



COMUNE DI ZERO BRANCO

## RESTAURO DELLA "VILLA GUIDINI"

PROGETTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO: INTERVENTI SUI SOLAI E SULLE MURATURE  
PRIMO STRALCIO

COMMITTENTE

**"AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI ZERO BRANCO"**

Piazza Umberto I, 1 - 31059 ZERO BRANCO (TV)  
Tel 0422-485455 - Fax 0422-485434

PROGETTAZIONE  
STRUTTURALE

**E2B srl - Ing. ENRICO VIVIANI**

via Fornace Morandi 24c 35133 PADOVA  
Tel. 049-7985363 email: enrico.viviani@e2b.it

CONSULENZA  
ARCHITETTONICA

**CMP - ARCHITETTO MASSIMO CARTA MANTIGLIA PASINI**

Piazza De Gasperi n° 28 35131 PADOVA  
Tel. 049-8752345 Fax 049-8313045

CONSULENZA  
IMPIANTI ELETTRICI

**Ing. BETTIN ALESSANDRO**

Via Caltana, 188/B  
35010 - Villanova di Camposampiero (PD)  
Tel. 049 8256942 - Fax 049 9874000

CONSULENZA  
IMPIANTI MECCANICI

**Ing. SIMION GIUSEPPE**

Ingresso: Via Caltana, 165  
Scaltenigo di Mirano - 30035 VENEZIA  
Tel. 041/5770381 - Fax. 041/5778147

CODICE COMMITTENTE

CODICE COMMESSA

FASE COMMESSA

16024

PROGETTO ESECUTIVO

N° DISEGNO

RE01

ELABORATO

AGGIORNAMENTI

ELABORATO

VERIFICATO

VERIFICATO

N° FILE

16024-PE-RE-01-1-1\_0

DATA

SCALA

-

15/01/2018

TITOLO DISEGNO

RELAZIONE TECNICA GENERALE

FIRME PROGETTISTI

FIRMA CAPOGRUPPO

FIRMA RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

# 1 SOMMARIO

1	Sommario.....	2
2	Introduzione .....	3
2.1	Inquadramento urbanistico e territoriale.....	3
2.2	Analisi Storica .....	4
2.3	Descrizione dell'immobile.....	4
3	Valutazioni di vulnerabilità sismica.....	8
3.1	Mancanza di piani rigidi, cordoli di piano e ammassamento tra le pareti.....	8
3.2	Presenza di pareti in muratura molto snelle.....	8
3.3	Presenza di elementi secondari snelli.....	8
3.4	Pericolo di caduta tavole in cotto dalla copertura/controsoffitti.....	8
4	Normativa di riferimento.....	9
5	Metodo di calcolo .....	9
5.1	Tipo di analisi .....	9
5.2	Modello di calcolo .....	9
6	Proprietà dei materiali .....	13
6.1	Livello di conoscenza.....	13
6.2	Strutture in Muratura .....	13
6.3	Strutture in legno.....	14
7	Aspetti geologico-geotecnici .....	14
7.1	Tipologia di terreno secondo NTC 08 .....	15
7.2	Caratteristiche sulla topografia secondo NTC 08.....	15
7.3	Modello di interazione terreno - fondazione .....	15
8	Interventi finalizzati al miglioramento sismico delle strutture.....	17
8.1	Premessa sugli interventi in fondazione.....	17
8.2	Interventi sui muri in elevazione.....	17
8.2.1	Ammorsamento murature.....	17
8.2.2	Intervento di scuci e cucì .....	18
8.3	Interventi sui solai di interpiano.....	18
8.3.1	Inserimento di un cordolo in acciaio.....	18
8.4	Interventi in copertura .....	19
8.4.1	Irrigidimento dei solai di copertura / inserimento cordolo.....	20
8.4.2	Incremento delle giunzioni in copertura .....	20
8.5	Intervento sul campanile .....	21
9	Miglioramento sismico a seguito degli interventi .....	22
9.1	Vita nominale .....	22
9.2	Stati limite .....	22
9.3	Indicatori di rischio .....	22
9.4	Meccanismi locali di collasso .....	23
9.5	Curva di capacità derivante da analisi push-over .....	23
10	Conclusioni .....	24
11	Impianti .....	25

## 2 INTRODUZIONE

La L'Amministrazione del Comune di Zero Branco ha deliberato di realizzare il restauro della Villa Guidini, sita nell'omonima via al civico 50, per utilizzarla come sede di mostre temporanee, convegni o altre attività di carattere culturale.

Nell'anno 1992 l'Amministrazione aveva elaborato un limitato progetto di sistemazione interna di alcuni vani secondari al piano terra annessi, per ricavare due servizi igienici ed un ripostiglio; tale progetto, sottoposto al vaglio della Soprintendenza ai BB.AA.&AA., era stato dalla stessa approvato in data 13/4/1992, prot. n° 1502, ma non è stato più realizzato.

La Villa è stata poi oggetto di un altro progetto preliminare, redatto nell'anno 2004 dallo Studio dell'Arch. Massimo Carta Mantiglia Pasini, che in data 06/10/2005 ha ottenuto il parere favorevole della Soprintendenza ai Beni AA. & PP. di VE-BL-PD-TV con nota prot. 6162, nel quale si specificava che:

- *i nuovi infissi, da realizzarsi solo in caso di assoluta irrecuperabilità di quelli esistenti, non dovranno prevedere l'impiego del vetro camera in quanto in contrasto con la pregevolezza della Villa;*
- *gli elementi lignei dovranno essere puliti a mano con leggere spazzolature e trattamenti finali a cera;*
- *dovranno essere preventivamente sottoposte al giudizio tecnico di questo Ufficio tutte le campionature relative al restauro degli intonaci e degli apparati decorativi in generale presenti all'interno e all'esterno dell'edificio.*

Tale progetto prevedeva la manutenzione generale dell'intero fabbricato, ad esclusione dell'Oratorio e del Bar-Ristorante con i relativi annessi, per il suo utilizzo a sale per attività socio-culturali del Comune, con la creazione di alcuni locali per servizi igienici al p. primo aggiuntivi rispetto a quelli approvati in precedenza.

Nell'anno 2006 è stato realizzato a cura dell'Ufficio Tecnico comunale un primo stralcio dei lavori riguardanti la manutenzione ordinaria della copertura, il nuovo isolamento termico, il rifacimento delle grondaie e dei pluviali, la sistemazione degli intonaci dei camini, la sostituzione dei paramenti in legno, degli infissi dei lucernari e dei cappelli dei camini.

Nell'anno 2010 è stato presentato un progetto, e successiva variante, che prevedeva la sistemazione del locale Bar-Ristorante che in data 04/10/2011 ha ottenuto il parere favorevole della Soprintendenza ai Beni AA. & PP. di VE-BL-PD-TV con nota prot.27649.

Il presente **progetto** si prefigge l'obbiettivo di concretizzare il **miglioramento sismico di Villa Guidini**, e rientra all'interno del Progetto Definitivo di Restauro della Villa autorizzato nel 2005. Si articolerà in un **Progetto di Primo Stralcio**, il presente, che riguarda gli interventi sui solai e sulle murature e in un successivo Progetto di Completamento che interesserà l'intera copertura dell'immobile

L'insieme degli interventi di primo stralcio e di completamento porterà a raggiungere l'obbiettivo del miglioramento sismico.

### 2.1 Inquadramento urbanistico e territoriale

L'edificio oggetto della presente relazione è situato nel Comune di Zero Branco (TV), in Via G. B. Guidini n. 50. In base alla Tav. 1 - Carta dei Vincoli e della Pianificazione Territoriale (P.A.T. del Comune di Zero Branco, del 2010), l'edificio risulta avere un vincolo monumentale (ai sensi dell'art. 109 del D. Lgs. 42/2004), un vincolo paesaggistico (per la vicinanza ad un corso d'acqua, ai sensi dell'art. 142 del D. Lgs. 42/2004), ed è situato in un'area a rischio idraulico in riferimento alle opere di bonifica. L'edificio è individuato nell'immagine seguente con un cerchio di colore rosso.

## 2.2 *Analisi Storica*

A seguire si riportano alcuni cenni storici forniti dall'Arch. Massimo Carta Mantiglia Pasini.

Il complesso della Villa (oggi) Guidini sorge in località Conche del Comune di Zero Branco in una zona non densamente edificata, in prossimità del confine con il Comune di Mogliano Veneto.

Le notizie e la cartografia sulla Villa sono estremamente scarse e non consentono di comporre un profilo storico preciso della costruzione e dei suoi annessi. E' stato accertato che la proprietà dei campi su cui è inserita la Villa è da attribuirsi alla famiglia Dente e forse quindi a loro è da attribuirsi la costruzione della Villa.

Dai registri della "residenza" del 1677 si evince che Zuan Antonio Dente, mercante di lana residente in Venezia, è proprietario di 33 campi a Zero Branco, già della famiglia Susegana di Treviso, "...con casa e tezze di muro coperte di coppi".

Giobatta figlio di Zuan Antonio nella "redesima" del 1711 dichiara di possedere nel colmello di Conche in Zero Branco una "...casa dominicale con stalla, caneva, barchessa, colombera e chiesola con cortivo, giardinetto e orticello e brolo di 4 campi circa parte chiuso e parte con frutteto e viti".

Dalle citate descrizioni si possono individuare gli antefatti: da una casa acquistata dai Susegana i Dente, tra fine '600 e primi '700, realizzarono una Villa con oratorio, barchessa e quant'altro corrisponde al tipo edilizio della villa veneta.

Dai Catasti napoleonico e austro-italiano, si evince che al 1832 risulta esistente la Villa con i corpi laterali e l'oratorio e, degli annessi ad ovest, la sola barchessa, con frontestante ad est un corpo stretto che, presente nel Catasto austro-italiano del 1864, risulta demolito successivamente.

Di tutto ciò oggi rimangono la Villa, con l'oratorio sulla sua ala destra, ed i soli muri perimetrali della barchessa, puntellati negli anni '50.

Quest'ultima costituisce la parte storicamente più rilevante del cosiddetto corpo degli annessi, che, nella declaratoria di vincolo del 25/10/1972, erano identificati al N.C.E.U. di Treviso alla Sez. C, Fg, VI, n° 114.

La Villa, con facciata principale a Sud, è costituita da un insieme di quattro corpi in linea lungo un asse Est-ovest: Oratorio ad Est con affaccio sul fronte laterale; corpo a due piani; corpo padronale a due piani di classico impianto veneziano con limitato piano rialzato in attico al centro con timpano e volute laterali di raccordo; corpo a due piani, probabilmente ottocentesco, destinato a scuderia con soprastante abitazione (oggi ospitante un bar-ristorante).

I vari vani non utilizzati hanno oggi saltuaria destinazione pubblica (riunioni del Consiglio comunale, mostre, sedi di associazioni locali).

La barchessa era costituita da un corpo di fabbrica largo circa m. 14,00, ad un piano più un parziale ammezzato, con muro di spina portante centrale longitudinale. Al piano terra numerose arcate davano accesso al porticato-ricovero delle attrezzature agricole, tamponate negli anni '40.

Intorno agli anni '30, ad ovest, perpendicolarmente alla barchessa, fu costruito un corpo lineare destinato a magazzino-essiccatoio per il pepe (e poi del tabacco).

Attorno agli anni '40, a Sud e ad ovest, furono addossati alla barchessa dei modesti magazzini di solo piano terra, per necessità di espansione dell'attività di stoccaggio dei prodotti essiccati prima detti, realizzati con murature portanti, copertura a capriate lignee e coperti con lastre ondulate in cemento-amianto.

L' "Associazione Nazionale Combattenti e Reduci", proprietaria dell'intero complesso prima della recente cessione al Comune, aveva denunciato la necessità di interventi di ristrutturazione alla Villa per cui il Comune, quale locatario di allora, intraprese negli anni '80 un intervento di restauro, destinando la Villa a centro socio-culturale con biblioteca, sale per riunioni e annessi impianti sportivi.

## 2.3 *Descrizione dell'immobile*

La Villa ha pianta rettangolare, di dimensioni massime pari a circa 51.00m x 11.70m.

Come riportato nell'analisi storica, è costituita da quattro corpi in linea lungo un asse Est-Ovest, con corpi a due piani, quello centrale a tre piani, e una porzione, che ospita la chiesetta, ad un piano unico.

Ha pareti portanti perimetrali e di spina in mattoni pieni a due teste (alcuni ad una testa), e fondazioni anch'esse in mattoni pieni. I solai di piano e di copertura hanno tutti struttura in legno.

Alcune porzioni di solaio sono state restaurate nel corso degli anni, mentre alcune travi, soprattutto della copertura, risultano ammalorate. Dimensioni e interasse delle travi di solaio sono differenti da campo a campo.

Vi sono numerosi locali dotati di controsoffitti in arelle, alcuni con decori pittorici a stucco, per cui non è stato possibile valutare la tipologia di solaio presente in tutto l'edificio.

Anche la chiesetta, come si vede da una delle foto sotto riportata, ha decori sia a livello delle pareti che della copertura, per cui non è stato possibile effettuare alcun tipo di indagine.

La Villa ha subito nel corso degli anni alcuni interventi, tra cui la ristrutturazione della porzione a due piani adibita a ristorante, di cui non si hanno informazioni sugli interventi effettuati.

Dai sopralluoghi eseguiti si è verificato che è stato eseguito il taglio meccanico delle murature mediante guaina bituminosa per impedire la risalita dell'umidità (intervento eseguito 20-25 anni fa).



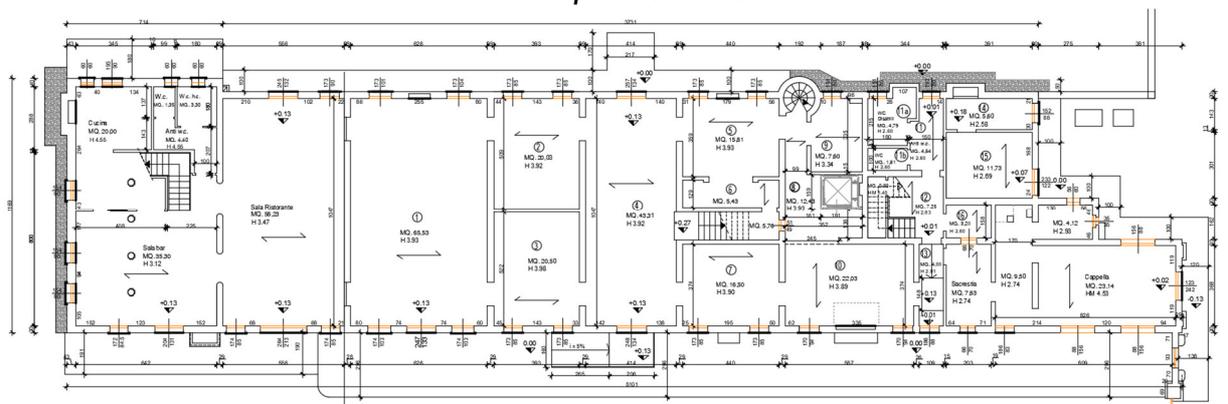
**Prospetto Sud**



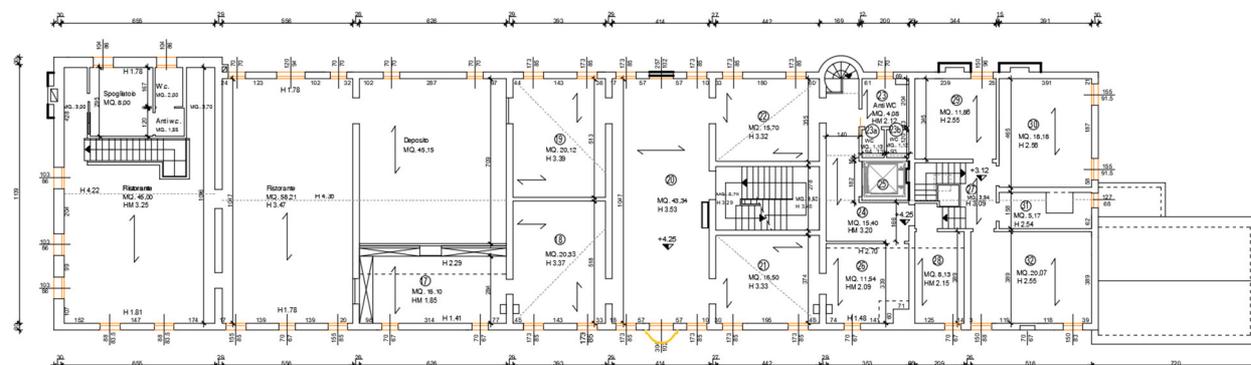
**Prospetto Nord**



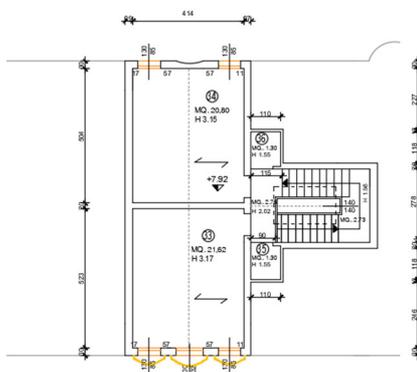
**Prospetto Est e Ovest**



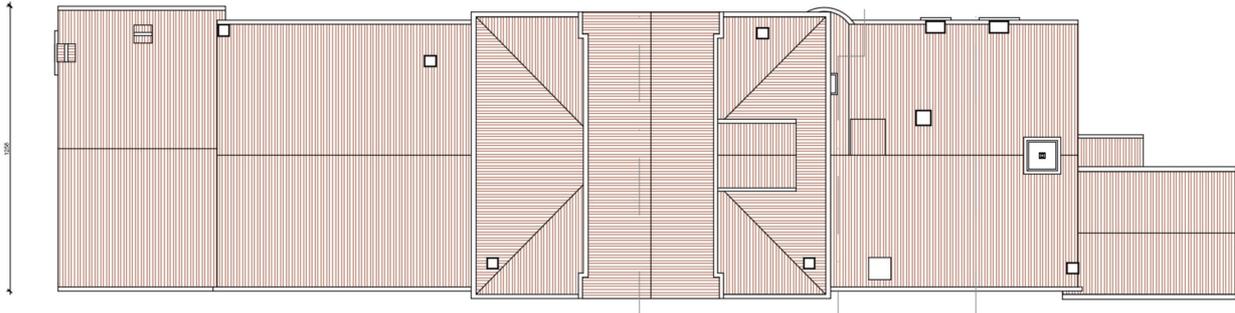
**Pianta del Piano Terra**



**Pianta del Piano Primo**



**Pianta del Piano Secondo**



*Pianta della copertura*

### **3 VALUTAZIONI DI VULNERABILITA' SISMICA**

Si riportano alcune considerazioni relative alle criticità riscontrate nell'Analisi di Vulnerabilità Sismica redatta dall'Ing. Roberto Scotta in sede di Progetto Preliminare, relativamente al miglioramento sismico dell'intera opera.

#### **3.1 Mancanza di piani rigidi, cordoli di piano e ammorsamento tra le pareti**

Il primo e il secondo solaio sono realizzati con travi in legno e tavolato semplice (spessore pari a circa 20mm), pertanto non possono essere considerati un piano rigido. Anche la copertura, realizzata con travi in legno, morali e tavelle in cotto non può essere considerata come un piano rigido. Non sono presenti, né a livello dei solai interpiano che di copertura, cordoli di piano. Inoltre, come visto nel capitolo precedente, le pareti, soprattutto quelle interne, risultano non ammorsate alle pareti perimetrali, ma semplicemente accostate.

Manca pertanto un efficace collegamento, indispensabile per trasferire le azioni sismiche dagli impalcati alle pareti, al fine di garantire un comportamento scatolare dell'edificio, ed impedire meccanismi locali di ribaltamento delle pareti.

#### **3.2 Presenza di pareti in muratura molto snelle**

Già dai primi sopralluoghi è stato rilevato che le pareti della Villa risultano snelle: tutte le pareti portanti risultano essere in mattoni pieni a due teste, quindi hanno uno spessore pari a 25cm (più l'intonaco su entrambi i lati), e raggiungono altezze, soprattutto nella parte centrale a tre piani, pari a circa 405cm al piano terra e 350cm al piano primo. La snellezza risulta pertanto rispettivamente pari a 16.2 e 14, valori abbastanza alti, che, come si vedrà, influiscono nella definizione della resistenza di progetto ridotta delle murature, influenzandone negativamente le verifiche, soprattutto statiche.

#### **3.3 Presenza di elementi secondari snelli**

Oltre alle numerose canne fumarie, che si estendono solamente per 1.20m circa dal livello della copertura, è presente una torretta campanaria, che raggiunge un'altezza di 6.20m circa dal piano della copertura. Anche se sono elementi secondari, il loro danneggiamento o rottura potrebbero risultare molto pericolosi. Hanno comportamento a mensola, risultano molto alte (superano di molti metri l'altezza del fabbricato), e in caso di sisma, potrebbero rompersi e/o rovesciarsi rigidamente.

#### **3.4 Pericolo di caduta tavelle in cotto dalla copertura/controsoffitti**

Si segnala inoltre il pericolo di caduta, in caso di azioni sismiche, delle tavelle in cotto, per perdita di appoggio sui morali (non sagomati a sostenere le tavelle ma quadrati), e la possibile caduta dei controsoffitti esistenti decorati, costituiti da arelle (cannucciato).

## 4 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Il progetto è stato sviluppato nell'osservanza della vigente normativa tecnica. Il progetto si richiama particolarmente alle seguenti normative:

- Ministero delle Infrastrutture. Decreto ministeriale 14 gennaio 2008: "Norme Tecniche per Le Costruzioni"
- Ministero delle Infrastrutture. Circolare n. 617/CSLLPP del 2 febbraio 2009: "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".
- D.P.C.M. 9/02/2011 "Linee guida per la 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"

## 5 **METODO DI CALCOLO**

La verifica delle strutture è eseguita con il metodo degli stati limite. Il calcolo delle sollecitazioni sulla struttura e la verifica delle varie sezioni caratteristiche sono stati condotti con i metodi della Scienza e della Tecnica delle Costruzioni.

### 5.1 **Tipo di analisi**

È stata condotta un'analisi di tipo non lineare statico (push-over).

Tale analisi consiste nella valutazione della capacità di spostamento allo stato limite ultimo, da confrontarsi con lo spostamento richiesto dal terremoto, valutato in termini spettrali. Tale analisi può essere eseguita, come riportato al §5.2.4 delle *Linee guida per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale*, con un modello che rappresenti il comportamento globale della costruzione o attraverso modelli di sottostrutture (porzioni architettoniche), operando verifiche locali.

La curva delle capacità può essere derivata dal legame forza-spostamento generalizzato, ottenuto attraverso un'analisi incrementale, utilizzando legami costitutivi non lineari e se necessario considerando la non linearità geometrica.

L'analisi consiste nell'applicare i carichi gravitazionali ed un sistema di forze orizzontali, che vengono scalate in modo da far crescere lo spostamento orizzontale di un punto di controllo, fino al raggiungimento delle condizioni ultime.

### 5.2 **Modello di calcolo**

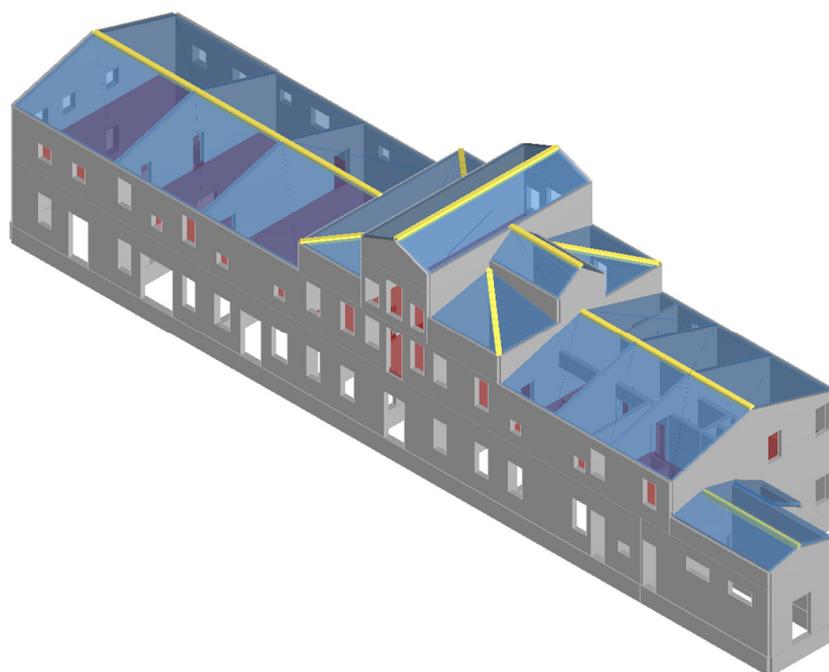
Lo studio del comportamento sismico di un edificio in muratura può presentare notevoli difficoltà in fase di modellazione, soprattutto se uniamo la considerazione che spesso si tratta di edifici appartenenti al patrimonio edilizio esistente. L'analisi storica e delle fasi costruttive ha tentato di delineare il mosaico di scenari che si sono avvicendati nel definire lo stato di fatto, fornendoci una misura dell'eterogeneità della struttura attuale.

Tutti questi fattori hanno contribuito a renderla poco schematizzabile e adattabile a modelli sviluppati principalmente per analizzare il comportamento di strutture moderne. A tal proposito, e con riferimento agli edifici tutelati, nelle "Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale – allineamento

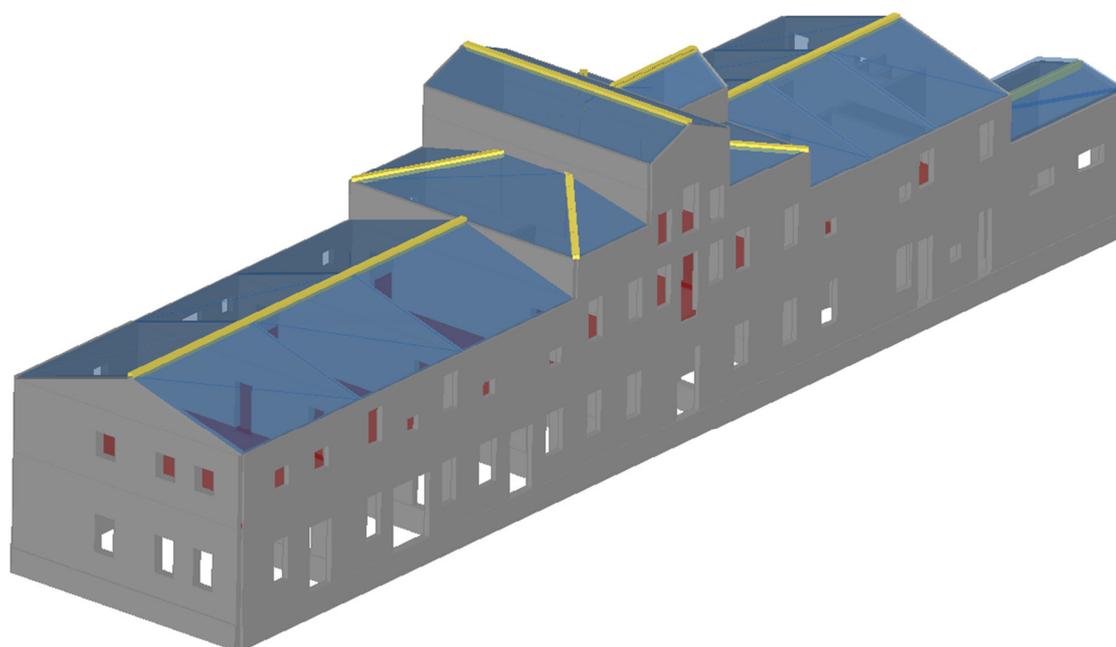
alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” (vedi capitolo 7), si riporta che: “... esistendo una evidente analogia tra la tipologia edilizia indicata con il nome di palazzi e ville con quello che viene genericamente identificato con il termine edificio (nel caso dell’edilizia ordinaria non tutelata), si ha che la modellazione complessiva dei palazzi e delle ville, può essere in genere eseguita con gli stessi modelli globali previsti dalle NTC per gli edifici esistenti in muratura. In molti casi, si rende realistica l’adozione di un modello a telaio equivalente. Per la descrizione della parete in muratura come telaio equivalente si può fare riferimento alle indicazioni delle NTC .... Relativamente ai metodi di verifica suggeriti per i singoli elementi, è opportuno considerare che le indicazioni per gli edifici non tutelati di tipologia residenziale sono in alcuni casi largamente cautelative, perché dettate da una limitata conoscenza sperimentale. Ad esempio, il modello di resistenza delle travi murarie orizzontali di accoppiamento (zone poste tra le aperture di due piani successivi) non considera la resistenza a trazione che si realizza nella muratura su un piano verticale, in virtù dell’ingranamento tra i blocchi. Modelli alternativi di comportamento delle travi di accoppiamento possono essere adottati, purché adeguatamente giustificati”.

Tenendo conto anche del ridotto livello di conoscenza raggiunto, si ritiene quindi giustificata l’adozione di un modello a telaio equivalente per l’edificio oggetto di studio.

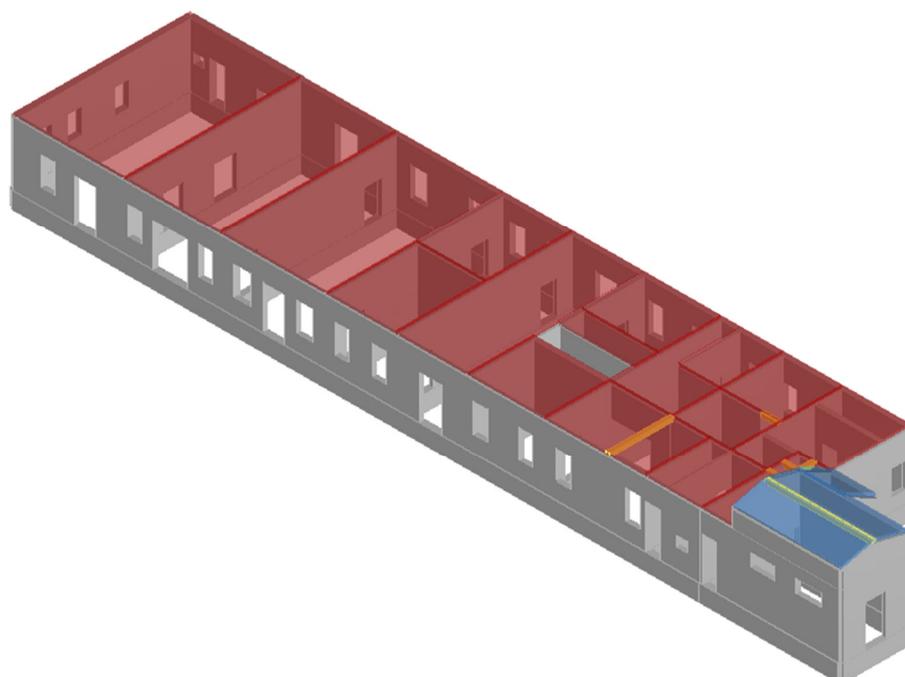
Il modello di riferimento è quello a telaio equivalente tridimensionale, in cui le pareti sono interconnesse da diaframmi orizzontali di piano (solai). Nello specifico degli edifici in muratura, la parete potrà essere adeguatamente schematizzata come telaio, in cui vengono assemblati gli elementi resistenti (maschi e fasce) ed i nodi rigidi. Le travi di accoppiamento in muratura ordinaria, o fasce, saranno modellate solo se: - La trave sia sorretta da un architrave o da un arco o da una piattabanda strutturalmente efficace, che garantisca il sostegno della muratura della fascia anche nel caso in cui quest’ultima venga fessurata e danneggiata dal sisma; - La trave sia efficacemente ammortata alle pareti che la sostengono (ovvero sia possibile confidare in una resistenza orizzontale a trazione, anche se limitata) o si possa instaurare nella trave un meccanismo resistente a puntone diagonale (ovvero sia possibile la presenza di una componente orizzontale di compressione, ad esempio per l’azione di una catena o di un elemento resistente a trazione in prossimità della trave).



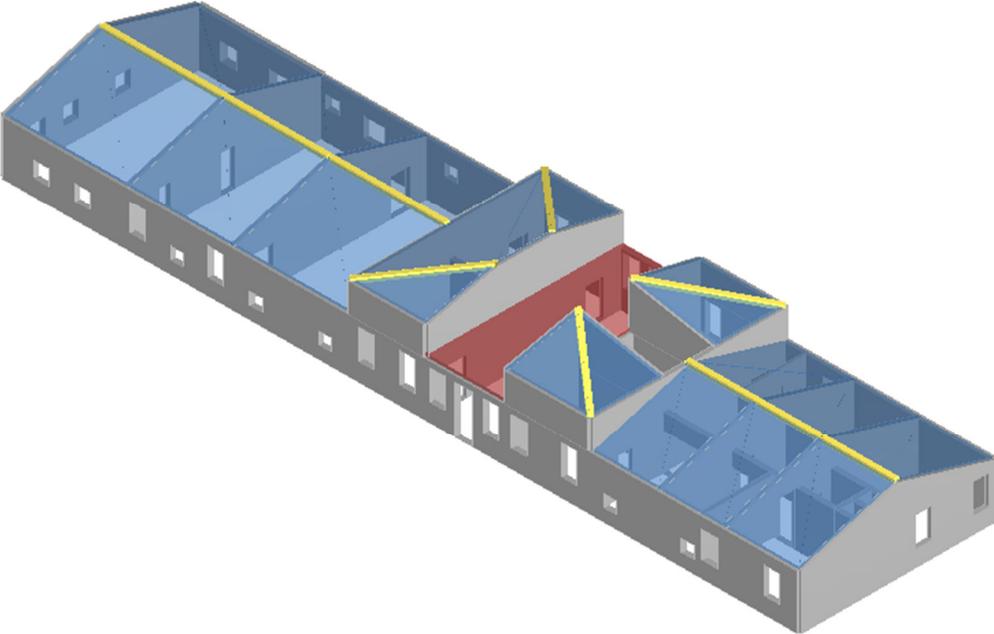
**Vista globale del modello**



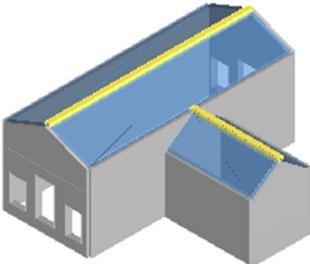
*Vista globale del modello*



*Vista del primo livello*



*Vista del secondo livello*



*Vista del terzo livello*

## **6 PROPRIETÀ DEI MATERIALI**

### **6.1 Livello di conoscenza**

Le strutture esistenti si distinguono da quelle di nuova progettazione per gli aspetti seguenti:

- il progetto riflette lo stato delle conoscenze al tempo della loro costruzione;
- il progetto può contenere difetti di impostazione concettuale e di realizzazione non evidenti.

Tali opere possono essere state soggette a terremoti passati o ad altre azioni accidentali i cui effetti non sono manifesti. Di conseguenza la valutazione della sicurezza ed il progetto degli interventi sono normalmente affetti da un grado di incertezza diverso da quello delle strutture di nuova progettazione. Ciò comporta l'impiego di adeguati fattori di confidenza nelle verifiche di sicurezza come pure metodi di analisi e di verifica dipendenti dalla completezza e dall'affidabilità dell'informazione disponibile.

Ai fini della scelta del tipo di analisi e dei valori dei fattori di confidenza, si distinguono i tre livelli di conoscenza seguenti:

- LC 1: Conoscenza limitata;
- LC 2: Conoscenza adeguata;
- LC 3: Conoscenza accurata.

Gli aspetti che definiscono i livelli di conoscenza sono:

- geometria, ossia le caratteristiche geometriche degli elementi strutturali;
- dettagli strutturali, ossia la quantità e disposizione delle armature, compreso il passo delle
- staffe e la loro chiusura, per il c.a., i collegamenti per l'acciaio, i collegamenti tra elementi strutturali diversi, la consistenza degli elementi non strutturali collaboranti;
- materiali, ossia le proprietà meccaniche dei materiali.

Per le **strutture in muratura** sono stati eseguiti esclusivamente esami visivi (indagini insitu limitate), per cui si considera un **Livello di Conoscenza LC1**, a cui corrisponde l'assunzione di un fattore di confidenza FC pari a **1.35**.

### **6.2 Strutture in Muratura**

Le strutture portanti dell'edificio risultano essere realizzate tutte in muratura in mattoni pieni. Per la definizione delle proprietà meccaniche della muratura esistente si fa riferimento alla Tabella C8A.2.1 dell'Appendice della Circolare esplicativa alle NTC 08, riportata a seguire.

Tipologia di muratura	$f_m$	$\tau_0$	E	G	w
	(N/cm <sup>2</sup> )	(N/cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100 180	2,0 3,2	690 1050	230 350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200 300	3,5 5,1	1020 1440	340 480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260 380	5,6 7,4	1500 1980	500 660	21
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140 240	2,8 4,2	900 1260	300 420	16
Muratura a blocchi lapidei squadrati	600 800	9,0 12,0	2400 3200	780 940	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240 400	6,0 9,2	1200 1800	400 600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤ 40%)	500 800	24 32	3500 5600	875 1400	15
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)	400 600	30,0 40,0	3600 5400	1080 1620	12
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%)	300 400	10,0 13,0	2700 3600	810 1080	11
Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)	150 200	9,5 12,5	1200 1600	300 400	12
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)	300 440	18,0 24,0	2400 3520	600 880	14

Per un Livello di Conoscenza 1 si devono prendere come valori di resistenza i minimi dei valori riportati nell'intervallo. La resistenza di calcolo è definita dal rapporto fra questo valore ed il fattore di confidenza FC (nel nostro caso LC1→FC=1.35). Per quanto riguarda i moduli elastici si prendono invece i valori medi indicati nella tabella.

### 6.3 Strutture in legno

Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza si fa riferimento alle indicazioni presenti nella norma UNI 11035, che indica i valori caratteristici per diversi tipi di legname, tra cui l'Abete/Italia (rosso e bianco senza distinzioni), di cui indica due tipologie di classe di resistenza C18 categoria S3 e C24 categoria S2. Per le verifiche si considera una classe C18.

## 7 ASPETTI GEOLOGICO-GEOTECNICI

Il sottosuolo è risultato essere costituito da una serie di terreni alluvionali sciolti; in superficie prevalgono i termini coesivi e argillosi, seguiti da alternanze di strati incoerenti e coesivi poggianti a 11.20m dal p.c. su sabbie e ghiaie

molto addensate. Le caratteristiche meccaniche dei terreni coesivi superficiali non sono elevate, mentre gli strati sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi evidenziano buona resistenza.

La falda è stata individuata alla quota -1.20m dal piano campagna. L'area di Villa Guidini è situata presso il margine inferiore della fascia delle risorgive; la prima falda è legata al regime dei fontanili e dotata di oscillazioni contenute.

Strato n°	m da p.c.	Natura prevalente	Rp Kg/cmq	Cu Kg/cmq	Angolo attr. °	mv cmq/Kg	Modulo edometrico Kg/cmq
1	0.00 ÷ 4.20	Coesiva Argilla limosa – limo argilloso	5 - 15	0.25 – 0.50	---	0.050	20
2	4.20÷8.60	Incoerente Sabbia medio fine	50 - 80	---	28 - 30	---	---
3	8.60÷11.20	Coesiva Argilla e limo argilloso	7 - 20	0.30 – 0.70	---	0.04	25
4	Da 11.20	Incoerente Sabbia e ghiaia	150 - 400	---	33 - 35	--	---

I terreni sono definibili “deposito non liquefacibile”, in quanto prevalgono i termini coesivi e lo spessore del terreno non liquefacibile è superiore a 3m, pur se immerso in falda da circa 1m da p.c.; nei pressi non sono noti inoltre episodi di liquefazione in corrispondenza di eventi sismici.

### 7.1 Tipologia di terreno secondo NTC 08

In base a quanto indicato nella relazione sopracitata, il terreno è riconducibile ad una **categoria C** secondo quanto previsto dalle NTC 08 al § 3.2.2: “Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT_{30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina)”.

### 7.2 Caratteristiche sulla topografia secondo NTC 08

La topografia del sito sul quale sorge l'edificio è caratterizzata da superfici pianeggianti che si estendono per diversi km dal luogo sul quale è sito l'oggetto della presente verifica. Ai sensi delle NTC08, si può asserire con facilità che la topografia del comune di Zero Branco rientra in una categoria di tipo T1 “Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ”.

### 7.3 Modello di interazione terreno - fondazione

Per simulare l'interazione tra il terreno e le fondazioni nelle verifiche si considera il metodo del suolo elastico alla Winkler. Tale metodo prevede di schematizzare il terreno con un letto di molle elastiche mutuamente indipendenti, caratterizzate dal coefficiente di reazione del terreno  $k$ , rapporto fra carico e cedimento. Alle molle è stata assegnata

una rigidezza  $k=1\text{kg/cm}^3$ , valore piuttosto elevato per tener conto della maggior rigidezza nella risposta ad azioni dinamiche.

## **8 INTERVENTI FINALIZZATI AL MIGLIORAMENTO SISMICO DELLE STRUTTURE**

### **8.1 Premessa sugli interventi in fondazione**

Sono stati valutati potenziali interventi sul sistema fondazionale che si è deciso di non realizzare. A conforto di tale decisione anche il D.P.C.M. 9/02/2011 al §6.3.9 “Interventi in fondazione” riporta quanto segue:

*L'inadeguatezza delle fondazioni è raramente la sola o la principale causa dei danni osservati dopo un terremoto. È possibile omettere gli interventi sulle strutture in fondazione, nonché le relative verifiche, qualora si riscontrino le seguenti condizioni:*

- *Non siano presenti significativi dissesti attribuibili a cedimenti in fondazione e sia stato accertato che dissesti di questa natura non si siano verificati neppure in passato;*
- *Gli interventi progettati sulla struttura in elevazione non comportino sostanziali alterazioni dello schema statico del fabbricato;*
- *Gli stessi interventi non comportino rilevanti modifiche delle sollecitazioni trasmesse alle fondazioni;*
- *Siano esclusi fenomeni di ribaltamento della costruzione per effetto delle azioni sismiche.*

Nel caso in esame infatti, non sono previsti interventi sulle strutture in elevazione da comportare modifiche dello schema statico del fabbricato, e anche i carichi sulle strutture rimangono di fatto invariati. Inoltre dai sopralluoghi effettuati non sono stati individuati dissesti attribuibili a cedimenti in fondazione.

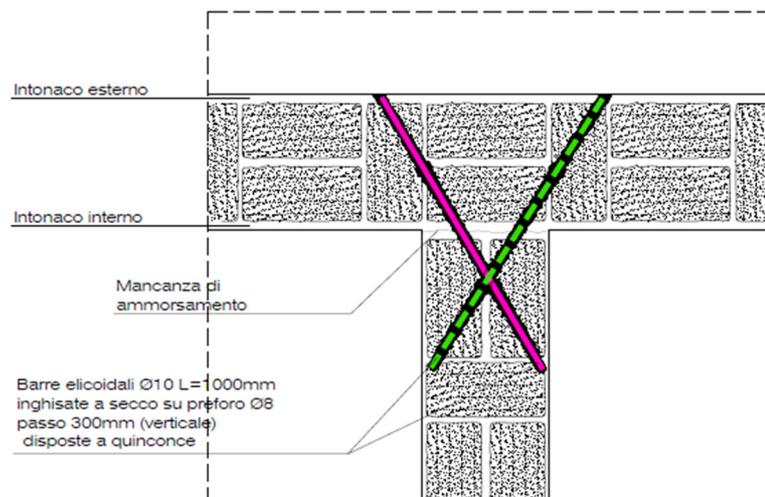
### **8.2 Interventi sui muri in elevazione**

Sui muri in elevazione si interviene unicamente riparando le parti lesionate/degradate (cuci-scuci) oppure realizzando opportuni ammorsamenti dove mancanti. Vista la presenza di numerosi intonaci decorati non sono possibili interventi volti ad incrementare in modo diffuso la resistenza degli elementi murari mediante iniezioni di miscele leganti (che comunque vista la tipologia di muratura non verrebbero assorbite) o realizzazione di intonaci armati.

#### **8.2.1 Ammorsamento murature**

Si interviene compensando le mancanze di ammorsamento della muratura negli angoli e innesti di murature trasversali attraverso cuciture armate incrociate da realizzarsi mediante inserimento di barre in acciaio o di materiali sintetico entro prefori nella muratura, ancorate mediante iniezione malte a base calce.

Tale tipologia di intervento potrà essere eseguita dall'esterno, dove possibile, in modo da evitare di dover intaccare i decori interni.



### 8.2.2 Intervento di scuci e cucì

Questo intervento è finalizzato al ripristino della continuità muraria lungo le linee di fessurazione, al risanamento di porzioni di muratura gravemente deteriorate, e per ricostituire la compagine muraria in corrispondenza di manomissioni quali cavità e vani di varia natura (come i vecchi scarichi dei bagni, le canne fumarie), utilizzando materiali simili a quelli originari per forma, dimensioni, rigidità e resistenza, collegando i nuovi elementi alla muratura esistente con adeguate ammorsature nel piano del paramento murario.

### 8.3 Interventi sui solai di interpiano

Si è visto che la sicurezza sismica della villa è fortemente limitata dalla possibilità di ribaltamenti fuori piano delle pareti (rotture locali o di modo 1), che non sono adeguatamente vincolate ai solai di piano e alle coperture.

L'eliminazione di queste labilità è la premessa essenziale per assicurare un comportamento globale d'insieme all'edificio e quindi di aumentare la sicurezza sismica dello stesso.

Gli interventi da realizzarsi sui solai interpiano sono mirati a:

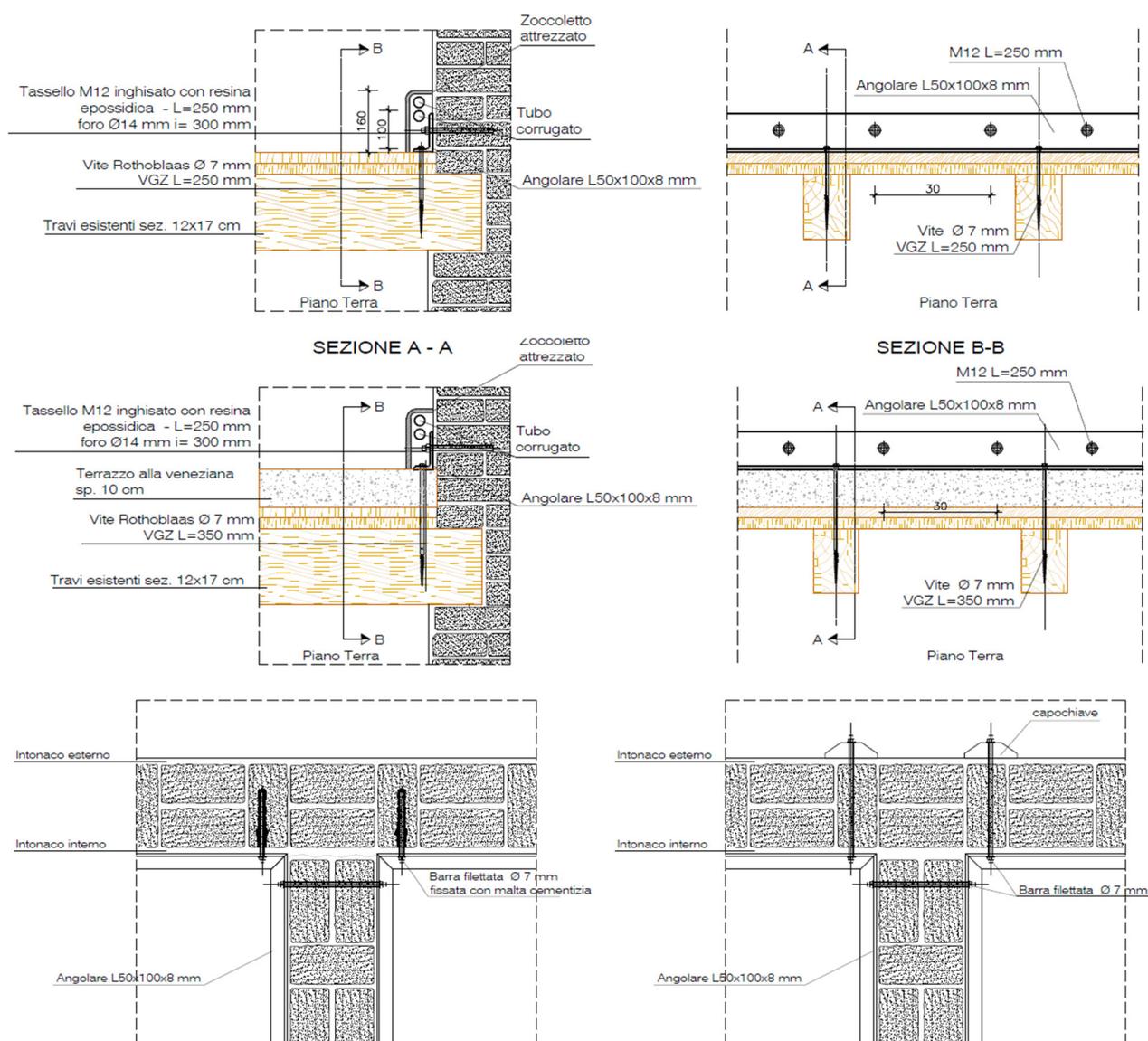
- Realizzare un efficace collegamento fra solai e pareti, capace di sopportare azioni fuori piano alle pareti e tangenziali alle pareti;
- Aumentare l'efficacia dei solai nel comportamento come diaframma di piano;
- Realizzare delle cordolature continue capaci di incrementare il funzionamento a "telaio equivalente" delle pareti in mattoni.

#### 8.3.1 Inserimento di un cordolo in acciaio

Si propone l'inserimento di opportuni "incatenamenti" a livello dei solai mediante cordoli metallici, tali da favorire la trasmissione delle azioni sismiche di taglio tra le pareti ed i solai, e favorire il comportamento d'insieme del fabbricato, conferendo un elevato grado di connessione tra le murature ortogonali e fornire un efficace vincolo contro il ribaltamento delle pareti, limitando l'entità degli spostamenti e delle rotazioni delle pareti stesse. Si migliora inoltre il comportamento nel piano delle pareti forate, incrementandone il funzionamento a "telaio equivalente".

Saranno posti in opera cordoli in acciaio, realizzati con profili angolari, posti all'estradosso dei solai (a chiudere i singoli campi) e mascherati all'interno di uno zoccolo in legno attrezzato per il passaggio degli impianti, peraltro già presente in molte stanze (in plastica e privo di adeguata manutenzione).

I cordoli saranno opportunamente collegati alle travi di solaio mediante viti passanti pacchetto di finitura. Saranno inoltre efficacemente collegati alle murature esterne ed interne con perforature armate, le quali saranno chiuse all'esterno da capichave, ove possibile, o in alternativa rese solidali con inghisaggi di malta di calce.



#### 8.4 Interventi in copertura

Vista la tipologia di edificio, storico e con vincolo monumentale, si propongono degli interventi in copertura tali da mantenere il più possibile quanto presente allo stato di fatto. Lo stato di conservazione di alcune porzioni di copertura a vista impone in ogni caso la sostituzione di alcune travi in legno che appaiono ammalorate e in cattivo stato di manutenzione.

Dal punto di vista sismico, mantenere i tetti in legno consente di limitare le masse nella parte più alta dell'edificio, e di continuare a garantire un'elasticità simile a quella della compagine muraria sottostante. Allo stesso tempo però si

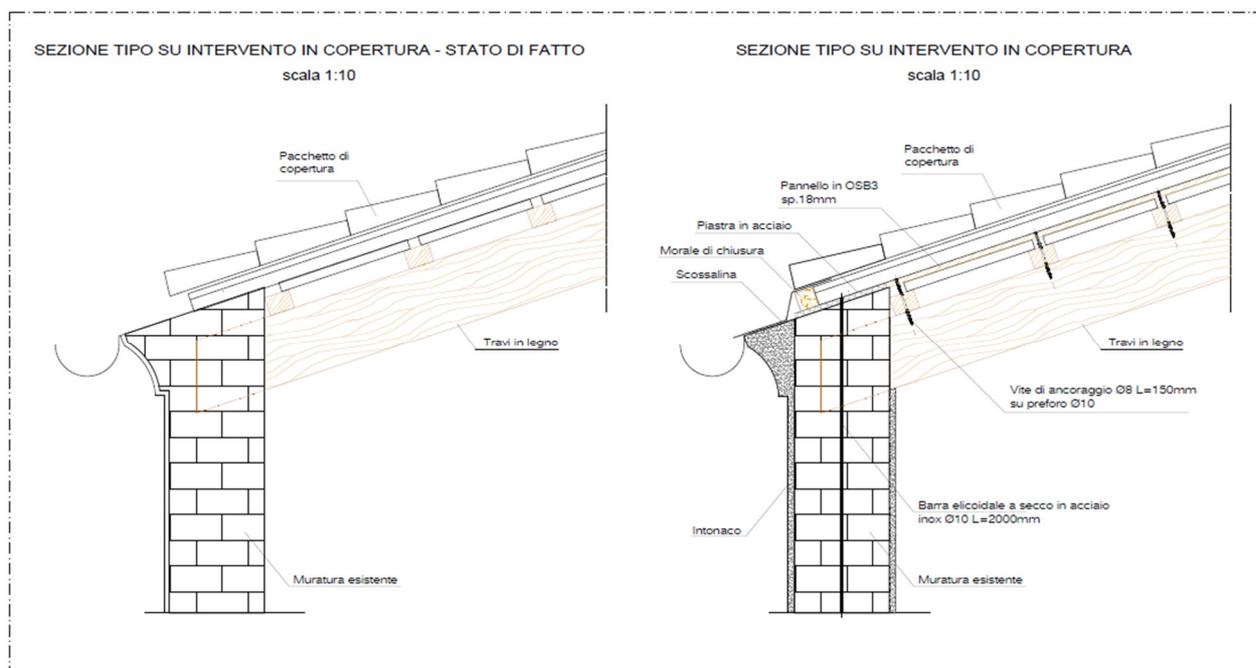
rende opportuno irrigidire il solaio di copertura, incrementare le connessioni tra murature e strutture in legno, nonché inserire dei cordoli in modo da permettere una corretta ripartizione delle forze sismiche orizzontali dagli orizzontamenti alle elevazioni.

#### 8.4.1 Irrigidimento dei solai di copertura / inserimento cordolo

Allo stato di fatto il solaio di copertura, al di sopra delle capriate/travi principali e secondarie, è realizzato con morali in legno della dimensione pari a circa 7x7cm, posti ad un interasse di circa 30cm e sovrastanti tavelle in cotto. Secondo indicazioni della Committenza, in un intervento di restauro precedente, al di sopra delle tavelle è stata posizionata una guaina ed uno strato isolante, e sovrastante finitura in coppi.

Tale tipologia di solaio risulta deformabile, quindi non ottimale dal punto di vista sismico per la distribuzione dei carichi sismici alle murature, e pericoloso per l'utenza in caso di azione sismica per il rischio di caduta delle tavelle.

Nell'ottica di mantenere i controsoffitti intonacati ove presenti, si propone per irrigidire tale solaio di posare, al di sopra delle tavelle, un nuovo tavolato in legno/pannello in OSB, fissato ai morali, alle travi di copertura ed al cordolo perimetrale in acciaio, fissato a sua volta alla muratura perimetrale con una barra elicoidale a secco. Tutte operazioni che possono essere eseguite all'estradosso del solaio.

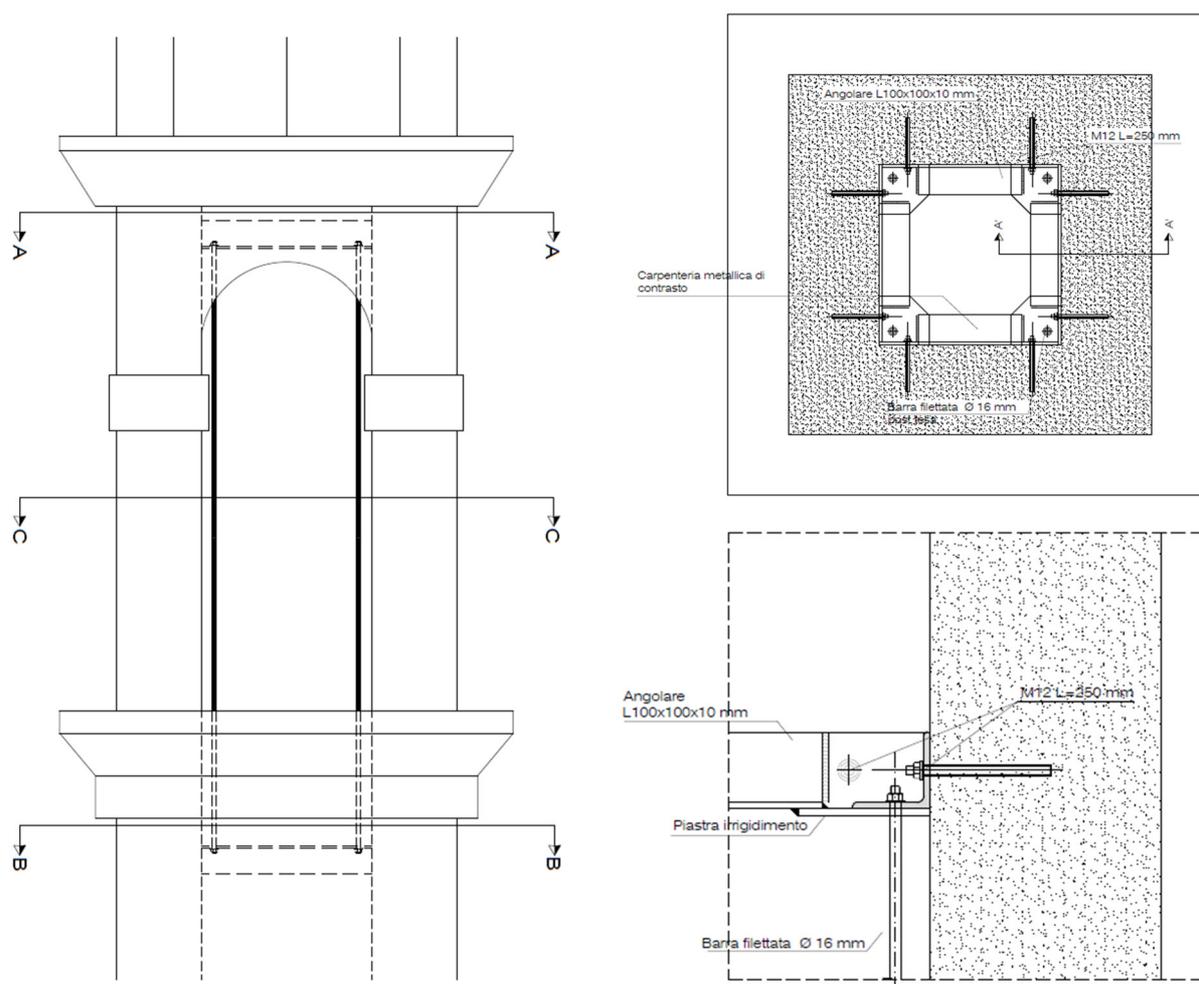


#### 8.4.2 Incremento delle giunzioni in copertura

Le giunzioni costituiscono l'elemento chiave nella risposta sismica delle strutture lignee, perché in funzione dei dettagli che le caratterizzano possono costituire l'elemento più critico in cui si realizzano comportamenti fragili o sconnessioni, o viceversa possono fornire alla struttura una più o meno estesa capacità di dissipazione. Si propone pertanto l'inserimento di viti nelle zone di connessione degli elementi che caratterizzano la capriata, l'incremento del numero di fissaggi tra morali, travi secondarie e travi principali, e l'inserimento di una connessione tra gli elementi in legno (che si tratti di capriate o travi semplici), e le murature sottostanti ad impedire eventuali scorrimenti/distacchi in presenza di azioni orizzontali.

### 8.5 Intervento sul campanile

Sulla torretta campanaria, il cui danneggiamento/rottura a seguito delle azioni orizzontali date dal sisma può risultare pericoloso per le utenze, si prevede la realizzazione due sistemi di carpenteria metallica di contrasto costituita da profili commerciali a L saldati e inghisati alle murature interne della torre campanaria, in una sezione superiore ed inferiore all'apertura, collegati da una barra  $\phi 16$  post tesa in grado di comprimere i pilastri e far sì che la struttura si comporti come un blocco monolitico per le azioni, sopperendo quindi alla scarsa resistenza a trazione della muratura in caso di ribaltamento.



## 9 MIGLIORAMENTO SISMICO A SEGUITO DEGLI INTERVENTI

### 9.1 Vita nominale

Come riportato nella direttiva D.P.C.M. 9/02/2011, è necessario valutare la vita nominale rispetto alla quale il manufatto può essere considerato sicuro nei riguardi dei diversi stati limite, a seguito dell'intervento di miglioramento sismico.

**La vita nominale è il periodo nel quale la struttura può essere considerata sicura, nel senso che è in grado di sopportare l'azione sismica che ha una fissata probabilità di occorrenza nel periodo di riferimento ad essa collegato (tenendo conto, attraverso il coefficiente d'uso, della funzione svolta dal manufatto).**

L'adozione del miglioramento, in deroga all'adeguamento, in linea di principio consiste semplicemente nell'accettare per l'edificio una vita nominale più breve.

Per un bene culturale non è prescritto il raggiungimento di un prefissato livello di sicurezza (le NTC assumono che per le opere ordinarie l'adeguamento sismico sia conseguito assumendo  $V_N \geq 50$  anni), garantire l'intervento per una vita nominale minore significa accettare di dover provvedere ad una nuova verifica entro tale termine, oltre a prevedere un idoneo programma di monitoraggio.

**Secondo tale principio, valori della vita nominale maggiori di 20 anni possono comunque considerarsi ammissibili per un manufatto tutelato.**

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) = -C_U * V_N / \ln(1 - P_{VR}) \rightarrow V_N = -T_R * \ln(1 - P_{VR}) / C_U$$

### 9.2 Stati limite

Gli Stati Limite Ultimi, SLU, sono motivati dalla volontà di salvaguardare la costruzione e l'incolumità degli occupanti nel caso di terremoti rari e di forte intensità; essi sono differenziati in Stato Limite di salvaguardia della Vita, SLV, e Stato Limite di prevenzione del Collasso, SLC. Gli Stati Limite di Esercizio, SLE, hanno l'obiettivo di limitare i danni per terremoti meno intensi ma più frequenti, per ragioni economiche e funzionali, e sono differenziati in Stato Limite di Operatività, SLO, e Stato Limite di Danno, SLD).

**Gli stati limite da considerare per i beni culturali sono SLV e SLD.**

Con una verifica nei confronti dello SLV si garantisce non solo l'incolumità delle persone ma la stessa conservazione del manufatto, che potrà essere restaurato a seguito dell'evento. La verifica nei confronti dello SLD è considerata solo in relazione alla perdita di funzionalità (agibilità) del manufatto, in quanto si ritiene che la danneggiabilità di una costruzione storica in muratura, specie nei riguardi di un'azione sismica frequente, sia imprescindibile per tali manufatti e, come tale, conseguenza del tutto accettabile.

- la valutazione nei riguardi dello SLV è richiesta per ciascun manufatto tutelato, anche se non soggetto ad uso, in quanto garantisce non solo la salvaguardia degli occupanti ma anche la conservazione stessa del manufatto;
- la valutazione nei riguardi dello SLD è richiesta, a livello complessivo, per i manufatti tutelati di cui si vuole sostanzialmente garantire la funzionalità dopo il terremoto, in relazione al loro uso;

### 9.3 Indicatori di rischio

Per definire la vulnerabilità sismica di un fabbricato esistente in genere si definiscono due tipi di indicatori di rischio: il primo dato dal rapporto fra capacità e domanda in termini di PGA ed il secondo espresso dall'analogo rapporto fra i periodi di ritorno dell'azione sismica.

$$Ir(a_g) = \frac{PGA_{CLV}}{PGA_{DLV}} ; Ir(T_r) = \left( \frac{T_{R,CLV}}{T_{R,DLV}} \right)^\alpha$$

Il primo rapporto è concettualmente lo stesso utilizzato come indicatore di rischio per le verifiche sismiche effettuate fino a tutto il 2007, quindi in coerenza con gli Allegati all'Ordinanza 3274 e s.m.i. e con il Decreto del Capo Dipartimento n. 3685 del 2003. Tale indicatore, nel nuovo quadro normativo di riferimento determinatosi con le NTC (D.M. 14.01.08), non è sufficiente a descrivere compiutamente il rapporto fra le azioni sismiche, vista la maggiore articolazione della definizione di queste ultime. Viene quindi introdotto un altro rapporto, fra i periodi di ritorno di Capacità e Domanda.

Quest'ultimo, però, darebbe luogo ad una scala di rischio molto diversa a causa della conformazione delle curve di pericolosità (accelerazione o ordinata spettrale in funzione del periodo di ritorno), che sono tipicamente utilizzate. Al fine quindi di ottenere una scala di rischio simile alla precedente il rapporto fra i periodi propri viene elevato ad un coefficiente "α" = 0.41 ottenuto dall'analisi statistica delle curve di pericolosità a livello nazionale.

Valori prossimi (o superiori) all'unità caratterizzano casi in cui la struttura garantisce un grado di sicurezza prossimo (o superiore) a quello richiesto dalle norme; valori bassi, prossimi a zero, caratterizzano casi ad elevato rischio.

#### **9.4 Meccanismi locali di collasso**

La relazione di vulnerabilità sismica si segnala che una delle criticità maggiori di questo fabbricato è la mancanza di piani rigidi, di cordolature e di ammorsamenti delle pareti, associati alla presenza di pareti in mattoni pieni snelle. Viene a mancare un collegamento tra le pareti, che tendono a ribaltarsi al di fuori del piano per azioni orizzontali.

Tali meccanismi vengono scongiurati dagli interventi di inserimento di tiranti e ammorsamento delle pareti.

#### **9.5 Curva di capacità derivante da analisi push-over**

Si riportano i risultati ottenuti dal modello a seguito degli interventi descritti al §8 ed il calcolo dell'indice di rischio.

- Irrigidimento del solaio di copertura ed inserimento del cordolo di piano
- Ammorsamento delle murature
- Inserimento di cordoli e rinforzo dei solai di interpiano

Come indicato nel D.M. del 2008 al §7.8.1.5.2 "l'utilizzo di rigidità fessurate è da preferirsi; in assenza di valutazioni più accurate le rigidità fessurate possono essere assunte pari alla metà di quelle non fessurate", pertanto si è scelto di utilizzare rigidità fessurate per gli elementi in elevazione.

A seguire si riporta una tabella con i risultati delle analisi statiche non lineari effettuate: le prime colonne descrivono il tipo di analisi, le ultime mostrano gli indici di vulnerabilità per ciascuno dei tre stati limite.

Il colore di sfondo, verde oppure rosso, distingue le analisi superate da quelle non superate. Il colore giallo mostra le due analisi che possiedono gli indici di vulnerabilità più bassi, per le due direzioni (X e Y), quindi più significative ai fini del calcolo.

N.	Inserisci in relazione	Dir. sisma	Carico sismico proporzionale	Eccentricità [cm]	Dmax SLV [cm]	Du SLV [cm]	q* SLV	Dmax SLD [cm]	Du SLD [cm]	Dmax SLO [cm]	Do SLO [cm]	a SLV	a SLD	a SLO
1	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Masse	0.00	0.86	1.40	1.48	0.23	0.71	0.18	0.71	1.379	2.473	3.239
2	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	1° modo	0.00	1.03	1.66	1.67	0.26	0.86	0.21	0.86	1.408	2.514	3.319
3	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Masse	0.00	0.88	1.19	1.54	0.22	0.79	0.18	0.79	1.220	2.626	3.459
4	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	1° modo	0.00	1.07	1.81	1.75	0.27	0.86	0.21	0.86	1.481	2.450	3.238
5	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Masse	0.00	1.08	1.27	1.60	0.25	0.86	0.20	0.70	1.109	2.468	2.846
6	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	1° modo	0.00	1.37	0.95	2.01	0.30	0.52	0.24	0.52	0.784	1.523	1.972
7	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Masse	0.00	1.10	1.10	1.62	0.26	0.94	0.20	0.16	0.999	2.569	0.777
8	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	1° modo	0.00	1.32	1.16	1.77	0.31	0.54	0.24	0.15	0.917	1.605	0.630
9	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Masse	53.85	0.85	1.26	1.45	0.23	0.72	0.18	0.72	1.292	2.512	3.289
10	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Masse	-53.85	0.87	1.47	1.49	0.23	0.62	0.18	0.62	1.423	2.268	2.956
11	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	1° modo	53.85	1.03	1.60	1.66	0.26	0.96	0.21	0.96	1.376	2.724	3.610
12	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	1° modo	-53.85	1.04	1.21	1.67	0.27	0.77	0.21	0.77	1.110	2.310	3.035
13	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Masse	53.85	0.89	1.20	1.55	0.23	0.71	0.18	0.71	1.223	2.450	3.216
14	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Masse	-53.85	0.86	1.18	1.52	0.22	0.86	0.17	0.86	1.223	2.820	3.728
15	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	1° modo	53.85	1.08	1.82	1.79	0.27	0.71	0.21	0.71	1.479	2.128	2.794
16	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	1° modo	-53.85	1.06	1.47	1.73	0.27	0.85	0.21	0.85	1.266	2.438	3.220
17	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Masse	253.24	1.19	1.11	1.83	0.26	0.63	0.20	0.55	0.953	1.889	2.268
18	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Masse	-253.24	1.03	0.86	1.57	0.24	0.70	0.19	0.70	0.904	2.246	2.935
19	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	1° modo	253.24	1.48	0.87	2.30	0.32	0.44	0.25	0.44	0.691	1.282	1.654
20	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	1° modo	-253.24	1.24	1.24	1.68	0.30	0.78	0.23	0.78	0.999	2.092	2.733
21	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Masse	253.24	1.20	1.02	1.80	0.27	0.39	0.21	0.16	0.904	1.455	0.747
22	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Masse	-253.24	1.13	0.89	1.77	0.25	0.55	0.19	0.23	0.865	1.830	1.213
23	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	1° modo	253.24	1.45	1.01	2.03	0.33	0.38	0.26	0.15	0.784	1.155	0.599
24	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	1° modo	-253.24	1.35	0.77	1.92	0.30	0.54	0.24	0.23	0.704	1.580	0.972

Legenda colori

■ Verificato      ■ Non verificato      ■ Non converge a p.p.      ■ Analisi più gravosa

La struttura risulta verificata per sisma SLV agente in direzione X ma non è verificata per sisma SLV agente in direzione Y, tuttavia gli indici di rischio sismica risultano sufficienti a raggiungere il livello di sicurezza esposto al §9.1, ovvero al raggiungimento di una vita nominale di almeno 20 anni.

$$\text{SLV} \rightarrow P_{VR} = 10\% \rightarrow V_N = -T_R \cdot \ln(1 - P_{VR}) / C_U = T_R / 9.50 = 338 / 9.5 = 35.5 \text{ anni} > 20 \text{ anni}$$

La struttura risulta completamente verificata per un sisma calcolato per lo Stato Limite di Danneggiamento SLD.

$$\text{SLD} \rightarrow P_{VR} = 63\% \rightarrow V_N = -T_R \cdot \ln(1 - P_{VR}) / C_U = T_R = 86 \text{ anni} > 50 \text{ anni.}$$

## 10 CONCLUSIONI

Le criticità che condizionano maggiormente il comportamento sismico dell'intero blocco riguardano la mancanza di piani rigidi sia in copertura che a livello dei solai di piano, associati alla mancanza di ammorsamento delle pareti, alla presenza di pareti in mattoni pieni snelle, e l'assenza di cordolature/tiranti. Viene pertanto a mancare un efficace collegamento tra le pareti, che tendono a ribaltarsi al di fuori del piano per azioni orizzontali.

Si prevedono pertanto i seguenti interventi, descritti nel dettaglio al §88:

- Irrigidimento del solaio di copertura ed inserimento del cordolo di piano
- Ammorsamento delle murature

- Inserimento di cordoli e rinforzo dei solai di interpiano

Le analisi di pushover condotte nelle ipotesi di attuazione di tutti gli interventi proposti hanno dimostrato che è possibile raggiungere un **indice di sicurezza sismica pari a 0.69 per lo stato limite SLV.**

Dimostrano inoltre che la struttura è verificata per un sisma allo stato limite SLD.

La vita nominale (ovvero il periodo nel quale la struttura può essere considerata sicura, nel senso che è in grado di sopportare l'azione sismica che ha una fissata probabilità di occorrenza nel periodo di riferimento ad essa collegato) è pari a 35 anni nei confronti di azioni allo SLV.

## **11 IMPIANTI**

Gli interventi oggetto del presente progetto interferiranno con le reti impiantistiche esistenti, dovendo necessariamente collegare le murature attraverso le perforazioni delle stesse a vari livelli ed in sviluppo sistematico. Si rende dunque necessario il rifacimento degli impianti interferiti.

Gli impianti elettrici sono stati progettati per la loro messa a norma in nuovo ambito, con rifacimento dei circuiti non idonei.

Gli apparecchi illuminanti saranno analoghi a quelli esistenti a faretti tra cavi tesati da parete a parete a livello dei solai: con rispetto dei medesimi e dei decori parietali.

Per quanto riguarda il riscaldamento-raffrescamento sarà realizzato un impianto con messa in opera di minima invasività con soluzione di climatizzazione con pompa di calore, con unità esterna e ventil-convettori interni.

Nella trincea esterna, tangente il fabbricato, verrà alloggiato il circuito primario ad anello delle tubazioni, adeguatamente coibentate, di mandata e di ritorno. Da tale anello si alimenteranno i ventil-convettori previsti al piano terra, senza interessare i pavimenti esistenti.

Scelti dei punti di salita idonei – negli angoli murari tra muri d'ambito e muri interni perpendicolari a quelli – verranno alimentati i ventil-convettori previsti al piano primo, con eventuali brevi percorsi orizzontali di tubi di rame Ø 18÷20mm. posti dietro il "battiscopa" progettato appositamente per mascheratura degli impianti stessi.

Ulteriori elementi potranno essere desunti dall'esame delle tavole di progetto.