



STUDIO DI INGEGNERIA  
**LUCCHESI – ZAMBONINI**  
ASSOCIATI

Via Mordini, 79 - 55100 Lucca -- Tel. 0583 441032 Fax 0583 441057

**RESIDENZA SANITARIA ASSISTENZIALE  
“L'ARCOBALENO”  
LOC. FREGIONAIA, S. MARIA A COLLE (LU)  
OPERE DI ADEGUAMENTO STATICO E SISMICO  
PROGETTO DEFINITIVO**

**RELAZIONE TECNICA**



**Servizio  
Sanitario  
della  
Toscana**

**AZIENDA USL TOSCANA NORD OVEST**

Dicembre 2018

**RESIDENZA SANITARIA ASSISTENZIALE**  
**"L'ARCOBALENO"**  
**LOC. FREGIONAIA, S. MARIA A COLLE (LU)**

**OPERE DI ADEGUAMENTO STATICO E SISMICO**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**RELAZIONE TECNICA**

**COMMITTENTE**

**AZIENDA USL TOSCANA NORD OVEST**

**TECNICO INCARICATO**

**ING. PHD DANIELE LUCCHESI**



**STUDIO DI INGEGNERIA**  
**LUCCHESI – ZAMBONINI**  
**ASSOCIATI**

VIA MORDINI, 79 - 55100 LUCCA  
TEL. 0583-441032 – FAX 0583-441057  
E-MAIL LZASSOCIATI@LIBERO.IT

## **INDICE**

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>LA RSA “L’ARCOBALENO” .....</b>	<b>6</b>
2.1	ILLUSTRAZIONE GENERALE .....	6
2.2	AGGREGATI STRUTTURALI, EDIFICI E GIUNTI STRUTTURALI .....	9
2.3	LA STRUTTURA PRINCIPALE PORTANTE .....	9
2.4	LE FONDAZIONI .....	10
2.5	GLI ORIZZONTAMENTI .....	10
2.6	LA COPERTURA .....	12
2.7	LE STRUTTURE DI COLLEGAMENTO VERTICALE .....	12
2.8	GLI ELEMENTI IN AGGETTO .....	12
<b>3</b>	<b>DESTINAZIONE D’USO DEI LOCALI.....</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI .....</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>DOCUMENTAZIONE ESAMINATA.....</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>INDAGINI STORICHE.....</b>	<b>16</b>
6.1	L’EDIFICIO ORIGINARIO .....	16
6.2	I LAVORI DI RISTRUTTURAZIONE .....	16
6.2.1	<i>La progettazione, l’esecuzione dei lavori e il collaudo .....</i>	<i>16</i>
6.2.2	<i>Cronologia degli interventi strutturali .....</i>	<i>17</i>
<b>7</b>	<b>INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE.....</b>	<b>18</b>
<b>8</b>	<b>INDAGINI IN SITO .....</b>	<b>19</b>
8.1	SOPRALLUOGHI EFFETTUATI E OPERAZIONI SVOLTE.....	19
8.2	SAGGI E PROVE IN SITO .....	19
8.2.1	<i>Generalità .....</i>	<i>19</i>
8.2.2	<i>Geometria e dettagli strutturali .....</i>	<i>19</i>
8.2.3	<i>Materiali .....</i>	<i>20</i>
<b>9</b>	<b>ESITO DELLE INDAGINI IN SITO E RISULTANZE DEI SAGGI .....</b>	<b>22</b>
9.1	LIVELLO DI CONOSCENZA MURATURA.....	22
9.2	LIVELLO DI CONOSCENZA COPERTURA IN C.A. ....	22
9.3	LIVELLO DI CONOSCENZA ALTRE OPERE IN C.A. ....	22
9.4	STATO DI FATTO E CONDIZIONI MANUTENTIVE .....	23
9.5	GEOMETRIA E DETTAGLI STRUTTURALI.....	23
9.5.1	<i>Strutture in muratura.....</i>	<i>23</i>
9.5.2	<i>Strutture in c.a. ....</i>	<i>24</i>
9.5.3	<i>Solai.....</i>	<i>26</i>
9.5.4	<i>Elementi in carpenteria metallica .....</i>	<i>29</i>
9.5.5	<i>Fondazioni .....</i>	<i>29</i>

<b>10 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA .....</b>	<b>30</b>
10.1 CONSIDERAZIONI GENERALI SULLA VULNERABILITÀ STATICA E SISMICA .....	30
<b>11 INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO .....</b>	<b>36</b>
11.1 METODOLOGIE DI INTERVENTO.....	36
11.2 RINFORZO METODO CAM .....	36

## **1 INTRODUZIONE**

Il presente documento costituisce la Relazione Tecnica del Progetto Definitivo delle opere di adeguamento statico e sismico delle strutture della Residenza Sanitaria Assistenziale (R.S.A.) “L’Arcobaleno”, sita in via Fregionaia, località Fregionaia – Frazione S. Maria a Colle, nel Comune di Lucca.

Tale attività di valutazione rientra nel disciplinare d’incarico professionale stipulato tra l’Azienda Usi Toscana Nord Ovest e lo Studio di Ingegneria Lucchesi – Zambonini Associati, rappresentato dall’ing. PhD Daniele Lucchesi, iscritto all’ Albo degli Ingegneri della Provincia di Lucca al n.A1208.

Il progetto è stato redatto secondo le indicazioni contenute nel D.M. 17 gennaio-2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” e nella Circolare Esplicativa n.617 del 2 febbraio 2009 del Ministero delle Infrastrutture “Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008”.



Figura 1: vista aerea dell’RSA “L’Arcobaleno”



## **2 LA RSA “L’ARCOBALENO”**

### **2.1 Illustrazione generale**

L’edificio in oggetto ospita la Residenza Sanitaria Assistenziale “L’Arcobaleno”, sita in via Fregionaia a Maggiano nel Comune di Lucca.

L’RSA trova collocazione in un lotto di terreno adiacente la viabilità principale e l’accessibilità al lotto è garantita da un ingresso carrabile all’incrocio tra via Fregionaia e via del Burlamacco.



Figura 2: vista assonometrica dell’RSA “L’Arcobaleno”

L’edificio si sviluppa su una superficie di circa 1630 mq ed è inscritto in un rettangolo di dimensioni 71 x 34 m (rapporto di forma pari a 2.09); ha una forma ad E che si sviluppa in elevazione per due piani fuori terra, cui si aggiungono il seminterrato e la soffitta.

L’ingresso principale della RSA è situato nel centro del Corpo Principale, sul lato sud. Il collegamento verticale tra i vari piani dell’edificio avviene mediante tre vani scale (uno per ala) e due vani ascensore (in posizione centrale).

I tre vani scale trovano collocazione tra l’Ala Ovest ed il Corpo Principale, tra l’Ala Est ed il Corpo Principale ed all’estremità nord dell’Ala Centrale: i primi due vanno dal piano seminterrato al piano soffitta, mentre l’ultimo collega esclusivamente i piani terra e primo. I due vani ascensore sono collocati nell’intersezione tra il Corpo Principale e l’Ala Centrale e collegano i piani seminterrato, terra e primo.

Sul lato nord del piano seminterrato corre uno scannafosso, di larghezza un metro circa, con muri di contenimento originari in pietrame e di nuova realizzazione in c.a. (lavori di ristrutturazione 1995-2005).

**Residenza Sanitaria Assistenziale "L'Arcobaleno"**  
**Opere di Adeguamento Statico e Sismico**  
**Progetto Definitivo - Relazione Tecnica**

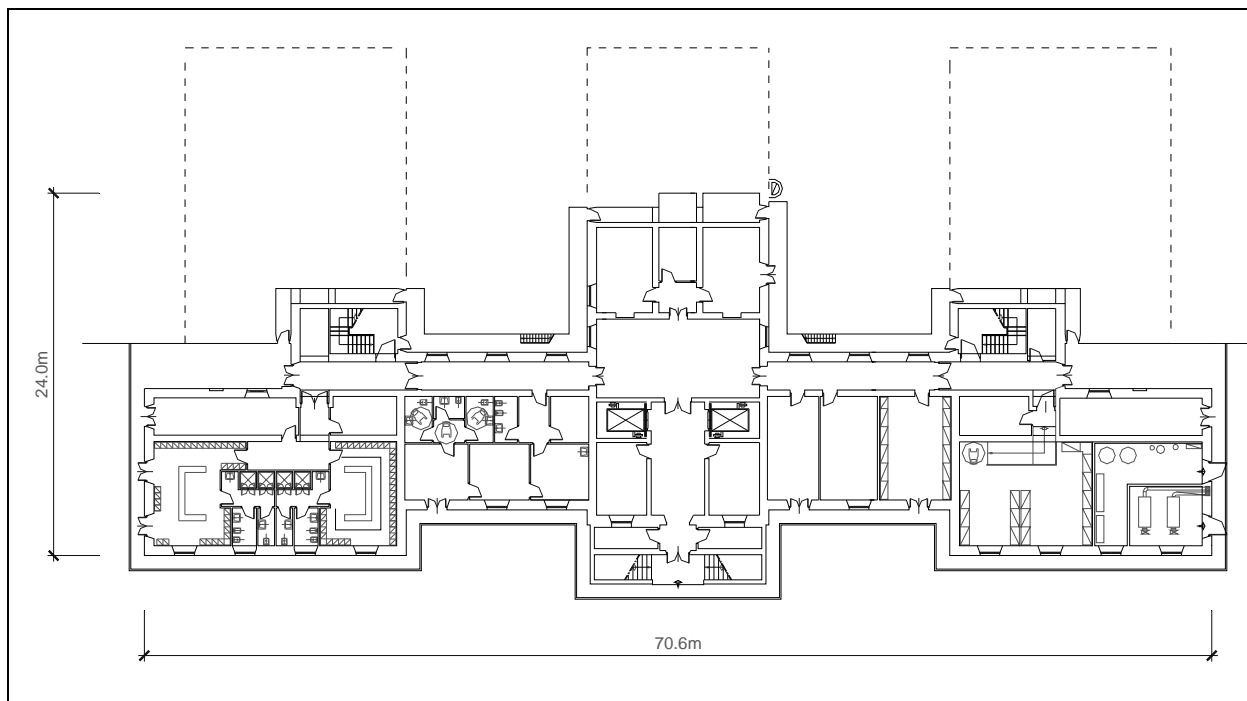


Figura 3: pianta piano seminterrato

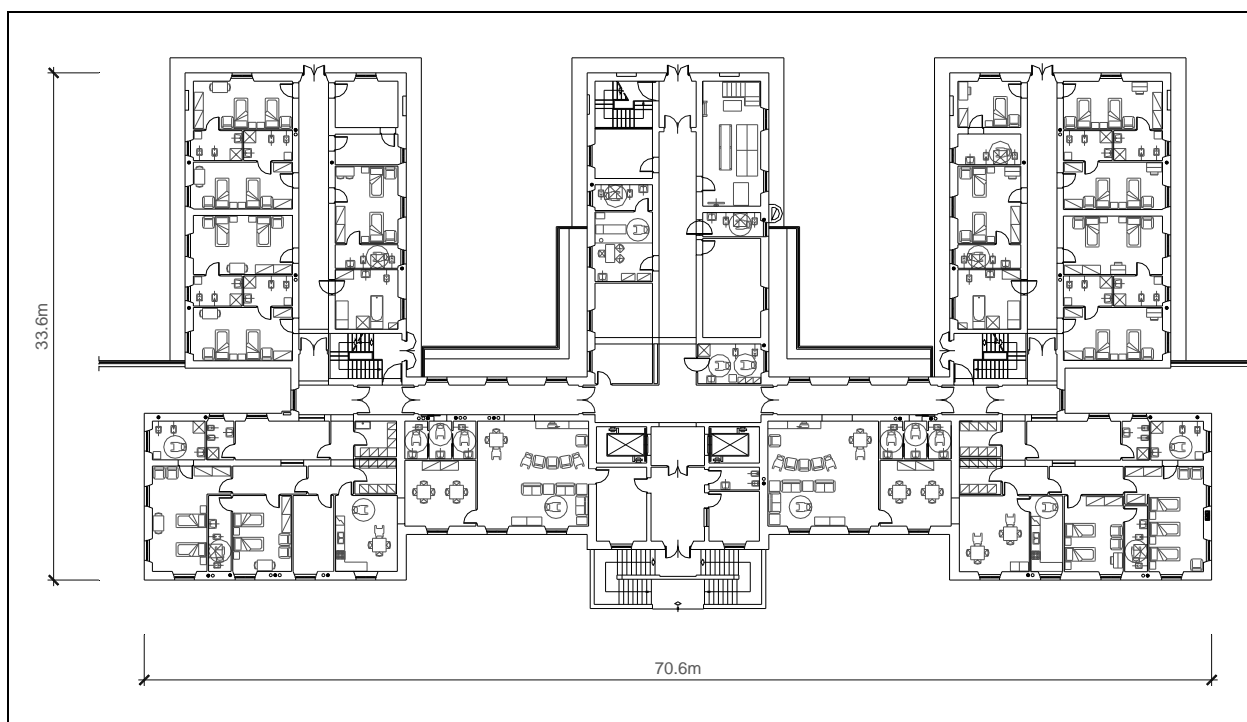


Figura 4: pianta piano terra

**Residenza Sanitaria Assistenziale "L'Arcobaleno"**  
**Opere di Adeguamento Statico e Sismico**  
**Progetto Definitivo - Relazione Tecnica**

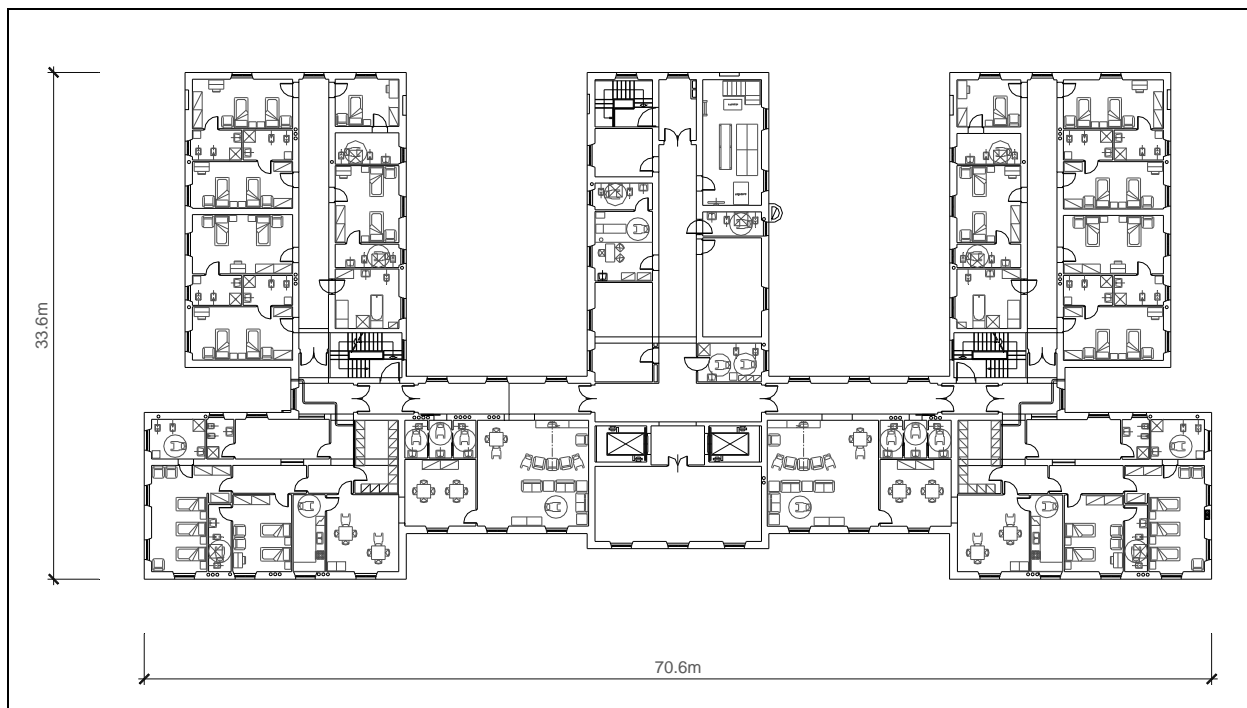


Figura 5: pianta piano primo

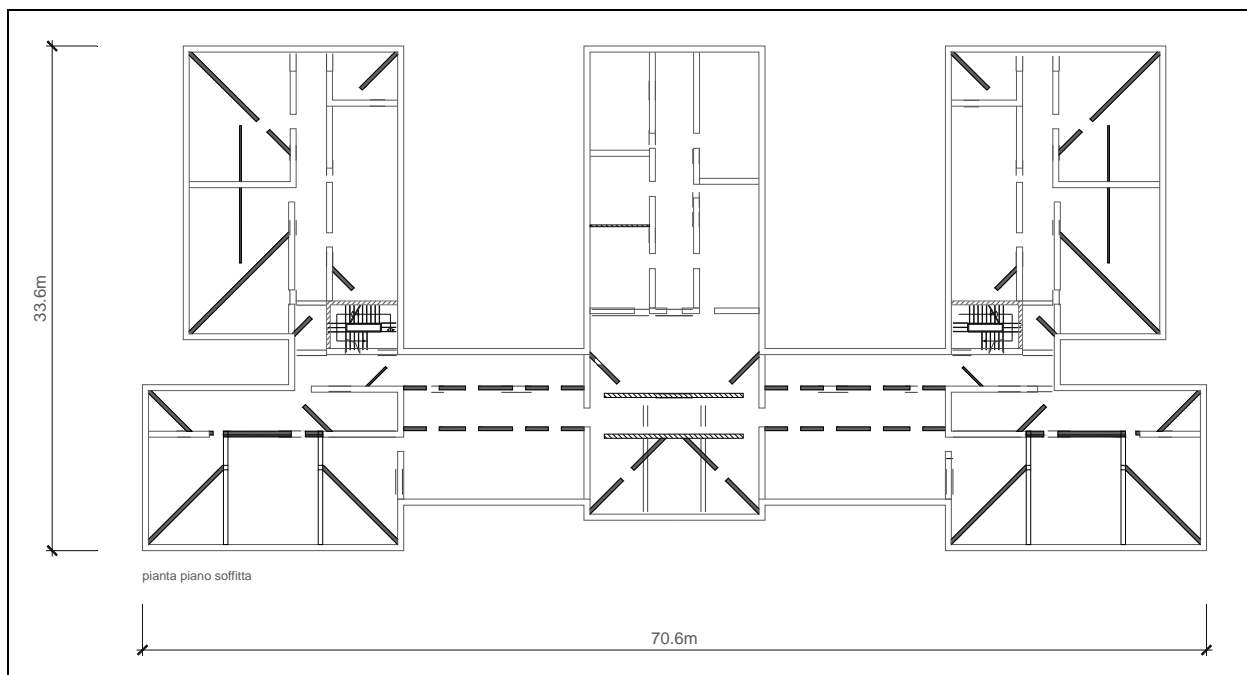


Figura 6: pianta piano soffitta



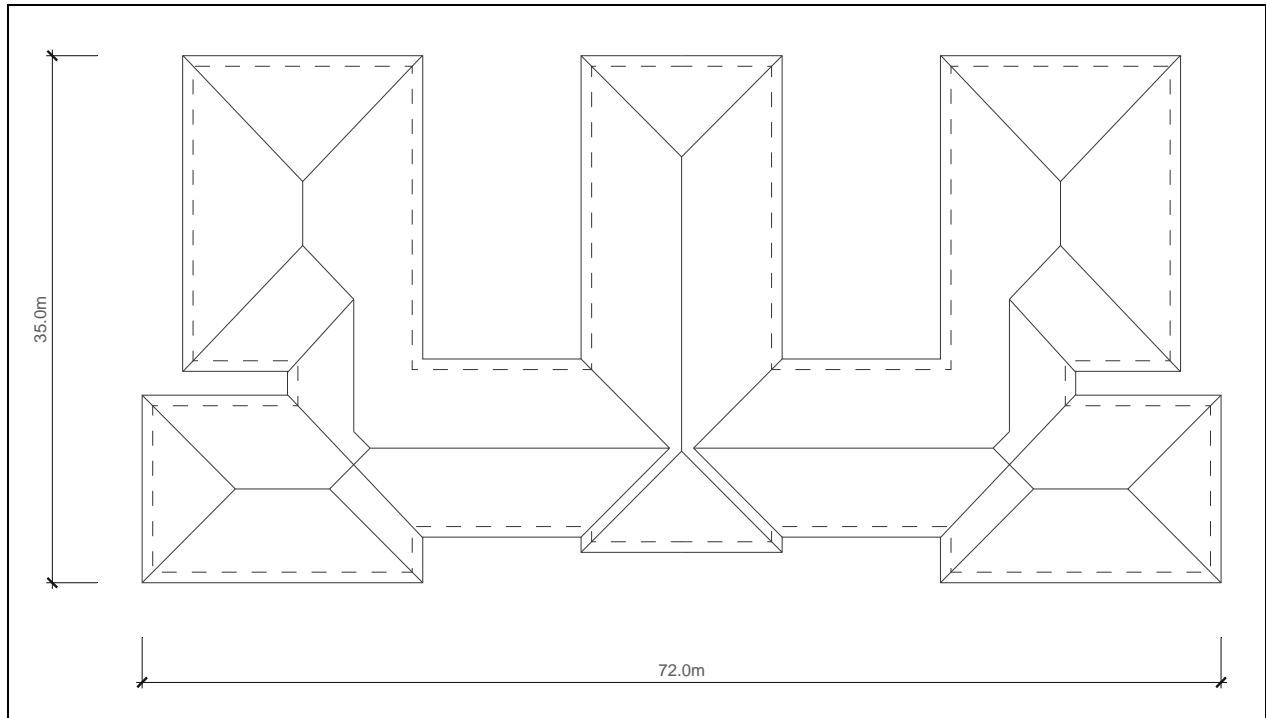


Figura 7: pianta copertura

I principali parametri geometrici dell'edificio si possono quindi così riassumere:

volumetria	18'400 m <sup>3</sup>
superficie calpestabile	5'233 m <sup>2</sup> (incluso il piano soffitta)
n° piani fuori terra agibili	2 + seminterrato
altezza media di piano	3.52 m

Per ulteriori informazioni è possibile visionare le foto degli esterni e degli interni riportate nel Report Fotografico.

## 2.2 Aggregati strutturali, edifici e giunti strutturali

Con riferimento alle indicazioni contenute nelle Istruzioni Tecniche D.2.9 della Regione Toscana, l'edificio costituisce un unico aggregato strutturale.

Nella costruzione non sono presenti giunti strutturali.

## 2.3 La struttura principale portante

All'interno dell'edificio si possono rinvenire diversi tipi di murature:

- muratura originaria in pietrame grossolanamente squadrato e ben organizzato, con ricorsi di mattoni estesi a tutto lo spessore del muro e malta di discreta qualità; gli spessori sono pari a 60, 50 e 40 cm per quanto riguarda le murature perimetrali, rispettivamente di Piano Seminterrato, Piano Terra e Piano Primo. Lo spessore delle murature interne è sempre pari a 40 cm (Figura 8).



Figura 8: vista della tessitura della muratura originaria<sup>1</sup>

- muratura in mattoni pieni, realizzata durante i lavori di ristrutturazione del 1995, prevalentemente impiegata per la chiusura o il restringimento di vani esistenti. Lo spessore di tale muratura è quindi variabile in funzione della parete originaria di applicazione.
- muratura in blocchi semipieni tipo Poroton, realizzata durante i lavori di ristrutturazione del 1995, prevalentemente impiegata per la realizzazione dei nuovi vani scale ed ascensore e avente spessori di 45, 30 e 25 cm.

## 2.4 Le fondazioni

Per quanto riguarda il sistema di fondazione non si hanno informazioni certe, ma si può verosimilmente ipotizzare, vista la tipologia di edificio, la presenza di una fondazione a sacco dotata di cordolo di ripartizione superiore.

## 2.5 Gli orizzontamenti

Gli orizzontamenti sono orditi in entrambe le direzioni principali e appartengono a tre tipologie:

- solai tipo Stimip A della RDB, gettato in opera con travetti ad interasse 70 cm ed alti 38+4 cm (solaio originario tipo 1) e 26+4 cm (solaio originario tipo 2); tali solai sono presenti ai piani primo e soffitta e coprono luci tra 5 e 7 metri.
- solaio originario “Tipo 3” costituito da travetti in laterizio accostati apparentemente di tipo SAP di altezza 12cm, di produzione RDB (Figura 9); tali solai sono presenti ai piani primo e soffitta e coprono luci tra 1.85 e 5 metri.

---

<sup>1</sup> Direzione Lavori di “Ristrutturazione edilizia e riorganizzazione funzionale di due padiglioni nel presidio ex O.P.P. di Maggiano (LU). Padiglioni Accettazione e Colonia” – “Stato di consistenza del cantiere al 17.11.2000” – Piano Scantinato, Fotografia n° Piano Terreno, Fotografie n° 29 e 30



Figura 9: vista delle armature (sinistra) e della sezione (destra) del solaio originario Tipo 3<sup>2</sup>

- solaio di recente realizzazione (lavori di ristrutturazione 1995-2005), presente al piano terra, costituito da travetti “tipo bausta”, posti ad interasse 52 cm, e da pignatte di alleggerimento, per un’altezza totale, inclusa soletta con rete elettrosaldata, di 16+5, 18+5 e 24+5 cm; le luci variano tra 1.85 e 7 metri. Tali solai sono dotati di cordoli armati accostati al paramento interno delle murature.



Figura 10: vista interna del solaio originario tipo 1 al Piano Soffitta

Durante i lavori di ristrutturazione del 1995-2005 i solai di piano primo sono stati integrati con il getto di una soletta dotata di rete elettrosaldata.

---

<sup>2</sup> Direzione Lavori di “Ristrutturazione edilizia e riorganizzazione funzionale di due padiglioni nel presidio ex O.P.P. di Maggiano (LU). Padiglioni Accettazione e Colonia” – “Stato di consistenza del cantiere al 17.11.2000” – Piano Terreno, Fotografie n° 29 e 30

## 2.6 La copertura

La copertura è a padiglioni, costituita da solai in laterocemento, ed è portata da maschi in muratura, travetti tipo Sap, travi in c.a. e telai in c.a.



Figura 11: vista della soffitta, del solaio di copertura e dei suoi elementi portanti

Il solaio di copertura è di tipo "Celersap P." della RDB con getto integrativo in opera e pignatte di alleggerimento in laterizio alte 12 cm, i travetti hanno larghezza pari a 12 cm e sono posti ad interasse 50 cm; la soletta di ripartizione non è presente;

## 2.7 Le strutture di collegamento verticale

Le rampe ed i pianerottoli delle scale, realizzati durante i lavori di ristrutturazione del 1995-2005, sono costituiti da solette in c.a. gettato in opera di spessore pari a 15 cm e larghezza 120 cm.

## 2.8 Gli elementi in aggetto

L'edificio non presenta cornicioni e gronde significativi a fini della sicurezza.

### **3 DESTINAZIONE D’USO DEI LOCALI**

Attualmente l'edificio è in uso e destinato a Residenza Sanitaria Assistenziale.

Sono presenti: camere ad 1, 2 o 3 letti, servizi igienici, sale comuni, locali spogliatoio, locali per visite mediche e terapie, sale riunioni, uffici, depositi e ripostigli, locali accessori e tecnici.

Rimandando ai paragrafi successivi per l'analisi di dettaglio dei pesi propri strutturali e permanenti portati, non si segnala la presenza nell'edificio in esame di parti soggette a sovraccarichi da ritenersi atipici per le destinazioni d'uso corrente.



## **4 RIFERIMENTI NORMATIVI**

Di seguito sono riportate le principali normative e istruzioni considerate nelle valutazioni sismiche di seguito riportate.

- 1) D.M. 17 gennaio. 2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- 2) Circolare Ministero dei Trasporti n.617 del 2 febbraio 2009 “Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008”.
- 3) Regione Toscana, “D.1.9 Istruzioni generali illustrative dei criteri, modalità e fasi per la progettazione e per l'esecuzione degli interventi di prevenzione e riduzione del rischio sismico degli edifici pubblici strategici e rilevanti”, Delibera di Giunta Regionale n.420 del marzo 2010.
- 4) Regione Toscana, “D.2.9 Istruzioni tecniche per la redazione degli elaborati progettuali degli interventi di prevenzione e riduzione del rischio sismico degli edifici pubblici strategici e rilevanti” – Allegato 1 delle Direttive D.1.9, Delibera di Giunta Regionale n.420 del 2010.
- 5) Legge 5 novembre 1971, n.1086 “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio normale, precompresso e a struttura metallica”.
- 6) D.M. 3 ottobre 1978 “Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi”.
- 7) D.M. 27 luglio 1985 “Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale, precompresso e per le strutture metalliche”.
- 8) D.M. 14 febbraio 1992 “Norme tecniche per opere in c.a. normale e precompresso”.
- 9) D.M. 20 novembre 1987 “Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento”.

## **5 DOCUMENTAZIONE ESAMINATA**

La documentazione d'archivio e gli elaborati del progetto originario, sia architettonici che strutturali, cui si è fatto riferimento sono conservati presso gli uffici dell'Area Tecnica – Unità Operativa Nuove Opere dell'Azienda USL Toscana Nord Ovest, sede di Lucca.

- 1) Documentazione progettuale inerente i "Lavori di ristrutturazione edilizia e riorganizzazione funzionale di due padiglioni nell'ex O.P.P. di Maggiano Lucca" (Padiglione Accettazione e Padiglione Colonia), deposito n. 948/17 all'Ufficio Regionale per la Tutela del Territorio delle Province di Lucca e Massa Carrara – Sede di Lucca (elaborati grafici architettonici, elaborati grafici strutturali, relazione di calcolo strutturale, documenti contabili e amministrativi).
- 2) "Comunicazione variazione impresa costruttrice", relativa ai lavori di cui al precedente punto 1) – Acquisita all'Ufficio Regionale per la Tutela del Territorio delle Province di Lucca e Massa Carrara – Sede di Lucca Prot n. 70744 in data 10 giugno 2005 (Padiglione Accettazione).
- 3) "Relazione a struttura ultimata", relativa ai lavori di cui al precedente punto 1) – Acquisita all'Ufficio Regionale per la Tutela del Territorio delle Province di Lucca e Massa Carrara – Sede di Lucca Prot n.79660 in data 1 luglio 2005 (Padiglione Accettazione).
- 4) "Certificato di prova a compressione" di n. 3 cubetti di calcestruzzo contrassegnati scale-soletta rampe – Certificato di prova n. 3571 del 16 dicembre 2003, Laboratorio Delta s.n.c. di Lucca – allegato alla "Relazione a struttura ultimata" di cui al precedente punto 2).
- 5) "Certificato di prova a compressione" di n.3 cubetti di calcestruzzo contrassegnati muri scannafossi – Certificato di prova n. 3572 del 16 dicembre 2003, Laboratorio Delta s.n.c. di Lucca – allegato alla "Relazione a struttura ultimata" di cui al precedente punto 2).
- 6) Certificato di "Prove di trazione di barre di acciaio da cemento armato – 12 campioni – Certificati di prova n. 3574 e 3575 del 16 dicembre 2003, Laboratorio Delta s.n.c. di Lucca – allegato alla "Relazione a struttura ultimata" di cui al precedente punto 2).
- 7) "Relazione di Collaudo" e "Certificato di Collaudo", relativi ai lavori di cui al precedente punto 1) e rilasciati il 22 settembre 2005 dal dott. ing. Elio Lutri, iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Lucca, al n. 679 – Acquisiti all'Ufficio Regionale per la Tutela del Territorio delle Province di Lucca e Massa Carrara – Sede di Lucca Prot n.127403 in data 25 ottobre 2005 (Padiglione Accettazione).
- 8) "Integrazione Documenti", relativa ai lavori di cui al precedente punto 1) acquisita all'Ufficio del genio Civile di Lucca Prot. n.11320 in data 30 novembre 1999 (Padiglione Accettazione).
- 9) "Certificato d'origine", "Dichiarazione di conformità dei calcoli", "Verifica locale della soletta in c.a." e "Relazione tecnica" relativi ai solai realizzati durante i lavori di cui al precedente punto 1) – allegati alla "Integrazione Documenti" di cui al precedente punto 8).
- 10) "Stato di consistenza del cantiere al 17.11.2000", relativi ai lavori di cui al precedente punto 1).

## **6 INDAGINI STORICHE**

Le indagini storiche sono un passaggio necessario ai fini di una corretta individuazione del sistema strutturale esistente e del suo stato di sollecitazione. L’obiettivo è quello di ricostruire, mediante la documentazione d’archivio disponibile, il processo di realizzazione e le successive modificazioni subite nel tempo dal manufatto, nonché gli eventi che lo hanno interessato.

Nello specifico la documentazione esaminata è quella inerente i “Lavori di ristrutturazione edilizia e riorganizzazione funzionale di due padiglioni nell’ex O.P.P. di Maggiano Lucca”, dalla quale sono state desunte le caratteristiche geometriche dell’edificio e quelle meccaniche dei materiali impiegati in tali lavori, nonché informazioni in merito alle figure professionali coinvolte.

### **6.1 L’edificio Originario**

Non si hanno notizie storiche certe in merito alla progettazione ed alla realizzazione dell’edificio, se non che la progettazione è antecedente al 1984 secondo normative non sismiche<sup>3</sup>.

### **6.2 I Lavori di Ristrutturazione**

Dai sopralluoghi effettuati e dalla documentazione recuperata, l’edificio, successivamente alla realizzazione è stato oggetto di modifiche all’impianto edilizio originario con riflessi sul comportamento strutturale. Tali interventi hanno avuto luogo durante i “Lavori di ristrutturazione edilizia e riorganizzazione funzionale di due padiglioni nell’ex O.P.P. di Maggiano Lucca” (§ 5), nei quali l’edificio veniva identificato come “Padiglione Accettazione”, e possono essere così sintetizzati:

- sostituzione integrale del solaio originario di piano terra, a copertura al piano seminterrato, privo di soletta con rete elettro-saldata e tale da non garantire un’efficace ridistribuzione dell’azione sismica tra i vari elementi verticali resistenti, con un solaio in laterocemento dotato di soletta con rete elettro-saldata e avente un comportamento di piano approssimabile ad infinitamente rigido;
- rimozione dei vani scale esistenti, mediante chiusura delle aperture nei solai, e realizzazione di nuovi vani scale e ascensore in posizioni diverse rispetto a quelli precedentemente esistenti;
- modifica delle aperture nelle pareti in muratura mediante riempimento parziale o totale con murature in mattoni pieni e rimozione di maschi murari con inserimento di travi in acciaio o c.a.;
- getto di solette in c.a. sui solai esistenti di piano primo, atte a favorire la ripartizione del carico verticale sulle diverse nervature di tali solai, con conseguente aumento della massa sismica.

#### **6.2.1 La progettazione, l’esecuzione dei lavori e il collaudo**

Le figure professionali coinvolte in tali attività sono state:

- Committente: Azienda U.S.L. 2 – Lucca, Via per S. Alessio loc. Monte S. Quirico – 55100 Lucca;
- Progettisti opere edili: Studio Tecnico il Trilite, Viale Pacini n. 75 Lucca, ing. Giovanni Iacopetti (n. A721 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Lucca);

---

<sup>3</sup> Informazioni fornite dalla Committenza

- Progettista opere impiantistiche: ing. Giovanni Ciancaglini (n. A311 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Lucca);
- Progettisti strutturali: Dott. Ing. Maurizio Pagano (n. 5849 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli); arch. Giuseppe Cencini (n. 86 Ordine degli Architetti della Provincia di Arezzo)
- Impresa costruttrice: Consorzio il Tirreno con sede in Viale Ridolfi n. 50 – Lucca;
- Direttore dei Lavori: ing. Giovanni Iacopetti (n.721 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Lucca);
- Collaudatore statico: ing. Elio Lutri (n.679 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Lucca);

#### ***6.2.2 Cronologia degli interventi strutturali***

I lavori di ristrutturazione dell’RSA “L’Arcobaleno” (ex “Padiglione Accettazione”) si sono svolti secondo la seguente cronologia:

- inizio dei lavori nell’anno 1995;
- ultimazione delle strutture in data 31 marzo 2004;
- ultimazione completa dei lavori in data non nota;
- collaudo statico in data 22 ottobre 2005.

## **7 INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE**

Le indagini geologiche sono state condotte in due fasi. Preliminarmente, in fase di verifica sismica, le indagini sono state effettuate dalla GAIA Servizi snc di San Giuliano terme (PI); le relative risultanze sono riportate nella Relazione geologica e geotecnica redatta dalla dott. geol. Paola Peccianti nel Settembre 2016.

Successivamente sono state effettuate indagini di approfondimento, dirette dal dott. geol. Pietro Barsanti, i cui risultati sono riportati nella relazione redatta dallo stesso nel novembre 2018, nella quale vengono reinterpretati anche i risultati delle indagini precedenti prevenendo ad una valutazione più affidabile delle stratigrafie e dei parametri geomeccanici di calcolo.

Per quanto riguarda la caratterizzazione sismica del terreno è stata individuata la Categoria B.

Si rimanda alle relazioni sopra indicate per gli aspetti di dettaglio.



## **8 INDAGINI IN SITO**

### **8.1 Sopralluoghi effettuati e operazioni svolte**

I sopralluoghi ispettivi si sono svolti nelle seguenti giornate:

- 1) 9 novembre 2015 sopralluogo preliminare;
- 2) 16 febbraio 2016 sopralluogo pre-indagini;
- 3) 25 maggio 2016 sopralluogo per rilievi, saggi e prove in sito;
- 4) 26 maggio 2016 sopralluogo per rilievi, saggi e prove in sito;

Le operazioni svolte sono consistite nell'esame visivo dell'intero edificio, nell'acquisizione di documentazione fotografica, nel controllo della rispondenza delle caratteristiche geometriche e dei dettagli strutturali agli elaborati di progetto relativi ai "Lavori di ristrutturazione edilizia e riorganizzazione funzionale di due padiglioni nell'ex O.P.P. di Maggiano Lucca", nonché nell'esecuzione di prove in sito ed al prelievo di campioni per le prove di laboratorio. Le operazioni di cui sopra sono state preventivamente programmate e illustrate nel "Piano delle Indagini".

### **8.2 Saggi e prove in sito**

#### **8.2.1 Generalità**

Prima di procedere all'analisi strutturale, si è proceduto ad una valutazione degli elementi strutturali e della qualità dei materiali impiegati, sulla base delle indagini e delle prove in situ effettuate dagli scriventi e da Laboratorio 4Emme con sede in via di le Prata 31, Calenzano (FI). Nei paragrafi seguenti e nella Documentazione Fotografica sono descritti in dettaglio i saggi effettuati, rimandando agli elaborati grafici (da Tav. 6 a Tav. 9 in allegato) e al § 9 per quanto riguarda la loro localizzazione, i risultati ottenuti e la loro interpretazione.

#### **8.2.2 Geometria e dettagli strutturali**

La geometria generale dell'edificio è stata verificata mediante il confronto delle misure a campione effettuate in sito con gli elaborati progettuali disponibili e mediante il rilievo geometrico degli elementi in c.a. di copertura e soffitta.

I dettagli costruttivi delle strutture in muratura e di quelle in c.a. sono stati indagati mediante:

- 8 saggi per la verifica della qualità degli ammorsamenti e della tipologia muraria, distribuiti in elevazione ed in pianta;
- 1 saggio locale sul muro di contenimento esterno in pietrame;
- 4 saggi locali attraverso rimozione di copriferro;
- 10 indagini pacometriche per la definizione delle armature da c.a.;
- 5 saggi sui solai per la definizione del pacchetto di pavimentazione e dell'orditura.

Le indagini visive sulle tessiture murarie per la verifica delle tipologie murarie presenti nell'edificio (tipicamente da eseguirsi mediante la rimozione di una porzione di 1m x 1m di intonaco), previste dal

D.M. 14 gennaio 2008, non sono in questo caso necessarie essendo presente una ricca documentazione fotografica raccolta nello “Stato di consistenza del cantiere al 17.11.2000” relativo ai lavori di “Ristrutturazione edilizia e riorganizzazione funzionale di due padiglioni nel presidio ex O.P.P. di Maggiano (LU). Padiglioni Accettazione e Colonia”, di cui la precedente Figura 8 ne è un esempio.

### **8.2.3 Materiali**

Al fine di acquisire una maggiore conoscenza riguardo ai materiali (resistenza effettiva ed omogeneità di distribuzione), si è ritenuto necessario procedere ai saggi, alle prove non distruttive e semi-distruttive in sito, elencate di seguito:

#### *Strutture in c.a.*

- 3 carotaggi che hanno permesso di effettuare 3 prove di compressione;
- 3 prove di durezza sulle armature degli elementi di copertura.

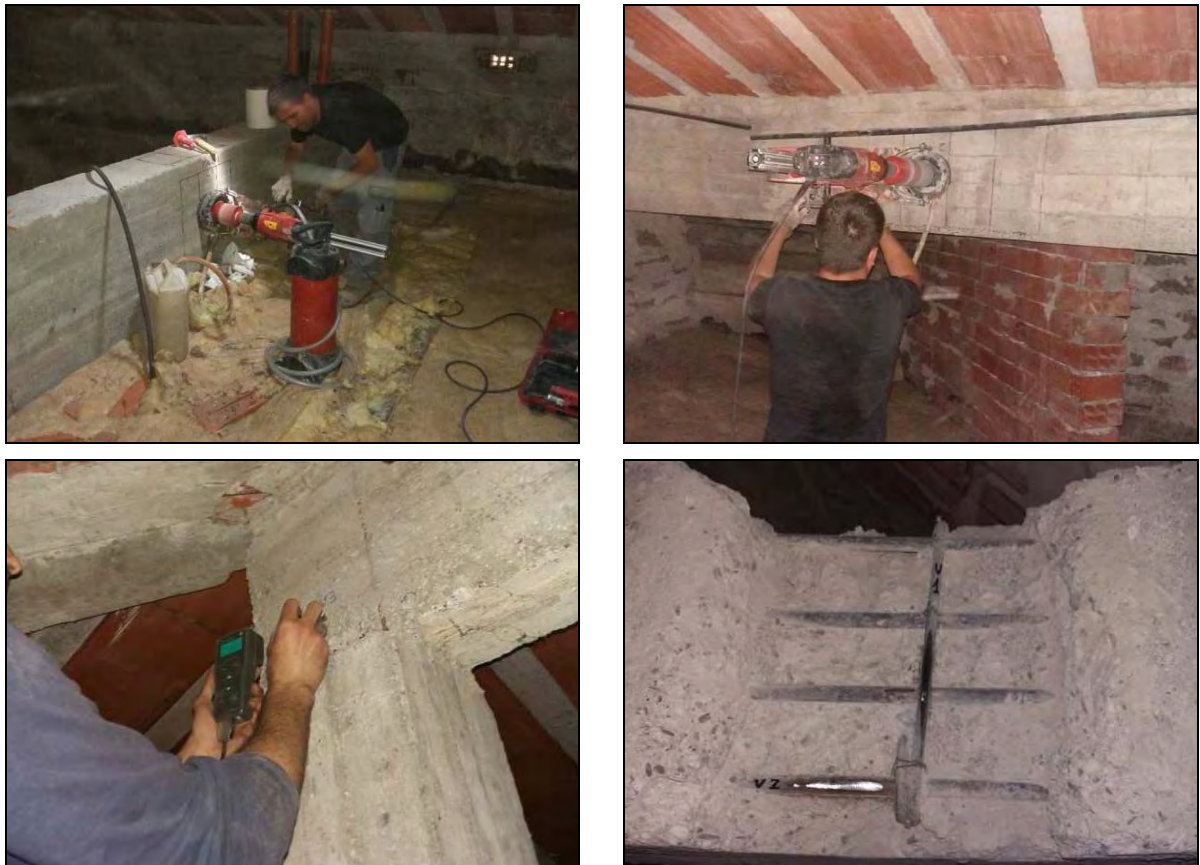


Figura 12: carotaggi e prove di durezza sulle armature

#### *Strutture in muratura*

- 2 prove con martinetto piatto doppio sulla muratura originaria, effettuate dal Laboratorio 4Emme;
- 1 prova di compressione diagonale e 1 prova di compressione diretta di tipo distruttivo (a rottura) su pannelli murari tagliati dai maschi murari in pietrame, effettuate dal laboratorio LASTRU dell'Università degli Studi di Perugia;

- 1 prova di compressione diagonale e 1 prova di compressione diretta di tipo distruttivo (a rottura) su pannelli murari tagliati dai maschi murari in mattoni pieni, effettuate dal laboratorio LASTRU;



Figura 13: prove con martinetti piatti



Figura 14: prove di compressione diretta, a sinistra, e prova di compressione diagonale, a destra

## **9 ESITO DELLE INDAGINI IN SITO E RISULTANZE DEI SAGGI**

### **9.1 Livello di conoscenza muratura**

Sulla base di quanto rilevato e degli studi svolti, possiamo affermare che, per l'edificio in oggetto:

- la *geometria della struttura* è completamente nota;
- i *dettagli strutturali* sono noti essendo state svolte verifiche in sito estese ed esaustive;
- le *proprietà dei materiali* sono state ricavate mediante indagini in sito esaustive.

In definitiva, ai sensi del paragrafo C8A.1.A della Circ. Min. 617 del 2 febbraio 2009, è stato possibile raggiungere un LIVELLO DI CONOSCENZA ADEGUATO (LC2), cui corrisponde ad un

Fattore di Confidenza FC = 1.00

### **9.2 Livello di conoscenza copertura in c.a.**

Sulla base di quanto rilevato e degli studi svolti, possiamo affermare che, per l'edificio in oggetto:

- la *geometria della struttura* è completamente nota a seguito di rilievo completo sulla copertura;
- i *dettagli strutturali* non sono disponibili da disegni costruttivi originari e sono ricavati sulla base di un progetto simulato eseguito secondo la pratica dell'epoca della costruzione e successivamente verificato in sito, considerando le situazioni di ripetitività, per più del 35 % degli elementi (estese verifiche in sito);
- le *proprietà dei materiali* non sono disponibili né da disegni costruttivi né da certificati di prova, sono stati pertanto adottati valori usuali della pratica costruttiva dell'epoca, convalidati da estese prove in sito.

In definitiva, ai sensi del paragrafo C8A.1.A della Circ. Min. 617 del 2 febbraio 2009, è stato possibile raggiungere un LIVELLO DI CONOSCENZA ADEGUATO (LC2), cui corrisponde ad un

Fattore di Confidenza FC = 1.20

### **9.3 Livello di conoscenza altre opere in c.a.**

Sulla base di quanto rilevato e degli studi svolti, possiamo affermare che, per l'edificio in oggetto:

- la *geometria della struttura* è completamente nota;
- i *dettagli strutturali* sono noti essendo disponibili disegni esecutivi originari ed avendoli verificati in sito, considerando le situazioni di ripetitività, per più del 15 % degli elementi (limitate verifiche in sito);
- le *proprietà dei materiali* sono state ricavate sia dalle specifiche originali di progetto, sia dalla documentazione di collaudo, sia dai certificati originali, sia mediante limitate prove in sito.

In definitiva, ai sensi del paragrafo C8A.1.A della Circ. Min. 617 del 2 febbraio 2009, è stato possibile raggiungere un LIVELLO DI CONOSCENZA ADEGUATO (LC2), cui corrisponde ad un

Fattore di Confidenza FC = 1.20



#### 9.4 Stato di fatto e condizioni manutentive

In generale, l'edificio si è presentato integro e ben conservato. Non sono state rilevate tracce importanti di lesioni o segni di cedimento delle componenti strutturali, dalle quali si potessero dedurre segnali di pericolo per la sicurezza.

Anche i classici lievi fenomeni fessurativi di natura “fisiologica”, generalmente imputabili alle variazioni termiche dei materiali (soprattutto differenziali) o a fenomeni di assestamento ormai esauriti, non sembrano essersi manifestati in maniera apprezzabile.

Le strutture in cemento armato si sono rivelate generalmente in buono stato, non vi sono tracce di corrosione delle armature degne di nota e lo stato di conservazione dei copriferrì è soddisfacente.

#### 9.5 Geometria e dettagli strutturali

##### 9.5.1 Strutture in muratura

Sulla base della documentazione esaminata e delle indagini condotte, si può affermare quanto riportato nei successivi paragrafi.

##### *Muratura originaria*

Le mura originarie sono di tipo misto con elementi resistenti in pietra e listature costituite da una doppia fila di mattoni. Gli spessori, decrescenti salendo di piano, sono compresi tra 60 e 40 cm.

Gli ammorsamenti tra le mura originarie indagate sono risultati sempre presenti e ben realizzati.

L'intonaco ha uno spessore variabile tra 2,5 e 4 cm ed è sempre presente tranne che in soffitta.



Figura 15: saggi sulle mura originarie – tessitura (sinistra) e ammorsamento (destra).



*Muratura in Poroton o mattoni pieni*

Le murature in blocchi di Poroton sono sempre ad una singola testa, mentre quelle in mattoni pieni sono ad una o due teste.

L’intonaco ha uno spessore medio di 2,5 cm ed è sempre presente tranne che in soffitta.

Le nuove murature in laterizio e quelle originarie in muratura non sono ammorsate tra loro.



Figura 16: murature in blocchi Poroton – dettaglio (sinistra) e mancanza di ammorsamento (destra)

**9.5.2 Strutture in c.a.**

*Travi e pilastri di soffitta e di copertura*

Dalle indagini effettuate risulta che le travi del piano soffitta sono estradossate con sezione 28 x 73 cm, quelle di copertura sono ricalate con sezioni 20 x 60 cm, 26 x 64 cm e 25 x 42 cm; le armature sono costituite da barre longitudinali lisce dotate di uncini di estremità e aventi diametri  $\phi 12$  e  $\phi 14$  e da staffe  $\phi 8$  al passo di 15 e 20 cm.

I pilastri hanno sezione quadrata di lato 30 cm; le armature sono costituite da barre longitudinali anch'esse lisce con diametro  $\phi 12$  e da staffe  $\phi 8$  al passo di 20 cm.

Le staffe non sono di tipo chiuso e non sono presenti infittimenti di esse nelle parti terminali dei pilastri, come invece richiesto in zona sismica.



Figura 17: saggio mediante rimozione del copriferro e rilievo delle armature in soffitta

*Rampe, pianerottoli e travi in spessore*

Dal progetto esecutivo esaminato, limitatamente alle scale ed alle travi in spessore, e dalle indagini condotte (cfr. 0) si può affermare che:

- le dimensioni delle sezioni e le caratteristiche delle armature rilevate hanno corrisposto a quanto indicato nelle tavole di progetto;
- le solette delle scale hanno barre di armatura longitudinale  $\Phi 16/15\text{cm}$  e staffe  $\Phi 8/20\text{cm}$ ;
- le travi a spessore dei nuovi solai sono armate longitudinalmente con  $3+3\Phi 16$  ed hanno staffe  $\Phi 8/15\text{cm}$ .



Figura 18: saggio sulle rampe delle scale mediante rimozione del copriferro

*Muri di contenimento dello scannafosso*

Dal progetto esecutivo esaminato e dalle indagini condotte (cfr. 0) si può affermare che, per quanto riguarda il muro di contenimento in c.a. dello scannafosso::

- le dimensioni delle sezioni e le caratteristiche delle armature rilevate hanno corrisposto a quanto indicato nelle tavole di progetto;
- le armature sono ad aderenza migliorata;
- le armature sono costituite da barre verticali  $\Phi 14/20\text{cm}$  e barre orizzontali  $\Phi 12/25\text{cm}$ ;

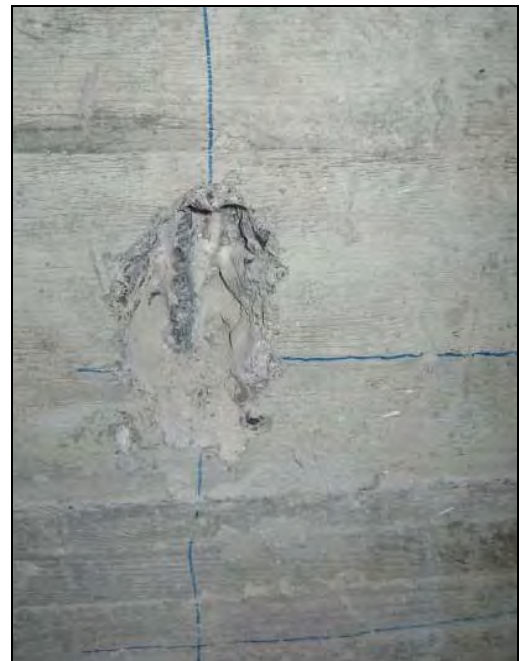


Figura 19: indagini e saggi sul nuovo muro di contenimento in c.a.

### 9.5.3 Solai

Per quanto emerge dalla documentazione progettuale inerente i lavori di ristrutturazione di cui ai precedenti §§ 5 e 6, e così come confermato dai saggi effettuati, sono state individuate le seguenti tipologie di solai:

- vespaio ("gattaiolato") al piano Seminterrato;
- tavelle su muretti al Piano Terra in corrispondenza della Ali Est, Ovest e centrale;
- solaio originario di copertura di tipo "Celersap P." della RDB con getto integrativo in opera e pignatte di alleggerimento in laterizio alte 12 cm, i travetti hanno larghezza pari a 12 cm e sono posti ad interasse 50 cm; la soletta di ripartizione non è presente;
- solaio tipo Stimip A della RDB di Piano Soffitta, gettato in opera con travetti ad interasse 70 cm ed alti 38+4 cm (solaio originario tipo 1) e 26+4 cm (solaio originario tipo 2); le armature sono costituite da barre longitudinali con diametro  $\phi 10$  (dalla relazione di calcolo dei lavori di ristrutturazione del 1995-2005) e la soletta di 2 cm è priva di rete e.s.;
- solaio originario tipo 3 di Piano Soffitta, costituito da pannelli Bisap della RDB accostati (vedi la



precedente Figura 9), di altezza 12 cm e dotato di soletta di ripartizione spessa 2 cm priva di rete e.s.; le armature sono costituite da barre longitudinali con diametri  $\phi 5$  e  $\phi 10$ ;

- solaio tipo Stimip A della RDB di Piano Primo, gettato in opera con travetti ad interasse 70 cm ed alti 38+4 cm (solaio originario tipo 1) e 26+4 cm (solaio originario tipo 2); le armature sono costituite da barre longitudinali con diametro  $\phi 10$  (dalla relazione di calcolo dei lavori di ristrutturazione del 1995-2005) e la soletta di ripartizione da 4 cm è dotata di una rete elettrosaldata  $\phi 6/20 \times 20$  cm;
- solaio originario tipo 3 di Piano Primo, costituito da pannelli Bisap della RDB accostati (Figura 9), di altezza 12 cm e dotato di soletta di ripartizione spessa 4 cm con rete elettrosaldata  $\phi 6/20 \times 20$  cm; le armature sono costituite da barre longitudinali ordinarie con diametri  $\phi 5$  e  $\phi 10$ ;
- solaio nuovo, presente al piano terra (copertura del Piano Seminterrato), costituito da travetti tipo “Bausta”, posti ad interasse di 50 cm, e da pignatte di alleggerimento, per un'altezza totale, inclusa soletta con rete elettrosaldata, variabile tra 16+4 e 24+4 le armature sono costituite da barre longitudinali con diametri variabili tra  $\phi 6$  e  $\phi 14$  (dalla relazione di calcolo dei lavori di ristrutturazione del 1995-2005);

In soffitta sono presenti dei travetti tipo Sap della RDB, in configurazione singola o doppia, che poggiano sulle strutture verticali di soffitta e che sostengono i solai di copertura; tali travetti hanno sezione 20 x 16 cm e sono armati longitudinalmente con 3 barre  $\phi 6$ .

Per quanto riguarda l'orditura e la distribuzione in pianta dei solai si rimanda agli elaborati grafici

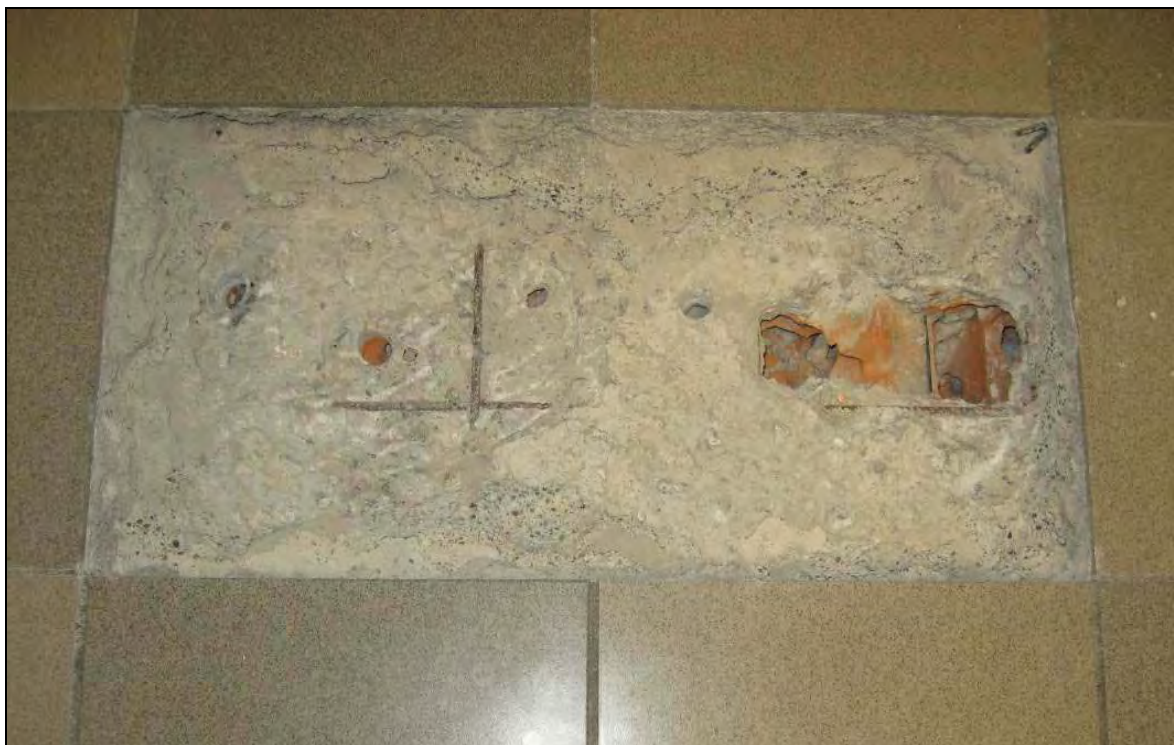


Figura 20: saggio sul solaio tipo 2 del piano primo



Figura 21: saggio sul solaio tipo 1 del piano soffitta



Figura 22: travetto tipo Sap in copertura con armature esposte



#### **9.5.4 Elementi in carpenteria metallica**

Durante i lavori di ristrutturazione del 1995-2005 sono stati inseriti alcuni architravi in acciaio. Le uniche informazioni che si hanno in merito derivano dagli elaborati progettuali: i profili metallici sono in acciaio Fe 360 ed hanno sezione HE160A e HE280A.

#### **9.5.5 Fondazioni**

Dalle indagini svolte in situ e dagli elaborati di progetto originali, si è rilevato che la struttura è fondata sul terreno mediante fondazioni a sacco, più larghe dei maschi murari soprastanti di circa 10 cm per lato e che si attestano ad una profondità di circa 1.1 m dal piano di campagna.

## **10 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA**

### **10.1 Considerazioni generali sulla vulnerabilità statica e sismica**

Al termine delle indagini in sito e delle preliminari verifiche di vulnerabilità, si sono espresse le considerazioni seguenti, le quali giustificano la necessità di un intervento di adeguamento strutturale.

1) L'edificio ha forma in pianta ad "E" con i seguenti parametri caratteristici:

- lato maggiore	70.60 m
- lato minore	33.60 m
- rapporto tra i lati	2.09
- lato maggiore delle ali	20.1 m
- lato minore delle ali	12 m (ala centrale) e 14.6 (ali laterali)
- rapporto tra i lati delle ali	1.67 – 1.38
- massimo valore percentuale dei rientri	60%

Il corpo principale si sviluppa in elevazione per tre piani (seminterrato, terra e primo), mentre le ali per due piani (terra e primo). Tra il corpo principale e le ali è presente un dislivello di terreno di circa 3 m con conseguenti diversi piani di imposta delle fondazioni.

Pertanto l'edificio non è regolare né in pianta, né in elevazione.

- 2) L'altezza sotto gronda dell'edificio è 11.90 m per il corpo principale e 9.00 m per le ali, mentre la quota massima di colmo è 13.90 m per il corpo principale e 11.55 m per le ali.
- 3) La quasi totalità degli elementi strutturali verticali resistenti all'azione sismica si estendono con continuità dalle fondazioni alla sommità, l'unica eccezione è costituita dai maschi tra i fili 36 e 72 che sono presenti solo ai piani seminterrato e soffitta.
- 4) La distribuzione delle masse in pianta è generalmente uniforme mentre in elevazione si ha una notevole disuniformità legata alla differente estensione ( $m^2$ ) del piano seminterrato rispetto a quelli superiori (+ 62%). Ad essa si associa un pari incremento di massa sismica.
- 5) Il comportamento strutturale complessivo è quello scatolare tipico di una struttura in muratura, con pareti ortogonali generalmente ammortate. Esso presenta rigidzze e resistenze confrontabili nelle due direzioni principali, ovvero senza la prevalenza di una "direzione forte" rispetto ad una "direzione debole".
- 6) Le analisi modali effettuate non evidenziano modi propri nettamente prevalenti; la particolare tipologia e conformazione dei solai non permette infatti un comportamento globale a "piano rigido". Ciò è confermato dalla presenza nel comportamento dinamico di numerosi modi propri con massa partecipante non superiore al 10%.
- 7) Tutti gli orizzontamenti non sono di tipo spingente. I solai originari sono sprovvisti di cordoli armati perimetrali.

- 8) Le solette delle rampe e dei pianerottoli delle scale interne presentano modesta incidenza sul comportamento dinamico di insieme, sebbene localmente vi siano lievi concentrazioni di sollecitazioni.
- 9) Le luci dei solai sono variabili tra 1.85 m e 7 m con alcuni maschi caricati da un lato da solai con luce 2.5 m e dall'altro con luce 7 m su tutti i piani: questo provoca forti eccentricità fuori piano unite a sforzi normali significativi.
- 10) Per quanto riguarda la rigidezza di piano dei solai, quelli di piano terra e primo possono essere considerati infinitamente rigidi in virtù delle solette armate presenti, il solaio di soffitta, avendo una soletta non armata di soli 2cm di spessore, è dotato di scarsa rigidezza di piano mentre quello di copertura è totalmente privo di soletta.
- 11) Sono presenti ampi vani con pareti anche molto estese provviste di elementi ortogonali di controvento a considerevole distanza mutua. Conseguentemente i diaframmi di piano (solai) risultano molto impegnati nel trasferimento delle azioni orizzontali alle pareti di controvento.
- 12) La muratura in pietrame ha manifestato modesti valori di resistenza a compressione media. Ciò da imputare anche alla qualità della tessitura che vede i maschi murari formati da due paramenti esterni debolmente collegati tra loro per l'assenza di efficaci diatoni e la presenza nel nucleo interno con significative cavità o riempimenti di malta (cfr. figure successive).

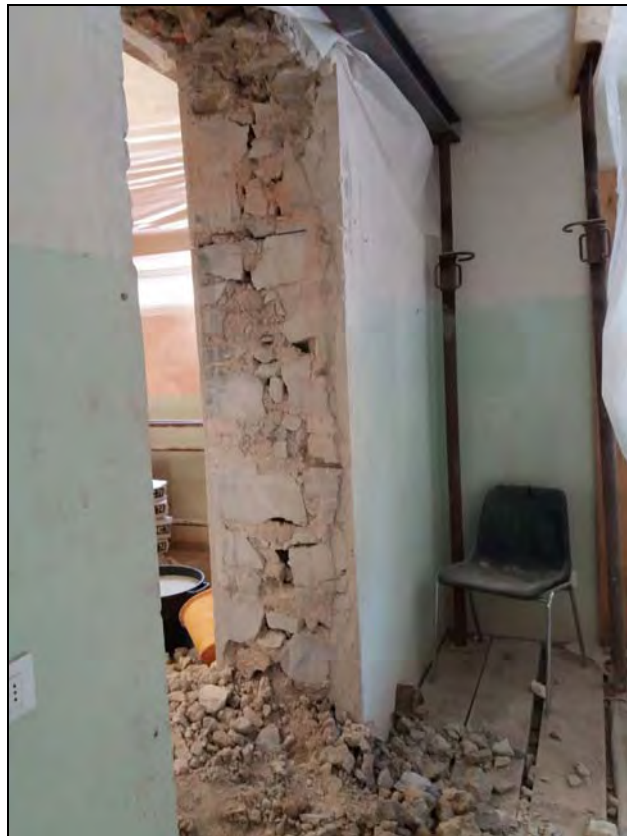


Figura 23: interno della muratura di pietrame

- 13) Anche la muratura di mattoni pieni non manifesta le resistenze tipiche della sua tipologia a causa della carenza nel numero di diatoni interni (cfr. figure successive).



Figura 24: interno della muratura di mattoni pieni e esito delle prove di rottura

- 14) I maschi murari di spina hanno spessori ridotti, generalmente pari a 40 cm, mentre lo spessore e la qualità dei tramezzi non portanti non appare carente.
- 15) Le murature non direttamente caricate dai solai presentano alcune situazioni di criticità per cinematismi di collasso fuori piano
- 16) La copertura originaria aveva una struttura portante di tipo ligneo; nel tempo essa è stata rimossa e sostituita con l'attuale copertura in latero-cemento, posta ad una quota più elevata di circa 30 cm rispetto a quella originaria. Ciò ha comportato, quasi sicuramente, un incremento dell'azione sismica dovuto al prevalere dell'aumento di quota e del probabile aumento di massa rispetto alla variazione del periodo proprio.



Figura 25: il moncone di una delle travi lignee della copertura originaria e il solaio di copertura attuale



- 17) In copertura sono presenti delle soluzioni costruttive non propriamente ortodosse, come quella rappresentata nella seguente figura.



Figura 26: vista di una soluzione costruttiva non molto ortodossa adottata in copertura

- 18) Alcune pareti in muratura del piano soffitta, non essendo vincolate al solaio di copertura, sono soggette a ribaltamento fuori piano (figura seguente).



Figura 27: parete in muratura del piano soffitta non a contatto con il solaio di copertura

- 19) I quattro pilastri del piano soffitta sono debolmente armati a flessione; conseguentemente non superano la verifica di resistenza.
- 20) Il sistema fondazionale non supera la verifica di portanza del terreno. Tuttavia si ritiene che sia opportuno un approfondimento delle indagini in fase di progettazione degli interventi di adeguamento strutturale.

Le considerazioni di cui ai punti 1), 4), 5), 8), 11), 14), 16), 18) contengono le principali cause del mancato superamento delle verifiche sismiche.



Le indagini in sito e le preliminari verifiche di vulnerabilità mostrano che le murature e le fondazioni non sono verificate sia allo Stato Limite ultimo quanto allo Stato Limite di Esercizio. Tale situazione è attualmente diffusa sia in termini di numero di maschi coinvolti sia in termini di sviluppo lineare (Figura 28, Figura 29).

Le principali cause di criticità sono da individuare, per le pareti murarie, nella modesta resistenza a compressione riscontrata in sito ( $f_m = 10 \text{ kg/cm}^2$ ) e nel limitato spessore delle murature e, per le fondazioni, nella modesta portanza riscontrata.

In queste condizioni, l'attuazione di provvedimenti per la messa in sicurezza in condizioni statiche è *"necessaria e improcrastinabile"* (Circolare 617/2009, § C8.3). La Committenza ha tuttavia ritenuto opportuno procedere anche ad un contestuale adeguamento sismico.

Si riporta un grafico contenente il coefficiente di sicurezza di ciascun maschio murario, suddivisi per piano, per lo Stato Limite Ultimo (verifica statica). A valori maggiori di 1 corrispondono maschi murari non verificati.

Infine si riporta un grafico contenente il coefficiente di sicurezza di ciascun maschio murario, suddivisi per piano, per lo Stato Limite di Salvaguardai della Vita (verifica sismica). Anche qui, a valori maggiori di 1 corrispondono maschi murari non verificati.

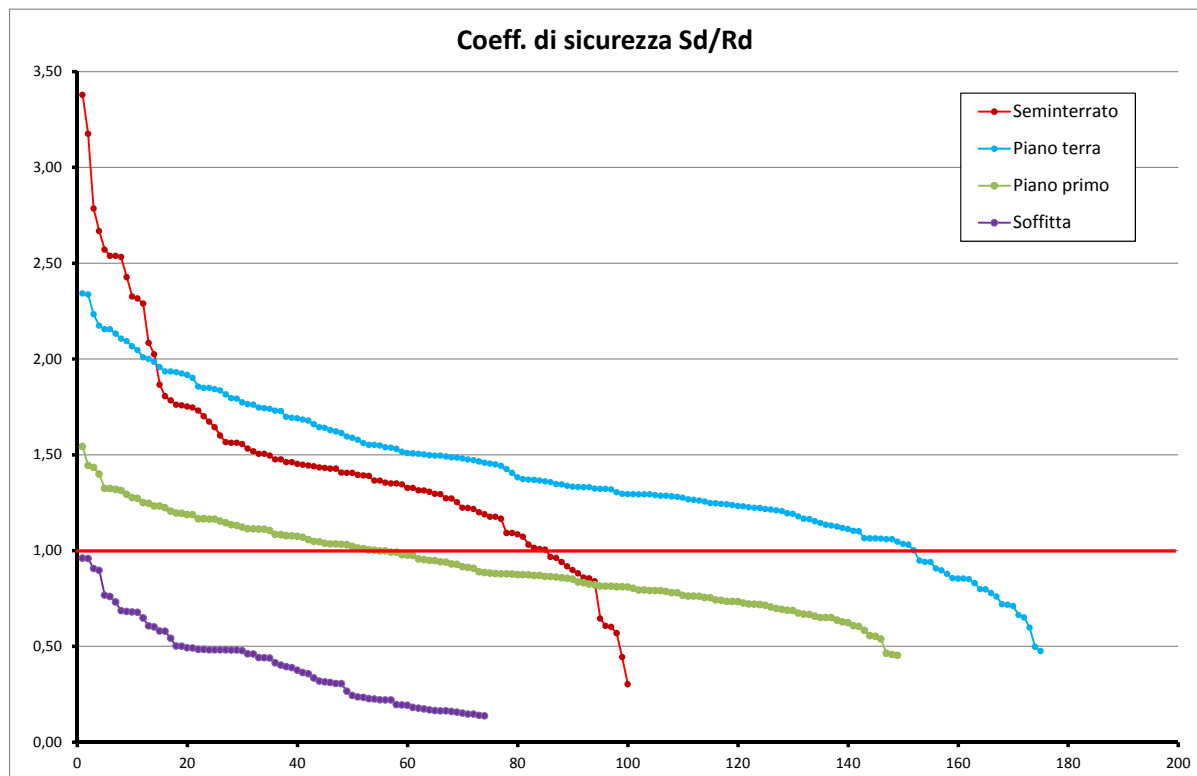


Figura 28: coeff. di sicurezza statico SLU ( $\leq 1 \rightarrow$  verifica superata). In ascisse il n. di elementi.

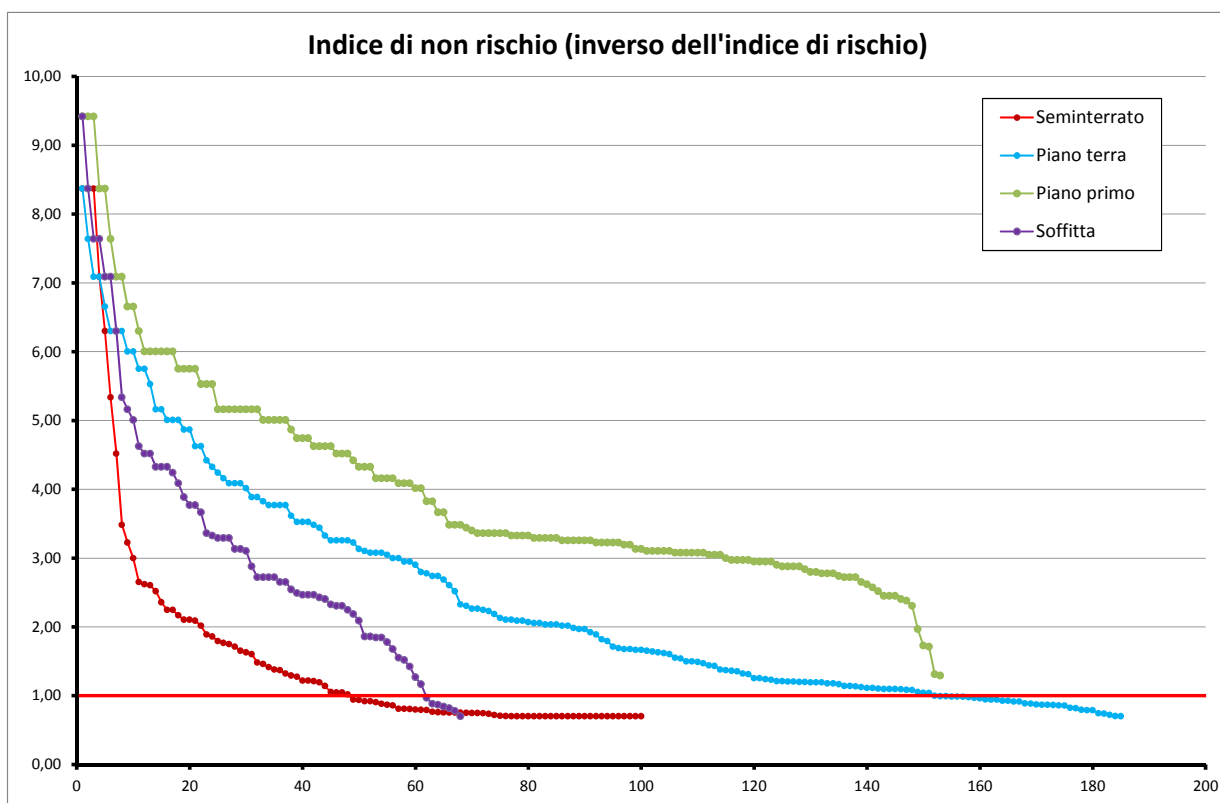


Figura 29: coeff. di sicurezza sismico (inverso dell'indice di rischio) ( $\leq 1 \rightarrow$  verifica superata). In ascisse il n. di elementi.

## **11 INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO**

### **11.1 Metodologie di intervento**

Considerando le criticità emerse dalle verifiche preliminari di vulnerabilità sismica, gli interventi di adeguamento statico e sismico ideati sono stati rivolti ad un generale aumento dei valori di resistenza allo stato limite ultimo e della capacità dissipativa delle murature in fase sismica. Tali obiettivi sono stati raggiunti attraverso la placcatura delle pareti portanti tramite applicazione del sistema CAM ed iniezioni di malta legante. Inoltre è stato necessario intervenire sulle fondazioni ampliandone la superficie di trasferimento del carico tramite cordoli armati laterali.

In questa fase progettuale gli interventi si è considerato di realizzare gli interventi in una unica fase. Tuttavia essi possono agevolmente essere organizzati in lotti funzionali, ad esempio operando dapprima al piano seminterrato e successivamente sui piani superiori. In questo modo i disagi nei confronti delle attività presenti sarebbero minori e l'impatto economico da affrontare diluito su un arco temporale maggiore.

### **11.2 Rinforzo delle murature con metodo CAM**

Il sistema CAM costituisce una tecnica innovativa di rinforzo strutturale (retrofitting strutturale). L'elemento principe è il nastro metallico ad alte prestazioni che, chiuso su se stesso attraverso elementi di giunzione, realizza cerchiature in tensione che opportunamente disposte sulle strutture inducono un confinamento tridimensionale attivo che tende a riportare lo stato tensionale del materiale ad una configurazione di tipo idrostatico. Sulle strutture in muratura tali cerchiature sono sempre connesse tra di loro attraverso degli elementi specifici (piastre imbutite), pertanto oltre all'azione di confinamento realizzano anche collegamenti tra gli elementi strutturali del fabbricato particolarmente efficaci grazie alle alte prestazioni meccaniche del nastro ed all'effetto diffuso delle maglie.



Figura 30: placcaggio di murature mediante sistema cam

Infatti quando la maglia è diffusa su tutto l'apparecchio murario si può beneficiare di un effetto “scatola” realizzato da una quantità importante di tali moderne “microcatene” collegate tra di loro che attraversano il fabbricato in orizzontale, in verticale, e all'occorrenza con qualunque inclinazione.) Considerando un singolo pannello murario, i nastri rappresentano anche armatura capace di conferire agli stessi maggiore capacità resistente nel piano (incremento di resistenza a taglio e pressoflessione), ed una buona capacità di trattenimento rispetto alle azioni fuori dal piano.

Il Sistema CAM ha inoltre la pregevole caratteristica di essere reversibile, concetto caro alle Sovrintendenze ma anche di buon senso. La reversibilità è infatti sempre auspicabile per soddisfare l'esigenza di assecondare adattamenti (ad es. un cambio di destinazione d'uso), per cui potrebbe essere necessario andare a smontare ciò che si era applicato (i nastri possono essere facilmente rimossi). In più, con il normale evolvere della tecnica, in futuro potrebbero essere disponibili soluzioni per il rinforzo strutturale maggiormente rispondenti al problema specifico, per cui potrebbe essere necessario andare a rimuovere i presidi di rinforzo precedentemente applicati.



Figura 31: placcaggio di murature mediante sistema cam

Le lavorazioni esecutive per applicare un sistema CAM possono così schematizzarsi:

- 1) Rimozione dell'intonaco (ove presente) e rimozione corticale con idonei mezzi meccanici non battenti del c.a. ammalorato (ove presente). Intervento da estendere all'intera superficie da rinforzare.
- 2) Pulizia per la rimozione di ogni residuo di lavorazione. Intervento da estendere all'intera superficie da rinforzare.
- 3) Posizionamento in opera e realizzazione dei fori per l'inserimento dei nastri metallici, previa valutazione della posizione dei travetti del solaio.



- 5) Posizionamento dei pressopiegati ad L in acciaio zincato (almeno 60x6) e delle piastre in acciaio zincato imbutite (tipicamente 125x125x4) e fissaggio delle stesse al c.a. con malta tissotropica ad alta resistenza.
- 6) Inserimento e tesatura dei nastri metallici in acciaio zincato ad alta resistenza con giunzione in grado di garantire la trasmissione di almeno il 70% del carico di rottura del nastro.
- 7) Chiusura dei fori con malta colabile a ritiro compensato ed elevata resistenza o con schiuma poliuretanica, per una profondità minima di 10 cm.
- 8) Sbruffata con malta cementizia di protezione e successiva applicazione dell'intonaco di finitura.

#### 11.1 Iniezione delle murature

Le iniezioni di malta fluida mirano ad eliminare la disgregazione caotica della muratura (soprattutto nei casi in cui il degrado della muratura sia imputabile al legante) andando a ridurre i vuoti e rafforzando il legame tra le parti esistenti della muratura, rendendo in tal modo la muratura più coesa ed in grado di mantenersi monolitica durante il sisma.



Figura 32: placcaggio di murature mediante sistema cam

- 1) Identificazione e preparazione delle aree d'intervento mediante rimozione delle parti fatiscenti, incoerenti, disaggregate, ecc..
- 2) Colmatura delle eventuali fessure e delle sconessioni esistenti mediante applicazione, a spatola, di composto adesivo. In alternativa può essere previsto e realizzato un rivestimento continuo mediante applicazione di intonaco composito fibrorinforzato.
- 3) Realizzazione delle perforazioni, ivi compresa l'accurata eliminazione della polvere dai fori mediante getto d'aria e acqua.
- 4) Installazione degli iniettori (tubetti di plastica trasparente, flessibile del diametro di 10 mm) nei

fori precedentemente praticati e fissaggio degli stessi.

- 5) Iniezione di boiacche cementizie ad elevatissima stabilità dimensionale, eseguite partendo dal basso verso l'alto, a bassa pressione in costanza di alimentazione, ed eventualmente ripetute, ove necessario sino al sicuro soddisfacimento delle effettive esigenze di consolidamento.
- 6) A presa avvenuta, taglio e rimozione degli iniettori.
- 7) Sbruffata con malta cementizia di protezione e successiva applicazione dell'intonaco di finitura.

#### 11.2 Interventi in fondazione

L'intervento consiste nell'aumento della larghezza della fondazione tramite l'affiancamento alla fondazione esistente di nuovi cordoli in calcestruzzo armato. Per rendere collaboranti la nuova e l'esistente fondazione, esse sono collegate mediante spinotti e armature trasversali inserite in piccoli fori eseguiti con il trapano.



Figura 33: placcaggio di murature mediante sistema cam

Le lavorazioni esecutive per realizzare l'intervento in oggetto sono così schematizzabili:

- 4) Demolizione della pavimentazione e del sottofondo, scavo del terreno fino a rinvenire il piano di appoggio della fondazione esistente.
- 5) Realizzazione dei collegamenti tramite foratura e inghisaggio di barre in acciaio.
- 6) Realizzazione e posa dell'armatura.
- 7) Getto del calcestruzzo.
- 8) Rinterro laterale dello scavo.
- 9) Ricostruzione del pacchetto di sottofondo e pavimentazione.