

**COMMISSARIO DELEGATO**

EMERGENZA SISMA REGIONE EMILIA-ROMAGNA AI SENSI DELL'ART.1 COMMA 2 DEL D.L. N. 74/2012

STRUTTURA TECNICA COMMISSARIO DELEGATO

**REGIONE EMILIA-ROMAGNA**  
**REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI RIPRISTINO E**  
**MIGLIORAMENTO SISMICO DELL'ARCHIVIO STORICO**  
**DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA IN VIA MARCONI**  
**N.3-5-7 A SAN GIORGIO DI PIANO (BO)**

**PROGETTO PRELIMINARE**



COMMITTENTE

SERVIZIO PATRIMONIO RER

Responsabile: Ing. Giuseppe Simoni

Collaboratori: Ing. Andrea Samoggia  
Geom. Sandra Sangiorgi

R.U.P.

Ing. Mauro Monti

PROGETTISTA

Arch. Alfiero Moretti

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Ing. Dario Benedetto  
Ing. Rudy Bertaccini  
Ing. Andrea Bucchi  
Ing. Davide Parisi  
Ing. Silvia Valenti

ELABORATO:

**RELAZIONE TECNICA SULLA VERIFICA DI VULNERABILITA' SISMICA DEI CAPANNONI**

Bologna, NOVEMBRE 2015

SCALA:

TAV.

**4**



**DICAM**

Dipartimento di ingegneria civile, chimica, ambientale e dei materiali

Convenzione di ricerca tra  
REGIONE EMILIA ROMAGNA

e

Dipartimento Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali  
ALMA MATER STUDIORUM • Università di Bologna

**Verifiche Tecniche di Vulnerabilità Sismica dei Capannoni  
sede dell'Archivio Storico della Regione Emilia Romagna**

**Via Marconi nn. 3-5-7 - San Giorgio di Piano (BO)**

**Relazione tecnica sulla verifica di vulnerabilità**

**Bologna, 25 giugno 2013**

**Gruppo di Ricerca**

dott. ing. Giada Gasparini  
dott. ing. Luca Landi  
dott. ing. Stefano Silvestri

**Direttore**

prof. ing. Francesco Ubertini

**RESPONSABILE scientifico**

prof. ing. Pier Paolo Diotallevi

## CENTRO LABORATORI DICAM

LAB. Biotecnologie ambientali e bioraffinerie • LABiotec

Lab. GEOIngegneria e risorse naturali • LAgirn

Lab. GEOMATICA e rilievo • LArig

Lab. INGEGNERIA IDRAULICA • LIDR

Lab. Ingegneria strutturale e geotecnica • LISG

Lab. MECCANICA COMPUTazionale • LAMC

Lab. reti di trasporto • LArT

Lab. Scienza e tecnologia dei materiali • LAsm

Lab. Sintesi e caratterizzazione di materiali macromolecolari • LAMaC

Lab. strade • LAS

[www.dicam.unibo.it](http://www.dicam.unibo.it)

2013

ALMA MATER STUDIORUM • università di bologna

DICAM • DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA, AMBIENTALE E DEI MATERIALI  
AMMINISTRAZIONE • VIALE RISORGIMENTO, 2 - 40136 BOLOGNA - ITALIA - TEL. +39 051 2093237 - 2093502 - FAX +39 051 2093253  
VIA TERRACINI, 28 - 40131 BOLOGNA - ITALIA - TEL. +39 051 2090312 - FAX +39 051 2090322  
[www.dicam.unibo.it](http://www.dicam.unibo.it) - C.F. 80007010376 - P.IVA 01131710376

**RESPONSABILE scientifico**

prof. ing. Pier Paolo Diotallevi

## INDICE

1.	PREMESSA .....	5
2.	DEFINIZIONE E DESCRIZIONE DELL'ORGANISMO STRUTTURALE E LIVELLI DI CONOSCENZA.....	8
2.1	Documentazione esaminata.....	8
2.2	La tipologia strutturale .....	8
2.3	Il livello di conoscenza .....	10
2.4	Normativa di Riferimento.....	11
3.	RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE .....	12
3.1	Rilievo del quadro fessurativo e/o di degrado.....	12
3.1.1	Corpo A.....	12
3.1.2	Corpo B.....	13
3.1.3	Solai di Collegamento tra il Corpo A e il Corpo B.....	15
3.2	Rilievo materico e dei particolari costruttivi .....	16
4.	SINTESI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINE E DELLE PROVE EFFETTUATE .....	17
4.1	Caratterizzazione geomorfologica del sito.....	19
5.	CRITERI PER LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA .....	20
5.1	Gli approcci ed i modelli per la valutazione della sicurezza.....	21
5.1.1	Metodologia di valutazione della risposta sismica globale .....	21
5.1.2	Metodologia di valutazione della risposta sismica locale.....	21
6.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	23
7.	ANALISI DEI CARICHI .....	23
8.	LA PERICOLOSITA' SISMICA E GLI SPETTRI DI RIFERIMENTO UTILIZZATI NELLE ANALISI .....	24
9.	CORPO A – ANALISI STATICA, CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DI SICUREZZA ...	28
10.	CORPO A - ANALISI SISMICA, CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DI SICUREZZA.	34
11.	CORPO B – ANALISI STATICA, CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DI SICUREZZA	43
12.	CORPO B – ANALISI SISMICA, CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DI SICUREZZA	49
13.	INDICAZIONI QUALITATIVE PER UN EVENTUALE MIGLIORAMENTO SISMICO GLOBALE DELLA STRUTTURA .....	58
14.	ANALISI DELLA VULNERABILITA' SISMICA GLOBALE DELLA STRUTTURA.....	59
14.1	Corpo A: Vulnerabilità globale .....	59
14.1.1	Deformazione ultima nel piano .....	59
14.1.2	Resistenza fuori piano di un pannello.....	59
14.1.3	Resistenza nel piano di un pannello .....	60
14.1.4	Deformazione di danno in un pannello .....	60
14.2	Corpo B: Vulnerabilità globale .....	61
14.2.1	Deformazione ultima nel piano .....	61
14.2.2	Resistenza fuori piano di un pannello.....	61
14.2.3	Resistenza nel piano di un pannello .....	61
14.2.4	Deformazione di danno in un pannello .....	62
15.	ANALISI DELLA VULNERABILITA' LOCALE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI (RIBALTAMENTO FUORI DAL PIANO) .....	63

16.	SINTESI DEI RISULTATI - INDICATORI DI RISCHIO .....	66
16.1	CORPO A .....	66
16.1.1	Indicatore di rischio di salvaguardia della vita (SLV).....	66
16.1.2	Indicatore di rischio di danno (SLD) .....	66
16.2	CORPO B .....	67
16.2.1	Indicatore di rischio di salvaguardia della vita (SLV).....	67
16.2.2	Indicatore di rischio di danno (SLD) .....	67

## 1. PREMESSA

Formano oggetto della presente relazione tecnica i principali calcoli svolti per le verifiche tecniche dei livelli di sicurezza strutturale dei Capannoni sede dell'Archivio Storico della Regione Emilia Romagna, in Via Marconi nn. 3-5-7 a San Giorgio di Piano (BO), al fine di stabilire il comportamento dinamico della struttura al passaggio del sisma, e individuarne le vulnerabilità, che operativamente saranno espresse in termini di accelerazioni o periodi di ritorno a correlati a determinati e specifici stati limite di verifica.

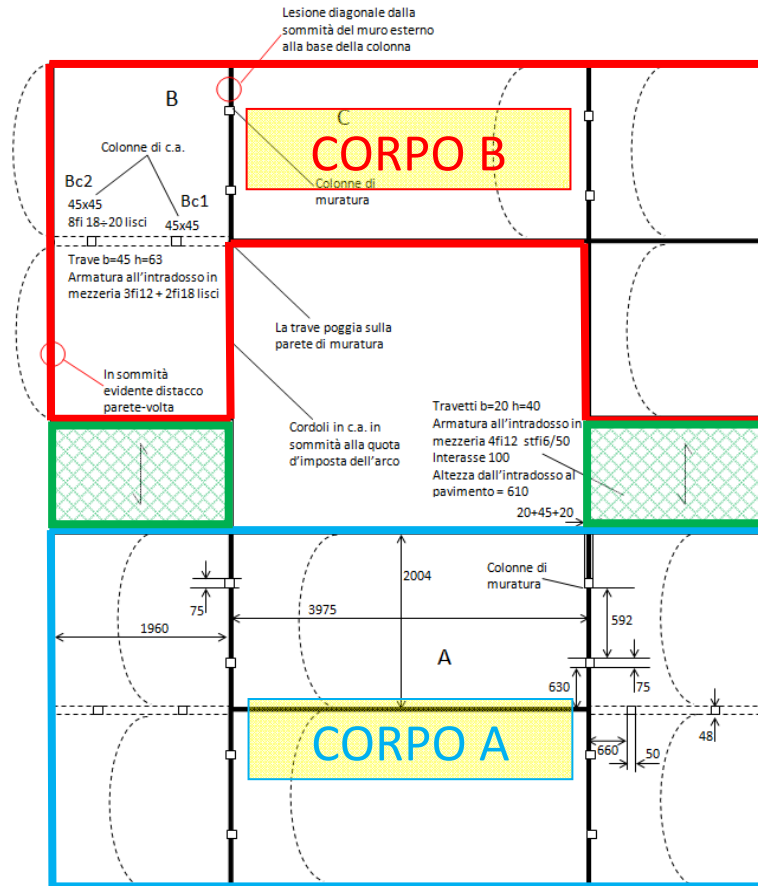
L'Archivio Storico della Regione Emilia Romagna è situato nel Comune di San Giorgio di Piano, per cui, secondo la classificazione sismica allegata all'Ordinanza PCM n 3274 del 20/03/03 *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"* il Comune è situato in zona 3.

Il complesso di capannoni oggetto della verifica è riportato nel cerchio rosso nella vista aerea (figura seguente):



Vista aerea - Google Earth

Sulla base dei sopralluoghi condotti e della campagna di indagini distruttive e non distruttive effettuata, è stata identificata una suddivisione dell'edificio in due corpi: Corpo A (pianta rettangolare di lati 80mx40m), Corpo B (pianta a C di lato maggiore pari a 80m).



**Suddivisione dell'intero edificio nei due corpi: Corpo A (blu), Corpo B (rosso), solaio di collegamento (verde)**

I due corpi sono collegati da un solaio in latero-cemento di spessore 40cm alla quota di imposta delle volte dei due corpi.

La valutazione della sicurezza dell'Archivio Storico nei confronti dei carichi sismici è condotta sulla base delle prescrizioni fornite dal D.M 14/01/2008, dalla Circolare Ministeriale di applicazione del D.M 14/01/2008 n. 617 del 02/02/2009 e dalla OPCM 3274 in merito al caso di edifici esistenti in c.c.a. e in muratura.

La valutazione della sicurezza per gli edifici esistenti è affetta da un grado di incertezza diverso da quello degli edifici di nuova progettazione. Ciò comporta l'utilizzo di adeguati fattori di confidenza nelle verifiche di sicurezza e nei metodi di analisi dipendenti dalla completezza e dall'affidabilità delle informazioni disponibili.

Sulla base della documentazione in possesso della Committenza in merito al progetto delle strutture, in accordo con la Committenza, si è considerato un unico Livello di Conoscenza per i due corpi di cui è composto l'intero edificio (si veda in merito il capitolo successivo).

La geometria della struttura e i dettagli strutturali sono noti in base al rilievo architettonico e alla documentazione tecnica messa a disposizione della committenza e al rilievo strutturale effettuato in situ. Le caratteristiche meccaniche dei materiali sono stati ottenuti mediante verifiche in situ ad opera di Laboratorio di Prova Specializzato (Geotecnica s.r.l. di Sala Bolognese, Bologna).



## 2. DEFINIZIONE E DESCRIZIONE DELL'ORGANISMO STRUTTURALE E LIVELLI DI CONOSCENZA

### 2.1 DOCUMENTAZIONE ESAMINATA

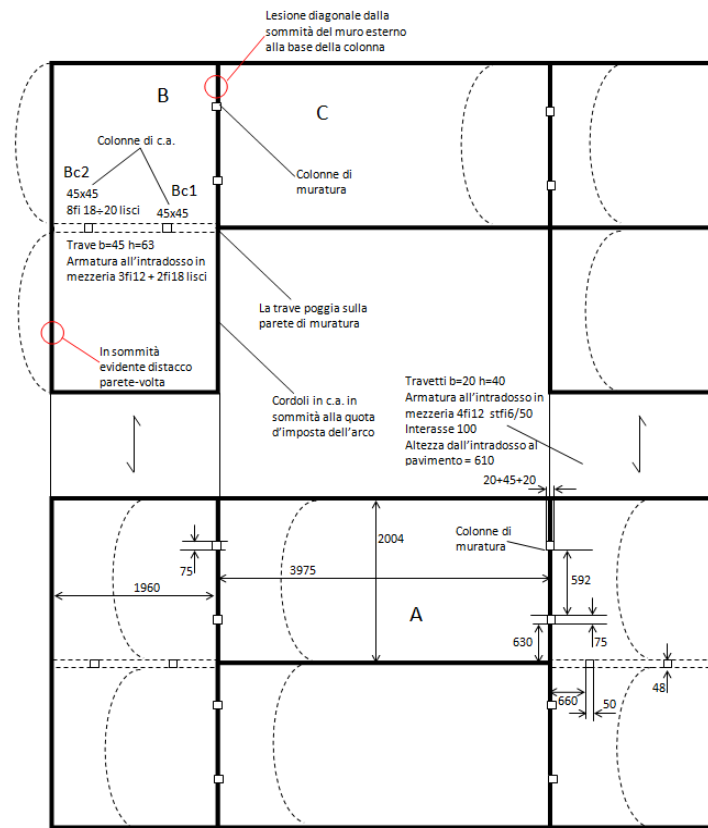
La Committenza ha messo a disposizione per la consultazione la seguente documentazione tecnica:

- Elaborato grafico relativo allo stato attuale della sede di Via Marconi nn. 3-5-7 ad uso archivi R.E.R.: stato attuale, pianta piano terra

### 2.2 LA TIPOLOGIA STRUTTURALE

La struttura dell'intero edificio è in muratura (setti perimetrali spessore 45cm), con presenza di alcuni pilastri in c.a. all'interno della pianta del Corpo A (4 pilastri) e della pianta del Corpo B (2 pilastri), elementi secondari aventi la funzione statica di supporto delle volte di copertura.

In data 29 giugno 2012 è stato effettuato un sopralluogo, dal quale sono emerse le seguenti particolarità inerenti le strutture:



Volta A, Volta B, Volta C

- setti in muratura portante di spessore pari a circa 45cm;
- Volta A: Interasse catene = 400 cm. 9 coppie di catene, in ogni coppia le due catene hanno un interasse di 45 cm (le catene sono ricoperte di materiale antincendio). Altezza dell'imposta della volta dal pavimento=706 cm. Volta costituita da travetti in c.a. a doppia orditura: interasse travetti trasversali 50 cm, interasse travetti longitudinali 25 cm.
- Volta B: 8 coppie di catene, in ogni coppia le due catene hanno un interasse di 9 cm (diametro pari a 26 mm).
- Volta C: 12 coppie di catene (diametro simile a quelle di volta B, probabilmente pari a 26 mm)

Nell'ambito del sopralluogo è stata effettuata anche una ispezione dall'alto con il cestello, dalla quale è emerso che sono presenti tegole sostenute da travetti in legno longitudinali di base  $b=7$  cm e altezza  $h=4$  cm, posti ad interasse 35 cm. Pare, inoltre, che ci sia poca distanza tra le tegole e la volta in latero-cemento.

### 2.3 IL LIVELLO DI CONOSCENZA

Tenuto conto dei contenuti della documentazione messa a disposizione dalla Committenza e della campagna di indagini effettuata, al fine della valutazione dei fattori di confidenza, si è valutato in accordo con la Committenza l'adozione del Livello di Conoscenza LC2 (Livello di Conoscenza Adeguata), che implica l'utilizzo nelle analisi di un Fattore di Confidenza pari a  $FC = 1,2$ .

## 2.4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le analisi saranno effettuate in conformità alle seguenti normative/documenti tecnici, così come previsto nell'atto stipulato per la Convenzione DICAM / Regione Emilia Romagna:

Circolare Ministeriale 02/02/2009 n. 617 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008" (nel seguito del testo richiamata come CM617);

D.M. 14/01/2008 "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" (nel seguito del testo richiamato come DM08),

DPCM 12/10/2007 "Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme Tecniche per le costruzioni",

DPCM 9/2/2011 (GU n. 47 del 26-2-2011 - Suppl. Ord. n. 54), "Valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 14 gennaio 2008"

Delibera della Giunta Regionale dell'Emilia Romagna n. 1154 del 26/07/2010 (Approvazione ripartizione e assegnazione finanziamenti alle aziende sanitarie per l'esecuzione delle verifiche tecniche di vulnerabilità sismica delle strutture sanitarie in attuazione dell'art. 33 della L.R. n. 24/2009), Allegati 1, 2 e 3. Allegato n. 3 "Istruzioni tecniche per lo svolgimento delle verifiche tecniche di cui all'art. 2, comma 3, dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003" e sub-Allegato 3A "Guida alle verifiche tecniche ed alla predisposizione degli elaborati descrittivi".

### 3. RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE

#### 3.1 RILIEVO DEL QUADRO FESSURATIVO E/O DI DEGRADO

A conclusione delle indagini conoscitive visive svolte sull'edificio è stata effettuata una accurata verifica sulla presenza di eventuali lesioni, cedimenti, spancamenti e più in generale aspetti riconducibili ad anomalie di natura strutturale (preesistenti o a seguito degli eventi sismici del 20 maggio e del 29 maggio 2012): i risultati hanno dato esito negativo, a meno delle seguenti osservazioni.

##### 3.1.1 CORPO A

Sono stati evidenziati alcuni punti in cui sono presenti:

- distacchi di intonaci (facciata principale).

Le figure seguenti riportano quanto rilevato:



**Distacco di intonaco nella facciata principale di ingresso**

### 3.1.2 CORPO B

Sono stati evidenziati alcuni punti in cui sono presenti:

- distacchi di intonaci (tutte le facciate), con muratura a vista esposta agli agenti atmosferici;
- presenza di calcestruzzi ammalorati a causa della percolazione delle acque piovane e fenomeni rilevanti di infiltrazione;
- lesione diagonale nella parete in muratura disposta nella direzione parallela alla volta;
- mancanza in alcuni punti dei pilastri e delle travi in c.a., di corripferro delle barre in acciaio che, risultano, quindi esposte agli agenti atmosferici e conseguentemente soggette a possibili fenomeni di corrosione.

Le figure seguenti riportano quanto rilevato:



**Mancanza e distacco di intonaco nelle facciate**



**Calcestruzzi ammalorati causa percolazione e infiltrazione acqua**



**Calcestruzzi ammalorati causa percolazione e infiltrazione acqua**



**Lesione diagonale nella parete interna parallela alla volta**



**Mancanza di copriferro in alcuni punti dei pilastri in c.a.**

### 3.1.3 SOLAI DI COLLEGAMENTO TRA IL CORPO A E IL CORPO B

Sono stati evidenziati alcuni punti in cui sono presenti:

- presenza di calcestruzzi ammalorati (nei travetti in c.a.) a causa della percolazione delle acque piovane e fenomeni rilevanti di infiltrazione;
- mancanza di intonaco all'intradosso dei solai.

Le figure seguenti riportano quanto rilevato:





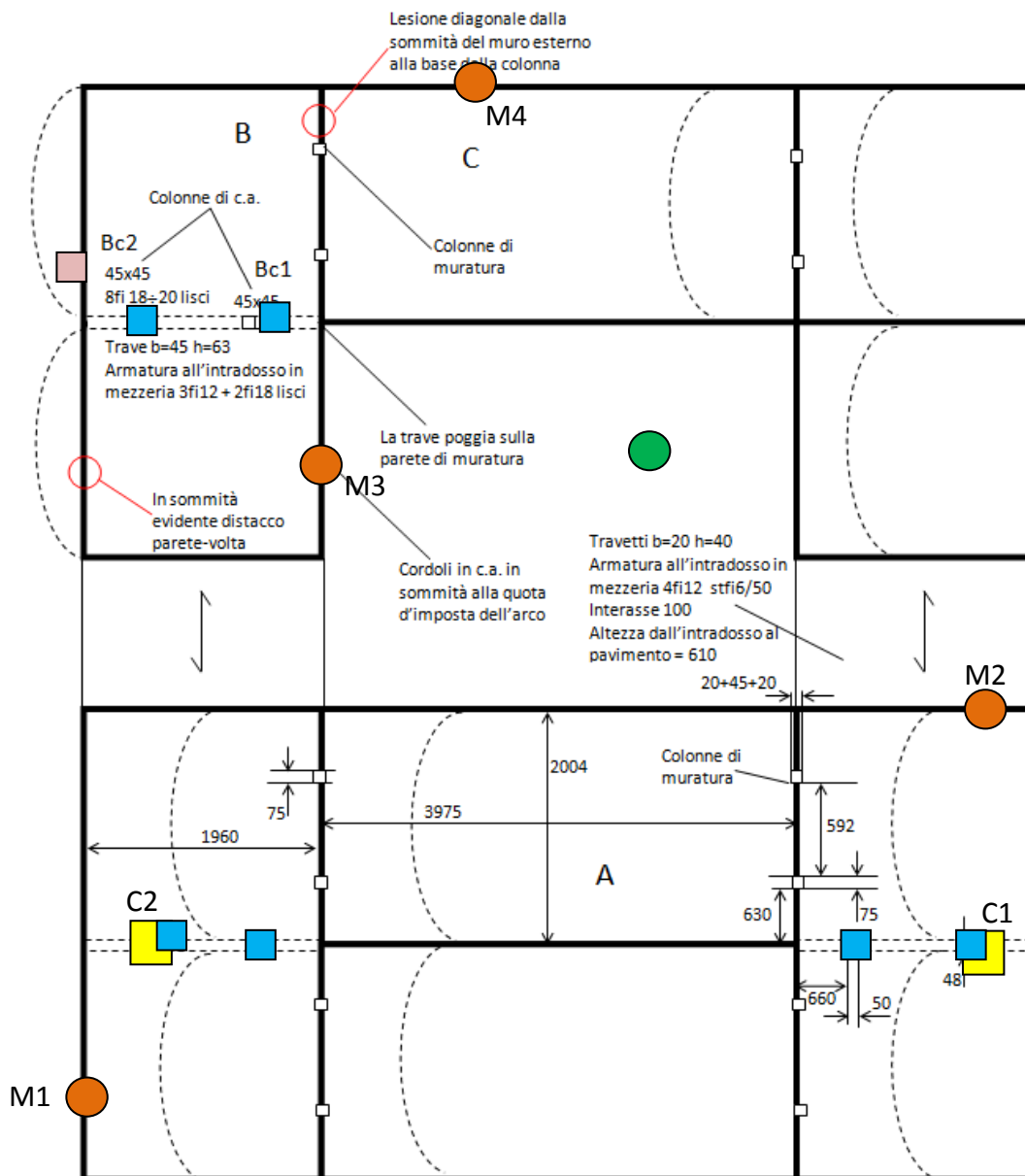
**Ammaloramento diffuso nei solai di collegamento tra i corpi**






## 3.2 RILIEVO MATERICO E DEI PARTICOLARI COSTRUTTIVI

Il rilievo materico e dei particolari costruttivi è stato effettuato sulla base della documentazione messa a disposizione dalla Committenza e verificato in campo con i sopralluoghi e le prove (distruttive e non distruttive) effettuate.

## 4. SINTESI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINE E DELLE PROVE EFFETTUATE

Le prove effettuate dal Laboratorio di Prova Specializzato Geotecnica s.r.l. di Sala Bolognese, Bologna sono le seguenti:



-  Posizione indicativa delle 4 prove sulla muratura (in ogni posizione ci sarà: finestra di ispezione, martinetti s. e d., prove di scorrimento, prove di penetrazione della malta)
-  Posizione indicativa delle prove sul c.a. (in ogni posizione, estrazione di carota in calcestruzzo e di barra di armatura)
-  Prove con sclerometro e ultrasuoni (SONREB)
-  Scavo
-  Prova di caratterizzazione sismica del terreno

Georadar sul 10% del perimetro esterno

I risultati delle prove indicano un valore della resistenza media della muratura a compressione pari a 40,3daN/cm<sup>2</sup>.

Prova a compressione	Valore di resistenza a compressione (daN/cm <sup>2</sup> )
M1	43,2
M2	38,9
M3	38,9
M4	40,3

I risultati delle prove indicano un valore medio del modulo elastico pari a 61086 daN/cm<sup>2</sup>.

Prova a compressione	Valore del modulo elastico E (daN/cm <sup>2</sup> )
M1	64022
M2	59829
M3	59197
M4	61296

I risultati delle prove indicano un valore della resistenza media a taglio della muratura pari a  $9,48 \text{ daN/cm}^2$ .

Prova a compressione	Valore di resistenza a compressione ( $\text{daN/cm}^2$ )
M1	9,87
M2	9,35
M3	8,31
M4	10,38

Dai risultati si evince, inoltre, che la muratura ha uno stato tensionale medio in esercizio ampiamente al di sotto del valore limite ammissibile (struttura riposata) e del valore di rottura ricavato dalle prove (pari a circa  $40,3 \text{ daN/cm}^2$ ).

I risultati delle carote effettuate sui pilastri del Corpo B indicano che si può utilizzare per le analisi un calcestruzzo di classe C20/25.

#### 4.1 CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA DEL SITO

Lo studio sui terreni effettuato dal Laboratorio di Prova Specializzato Geotecnica s.r.l. di Sala Bolognese, ha evidenziato un valore di velocità delle onde di taglio  $V_{s30} = 250/270 \text{ m/sec}$ , che identifica la Categoria del sottosuolo "C" per la valutazione dell'azione sismica di riferimento.

## 5. CRITERI PER LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA

Le analisi di vulnerabilità sismica coinvolgono la stima del comportamento sismico della costruzione nelle sue molteplici parti (strutturali e non) sotto una molteplicità di azioni sismiche (di diversa intensità). Per quanto riguarda la così detta “modellazione” della costruzione (rappresentazione semplificata della realtà attraverso uno strumento/analitico numerico di tipo predittivo) si sono adottati differenti “modelli” a seconda degli “stati limite” e delle membrature considerati. Le analisi di vulnerabilità sismica presentano i livelli di accelerazione sismica che attivano i diversi stati limite per le diverse componenti analizzate e individuano le principali fonti di criticità nei confronti del comportamento sismico della costruzione in esame, oltre che ad individuare le soglie di accelerazione che globalmente attivano i diversi stati limite per il complesso analizzato. La valutazione della sicurezza alle azioni sismiche e le relative verifiche sono fornite in termini di accelerazione al suolo in grado di attivare un dato meccanismo di danneggiamento/collasso. Con una metodologia di seguito dettagliatamente descritta si valuteranno i valori di accelerazione al suolo in grado di attivare i singoli meccanismi di danneggiamento/collasso globale, evidenziando gli elementi che possono entrare in crisi al crescere dell’accelerazione al suolo.

La pericolosità sismica del sito definisce i valori di accelerazione al suolo che si utilizzeranno per le valutazioni della sicurezza del Padiglione, riportati sulla base degli stati limite da considerare (Stato Limite di Danno  $a_g(SLD)_{63\%}$ , Stato Limite di Salvaguardia della Vita  $a_g(SLV)_{10\%}$ ).

L’obiettivo delle verifiche è la definizione di differenti livelli di accelerazione al suolo, corrispondenti allo SLD ( $a_g(SLD)_d$ ) e allo SLV ( $a_g(SLV)_d$ ), e dei loro rapporti con le accelerazioni attese al suolo con la probabilità di accadimento del 63% (SLD) e del 10% (SLV) nel periodo di riferimento. Si identificheranno quindi differenti indicatori di rischio di collasso ( $\alpha_u = a_g(SLV)_d / a_g(SLV)_{10\%}$ ) e di inagibilità ( $\alpha_e = a_g(SLD)_d / a_g(SLD)_{63\%}$ ).

Valori prossimi o superiori all’unità caratterizzano casi in cui il livello di rischio è prossimo a quello richiesto dalle norme, mentre valori bassi, prossimi a zero, caratterizzano casi ad elevato rischio.

Allo scopo di ottenere un quadro di valutazione esaustivo della vulnerabilità sismica dell’edificio, sono stati, quindi, determinati per differenti valori di accelerazione sismica di picco (PGA) il numero di elementi strutturali non verificati, suddividendoli per tipo di collasso atteso.

La valutazione della sicurezza (DM 14/01/08 capitolo 8.3) è stata eseguita con riferimento allo Stato Limite Ultimo (in particolare alla condizione di salvaguardia della vita umana SLV e allo Stato Limite di Danno (SLD).

Per quanto riguarda lo SLD, in mancanza di più specifiche valutazioni sono stati utilizzati (così come consigliato dalla normativa) i valori limite di spostamento di interpiano validi per gli edifici nuovi.

## 5.1 GLI APPROCCI ED I MODELLI PER LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Gli strumenti analitici e predittivi a disposizione dell'ingegneria per la moderna valutazione del comportamento statico, dinamico e sismico delle costruzioni fanno sì che non si possa prescindere da una analisi strutturale da svilupparsi con riferimento a tali strumenti. Pertanto al fine di valutare la sicurezza sismica delle costruzioni in esame si ritiene opportuno sviluppare le analisi secondo due approcci differenziati:

- sviluppo di una analisi strutturale mediante analisi statiche e sismiche manuali di tipo statico equivalente.

### 5.1.1 METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA GLOBALE

Si propone una metodologia di verifica a livello globale che tiene in considerazione un percorso di conoscenza ed analisi in cui il giudizio sul livello di rischio del manufatto o l'idoneità di un intervento emerge dal confronto tra la capacità della struttura, valutata a seguito di una conoscenza qualitativa e quantitativa della costruzione, e l'azione sismica, opportunamente modulata in funzione di ragionevoli livelli di protezione sismica.

### 5.1.2 METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

La metodologia di valutazione dei meccanismi locali di collasso segue ciò che è indicato nell'Appendice C8A.4. della CM617 (Analisi dei meccanismi locali di collasso in edifici esistenti in muratura).

Al fine di verificare la sicurezza nei riguardi di una condizione limite di collasso è possibile fare riferimento a metodi di analisi semplici ed efficaci, che pur se non in grado di descrivere il comportamento in condizioni di esercizio, possono cogliere le condizioni ultime. In particolare, per l'analisi a collasso delle strutture murarie si ricorre frequentemente all'analisi limite dell'equilibrio, utilizzando sia il teorema statico (analisi incrementale) sia quello cinematico (analisi per cinematismi). Il teorema statico, attraverso l'individuazione di soluzioni equilibrate, ci consente di

valutare se la costruzione è sicura in presenza di certi carichi, anche se non viene determinata l'esatta soluzione. L'analisi per cinematicismi (che considera la struttura come composta da blocchi rigidi), nel caso in cui questi siano correttamente individuati (anche grazie all'osservazione del danno manifestato), ci fornisce in modo molto semplice una stima attendibile delle risorse ultime della costruzione.

L'analisi limite può essere utilizzata anche per valutare la capacità sismica, considerando tale azione come un sistema di forze orizzontali, proporzionali alle masse della costruzione attraverso un opportuno moltiplicatore. Tale moltiplicatore può essere messo in relazione all'accelerazione massima del suolo.

Meccanismi locali si verificano nelle pareti murarie prevalentemente per azioni perpendicolari al loro piano. Le verifiche con riferimento ai meccanismi locali di danno e collasso (nel piano e fuori piano) possono essere svolte tramite l'analisi limite dell'equilibrio, secondo l'approccio cinematico, che si basa sulla scelta del meccanismo di collasso e la valutazione dell'azione orizzontale che attiva tale cinematicismo. Per ogni possibile meccanismo locale ritenuto significativo per l'edificio, il metodo si articola nei seguenti passi:

- trasformazione di una parte della costruzione in un sistema labile (catena cinematica), attraverso l'individuazione di corpi rigidi, definiti da piani di frattura ipotizzabili per la scarsa resistenza a trazione della muratura, in grado di ruotare o scorrere tra loro (meccanismo di danno e collasso);
- valutazione del moltiplicatore orizzontale dei carichi che comporta l'attivazione del meccanismo (stato limite di danno);
- valutazione dell'evoluzione del moltiplicatore orizzontale dei carichi al crescere dello spostamento di un punto di controllo della catena cinematica, usualmente scelto in prossimità del baricentro delle masse, fino all'annullamento della forza sismica orizzontale con valutazione dello spostamento ultimo per collasso del meccanismo (stato limite ultimo).

## 6. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### Strutture in conglomerato cementizio armato ordinario

Si utilizza un acciaio per il c.a. aventi le caratteristiche di un acciaio assimilabile a FEB32K.

Rck250 per le travi e i pilastri in c.a. (C25/30)

Resistenza media del materiale in opera (dai risultati delle prove eseguite):  $R_c = 220 daN / cm^2$

### Strutture in muratura

Si utilizzano i valori ricavati dalle indagini eseguite per la capacità degli elementi resistenti in muratura. Si considera un coefficiente di sicurezza sul materiale muratura per la statica  $\gamma_m = 3$ , per la sismica  $\gamma_m = 2$ , e un Fattore di Confidenza FC = 1,20:

Resistenza media in compressione del materiale in opera:  $f_m = 40,3 daN / cm^2$

Resistenza media a taglio del materiale in opera:  $\tau_0 = 9,48 daN / cm^2$

Modulo di elasticità normale:  $E = 61086 daN / cm^2$

## 7. ANALISI DEI CARICHI

Il calcolo delle sollecitazioni e la valutazione della vulnerabilità sismica dei due corpi vengono condotte con riferimento alla seguente analisi dei carichi:

Solaio di copertura a volta con travetti in c.a. a graticcio:

a. peso proprio solaio 200,00 daN/m<sup>2</sup>

b. carico permanente 120,00 daN/m<sup>2</sup>

b. carico variabile (neve) 120,00 daN/m<sup>2</sup>

---

TOTALE a) + b) + c) 440,00 daN/m<sup>2</sup>



## 8. LA PERICOLOSITA' SISMICA E GLI SPETTRI DI RIFERIMENTO UTILIZZATI NELLE ANALISI

L'Archivio Storico della Regione Emilia Romagna è situato nel Comune di San Giorgio di Piano, per cui, secondo la classificazione sismica allegata all'Ordinanza PCM n 3274 del 20/03/03 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" il Comune è situato in zona 3.

Il complesso di capannoni viene classificato come costruzione di Tipo 2 e di Classe II (secondo quanto specificato nel DM08 paragrafo 2.4.2).

Poiché per gli edifici di Tipo 2 e Classe II si ha  $V_N = 50\text{anni}$  (vita nominale della struttura) e  $C_U = 1,0$  (coefficiente d'uso), il periodo di riferimento per l'azione sismica (DM08 paragrafo 2.4.3) vale, quindi:  $V_R = V_N \cdot C_U = 50\text{anni}$ .

La pericolosità sismica del sito definisce i valori di accelerazione al suolo che si utilizzeranno per le valutazioni della sicurezza dei capannoni, di seguito riportati sulla base degli stati limite da considerare ( $a_g(SLD)_{63\%}$ ,  $a_g(SLV)_{10\%}$ ):

**EdiLus-MS**  
Mappe Sismiche

EdiLus-MS è il software ACCA per individuare la pericolosità sismica di tutte le località italiane direttamente dalla mappa. Scrivi l'indirizzo e/o sposta il segnalino sul sito che ti interessa e ottieni dinamicamente tutti i parametri di pericolosità sismica.

al via "Via M. Cavallotti, 114 MONTELLA"  
san gorgio di piano

Latitude: 44.64476168 Longitude: 11.30297319

Classe dell'edificio: II Costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti

Vita Nominale - Struttura: 50

Periodo di Riferimento per l'azione sismica: 50

Parametri di pericolosità Sismica				
"Stato Limite"	$T_p$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_a$ [-]	$I^*_e$ [g]
Operatività	30	0.047	2.471	0.260
Danno	50	0.059	2.503	0.270
Salvaguardia Vita	475	0.161	2.572	0.280
Prevenzione Collasso	975	0.212	2.520	0.280

ACCA SOFTWARE  
ACCA software S.p.A.  
Il software per l'edificio  
Tel.: 0527369.504 - Fax: 0527369.12.35  
P.IVA 01882740647 - E-mail: info@acca.it

RESPONSABILE scientifico

prof. ing. Pier Paolo Diotallevi

Ai fini del D.M. 14/01/2008 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{V_R}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito

$F_0$  fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale (valore minimo pari a 2,2)

$T_C^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{V_R}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono sotto riportate (Tabella 3.2.I del D.M. 14/01/2008):

Stati Limite		$P_{V_R}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali del sisma vale:

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

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

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

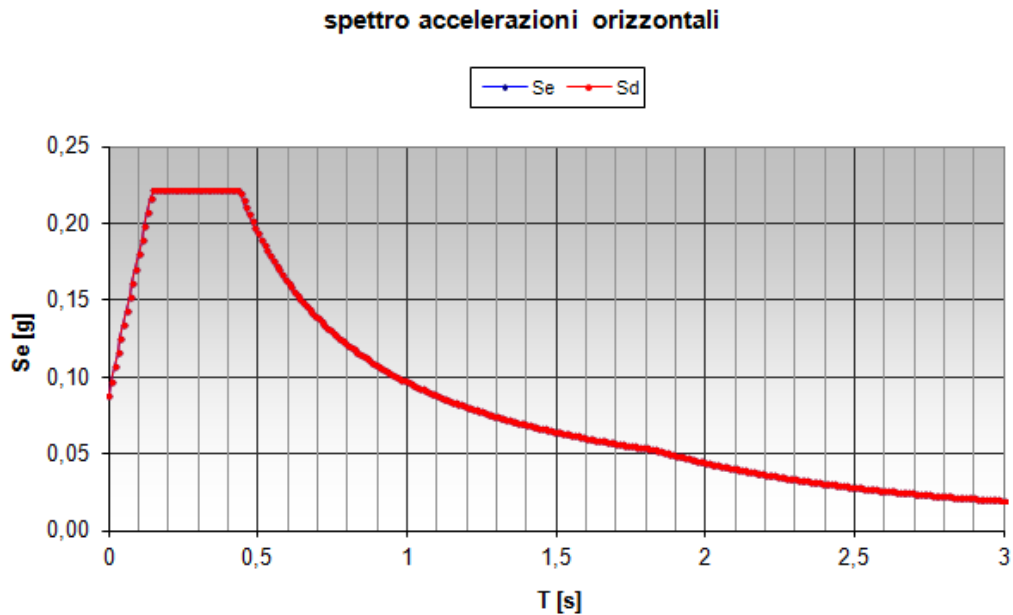
$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Gli spettri di accelerazione al suolo sono stati fissati considerando sulla base dei dati forniti all'interno della relazione geologica, un terreno di tipo C e un valore di coefficiente di topografia relativo alla categoria T1.

I valori che si ottengono per lo spettro di risposta della componente orizzontale del sisma, per lo Stato Limite di Danno SLD utilizzato per l'analisi del complesso edilizio sono, quindi, i seguenti:

$$a_{g-SLD} = 0,059g \quad F_0 = 2,503 \quad T_C^* = 0,270\text{sec}$$

La figura seguente riporta lo spettro SLD utilizzato per le analisi:



I valori che si ottengono per lo spettro di risposta della componente orizzontale del sisma, per lo

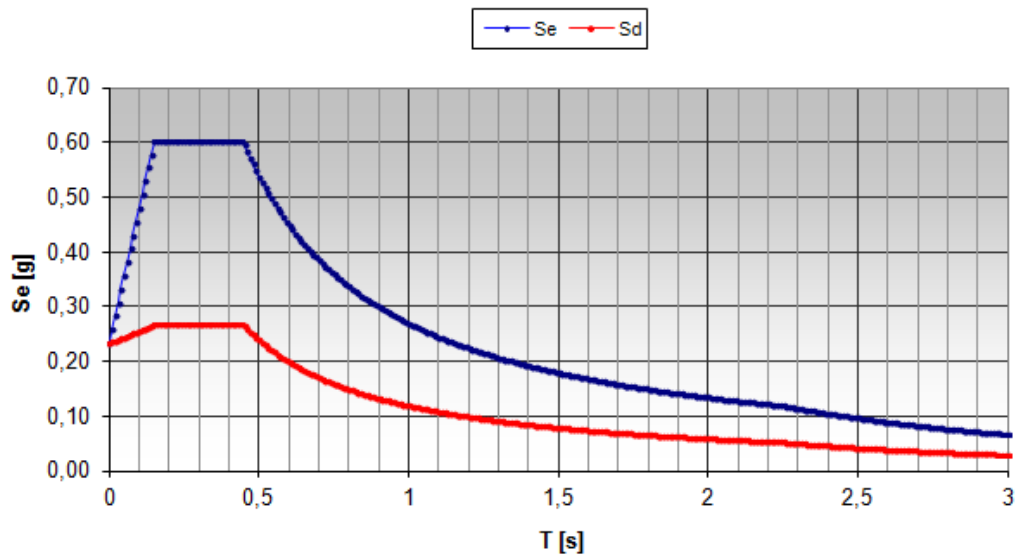
$$a_{g-SLV} = 0,161g \quad F_0 = 2,572 \quad T_C^* = 0,280\text{sec}$$

$$\eta = 1/q \quad q = q_0 \cdot K_R$$

In accordo con il DM 14/01/08 e la CM617 per la definizione del coefficiente di struttura si ottiene (a favore di sicurezza alcuni edifici sono stati considerati non regolari in elevazione):  $q = 2,25$ .

La figura seguente riporta lo spettro di progetto (riga in rosso):

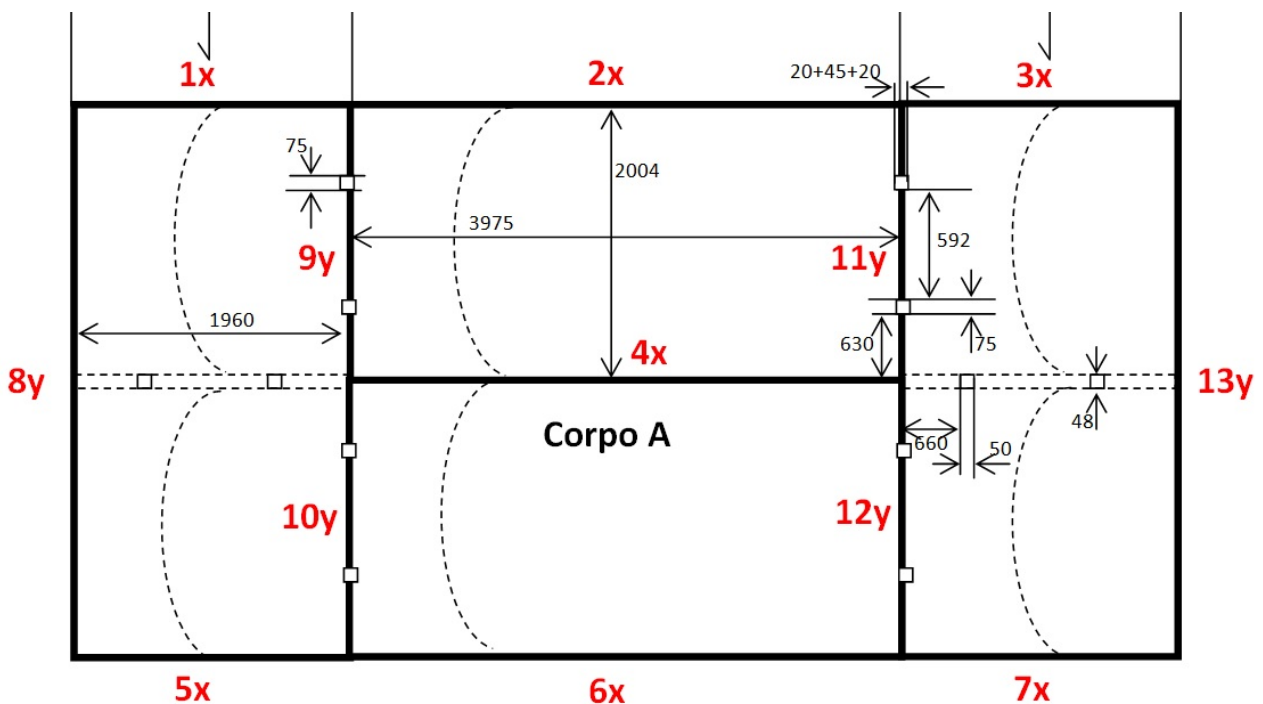
**spettro accelerazioni orizzontali**



## 9. CORPO A – ANALISI STATICA, CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DI SICUREZZA

Nel seguito si effettua la verifica nei confronti dei carichi statici sulle strutture verticali al fine di evidenziare eventuali incompatibilità con le prevedibili (ed attuali) condizioni di esercizio della struttura, e al fine di identificare i meccanismi dei carichi verticali (e la relativa curva di attivazione compilata nelle schede di sintesi della verifica sismica per gli edifici strategici ai fini della protezione civile o rilevanti in caso di collasso a seguito di evento sismico, riportate in allegato). Sono stati analizzati solo gli elementi verticali, in quanto non è stato possibile effettuare prove ed indagini e prove di caratterizzazione meccanica dei materiali delle coperture.

Si evidenzia, inoltre, che la struttura principale è una struttura portante a setti in muratura, in quanto i pilastri in c.a. presenti in una porzione dell'edificio, all'interno della pianta, sono stati considerati come elementi secondari in quanto sopportano solo carichi verticali e non orizzontali.



Corpo A: Numerazione pareti

		unità di misura	Volta	Copertura in legno	tot
<b>carichi solaio</b>	carichi permanenti G	kg/m <sup>2</sup>	200	120	
	carichi variabili Q	kg/m <sup>2</sup>	0	120	
	coeff. Inclinazione		1.2	1.2	
	coefficiente $\phi$ G		1.3	1.3	
	coefficiente $\phi$ Q	-	1.5	1.5	
	<b>TOT carichi in condizioni statiche SLU</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>312</b>	<b>403.2</b>	
<b>area corpo A</b>	<b>area</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>3200</b>	<b>3200</b>	
<b>coeff. ripartizione pareti</b>	parete 1x	-	0.06	0.06	
	parete 2x	-	0.13	0.13	
	parete 3x	-	0.06	0.06	
	parete 4x	-	0.25	0.25	
	parete 5x	-	0.06	0.06	
	parete 6x	-	0.13	0.13	
	parete 7x	-	0.06	0.06	
	parete 8y	-	0.06	0.06	
	parete 9y	-	0.03	0.03	
	parete 10y	-	0.03	0.03	
	parete 11y	-	0.03	0.03	
	parete 12y	-	0.03	0.03	
	parete 13y	-	0.06	0.06	
	TOT	-	1.00	1.00	
<b>N su pareti da solaio (1 di 2)</b>	parete 1x	kg	62400	80640	
	parete 2x	kg	124800	161280	
	parete 3x	kg	62400	80640	
	parete 4x	kg	249600	322560	
	parete 5x	kg	62400	80640	
	parete 6x	kg	124800	161280	
	parete 7x	kg	62400	80640	
	parete 8y	kg	62400	80640	
	parete 9y	kg	31200	40320	
	parete 10y	kg	31200	40320	
	parete 11y	kg	31200	40320	
	parete 12y	kg	31200	40320	
	parete 13y	kg	62400	80640	
	TOT	kg	998400	1290240	

<b>peso proprio murature</b>	p.p. muratura	kg/m3	1800	1800	
	coefficiente $\phi_G$	-	1.3	1.3	
	p.p. muratura SLU	kg/m3	2340	2340	
	h piano (media)	m	7	0.2	7.2
<b>spessori pareti</b>	parete 1x	cm	45	45	
	parete 2x	cm	45	45	
	parete 3x	cm	45	45	
	parete 4x	cm	45	45	
	parete 5x	cm	45	45	
	parete 6x	cm	45	45	
	parete 7x	cm	45	45	
	parete 8y	cm	45	45	
	parete 9y	cm	45	45	
	parete 10y	cm	45	45	
	parete 11y	cm	45	45	
	parete 12y	cm	45	45	
	parete 13y	cm	45	45	
	<b>altezze pareti</b>	parete 1x	m	7	0.2
parete 2x		m	7	0.2	
parete 3x		m	7	0.2	
parete 4x		m	7	0.2	
parete 5x		m	7	0.2	
parete 6x		m	7	0.2	
parete 7x		m	7	0.2	
parete 8y		m	7	0.2	
parete 9y		m	7	0.2	
parete 10y		m	7	0.2	
parete 11y		m	7	0.2	
parete 12y		m	7	0.2	
parete 13y		m	7	0.2	
<b>lunghezze pareti</b>		parete 1x	m	20	20
	parete 2x	m	40	40	
	parete 3x	m	20	20	
	parete 4x	m	40	40	
	parete 5x	m	20	20	
	parete 6x	m	40	40	
	parete 7x	m	20	20	
	parete 8y	m	40	40	
	parete 9y	m	20	20	
	parete 10y	m	20	20	
	parete 11y	m	20	20	
	parete 12y	m	20	20	
	parete 13y	m	40	40	
	<b>N peso proprio pareti (2 di 2)</b>	parete 1x	kg	147420	4212
parete 2x		kg	294840	8424	
parete 3x		kg	147420	4212	
parete 4x		kg	294840	8424	
parete 5x		kg	147420	4212	
parete 6x		kg	294840	8424	
parete 7x		kg	147420	4212	
parete 8y		kg	294840	8424	
parete 9y		kg	147420	4212	
parete 10y		kg	147420	4212	
parete 11y		kg	147420	4212	
parete 12y		kg	147420	4212	
parete 13y		kg	294840	8424	
<b>TOT</b>		<b>kg</b>	<b>2653560</b>	<b>75816</b>	<b>2729376</b>

<b>N tot su pareti (parziali di piano)</b>	parete 1x	kg	209820	84852	
	parete 2x	kg	419640	169704	
	parete 3x	kg	209820	84852	
	parete 4x	kg	544440	330984	
	parete 5x	kg	209820	84852	
	parete 6x	kg	419640	169704	
	parete 7x	kg	209820	84852	
	parete 8y	kg	357240	89064	
	parete 9y	kg	178620	44532	
	parete 10y	kg	178620	44532	
	parete 11y	kg	178620	44532	
	parete 12y	kg	178620	44532	
	parete 13y	kg	357240	89064	
	<b>TOT</b>	<b>kg</b>	<b>3651960</b>	<b>1366056</b>	<b>5018016</b>
<b>N tot su pareti in condizioni statiche SLU</b>	parete 1x	kg	294672	84852	
	parete 2x	kg	589344	169704	
	parete 3x	kg	294672	84852	
	parete 4x	kg	875424	330984	
	parete 5x	kg	294672	84852	
	parete 6x	kg	589344	169704	
	parete 7x	kg	294672	84852	
	parete 8y	kg	446304	89064	
	parete 9y	kg	223152	44532	
	parete 10y	kg	223152	44532	
	parete 11y	kg	223152	44532	
	parete 12y	kg	223152	44532	
	parete 13y	kg	446304	89064	
	<b>TOT</b>	<b>kg</b>	<b>5018016</b>	<b>1366056</b>	



VERIFICHE STATICHE (SLU) DELLE PARETI IN MURATURA														
parete	unità di misura	1x	2x	3x	4x	5x	6x	7x	8x	9x	10x	11x	12x	13x
<b>dimensioni</b>														
L	cm	2000	4000	2000	4000	2000	4000	2000	4000	2000	2000	2000	2000	4000
t	cm	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
H	cm	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
a	cm	2000	4000	2000	4000	2000	4000	2000	4000	2000	2000	2000	2000	4000
H/a	-	0.36	0.18	0.36	0.18	0.36	0.18	0.36	0.18	0.36	0.36	0.36	0.36	0.18
p	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
h0	cm	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
t lesena	cm	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
$\lambda = h0/tlesena$	-	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0
e solai (5 cm per muri esterni, 0 per muri interni)	cm	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	5.0	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
e acc	cm	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
e	cm	8.6	8.6	8.6	3.6	8.6	8.6	8.6	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1
m	-	1.15	1.15	1.15	0.48	1.15	1.15	1.15	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48
$\phi$	-	0.24	0.24	0.24	0.46	0.24	0.24	0.24	0.14	0.27	0.27	0.27	0.27	0.14
<b>sollecitazioni</b>														
Nstat SLU	kg	294672	589344	294672	875424	294672	589344	294672	446304	223152	223152	223152	223152	446304
<b>resistenze</b>														
f <sub>m</sub>	kg/cm <sup>2</sup>	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3
f <sub>c</sub>	-	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
$\gamma_M$ stat	-	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
f <sub>d,stat</sub>	kg/cm <sup>2</sup>	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2
f <sub>d,rid,stat</sub>	kg/cm <sup>2</sup>	2.6	2.6	2.6	5.1	2.6	2.6	2.6	1.5	3.0	3.0	3.0	3.0	1.5
<b>verifica a pressoflessione per carichi laterali (resistenza e stabilità fuori dal piano)</b>														
c0	kg/cm <sup>2</sup>	3.27	3.27	3.27	4.86	3.27	3.27	3.27	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48
N <sub>u,rid</sub>	kg	237367	474734	237367	918840	237367	474734	237367	274040	272025	272025	272025	272025	274040
N <sub>u,rid/N</sub>	-	0.81	0.81	0.81	1.05	0.81	0.81	0.81	0.61	1.22	1.22	1.22	1.22	0.61

Alcune pareti non soddisfano le verifiche statiche condotte in accordo con la normativa tecnica attuale D.M. 14/01/2008: ciò significa che il coefficiente di sicurezza rispetto ad un meccanismo di pressoflessione fuori dal piano per effetto dei carichi statici verticali e delle loro eccentricità è minore del coefficiente di sicurezza previsto dalla normativa, tenuto conto anche del livello di confidenza adottato LC2.

## 10. CORPO A - ANALISI SISMICA, CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DI SICUREZZA

Il calcolo delle sollecitazioni derivanti dal sisma di riferimento effettivamente agenti sull'edificio allo stato di fatto e le verifiche di resistenza degli elementi strutturali esistenti vengono svolti con riferimento ai carichi considerati in dettaglio nell'analisi sviluppata nei Capitoli 7 e 8.

Tramite l'analisi statica equivalente sviluppata, si individuano gli elementi resistenti alle azioni orizzontali (pareti in muratura) che non soddisfano i criteri di verifica allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita. Infine, si procede al controllo degli spostamenti della struttura sia in termini di spostamenti relativi di interpiano (SLD) che di spostamenti assoluti (SLV).

## Analisi statica per combinazione sismica

		unità di misura	Volta	Copertura in legno	tot
<b>carichi solaio</b>	carichi permanenti	kg/m <sup>2</sup>	200	120	
	carichi variabili	kg/m <sup>2</sup>	0	120	
	coeff. di inclinazione		1.2	1.2	
	coefficiente $\Delta_{zi}$	-	0	0	
	<b>TOT carichi in condizioni sismiche</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>240</b>	<b>144</b>	
<b>area solaio</b>	<b>area</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>3200</b>	<b>3200</b>	
<b>coeff. ripartizione pareti</b>	parete 1x2x3x	-	0.25	0.25	
	parete 4x	-	0.25	0.25	
	parete 5x6x7x	-	0.25	0.25	
	parete 8y	-	0.06	0.06	
	parete 9y10y	-	0.06	0.06	
	parete 11y12y	-	0.06	0.06	
	parete 13y	-	0.06	0.06	
	TOT	-	1.00	1.00	
<b>N su pareti da solaio (1 di 2)</b>	parete 1x2x3x	kg	192000	115200	
	parete 4x	kg	192000	115200	
	parete 5x6x7x	kg	192000	115200	
	parete 8y	kg	48000	28800	
	parete 9y10y	kg	48000	28800	
	parete 11y12y	kg	48000	28800	
	parete 13y	kg	48000	28800	
	TOT	kg	768000	460800	
<b>peso proprio murature</b>	p.p. muratura	kg/m <sup>3</sup>	1800	1800	
	h piano	m	7	0.2	7.2
<b>spessori pareti</b>	parete 1x2x3x	cm	45	45	
	parete 4x	cm	45	45	
	parete 5x6x7x	cm	45	45	
	parete 8y	cm	45	45	
	parete 9y10y	cm	45	45	
	parete 11y12y	cm	45	45	
	parete 13y	cm	45	45	
<b>lunghezze pareti</b>	parete 1x2x3x	m	80	80	
	parete 4x	m	40	40	
	parete 5x6x7x	m	80	80	
	parete 8y	m	40	40	
	parete 9y10y	m	40	40	
	parete 11y12y	m	40	40	
	parete 13y	m	40	40	
<b>N peso proprio pareti (2 di 2)</b>	parete 1x2x3x	kg	453600	12960	
	parete 4x	kg	226800	6480	
	parete 5x6x7x	kg	453600	12960	
	parete 8y	kg	226800	6480	
	parete 9y10y	kg	226800	6480	
	parete 11y12y	kg	226800	6480	
	parete 13y	kg	226800	6480	
	TOT	kg	2041200	58320	2099520

<b>N tot su pareti (parziali di piano)</b>	parete 1x2x3x	kg	645600	128160	
	parete 4x	kg	418800	121680	
	parete 5x6x7x	kg	645600	128160	
	parete 8y	kg	274800	35280	
	parete 9y10y	kg	274800	35280	
	parete 11y12y	kg	274800	35280	
	parete 13y	kg	274800	35280	
	<b>TOT</b>	<b>kg</b>	<b>2809200</b>	<b>519120</b>	<b>3328320</b>
<b>N tot su pareti in condizioni stat x sis</b>	parete 1x2x3x	kg	773760	128160	
	parete 4x	kg	540480	121680	
	parete 5x6x7x	kg	773760	128160	
	parete 8y	kg	310080	35280	
	parete 9y10y	kg	310080	35280	
	parete 11y12y	kg	310080	35280	
	parete 13y	kg	310080	35280	
	<b>TOT</b>	<b>kg</b>	<b>3328320</b>	<b>519120</b>	

Analisi Statica Equivalente SLV

		unità di misura	Piano 1	tot
<b>carichi solaio</b>	carichi permanenti	kg/m <sup>2</sup>	320	
	carichi variabili	kg/m <sup>2</sup>	120	
	coeff. di inclinazione		1.2	
	coefficiente $\xi_{zi}$	-	0	
	<b>TOT carichi in condizioni sismiche</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>384</b>	
<b>area</b>		m <sup>2</sup>	3200	
<b>pesi dei solai di piano</b>		kg	1228800	
	<b>peso TOT</b>	<b>kg</b>	<b>1228800</b>	1228800
<b>murature</b>	lunghezza	m	360	
	altezza (di influenza)	m	3.6	
	spessore	m	0.45	
	volume murature	m <sup>3</sup>	583.2	
<b>pesi murature</b>	volume murature	m <sup>3</sup>	583.2	
	peso specifico	kg/m <sup>3</sup>	1800	
	<b>peso TOT</b>	<b>kg</b>	<b>1049760</b>	1049760
<b>peso sismico di piano</b>		kg	2278560	
		<b>t</b>	<b>2279</b>	2279
<b>quota di piano</b>		m	7.2	7.2
<b>quota baricentro</b>	peso*quota	tm	16406	16406
	baricentro	m		<b>7.20</b>
<b>stima del periodo proprio</b>	$T1=C1*H^{(3/4)}$	s	0.22	
<b>accelerazione spettrale di riferimento</b>	ag	g	0.161	
	S	-	1.45	
	F0	-	2.572	
	q	-	2.25	
	Sd(T1)	g	0.27	
<b>accelerazioni di piano</b>	<b>a<sub>i</sub></b>	<b>g</b>	<b>0.27</b>	
			<b>F<sub>1</sub></b>	
<b>forze di piano</b>	<b>F<sub>i</sub></b>	<b>t</b>	<b>608</b>	
			<b>T<sub>01</sub></b>	
<b>tagli di piano</b>	<b>T<sub>ij</sub></b>	<b>t</b>	<b>608</b>	
			<b>M<sub>0</sub></b>	
<b>momenti flettenti ai vari piani</b>	<b>M<sub>i</sub></b>	<b>tm</b>	<b>4378</b>	

## Verifiche SLV

VERIFICHE SISMICHE DELLE PARETI IN MURATURA										
taglio di piano	kg	608055								
parete	unità di misura	1x2x3x	4x	5x6x7x	8y	9y10y	11y12y	13y	TOT	
<b>dimensioni</b>										
L	cm	8000	4000	8000	4000	4000	4000	4000		
t	cm	45	45	45	45	45	45	45		
H	cm	720	720	720	720	720	720	720		
<b>rigidezze dir. X</b>										
E	kg/cm <sup>2</sup>	61086	61086	61086						
J	cm <sup>3</sup>	1.92E+12	2.4E+11	1.92E+12						
k flex	kg/cm	3770740741	471342593	3770740741						
G	cm <sup>2</sup>	20362	20362	20362						
A	cm <sup>2</sup>	360000	180000	360000						
k shear	kg/cm	8484167	4242083	8484167						
k	kg/cm	8465120	4204245	8465120	0	0	0	0	21134485	
fattore correttivo k		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
k eff	kg/cm	8465120	4204245	8465120	0	0	0	0	21134485	
coeff. di ripartizione	-	0.40	0.20	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00		
<b>rigidezze dir. Y</b>										
E	kg/cm <sup>2</sup>				61086	61086	61086	61086		
J	cm <sup>3</sup>				2.4E+11	2.4E+11	2.4E+11	2.4E+11		
k flex	kg/cm				471342593	471342593	471342593	471342593		
G	cm <sup>2</sup>				20362	20362	20362	20362		
A	cm <sup>2</sup>				180000	180000	180000	180000		
k shear	kg/cm				4242083	4242083	4242083	4242083		
k	kg/cm	0	0	0	4204245	4204245	4204245	4204245	16816981	
fattore correttivo k		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
k eff	kg/cm	0	0	0	4204245	4204245	4204245	4204245	16816981	
coeff. di ripartizione	-	0.00	0.00	0.00	0.25	0.25	0.25	0.25		

<b>sollecitazioni</b>									
Nstat x sis	kg	773760	540480	773760	310080	310080	310080	310080	
ZNsis (30% Nstat x sis)	kg	232128	162144	232128	93024	93024	93024	93024	
Nmin	kg	541632	378336	541632	217056	217056	217056	217056	
Nmax	kg	1005888	702624	1005888	403104	403104	403104	403104	
V	kg	243548	120959	243548	152014	152014	152014	152014	
M	kgm	876772	435453	876772	547249	547249	547249	547249	
e	cm	113	81	113	176	176	176	176	
M fuoripiano	kgm	108943	54471	108943	54471	54471	54471	54471	
<b>resistenze</b>									
fm	kg/cm <sup>2</sup>	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	
Z0	kg/cm <sup>2</sup>	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	
ft	kg/cm <sup>2</sup>	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	
FC	-	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
ZM stat	-	3	3	3	3	3	3	3	
ZM sis	-	2	2	2	2	2	2	2	
fd,stat	kg/cm <sup>2</sup>	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	
fd,sis	kg/cm <sup>2</sup>	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	
fvd,stat	kg/cm <sup>2</sup>	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	
fvd,sis	kg/cm <sup>2</sup>	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	
ftd,sis	kg/cm <sup>2</sup>	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	
<b>verifica a compressione semplice</b>									
Z0	kg/cm <sup>2</sup>	2.15	3.00	2.15	1.72	1.72	1.72	1.72	
Nu	kg	4030000	2015000	4030000	2015000	2015000	2015000	2015000	
Nu/N	-	5.21	3.73	5.21	6.50	6.50	6.50	6.50	
Nu/Nmax	-	4.01	2.87	4.01	5.00	5.00	5.00	5.00	
<b>verifica a pressoflessione fuori dal piano</b>									
Mu	kgm	147879	96025	147879	61347	61347	61347	61347	$M_u = l^2 \cdot t \cdot \frac{\sigma_0}{2} \cdot \left(1 - \dots\right)$
Mu/Mfuoripiano	-	1.36	1.76	1.36	1.13	1.13	1.13	1.13	
<b>verifica a pressoflessione nel piano</b>									
Mu	kgm	26289634	8535529	26289634	5453099	5453099	5453099	5453099	$M_u = l^2 \cdot t \cdot \frac{\sigma_0}{2} \cdot \left(1 - \dots\right)$
Mu/M	-	29.98	19.60	29.98	9.96	9.96	9.96	9.96	
<b>verifica a taglio per scorrimento</b>									
L'	cm	8000	4000	8000	4000	4000	4000	4000	
fvd,sis'	kg/cm <sup>2</sup>	4.38	4.55	4.38	4.29	4.29	4.29	4.29	
Vu,s	kg	1576752	819096	1576752	773016	773016	773016	773016	$V_{u,s} = l' \cdot t \cdot f_{sd}$
Vu,s/V	-	6.47	6.77	6.47	5.09	5.09	5.09	5.09	
<b>verifica a taglio per trazione diagonale</b>									
b	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Vu,t	kg	1767023	943293	1767023	852049	852049	852049	852049	$V_{u,t} = l \cdot t \cdot \frac{f_{sd}}{b} \cdot \sqrt{1 + \dots}$
Vu,t/V	-	7.26	7.80	7.26	5.61	5.61	5.61	5.61	
<b>spostamenti</b>									
spost interpiano (C)	cm	4.32	4.32	4.32	4.32	4.32	4.32	4.32	
spost interpiano (D)	cm	0.06	0.06	0.06	0.08	0.08	0.08	0.08	
rapporto C/D		66.73	66.73	66.73	53.10	53.10	53.10	53.10	



## Analisi Statica Equivalente SLD

		unità di misura	Piano 1	tot
<b>carichi solaio</b>	carichi permanenti	kg/m <sup>2</sup>	320	
	carichi variabili	kg/m <sup>2</sup>	120	
	coeff. di inclinazione		1.2	
	coefficiente $\Delta_{2i}$	-	0	
	<b>TOT carichi in condizioni sismiche</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>384</b>	
<b>area</b>		m <sup>2</sup>	3200	
<b>pesi dei solai di piano</b>		kg	1228800	
	<b>peso TOT</b>	<b>kg</b>	<b>1228800</b>	1228800
<b>murature</b>	lunghezza	m	360	
	altezza (di influenza)	m	3.6	
	spessore	m	0.45	
	volume murature	m <sup>3</sup>	583.2	
<b>pesi murature</b>	volume murature	m <sup>3</sup>	583.2	
	peso specifico	kg/m <sup>3</sup>	1800	
	<b>peso TOT</b>	<b>kg</b>	<b>1049760</b>	1049760
<b>peso sismico di piano</b>		kg	2278560	
		<b>t</b>	<b>2279</b>	2279
<b>quota di piano</b>		m	7.2	7.2
<b>quota baricentro</b>	peso*quota	tm	16406	16406
	baricentro	m		<b>7.20</b>
<b>stima del periodo proprio</b>	$T1=C1*H^{(3/4)}$	s	0.22	
<b>accelerazione spettrale di riferimento</b>	ag	g	0.059	
	S	-	1.5	
	F0	-	2.503	
	q	-	1	
	Sd(T1)	g	0.22	
<b>accelerazioni di piano</b>	$a_i$	g	<b>0.22</b>	
			<b>F<sub>1</sub></b>	
<b>forze di piano</b>	$F_i$	t	<b>505</b>	
			<b>T<sub>01</sub></b>	
<b>tagli di piano</b>	$T_{ij}$	t	<b>505</b>	
			<b>M<sub>0</sub></b>	
<b>momenti flettenti ai vari piani</b>	$M_i$	tm	<b>3634</b>	

Verifiche SLD

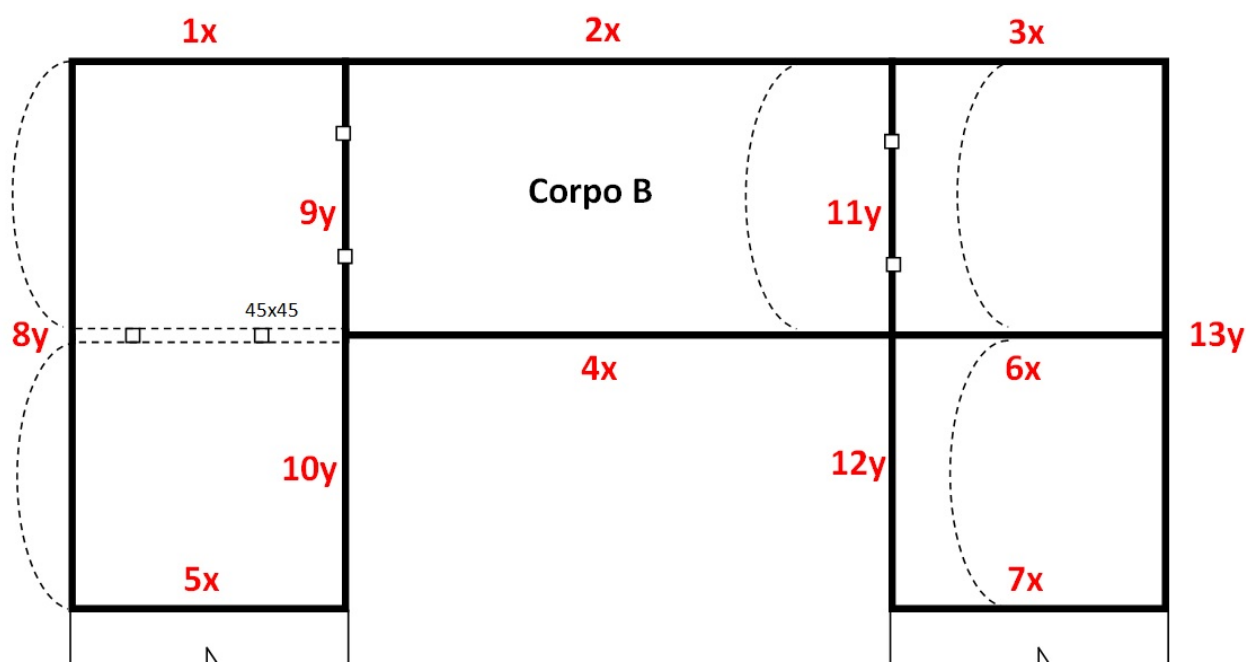
VERIFICHE SISMICHE DELLE PARETI IN MURATURA										
taglio di piano		kg	504736							
parete	unità di misura	1x2x3x	4x	5x6x7x	8y	9y10y	11y12y	13y	TOT	
<b>dimensioni</b>										
L	cm	8000	4000	8000	4000	4000	4000	4000		
t	cm	45	45	45	45	45	45	45		
H	cm	720	720	720	720	720	720	720		
<b>rigidezze dir. X</b>										
E	kg/cm <sup>2</sup>	61086	61086	61086						
J	cm <sup>3</sup>	1.92E+12	2.4E+11	1.92E+12						
k flex	kg/cm	3770740741	471342593	3770740741						
G	cm <sup>2</sup>	20362	20362	20362						
A	cm <sup>2</sup>	360000	180000	360000						
k shear	kg/cm	8484167	4242083	8484167						
k	kg/cm	8465120	4204245	8465120	0	0	0	0	21134485	
fattore correttivo k		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
k eff	kg/cm	8465120	4204245	8465120	0	0	0	0	21134485	
coeff. di ripartizione	-	0.40	0.20	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00		
<b>rigidezze dir. Y</b>										
E	kg/cm <sup>2</sup>				61086	61086	61086	61086		
J	cm <sup>3</sup>				2.4E+11	2.4E+11	2.4E+11	2.4E+11		
k flex	kg/cm				471342593	471342593	471342593	471342593		
G	cm <sup>2</sup>				20362	20362	20362	20362		
A	cm <sup>2</sup>				180000	180000	180000	180000		
k shear	kg/cm				4242083	4242083	4242083	4242083		
k	kg/cm	0	0	0	4204245	4204245	4204245	4204245	16816981	
fattore correttivo k		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
k eff	kg/cm	0	0	0	4204245	4204245	4204245	4204245	16816981	
coeff. di ripartizione	-	0.00	0.00	0.00	0.25	0.25	0.25	0.25		

sollecitazioni									
Nstat x sis	kg	773760	540480	773760	310080	310080	310080	310080	
□Nsis (30% Nstat x sis)	kg	232128	162144	232128	93024	93024	93024	93024	
Nmin	kg	541632	378336	541632	217056	217056	217056	217056	
Nmax	kg	1005888	702624	1005888	403104	403104	403104	403104	
V	kg	202165	100406	202165	126184	126184	126184	126184	
M	kgm	727794	361463	727794	454263	454263	454263	454263	
e	cm	94	67	94	146	146	146	146	
resistenze									
fm	kg/cm <sup>2</sup>	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	
□D	kg/cm <sup>2</sup>	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	
ft	kg/cm <sup>2</sup>	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	
FC	-	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
□M stat	-	3	3	3	3	3	3	3	
□M sis	-	2	2	2	2	2	2	2	
fd,stat	kg/cm <sup>2</sup>	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	
fd,sis	kg/cm <sup>2</sup>	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	
fvd,stat	kg/cm <sup>2</sup>	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	
fvd,sis	kg/cm <sup>2</sup>	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	
ftd,sis	kg/cm <sup>2</sup>	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	
verifica a compressione semplice									
□0	kg/cm <sup>2</sup>	2.15	3.00	2.15	1.72	1.72	1.72	1.72	
Nu	kg	4030000	2015000	4030000	2015000	2015000	2015000	2015000	
Nu/N	-	5.21	3.73	5.21	6.50	6.50	6.50	6.50	
Nu/Nmax	-	4.01	2.87	4.01	5.00	5.00	5.00	5.00	
verifica a pressoflessione nel piano									
Mu	kgm	26289634	8535529	26289634	5453099	5453099	5453099	5453099	$M_u = l^2 \cdot t \cdot \frac{\sigma_u}{2} \cdot 1$
Mu/M	-	36.12	23.61	36.12	12.00	12.00	12.00	12.00	
verifica a taglio per scorrimento									
L'	cm	8000	4000	8000	4000	4000	4000	4000	
fvd,sis'	kg/cm <sup>2</sup>	4.38	4.55	4.38	4.29	4.29	4.29	4.29	
Vu,s	kg	1576752	819096	1576752	773016	773016	773016	773016	$V_{u,s} = l' \cdot t \cdot f_{ud}$
Vu,s/V	-	7.80	8.16	7.80	6.13	6.13	6.13	6.13	
verifica a taglio per trazione diagonale									
b	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Vu,t	kg	1767023	943293	1767023	852049	852049	852049	852049	$V_{u,t} = l \cdot t \cdot \frac{f_{ut}}{b} \sqrt{1 + \frac{c}{j}}$
Vu,t/V	-	8.74	9.39	8.74	6.75	6.75	6.75	6.75	
spostamenti									
spost interpiano (C)	cm	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	
spost interpiano (D)	cm	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	
rapporto C/D		90.44	90.44	90.44	71.97	71.97	71.97	71.97	

## 11. CORPO B – ANALISI STATICA, CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DI SICUREZZA

Nel seguito si effettua la verifica nei confronti dei carichi statici sulle strutture verticali al fine di evidenziare eventuali incompatibilità con le prevedibili (ed attuali) condizioni di esercizio della struttura, e al fine di identificare i meccanismi dei carichi verticali (e la relativa curva di attivazione compilata nelle schede di sintesi della verifica sismica per gli edifici strategici ai fini della protezione civile o rilevanti in caso di collasso a seguito di evento sismico, riportate in allegato). Sono stati analizzati solo gli elementi verticali, in quanto non è stato possibile effettuare prove ed indagini e prove di caratterizzazione meccanica dei materiali delle coperture.

Si evidenzia, inoltre, che la struttura principale è una struttura portante a setti in muratura, in quanto i pilastri in c.a. presenti in una porzione dell'edificio, all'interno della pianta, sono stati considerati come elementi secondari in quanto sopportano solo carichi verticali e non orizzontali.



Corpo A: Numerazione pareti

		unità di misura	Volta	Copertura in legno	tot
<b>carichi solaio</b>	carichi permanenti G	kg/m <sup>2</sup>	200	120	
	carichi variabili Q	kg/m <sup>2</sup>	0	120	
	coeff. Inclinazione		1.2	1.2	
	coefficiente $\delta$ G		1.3	1.3	
	coefficiente $\delta$ Q	-	1.5	1.5	
	<b>TOT carichi in condizioni statiche SLU</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>312</b>	<b>403</b>	
<b>area corpo A</b>	<b>area</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>2400</b>	<b>2400</b>	
<b>coeff. ripartizione pareti</b>	parete 1x	-	0.08	0.08	
	parete 2x	-	0.17	0.17	
	parete 3x	-	0.08	0.08	
	parete 4x	-	0.17	0.17	
	parete 5x	-	0.08	0.08	
	parete 6x	-	0.17	0.17	
	parete 7x	-	0.08	0.08	
	parete 8y	-	0.08	0.08	
	parete 9y	-	0.04	0.04	
	parete 10y	-	0.04	0.04	
	parete 11y	-	0.00	0.00	
	parete 12y	-	0.00	0.00	
	parete 13y	-	0.00	0.00	
	TOT	-	1.00	1.00	
<b>N su pareti da solaio (1 di 2)</b>	parete 1x	kg	62400	80640	
	parete 2x	kg	124800	161280	
	parete 3x	kg	62400	80640	
	parete 4x	kg	124800	161280	
	parete 5x	kg	62400	80640	
	parete 6x	kg	124800	161280	
	parete 7x	kg	62400	80640	
	parete 8y	kg	62400	80640	
	parete 9y	kg	31200	40320	
	parete 10y	kg	31200	40320	
	parete 11y	kg	0	0	
	parete 12y	kg	0	0	
	parete 13y	kg	0	0	
	TOT	kg	748800	967680	

<b>peso proprio murature</b>	p.p. muratura	kg/m3	1800	1800	
	coefficiente $\delta G$	-	1.3	1.3	
	p.p. muratura SLU	kg/m3	2340	2340	
	h piano (media)	m	7	0.2	7.2
<b>spessori pareti</b>	parete 1x	cm	45	45	
	parete 2x	cm	45	45	
	parete 3x	cm	45	45	
	parete 4x	cm	45	45	
	parete 5x	cm	45	45	
	parete 6x	cm	45	45	
	parete 7x	cm	45	45	
	parete 8y	cm	45	45	
	parete 9y	cm	45	45	
	parete 10y	cm	45	45	
	parete 11y	cm	45	45	
	parete 12y	cm	45	45	
	parete 13y	cm	45	45	
<b>altezze pareti</b>	parete 1x	m	7	0.2	
	parete 2x	m	7	0.2	
	parete 3x	m	7	0.2	
	parete 4x	m	7	0.2	
	parete 5x	m	7	0.2	
	parete 6x	m	7	0.2	
	parete 7x	m	7	0.2	
	parete 8y	m	7	0.2	
	parete 9y	m	7	0.2	
	parete 10y	m	7	0.2	
	parete 11y	m	7	0.2	
	parete 12y	m	7	0.2	
	parete 13y	m	7	0.2	
<b>lunghezze pareti</b>	parete 1x	m	20	20	
	parete 2x	m	40	40	
	parete 3x	m	20	20	
	parete 4x	m	40	40	
	parete 5x	m	20	20	
	parete 6x	m	20	20	
	parete 7x	m	20	20	
	parete 8y	m	40	40	
	parete 9y	m	20	20	
	parete 10y	m	20	20	
	parete 11y	m	20	20	
	parete 12y	m	20	20	
	parete 13y	m	40	40	
<b>N peso proprio pareti (2 di 2)</b>	parete 1x	kg	147420	4212	
	parete 2x	kg	294840	8424	
	parete 3x	kg	147420	4212	
	parete 4x	kg	294840	8424	
	parete 5x	kg	147420	4212	
	parete 6x	kg	147420	4212	
	parete 7x	kg	147420	4212	
	parete 8y	kg	294840	8424	
	parete 9y	kg	147420	4212	
	parete 10y	kg	147420	4212	
	parete 11y	kg	147420	4212	
	parete 12y	kg	147420	4212	
	parete 13y	kg	294840	8424	
	<b>TOT</b>	<b>kg</b>	<b>2506140</b>	<b>71604</b>	<b>2577744</b>

<b>N tot su pareti (parziali di piano)</b>	parete 1x	kg	209820	84852	
	parete 2x	kg	419640	169704	
	parete 3x	kg	209820	84852	
	parete 4x	kg	419640	169704	
	parete 5x	kg	209820	84852	
	parete 6x	kg	272220	165492	
	parete 7x	kg	209820	84852	
	parete 8y	kg	357240	89064	
	parete 9y	kg	178620	44532	
	parete 10y	kg	178620	44532	
	parete 11y	kg	147420	4212	
	parete 12y	kg	147420	4212	
	parete 13y	kg	294840	8424	
	<b>TOT</b>	<b>kg</b>	<b>3254940</b>	<b>1039284</b>	<b>4294224</b>
<b>N tot su pareti in condizioni statiche SLU</b>	parete 1x	kg	294672	84852	
	parete 2x	kg	589344	169704	
	parete 3x	kg	294672	84852	
	parete 4x	kg	589344	169704	
	parete 5x	kg	294672	84852	
	parete 6x	kg	437712	165492	
	parete 7x	kg	294672	84852	
	parete 8y	kg	446304	89064	
	parete 9y	kg	223152	44532	
	parete 10y	kg	223152	44532	
	parete 11y	kg	151632	4212	
	parete 12y	kg	151632	4212	
	parete 13y	kg	303264	8424	
	<b>TOT</b>	<b>kg</b>	<b>4294224</b>	<b>1039284</b>	

VERIFICHE STATICHE (SLU) DELLE PARETI IN MURATURA														
parete	unità di misura	1x	2x	3x	4x	5x	6x	7x	8y	9y	10y	11y	12y	13y
<b>dimensioni</b>														
L	cm	2000	4000	2000	4000	2000	2000	2000	4000	2000	2000	2000	2000	4000
t	cm	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
H	cm	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
a	cm	2000	4000	2000	4000	2000	2000	2000	4000	2000	2000	2000	2000	4000
H/a	-	0.36	0.18	0.36	0.18	0.36	0.36	0.36	0.18	0.36	0.36	0.36	0.36	0.18
p	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
h0	cm	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
t lesena	cm	45	45	45	45	45	45	45	45	75	45	75	45	45
$\lambda = h0/tiesena$	-	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	9.6	16.0	9.6	16.0	16.0
e solai (5 cm per muri esterni, 0 per muri interni)	cm	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
e acc	cm	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
e	cm	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	3.6	8.6	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1
m	-	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	0.48	1.15	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48
$\phi$	-	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.46	0.24	0.14	0.27	0.14	0.27	0.14	0.14
<b>sollecitazioni</b>														
Nstat SLU	kg	294672	589344	294672	589344	294672	437712	294672	446304	223152	223152	151632	151632	303264
<b>resistenze</b>														
f <sub>m</sub>	kg/cm <sup>2</sup>	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3
FC	-	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
$\gamma_M$ stat	-	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
f <sub>d,stat</sub>	kg/cm <sup>2</sup>	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2
f <sub>d,rid,stat</sub>	kg/cm <sup>2</sup>	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	5.1	2.6	1.5	3.0	1.5	3.0	1.5	1.5
verifica a pressoflessione per carichi laterali (resistenza e stabilità fuori dal piano)														
$\sigma_0$	kg/cm <sup>2</sup>	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	4.86	3.27	2.48	2.48	2.48	1.68	1.68	1.68
N <sub>u,rid</sub>	kg	237367	474734	237367	474734	237367	459420	237367	274040	272025	137020	272025	137020	274040
N <sub>u,rid/N</sub>	-	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	1.05	0.81	0.61	1.22	0.61	1.79	0.90	0.90



Alcune pareti non soddisfano le verifiche statiche condotte in accordo con la normativa tecnica attuale D.M. 14/01/2008: ciò significa che il coefficiente di sicurezza rispetto ad un meccanismo di pressoflessione fuori dal piano per effetto dei carichi statici verticali e delle loro eccentricità è minore del coefficiente di sicurezza previsto dalla normativa, tenuto conto anche del livello di confidenza adottato LC2.

## 12. CORPO B – ANALISI SISMICA, CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DI SICUREZZA

Il calcolo delle sollecitazioni derivanti dal sisma di riferimento effettivamente agenti sull'edificio allo stato di fatto e le verifiche di resistenza degli elementi strutturali esistenti vengono svolti con riferimento ai carichi considerati in dettaglio nell'analisi sviluppata nei Capitoli 7 e 8.

Tramite l'analisi statica equivalente sviluppata, si individuano gli elementi resistenti alle azioni orizzontali (pareti in muratura) che non soddisfano i criteri di verifica allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita. Infine, si procede al controllo degli spostamenti della struttura sia in termini di spostamenti relativi di interpiano (SLD) che di spostamenti assoluti (SLV).

## Analisi statica per combinazione sismica

		unità di misura	Volta	Copertura in legno	tot
<b>carichi solaio</b>	carichi permanenti	kg/m <sup>2</sup>	200	120	
	carichi variabili	kg/m <sup>2</sup>	0	120	
	coeff. Inclinazione		1.2	1.2	
	coefficiente $\delta_{2i}$	-	0	0	
	<b>TOT carichi in condizioni sismiche</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>240</b>	<b>144</b>	
<b>area solaio</b>	area	m <sup>2</sup>	2400	2400	
<b>coeff. ripartizione pareti</b>	parete 1x2x3x	-	0.33	0.33	
	parete 4x6x	-	0.33	0.33	
	parete 5x	-	0.08	0.08	
	parete 7x	-	0.08	0.08	
	parete 8y	-	0.08	0.08	
	parete 9y10y	-	0.08	0.08	
	parete 11y12y	-	0.00	0.00	
	parete 13y	-	0.00	0.00	
	TOT	-	1.00	1.00	
<b>N su pareti da solaio (1 di 2)</b>	parete 1x2x3x	kg	192000	115200	
	parete 4x6x	kg	192000	115200	
	parete 5x	kg	48000	28800	
	parete 7x	kg	48000	28800	
	parete 8y	kg	48000	28800	
	parete 9y10y	kg	48000	28800	
	parete 11y12y	kg	0	0	
	parete 13y	kg	0	0	
	TOT	kg	576000	345600	
<b>peso proprio murature</b>	p.p. muratura	kg/m3	1800	1800	
	h piano	m	7	0.2	7.2
<b>spessori pareti</b>	parete 1x2x3x	cm	45	45	
	parete 4x6x	cm	45	45	
	parete 5x	cm	45	45	
	parete 7x	cm	45	45	
	parete 8y	cm	45	45	
	parete 9y10y	cm	45	45	
	parete 11y12y	cm	45	45	
	parete 13y	cm	45	45	
<b>lunghezze pareti</b>	parete 1x2x3x	m	80	80	
	parete 4x6x	m	60	60	
	parete 5x	m	20	20	
	parete 7x	m	20	20	
	parete 8y	m	40	40	
	parete 9y10y	m	40	40	
	parete 11y12y	m	40	40	
	parete 13y	m	40	40	
<b>N peso proprio pareti (2 di 2)</b>	parete 1x2x3x	kg	453600	12960	
	parete 4x6x	kg	340200	9720	
	parete 5x	kg	113400	3240	
	parete 7x	kg	113400	3240	
	parete 8y	kg	226800	6480	
	parete 9y10y	kg	226800	6480	

	parete 11y12y	kg	226800	6480	
	parete 13y	kg	226800	6480	
	<b>TOT</b>	<b>kg</b>	<b>1927800</b>	<b>55080</b>	<b>1982880</b>
<b>N tot su pareti (parziali di piano)</b>					
	parete 1x2x3x	kg	645600	128160	
	parete 4x6x	kg	532200	124920	
	parete 5x	kg	161400	32040	
	parete 7x	kg	161400	32040	
	parete 8y	kg	274800	35280	
	parete 9y10y	kg	274800	35280	
	parete 11y12y	kg	226800	6480	
	parete 13y	kg	226800	6480	
	<b>TOT</b>	<b>kg</b>	<b>2503800</b>	<b>400680</b>	<b>2904480</b>
<b>N tot su pareti in condizioni stat x sis</b>					
	parete 1x2x3x	kg	773760	128160	
	parete 4x6x	kg	657120	124920	
	parete 5x	kg	193440	32040	
	parete 7x	kg	193440	32040	
	parete 8y	kg	310080	35280	
	parete 9y10y	kg	310080	35280	
	parete 11y12y	kg	233280	6480	
	parete 13y	kg	233280	6480	
	<b>TOT</b>	<b>kg</b>	<b>2904480</b>	<b>400680</b>	

## Analisi Statica Equivalente SLV

		unità di misura	Piano 1	tot
<b>carichi solaio</b>	carichi permanenti	kg/m <sup>2</sup>	320	
	carichi variabili	kg/m <sup>2</sup>	120	
	coeff. Inclinazione		1.2	
	coefficiente > z <sub>i</sub>	-	0	
	<b>TOT carichi in condizioni sismiche</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>384</b>	
<b>area</b>		m <sup>2</sup>	2400	
<b>pesi dei solai di piano</b>		kg	921600	
	<b>peso TOT</b>	<b>kg</b>	<b>921600</b>	921600
<b>murature</b>	lunghezza	m	340	
	altezza (di influenza)	m	3.6	
	spessore	m	0.45	
	volume murature	m <sup>3</sup>	550.8	
<b>pesi murature</b>	volume murature	m <sup>3</sup>	550.8	
	peso specifico	kg/m <sup>3</sup>	1800	
	<b>peso TOT</b>	<b>kg</b>	<b>991440</b>	991440
<b>peso sismico di piano</b>		kg	1913040	
		<b>t</b>	<b>1913</b>	1913
<b>quota di piano</b>		m	7.2	7.2
<b>quota baricentro</b>	peso*quota	tm	13774	13774
	baricentro	m		<b>7.20</b>
<b>stima del periodo proprio</b>	T <sub>1</sub> =C <sub>1</sub> *H <sup>(3/4)</sup>	s	0.22	
<b>accelerazione spettrale di riferimento</b>	a <sub>g</sub>	g	0.161	
	S	-	1.45	
	F <sub>0</sub>	-	2.572	
	q	-	2.25	
	S <sub>d</sub> (T <sub>1</sub> )	g	0.27	
<b>accelerazioni di piano</b>	a <sub>i</sub>	<b>g</b>	<b>0.27</b>	
			<b>F<sub>1</sub></b>	
<b>forze di piano</b>	<b>F<sub>i</sub></b>	<b>t</b>	<b>511</b>	
			<b>T<sub>01</sub></b>	
<b>tagli di piano</b>	<b>T<sub>ij</sub></b>	<b>t</b>	<b>511</b>	
			<b>M<sub>0</sub></b>	
<b>momenti flettenti ai vari piani</b>	<b>M<sub>i</sub></b>	<b>tm</b>	<b>3676</b>	

Verifiche SLV

VERIFICHE SISMICHE DELLE PARETI IN MURATURA										
taglio di piano	kg	510512								
parete	unità di misura	1x2x3x	4x6x	5x	7x	8y	9y10y	11y12y	13y	
<b>dimensioni</b>										
L	cm	8000	6000	2000	2000	4000	4000	4000	4000	
t	cm	45	45	45	45	45	45	45	45	
H	cm	720	720	720	720	720	720	720	720	
<b>rigidezze dir. X</b>										
E	kg/cm <sup>2</sup>	61086	61086	61086	61086					
J	cm <sup>3</sup>	1.92E+12	8.1E+11	30000000000	30000000000					
k flex	kg/cm	3770740741	1590781250	58917824	58917824					
G	cm <sup>2</sup>	20362	20362	20362	20362					
A	cm <sup>2</sup>	360000	270000	90000	90000					
k shear	kg/cm	8484167	6363125	2121042	2121042					
k	kg/cm	8465120	6337774	2047338	2047338	0	0	0	0	
fattore correttivo k		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
k eff	kg/cm	8465120	6337774	2047338	2047338	0	0	0	0	
coeff. di ripartizione	-	0.45	0.34	0.11	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	
<b>rigidezze dir. Y</b>										
E	kg/cm <sup>2</sup>					61086	61086	61086	61086	
J	cm <sup>3</sup>					2.4E+11	2.4E+11	2.4E+11	2.4E+11	
k flex	kg/cm					471342593	471342593	471342593	471342593	
G	cm <sup>2</sup>					20362	20362	20362	20362	
A	cm <sup>2</sup>					180000	180000	180000	180000	
k shear	kg/cm					4242083	4242083	4242083	4242083	
k	kg/cm	0	0	0	0	4204245	4204245	4204245	4204245	
fattore correttivo k		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
k eff	kg/cm	0	0	0	0	4204245	4204245	4204245	4204245	
coeff. di ripartizione	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.25	0.25	0.25	

<b>sollecitazioni</b>									
Nstat x sis	kg	773760	657120	193440	193440	310080	310080	233280	233280
$\bar{N}$ sis (30% Nstat x sis)	kg	232128	197136	58032	58032	93024	93024	69984	69984
Nmin	kg	541632	459984	135408	135408	217056	217056	163296	163296
Nmax	kg	1005888	854256	251472	251472	403104	403104	303264	303264
V	kg	228683	171213	55308	55308	127628	127628	127628	127628
M	kgm	823258	616367	199110	199110	459461	459461	459461	459461
e	cm	106	94	103	103	148	148	197	197
M fuoripiano	kgm	108943	81707	27236	27236	54471	54471	54471	54471
<b>resistenze</b>									
fm	kg/cm <sup>2</sup>	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3
$\bar{R}$ 0	kg/cm <sup>2</sup>	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48
ft	kg/cm <sup>2</sup>	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48
FC	-	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
$\bar{M}$ stat	-	3	3	3	3	3	3	3	3
$\bar{M}$ sis	-	2	2	2	2	2	2	2	2
fd,stat	kg/cm <sup>2</sup>	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2
fd,sis	kg/cm <sup>2</sup>	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8
fvd,stat	kg/cm <sup>2</sup>	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63
fvd,sis	kg/cm <sup>2</sup>	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95
ftd,sis	kg/cm <sup>2</sup>	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95
<b>verifica a compressione semplice</b>									
$\bar{R}$ 0	kg/cm <sup>2</sup>	2.15	2.43	2.15	2.15	1.72	1.72	1.30	1.30
Nu	kg	403000	3022500	1007500	1007500	2015000	2015000	2015000	2015000
Nu/N	-	5.21	4.60	5.21	5.21	6.50	6.50	8.64	8.64
Nu/Nmax	-	4.01	3.54	4.01	4.01	5.00	5.00	6.64	6.64
<b>verifica a pressoflessione fuori dal piano</b>									
Mu	kgm	147879	122641	36970	36970	61347	61347	47722	47722
Mu/Mfuoripiano	-	1.36	1.50	1.36	1.36	1.13	1.13	0.88	0.88
<b>verifica a pressoflessione nel piano</b>									
Mu	kgm	26289634	16352092	1643102	1643102	5453099	5453099	4241957	4241957
Mu/M	-	31.93	26.53	8.25	8.25	11.87	11.87	9.23	9.23
<b>verifica a taglio per scorrimento</b>									
L'	cm	8000	6000	2000	2000	4000	4000	4000	4000
fvd,sis'	kg/cm <sup>2</sup>	4.38	4.44	4.38	4.38	4.29	4.29	4.21	4.21
Vu,s	kg	1576752	1197924	394188	394188	773016	773016	757656	757656
Vu,s/V	-	6.89	7.00	7.13	7.13	6.06	6.06	5.94	5.94
<b>verifica a taglio per trazione diagonale</b>									
b	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Vu,t	kg	1767023	1355817	441756	441756	852049	852049	819380	819380
Vu,t/V	-	7.73	7.92	7.99	7.99	6.68	6.68	6.42	6.42
<b>spostamenti</b>									
spost interpiano (C)	cm	4.32	4.32	4.32	4.32	4.32	4.32	4.32	4.32
spost interpiano (D)	cm	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07
rapporto C/D		71.07	71.07	71.07	71.07	63.25	63.25	63.25	63.25

## Analisi Statica Equivalente SLD

		unità di misura	Piano 1	tot
<b>carichi solaio</b>	carichi permanenti	kg/m <sup>2</sup>	320	
	carichi variabili	kg/m <sup>2</sup>	120	
	coeff. Inclinazione		1.2	
	coefficiente $\sigma_{2i}$	-	0	
	<b>TOT carichi in condizioni sismiche</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>384</b>	
<b>area</b>		m <sup>2</sup>	2400	
<b>pesi dei solai di piano</b>		kg	921600	
	<b>peso TOT</b>	<b>kg</b>	<b>921600</b>	921600
<b>murature</b>	lunghezza	m	340	
	altezza (di influenza)	m	3.6	
	spessore	m	0.45	
	volume murature	m <sup>3</sup>	550.8	
<b>pesi murature</b>	volume murature	m <sup>3</sup>	550.8	
	peso specifico	kg/m <sup>3</sup>	1800	
	<b>peso TOT</b>	<b>kg</b>	<b>991440</b>	991440
<b>peso sismico di piano</b>		kg	1913040	
		<b>t</b>	<b>1913</b>	1913
<b>quota di piano</b>		m	7.2	7.2
<b>quota baricentro</b>	peso*quota	tm	13774	13774
	baricentro	m		<b>7.20</b>
<b>stima del periodo proprio</b>	$T1=C1*H^{(3/4)}$	s	0.22	
<b>accelerazione spettrale di riferimento</b>	ag	g	0.059	
	S	-	1.5	
	F0	-	2.503	
	q	-	1	
	Sd(T1)	g	0.22	
<b>accelerazioni di piano</b>	$a_i$	g	<b>0.22</b>	
			<b>F<sub>1</sub></b>	
<b>forze di piano</b>	$F_i$	t	<b>424</b>	
			<b>T<sub>01</sub></b>	
<b>tagli di piano</b>	$T_{ij}$	t	<b>424</b>	
			<b>M<sub>0</sub></b>	
<b>momenti flettenti ai vari piani</b>	$M_i$	tm	<b>3051</b>	

RESPONSABILE scientifico

prof. ing. Pier Paolo Diotallevi



## Verifiche SLD

VERIFICHE SISMICHE DELLE PARETI IN MURATURA										
taglio di piano	kg	423768								
parete	unità di misura	1x2x3x	4x6x	5x	7x	8y	9y10y	11y12y	13y	
<b>dimensioni</b>										
L	cm	8000	6000	2000	2000	4000	4000	4000	4000	
t	cm	45	45	45	45	45	45	45	45	
H	cm	720	720	720	720	720	720	720	720	
<b>rigidezze dir. X</b>										
E	kg/cm <sup>2</sup>	61086	61086	61086	61086					
J	cm <sup>3</sup>	1.92E+12	8.1E+11	30000000000	30000000000					
k flex	kg/cm	3770740741	1590781250	58917824	58917824					
G	cm <sup>2</sup>	20362	20362	20362	20362					
A	cm <sup>2</sup>	360000	270000	90000	90000					
k shear	kg/cm	8484167	6363125	2121042	2121042					
k	kg/cm	8465120	6337774	2047338	2047338	0	0	0	0	
fattore correttivo k		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
k eff	kg/cm	8465120	6337774	2047338	2047338	0	0	0	0	
coeff. di ripartizione	-	0.45	0.34	0.11	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	
<b>rigidezze dir. Y</b>										
E	kg/cm <sup>2</sup>					61086	61086	61086	61086	
J	cm <sup>3</sup>					2.4E+11	2.4E+11	2.4E+11	2.4E+11	
k flex	kg/cm					471342593	471342593	471342593	471342593	
G	cm <sup>2</sup>					20362	20362	20362	20362	
A	cm <sup>2</sup>					180000	180000	180000	180000	
k shear	kg/cm					4242083	4242083	4242083	4242083	
k	kg/cm	0	0	0	0	4204245	4204245	4204245	4204245	
fattore correttivo k		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
k eff	kg/cm	0	0	0	0	4204245	4204245	4204245	4204245	
coeff. di ripartizione	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.25	0.25	0.25	

<b>sollecitazioni</b>									
Nstat x sis	kg	773760	657120	193440	193440	310080	310080	233280	233280
□Nsis (30% Nstat x sis)	kg	232128	197136	58032	58032	93024	93024	69984	69984
Nmin	kg	541632	459984	135408	135408	217056	217056	163296	163296
Nmax	kg	1005888	854256	251472	251472	403104	403104	303264	303264
V	kg	189826	142121	45910	45910	105942	105942	105942	105942
M	kgm	683373	511636	165278	165278	381391	381391	381391	381391
e	cm	88	78	85	85	123	123	163	163
<b>resistenze</b>									
fm	kg/cm <sup>2</sup>	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3	40.3
□D	kg/cm <sup>2</sup>	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48
ft	kg/cm <sup>2</sup>	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48
FC	-	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
□M stat	-	3	3	3	3	3	3	3	3
□M sis	-	2	2	2	2	2	2	2	2
fd,stat	kg/cm <sup>2</sup>	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2
fd,sis	kg/cm <sup>2</sup>	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8
fvd,stat	kg/cm <sup>2</sup>	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63
fvd,sis	kg/cm <sup>2</sup>	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95
ftd,sis	kg/cm <sup>2</sup>	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95
<b>verifica a compressione semplice</b>									
□O	kg/cm <sup>2</sup>	2.15	2.43	2.15	2.15	1.72	1.72	1.30	1.30
Nu	kg	4030000	3022500	1007500	1007500	2015000	2015000	2015000	2015000
Nu/N	-	5.21	4.60	5.21	5.21	6.50	6.50	8.64	8.64
Nu/Nmax	-	4.01	3.54	4.01	4.01	5.00	5.00	6.64	6.64
<b>verifica a pressoflessione nel piano</b>									
Mu	kgm	26289634	16352092	1643102	1643102	5453099	5453099	4241957	4241957
Mu/M	-	38.47	31.96	9.94	9.94	14.30	14.30	11.12	11.12
<b>verifica a taglio per scorrimento</b>									
L'	cm	8000	6000	2000	2000	4000	4000	4000	4000
fvd,sis'	kg/cm <sup>2</sup>	4.38	4.44	4.38	4.38	4.29	4.29	4.21	4.21
Vu,s	kg	1576752	1197924	394188	394188	773016	773016	757656	757656
Vu,s/V	-	8.31	8.43	8.59	8.59	7.30	7.30	7.15	7.15
<b>verifica a taglio per trazione diagonale</b>									
b	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Vu,t	kg	1767023	1355817	441756	441756	852049	852049	819380	819380
Vu,t/V	-	9.31	9.54	9.62	9.62	8.04	8.04	7.73	7.73
<b>spostamenti</b>									
spost interpiano (C)	cm	4.32	4.32	4.32	4.32	4.32	4.32	4.32	4.32
spost interpiano (D)	cm	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03
rapporto C/D		192.65	192.65	192.65	192.65	171.44	171.44	171.44	171.44

### 13. INDICAZIONI QUALITATIVE PER UN EVENTUALE MIGLIORAMENTO SISMICO GLOBALE DELLA STRUTTURA

Le verifiche di vulnerabilità sismica di tipo globale sono soddisfatte, ad eccezione della verifica di pressoflessione fuori dal piano delle due pareti 11y e 12y del corpo B (indice leggermente inferiore ad 1, aspetto tra l'altro legato ai meccanismi di collasso locale delle pareti, riportati nel cap. 15).

Non si ritiene comunque necessario effettuare interventi di miglioramento sismico globale.

## 14. ANALISI DELLA VULNERABILITA' SISMICA GLOBALE DELLA STRUTTURA

### 14.1 CORPO A: VULNERABILITÀ GLOBALE

Per quanto riguarda gli elementi in muratura, si procede alla valutazione in termini di SLD, e SLV dell'accelerazione e del relativo periodo di ritorno nei confronti di:

- deformazione ultima nel piano,
- resistenza fuori piano di un pannello (verifica N/Mo),
- resistenza nel piano di un pannello (verifica N/Mp-V),
- deformazione di danno in un pannello.

#### 14.1.1 DEFORMAZIONE ULTIMA NEL PIANO

Si confronta il valore della traslazione con il valore di 0,6% dell'altezza del pannello (ricavato in via sperimentale a seguito di una serie di analisi statiche non lineari), pari a:

$$\delta_{1-2} = 720 \cdot 0,6 / 100 = 4,3 \text{ cm} \text{ valore ultimo di deformazione nel piano del pannello}$$

Dall'analisi condotta si ottengono i seguenti risultati per lo SLV:

Traslazione direzione x:

$$a_{g-SLV-deformazione-ultima-x} = 10,7 \text{ g} \quad T_{R-SLV-deformazione-ultima-x} > 2475 \text{ anni} \quad \text{SLV}$$

Traslazione direzione y:

$$a_{g-SLV-deformazione-ultima-y} = 8,5 \text{ g} \quad T_{R-SLV-deformazione-ultima-y} > 2475 \text{ anni} \quad \text{SLV}$$

#### 14.1.2 RESISTENZA FUORI PIANO DI UN PANNELLO

Dall'analisi condotta si ottengono i seguenti risultati per lo SLV:

$$a_{g-SLV-N/Mo} = 0,18 \text{ g} \quad T_{R-SLV-N/Mo} = 636 \text{ anni} \quad \text{SLV}$$

### 14.1.3 RESISTENZA NEL PIANO DI UN PANNELLO

Dall'analisi condotta si ottengono i seguenti risultati per lo ogni stato limite considerato:

pressoflessione nel piano:

$$a_{g-SLV-N/M_p} = 1,6g \qquad T_{R-SLV-N/M_p} > 2475 \text{ anni} \qquad \text{SLV}$$

$$a_{g-SLD-N/M_p} = 0,71g \qquad T_{R-SLD-N/M_p} > 2475 \text{ anni} \qquad \text{SLD}$$

taglio:

$$a_{g-SLV-V} = 0,82g \qquad T_{R-SLV-V} > 2475 \text{ anni} \qquad \text{SLV}$$

$$a_{g-SLD-V} = 0,36g \qquad T_{R-SLD-V} > 2475 \text{ anni} \qquad \text{SLD}$$

### 14.1.4 DEFORMAZIONE DI DANNO IN UN PANNELLO

Dall'analisi condotta si ottengono i seguenti risultati per lo SLD:

Direzione x:

$$a_{g-SLD-\delta_x} = 5,3g \qquad T_{R-SLD-\delta_x} > 2475 \text{ anni} \qquad \text{SLD}$$

Direzione y:

$$a_{g-SLD-\delta_y} = 4,22g \qquad T_{R-SLD-\delta_y} > 2475 \text{ anni} \qquad \text{SLD}$$

## 14.2 CORPO B: VULNERABILITÀ GLOBALE

Per quanto riguarda gli elementi in muratura, si procede alla valutazione in termini di SLD, e SLV dell'accelerazione e del relativo periodo di ritorno nei confronti di:

- deformazione ultima nel piano,
- resistenza fuori piano di un pannello (verifica N/Mo),
- resistenza nel piano di un pannello (verifica N/Mp-V),
- deformazione di danno in un pannello.

### 14.2.1 DEFORMAZIONE ULTIMA NEL PIANO

Si confronta il valore della traslazione con il valore di 0,6% dell'altezza del pannello (ricavato in via sperimentale a seguito di una serie di analisi statiche non lineari), pari a:

$$\delta_{1-2} = 720 \cdot 0,6 / 100 = 4,32 \text{ cm} \text{ valore ultimo di deformazione nel piano del pannello}$$

Dall'analisi condotta si ottengono i seguenti risultati per lo SLV:

Traslazione direzione x:

$$a_{g-SLV-deformazione-ultima-x} = 4,19g \quad T_{R-SLV-deformazione-ultima-x} > 2475 \text{ anni} \quad \text{SLV}$$

Traslazione direzione y:

$$a_{g-SLV-deformazione-ultima-y} = 3,73g \quad T_{R-SLV-deformazione-ultima-y} > 2475 \text{ anni} \quad \text{SLV}$$

### 14.2.2 RESISTENZA FUORI PIANO DI UN PANNELLO

Dall'analisi condotta si ottengono i seguenti risultati per lo SLV:

$$a_{g-SLV-N/Mo} = 0,140g \quad T_{R-SLV-N/Mo} = 340 \text{ anni} \quad \text{SLV}$$

### 14.2.3 RESISTENZA NEL PIANO DI UN PANNELLO

Dall'analisi condotta si ottengono i seguenti risultati per lo ogni stato limite considerato:

pressoflessione nel piano:

$$a_{g-SLV-N/M_p} = 1,33g$$

$$T_{R-SLV-N/M_p} > 2475 \text{ anni}$$

SLV

$$a_{g-SLD-N/M_p} = 0,59g$$

$$T_{R-SLD-N/M_p} > 2475 \text{ anni}$$

SLD

taglio:

$$a_{g-SLV-V} = 0,96g$$

$$T_{R-SLV-V} > 2475 \text{ anni}$$

SLV

$$a_{g-SLD-V} = 0,42g$$

$$T_{R-SLD-V} > 2475 \text{ anni}$$

SLD

#### 14.2.4 DEFORMAZIONE DI DANNO IN UN PANNELLO

Dall'analisi condotta si ottengono i seguenti risultati per lo SLD:

Direzione x:

$$a_{g-SLD-\delta_x} = 11,3g$$

$$T_{R-SLD-\delta_x} > 2475 \text{ anni}$$

SLD

Direzione y:

$$a_{g-SLD-\delta_y} = 10,11g$$

$$T_{R-SLD-\delta_y} > 2475 \text{ anni}$$

SLD

## 15. ANALISI DELLA VULNERABILITA' LOCALE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI (RIBALTAMENTO FUORI DAL PIANO)

Le vulnerabilità riscontrate a livello locale nelle pareti portanti sono di seguito sinteticamente riassunte:

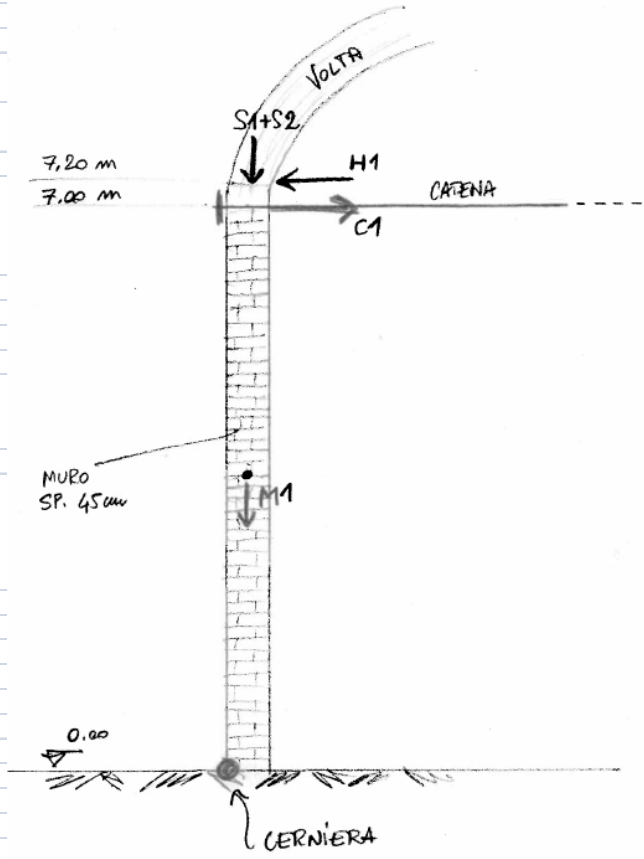
- pareti portanti di altezza elevata e spessore ridotto: è possibile l'attivazione di un meccanismo di ribaltamento con cerniera al piano terra.

Non considerando il contributo delle catene che, seppur presenti, non sono stati oggetto di specifiche indagini (es. tiro effettivo e resistenza del materiale), il meccanismo di ribaltamento fuori dal piano si attiva sicuramente, come di seguito illustrato.



SOLAI	carico uniform. distr.	area di influenza	peso da solaio	h (altezza da cerniera)	d (distanza orizz. da cerniera)	Mrib a meno di alfa0	Mstab	denominatore M*
	kg/mq	mq	kg	m	m	kgm	kgm	kg*m2
S2	144	40	5760	7.20	0.225	41472	1296	298598
S1	240	40	9600	7.20	0.225	69120	2160	497664
MURI	p.p. muratura	volume muro	peso da solaio	h (altezza da cerniera)	d (distanza orizz. da cerniera)	Mrib a meno di alfa	Mstab	denominatore M*
	kg/mc	mc	kg	m	m	kgm	kgm	kg*m2
M1	1800	12.96	23328	3.60	0.225	83981	5249	302331
SPINTE VOLTE		spinta				Mrib		
		kg	m			kgm		
H1		18286	7.20			131657		
CATENE	n catene	tiro					Mstab	
		kg	m				kgm	
C1	0	0	7.00				0	
<b>TOTALE</b>			<b>38688</b>			<b>alfa0* 194573 131657</b>	<b>8705</b>	<b>1098593</b>

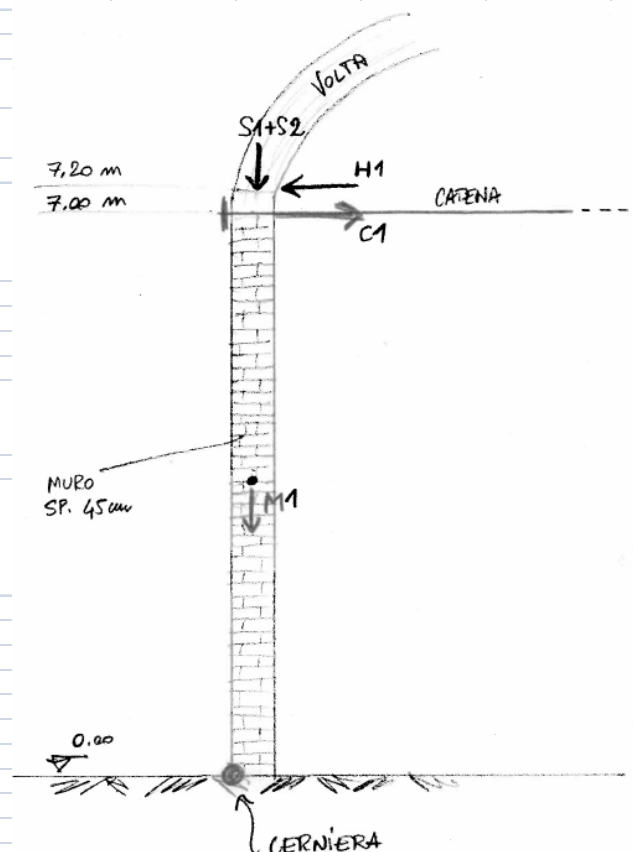
alfa0 =	-0.632
Massa partecipante al meccanismo M* =	34461 /g
Frazione di massa partecipante e* =	0.891
FC =	1.2
Accelerazione di attivazione del meccanismo (CAPACITA') =	-0.591 g
ag =	0.161 g
S =	1.450
q =	2.25
Accelerazione di riferimento da normativa (DOMANDA) =	0.104 g
Indice di sicurezza (fattore di accelerazione, rapporto CAPACITA'/DOMANDA) =	-5.70



Per evitare l'attivazione del meccanismo di ribaltamento fuori dal piano della parete (per raggiungere un valore dell'indice di sicurezza pari ad 1) è necessario che le catene siano in grado di fornire un tiro pari ad almeno  $N = C1 = 10330 \text{ kg}$ .

SOLA	carico uniform. distr.	area di influenza	peso da solaio	h (altezza da cerniera)	d (distanza orizz. da cerniera)	Mrib a meno di alfa0	Mstab	denominatore M*
	kg/mq	mq	kg	m	m	kgm	kgm	kg*m2
S2	144	40	5760	7.20	0.225	41472	1296	298598
S1	240	40	9600	7.20	0.225	69120	2160	497664
MURI	p.p. muratura	volume muro	peso da solaio	h (altezza da cerniera)	d (distanza orizz. da cerniera)	Mrib a meno di alfa	Mstab	denominatore M*
	kg/mc	mc	kg	m	m	kgm	kgm	kg*m2
M1	1800	12.96	23328	3.60	0.225	83981	5249	302331
SPINTE VOLTE		spinta				Mrib		
		kg	m			kgm		
H1		18286	7.20			131657		
CATENE	n catene	tiro					Mstab	
		kg	m				kgm	
C1	2	10330	7.00				144620	
<b>TOTALE</b>			<b>38688</b>			<b>alfa0* 194573 131657</b>	<b>153325</b>	<b>1098593</b>

alfa0 =	0.111
Massa partecipante al meccanismo M* =	34461 /g
Frazione di massa partecipante e* =	0.891
FC =	1.2
Accelerazione di attivazione del meccanismo (CAPACITA') =	0.104 g
ag =	0.161 g
S =	1.450
q =	2.25
Accelerazione di riferimento da normativa (DOMANDA) =	0.104 g
Indice di sicurezza (fattore di accelerazione, rapporto CAPACITA'/DOMANDA) =	1.00



## 16. SINTESI DEI RISULTATI - INDICATORI DI RISCHIO

La sintesi dei risultati ottenuti dalle verifiche di vulnerabilità è riportata all'interno delle "Schede di sintesi della verifica sismica per gli edifici strategici ai fini della protezione civile o rilevanti in caso di collasso a seguito di evento sismico", debitamente compilate per ogni corpo.

### 16.1 CORPO A

#### 16.1.1 INDICATORE DI RISCHIO DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV)

Sulla base dei risultati ottenuti nella verifica SLV l'accelerazione di salvaguardia della vita (corrispondente all'attivazione del meccanismo di rottura a pressoflessione fuori dal piano delle pareti in muratura) vale  $a_{g-SLV} = 0,18g$  cui corrisponde un valore di periodo di ritorno pari a  $T_{R-SLV} = 636$  anni.

L'indicatore di rischio vale quindi:  $\alpha_v = \frac{T_{R-SLV}}{T_{R-SLV,rif}} = \frac{636}{475} = 1,34$

#### 16.1.2 INDICATORE DI RISCHIO DI DANNO (SLD)

Sulla base dei risultati ottenuti nella verifica SLD l'accelerazione di danno (corrispondente all'attivazione del meccanismo di rottura a taglio nel piano delle pareti in muratura) vale  $a_{g-SLD} = 0,36g$  cui corrisponde un valore di periodo di ritorno pari a  $T_{R-SLD} > 2475$  anni.

L'indicatore di rischio vale quindi:  $\alpha_D = \frac{T_{R-SLD}}{T_{R-SLD,rif}} = \frac{2475}{50} = 49,5$

## 16.2 CORPO B

### 16.2.1 INDICATORE DI RISCHIO DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV)

Sulla base dei risultati ottenuti nella verifica SLV l'accelerazione di salvaguardia della vita (corrispondente all'attivazione del meccanismo di rottura a pressoflessione fuori dal piano delle pareti in muratura) vale  $a_{g-SLV} = 0,140g$  cui corrisponde un valore di periodo di ritorno pari a  $T_{R-SLV} = 340$  anni.

L'indicatore di rischio vale quindi:  $\alpha_V = \frac{T_{R-SLV}}{T_{R-SLV,rif}} = \frac{340}{475} = 0,72$

### 16.2.2 INDICATORE DI RISCHIO DI DANNO (SLD)

Sulla base dei risultati ottenuti nella verifica SLD l'accelerazione di danno (corrispondente all'attivazione del meccanismo di rottura a taglio nel piano delle pareti in muratura) vale  $a_{g-SLD} = 0,42g$  cui corrisponde un valore di periodo di ritorno pari a  $T_{R-SLD} > 2475$  anni.

L'indicatore di rischio vale quindi:  $\alpha_D = \frac{T_{R-SLD}}{T_{R-SLD,rif}} = \frac{2475}{50} = 49,5$

Bologna, 25 giugno 2013

Responsabile scientifico  
Prof. Pier Paolo Diotallevi

Direttore  
Prof. Francesco Ubertini