



**Finanziato  
dall'Unione europea**  
NextGenerationEU



**Provincia di Ravenna**

## Settore Edilizia Scolastica e Patrimonio

Servizio Programmazione e Progettazione

INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO PRESSO IL POLO TECNICO PROFESSIONALE DI LUGO SEZIONE PROFESSIONALE "E. STOPPA" DI VIA FRANCESCO BARACCA, 62 - LUGO (RA)  
PNRR - NEXT GENERATION EU - Missione 4, Componente 1, Investimento 3.3  
CUP : J42C20000850001

### PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

Presidente: Michele de Pascale	Consigliere delegato Pubblica Istruzione - Edilizia Scolastica - Patrimonio: Maria Luisa Martinez
Dirigente responsabile del Settore: Ing. Paolo Nobile	Responsabile del Servizio: Arch.Giovanna Garzanti

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Ing. Paolo Nobile

PROFESSIONISTI ESTERNI:

ARCHITETTO RESPONSABILE DEL COORDINAMENTO DELLA PROGETTAZIONE - COORDINATORE IN FASE DI PROGETTAZIONE PER LA SICUREZZA E LA SALUTE NEI CANTIERI

Arch. Roberto DI RAMIO

PROFESSIONISTI RESPONSABILI DELLA PROGETTAZIONE EDILE ED ARCHITETTONICA

Arch. Pietro LA GATTA

Ing. Maurizio CIARROCCHI

PROFESSIONISTI RESPONSABILI DELLA PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI

Ing. Daniele CIANCHETTA

Arch. Roberto DI RAMIO

INGEGNERE RESPONSABILE DEL PROGETTO DEFINITIVO ED ESECUTIVO

Ing. Massimo GEROSOLIMO PORZIELLA

PROFESSIONISTI RESPONSABILI DELLA PROGETTAZIONE STRUTTURALE

Ing. Sebastiano ORTU

Ing. Daniele CIANCHETTA

GEOLOGO RESPONSABILE DELLA RELAZIONE GEOLOGICA

Ged. Primo FALCIONI

GIOVANE PROFESSIONISTA

Arch. Michele D'AMICO

**ATI** | Titolare del servizio di progettazione definitiva ed esecutiva e coordinamento per la sicurezza in fase di progettazione

CONSULENTI (ai sensi del D.lgs. n. 50/2016)  
Arch. Clelia Dell'Arciprete - Arch. Sara Menna - Ing. Francesca Orsini - Ing. Marianna Sabia

Capogruppo

Mandante



**INSIGHT & Co. S.r.l.**

Via Tiburtina Valeria, 149/1  
65129 Pescara (PE)  
Tel. 085/4159367 - Fax. 085.2192520  
e-mail: direzionetecnica@insight.co.it  
PEC: insight@arubapec.it



**S.A.G.I. S.r.l.**

Società per l'Ambiente, la Geologia e l'Ingegneria  
Via Pasubio,20  
63074 San Benedetto del Tronto (AP)  
Tel. e Fax. 0735.757580  
e-mail: info@sagistudio.it  
PEC: info@pec.sagistudio.it

Mandante



Via Spaventa,10  
63039 Sulmona (AQ)  
Tel. 0864.51619 e Fax. 0864.576003  
e-mail: studiotechnicoprogettointegrato.it  
PEC: massimo.gerosolimoporziella@ing.pe.eu

TITOLO ELABORATO:

**RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI E DEFINIZIONE DEI LIVELLI DI CONOSCENZA**

Elaborato num: <b>PDE_STRU_11</b>	Revisione: <b>00</b>	Data: <b>Ottobre 2022</b>	Scala:	Nome file: <b>PDE_STRU_11_REL.CAR.MAT_r00</b>
--------------------------------------	-------------------------	------------------------------	--------	--

REGIONE EMILIA ROMAGNA  
COMUNE DI LUGO



SERVIZIO DI ELABORAZIONE DELLA VERIFICA SISMICA E DELLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA DELLE OPERE DI MIGLIORAMENTO SISMICO PRESSO IL POLO TECNICO PROFESSIONALE DI LUGO, SEZIONE PROFESSIONALE "E. STOPPA"-

*Via F. Baracca 62 – Lugo- (RA)*

---

**PROGETTO DEFINITIVO- ESECUTIVO**

---

	(timbro e firma)	codice commessa:
		codice elaborato:

OGGETTO:

Relazione sulla caratterizzazione meccanica dei materiali e definizione dei Livelli di Conoscenza

---

ELABORATO:	DATA:
Re.M-LC	_____



**S.A.G.I. S.r.l.**  
Società per l'Ambiente, la Geologia e Ingegneria  
63037 Porto D'Ascoli (A.P.)  
Via Pasubio, 20 - Tel. 0735/757580  
Fax 0735/757588

Sede di Ascoli Piceno: Viale Assisi n.107 – Folignano -





## Sommario

<b>1 APPROCCIO PROGETTUALE PER LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA DI EDIFICI ESISTENTI .....</b>	<b>3</b>
1.1 ANALISI STORICO CRITICA	4
1.2 RILIEVO	8
1.3 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI	13
1.4 CAMPAGNA DI INDAGINE	18
1.5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SULL'ITER CONOSCITIVO DEL FABBRICATO	41
1.6 LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA	48
COSTRUZIONI IN MURATURA.....	49
COSTRUZIONI DI CALCESTRUZZO ARMATO O DI ACCIAIO.....	51



## APPROCCIO PROGETTUALE PER LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA DI EDIFICI ESISTENTI

La valutazione della sicurezza di una struttura esistente è un procedimento quantitativo, volto a determinare l'entità delle azioni che la struttura è in grado di sostenere con il livello di sicurezza minimo richiesto dalla presente normativa. L'incremento del livello di sicurezza si persegue, essenzialmente, operando sulla concezione strutturale globale con interventi, anche locali. La **valutazione della sicurezza**, argomentata con apposita relazione, **dove permettere di stabilire se:**

- **l'uso della costruzione possa continuare senza interventi;**
- **l'uso debba essere modificato** (declassamento, cambio di destinazione e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso);
- **sia necessario aumentare la sicurezza strutturale**, mediante interventi.

Nella valutazione della sicurezza, da effettuarsi ogni volta si eseguano interventi strutturali di miglioramento o adeguamento di cui al § 8.4 del D.M. 2018, il progettista dovrà esplicitare in un'apposita relazione, esprimendoli in termini di rapporto fra capacità e domanda, i livelli di sicurezza precedenti all'intervento e quelli raggiunti con esso.

La **valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti potranno essere eseguite con riferimento ai soli SLU**, salvo che per le costruzioni in classe d'uso IV, per le quali sono richieste anche le verifiche agli SLE specificate al § 7.3.6 del D.M. 2018; in quest'ultimo caso potranno essere adottati livelli prestazionali ridotti. Per la combinazione sismica le verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto alla condizione di salvaguardia della vita umana (SLV) o, in alternativa, alla condizione di collasso (SLC), secondo quanto specificato al § 7.3.6 del D.M. 2018. Nelle verifiche rispetto alle azioni sismiche il **livello di sicurezza della costruzione è quantificato attraverso il rapporto  $\zeta_E$  tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione**; l'entità delle altre azioni contemporaneamente presenti è la stessa assunta per le nuove costruzioni, salvo quanto emerso riguardo ai carichi verticali permanenti a seguito delle indagini condotte (di cui al § 8.5.5 del D.M. 2018) e salvo l'eventuale adozione di appositi provvedimenti restrittivi dell'uso della costruzione e, conseguentemente, sui carichi verticali variabili.

**È necessario adottare provvedimenti restrittivi dell'uso della costruzione e/o procedere ad interventi di miglioramento o adeguamento nel caso in cui non siano soddisfatte le verifiche relative alle azioni controllate dall'uomo, ossia prevalentemente ai carichi permanenti e alle altre azioni di servizio.**

Nelle costruzioni esistenti le situazioni concretamente riscontrabili sono le più diverse ed è quindi impossibile prevedere regole specifiche per tutti i casi. Di conseguenza, il modello per la valutazione della sicurezza dovrà essere definito e giustificato dal progettista, caso per caso, in relazione al comportamento strutturale atteso, tenendo conto delle indicazioni generali di seguito esposte. A tal fine la normativa vigente definisce delle specifiche fasi per l'attività



di conoscenza della struttura che possa guidare il progettista nella definizione di un livello di sicurezza coerente con le reali condizioni della struttura nel suo stato di fatto:

- ANALISI STORICO-CRITICA;
- RILIEVO;
- CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI;
- LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA;
- AZIONI

## 1.1 ANALISI STORICO CRITICA

Ai fini di una corretta individuazione del sistema strutturale e del suo stato di sollecitazione è importante ricostruire il processo di realizzazione e le successive modificazioni subite nel tempo dalla costruzione, nonché gli eventi che l'hanno interessata. Il Polo Tecnico Professionale di Lugo sezione professionale "E. Stoppa" è ospitato da un raggruppamento di edifici, risalenti ad epoca di realizzazione differente, con tipologie strutturali simili e forti disomogeneità con riferimento all'altezza media dei singoli corpi di fabbrica. L'unità strutturale (US) così individuata ha richiesto un importante lavoro di ricostruzione storica dello stabile e delle lavorazioni che si sono susseguite nel tempo oltre che un'accurata campagna di indagini volta a caratterizzare fisicamente gli elementi strutturali delle singole porzioni. L'analisi storico-critica dell'Istituto è stata condotta prendendo a riferimento la documentazione di carattere narrativo e tecnico che è stata possibile recuperare mediante consultazione di archivi o della documentazione messa a disposizione dell'amministrazione.

Nel seguito si riporta un elenco schematico dei principali documenti consultati:

- RELAZIONE ILLUSTRATIVA con cenni storici relativa al Parere della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti, e Paesaggio nell'ambito dei Lavori di Adeguamento alla Normativa Antincendio del Polo Tecnico Professionale di Lugo – Sezione Professionale "E. Stoppa, via F. Baracca, 62 – Lugo (RA) -Arch. Giovanna Garzanti- 20/08/2021;
- RELAZIONE ILLUSTRATIVA nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica degli Interventi di Miglioramento Sismico Presso il Polo Tecnico Professionale di Lugo Sezione Professionale "E. Stoppa" di via Francesco Baracca, 62- Lugo (RA) Allegati A, B1, B2, B3, B4, B5, C, D1, D2.
- Tavole grafiche relative alla Progettazione e Costruzione del Liceo Classico- Archivio del Comune di Lugo – 1977-
- RELAZIONE ILLUSTRATIVA e relativi allegati prodotti nell'ambito dell'intervento di urgenza disposto ai sensi dell'art. 175 del d.p.r. 05/10/2010 n. 207 per la messa in sicurezza - risanamento e bonifica dei soffitti e consolidamento delle volte del corpo palestre – dell'istituto professionale di stato servizi commerciali e



turistici "E. Stoppa" di Lugo, via Baracca, 62 -2° stralcio – consolidamento delle volte del corpo palestre - progetto preliminare – definitivo – esecutivo -ENSER s.r.l.- 2014;

- RELAZIONE GENERALE e relativi allegati prodotti nell'ambito dei Lavori di Adeguamento normativo per il superamento delle Barriere Architettoniche della sede dell'IPS "E.Stoppa" di Lugo, via F.Baracca n.62- Progetto Esecutivo- 2016.

Da un punto di vista storico, l'edificio di Via Baracca è composto, come già accennato, da diversi corpi di fabbrica costruiti presumibilmente nella prima metà del '900, anche se è ipotizzabile datare alcune sue parti alla seconda metà dell'Ottocento. Da una ricerca presso l'archivio comunale di Lugo risulta che nell'agosto del **1908 viene presentata richiesta per la realizzazione di un piccolo fabbricato, ad un piano, sul fronte di via F.Ili Cortesi**, adibito a laboratori per l'Istituto Salesiano, mentre nel luglio del **1932 si comunica la necessità di effettuare opere di pulitura e sistemazione della facciata del fabbricato posto su via F. Baracca**. Tale facciata corrisponde solo in parte all'attuale fronte che si estende per un più ampio tratto su via F. Baracca. **La testata d'angolo fra via F.Ili Cortesi e via F. Baracca, di un piano più alta rispetto al corpo già esistente e comprendente il corpo "torretta" e l'ingresso principale risulta pertanto edificata tra gli anni '30 e '60, contestualmente alla sopraelevazione di un piano del prospetto su via F.Ili Cortesi.**

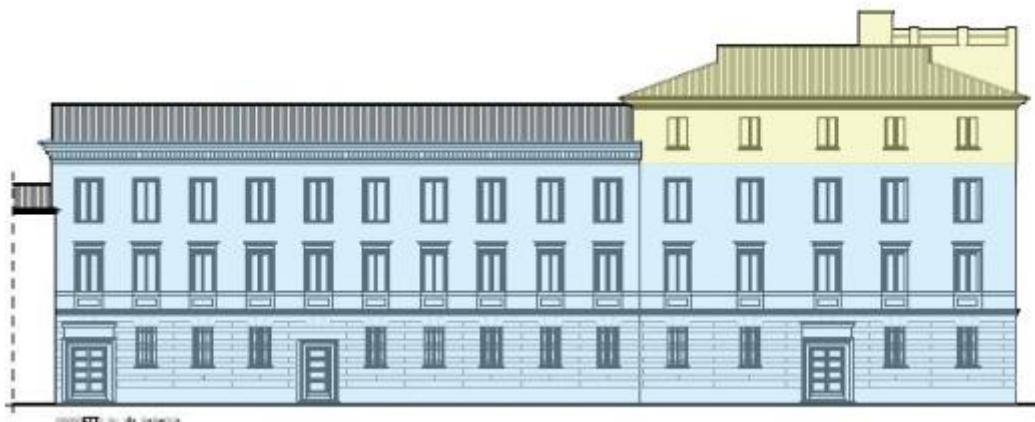


Figura 1 Prospetto via Baracca, individuazione corpo originario e successiva sopraelevazione

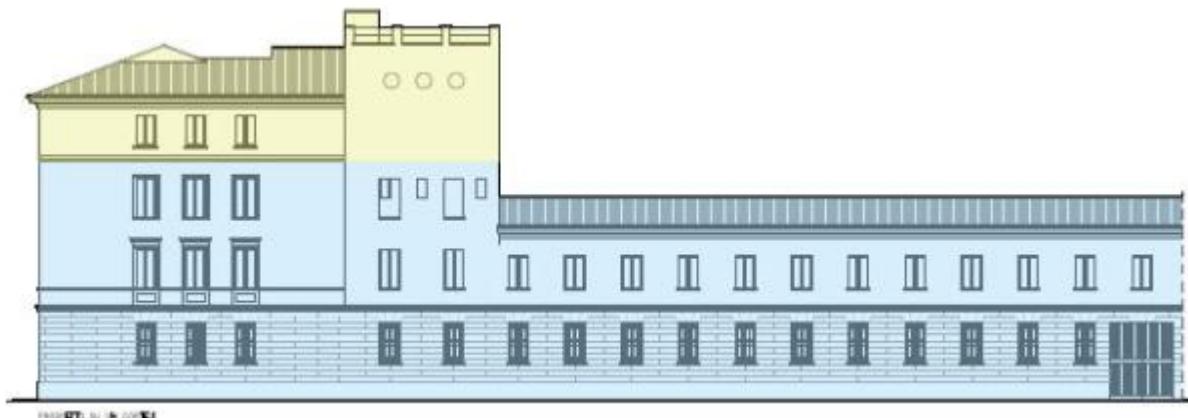


Figura 2 Prospetto su via Cortesi, individuazione corpo originario e successiva sopraelevazione

Si riportano alcuni brani tratti da una breve testimonianza di Bruno Rinaldi che frequentò l'istituto da bambino (1930/1933) in quanto orfano di padre, testimone conosciuto a Lugo dapprima come maestro elementare e successivamente come direttore didattico della scuola elementare "Gardenghi" di via Tellarini (oggi IPSIA Manfredi) fino al collocamento in pensione: *"L'edificio, com'è attualmente, risale al secondo dopoguerra. Tuttavia i portici c'erano anche prima. Il lato di via Fratelli Cortesi era occupato dai laboratori di falegnameria ed ebanisteria. Però c'era solamente il piano terra, con ambienti molto alti, tipo capannone .... I Salesiani incamerarono i beni della marchesa Spreti, deceduta nel 1915 .... I "figli di S. Giovanni Bosco", per riconoscenza, il 24agosto 1939 ..... posero una lapide nell'atrio dell'istituto, di quella lapide, però, si sono perse le tracce. .... Ai miei tempi eravamo circa duecento collegiali. Dormivamo in camerette che si trovavano tra via Baracca e la chiesa (oggi non più esistente, al suo posto c'è una palestra) .... L'edificio che dà su via Baracca era così utilizzato: all'ultimo piano c'erano i cameroni-dormitorio; il piano sottostante era adibito a sale di studio, mentre al piano terra c'erano i refettori dei superiori e dei convittori. Sempre al piano terra c'erano anche le cucine. Ad ogni modo, il complesso che oggi vediamo è molto più grande rispetto ai miei tempi. Settant'anni fa, era certamente più piccolo."*

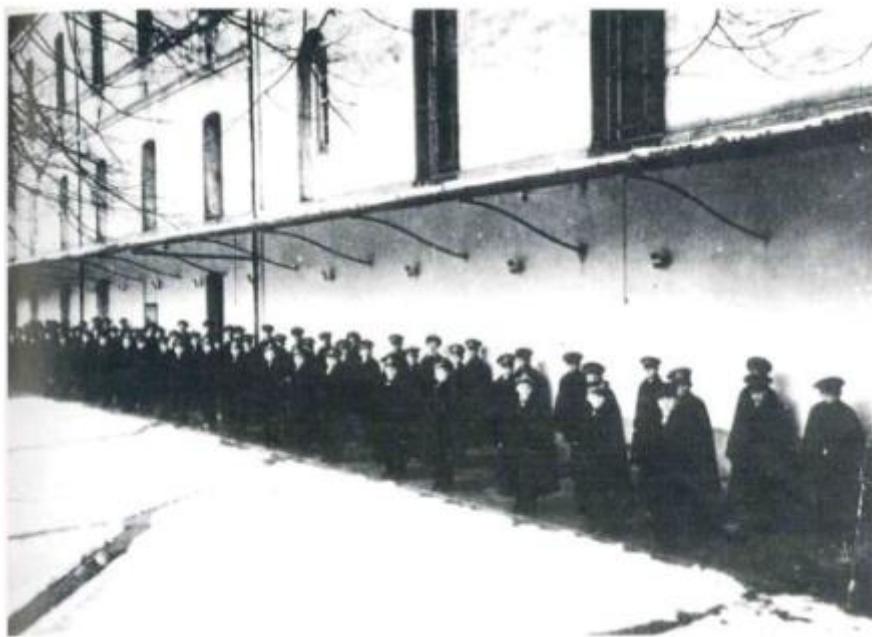


Figura 3 "Adunata" di convittori in un inverno degli anni '30. Alle spalle le attuali palestre (Proprietà: Giuseppe Campoli)

La foto in Figura 3 mostra la **presenza di un portico**, con probabile struttura in acciaio, **presente già negli anni '30**.



Figura 4 Portico anno 2021



L'attuale portico con pilastri in c.a. e solaio latero-cementizio è databile nell'epoca tra gli anni '30 e i '50 così come è possibile evincere da alcuni dettagli costruttivi della normativa d'epoca riscontrati in sito.

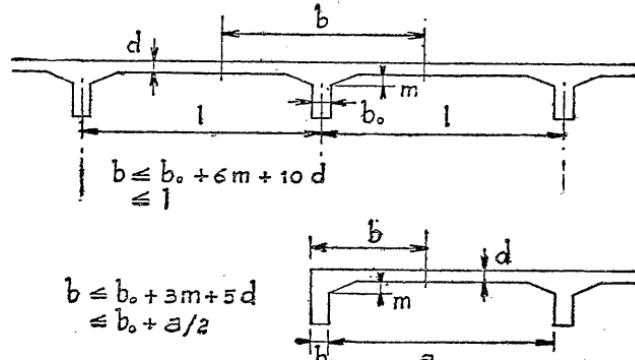


Fig. 5.

Figura 5 Regio Decreto Legge 16 Novembre 1939: Norme per l'esecuzione delle opere in conglomerato cementizio semplice od armato: dettagli costruttivi

Nel 1962 l'immobile è stato oggetto di interventi di ristrutturazione per ospitare il Liceo Classico "F.Trisi" mentre negli anni '90 ulteriori interventi di ristrutturazione sono stati realizzati per la sistemazione dei servizi igienici, degli infissi esterni e sono state inoltre realizzate le due scale metalliche esterne. Nel 2014 a seguito di evidente degrado delle volte di controsoffitto dei locali palestre (Corpo D e corpo E) sono stati realizzati alcuni lavori in urgenza con inserimento di catene metalliche e rinforzo estradossale delle volte. Nel 2015 nell'ambito di un progetto per il superamento delle barriere architettoniche, l'istituto scolastico è stato dotato di ascensore, con installazione di un vano ex-novo in muratura di poroton in corrispondenza del corpo B.

## 1.2 RILIEVO

Il rilievo materico costruttivo deve permettere di individuare completamente l'organismo resistente dell'edificio in oggetto. Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla valutazione della qualità e dello stato di conservazione dei materiali degli elementi costitutivi. Le attività di rilievo sono volte alla definizione della geometria complessiva, sia della costruzione, sia degli elementi costruttivi, comprendendo i rapporti con le eventuali strutture in aderenza e alla determinazione di eventuali modificazioni intervenute nel tempo, così come desunte dall'analisi storico-critica.

Il rilievo effettuato sulle strutture dell'US ospitante il Polo Tecnico Professionale di Lugo sezione professionale "E. Stoppa" è stato volto in particolare all'esame dei seguenti elementi caratterizzanti i dettagli costruttivi di un fabbricato:

- Individuazione del sistema portante principale per carichi verticali e per azioni di tipo sismico (orizzontali);
- Individuazione della tipologia muraria prevalente per gli elementi portanti e di eventuali carenze materiche, strutturali o disseti (quadro fessurativo);



- Qualità del sistema di collegamento dei cantonali (ammorsamenti);
- Qualità del collegamento tra orizzontamenti e pareti con rilievo della presenza di eventuali cordoli di piano;
- Tipologia orizzontamenti;
- Tipologia ed efficienza degli architravi presenti sulle aperture;
- Presenza di elementi spingenti (archi, volte, coperture);
- Presenza di elementi anche con strutturali ad elevata vulnerabilità.

Nel rilievo si possono individuare tre livelli di indagine, in relazione al loro grado di approfondimento.

**Indagini limitate:** sono generalmente basate su indagini di tipo visivo che, al rilievo geometrico delle superfici esterne degli elementi costruttivi, uniscono saggi che consentano di esaminare, almeno localmente, le caratteristiche della muratura sotto intonaco e nello spessore, caratterizzando così la sezione muraria, il grado di ammorsamento tra pareti ortogonali e le zone di appoggio dei solai, i dispositivi di collegamento e di eliminazione delle spinte.

**Indagini estese:** i rilievi e le indagini in-situ indicati al punto precedente, sono accompagnati da saggi più estesi e diffusi così da ottenere tipizzazioni delle caratteristiche dei materiali e costruttive e una aderenza delle indicazioni fedele alla reale varietà della costruzione.

**Indagini esaustive:** oltre a quanto indicato al punto precedente, le indagini sono estese in modo sistematico con il ricorso a saggi che consentano al tecnico di formarsi un'opinione chiara sulla morfologia e qualità delle murature, sul rispetto della regola dell'arte nella disposizione dei materiali, sia in superficie che nello spessore murario, sull'efficacia dell'ammorsamento tra le pareti e dei dispositivi di collegamento e di eliminazione delle spinte, oltre che sulle caratteristiche degli appoggi degli elementi orizzontali.

In data 25/08/2021 è stato effettuato un **rilievo completo delle strutture** e del **quadro fessurativo** dell'US dell'Istituto "E. Stoppa", al fine di individuare eventuali variazioni rispetto alle tavole architettoniche inizialmente messe a disposizione dall'amministrazione. Il sopralluogo e l'attività di rilievo sono stati fondamentali per l'individuazione di alcune peculiarità strutturali del complesso scolastico, non evincibili dalla documentazione inizialmente esaminata.

Sulla base della qualità e degli approfondimenti condotti durante le operazioni di rilievo si ritiene di aver condotto una campagna con **INDAGINI ESAUSTIVE**.

## CORPO A

In occasione del sopralluogo, sono stati individuati una serie di elementi in cemento armato, non evincibili dai disegni architettonici, né menzionati nel documento *"Relazione Tecnico Illustrativa – Corpo A" della Valutazione di vulnerabilità sismica del Progetto di fattibilità tecnica ed economica*.





*La relazione di vulnerabilità sismica del Progetto di Fattibilità escludeva la presenza di cordoli di piano, riscontrati in invece in situ. Sempre in corrispondenza del corpo A è stato individuato un telaio in c.a. con sviluppo sui due piani del corpo. Si ipotizza la presenza di un cordolo di piano anche in corrispondenza della sommità del corpo.*



Figura 6 Cordolo di piano Corpo A primo impalcato



Figura 7 Pilastri snelli in muratura corpo A

La struttura portante principale è costituita da muratura di mattoni pieni e malta di calce con una buona organizzazione nella direzione longitudinale del corpo. La direzione trasversale risulta invece carente di un idoneo



sistema sismo-resistente. Si individua la presenza di una serie di pareti con spessore murari  $\leq 10$  cm, considerabili come elementi di partizione e una sola parete in mattoni pieni con spessore 25 cm. I solai sono di tipo latero-cementizio con orditura parallela alla direzione trasversale. La copertura è costituita da capriate lignee con manto di tegole ed è presente un solaio di sottotetto in latero-cemento non praticabile se non per operazioni di manutenzione. Il corpo non presenta segni evidenti di dissesto a parte per la presenza di una doppia lesione simmetrica a circa metà del fabbricato (prospetto corte interna e prospetto via Cortesi) in corrispondenza di un pilastro in c.a. di circa 40 cm di larghezza. La lesione verticale si estende per tutta l'altezza del fabbricato, lesionando anche il cornicione sommitale.

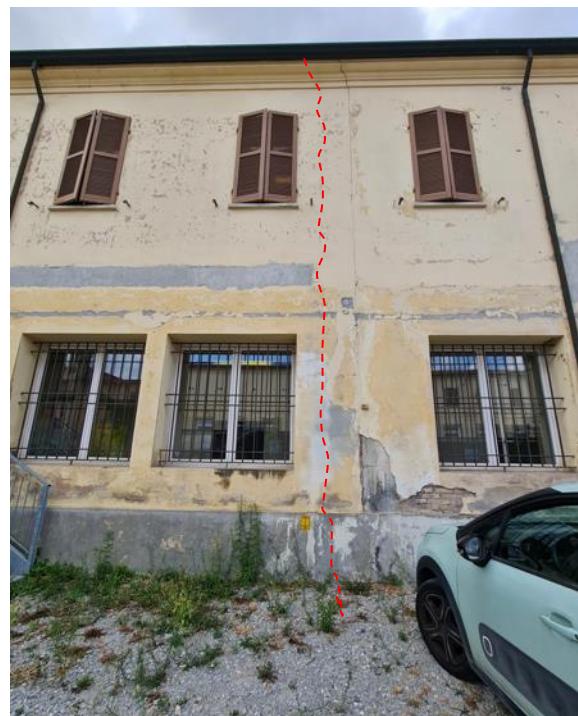


Figura 8 Corpo A: lesione verticale su prospetto cortile interno in corrispondenza di pilastro in c.a.



Figura 9 Corpo A: lesione verticale su prospetto via Cortesi in corrispondenza di pilastro in c.a.

#### Corpo B

Il corpo B è denominato "Torretta" per via della sua altezza. Dall'analisi storico-critica si può ipotizzare la realizzazione di un primo fabbricato con altezza di circa 14.0m successivamente sopraelevato fino ad un'altezza attuale di circa 19.6 m. La struttura portante del fabbricato è in muratura di mattoni pieni e malta di calce per tutta l'elevazione. I solai sono di tipo latero-cemento. La campagna di indagini condotta dalla Classedil s.r.l. come da rapporto di prova RdP2021107-A\_Rev.1 del 07/02/2022, allegato alla presente relazione, ha evidenziato per il corpo la presenza di cordoli di piano in c.a.. La copertura è di tipo piano con solaio latero-cementizio poggiante su due travi in c.a. postume. Il corpo è stato oggetto di un importante lavoro di ristrutturazione per l'inserimento di un vano ascensore con struttura portante in poroton. Il vano scala su via Cortesi, con soletta rampante in c.a., definisce il passaggio dal Corpo B all'adiacente corpo C. Durante il sopralluogo non sono stati evidenziati quadri fessurativi rilevanti.

#### Corpo C

Il corpo C si estende su via Baracca ed è costituito da un corpo di altezza 14.0 m originario e un corpo di circa 17.7 m in direzione via Cortesi, che è stato oggetto in passato di sopraelevazione. Quest'ultima porzione di fabbricato presenta al suo interno un telaio in c.a. postumo, di difficile datazione, che costituisce l'elemento portante interno di tutti gli impalcati fino al tetto, in direzione longitudinale al corpo. I solai sono latero-cementizi con sottotetto non praticabile se non per operazioni di manutenzione e copertura in latero-cemento su timpani realizzati con muratura di mattoni forati di bassa qualità posati su travi di piano in c.a.. La restante porzione del fabbricato anch'essa in muratura di mattoni pieni e malta di calce è costituita da solai orditi in direzione trasversale al corpo con luci che arrivano anche



agli 8 m. I solai in latero cemento hanno una stratigrafia variabile. Si segnala la presenza del solaio del piano di calpestio del secondo impalcato costituito da travetti di altezza 24 cm, soletta di 17 cm e massetto da 9 cm. Il solaio presenta dunque un peso permanente rilevante. La campagna di indagini integrative condotta dalla Classeedil s.r.l. come da rapporto di prova RdP2021107-A\_Rev.1 del 07/02/2022, allegato alla presente relazione, ha evidenziato una stratigrafia costituita da uno spessore complessivo del solaio di circa 47 cm anche per il solaio di calpestio del piano primo, solaio con luce da 8 m. La coesistenza di questi due solai caratterizzati da un peso proprio elevato costituisce un elemento di vulnerabilità nei confronti della statica del corpo. La copertura del corpo è costituita da capriate in legno con controsoffitto non strutturale leggero. La facciata su via Baracca presenta un'alternanza regolare di aperture con fasce di piano con altezza esigua. Il rilievo non ha consentito di individuare un quadro fessurativo rilevante per il corpo.

#### Corpo D

Il corpo D è costituito da un impalcato in elevazione con travetti portanti in acciaio e laterizi, con orditura in direzione trasversale, posto ad una quota di circa 7.3 m dal piano campagna. Il sottotetto è costituito da una volta in camorcanna e la copertura è a capriate in legno. La muratura portante è in mattoni pieni e malta di calce. Il corpo presenta due allineamenti murari sufficientemente regolari in direzione longitudinale mentre in direzione trasversale le pareti considerabili sismo-resistenti sono posti ad una distanza di circa 16.6 m. Il rilievo ha evidenziato una serie di importanti lesioni delle fasce murarie con fessure di carattere principalmente statico. Sono stati riscontrate anche importanti lesioni del controsoffitto in camorcanna, già oggetto di consolidamento. Non è stato possibile definire se le lesioni sono precedenti o successive all'intervento di consolidamento. Sono presenti catene metalliche.

#### Corpo E

Il corpo E, ex Chiesa dei Salesiani, riporta la consueta configurazione geometrica di una chiesa a navata unica con assenza di solai intermedi e presente di un controsoffitto con volta a padiglione in gesso (plafone). La copertura è a capriate in legno. La struttura portante è costituita da muratura in mattoni pieni e malta di calce con distribuzione sufficientemente regolare in direzione longitudinale mentre risulta carente la struttura sismo resistente in direzione trasversale.

### 1.3 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

In accordo alle prescrizioni del par. 8.5.3. delle NTC 2018, per conseguire un'adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro degrado, ci si baserà sulla documentazione già disponibile, su verifiche visive in situ e su indagini sperimentali. Le indagini dovranno essere motivate, per tipo e quantità, dal loro effettivo uso nelle verifiche; nel caso di costruzioni sottoposte a tutela, ai sensi del D.Lgs. 42/2004, di beni di interesse storico-artistico o storico-documentale o inseriti in aggregati storici e nel recupero di centri storici o di insediamenti storici, dovrà esserne considerato l'impatto in termini di conservazione. **La scelta del numero, della tipologia e della localizzazione delle prove da effettuare dovrà tenere conto dell'effettivo impatto sullo stato di conservazione del fabbricato.** I valori di progetto delle resistenze meccaniche dei materiali verranno valutati sulla base delle indagini e delle prove effettuate



sulla struttura, tenendo motivatamente conto dell'entità delle dispersioni, prescindendo dalle classi discretizzate previste nelle norme per le nuove costruzioni. Per le prove di cui alla Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/STC o eventuali successive modifiche o interazioni, il prelievo dei campioni dalla struttura e *l'esecuzione delle prove stesse devono essere effettuate a cura di un laboratorio di cui all'articolo 59 del DPR 380/2001*. La misura diretta delle caratteristiche meccaniche della muratura avviene mediante l'esecuzione di prove in-situ su porzioni di muratura, o di prove in laboratorio su elementi indisturbati prelevati in-situ, ove questo sia possibile; le prove possono essere di compressione e di taglio, scelte in relazione alla tipologia muraria e al criterio di resistenza adottato per l'analisi; le modalità di prova e la relativa interpretazione dei risultati devono seguire procedure di riconosciuta validità. Ulteriori informazioni si possono desumere da metodi di prova non distruttivi, utili anche ad estendere all'intero edificio i risultati ottenuti a livello locale con prove distruttive o mediamente distruttive. La tabella C8.5.I della Circolare n.7 del 2019 riporta, per il comportamento delle tipologie murarie più ricorrenti, indicazioni, non vincolanti, sui possibili valori dei parametri meccanici, identificati attraverso il rilievo degli aspetti costruttivi (§C8.5.2.1) e relativi, con l'eccezione dell'ultima riga, a precise condizioni: malta di calce di modeste caratteristiche (resistenza media a compressione fm stimabile tra 0,7 e 1,5 N/mm<sup>2</sup>), assenza di ricorsi (listature), paramenti semplicemente accostati o mal collegati, tessitura (nel caso di elementi regolari) a regola d'arte, muratura non consolidata. Ai soli fini della verifica sismica, nel caso in cui la malta abbia caratteristiche particolarmente scadenti (resistenza media a compressione fm stimabile inferiore a 0,7 N/mm<sup>2</sup>) ai valori della tabella si applica un coefficiente riduttivo pari a 0,7 per le resistenze e 0,8 per i moduli elastici. I parametri indicati in tabella sono principalmente finalizzati alle verifiche nei riguardi delle azioni sismiche. La resistenza a compressione è utilizzata anche per le verifiche nei riguardi delle azioni non sismiche, a patto di considerare anche l'eventuale possibilità di fenomeni di instabilità locale, associati ad un insufficiente collegamento tra i paramenti. Le strutture portanti dell'Istituto "E. STOPPA" - del Polo Tecnico Professionale di Lugo sono costituite da **mattoni pieni e malta di calce** e per i corrispondenti parametri di deformabilità e di resistenza si farà riferimento ai valori riportanti in Tabella C8.5.I della Circolare n.7 /2019.



**Tabella C8.5.I** -Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a:  $f$  = resistenza media a compressione,  $\tau_0$  = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3),  $f_{V0}$  = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3),  $E$  = valore medio del modulo di elasticità normale,  $G$  = valore medio del modulo di elasticità tangenziale,  $w$  = peso specifico medio.

Tipologia di muratura	$f$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{V0}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$E$ (N/mm <sup>2</sup> )	$G$ (N/mm <sup>2</sup> )	$w$ (kN/m <sup>3</sup> )
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	– –	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	– –	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	– –	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,4-2,2	0,028-0,042	– –	900-1260	300-420	13 + 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei quadrati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

(\*) Nella muratura a conci sbozzati i valori di resistenza tabellati si possono incrementare se si riscontra la sistematica presenza di zeppe profonde in pietra che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento tra gli elementi lapidei; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente pari a 1,2.

(\*\*) Data la varietà litologica della pietra tenera, il peso specifico è molto variabile ma può essere facilmente stimato con prove dirette. Nel caso di muratura a conci regolari di pietra tenera, in presenza di una caratterizzazione diretta della resistenza a compressione degli elementi costituenti, la resistenza a compressione può essere valutata attraverso le indicazioni del § 11.10 delle NTC.

(\*\*\*) Nella muratura a mattoni pieni è opportuno ridurre i valori tabellati nel caso di giunti con spessore superiore a 13 mm; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente riduttivo pari a 0,7 per le resistenze e 0,8 per i moduli elastici.

Figura 10 Tabella C8.5.I della Circolare n.7/2019

In presenza di murature consolidate o nel caso in cui si debba progettare un intervento di rinforzo, è possibile incrementare i valori ottenuti dalla Tabella C8.5.I applicando gli ulteriori coefficienti indicati in Tabella C8.5.II, in base alle tecniche di consolidamento previste, secondo le modalità di seguito illustrate



**Tabella C8.5.II** -Coefficients correttivi massimi da applicarsi in presenza di: malta di caratteristiche buone; ricorsi o listature; sistematiche connessioni trasversali; consolidamento con iniezioni di malta; consolidamento con intonaco armato; ristilatura armata con connessione dei paramenti.

Tipologia di muratura	Stato di fatto			Interventi di consolidamento			
	Malta buona	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Iniezione di miscele leganti (*)	Intonaco armato (**)	Ristilatura armata con connessione dei paramenti (**)	Massimo coefficiente complessivo
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	1,3	1,5	2	2,5	1,6	3,5
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo	1,4	1,2	1,5	1,7	2,0	1,5	3,0
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	1,1	1,3	1,5	1,5	1,4	2,4
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,5	1,2	1,3	1,4	1,7	1,1	2,0
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,6	-	1,2	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura a blocchi lapidei quadrati	1,2	-	1,2	1,2	1,2	-	1,4
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	(***)	-	1,3 (****)	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	1,2	-	-	-	1,3	-	1,3

(\*) I coefficienti correttivi relativi alle iniezioni di miscele leganti devono essere commisurati all'effettivo beneficio apportato alla muratura, riscontrabile con verifiche sia nella fase di esecuzione (iniettabilità) sia a-posteriori (riscontri sperimentali attraverso prove soniche o similari).

(\*\*) Valori da ridurre convenientemente nel caso di pareti di notevole spessore (p.es. > 70 cm).

(\*\*\*) Nel caso di muratura di mattoni si intende come "malta buona" una malta con resistenza media a compressione  $f_m$  superiore a 2 N/mm<sup>2</sup>. In tal caso il coefficiente correttivo può essere posto pari a  $f_m^{0,15}$  ( $f_m$  in N/mm<sup>2</sup>).

(\*\*\*\*) Nel caso di muratura di mattoni si intende come muratura trasversalmente connessa quella apparecchiata a regola d'arte.

Figura 11 Tabella C8.5.II della Circola n.7/2019- Fattori correttivi

### Consolidamento con iniezioni di miscele leganti

Il coefficiente indicato in tabella, diversificato per le varie tipologie murarie, può essere applicato ai valori sia dei parametri di resistenza ( $f$ ,  $\tau_0$  e  $f_{v0}$ ), sia dei moduli elastici ( $E$  e  $G$ ); i benefici conseguibili dipendono in modo sensibile dalla qualità originaria della malta, risultando tanto maggiori quanto più questa è scadente. È bene ricordare che gli effettivi benefici delle iniezioni sono funzione della reale possibilità delle malte iniettate di riempire lacune esistenti nella trama muraria e di aderire ai materiali esistenti; in ogni caso, è raccomandabile l'esecuzione di saggi, preventivi e di verifica, per valutare i risultati effettivamente conseguiti.

### Consolidamento con intonaco armato

L'effetto di questa tipologia di consolidamento può essere stimato attraverso opportune valutazioni che considerino gli spessori della parete e dell'intonaco armato, oltre che i relativi parametri meccanici. In assenza di queste è possibile adottare il coefficiente indicato in tabella, diversificato per le varie tipologie, applicabile ai valori sia dei parametri di resistenza ( $f$ ,  $\tau_0$  e  $f_{v0}$ ), sia dei moduli elastici ( $E$  e  $G$ ). In tal caso non si applicano i coefficienti relativi alla connessione trasversale della muratura non consolidata e alla ristilatura armata. Si rileva che il consolidamento con intonaco armato non ha alcuna efficacia in assenza di sistematiche connessioni trasversali e la sua efficacia è ridotta quando realizzato su un solo paramento. Nell'adozione degli eventuali coefficienti migliorativi si deve tenere conto delle caratteristiche delle malte utilizzate (cementizie o a calce) e delle armature (metalliche o in fibra). Infine, si segnala la necessità di una preventiva verifica che il paramento non evidenzi un'eccessiva disgregazione o presenza di



vuoti, tale da rendere inefficace l'accoppiamento con l'intonaco armato; in questi casi è opportuno accoppiare l'intervento con iniezioni.

#### **Consolidamento con diatoni artificiali o tirantini antiespulsivi**

Nel caso dell'inserimento di diatoni artificiali dotati di una significativa rigidezza a taglio e sufficientemente diffusi, si può applicare a tutti i parametri di resistenza il coefficiente indicato per le murature originariamente dotate di una buona connessione trasversale; gli elementi di connessione a trazione (tirantini) hanno un effetto significativo solo per la resistenza a compressione (f).

#### **Consolidamento con ristilatura armata e connessione dei paramenti**

Il coefficiente indicato in tabella, diversificato per le varie tipologie murarie, può essere applicato ai valori sia dei parametri di resistenza (f, FF0e fv0), sia dei moduli elastici (E, G), in quest'ultimo caso in misura ridotta del 50%. Questa tecnica (con i relativi coefficienti migliorativi) può essere applicata anche sostituendo, su uno dei paramenti, la ristilatura armata con un intonaco armato di limitato spessore, realizzato con malta a base calce, purché siano posti in opera gli elementi di connessione trasversale. I valori sopra indicati in tabella per il consolidamento delle murature devono essere considerati essenzialmente un riferimento, in assenza di specifiche valutazioni sui valori da adottare per il caso in esame; nel caso di tecniche diverse da quelle indicate nella tabella, i valori riportati costituiscono un utile riferimento. Nel caso di uso combinato di diverse tecniche di consolidamento, i coefficienti possono essere applicati in forma moltiplicativa; il valore del coefficiente complessivo non può superare il coefficiente massimo indicato nell'ultima colonna della tabella.

Anche con riferimento alla caratterizzazione meccanica dei materiali, la norma individua, in relazione al grado di approfondimento delle prove, tre livelli di prova.

**Prove limitate:** Si tratta di indagini non dettagliate e non estese, basate principalmente su esami visivi delle superfici, che prevedono limitati controlli degli elementi costituenti la muratura. Sono previste rimozioni locali dell'intonaco per identificare i materiali di cui è costituito l'edificio; in particolare, avvalendosi anche dell'analisi storico-critica, è possibile suddividere le pareti murarie in aree considerabili come omogenee. Scopo delle indagini è consentire l'identificazione delle tipologie di muratura alla quale fare riferimento ai fini della determinazione delle proprietà meccaniche; questo prevede il rilievo della tessitura muraria dei paramenti ed una stima della sezione muraria.

**Prove estese:** Si tratta di indagini visive, diffuse e sistematiche, accompagnate da approfondimenti locali. Si prevedono saggi estesi, sia in superficie sia nello spessore murario (anche con endoscopie), mirati alla conoscenza dei materiali e della morfologia interna della muratura, all'individuazione delle zone omogenee per materiali e tessitura muraria, dei dispositivi di collegamento trasversale, oltre che dei fenomeni di degrado. È inoltre prevista l'esecuzione di analisi delle malte e, se significative, degli elementi costituenti, accompagnate da tecniche diagnostiche non distruttive (penetrometriche, sclerometriche, soniche, termografiche, radar, ecc.) ed eventualmente integrate da



tecniche moderatamente distruttive (ad esempio martinetti piatti), finalizzate a classificare in modo più accurato la tipologia muraria e la sua qualità.

**Prove esaustive:** In aggiunta alle richieste della categoria precedente, si prevedono prove dirette sui materiali per determinarne i parametri meccanici. Il progettista ne stabilisce tipologia e quantità in base alle esigenze di conoscenza della struttura. Le prove devono essere eseguite o in situ o in laboratorio su elementi indisturbati prelevati in situ; esse possono comprendere, se significative: prove di compressione (ad esempio: su pannelli o tramite martinetti piatti doppi); prove di taglio (ad esempio: compressione e taglio, compressione diagonale, taglio diretto sul giunto), selezionate in relazione alla tipologia muraria e al criterio di resistenza adottato per l'analisi. Le prove devono essere eseguite su tutte le tipologie murarie o comunque su quelle relative agli elementi che, dall'analisi di sensibilità basata sui dati preliminari (§ C8.5), sono risultati significativi per la valutazione della sicurezza. I valori per le verifiche saranno ottenuti, a partire dai valori medi presenti nella Tabella C8.5.I, utilizzando misure sperimentali dirette sull'edificio, tenendo conto dell'attendibilità del metodo di prova. In sostituzione, possono essere considerati i risultati di prove eseguite su altre costruzioni della stessa zona, in presenza di chiara e comprovata corrispondenza tipologica per materiali e morfologia.

#### 1.4 CAMPAGNA DI INDAGINE

Le **indagini effettuate a cura della Classedil s.r.l.** relative al rapporto di prova RdP2021056-A\_Rev.1 del 23/09/2021 consistono in:

- **Indagini visive** su murature mediante saggi per l'individuazione della tipologia muraria e del grado di ammorsamento dei cantonali;
- Stima delle caratteristiche di deformabilità e della resistenza di rottura di muratura portante mediante test semi distruttivo con **martinetti piatti doppi**;
- Stima della resistenza a compressione della malta mediante **prove penetrometriche**;
- Stima della resistenza a taglio dei giunti di malta mediante **prova di taglio diretto** (shove test).

Si riportano alcune immagini della campagna di indagini condotta, per i risultati completi si rimanda al documento allegato RdP2021056-A\_Rev.1 del 23/09/2021.



Figura 12 Rilievo ammorsamenti



M.A.1 – Configurazione di prova e posizionamento prova



M.B.1 – Configurazione di prova e posizionamento prova

Figura 13 Martinetti piatti doppi





Figura 14 Prova di taglio diretto del giunto di malta: Shove test



Figura 15 Prova di penetrazione malta

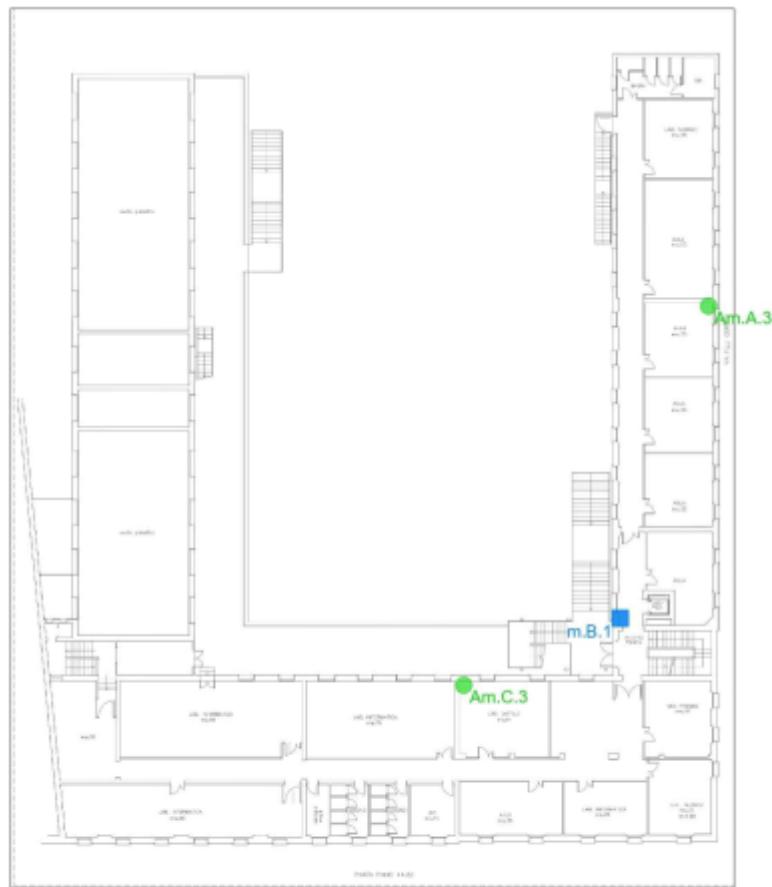


Pianta Piano Terra

Legenda

- Am: Indagine visiva (rilevo ammorsamento)
- m: Martinetto piatto
- p: Prova penetrazione malta
- Sh: Shove test

Posizionamento prove piano terra.

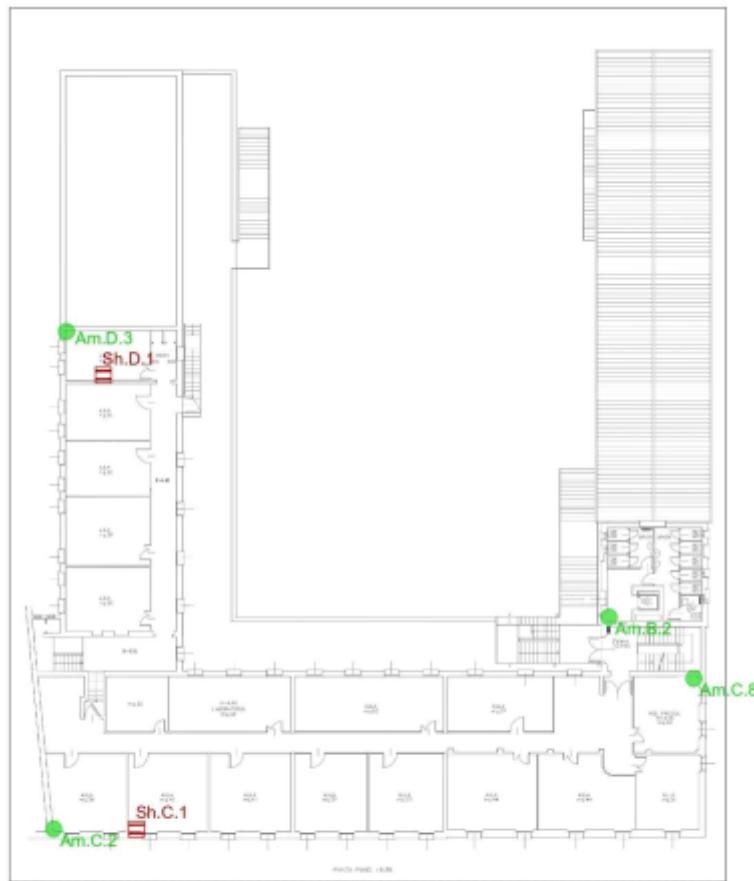


Pianta Piano Primo

Legenda

- |   |  |
|---|--|
| ● | Am: Indagine visiva (rilievo ammorsamento) |
| ■ | m: Martinetto piatto                       |

Posizionamento prove piano primo.

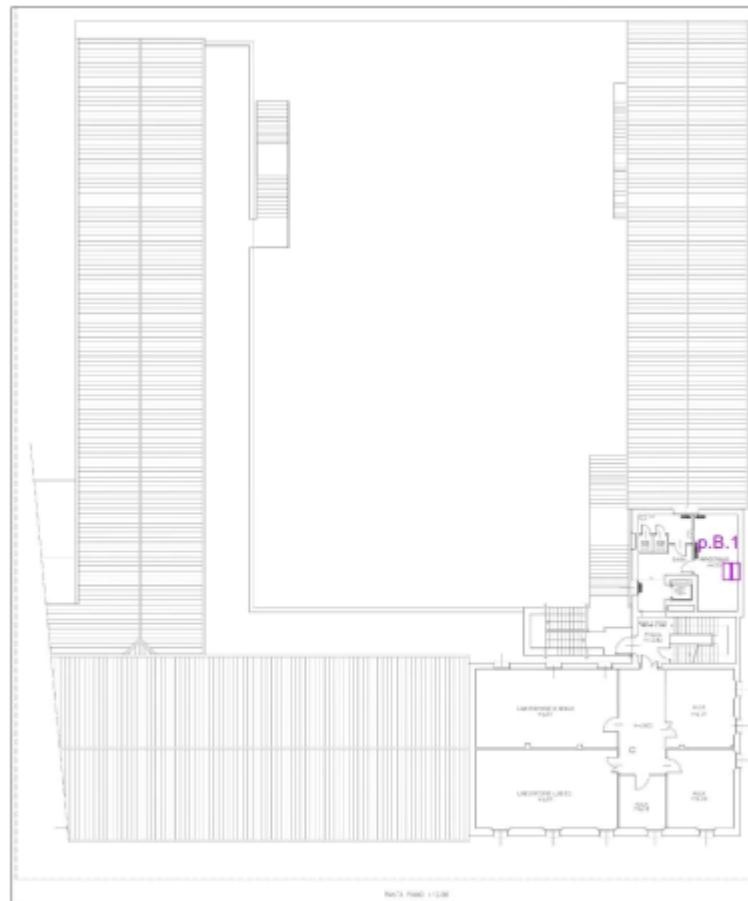


Pianta Piano Secondo

Legenda

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| <span style="color: green;">●</span> | Am: Indagine visiva (rilievo ammorsamento) |
| <span style="color: red;">■</span>   | Sh: Shove test                             |

Posizionamento prove piano secondo.

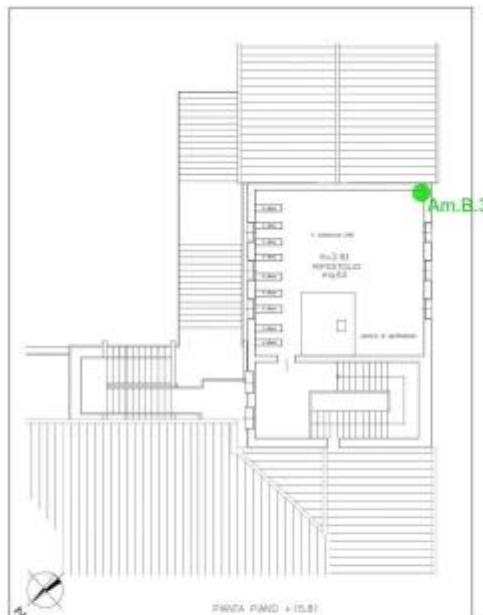


Pianta Piano Terzo

Legenda

■ p: Prova penetrazione malta

Posizionamento prove piano terzo.



Pianta Piano Quarto

Legenda

	Am: Indagine visiva (rilievo ammorsamento)
	Sh: Shove test

Posizionamento prove piano terzo.

I risultati della su citata campagna di indagine sono stati integrati con le informazioni dedotte dalla **campagna di indagine condotta dalla Expin s.r.l.**, di cui al rapporto di prova RT-ID del 28/06/2021. Le indagini condotte sono di seguito riassunte:

- Prove di carico su solai esistenti;
- Indagini endoscopiche per l'individuazione della stratigrafia dei solai esistenti;
- Prova di durezza Leeb per la caratterizzazione meccanica di acciaio da carpenteria;
- Prove sonreb per la caratterizzazione meccanica di cemento armato in situ;
- Prove termografiche per individuazione orditura solai.

Si riportano delle immagini della campagna di indagine condotta, per i risultati completi si rimanda al documento allegato rapporto di prova RT-ID del 28/06/2021.



Figura 16 Prova di carico su solaio esistente

Sulla base delle prove di carico effettuate e delle verifiche condotte a cura dell'Ing. Filippo Casarin, i solai dell'Istituto "E.Stoppa" sono dichiarati conformi alla destinazione d'uso prevista.

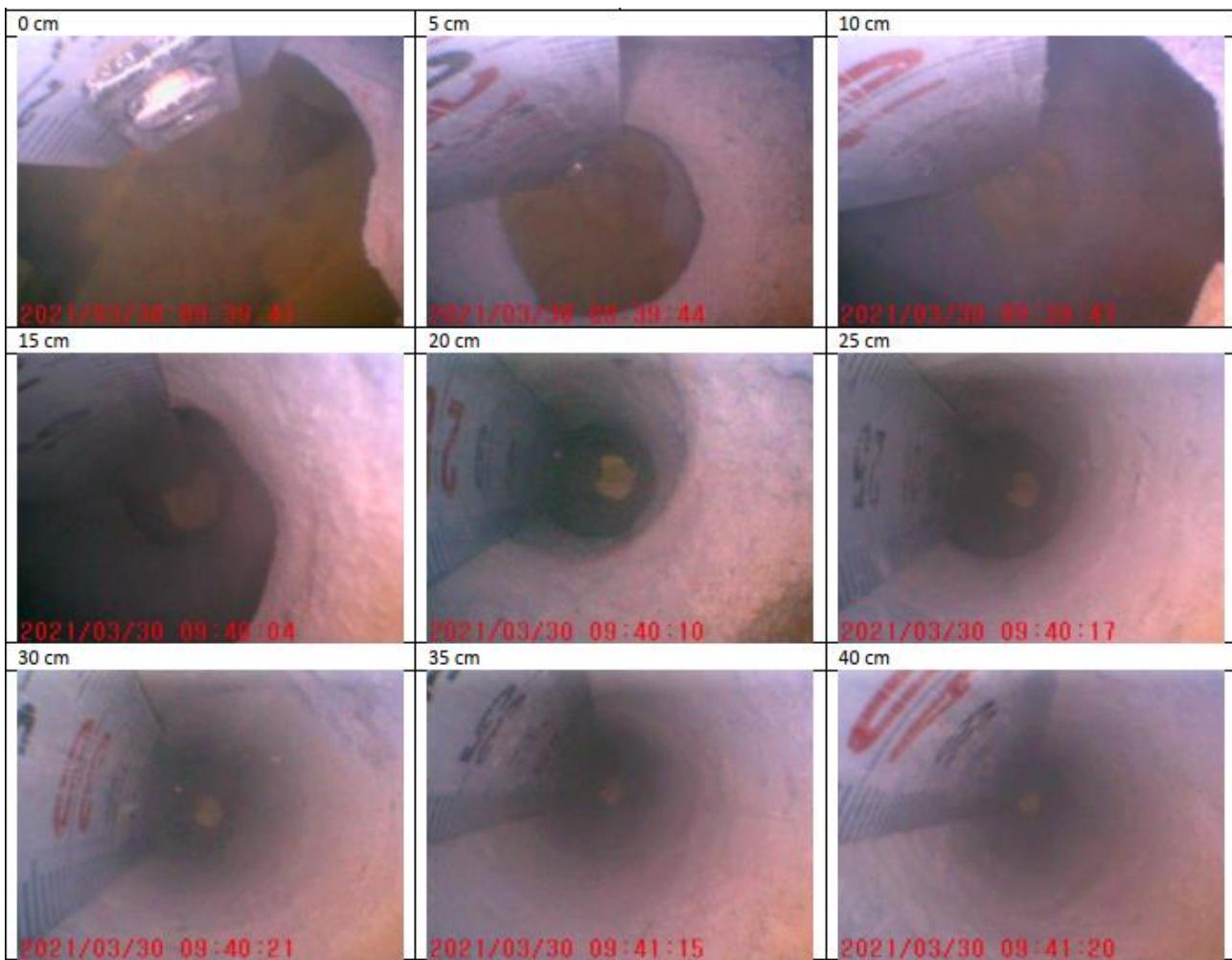
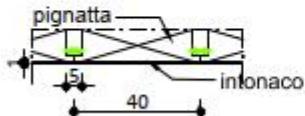


Figura 17 Endoscopie solai



SI.01  
SOLAIO  
piano terra  
scala 1:20



ARMATURA LONGITUDINALE  
1014 I.+1010 I., copriferro 15 mm



Figura 18 Saggi visivi solai per individuazione struttura

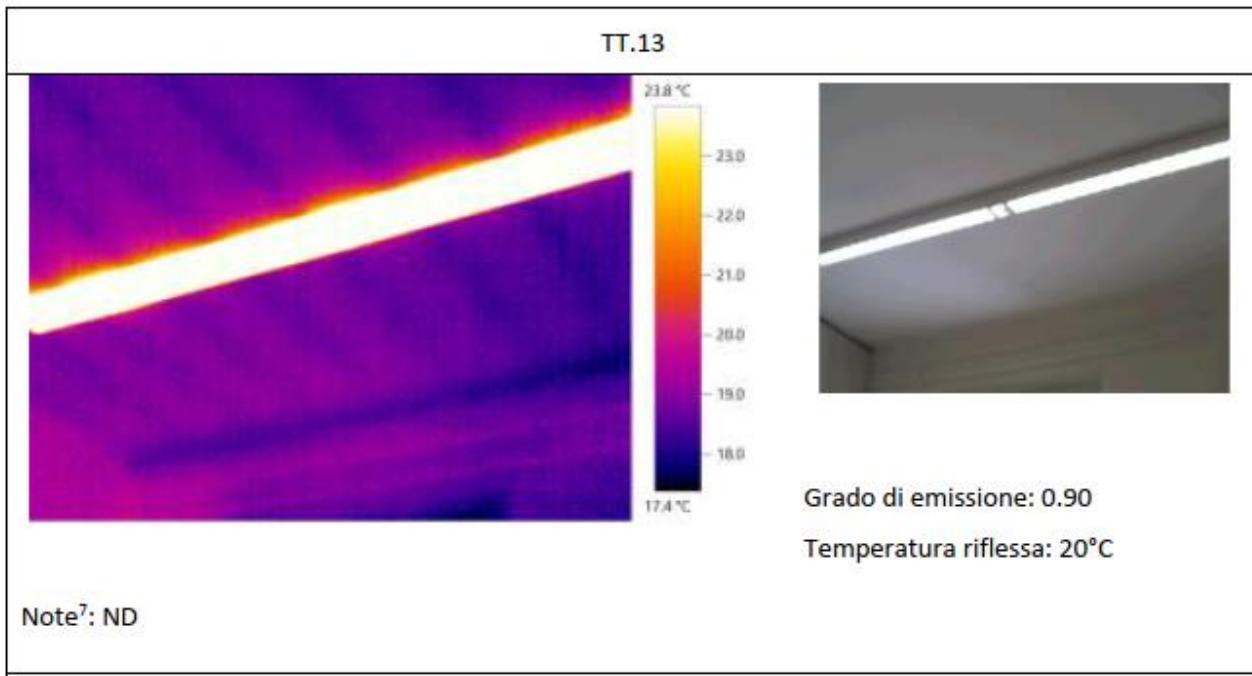


Figura 19 Prove termografiche

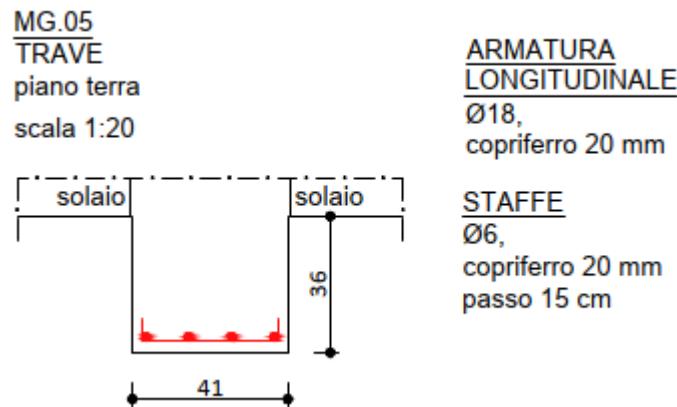
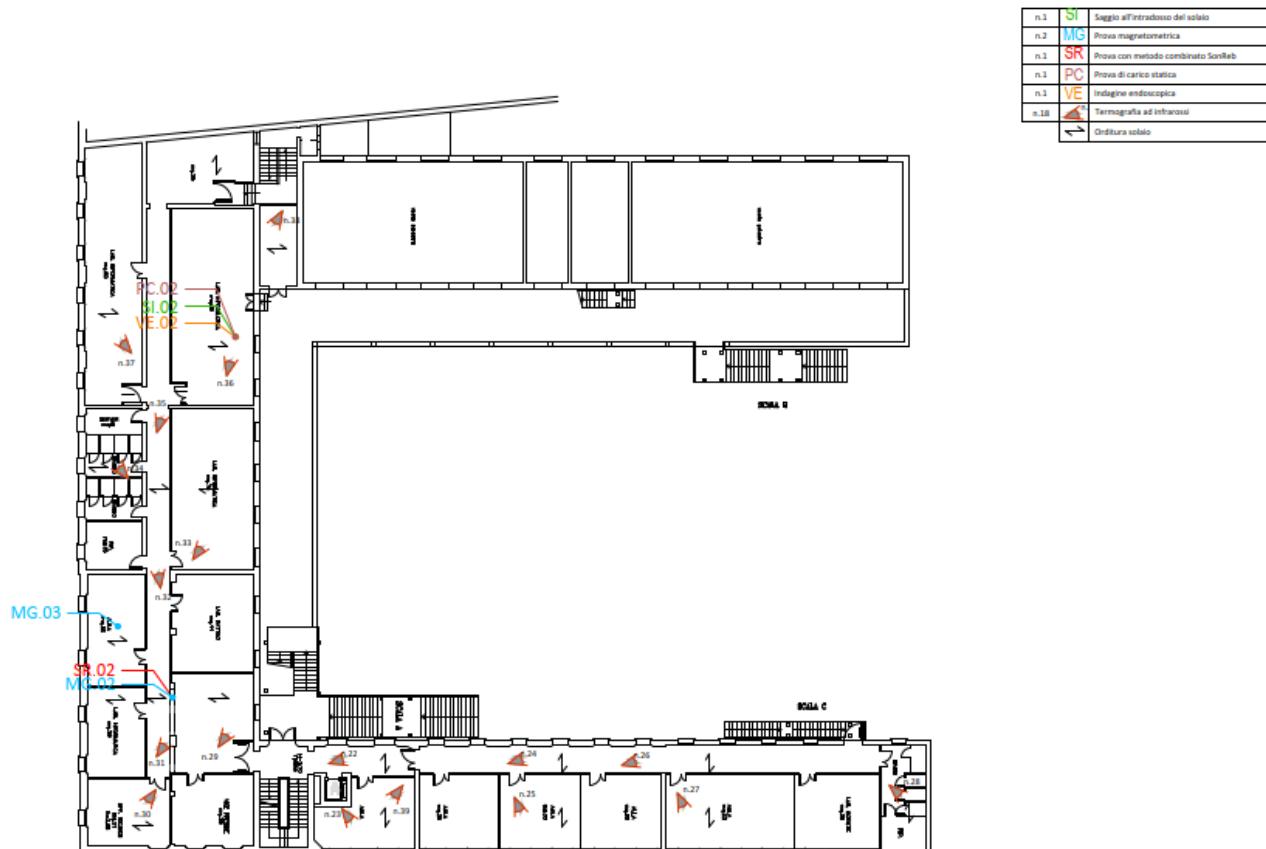


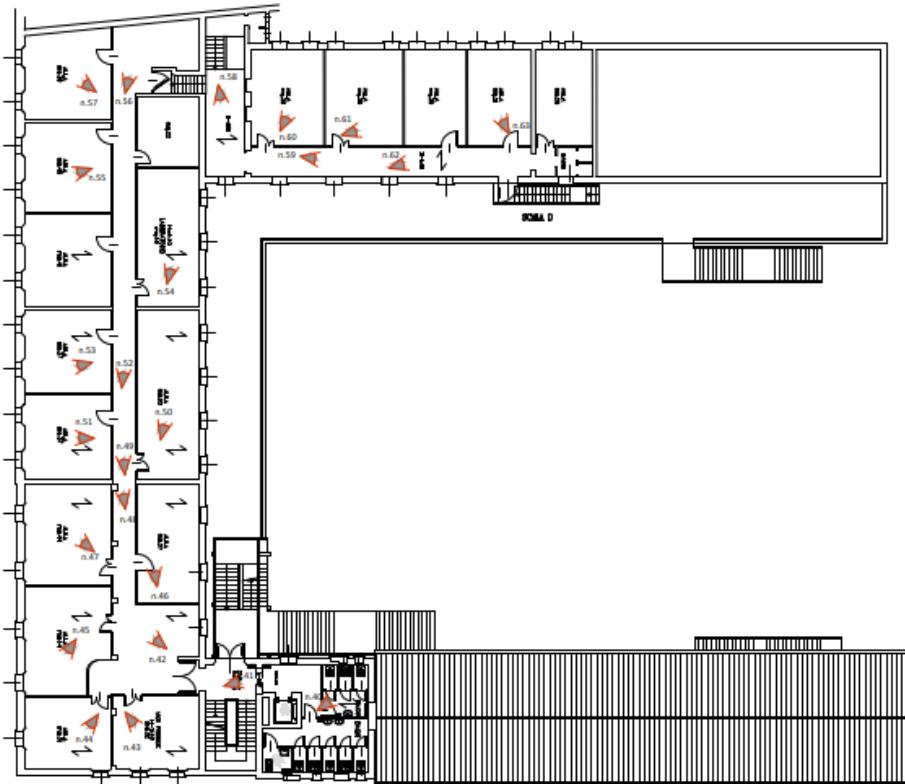
Figura 20 Prove pacometriche per individuazione armatura elementi in c.a.







n.24		Termografia ad infrarossi
		Orditura solale



Il sopralluogo effettuato in occasione della campagna di indagini condotta dalla Classedil s.r.l.. relativa al rapporto di prova RdP2021056-A\_Rev.1 del 23/09/2021, ha evidenziato la presenza di una serie di elementi in c.a. che sono stati indagati successivamente con una campagna di prove integrative, di cui al rapporto di prova RdP2021107-A\_Rev.1 del 07/02/2022.

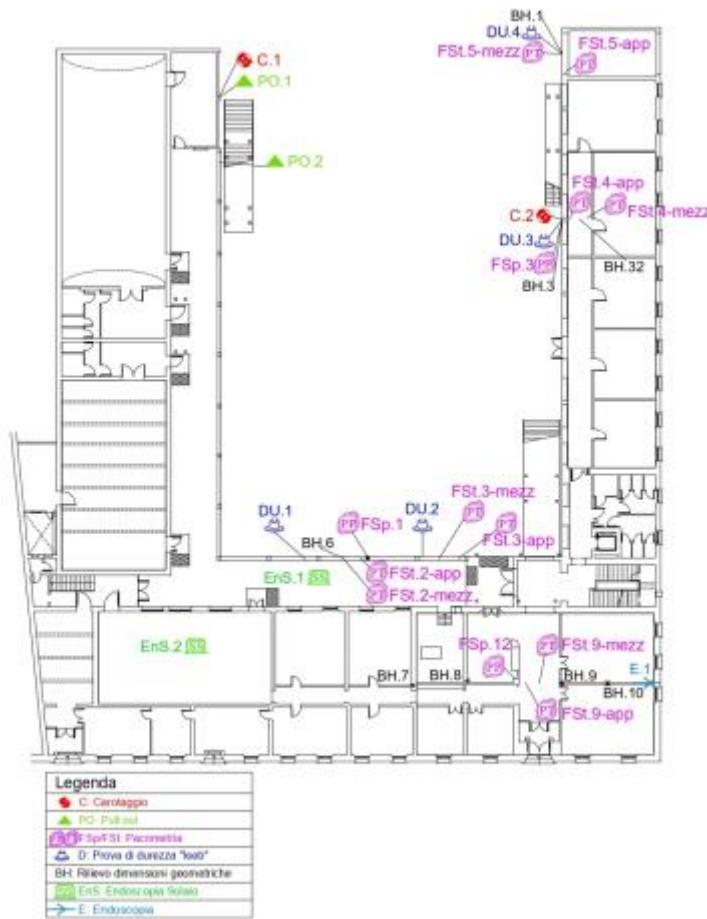
La campagna di indagini integrative ha avuto come oggetto i seguenti punti:

- verificare la posizione delle barre d'armatura all'interno degli elementi in c.a. mediante indagine magnetometrica o georadar combinata a rimozioni limitate di copriferro;
- eseguire indagini endoscopiche sulle pareti e saggi sui solai;
- prelevare campioni di calcestruzzo mediante carotatrice diamantata per successive prove di compressione;
- determinare la forza di estrazione di appositi tasselli post inseriti ad espansione geometrica forzata;
- prova di durezza dinamica superficiale dell'acciaio tramite durometro leeb volta alla stima della resistenza a trazione ultima;
- eseguire rilievo geometrico di elementi strutturali.

Si riportano nel seguito le piante con la localizzazione delle indagini della campagna integrativa.

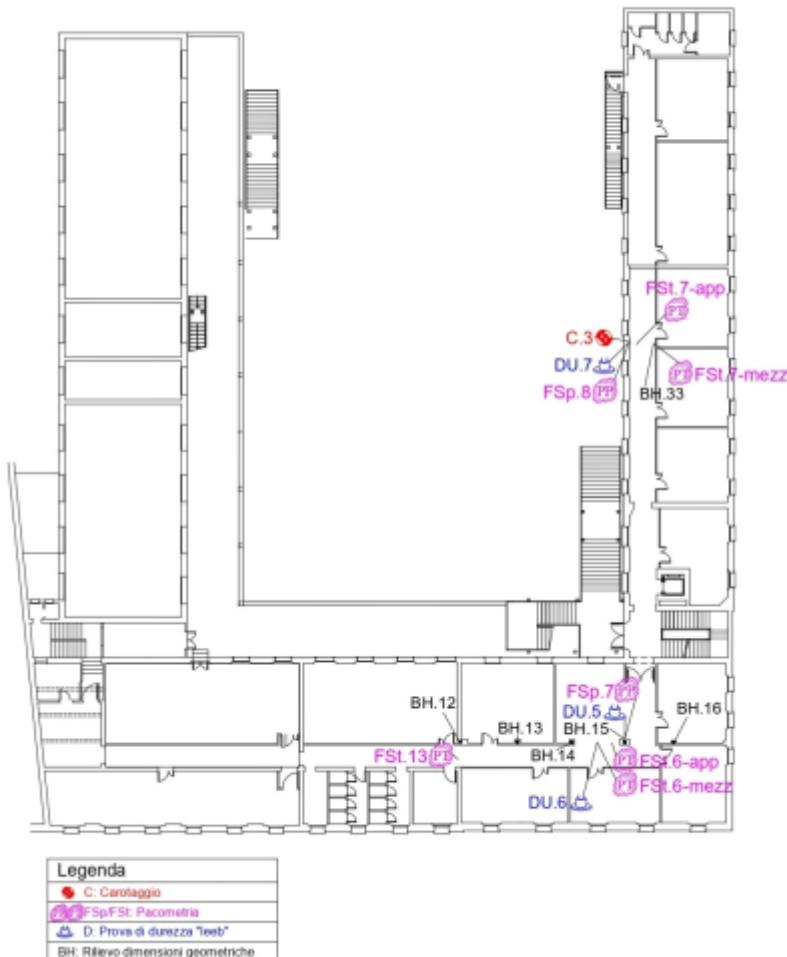


## Piano Terra



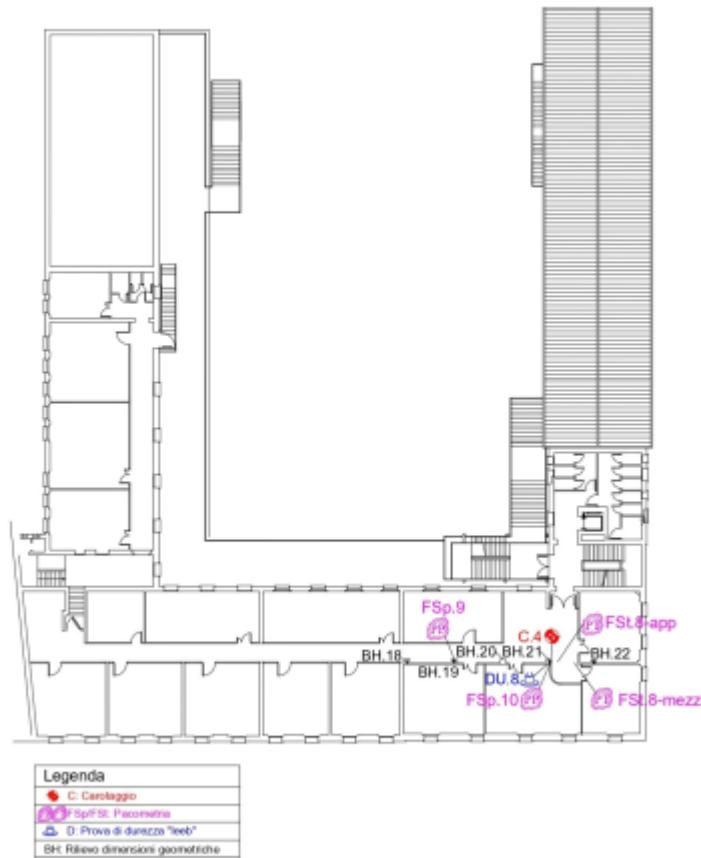


## Piano Primo



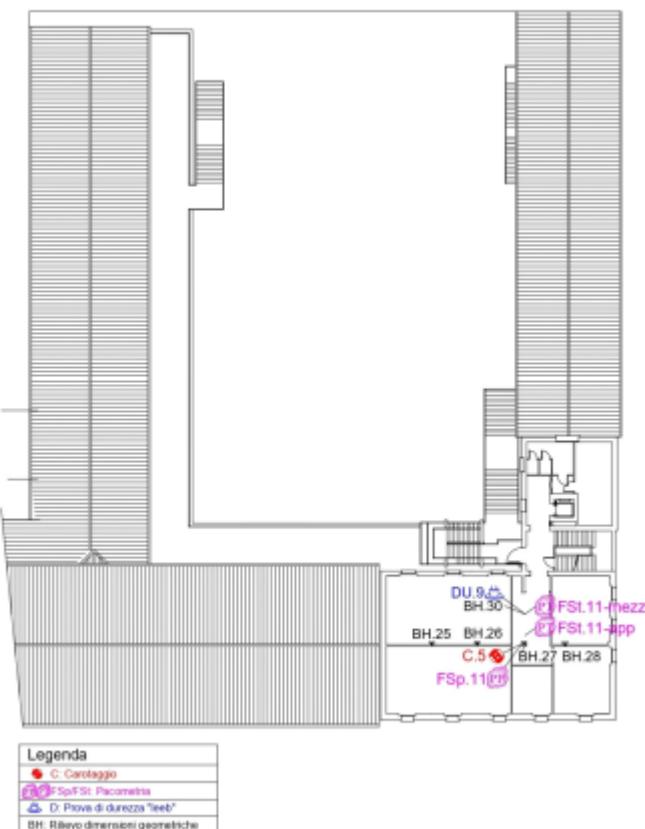


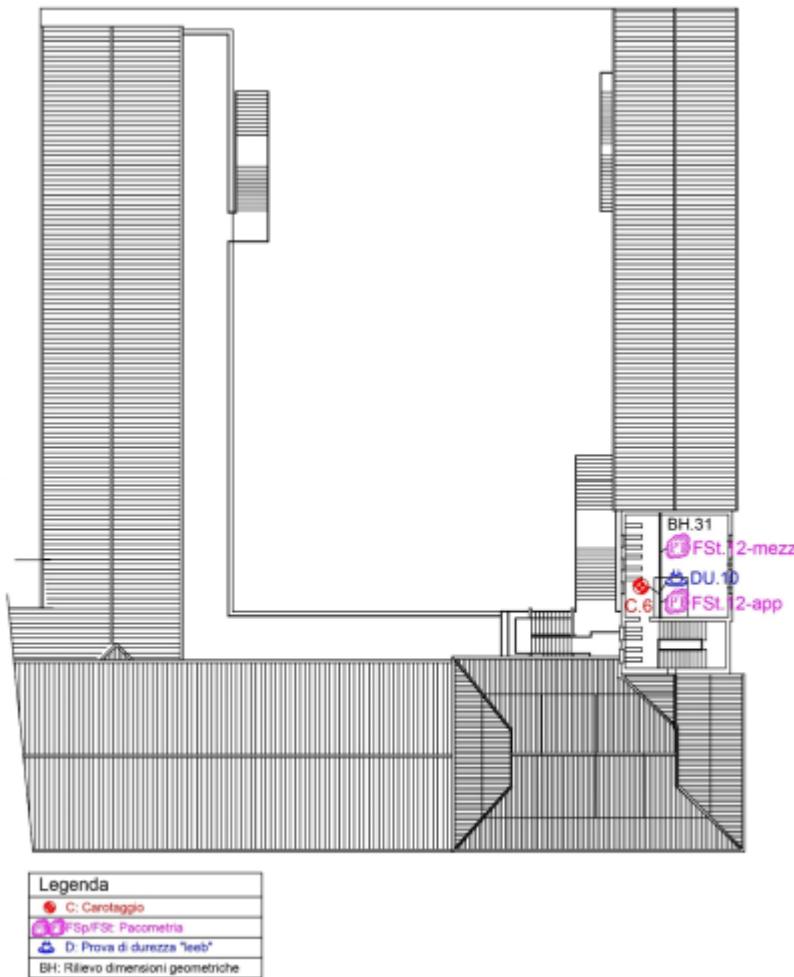
## Piano Secondo





### Piano Terzo



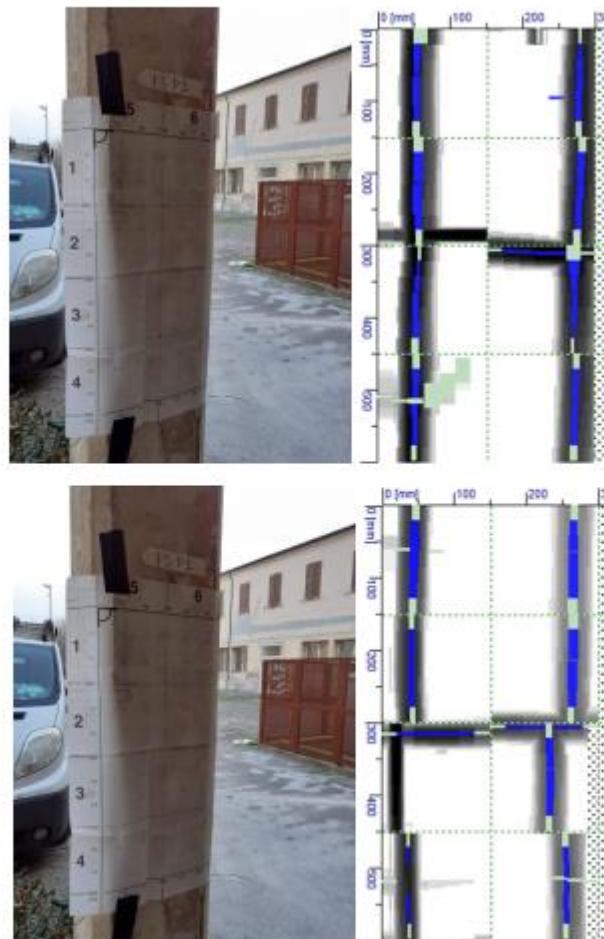


Posizionamento prove piano sottotetto.

Si riportano alcune immagini della campagna di indagini condotta, per i risultati completi si rimanda al documento allegato RdP2021107-A\_Rev.1 del 07/02/2022.



### FSp.1\_Pilastro\_Piano terra



Immagini pacometria FSp.1\_ Sezione Pilastro 30x30 cm.

Si ipotizzano 4 barre d'angolo lisce  $\Phi 10$  mm, staffe  $\Phi 6$  mm ogni 32 cm.

Figura 21 Indagini pacometriche



C.1- Punto di indagine e prelievo

Figura 22 Prelievo carota di calcestruzzo

La tabella seguente riporta i risultati delle prove di compressione su provini cubici di calcestruzzo.

Identificativo provino	PROVA DI COMPRESSIONE						
	Dimensioni			Area Sezione	Massa Volumica	Carico di rottura	
	D [mm]	H [mm]	H/D			Totale [kN]	f <sub>c</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
C.1	97	106	1.09	7386	2285	115.0	15.6
C.2	97	101	1.04	7386	2387	126.0	17.1
C.3	97	106	1.09	7386	2267	100.1	13.6
C.4	97	100	1.03	7386	2284	97.8	13.2
C.5	97	102	1.05	7386	2318	85.3	11.5
C.6	97	105	1.08	7386	2012	90.4	12.2

Si determina una resistenza media in situ stimata di  $R_{cm} = 14.7$  Mpa corrispondente ad un calcestruzzo di categoria C12/15.

Al fine di determinare le caratteristiche di resistenza dell'acciaio delle barre di armatura in situ si è proceduto con prove non invasive indirette mediante prova di durezza Leeb. Non si è proceduto alla calibrazione delle prove di durezza Leeb mediante prova di trazione su provino di armatura estratto in situ poiché si è ritenuto che tale prova potesse causare un indebolimento non giustificabile alla struttura particolarmente vulnerabile. In fase di progettazione per tenere conto delle incertezze legate alla determinazione della categoria di resistenza dell'acciaio delle barre di armature, si è assunto un acciaio  $f_{ym} = 450$  Mpa con fattore di confidenza  $FC = 1.35$  corrispondente ad un



livello di conoscenza LC1. Gli altri materiali presenti nella struttura e idoneamente indagati sono stati analizzati con riferimento alle resistenze medie determinate da prove in situ o in accordo alle indicazioni normative vigenti, adottando un livello di conoscenza LC2 e un fattore di confidenza conseguente  $FC=1.2$ .

Provino	Punto di prova	Diametro barre [mm]	Durezza HL	Durezza Hv	Resistenza a trazione stimata dallo strumento in situ media 6b* [N/mm <sup>2</sup> ]
D1	Trave	10	308	99	
D2	Trave	12	305	100	390
D3	Pilastro		314	105	412
D4	Trave	16	321	103	
D5	Pilastro		337	108	
D6	Trave		331	107	
D7	Pilastro		335	105	407
D8	Pilastro		314	108	398
D9	Trave	16	334	105	
D10	Trave		316	103	

\*La resistenza a trazione in situ è stata determinata tramite la funzione interna allo strumento durezza 6b.



<b>Punto di indagine</b>	Solaio 1° elevazione
<b>Tipologia solaio</b>	Solaio in latero-cemento con travetti in cls armato
<b>Interassi travetti [cm]</b>	51
<b>Larghezza travetti [cm]</b>	14
<b>Barre evidenziate nei travetti</b>	Ipotesi: 2 Trefoli Ø6 mm lato inferiore
<b>Stratigrafia (da intradosso ad estradosso)</b>	- Elemento in laterizio forato: 11 cm - Getto: 16 cm - Altro elemento in laterizio forato: 12 cm - Getto/Massetto+ Pavimentazione: 7,5 cm
<b>Altezza totale solaio [cm]</b>	~ 47
<b>Immagini dell'indagine</b>	 EnS.2 – Intradosso solaio

Figura 23 Endoscopia solaio

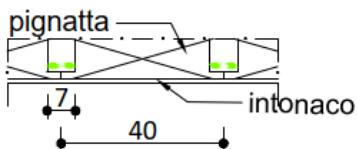
## 1.5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SULL'ITER CONOSCITIVO DEL FABBRICATO

L'Unità Strutturale (US) che ospita i locali del Polo Tecnico Professionale di Lugo sezione professionale "E. Stoppa" è costituito dall'aggregazione di 5 corpi di fabbrica, differenti per epoca di costruzione, geometria e tipologia costruttiva. Le strutture portanti dei diversi corpi di fabbrica sono state oggetto di una serie di interventi di importanza anche rilevante, come sopraelevazioni. Tali interventi sono stati realizzati in periodi temporali differenti e in alcuni casi difficilmente databili. Un'approfondita analisi storico- critica e la consultazione della documentazione messa a disposizione dell'amministrazione, hanno consentito di individuare "macroscopicamente" le fasi che si sono succedute nel tempo. Le attività di rilievo e la campagna di indagine condotta hanno consentito di individuare alcune peculiarità della struttura, non evincibili da documenti storici o dagli elaborati forniti dall'amministrazione.

In particolare Il **corpo A**, oggetto di un intervento di **sopraelevazione di un piano**, presenta all'interno della struttura principale in **muratura di mattoni pieni e malta di calce**, **alcuni elementi in c.a.**. Gli elementi possono farsi risalire proprio all'epoca della sopraelevazione e della realizzazione di un solaio non praticabile in c.a. di sottotetto con **copertura a capriate in legno**. Il solaio di **calpestio del piano primo è di tipo latero-cementizio, tipo 25+5**, con travetti prefabbricati da 7 cm ad un passo di 40 cm.



SI.03  
SOLAIO  
piano terra  
scala 1:20



Stratigrafia rilevata

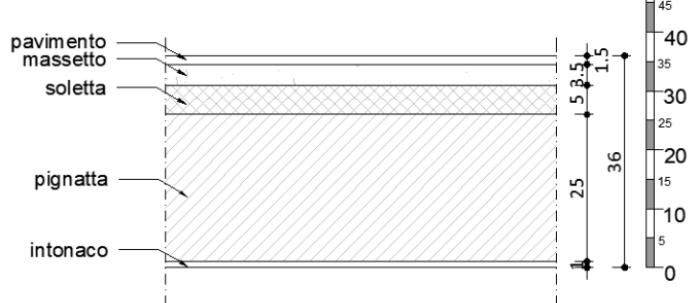


Figura 24 Solaio calpestio piano primo corpo A

Il rilievo ha consentito di individuare la presenza di un cordolo di piano in c.a. in corrispondenza del primo impalcato.



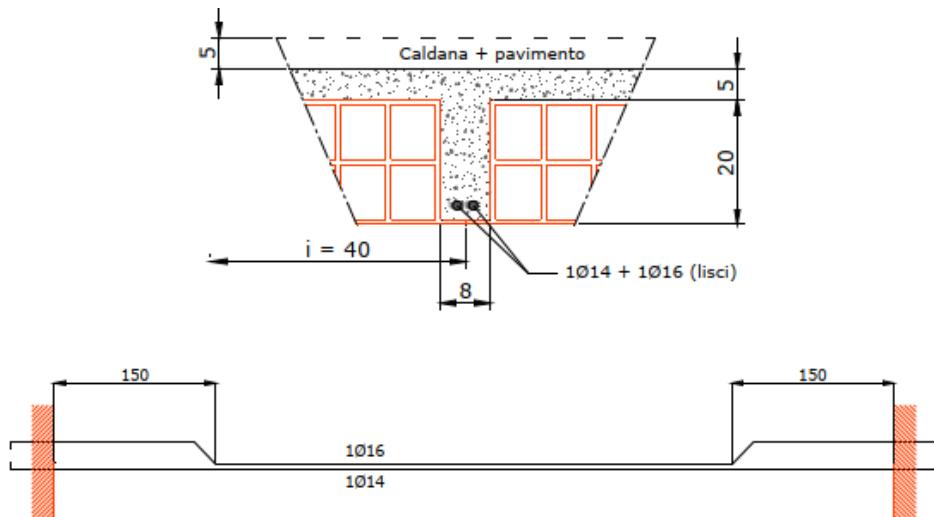
Figura 25 Cordolo di piano corpo A

Per la valutazione dei carichi del solaio di sottotetto non praticabile si è ipotizzata l'assenza di una stratigrafia di finitura con massetto e pavimento. Il sondaggio Am.A.3 realizzato in corrispondenza dell'intersezione muraria tra il **muro di spina** centrale e la muratura perimetrale ha evidenziato un **buon ammorsamento**; tuttavia, la parete risulta essere realizzata con **mattoni forati**.

Il corpo B, denominato "Torretta" è stato oggetto di sopraelevazione di due livelli con copertura sommitale **praticabile**. La struttura portante principale è in **mattoni pieni e malta di calce**, ad eccezione della muratura della sopraelevazione, più recente, che si ipotizza possa presenziare malta cementizia. Le informazioni relative ai solai presenti in situ sono state dedotte dagli elaborati relativi all'intervento per la realizzazione del vano ascensore, adiacente al vano scale appartenente allo stesso corpo. I **solai** riscontrati sono del tipo **latero-cemento gettato in opera** con



**spessore 20+5** e travetti di larghezza 8 cm ad interasse di 40 cm con presenza di **caldana di 5 cm e pavimento** per i solai di interpiano.



Al piano di sottotetto sono presenti due travi in c.a. a sostegno della copertura praticabile in latero-cemento.

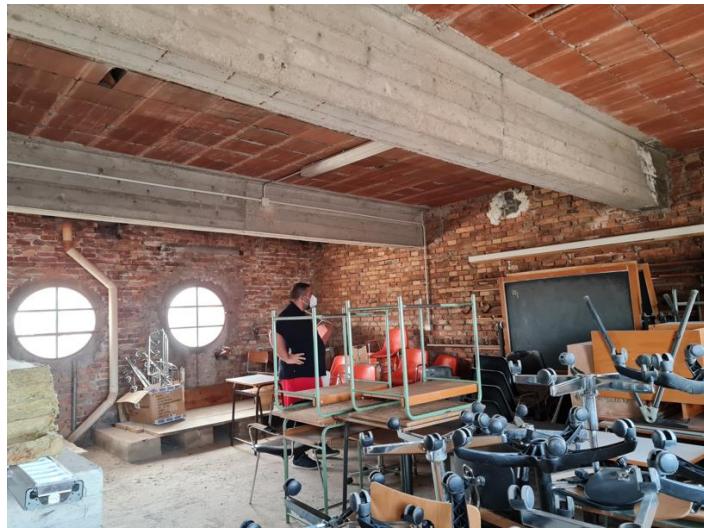


Figura 26 Travi di copertura corpo B

Il **vano ascensore** è stato realizzato in **muratura portante tipo Poroton**. Il vano risulta essere idoneamente giunto rispetto alla struttura pre esistente in corrispondenza dei diversi interpiani. Sono state realizzate delle opere in continuità solo in corrispondenza dei singoli impalcati dove si è resa necessaria l'apertura di fori in solai esistenti con realizzazione di travetti rompitratta ex-novo. La fondazione del vano ascensore è del tipo su pali. La realizzazione dello scavo fondale ha consentito di indagare le fondazioni esistenti della muratura portante principale del corpo. È stata riscontrata la presenza di **fondazioni in muratura di mattoni pieni e malta di calce**, come per l'elevazione con **allargamento dell'impronta "a gradini"** e una **sottofondazione in calcestruzzo**, ipotizzabile non armato, di altezza 80



cm. Complessivamente, le murature si ipotizzano fondate su travi con allargamenti laterali di 65 cm +65 cm + lo spessore murario e un **piano di posa che si attesta a circa -185 cm dal piano campagna**.

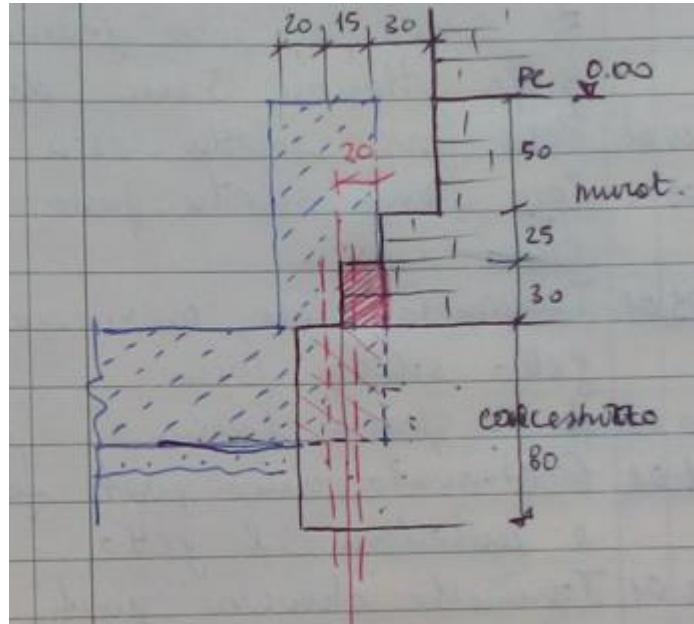
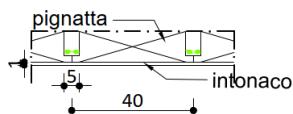


Figura 27 Schema fondazione rilevata alla base del Corpo B

Il corpo C si sviluppa su via Baracca con pianta rettangolare. All'incrocio con via Cortesi presenta una porzione del corpo con sopraelevazione di un piano. La struttura portante principale è in **mattoni pieni e malta di calce** ad eccezione del corpo sopraelevato che presenta al suo interno un **telaio longitudinale in c.a.** con sviluppo dal piano di fondazione alla copertura. I **solai sono di tipo latero-cementizio**, i sondaggi realizzati hanno evidenziato struttura e stratigrafie variabili.

**Il solaio del primo impalcato del corpo lato telaio in c.a. è un solaio 20+5 con travetti da 5 cm a passo 40 cm armati con 1Ø14 e 1Ø10.**

SI.01  
SOLAIO  
piano terra  
scala 1:20



ARMATURA LONGITUDINALE  
1Ø14 I.+1Ø10 I., coprifero 15 mm

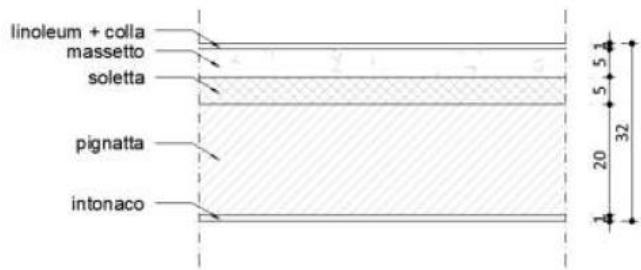


Figura 28 Solaio calpestio piano primo -Corpo C- lato via Cortesi

Il **solaio del secondo impalcato** lato via Cortesi è stato indagato con pacometro, fornendo le seguenti informazioni in merito alla struttura del solaio

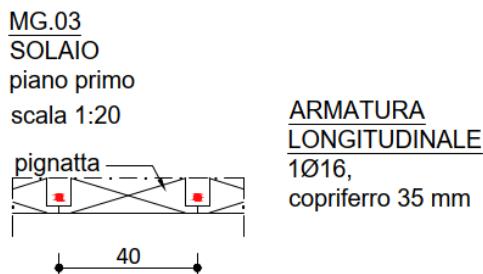
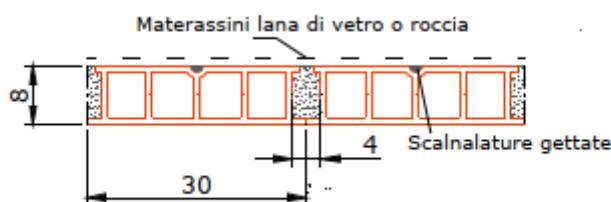


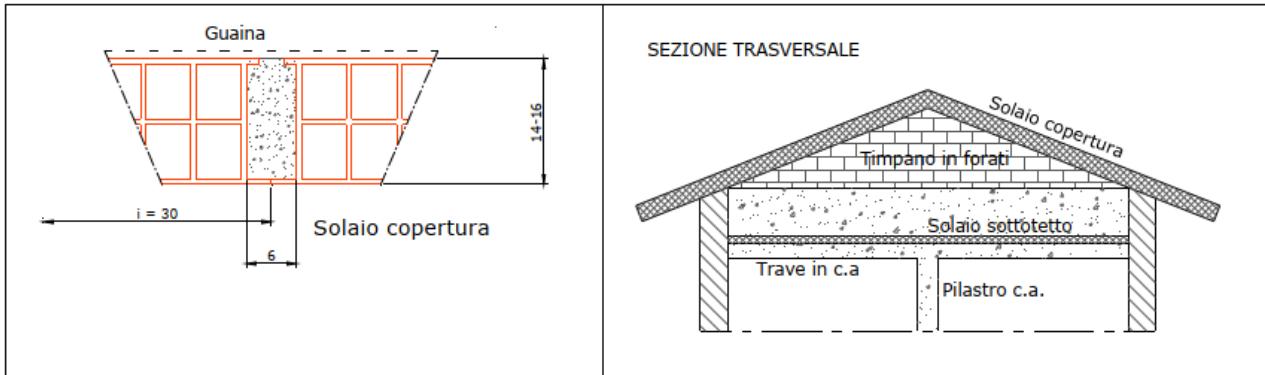
Figura 29 Solaio secondo impalcato- Corpo C- lato via Cortesi

Il solaio con **travetti a passo 40 cm armati con 1φ16** sono considerati equivalenti al solaio immediatamente inferiore, si ipotizza dunque stessa stratigrafia. Stesse ipotesi verranno considerati per il solaio del calpestio del terzo impalcato.

Il **solaio di sottotetto**, non praticabile e il solaio di copertura sono stati indagati nell'ambito dei lavori per la realizzazione del vano ascensore. In particolare, il solaio di sottotetto è costituito da una sorta di controsoffitto con **tavelloni in laterizio e nervature in c.a. da 4 cm a passo 30 cm**. Lo spessore del solaio è di 8 cm.



Il **solaio di copertura a falde** del Corpo C e dello scalone è di tipo **latero-cementizio rasato con spessore di 16 cm e nervature di calcestruzzo da 6 cm a passo 30 cm**. Il solaio appoggia su timpani in muratura di mattoni forati sostenuti da travi trasversali in c.a..



Il solaio del primo impalcato del Corpo C lato palestre ha una luce max di circa 8 m ed è stato indagato mediante pacometro, fornendo informazioni relative all'interasse dei travetti da 50 cm e all'armatura longitudinale costituita da **2φ12**.

MG.01  
SOLAIO  
piano terra  
scala 1:20

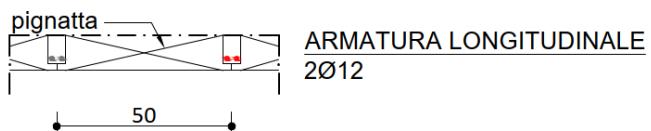
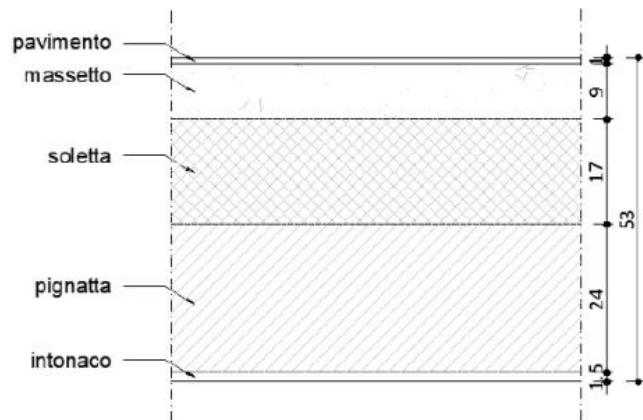
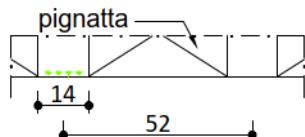


Figura 30 Solaio calpestio primo impalcato - Corpo C - lato palestre

Il solaio immediatamente superiore, **calpestio secondo impalcato**, è stato indagato mediante pacometro e endoscopia.



SI.02  
SOLAIO  
piano primo  
scala 1:20



ARMATURA LONGITUDINALE  
4 trecce 303

Figura 31 Solaio calpestio secondo impalcato - Corpo C- lato palestre

Il solaio di tipo latero-cementizio con travetti larghi 14 cm a passo 52 cm armati con 4 trecce  $\phi 3$ , presenta una stratigrafia, caratterizzata da un **elevato peso proprio**, travetti h 24 cm con soletta da 17 cm e massetto da 9 cm.

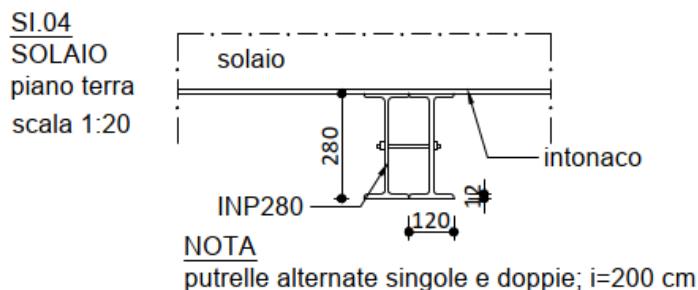
Non si ritiene possibile dunque ipotizzare la stessa stratigrafia per il solaio al piano inferiore che risulta essere nettamente meno armato. Il solaio di sottotetto è costituito da un **controsoffitto leggero non praticabile** a chiusura della **copertura con capriate in legno**.



Figura 32 Copertura corpo C- lato palestre



Il Corpo D ha una struttura in **muratura di mattoni pieni e malta di calce e solaio di interpiano con tavelle supportate da profilati metallici**.



Il **sottotetto** è costituito da una **volta leggera in camorcanna** e la **copertura** è a **capriate in legno**.

Il Corpo E è in **muratura piena e mattoni di calce** con volta di sottotetto costituita da un **plafone in gesso** e copertura con **capriate in legno**.

I risultati delle prove semidistruttive condotte sui paramenti murari portanti dell'Unità strutturale hanno forniti valori delle rigidezze e delle resistenze comparabili con i corrispondenti valori forniti in Tab. C8.5.I. La resistenza a taglio diretto del giunto di malta, determinata con prova tipo Shove test, ha fornito buoni valori di resistenza, superiori a quelli indicati dalla Circolare. L'apparecchiatura muraria riscontrata durante le prove corrisponde ad un'esecuzione a "regola d'arte" con giunti omogenei, verticalmente sfalsati e presenza di diatoni.

Tenuto conto della variabilità della struttura muraria dei diversi corpi di fabbrica, sulla base dei risultati ottenuti dalla prove in situ, l'analisi di vulnerabilità dell'unità strutturale verrà condotta prendendo a riferimento le indicazioni normative in merito all'utilizzo dei valori medi di resistenza e di rigidezza forniti in Tab. C8.5.I della Circolare n.7/2019 con riferimento alla muratura di mattoni pieni e malta di calce.

## 1.6 LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA

Sulla base degli approfondimenti effettuati nelle fasi conoscitive sopra riportate, si ritiene conseguito pienamente un **livello di conoscenza LC2 con prove estese in situ**.

- **LC1:** si intende raggiunto quando siano stati effettuati, come minimo, *l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato*, con riferimento al § C8.5.1, il *rilievo geometrico completo e indagini limitate sui dettagli costruttivi*, con riferimento al § C8.5.2, *prove limitate sulle caratteristiche meccaniche dei materiali*, con riferimento al § C8.5.3; il corrispondente **fattore di confidenza** è **FC=1,35**;
- **LC2:** si intende raggiunto quando siano stati effettuati, come minimo, *l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato*, con riferimento al § C8.5.1, il *rilievo geometrico completo e indagini estese sui dettagli costruttivi*, con riferimento al § C8.5.2, *prove estese sulle caratteristiche meccaniche dei materiali*, con riferimento al § C8.5.3; il corrispondente **fattore di confidenza** è **FC=1,2**;



- **LC3:** si intende raggiunto quando siano stati effettuati *l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato*, come descritta al § C8.5.1, il *rilievo geometrico, completo ed accurato in ogni sua parte*, e *indagini esaustive sui dettagli costruttivi*, come descritto al § C8.5.2, *prove esaustive sulle caratteristiche meccaniche dei materiali*, come indicato al § C8.5.3; il corrispondente **fattore di confidenza è FC=1** (da applicarsi limitatamente ai valori di quei parametri per i quali sono state eseguite le prove e le indagini su citate, mentre per gli altri parametri meccanici il valore di FC è definito coerentemente con le corrispondenti prove limitate o estese eseguite).

Per raggiungere il livello di conoscenza LC3, la disponibilità di un rilievo geometrico completo e l'acquisizione di una conoscenza esaustiva dei dettagli costruttivi sono da considerarsi equivalenti alla disponibilità di documenti progettuali originali, comunque da verificare opportunamente nella loro completezza e rispondenza alla situazione reale. Ci si può riferire alla documentazione in atti, qualora per essa siano stati adempiuti gli obblighi della L. 1086/71 o 64/74 e s.m.i., ma solo dopo adeguata giustificazione eventualmente integrata da indagini in opera. Per la caratterizzazione meccanica dei materiali si possono adottare, motivatamente, i valori caratteristici assunti nel progetto originario o quelli ridotti risultanti dalla documentazione disponibile sui materiali in opera. In questo caso i fattori di confidenza si assumono unitari. La quantità e il tipo di informazioni richieste per conseguire uno dei tre livelli di conoscenza previsti, sono, a titolo esclusivamente orientativo, ulteriormente precisati nel seguito. Gli aspetti che definiscono i livelli di conoscenza sono: geometria della struttura, dettagli costruttivi, proprietà dei materiali, connessioni tra i diversi elementi e loro presumibili modalità di collasso. Specifica attenzione dovrà essere posta alla completa individuazione dei potenziali meccanismi di collasso locali e globali, duttili e fragili.

## COSTRUZIONI IN MURATURA

Nel caso in cui la muratura in esame possa essere ricondotta alle tipologie murarie presenti nelle Tabelle C8.5.I e C8.5.II, i valori medi dei parametri meccanici da utilizzare per le verifiche possono essere definiti, con riferimento alla tipologia muraria in considerazione per i diversi livelli di conoscenza, come segue:

### LC1

- Resistenze: i *valori minimi* degli intervalli riportati in Tabella C8.5.I.
- Moduli elastici: i *valori medi* degli intervalli riportati nella tabella suddetta.

### LC2

- Resistenze: i *valori medi* degli intervalli riportati in Tabella C8.5.I
- Moduli elastici: i *valori medi* degli intervalli riportati nella tabella suddetta.

### LC3

- I valori delle resistenze e dei moduli elastici riportati in Tabella C.8.5.I individuano una distribuzione a-priori che può essere aggiornata sulla base dei risultati delle misure eseguite in sito. Considerato il generico



parametro X, una stima dei parametri  $\mu'$  e  $\sigma'$  della distribuzione a-priori può essere dedotta dai valori minimo e massimo in tabella, con le formule seguenti:

$$\mu' = \frac{1}{2}(X_{\min} + X_{\max}) \quad [C8.5.4.1]$$

$$\sigma' = \frac{1}{2}(X_{\max} - X_{\min}) \quad [C8.5.4.2]$$

Eseguito un numero n di prove dirette, l'aggiornamento del valore medio può essere effettuato come segue:

$$\mu'' = \frac{n\bar{X} + \kappa\mu'}{n + \kappa} \quad [C8.5.4.3]$$

dove  $\bar{X}$  è la media delle n prove dirette e  $\kappa$  è un coefficiente che tiene conto del rapporto tra la dispersione (varianza) della stima effettuata attraverso le prove (combinazione tra incertezza della misurazione sperimentale e dispersione dei parametri meccanici nell'ambito dell'edificio che si sta analizzando) e la varianza  $\sigma'^2$  della distribuzione a-priori. Nel determinare la stima aggiornata del valore medio del parametro meccanico, il coefficiente  $\kappa$  rappresenta il peso relativo della distribuzione a-priori (associata ai parametri della tabella C.8.5.I) rispetto alle prove sperimentali.

Qualora la media delle n prove dirette  $\bar{X}$  sia significativamente diversa dal valore  $\mu'$  adottato per la distribuzione a-priori, e quindi la differenza tra  $\mu'$  e  $\mu''$  risulti rilevante, l'accettabilità del risultato ottenuto applicando l'equazione C8.5.4.3 deve essere adeguatamente motivata.

**Tabella C.8.5.III –Valori del coefficiente  $\kappa$ suggeriti per l'aggiornamento del valore medio dei parametri meccanici, secondo l'equazione [C8.5.4.3], con riferimento ai più diffusi metodi di indagine diretta sulle proprietà meccaniche della muratura.**

Metodo di prova	Parametro	$\kappa$
Prova di compressione diretta (su una porzione di parete muraria)	E	1,5
	f	1
Martinetto piatto doppio	E	1,5
	f (*)	2 (*)
Prova di compressione e taglio (su un pannello isolato nella parete muraria) – prova tipo Sheppard	G	1,5
	$\tau_0 - f_{v0}$	1
Prova di compressione diagonale	G	1,5
	$\tau_0$	1
Prova di taglio diretto sul giunto	$f_{v0}$	2
Prove in laboratorio sui costituenti (**)	$f_b, f_m, f_g$	2

(\*) La prova con il martinetto piatto doppio consente di ottenere una misura del modulo elastico E della muratura, molto più raramente di misurarne direttamente la resistenza a compressione. Il coefficiente in tabella è quello suggerito quando nella prova viene misurata direttamente la resistenza a compressione. Ricordando che esiste una correlazione empirica approssimata di proporzionalità tra modulo E e la resistenza media a compressione della muratura (desumibile dagli intervalli di variazione dei due parametri nella tabella C.8.5.I) il modulo E ottenuto dalla prova con martinetto piatto può fornire una stima indiretta di f utilizzabile nell'equazione [C8.5.4.3] purché si adotti un valore di  $\tau$  almeno pari a 3.

(\*\*) Nel caso di muratura in blocchi di pietra quadrati o artificiali pieni o semipieni si ipotizza che, con prove a compressione diretta sugli elementi e sulla malta (i costituenti), si possa stimare la resistenza caratteristica a compressione della muratura f<sub>k</sub> tramite i metodi descritti al § 11.10.3.1.2 delle Norme. Nota: f<sub>k</sub>, la resistenza a compressione media f della muratura potrà essere quindi stimata come f = 1,25 f<sub>k</sub>.

Figura 33 Tabella C8.5.III della Circolare n.7/2019



## COSTRUZIONI DI CALCESTRUZZO ARMATO O DI ACCIAIO

I fattori di confidenza, determinati in funzione del livello di conoscenza acquisito, vengono applicati *ai valori medi delle resistenze dei materiali* ottenuti dai campioni di prove distruttive e non distruttive, per fornire una stima dei valori medi delle resistenze dei materiali della struttura, entro l'intervallo di confidenza considerato (in genere si assume un intervallo di confidenza pari al 95%). Per determinare i fattori di confidenza per i diversi elementi strutturali o loro insiemi si deve tener conto che essi includono, oltre alle incertezze nella stima della resistenza dei materiali, anche le incertezze relative all'individuazione dei dettagli costruttivi. Il livello di conoscenza acquisito in base ai rilievi, alle indagini sui dettagli strutturali e alle prove sui materiali, determina i valori dei fattori di confidenza da applicare alle proprietà dei materiali, anche in maniera differenziata per elementi strutturali o gruppi di elementi, e suggerisce il metodo di analisi più appropriato. In assenza di valutazioni specifiche, ci si può riferire alla Tabella C8.5.IV.

**Tabella C8.5.IV** – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza, per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

Livello di conoscenza	Geometrie (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC (*)
LC1		Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>indagini limitate</i> in situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>prove limitate</i> in situ	Analisi lineare statica o dinamica	1,35
LC2	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione; in alternativa rilievo	Elaborati progettuali incompleti con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini estese</i> in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali, con <i>prove limitate</i> in situ; in alternativa da <i>prove estese</i> in situ	Tutti	1,20
LC3	completo ex-novo	Elaborati progettuali completi con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini esauritive</i> in situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto, con <i>prove estese</i> in situ; in alternativa da <i>prove esauritive</i> in situ	Tutti	1,00

(\*) A meno delle ulteriori precisazioni già fornite nel § C8.5.4.

Figura 34 Tabella C8.5.IV della Circolare n.7/2019

La quantità e il tipo di informazioni richieste per conseguire uno dei tre livelli di conoscenza previsti, sono, a titolo esclusivamente orientativo, ulteriormente precisati nel seguito.

**LC1:** si intende raggiunto quando sia stata effettuata *l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato* (con riferimento al §C8.5.1), la *geometria della struttura sia nota in base ai disegni originali* (effettuando un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni) o a un rilievo, poiché non si dispone dei disegni costruttivi i dettagli costruttivi siano stati ricavati sulla base di un *progetto simulato* (con riferimento al § C8.5.2) e con *indagini limitate in-situ* sulle armature e sui collegamenti presenti negli elementi più importanti (i dati raccolti devono essere tali da consentire verifiche locali di resistenza), poiché non si dispone di informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali (provenienti dai disegni costruttivi o dai certificati di prova) si siano adottati i valori usuali della pratica costruttiva dell'epoca, convalidati da prove limitate in-situ sugli elementi più importanti (con riferimento al § C8.5.3); il corrispondente **fattore di confidenza è FC=1,35**. La valutazione della sicurezza è, in genere,



eseguita mediante *analisi lineare, statica o dinamica*; le informazioni raccolte devono consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo.

**LC2:** si intende raggiunto quando sia stata effettuata *l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato* (con riferimento al § C8.5.1), la *geometria della struttura sia nota in base ai disegni originali* (effettuando un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni) o a un rilievo, i *dettagli costruttivi siano noti, o parzialmente dai disegni costruttivi originali integrati da indagini limitate in situ* sulle armature e sui collegamenti presenti negli elementi più importanti, o (con riferimento al § C8.5.2) *a seguito di una indagine estesa in situ* (i dati raccolti devono essere tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare), *le caratteristiche meccaniche dei materiali siano note in base ai disegni costruttivi, integrati da prove limitate in situ* (se i valori ottenuti dalle prove in situ sono minori dei corrispondenti valori indicati nei disegni di progetto, si eseguono prove estese in situ), o *con prove estese in situ* (con riferimento al § C8.5.3); il corrispondente **fattore di confidenza è FC=1,2**. La valutazione della sicurezza è eseguita mediante metodi di *analisi lineare o non lineare, statici o dinamici*; le informazioni raccolte sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelle riguardanti i dettagli strutturali, devono consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo.

**LC3:** si intende raggiunto quando sia stata effettuata *l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato* (con riferimento al § C8.5.1), la *geometria della struttura sia nota in base ai disegni originali* (effettuando un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni) o a un rilievo, i *dettagli costruttivi siano noti, o dai disegni costruttivi originali integrati da indagini limitate in situ* sulle armature e sui collegamenti presenti negli elementi più importanti, o (con riferimento al § C8.5.2) *a seguito di una indagine esaustiva in situ* (i dati raccolti devono essere tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare), *le caratteristiche meccaniche dei materiali siano note in base ai disegni costruttivi e ai certificati originali di prova, integrati da prove limitate in situ* (se i valori ottenuti dalle prove in situ sono minori dei corrispondenti valori indicati nei certificati originali di prova, si eseguono prove esaustive in situ), o *con prove esaustive in situ* (con riferimento al § C8.5.3); il corrispondente **fattore di confidenza è FC=1**. La valutazione della sicurezza è eseguita mediante metodi di analisi lineare o non lineare, statici o dinamici; le informazioni raccolte sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelle riguardanti i dettagli strutturali, devono consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo.

Secondo un approccio conservativo e vista l'incertezza nella determinazione della resistenza media da prove in situ non distruttive, la resistenza di progetto delle barre di armatura è stata definita adottando un fattore di confidenza FC=1.35.