE AZIONI NON SISMICHE.....	29
4	VALUTAZIONE DELL’AZIONE SISMICA .....	31
4.1	PERICOLOSITA’ SISMICA .....	31
4.2	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA .....	33
4.3	SPETTRO DI RISPOSTA .....	34
4.4	SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE .....	36
5	ANALISI STATICA E SISMICA DELLA STRUTTURA .....	38
6	MODELLAZIONE STRUTTURALE ED ANALISI DINAMICA LINEARE .....	39
6.1	VERIFICHE .....	49
6.2	TIPOLOGIA DI ANALISI .....	51
7	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E SINTESI DEI RISULTATI.....	54
7.1	VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI SECONDARI – NTC18 - §7.2.3 .....	55

## 1.1 INTRODUZIONE

La presente relazione ha per oggetto la verifica della vulnerabilità sismica del fabbricato “Scuola dell’Infanzia Comunale Scialoja ” dell’ 11° Circolo, sito nel Comune di Napoli (NA) in Via Pazzigno n.1 - Napoli, Quartiere San Giovanni a Teduccio.

Lo scopo perseguito è quello di determinare il valore dell’indice di rischio sismico dell’edificio secondo le vigenti NTC 2018.

Nelle immagini seguenti è riportata la localizzazione geografica del fabbricato oggetto di studio.





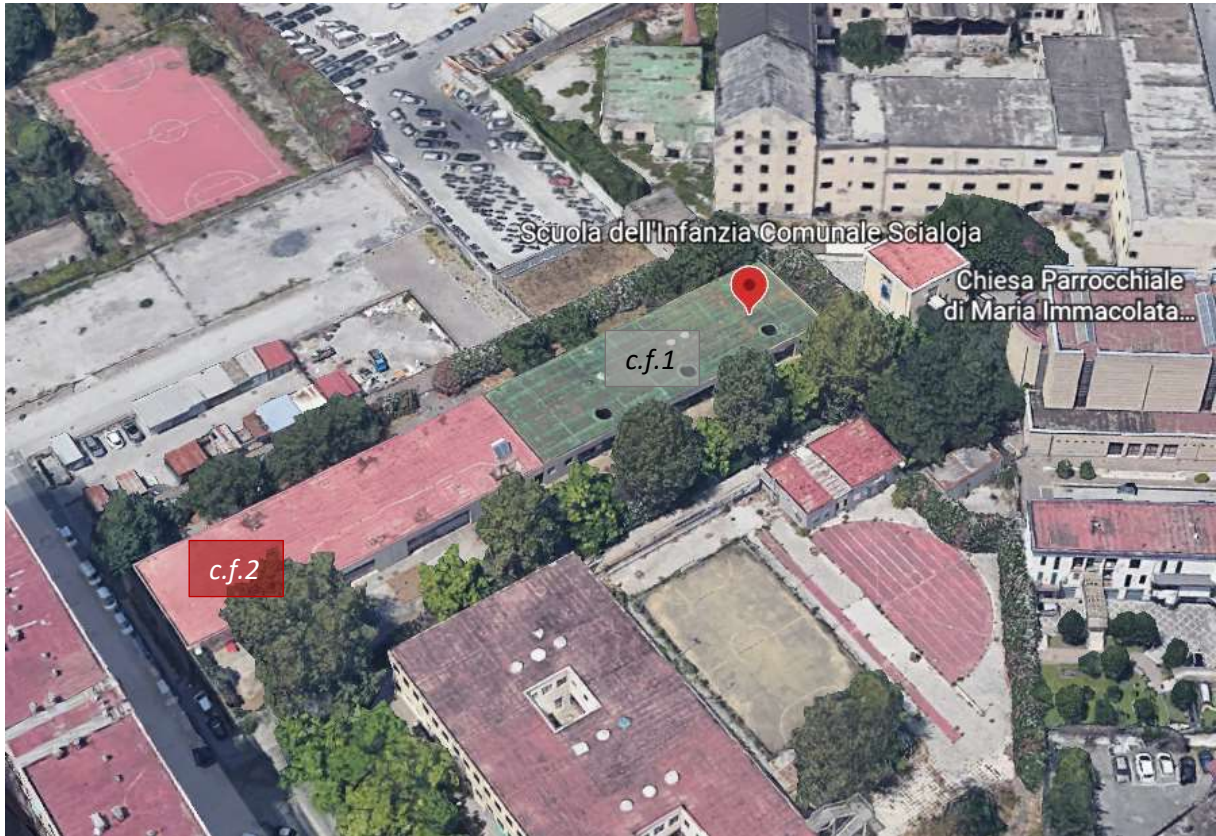


Figura 1 - Localizzazione geografica del fabbricato

## *1.2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO*

I principali riferimenti normativi considerati nello svolgimento dell'analisi, per quanto concerne i criteri generali di sicurezza, le assunzioni fondamentali dell'analisi strutturale, la definizione delle azioni previste nella vita nominale delle costruzioni, le caratteristiche dei materiali, nonché le verifiche di sicurezza dell'insieme strutturale ovvero dei singoli elementi di cui esso si compone sono:

- Norme tecniche per le costruzioni (NTC 17/01/2018);
- Circolare del ministero delle infrastrutture e dei trasporti n. 7, del 21 gennaio 2019, "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni";
  - D.P.R. 380/01, Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia e s.m.i.
  - Deliberazione della Giunta Regionale Campania n. 5447 del 7 novembre 2002 – Aggiornamento della Classificazione Sismica dei Comuni della Campania.
  - UNI EN 1998-3: 2005 – Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici.

### 1.3 DESCRIZIONE DEL FABBRICATO

Il fabbricato oggetto della presente relazione è un edificio con struttura portante in acciaio e coperture realizzate con solai in c.a. prefabbricato con moduli di larghezza 1.20m; l'epoca di costruzione è databile dopo il 1976, così come indicato negli elaborati forniti dal Comune. Il corpo di fabbrica si presenta in pianta con forma rettangolare di dimensioni 101.00x16.20m, altezza massima di 3.85m ed è costituito da n.1 livelli fuori terra. La struttura è formata nel complesso da n. 2 corpi di fabbrica giuntati, entrambi con pianta rettangolare. I due corpi di fabbrica, d'ora in avanti indicati con la dicitura *c.f.1* e *c.f.2*, presentano le seguenti dimensioni:

- *c.f.1*: di forma regolare con ingombro massimo in pianta 48.7x16.2m, presenta una struttura portante composta da telai monodirezionali costituiti da colonne HEA200 e travi IPE360 in direzione ortogonale all'orditura dei solai;
- *c.f.2* di forma regolare con ingombro in pianta 52.5x16.2m, presenta una struttura portante composta da telai monodirezionali costituiti da colonne HEA200 e HEA260 e travi IPE360 in direzione ortogonale all'orditura dei solai.

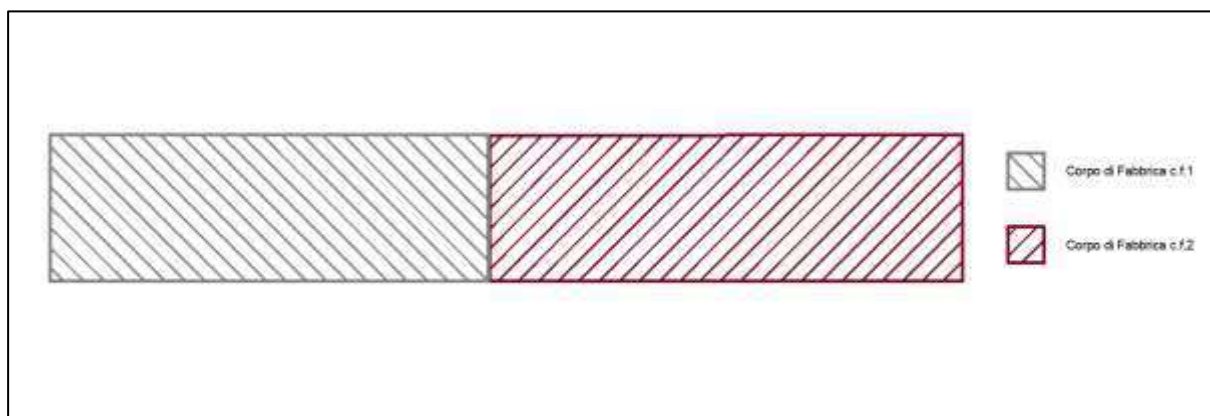
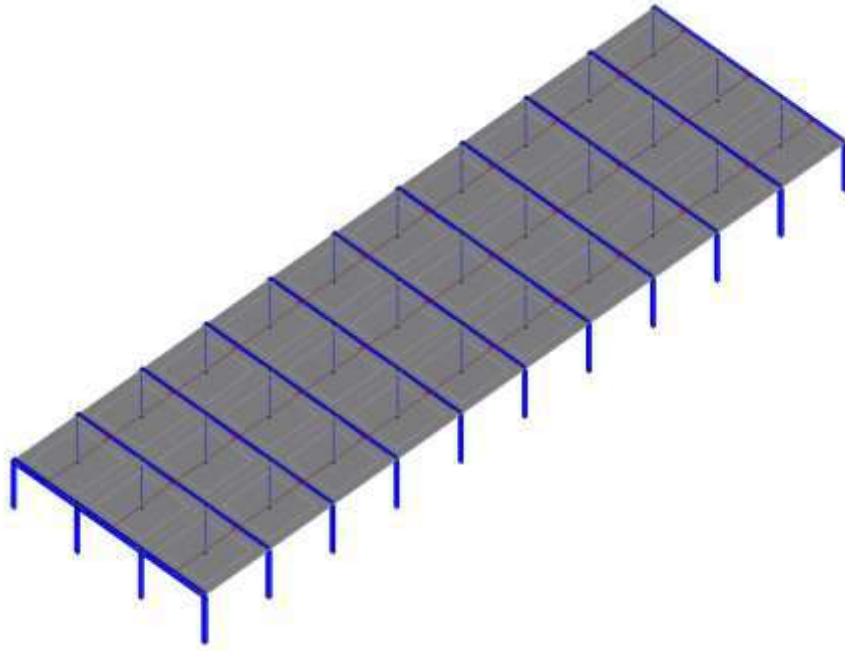


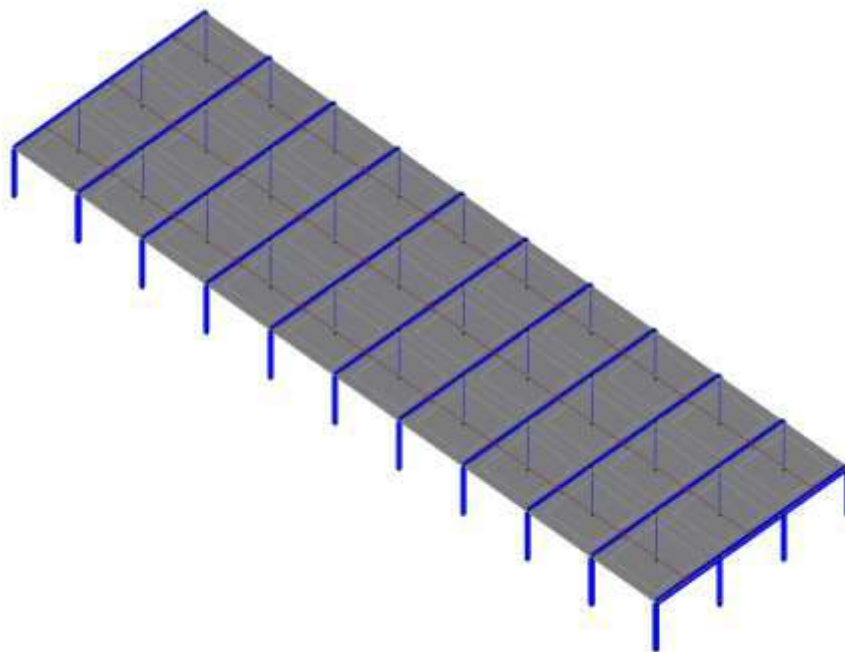
Figura 2 – Dettaglio della geometria in pianta del fabbricato

Le tamponature esterne sono composte da moduli di pannelli verticali in c.a. prefabbricato di spessore 15cm, ciascuno di lunghezza 2.40m. Il solaio di copertura risulta accessibile per la sola manutenzione e soltanto dall'esterno, non essendo presenti botole e/o collegamenti verticali all'interno del fabbricato.

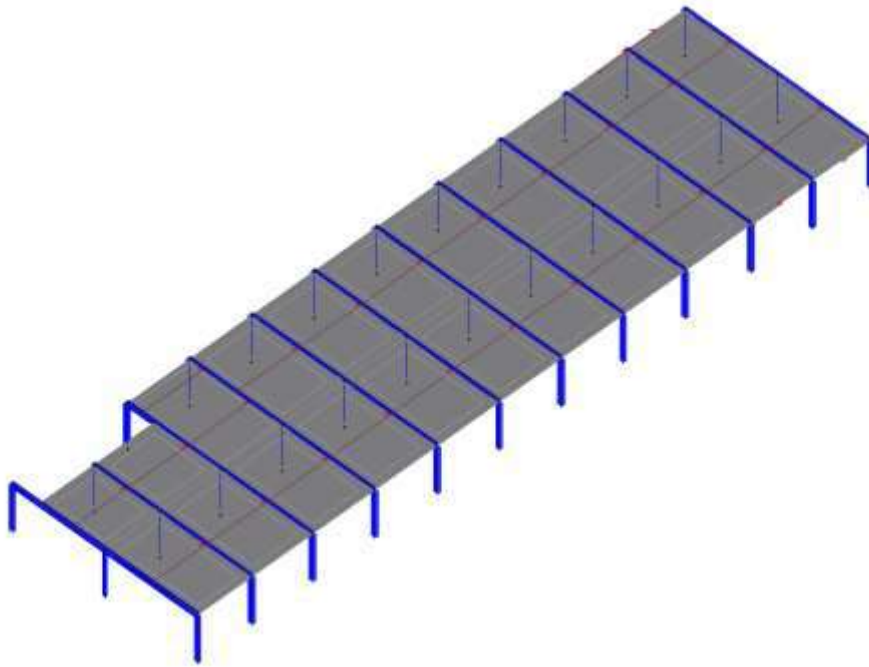
Di seguito si riportano le viste prospettiche del modello strutturale per ciascun corpo di fabbrica:



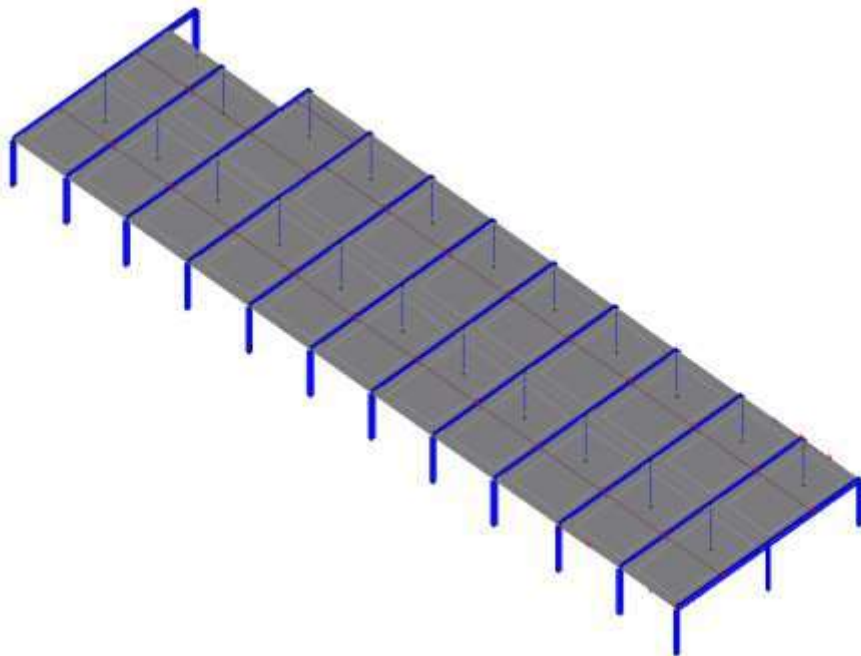
*Figura 3a - Vista prospettica 1 – c.f.1*



*Figura 3b - Vista prospettica 2 – c.f.1*



*Figura 4a - Vista prospettica 1 – c.f.2*



*Figura 4b – Vista prospettica 2 – c.f.2*



Entrambi i corpi di fabbrica hanno attualmente destinazione d'uso scolastica e all'atto del sopralluogo il c.f.2 risulta utilizzato per suddette attività, mentre il c.f.1 si trova in stato di degrado e di abbandono.

Per quanto concerne la classificazione della classe d'uso, secondo le NTC 2018 [cap. 2.4.2], il fabbricato ricade nella III, definita come segue:

- *Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.*

Nelle immagini seguenti sono riportate alcune foto relative ai due corpi di fabbrica, realizzate durante i sopralluoghi effettuati.



Figura 5a - Documentazione fotografica c.f.1



*Figura 5b - Documentazione fotografica c.f.2*

## 2 ANALISI STORICO CRITICA

Al punto 8.5.1 delle NTC 2018 è definita l'analisi storico critica: *“Ai fini di una corretta individuazione del sistema strutturale e del suo stato di sollecitazione è importante ricostruire il processo di realizzazione e le successive modifiche subite nel tempo dalla costruzione, nonché gli eventi che l'hanno interessata.”*

Come precedentemente anticipato il fabbricato sembrerebbe essere stato realizzato dopo il 1976 quando ancora il territorio ove è ubicato non era stato classificato come sismico.

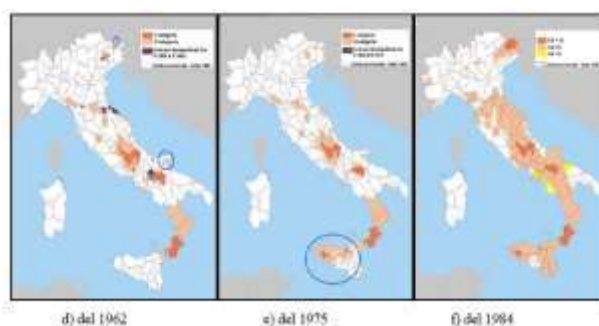


Figura 6 - Classificazione sismica del territorio italiano del 1962 – 1975 - 1984

Le strutture risultano dunque concepite per sostenere i soli carichi gravitazionali. La mancanza di documentazioni quali relazioni di calcolo, grafici e notizie utili per comprendere le caratteristiche strutturali ed i criteri di calcolo adottati dal progettista dell'epoca, hanno indotto a dover valutare le resistenze degli elementi strutturali mediante ipotesi basate sull'epoca di costruzione, prima ancora di indagare direttamente in loco.

La ricostruzione della geometria delle strutture è stata effettuata attraverso l'osservazione dei grafici architettonici forniti dal Comune e successivamente integrati con l'osservazione diretta ed il rilievo durante i sopralluoghi effettuati. Di seguito si riportano i grafici di partenza forniti dal Comune:

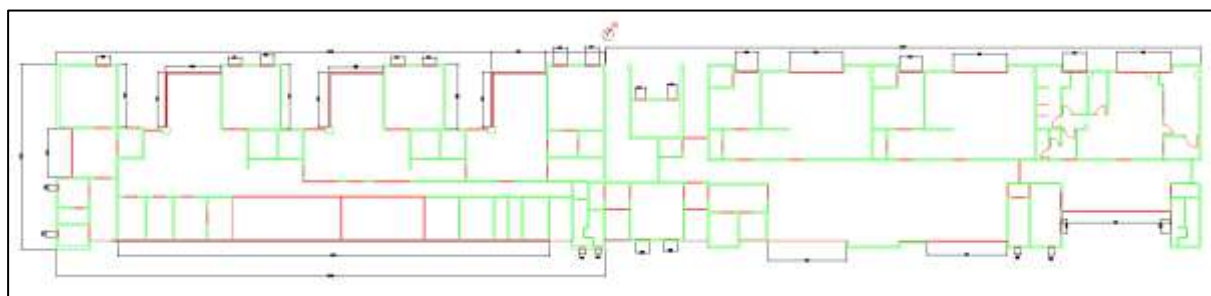


Figura 7 - Documentazione storica architettonica rilevata

## 2.1 INDAGINI E RILIEVI CONDOTTI

Al punto 8.5.2 delle NTC 2018 si fa riferimento al rilievo geometrico: *“Il rilievo geometrico-strutturale dovrà essere riferito alla geometria complessiva, sia della costruzione, sia degli elementi costruttivi, comprendendo i rapporti con le eventuali strutture in aderenza. Nel rilievo dovranno essere rappresentate le modificazioni intervenute nel tempo, come desunte dall’analisi storico-critica. Il rilievo deve individuare l’organismo resistente della costruzione, tenendo anche presenti la qualità e lo stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi. Dovranno altresì essere rilevati i dissesti, in atto o stabilizzati, ponendo particolare attenzione all’individuazione dei quadri fessurativi e dei meccanismi di danno.”*

Inoltre, come cita la stessa norma al punto 8.5.3: *“... per conseguire un’adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro degrado, ci si baserà sulla documentazione già disponibile, su verifiche visive in situ e su indagini sperimentali. Le indagini dovranno essere motivate, per tipo e quantità, dal loro effettivo uso nelle verifiche; ... I valori di progetto delle resistenze meccaniche dei materiali verranno valutati sulla base delle indagini e delle prove effettuate sulla struttura, tenendo motivatamente conto dell’entità delle dispersioni, prescindendo dalle classi discretizzate previste nelle norme per le nuove costruzioni. Per le prove di cui alla Circolare 21 settembre 2010, n. 7617/STC o eventuali successive modifiche o interazioni, il prelievo dei campioni dalla struttura e l’esecuzione delle prove stesse devono essere effettuate a cura di un laboratorio di cui all’articolo 59 del DPR 380/2001.”*

Al punto 8.5.4 la norma definisce i livelli di conoscenza. *“ Sulla base degli approfondimenti effettuati nelle fasi conoscitive sopra riportate, saranno individuati i “livelli di conoscenza” dei diversi parametri coinvolti nel modello e definiti i correlati fattori di confidenza, da utilizzare nelle verifiche di sicurezza. Ai fini della scelta del tipo di analisi e dei valori dei fattori di confidenza si distinguono i tre livelli di conoscenza seguenti, ordinati per informazione crescente LC1, LC2 ed LC3. Gli aspetti che definiscono i livelli di conoscenza sono: geometria della struttura, dettagli costruttivi, proprietà dei materiali, connessioni tra i diversi elementi e loro presumibili modalità di collasso.”*

Con l’intento di seguire ciò che la normativa stabilisce, la prima fase del lavoro è stata principalmente documentale e di rilievo. In particolare, tale prima fase si è così articolata:



- Verifica della corrispondenza tra gli elaborati raccolti e lo stato di fatto (dopo una preventiva ricerca su più livelli);
- Individuazione di eventuali cambi di destinazione d'uso;
- Individuazione di eventuali interventi di carattere strutturale;
- Ispezione delle tipologie di orizzontamento;
- Valutazione dello stato di degrado;
- Rilievo fotografico.

La seconda fase, che porta poi all'assegnazione del Livello di Conoscenza e del Fattore di Confidenza, è quella relativa alle prove sui materiali (per la definizione delle caratteristiche meccaniche) e ai saggi sugli elementi.

Da diversi sopralluoghi in sito, stante l'irreperibilità di documentazione storica, è stato comunque possibile ricostruire la geometria dell'intera opera in oggetto. Come da intese con l'amministrazione comunale, la quale ha espresso la volontà di procedere alla valutazione analitica della vulnerabilità del fabbricato, nel rispetto delle disposizioni normative vigenti si è predisposta una campagna di indagini in situ che ha consentito di raggiungere un livello di conoscenza del tipo **LC2**.

Nello specifico, al fine della progettazione della campagna di indagini diagnostiche da eseguire sul fabbricato, in conformità alla regola riportata al paragrafo, 7.3.2 "Indagini sui materiali e sui particolari costruttivi (Regola tecnica), si è partiti dalla definizione del livello di conoscenza 2 (LC2) ai sensi dell'appendice C8A [note esplicative tabella C8A1.3 (a,b) delle NTC].

Successivamente si è proceduto a modificare il numero di prove prescritte in funzione di:

- forma dell'edificio;
- accessibilità dei luoghi;
- presenza di elementi ripetitivi;
- esperienza professionale acquisita e tale, dunque, da non compromettere sia la staticità delle strutture esistenti, concepite con criteri progettuali ormai superati, sia il loro normale utilizzo.

La campagna di prove è stata commissionata alla società GEOVIEW S.r.l.s. di Cava De Tirreni (Sa).

Nell'ambito dell'attività eseguita sono state effettuate le seguenti indagini:

- n° 1 prelievo profilati acciaio;
- n° 11 prove durometriche;

Le prove sono state eseguite unicamente sul corpo di fabbrica n.2, in quanto il corpo di fabbrica n.1 è risultato completamente inaccessibile in sede di indagini, ed è stato dunque possibile effettuare soltanto il suo rilievo visivo e ingombro.

Per ulteriori informazioni ed approfondimenti si rimanda allo specifico elaborato redatto dalla GEOVIEW S.r.l.s.

Considerando che la valutazione della sicurezza è eseguita mediante metodi di analisi lineare o non lineare, statici o dinamici e che le informazioni raccolte sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelle riguardanti i dettagli strutturali, devono consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo, prima ancora di procedere alle indagini strutturali in situ, si è proceduto alla modellazione strutturale, grazie alla quale individuare gli elementi più rappresentativi da indagare ed utili per la modellazione finale.

## **2.2 *MODELLAZIONE STRUTTURALE CON IPOTESI DI PROGETTO***

Qualora la documentazione tecnica non sia disponibile o sia insufficiente e le indagini, anche se estese come nel caso in esame, non abbiano consentito la caratterizzazione di alcuni elementi strutturali, è possibile preliminarmente definire i dettagli costruttivi sulla base di un'ipotesi di progetto eseguito secondo la pratica dell'epoca della progettazione. Esso, affiancato da una verifica in situ dei collegamenti e degli ulteriori dettagli costruttivi presenti negli elementi più importanti, dà luogo ad un quadro di dati tali da consentire le verifiche volute.

L'ipotesi di progetto ha seguito allora le seguenti fasi:

1. Individuazione dell'età della progettazione e costruzione: post 1976;
2. Individuazione e studio dello schema strutturale: attraverso sopralluoghi, rilievi ed indagini in situ, si sono definiti gli elementi portanti di seguito rappresentati:

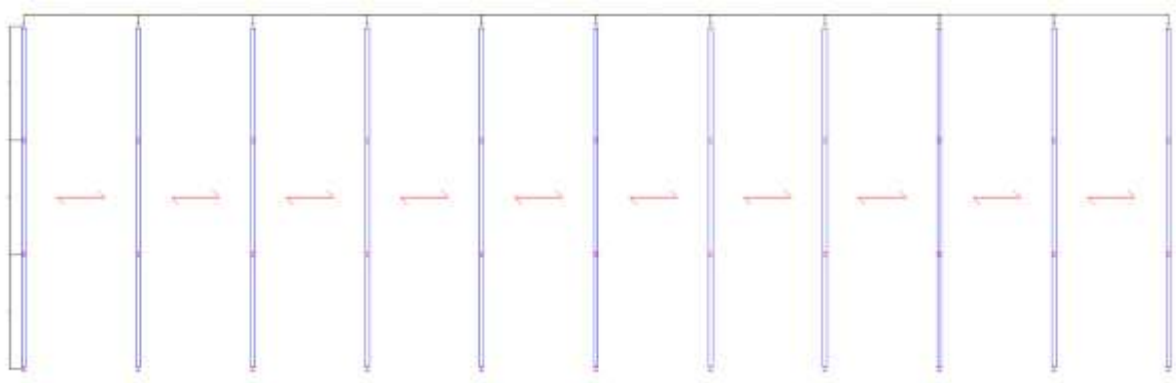


Figura 8a - Impalcato strutturale c.f.1

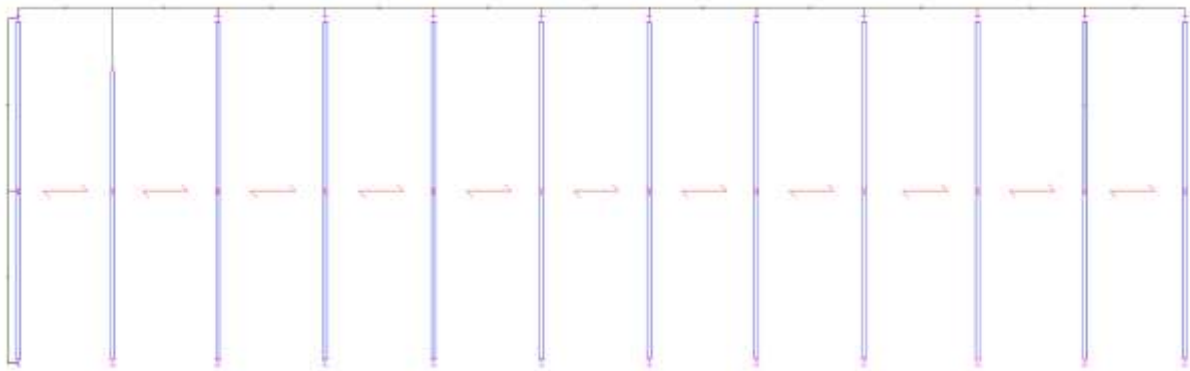


Figura 8b - Impalcato strutturale c.f.2

3. Valutazione dei carichi: oltre ai pesi propri strutturali e non strutturali, nonché gli accidentali in copertura dovuti alla neve, sono stati considerati come carichi accidentali variabili,  $q_k = 50 \text{ Kg/m}^2$  per i solai di copertura (Cat. H, coperture);
4. Verifica di tutti gli elementi strutturali per i soli carichi gravitazionali.

Sulla base dei risultati dell'ipotesi di progetto, eseguito così come descritto dai sopra elencati punti, sono stati identificati gli elementi strutturali da indagare.

Di seguito si riportano le planimetrie strutturali degli elementi rilevati con ubicazione delle prove effettuate dalla società GEOVIEW S.r.l.s. esecutrice delle indagini:

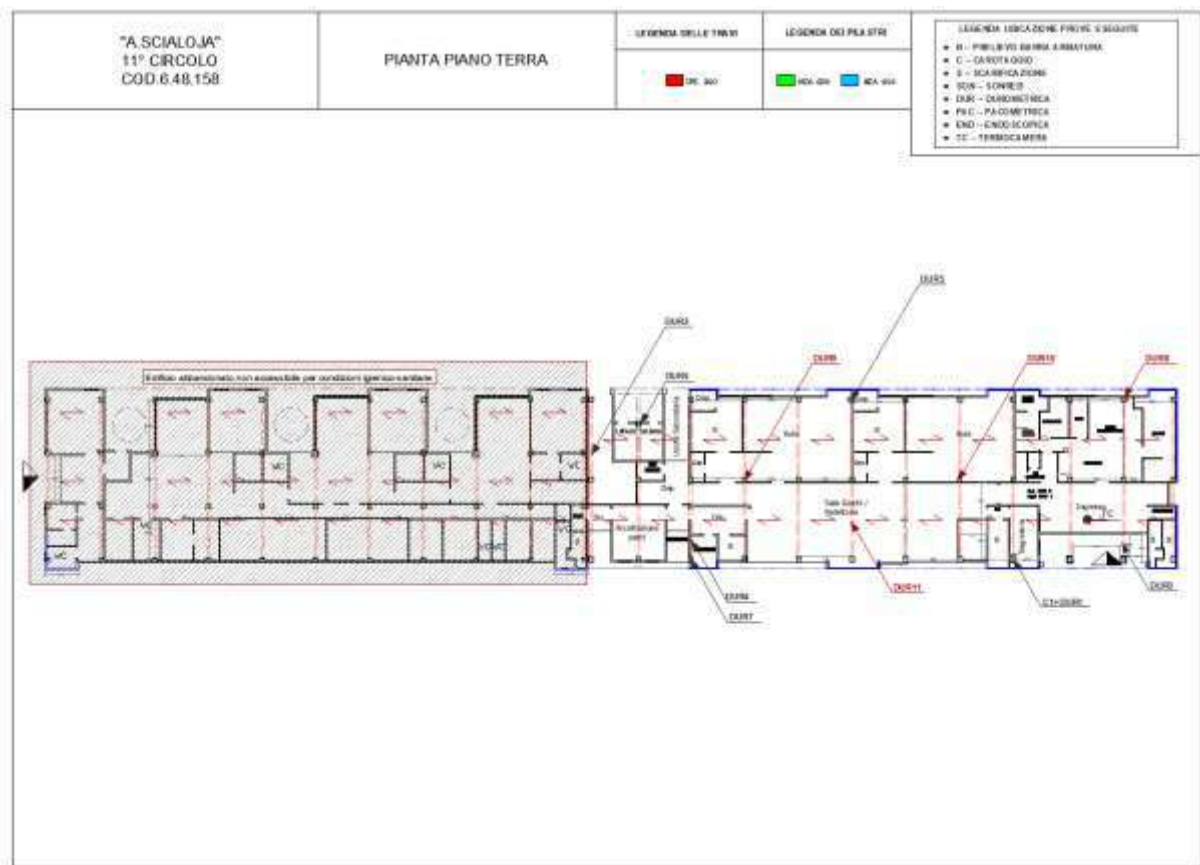


Figura 9 - Ubicazioni indagini strutturali

Dalle verifiche in situ, interamente riportate nell'allegato "Fascicolo di indagini", si è proceduto quindi a:

- Affinare il modello strutturale dell'ipotesi di progetto in base ai risultati delle indagini forniti dalla Geoview.

La struttura così modellata ha rappresentato lo STEP\_0 di progetto sul quale è stata poi eseguita la **Verifica della Vulnerabilità Sismica**.



### 2.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI UTILIZZATI

A seguito delle prove effettuate, nello specifico di tipo distruttivo e non distruttivo è stato possibile dedurre le caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati nel calcolo di verifica strutturale.

Nello specifico si sono esaminati:

- Acciaio: mediante l'elaborazione dei dati ricavati dalle prove di durezza di Brinell (prove non distruttive) e mediante prove di trazione effettuate su saggi (prove distruttive);

Come stabilito da norma, alla luce delle risultanze emerse, ai parametri meccanici caratteristici dei materiali esistenti è stato applicato un coefficiente riduttivo funzione del Livello di conoscenza raggiunto LC2 e quindi pari al Fattore di Confidenza normato di **1.20**.

Di seguito si riportano le tabelle con indicazione dei parametri meccanici ottenuti dalle prove in situ sugli elementi portanti trave e pilastro:

Sigla	Ubicazione prova	Durezza di Brinell (HB)	Tensione di rottura Ft [Mpa]
<b>DUR1</b>	<b>Pilastro</b>	146,10	491,40
<b>DUR2</b>	<b>Trave</b>	143,90	483,90
<b>DUR3</b>	<b>Trave</b>	143,00	481,10
<b>DUR4</b>	<b>Trave</b>	151,90	510,10
<b>DUR5</b>	<b>Pilastro</b>	150,30	504,90
<b>DUR6</b>	<b>Pilastro</b>	156,60	525,50
<b>DUR7</b>	<b>Pilastro</b>	153,70	516,20
<b>DUR8</b>	<b>Pilastro</b>	155,60	522,30
<b>DUR9</b>	<b>Pilastro</b>	151,90	510,10
<b>DUR10</b>	<b>Pilastro</b>	149,90	503,50
<b>DUR11</b>	<b>Trave</b>	154,10	517,60

Figura 10 - Sintesi delle prove di durezza

PROVA A TRAZIONE		Tensione di snervamento Fy [Mpa]	Tensione di rottura Ft [Mpa]	Tensione di snervamento Fym [Mpa]	Tensione di rottura Ftm [Mpa]
Sigla/elemento	Spessore [mm]				
<b>C1</b>	12,00	386,70	467,60	386,70	467,60

Figura 11 - Sintesi delle prove di trazione

Le prove non distruttive effettuate sull'acciaio del c.f.2, l'unico ispezionabile, e i cui risultati sono sintetizzati nelle tabelle precedentemente riportate, hanno mostrato discreti valori di resistenza. Le resistenze di progetto impiegate per la verifica dei meccanismi/elementi fragili sono ottenute da quelle medie diviso il fattore di confidenza ( $FC=1,20$ ) e per il coeff. parziale del materiale:

$$- f_{yd} = f_{ym}/(\gamma_M*FC) \quad \text{con} \quad \gamma_M=1.15 \quad (\text{ACCIAIO})$$

#### 2.4 CARATTERISTICHE DEL SOTTOSUOLO

Nella Circolare esplicativa, al Cap C8, si specifica che le informazioni ricavabili dalla storia della costruzione devono essere tenute nel dovuto conto ai fini della scelta degli interventi sulle fondazioni. È in genere possibile omettere interventi sulle strutture di fondazione, nonché le relative verifiche, qualora siano contemporaneamente presenti tutte le condizioni seguenti:

1. nella costruzione non siano presenti importanti dissesti di qualsiasi natura attribuibili a cedimenti delle fondazioni e sia stato accertato che dissesti della stessa natura non si siano prodotti neppure in precedenza;
2. gli interventi progettati non comportino sostanziali alterazioni dello schema strutturale del fabbricato;
3. gli stessi interventi non comportino rilevanti modificazioni delle sollecitazioni trasmesse alle fondazioni;
4. siano esclusi fenomeni di ribaltamento della costruzione per effetto delle azioni sismiche.

Alla luce di quanto esposto, considerando che il presente elaborato è finalizzato ad una prima valutazione della vulnerabilità sismica in relazione a futuri interventi di adeguamento sismico e che non sono stati riscontrati, all'atto dei sopralluoghi, dissesti dovuti a cedimenti di fondazione, si è proceduto allo studio della vulnerabilità delle strutture in elevazione ipotizzando le stesse incastrate alla base.

Per quanto riguarda la caratterizzazione sismica del sito, in ottemperanza alle direttive del D.M. 17 gennaio 2018 e della Circolare del Ministero delle Infrastrutture n°7 del 21 gennaio 2019, nella relazione geologica consegnata, sono stati calcolati i valori di cui alla tabella sottostante utili alla definizione della categoria sismica del sottosuolo:

CLASSIFICAZIONE DEL SUOLO SECONDO LA NORMATIVA SISMICA ITALIANA O.P.C.M. n.3274/2003 - D.M. 17 GENNAIO 2018		
Suolo	Descrizione generica	$V_{s,30}$ [m/s]
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.	$V_{s,30} > 800$ m/s
B	<b><i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.</i></b>	<b><math>360 \text{ m/s} \leq V_{s,30} \leq 800 \text{ m/s}</math></b>
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.	$180 \text{ m/s} \leq V_{s,30} \leq 360 \text{ m/s}$
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.	$100 \text{ m/s} \leq V_{s,30} \leq 380 \text{ m/s}$
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.	-
S1	Depositati costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità (IP>40) e contenuto d'acqua	$V_{s,30} \leq 100 \text{ m/s}$
S2	Depositati di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificato nei tipi precedenti.	

Tabella 1 – Classificazione dei suoli in base alla  $V_{s,30}$  [NTC2018]

L'indagine sismica effettuata, considerando la sismostratigrafia, ha fornito risultati che collocano i terreni oggetto d'indagine in categoria **B** del D.M. 17 gennaio 2018 (Tab. 3). Questa categoria è stata ricavata, come da normativa, dalla relazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} = [418] \text{ m/s}$$

con

- $h_i$  = spessore dello stato i-esimo pari a 30,0 mt (*il substrato sismico è stato rinvenuto a circa 28,0 mt dal p.c.*);
- $V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N = numero di strati;
- H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/sec.

Figura 12 - Categoria del sottosuolo relazione geologica

## CLASSIFICAZIONE TIPO DI SUOLO: B

**Categoria topografica T1** = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ; per tale categoria **ST = 1.0**.

### **3 ANALISI DEI CARICHI**

Nel seguente paragrafo vengono riportati i carichi agenti sulle strutture sulla base delle condizioni ambientali che caratterizzano il sito. Durante la fase conoscitiva del fabbricato e l'esecuzione della campagna indagini si è avuto modo di stabilire la tipologia dell'impalcato di copertura e acquisire tutti i dati metrici necessari a stimare quantitativamente i carichi gravanti sulle strutture.

Di seguito vengono riportate schematicamente le assunzioni adottate per le azioni agenti sulla struttura e i carichi che sono stati considerati in fase di calcolo:

- Peso proprio degli elementi strutturali e non strutturale;
- Carico accidentale in copertura;
- Carico Neve;
- Azione del Vento;
- Azione sismica;

#### **3.1 PESI PROPRI ELEMENTI STRUTTURALI $G_{kl}$**

I pesi propri degli elementi strutturali principali sono stati automaticamente portati in conto dal software nella modellazione.

Per quanto concerne i pesi propri dei solai prefabbricati, gli stessi sono stati calcolati ipotizzando il loro spessore in base alla luce massima tra i campi di solaio da coprire; l'impossibilità di accesso in copertura ha infatti reso necessaria tale procedura, nonostante si sia invece individuata la tipologia di solaio dal rilievo visivo.

In particolare, si sono considerati i seguenti carichi permanenti strutturali, distinti per i due corpi di fabbrica:



- Solaio prefabbricato piano di copertura c.f.1:

Solaio prefabbricato piano copertura					
h_solaio	spess. Soletta [m]	b_travetto [m]	h_travetto [m]	$\gamma$ CLS [kN/m <sup>3</sup> ]	
0,21	0,04	0,20	0,12	25,00	
G <sub>1</sub> - CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI SOLAIO [kN/m <sup>2</sup> ]					
Elemento	b [m]	h [m]	lunghezza [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	G <sub>1</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
soletta superiore	1,00	0,04	1,20	25,00	0,83
alleggerimento in polistirolo	0,40	0,12	1,20	10,00	0,40
soletta inferiore	1,00	0,05	1,20	25,00	1,04
travetti	0,20	0,12	1,20	25,00	1,00
				<b>G<sub>1</sub>_Solaio [kN/m<sup>2</sup>]</b>	<b>3,28</b>

Tabella 2a - Carichi permanenti strutturali (G1) del solaio di copertura del c.f.1

- Solaio prefabbricato piano di copertura con aperture circolari c.f.1:

Solaio prefabbricato piano copertura					
h_solaio	spess. Soletta [m]	b_travetto [m]	h_travetto [m]	$\gamma$ CLS [kN/m <sup>3</sup> ]	
0,21	0,04	0,20	0,12	25,00	
G <sub>1</sub> - CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI SOLAIO [kN/m <sup>2</sup> ]					
Elemento	b [m]	h [m]	lunghezza [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	G <sub>1</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
soletta superiore	1,00	0,04	1,20	25,00	0,83
alleggerimento in polistirolo	0,40	0,12	1,20	10,00	0,40
soletta inferiore	1,00	0,05	1,20	25,00	1,04
travetti	0,20	0,12	1,20	25,00	1,00
				<b>G<sub>1</sub>_Solaio [kN/m<sup>2</sup>]</b>	<b>3,28</b>
decurtazione del 30% dovuta alle aperture					<b>2,29</b>

Tabella 2b - Carichi permanenti strutturali (G1) del solaio di copertura del c.f.1 con aperture circolari

- Solaio prefabbricato piano di copertura c.f.2:

Solaio prefabbricato piano copertura					
h_solaio	spess. Soletta [m]	b_travetto [m]	h_travetto [m]	$\gamma$ CLS [kN/m <sup>3</sup> ]	
0,21	0,04	0,20	0,12	25,00	
G <sub>1</sub> - CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI SOLAIO [kN/m <sup>2</sup> ]					
Elemento	b [m]	h [m]	lunghezza [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	G <sub>1</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
soletta superiore	1,00	0,04	1,20	25,00	0,83
alleggerimento in polistirolo	0,40	0,12	1,20	10,00	0,40
soletta inferiore	1,00	0,05	1,20	25,00	1,04
travetti	0,20	0,12	1,20	25,00	1,00
				<b>G<sub>1</sub>_Solaio [kN/m<sup>2</sup>]</b>	<b>3,28</b>

Tabella 2c - Carichi permanenti strutturali (G1) del solaio di copertura del c.f.2

### 3.2 PESI PERMANENTI NON STRUTTURALI $G_{k2}$

Relativamente ai carichi permanenti non strutturali, si sono considerati quelli riportati di seguito:

- Solaio prefabbricato piano di copertura c.f.1:

G <sub>2</sub> - CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI SOLAIO [kN/m <sup>2</sup> ]					
Elemento	b [m]	h [m]	spessore [m]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	G <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
massetto	-	-	0,05	15,00	0,75
controsoffitto in cartongesso	-	-	0,02	8,00	0,16
guaina	-	-	0,01	-	0,04
				<b>G<sub>2</sub>_Solaio [kN/m<sup>2</sup>]</b>	<b>0,95</b>

Tabella 3a - Carichi permanenti non strutturali (G<sub>2</sub>) del solaio di copertura del c.f.1

- Solaio prefabbricato piano di copertura con aperture circolari c.f.1:

G <sub>2</sub> - CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI SOLAIO [kN/m <sup>2</sup> ]					
Elemento	b [m]	h [m]	spessore [m]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	G <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
massetto	-	-	0,05	15,00	0,75
controsoffitto in cartongesso	-	-	0,02	8,00	0,16
guaina	-	-	0,01	-	0,04
				<b>G<sub>2</sub>_Solaio [kN/m<sup>2</sup>]</b>	<b>0,95</b>
				decurtazione del 30% dovuta alle aperture	<b>0,67</b>

Tabella 3b - Carichi permanenti non strutturali (G<sub>2</sub>) del solaio di copertura del c.f.1 con aperture circolari

- Solaio prefabbricato piano di copertura c.f.2:

G <sub>2</sub> - CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI SOLAIO [kN/m <sup>2</sup> ]					
Elemento	b [m]	h [m]	spessore [m]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	G <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
massetto	-	-	0,05	15,00	0,75
controsoffitto in cartongesso	-	-	0,02	8,00	0,16
guaina	-	-	0,01	-	0,04
				<b>G<sub>2</sub>_Solaio [kN/m<sup>2</sup>]</b>	<b>0,95</b>

Tabella 3c - Carichi permanenti non strutturali (G<sub>2</sub>) del solaio di copertura del c.f.2

### 3.3 SOVRACCARICO ACCIDENTALE

Per i carichi accidentali, relativamente ai solai, sono stati considerati quelli da norma appartenenti alla categoria d'uso C1 "Ambienti suscettibili di affollamento: Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento" [NTC 2018 tab.3.1. II]. Nello specifico, si è assunto per le coperture, accessibili per la sola manutenzione e riparazione (cat. H), si è assunto il valore di  $q_k=0.5 \text{ kN/m}^2$ .

### 3.4 CARICO DA NEVE

Il carico da neve è stato calcolato in accordo alle NTC 2018, par. 3.4. Il carico provocato dalla neve sulle coperture è stato valutato mediante la seguente espressione:

$$q_s = q_{sk} \cdot \mu_i \cdot C_E \cdot C_t$$

dove:

- $q_{sk}$  è il valore di riferimento del carico della neve al suolo, di cui al § 3.4.2 delle NTC;
- $\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura, di cui al § 3.4.3 delle NTC;
- $C_E$  è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.4.4 delle NTC;
- $C_t$  è il coefficiente termico di cui al § 3.4.5 delle NTC.

Per quanto riguarda i solai a una falda si è calcolato il carico da neve nel seguente modo:

Provincia:	NAPOLI
Zona:	3
Altitudine $a_s$ :	< 200 m s.l.m.
Esposizione:	Normale
Periodo di ritorno:	50 anni
$C_E = 1.0$	Coefficiente di esposizione
$C_t = 1.0$	Coefficiente termico
$q_{sk} = 0.60 \text{ kN/m}^2$	Carico neve al suolo

Nel caso in esame (copertura ad una falda), con  $\alpha = 0.00^\circ$  il coefficiente di forma vale:

$$\mu_i = 0.80 \Rightarrow q_s = 0.48 \text{ kN/m}^2$$

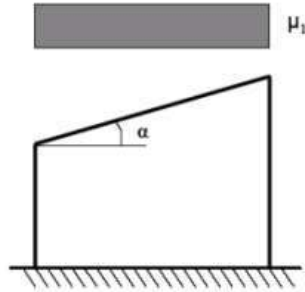


Figura 13 – Condizioni di carico per coperture ad una falda

### 3.5 CARICO DA VENTO

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici. Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti. La velocità base di riferimento  $v_b$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II (Tab. 3.3.II delle NTC), riferito ad un periodo di ritorno  $T_R = 50$  anni. In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche,  $v_b$  è data dall'espressione:

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_a$$

- $v_{b,0}$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab. 3.3.I delle NTC, in funzione della zona in cui sorge la costruzione (Fig. 3.3.1 delle NTC);
- $c_a$  è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione:

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s \left( \frac{a_s}{a_0} - 1 \right) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove:

- $a_0, k_s$  sono parametri forniti nella Tab. 3.3.I delle NTC, in funzione della zona in cui sorge la costruzione (Fig. 3.3.1 delle NTC);
- $a_s$  è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri  $v_b$ ,  $a_0$ ,  $k_s$

Zona	Descrizione	$v_b$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

Figura 14 - Valori dei parametri  $V_b$ ,  $a_0$ ,  $k_s$

La velocità di riferimento  $v_r$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II delle NTC), riferito al periodo di ritorno di progetto  $T_R$ . Tale velocità è definita dalla relazione:

$$v_r = v_b \cdot c_r$$

dove

- $v_b$  è la velocità base di riferimento, di cui al § 3.3.1 delle NTC;
- $c_r$  è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto  $T_R$ .

In mancanza di specifiche e adeguate indagini statistiche, il coefficiente di ritorno è fornito dalla relazione:

$$c_r = 0.75 \sqrt{1 - 0.2 \times \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]}$$

dove  $T_R$  è il periodo di ritorno espresso in anni.

Ove non specificato diversamente, si assumerà  $T_R = 50$  anni, cui corrisponde  $c_r = 1$ .

Le azioni del vento sono costituite da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici, sia esterne che interne, degli elementi che compongono la costruzione (§ 3.3.4 delle NTC). L'azione del vento sui singoli elementi che compongono la costruzione va determinata considerando la combinazione più gravosa delle pressioni agenti sulle due facce di ogni elemento. Nel caso di costruzioni di grande estensione, si deve inoltre tenere conto delle azioni tangenti esercitate dal vento (§ 3.3.4 delle NTC). L'azione d'insieme esercitata dal vento su una

costruzione è data dalla risultante delle azioni sui singoli elementi, considerando come direzione del vento quella corrispondente ad uno degli assi principali della pianta della costruzione. La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

dove

- $q_r$  è la pressione cinetica di riferimento di cui al § 3.3.6 delle NTC;
- $c_e$  è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7 delle NTC;
- $c_p$  è il coefficiente di pressione di cui al § 3.3.8 delle NTC;
- $c_d$  è il coefficiente dinamico di cui al § 3.3.9 delle NTC.

La pressione cinetica di riferimento  $q_r$  è data dall'espressione:

$$q_r = \frac{1}{2} \rho v_r^2$$

dove:

- $v_r$  è la velocità di riferimento del vento di cui al § 3.3.2 delle NTC;
- $\rho$  è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1.25 kg/m<sup>3</sup>.

Esprimendo  $\rho$  in kg/m<sup>3</sup> e  $v_r$  in m/s,  $q_r$  risulta espresso in N/m<sup>2</sup>.

Il coefficiente di esposizione  $c_e$  dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di  $z = 200$  m, esso è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_t^2 c_t l_n(z/z_0) [7 + c_t l_n(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

- $k_t$ ,  $z_0$  e  $z_{min}$  sono assegnati in Tab. 3.3.II delle NTC in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione;
- $c_t$  è il coefficiente di topografia.



La categoria di esposizione è assegnata nella Fig. 3.3.2 delle NTC in funzione della posizione geografica del sito ove sorge la costruzione e della classe di rugosità del terreno definita in Tab. 3.3.III delle NTC. Nelle fasce entro 40 km dalla costa, la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito. Il coefficiente di topografia  $c_t$  è posto generalmente pari a 1, sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose e montane.

In questo caso, la Fig. 3.3.3 delle NTC riporta le leggi di variazione di  $c_e$  per le diverse categorie di esposizione.

Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media misuri 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa); c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento angoli almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorge nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

Figura 15- Classe di rugosità del terreno (Tab. 3.3.III NTC2018)

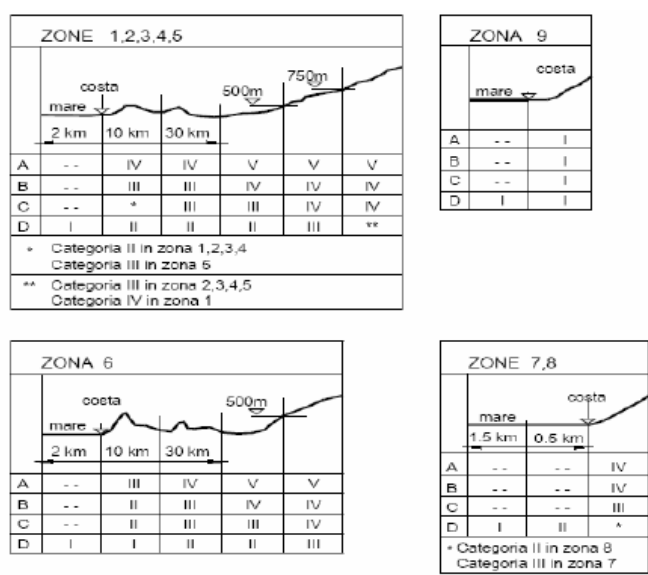


Figura 16- Definizione delle categorie di esposizione

Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	$K_e$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Figura 17 - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

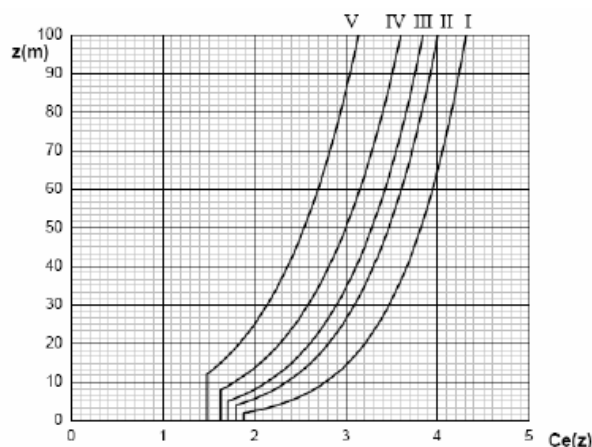


Figura 18 - Andamento del coefficiente di esposizione  $c_e$  in funzione dell'altezza sul suolo (per  $c_t=1$ )

Il coefficiente di pressione  $c_p$  dipende dalla tipologia e dalla geometria della costruzione e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il coefficiente dinamico tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura. Esso può essere assunto cautelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità. Per quanto riguarda la struttura si è calcolato il carico da vento nel seguente modo:

Zona vento = 3

Velocità base della zona,  $V_{b.o} = 27$  m/s (Tab. 3.3.I)

Altitudine base della zona,  $A_o = 500$  m (Tab. 3.3.I)

Altitudine del sito,  $A_s = 17$  m

Velocità di riferimento,  $V_b = 27,00$  m/s ( $V_b = V_{b.o}$  per  $A_s \leq A_o$ )

Periodo di ritorno,  $T_r = 50$  anni

$C_r = 1$  per  $T_r = 50$  anni

Velocità riferita al periodo di ritorno di progetto,  $V_r = V_b C_r = 27,00$  m/s

Classe di rugosità del terreno: B

[Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive]

Esposizione: Cat. III - Zona costiera entro 10 km dal mare

(  $K_r = 0,20$ ;  $Z_o = 0,10$  m;  $Z_{min} = 5$  m )

Pressione cinetica di riferimento,  $q_b = 0,46$  kN/mq

Coefficiente di forma,  $C_p = 1,00$

Coefficiente dinamico,  $C_d = 1,00$

Coefficiente di esposizione,  $C_e = 1,71$

Coefficiente di esposizione topografica,  $C_t = 1,00$

Altezza dell'edificio,  $h = 3,90$  m

Pressione del vento,  $p = q_b C_e C_p C_d = 0,78$  kN/mq

### 3.6 COMBINAZIONE DELLE AZIONI NON SISMICHE

Nell'ambito del metodo semiprobabilistico agli stati limite, la combinazione di progetto dei carichi verticali caratteristici, relativa alle verifiche agli stati limite ultimi (SLU), è la seguente "fondamentale":

$$F_d = \gamma_{g1} \cdot G_1 + \gamma_{g2} \cdot G_2 + \gamma_q \cdot Q_{1k} + \sum_{i=2}^n \gamma_q \cdot (\psi_{0i} \cdot Q_{ik})$$

in cui:

- $G_1$  è il valore caratteristico delle azioni permanenti dovute al peso proprio degli elementi strutturali;
- $G_2$  è il valore caratteristico delle azioni permanenti dovute al peso proprio degli elementi non strutturali;
- $Q_{1k}$  è il valore caratteristico dell'azione di variabile di base
- $Q_{ik}$  è il valore caratteristico dell'i-esima azione di variabile
- $\gamma_{g1}$  è uguale a 1,3 (1,0 se il suo contributo aumenta la sicurezza);
- $\gamma_{g2}$  è uguale a 1,5 (0,8 se il suo contributo aumenta la sicurezza);
- $\gamma_q$  è uguale a 1,5 (0 se il suo contributo aumenta la sicurezza).
- $\Psi_{0i}$  sono i coefficienti di combinazione che tengono conto della ridotta probabilità che più azioni di diversa origine si realizzino simultaneamente con il loro valore caratteristico.

Le azioni variabili prese in considerazione nel caso in esame sono rappresentate dai sovraccarichi accidentali, carico da neve e carico da vento. Nell'ambito del metodo semiprobabilistico agli stati limite, le combinazioni di progetto dei carichi verticali caratteristici, relativa alle verifiche agli stati limite ultimi (SLE), sono le seguenti:

$$c.rare \rightarrow F_d = G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{0i} \cdot Q_{ki})$$

$$c.frequenti \rightarrow F_d = G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

$$c.quasi.permanenti \rightarrow F_d = G_1 + G_2 + \sum_{i=1}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

in cui:

- $\Psi_{1i}$  coefficiente atto a definire i valori delle azioni variabili assimilabili ai frattali di ordine 0.95 delle distribuzioni dei valori istantanei;

- $\Psi_{2i}$  coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni variabili assimilabili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0i}$	$\Psi_{1i}$	$\Psi_{2i}$
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 - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,3	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)	da valutarsi caso per caso		
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	0,3	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,3	0,0

Figura 19 - Valori dei coefficienti di combinazione

## 4 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

### 4.1 PERICOLOSITA' SISMICA

Con riferimento al cap. 3.2 delle NTC 2018 - AZIONE SISMICA, le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa è definita in termini di accelerazione massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero, suolo rigido e superficie orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$ , nel periodo di riferimento  $V_R$  ottenuto dalla vita nominale dell'opera tramite il coefficiente d'uso  $C_u$ .

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$ , è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere utilizzata per lo scopo al quale è destinata.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Figura 20 - Valori minimi della vita nominale  $V_N$

Per quanto concerne la classificazione della classe d'uso, l'opera in oggetto ricade nella terza. Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, dalla seguente tabella:

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

Figura 21 - Valori dei coefficienti d'uso  $C_u$

Risulta quindi  $V_R=75$  anni.

La sicurezza e le prestazioni sono garantite verificando opportuni stati limiti riferiti alla costruzione nel suo complesso includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti (paragrafo 3.2.1. del D.M. 2018). Nello specifico, nel caso in esame, trattandosi di fabbricato esistente, saranno valutati i seguenti Stati Limite:



- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

In accordo al punto 7.3.6 delle NTC2018 occorre effettuare le seguenti verifiche:

Tab. 7.5.III - Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impiantistici

STATI LIMITE		CU I		CU II		CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM <sup>*)</sup>
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLV	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT <sup>*)</sup>			DUT <sup>*)</sup>		

<sup>\*)</sup> Per le sole CU III e IV, nella categoria sismica 1 (ed anche gli accodi fissi)  
<sup>\*)</sup> Nei casi esplicitamente indicati dalle prescrizioni norme.

Per quanto riguarda lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), la verifica si effettua in termini di resistenza.

I valori dei parametri relativi alla pericolosità sismica sono:

- $a_g$  = accelerazione di picco al suolo (accelerazione orizzontale massima al sito);
- $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione delle componenti orizzontali;
- $T_{c^*}$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione delle componenti orizzontali.

Utilizzando come domanda sismica gli spettri elastici di cui al D.M. 14.01.2018 con i seguenti parametri:

Coordinate del sito: Lat. 40.840047° Long. 14.300263 °

STATO LIMITE	T <sub>R</sub> [anni]	a <sub>g</sub> [g]	F <sub>0</sub> [-]	T <sub>C</sub> * [s]
SLO	45	0,057	2,335	0,304
SLD	75	0,075	2,325	0,321
SLV	712	0,193	2,415	0,341
SLC	1462	0,241	2,502	0,342

Tabella 4 - Valori di a<sub>g</sub>, F<sub>0</sub> e T<sub>C</sub>\* per i differenti periodi di ritorno riferiti alla classe d'uso III.

#### 4.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA

Così come esplicitato nell'elaborato geologico fornito alla committenza, si considera un terreno di tipo B.

Tab. 3.2.II - Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Arrossi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 500 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto adensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 500 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente adensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 150 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente adensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figura 22 - Categoria di sottosuolo

Tab. 3.2.IV - Espressioni di S<sub>b</sub> e di C<sub>c</sub>

Categoria sottosuolo	S <sub>b</sub>	C <sub>c</sub>
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,10}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,14}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,10}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Figura 23 - Espressioni di S<sub>b</sub> e C<sub>c</sub>

dove:

- C<sub>c</sub> è un coefficiente che consente di passare da suolo rigido a suolo non rigido;

- $S_s$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica;

Si considera una categoria topografica di tipo T1.

Tab. 3.2.III - Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendi con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Figura 24 - Categorie topografiche

#### 4.3 SPETTRO DI RISPOSTA

Lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

- $0 \leq T < T_B$       $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \cdot \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$
- $T_B \leq T \leq T_C$       $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$
- $T_C \leq T \leq T_D$       $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$
- $T_D \leq T$       $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$

nelle quali  $T$  e  $S_e$  sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale, inoltre  $S$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:

$$S = S_s \cdot S_T$$

essendo  $S_s$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica, ottenuti precedentemente.

$\eta$  è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali  $\xi$  diversi dal 5%, mediante la seguente relazione:

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55$$

dove  $\xi$  (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione; per  $\xi=5\%$ ,  $\eta=1$ .

Noti i parametri rappresentativi del sito in esame, è possibile valutare i periodi  $T$  dell'oscillatore:

- $T_C = C_C T_C^*$ , è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro;
- $T_B = T_C/3$ , è il periodo corrispondente all'inizio del tratto ad accelerazione costante;
- $T_D = 4 * \frac{a_g}{10} + 1,6$ , è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro.

Di seguito si riportano gli spettri elastici per i diversi stati limite.

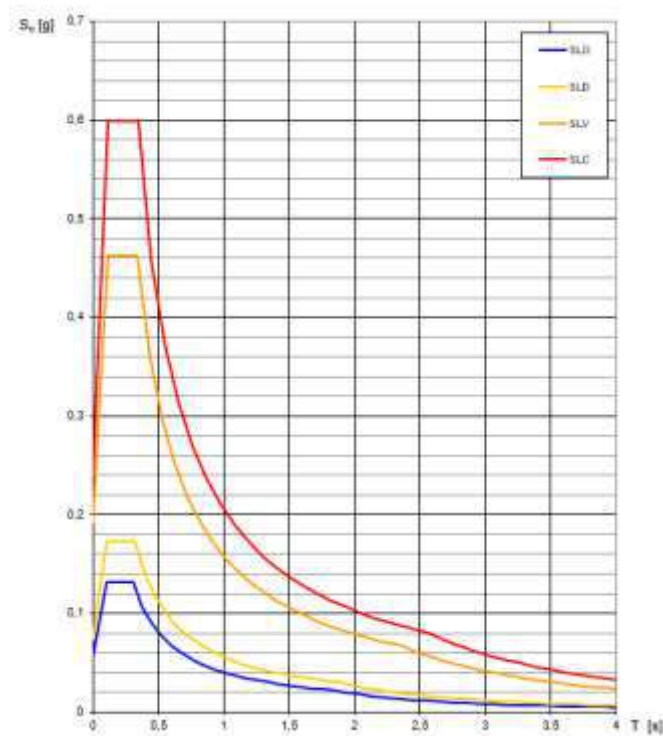


Figura 25 - Spettri elastici per i diversi stati limite

#### 4.4 SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE

La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale di progetto, di cui al § 2.4 delle NTC 2018. Si definisce stato limite una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata in corrispondenza di un dato stato limite.

Le opere strutturali devono essere verificate:

- a) per gli stati limite ultimi che possono presentarsi;
- b) per gli stati limite di esercizio definiti in relazione alle prestazioni attese.

Nella fattispecie l'opera in oggetto è stata verificata al solo Stato Limite di Salvaguardia della Vita. Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

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

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

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

Dove:

- $G_1$  e  $G_2$  sono i valori caratteristici dei carichi permanenti strutturali e non strutturali;
- $Q_k$  è il valore caratteristico dell'azione variabile prevalente;
- $E$  è l'azione sismica.

Con:

- $\gamma_{G1}$  coefficiente parziale dei carichi permanenti  $G_1$
- $\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali  $G_2$
- $\gamma_{Qi}$  coefficiente parziale delle azioni variabili  $Q_k$

I valori dei coefficienti  $\psi_{0j}$ ,  $\psi_{1j}$ ,  $\psi_{2j}$ , sono dati nella Tab. 2.5.I delle NTC 2018.

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{G1}$ ,  $\gamma_{G2}$  e  $\gamma_{Qi}$  sono dati nella Tab. 2.6.I delle NTC 2018.

		Coefficiente $\gamma_f$	EQU	A1	A2
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_{Q1}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Tabella 3 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU (Tab. 2.6.I - NTC2018)



## 5 ANALISI STATICA E SISMICA DELLA STRUTTURA

Per la verifica della vulnerabilità del fabbricato, si è optato per l'analisi dinamica con fattore di comportamento  $q$ . Tale approccio è stato utilizzato per la verifica allo SLV della struttura .

L'analisi dinamica con fattore di comportamento  $q$  è, di fatto, un approccio force-based, in analogia a quanto si fa in fase di progettazione ex novo, e utilizza lo spettro di progetto ottenuto dall'adozione di un fattore di comportamento adatto agli edifici esistenti, ma che per impiego e significato è del tutto analogo a quello utilizzato per le strutture di nuova progettazione.

In base alle prescrizioni della Circolare n.7 del 2019 (così come anche per la n. 617 del 2009), il fattore di comportamento va scelto come definito al punto 7.3.1 delle NTC 2018 , sulla base della regolarità nonché dei tassi di lavoro dei materiali sotto le azioni statiche; per adottare valori più elevati è necessario giustificarli in base alla duttilità disponibile a livello locale e globale. Tale approccio non prevede che sia soddisfatta alcuna condizione di applicabilità.

Al C8.7.2.2.1 la circolare recita: *“Le verifiche devono essere eseguite in termini di resistenza, controllando che, per ciascun elemento strutturale, la domanda in termini di sollecitazioni sia inferiore o uguale alla corrispondente capacità”*.

Nel caso in esame, a partire dai singoli modelli agli elementi finiti sono state eseguite iterativamente più analisi dinamiche lineari con fattore di comportamento  $q$  (assunto pari a 1,5 – 3,0 per elementi duttili e pari a 1,5 per elementi fragili), incrementando l'accelerazione partendo un valore 0 fino ad arrivare al primo collasso.

Facendo riferimento alle NTC 2018, nella tabella seguente è riportata in maniera sintetica, il procedimento per il calcolo della capacità e della domanda l'edificio in oggetto.

		Approccio con fattore $q$	
		Domanda	Capacità
Tipo di elemento o meccanismo (e/m)	Duttile	Dall'analisi. (con $q=1,5-3,0$ )	In termini di resistenza. Usare i valori medi divisi per il FC.
	Fragile	Dall'analisi. (con $q=1,5$ )	In termini di resistenza. Usare i valori medi divisi per il FC e per il coefficiente parziale.

Figura 26 - Valori delle proprietà dei materiali e criteri di analisi e di verifica della sicurezza.

Nel caso specifico sono state condotte a vantaggio di sicurezza solo verifiche con fattore di comportamento  $q$  pari a 1.5.

## **6 MODELLAZIONE STRUTTURALE ED ANALISI DINAMICA LINEARE**

Il modello strutturale da analizzare rappresenta in modo adeguato la reale geometria, la distribuzione delle masse e delle rigidità effettive, pur nelle necessarie schematizzazioni ed semplificazioni, restituisce il comportamento reale delle strutture sotto le azioni cui è soggetta. La schematizzazione delle strutture, riportata sia nei grafici che nella restante parte della relazione è frutto di analisi e di ipotesi più probabili nel loro complesso; ipotesi basate sui criteri dell'epoca di progettazione e realizzazione degli elementi strutturali, sulla consultazione della documentazione rinvenuta e sulla valutazione dei risultati dei rilievi e delle indagini diagnostiche.

Come software di calcolo strutturale, si è utilizzato 2S.I. PRO\_SAP versione 21.9.4 del 14/03/2022 (licenza n. 2101273365).

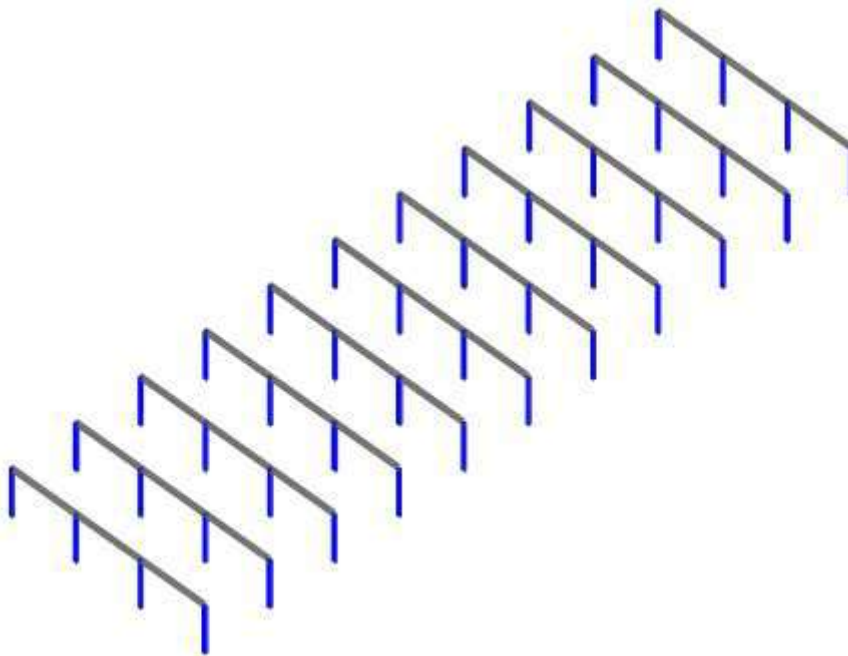
Trattandosi di una struttura in acciaio, il modello numerico ad elementi finiti è del tipo tridimensionale. Nel caso specifico, si sono realizzati due modelli strutturali, essendo in presenza di due corpi di fabbrica giuntati, e si sono adottati modelli cosiddetti “ad ossatura nuda”, cioè senza tenere in conto gli eventuali contributi in termini di resistenza e rigidità offerti dalle tamponature.

Travi e colonne dei telai sono stati modellati a mezzo di classici elementi di tipo “beam e column”, il cui comportamento è stato perfezionato attraverso la definizione delle modalità di connessione all'estremità. Si è infatti riscontrato in situ un collegamento trave-colonna per mezzo di una piastra saldata alla trave, con cordoni di saldatura sia d'anima sia d'ala, e bullonata alla colonna, con irrigidimenti trasversali:

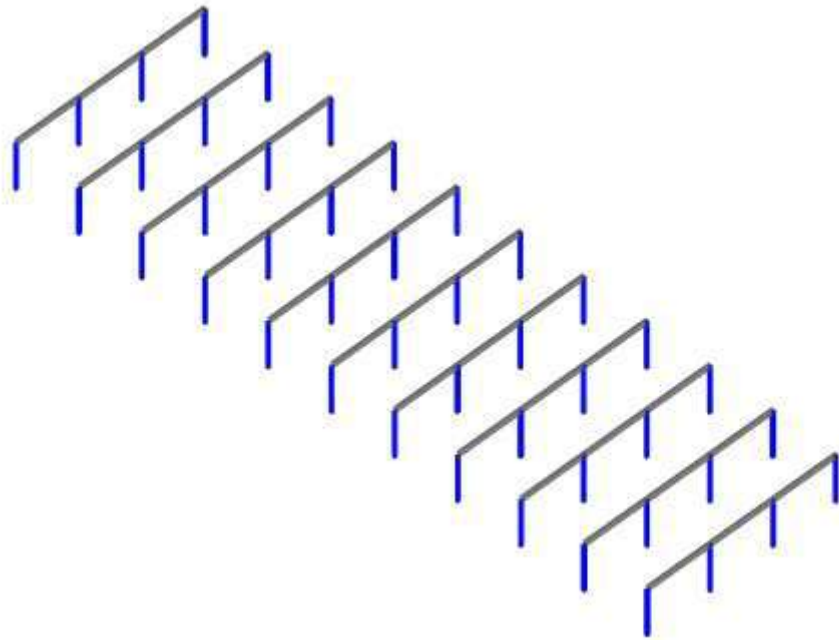


*Figura 27 – Dettaglio del collegamento trave - colonna*

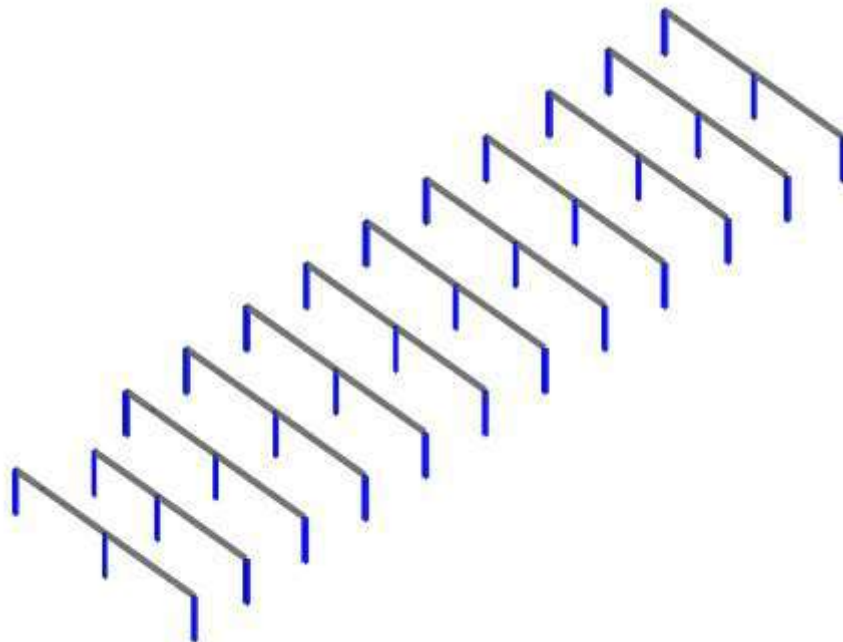
Si è scelto quindi di modellare il collegamento come un semi-incastro tendente all'incastro, svincolando a momento le travi in estremità con un fattore di rigidezza pari a 0.6. Per quanto riguarda le fondazioni, non essendo stati rilevati dei dissesti ad esse attribuibili, considerate le finalità dell'analisi commissionata, le stesse non sono state modellate assumendo dunque gli elementi portanti verticali incastrati alla base. Nelle immagini di seguito si riportano le due viste principali per ciascun modello adottato:



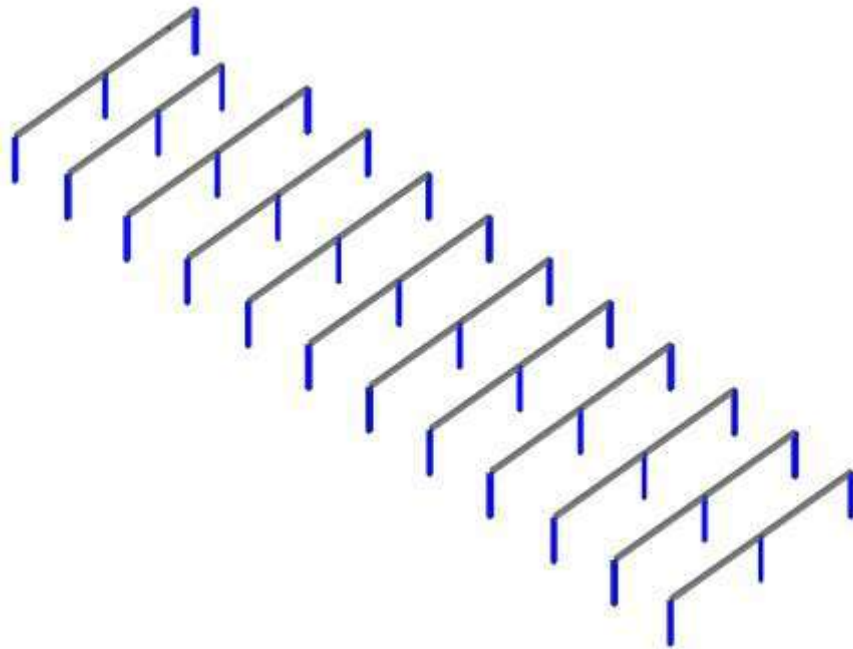
*Figura 28a - Vista Anteriore prospettica modello strutturale c.f.1*



*Figura 28b - Vista Posteriore prospettica modello strutturale c.f.1*

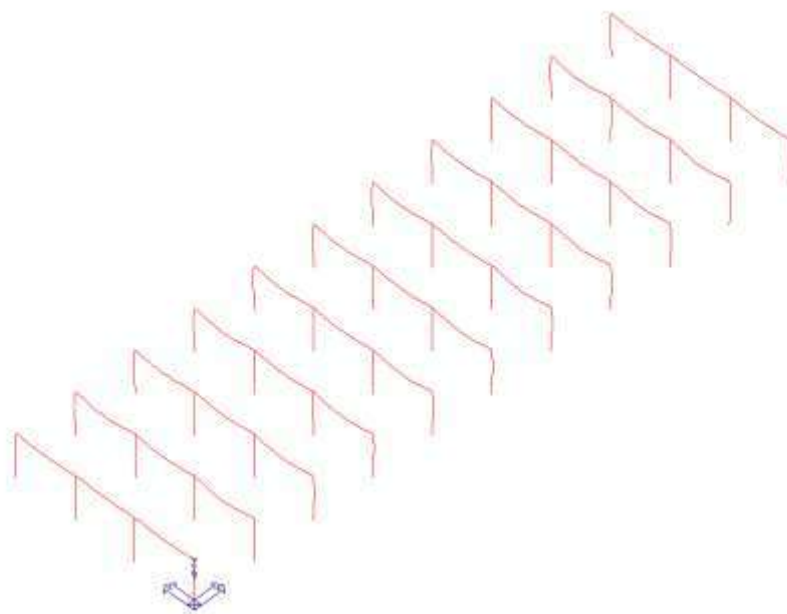


*Figura 29a - Vista Anteriore prospettica modello strutturale c.f.2*



*Figura 29b - Vista Posteriore prospettica modello strutturale c.f.2*

Nei grafici successivi vengono riportate le deformate relative alle combinazioni SLU, SLV (+x) ed SLV (+y) nonché le sollecitazioni N, M e T per la combinazione SLU, al fine di comprovare la validità dei due modelli adottati:



*Figura 30a - Deformata SLU c.f.1*

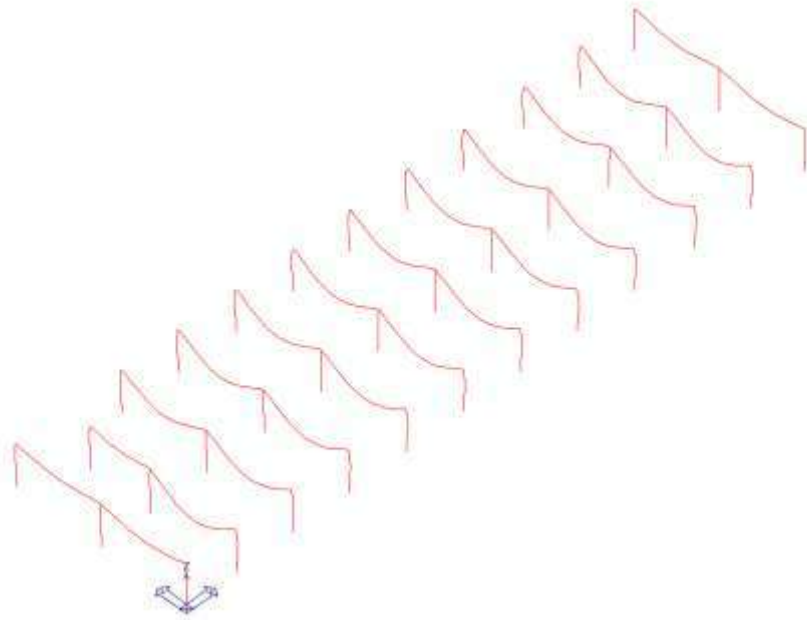


Figura 30b - Deformata SLU c.f.2

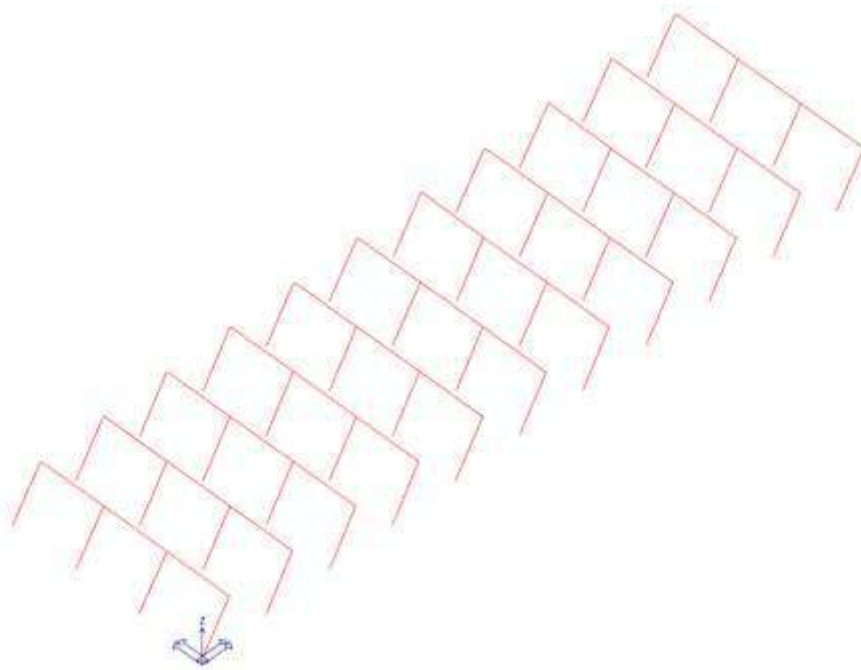


Figura 31a - Deformata SLV (+x) c.f.1



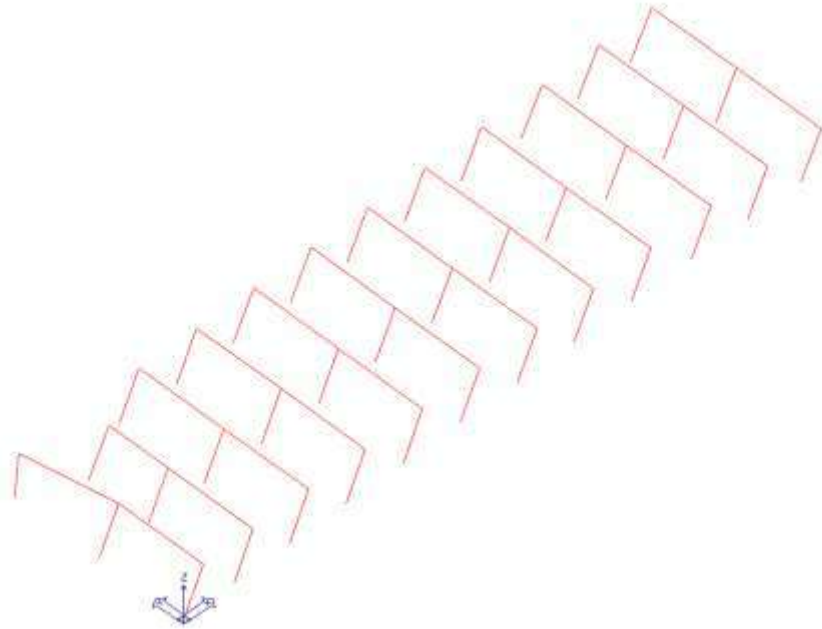


Figura 31b - Deformata SLV (+x) c.f.2



Figura 32a - Deformata SLV (+y) c.f.1



Figura 32b - Deformata SLV (+y) c.f.2

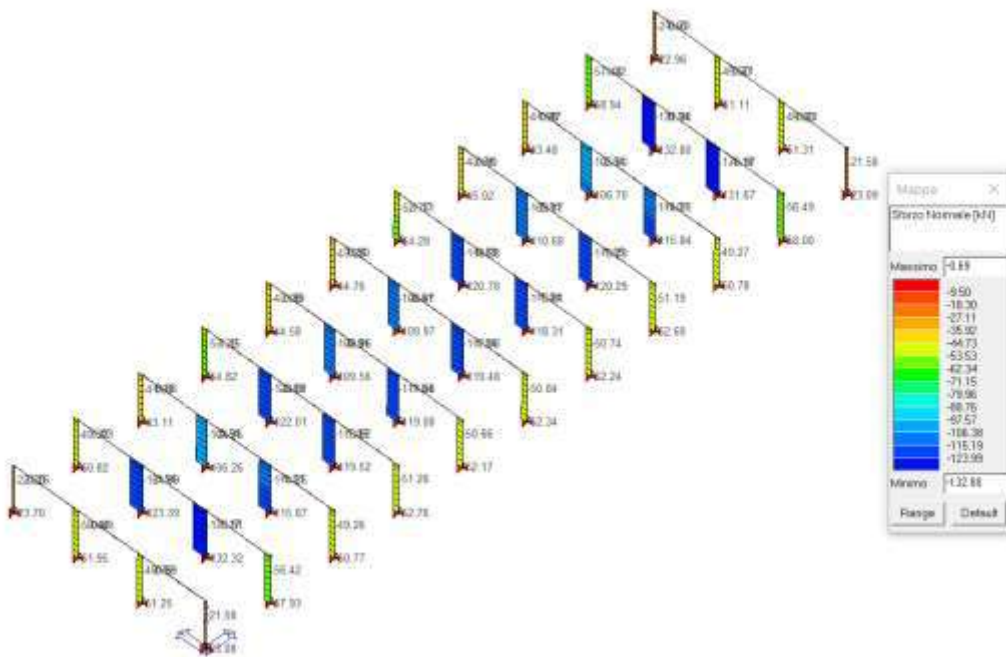


Figura 33a - Diagramma N combinazione SLU c.f.1

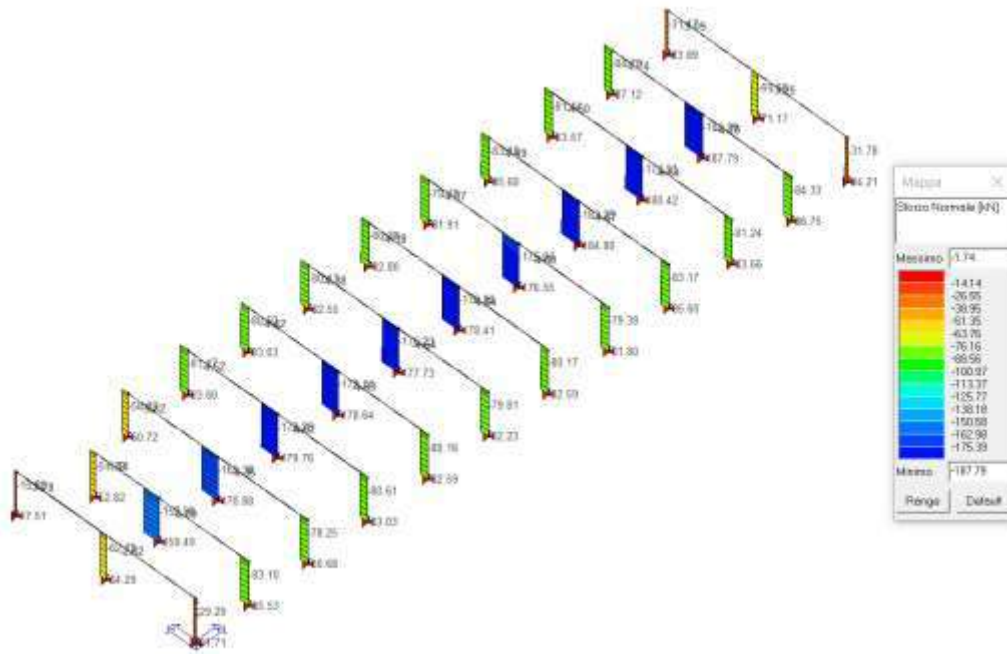


Figura 33b - Diagramma N combinazione SLU c.f.2

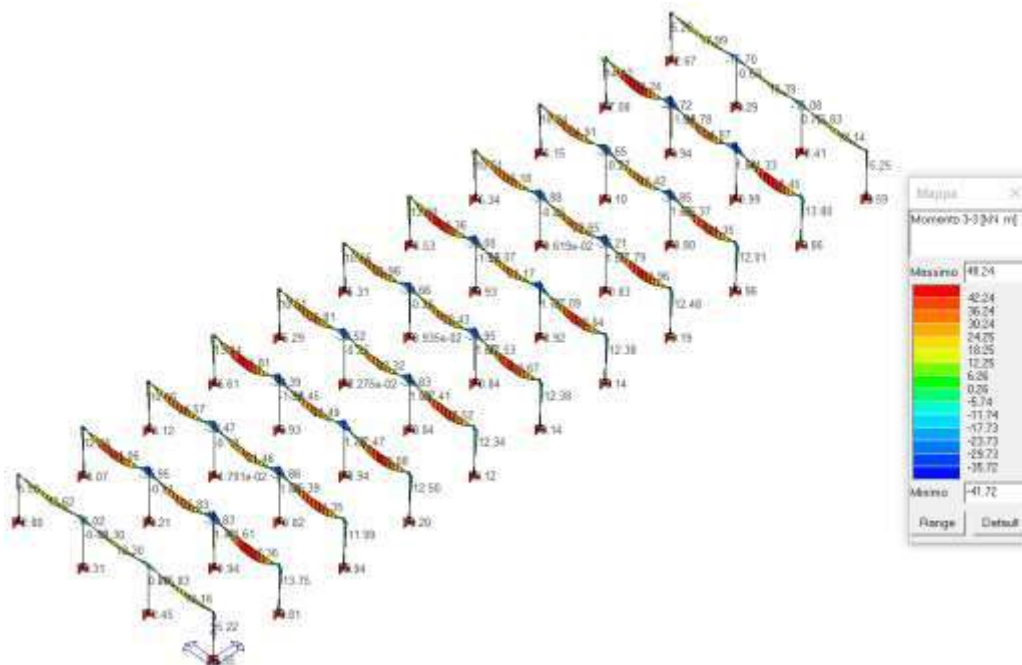


Figura 34a - Diagramma M combinazione SLU c.f.1

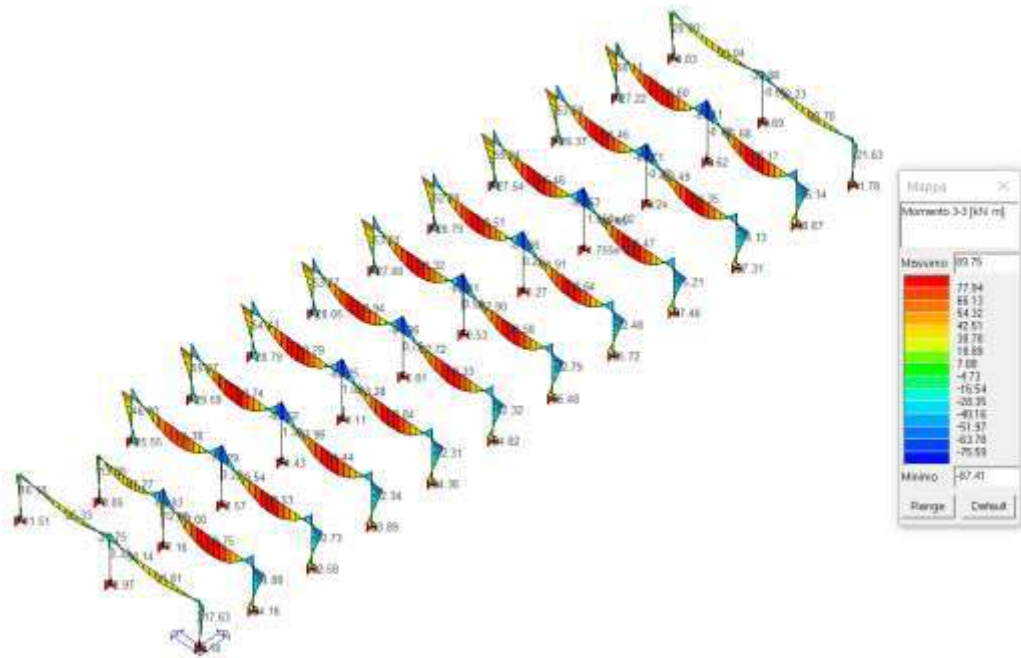


Figura 34b - Diagramma M combinazione SLU c.f.2

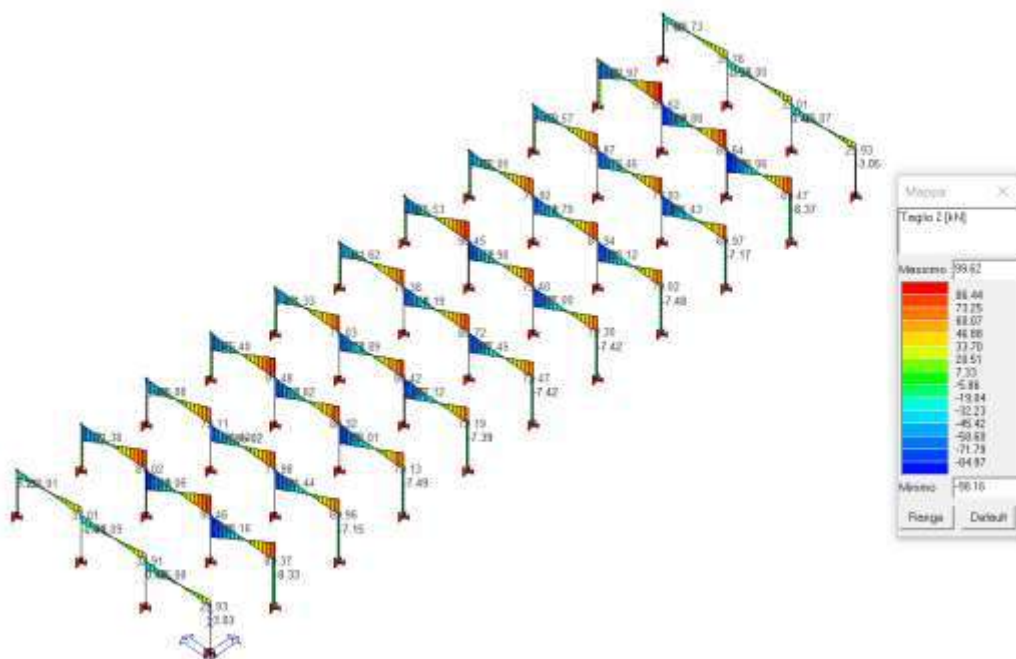


Figura 35a - Diagramma T combinazione SLU c.f.1

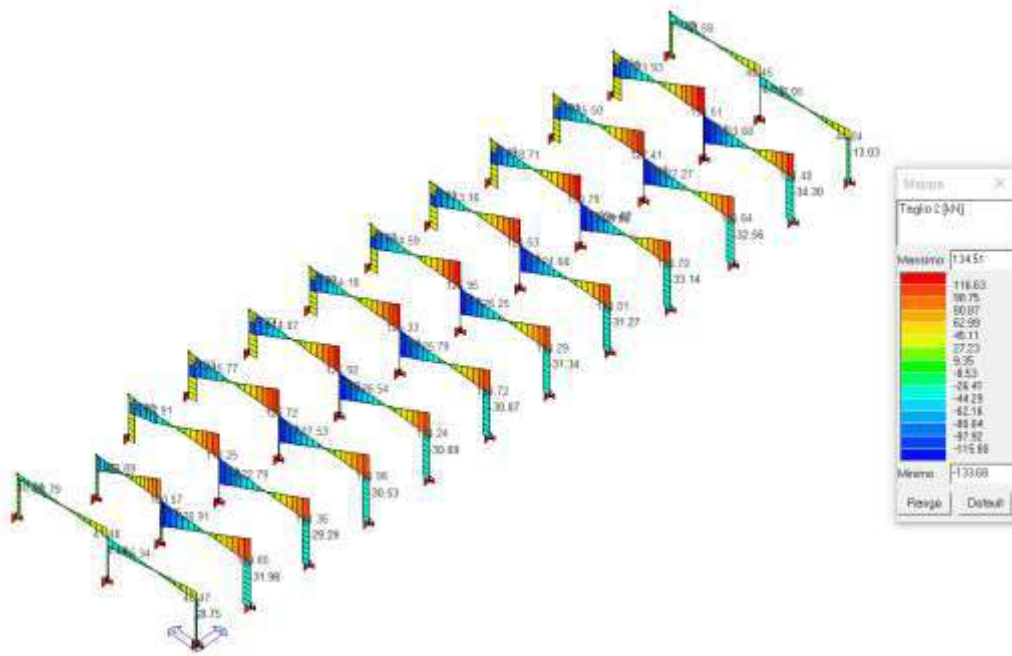


Figura 35b - Diagramma T combinazione SLU c.f.2

## 6.1 VERIFICHE

Le verifiche a taglio e pressoflessione degli elementi strutturali soggetti ai soli carichi gravitazionali risultano essere soddisfatte per le combinazioni di calcolo allo SLU, sia per le combinazioni favorevoli che sfavorevoli e per entrambi i corpi di fabbrica:

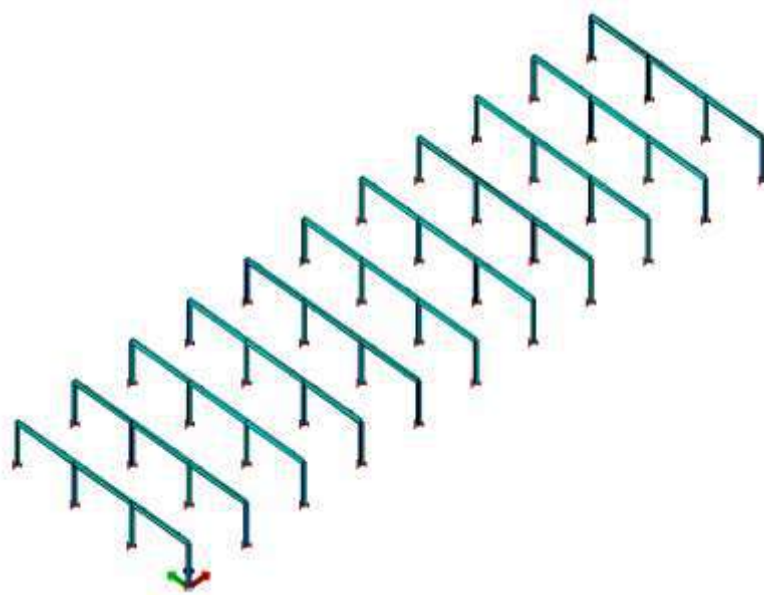


Figura 36a- Color Map verifiche SLU taglio e pressoflessione c.f.1

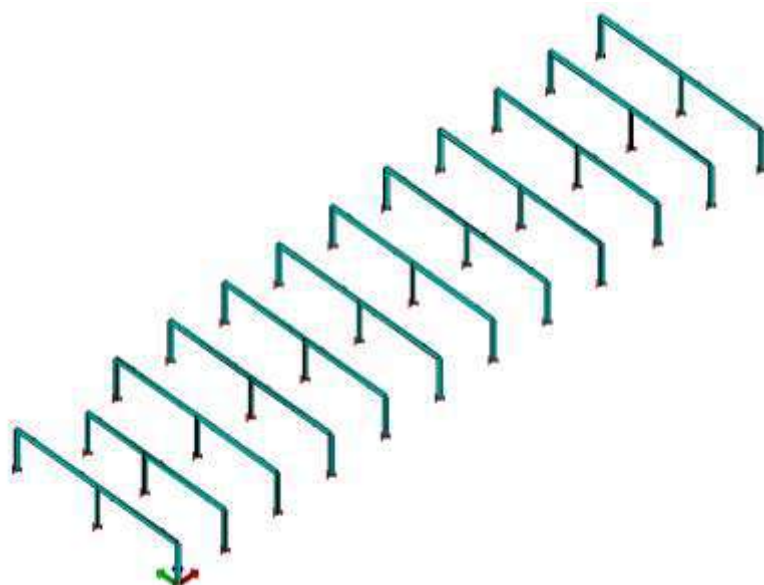


Figura 36b- Color Map verifiche SLU taglio e pressoflessione c.f.2

Per quanto riguarda la verifica di resistenza degli elementi strutturali e la conseguente valutazione della vulnerabilità del fabbricato nei confronti del sisma atteso per il sito in esame, si è proceduto alle verifiche a pressoflessione, taglio e stabilità per gli elementi.

Di seguito si riporta la mappa cromatica scaturita dall'analisi e dalle verifiche eseguite su ciascun modello ed indicativa dei risultati sia per le verifiche di pressoflessione che di taglio:

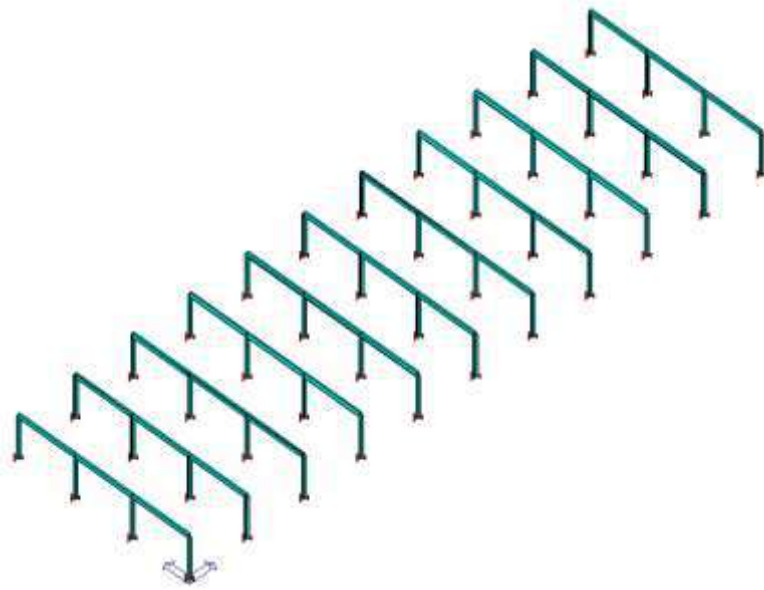


Figura 37a- Color Map verifiche sismiche membrature in acciaio  $ag/g=100\%$  c.f.1

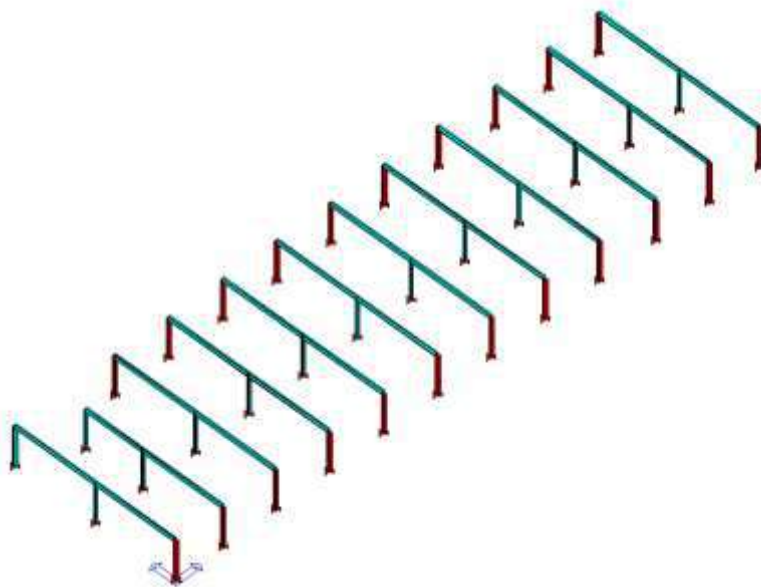


Figura 37b- Color Map verifiche sismiche membrature in acciaio  $ag/g=100\%$  c.f.2



Come si osserva dalle immagini su riportate, il c.f.1 soddisfa tutte le verifiche sismiche, mentre il c.f.2 presenta una crisi a pressoflessione dei pilastri perimetrali già all'80% dell'accelerazione sismica attesa per il sito in esame:

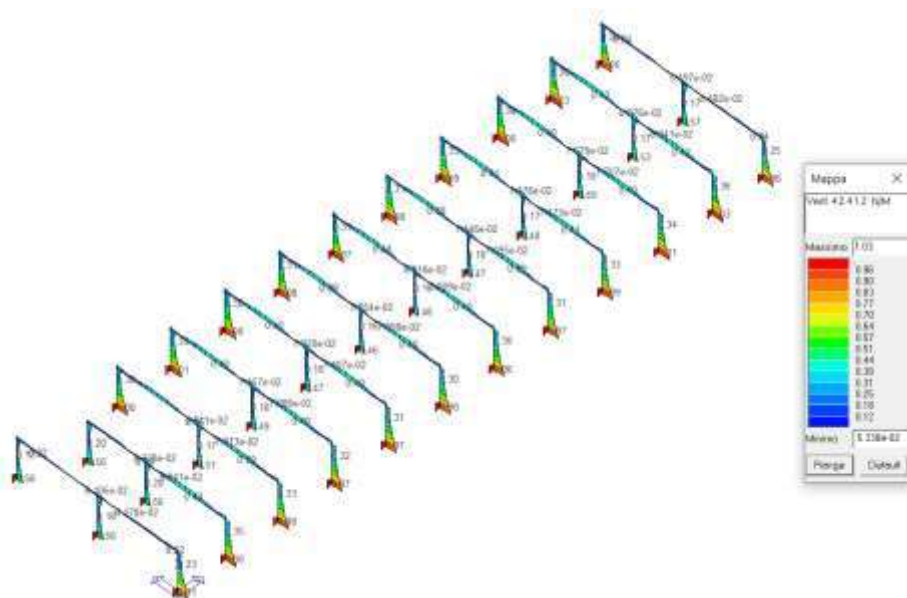


Figura 38- Color Map verifiche di resistenza a pressoflessione allo SLV  $ag/g=80\%$  c.f.2

## 6.2 TIPOLOGIA DI ANALISI

Per fornire una indicazione della vulnerabilità sismica per SLV, come argomentato nei paragrafi precedenti, si è proceduto ad un'analisi di tipo dinamico lineare (RSA). Tale analisi è stata condotta con analisi di scansione, un metodo di tipo iterativo che consiste nel sottoporre la struttura ad azioni sismiche sempre crescenti, partendo dal livello più basso della pericolosità di base, nel caso specifico il 10% dell'azione, ed incrementandola del 10% ad ogni scansione successiva, fino a raggiungere il 100% dell'azione.

Si fa presente che i risultati ottenuti dall'analisi dinamica lineare sono piuttosto conservativi, in quanto con questo tipo di metodo non viene considerata la plasticità concentrata all'estremo delle aste, ma risulta essere in ogni caso un valido strumento per una prima valutazione della vulnerabilità sismica del fabbricato in oggetto.



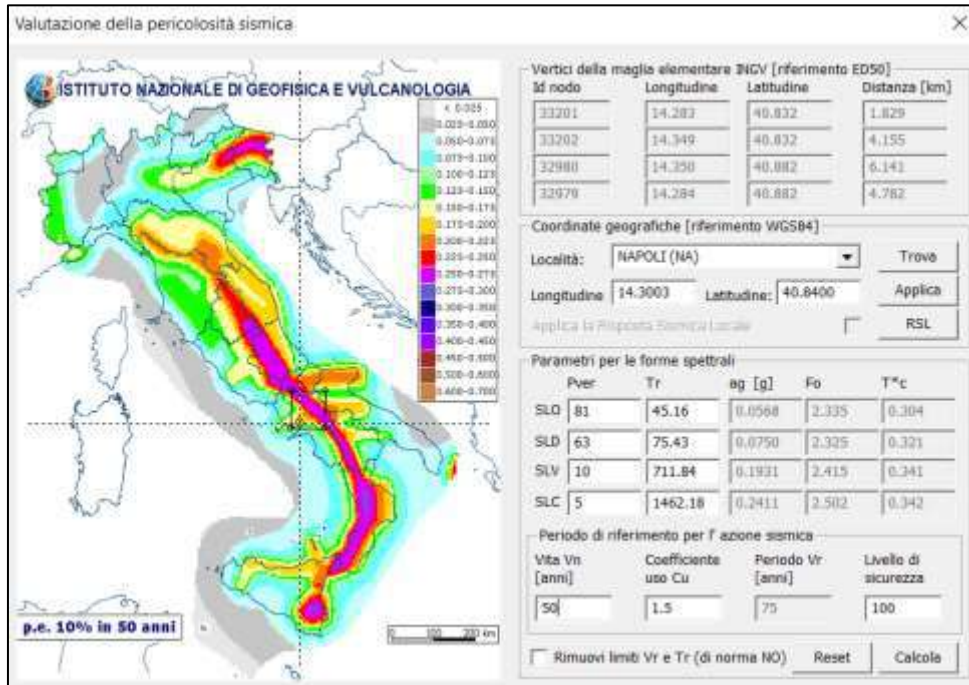


Figura 39 – Pericolosità al 100%

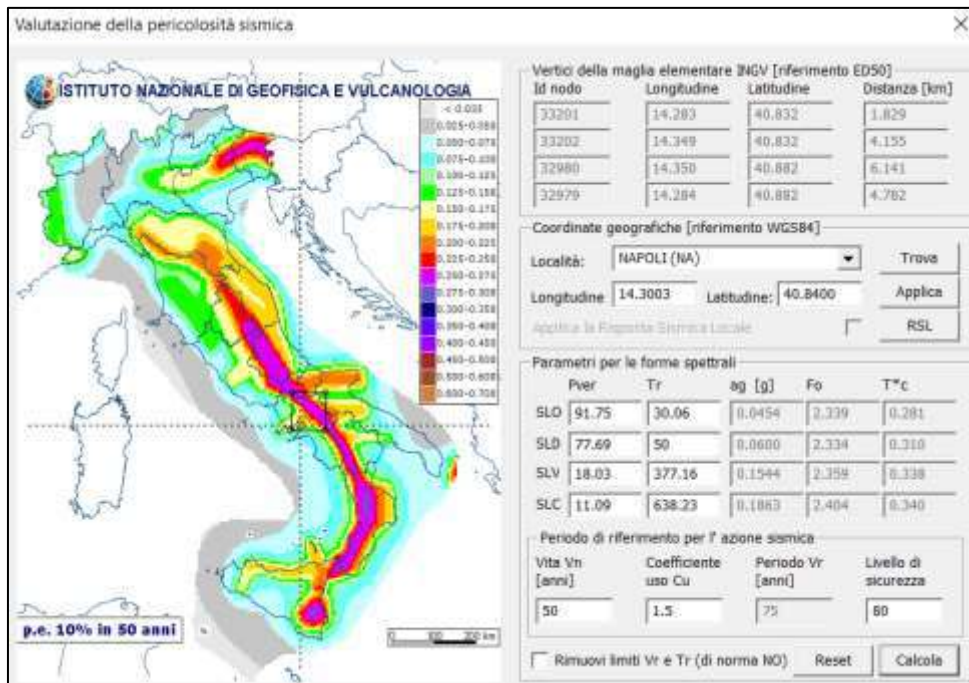


Figura 40 – Pericolosità all'80%

Si osserva che, per quanto riguarda il c.f.2, la struttura allo stato di fatto presenta una capacità nettamente inferiore ad una struttura identica progettata secondo i canoni più moderni della progettazione strutturale.

Si può affermare che le analisi strutturali condotte di tipo lineare dinamico con fattore di comportamento, presentano dei risultati attendibili. Di fatto, per il livello di conoscenza raggiunto e per tale motivo il metodo è stato così utilizzato per stimare l'indice di rischio per definire la vulnerabilità del fabbricato allo SLV.

## **7 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E SINTESI DEI RISULTATI**

Gli edifici oggetto di studio sono stati dettagliatamente analizzati sia per quanto riguarda la capacità di resistenza ai carichi statici sia ai carichi sismici.

L'analisi numerica effettuata nella condizione dei soli carichi gravitazionali ha mostrato un esito positivo anche in relazione alle attuali NTC2018. Il giudizio positivo sulle condizioni di sicurezza del fabbricato in presenza dei soli carichi gravitazionali, quindi in assenza di sisma, tiene conto dei risultati ottenuti dalle prove sui materiali e dall'assenza di un quadro fessurativo di rilievo.

I metodi adottati per l'analisi dei fabbricati sono di tipo semi-probabilistico, cioè con una certa probabilità di accadimento, questo per il fatto stesso di avere a che fare con grandezze di tipo non deterministico (sisma, resistenze materiali, carichi accidentali etc).

Quanto sopra per sottolineare che il risultato numerico, affetto dalle incertezze ed approssimazioni anzidette, deve essere assunto solo quale ausilio per una decisione ragionata sui provvedimenti da adottare in esito alle verifiche effettuate. Per quanto concerne il comportamento dei fabbricati in presenza di azioni sismiche il giudizio è positivo per quanto riguarda il c.f.1, mentre soddisfacente per il c.f.2, tenendo presente che la struttura non è stata concepita con criteri antisismici; invero, all'epoca di progettazione, le strutture venivano dimensionate per sostenere i soli carichi verticali e pertanto la struttura non era stata ideata per resistere agli elevati sforzi indotti dalle azioni sismiche.

Per una più attenta valutazione della sicurezza nei confronti delle azioni orizzontali sismiche, di contro, considerate le strutture in esame, l'epoca di realizzazione e la tipologia costruttiva della stessa, la verifica deve tener conto anche del comportamento degli elementi secondari.

Di fatto per lo stato limite considerato all'interno della verifica la norma recita al punto 3.2.1 NTC2018: “ **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali ”.

I componenti non strutturali nel caso in esame sono dei pannelli in c.a. prefabbricati di tamponamento, che fungono da chiusura verticale; è implicito che il ribaltamento fuori dal

piano di tali elementi può provocare non solo una ostruzione delle vie di fuga in caso di sisma, ma vista l'elevata massa anche una potenziale causa di perdita di vite umane. I suddetti elementi, se tenuti in considerazione nella verifica della struttura, condizionano in modo ancora più gravoso la valutazione. Per tali motivazioni si è provveduto ad effettuare una verifica di ribaltamento per una tamponatura tipo della struttura, tale verifica è stata condotta in maniera iterativa fino al raggiungimento di un rapporto domanda su capacità minore dell'unità, così da considerare la verifica soddisfatta.

### **7.1 VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI SECONDARI – NTC18 - §7.2.3**

#### **Localizzazione della struttura:**

Comune: NAPOLI

Provincia: NAPOLI

Regione: CAMPANIA

Coordinate: Lat. 40.8400 N, Long. 14.3003 E

#### **Dati di progetto:**

Classe d'uso: III

Categoria del suolo: B ( $S_s = 1.20$ )

Categoria topografica: T1 ( $S_t = 1.00$ )

Altezza dell'edificio  $H = 384.0$  cm

Periodo proprio dell'edificio  $T_1 = 0.233$  s

Fattore di struttura  $q_a = 2.00$

#### **Caratteristiche della parete:**

Resistenza caratteristica a compressione  $f_k = 300.00$  daN/cm<sup>2</sup>

Resistenza di progetto a compressione  $f_d = 150.00$  daN/cm<sup>2</sup>

Massa volumica = 0.00250 kg/cm<sup>3</sup>

Modulo elastico  $E_m = 315000.0$  daN/cm<sup>2</sup>

Le verifiche vengono effettuate su una striscia di parete larga un metro, perciò le dimensioni dell'elemento risultano:

altezza tamponatura  $h = 384.0$  cm, larghezza  $L = 100.0$  cm, spessore  $t = 15.0$  cm

Quota del baricentro dell'elemento  $Z = 192.0$  cm

Peso elemento non strutturale  $W_a = 1440.00$  daN

Periodo proprio della parete  $T_a = 0.062$  s

### **Verifica Tamponatura 100% azione sismica:**

#### **Azioni sismiche per combinazioni SLV:**

$A_g = 0.155$  g,  $F_o = 2.359$ ,  $T_{c^*} = 0.338$  s

Accelerazione massima

$T_1 < 0.5$  s  $\Rightarrow a = 0.8$ ,  $b = 1.4$ ,  $a_p = 5$

$T_a < a T_1$

$S_a = a S (1 + Z / H) [a_p / (1 + (a_p - 1)(1 - T_a / a T_1)^2)] = 0.498$

Forza sismica orizzontale agente nel baricentro dell'elemento strutturale:

$F_a = (S_a W_a) / q_a = 358.51$

#### **Verifica di stabilità:**

Momento ribaltante  $M_{ed} = (F_a h / 8) + (W_a t / 4) = 22608.59$

Momento stabilizzante  $M_{rd} = (W_a / 2) [t - W_a / (4 L 0.85 f_d)] = 10779.67$  (7.8.2.2.3 NTC 2018)

**Verifica  $M_{ed} / M_{rd} = 2,10 > 1$  N.V.**

### **Verifica Tamponatura 80% azione sismica:**

#### **Azioni sismiche per combinazioni SLV:**

$A_g = 0.154$  g,  $F_o = 2.359$ ,  $T_{c^*} = 0.338$  s

Accelerazione massima

$T_1 < 0.5$  s  $\Rightarrow a = 0.8$ ,  $b = 1.4$ ,  $a_p = 5$

$T_a < a T_1$

$S_a = a S (1 + Z / H) [a_p / (1 + (a_p - 1)(1 - T_a / a T_1)^2)] = 0.498$

Forza sismica orizzontale agente nel baricentro dell'elemento strutturale:

$F_a = (S_a W_a) / q_a = 358.28$

### **Verifica di stabilità:**

$$\text{Momento ribaltante } M_{ed} = (F_a h / 8) + (W_a t / 4) = 22597.45$$

$$\text{Momento stabilizzante } M_{rd} = (W_a / 2) [t - W_a / (4 L 0.85 f_d)] = 10779.67 \text{ (7.8.2.2.3 NTC 2018)}$$

$$\text{Verifica } M_{ed} / M_{rd} = 2.10 > 1 \text{ N.V.}$$

### **Verifica Tamponatura 60% azione sismica:**

#### **Azioni sismiche per combinazioni SLV:**

$$A_g = 0.116 \text{ g}, F_o = 2.318, T_{c^*} = 0.332 \text{ s}$$

Accelerazione massima

$$T_1 < 0.5 \text{ s} \Rightarrow a = 0.8, b = 1.4, a_p = 5$$

$$T_a < a T_1$$

$$S_a = a S (1 + Z / H) [a_p / (1 + (a_p - 1)(1 - T_a / a T_1)^2)] = 0.374$$

Forza sismica orizzontale agente nel baricentro dell'elemento strutturale:

$$F_a = (S_a W_a) / q_a = 268.94$$

### **Verifica di stabilità:**

$$\text{Momento ribaltante } M_{ed} = (F_a h / 8) + (W_a t / 4) = 18309.23$$

$$\text{Momento stabilizzante } M_{rd} = (W_a / 2) [t - W_a / (4 L 0.85 f_d)] = 10779.67 \text{ (7.8.2.2.3 NTC 2018)}$$

$$\text{Verifica } M_{ed} / M_{rd} = 1.70 > 1 \text{ N.V.}$$

### **Verifica Tamponatura 40% azione sismica:**

#### **Azioni sismiche per combinazioni SLV:**

$$A_g = 0.077 \text{ g}, F_o = 2.325, T_{c^*} = 0.323 \text{ s}$$

Accelerazione massima

$$T_1 < 0.5 \text{ s} \Rightarrow a = 0.8, b = 1.4, a_p = 5$$

$$T_a < a T_1$$

$$S_a = a S (1 + Z / H) [a_p / (1 + (a_p - 1)(1 - T_a / a T_1)^2)] = 0.249$$

Forza sismica orizzontale agente nel baricentro dell'elemento strutturale:

$$F_a = (S_a W_a) / q_a = 179.14$$

#### **Verifica di stabilità:**

$$\text{Momento ribaltante } M_{ed} = (F_a h / 8) + (W_a t / 4) = 13998.73$$

$$\text{Momento stabilizzante } M_{rd} = (W_a / 2) [t - W_a / (4 L 0.85 f_d)] = 10779.67 \text{ (7.8.2.2.3 NTC 2018)}$$

$$\text{Verifica } M_{ed} / M_{rd} = 1.30 > 1 \text{ **N.V.**}$$

#### **Verifica Tamponatura 24% azione sismica:**

##### **Azioni sismiche per combinazioni SLV:**

$$A_g = 0.046 \text{ g}, F_o = 2.339, T_{c^*} = 0.283 \text{ s}$$

Accelerazione massima

$$T_1 < 0.5 \text{ s} \Rightarrow a = 0.8, b = 1.4, a_p = 5$$

$$T_a < a T_1$$

$$S_a = a S (1 + Z / H) [a_p / (1 + (a_p - 1)(1 - T_a / a T_1)^2)] = 0.149$$

Forza sismica orizzontale agente nel baricentro dell'elemento strutturale:

$$F_a = (S_a W_a) / q_a = 107.44$$

#### **Verifica di stabilità:**

$$\text{Momento ribaltante } M_{ed} = (F_a h / 8) + (W_a t / 4) = 10557.01$$

$$\text{Momento stabilizzante } M_{rd} = (W_a / 2) [t - W_a / (4 L 0.85 f_d)] = 10779.67 \text{ (7.8.2.2.3 NTC 2018)}$$

$$\text{Verifica } M_{ed} / M_{rd} = 0.98 < 1 \text{ **Verifica soddisfatta}**}$$

Inoltre, c'è da precisare che considerando l'elevata deformabilità degli elementi in acciaio e la presenza di telai monodirezionali, la struttura sotto azioni sismiche presenta uno spostamento massimo di circa 5.32 cm per il c.f.1 e di circa 4.32 cm per il c.f.2, dovuta all'eccessiva deformabilità della struttura stessa. Essendo le due strutture giuntate si potrebbero avere dei problemi di martellamento, fenomeno distruttivo che si può verificare quando un evento sismico violento colpisce due unità strutturali contigue. Se il giunto tecnico (cioè lo spazio libero) fra due corpi di fabbrica contigui non è sufficientemente ampio affinché questi elementi

strutturali possano oscillare senza toccarsi, i due corpi di fabbrica urtano l'uno contro l'altro lesionandosi a vicenda.

Alla luce di quanto sopra, considerato il tipo di analisi svolte (lineari dinamiche), la valutazione della sicurezza dell'edificio in esame è stata valutata prendendo in considerazione i due nuovi parametri, definiti dalla NTC2018, che costituiscono i fattori indicativi per un rapido confronto tra **l'azione massima sopportabile da una struttura esistente e l'azione massima che si utilizzerebbe in caso di progetto ex-novo.**

Tali parametri sono così definiti:

- $\zeta_E$ , definito come il rapporto tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione sul medesimo suolo e con le medesime caratteristiche (periodo proprio, fattore di comportamento ecc.). Il parametro di confronto dell'azione sismica da adottare per la definizione di  $\zeta_E$  è, salvo casi particolari, l'accelerazione al suolo  $a_g$  S.
- $\zeta_{v,i}$ , definito come il rapporto tra il valore massimo del sovraccarico verticale variabile sopportabile dalla parte i-esima della costruzione e il valore del sovraccarico verticale variabile che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione.

La verifica svolta e l'individuazione dell'indice di rischio sismico dell'edificio analizzato, rappresentato dal minimo valore del coefficiente  $\zeta_E$  per i due corpi di fabbrica contigui ha consentito di individuare il primo elemento strutturale da cui dipende la sicurezza sismica delle due strutture contigue.

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva con i valori calcolati:

<b>CORPO DI FABBRICA</b>	<b>ELEMENTO STRUTTURALE</b>	<b>TIPO DI ANALISI</b>	<b>STATO LIMITE SLV</b>	<b>TIPOLOGIA CRISI/RUTTURA</b>
c.f. 1	Nessuno	Dinamica Lineare	$\zeta_E = 1.00$	NESSUNA
c.f. 2	Colonna in acciaio	Dinamica Lineare	$\zeta_E = 0.78$	PRESSOFLESSIONE
c.f.1 – c.f.2	Tamponatura Fragile	Dinamica lineare	<b><math>\zeta_E = 0.24</math></b>	RIBALTAMENTO

Figura 41 - Tabella riassuntiva indice di rischio sismico SLV



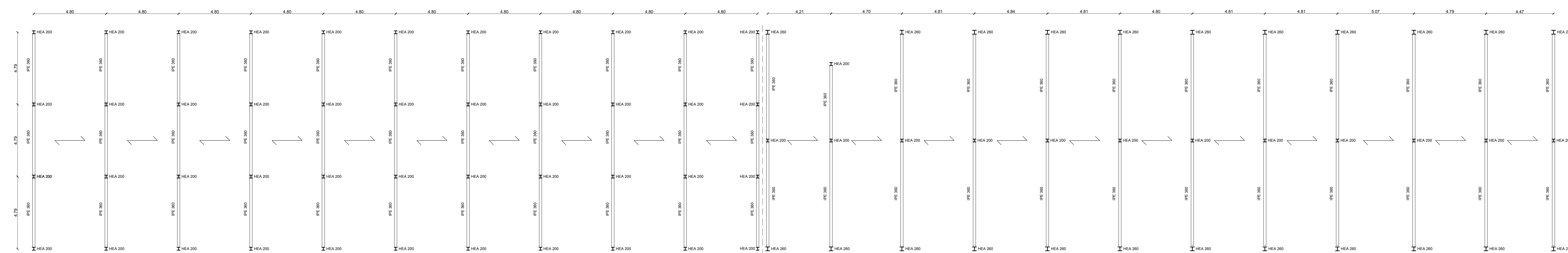
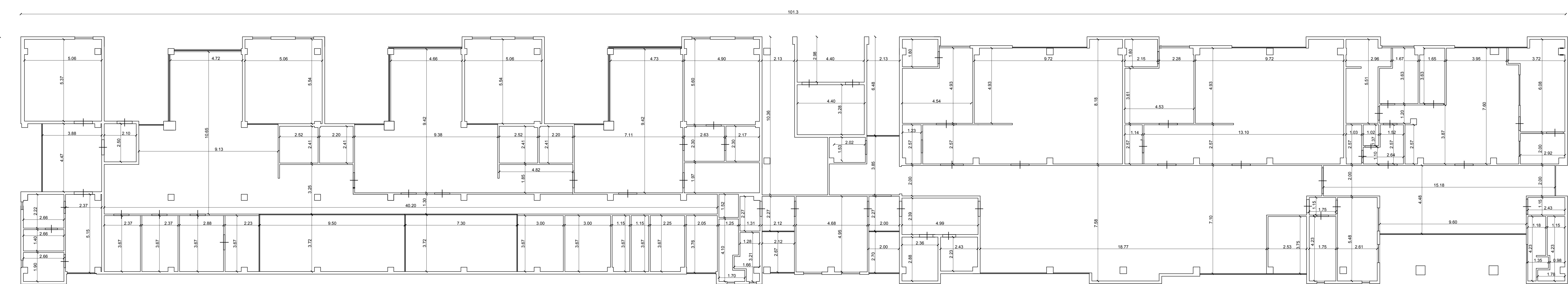
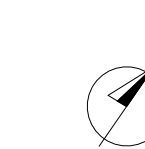
Dai risultati evinti dalle verifiche strutturali eseguite e dai valori degli indici di rischio sismico sopra tabellati, si può senza dubbio confermare quanto segue:

- in termini di capacità rispetto alle azioni gravitazionali, gli elementi strutturali (travi e pilastri) evidenziano un soddisfacente grado di sicurezza;
- in termini di azioni sismiche, una rilevante percentuale degli elementi pilastri per il c.f.2 evidenzia un grado di sicurezza insoddisfacente rispetto alla capacità sismo resistente richiesta.

Per quanto concerne il c.f.1, considerando che la verifica sismica con analisi dinamica non ha fornito particolari valori critici, considerando sempre le ipotesi fatte e la campagna di indagine strutturale limitata per le condizioni di inaccessibilità in situ, è sembrato opportuno effettuare anche verifiche di elementi secondari che, data la natura i materiali e lo stato di conservazione, se sollecitate ad azioni sismiche produrrebbero particolare pericolo per gli occupati dello stabile. A tal proposito si ritiene utile sottolineare che la vulnerabilità sismica di tali fabbricati, seppur gli elementi travi e pilastri mostrano un accettabile grado di sicurezza, sia governata dal ribaltamento degli elementi secondari pareti in c.a. prefabbricato.

Inoltre, dalla verifica del giunto esistente, si è constatata una distanza insufficiente a scongiurare il fenomeno del martellamento tra i due corpi di fabbrica contigui.

Considerata l'intenzione dell'amministrazione comunale di procedere alla riqualificazione sismica della struttura, che ricordiamo essere di classe III ad uso scolastico, e tenuto conto dei risultati sopra descritti, **risulta necessario prevedere un insieme sistematico di interventi mirati ad ottenere un notevole incremento della capacità sismica degli elementi analizzati, tale da raggiungere l'adeguamento sismico richiesto.**



TIPOLOGIE DI INTERVENTI FINANZIABILI	
ADEGUAMENTO SISMICO	INTERVENTI PUNTUALI SU ELEMENTI TRAVEPILASTRO
	REALIZZAZIONE DI SETTI IN CEMENTO ARMATO IRRIGIDITI E TALU DA BILANCIARE LE ECCENTRICITA' PRESENTI
	RINFORZO LOCALE MEDIANTE L'APPLICAZIONE DI TESSUTI FIBROINFORZATI FRP
	INSERIMENTO DI ISOLATORI ELASTOMERICI
	INSERIMENTO DI SISTEMI DI DISSIPATORI SISMICI
ADEGUAMENTO IMPIANTISTICO FUNZIONALE	AMMORSAMENTO DELLE TAMPONATURE
	IMPIANTO DI TERMO-CUMATIZZAZIONE
	- RISCALDAMENTO CON PAVIMENTI RADIANTI
	- RAFFRESCAMENTO CON SISTEMA VRF
	- VENTILAZIONE CON UTA DOTATA DI RECUPERATORE DI CALORE
	- SENSORI E TERMOSTATI PER LA REGOLAZIONE
	- ESTRATTORI D'ARIA NEI SERVIZI IGENICI
	IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE
	- LED NEI CONNETTIVI
	- LED NELLE AULE E NEI LOCALI DI SERVIZIO
- SENSORI DI PRESENZA NEI SERVIZI IGENICI	
FONTI RINNOVABILI	
- PANNELLI SOLARI TERMICI	
- PANNELLI FOTOVOLTAICI	

**PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA**

Componente 1 - Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università

Investimento 1.1. Piano per asili nido e scuole dell'infanzia e servizi di educazione e cura per la prima infanzia

RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE - MESSA IN SICUREZZA - RICONVERSIONE DEL 11° CIRCOLO DIDATTICO IN "NIDO SCUOLA"

**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA**  
(articolo 23 comma 5 D.lgs. n. 50/2016 e s.m.l.)

Responsabile del Procedimento: arch. Alfonso Ghizzi	Progettista ing. Pasquale Ciccarelli
--	---

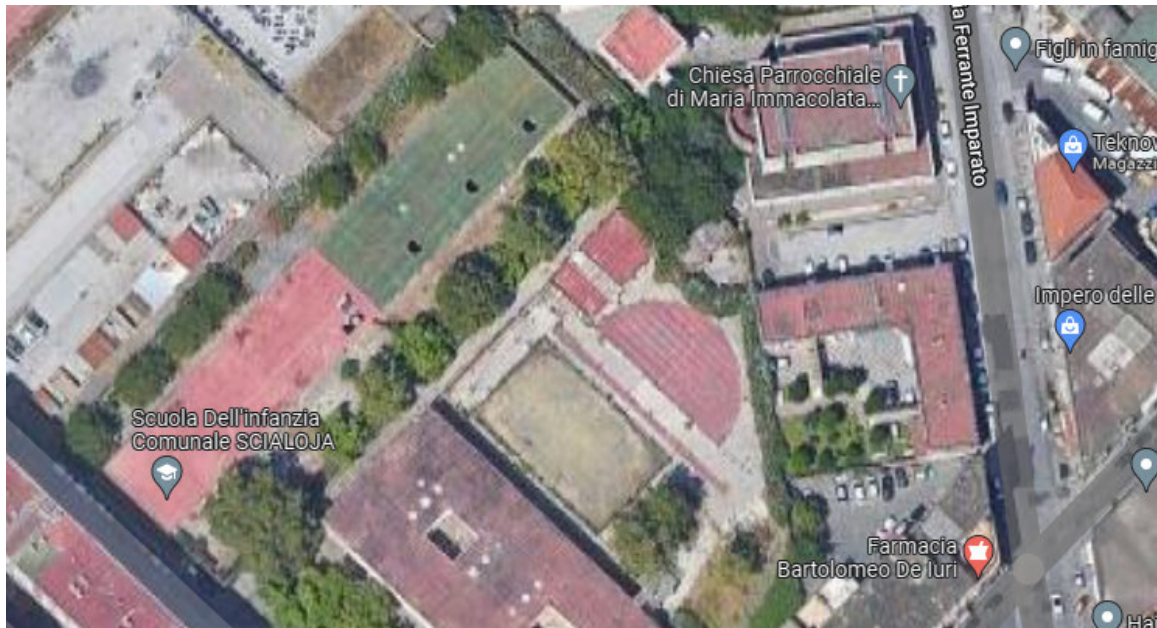
Descrizione Elaborato	COG. ELABORATO
	DATA
	DATA

C

Aprile 2022

## PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 – Potenziamento dell’offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università  
Investimento 1.1: Piano per asili nido e scuole dell’infanzia e servizi di educazione e cura per la prima infanzia



RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE - MESSA IN SICUREZZA - RICONVERSIONE DEL 11° CIRCOLO DIDATTICO IN "NIDO SCIALOJA"

### PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

(articolo 23 comma 5 D.lgs. n. 50/2016 e s.m.i.)

Responsabile del Procedimento:  
arch. Alfonso Ghezzi

Progettista  
ing. Pasquale Ciccarelli

Descrizione Elaborato

Relazione Tecnica

COD. ELABORATO :

**A**

SCALA :

-

DATA :

Aprile 2022

# TITOLO DEL PROGETTO: RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE - MESSA IN SICUREZZA - RICONVERSIONE DEL 11° CIRCOLO DIDATTICO IN "NIDO SCIALOJA"

CUP: B63C22000290006

## 1. SOGGETTO PROPONENTE

Ente locale	Comune di Napoli
Responsabile del procedimento	Alfonso Ghezzi
Indirizzo sede Ente	Piazza Municipio 1, 80133 Napoli
Riferimenti utili per contatti	Email: edilizia.scolastica@comune.napoli.it
	Telefono: 081 795 5282

## 2. TIPOLOGIA DI INTERVENTO

Demolizione e ricostruzione	<input type="checkbox"/>
Nuova costruzione	<input type="checkbox"/>
Ampliamento	<input type="checkbox"/>
Riqualificazione funzionale e messa in sicurezza	<input checked="" type="checkbox"/>
Riconversione di edifici pubblici esistenti	<input type="checkbox"/>

## 3. LIVELLO ATTUALE DEL SERVIZIO

### 3.1 Edifici pubblici esistenti sul territorio

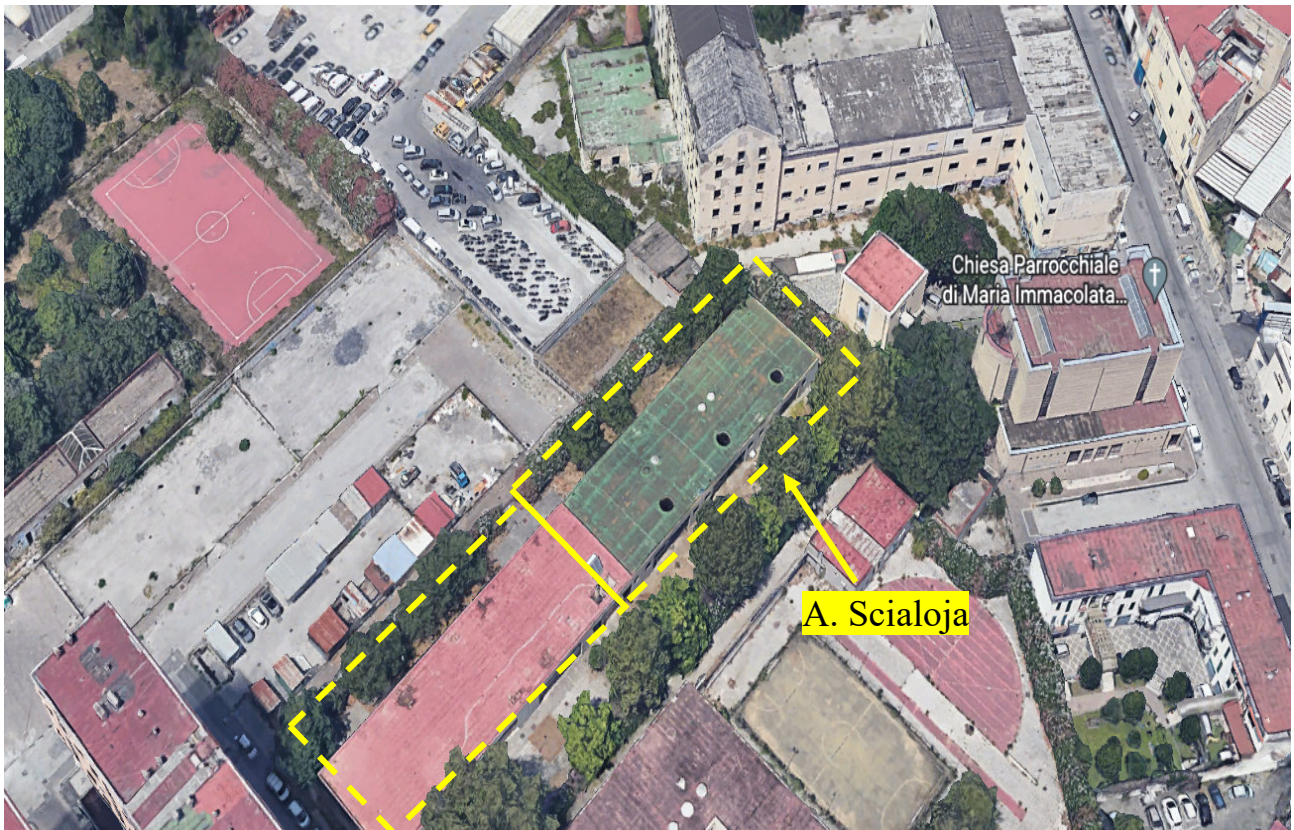
Numero di edifici adibiti ad asili nido e servizi integrativi presenti nel territorio comunale		<b>Numero</b>  <b>60</b>
--	--	--------------------------------

## 4. DESCRIZIONE PROPOSTA D'INTERVENTO

L'edificio di cui ha sede l'istituto scolastico "Fucini", la cui costruzione presumibilmente risale dopo il 1976, è ubicato in una zona periferica del comune di Napoli e fa parte della municipalità VI.

L'area esistente, che contiene l'attuale plesso, si sviluppa su una superficie complessiva di circa 1636 mq; confina a nord-ovest con Parco Teodosia, a sud con Via Ponte dei Francesi e ad est con Strada Comunale Ottaviano.





**Figura 1: Ubicazione Planimetrica**

Il progetto ha come obiettivo l'adeguamento sismico, impiantistico ed energetico dell'edificio.

Dati sintesi dell'edificio:

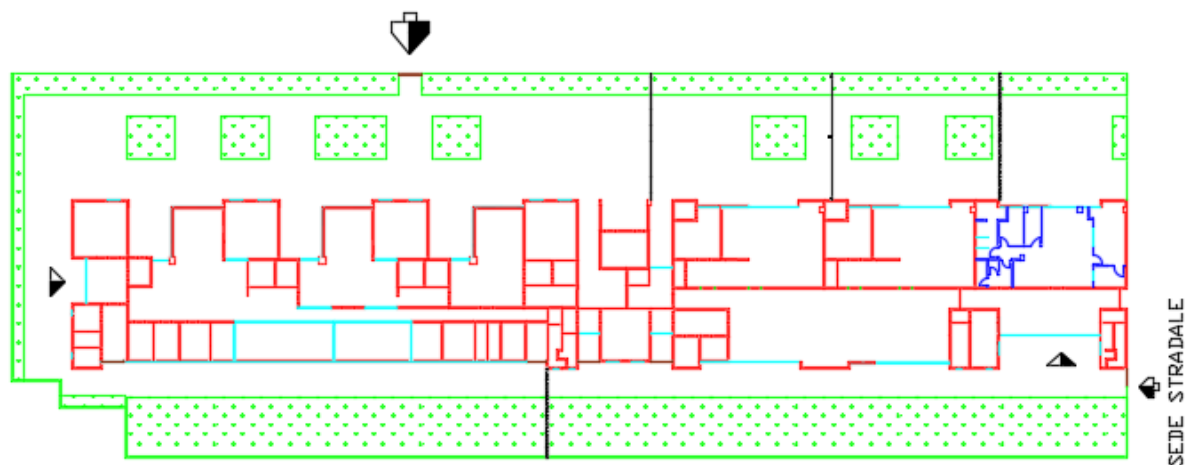
Istituzione scolastica	Istituto Comunale
Denominazione	A. Scialoja
Codice	6.48.158
Indirizzo – Civico	Via Pazzino n.1
Comune	80146 Napoli

Dati generali della popolazione scolastica:

n° alunni iscritti per l'anno scolastico 2021/2022	20
n° personale docente e amministrativo in servizio nell' anno scolastico 2021/2022	6
n° totale utenti interni (alumni + personale)	26
popolazione scolastica potenziale (alumni +personale) triennio successivo	150

Il progetto ha come obiettivo l'adeguamento sismico, impiantistico ed energetico dell'edificio.

Il corpo di fabbrica di Via Largo Lucrino, da documentazione reperita presso gli uffici comunali e verificata durante i sopralluoghi, si compone di n°1 piano fuori terra e struttura portante in acciaio. Si riporta di seguito la planimetria architettonica fornita dal comune:



**Figura 2: Piano Terra**

Relativamente alle caratteristiche strutturali da rilievo ed indagini in sito, è emerso che la copertura del fabbricato è piana e composta da un'orditura di travi in acciaio, che, poggiano direttamente sui pilastri; i tamponamenti esterni sono costituiti in calcestruzzo.

Gli impianti esistenti sono stati costruiti presumibilmente contestualmente all'edificazione del fabbricato. Da rilievi in sito è emersa la presenza di un impianto di riscaldamento con radiatori, corpi illuminanti ed impianti idrici.

L'edificio da diversi anni non è oggetto di interventi di manutenzione straordinaria né tantomeno, durante i sopralluoghi di rilievo e diagnostica, si sono riscontrati interventi di adeguamento/miglioramento strutturale ed impiantistico.

L'obiettivo primario che si pone il presente progetto è relativo alla riqualificazione funzionale e messa in sicurezza del fabbricato che comprenderà interventi di adeguamento sismico e funzionale degli impianti.

In particolare, relativamente agli interventi di natura strutturale, si procederà con l'adeguamento sismico. Adeguare sismicamente una costruzione vuol dire incrementare la sua capacità di fronteggiare un terremoto fino a raggiungere quella richiesta ad una nuova costruzione.

Nel caso in esame, dovendo stimare interventi volti ad aumentare il grado di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche attese, previa verifica progettuale esecutiva, si procederà con la messa in opera di uno o più dei seguenti macro-interventi:

- interventi puntuali su elementi trave/pilastro;
- realizzazione di setti in cemento armato irrigidenti e tali da bilanciare le eccentricità presenti;
- rinforzo locale mediante l'applicazione di tessuti fibrorinforzati FRP;
- inserimento di isolatori elastomerici;

- inserimento di sistemi di dissipatori sismici;
- ammorsamento delle tamponature.

Relativamente invece ai provvedimenti di natura impiantistica ed edilizia, si procederà con interventi volti all'efficientamento energetico finalizzato alla sostenibilità dell'organismo architettonico.

In particolare gli interventi da prevedere potranno riguardare:

- Impianto di termo-climatizzazione: realizzazione per tutti i piani dell'edificio di un sistema di riscaldamento radiante a pavimento, mentre il raffrescamento, la realizzazione di un sistema misto a ventilconvettori (VRF) abbinato ad un sistema di ventilazione gestito tramite Unità di trattamento aria con recuperatore di calore. Per quanto attiene i servizi igienici, realizzazione di estrattori d'aria al fine di gestire i volumi d'aria dei servizi stessi in depressione rispetto agli adiacenti locali e connettivi scolastici. I sistemi di riscaldamento e climatizzazione dovranno poi essere dotati per tutti gli ambienti di sensori e termostati per la regolazione locale dei parametri termo-igrometrici dell'aria;
- Impianto di illuminazione: rifacimento di tutti gli impianti elettrici e speciali a servizio del plesso scolastico oggetto di intervento. In particolare, tutti i connettivi dovranno essere dotati di lampade lineari a LED, mentre per le aule e i locali di servizio si prevede l'installazione di corpi illuminanti a LED al fine di garantire nelle aule il livello di illuminazione minimo previsto dalla normativa. I servizi igienici ad uso del personale potranno essere dotati di sensori di presenza al fine di garantire il contenimento dei consumi energetici;
- Utilizzo di fonti rinnovabili: al fine di rispettare i dettami delle normative vigenti in tema di abbattimento dei consumi energetici e di utilizzo di combustibili fossili, i sistemi di riscaldamento e raffrescamento potranno essere integrati da un sistema ibrido che interfaccia l'uso dell'energia prodotta tramite pannelli solari termici e pannelli fotovoltaici con quella ausiliaria prodotta in centrale termica.

## **5. SCHEDA DI ANALISI AMBIENTALE**

Obiettivo della Municipalità di Napoli è quello di adeguare e predisporre interventi al fine di conseguire un edificio a energia quasi zero (NZEB), per cui verranno rispettati contemporaneamente:

- tutti i requisiti previsti dalla lettera b) del comma 2, paragrafo 3.3 dell'allegato 1 del Decreto Ministeriale 26/06/2015 (Requisiti minimi);
- gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili nel rispetto dei principi minimi di cui all'Allegato 3, paragrafo 1, lettera c), del Decreto Legislativo 3 marzo 2011, n° 28.

A tal fine, per la produzione dell'acqua calda sanitaria, si può prevedere l'installazione di un impianto solare termico che coprirà l'80% del fabbisogno, costituito da collettori solari, centralina solare, bollitore da 2000 lt ed integrazione attraverso pompa di calore aria/acqua a servizio anche dell'impianto di riscaldamento.

Per quanto riguarda la somma dei consumi previsti per l'ACS, il riscaldamento ed il raffrescamento, si garantirà almeno il 70% di produzione attraverso l'installazione di un impianto fotovoltaico da 50kW che alimenterà anche l'impianto di climatizzazione estate/inverno a pompa di calore aria/acqua che trasferisce il calore dell'aria esterna all'acqua dell'impianto di riscaldamento.

La potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili, pari a 50 kW, dovrà rispettare l'obbligo di cui al comma 3 dell'allegato 3 del D. Lgs. 28/2011, in quanto la superficie in pianta complessiva è pari a 1636 mq e il coefficiente K da assumere è pari a 50 m<sup>2</sup>/kW, per cui si avrà:

$$P_{\min} = 1/K * S = 1/50 * 1636 = 32,72 \text{ kW}$$

Si riportano di seguito i criteri di sostenibilità energetica e ambientale CAM – Criteri Ambientali minimi di cui si è tenuto conto nell'ambito della valutazione della progettazione, ai sensi ed in ottemperanza dell'art. 34 del D. Lgs 507/2016.

Nello specifico si è tenuto conto di quanto riportato nel D.M. 11.10.2017 “Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici” (GU Serie Generale n.259 del 06.11.2017).

I criteri ambientali individuati in questo documento corrispondono a caratteristiche e prestazioni ambientali superiori a quelle previste dalle leggi nazionali e regionali vigenti, da norme e standard tecnici obbligatori e dal Regolamento UE sui Prodotti da Costruzione.

Sinteticamente i CAM di cui si terrà in conto, caso per caso, così come dettagliato nell'allegato al citato D.M., sono i seguenti:

- Specifiche tecniche per gruppi di edifici:
- Sistemazione aree a verde;
- Riduzione del consumo di suolo e mantenimento della permeabilità dei suoli;
- Approvvigionamento energetico;
- Riduzione dell'impatto sul microclima e dell'inquinamento atmosferico
- Infrastrutturazione primaria
- Specifiche tecniche dell'edificio:
- Prestazione energetica;
- Approvvigionamento energetico;
- Risparmio idrico;
- Qualità ambientale interna:



- Piano di manutenzione dell'opera;
- Fine vita;
- Specifiche tecniche dei componenti edilizi:
  - Criteri comuni a tutti i componenti edilizi;
  - Criteri specifici per i componenti edilizi;
- Specifiche tecniche del cantiere:
  - Demolizioni e rimozione dei materiali;
  - Materiali usati nel cantiere;
  - Prestazioni ambientali;
  - Personale di cantiere;
  - Scavi e rinterri;
- Criteri di aggiudicazione (criteri premianti):
  - Capacità tecnica dei progettisti;
  - Miglioramento prestazionale del progetto;
  - Sistema di monitoraggio dei consumi energetici;
  - Materiali rinnovabili;
  - Distanza di approvvigionamento dei prodotti da costruzione;
  - Bilancio materico.

Si evidenzia che tali CAM saranno tenuti in considerazione anche ai fini della stesura dei documenti di gara nel caso si scegliesse l'applicazione del criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa.

<p>Il progetto posseduto soddisfa tutti i criteri di tutela ambientale, prestazione energetica previsti nelle linee guida operative per il rispetto del principio di non arrecare danno significativo all'ambiente (cd. DNSH)?</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> <b>si</b>  <input type="checkbox"/> <b>no</b></p>	<p><b>Relativamente alla parte edilizia il progetto rispetta:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• tutti i requisiti previsti dalla lettera b) del comma 2, paragrafo 3.3 dell'allegato 1 del Decreto Ministeriale 26/06/2015 (Requisiti minimi);</li> <li>• gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili nel rispetto dei principi minimi di cui all'Allegato 3, paragrafo 1, lettera c), del Decreto Legislativo 3 marzo 2011, n° 28.</li> </ul>
<p>In caso di risposta <b>negativa</b> indicare le modifiche/aggiornamenti necessari per rendere il progetto conforme e adeguato a tali criteri</p>		<p><b>Testo</b></p>

## 6. FINANZIAMENTO

<i>FONTE</i>		<i>IMPORTO</i>
Risorse Pubbliche	Risorse Comunitarie – PNRR	4.234.150,37
	Eventuali altre risorse pubbliche	0,00
<b>TOTALE</b>		<b>4.234.150,37</b>

## 7. CRONOPROGRAMMA DI SPESA PER ANNO E PER ATTIVITA'

<b>Anno</b>	<b>attività previste</b>	<b>Importo</b>
2022	progettazione definitiva, progettazione esecutiva, validazione e approvazione	300.000,00
2023	reclutamento, indizione, aggiudicazione, consegna lavori	532.631,52
2024	esecuzione lavori	1.446.224,00
2025	esecuzione lavori, ultimazione	1.446.224,00
2026	collaudo	509.070,85
<b>TOTALE</b>		<b>4.234.150,37</b>

## 8. METODO DEL CALCOLO DEI COSTI

Per quanto riguarda la determinazione del costo dell'intervento si precisa che per la quantificazione dei lavori, sono stati applicati alle quantità riportate nel paragrafo attinente la descrizione dei lavori alcuni macro prezzi derivanti dall'assemblaggio di prezzi della Tariffa delle OO.PP. vigente della Regione Campania che tengono conto delle diverse categorie di lavoro elementari che compongono le voci riportate nel progetto, oppure applicando parametri desunti da interventi similari realizzati dall'Amministrazione. In sede di progettazione esecutiva si procederà a sviluppare il computo metrico estimativo delle opere, procedendo, altresì, a sviluppare tutte quelle analisi relative ai nuovi prezzi che si rendesse necessario elaborare per la completa definizione del progetto.

## PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 – Potenziamento dell’offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università  
Investimento 1.1: Piano per asili nido e scuole dell’infanzia e servizi di educazione e cura per la prima infanzia



RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE - MESSA IN SICUREZZA - RICONVERSIONE DEL 11° CIRCOLO DIDATTICO IN "NIDO SCIALOJA"

### PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

(articolo 23 comma 5 D.lgs. n. 50/2016 e s.m.i.)

**Responsabile del Procedimento:**  
arch. Alfonso Ghezzi

**Progettista**  
ing. Pasquale Ciccarelli

Descrizione Elaborato

Calcolo Sommario della Spesa

COD. ELABORATO :

**D**

SCALA :

-

DATA :

Aprile 2022

	DESCRIZIONE OPERA	COSTO INTERVENTO
<b>Demolizioni</b>		
1	Spicconatura di intonaco a vivo di muro compreso l'onere di esecuzione anche a piccole zone e spazzolatura delle superfici	180 778,00
2	Rimozione di manto impermeabile e massetto di allettamento	282 013,68
3	Rimozione di impianti termici comprensivo di tubazioni	115 697,92
4	Demolizioni di tramezzature e avvicinamento al luogo di carico	65 080,08
5	Trasporto a rifiuto e movimentazione delle macerie edilizie prodotte in cantiere	79 542,32
	<b>A</b>	<b>723 112,00</b>
<b>Edilizia</b>		
5	Ricostruzione tramezzature con blocchi di laterizio forato	138 837,50
7	Intonaco grezzo o rustico su pareti e soffitti anche a volta, interno ed esterno, costituito da un primo strato di rinzaffo steso fra predisposte guide (comprese nel prezzo) e da un secondo strato della medesima malta tirato in piano a frattazzo rustico, steso con frattazzo e cazzuola, dello spessore complessivo non inferiore a 15 mm. Rasatura delle superfici e pitturazione mediante prodotti lavabili	173 546,88
8	Realizzazione di cappotto termico con insufflaggio di isolante in lana di vetro sp. 8 cm nell'intercapedine tra fodera esterna e fodera interna in laterizio	57 848,96
9	Intonaci e pitturazione esterne con prodotti silossanici	57 848,96
10	Realizzazione di cappotto termico con pannelli in lana di vetro sp. minimo 10 cm per la copertura	34 709,38
11	Impermeabilizzazione solaio di copertura con guaina bituminosa in doppio strato spessore 4mm e 3mm	347 093,76
12	Sostituzione degli infissi esistenti con nuovi infissi con telaio metallico a taglio termico con triplo vetro e doppia camera con gas argon	347 093,76
	<b>B</b>	<b>1 156 979,20</b>
<b>Strutture</b>		
13	Incremento di resistenza dei pilastri non verificati a taglio/pressoflessione con incamiciatura in c.a. mediante posa in opera di cassero, getto integrativo opportunamente armato e connessione agli elementi preesistenti.	433 867,20
14	Incremento di resistenza dei nodi, travi e pilastri in c.a. mediante fasciatura in FRP. L'intervento progettato prevede l'utilizzo di un tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato Hardwire ad altissima resistenza, formato da micro-trefoli di acciaio fissati su una micro rete in fibra di vetro	144 622,40
	<b>C</b>	<b>578 489,60</b>
<b>Impianti</b>		
15	Ristrutturazione impianto di riscaldamento con sostituzione del generatore esistente con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche sui radiatori esistenti	195 240,24
16	Sostituzione dei boiler elettrici esistenti per produzione ACS con nuovo boiler a pompa di calore	52 064,06
17	Realizzazione di impianto fotovoltaico di potenza 10 kW da installare in copertura	82 434,77
18	Sostituzione dei corpi illuminanti con nuovi a LED	104 128,13
	<b>D</b>	<b>433 867,20</b>
	<b>Totale A+B+C+D</b>	<b>2 892 448,00</b>

## PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 – Potenziamento dell’offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università  
Investimento 1.1: Piano per asili nido e scuole dell’infanzia e servizi di educazione e cura per la prima infanzia



RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE - MESSA IN SICUREZZA - RICONVERSIONE DEL 11° CIRCOLO DIDATTICO IN “NIDO SCIALOJA

### PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

(articolo 23 comma 5 D.lgs. n. 50/2016 e s.m.i.)

Responsabile del Procedimento:  
arch. Alfonso Ghezzi

Progettista  
ing. Pasquale Ciccarelli

Descrizione Elaborato

Prime indicazioni e misure per la stesura dei piani di sicurezza

COD. ELABORATO :

**E**

SCALA :

-

DATA :

Aprile 2022

## PRIME INDICAZIONI PER LA STESURA DEI PIANI DI SICUREZZA

Spetta all'Appaltatore l'osservanza di tutte le norme relative alla prevenzione degli infortuni sul lavoro, all'igiene del lavoro, alle assicurazioni contro gli infortuni sul lavoro, alle previdenze varie per la disoccupazione involontaria, invalidità e vecchiaia e malattie professionali ed ogni altra disposizione in vigore o che potrà intervenire in corso di appalto, per la tutela materiale dei lavoratori ed in particolare le disposizioni previste dalle seguenti norme:

- Decreto Legislativo n. 81/2008 (Decreto Legislativo 9 aprile 2008 n. 81 "Attuazione dell'articolo 1 della Legge 08/08/2007 n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro");
- D.P.R. n. 303/56 "Norme generali per l'igiene del lavoro" all'articolo 64;
- D.P.R. n. 320/56 "Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro in sotterraneo";
- D.P.R. n. 459/96 "Regolamento per l'attuazione delle direttive 89/392/CEE, 91/368/CEE e 93/68/CEE concernenti il riavvicinamento delle legislazioni degli stati membri relative alle macchine";
- Decreto Legislativo 475/92 "Attuazione della direttiva 89/686/CEE relativa ai dispositivi di protezione individuale";
- D.M. 22/01/2008 n. 37 "Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della Legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia d'attività d'installazione degli impianti all'interno degli edifici".

In via generale il Piano di Sicurezza e di Coordinamento dovrà contenere l'individuazione, l'analisi e la valutazione dei rischi e le conseguenti procedure esecutive, gli apprestamenti e le attrezzature atti a garantire, per tutta la durata dei lavori, il rispetto delle norme per la prevenzione degli infortuni e la tutela della salute dei lavoratori, nonché le modalità delle azioni di coordinamento tra le imprese esecutrici e delle verifiche periodiche sul cantiere.

Nel suo complesso il Piano di Sicurezza e di Coordinamento conterrà i seguenti elementi:

- stima dei costi relativi agli apprestamenti, attrezzature e dispositivi di protezione, che non dovranno essere soggetti a ribasso nelle offerte delle imprese esecutrici;
- misure di prevenzione dei rischi risultanti dalla eventuale presenza simultanea o successiva di più imprese o di lavoratori autonomi;
- prescrizioni operative correlate alla complessità dell'opera da realizzarsi ed alle eventuali fasi critiche del processo di costruzione;
- modalità di esecuzione della recinzione di cantiere, accessi, segnalazioni e servizi igienico-assistenziali;
- individuazione delle protezioni e misure di sicurezza contro i rischi da e verso l'ambiente esterno;
- individuazione delle protezioni verso linee aeree e condutture sotterranee;
- individuazione dei vincoli derivati dalla viabilità esterna ed interna al cantiere;
- analisi degli impianti di alimentazione di qualunque genere;
- indicazioni sulle modalità realizzative degli impianti di terra e di protezione contro le scariche atmosferiche;
- analisi dei macchinari ed attrezzature di cantiere;
- misure generali di protezione contro il rischio di caduta dall'alto e di seppellimento durante gli scavi;
- disposizioni per attuare il coordinamento delle attività tra le imprese e i lavoratori autonomi;
- disposizioni circa l'attuazione dell' art. 14, riguardante la consultazione di ciascuno dei datori di lavoro con i propri Rappresentanti per la Sicurezza.

Inoltre il Piano indicherà le varie fasi dei lavori ed il relativo Cronoprogramma, che dovrà essere conforme a quello presentato in sede di gara.

Nel caso specifico si possono, in via preliminare, individuare come segue:

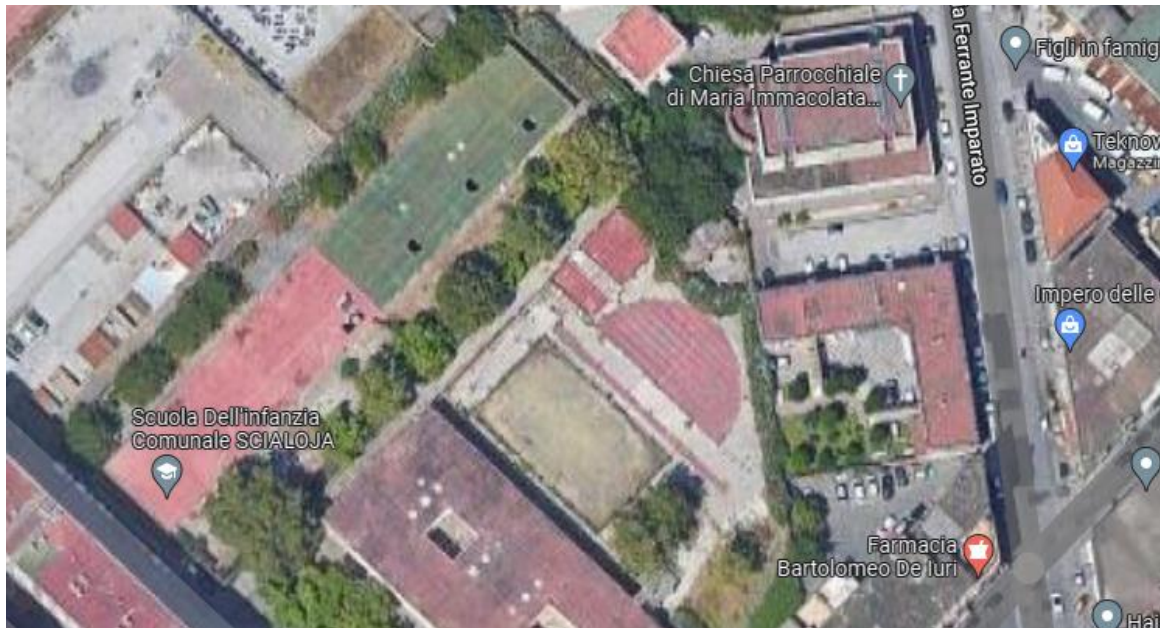
- Allestimento e impianti di cantiere
- Demolizione alberature
- Scavi di sbancamento ed a sezione obbligata
- Getti in calcestruzzo
- Strutture in legno
- Tamponamenti e divisori
- Intonaci interni ed esterni
- Opere da lattoniere
- Esecuzione impianti (elettrico, termo-idraulico, ecc...)
- Sottofondi e impermeabilizzazioni
- Pavimenti e rivestimenti
- Opere di finitura (opere da fabbro, montaggio infissi interni ed esterni, tinteggiature interne ed esterne;
- Rete fognaria
- Sistemazione area esterna (pavimentazioni, area verde, recinzioni, asfaltature, ecc.)
- Smobilizzo cantiere

Gli oneri della sicurezza sono indicati nel quadro economico dell'opera.



## PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 – Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università  
Investimento 1.1: Piano per asili nido e scuole dell'infanzia e servizi di educazione e cura per la prima infanzia



RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE - MESSA IN SICUREZZA - RICONVERSIONE DEL 11° CIRCOLO DIDATTICO IN "NIDO SCIALOJA"

### PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

(articolo 23 comma 5 D.lgs. n. 50/2016 e s.m.i.)

Responsabile del Procedimento:  
arch. Alfonso Ghezzi

Progettista  
ing. Pasquale Ciccarelli

Descrizione Elaborato

Cronoprogramma

COD. ELABORATO :

**G**

SCALA :

-

DATA :

Aprile 2022



## RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE - MESSA IN SICUREZZA - RICONVERSIONE DEL 11° CIRCOLO DIDATTICO IN "NIDO SCIALOJA

### CRONOPROGRAMMA DEL PROGETTO

Attività del progetto*	Entro 31 Ago 2022	Entro 30 Nov 2022	Entro 20 Mar 2023	Entro 30 Giu 2023	Entro 31 Dic 2025	Entro 30 Giu 2026
Progettazione definitiva						
Progettazione esecutiva						
Aggiudicazione dei lavori						
Avvio dei Lavori						
Conclusione dei Lavori						
Collaudo dei lavori						

## PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 – Potenziamento dell’offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università  
Investimento 1.1: Piano per asili nido e scuole dell’infanzia e servizi di educazione e cura per la prima infanzia



RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE - MESSA IN SICUREZZA - RICONVERSIONE DEL 11° CIRCOLO DIDATTICO IN "NIDO SCIALOJA"

### PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

(articolo 23 comma 5 D.lgs. n. 50/2016 e s.m.i.)

Responsabile del Procedimento:  
arch. Alfonso Ghezzi

Progettista  
ing. Pasquale Ciccarelli

Descrizione Elaborato

Quadro economico

COD. ELABORATO :

**F**

SCALA :

-

DATA :

Aprile 2022

<b>A) Lavori</b>	2.892.448,00 €
A1) Demolizioni	723.112,00 €
A2) Edilizia	1.156.979,20 €
A3) Strutture	578.489,60 €
A4) Impianti	433.867,20 €
<b>B1) Spese tecniche per incarichi esterni</b>	300.000,00 €
<b>B2) Contributo reclutamento personale (eventuale)</b>	200.000,00 €
<b>C) Incentivi funzioni tecniche</b>	46.279,17 €
<b>D) Altri costi</b>	
D1) Imprevisti	144.622,40 €
D2) IVA	636.338,56 €
<b>E) Pubblicità</b>	14.462,24 €
<b>TOTALE</b>	<b>4.234.150,37 €</b>