

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



**Riqualficazione funzionale e messa in sicurezza del 13 circolo didattico
“nido de Meis”**

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 E MESSA IN SICUREZZA DEL 13° CIRCOLO DIDATTICO "NIDO DE MEIS"

CUP B68I22000290006

1. SOGGETTO PROPONENTE

Ente locale	<i>Comune di Napoli</i>
Responsabile del procedimento	<i>Alfonso Ghezzi</i>
Indirizzo sede Ente	<i>Piazza Municipio 1, 80133 Napoli</i>
Riferimenti utili per contatti	<i>Email: edilizia.scolastica@comune.napoli.it</i>

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	Numero 60
--	--------------------------------

1. DESCRIZIONE PROPOSTA D'INTERVENTO

L'edificio di cui ha sede l'istituto scolastico "De Meis", la cui costruzione risale al 1985, 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 960 mq. e confina a sud con strada comunale Via Luigi Volpicella, ad ovest con Via Francesco Maria De Luca e a nord con Via Isidoro Fuortes.



Figura 1: Ubicazione Planimetrica

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

Dati sintesi dell'edificio:

Istituzione scolastica	Istituto Statale Nido 0-2 anni
Denominazione	De Meis
Codice	6.58.158
Indirizzo – Civico	Via Angelo Camillo DE Meis n°19
Comune	80147 Napoli

Dati generali della popolazione scolastica:

n° alunni iscritti per l'anno scolastico 2021/2022	59
n° personale docente e amministrativo in servizio nell' anno scolastico 2021/2022	13
n° totale utenti interni (alunni + personale)	72
popolazione scolastica potenziale (alunni +personale) triennio successivo	72

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

Il corpo di fabbrica di Via Angelo Camillo De Meis n°19, da documentazione reperita presso gli uffici comunali e verificata durante i sopralluoghi, si compone di n°1 piano fuori terra ed un piano interrato con struttura portante in cemento armato. Si riporta di seguito la planimetria architettonica fornita dal comune:

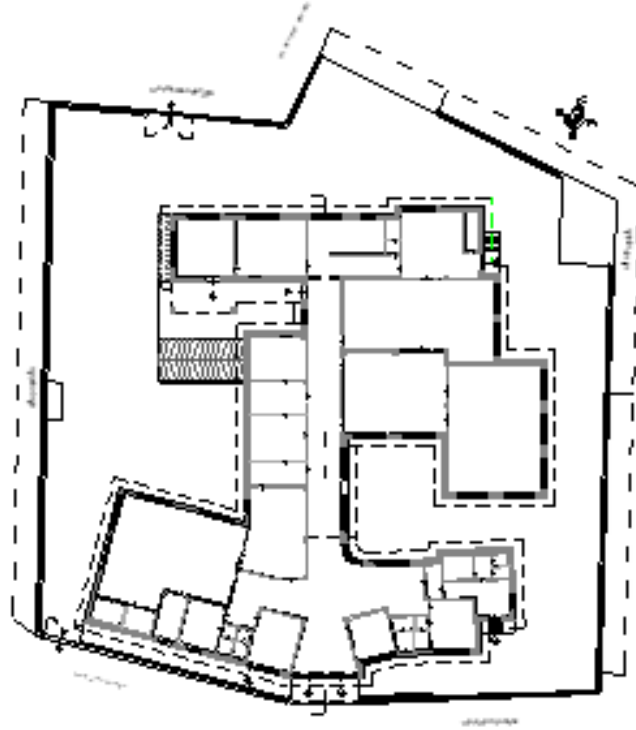


Figura 2: Piano Terra

Relativamente alle caratteristiche strutturali, da rilievo ed indagini in sito, è emerso che la struttura è realizzata con telai in cemento armato composti da travi e pilastri, solai gettati in opera, copertura piana e tamponamenti esterni costituiti in blocchi di laterizio di spessore di circa 40 cm.

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:

- realizzazione di ringrossi degli 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.

2. 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 960 mq e il coefficiente K da assumere è pari a 50 m²/kW, per cui si avrà:

$$P_{\min} = 1/K * S = 1/50 * 960 = 19,2 \text{ kW}$$

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.

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)?	<input checked="" type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no	Relativamente alla parte edilizia il progetto rispetta: <ul style="list-style-type: none"> • 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.
In caso di risposta negativa indicare le modifiche/aggiornamenti necessari per rendere il progetto conforme e adeguato a tali criteri		Testo

3. FINANZIAMENTO

<i>FONTE</i>		<i>IMPORTO</i>
Risorse Pubbliche	Risorse Comunitarie – PNNR	2 434 288,48 €
	Eventuali altre risorse pubbliche	0,00
TOTALE		2 434 288,48 €

4. CRONOPROGRAMMA DI SPESA PER ANNO E PER ATTIVITA'

Anno	attività previste	Importo
2022	progettazione definitiva, progettazione esecutiva, validazione e approvazione	186 895,49
2023	reclutamento, indizione, aggiudicazione, consegna lavori	298 214,18
2024	esecuzione lavori	947 032,32
2025	esecuzione lavori, ultimazione	947 032,32
2026	collaudo	55 114,18
TOTALE		2 434 288,48

5. 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 simili 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 e messa in sicurezza del 13 circolo didattico "nido de Meis"

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.....	3
1.3	DESCRIZIONE DEL FABBRICATO.....	4
2	ANALISI STORICO CRITICA	8
2.1	INDAGINI E RILIEVI CONDOTTI	10
2.2	MODELLAZIONE PER PROGETTO SIMULATO.....	12
2.3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI UTILIZZATI.....	17
2.4	CARATTERISTICHE DEL SOTTOSUOLO	19
3	ALISI DEI CARICHI.....	21
3.1	PESI PROPRI ELEMENTI STRUTTURALI G_{k1}	21
3.2	PESI PERMANENTI NON STRUTTURALI G_{k2}	22
3.3	SOVRACCARICO ACCIDENTALE	23
3.4	CARICO DA NEVE	23
3.5	CARICO DA VENTO.....	24
3.6	COMBINAZIONE DELLE AZIONI NON SISMICHE.....	30
4	VALUTAZIONE DELL’AZIONE SISMICA	32
4.1	PERICOLOSITA’ SISMICA	32
4.2	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA	34
4.3	SPETTRO DI RISPOSTA	35
4.4	SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE	36
5	ANALISI STATICA E SISMICA DELLA STRUTTURA	38
6	MODELLAZIONE STRUTTURALE ED ANALISI DINAMICA LINEARE	40
6.1	VERIFICHE	47
6.2	TIPOLOGIA DI ANALISI	50
7	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E SINTESI DEI RISULTATI.....	53

1.1 INTRODUZIONE

La presente relazione ha per oggetto la verifica della vulnerabilità sismica del fabbricato Nido “A.C. De Meis” del 13° Circolo Comunale, sito nel Comune di Napoli (NA), in Via Isidoro Fuortes n.90, Quartiere Ponticelli.

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

Nelle figure seguenti sono riportate la localizzazione geografica del fabbricato oggetto di studio.

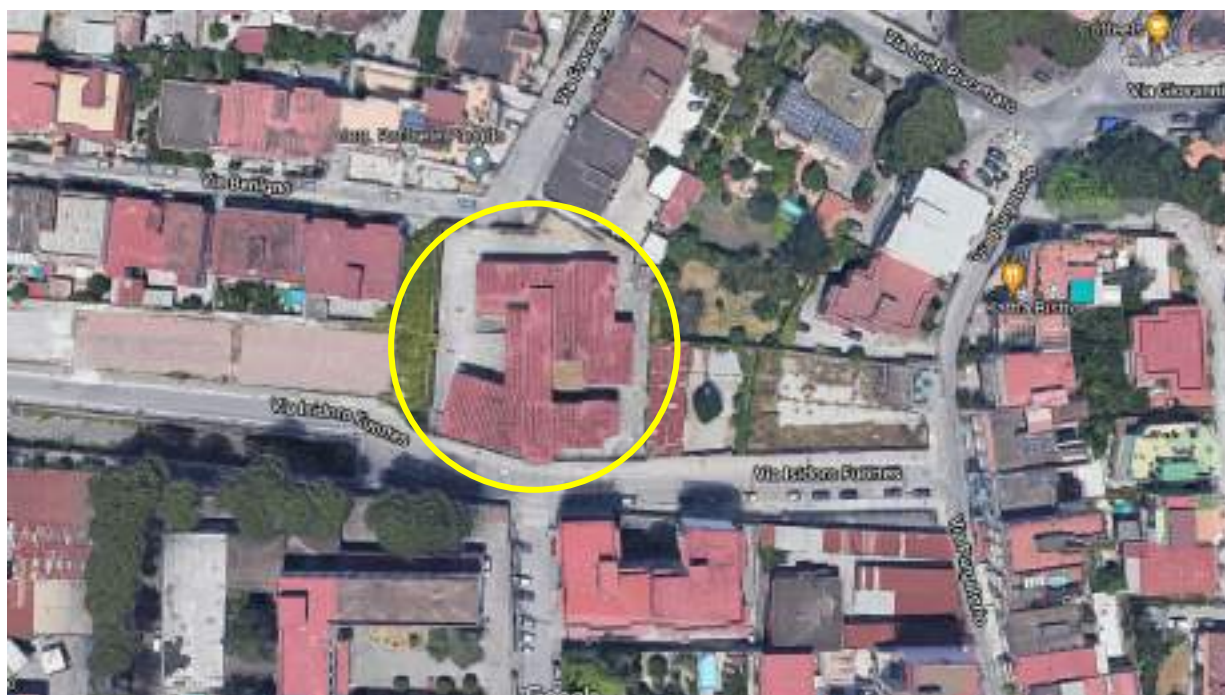


Figura 1 - Localizzazione geografica del fabbricato



Figura 2 - 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 in c.a. con solai di copertura, databile nel 1985, così come indicato negli elaborati forniti dal Comune.

Il corpo di fabbrica si presenta in pianta con forma irregolare, con dimensioni massime di ingombro pari a 40.00x41.00m ed altezza massima di 5.40m; il fabbricato risulta costituito da n.1 livello fuori terra con travi e pilastri in c.a. di altezza pari a 4.70 m e da n.1 livello interrato con travi e pilastri di altezza pari a 4.70m. I tamponi esterni sono di spessore totale di 30cm, ipotizzati costituiti da doppia foderia di blocchi di laterizi forati. I solai sono del tipo latero-cementizio gettato in opera con travetti, pignatte e soletta, spessore strutturale di 24cm; il solaio di copertura risulta essere accessibile per la sola manutenzione.

Di seguito si riportano le viste prospettiche del modello strutturale:

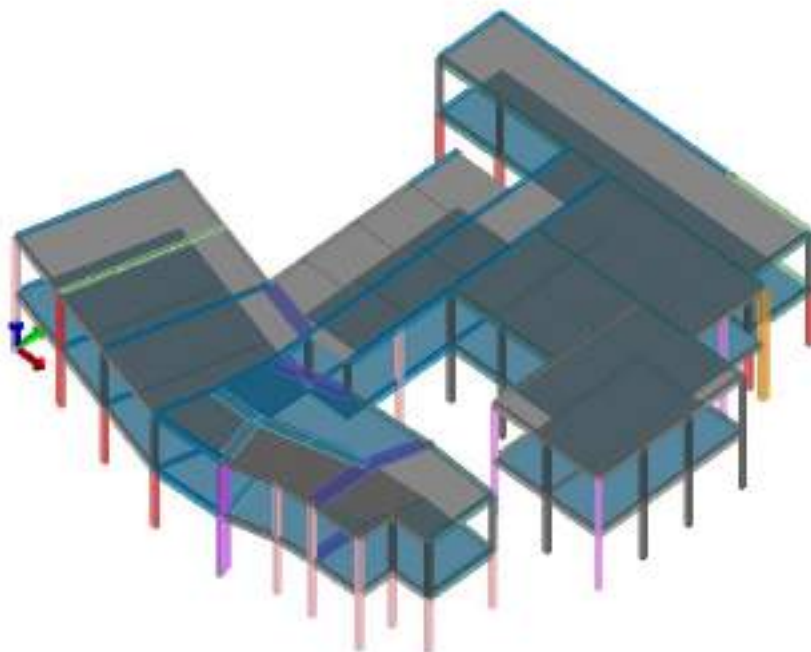


Figura 3 - Vista prospettica 1

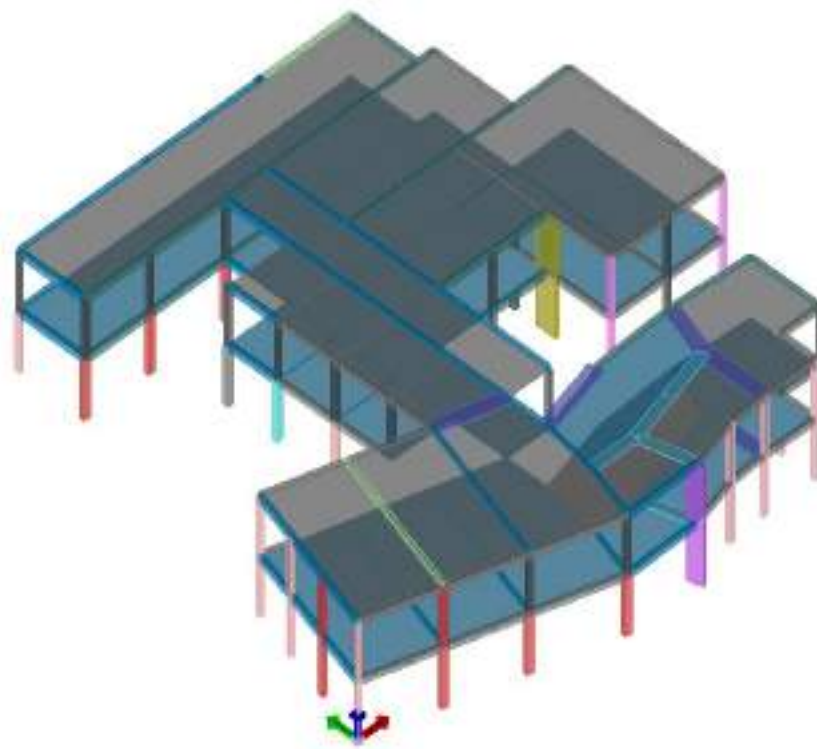


Figura 4 - Vista prospettica 2

L'intero fabbricato attualmente ha destinazione d'uso scolastico. 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 al fabbricato, realizzate durante i sopralluoghi effettuati.







Figura 5 - Documentazione fotografica

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 nel 1985 quando ancora il territorio ove è ubicato non era stato classificato come sismico.

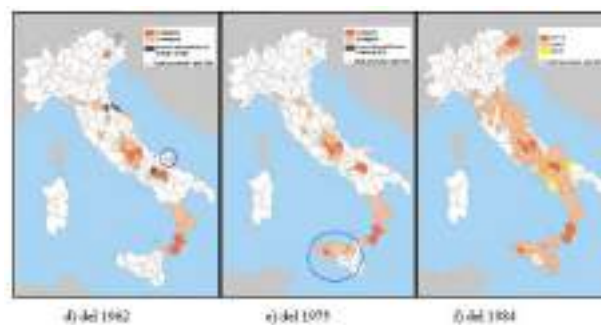


Figura 6 - Classificazione sismica del territorio italiano del 1962 – 1975 - 1984

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 i dettagli costruttivi (tipologia e disposizione delle armature) attraverso progetto "simulato" 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:



Figura 7 - Documentazione storica architettonica

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).

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 indagine è stata condotta in due fasi, la prima commissionata dal comune di Napoli alla società Geo-In S.r.l. di Benevento (BN) certificata in data 03/02/2021, che ha permesso di dedurre a seguito di prove distruttive le resistenze dei materiali. La seconda, a mezzo di prove non

distruttive commissionata alla GEOVIEW S.r.l.s. Corso Mazzini 165 - 84013 Cava De Tirreni (SA), ha permesso la completa conoscenza della struttura.

Nell'ambito delle attività eseguite sono state eseguite le seguenti indagini:

- n° 6 prove distruttive prelievo di campioni cls (Geo-In S.r.l.);
- n° 4 prove distruttive prelievo di campioni d'armatura (Geo-In S.r.l.);
- n° 26 indagini pacometriche;
- n° 2 prova endoscopica;
- n° 11 saggio diretto;
- n° 7 prova con metodo SonReb;
- n° 2 prova di durezza;

Per ulteriori informazioni ed approfondimenti si rimanda allo specifico elaborato redatto dalla Geo-In srl

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 e alla redazione di un progetto simulato grazie al quale individuare gli elementi più rappresentativi da indagare ed utili per la modellazione finale.

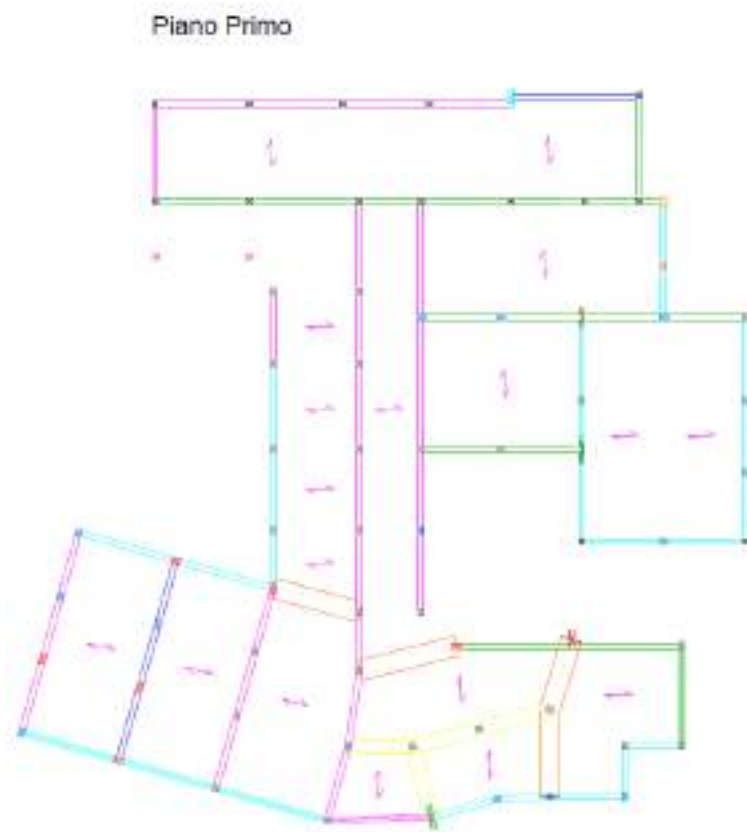
2.2 MODELLAZIONE PER PROGETTO SIMULATO

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 definire i dettagli costruttivi (armature) sulla base di un progetto simulato, eseguito secondo la pratica dell'epoca della progettazione. Esso, affiancato da una verifica in situ dei dettagli costruttivi presenti negli elementi più importanti, dà luogo ad un quadro di dati tali da consentire le verifiche volute.

Il progetto simulato ha seguito allora le seguenti fasi:

1. Individuazione dell'età della progettazione e costruzione: anno 1985;

2. Individuazione e studio dello schema strutturale: attraverso sopralluoghi, rilievi ed indagini in situ, si sono definiti gli elementi portanti di seguito rappresentati:



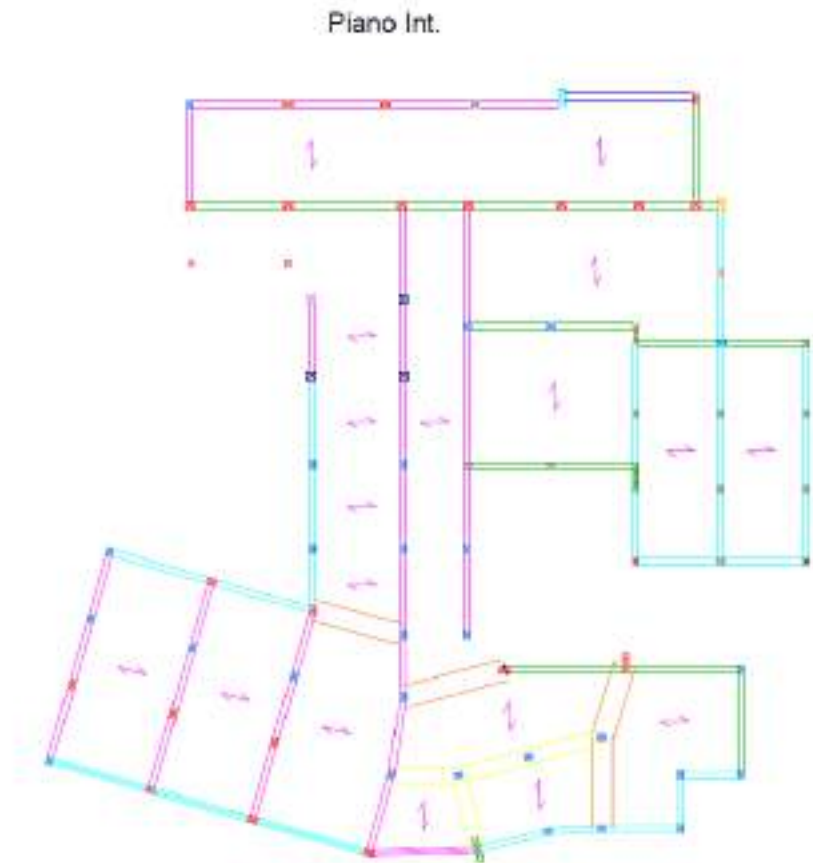


Figura 8 - Impalcati strutturali

3. Valutazione dei carichi: oltre i pesi propri strutturali e non strutturali, nonché gli accidentali in copertura dovuti alla neve, sono stati considerati, come carichi accidentali variabili, $q_k = 0.5 \text{ KN/m}^2$ per i solai di copertura (Cat. H, coperture) e $q_k = 3 \text{ KN/m}^2$ per i solai di interpiano (Cat. C);
4. Progetto delle armature e verifica degli elementi strutturali: si sono progettati e verificati tutti gli elementi strutturali per i soli carichi gravitazionali.

Sulla base dei risultati del progetto simulato, eseguito così come descritto dai su 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 Geo-In srl esecutrice delle indagini:



2.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI UTILIZZATI

A seguito delle prove effettuate, nello specifico di tipo non distruttivo poiché per la tipologia degli elementi resistenti si è preferito evitare il prelievo di campioni, ed è stato possibile dedurre le caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati nel calcolo di verifica strutturale.

Nello specifico si sono esaminati:

- Calcestruzzo, mediante la misura delle caratteristiche meccaniche ottenuta dall'estrazione di campioni ed esecuzione di prove di compressione fino a rottura (prove distruttive);
- Acciaio, mediante la misura delle caratteristiche meccaniche ottenute grazie all'estrazione di campioni ed esecuzione di prove a trazione fino a rottura con determinazione della resistenza a snervamento e della resistenza e deformazione ultima (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 sul calcestruzzo:

PROVE SCHIACC							
	Sigla	Dimensioni [mm]		Massa	f _{carota}	Tipo di Rottura	Elemento
		D	H	[kg]	[Mpa]		
6.58.168	C1	74,50	75,10	2147,00	28,50	Soddisfacente	Trave P. Int.
	C2	74,50	74,90	2263,00	28,60	Soddisfacente	Trave P. Int.
	C3	74,50	74,70	2210,00	25,20	Soddisfacente	Trave P. Int.
	C4	74,50	75,10	2233,00	32,80	Soddisfacente	Trave P. Int.
	C5	74,50	74,80	2190,00	21,50	Soddisfacente	Trave P. Int.
	C6	74,50	74,80	2199,00	34,70	Soddisfacente	Trave P. Int.

PROVE SCHIACC							
H/D	D/H	NTC 2018 - C11.2.6					
		F _d	H/D	R _c o f _c ?	f _{c, is} [Mpa]	f _{cm} [Mpa]	R _{cm} [Mpa]
1,01	0,99	1,08	1,00	R _c	25,55	25,44	30,64
1,01	0,99	1,08	1,00	R _c	25,64		
1,00	1,00	1,08	1,00	R _c	22,59		
1,01	0,99	1,06	1,00	R _c	28,86		
1,00	1,00	1,09	1,00	R _c	19,45		
1,00	1,00	1,06	1,00	R _c	30,53		

Figura 10 - Sintesi delle prove di rottura a compressione

Di seguito si riporta quanto ricavato dalle prove a trazione effettuate sulle barre d'armatura:

PROVA A TRAZIONE		Diametro	Tensione di snervamento F _y [Mpa]	Tensione di rottura F _t [Mpa]	Tensione di snervamento F _{ym} [Mpa]	Tensione di rottura F _{tm} [Mpa]
Sigla/elemento						
B1	Trave Spess.	16	511,66	643,73	517,74	648,47
B2	Travetto	12	520,14	653,74		
B3	Trave	14	515,21	641,08		
B4	Trave	12	523,94	655,34		

Figura 11 - Sintesi delle prove a trazione

Le prove distruttive (carotaggi e prelievo barre) effettuate sul calcestruzzo e sulle armature delle varie unità strutturali, i cui risultati sono sintetizzati nelle tabelle precedentemente riportate, hanno mostrato discreti valori di resistenza. Tali valori sono poi stati mediati con i risultati delle

corrispondenti prove indirette (SONREB per il cls e durometriche per l'acciaio), tenendo conto del maggior peso dei risultati delle prove distruttive in termini di affidabilità.

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:

- $f_{cd} = 0,83 \times R_m / (\gamma_M * FC) = f_{cm} / (\gamma_M * FC)$ con $\gamma_M=1.5$ (CLS)
- $f_{yd} = f_{ym} / (\gamma_M * FC)$ con $\gamma_M=1.15$ (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, specifica per la macro zona in cui è ubicato il fabbricato

in oggetto, 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	<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>	$360 \text{ m/s} \leq V_{s,30} \leq 800 \text{ m/s}$
C	<i>Depositi 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>Depositi 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	Depositi 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	$V_{s,30} \leq 100$ m/s
S2	Depositi 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 strato 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 ALISI 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, gli stessi sono stati calcolati nota la geometria da rilievi effettuati.

In particolare si sono considerati i seguenti carichi permanenti strutturali:

- Solaio piano tipo:

Solaio piano tipo					
h_solaio	spess. Soletta [m]	b_travetto [m]	h_travetto [m]	γ CLS [kN/m ³]	
0,24	0,04	0,10	0,20	25,00	
G₁- CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI SOLAIO [kN/m²]					
				G_travetti [kN/m ²]	1,00
				G_soletta [kN/m ²]	1,00
	b [m]	h [m]	spessore [m]	γ [kN/m ³]	G ₁ [kN/m ²]
laterizi	0,40	0,20	-	8,00	1,28
				G₁_Solaio [kN/m²]	3,28

- Solaio piano di copertura:

Solaio piano copertura					
h_solaio	spess. Soletta [m]	b_travetto [m]	h_travetto [m]	γ CLS [kN/m ³]	
0,24	0,08	0,10	0,16	25,00	
G₁- CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI SOLAIO [kN/m²]					
				G_travetti [kN/m ²]	0,80
				G_soletta [kN/m ²]	2,00
	b [m]	h [m]	spessore [m]	γ [kN/m ³]	G ₁ [kN/m ²]
laterizi	0,40	0,16	-	8,00	-
				G₁_Solaio [kN/m²]	2,80

3.2 PESI PERMANENTI NON STRUTTURALI G_{k2}

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

- Solaio piano tipo:

G₂- CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI SOLAIO [kN/m²]					
	b [m]	h [m]	spessore [m]	γ [kN/m ³]	G ₂ [kN/m ²]
intonaco	-	-	0,01	18,00	0,18
massetto	-	-	0,03	15,00	0,45
pavimentazione	-	-	0,03	25,00	0,75
incidenza tramezzi	-	-	-	-	0,80
				G₂_Solaio [kN/m²]	2,18

- Solaio piano di copertura:

G₂- CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI SOLAIO [kN/m²]					
	b [m]	h [m]	spessore [m]	γ [kN/m ³]	G ₂ [kN/m ²]
intonaco	-	-	0,02	18,00	0,36
massetto	-	-	0,03	15,00	0,45
guaina	-	-	-	-	0,04
				G₂_Solaio [kN/m²]	0,85

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 $q_k=3.00 \text{ kN/m}^2$ per i solai di interpiano, mentre 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;
- μ_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 la copertura si è calcolato il carico da neve nel seguente modo:

Zona Neve = III

Periodo di ritorno, $T_r = 50$ anni

$C_{tr} = 1$ per $T_r = 50$ anni

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

Valore caratteristico del carico al suolo = $q_{sk} C_e C_{tr} = 0,60$ kN/mq

Copertura ad una falda:

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

- Copertura piana $W = 10,0$ m, $L = 50,0$ m $\Rightarrow L_c = 18,0$, $C_{ef} = 1,000$

$m_1 = 0,80 \Rightarrow Q_1 = 0,48$ kN/mq

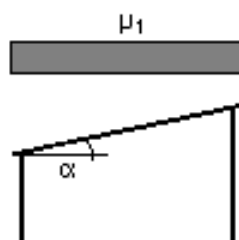


Figura 13 – Condizioni di carico per coperture ad una falda

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 $v_{b,0}$, a_0 , k_s

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ (m/s)	a_0 (m)	k_s
1	Valle d'Adige, 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 Testada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Testada 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	51	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;

- ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1.25 kg/m³.

Esprimendo ρ in kg/m³ e v_r in m/s, q_r risulta espresso in N/m².

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

Classi di rugosità del terreno	Descrizione
A	Area urbana in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Area urbana (non di classe A), suburbana, industriale e boschive
C	Area con ostacoli diffusi (alberi, case, mure, recinzioni...) aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 7 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 o topografica del terreno. Si può anzitutto che il sito appartenga alla Classe A o B purché la costruzione si trovi nell'area urbana per una zona di 1 km o comunque per un'area di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento angoli almeno 30°. Si deve anzitutto che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione venga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da una o da un settore angoli 30°, dove il 60% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). L'eventuale sussistenza di dubbi nella scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (il valore del vento è in genere minimo in Classe A e massimo in Classe D).

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

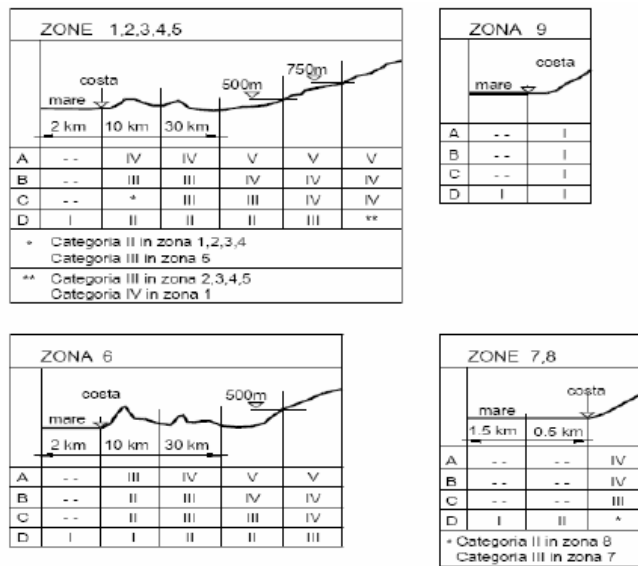


Figura 16- Definizione delle categorie di esposizione

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

Categoria di esposizione del sito	k_e	z_0 [m]	z_{max} [m]
II	0,15	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,15	8
V	0,23	0,20	12

Figura 17 - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

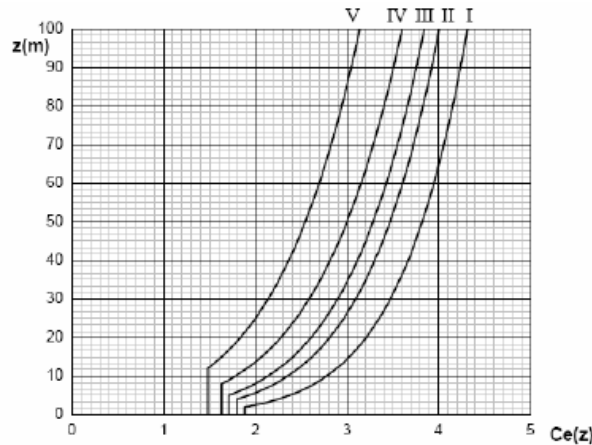


Figura 18 - Andamento del coefficiente di esposizione c_e in funzione dell'altezza sul suolo (per $c_t=1$)

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: A

[Aree urbane con almeno il 15% della superficie coperta da edifici la cui altezza media superi 15 m]

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

($K_r = 0,22$; $Z_o = 0,30$ m; $Z_{min} = 8$ 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, $C_e = 1,63$

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

Altezza dell'edificio, $h = 5,40$ m

Pressione del vento, $p = q_b C_e C_p C_d = 0,74$ 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
- γ_{g1} è uguale a 1,3 (1,0 se il suo contributo aumenta la sicurezza);
- γ_{g2} è uguale a 1,5 (0,8 se il suo contributo aumenta la sicurezza);
- γ_q è uguale a 1,5 (0 se il suo contributo aumenta la sicurezza).
- Ψ_{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:

- Ψ_{1i} coefficiente atto a definire i valori delle azioni variabili assimilabili ai frattali di ordine 0.95 delle distribuzioni dei valori istantanei;
- Ψ_{2i} coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni variabili assimilabili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.

Categoria/Azione variabile	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti accessibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
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 - Rampe, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rampe, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutare caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impunità, eliperti, ...)	da valutare caso per caso		
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Vibrazioni tecniche	0,6	0,5	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	50
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. 7.3.III - Stati limite di elementi strutturali e non strutturali e impianti

STATI LIMITE	CUI		CUII			CUIII e IV		
	ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM ¹⁾	
SLO	SLO				REG		PUN	
	SLD	REG	REG		RES			
SLV	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	
	SLC		DUT ²⁾			DUT ²⁾		

¹⁾ Per le soli CUI III e IV, nella categoria Impianti industriali anche gli edifici fusi.
²⁾ Nei casi specificamente indicati dalla presente norma.

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. 40.851733 ° Long. 14.330915°

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_{c^*} [s]
SLO	45	0,056	2,338	0,306
SLD	75	0,075	2,326	0,323
SLV	712	0,192	2,416	0,341
SLC	1462	0,240	2,501	0,343

Tabella 2 - Valori di a_g , F_0 e T_{c^*} 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	Avanzati rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a gravie grossa molto addensati o terreni a gravie fini 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 gravie grossa mediamente addensati o terreni a gravie fini 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 gravie grossa scarsamente addensati o di terreni a gravie fini 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 32 - Categoria di sottosuolo

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c .

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot \frac{V_s}{g}$, $\frac{V_s}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c)^{-0,7}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,80 \cdot \frac{V_s}{g}$, $\frac{V_s}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c)^{-0,22}$
D	$0,90 \leq 1,40 - 1,50 \cdot \frac{V_s}{g}$, $\frac{V_s}{g} \leq 1,80$	$1,23 \cdot (T_c)^{-0,18}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot \frac{V_s}{g}$, $\frac{V_s}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c)^{-0,16}$

Figura 23 - Espressioni di S_s e C_c

dove:

- C_c 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 $\leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $15^\circ - 30^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $> 30^\circ$

Figura 24 - Categorie topografiche

4.3 SPETTRO DI RISPOSTA

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

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

$$- \quad T_B \leq T \leq T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$- \quad T_C \leq T \leq T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$- \quad T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

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:

$$S = S_S * S_T$$

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

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

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

dove ξ (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.

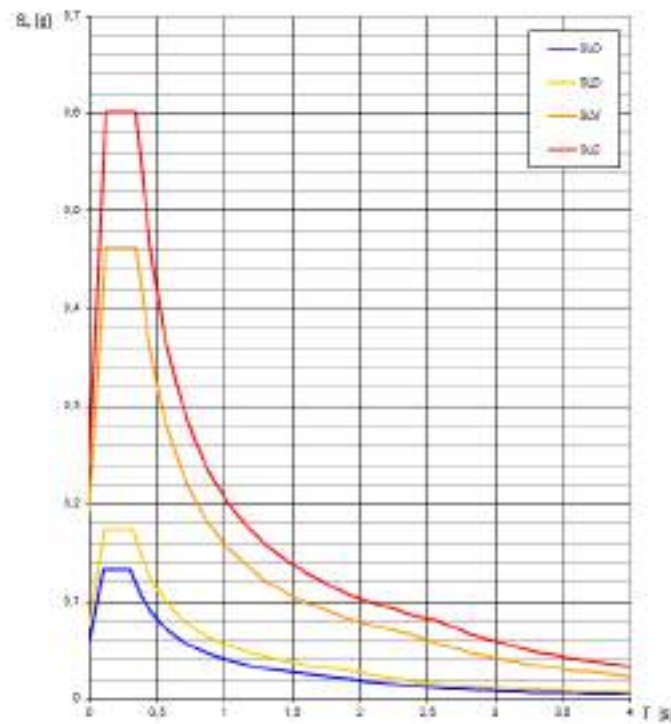


Figura 25 - Spettri elastici per i diversi stati limite

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:

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

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

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

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

⁽¹⁾ 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.

Categoria/Azione variabile	ψ_0	ψ_1	ψ_2
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 ≤ 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	0,5	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, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni tecniche	0,6	0,5	0,0

Tabella 3 Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

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 esemplificazioni e restituisce il comportamento reale delle strutture sotto le azioni a 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. Trattandosi di una struttura con telai in calcestruzzo armato, il modello numerico ad elementi finiti è del tipo tridimensionale. Travi e pilastri, componenti in cui una dimensione prevale sulle altre due, sono stati modellati con elementi "beam", il cui comportamento può essere opportunamente perfezionato attraverso alcune opzioni quali quelle in grado di definire le modalità di connessione all'estremità. 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. La presenza di diaframmi orizzontali rigidi nel proprio piano viene gestita attraverso l'impostazione di un'apposita relazione fra i nodi strutturali coinvolti, che ne condiziona il movimento relativo; tale ipotesi è ritenuta valida in quanto i solai hanno mostrato la presenza di soletta di adeguato spessore ($s \geq 4$ cm). Nelle immagini di seguito si riportano le due viste principali del modello strutturale adottato:

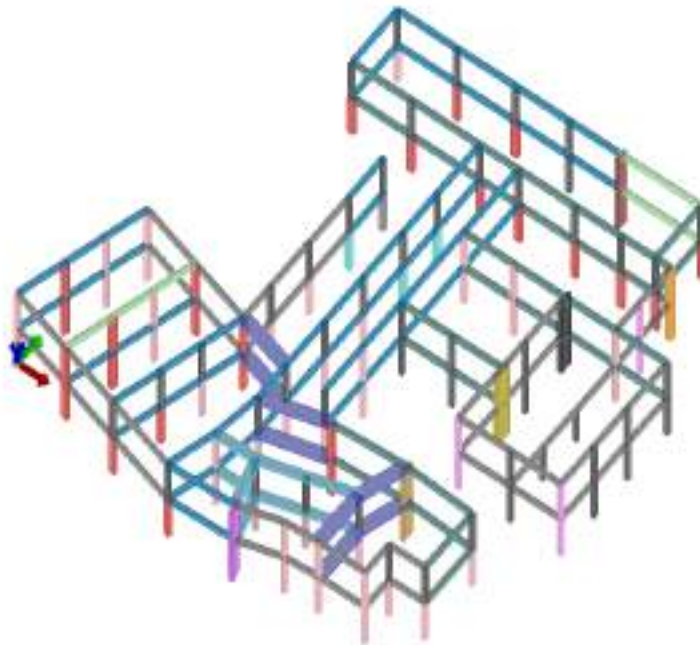


Figura 27 - Vista Anteriore prospettica modello strutturale

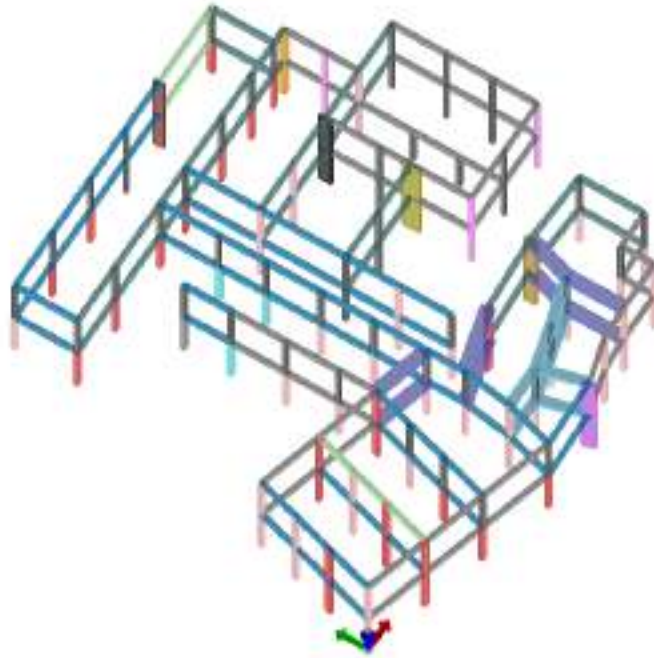


Figura 28 - Vista Posteriore prospettica modello strutturale

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 del modello adottato:

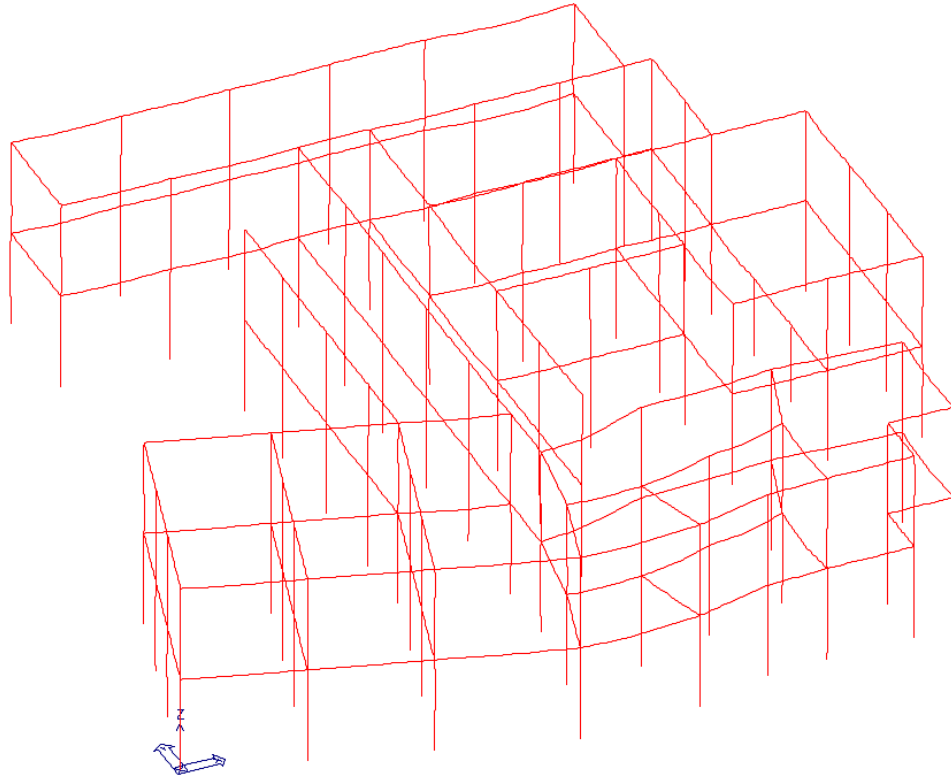


Figura 29 - Deformata SLU

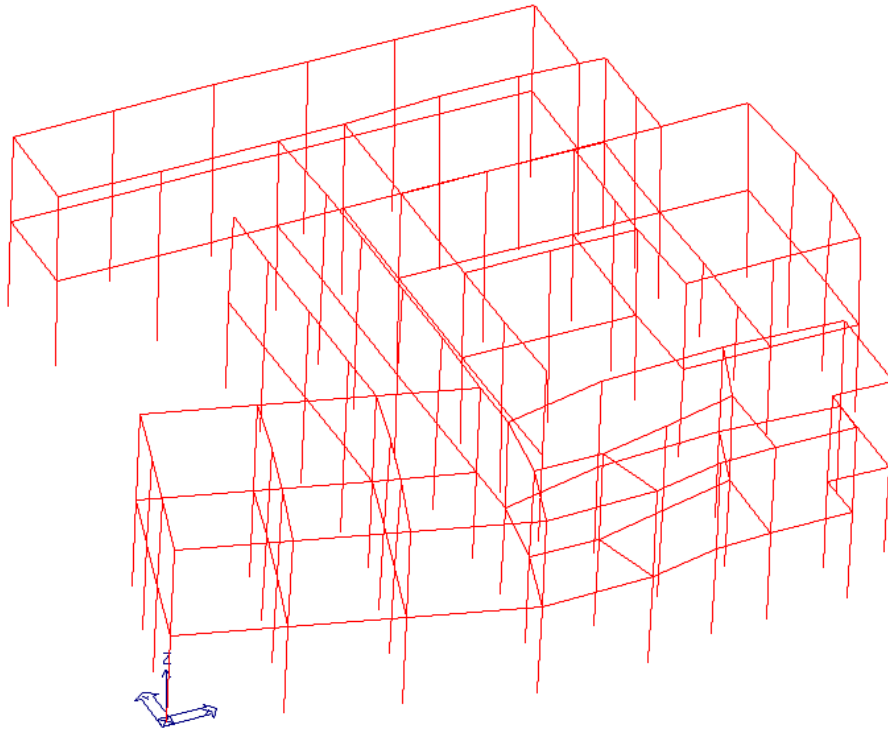


Figura 30 - Deformata SLV (+x)

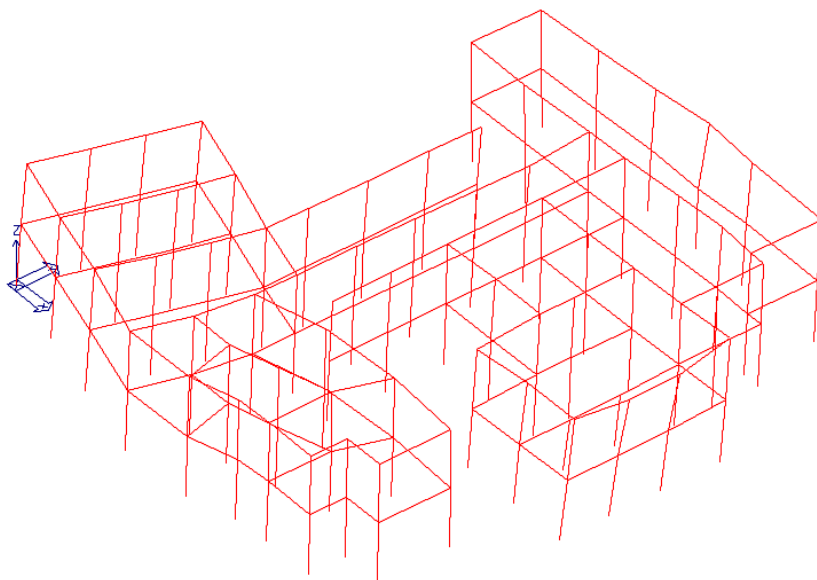


Figura 31 - Deformata SLV (+y)

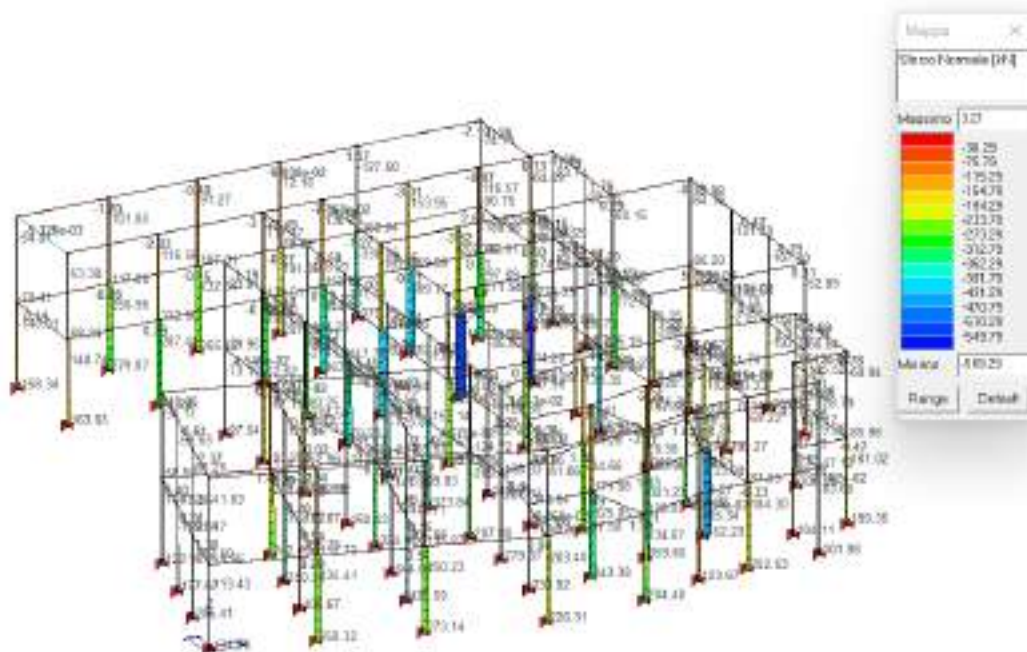


Figura 32 - Diagramma N combinazione SLU

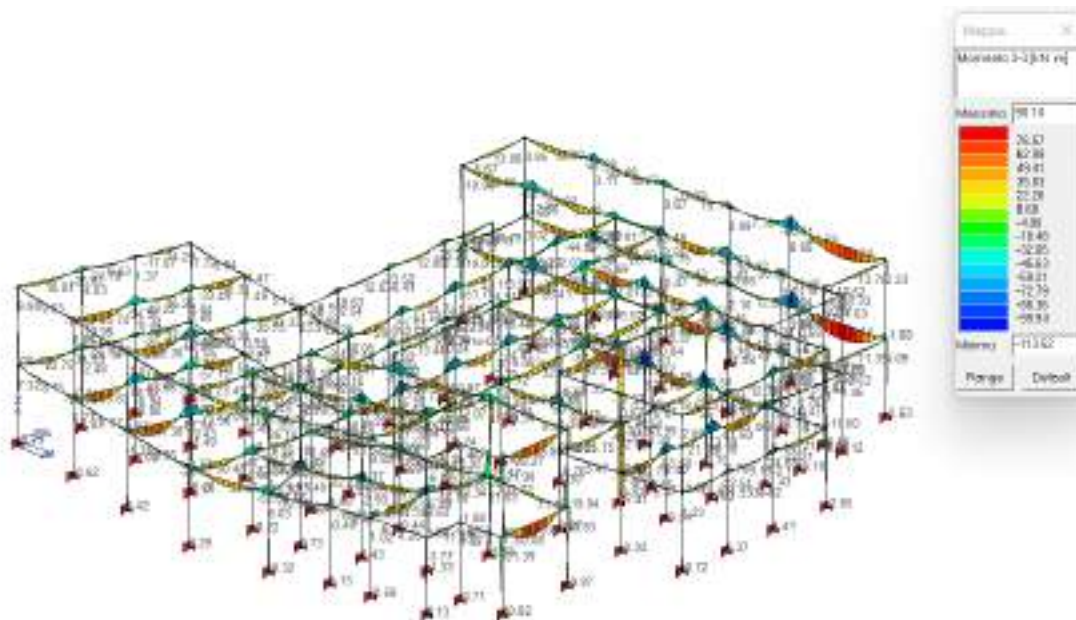


Figura 33 - Diagramma M combinazione SLU

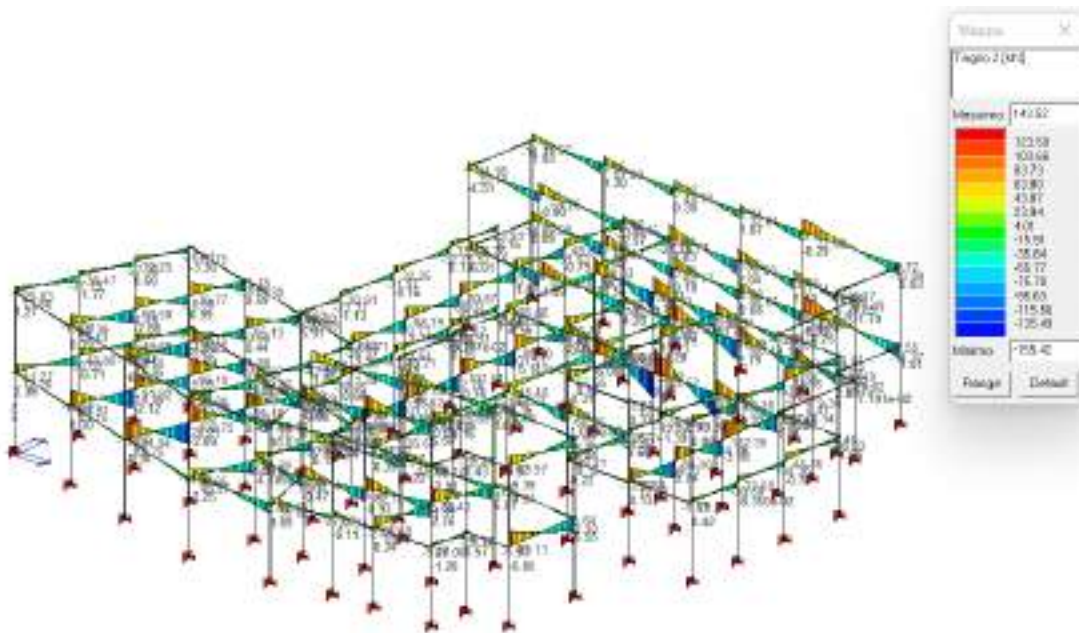


Figura 34- Diagramma T combinazione SLU

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.

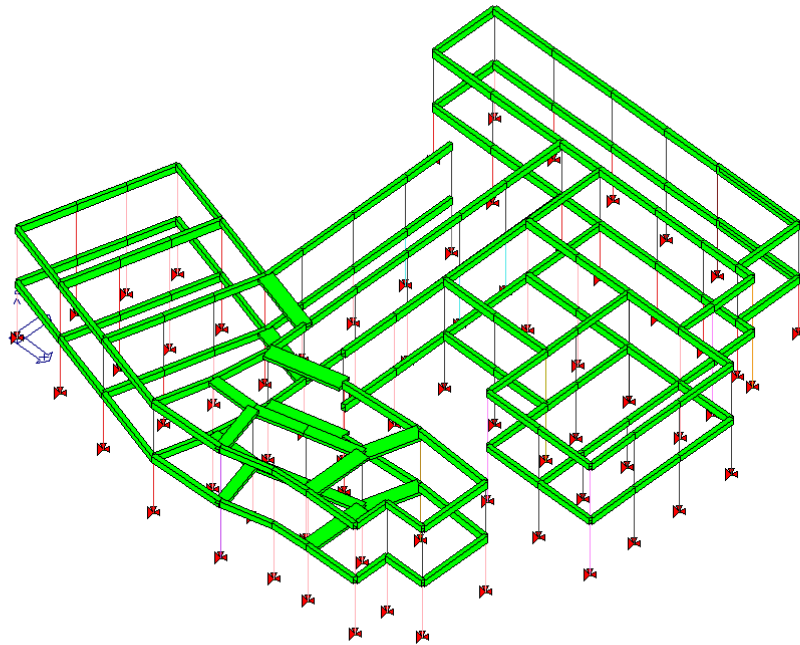


Figura 35 - Color Map verifiche SLU travi

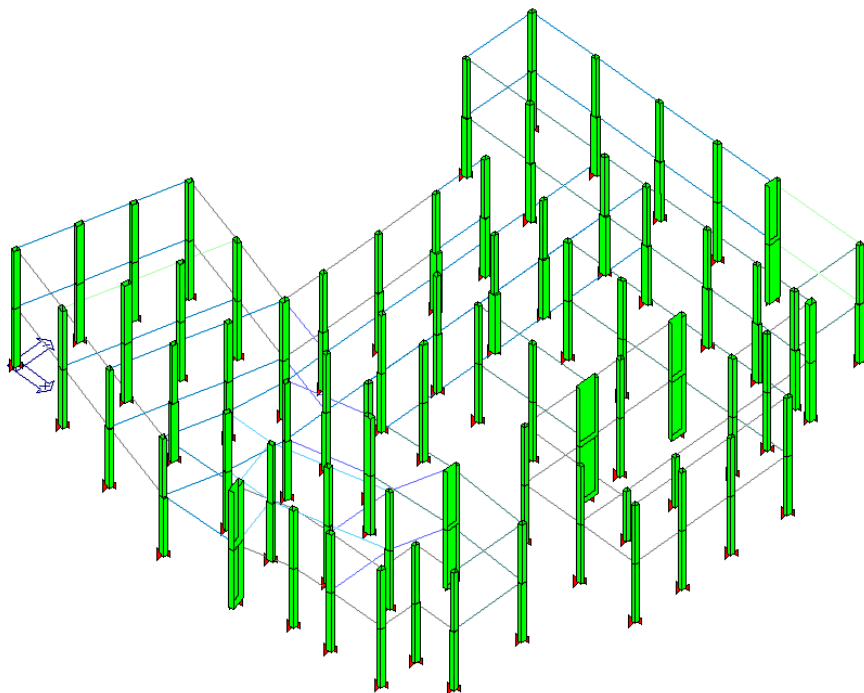


Figura 36 - Color Map verifiche SLU colonne

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

Di seguito si riportano la color map scaturita dall'analisi e dalle verifiche ed indicativa dei risultati sia per le verifiche di pressoflessione che di taglio:

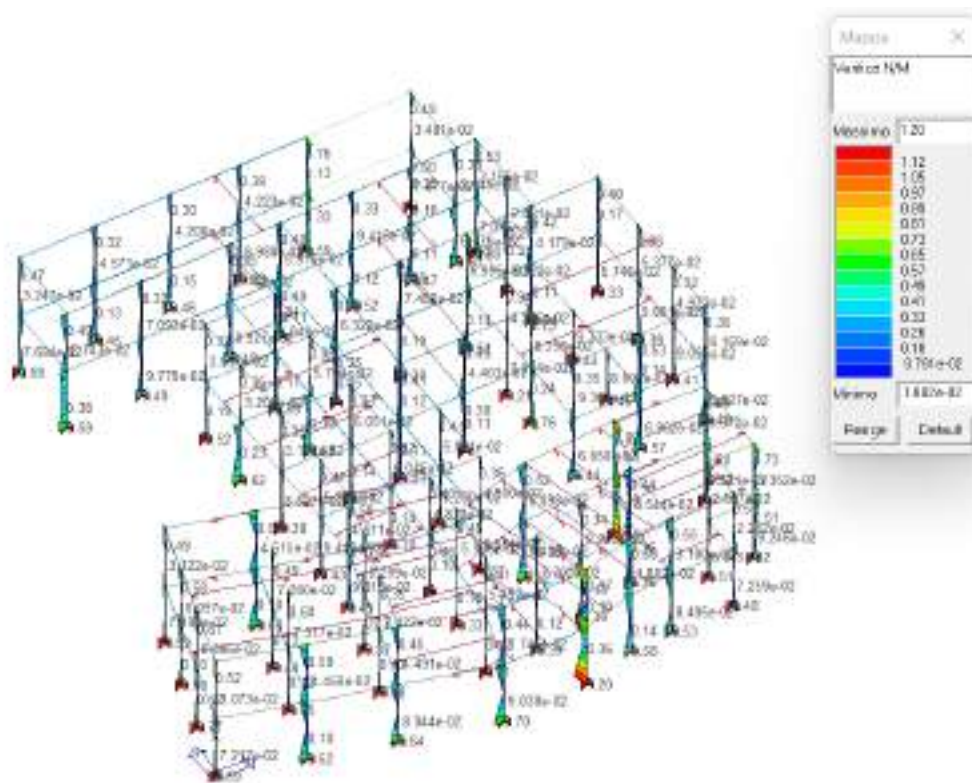


Figura 37 - Color Map verifiche colonne in c.a. $ag/g=28\%$

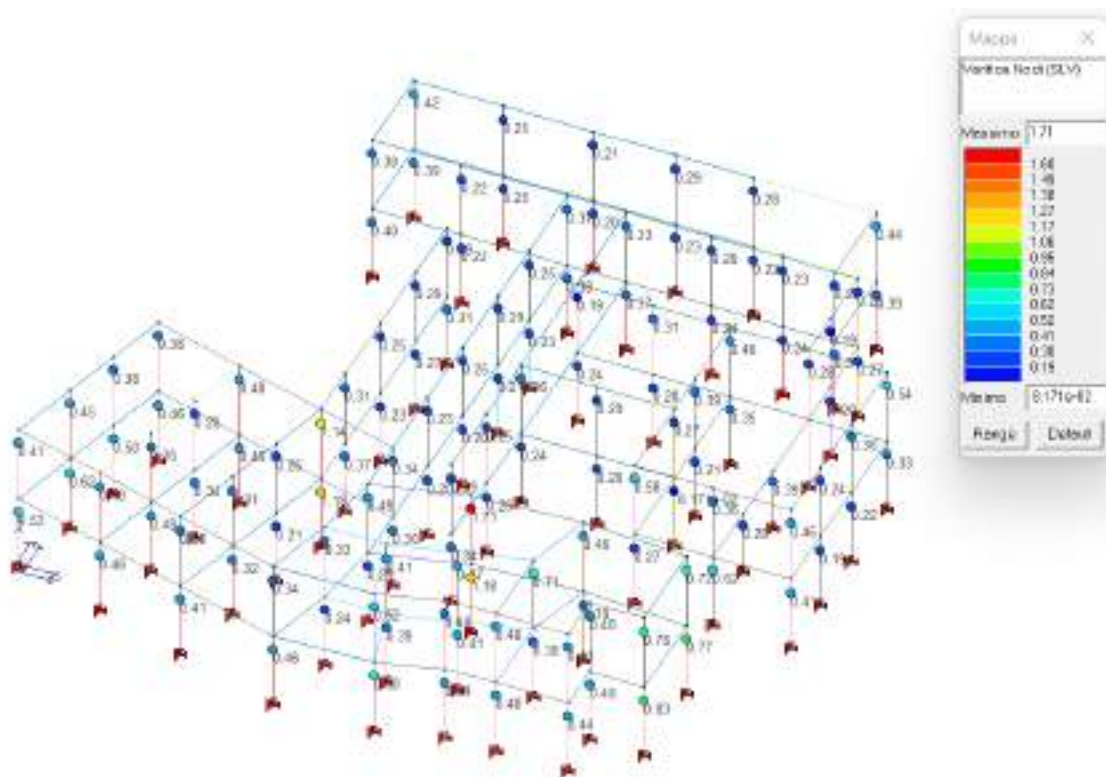


Figura 38 - Color Map verifche nodi trave colonna $ag/g=10\%$

Come si osserva dalle immagini su riportate, una significativa percentuale degli elementi strutturali non verifica. Va precisato che, valutando l'analisi sismica svolta, si osserva che, come da prassi per la tipologia strutturale analizzata, il primo collasso, è dovuto ad un nodo trave colonna nello specifico un nodo esterno per definizione di tipo non confinato.

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, che consiste in un metodo di tipo iterativo partendo dal livello più basso della pericolosità di base nel caso specifico il 10% dell'azione, fino al 100% dell'azione come se la struttura fosse progettata secondo le più moderne norme tecniche.

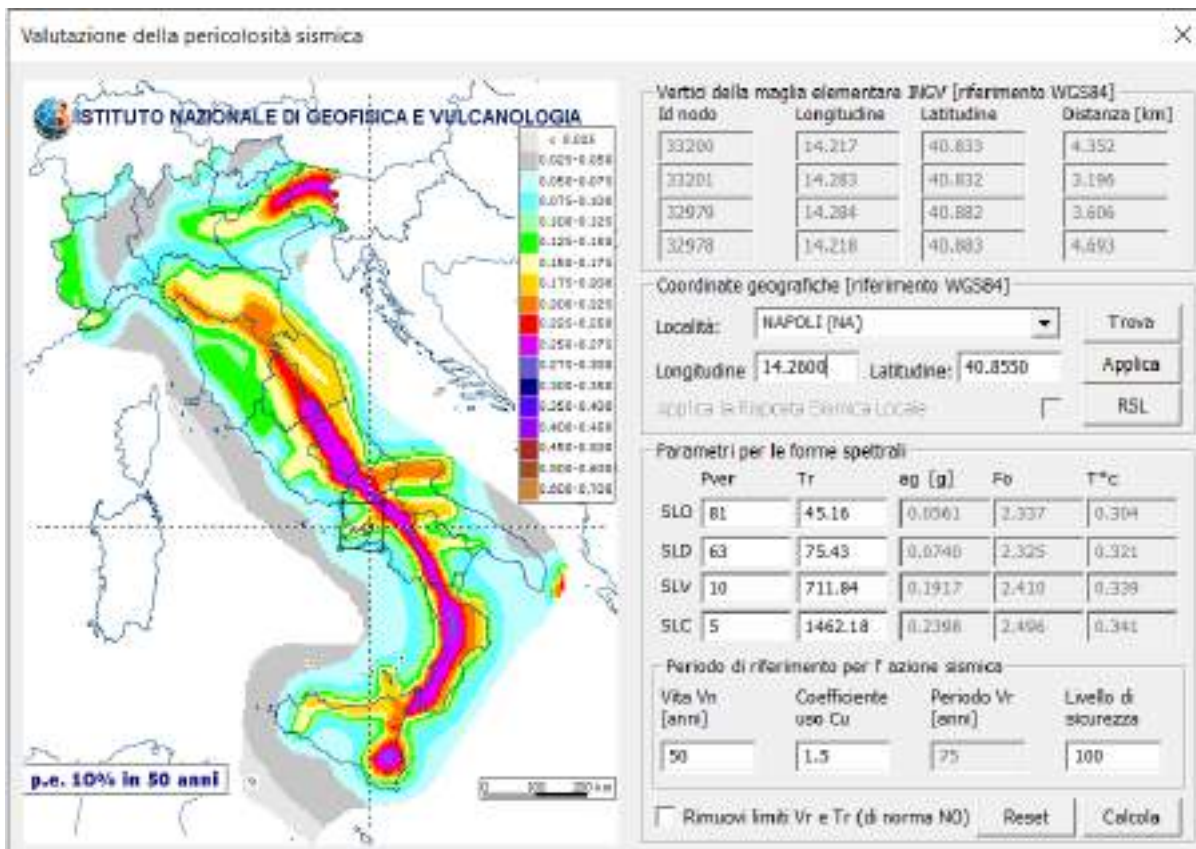


Figura 39 – Pericolosità al 100%

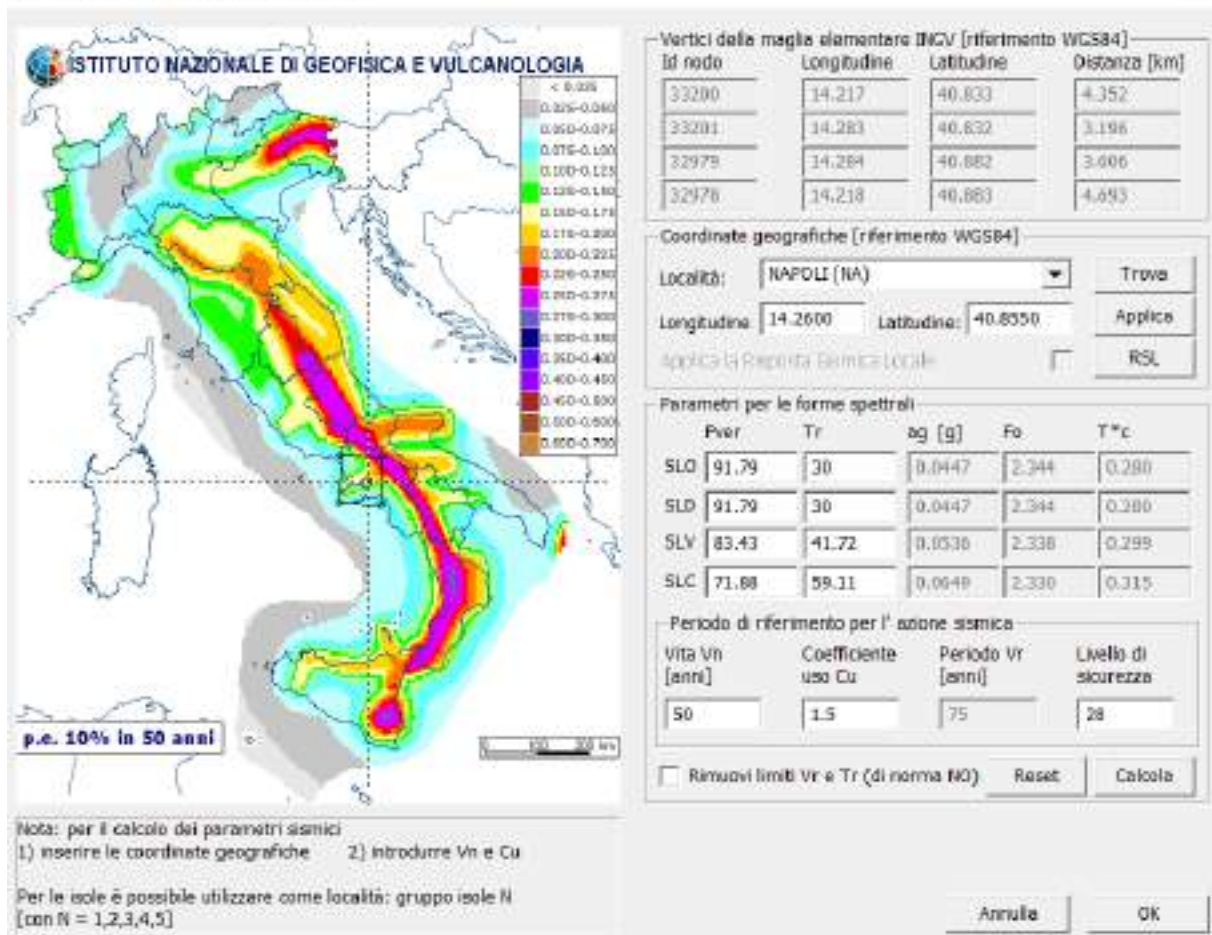


Figura 40 – Pericolosità al 28%

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

7 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E SINTESI DEI RISULTATI

L'edificio oggetto di studio è stato dettagliatamente analizzato 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 sostanzialmente soddisfacente 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 del fabbricato 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 del fabbricato in presenza di azioni sismiche il giudizio è tutt'altro che positivo e a tal proposito occorre tenere presente che l'edificio non è stato concepito 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.

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:

- ζ_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 ζ_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.

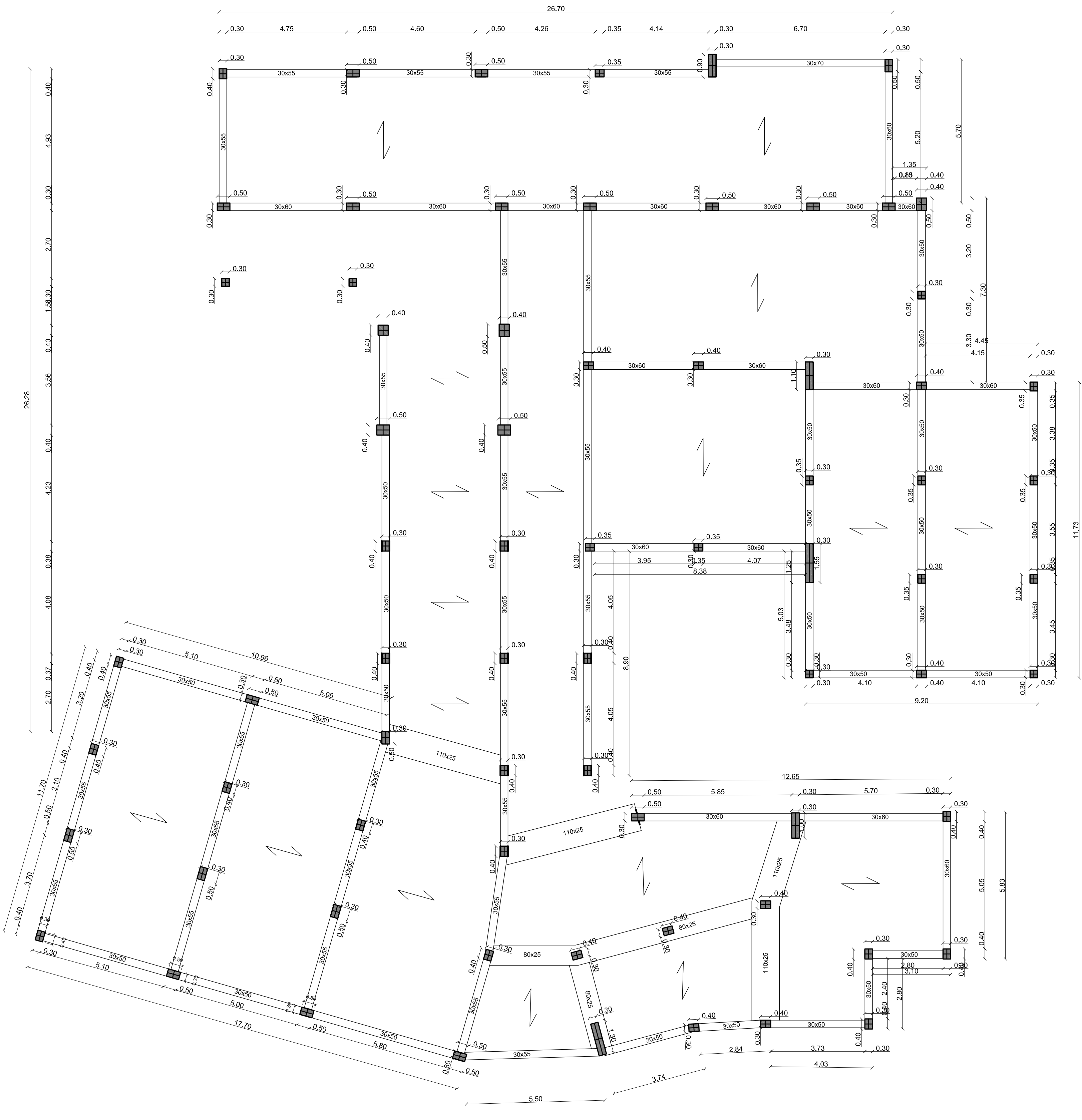
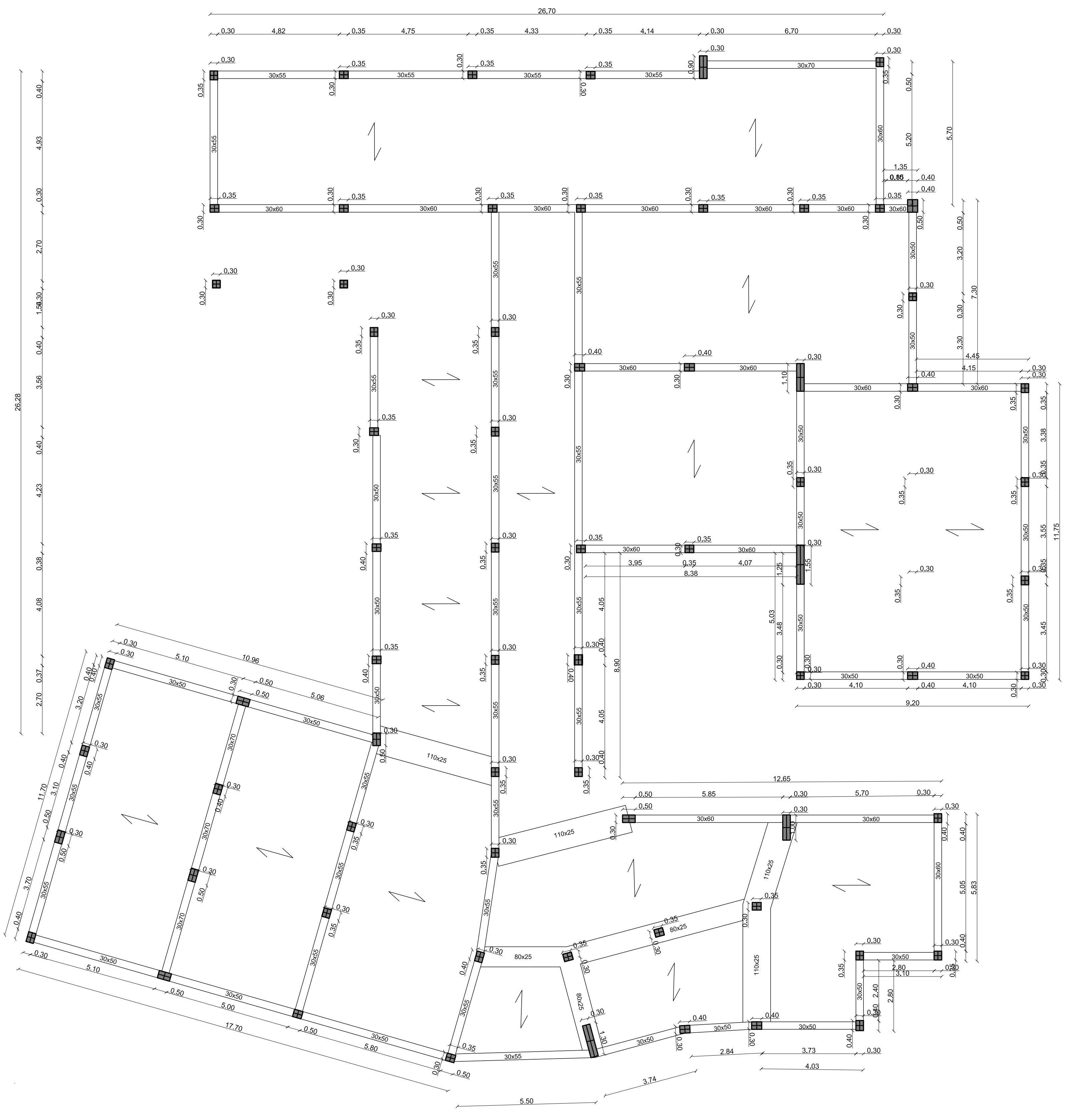
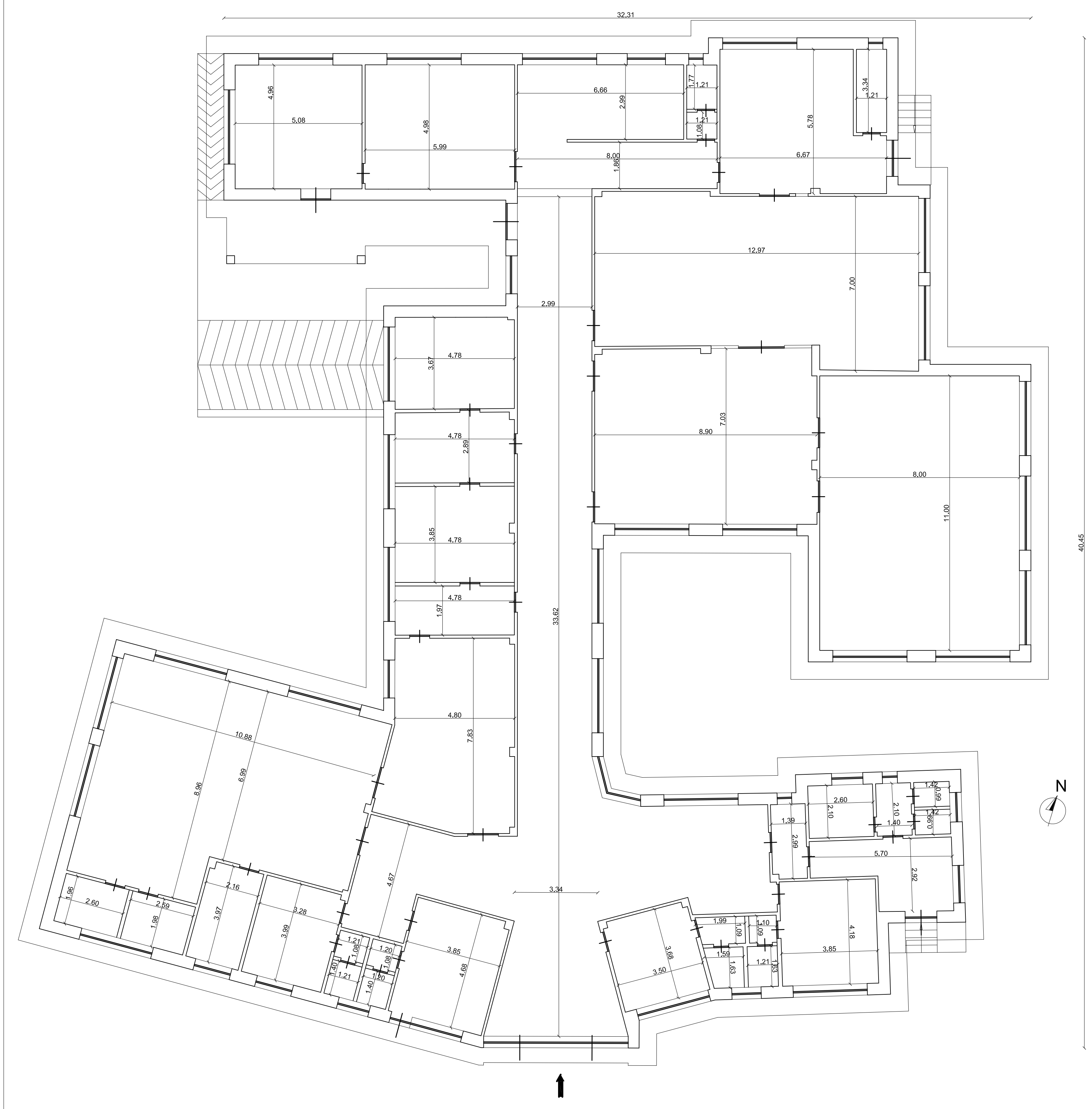
La verifica svolta e l'individuazione dell'indice di rischio sismico dell'edificio analizzato, rappresentato dal minimo valore del coefficiente ζ_E ha consentito di individuare i primi due elementi strutturali da cui dipende la sicurezza sismica della struttura.

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

	ELEMENTO STRUTTURALE	TIPO DI ANALISI	STATO LIMITE SLV	TIPOLOGIA CRISI/RUTTURA
1° elemento Soggetto a crisi	Pilastro	Dinamica lineare con fattore di struttura q	$\zeta_E = 0.28$	PRESSO-FLESSIONE

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, risulta necessario prevedere un insieme sistematico di opere atte ad ottenere un notevole incremento della capacità sismica degli elementi analizzati al fine di raggiungere l'adeguamento sismico richiesto.



TIPOLOGIE DI INTERVENTI FINANZIABILI	
ADEGUAMENTO SISMICO	REALIZZAZIONE DEI RINGROSSI DEGLI ELEMENTI TRAVE/PILASTRO
	REALIZZAZIONE DI SETTI IN CEMENTO ARMATO IRRIGIDENTI E TALI 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-CLIMATIZZAZIONE
	- 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 IGIENICI
	IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE
	- LED NEI CONNETTIVI
	- LED NELLE AULE E NEI LOCALI DI SERVIZIO
- SENSORI DI PRESENZA NEI SERVIZI IGIENICI	
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 e messa in sicurezza del 13 circolo didattico "nido de Meis"

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: Elaborato Grafico
 COD. ELABORATO: C
 DATA: 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 e messa in sicurezza del 13 circolo didattico "nido de Meis"

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 e messa in sicurezza del 13 circolo didattico "nido de Meis"

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

Tipologia di Costo	Importo
A) Lavori	1 552 512,00 €
A1) Demolizioni	388 128,00 €
A2) Edilizia	621 004,80 €
A3) Strutture	310 502,40 €
A4) Impianti	232 876,80 €
B1) Spese tecniche per incarichi esterni	186 895,49 €
B2) Contributo reclutamento personale (eventuale)	243 100,00 €
C) Incentivi funzioni tecniche	24 840,19 €
D) Altri costi	
D1) Imprevisti	77 625,60 €
D2) IVA	341 552,64 €
E) Pubblicità	7 762,56 €
TOTALE	2 434 288,48 €

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 e messa in sicurezza del 13 circolo didattico "nido de Meis"

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

Miglioramento sismico ed Efficiamento Energetico

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 e messa in sicurezza del 13 circolo didattico
"nido de Meis"**

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
Demolizioni		
1	Spicconatura di intonaco a vivo di muro compreso l'onere di esecuzione anche a piccole zone e spazzolatura delle superfici	97 032,00
2	Rimozione di manto impermeabile e massetto di allettamento	151 369,92
3	Rimozione di impianti termici comprensivo di tubazioni	62 100,48
4	Demolizioni di tramezzature e avvicinamento al luogo di carico	34 931,52
5	Trasporto a rifiuto e movimentazione delle macerie edilizie prodotte in cantiere	42 694,08
	A	388 128,00
Edilizia		
5	Ricostruzione tramezzature con blocchi di laterizio forato	74 520,58
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	93 150,72
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	31 050,24
9	Intonaci e pitturazione esterne con prodotti silossanici	31 050,24
10	Realizzazione di cappotto termico con pannelli in lana di vetro sp. minimo 10 cm per la copertura	18 630,14
11	Impermeabilizzazione solaio di copertura con guaina bituminosa in doppio strato spessore 4mm e 3mm	186 301,44
12	Sostituzione degli infissi esistenti con nuovi infissi con telaio metallico a taglio termico con triplo vetro e doppia camera con gas argon	186 301,44
	B	621 004,80
Strutture		
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.	232 876,80
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	77 625,60
	C	310 502,40
Impianti		
15	Ristrutturazione impianto di riscaldamento con sostituzione del generatore esistente con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche sui radiatori esistenti	104 794,56
16	Sostituzione dei boiler elettrici esistenti per produzione ACS con nuovo boiler a pompa di calore	27 945,22
17	Realizzazione di impianto fotovoltaico di potenza 10 kW da installare in copertura	44 246,59
18	Sostituzione dei corpi illuminanti con nuovi a LED	55 890,43
	D	232 876,80
	Totale A+B+C+D	1 552 512,00