

STUDIO ASSOCIATO CERIOLI

ANTONIO CERIOLI ingegnere – ANNA GRAZIA CERIOLI architetto

Cremona – Viale Trento Trieste, 106
Tel. 0372/27540

E-mail studio@studiotecnicocerioli.it

Comune di Pieve San Giacomo		Provincia di Cremona	tav. n.
COMUNE DI PIEVE SAN GIACOMO			r01
SCUOLA PER L'INFANZIA			
MAN.STRAORD.–INTERVENTO LOCALE DI RINFORZO STATICO			
PROGETTO DEFINITIVO–ESECUTIVO			
oggetto	RELAZIONE TECNICO–ILLUSTRATIVA E SPECIALISTICA		prat. n. 13/2017
committente	Comune di Pieve San Giacomo	scala –	data 08/05/2017
			file <i>Oleificio Zucchi/2016/</i>

aggiornamento	data
aggiornamento	data
aggiornamento	data

Tutte le misure e quote devono essere verificate sul posto

Sommario

1.	Premessa	2
2.	Relazione tecnico-illustrativa	3
2.1	Inquadramento territoriale e analisi della tipologia costruttiva	3
2.2	Documentazione fotografica	5
2.3	Analisi conoscitiva del manufatto	9
2.4	Criticità riscontrate	22
2.5	Criteri di scelta delle soluzioni progettuali	23
3.	Relazione tecnica specialistica	27
3.1	Indagini preliminari specialistiche	27
3.2	Interventi di rinforzo statico	31
	Incamicatura dei pilastri in c.a.	31
	Traslazione della rete fognaria esistente e riparazione locale della muratura con cucì-scucì	32
	Interventi anti-sfondellamento dei solai	33

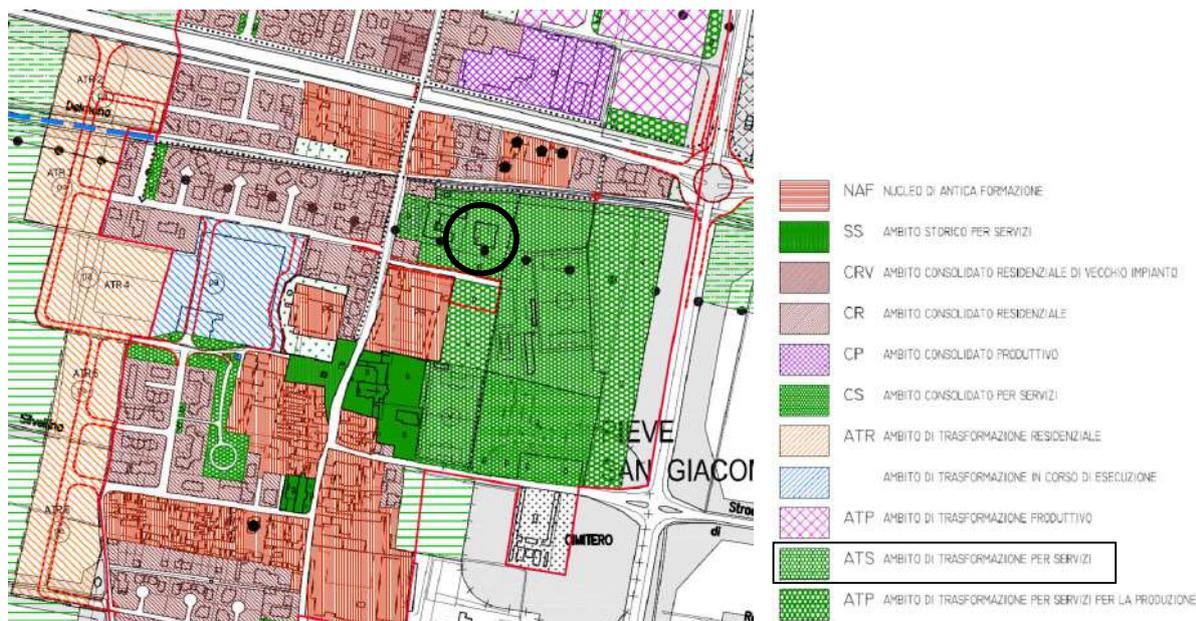
1. Premessa

Il presente Progetto ha per oggetto l'intervento di rinforzo strutturale statico da condurre presso la scuola per l'infanzia del Comune di Pieve San Giacomo (CR) e si ricollega al progetto di fattibilità tecnica ed economica approvato dall'Amministrazione comunale.

In particolare il progetto riguarderà i pilastri del salone centrale (destinato alle attività comuni), i solai (dove sono stati riscontrati fenomeni di sfondellamento) e il ripristino delle angolate Nord-Est del fabbricato mediante un intervento puntuale di cuci-scuci delle murature portanti.

Trattasi di interventi locali (di cui alle NTC/2008 paragrafo 8.4.3 e Circolare n.617/09 paragrafo C8.4.3) tesi a risolvere le problematiche riscontrate puntualmente sugli elementi costruttivi del fabbricato.

Di seguito si provvederà sinteticamente a ripercorrere l'analisi conoscitiva del manufatto, la scelta operata tra le possibili soluzioni progettuali prospettate in risposta alle criticità riscontrate e la descrizione degli interventi in previsione, compresi gli aspetti economici di dettaglio esecutivo e le valutazioni concernenti la sicurezza per l'esecuzione degli stessi.



Estratto dell'elaborato 1R ("Piano delle Regole – Centro abitato") del PGT del Comune di Pieve San Giacomo (CR) e della relativa legenda

Trattasi di un edificio ad un unico piano fuori terra, il cui impianto planimetrico è ottenuto dall'aggregazione di più figure quadrangolari regolari disposte attorno ad un ampio locale al centro. Quest'ultimo costituisce un salone dedicato alle attività comuni e reca un'altezza di interpiano di 5,25 m dal piano di calpestio; sul lato Nord si sviluppano le aule e i servizi igienici (alti circa 3,00m) mentre a Sud sono collocati altri locali di servizio, tra cui la cucina con relativa dispensa, il locale per il riposo e un bagno per il personale (H circa 3,50m). Il salone comunica direttamente con un ulteriore vano di lunghezza pari al lato Est dello stesso e analoga soluzione si riscontra anche sul fianco Ovest.

Tutti i locali sono delimitati superiormente da dei solai orizzontali in laterocemento, sopra i quali si sviluppa la copertura a falde inclinate (del tipo a padiglione) realizzata in muricci e tavelloni. Il locale attiguo al lato Ovest del salone reca invece una copertura in legno, che si prolunga ulteriormente generando un piccolo portico che abbraccia l'angolo Sud-Ovest del fabbricato fino all'androne di ingresso (posto circa metà del lato Sud). Anche il salone è sormontato da un solaio orizzontale in laterocemento, ma posto ad una quota superiore rispetto ai vani attigui che lo circondano. Pertanto nello spazio intercorrente tra il portico e la copertura, sulla sommità della parete Ovest del salone si sviluppano delle finestrelle a nastro (fisse), unica fonte di illuminazione naturale diretta del salone.

Le strutture in elevazione che delimitano i locali sono in muratura portante, a meno del salone centrale e degli attigui vani Est ed Ovest, connotati da dei portali in cemento armato. Il portico Sud-Ovest in legno grava invece su dei pilastri in muratura portante.

Tali caratteristiche costruttive sono riconducibili alle tecnologie costruttive dell'epoca di costruzione, afferente alla seconda metà degli anni '70 (collaudo statico delle strutture del 1978).

2.2 Documentazione fotografica



F01_Vista complessiva dell'angolo Sud-Ovest del fabbricato



F02_Vista complessiva dell'angolo Nord-Ovest del fabbricato



F03_Vista complessiva dell'angolo Nord-Est del fabbricato



F04_Vista complessiva dell'angolo Sud-Est del fabbricato



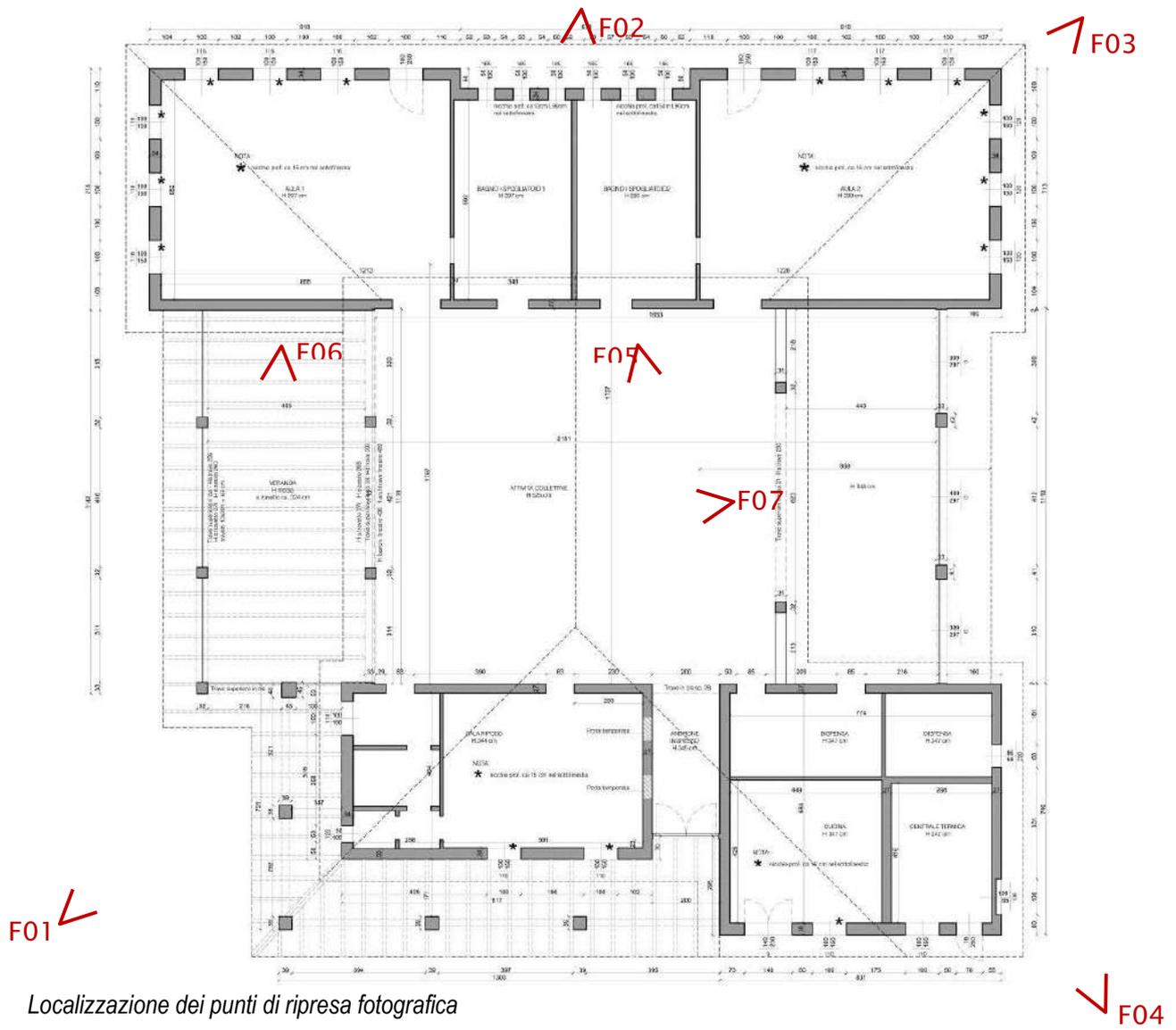
F05_Vista del lato Est del salone principale (e dei relativi portali in c.a.), con in secondo piano il locale attiguo direttamente comunicante con esso e più basso



F06_Vista complessiva del locale sviluppato lungo il lato Ovest del salone e attiguo ad esso, con relativa copertura in legno: in secondo piano si intravede il portico che si articola in corrispondenza dello spigolo Sud-Ovest del fabbricato



F07_Vista del lato Ovest del salone, ove si distinguono i portali in c.a. e le finestre alla sommità della parete: al di là delle porte a soffietto si sviluppa il vano attiguo Ovest (con copertura in legno)



Localizzazione dei punti di ripresa fotografica

2.3 Analisi conoscitiva del manufatto

Le attività progettuali sono state precedute da una fase conoscitiva del manufatto, volta alla raccolta dei dati necessari all'analisi dello stato di fatto e articolata attraverso la consultazione dell'apparato documentale reperibile, il rilievo geometrico e l'esecuzione di indagini preliminari in situ.

In primis si è quindi provveduto all'esame della documentazione disponibile presso la Committenza (Comune di Pieve San Giacomo) in merito all'organismo edilizio, ossia degli elaborati grafici strutturali afferenti all'epoca di realizzazione del manufatto e il successivo collaudo statico delle opere.

Entrambi i documenti riportano il timbro relativo al deposito degli stessi presso il Genio Civile, che per quanto riguarda gli elaborati grafici di progetto delle strutture (a firma del Dott. Ing. Antonio Filippini) è avvenuto in data 27/07/1977, mentre per il collaudo (del Dott. Ing. Aldo Rizzi) il giorno 24/05/1978.

In particolare gli elaborati grafici comprendono la pianta delle fondazioni con relative sezioni correnti, i particolari relativi alle travi in c.a. dei portali del salone centrale e una sezione trasversale dell'edificio, qui di seguito riportati.

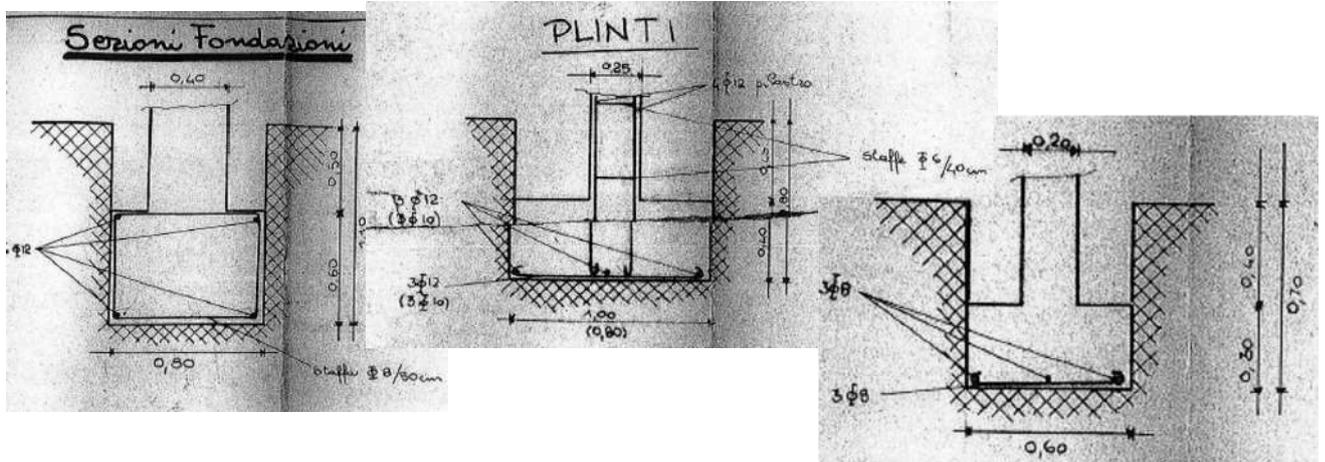
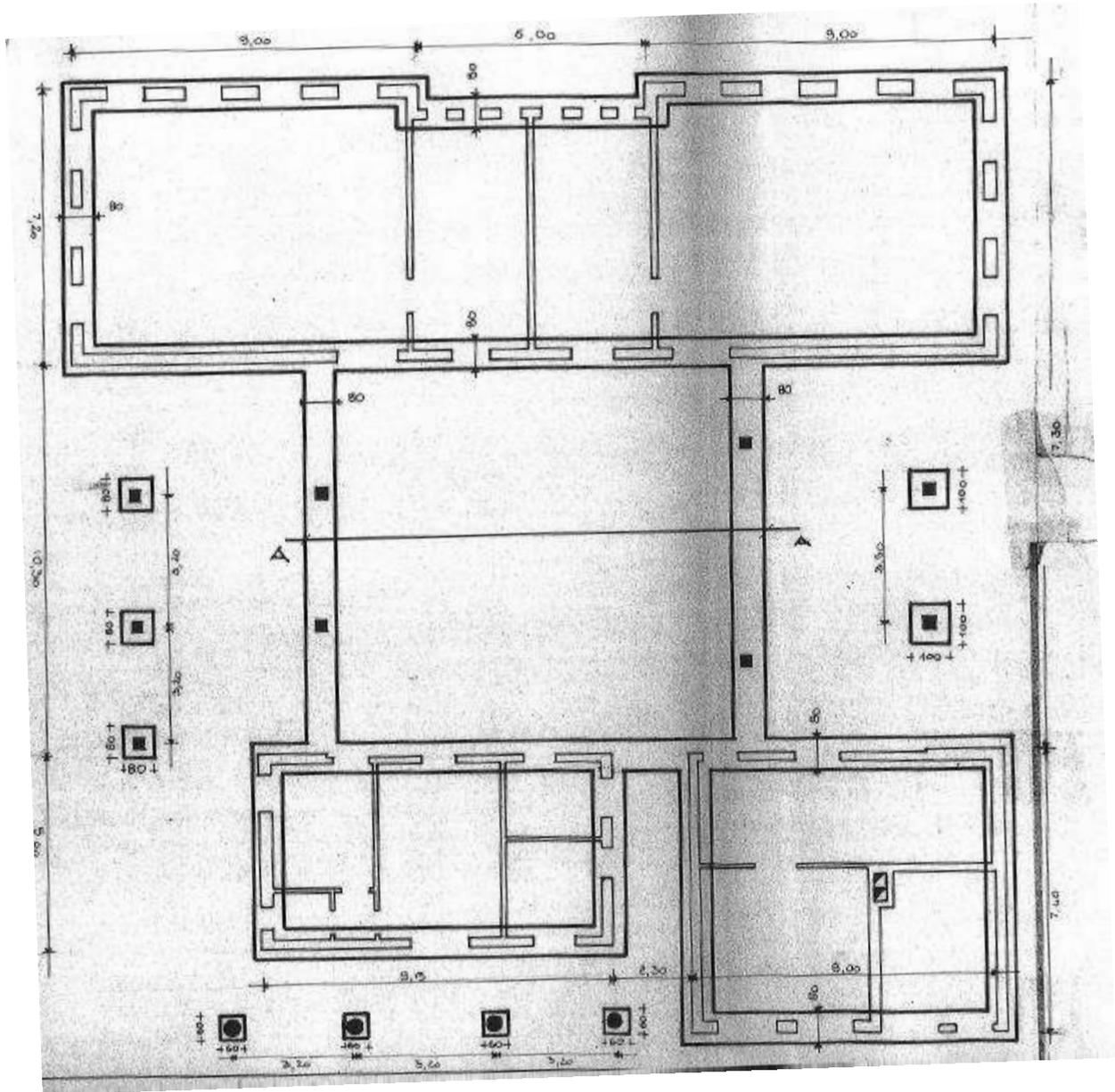
Si è quindi provveduto al rilievo geometrico del manufatto e alla successiva restituzione dello stesso in pianta (piano terra, sommità del salone e copertura) ed in alzato (sezione trasversale e longitudinale), nonché al confronto con le informazioni desunte dagli elaborati grafici precedentemente esaminati.

Nel complesso si riscontra corrispondenza tra i disegni di progetto e l'attuale rilievo allo stato di fatto, a meno di alcune lievi difformità dimensionali in pianta e l'assenza di un tratto di portico attualmente visibile in corrispondenza dello spigolo Sud-Ovest e di alcuni pilastri a questo relativi.

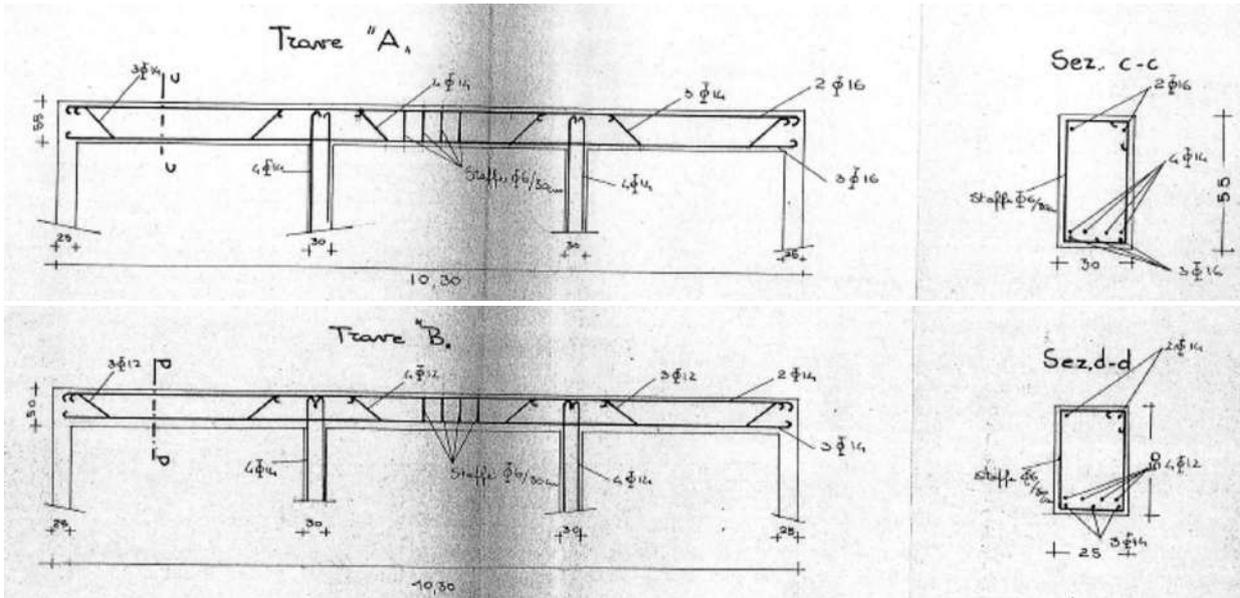
Le altezze dei locali indicate, invece, pressoché corrispondono all'effettivo stato dei luoghi: 3,50 m del locale Est (3,48 m rilevati) e circa 5 m di interpiano del salone (5,25 m effettivi).

Come precedentemente accennato il fulcro del fabbricato è il salone centrale dedicato alle attività comuni, di circa 11,80x11,20 m sormontato da un solaio piano in laterocemento gravante sulle pareti Nord e Sud. A Est si sviluppa una sala direttamente comunicante con il salone (attraverso tre portali in c.a.) di circa 4,45x11,20 m, anch'essa chiusa superiormente da un solaio piano in laterocemento con soprastante copertura in muricci e tavelloni. A Nord del salone si sviluppano due aule (8,55x6,50m ciascuna) con relativi servizi (circa 3,50x5,90 m ognuno), che recano un'altezza di interpiano di circa 300 cm. A Sud sono invece posti i locali di servizio (quali la sala riposo, il bagno per il personale, la cucina, la dispensa e la centrale termica), il cui intradosso del solaio è posto a circa 3,45 m da terra, per una superficie complessiva di circa 90 m². Interposto tra questi, in posizione mediana si sviluppa l'androne di ingresso, recante la medesima altezza di interpiano e chiuso verso l'esterno da una uscita di emergenza vetrata. Lo spazio per i giochi posto a Ovest del salone (di circa 4,65x11,20 m) è invece chiuso superiormente da una copertura in legno ad una falda, recante un'altezza media di circa 3,25 m sotto travetto.

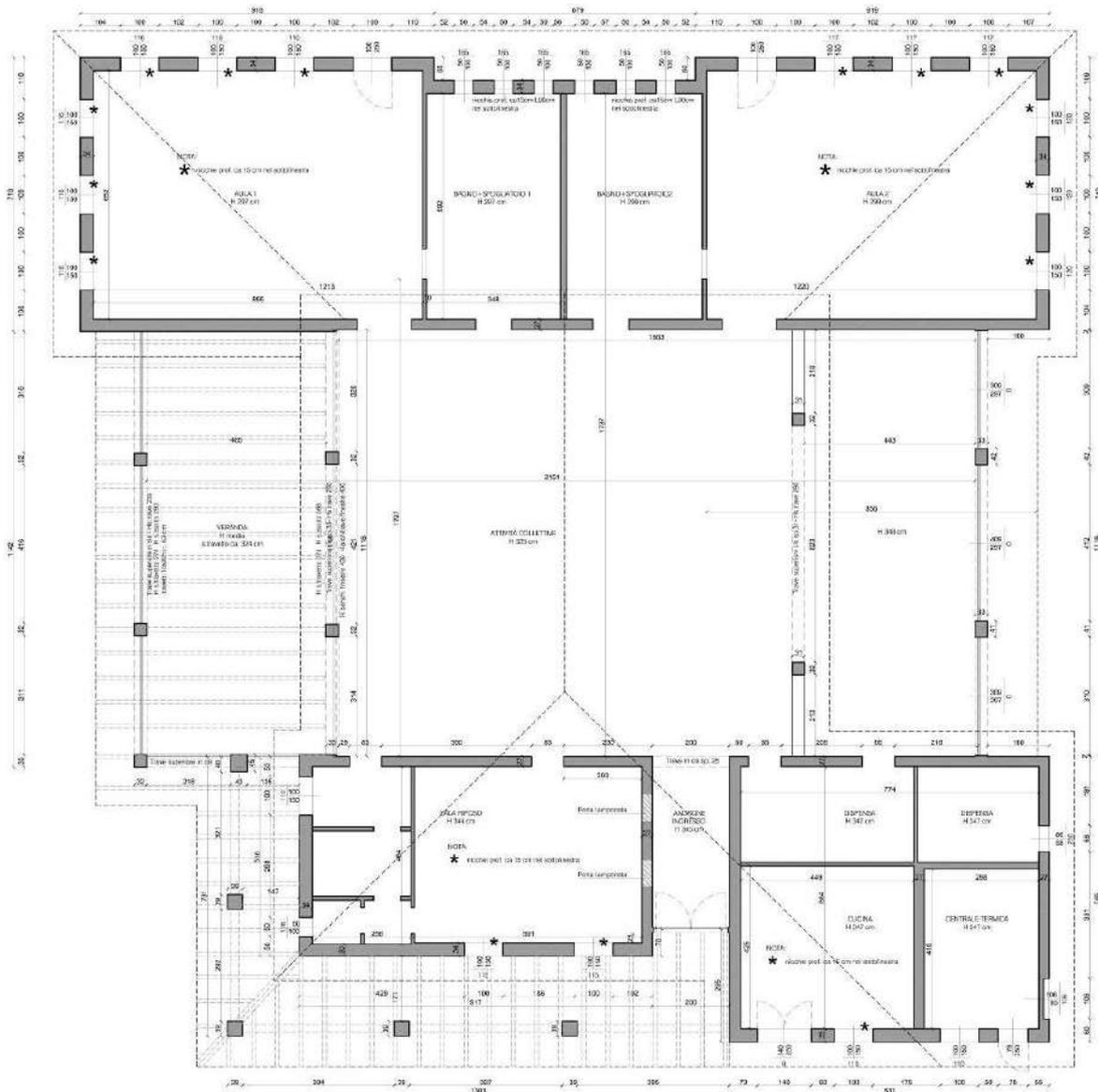
La struttura è in muratura portante, tranne i pilastri del salone e dei locali attigui ad Est ed Ovest. Quelli del salone sono di circa 30x30 cm medi, mentre quelli posti all'esterno sui lati Est ed Ovest sono stati rivestiti esternamente e le relative dimensioni effettive sono pari a 25x25 cm circa.



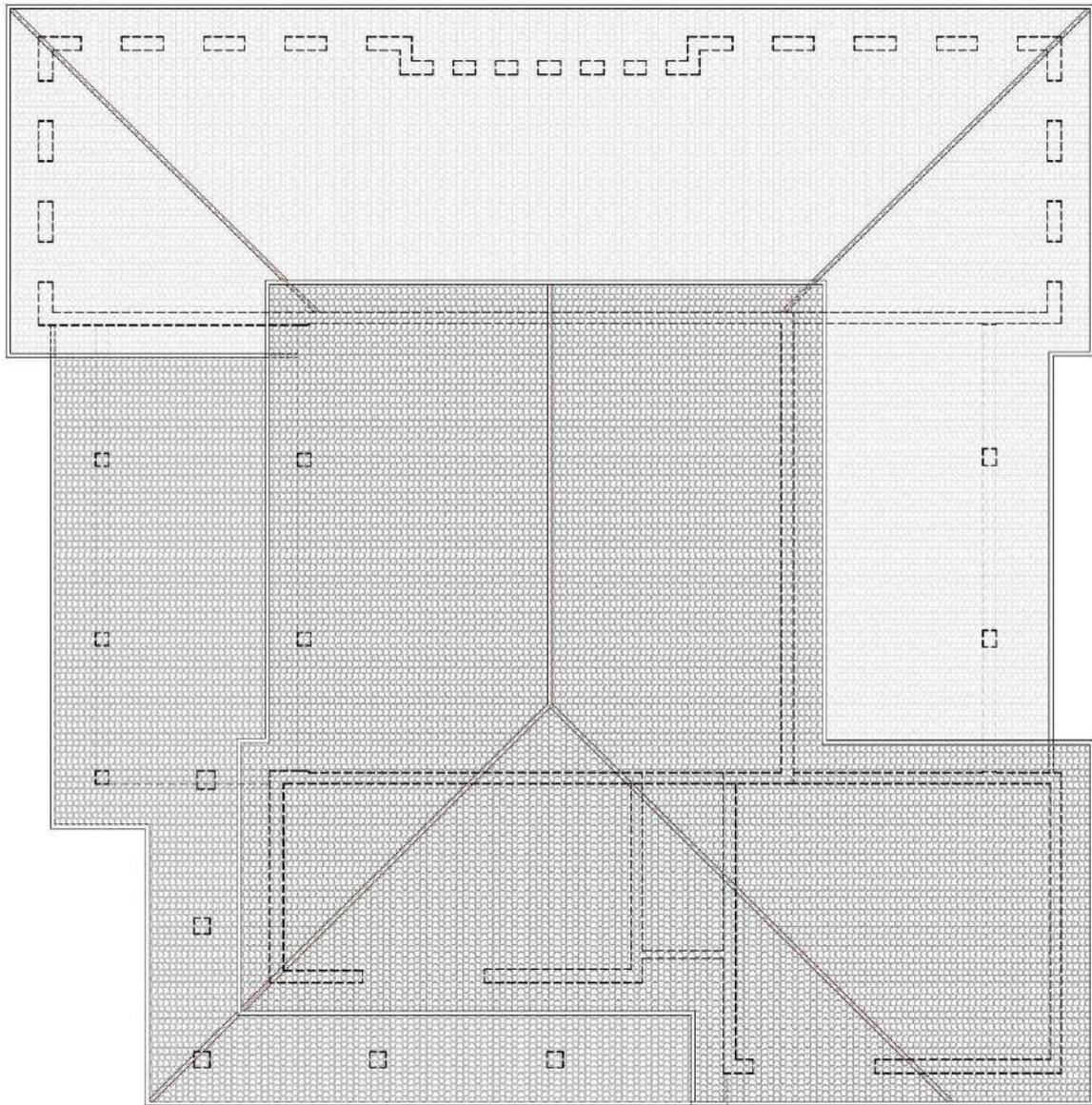
Pianta e sezioni correnti delle fondazioni riportate nel progetto strutturale del 1977



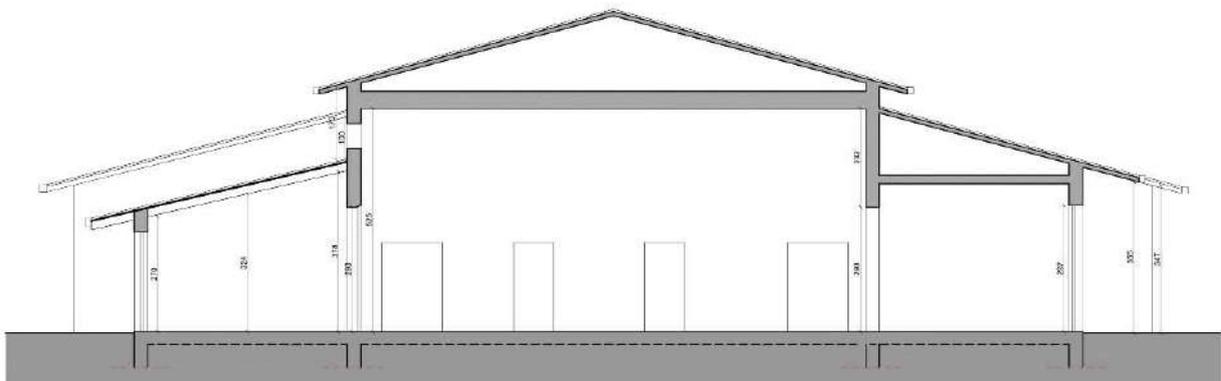
Sezioni relative alle travi dei portali in c.a. del salone principale al centro del fabbricato



Pianta di rilievo del piano terra



Rilievo: pianta di copertura



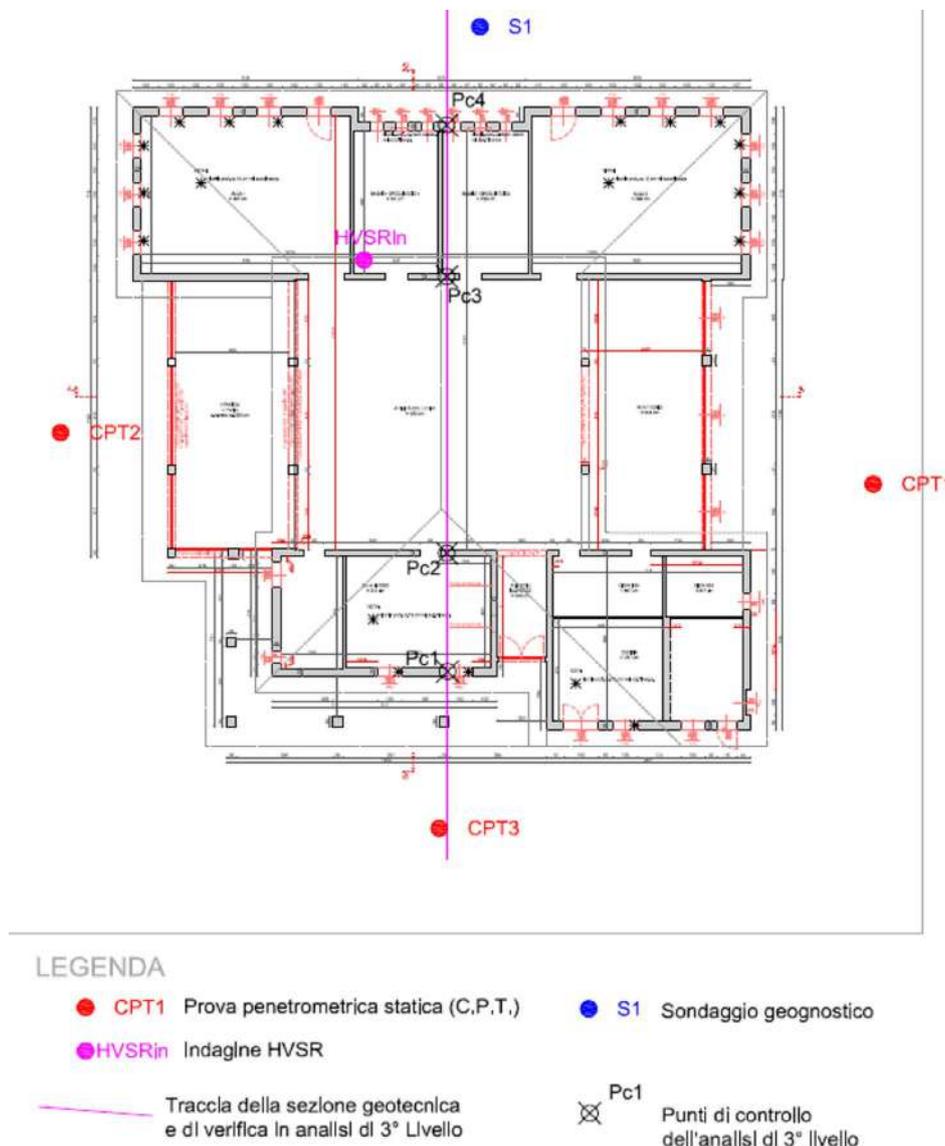
Rilievo: sezione trasversale A-A

L'analisi conoscitiva del manufatto è stata completata e approfondita mediante una campagna di indagini *in situ*, realizzata mediante la combinazione di tecniche e prove differenti, che hanno interessato parallelamente gli elementi strutturali più rappresentativi e il terreno circostante il manufatto.

L'approfondimento conoscitivo sul posto, infatti, è stato elaborato con una duplice finalità: la definizione degli elementi strutturali, delle proprietà dei materiali impiegati e del relativo stato di conservazione, nonché la caratterizzazione geologico-geotecnica del sito di intervento.

Quest'ultima è stata ottenuta mediante la realizzazione combinata di tre prove penetrometriche statiche meccaniche (CPT), un sondaggio geognostico (a profondità 15 m), una traccia della sezione geotecnica e di verifica in analisi di terzo livello (linea MASW, per determinare la velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo) e tre registrazioni HVSr (tecnica dei microtremori, fondata sull'analisi della frequenza di vibrazione naturale del terreno indotta da sorgenti non controllate finalizzata alla definizione del relativo periodo T), di cui due interne (IN) e una esterna (OUT).

La scelta della localizzazione delle indagini sia in ambito geologico-geotecnico che strutturale è stata effettuata individuando i punti maggiormente rappresentativi in relazione all'articolazione del manufatto (con particolare riferimento al comportamento strutturale) e al suo inserimento nel lotto.



Localizzazione delle prove geologico-geotecniche effettuate, estrapolata dalla relazione geologica a firma del Dott. Geol. Damiano Scalvini



Esecuzione della prima prova CPT sul lato Est del lotto afferente alla scuola



Linea MASW appena oltre il limite Est di proprietà e a fianco gli strumenti di registrazione impiegati: per maggiori dettagli e approfondimenti, si rimanda alla relazione geologico-geotecnica redatta dal Dott. Geol. Damiano Scalvini



Prova HVSR interna, eseguita in una delle due aule a Nord del salone centrale



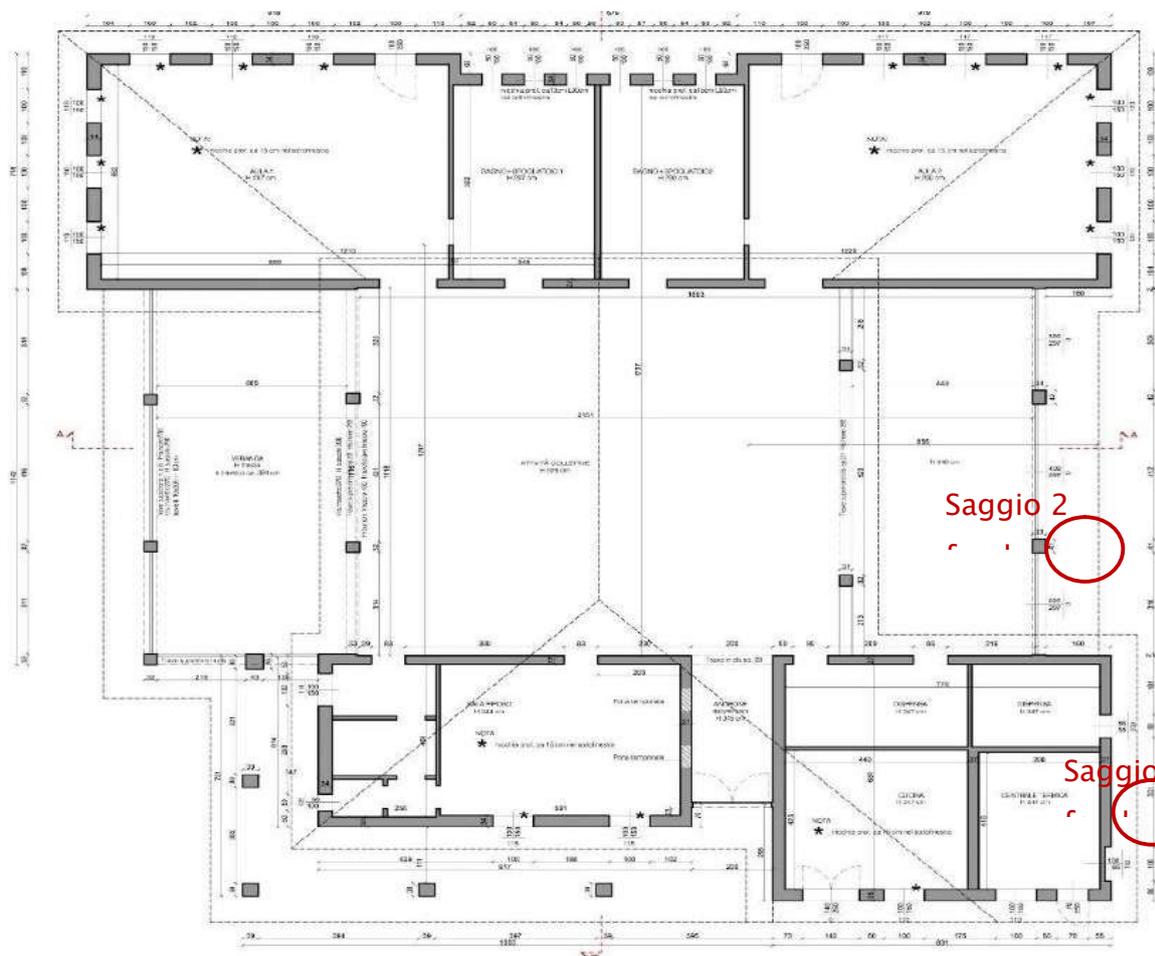
Saggio geognostico effettuato

Sulla base delle analisi condotte è stata individuata la profondità della falda freatica, stimata a circa $-3,30/4,00$ m dal piano di campagna e quindi non direttamente interagenti con le strutture di fondazione dell'edificio. Inoltre è stato ricostruito il modello geologico, geomorfologico, idrogeologico e geofisico del sito, sulla cui base sono state definite la Categoria del Sottosuolo e la Categoria Topografica, da adottare per la stima dell'Azione Sismica finalizzata alla progettazione di eventuali interventi strutturali.

In particolare gli esiti della prova MASW hanno consentito di classificare il sito come categoria di sottosuolo C, mentre gli spettri sismici elaborati sulla base delle rilevazioni effettuate con la tecnica dei microtremori sono risultati concordi rispetto a quelli previsti da norma. Pertanto le risultanze delle indagini paiono compatibili con la Classe di Fattibilità Geologica individuata e con le Normative di Vincolo Geologico e di Pericolosità Sismica vigenti a livello locale, con particolare riferimento allo studio geologico costituente parte integrante del PGT comunale.

Sono stati infine esclusi potenziali fenomeni di liquefazione e le fondazioni (poste circa a 1,50 m di profondità) risultano poggiare su terreno di tipo sabbioso e non di riporto.

Per quanto concerne l'analisi della struttura del fabbricato, sono stati eseguiti dei saggi in corrispondenza delle fondazioni, al fine di verificarne la tipologia, le dimensioni e la quota di imposta delle stesse.



Il primo accertamento è stato effettuato in prossimità della muratura portante della centrale termica (lato Est): come da denuncia dei cementi armati, sono state rilevate delle fondazioni continue, ma recano un'ampiezza lievemente superiore (100/110 cm) rispetto a quella riportata sui disegni di progetto (80 cm). Inoltre rispetto agli elaborati progettuali varia lievemente anche la quota di imposta delle fondazioni, risultata circa a 1,40/1,50 m di profondità. Queste infine risultano da 80 cm (e non i 60 cm dichiarati in denuncia dei c.a.) e il dislivello tra la testa delle fondazioni e il piano di calpestio è stato colmato mediante un muretto in c.a. di circa 60 cm (non riportato sui disegni di progetto).

Durante l'ispezione è inoltre emersa la presenza di una rete fognaria in aderenza alla base della muratura portante perimetrale.

Il secondo saggio è stato eseguito in corrispondenza di un pilastro, le cui fondazioni sono risultate continue e non a plinto come da progetto. Anche in questo caso sono state confermate le quote e la presenza del muretto in c.a.



Primo saggio effettuato in corrispondenza della muratura portante sul lato Est

Si è inoltre provveduto a verificare che gli elementi strutturali a telaio in c.a. fossero effettivamente limitati ai portali del salone e dei due locali attigui, mediante l'ausilio di pacometro. Grazie a questa indagine è emerso che sul lato Ovest del salone è presente una doppia trave in c.a. (sopra e sotto le finestre) di circa 55 cm (50 cm da progetto); la trave sul lato opposto misura invece 80 cm (i disegni di progetto riportano 55 cm), sormontata da muratura fino al solaio soprastante.

Sono state attuate ulteriori indagini su travi e pilastri in c.a., tra cui le prove sclerometriche e pull-out. Si è provveduto quindi ad eseguire dei saggi puntuali su dei pilastri, con successive verifiche sulle barre d'armatura (misurazioni e Vickers con microdurometro), nonché a prelevare dei campioni da sottoporre a prove di laboratorio.

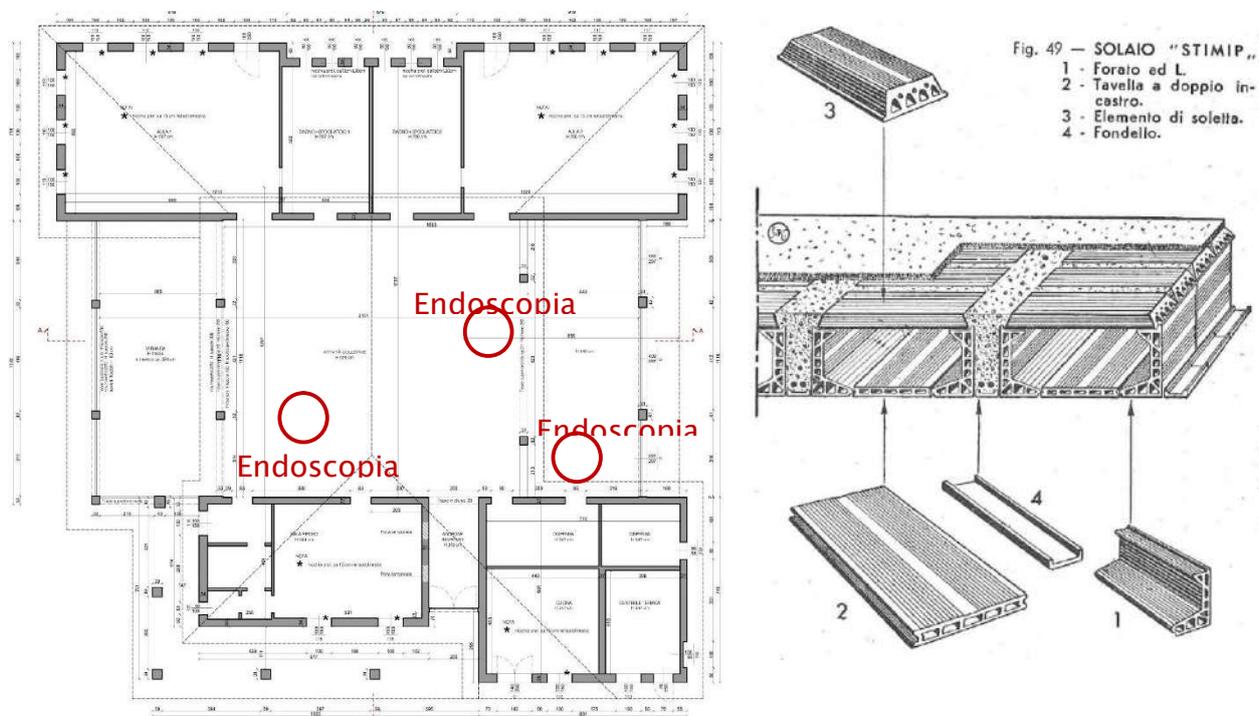
Per maggiori dettagli in merito alla caratterizzazione dei materiali e agli esiti delle prove condotte, si rimanda alle relazioni redatte dalla ditta incaricata della diagnostica (4Emme, campagne del 25-28/07/16 e 05/12/16).



Immagine tratta dalla relazione di 4M, in merito al carotaggio eseguito su un pilastro interno

I solai hanno costituito un ulteriore tema di indagine: non essendo nota l'orditura sono state ricavate immagini termografiche per ciascun locale e gli esiti sono stati quindi rielaborati nella planimetria riportata nella tavola n.03 a corredo del presente progetto. Contestualmente è stata eseguita la battitura manuale dell'intradosso, al fine di evidenziare eventuali possibili rischi di sfondellamento (cfr. relazione della ditta 4M incaricata della diagnostica ed elaborato grafico n. 02 a corredo della presente relazione).

Sono state quindi realizzate alcune endoscopie, al fine di meglio identificare le tecnologie costruttive impiegate: il solaio del vano Est è di circa 20 cm, mentre quello del salone centrale, di circa 43 cm, è del tipo stimip.



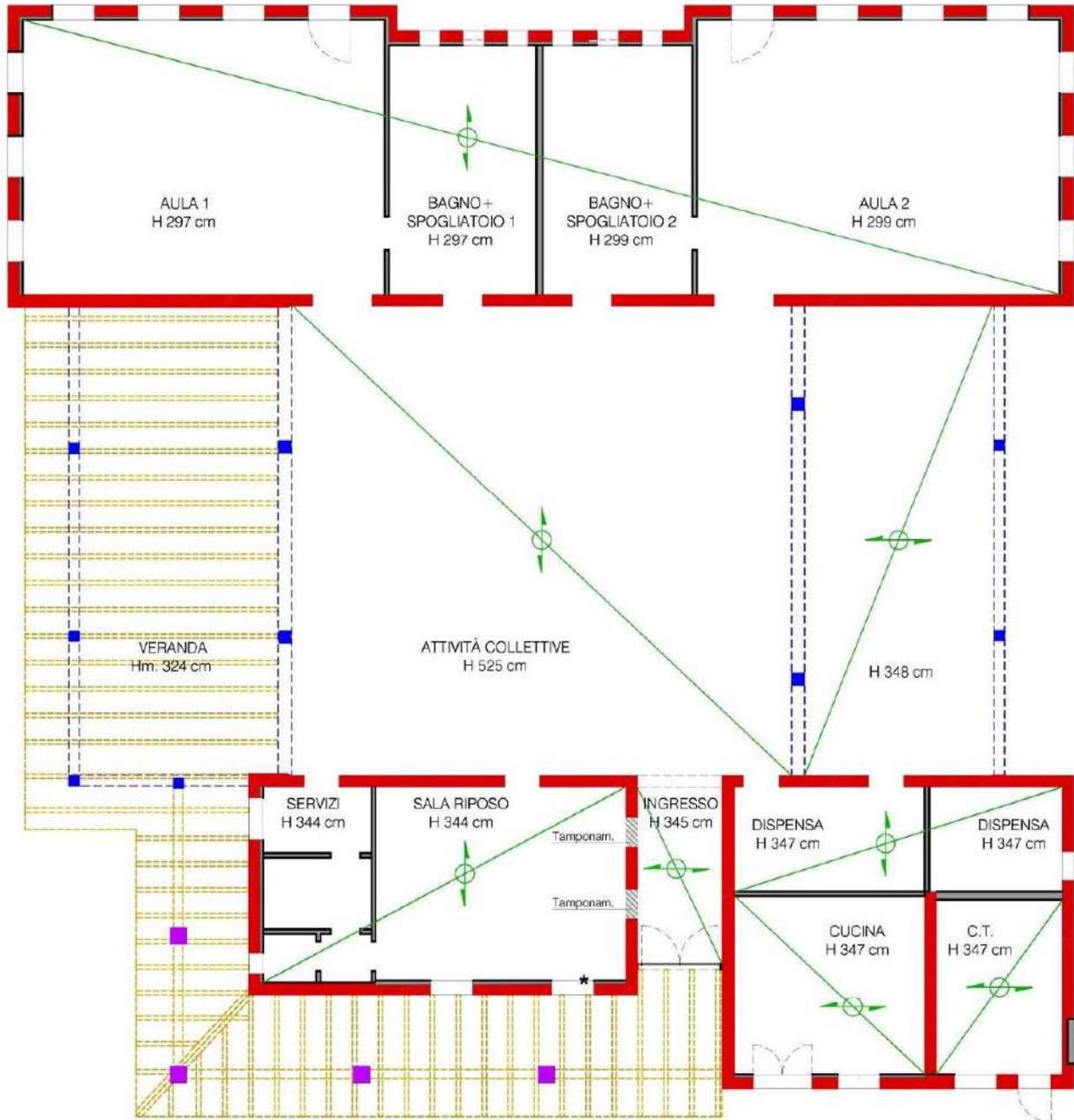
Localizzazione delle endoscopie effettuate e una schematizzazione grafica del solaio tipo stimip

Sono stati infine prelevati dei campioni di mattone semipieno e malta dalla muratura portante, per la caratterizzazione dei relativi materiali (cfr. relazioni della ditta 4M).

Infine, l'analisi del fabbricato è stato completato dell'esame visivo degli elementi strutturali, con particolare riferimento alle murature e le coperture visibili attraverso le piccole aperture poste sul lato Est e prospettanti sul sottotetto. È stata confermata la presenza di coperture a muricci e tavelloni, tranne che per la porzione Sud-Ovest dove non sono visibili i muri a gelosie.



Foto del sottotetto: a sinistra si rileva l'assenza dei muricci, che invece si intravedono nella parte destra della foto



LEGENDA	
	MURATURA PORTANTE
	TAVOLATI IN LATERIZIO (TRAMEZZE/CONTROPARETI)
	PILASTRI E TRAVI IN C.A.
	PILASTRI IN MURATURA
	SOLAI IN LATEROCEMENTO
	COPERTURA IN LEGNO

Schema grafico riepilogativo in merito all'organismo strutturale esistente

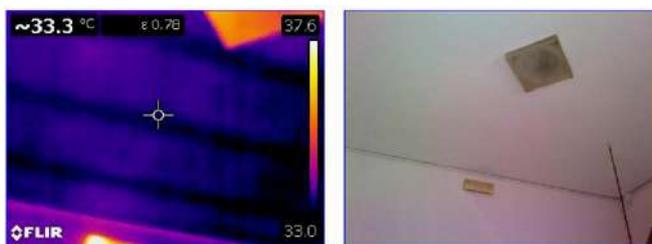
2.4 Criticità riscontrate

Come precedentemente accennato, le indagini e le rilevazioni condotte in situ hanno fornito gli input necessari per elaborare un'analisi dello stato di fatto, con particolare riferimento al comportamento strutturale del manufatto e allo stato di conservazione dei relativi elementi costruttivi.

Non si rilevano particolari carenze o situazioni di emergenza, l'organismo edilizio appare nel suo complesso in buono stato, tuttavia sono state rilevate alcune criticità meritevoli di attenzione, qui di seguito sinteticamente esposte.

I pilastri del salone centrale e sui lati esterni Est ed Ovest dei due vani a questo adiacenti sono stati oggetto di plurimi accertamenti, volti a determinare il relativo stato di conservazione. In particolare è stata elaborata un'ipotesi plausibile in merito all'armatura presente all'interno ed è stata determinata la qualità dei materiali impiegati. Le prove sperimentali di resistenza e di carbonatazione eseguite sui campioni prelevati hanno posto in evidenza una scarsa qualità del materiale (cfr. Rapporto di prova nr. 2538 del 09-09-2016 e Rapporto di prova nr. 2670 del 13-12-2016) e un avanzato stato di degrado del calcestruzzo (carbonatazione fino a 6/7 cm medi di profondità sui 25/30 complessivi della sezione), che ha coinvolto anche le barre d'armatura sottostanti. Quando si è proceduto alla verifica della sezione di queste ultime, infatti, sono risultate di dimensioni inferiori a quelle attese (da progetto), ponendo in evidenza la presenza di fenomeni di degrado.

In occasione dei saggi effettuati in corrispondenza della muratura perimetrale del fronte Est, si è riscontrata la presenza di una rete fognaria a breve distanza dalle fondazioni. È quindi probabile ipotizzare una connessione tra questo fatto e le lesioni rilevate presso le due angolate a Nord-Est (pareti perimetrali in muratura portante dell'aula Est).



Vista intradosso solaio Cucina (TC9)



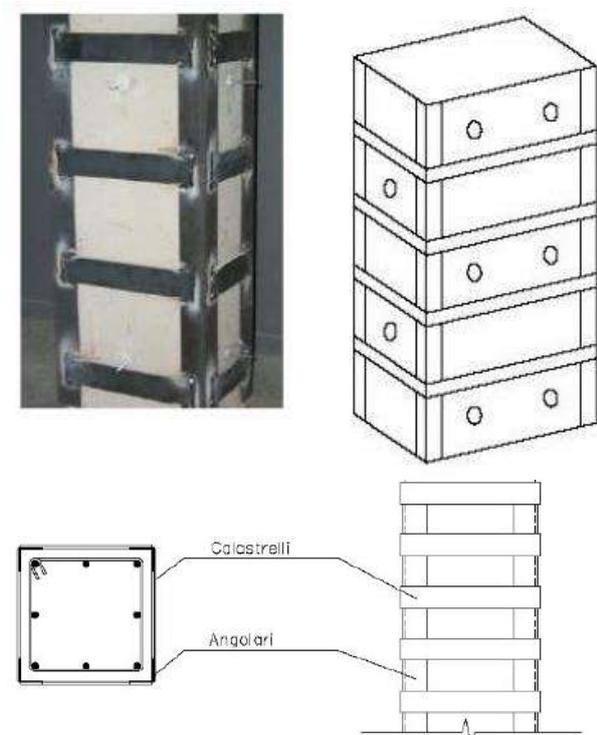
Vista intradosso solaio Cucina (TC10)

Il fenomeno dello sfondellamento delle pignatte dei solai in laterocemento si manifesta con una certa frequenza negli edifici ascrivibili all'epoca di costruzione del manufatto in oggetto (anni '70): pertanto è stata condotta un'indagine speditiva all'intradosso, mediante l'azione combinata di termografie e battitura, al fine di verificare lo stato di adesione e lo stato di conservazione. Ne è stata quindi ricavata una mappatura relativa ai differenti livelli di degrado riscontrato, da cui è emerso che la cucina costituisce il locale dove il fenomeno si manifesta con maggior incisività.

Estratto della relazione della ditta 4M, incaricata dell'esecuzione delle indagini diagnostiche, a cui si rimanda per maggiori dettagli

2.5 Criteri di scelta delle soluzioni progettuali

Per ciascuna delle problematiche riscontrate sono state esaminate delle possibili soluzioni progettuali, vagliando per ciascuna le implicazioni favorevoli e/o sfavorevoli, in relazione ai risultati ottenuti, nonché in termini di funzionalità e fattibilità tecnico-economica.



Schemi di rinforzi di pilastri eseguiti con angolari e calastrelli in acciaio, soluzione

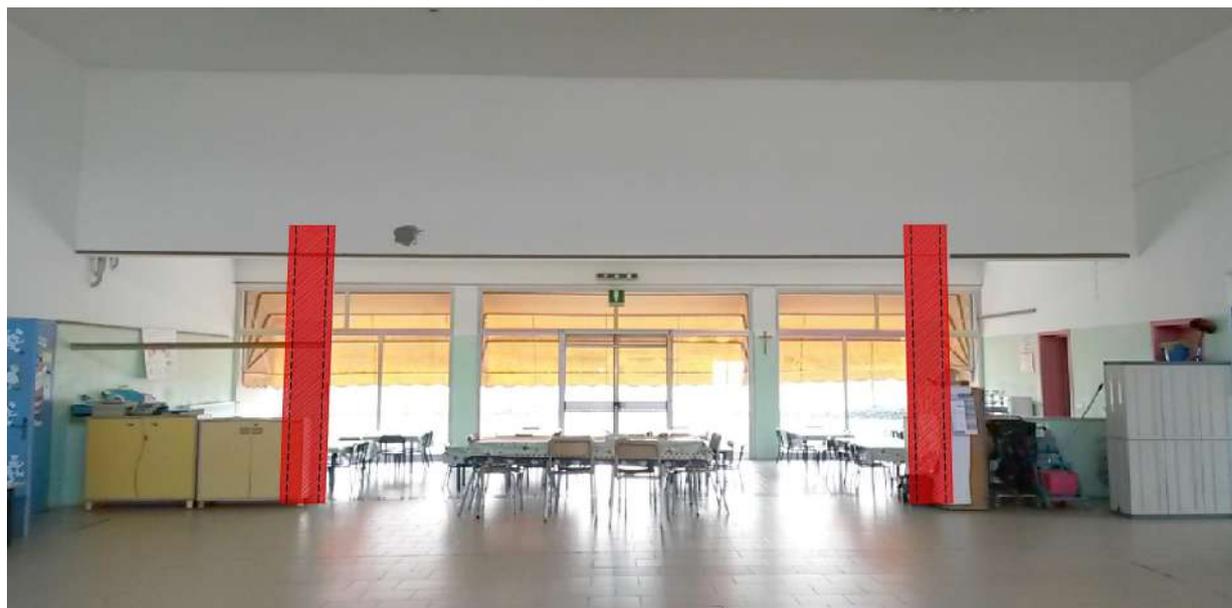


Sulla base delle valutazioni sopra esposte si ritiene necessario procedere ad un intervento di rinforzo dei pilastri esistenti mediante incamiciatura degli stessi, volto a integrarne e migliorarne le capacità di resistenza. Sono state quindi prese in rassegna due differenti modalità esecutive: una prevede l'impiego di profili angolari in acciaio e calastrelli e la seconda l'esecuzione di un'incamiciatura in c.a. con barre d'armatura adeguatamente spinottate nella fondazione esistente.

La prima soluzione consentirebbe di evitare getti in opera e in prima analisi sembrerebbe consentire la minimizzazione degli ingombri dei rinforzi: in realtà, considerata anche la fascia di utenza a cui è destinato l'immobile, si sarebbe comunque reso necessario il rivestimento degli elementi in acciaio aggiunti, comportando così un incremento di spessore. Inoltre l'assemblaggio degli elementi in acciaio costituenti l'incamiciatura sarebbe affidata a saldature in opera e l'incamiciatura avvolgerebbe il pilastro in modo discontinuo. La camicia in c.a. avvolgerebbe invece il pilastro su tutta la sua superficie esterna, massimizzando l'effetto di confinamento prodotto, questione questa giudicata di massima importanza, considerato il problema riscontrato della scarsa qualità del calcestruzzo e delle barre di armatura deteriorate per effetto della progressione del degrado. Inoltre all'interno della camicia in c.a. potrà essere prevista l'armatura necessaria per i carichi statici gravanti sugli elementi costruttivi allo stato di fatto, a complemento di quella esistente.

In basso: esempio di incamiciatura in c.a., soluzione adottata

Inoltre gli spessori delle incamiciature in c.a. sono contenuti, pari a circa 10 cm, e pertanto sono facilmente integrabili nel manufatto ed eventualmente "mimetizzabili" anche mediante l'inserimento di elementi in cartongesso (come ad esempio in corrispondenza delle travi, in modo da uniformare lo spessore del portale). Per tutte le ragioni esposte si è quindi optato per la seconda soluzione, ossia per l'incamiciatura in c.a.



Simulazione grafica a schema delle incamiciature in c.a. sui lati Est ed Ovest del salone centrale

I saggi effettuati in corrispondenza della rete fognaria lungo il lato Est del fabbricato (a ridosso delle fondazioni) hanno posto in evidenza il fatto che la tubazione fosse già parzialmente ostruita, con probabili conseguenti dispersioni all'intorno. Pertanto è necessario provvedere alla sostituzione della rete esistente e alla traslazione della stessa ad una distanza "di sicurezza" dalla muratura perimetrale, pari a circa 3,00/4,00 m. Sarà quindi eseguito lo scavo in sezione ristretta oltre il camminamento che corre attorno all'edificio e ivi sarà posata la nuova tubazione, alla quale saranno allacciati i pluviali esistenti, con relativi pozzetti di ispezione.

Una volta intervenuti sulla probabile causa, le lesioni presenti sulle angolate Nord-Est dell'edificio saranno invece risolte mediante un intervento di cuci-scuci sulla muratura portante, volto a "ricucire" la tessitura muraria.



Immagine relativa al saggio effettuato, ove si distingue la tubazione esistente già parzialmente ostruita

In merito al fenomeno del possibile sfondellamento e dei distacchi dai soffitti, sono state individuate due modalità operative differenti in relazione al livello di "gravità" riscontrato (cfr. "mappatura" in pianta redatta dalla ditta 4M che ha eseguito le indagini e riportata nella propria relazione).

Si prevede quindi la battitura manuale su tutta la superficie dell'intradosso dei solai, al fine di verificare lo stato di adesione dei medesimi. Nel caso di perdite limitate di materiale, si procederà al ripristino dell'intonaco previa la posa in opera di idonea rete in fibra di vetro, al fine di garantire l'adesione del nuovo materiale.

Nei casi in cui si verifichi la caduta di porzioni più consistenti (comprendenti la parte inferiore delle pignatte e l'intradosso dei travetti) si provvederà al trattamento di eventuali barre di armatura scoperte con opportuno prodotto passivante, eventualmente all'integrazione puntuale di queste ove necessario e al ripristino della parte inferiore degli elementi in c.a. con idonea malta a ritiro compensato. Successivamente si colmeranno le lacune delle pignatte con blocchi in polistirolo e alla realizzazione di rappezzi di intonaco conclusivi con rete.



Sulla base dei dati sperimentali raccolti, al soffitto della cucina è stato attribuito un indice di danno superiore, con probabile possibilità di sfondellamento. In ragione di ciò, in questo ambiente si prevede di intervenire mediante l'applicazione di un sistema di controsoffittatura antisfondellamento, ottenuto mediante la posa in opera di lastre accoppiate con l'applicazione di rete in fibra di vetro e fissate ad un'intelaiatura in acciaio zincato, sua volta ancorata ai travetti in c.a.

Le soluzioni progettuali sono state elaborate cercando di minimizzare l'invasività delle stesse ed optando per delle soluzioni che fossero facilmente integrabili con le preesistenze e di facile esecuzione in tempi contenuti, ad esempio compatibili con il periodo di chiusura estiva della scuola, al fine di limitare le interferenze con l'utenza.

L'esecuzione degli interventi comporterà comunque alcuni interventi complementari, quali ad esempio la sostituzione dei serramenti o lo scavo in sezione ristretta in corrispondenza dei pilastri oggetto di incamiciatura per il collegamento di quest'ultima con la fondazione, con il successivo ripristino di massetti e pavimentazione.

I nuovi serramenti installati prevedranno una superficie apribile sufficiente a garantire il soddisfacimento dei rapporti aero-illuminanti e la conservazione della disposizione delle uscite di emergenza.

Considerata la natura delle opere previste, nonché il fatto che interesseranno prevalentemente gli interni e che la configurazione esterna del manufatto non subirà variazioni sostanziali, non si rilevano particolari implicazioni dal punto di vista paesistico-ambientale.

3. Relazione tecnica

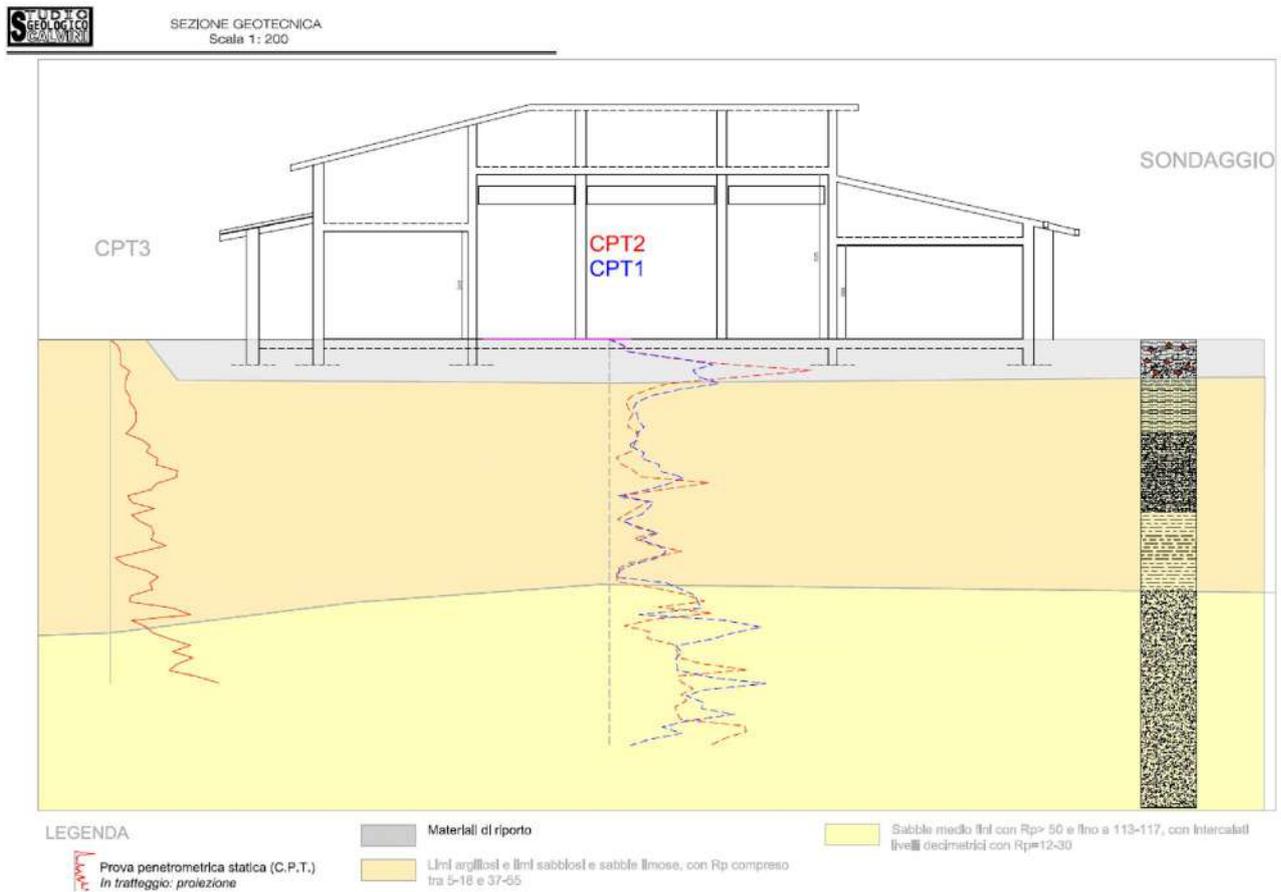
3.1 Indagini preliminari specialistiche

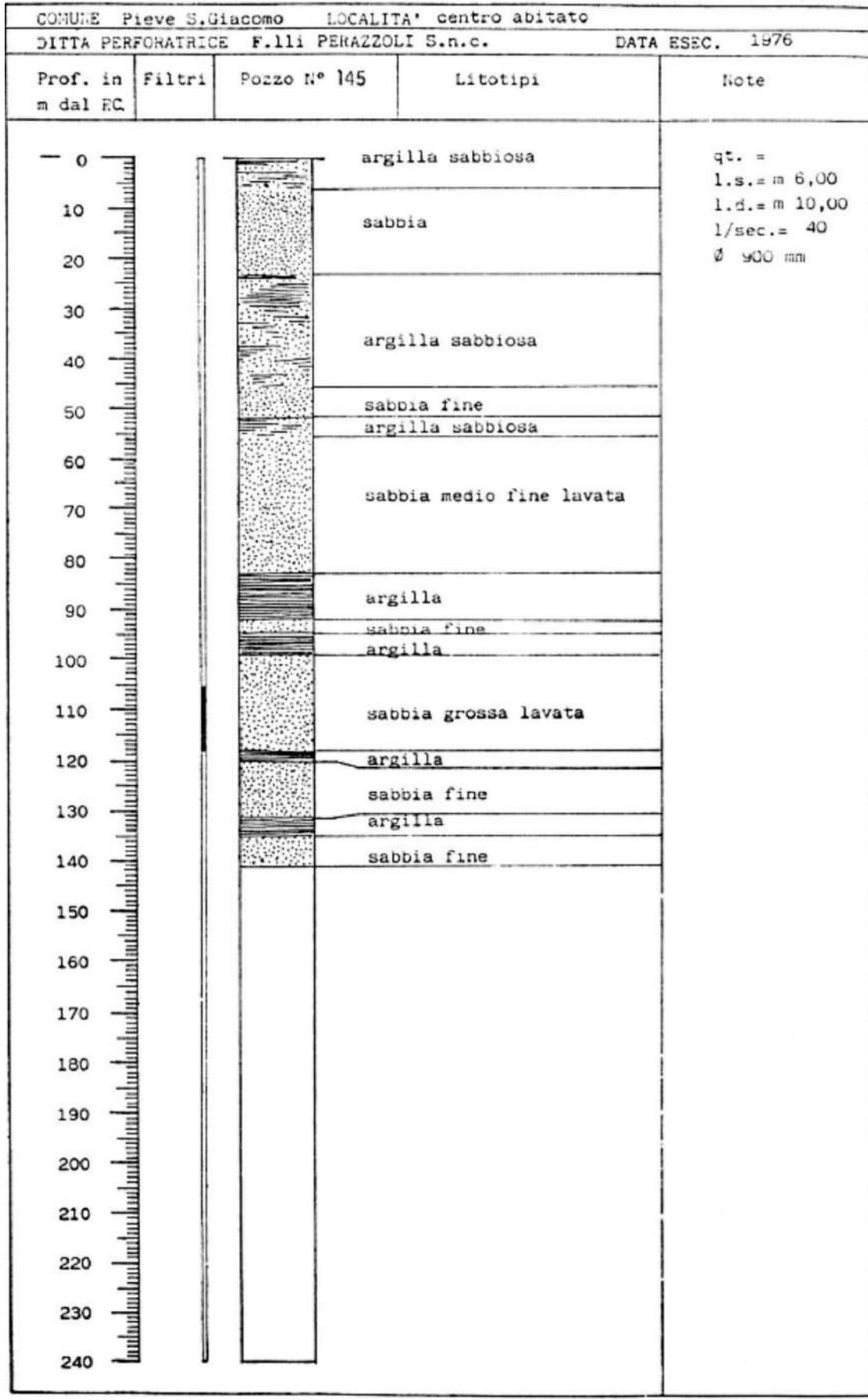
Si riportano qui di seguito sinteticamente i principali dati desunti dalle indagini condotte *in situ*, corredati da alcuni stralci delle relazioni specialistiche ove sono riportati.

Indagini geologiche-geotecniche

- Categoria di sottosuolo C
- Profondità della falda freatica: circa 3,30/4,00 m dal piano campagna (q.ta giardino)
- Non sussistono potenziali rischi di liquefazione
- Composizione del terreno: cfr. CPT e sondaggio geognostico

Di seguito alcuni estratti della relazione geologica a firma del Dott. Geol. Damiano Scalvini, in merito alla composizione del terreno su cui insiste l'immobile oggetto di intervento.





Estratti della relazione geologica a firma del Dott. Geol. Damiano Scalvini

Indagini su pilastri in c.a.

- Carotaggi eseguiti per la caratterizzazione del calcestruzzo dei pilastri

Carota	Elemento	Lunghezza cm	Esposizione Note	Immagini
C1	Pilastro esterno atrio lato SX Piano terra	16,5	Prelievo effettuato orizzontalmente Carbonatazione min 70 mm max 85 mm	
C2	Pilastro esterno atrio lato DX Piano terra	16,5	Prelievo effettuato orizzontalmente Carbonatazione min 70 mm max 75 mm	
C3	Pilastro esterno portico lato SX Piano terra	13,5	Prelievo effettuato orizzontalmente Carbonatazione min 60 mm max 70 mm	

Carotaggi eseguiti in occasione della prima campagna di indagini eseguita a luglio 2016 (tratta dalla relativa relazione della ditta 4M)

Carota	Elemento	Lunghezza cm	Esposizione Note	Immagini
C1	Pilastro interno atrio Piano terra	17,5	Prelievo effettuato orizzontalmente Carbonatazione min 55 mm max 65 mm	

Carotaggi eseguiti in occasione della seconda campagna di indagini eseguita a dicembre 2016 (tratta dalla relativa relazione della ditta 4M)

- Rapporto di prova a compressione eseguita sui campioni prelevati

Rapporto di prova nr. 2538 del 09-09-2016 per determinazione resistenza a compressione cilindrica calcestruzzo (campione 1: pilastro P1 esterno; campione 2: Pilastro P2 esterno; campione 3: Pilastro P3 esterno; campione 4: Pilastro P2 esterno) → campione 1: 10,4 MPa; campione 2: 10,2 MPa; campione 3: 10,1 MPa

Rapporto di prova nr. 2670 del 13-12-2016 per determinazione resistenza a compressione cilindrica calcestruzzo (campione 1: pilastro interno) → campione 1: 9,3 MPa

Indagine speditiva sui solai (termografie e battitura)

Mappatura in pianta dei livelli di degrado riscontrati con particolare riferimento al rischio di sfondellamento (relazione della ditta 4 M relativa alla campagna di indagini condotta il 25-28/07/2016)

Legenda	
■	Liv. 1 - zona a rischio di sfondellamento
■	Liv. 2 - zona scadente
■	Liv. 3 - zona mediocre
□	Liv. 4 - zona integra
■	Copertura in legno



3.2 Interventi di rinforzo statico

Incamicatura dei pilastri in c.a.

Le indagini e gli accertamenti effettuati *in situ* hanno fornito i dati necessari per ricostruire la struttura dell'organismo edilizio e conseguentemente l'orditura dei solai e i carichi gravanti sugli elementi verticali, con particolare riferimento ai pilastri in c.a. del salone centrale e dei due locali adiacenti. Considerato l'andamento dei solai, infatti, è possibile affermare che i carichi gravanti sui pilastri siano piuttosto contenuti, limitati ad una quota di competenza della copertura.

La geometria degli elementi e la relativa armatura, rapportata alle modalità di calcolo vigenti al momento della realizzazione della struttura, risultano quindi idonee in relazione agli sforzi a cui sono sottoposti.

Le prove sperimentali di laboratorio ed *in situ* hanno tuttavia posto in evidenza l'inadeguatezza dei materiali impiegati, anche in ragione dei fenomeni di degrado che li hanno interessati. In particolare sulla base degli esiti delle prove effettuate sui provini cilindrici prelevati, è possibile affermare che la carbonatazione ha interessato il calcestruzzo fino ad una profondità di circa 6/7 cm medi, coinvolgendo anche le barre di armatura. Il tipo di calcestruzzo impiegato reca dei valori di resistenza cilindrica alla compressione pari a 10 N/mm² medi.

Sulla base di questi presupposti i pilastri saranno dunque interessati da un intervento locale di rinforzo, ai sensi del paragrafo 8.4.3 delle NTC/2008 (*«In generale, gli interventi di questo tipo riguarderanno singole parti e/o elementi della struttura e interesseranno porzioni limitate della costruzione. Il progetto e la valutazione della sicurezza potranno essere riferiti alle sole parti e/o elementi interessati e documentare che, rispetto alla configurazione precedente al danno, al degrado o alla variante, non siano prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle parti e della struttura nel suo insieme e che gli interventi comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.»*) e del paragrafo C8.4.3 della Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 (*«Rientrano in questa tipologia tutti gli interventi di riparazione, rafforzamento o sostituzione di singoli elementi strutturali (travi, architravi, porzioni di solaio, pilastri, pannelli murari) o parti di essi, non adeguati alla funzione strutturale che debbono svolgere, a condizione che l'intervento non cambi significativamente il comportamento globale della struttura, soprattutto ai fini della resistenza alle azioni sismiche, a causa di una variazione non trascurabile di rigidità o di peso»*).

Al fine migliorare le capacità di resistenza alla compressione degli elementi dal punto di vista statico e al contempo ovviare alle problematiche connesse alla scarsa qualità del calcestruzzo, si è quindi optato per la realizzazione di una camicia in c.a., aumentando così la sezione resistente dei pilastri e applicando un confinamento agli stessi.

La camicia (con relativa armatura integrativa) si svilupperà dalla fondazione esistente (alla quale dovrà essere adeguatamente spinottata) fino alla trave (in c.a.) alla sommità (nel caso dei pilastri del salone fino alla prima trave sotto le aperture).

La camicia recherà uno spessore contenuto, pari al massimo a 8 cm e sarà realizzata in malta a ritiro compensato con idoneo aggregato, dosato in conformità alle quantità previste dalla scheda tecnica del prodotto impiegato, recante una resistenza a compressione minima di 40Mpa. Le barre di armatura saranno in acciaio almeno di tipo B450C e dovranno recare copriferro minimo in relazione alla classe di esposizione dell'elemento costruttivo, ossia XC1 per i pilastri interni e XC2 per quelli esterni (UNI EN 206-1:2006).

L'armatura è stata dimensionata ai sensi delle NTC/2008 (cfr. allegata Relazione di calcolo).

La realizzazione della camicia in c.a. dovrà essere preceduta dalla preparazione del supporto: i pilastri dovranno essere messi a nudo da eventuali rivestimenti in tavelle laterizio o altro materiale, saranno sottoposti a battitura manuale al fine di verificare l'assenza di eventuali porzioni in fase di distacco. In caso contrario queste ultime saranno rimosse e sarà applicato idoneo prodotto passivante su eventuali barre di armatura scoperte. La superficie esterna dei pilastri dovrà inoltre essere trattata fino a divenire scabra, per favorire l'adesione del nuovo materiale

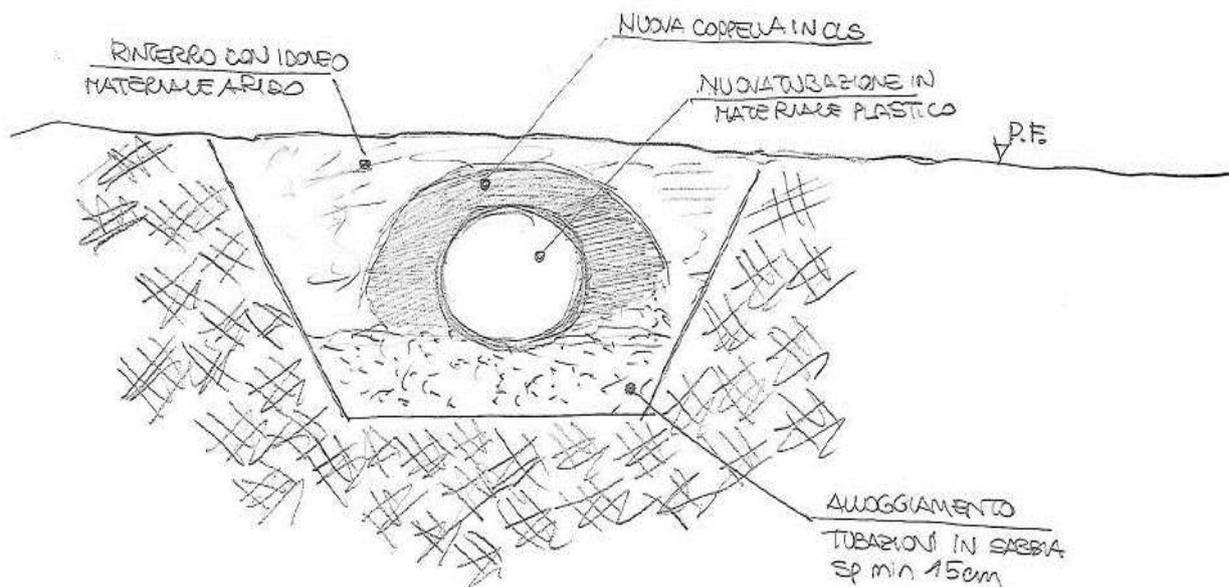
applicato. Si procederà quindi con la posa in opera delle gabbie di armatura (compresa la "spinottatura" nella fondazione esistente), alla casseratura e infine al getto in opera.

Traslazione della rete fognaria esistente e riparazione locale della muratura con cuci-scuci

A ridosso delle fondazioni della muratura portante del lato Est dell'edificio è stata riscontrata la presenza di una rete fognaria, risalente all'epoca di costruzione del manufatto, realizzata in elementi in cemento immaschiati gli uni agli altri e priva di pozzetti di ispezione. Inoltre dal saggio effettuato si è potuto constatare come questa si presenti già parzialmente occlusa, con concreto rischio di riversamenti all'immediato intorno.

La soluzione tecnicamente ed economicamente più vantaggiosa prevede pertanto la realizzazione di un nuovo tratto di rete fognaria, a distanza di circa 3-4 m dal fabbricato, al di fuori del camminamento perimetrale che corre attorno ad esso. Una volta realizzata la nuova linea, si provvederà quindi a immettervi le altre reti presenti a Nord e a Sud dell'edificio, nonché i pluviali posti sul lato Est, prevedendo idonei pozzetti di ispezione in corrispondenza dei punti di intercetto.

Contestualmente si provvederà alla riparazione della muratura delle angolate Nord-Est, mediante la tecnica cuci-scuci: si procederà alla rimozione della porzione coinvolta dalla lesione e al successivo ripristino della stessa con innesto nel paramento "a pettine" (cfr. elaborato grafico 02). La ricucitura della tessitura muraria dovrà essere effettuata nel rispetto della tessitura muraria a due teste, impiegando elementi in laterizio doppio UNI con percentuale di foratura inferiore o uguale al 45% e malta minimo di tipo M5.



Schema illustrativo in merito alla realizzazione della nuova rete fognaria

Interventi anti-sfondellamento dei solai

Sulla base della "mappatura" dello stato di conservazione dei solai redatta dalla ditta 4EMME, si prevede di intervenire sugli stessi mediante differenti modalità calibrate in base al livello di danno riscontrato.

Dopo l'accurata battitura della superficie (per verificare lo stato di adesione dell'intradosso dei solai), in alcuni punti si provvederà alla re-intonacatura previa applicazione di idonea rete in fibra di vetro, mentre in altri ove il distacco si è manifestato in maniera più estesa e cospicua, si provvederà alla stesura di prodotto passivante su eventuali barre di armatura scoperte, alla reintegrazione dei travetti con idonea malta a ritiro compensato, alla posa di elementi compensativi in polistirolo in corrispondenza delle porzioni di pignatte mancanti, con conclusiva re-intonacatura con rete.

Presso la cucina, ove il pericolo di sfondellamento si è manifestato con maggiore intensità e diffusione, sarà posato un sistema di controsoffittatura antisfondellamento. Questa prevede l'installazione di un'intelaiatura in profili sagomati in acciaio zincato ancorati ai travetti esistenti mediante viti autofilettanti, e il fissaggio a questi ultimi di lastre in gesso fibrorinforzato mediante viti autoforanti. Le lastre saranno quindi armate mediante accoppiamento solidale con rete a doppia orditura in fibra di vetro e il fissaggio alle pareti perimetrali sarà garantito mediante guide U28x30x0,5 mm in acciaio zincato. La finitura sarà eseguita con garza adesiva, due mani di stucco lungo i bordi delle lastre ed un cordolo di silicone lungo il perimetro, per rendere le superfici pronte per le opere di tinteggiatura.

Qui di seguito si riporta uno schema rappresentativo della soluzione antisfondellamento prospettata per la cucina.

