

COMUNE DI ACQUASPARTA

- Provincia di TERNI -

PROGETTO ESECUTIVO STRUTTURALE

INTERVENTO DI ADEGUAMENTO SISMICO SECONDO LA N.T.C. 2018
PRESSO LA SCUOLA ELEMENTARE SITUATA IN VIA DANTE
ALIGHIERI N.12

Ubicazione: Via Dante Alighieri, 12 - Acquasparta 05021 (TR)

Committente: Comune di Acquasparta

TIMBRO e FIRMA DEL PROGETTISTA



TIMBRO E FIRMA DEL DD. LL.

Elaborato **B** Oggetto: RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

File: 22040_Esecutivo

Emesso: Luglio 2022

collaboratori:
Geom. Giacomo Falascino

Rev. n°

Rev. n°

Rev. n°

Progettazione:



ING. GIOVANNI MOSCATO

VIA MAGENTA, 15 - 05100 TERNI

TEL/FAX: 0744 423686

e-mail: g.moscato@mg-ingegneria.it

- RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA -

DESCRIZIONE DELLE OPERE

Con l'intervento di cui al presente progetto si propone di adeguare sismicamente l'edificio Scuola Elementare, sita in Acquasparta Via Dante Alighieri 12.

La verifica viene svolta nel rispetto del capitolo 8 "Costruzioni esistenti" delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni – DM Infrastrutture 17 gennaio 2018.

Dal punto di vista strutturale trattasi di edificio con intelaiatura in c.a. e solai in latero-cemento monodirezionali con travetti a traliccio e cordoli trasversali.

L'edificio, presenta quattro solai: quota 0,00 e 0,48; quota 1,78, quota 3,40 e quota copertura per un'altezza totale di c.ca 8,60 mt. dal piano di fondazione.

Per le armature e la geometria degli elementi strutturali esistenti, si è fatto riferimento al **progetto depositato presso la Regione dell'Umbria** Dipartimento per l'Assetto del Territorio Ufficio Edilizia e Attrezzature Prat. n. 2178, Prot. n. 3310 del 02/07/1979 e successive integrazioni Prat. n. 2178/B, Prot. n. 7664 del 30/10/1979 e Prat. 2178/C, Prot. n. 480 del 08/02/1980, **Relazione a Strutture Ultimate, Verbale di visita, Certificato di Collaudo** opere in c.a. a cura del Collaudatore Ing. Giovanni Biancalana Regione dell'Umbria Ufficio Edilizia ed attrezzature n. 2178/A-B-C, deposito in data 23/09/1980 ed acquisita al prot. n. 3635 il 02/10/1980.

Il sottoscritto ing. Elio Procacci Progettista del presente progetto di adeguamento sismico delle strutture alle NTC/18, già Progettista e Direttore dei lavori secondo il D.M. 16 giugno 1976 (intervento realizzato tra il 1979 ed il 1980 ante classificazione sismica del Comune), nonché redattore della Scheda di Sintesi della Vulnerabilità Sismica del fabbricato (anno 2019), ritiene di adottare il **Livello di Conoscenza LC3** e di conseguenza il **Fattore di Confidenza LC1** per i seguenti motivi:

- conoscenza dettagliata della geometria e dei dettagli strutturali;
- conoscenza delle proprietà meccaniche dei materiali (calcestruzzo ed acciaio) riportate nei cartigli degli elaborati originali, confermate nei certificati di prova allegati alla Relazione a strutture Ultimate ed accertate dal Collaudatore.

L'intervento che si propone, come ben evidenziato dagli elaborati grafici, consiste nel sostituire alcuni campi di pannellature di tamponamento in laterizio "a cassa vuota" con pareti in c.a.; le pareti saranno collegate mediante cuciture alle travi ed ai pilastri di bordo e saranno dotate di propria fondazione, in continuità con quella esistente.

L'azione sismica, a livello di *Stato Limite di Salvaguardia della Vita* (SLV) verrà affidata integralmente a queste pareti in c.a.

Oltre al modello di calcolo dello stato di fatto sono stati sviluppati tre diversi modelli di calcolo necessari alla verifica delle travi esistenti, dei pilastri e delle pareti in c.a. (nuove ed esistenti) e delle fondazioni delle pareti.

In particolare, per la verifica sismica delle pareti in c.a. le travi di piano e copertura sono state considerate vincolate ai pilastri attraverso un vincolo di cerniera. In tale configurazione i pilastri esistenti vengono considerati come bielle e sono le pareti ad assorbire l'intera azione sismica di progetto.

Per la verifica della portanza delle fondazioni nella configurazione di progetto, allo scopo di considerare in corrispondenza delle nuove pareti in c.a. l'impronta congiunta dei plinti esistenti e delle nuove travi di fondazione 120x50cm che li collegano, sono state modellate alla base delle stesse delle piastre in c.a. di pari spessore (area piastra = base plinto + impronta trave di fondazione).

Per la verifica (statica e sismica) delle travi di piano e copertura infine è stato considerato per le stesse un vincolo di incastro alle estremità.

Nelle immagini che seguono si dà evidenza delle differenti modellazioni.

Si noti in particolare come i momenti flettenti delle travi di piano e di copertura siano diversi da zero in corrispondenza dei pilastri (vincolo di incastro) nel modello dello stato di fatto e nel modello utilizzato per la verifica delle travi; risultino invece nulli nel modello utilizzato per la verifica delle pareti in c.a. (esistenti e nuove).

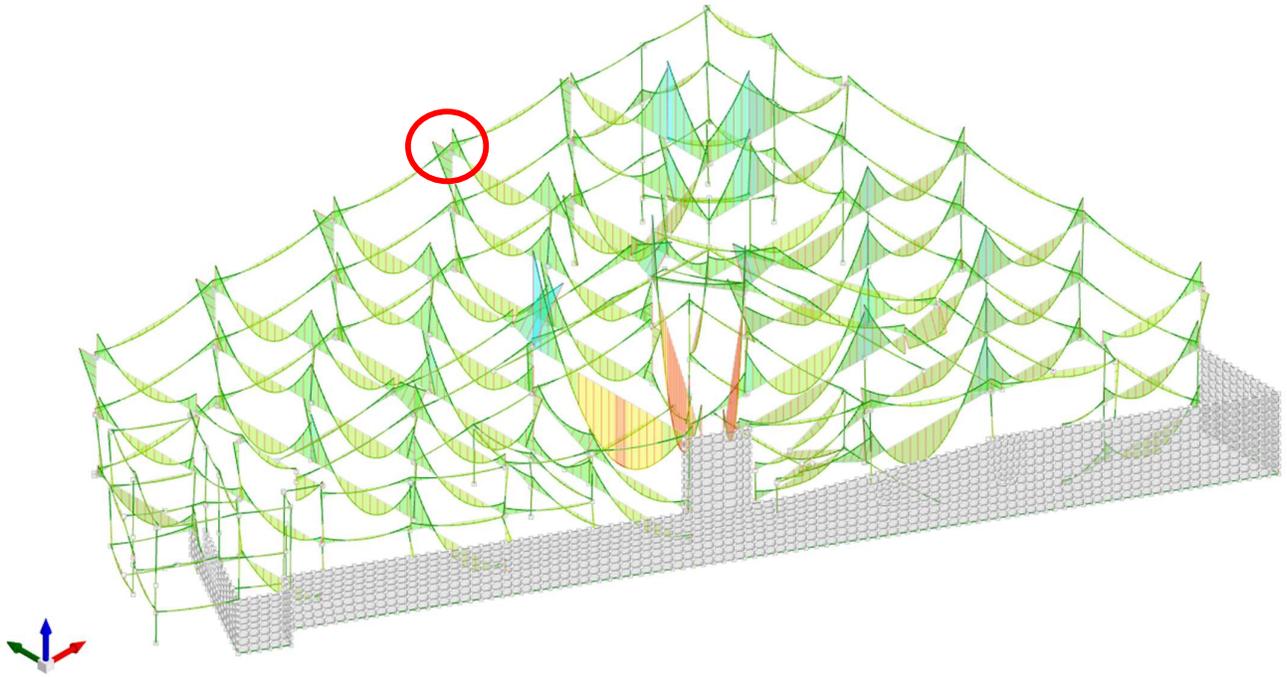


Figura 1 - Modello STATO DI FATTO – M3 in condizione Pesi Strutturali

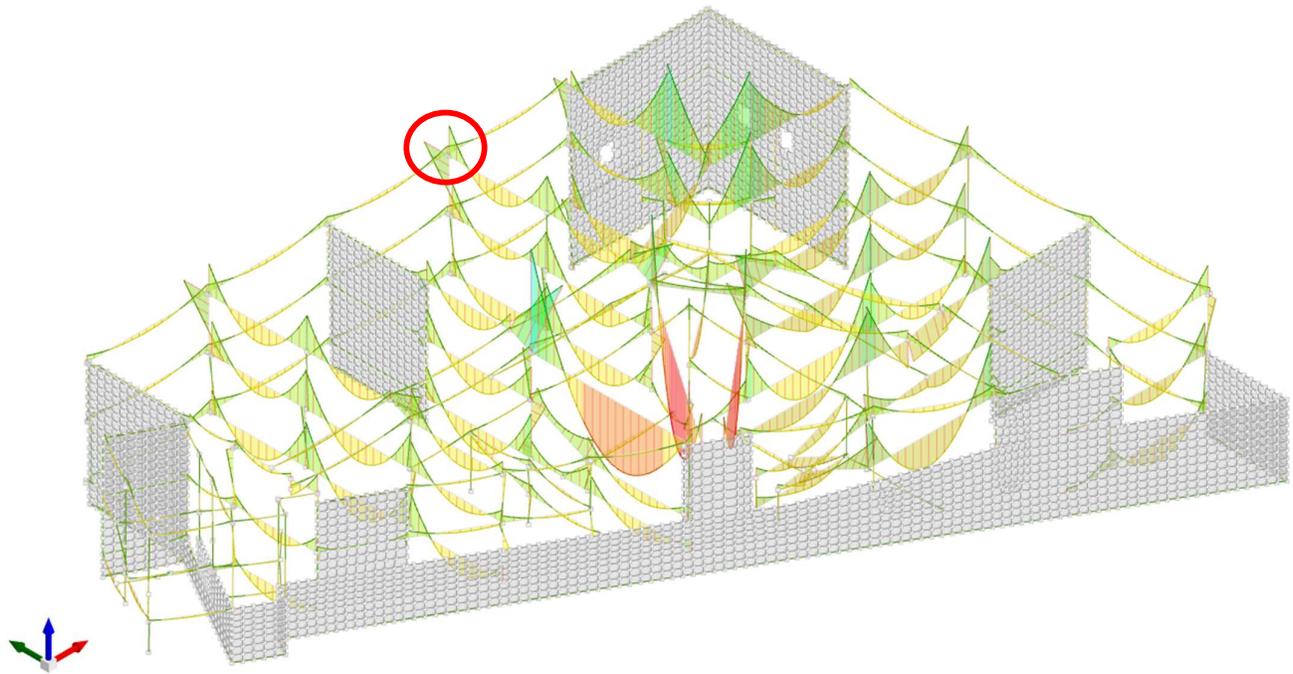


Figura 2- Modello STATO DI PROGETTO (verifica travi) – M3 in condizione Pesi Strutturali

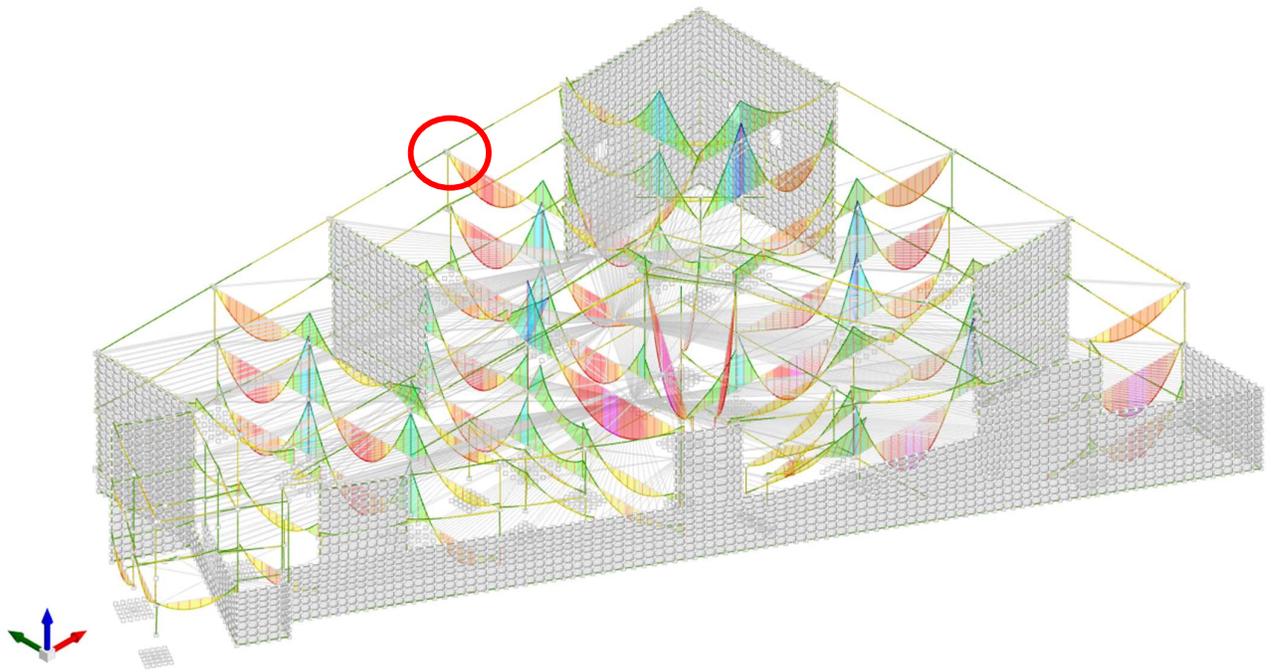


Figura 3 - Modello STATO DI PROGETTO (verifica pilastri e pareti) – M3 in condizione Pesi Strutturali

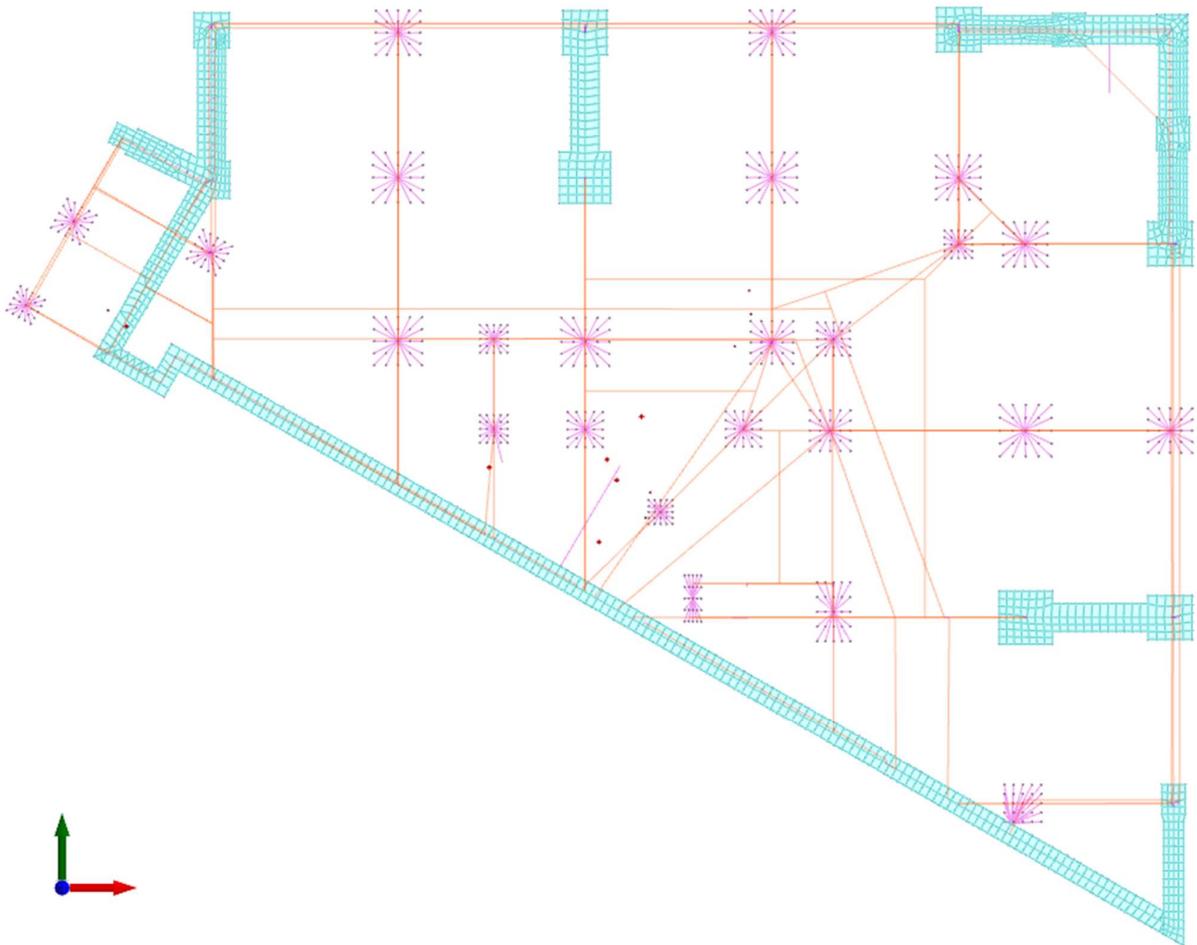


Figura 4- Modello STATO DI PROGETTO (verifica portanza fondazioni) – pianta delle fondazioni

- NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO -

Legge N. 1086 del 05/11/71	“Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”
Legge N. 64 del 02/02/74	“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”
D.M. del 17/01/2018	Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”
Circ. n. 7 del 21/01/2019	Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al D.M. 17 gennaio 2018

- PARAMETRI DI CALCOLO -

CARATTERISTICHE E AFFIDABILITA' DEL CODICE DI CALCOLO

Si tratta di un programma di calcolo strutturale (SISMICAD 12.15) che nella versione più estesa è dedicato al progetto e verifica degli elementi in cemento armato, acciaio, muratura e legno di opere civili.

Il programma può utilizzare come analizzatori e solutori del modello strutturale il programma ad elementi finiti SAP90 prodotto dalla Computers & Structures Inc. di Berkeley che deve essere posseduto dall'utente o un proprio solutore agli elementi finiti tridimensionale di tipo SAP fornito con il pacchetto. Il programma è sostanzialmente diviso in tre moduli: un preprocessore che consente l'introduzione della geometria e dei carichi e crea il file dati di input ai solutori; il solutore agli elementi finiti; un post processore che a soluzione avvenuta elabora i risultati eseguendo il progetto e la verifica delle membrature e producendo i grafici ed i tabulati di output.

Schematizzazione strutturale e criteri di calcolo delle sollecitazioni

Il programma schematizza la struttura attraverso l'introduzione nell'ordine di fondazioni, poste anche a quote diverse, platee, platee nervate, plinti e travi di fondazione poggianti tutte su suolo elastico alla Winkler, di elementi verticali, pilastri e pareti in c.a. anche con fori, di orizzontamenti costituiti da solai orizzontali e inclinati (falde), e relative travi di piano e di falda; è ammessa anche l'introduzione di elementi prismatici in c.a. di interpiano con possibilità di collegamento in inclinato a solai posti a quote diverse. Indipendentemente dal solutore utilizzato, i nodi strutturali possono essere connessi solo a travi, pilastri e pareti, simulando così impalcati infinitamente deformabili nel piano, oppure a elementi lastra di spessore dichiarato dall'utente simulando in tal modo impalcati a rigidezza finita.

I nodi appartenenti agli impalcati orizzontali possono essere connessi rigidamente ad un nodo principale giacente nel piano dell'impalcato e coincidente generalmente con il baricentro delle masse; tale opzione, oltre a ridurre significativamente i tempi di elaborazione, elimina le approssimazioni numeriche connesse all'utilizzo di elementi lastra quando si richiede l'analisi a impalcati infinitamente rigidi.

Per quanto concerne i carichi, in fase di immissione dati, vengono definite, in numero a scelta dell'utente, condizioni di carico elementari le quali, in aggiunta alle azioni sismiche e variazioni termiche, vengono combinate attraverso coefficienti moltiplicativi per fornire le combinazioni richieste per le verifiche successive. L'effetto di disassamento delle forze orizzontali, indotto ad esempio dai torcenti di piano per costruzioni in zona sismica, viene simulato attraverso l'introduzione di eccentricità planari aggiuntive le quali costituiscono ulteriori condizioni elementari di carico da cumulare e combinare secondo i criteri del paragrafo precedente.

Tipologicamente sono ammessi sulle travi e sulle pareti carichi verticali uniformemente distribuiti e carichi trapezoidali; nei nodi di incrocio delle membrature sono anche definibili componenti di forze e coppie concentrate comunque dirette nello spazio. Sono previste distribuzioni di temperatura, di intensità a scelta dell'utente, agenti anche su singole porzioni di struttura.

Il calcolo delle sollecitazioni eseguito dai solutori si basa sulle seguenti ipotesi e modalità:

- travi e pilastri deformabili a sforzo normale, flessione deviata, taglio deviato e momento torcente; sono previsti un coefficiente riduttivo dei momenti di inerzia a scelta dell'utente per considerare la riduzione della rigidezza flessionale e torsionale per effetto della fessurazione del conglomerato cementizio;
- le pareti in c.a. sono analizzate schematizzandole come elementi lastra-piastra discretizzati con passo massimo assegnato in fase di immissione dati;
- le travi di fondazione su suolo alla Winkler sono suddivise in conci, nel numero minimo di 4, e i nodi vengono collegati al suolo da molle aventi rigidezza alla traslazione verticale ed a richiesta anche orizzontale;
- i plinti su suolo elastico costituiscono elementi puntiformi per la struttura rappresentati da molle aventi rigidezza alla traslazione verticale (ed a richiesta anche orizzontale) e rotazione intorno agli assi orizzontali di riferimento globali;
- i plinti su pali possono essere collegati ad aste su suolo elastico orizzontale e verticale che simulano la presenza del palo;
- le piastre sono discretizzate in un numero finito di elementi lastra-piastra discretizzati con passo massimo assegnato in fase di immissione dati; nel caso di platee di fondazione i nodi sono collegati al suolo da molle aventi rigidezze alla traslazione verticale ed a richiesta anche orizzontale.
- La deformabilità nel proprio piano di piani dichiarati non infinitamente rigidi e di falde (piani inclinati) può essere controllata attraverso la introduzione di elementi membranali nelle zone di solaio.

Il calcolo degli effetti del sisma è condotto, a scelta dell'utente, sia attraverso l'analisi statica che attraverso l'analisi modale con spettro di risposta controllando, in accordo alle varie normative adottate, la percentuale delle masse eccitate. Le masse, nel caso di impalcati dichiarati rigidi sono concentrate nel nodo principale di piano altrimenti vengono considerate diffuse nei nodi

giacenti sull'impalcato stesso.

Nel caso di analisi sismica vengono anche controllati gli spostamenti di interpiano.

AFFIDABILITA' DEI CODICI UTILIZZATI

La ditta fornitrice, la CONCRETE SRL, fornisce un manuale completo del codice calcolo SISMICAD, contenente le basi teoriche e gli algoritmi matematici di tutti gli elementi (frame, shell...) utilizzabili.

VALIDAZIONE DEI CODICI

Per l'edificio oggetto di studio, rientrando in una tipologia edilizia standardizzata, non si ritiene necessaria una validazione indipendente del calcolo strutturale.

PARAMETRI SISMICI

I parametri assunti ai fini della determinazione delle azioni sismiche sono i seguenti:

- coordinate geografiche ED50: **latitudine 42.6915° N – longitudine 12.5428° E**
- vita nominale: **V_N = 50 anni**
- classe d'uso: **III**
- categoria di sottosuolo: **B**
- categoria topografica: **T1**
- classe di duttilità: **CD "B"**

Parametri reticolo nazionale:

Stato limite	Pvr (%)	Tr (anni)	Ag/g	F ₀	Tc*
SLO	81	45	0.0676	2.505	0.278 s
SLD	63	75	0.0893	2.512	0.290 s
SLV	10	712	0.1870	2.471	0.326 s
SLC	5	1462	0.2301	2.494	0.334 s

Gli effetti del sisma sulla struttura in elevazione sono stati valutati mediante **analisi dinamica lineare** ai sensi del cap. 7.3 del D.M. 17/01/2018. Gli effetti delle non linearità geometriche possono essere trascurate quando ($\vartheta < 0.1$); mentre possono essere prese in conto incrementando gli effetti dell'azione sismica orizzontale di un fattore pari a $1/(1 - \vartheta)$, quando ($0.1 < \vartheta < 0.2$) o applicando il metodo P-Delta quando ($0.1 < \vartheta < 0.3$).

FATTORE DI COMPORTAMENTO:

Strutture a pareti non accoppiate (CD "B")

q = 3

Regolarità in elevazione

K_R = 1

Limite superiore del fattore di comportamento

q_{lim} = K_R * q₀ = 1 * 3 = 3.00

Edificio esistente

il fattore di comportamento adottato è di q=3.0

ANALISI DEI CARICHI

Solaio di Copertura 25+5:

Peso proprio solaio con soletta:	280 daN/m²
Permanente Portato:	
massetto pendenze	100 daN/m ²
coibentazione	5 daN/m ²
impermeabilizzazione	10 daN/m ²
intonaco	20 daN/m ²
	sommano
	135 daN/m²
Variabile cat. Neve (q.ta 350 mt):	60 daN/m²

Solaio calpestio 25+5 – i=60cm (Quote: 0.00; 0.48; 1.78; 3.40):

Peso proprio solaio con soletta:	280 daN/m²
Permanente Portato:	
massetto alleggerito (6cm x 600 daN/m ³)	35 daN/m ²
massetto in cl sp.4cm	100 daN/m ²
linoleum 4 mm	5 daN/m ²
tavolati	100 daN/m ²
	sommano
	240 daN/m²
Variabile cat. C1:	300 daN/m²

Vetrate:

Permanente portato	60 daN/m
--------------------	-----------------

Tamponatura in pietra sponga (si considera un'altezza delle pareti di tamponatura di 3 metri):

Pietra sponga (0.12 x 1800 daN/m ³)	216 daN/m ²
Forati in foglio	100 daN/m ²
Intonaco sp. 2 cm	20 daN/m ²
	sommano
	336 daN/m ²
Definizione del carico a metro lineare (h=3 metri)	1008 daN/m

Rivestimento nuove pareti in c.a. (si considera un'altezza delle pareti di tamponatura di 3 metri):

Intonaco sp. 2 cm	20 daN/m ²
Forati in foglio	100 daN/m ²
	sommano
	120 daN/m ²
Definizione del carico a metro lineare (h=3 metri)	360 daN/m

COPERTURA

CARICHI DA NEVE - Copertura piana

ZONA di carico neve (0;1;2;3) **3**

$$q_s (\text{daN/m}^2) = \mu_1 \times q_{sk} \times C_e \times C_t$$

carico di neve sulla copertura

$$\alpha (^{\circ}) = \mathbf{0}$$

angolo della falda con l'orizzontale

$$a_s (\text{m}) = \mathbf{327}$$

quota del suolo sul livello del mare nel sito di realizzazione dell'edificio

Classe di tipografia:	C_e	Descrizione
Battuta dai venti	0.9	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti
Normale	1	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi
Riparata	1.1	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti

C_e	1.0
C_t	1.0

coefficiente di esposizione
coefficiente termico

0	
ZONA I - Alpina	
Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza	
$q_{sk} (\text{daN/m}^2)$	150

1	
ZONA I - Mediterranea	
Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese	
$q_{sk} (\text{daN/m}^2)$	150

2	
ZONA II	
Arezzo, Ascoli Piceno, Bari, Campobasso, Chieti, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona	
$q_{sk} (\text{daN/m}^2)$	100

3	
ZONA III	
Agrigento, Avellino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Catanzaro, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Frosinone, Grosseto, L'Aquila, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Olbia, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Teramo, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo	
$q_{sk} (\text{daN/m}^2)$	60

$\mu_1 =$	0.8
-----------	------------

coefficiente di forma della copertura

$q_s (\text{daN/m}^2) =$	60
--------------------------	-----------

carico neve sulla copertura

SPINTA DEL VENTO

AZIONE DEL VENTO (D.M. 17/01/2018)

Pressione del vento	$p = q_e \cdot c_{pe} \cdot c_{pi} \cdot c_{d1}$ (in daN/m ²) =	77.1	ZONA	3
Azione tang.del vento	$p_t = q_e \cdot c_{pe} \cdot c_{pi} \cdot c_{d2}$ (in daN/m ²) =	3.86	(vedi TAB. 1)	
Pressione cinetica di riferimento	q_e (in N/m ²) =	456.29		
Velocità base di riferimento del vento	v_b (in m/s) =	27.0	$v_{b,p}$ (in m/s) =	27
Velocità di riferimento del vento	v_r (in m/s) =	27.0	a_w =	500
Coefficiente di esposizione	c_{pe} =	2.11	k_1 =	0.37
Coefficiente di forma	c_{pi} =	0.80	Coefficiente di altitudine c_a	1.00
Coefficiente dinamico	c_{d1} =	1.00	Tempo di ritorno T_R	50
Coefficiente d'attrito radente	c_{d2} =	0.04	Coefficiente di ritorno c_r	1.00
Altitudine sul livello del mare del sito a_s (in m) =		327.0		
Distanza dalla costa sul mare verso entroterra d (in km) =		87.0		
Altezza della costruzione z (in m) sul suolo =		6.80	z/H =	6.800
Classe di rugosità del terreno (vedi TAB. 2) =		D	k_r =	0.19
Categoria di esposizione del sito =		II	z_0 =	0.05
Coefficiente di topografia c_t =		1.00	z_{min} =	4
Coefficiente di esposizione del sito a quota z inf. a z_{min}			$c_e(z_{min})$ =	1.8005
Coefficiente di esposizione del sito a quota z non inf. a z_{min}			$c_e(z)$ =	2.1127

TABELLA 1

Zona	Descrizione Regioni
1	- Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino A. Adige, Veneto e Friuli Venezia Giulia (esclusa la prov. di Trieste);
2	- Emilia Romagna;
3	- Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Campania, Puglia, Basilicata e Calabria (esclusa la prov. di Reggio C.);
4	- Sicilia, e prov di Reggio Calabria;
5	- Sardegna (zona a oriente retta congiungente Capo Teulada-Isola di Maddalena);
6	- Sardegna (zona a occidente retta congiungente Capo Teulada-Isola di Maddalena);
7	- Liguria;
8	- Provincia di Trieste;
9	- Isole (escluse Sicilia e Sardegna) e mare aperto.

TABELLA 2

Classe di rugosità del terreno	Descrizione area ubicazione costruzione
A	- Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperta da edifici la cui altezza media superi i 15 m.
B	- Aree urbane (non classe A), suburbane, industriali e boschive.
C	- Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D.
D	- 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, mare, laghi,...).

L'effetto globale del vento nelle due direzioni (dir. X) (dir. Y), dovuto alla somma della componente di pressione e di depressione, risulta notevolmente inferiore rispetto all'azione sismica a cui è soggetto il fabbricato.



- INDICE -

- RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA –	1
DESCRIZIONE DELLE OPERE	1
- NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO –	4
- PARAMETRI DI CALCOLO -	5
CARATTERISTICHE E AFFIDABILITA' DEL CODICE DI CALCOLO.....	5
PARAMETRI SISMICI	7
Fattore di Comportamento:	7
ANALISI DEI CARICHI.....	8
- INDICE -	11