

ALMA MATER STUDIORUM UNIVERSITA' DI BOLOGNA
SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

Corso di laurea magistrale in
INGEGNERIA DEI PROCESSI E DEI SISTEMI EDILIZI

**INDAGINI DIAGNOSTICHE SUL PATRIMONIO
ESISTENTE.**

**CASO STUDIO: PALAZZINA UFFICI DELL'EX
FABBRICA ORSI – MANGELLI A FORLI'**

Tesi di laurea in
Laboratorio di requisiti e regolamentazione M C.I.

Relatore

Prof. Ernesto Antonini

Presentata da

Francesca Argnani

Correlatrice

Prof.ssa Camilla Colla

III Sessione

Anno Accademico 2018/2019

INDAGINI DIAGNOSTICHE SUL PATRIMONIO ESISTENTE. CASO STUDIO: PALAZZINA UFFICI DELL'EX FABBRICA ORSI – MANGELLI A FORLI'

PREMESSA	1
1. LO SFRUTTAMENTO DEL SUOLO	7
1.1. Il suolo: una risorsa fondamentale per l'uomo	7
1.2. Uso, copertura e consumo di suolo	11
1.2.1. Le stime di consumo di suolo a livello nazionale	13
1.3. Le proposte di legge nazionali sul contenimento del consumo del suolo e riuso del suolo edificato	14
1.4. Il riuso edilizio	16
1.4.1. Il riuso edilizio nella storia: dibattito e processo formativo	18
1.4.2. Scenari contemporanei del riuso edilizio	19
1.4.3. Con quali tecniche intervenire? Cosa demolire? Cosa valorizzare? Conviene recuperare?	20
2. INDAGINI DIAGNOSTICHE SUL PATRIMONIO ESISTENTE	23
2.1. Linee Guida per i beni culturali	25
2.1.1. Conoscenza del manufatto	26
2.2. Indagini diagnostiche per strutture in muratura	29
2.2.1. Prove non distruttive	29
2.2.1.1. Termografia	31
2.2.1.2. Prove soniche	39
2.2.1.3. Magnetometria	43
2.2.1.4. Prova sclerometria	46
2.2.1.5. Prova penetrometrica	52
2.2.1.6. Endoscopie	53
2.2.1.7. GPR	54
2.2.2. Prove debolmente distruttive	59
2.2.2.1. Martinetti piatti	59
2.2.2.2. Carotaggi	65
2.2.2.3. Prova a scorrimento del giunto di malta	66

3. CASO STUDIO: LA PALAZZINA UFFICI DELL'EX FABBRICA ORSI-MANGELLI	69
3.1. L'importanza della famiglia Orsi Mangelli a Forlì	70
3.2. Nascita e sviluppo della fabbrica Orsi Mangelli	71
3.3. L'ex palazzina uffici	78
3.3.1. Caratteristiche dell'immobile	78
3.3.2. Richiesta di verifica dell'interesse culturale dell'immobile	81
4. RILIEVO DEL CASO STUDIO	83
4.1. Rilievo geometrico	83
4.2. Rilievo del quadro fessurativo	93
4.3. Intonaco esterno	123
5. CAMPAGNA DI INDAGINI NON DISTRUTTIVE IN SITU	135
5.1. Indagini termografiche a infrarossi	135
5.2. Prove Radar	158
5.3. Prove Sclerometriche	169
6. CONFRONTI TRA ESITI DI PROVE NON DISRUTTIVE E PRECEDENTI INDAGINI INVASIVE E SEMI-INVASIVE	177
CONCLUSIONI	187
BIBLIOGRAFIA E FONTI UTILIZZATE	193
RINGRAZIAMENTI	195
ALLEGATO A	197
ALLEGATO B	263

PREMESSA

L'occupazione e l'impermeabilizzazione dei suoli sono state fino a poco tempo fa considerati uno degli "indicatori" dello sviluppo economico delle nostre società. Nel loro eccedere hanno però causato gravi effetti ambientali, ad esempio sulla produzione alimentare, sulle risorse idriche, sul clima e sulla tutela della natura. Questi effetti, a loro volta, danno il via a conseguenze sociali ed economiche durature (Commissione Europea, 2013). I suoli espletano infatti un'ampia gamma di funzioni vitali: innanzitutto, sono le basi per i terreni agricoli e le zone boschive, e dunque per la produzione alimentare, tessile e di legname; poi, ad esempio, filtrano l'acqua, riducono la frequenza e il rischio di alluvioni e siccità, sostengono la biodiversità e contribuiscono alla regolazione del clima locale e globale. Se l'occupazione e l'impermeabilizzazione del suolo continuassero di questo passo, in futuro non avremmo terreni a sufficienza per soddisfare le nostre esigenze, oltre ai gravi squilibri ambientali a livello globale a cui andremmo incontro e che, di fatto, si stanno già palesando, come ad esempio l'innalzamento delle temperature.

Attualmente il riscaldamento prodotto dalle attività umane ha già raggiunto il livello di circa +1°C rispetto al periodo pre-industriale. Nel decennio 2006-2015 la temperatura è cresciuta di 0,87°C ($\pm 0,12^\circ\text{C}$) rispetto al periodo pre-industriale (1850-1900). Se questo andamento di crescita della temperatura dovesse continuare immutato nei prossimi anni, il riscaldamento globale prodotto dall'uomo raggiungerebbe 1,5°C intorno al 2040. Stiamo già assistendo agli impatti negativi dei cambiamenti climatici, con temperature più elevate soprattutto sulle zone terrestri del pianeta, un riscaldamento che è raddoppiato/triplicato nell'Artico, un innalzamento del livello del mare e un aumento di eventi estremi (ondate di calore, precipitazioni intense e periodi di siccità) in alcune zone del pianeta (IPCC, 2018).

L'occupazione dei suoli è in particolare il risultato della crescita delle città e dell'espansione delle aree urbane (sprawl urbano). I dati raccolti negli ultimi anni dimostrano che i tassi di occupazione e impermeabilizzazione dei suoli sono in crescita in tutta Europa. In Italia nell'ultimo anno le nuove coperture artificiali hanno riguardato altri 54 km² di territorio, ovvero, in media, circa 15 ettari al giorno. Una velocità di conversione di suolo naturale in suolo antropizzato di poco meno di 2 m² di suolo che, nell'ultimo periodo, sono stati irreversibilmente persi ogni secondo (ISPRA, 288/2018).

Non è più possibile quindi pensare di espandere gli insediamenti in aree libere, per non sottrarre altro suolo agli usi agricoli e naturalistici, per non perturbare ulteriormente gli equilibri ambientali e per non rendere ingestibile la mobilità. Un consistente contenimento del consumo di suolo è la premessa per garantire una

ripresa sostenibile dei nostri territori attraverso la promozione del capitale naturale e del paesaggio, l'edilizia di qualità, la riqualificazione e la rigenerazione urbana, oltre al riuso delle aree contaminate o dismesse.

Le continue trasformazioni del tessuto fisico e sociale del contesto urbano aprono una riflessione sulla questione del riuso come condizione di opportunità, ma anche come necessità per uno sviluppo consapevole e sostenibile della città. Le attuali condizioni di crisi ambientale ed economica, inoltre, inducono a ripensare lo sviluppo urbano orientando il progetto contemporaneo verso strategie di riuso e riciclo, riproponendo e reinterpretando una pratica già sperimentata nell'antichità.

Le nuove urbanizzazioni delle nostre città si sviluppano parallelamente alla produzione continua di scarti urbani, i cosiddetti vuoti dell'abbandono o del residuo, generando degrado urbano e situazioni indefinite (Pellegrini, 2018). In un simile contesto, quindi, risulta fondamentale reinterpretare queste risorse inutilizzate come materiale disponibile da utilizzare per gli scenari futuri, più sostenibili, più creativi e più concreti. Dalla fabbrica dismessa, alla discarica abbandonata, dal giardino di un condominio di periferia, alla palazzina cadente, da un campo di calcio inutilizzato alla dimora storica da ristrutturare.

Sempre pensando al concetto di riuso nel campo dell'edilizia si può parlare di economia "circolare" in due modi: sia come riuso degli spazi/volumi esistenti e non più utilizzati/sottoutilizzati, sia come riuso dei materiali. Il recupero dell'ingente patrimonio costruito in abbandono rappresenta quindi un'opportunità per ridurre il consumo di risorse e l'immissione di rifiuti nell'ambiente, oltre a prolungare la vita utile dei materiali, così come il riutilizzo del materiale da demolizione, opportunamente selezionato, può ridurre il consumo di materie prime (Scolaro, 2017).

Nello specifico di quest'ultimo punto, da alcuni decenni, le strategie di gestione dei rifiuti sono state caratterizzate dal progressivo passaggio da un approccio lineare a un approccio circolare. L'approccio lineare tradizionale è basato sulla diretta consequenzialità di estrazione di materie prime, fabbricazione di prodotti, utilizzo, produzione di rifiuti e smaltimento. L'approccio circolare, invece, è volto al recupero di materie prime secondarie ed energia dai prodotti del catabolismo urbano. In particolare, attualmente l'attenzione viene posta non tanto sulle "fixed stocks", materie prime ancora immobili nella matrice naturale, quanto piuttosto sulle "anthropogenic stocks", vere e proprie scorte antropogeniche di risorse sotto forma di residui da attività antropiche, immagazzinate nel corso degli anni nel tessuto urbano (urban mining) (Baccini e Brunner, 2012).

Tornando nel merito del riuso dell'edificio è da rilevare che purtroppo l'Italia dispone di un patrimonio edilizio piuttosto datato. Il patrimonio edilizio esistente sul territorio

nazionale è costituito per oltre il 30% da edifici realizzati prima del 1945 (il 18,3% è stato costruito prima del 1919 e l'11,8% tra il 1919 e il 1945, per un totale pari al 30,1% dell'intero stock edilizio, corrispondente a 11.740.083 unità), proporzione che si dimostra del tutto simile a livello europeo (Cresme, 2012).

Operare su queste tipologie di fabbricati pone in essere numerose problematiche, tra cui:

- a) tutti gli edifici vecchi proprio per la loro "anzianità", oltre a presentare le classiche patologie come lesioni strutturali, ammaloramenti, problemi di infiltrazioni e umidità, distacchi di intonaco e impiantistica inefficiente o non funzionante, non riescono più a rispettare i requisiti di legge attuali in tema energetico, sicurezza (antisismica, antincendio, antiallagamento, protezione da rischio idro-geologico), paesaggistico-ambientale e spesso anche di fruibilità (barriere architettoniche), acustici, ecc, perché oggi i requisiti prescritti dalle norme cogenti sono molto più severi rispetto a quelli dell'epoca della loro costruzione;
- b) la scarsa manutenzione degli edifici, spesso accentuata dalla loro obsolescenza dal punto di vista funzionale, porta ad un peggioramento della situazione dello stesso, non riuscendo più a garantire i livelli di prestazione iniziali, già di per sé inadeguati rispetto a quelli attuali;

Queste situazioni interessano quasi tutto lo stock datato del patrimonio edilizio esistente, ma si presentano in maniera ancora più critica nel caso in cui ci si trovi di fronte ad edifici di elevato valore/pregio culturale, e perciò vincolati dalla legge, fatto abbastanza ricorrente in un paese come l'Italia dotato di un grandissimo patrimonio edilizio di interesse artistico e culturale. Gli edifici che consideriamo "storici", ai fini della tutela, sono della consistenza di circa 30 milioni di vani, realizzati in oltre 3.000 anni di storia e che costituiscono l'identità stessa della civiltà italiana, da considerare un "bene unico e irripetibile" da ri-vitalizzare, ri-funzionalizzare e ri-attrezzare (CNAPPC,2012). In vari casi questi vincoli hanno limitato gli interventi di manutenzione a causa dei maggiori costi, difficoltà tecniche, ostacoli procedurali / burocratici, ecc.

In tali contesti, la sostenibilità dei processi edilizi e delle soluzioni tecnologiche adottabili, obiettivo ormai consolidato per le nuove costruzioni, impone nell'ambito degli interventi di restauro e riqualificazione del patrimonio edilizio esistente, una più approfondita riflessione derivante dalla maggiore complessità data dalle variabili in gioco e presuppone, per essere affrontata, una positiva convergenza di più operatori a diversi livelli.

Per preservare tale patrimonio è necessario dunque, intervenire tempestivamente per due motivi:

- a) affinché non peggiorino ulteriormente le loro condizioni e
- b) per ottimizzare gli interventi, rendendoli più efficaci e meno costosi.

Conoscere in modo preciso e dettagliato l'edificio esistente e determinarne accuratamente le prestazioni residue ancora utilizzabili è quindi un passaggio fondamentale. La diagnostica è la disciplina che si occupa di raccogliere ed interpretare dati sull'edificio esistente, per determinarne le caratteristiche ancora presenti e quindi le prestazioni: su questa base si progetterà quindi la riqualificazione/adeguamento, con lo scopo di fornire le prestazioni mancanti. Tali operazioni saranno funzione degli obiettivi preposti ed andranno ad interessare tutto o in parte l'edificio, a seconda della tipologia dell'intervento previsto.

Un aspetto particolarmente delicato riguarda l'analisi delle prestazioni residue strutturali, ed è questo specifico ambito che la Tesi approfondisce.

L'elaborazione di un progetto e/o di un intervento sul costruito diventa ancor più impegnativo e complesso quando l'edificio esprime nella sua essenza valenze storiche, architettoniche e culturali riconosciute. L'obiettivo della conservazione, in questi casi, assume un'importanza fondamentale in quanto dovrà farsi carico della responsabilità di mantenere l'identità dell'opera nel tempo.

Per tali ragioni, l'intervento di conservazione non viene più valutato come semplice mezzo di "trasformazione progettuale", fine a se stessa, bensì come atto rivolto a reinserire l'opera nel reale processo di fruizione consapevole, d'uso e manutenzione. Ne deriva una particolare attenzione nei confronti della materia di cui l'opera è costituita e che la caratterizza. Pertanto un manufatto architettonico, in quanto materia, costituisce l'aspetto principale delle indagini preliminari (strumentali e non) i cui obiettivi sono molteplici e puntano sia alla conoscenza delle sue origini e l'evoluzione nel tempo, quanto a quella fisica. Con ciò, ci si rende conto della imprescindibile necessità e del ruolo che la diagnostica potrà assumere nell'ambito del processo conoscitivo di un manufatto nella sua unicità.

La diagnosi dello stato di conservazione degli edifici si propone di ottenere una profonda conoscenza dei materiali e delle strutture. Alle informazioni qualitative ricavabili attraverso le semplici ispezioni visive e le diverse tipologie di rilievi (geometrici, del quadro fessurativo e del degrado superficiale) è necessario affiancare i dati quantitativi relativi alle caratteristiche fisico-chimiche dei materiali e a quelle meccaniche degli elementi strutturali.

Pertanto risulta essere di fondamentale importanza la predisposizione di campagne di indagine conoscitive volte alla determinazione dei parametri caratteristici degli

elementi portanti dell'edificio. Infatti solo per mezzo dei risultati ottenuti da esse è possibile definire interventi idonei alla salvaguardia del patrimonio edilizio.

Oggi sono disponibili un gran numero di tecniche, metodiche e strumenti per la diagnostica del comportamento strutturale degli edifici: la tesi ha prodotto un repertorio delle tecniche più diffuse, descrivendo in dettaglio ciascuna di esse.

Infine, è stato selezionato un caso studio, la palazzina uffici dell'ex fabbrica di seta Orsi-Mangelli, situata a Forlì in Piazzale del Lavoro n.35, un edificio a ponte costruito nel 1926 subito ampliato ai due lati ed oggetto di un sostanziale intervento di ristrutturazione alla fine degli anni '80.

Diventato recentemente di proprietà del Comune di Forlì che lo vuole destinare a sede della propria Polizia Municipale locale; si rende pertanto necessaria una modesta redistribuzione degli spazi interni per adattarli alle esigenze della nuova utenza e, stante la "strategicità" della nuova destinazione d'uso, sono indispensabili interventi di adeguamento /miglioramento sismico per portare l'edificio alla classe d'uso IV "costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della Protezione Civile in caso di calamità" (punto 2.4.2 "Classi d'uso" del DM 17/01/2018 dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni). Si tratta inoltre di un immobile dichiarato di interesse culturale, quindi sottoposto al regime vincolistico (Dlgs 42/2004).

Per tale edificio in questo lavoro di Tesi verranno:

- individuate le prestazioni strutturali che l'edificio deve fornire per essere adeguato al nuovo uso a cui dovrà essere destinato (uffici "strategici");
- individuate le principali possibili criticità che l'edificio presenta rispetto a questo obiettivo e gli elementi costruttivi più direttamente interessati;
- progettata una campagna diagnostica per determinare le prestazioni di queste parti critiche;
- ipotizzati alcuni interventi di adeguamento.

1. CONTENIMENTO DEL CONSUMO DEL SUOLO E RIUSO DEL SUOLO EDIFICATO

1.1. IL SUOLO: UNA RISORSA FONDAMENTALE PER L'UOMO

Il suolo è una risorsa fondamentale per l'uomo. È lo strato superiore della crosta terrestre costituito da componenti minerali, materia organica, acqua, aria e organismi viventi. Rappresenta l'interfaccia tra terra, aria e acqua e ospita gran parte della biosfera. Visti i tempi estremamente lunghi di formazione del suolo, si può ritenere che esso sia una risorsa sostanzialmente non rinnovabile. Per sua natura al centro di un sistema di relazioni tra uomo e cicli naturali che assicurano il sostentamento della vita, è non solo riserva di biodiversità, ma anche base per la produzione agricola e zootecnica, per lo sviluppo urbano e degli insediamenti produttivi, per la mobilità di merci e persone, per il benessere ed il godimento dei valori estetici. Tuttavia è ormai noto che, soprattutto a causa delle attività antropiche e di scelte di uso poco sostenibili, il consumo di suolo avanza e continua a generare la perdita irreversibile di preziose risorse ambientali e funzioni ecosistemiche, influenzando negativamente sull'equilibrio del territorio, sui fenomeni di dissesto, erosione e contaminazione, sui processi di desertificazione, sulle dinamiche di trasformazione e sulla bellezza del paesaggio. Ciò porta ad una elevata sottrazione della biodiversità e della produttività e compromette la disponibilità di risorse fondamentali per lo stesso sviluppo della nostra società.

Negli ultimi anni stanno crescendo le iniziative volte alla riduzione del consumo di suolo, tuttavia continua anche l'espansione delle aree artificiali, spesso caratterizzate da processi di sprawl e di diffusione urbana, con una evidente frammentazione del paesaggio che spinge i processi di consumo dei suoli agricoli e naturali. Ogni giorno il nostro territorio viene silenziosamente occupato da nuovi quartieri residenziali, ville isolate, seconde case, alberghi, capannoni industriali, magazzini, centri direzionali e commerciali, spazi espositivi, strade, autostrade, parcheggi, serre, cave, discariche, ecc., continuando a trasformare la "campagna" in "città", e la città per come la conosciamo in Italia in un continuum di antropizzazione diffusa e indistinta.

Il nostro paese ha quindi un livello di consumo di suolo tra i più alti in Europa, nonostante le peculiarità del territorio italiano dovute alle caratteristiche orografiche e ambientali, che dovrebbero (o avrebbero dovuto) evitare l'espansione urbana in zone ad elevata fragilità ambientale e territoriale. I dati della nuova cartografia SNPA (*Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente*) mostrano infatti come, a livello nazionale, la copertura artificiale del suolo sia passata dal 2,7% stimato per gli anni '50 al 7,65% (7,75% al netto della superficie dei corpi idrici permanenti) del 2017, con un incremento di 4,95 punti percentuali e una crescita percentuale di più del 180% (e

con un ulteriore 0,23% di incremento nel 2017). L'Italia, superando la media in Europa del consumo di suolo stimata al 4,2%, si colloca al sesto posto dopo la Germania (7,4%) e altri paesi con limitata estensione territoriale come Lussemburgo (9,8%), Belgio (11,4%), Paesi Bassi (12,1%) e Malta (23,7%) (vedi Figura 1) (ISPRA 2018).

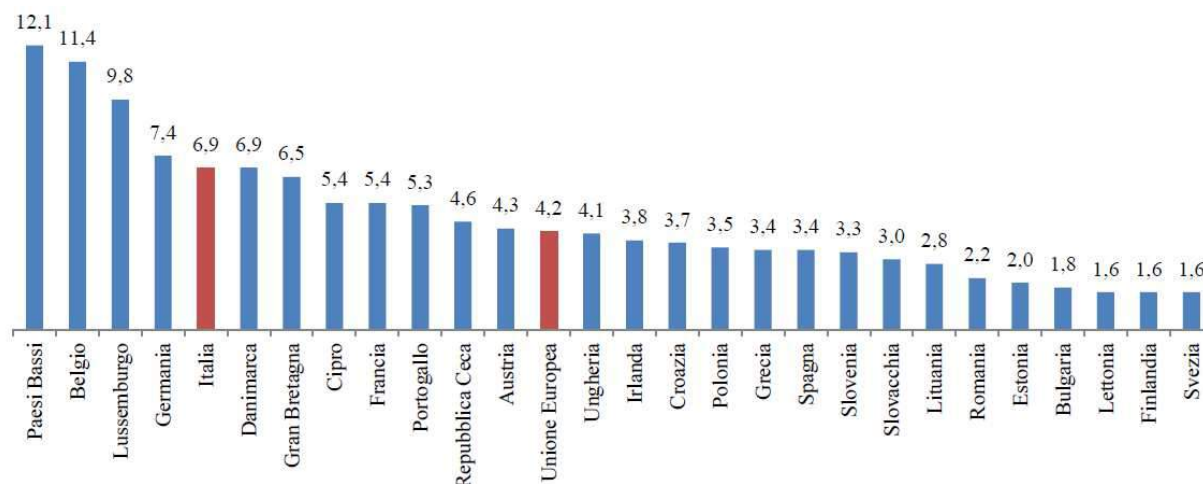


Figura 1.1: Consumo di suolo nei principali Paesi europei (% 2015) (Eurostat, 2017)

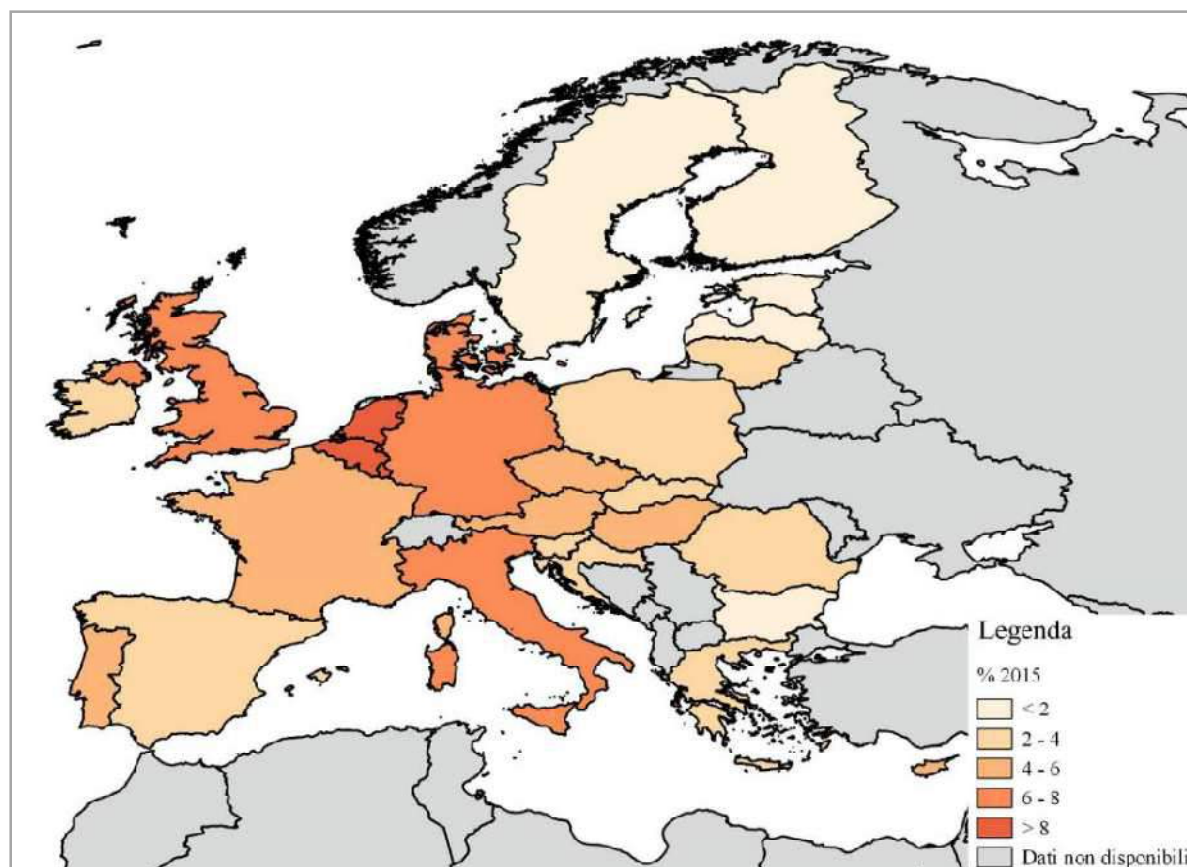


Figura 1.2: Consumo di suolo nei Paesi Europei (% 2015) (Eurostat, 2017)

Altra criticità per l'Italia che emerge dai dati dell'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA) è la rapida crescita della superficie impermeabilizzata che nel periodo 2009-2012 è cresciuta dello 0,049%, un dato significativo considerando che il nostro Paese si colloca al terzo posto con un valore maggiore rispetto a paesi come Spagna (0,031%), Portogallo (0,020%), Germania (0,011%) e Francia (0,006%; EEA, 2017). Questo dato è particolarmente critico ed i recenti fatti accaduti lo dimostrano, soprattutto alla luce della “tropicalizzazione” del clima con frequentissimi ed eccezionali piogge torrenziali (ISPRA, 2018).

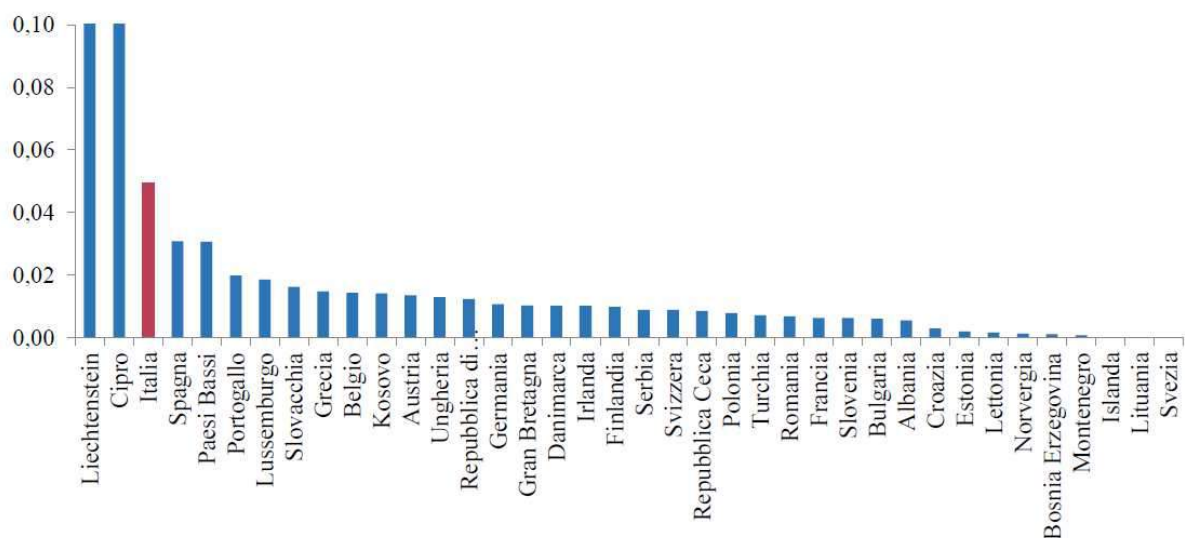


Figura 1.3: Incremento medio annuo dell'impermeabilizzazione del suolo (% 2009-2012) in relazione alla superficie territoriale di ogni Paese. (EEA, 2017)

La limitazione del consumo del suolo è quindi, unitamente alla messa in sicurezza del territorio, una direzione strategica per l'Italia: la ripresa dello sviluppo del paese non può procedere senza proteggere il territorio dalla minaccia del dissesto idrogeologico e della desertificazione, senza protezione per gli usi agricoli e, soprattutto, senza tutela e valorizzazione delle risorse territoriali e culturali, che costituiscono il cuore della qualità ambientale indispensabile per il nostro benessere e per mantenere la bellezza di un paesaggio noto in tutto il mondo. Questo non è in contrapposizione con la auspicata ripresa del settore edilizio, al contrario si pone come il motore per la edilizia di qualità, efficiente nei consumi energetici e nell'uso delle risorse ambientali (incluso il suolo), favorendo la necessaria riqualificazione e rigenerazione urbana, oltre al riuso delle aree contaminate o dismesse, riducendo il consumo di nuovo suolo.

E' noto che i fenomeni di espansione delle città determinano effetti ambientali e sociali la cui rilevanza in termini di qualità ambientale, di integrità del paesaggio e di consumo di risorse naturali dipende fortemente dalla modalità e dalle forme con la quale si realizza la trasformazione e si distribuisce sul territorio. Processi di

diffusione, dispersione urbana e di frammentazione iniziati negli anni '90 sono ancora in atto, lo confermano i dati contenuti nell'ultimo Rapporto ISPRA sul consumo di suolo nazionale, i quali mostrano ancora in atto questa criticità nelle zone periurbane e urbane a bassa densità, in cui si rileva un continuo e significativo incremento delle superfici artificiali, con un aumento della densità del costruito a scapito delle aree agricole e naturali, la crescita di zone di margine con insediamenti dispersi intorno ai centri che annulla i limiti tra territorio urbano e rurale, la frammentazione del paesaggio e la mancanza di identità dei nuclei urbanizzati sparsi e senza coesione. Il consumo di suolo con le sue conseguenze, in attesa di interventi normativi efficaci, non si ferma. Il rallentamento progressivo dovuto alla crisi economica è sicuramente non sufficiente e, almeno in alcune zone del Paese, sembra essersi fermato o aver invertito la tendenza, confermando la mancanza del disaccoppiamento tra la crescita economica e la trasformazione del suolo naturale in assenza di interventi strutturali e di un quadro di indirizzo omogeneo a livello nazionale.

Il quadro conoscitivo sul consumo di suolo nel nostro Paese è disponibile grazie ai dati aggiornati al 2017 da parte del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) il quale ha stimato un consumo di suolo netto, ovvero la differenza tra il nuovo consumo di suolo e le aree che sono state ripristinate nello stesso periodo, di circa 52 km² (Tab.1).

Tabella 1.1: Stima del consumo di suolo a livello nazionale, in percentuale sulla superficie territoriale e in chilometri quadrati. (ISPRA su cartografia SNPA, 2018)

	2016	2017	Diff. 2016-2017
Consumo di suolo (% sul territorio nazionale)	7,63	7,65	
Consumo di suolo (% sul territorio nazionale, esclusi i corpi idrici)	7,73	7,75	
Consumo di suolo (km²)	23.010,4	23.062,5	
Consumo di suolo netto (km²)			52,1

Gli insediamenti urbani, inoltre, mostrano vulnerabilità anche intrinseche in quanto strutturati su sistemi artificiali non resilienti, spesso scarsamente dotati di autonoma capacità di risposta, che possono anche amplificare i rischi per la salute associati agli aumenti di temperatura o agli eventi meteorologici estremi. Nelle aree urbane l'alta concentrazione di persone ed edifici in una zona relativamente piccola fa sì che anche un evento relativamente contenuto nel tempo e nello spazio (pioggia intensa, ondata di calore, etc.) o la presenza di fattori di rischio (maggiore tossicità dell'inquinamento atmosferico, aumento quantità di pollini e/o di insetti potenziali vettori di malattie infettive come le zanzare, danni diretti ad infrastrutture e beni) possano influenzare un gran numero di persone.

Per tutte queste ragioni, bisogna rivolgere l'attenzione a valutazioni non solo del "quanto" si consuma, ma anche del "come" e del "perché" e definire misure efficaci per la limitazione del consumo di suolo e per frenare la distruzione del paesaggio, sia per dare maggiore solidità alle misure volte ad assicurare la sostenibilità delle trasformazioni dell'uso del suolo, verso forme urbane più compatte e semidense, con il riuso di aree dismesse o già urbanizzate.

1.2. USO, COPERTURA E CONSUMO DI SUOLO

Il consumo di suolo è un fenomeno associato alla perdita di una risorsa ambientale fondamentale, dovuta all'occupazione di superficie originariamente agricola, naturale o semi-naturale; consiste quindi in una variazione da una copertura non artificiale (suolo non consumato) a una copertura artificiale del suolo (suolo consumato).

Per copertura del suolo (*Land Cover*) si intende la copertura biofisica della superficie terrestre, comprese le superfici artificiali, le zone agricole, i boschi e le foreste, le aree seminaturali, le zone umide, i corpi idrici, come definita dalla direttiva 2007/2/CE.

L'impermeabilizzazione del suolo, ovvero la copertura permanente di parte del terreno e del relativo suolo con materiali artificiali (quali asfalto o calcestruzzo) per la costruzione, ad esempio, di edifici e strade, costituisce la forma più evidente e più diffusa di copertura artificiale. In genere una parte dell'area di insediamento è davvero impermeabilizzata, poiché giardini, parchi urbani e altri spazi verdi non devono essere considerati (Commissione Europea, 2013). Altre forme di copertura artificiale del suolo vanno dalla perdita totale della "risorsa suolo" attraverso la rimozione per escavazione (comprese le attività estrattive a cielo aperto), alla perdita parziale, più o meno rimediabile, della funzionalità della risorsa a causa di fenomeni quali la compattazione (es. aree non asfaltate adibite a parcheggio).

La rappresentazione più tipica del consumo di suolo è, quindi, data dalla progressiva espansione delle aree urbanizzate e quindi dal crescente insieme di aree coperte da edifici, capannoni, strade, aree estrattive, discariche, cantieri, cortili, piazzali e altre aree pavimentate o in terra battuta, serre e altre coperture permanenti, aeroporti e porti, aree e campi sportivi impermeabili, ferrovie ed altre infrastrutture, pannelli fotovoltaici e tutte le altre aree impermeabilizzate, non necessariamente urbane. Tutto ciò comporta una forte accelerazione del processo di impermeabilizzazione del suolo, comunemente chiamato cementificazione. Il fenomeno comprende, tuttavia, anche la costruzione di insediamenti sparsi in zone rurali, la diffusione di manufatti, opere e coperture presenti in aree agricole e naturali, oltre l'area tradizionale di insediamento urbano.

Il consumo di suolo netto è valutato attraverso il bilancio tra il consumo di suolo e l'aumento di superfici agricole, naturali e seminaturali dovuti a interventi di recupero, demolizione, de-impermeabilizzazione, rinaturalizzazione o altro. Tuttavia, i processi di rigenerazione dei suoli sono rari, complessi e richiedono notevoli apporti di energia e tempi lunghi per ripristinare le condizioni intrinseche del suolo prima della sua impermeabilizzazione.



Figura 1.4: Esempio di consumo di suolo agricolo: l'area di EXPO 2015 a Milano negli anni 2001 (in alto) e 2014 (in basso) (ISPRA, 2018)

L'impermeabilizzazione rappresenta la principale causa di degrado del suolo in Europa (ISPRA 2015), in quanto comporta un rischio accresciuto di inondazioni, contribuisce al riscaldamento globale, minaccia la biodiversità, suscita particolare preoccupazione allorché vengono ad essere ricoperti terreni agricoli fertili e aree naturali e seminaturali, contribuisce insieme alla diffusione urbana alla progressiva e sistematica distruzione del paesaggio, soprattutto rurale. È probabilmente l'uso più impattante che si può fare della risorsa suolo poiché ne determina la perdita totale o una compromissione della sua funzionalità tale da limitare/inibire anche il suo insostituibile ruolo nel ciclo degli elementi nutritivi.

Le funzioni produttive dei suoli sono, pertanto, inevitabilmente perse, così come la loro possibilità di assorbire CO₂, di fornire supporto e sostentamento per la componente biotica dell'ecosistema, di garantire la biodiversità o la fruizione sociale.

Nelle aree urbane il clima diventa più caldo e secco a causa della minore traspirazione vegetale ed evaporazione e delle più ampie superfici con un alto coefficiente di rifrazione del calore. Soprattutto in climi aridi come quello mediterraneo, la perdita di copertura vegetale e la diminuzione dell'evapotraspirazione, in sinergia con il calore prodotto dal condizionamento dell'aria e dal traffico e con l'assorbimento di energia solare da parte di superfici scure in asfalto o calcestruzzo, contribuiscono ai cambiamenti climatici locali,

causando l'effetto "isola di calore". L'impermeabilizzazione deve essere, per tali ragioni, intesa come un costo ambientale, risultato di una diffusione indiscriminata delle tipologie artificiali di uso del suolo che porta al degrado delle funzioni ecosistemiche e all'alterazione dell'equilibrio ecologico.

Un suolo compromesso dall'espansione delle superfici artificiali e impermeabilizzato, con una ridotta vegetazione e con presenza di superfici compattate non è più in grado di trattenere una buona parte delle acque di precipitazione atmosferica e di contribuire, pertanto, a regolare il deflusso superficiale. Il dilavamento dei suoli e delle superfici artificiali da parte delle acque di scorrimento superficiale determina anche un incremento del carico solido e del contenuto in sostanze inquinanti, provocando un forte impatto sulla qualità delle acque superficiali e sulla vita acquatica.

1.2.1. Le stime del consumo di suolo a livello nazionale

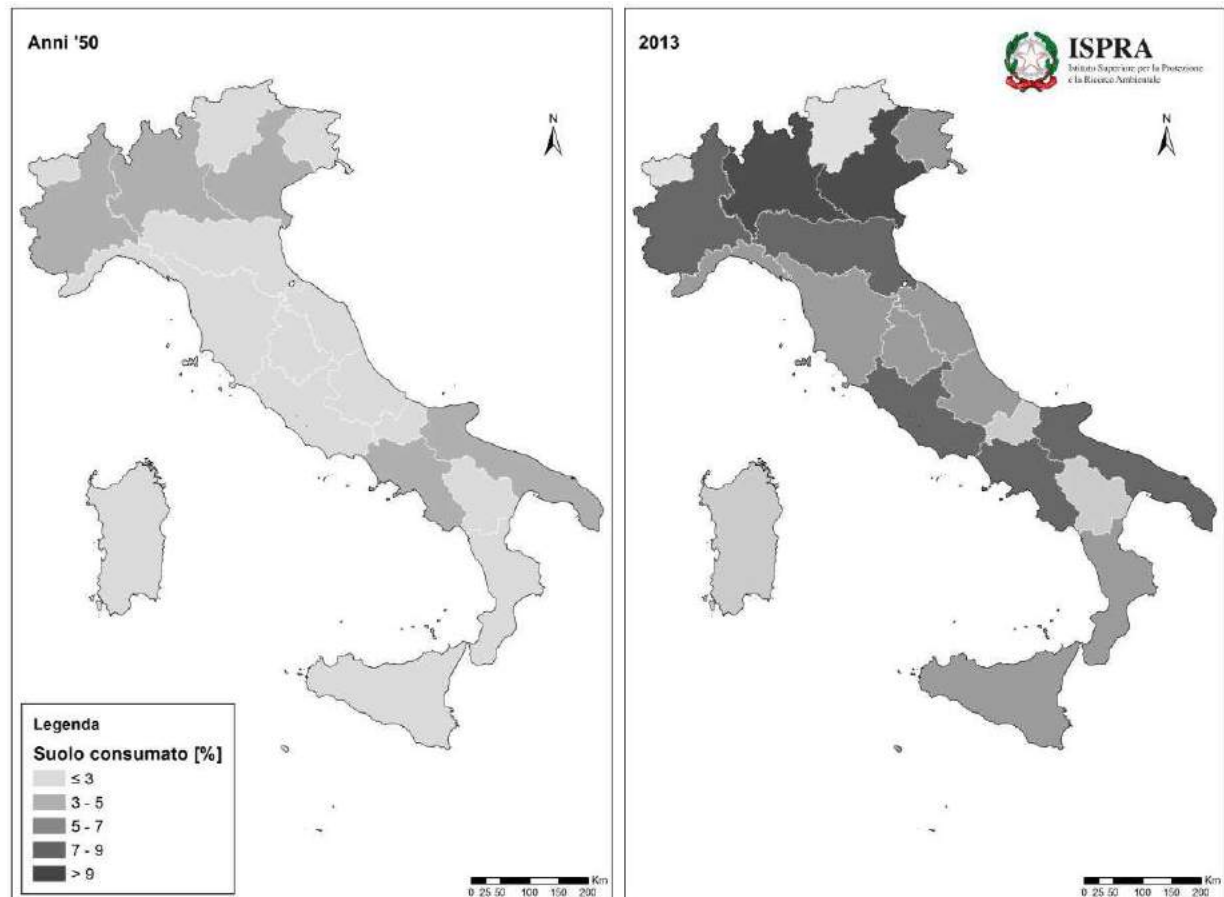
Il quadro conoscitivo sul consumo di suolo nel nostro Paese è disponibile grazie ai dati aggiornati della rete di monitoraggio del consumo di suolo, a cura di ISPRA con la collaborazione delle Agenzie per la Protezione dell'Ambiente delle Regioni e delle Province autonome.

Il consumo di suolo in Italia continua a crescere in modo significativo, pur segnando un rallentamento negli ultimi anni: tra il 2008 e il 2013 il fenomeno ha riguardato mediamente 55 ettari al giorno, con una velocità compresa tra i 6 e i 7 metri quadrati di territorio. Nel 2017 il consumo di suolo continua a crescere e nell'ultimo anno le nuove coperture artificiali hanno riguardato altri 54 chilometri quadrati di territorio, ovvero, in media, circa 15 ettari al giorno. Una velocità di trasformazione di poco meno di 2 metri quadrati di suolo che, nell'ultimo periodo, sono stati irreversibilmente persi ogni secondo. Un consumo di suolo che continua a coprire, quindi, ininterrottamente, notte e giorno, aree naturali e agricole con asfalto e cemento, edifici e capannoni, servizi e strade, a causa di nuove infrastrutture, di insediamenti commerciali, produttivi e di servizio e dell'espansione di aree urbane, spesso a bassa densità.

Tra i principali driver dei processi di urbanizzazione e delle trasformazioni insediative, oltre alle dinamiche economiche e finanziarie, certamente ci sono le dinamiche demografiche, che rappresentano l'andamento di crescita/decrecita della popolazione e la trasformazione della struttura della società e delle sue esigenze. In passato la dinamica demografica era positivamente (e stabilmente) correlata con l'urbanizzazione ed era utilizzata, perciò, per descrivere gli stadi di sviluppo dei sistemi urbani. Negli ultimi decenni, al contrario, il legame tra demografia e processi di urbanizzazione non è più univoco e le città sono cresciute anche in presenza di stabilizzazione, in alcuni casi di decrescita, della popolazione residente. Di

conseguenza analizzare in confronto gli andamenti demografici con quelli dell'urbanizzazione diventa ancora più importante per poter identificare di volta in volta quali siano i driver principali del fenomeno nei diversi contesti ed agire, in essi, con misure adeguate (ISPRA, 2018).

Figura 1.5: Stima del suolo consumato a livello regionale negli anni '50 e nel 2013 (ISPRA 2015)



1.3. LE PROPOSTE DI LEGGE NAZIONALI SUL CONTENIMENTO DEL CONSUMO DEL SUOLO E RIUSO DEL SUOLO EDIFICATO

Nel nostro Paese la legislazione vigente relativa alla cosiddetta “difesa del suolo” (D.lgs. 152/06) è incentrata sulla protezione del territorio dai fenomeni di dissesto geologico-idraulico più che sulla conservazione della risorsa suolo.

Nello stesso tempo, tuttavia, si assiste a una crescente consapevolezza dell'importanza ambientale dei suoli e del territorio, della necessità di contrastarne il progressivo degrado, assicurando il ripristino delle funzioni ecosistemiche che esso garantisce. Negli ultimi anni sono state predisposte e avanzate numerose proposte per la gestione sostenibile e la salvaguardia dei suoli italiani, tra cui molte finalizzate al contenimento del consumo di suolo, tutelando le aree agricole e naturali e incentivando il riuso e la rigenerazione di aree già urbanizzate.

La prima proposta di legge per la limitazione del consumo di suolo risale al 2012 quando l'allora Ministro delle politiche agricole alimentari e forestali presentò il Rapporto "Costruire il futuro: difendere l'agricoltura dalla cementificazione" e il disegno di legge "valorizzazione delle aree agricole e di contenimento del consumo di suolo", non approvato a causa della fine anticipata della Legislatura.

Un nuovo disegno di legge di iniziativa governativa fu presentato nel 2014 e, dopo oltre due anni di discussione, approvato alla Camera il 12 maggio 2016. Forti critiche arrivarono, tuttavia, al testo finale che, a detta di molti, risultava poco efficace e non in grado di assicurare un reale contenimento del consumo di suolo a causa delle numerose deroghe previste, della complessa procedura di definizione dei limiti e del fatto che non erano stabilite le percentuali di riduzione da raggiungere nel corso degli anni fino al 2050. Inoltre, rimanevano probabilmente inascoltate molte aspettative legate alle esigenze di rilancio dell'attività edilizia verso una strategia di riqualificazione dell'esistente, così come quelle di rigenerazione di tessuti urbani finalizzata al miglioramento della qualità della vita dei cittadini, al miglioramento dell'ambiente e del paesaggio urbano e suburbano, al recupero di funzioni ecosistemiche e all'adattamento ai cambiamenti climatici.

Anche sulla base dei dati contenuti negli ultimi rapporti ISPRA e delle considerazioni legate ai riconosciuti limiti della legge, le Commissioni riunite Territorio e Ambiente e Agricoltura del Senato, tra il 2016 e il 2017, a seguito di un approfondito ciclo di audizioni, arrivavano alla revisione significativa di alcuni articoli del testo di legge e all'introduzione di importanti elementi innovativi in grado di rendere più efficace la norma, con particolare riferimento al sistema delle definizioni, adeguate a quelle comunitarie e internazionali, all'individuazione, all'attuazione e al monitoraggio dei limiti progressivi al consumo di suolo, al riuso e alla rigenerazione urbana, alla tutela delle aree verdi in ambito urbano. In particolare, il testo prevedeva una riduzione progressiva del consumo di suolo almeno pari al 15% ogni tre anni. Ma, anche in questo caso, la fine della legislatura non consentiva di arrivare all'approvazione finale.

All'inizio di questa legislatura sono state presentate alcune proposte di legge che, in parte, riprendono e aggiornano il testo precedente mentre, nel caso dell'AC 63 "Disposizioni per il contenimento del consumo di suolo e per il riuso dei suoli edificati", si riferiscono a una proposta d'iniziativa popolare presentata dal Forum Salviamo il Paesaggio all'inizio di quest'anno, che si prefigge di arrestare da subito il consumo di suolo tutelando i suoli liberi, compresi quelli all'interno delle aree già urbanizzate, e riutilizzando il patrimonio edilizio esistente.

Manca ancora oggi, quindi, nel nostro Paese, una legge fondamentale per la tutela dell'ambiente, del territorio e del paesaggio italiano, indispensabile anche per

assicurare un futuro adeguato ai cittadini di oggi e di domani, in un'ottica di sviluppo sostenibile dell'uso del suolo e di aumento della resilienza delle aree urbane di fronte a vecchie e nuove sfide, dovute sia alla nota fragilità del nostro territorio, sia alla necessità di adattamento ai cambiamenti climatici in atto.

Una valutazione degli scenari di trasformazione del territorio italiano, in termini di nuovo consumo di suolo, porta infatti a stimare, nel caso della progressiva riduzione della velocità di trasformazione prevista dal disegno di legge discusso in Senato, arrivando a un incremento dell'occupazione netta di terreno pari a zero entro il 2050, in 818 km² di nuovo suolo perso tra il 2017 e il 2050. Se invece dovesse essere mantenuta la velocità registrata nel corso dell'ultimo anno, velocità peraltro piuttosto bassa a causa della crisi economica, perderemmo ulteriori 1.672 km². Si arriverebbe invece a 7.064 km² e 8.073 km² nel caso in cui la ripresa economica portasse di nuovo la velocità del consumo di suolo a valori medi o massimi registrati negli ultimi decenni (ISPRA, 2018).

1.4. IL RIUSO EDILIZIO

Limitare l'impermeabilizzazione del suolo significa impedire la conversione di aree verdi e la conseguente copertura artificiale del loro strato superficiale o di parte di esso. Andrebbero, perciò, promosse le attività di riutilizzo di aree già costruite, compresi i siti industriali dismessi. Questo vuol dire che occorre investire sul patrimonio edilizio esistente, incentivare il riuso dei suoli già compromessi e la rigenerazione urbana, assicurare un monitoraggio delle aree urbane già esistenti e non utilizzate, tutelare tutte le aree non edificate e non impermeabilizzate, anche in ambito urbano, e non solo le aree agricole.

Nell'ambito delle attività di recupero del patrimonio edilizio, il riuso ha lo scopo di prolungare il ciclo di vita degli edifici attraverso la loro continuità d'uso. Il progetto di riuso edilizio interviene per contrastare l'obsolescenza dell'edificio o lo stato di abbandono determinato dalla dismissione della funzione, ma anche per riqualificare socialmente aree degradate.

Le aree interessate sono sia quelle marginali, sia quelle del centro storico. Nelle zone periferiche si tratta principalmente di edifici industriali dismessi: in questo caso, il riuso edilizio rappresenta uno strumento per rimettere a disposizione della città luoghi che nascevano, per la loro originaria funzione, separati e confinati da essa. Questa tipologia di patrimonio edilizio presenta delle caratteristiche fondamentali quali una struttura puntuale e la conformazione di ampi spazi, che la rendono molto flessibile nell'ottica di eventuali e diverse alternative progettuali.

Nei centri storici il riuso edilizio attraverso il recupero dell'edilizia residenziale esistente risulta più complicato poiché gode di una scarsa flessibilità: i limiti strutturali dovuti all'accessibilità, l'immodificabilità di alcune sue parti, la poca rispondenza ad alcune mutevoli esigenze della società contemporanea, lo rendono maggiormente statico. Può anche essere un valido strumento per porre rimedio al marcato fenomeno dello spopolamento dei centri storici da parte dei cittadini e delle istituzioni che ha interessato l'Italia nel passato in seguito all'aumento della popolazione, alle mutate esigenze collettive, sociali, economiche e culturali, nonché alle modificazioni intervenute nelle modalità di utilizzo degli spazi abitativi e lavorativi, spostando l'attenzione sugli ambiti periferici (Istat, 2013).

Si nota in linea generale un atteggiamento di totale disinteresse rispetto ad edifici (storici e non) spesso fatiscenti o mai completati; completati e mai utilizzati o più frequentemente in disuso, abbandonati e bersaglio facile per i vandali. Nonostante ciò crescono a dismisura nuovi complessi residenziali, strutture sportive o industriali: nuovi edifici spuntano come funghi da un giorno all'altro, senza mai considerare che un edificio da restaurare o rifunzionalizzare possa essere decisamente più vantaggioso. Su base annua, a settembre 2018 l'indice della produzione nelle costruzioni aumenta del 2,7% (Istat, 2018).

In un'ottica di sostenibilità, o più semplicemente da un punto di vista etico, il recupero degli edifici è uno degli approcci più convenienti e logici, eppure ogni giorno siamo testimoni di quanto patrimonio storico sia abbandonato o non adeguatamente sfruttato nelle città e nei paesi in cui viviamo. La pratica del riuso, difatti, permette di risparmiare risorse, rivitalizza spazi abbandonati o degradati, crea nuove aggregazioni sociali e arricchisce la città offrendo nuovi servizi e funzionalità. Le continue trasformazioni del tessuto fisico e sociale del contesto urbano aprono una riflessione sulla questione del riuso come condizione di opportunità ma anche come necessità per uno sviluppo consapevole e sostenibile della città note le attuali condizioni di crisi ambientale ed economica.

Se chiare appaiono le ragioni di una città che si trasforma e si sviluppa su se stessa e della centralità dei processi di riuso e di riciclo della città esistente di cui necessita, meno evidenti sono invece le condizioni di convenienza economica in grado di attivare processi di una simile natura. Il discorso convenienza non deve essere inteso come convenienza economica nell'immediato, cioè il confronto tra il costo di costruzione di un edificio ex novo e quello di ripristinare un edificio dismesso, in disuso, ma bisogna intenderlo in un discorso più ampio, quello dello sviluppo sostenibile della città, permette di non sottrarre altro suolo alla natura, limitando quindi l'antropizzazione dell'ambiente con tutte le conseguenze già accennate.

In un simile contesto, quindi, risulta fondamentale reinterpretare queste risorse inutilizzate come materiale disponibile da utilizzare per gli scenari futuri, più sostenibili, più creativi e più concreti. Dalla fabbrica dismessa, alla discarica abbandonata, dal giardino di un condominio di periferia, alla palazzina cadente, da un campo di calcio inutilizzato alla dimora storica da ristrutturare: utilizzare l'esistente come incentivo per le trasformazioni urbane ed edilizie presuppone una buona conoscenza delle risorse disponibili, delle loro caratteristiche e delle potenzialità di trasformazione che possono presentare.

Proteggere i suoli è nell'interesse di tutti: quanto prima riusciremo a farne una priorità nella pianificazione territoriale, tanto migliore sarà l'eredità che lasceremo alle generazioni future.

1.4.1. Il riuso edilizio nella storia: dibattito e processo formativo

Il dibattito culturale relativo al riuso edilizio ha inizio nell'800, quando lo sviluppo urbano determinato dalla rivoluzione industriale induce i restauratori ad interrogarsi sul valore dell'edificio legato alla sua "utilità". E.E. Viollet-le-Duc, alla voce "restauro", sostiene che "[...] il mezzo migliore per conservare un edificio è di trovargli una destinazione e di soddisfare così bene tutti i bisogni relativi a tale destinazione, che non sia necessario apportarvi cambiamenti". J. Ruskin, in *The Seven Lamps of Architecture*, afferma che non si possono avanzare diritti sul patrimonio esistente, del quale si può solo godere il valore spirituale, ritenendo ogni intervento una manomissione, ad esclusione della manutenzione.

Agli inizi del '900, l'attitudine di un edificio ad accogliere una nuova attività è, secondo A. Riegl, subordinata al "valore" di cui è portatore: gli interventi necessari per destinare il monumento a nuove attività non devono incidere sul suo "valore di antichità". Il riuso edilizio è intervento consentito per gli edifici che posseggono solo un "valore storico", non un "valore di antichità", escludendo opere classiche o alto-medievali.

In Italia G. Giovannoni individua il confine tra architetture suscettibili ancora di un uso quotidiano e quelle destinate ad una fruizione contemplativa, distinguendo "monumenti morti" e "monumenti vivi". La Carta di Atene (1931), confermando il pensiero di Giovannoni, auspica "[...] utilizzazioni non troppo lontane dalle destinazioni primitive, tali da non recare negli adattamenti necessari alterazioni essenziali all'edificio".

A partire dagli anni '50, i temi connessi alla ricostruzione post-bellica inducono urbanisti e restauratori a concentrarsi sul recupero del costruito storico diffuso, al quale va assicurato un futuro attraverso la destinazione a funzioni utili alla società.

Negli anni '70, il riuso edilizio dei centri storici privilegia gli aspetti politici e sociali e si prospetta come soluzione alle questioni legate alla carenza di alloggi, con lo scopo di recuperare un patrimonio edilizio sottoutilizzato, configurandosi come alternativa a modelli di sviluppo che mirano all'espansione delle città. Il dibattito teorico si avvale del contributo dell'Associazione Nazionale dei Centri Storici Artistici (ANCSA).

Negli anni '80 si definisce l'ambito del recupero edilizio, che riguarda gli interventi relativi ai sistemi insediativi in regime di mercato, finalizzati al miglioramento delle prestazioni offerte e compatibili con l'organismo edilizio considerato. Strategie di riuso edilizio efficaci devono essere fondate sull'interazione tra il sistema fisico, a cui appartiene il manufatto, il sistema economico e il sistema sociale con i quali l'edificio si relaziona. L'approccio esigenziale-prestazionale integra quello conoscitivo e consente di rilevare il comportamento dell'edificio al fine di valutarne l'attitudine ad accogliere nuove destinazioni d'uso, sulla base dei livelli prestazionali offerti.

A partire dagli anni '90, anche la disciplina del restauro, superando la dicotomia tra uso come deperimento del bene ed uso come condizione che determina la manutenzione, riconosce che "[...] la causa prima della rovina è costituita proprio dalla perdita di funzione e non da agenti d'altro tipo [...]". Scopo della conservazione integrata è "[...] un uso corretto e rispettoso della realtà materiale e spirituale del monumento" (Carbonara, 1997).

1.4.2. Scenari contemporanei del riuso edilizio

La recente concezione di progetto dell'esistente "[...] vede gli interventi di nuova costruzione come l'eccezione, rispetto alla necessità più generale di governare l'ambiente costruito attraverso l'intelligente combinazione dei processi di conservazione e trasformazione" (Di Battista, 2006).

In questo scenario, il riuso edilizio è inteso come opportunità per rivitalizzare e riqualificare l'intera area in cui i beni sono collocati, efficace strumento di rigenerazione urbana per i benefici che le nuove destinazioni d'uso possono attivare in aree degradate, fungendo da motore di sviluppo del contesto.

La lenta ma continua dismissione delle aree ha sempre attivato un progressivo processo di obsolescenza che ha inesorabilmente coinvolto l'immediato contesto urbano, portando con sé anche implicazioni di ordine sociale, economico, ambientale e urbanistico. Le stesse aree da problema possono diventare, e in alcuni casi già lo sono state, una valida risorsa per la rigenerazione di intere parti di città, grazie anche a strumenti economici e normativi finalizzati all'attuazione d'interventi di trasformazione. Ma per raggiungere risultati di successo occorre che lo strumento principe del progetto sia la conoscenza, soprattutto per avere una chiara visione

delle potenzialità che possano supportare operazioni di riqualificazione mirate a incidere sulla rigenerazione di interi quartieri o città.

L'obiettivo è di promuovere rigenerazione, riuso e valorizzazione del patrimonio ambientale, urbano e sociale esistente con la riqualificazione del costruito e un consumo zero di suolo.

Adesso più che mai, le città si stanno misurando con la complessità di dover creare opportunità economiche in un clima di accesa competizione, contrazione del mercato e risorse ridotte. In questo quadro la rigenerazione urbana può giocare un ruolo fondamentale nel rinvigorire le economie locali e la coesione sociale. Rigenerazione è una locuzione che in urbanistica obbliga ad andare oltre il semplice recupero, riuso o riqualificazione del patrimonio edilizio esistente, ponendo l'intervento edilizio non come il cuore del programma, bensì come ambito rilevante di intervento e funzionale al miglioramento economico, sociale e ambientale del territorio.

È sempre più frequente oggi, per progettisti e costruttori, imbattersi in progetti di recupero edilizio, e dover quindi intervenire sugli edifici esistenti. A volte si tratta di edifici senza particolare rilevanza architettonica o ambientale, ma molto più spesso, invece, si tratta di edifici storici con valenze culturali e architettoniche di rilievo, che possono avere anche grande interesse culturale per l'unicità o il valore ambientale che rappresentano.

Quasi sempre però la sovrapposizione di interventi realizzati nel corso di decenni, se non di secoli, confonde stili e soluzioni architettoniche, nasconde valori compositivi e magisteri costruttivi, e decidere come attuare il recupero corretto, sia tecnicamente che culturalmente, appare sempre più difficile.

Se pensiamo poi che a queste difficoltà di lettura si sovrappongono gli aspetti devastanti della scarsa o cattiva manutenzione, del degrado e dell'abbandono, con tutte le relative complicità patologiche, il compito di chi si accinge a prendere decisioni operative per il recupero o il risanamento di un edificio diventa spesso difficilissimo.

1.4.3. Con quali tecniche intervenire? Cosa demolire? Cosa valorizzare? Convieni recuperare?

Con quali tecniche intervenire? Cosa demolire? Cosa valorizzare? Sono queste le principali domande con cui ci si scontra prima di intervenire. E poi: conviene recuperare? L'edificio si presta a quel tipo di intervento? O sono soldi sprecati in quanto le caratteristiche tipologiche non consentono il recupero per quella determinata destinazione d'uso?

L'attuale quadro normativo in materia di OO.PP. (D.Lgs. n. 163 del 12 aprile 2006) fornisce, con l'introduzione del progetto preliminare, uno strumento strategico per valutare la migliore alternativa progettuale in relazione sia alla conservazione dell'edificio e alla valorizzazione delle prestazioni fornite, che al soddisfacimento dell'esigenze dell'utenza determinate dalla nuova funzione.

In anni recenti, la tecnologia del recupero edilizio ha elaborato procedure di compatibilità al riuso edilizio, fondate sul confronto tra le prestazioni dell'edificio e i requisiti richiesti dalle funzioni da insediare. Criteri e scelte di progetto sono ispirati dal giudizio espresso sul costruito e sono guidati dall'assunzione dei valori in esso riconosciuti, valutandone gli esiti, nel rispetto dei vincoli e delle potenzialità presenti nell'edificio.

La verifica consente di orientare il progetto verso la conservazione del sistema ambientale e del sistema tecnologico dell'edificio e di garantire il corretto funzionamento dell'attività insediata. Per valutare il grado di compatibilità dell'edificio rispetto a destinazioni d'uso alternative, “[...] un primo quadro di riferimento [...] è ottenibile indagando le classi di esigenza fruibilità, sicurezza e benessere” (Pinto, 2004), individuando i requisiti della nuova funzione ed i range entro i quali considerare accettabili i livelli prestazionali richiesti al manufatto.

La verifica di compatibilità dell'edificio ad accogliere la nuova destinazione d'uso coinvolge l'intero processo di riuso edilizio, includendo la valutazione dei costi di gestione della funzione insediata e dei costi di manutenzione. Obiettivo è garantire l'equilibrio tra il sistema “dinamico” delle esigenze dettate dall'uso e quello, altrettanto mutevole, delle prestazioni dell'edificio.

2. INDAGINI DIAGNOSTICHE SUL PATRIMONIO ESISTENTE

Viene generalmente definita "diagnostica" l'indagine conoscitiva dello stato di conservazione di manufatti, sia mobili che immobili, di valore storico e artistico, che precede un intervento conservativo o di restauro. In particolare, la diagnostica analizza le modificazioni della struttura e dei materiali costitutivi dell'oggetto prodotte dal degrado, definisce lo stato del danno, ne identifica le cause e individua le soluzioni più idonee per arrestare o contenere gli effetti dei processi di deterioramento (Colombi, 2002). Oltre ad analizzare il degrado dei manufatti, la diagnostica può fornire anche indicazioni sulla capacità strutturale dei manufatti, sulla composizione dei materiali utilizzati, sulla tecnica di esecuzione, su precedenti interventi di restauro e su possibili mutamenti nella destinazione d'uso. Tale diagnosi dovrebbe essere il risultato di un'estesa indagine sperimentale.

L'intervento di conservazione di un edificio storico, qualunque sia il suo valore architettonico e/o artistico, diviene in generale tanto più appropriato, quanto più profonda è la conoscenza della fabbrica, dalla sua evoluzione dall'origine allo stato odierno, dai materiali, alle tecniche costruttive ed alla sua struttura portante.

Le esperienze maturate negli ultimi decenni nel campo della conservazione e del recupero dell'edilizia storica, hanno messo in evidenza la necessità di disporre, oltre che della conoscenza visiva, anche di adeguate tecniche di valutazione delle caratteristiche costruttive e dell'effettivo stato di danno della struttura, prima di adottare qualsiasi tecnica di intervento. Inoltre la fase diagnostica assume un ruolo fondamentale nella definizione di tempi e costi di intervento.

Le tecniche diagnostiche, se eseguite in modo corretto ed opportuno, forniscono un ottimo strumento per la conoscenza del manufatto in esame e la programmazione di eventuali interventi sullo stesso; in particolare, l'utilizzo di tecniche diagnostiche non distruttive permette di ampliare il campo di applicabilità di tale disciplina a tutte le situazioni maggiormente delicate quali, ad esempio, gli interventi sul patrimonio storico esistente.

In tale contesto, le tecniche diagnostiche e gli esami di tipo non distruttivo e semi-distruttivo, adeguatamente applicati, consentono l'implementazione di sistemi di monitoraggio e di controllo, al fine di verificare l'effettivo conseguimento dei prefissati obiettivi di sicurezza e funzionalità ed il loro andamento nel tempo. In particolare, si rileva lo straordinario contributo che tali prove sono in grado di fornire riguardo agli obiettivi primari di prevenzione e sicurezza delle strutture.

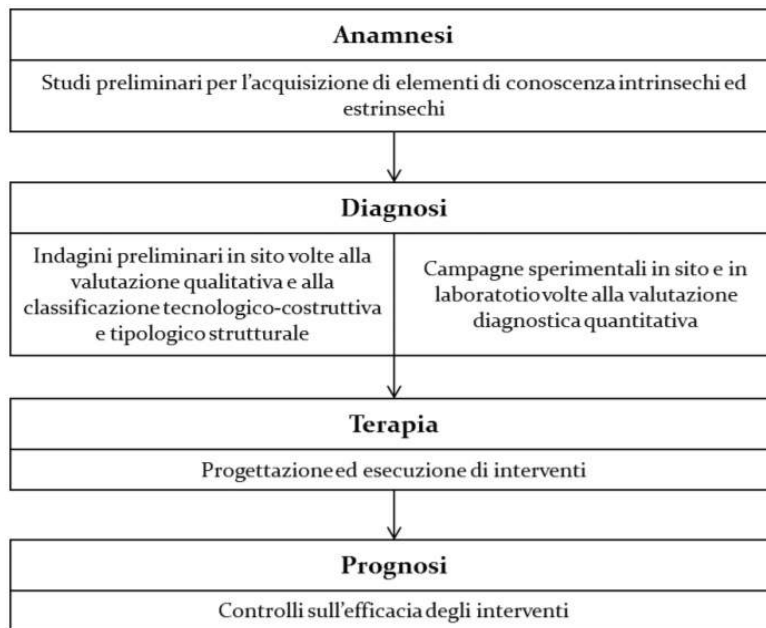


Fig. 2.1: Fasi del processo di indagine e intervento relativi ai manufatti storici (Rosato, 2014)

Una premessa fondamentale a tutto quanto si dirà nel seguito, è che un'errata o non perfetta esecuzione delle prove può influenzare significativamente i risultati dell'indagine al punto da compromettere la validità delle valutazioni sulla sicurezza dell'opera e delle decisioni progettuali, a partire da quella principale, riguardante la sua conservazione o la demolizione. Non è superfluo sottolineare che rispetto a quest'ultimo punto, una cattiva esecuzione delle indagini conoscitive dei materiali e della struttura possono condurre a incrementi di spesa ingiustificati e, nel caso in cui tale spesa sia a carico dello Stato, a un danno erariale.

In funzione della maggiore o minore invasività, le prove si suddividono in distruttive, semidistruttive e non distruttive. L'esecuzione delle *prove distruttive* induce sugli elementi indagati un danneggiamento e, quindi, necessita di cautela e di personale specializzato sia per la loro realizzazione sia per il conseguente ripristino strutturale. Occorre poi una particolare attenzione e cura nella pianificazione e interpretazione dei risultati, per ottimizzare il numero di prove necessarie in relazione al livello di conoscenza da conseguire. Le prove distruttive rappresentano il modo più diretto con cui determinare la resistenza dei materiali e, pertanto, si ritiene che esse garantiscano la certezza dei risultati.

Le prove non distruttive determinano la conoscenza del fenomeno per via indiretta, attraverso la misura di parametri ad essa correlati, senza arrecare sostanziali disturbi ai materiali e alla struttura. Essendo un metodo indiretto è però importante calibrare i risultati su un adeguato numero di indagini distruttive.

2.1. LINEE GUIDA PER I BENI CULTURALI

Tutti gli interventi inerenti i beni culturali esistenti sul territorio nazionale hanno l'obbligo di far riferimento e rispettare le prescrizioni vigenti contenute nelle *“Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale, con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008 e relativa Circolare contenente Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008”*.

Alla base di un intervento su una struttura esistente vi è la conoscenza dello stesso sotto diversi punti di vista. A supporto delle operazioni che deve svolgere il tecnico incaricato vi sono le *Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC2018 – Capitolo 8)*, nonché la relativa *Circolare esplicativa*; inoltre, quando l'oggetto su cui si deve intervenire è un bene appartenente al patrimonio culturale, è possibile riferirsi alle *“Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale” (DPCM 9 Febbraio 2011)*, documento che ricalca quanto espresso dalla normativa nazionale adattato e plasmato per le strutture murarie vincolate.

L'intento delle Linee Guida è quello di specificare un percorso di conoscenza, valutazione del livello di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche e definizione degli interventi atti a produrre un miglioramento delle prestazioni strutturali opportunamente adattato alle esigenze e peculiarità del patrimonio culturale. In particolare, il documento è riferito alle sole costruzioni in muratura. I diversi capitoli di questo documento forniscono anche indicazioni per definire l'azione sismica, in relazione alla pericolosità del sito ed alla destinazione d'uso del manufatto, e la capacità della struttura, attraverso una corretta conoscenza e modellazione del manufatto. L'applicazione dei principi contenuti nel documento fa riferimento a metodi che devono essere intesi a carattere non vincolante.

La redazione di tali linee guida nasce dall'esigenza di tutelare e porre in sicurezza il patrimonio culturale esistente; il concetto di salvaguardia, difatti, è molto diffuso all'interno di ogni pratica amministrativa-progettuale ma non è stato mai chiarito, nel particolare, un suo significato pratico concreto. Intervenire sullo stato di fatto degli edifici esistenti, se non eseguito opportunamente, non risolve la criticità per la quale il lavoro è stato programmato ed inoltre può danneggiare in modo irreparabile il bene in esame. Talvolta vengono eseguiti interventi frutto di approfonditi studi che, su edifici storici, risultano totalmente fallimentari; occorre infatti entrare nell'ottica che applicare i criteri costruttivi del nuovo su edifici esistenti non ha le stesse probabilità di riuscita ed inoltre potrebbe causare la perdita definitiva di una parte del patrimonio.

Lo scopo delle Linee Guida, tenute costantemente aggiornate, è quello di guidare l'esperto nella progettazione di interventi sulle strutture in muratura che tengano conto, realmente, della tutela e sicurezza delle stesse; è stato cercato di raccogliere,

in un unico testo, una serie di utili indicazioni supportate da validi e rigorosi modelli scientifici-matematici. Un fondamentale apporto a tale documento è attribuibile alla ricerca che è in grado di fornire, in continuo, informazioni inerenti il campo di applicabilità e di riuscita delle diverse metodologie utilizzabili su edifici esistenti.

2.1.1. Conoscenza del manufatto

All'interno delle Linee Guida vengono presi in considerazione i diversi aspetti che portano dall'identificazione dell'azione sismica e della capacità della struttura ai criteri da seguire per ridurre la vulnerabilità della stessa; le caratteristiche del manufatto e le relative criticità dovranno essere accertate mediante prove e modelli idonei al singolo caso di studio.

In particolare, nel Capitolo 4, sono fornite le indicazioni necessarie per una approfondita conoscenza del manufatto, fondamentale sia per una corretta valutazione del rischio sismico, che per la programmazione di eventuali interventi di miglioramento.

La conoscenza del manufatto, per un edificio storico in muratura, è maggiormente complessa rispetto agli edifici di nuova costruzione in quanto spesso è presente una certa aleatorietà circa i dati iniziali del progetto e le fasi costruttive, gli interventi successivi alla realizzazione, i materiali utilizzati ed il loro stato attuale. Inoltre, nell'operare in un edificio storico, occorre porre particolare attenzione all'impatto che il generico intervento può avere sulla struttura stessa e sui beni contenuti al suo interno. Prendendo in considerazione tali aspetti occorre realizzare un quadro conoscitivo il più completo possibile del manufatto in esame affinché sia disponibile una buona base di dati necessari per costruire il modello e studiare il comportamento strutturale dell'edificio; più il livello di conoscenza è accurato tanto più il modello sarà attendibile. Sono riportate, nello specifico, le diverse fasi proposte dalle Linee Guida per la conoscenza completa del manufatto (*DPCM 9 Febbraio 2011*):

1. Identificazione della struttura: occorre rilevare la localizzazione del manufatto sul territorio ed effettuare un primo rilievo strutturale mettendo in evidenza, sin da subito, la presenza di eventuali elementi di pregio. Deve essere analizzato il contesto in cui la struttura è posizionata ed il rapporto della stessa con l'intorno, sia in termini naturali-paesaggistici che di relazioni con manufatti e servizi contigui.
2. Caratterizzazione funzionale dell'edificio e dei suoi spazi: occorre effettuare un'analisi sull'evoluzione dell'edificio nel suo complesso ed in ogni sua singola parte; tale aspetto è fondamentale per comprendere gli interventi che esso ha subito nel corso degli anni e la presenza di eventuali segni di dissesto o degrado.

3. Analisi storica degli eventi e degli interventi subiti: occorre ricostruire, in modo dettagliato e ricorrendo alle informazioni presenti negli archivi, l'intera storia costruttiva del bene evidenziando ogni sua fase realizzativa e gli eventi subiti maggiormente significativi e traumatici.
4. Rilievo geometrico: occorre rilevare, mediante apposite apparecchiature, le caratteristiche plano-altimetriche degli elementi costruttivi principali e rappresentare i risultati mediante piante, sezioni e dettagli costruttivi. La difficoltà di tale fase è relativa alla difficile accessibilità di ogni punto dell'edificio in esame ed alla presenza di beni (arredi, affreschi..) che limitano la visualizzazione della struttura; a tal proposito occorre ricorrere all'utilizzo di tecniche diagnostiche, quali termografia, georadar o endoscopia, che permettono il rilievo delle zone fisicamente non accessibili. Tale fase deve essere completata mediante il rilievo e la rappresentazione del quadro fessurativo. La conoscenza della geometria dell'edificio, ed in particolare delle caratteristiche degli elementi resistenti, è fondamentale per la realizzazione del modello e lo studio del comportamento strutturale.
5. Rilievo materico costruttivo e lo stato di conservazione: per individuare in modo completo lo schema resistente del manufatto occorre effettuare una ricerca approfondita sulla qualità e sullo stato di fatto dei materiali presenti; tali informazioni, in genere, sono acquisite mediante tecniche diagnostiche non distruttive. Per ottenere una conoscenza approfondita sarebbe necessario effettuare le prove in modo diffuso, tuttavia, per ragioni legate sia all'economia che all'impatto sul bene in esame, è programmato il minor numero possibile di prove; per completare il quadro di informazioni i risultati di tali prove devono poi essere correlati e confrontati con la regola d'arte della zona in esame.
6. Caratterizzazione meccanica dei materiali: le indagini non distruttive ed i rilievi visivi possono fornire una buona conoscenza dello stato di fatto dell'edificio ma lo studio del comportamento strutturale richiede, in particolare per la muratura, la conoscenza approfondita delle caratteristiche meccaniche di deformabilità e resistenza dei materiali. Occorre, quindi, effettuare delle prove debolmente distruttive o distruttive in porzioni limitate del manufatto; tali zone devono essere scelte con cautela facendo riferimento agli aspetti rilevati nelle altre fasi di conoscenza del manufatto.
7. Terreno e fondazioni: la conoscenza del suolo in cui è posizionato il manufatto e delle relative fondazioni è fondamentale per valutare, in particolare in presenza di sisma, il comportamento della struttura. È necessario redarre una relazione geotecnica sulle caratteristiche della zona in esame ed effettuare uno studio sulla tipologia di fondazioni presenti; la conoscenza di tali aspetti non deve essere

finalizzata solo allo stato attuale ma deve prendere in considerazione le modifiche avvenute nel corso degli anni.

8. **Monitoraggio:** terminata la ricerca delle informazioni necessarie per una buona conoscenza del manufatto occorre programmare controlli periodici di monitoraggio che permettano di conservare e tutelare il bene sia in condizioni ordinarie che in situazioni di emergenza.

Completata la conoscenza del manufatto il progettista, in base al livello conoscitivo della struttura, assume un fattore di confidenza F_c , compreso tra 1 e 1,35; tale fattore di confidenza può essere valutato sulla base di diversi fattori parziali di confidenza associati al livello di approfondimento raggiunto in ogni categoria di indagine (Tab. 2.1):

$$F_c = 1 + \sum_{k=1}^4 F_{ck}$$

Se la valutazione sismica viene effettuata utilizzando modelli che considerano la deformabilità e resistenza dei materiali e degli elementi strutturali il fattore di confidenza si applica alle caratteristiche dei materiali, al contrario, utilizzando modelli di corpo rigido, che non tengono in considerazione la resistenza dei materiali, si applica direttamente alla capacità della struttura.

Tab. 2.1: Definizione dei livelli di approfondimento delle indagini sui diversi aspetti della conoscenza e relativi fattori parziali di confidenza. (Tabella 4.1 del DPCM 9 febbraio 2011)

Rilievo geometrico	rilievo geometrico completo	$F_{C1} = 0.05$
	rilievo geometrico completo, con restituzione grafica dei quadri fessurativi e deformativi	$F_{C1} = 0$
Identificazione delle specificità storiche e costruttive della fabbrica	restituzione ipotetica delle fasi costruttive basata su un limitato rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche)	$F_{C2} = 0.12$
	restituzione parziale delle fasi costruttive e interpretazione del comportamento strutturale fondate su: a) limitato rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione e alla verifica delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche, verifica diagnostica delle ipotesi storiografiche); b) esteso rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche)	$F_{C2} = 0.06$
	restituzione completa delle fasi costruttive e interpretazione del comportamento strutturale fondate su un esaustivo rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche, eventuali indagini diagnostiche)	$F_{C2} = 0$
Proprietà meccaniche dei materiali	parametri meccanici desunti da dati già disponibili	$F_{C3} = 0.12$
	limitate indagini sui parametri meccanici dei materiali	$F_{C3} = 0.06$
	estese indagini sui parametri meccanici dei materiali	$F_{C3} = 0$
Terreno e fondazioni	limitate indagini sul terreno e le fondazioni, in assenza di dati geotecnici e disponibilità d'informazioni sulle fondazioni	$F_{C4} = 0.06$
	disponibilità di dati geotecnici e sulle strutture fondazionali; limitate indagini sul terreno e le fondazioni	$F_{C4} = 0.03$
	estese o esaustive indagini sul terreno e le fondazioni	$F_{C4} = 0$

2.2. INDAGINI DIAGNOSTICHE PER STRUTTURE IN MURATURA

La classificazione delle prove è dettata essenzialmente dal loro grado di invasività e dalla tipologia di risultato fornito. In relazione alla natura dei risultati, le indagini sperimentali si possono suddividere in due categorie:

- analisi in sito;
- analisi in laboratorio.

Le prime possono coinvolgere l'intero manufatto o una porzione di esso, sono di tipo qualitativo o quantitativo e forniscono stime più o meno precise dei parametri geometrici e meccanici locali o globali. Le seconde invece vengono eseguite su campioni prelevati dalla struttura e sono utili per l'individuazione dei parametri di input da utilizzare nei modelli di calcolo, soprattutto nelle valutazioni di capacità portante. (Binda, 1998)

La classificazione per grado di invasività è invece legata alla gravità del danno che l'esecuzione delle prova comporta. Si possono individuare tre tipi di prove:

- prove distruttive;
- prove debolmente distruttive (MDT);
- prove non distruttive (NDT).

Le prime causano rotture gravi e irreversibili e sono utili per la caratterizzazione meccanica, chimica e fisica di materiali e porzioni murarie.

Nella categoria delle indagini debolmente distruttive rientrano invece le prove che provocano distruzioni molto limitate. A causa del loro carattere locale, queste forniscono risultati precisi ma non sempre indicativi.

L'ultima categoria garantisce l'individuazione di alcuni parametri murari nel rispetto dei criteri del restauro e della conservazione. In essa sono infatti comprese tutte quelle prove che non arrecano alcun danno al manufatto o ai suoi componenti.

2.2.1. Prove non distruttive

Le prove non distruttive rivestono un ruolo fondamentale all'interno del panorama delle indagini storiche poiché, allo stato attuale, rappresentano l'unica alternativa possibile per la realizzazione di test che consentano di ottenere informazioni utili pur garantendo la conservazione dell'edificio e del suo stato tensionale. Esse infatti si effettuano senza il prelievo di saggi o campioni e senza il danneggiamento dell'integrità della muratura. I risultati ottenibili sono però raramente di tipo quantitativo. Nella maggior parte dei casi i dati sono qualitativi, pertanto l'interpretazione di questo genere di prove deve essere basata su di una taratura sperimentale e su di una serie di ulteriori informazioni comparative.

Le metodiche non distruttive presentano diversi vantaggi quali:

- poter operare all'interno degli edifici senza dover sospendere le normali attività, limitando al minimo i disagi per gli abitanti;
- evitare ulteriori traumi a strutture dissestate, limitando il numero dei saggi distruttivi ai punti realmente rappresentativi per la formulazione del quadro diagnostico generale.

Le tecniche non distruttive inoltre possono essere impiegate con diverse finalità in relazione alla tipologia di informazioni necessarie per il completamento dell'indagine conoscitiva:

- individuazione degli elementi strutturali nascosti (strutture di solai, archi, pilastri, ecc.);
- qualificazione della muratura e dei materiali costituenti e mappatura delle zone non omogenee (uso di mattoni differenti nello stesso edificio, ecc.);
- valutazione dell'estensione del danno meccanico in strutture fessurate;
- individuazione del degrado superficiale;
- verifica delle proprietà meccaniche e fisiche dei materiali (malta, pietre, mattoni, ecc.);
- controllo delle tecniche di riparazione (iniezioni, ristilatura dei giunti, ecc.).

L'applicazione di queste prove risulta indispensabile soprattutto nell'individuazione delle caratteristiche interne della muratura (cavità, vuoti, canne fumarie, morfologia della sezione) che, altrimenti, potrebbero essere rilevate solo con tecniche distruttive.

In relazione al grado di sollecitazione fornito alla struttura per individuarne le proprietà, è possibile classificare le prove non distruttive in due sottoclassi:

- prove non distruttive passive;
- prove non distruttive attive.

Della prima categoria fanno parte tutte le indagini visive e le analisi basate sulla misurazione di fenomeni fisici spontanei:

- rilievi e mappature (geometrico, stato di fatto, degrado, quadro fessurativo, ecc.);
- riprese fotografiche e televisive;
- misura degli spostamenti (rotazioni, deviazioni dalla verticale, ecc.);
- misura di fenomeni spontanei (magnetometria, ecc.).

Le prove non distruttive attive si basano invece sulla misurazione di fenomeni fisici indotti nella muratura per mezzo di eccitazioni meccaniche, elettriche o termiche artificiali. Di questa categoria fanno parte, le quali verranno di seguito analizzate:

- Termografia a infrarossi;
- Prove soniche;
- Magnetometria;

- Prove sclerometriche;
- Prova penetrometrica
- Endoscopie

2.2.1.1. Termografia

La termografia è una tecnica diagnostica assolutamente non distruttiva che, misurando la radiazione infrarossa emessa da un corpo, è in grado di determinare la temperatura superficiale. Vengono generate, quindi, delle mappe in scala di grigi o falsi colori, rappresentativi delle zone indagate. Queste mappe non fanno altro che associare una temperatura ad un colore corrispondente. (Roche, 2012)

Le normative nazionali di riferimento sono la UNI 10824-1:2000 “*Prove non distruttive – Termografia all’infrarosso – Termini e definizioni*” e la UNI EN 13187:2000 “*Prestazione termica degli edifici – Rivelazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi – Metodo all’infrarosso*”.

Strumentazione e Principi della tecnica

In natura l’insieme di tutte le possibili frequenze delle radiazioni elettromagnetiche è rappresentato dallo spettro elettromagnetico; le radiazioni elettromagnetiche sono onde caratterizzate da una propria lunghezza d’onda e frequenza e lo spettro è suddiviso arbitrariamente in “bande” in base alle diverse lunghezze d’onda. Visivamente si riescono a percepire solo lunghezze d’onda comprese tra 356-1200 nm, tale banda è stata denominata “luce visibile”.

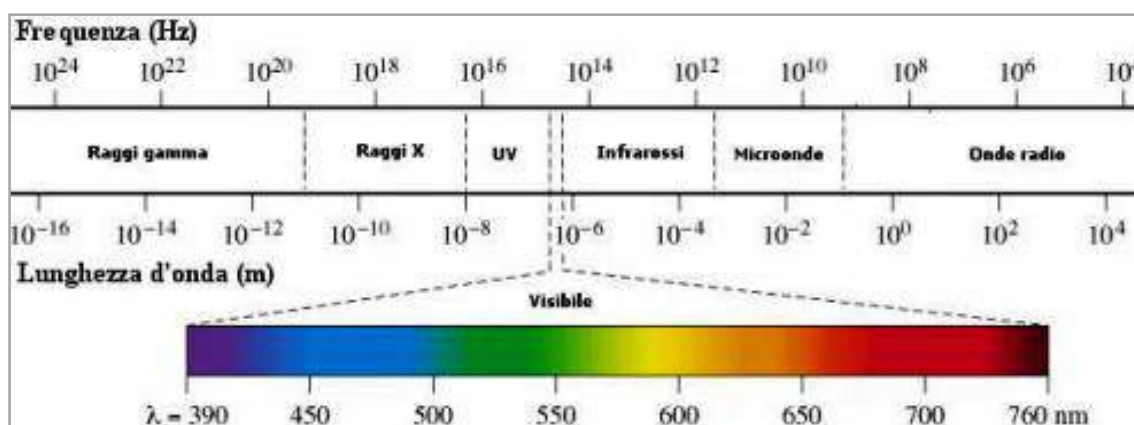


Fig. 2.2: Spettro elettromagnetico (Fonte: Onde elettromagnetiche – Chimina-online)

La termografia a IR utilizza la banda spettrale dell’infrarosso che, si trova tra la porzione dello spettro elettromagnetico del visibile e quella delle microonde. La fonte principale della radiazione infrarossa è il calore, o la radiazione termica. Qualsiasi oggetto ad una temperatura superiore allo zero assoluto (-273,15°C o 0 Kelvin),

emette radiazioni nell'area dell'infrarosso. Persino oggetti che sappiamo essere molto freddi, come i cubetti di ghiaccio, emettono radiazioni infrarosse.

Avvertiamo le radiazioni infrarosse in qualsiasi momento. Il calore che sentiamo provenire dal sole, da un fuoco, o da un radiatore, è tutto infrarosso. Anche se i nostri occhi non riescono a vederlo, le terminazioni nervose della nostra pelle lo avvertono come calore. Più caldo è l'oggetto, maggiore è la quantità di radiazioni infrarosse emesse. (FLIR, 2011)

È noto che i corpi emettono energia radiante (legge di Stefan-Boltzmann) il cui potere P può essere valutato utilizzando la seguente formulazione empirica:

$$P = \sigma \epsilon T^4 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

P = Flusso energetico [W/m²]

σ = Costante di Stefan-Boltzmann = $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$

ϵ = Emissività, costante adimensionale dipendente dal materiale superficiale

T = Temperatura assoluta della superficie da cui proviene il flusso P [°K]

Nella legge di Stefan-Boltzmann per corpi reali l'energia emessa è quindi proporzionale all'emissività ϵ , che dipende dalla lunghezza e altri fattori caratteristici del materiale ed è compresa fra 0 (per i corpi idealmente bianchi, quindi completamente riflettenti) e 1 (per i corpi idealmente neri).

L'emissività dei corpi reali non è solo funzione della lunghezza d'onda, ma anche di:

- materiale;
- finitura delle superfici (una finitura rugosa aumenta l'emissività, una liscia la diminuisce);
- geometria (forma: un corpo concavo ha emissività maggiore di uno convesso);
- angolazione: l'emissività è generalmente massima se l'oggetto viene visto perpendicolarmente;
- temperatura: per i metalli l'emissività cresce con l'aumento della temperatura, per gli isolati decresce.

A differenza della luce visibile, nel campo dell'infrarosso ogni corpo avente temperatura maggiore di $0 \text{ }^\circ\text{C} = -273,15 \text{ }^\circ\text{K}$ emette calore; l'emissione di raggi infrarossi è direttamente proporzionale alla temperatura del corpo (Legge di Plank).

In edilizia la maggior parte dei materiali impiegati (calcestruzzo, mattoni, intonaco, legno) ha caratteristiche alto-emissive (vedi Tab. 2.2).

Materiale e descrizione della superficie	Coefficiente di assorbimento solare α	Coefficiente di emissività infrarossa ϵ
Alluminio lucido	0,09	0,02
Alluminio anodizzato	0,14	0,84
Alluminio in foglio	0,15	0,05
Rame lucido	0,18	0,03
Rame ossidato	0,65	0,75
Metalli placcati: ossido di nichel nero	0,92	0,08
Acciaio inossidabile lucido	0,37	0,21
Acciaio inossidabile opaco	0,50	0,60
Pelle umana	0,62	0,97
Metalli placcati: cromo nero	0,87	0,09
Calcestruzzo	0,60	0,88
Marmo bianco	0,46	0,95
Laterizio rosso	0,63	0,93
Asfalto	0,90	0,90
Vernice bianca	0,14	0,93
Vernice nera	0,97	0,97
Neve	0,28	0,97

Tab. 2.2: Emissività di alcuni materiali (*Yunus A. Cengel, Termodinamica e trasmissione del calore*)

Nello studio delle caratteristiche superficiali in edilizia è quindi fondamentale conoscere a quale lunghezza d'onda della radiazione esse fanno riferimento: superfici verniciate di bianco o nero emettono la stessa quantità di energia nell'infrarosso e quindi in tale banda hanno la stessa emissività e sono facilmente indagabili per mezzo della termografia, ma la loro temperatura sarà molto diversa se sottoposte a irraggiamento solare, in quanto nella banda spettrale della radiazione solare la loro assorbività è molto diversa (i colori scuri hanno coefficiente di assorbività solare molto maggiore di quelli chiari). (Lanzoni, 2012)

La termocamera (o telecamera termografica) è lo strumento in grado di rilevare e rappresentare la radiazione infrarossa emessa da un corpo. Una termocamera registra l'intensità della radiazione nella parte infrarossa dello spettro elettromagnetico e la converte in un'immagine visibile.

Una termocamera è costruttivamente simile a una telecamera: l'energia infrarossa (o radianza), proveniente da un oggetto, viene captata dalla parte ottica, costituita da una lente di materiale trasparente all'infrarosso, e con concentrata su un sensore sensibile alla radiazione infrarossa. Attraverso un'opportuna elettronica di gestione e controllo, l'energia incidente sul sensore (costituita non solo dall'energia emessa dall'oggetto ma anche da quella da esso riflessa e trasmessa) viene elaborata in modo da formare un'immagine, chiamata termogramma, che viene visualizzata sul display, memorizzata su un dispositivo di memoria fissa o estraibile e quindi trasferita su un computer per l'elaborazione con appositi software. (Lanzoni, 2012)

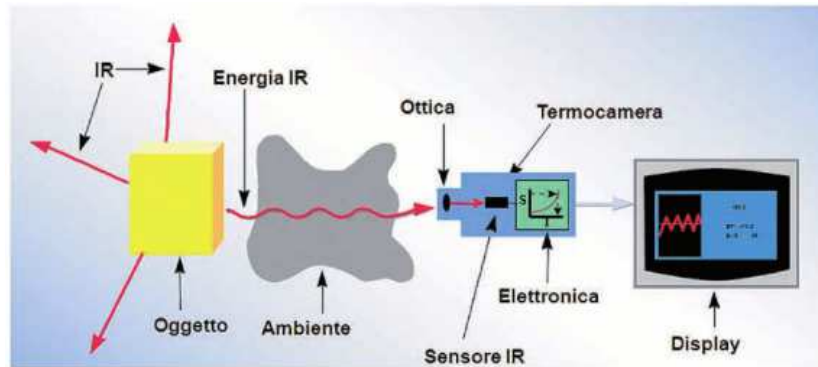


Fig. 2.3 : Componenti di una termocamera (Fluke – www.fluke.it)

L'ottica è composta da un cristallo in germanio per le termocamere nel campo delle long wave (8-14 micron) e da un cristallo in silicio per le termocamere nel campo delle short wave (2-5 micron). Per applicazioni in edilizia, ove la temperatura dell'oggetto è di solito inferiore ai 100°C, è raccomandato l'uso di un sistema sensibile nel campo delle LW (long wave), dove è anche minimo l'assorbimento atmosferico.

Il sensore è una matrice piana, denominata FPA (focal plane array), costituita in realtà da un reticolo di singoli sensori identici. Ciascuno di essi rileva l'intensità di radiazione infrarossa che l'ottica focalizza su di esso e tramite un trasduttore la invia al sistema elettronico di elaborazione dell'immagine.

Il termogramma è un'immagine bidimensionale visualizzata mediante una scala di falsi colori che evidenziano quantitativamente le intensità di radiazioni totali (diretta, riflessa ed eventualmente trasmessa) incidenti sul sensore. In questo modo possiamo percepire quali zone del termogramma sono calde (rosso e bianco) e quali fredde (blu, verde, nero). Pertanto il termogramma a colori ci dà una "sensazione" immediata delle differenze di temperatura all'interno dell'immagine stessa.



Fig. 2.4: Esempio di un termogramma inerente un involucro edilizio (AITI)

Tanto maggiore è il numero di pixel, tanto migliore sarà la risoluzione dell'immagine termica, ovvero la sua risoluzione spaziale (IFOV = Instantaneous Field Of View) a parità di campo visivo (FOV).

Il campo visivo o FOV (Field Of View) rappresenta la parte della scena termica visibile attraverso la termocamera, esso viene misurato in unità di lunghezza e ovviamente aumenta man mano che aumenta la distanza dall'oggetto; il campo visivo angolare o AFOV (Angular Field Of View) è espresso in gradi (unità di misura angolare). In pratica, il FOV è un cono visivo che si estende dal centro della lente della termocamera con apertura orizzontale e verticale definita dall'AFOV. Tanto più grande è l'apertura tanto maggiore sarà l'area inquadrabile, e tanto maggiore sarà il campo visivo istantaneo o IFOV, ovvero il più piccolo dettaglio che può essere distinto da una distanza per un certo sensore con un fissato numero di pixel ed a parità di distanza. Nella figura sotto, il rettangolo bianco a destra è l'area totale inquadrata dall'obiettivo della termocamera ad una data distanza, l'area più piccola rosa è l'area inquadrata da un singolo elemento (pixel) del sensore. (Lanzoni, 2012)

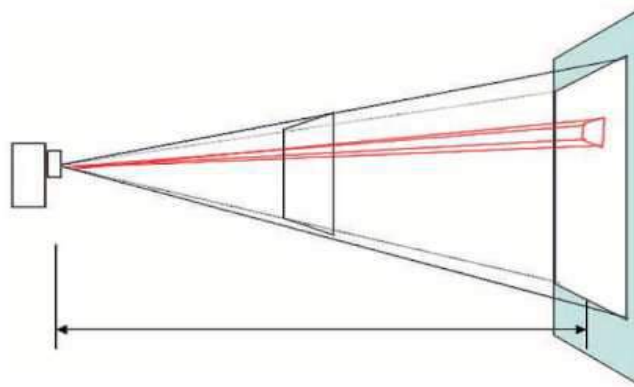


Fig. 2.5: FOV e IFOV (Fluke – www.fluke.it)

L'indagine termografica consente di eseguire due diverse tipologie di indagine:

- analisi passiva;
- analisi attiva.

Nel primo caso, si analizza la radiazione emessa dall'elemento durante i cicli termici legati ai fenomeni naturali di irraggiamento e successivo raffreddamento; nell'analisi attiva invece le superfici analizzate vengono riscaldate con modalità artificiali, come lampade o altro.

Applicazioni

Le immagini termografiche forniscono informazioni importanti, non evidenti ad occhio nudo, sul comportamento dell'edificio, mediante l'esplicitazione dei meccanismi alla base del trasferimento del calore. L'analisi termografica ha applicazioni molto varie: spazia dall'edilizia, agli impianti elettrici e industriali in genere, alla medicina e

veterinaria, alla scienza dei materiali, al settore aerospaziale, all'ispezione degli scafi e molti altri. (Lanzoni, 2012)

In particolare, nel campo dell'ingegneria civile, tale tecnica è utilizzata per la valutazione delle dispersioni termiche degli edifici, il rilievo delle diverse temperature presenti all'interno dell'involucro, l'individuazione della struttura portante e la localizzazione di perdite idrauliche e fessure; negli ultimi anni ha trovato un'ulteriore applicazione nel controllo di edifici esistenti di interesse storico e culturale in cui, talvolta, le informazioni inerenti le caratteristiche strutturali ed architettoniche del manufatto non sono soddisfacenti ed occorre eseguire un'indagine conoscitiva che sia il minor possibile invasiva.

La termocamera permette di:

- verificare e controllare i distacchi dell'intonaco o del rivestimento esterno dal supporto;
- verificare il regime termo igrometrico della muratura per poter consentire di individuare la presenza di acqua. L'acqua di fatto è uno dei nodi critici delle costruzioni storiche, essa può essere per risalita, condensazione, perdite accidentali o rotture di impianti. Tramite l'indagine termografica si ha la possibilità di verificarne la presenza e individuarne la distribuzione;
- controllare la stratificazione delle fasi costruttive individuando gli elementi architettonici di materiali diversi, tamponamenti di porte e finestre, la tipologia di tessitura del paramento, eventuali cavità nella muratura;
- implementare le informazioni necessarie all'elaborazione del modello statico evidenziando il tipo di muratura, gli elementi strutturali di diversa natura, gli orizzontamenti lignei;
- analizzare i particolari tecnologici (impianti);
- verificare e controllare le fasi del processo edilizio per poter controllare la rispondenza alle prescrizioni e l'esecuzione a regola d'arte; per esempio risulta molto utile nel caso di cappotto esterno per individuare lo schema di posa del cappotto, il numero di fissaggi e l'integrità delle lastre stesse;
- accertare lo stato generale di isolamento degli edifici: individuare quindi la presenza di ponti termici, di anomalie costruttive, di individuazione di trame murarie, di infiltrazioni d'aria da infissi e finestrate. (Roche, 2012)

Riassumendo, in edilizia l'impiego della tecnica termografica viene utilizzato in tre ambiti principali:

- la diagnosi energetica;
- la verifica dello stato di conservazione degli immobili;
- la ricerca di guasti.

Vantaggi e limiti della prova

La termografia ha sicuramente una serie di vantaggi innegabili, il primo fra i quali è il fatto che è una prova assolutamente non distruttiva, non vi è la minima perdita o degrado del materiale analizzato. Altri vantaggi sono:

- la tecnica termografica è assolutamente non invasiva, si possono ripetere le misure nel tempo e verificare i mutamenti della muratura indagata al cambiare delle condizioni climatiche;
- qualora l'indagine termica fosse finalizzata all'analisi e alla mappatura del regime termoigrometrico della muratura, l'indagine termografica può limitare in maniera drastica il numero di saggi distruttivi;
- è definita anche indagine telemetrica, ripresa da distanza, quindi non è necessario l'utilizzo di ponteggi o sistemi di elevazione per analizzare, ad esempio, una facciata esterna;
- è una tecnica molto rapida che consente di analizzare vaste aree di superficie in breve tempo;
- non interrompe le normali attività svolte dall'edificio analizzato. (Roche, 2012)

L'indagine termografica ha, tuttavia, anche degli svantaggi, di seguito elencati:

- la mappatura della temperatura rilevata è indicativa solo e soltanto dello strato superficiale dell'oggetto indagato. Analizzando i termogrammi sembra di vedere sotto la superficie, in realtà la termocamera rileva solo la temperatura della superficie, le forme che appaiono sotto la superficie sono modifiche della temperatura superficiale dovute all'ombra termica che gli strati sotto la superficie rilasciano sulla superficie stessa. I limiti del metodo sono infatti legati alla scarsa penetrazione termica all'interno della struttura, essendo la profondità di indagine di soli pochi centimetri. Non è pertanto possibile, ad esempio, localizzare anomalie nascoste nella parte centrale della muratura.
- le irregolarità o discontinuità termiche sotto lo strato corticale sono visibili solamente in regime transitorio (termografia attiva);
- è molto difficile sollecitare termicamente la muratura, ossia fornire adeguato calore alla muratura da indagare;
- l'indagine è solamente un'indagine qualitativa e non quantitativa: ad esempio nel caso dell'umidità di risalita, tramite l'indagine termografica è possibile individuare la distribuzione dell'acqua sulla nostra muratura ma non siamo in grado di individuare quanta acqua è presente all'interno della muratura stessa;
- le condizioni climatiche, l'orientamento dell'edificio e il soleggiamento delle superfici rendono possibile l'esecuzione dell'indagine o la rendono impossibile in determinate condizioni. (Roche, 2012)

Anche le condizioni al contorno, quali le condizioni ambientali e climatiche, sorgenti calde o riflessi provenienti da altre superfici, possono falsare l'immagine, rivelando forme inesistenti in corrispondenza di emissività locali differenziali non dovute ad effettive variazioni della struttura muraria. Occorre, pertanto, rispettare alcune regole generali per ottenere buoni risultati:

- operare in assenza di luce solare diretta prima e durante la misura;
- operare in assenza di precipitazioni e di vento o correnti d'aria: la temperatura, l'umidità e la velocità del vento influenzano la qualità dei risultati, in quanto essi modificano le modalità con cui avviene lo scambio termico tra materiali e l'ambiente circostante; pertanto è necessario avere un controllo strumentale di questi fattori;
- è necessario inoltre che a cavallo della struttura vi sia uno sbalzo termico di almeno 10 °C al fine di apprezzare sui termogrammi le anomalie termiche eventualmente presenti;
- condizioni ambientali stabili: ciò significa che il clima e gli oggetti nell'ambiente di misura, così come qualunque altra influenza, non devono cambiare durante la misura;
- la superficie dell'oggetto di misura è ottimale se ha emissività elevata e nota;
- è importante infine tenere in considerazione la presenza di sorgenti calde, quali tubazioni non coibentate o elementi scaldanti, che possono influenzare la distribuzione di temperatura sui componenti l'involucro, ed i riflessi provenienti da altre superfici che potrebbero essere scambiati per difetti della struttura.

Per misure all'aperto, le condizioni atmosferiche devono essere sempre e comunque stabili ed il cielo nuvoloso al fine di schermare l'oggetto dell'indagine dalla luce diretta del sole. Bisogna anche tenere presente il fatto che gli oggetti da termografare possono essere ancora caldi per effetto della precedente esposizione alla luce solare a causa della loro capacità di accumulare calore.

Termometri all'infrarosso e termocamere a confronto

Oltre alla termocamera IR, esistono altre tecnologie in grado di misurare la temperatura senza contatto, ad esempio i termometri IR. I termometri all'infrarosso (IR) sono strumenti affidabili ed estremamente utili per misurazioni della temperatura su punti singoli ma, quando si tratta di analizzare aree di grandi dimensioni, è facile lasciarsi sfuggire punti critici quali fughe d'aria, aree con scarso isolamento o infiltrazioni d'acqua. Una termocamera IR è in grado di effettuare la scansione di intere superfici. Non trascura alcuna area potenzialmente problematica, indifferentemente dalle dimensioni. (FLIR, 2011)



Figura 2.6: Termometro IR, misurazione della temperatura in un singolo punto (sinistra); Termocamera IR, temperatura in 3600 punti (destra) (FLIR, 2011)

Se si utilizza solo un termometro IR a punto singolo è facile non accorgersi di un problema critico in un edificio. Una termocamera IR offrirà un quadro completo della situazione ed un rapporto diagnostico immediato. Oltre ad individuare un problema di costruzione di un edificio, ne mostra anche l'intera portata.

2.2.1.2. Prove soniche

Le prove soniche rappresentano un metodo di indagine non distruttivo che consente di ottenere informazioni per la caratterizzazione qualitativa della muratura.

Strumentazione e principi della tecnica

Consistono nel misurare ed analizzare le caratteristiche di propagazione delle onde elastiche con cui vengono sollecitati gli elementi architettonici.

Le onde elastiche, in un mezzo solido, si propagano seguendo delle leggi abbastanza semplici; infatti, se il materiale è omogeneo ed isotropo, si generano onde di compressione (longitudinali) e di taglio (trasversali). È possibile determinare i valori dei moduli elastici sonici che regolano la propagazione delle onde. Nel suo propagarsi, l'onda elastica perde energia, perdita dovuta ad una diminuzione naturale dell'intensità iniziale legata ad un modello spaziale di propagazione di tipo sferico. Un'altra diminuzione avviene nei piani di discontinuità, dove l'energia viene in parte riflessa ed in parte rifratta. (Roche, 2012)

La tecnica di indagine sonica si basa sulla generazione di impulsi meccanici con frequenze nel campo del sonoro (20- 20kHz) e per questo detti sonici. L'onda sonora viene generata sul supporto murario mediante ad es. battitura con martello strumentato, e viene quindi ricevuta da un sensore (ad es. accelerometro) posto in un punto diverso della struttura. Entrambi i dispositivi sono collegati ad un amplificatore di segnale e ad un convertitore analogico-digitale per la visualizzazione e registrazione dei dati. L'elaborazione dei dati consiste nel calcolo del tempo di trasmissione dell'onda, ricavando quindi, noto lo spazio che divide trasmettitore e ricevitore, la velocità media di attraversamento della muratura.

Le prove ultrasoniche utilizzano, invece, una banda di frequenza che varia da 10 kHz a 200 kHz. L'utilizzo degli ultrasuoni, come strumento di prova non distruttivo, è regolato dalla norma UNI EN 12504-4 [UNI 2005].

L'apparecchiatura della prova sonica consiste in:

- un martello strumentato (con un interruttore dinamico) per la sollecitazione della muratura con onde elastiche ;
- un accelerometro per la ricezione degli impulsi meccanici che attraversano la muratura.

L'accelerometro è a sua volta collegato con una centralina che registra il tempo di attraversamento del mezzo da parte dell'onda elastica (tempo di volo) da cui, come si è detto, si ricaverà la relativa velocità di propagazione. (Brunetti, 2007)



Figura 2.7: apparecchiatura per prova sonica (Brunetti, 2007)

Gli emettitori di vibrazioni possono essere elettrodinamici o meccanici. L'onda sonora viene generata sul supporto murario mediante ad es. battitura con martello strumentato, e viene quindi ricevuta da un sensore (ad es. accelerometro) posto in un punto diverso della struttura. Entrambi i dispositivi sono collegati ad un amplificatore di segnale e ad un convertitore analogico-digitale per la visualizzazione e registrazione dei dati. L'elaborazione dei dati consiste nel calcolo del tempo di trasmissione dell'onda, ricavando quindi, noto lo spazio che divide trasmettitore e ricevitore, la velocità media di attraversamento della muratura.

La velocità sonora è influenzata da:

- frequenza di input, generata da diverse strumentazioni;
- numero di giunti attraversati, la velocità tende a diminuire con l'aumento del numero di giunti;
- presenza di fessure;
- caratteristiche del materiale superficiale.

Le misure soniche di velocità possono essere svolte secondo più modalità:

- diretta o in trasparenza;
- indiretta o superficiale;
- semidiretta o radiale;
- tomografia.

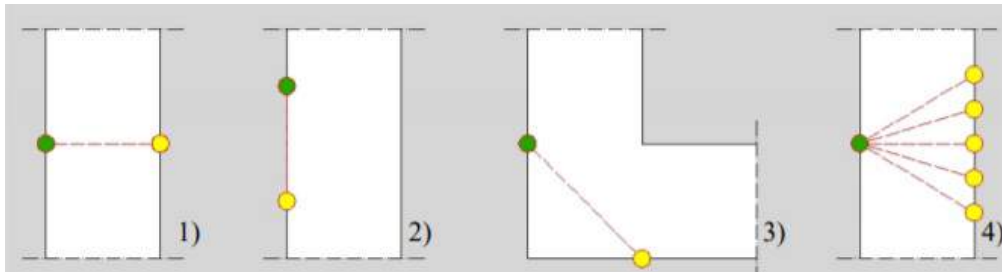


Figura 2.8: Procedure di svolgimento delle prove soniche: (1) diretta o in trasparenza; (2) indiretta o superficiale; (3) semidiretta o radiale; (4) tomografia (Modena, 2009)

La scelta di una metodologia di acquisizione rispetto ad un'altra dipende da vari fattori, tra cui il tipo di muratura e l'accessibilità su vari lati della stessa.

Le prove soniche dirette (in trasparenza) consistono nell'emettere e ricevere l'onda elastica in punti corrispondenti sulle due facce opposte della muratura in esame. Questo tipo di trasmissione è quello che fornisce i dati più significativi sulla consistenza della sezione muraria.

Le prove soniche superficiali consistono invece nell'emettere e ricevere l'onda elastica in punti localizzati sullo stesso lato del muro. Esse vengono utilizzate qualora sia disponibile per l'indagine una sola superficie muraria. Le informazioni date da questo tipo di prove sembrano essere limitate agli strati più esterni della muratura; i risultati non sono pertanto molto significativi per quanto riguarda la composizione all'interno dello spessore murario. Maggiori informazioni sono disponibili localmente grazie alle tomografie soniche le quali, basandosi sulla combinazione di acquisizioni soniche su più direzioni in una stessa sezione, consentono di migliorare il grado di conoscenza della sezione mediante una "mappatura" delle velocità acquisite.

L'indagine delle strutture murarie mediante prove soniche prevede le seguenti fasi esecutive:

- indagini preliminari (ispezione visiva, battitura del paramento, etc.) per l'individuazione del/dei sito/i più idoneo/i e per la scelta del tipo di prova da effettuare (diretta, indiretta, semidiretta, tomografia);
- preparazione del sito d'indagine (sistemazione eventuali impalcature, rimozione intonaci, accessibilità corrente elettrica, etc.);
- rilievo grafico e fotografico della zona individuata per l'esecuzione delle prove soniche e tracciamento della griglia d'acquisizione;
- esecuzione delle prove soniche sulla struttura muraria;
- elaborazione dei risultati ottenuti nelle prove e stesura relazione tecnica.

Applicazioni

Le prove soniche applicate alle strutture di muratura consentono di individuare la presenza di cavità macroscopiche, fessure o porzioni di muratura aventi caratteristiche differenti, intercettate lungo il percorso di trasmissione dell'onda, dato che le onde sonore si trasmettono attraverso i mezzi prediligendo i canali a maggiore densità, deviando quindi in corrispondenza di lacune o discontinuità. La velocità sonica è infatti generalmente uniforme nei solidi omogenei, e maggiore rispetto a quella di propagazione dell'onda sonora in aria. Se la muratura è disomogenea, con discontinuità o fessurazioni la prova non è eseguibile: infatti il tempo di percorrenza dell'onda tende all'infinito. (Modena, 2009)

Riassumendo, le indagini soniche sono utilizzate nella diagnosi della muratura per:

- qualificare la morfologia della sezione, individuando la presenza di vuoti, difetti e lesioni;
- ottenere una stima del modulo elastico della muratura;
- controllare le caratteristiche della muratura dopo interventi di consolidamento (iniezioni di malte e resine), confrontando i valori registrati prima e dopo l'intervento.

Vantaggi e limiti della prova

Le prove soniche applicate alla muratura (in particolar modo nelle murature storiche) danno risultati di carattere prevalentemente "qualitativo"; infatti, la velocità dell'onda sonica non può essere direttamente correlata alle proprietà meccaniche della muratura per l'assenza delle ipotesi di omogeneità ed isotropia del materiale. I risultati di tali prove possono essere maggiormente significativi se integrate da prove mediamente distruttive, eseguite puntualmente, per la calibrazione dei risultati delle prove soniche e/o da opportune tomografie che consentano di identificare le porzioni di muratura a densità omogenea. Le prove soniche sono quindi in grado di fornire dati qualitativi sulle caratteristiche elastiche del materiale ed informazioni quantitative sui rapporti di variazione di tali caratteristiche tra punti diversi della struttura.

Inoltre, effettuate prima e dopo l'esecuzione di interventi di consolidamento che modificano le proprietà della muratura (densità, modulo elastico, resistenza), quali ad esempio le iniezioni con miscele leganti, tali prove forniscono un'indicazione della variazione di consistenza del muro per effetto dell'intervento e, pertanto, consentono di stimare, seppure in maniera approssimata, l'efficacia dell'intervento stesso.

Un grande limite della prova è dato dalla presenza di muratura disomogenea, con discontinuità o fessurazioni, in questo caso la prova non è eseguibile: infatti il tempo di percorrenza dell'onda tenderebbe all'infinito.

1.2.1.3. Magnetometria

Si tratta di una tecnica diagnostica non distruttiva, utilizzata nel campo strutturale e di analisi dei materiali e delle tecnologie. Tale tecnica consiste nella rilevazione di materiali ferromagnetici inglobati all'interno della struttura/muratura.

Si utilizzano degli apparecchi che rilevano materiali ferrosi in quanto si modifica il campo magnetico generato da una bobina. L'operatore impugna la bobina e la passa sulla parte interessata da esaminare fino a che non avverte una variazione nel campo magnetico. Tali strumenti sono in grado di rilevare anche la profondità a cui l'oggetto ferroso si trova nella muratura.

Le normative di riferimento sono: BS 1881:204 , UNI EN ISO 15548-3:2009, UNI EN 1992-1-1:2015, DIN 1045-1:2008.



Figura 2.9: Esecuzione della prova pacometrica (sinistra) e relativi risultati (destra) (GIEPI S.r.l.).

Strumentazione e principi della tecnica

Il pacometro è generalmente costituito da:

- un'unità di elaborazione digitale ed acustica;
- una sonda emittente-ricevente il campo magnetico, al cui interno sono disposte due bobine disposte a distanza prefissata.

All'interno della sonda un flusso di corrente alternata, con frequenza prestabilita, crea un campo magnetico di forma allungata secondo l'asse della sonda. Gli oggetti metallici che intercettano il campo magnetico modificano il voltaggio della bobina nella misura espressa dal rapporto diametro/copriferro dell'oggetto metallico. La presenza di un materiale ferromagnetico nella struttura architettonica determina, infatti, un aumento della permeabilità del sistema nucleo/solenoidale presente nello strumento e modifica l'impedenza (rapporto tra valore massimo della tensione e il valore massimo dell'intensità di corrente) di un solenoide rilevatore. L'entità dei

cambiamenti dei valori di permeabilità e impedenza è legata alla posizione e alla dimensione dell'oggetto.

Il magnometro (detto anche pacometro) si basa sul principio dell'induzione elettromagnetica secondo il quale la presenza di un conduttore metallico (la barra di armatura) in un campo elettromagnetico ne altera il potenziale. Si sfrutta questo principio facendo scorrere una sonda capace di generare un campo magnetico sulla superficie della membratura sulla quale si esegue l'indagine (Coppola e Buoso, 2015).

Una bobina è percorsa da una corrente ad alta frequenza generata dall'oscillatore; in presenza di metalli, a causa di correnti parassite, si ha un assorbimento della corrente. Tale assorbimento è proporzionale al quadrato della distanza, per cui è possibile individuare la presenza di materiali ferrosi in profondità e stimarne quindi la distanza a cui si trovano.

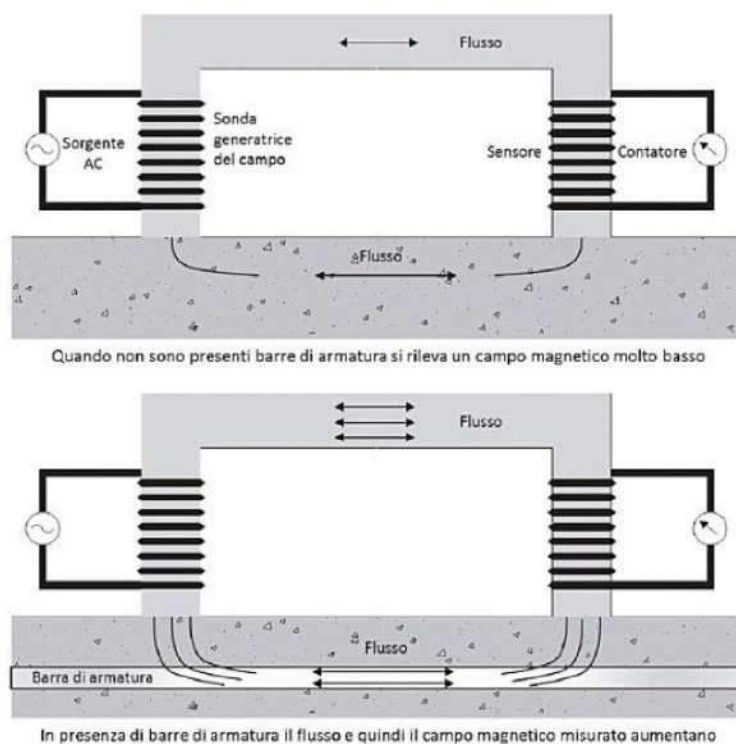


Figura 2.10: Meccanismo di funzionamento schematico del magnetometro (Coppola e Buoso, 2015)

Vi può essere anche uno schema a due bobine dove una bobina emittente genera un campo elettromagnetico non intercettato dalla seconda bobina, definita ricevente. Le apparecchiature funzionanti con due bobine hanno una maggiore portata, raggiungono profondità fino ad un metro e consentono di dimensionare con buona precisione gli elementi metallici individuati (Roche, 2012).

Le apparecchiature (pacometri) oggi in commercio corrispondono in genere a quest'ultima categoria, sono costituite da una centralina di rilevamento a cui è

collegata una sonda con due bobine disposte a distanza prefissata. All'interno della sonda un flusso di corrente alternata, con frequenza prefissata, crea un campo magnetico di forma allungata secondo l'asse della sonda. L'interfaccia della sonda con una barra di armatura viene segnalata da una variazione di potenziale registrata dallo strumento.

Nelle versioni più recenti e complete, il magnometro consente di individuare non solo la presenza dei ferri di armatura e la loro localizzazione, ma anche di stimare il diametro oltre allo spessore del copriferro in calcestruzzo (in caso di strutture in c.a.) che li ricopre (Coppola e Buoso, 2015). L'alterazione del voltaggio della bobina, nella misura espressa dal rapporto diametro/copriferro dell'oggetto metallico, viene riportata all'utilizzatore tramite un sistema analogico o digitale e registrata graficamente. Ciò permette di leggere su un display analogico della centralina il diametro dei materiali ferrosi, la posizione, e il relativo copriferro.

La prima fase consiste nella mappatura preliminare della disposizione dei ferri: facendo scorrere la sonda universale sulla superficie da rilevare viene visualizzato a display lo spessore della copertura, che risulterà avere un valore minimo proprio in corrispondenza della verticale del tondino. Ulteriori indicatori utili per il posizionamento delle barre sono l'indice Intensità del segnale (massimo sulla verticale della barra) e l'avvisatore acustico. Disegnando sulla superficie dello stesso, mediante un gessetto, una matita o altro, una retta che passi per i punti individuati, sarà possibile tracciare il reticolo delle armature presenti in vicinanza della superficie indagata. In funzione del tipo di strumento, noto il copriferro, è anche possibile determinabile il diametro delle barre di armatura.

Applicazioni

Lo strumento è nato per il rilievo delle gabbie metalliche delle armature dei pilastri e delle travi; oggi l'uso si è esteso anche alla diagnosi di componenti ferrosi nelle murature o in orditure lignee (Roche, 2012).

La strumentazione, leggera e compatta, permette di eseguire la prova con rapidità, consentendone un largo impiego in tutto il settore delle costruzioni, sia in fase di esecuzione, che di collaudo ed esercizio. La prova pacometrica consente:

- localizzazione di elementi strutturali in ferro inseriti all'interno delle murature: putrelle, catene, tiranti, cerchiature, capichiave;
- localizzazione di altri elementi sotto traccia quali tubature, telai;
- individuazione delle zone prive di elementi metallici per l'esecuzione di indagini finalizzate alla conoscenza delle caratteristiche del materiale nelle

quali sono inglobate, quali, nel caso del calcestruzzo, il prelievo di carote, prove sclerometriche e ultrasoniche;

- localizzazione e orientamento di staffe e ferri longitudinali;
- determinazione del diametro delle armature;
- determinazione dello spessore di copriferri ed interferri.

Vantaggi e limiti della prova

L'indagine magnetometrica oltre ad essere una prova non distruttiva possiede alcuni vantaggi tra cui:

- strumentazione leggera, maneggevole e portatile;
- facilità e velocità di acquisizione dei dati;
- risultati in tempo reale;
- permette di rilevare la presenza, la direzione e il diametro dei ferri di armatura;
- permette inoltre la misura dello spessore del copriferro;
- consente di rilevare la presenza di altri oggetti metallici quali tubazioni, cavi elettrici, tiranti.

Possiede tuttavia anche alcuni svantaggi:

- risultati di tipo principalmente qualitativo;
- risente delle concentrazioni di armature e della presenza di aggiunte nel cls che possono influenzare il campo magnetico (ad esempio fumi di silice);
- non è applicabile con materiali che non conducono elettricità;
- permette indagini a diverse profondità a seconda del tipo di sonda utilizzata;
- talvolta si procede alla demolizione localizzata del copriferro per la verifica diretta, a campione, del diametro delle barre stimato nel corso dell'indagine.

2.2.1.4 Indagine sclerometrica

Lo sclerometro è lo strumento per l'effettuazione di prove empiriche in situ e non distruttive (NDT), dette prove sclerometriche.

Sono oggi disponibili vari modelli di sclerometro calibrati in maniera differente in funzione della superficie da indagare (es. malta, cls, murature, rocce). Gli sclerometri possono essere:

- a pendolo;
- a molla.

Questi ultimi sono i più utilizzati; il più comune è lo sclerometro (o martello) di Schmidt. L'utilizzo dello sclerometro è regolamentato dalla norma UNI EN 12504-2:2012: *Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Prove non distruttive - Determinazione dell'indice sclerometrico.*

Strumentazione e principi della tecnica

Lo sclerometro è costituito da una massa battente d'acciaio, azionata da una molla, che contrasta un'asta di percussione a contatto della superficie di prova. Il metodo consiste nel misurare l'altezza di rimbalzo della massa, dopo che questa è stata proiettata, con una data energia, contro la superficie da saggiare; mediante delle curve, in dotazione allo strumento o diversamente ottenute, l'indice sclerometrico, proporzionale all'altezza di rimbalzo, è correlato alla resistenza a compressione del calcestruzzo (Masi, 2005).

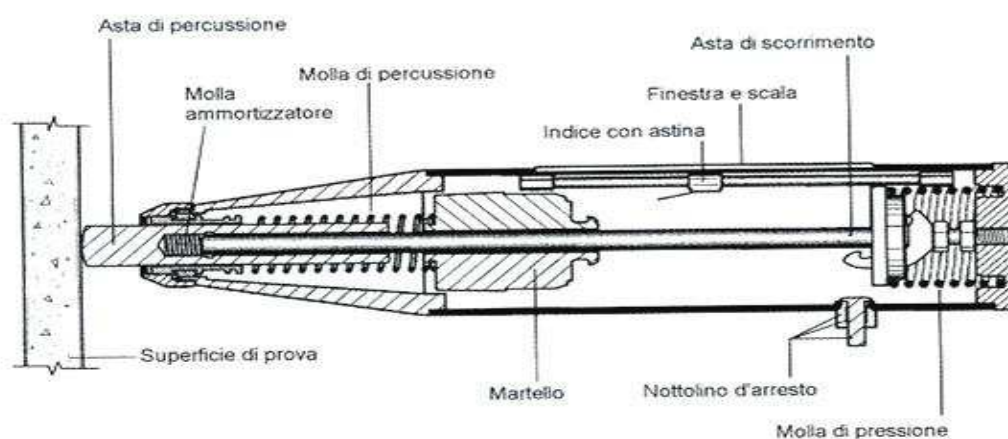


Figura 2.11: descrizione delle parti componenti lo sclerometro (Masi, 2005)

Il metodo consiste nel provocare l'impatto di una massa convenzionale contro la superficie del materiale sottoposto a prova e nel misurare l'altezza del rimbalzo; la misura è espressa in termini di percentuale dell'altezza di rimbalzo rispetto alla distanza percorsa dalla massa in movimento tra l'istante in cui è rilasciata e quando colpisce la superficie del calcestruzzo. Questa percentuale è detta indice di rimbalzo IR. Considerando che l'energia cinetica della massa battente è standard, l'altezza di rimbalzo dipende dall'energia dissipata durante l'impatto che a sua volta, dipende dalla resistenza meccanica della superficie del calcestruzzo. (Venturi, 2012)

Premendo l'asta dello sclerometro contro la superficie di calcestruzzo da esaminare si carica una molla. Quando l'asta rientra, per intero, all'interno dello sclerometro si sgancia automaticamente una massa che colpisce l'asta stessa nell'estremità interna e, attraverso questa, la superficie del calcestruzzo. Per reazione l'asta ritrasmette alla massa il contraccolpo, o rimbalzo, che è tanto maggiore quanto maggiore è la durezza superficiale o la compattezza del calcestruzzo: in seguito all'urto si ha una redistribuzione dell'energia cinetica iniziale: un'aliquota è assorbita dal calcestruzzo sotto forma di energia di deformazione plastica (o permanente), un'altra è restituita alla massa mobile che rimbalza per un tratto proporzionale all'energia rimasta disponibile. Nella corsa di rimbalzo la massa trascina un indice che rimane bloccato

nel punto massimo di ritorno indicando – contemporaneamente - un valore di riferimento sull'apposita scala. Questo numero, è correlato con la resistenza a compressione del calcestruzzo anche in funzione dell'angolo di inclinazione dello strumento sulla superficie di prova.

L'esecuzione delle prove si svolgerà secondo le seguenti modalità:

a) individuazione di una zona di misura che presenti le seguenti caratteristiche:

- assenza di ferri armature in prossimità della superficie (da controllare mediante pacometro);
- superficie priva di evidenti vespai, forti porosità o rilevanti irregolarità superficiali ecc.;
- superficie non ricoperta da intonaco, o da vernice, ecc.;
- superficie possibilmente asciutta.

b) pulizia e lisciatura della superficie con pietra abrasiva, oppure utilizzando, se necessario, uno smerigliatore per asportare lo strato superficiale di calcestruzzo degradato o irregolare;

c) esecuzione di non meno di 10 battute sclerometriche all'interno della zona di misura, secondo una griglia preliminarmente definita, mantenendo lo sclerometro perpendicolare alla superficie di misura. I punti su cui si effettuano le battute devono risultare non coincidenti con gli aggregati affioranti e sufficientemente lontani dalle barre di armatura, dagli altri punti di battuta e dagli spigoli dell'elemento.

d) calcolare la media dei valori degli indici di rimbalzo, verificare l'accettabilità del risultato in base al seguente criterio: almeno l'80% dei valori non deve differire dalla media per 70 meno di 6 unità. Se tale condizione non si verifica l'intera serie di dati deve essere scartata e le prove vanno ripetute in una nuova zona adiacente.

La zona di indagine deve avere una dimensione minima di 20 x 20 cm, tale da consentire l'esecuzione di almeno 12 battute in punti opportunamente distribuiti e distanziati tra loro di circa 2-5 cm, al fine di evitare l'interazione reciproca tra le varie battute. Le zone di indagine devono riguardare strutture con uno spessore minimo di almeno 15 cm; non devono essere in prossimità di spigoli ma ad una distanza minima di almeno 10 cm. Devono essere escluse le zone in prossimità di grossi inerti affioranti, armature, spazi vuoti, vespai, degrado superficiale.

Le prove devono essere eseguite su una griglia regolare di linee distanti da 25 mm a 50 mm l'una dall'altra, i punti di battuta sono costituiti dai punti di intersezione delle linee della griglia. (Venturi, 2012)

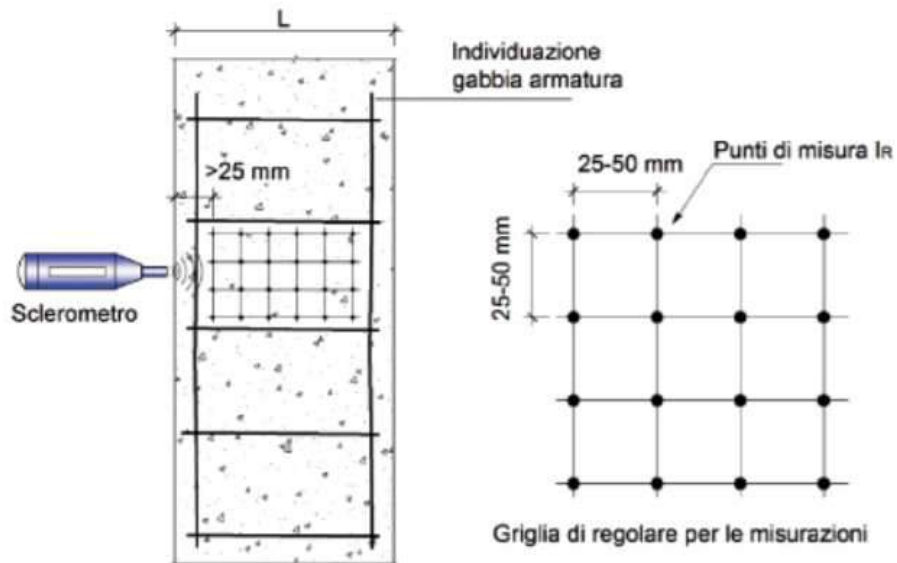


Figura 2.12: Predisposizione della superficie di indagine (Sidercem s.r.l. Istituto di Ricerca e Sperimentazione)



Figura 2.13: Preparazione della superficie su cui eseguire la prova (sinistra) e preparazione griglia su cui effettuare le battute (destra) (Sidercem s.r.l. Istituto di Ricerca e Sperimentazione)

Durante la prova l'asse dello sclerometro deve essere sempre perpendicolare alla superficie della struttura in quanto, una eventuale inclinazione, ne influenzerebbe i risultati, falsandoli poiché il rimbalzo della massa battente può essere più o meno disturbato dalla forza di gravità. In genere, le inclinazioni previste dai diagrammi allegati allo strumento sono relativi ai seguenti angoli:

- $\alpha = 0^\circ$ (pilastri, travi ecc.);
- $\alpha = + 90^\circ$ (solette orizzontali, intradosso di travi ed impalcati);
- $\alpha = - 90^\circ$ (plinti di fondazione, solette stradali ecc.).

Analisi e interpretazione dei risultati

L'indice di rimbalzo viene quindi riportato su un grafico specifico per ogni sclerometro e, attraverso le relative curve di correlazione definite in funzione dell'angolo di

battuta, si ricava la resistenza cubica del calcestruzzo a compressione (con precisione circa del 20%).

Calcolata la media dei valori degli indici di rimbalzo, occorre verificare l'accettabilità del risultato in base al seguente criterio: almeno l'80% dei valori non deve differire dalla media per meno di 6 unità. Se tale condizione non si verifica l'intera serie di dati deve essere scartata e le prove vanno ripetute in una nuova zona adiacente.

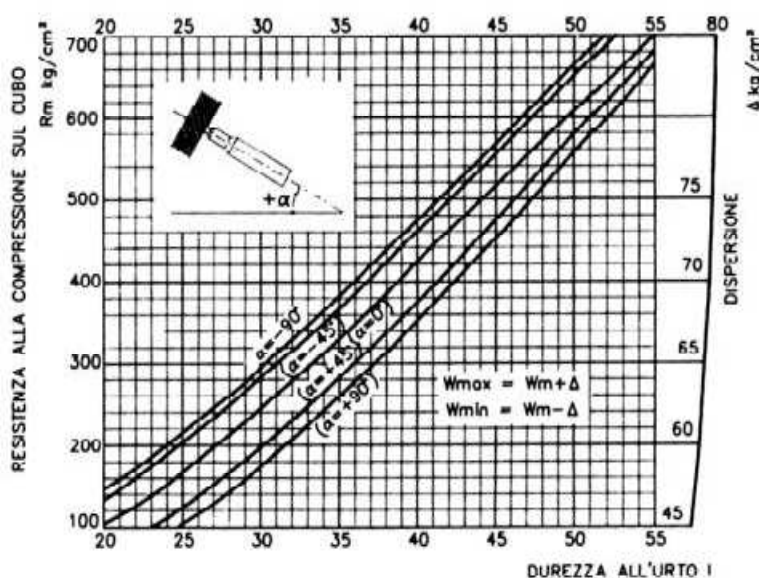


Figura 2.14: Curve di correlazione Indice di rimbalzo/resistenza a compressione (Masi, 2005)

Le curve di correlazione Indice di rimbalzo – resistenza a compressione del materiale sono non lineari con equazione del tipo:

$$R_c = aR^b$$

dove a e b sono i coefficienti di taratura, opportunamente calibrati mediante prove distruttive su carote, e R è l'indice di rimbalzo misurato dallo sclerometro.

Applicazioni

La norma UNI EN 12504-2 precisa che lo sclerometro può essere utilizzato per valutare la omogeneità del calcestruzzo in situ, per delimitare zone di calcestruzzo degradato o di scarsa e per stimare le variazioni nel tempo delle proprietà del calcestruzzo, ma non può sostituire i metodi distruttivi nella determinazione della resistenza; tale determinazione può essere effettuata solo in presenza di una curva sperimentale di taratura. (Masi, 2005)

Vantaggi e limiti della prova

La prova coinvolge soltanto lo strato superficiale di calcestruzzo, per cui il risultato può non essere rappresentativo del calcestruzzo interno; ad esempio il fenomeno di carbonatazione che interessa nel tempo il solo strato superficiale aumentandone la rigidità, può portare a valori dell'indice di rimbalzo maggiori di quelli rappresentativi del calcestruzzo interno; per questa ragione la resistenza stimata su calcestruzzi con più di 90 giorni di stagionatura è in generale maggiore di quella effettiva. (Masi, 2005)

L'indice di rimbalzo è correlato alla resistenza a compressione del calcestruzzo, ma è influenzato da numerosi altri fattori, tra cui:

- le condizioni di umidità del calcestruzzo in superficie (una superficie umida conduce ad un indice di rimbalzo più basso);
- la presenza di uno strato superficiale carbonatato (aumenta l'indice di rimbalzo);
- la tessitura superficiale (una superficie ruvida fornisce generalmente un indice di rimbalzo più basso);
- l'orientazione dello strumento rispetto alla verticale (sono disponibili fattori di correzione approssimati);
- l'età del calcestruzzo;
- la dimensione e il tipo degli aggregati.

Poiché solo il calcestruzzo vicino al punto dell'impatto influenza sensibilmente il valore dell'indice di rimbalzo, la metodologia di prova è sensibile alle condizioni locali, quali la presenza di grossi granuli e gli elementi grossi d'aggregati in prossimità della superficie oppure di vuoti. In generale, è consigliabile eseguire le indagini nelle zone meno armate e non molto sollecitate.

L'impiego dell'indice di rimbalzo comporta molte indeterminazioni e la probabile accuratezza nella stima della resistenza a compressione del calcestruzzo in opera che è di circa $\pm 25\%$ ne suggeriscono l'impiego limitato alla valutazione della uniformità del calcestruzzo in opera. È possibile migliorare la qualità dei rilievi combinando i risultati con quelli ottenuti da altri metodi (velocità di propagazione degli impulsi, pull-out, carotaggi, ecc.) (Venturi, 2012).

La determinazione della resistenza a compressione del calcestruzzo in opera con il solo metodo sclerometrico non è comunque sufficiente ed il suo impiego non può sostituire gli altri metodi di indagine normalmente utilizzati soprattutto in sede di contenzioso come, per esempio, il carotaggio.

2.2.1.5. Prove penetrometriche

Esecuzione e principi della tecnica

La prova consiste nella misurazione dell'energia spesa per praticare una cavità in un giunto di malta con un normale processo di foratura realizzato mediante trapano strumentato. Durante la prova è mantenuta costante la forza di foratura: dall'analisi statistica dei dati rilevati è possibile correlare la resistenza alla perforazione della malta con le sue caratteristiche meccaniche.

La taratura dello strumento viene effettuata misurando l'energia di foratura rilevata su giunti di murature realizzate in laboratorio con malte di riferimento la cui resistenza è stata misurata con prove standard a compressione (UNI EN 1015-11/2007): se non è realizzata un'opportuna taratura, i risultati possono essere interpretati solamente in termini relativi e non assoluti.

Prima di effettuare la prova è opportuno scegliere una zona di muratura piuttosto ampia, di dimensioni circa un metro per un metro e comunque tale da consentire l'individuazione di porzioni di malta sufficientemente omogenea e la realizzazione del numero di misure necessario ad una distanza opportuna: solitamente vengono eseguiti 15-30 fori per ciascuna muratura di cui si vogliono stimare le caratteristiche meccaniche della malta.

Se nella muratura è presente uno strato d'intonaco, se ne deve prevedere la rimozione, avendo cura di ripulire adeguatamente i giunti di malta. È inoltre opportuno asportare lo strato superficiale di malta del giunto con un apposito attrezzo, per evitare di effettuare la prova su un materiale alterato. In questo senso è opportuno impostare la profondità di perforazione al valore massimo, al fine di ottenere più informazioni possibili tra la superficie e la parte interna della muratura.

Un'attenzione particolare deve essere rivolta alla scelta delle punte. In funzione della superficie di prova, ovvero dello spessore dei giunti di malta, possono essere utilizzate punte di diverso diametro, solitamente sono utilizzate punte aventi diametro di 4 o 5 mm; possono essere utilizzate diverse tipologie di punte anche in funzione del supporto da testare e della necessità di ripetibilità della prova (in alternativa alle tradizionali punte in vedia può essere necessario ricorrere a speciali punte di acciaio alla cui estremità viene inserito un supporto tagliente in diamante policristallino, che deve essere realizzato rispettando le tolleranze di esecuzione).

Nel caso di murature a blocchi squadrate, le caratteristiche di resistenza effettive della malta del giunto possono essere sensibilmente diverse in rapporto alle condizioni di maturazione (compressione, temperatura, assorbimento di acqua) ed all'effetto cerchiante da parte dei blocchi che può essere rilevante. Ciò non avviene in genere per le murature di pietrame.

È inoltre necessario tenere in considerazione che i risultati della prova sono molto influenzati dallo strato (profondità, stato di conservazione) di malta disponibile per

l'esecuzione della prova stessa e che, non essendo possibili tarature sperimentali per ciascun tipo di malta, i risultati dovrebbero essere interpretati solamente in termini relativi.

2.2.1.6. Endoscopie

L'endoscopia è una tecnica mutuata dalle discipline scientifiche mediche. Consiste nell'ispezione degli strati più interni della muratura, altrimenti inaccessibili, attraverso dei fori passanti in essa praticati (solitamente si sfruttano quelli realizzati con i carotaggi).

Strumentazione ed principi della tecnica

A tal scopo si possono utilizzare sistemi ottici di tipo rigido, costituiti da obiettivi e lenti tradizionali (boroscopi), o di tipo flessibile, formati da fibre ottiche. In entrambi i casi, gli apparecchi includono anche un sistema di illuminazione ed un oculare esterno che, abbinato ad una camera fotografica, consente la registrazione delle immagini.



Figura 2.15: Esecuzione della prova endoscopica (a sinistra) e strumentazione (a destra) (DRC S.r.l)

Mediante l'inserimento di una piccola sonda endoscopica in fori di almeno 20 mm di diametro si può studiare la superficie del foro per cercare di ricostruire la sezione muraria, inclusa la tipologia di materiali presenti e la presenza di larghi vuoti. I risultati del controllo visivo possono essere registrati mediante un sistema di ripresa video, su file immagine o video. L'esecuzione prevede l'utilizzo di apparecchiature flessibili o rigide, articolate o non, con illuminazione a luce calda o a fibre ottiche. A seconda del tipo di apparecchiatura può cambiare la profondità massima di ispezione, il diametro minimo del foro d'ispezione (a seconda dello spessore della sonda) ed il diametro massimo (fori più grandi richiedono fonti di illuminazione più potenti per dare immagini con buona risoluzione e visibilità). Anche il campo di visione della sonda, rispetto alla visione diretta in avanti, può essere variabile. (Ruggerone 2004)

Applicazioni

Le indagini endoscopiche permettono quindi di ottenere informazioni in merito alle caratteristiche strutturali delle murature (spessore, morfologia e composizione interna) e alla presenza e dimensione di fessure e/o vuoti. Questi parametri sono utili per la valutazione degli eventuali interventi da eseguire e, in particolar modo, sono importanti per stimare l'opportunità di intervenire o meno tramite iniezioni. Inoltre le endoscopie sono spesso utilizzate, in fase di monitoraggio, per la valutazione dell'efficacia degli interventi di consolidamento.

Nonostante la prova possa sembrare abbastanza invasiva (è necessaria l'esecuzione di fori nella struttura), essa viene catalogata come non distruttiva in quanto, nella maggioranza dei casi, le cavità utilizzate sono quelle già precedentemente ottenute per mezzo di carotaggi.

Vantaggi e limiti della prova

Durante l'esecuzione delle indagini endoscopiche, è utile adottare dei riferimenti metrici che indichino la posizione lungo la profondità del foro, sia per le annotazioni effettuate in corso di esecuzione della prova, sia per eventuali osservazioni che avvengano in un secondo momento, in seguito a visione delle immagini salvate durante l'indagine.

Le endoscopie, effettuate dopo l'esecuzione di interventi di consolidamento che modificano la composizione interna della muratura, quali ad esempio le iniezioni con miscele leganti, possono fornire un'indicazione sulla penetrazione e diffusione del materiale consolidante all'interno della muratura stessa, e quindi sulla qualità d'esecuzione ed efficacia dell'intervento.

2.2.1.7. GPR (Ground Penetrating Radar)

Il georadar o GPR (Ground Penetrating Radar) è una tecnica elettromagnetica non distruttiva ad alta risoluzione, utilizzata inizialmente in campo prettamente militare per il monitoraggio e la diagnostica dei terreni che negli ultimi decenni ha conosciuto un discreto sviluppo ampliandone i campi di applicazione. La facilità di acquisizione, la maneggevolezza della strumentazione e la restituzione dei dati grezzi contestualmente all'acquisizione ne ha permesso la diffusione anche in contesti di ingegneria civile e architettura. Nonostante l'evoluzione della strumentazione e dei software dedicati, rimane un processo molto elaborato, che richiede grande esperienza da parte di tecnici specializzati. (D. Cassioli et al. 2009)

Le indagini geofisiche si possono classificare in attive, in cui occorre raccogliere ed analizzare fenomeni esistenti, e passive, in cui occorre analizzare la risposta a

determinati fenomeni indotti; il GPR, tecnica che si basa sull'interpretazione dei segnali riflessi, appartiene quindi a quest'ultimo gruppo, fornendo caratteristiche qualitative eccellenti, ma quantitative limitate.

La tecnica del Ground Penetrating Radar, GPR, viene utilizzata per individuare elementi presenti all'interno del mezzo in esame non visibili né raggiungibili dall'esterno; in particolare, è possibile rilevare disomogeneità, vuoti, lesioni, delaminazioni, concentrazione di sali ed umidità. Tale metodologia di indagine è vantaggiosa, rispetto ad altre tecniche, in quanto permette di realizzare analisi non distruttive, e facilmente ripetibili, su qualsiasi tipologia di superficie ed in svariati campi di applicazione.

Nel campo dell'ingegneria civile ed ambientale, la tecnica GPR è utilizzata per effettuare rilievi strutturali su pareti e pavimentazioni senza arrecare alcun danno al manufatto, localizzare armature in strutture di cemento armato, effettuare un rilievo dei differenti livelli stratigrafici presenti lungo il profilo di un edificio o di un infrastruttura viaria. Inoltre, un'altra interessante applicazione riguarda la ricerca e l'individuazione di strutture sepolte, quali impianti o strutture varie, ai fini di un'eventuale progettazione e pianificazione di opere di scavo. (Daniels, 2004)

Strumentazione e principi della tecnica

La tecnica GPR si basa sulla misura delle proprietà fisiche dei materiali mediante l'utilizzo di onde elettromagnetiche che vengono immesse, riflesse e ricevute da un'antenna che viene trascinata sulla superficie del materiale da investigare. Le modalità di propagazione delle onde elettromagnetiche sono strettamente legate alle costanti dielettriche dei materiali, che derivano a loro volta dallo stato fisico degli stessi (densità, porosità, permeabilità, conducibilità, etc.), pertanto tutte le interfacce separanti mezzi con caratteristiche diverse possono essere individuate in modo tanto più certo quanto più alto è il contrasto fisico. (Daniels, 2004)

In pratica, attraverso l'antenna, dispositivo trasmettente-ricevente, collegata ad un registratore grafico, viene inviato nel mezzo di indagine una serie continua di impulsi elettromagnetici, in corrispondenza delle superfici di discontinuità una parte dell'energia trasmessa viene riflessa e captata dalla sezione ricevente dell'antenna mentre un'altra parte penetra ulteriormente per essere riflessa da una superficie sottostante. Contemporaneamente al movimento dell'antenna il registratore grafico produce una sezione continua spazio-tempo nella quale si osservano le tracce delle diverse riflessioni o, comunque, delle anomalie nella risposta.

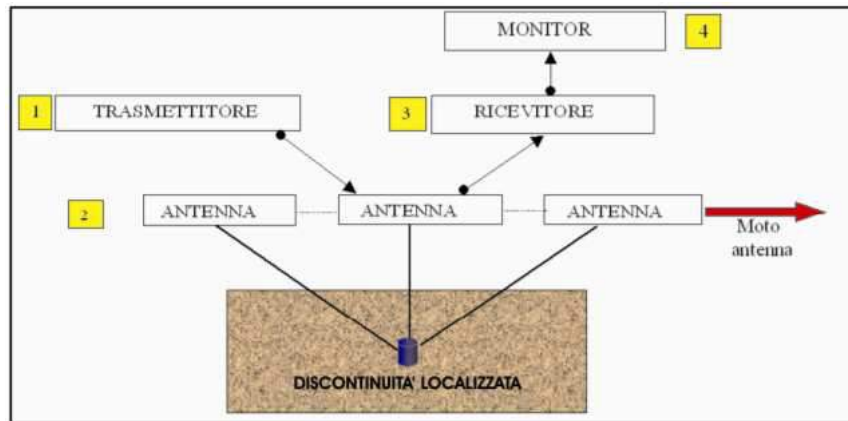


Figura 2.16: Trasmissione, riflessione e ricezione del segnale radar (D.Cassoli et al., 2009)

L'antenna radar è costituita da due dipoli affiancati aventi rispettivamente funzione di trasmissione e ricezione degli impulsi. Trascinando lo strumento sulla muratura da indagare si ottengono delle sezioni che esprimono l'andamento dei segnali ricevuti in funzione del tempo. La scelta dell'antenna da utilizzare nell'indagine è uno dei fattori principali in sede di analisi preliminare dell'intervento in quanto la frequenza dell'antenna è il parametro che, insieme alla tipologia del mezzo in esame, influenza la profondità di penetrazione del segnale e le dimensioni dei difetti rilevati. Più è elevata la frequenza dell'antenna utilizzata tanto più la porzione di solido indagato sarà maggiore e le dimensioni dei difetti colti minori.

L'immagine grafica prodotta dagli echi riflessi è denominata sezione radarstratigrafica o radargramma ed è quindi una sezione piana del mezzo irradiato in cui l'asse orizzontale rappresenta il tragitto coperto dall'antenna lungo la superficie di indagine, mentre quello verticale rappresenta i tempi necessari all'onda per coprire lo spazio di andata e ritorno tra la superficie di prova e le zone di discontinuità che hanno provocato le riflessioni. Ripetendo le misurazioni a intervalli regolari lungo un determinato profilo, si ottengono immagini radar 2D. Eseguendo più profili 2D paralleli ed elaborando i dati è possibile produrre anche immagini radar 3D. Misurando il tempo necessario affinché gli impulsi attraversino tutta la sezione e siano captati dall'antenna ricevente come echi di ritorno, e conoscendo la velocità di propagazione del segnale nel mezzo, è teoricamente possibile determinare la posizione dei singoli ostacoli.

All'interno del radargramma sono visibili diverse riflessioni le cui caratteristiche dipendono dall'oggetto rilevato; in particolare determinati corpi presentano la caratteristica forma ad iperbole in quanto il riflettore è colto dal fascio radar emesso dall'antenna in un intorno di spazio che precede e che segue la perpendicolare rispetto allo stesso; in tal modo la distanza antenna-oggetto tende prima a diminuire ed in seguito ad aumentare. Tale forma ad iperbole è caratteristica di bersagli posizionati ortogonalmente alla linea di scansione; al contrario, per corpi paralleli alla

linea di scansione, il pattern prodotto presenta un andamento sub-orizzontale. Per effettuare un'analisi completa, e cogliere la totalità dei corpi presenti nell'area indagata, occorre acquisire dati radar in entrambe le direzioni. Il radargramma ha carattere qualitativo in quanto consente l'interpretazione delle caratteristiche delle diverse "riflessioni" sotto forma di geometria e di intensità del segnale ricevuto. (Harry M. Jol, 2009)

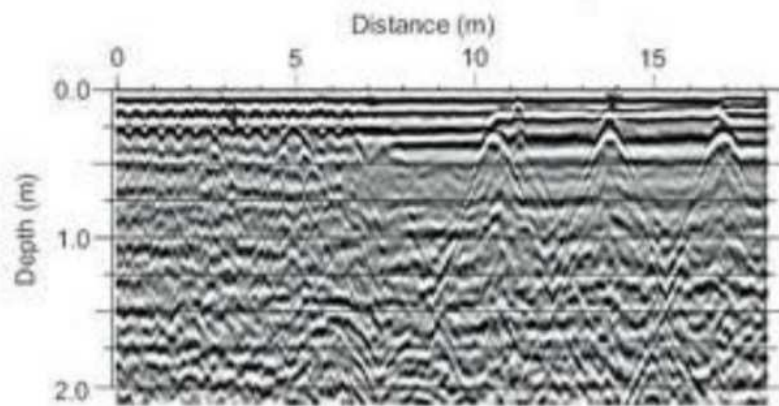


Figura 2.17: Immagine risultante da un indagine radar (Modena et al., 2000).

Applicazioni

Attraverso l'uso di questo metodo è possibile effettuare diverse operazioni di indagine. Tra queste le più importanti sono:

- ricerca di elementi strutturali nascosti in murature portanti e orizzontamenti;
- individuazione di tessiture murarie nascoste da intonaci e affreschi;
- controllo dell'efficacia delle iniezioni;
- individuazione di difetti, fessure, vuoti ed inclusioni di materiali diversi;
- individuazione delle morfologia delle sezioni in murature a più paramenti;
- individuazione della struttura di solai;
- rilievo della presenza di umidità.

Vantaggi e limiti della prova

Dal punto di vista pratico, la prova richiede una serie di accortezze e la presenza di personale esperto. In fase preliminare è opportuno eseguire la calibrazione dello strumento per impostare le caratteristiche dell'antenna in relazione alle finalità della prova e, in particolare, per verificare che il segnale abbia sufficiente potenza e corretta frequenza per attraversare la sezione. In particolar modo è indispensabile valutare correttamente la frequenza dell'onda in relazione alla profondità che si vuole raggiungere nell'indagine: a causa dei fenomeni di assorbimento infatti, all'aumentare della frequenza usata, diminuisce il grado di penetrazione dell'onda. In fase di interpretazione dei risultati è invece indispensabile saper individuare e

valutare correttamente i numerosi disturbi presenti nel segnale. Questi sono dovuti principalmente a:

- effetti della prima componente o break through: Interessano la prima parte del segnale (“nascondono” quindi le caratteristiche più esterne della muratura) e sono causati dal disturbo che si crea tra la componente ricevente e quella emittente dell’antenna e dall’impatto dell’onda con la superficie muraria;
- echi multipli dovuti ai cambi di materiale;
- sovrapposizione di echi laterali che possono creare immagini non esistenti di riflettori paralleli.

Per provare a limitare le componenti di disturbo viene raccomandata una scelta oculata della zona da studiare, adeguatamente lontana dagli spigoli che possono causare effetti di bordo. Essendo poi il segnale emesso fortemente polarizzato, è consigliabile ripetere le operazioni orientando l’antenna secondo diverse angolazioni, per eliminare i disturbi diffusi e migliorare la riconoscibilità degli elementi notevoli nelle immagini prodotte.

Essendo il georadar una tecnica relativamente recente il suo sviluppo non è ancora concluso e le continue innovazioni inerenti la sua tecnologia la rendono sempre più versatile ed idonea per diversi utilizzi. Ad esempio negli ultimi anni, a seguito dell’avvento di nuovi sistemi e software, si è assistito ad un graduale sviluppo dell’indagine radar mediante la modalità 3D che ha in parte sostituito l’ormai rodato utilizzo della tecnologia GPR per le acquisizioni lineari, da cui è possibile ricavare le sezioni bidimensionali dell’oggetto investigato ed interpretare i risultati ottenuti. La tecnologia 3D, seppur più onerosa in termini di tempo e costi rispetto al 2D, presenta numerosi vantaggi poiché, fornendo una rappresentazione spaziale dell’oggetto indagato, mostra in modo maggiormente chiaro i dati acquisiti e facilita notevolmente l’interpretazione dei risultati; inoltre essa è fondamentale per l’interpretazione di difetti isolati la cui localizzazione e comprensione è semplificata dalla visione dell’intero vano di volume che li circonda (Zanzi et al., 2009).

2.2.2. Prove debolmente distruttive

All'interno di questa categoria rientrano quelle prove che, pur compromettendo parzialmente la porzione di muro testata, forniscono valori numerici che possono essere direttamente estendibili alle caratteristiche meccaniche dell'intera muratura. In particolare, dall'esecuzione di queste indagini è possibile ricavare misure dirette delle caratteristiche di resistenza e deformabilità delle strutture, misure dello stato di sforzo agente sulla struttura stessa e, oltre ai suddetti parametri quantitativi, consentono di effettuare valutazioni qualitative sulla composizione della muratura. Costituiscono quindi un valido supporto per effettuare diagnosi in vista di interventi di consolidamento e controlli sull'efficacia di questi ultimi. È importante sottolineare che non tutte queste prove presentano il medesimo grado di affidabilità e, l'utilizzo dell'una o dell'altra, è funzione dell'elemento del quale si vuole approfondire la conoscenza.

2.2.2.1. Martinetti piatti

Strumentazione e principi della tecnica

Questa tecnica, originariamente applicata per la determinazione dei livelli di sforzo delle murature in sito, è stata successivamente calibrata anche per la rilevazione delle caratteristiche di deformabilità. Già dalle prime applicazioni su monumenti storici sono apparse ben chiare le notevoli potenzialità del metodo. Si tratta infatti di una tecnica, forse l'unica attualmente disponibile, che è in grado di fornire informazioni attendibili sulle principali caratteristiche meccaniche di una struttura muraria, sia in termini di deformabilità che di stato di sforzo e resistenza.

La strumentazione necessaria per l'esecuzione della prova è la seguente :

- martinetto piatto;
- sistema idraulico;
- misuratori di spostamenti;
- basi di misura;
- strumento per eseguire il taglio.

I martinetti piatti sono dei cuscinetti vuoti realizzati mediante la saldatura lungo i bordi di sottili lamine d'acciaio (di spessore circa 0.6mm) e gonfiati con olio o altri fluidi mediante un procedimento a pressione, che prevede un sistema di ingresso e di uscita del fluido. Hanno forme e dimensioni varie che permettono loro di adattarsi ad ogni tipologia di muratura e di taglio.

Il sistema idraulico consiste in una pompa idraulica con tubi di connessione flessibili e ad alta precisione, che possano essere collegati con il sistema di ingresso del martinetto; deve essere molto preciso e in grado di mantenere una pressione

costante. La pressione viene misurata con un manometro calibrato posto nel sistema di uscita. La misura degli spostamenti viene eseguita mediante un estensimetro meccanico removibile e l'utilizzo di basette metalliche .

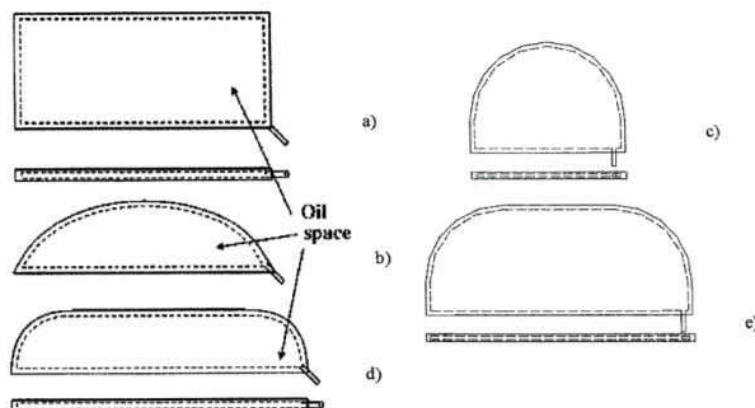


Figura 2.18: tipologie di martinetto piatti (RILEM)

Il taglio può essere eseguito per la muratura di mattoni o per murature con giunti regolari in corrispondenza di un giunto di malta, tramite un trapano a basso numero di giri. In seguito si ripulisce il giunto tagliato con la rimozione di tutta la malta e la polvere in modo che il martinetto sia direttamente a contatto con le superfici del taglio. Nel caso di muratura in pietra irregolare l'attrezzatura usata per il taglio sarà una sega semicircolare con disco diamantato eccentrico come mostrato in figura.

La prova con **martinetto piatto singolo** permette di stimare lo stato di tensione locale presente nelle strutture murarie. La tecnica di prova si basa sulla variazione dello stato tensionale in un punto della struttura provocato da un taglio piano eseguito in direzione normale alla superficie della muratura. Il taglio viene generalmente realizzato mediante sega idraulica con lama circolare. Il rilascio delle tensioni che si manifesta provoca una parziale chiusura del taglio, che viene rilevata tramite misure di distanza relativa fra coppie di punti posti in posizione simmetrica rispetto al taglio stesso. Viene quindi inserito all'interno del taglio un martinetto piatto, realizzato mediante sottili lamiere di acciaio saldate, che viene collegato al circuito idraulico di una pompa. La pressione interna viene gradualmente aumentata fino ad annullare la deformazione misurata successivamente all'esecuzione del taglio. In queste condizioni la pressione all'interno del martinetto è uguale in prima approssimazione alla sollecitazione preesistente nella muratura in direzione normale al piano del martinetto, a meno di una costante sperimentale che tiene conto del rapporto tra l'area del martinetto e l'area del taglio (k_a) e di una costante che tiene conto della rigidità intrinseca di ogni martinetto (k_m). (Jurina, 1996)

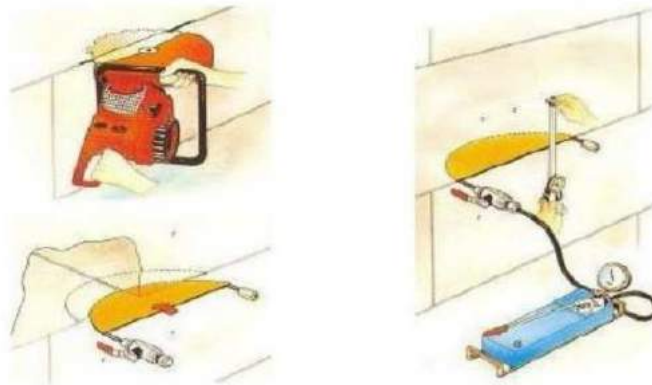


Figura 2.19: Fasi della prova di martinetto piatto singolo (Jurina, 1996)

La prova con **martinetto piatto doppio** consente di determinare le caratteristiche di deformabilità della muratura, nonché di fornire una indicazione sul valore di resistenza della stessa. La prova consiste nell'effettuare un secondo taglio, parallelo al primo ad una distanza variabile (che dipende dagli elementi resistenti della muratura investigata e dalla larghezza del martinetto utilizzato), entro cui viene inserito un secondo martinetto. Ciò consente di delimitare un campione di muratura rappresentativo per dimensioni del comportamento meccanico della stessa. I due martinetti paralleli, opportunamente messi in pressione applicano al campione interposto uno stato di sollecitazione monoassiale e le deformazioni risultanti nella porzione muraria vengono misurate da un numero adeguato di sensori di spostamento in direzione ortogonale e parallela ai piani di inserimento dei martinetti, al fine di determinare il diagramma tensione deformazione della muratura indagata. Le normative di riferimento per i due tipi di prove sono ASTM C 1197-91, 'Standard test method for in-situ measurement of masonry deformability properties using the flatjack method' e RILEM Technical Recommendations for the Testing and Use of Construction Materials, LUM.D.3 'In-situ strength/elasticity tests based on the flat jack' (E & FN Spon, London, 1994) 503-508.

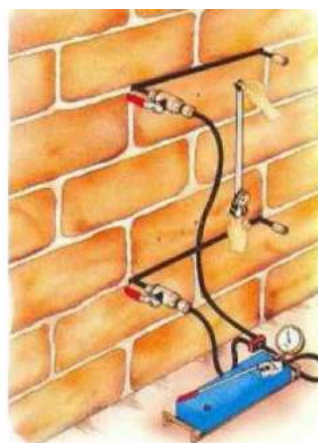


Figura 2.20: Esecuzione della prova di martinetto piatto doppio (Jurina, 1996)

Esecuzione di martinetto piatto singolo

Nel caso della prova di martinetto piatto singolo, scelta una compagine muraria sufficientemente rappresentativa della tipologia da analizzare, si collocano le basi di misura al di sopra e al di sotto della posizione scelta per l'esecuzione del taglio, il più possibile equidistanti da esso. Si raccomandano al minimo 4 punti di misura. Si prende poi la misura iniziale di riferimento delle distanze con l'estensimetro removibile o mediante trasduttori elettronici.

Si esegue quindi il taglio cercando di non disturbare la muratura circostante. Dopo il taglio e la pulitura si prende la seconda misura nei quattro punti di riferimento e si calcola così per differenza il valore della chiusura del taglio.

Si applica una prima pressione pari a circa il 20 ÷ 25% della pressione stimata per raggiungere il presunto valore di sforzo locale e poi si scarica. La pressione si applica da zero ad incrementi di circa 1/8 della pressione attesa, oppure ad incrementi regolari pari a 0.5 ÷ 1.0 bar, e si memorizza lo spostamento misurato.

La prova si considera ultimata quando, in seguito ad incremento di pressione nel martinetto, si ottiene il ripristino delle misurazioni iniziali. Il valore dello sforzo di compressione tra i martinetti è dato dalla relazione:

$$f_m = P \cdot k_a \cdot k_m$$

dove:

P = pressione del martinetto che permette di ristabilire la distanza iniziale tra le basi;

k_a = costante adimensionale che rappresenta il rapporto tra l'area del martinetto e l'area del taglio eseguito nella muratura;

k_m = costante adimensionale dipendente dalla geometria e dalla rigidità del martinetto.

Le due costanti sono di solito minori di 1.

Esecuzione di martinetto piatto doppio

Nel caso della prova di martinetto piatto doppio, vengono eseguiti nella muratura due tagli allineati verticalmente e distanti non più di 1.5 volte la lunghezza dei martinetti. Scelta una compagine muraria sufficientemente rappresentativa della tipologia da analizzare, si collocano le basi di misura e si posizionano i trasduttori di spostamento nella muratura compresa tra i due tagli. La localizzazione e il tipo di strumentazione devono essere scelti per misurare le deformazioni su una lunghezza pari al 75 – 90 % della distanza compresa tra i martinetti. Le misure devono essere prese in più punti ed eventualmente mediate. Si raccomandano almeno 4 punti di misura verticali ed uno orizzontale.

I tagli devono essere paralleli, allineati in verticale e separati almeno da 5 corsi di elementi componenti la muratura nel caso le altezze degli stessi siano minori di 100 mm (murature in laterizi) o 3 corsi per altezze maggiori (murature in pietra).

Dopo aver preso le misure di partenza, la pressione è incrementata nei martinetti a intervalli pari a circa il 10% della pressione massima attesa e le deformazioni sono misurate dopo una breve pausa di assestamento ad ogni passo. Ad ogni incremento, si devono registrare sia la pressione dei martinetti che le deformazioni. Il rapporto tra l'incremento di pressione (dp) e l'incremento della deformazione (de_m), deve essere accuratamente controllato in modo da interrompere la prova quando improvvisamente diminuisce, per non danneggiare la muratura. Un ulteriore controllo riguarda la deformazione orizzontale, il cui repentino incremento potrebbe indicare la propagazione di una fessurazione. La tensione locale nella muratura si calcola come nel caso della prova di martinetto piatto singolo. (RELUIS, 2005-2007)

A conclusione della prova si scarica la pressione e si rimuovono delicatamente i martinetti, chiudendo i tagli con una malta appropriata che non ritiri.

Vantaggi e limiti della prova

La corretta effettuazione delle prove di martinetto piatto richiede attenzione sia nell'esecuzione che nell'interpretazione dei risultati ottenuti.

Difficoltà o impedimenti all'applicazione della prova per la determinazione delle caratteristiche tenso-deformative si possono presentare nel caso di edifici bassi (a uno o due piani) a causa della mancanza di contrasto all'azione dei martinetti e quindi, per insufficienza dello stato di sforzo agente nella muratura al di sopra del punto di prova. In questi casi l'insorgere di fessure nella muratura sopra al martinetto superiore rendono impossibile la prosecuzione della prova (vedi figura sotto).

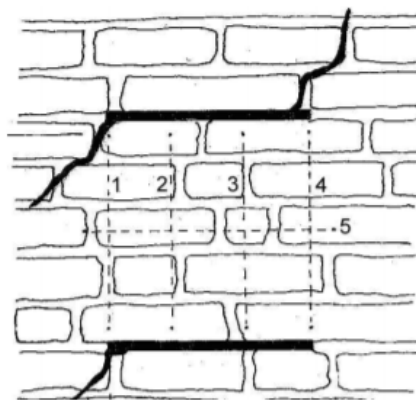


Figura 2.21: Rottura della muratura ai limiti del taglio (RELUIS, 2005-2007)

In caso di giunti di malta di elevato spessore (per esempio giunti di murature di epoca bizantina), la scelta della posizione del taglio sia nella prova con il martinetto singolo

che doppio, è molto importante. Se il giunto è di spessore superiore a 2 cm la scelta migliore sarà effettuare il taglio nel corso di mattoni, ma solo se non si tratta di edifici monumentali.

Quando il giunto è particolarmente sottile (< 4mm), e/o la muratura è di rilevante importanza storica bisogna porre attenzione alle operazioni di taglio. In queste circostanze si deve comunque ricorrere a una sega circolare.

Nel caso di murature in pietra irregolari il taglio non può essere effettuato nei giunti di malta, discontinui e poco resistenti; deve essere invece realizzato attraverso le pietre. Inoltre, la scelta del punto di prova è molto importante perché l'irregolarità della muratura può influenzare molto i risultati. In presenza di una disposizione delle pietre non simmetrica e omogenea si verifica una distribuzione non uniforme dello stato di sforzo durante la prova, con maggiori concentrazioni in corrispondenza della base di misura. (RELUIS 2005-2007)

Le prove di martinetto piatto possono essere considerate come le uniche prove "debolmente" distruttive disponibili in sito e che possano proporre dei dati sufficientemente attendibili in merito alle caratteristiche meccaniche di tensione e deformazione delle strutture in muratura. Poiché la muratura non è omogenea ma si tratta di un materiale anisotropo e con notevoli variazioni all'interno dello stesso edificio indagato, risulta che le prove forniscono caratteristiche qualitative sulle murature in esame.

Bisogna tenere bene a mente che la distribuzione delle tensioni non è uniforme lungo il taglio a causa degli effetti di bordo del taglio stesso e della maggiore rigidità del martinetto in prossimità delle saldature, si hanno spostamenti maggiori nella parte centrale del taglio sia nelle prove di martinetto piatto singolo che doppio. Questo comporta apparentemente una rigidità maggiore della muratura (nella prova di martinetto piatto doppio) nelle basi di misura laterali e vicine ai bordi del taglio, ed al contrario nelle basi poste centralmente rispetto al taglio, essendo ciò dovuto a disuniformi tensioni di compressione all'interno del pannello stesso. Le prove non distruttive (prove soniche, radiografie, prove sclerometriche, etc..) sono indicate come complemento alle prove debolmente distruttive di martinetto piatto. La combinazione di prove NDT con le altre tipologie consente pertanto di estendere i risultati quantitativi "puntuali" ad aree più vaste della struttura in esame.

2.2.2.2. Carotaggi

L'ispezione diretta della muratura resta a tutt'oggi la tecnica più indicata per l'analisi della morfologia muraria. A volte questa può essere condotta semplicemente asportando alcuni mattoni o blocchi di pietra e rilevando e fotografando la sezione interna del muro. In altri casi è invece necessario effettuare dei carotaggi profondi in alcune zone rappresentative della struttura.

Strumentazione e principi della tecnica

Il carotaggio è una tecnica di indagine locale consistente nella perforazione della muratura con appositi strumenti (carotatori) e nell'estrazione di campioni (carota) che consentono il riconoscimento della stratigrafia del muro e l'individuazione della sua composizione; a completamento della prova e per avere maggiori informazioni sulle caratteristiche della muratura vengono successivamente eseguite prove di laboratorio sulle carote.

L'esecuzione prevede, dopo il posizionamento della macchina carotatrice ed il taglio della carota sino alla profondità richiesta, l'estrazione della carota dal foro stesso ed il suo posizionamento, con eventuale ricomposizione in caso di disgregazione, in relativi contenitori sagomati. È necessario indicare sulla carota la direzione di estrazione ed effettuare subito una descrizione (anche fotografica) della carota estratta e del foro da cui è stata prelevata, con riferimenti metrici che indichino la lunghezza della carota/profondità del foro. La massima lunghezza di perforazione per carotatori normali può arrivare a 2500 mm, mentre il diametro varia indicativamente da un minimo di 30-40 mm ad un massimo di 100 mm.



Figura 2.22: Esecuzione della prova di carotaggio (a sinistra) e posizionamento della carota in appositi contenitori (a destra) (CIRI – Edilizia e Costruzioni)

Vantaggi e limiti della prova

È di fondamentale importanza verificare, nel corso dei prelievi, che la macchina carotatrice non abbia significative vibrazioni dell'asse di rotazione e che la velocità di avanzamento sia bassa, onde evitare un eccessivo danneggiamento del campione.

Si deve inoltre limitare al minimo indispensabile la quantità d'acqua utilizzata nel corso della perforazione, per evitare un eccessivo dilavamento delle porzioni di muratura circostanti alla posizione di prelievo ed un eccessivo danneggiamento dei materiali estratti per mezzo del carotaggio da sottoporre ad eventuali prove di laboratorio.

Nel caso che le carote estratte dalla muratura abbiano una loro consistenza (ad esempio, nel caso di murature regolari di laterizio legate con giunti di malta) e vengano sottoposte a prove meccaniche in laboratorio, è necessario tener presente che la direzione di prova in laboratorio è perpendicolare rispetto alla direzione di carico della muratura in opera, e che data l'anisotropia della muratura, il risultato delle prove eseguite nella direzione di estrazione può difficilmente essere correlato al valore di resistenza reale della muratura.

I carotaggi, effettuati dopo l'esecuzione di interventi di consolidamento che modificano la composizione interna della muratura, quali ad esempio le iniezioni con miscele leganti, possono fornire un'indicazione sulla penetrazione e diffusione del materiale consolidante all'interno della muratura stessa, e quindi sulla qualità d'esecuzione ed efficacia dell'intervento.

Un grosso limite di questa tecnica è dato dall'impossibilità di ottenere campioni integri, essi infatti sono sottoposti alle vibrazioni del perforatore e al dilavamento causato dall'acqua iniettata durante il prelievo. Questi problemi rendono quindi più difficoltose le valutazioni sull'effettiva qualità della muratura e sulla sua consistenza. Spesso al carotaggio segue un'endoscopia, che sfrutta appunto il vuoto lasciato dalla carota, tecnica trattata nei metodi di indagine non distruttivi.

2.2.2.3. Prova a scorrimento del giunto di malta

Con la prova di scorrimento o di taglio, si determina la resistenza allo scorrimento della muratura (taglio τ) in presenza di carichi verticali. La prova consiste nel verificare la forza occorrente per far scorrere un mattone, nel piano dei giunti di malta orizzontale ed in presenza del carico verticale. Nelle zone sismiche questa metodologia di prova è ampiamente utilizzata quando si interviene su murature esistenti, al fine di misurare i reali comportamenti in presenza di forze di taglio.(EdilTecnico, 2018) Per le sue caratteristiche è una prova a media invasività.

Principi di funzionamento della tecnica e modalità di esecuzione

La determinazione della tensione di taglio o scorrimento nelle murature a mattone si effettua mediante l'uso di un martinetto idraulico a spinta.

La prova consiste nel rimuovere un mattone in modo da poter posizionare un martinetto oleodinamico ed eliminare un giunto di malta verticale, in posizione opposta rispetto a quest'ultimo rispetto all'elemento da sottoporre a test. Il martinetto sarà quindi libero di esercitare la pressione a contrasto sulla restante muratura fino a quando non provocherà lo slittamento laterale del mattone nel piano, il che consentirà di determinare la corrispondente tensione tangenziale necessaria. (Manzone, 2018)

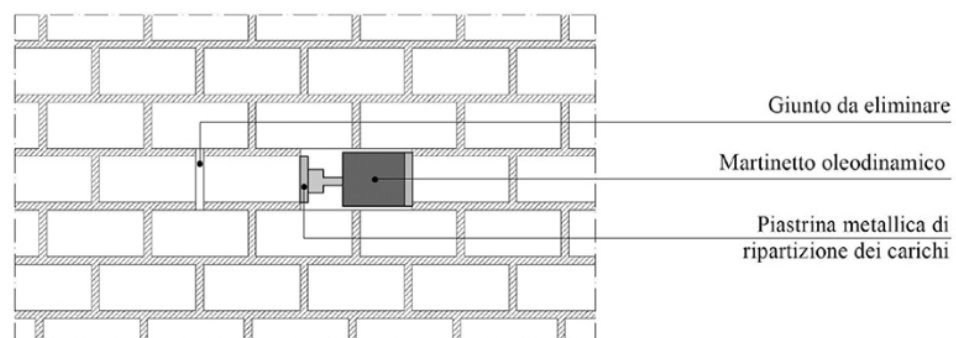


Figura 2.23: Schema di esecuzione della prova a scorrimento del giunto di malta (Manzone, 2018)

Lo scorrimento del mattone è misurato da un sensore di spostamento a cavallo della fessura libera, opposta a quella dove si è inserito il martinetto. L'elemento di muratura sottoposto a prova viene spostato orizzontalmente mediante il martinetto e lo sforzo che causa lo scorrimento dell'elemento in prova fornisce una misura della resistenza a taglio del giunto di malta :

$$\tau = F / 2 * A$$

dove: τ è la tensione tangenziale (tau), F è la forza applicata dal martinetto, A è l'area del mattone.

3. CASO STUDIO: LA PALAZZINA UFFICI DELL'EX FABBRICA ORSI - MANGELLI

Il sito industriale della Mangelli ha rappresentato per la realtà tradizionalmente mezzadrile della città di Forlì, negli anni Venti del secolo scorso, l'arrivo dell'industrializzazione.

Nel corso di un decennio un nuovo quartiere veniva ad aggiungersi a rappresentare questa volta la modernità. Se poi si tiene conto che l'intera area prospettata dal piano regolatore del 1927, centrata sul Viale Mussolini (attuale Viale della Libertà), che si proponeva di legare in un reticolo ortogonale la nuova stazione ferroviaria, giusto alle spalle dello stabilimento Mangelli, le scuole, gli uffici dirigenziali delle industrie, e la nuova piazza di marmi bianchi fuori le mura (Piazzale della Vittoria), allora si può comprendere quel senso di stupore che ci rimandano le cronache coeve e non solo per fini propagandistici.

Del resto la Città del Duce, secondo la retorica del tempo, doveva assumere qualche carattere sperimentale, sia in relazione alla tematica dello svecchiamento sia per la cosiddetta modernizzazione corporativa e lo stabilimento per la seta artificiale sembrava bene prestarsi per tale snodo economico e politico.

In una nota autobiografica⁽¹⁾ redatta a un trentennio dalla fondazione della fabbrica, quando la sua qualifica di "capitano d'industria" poteva dirsi confermata, il conte Paolo Orsi Mangelli incentrava la propria autorappresentazione intorno a tre nuclei: di essere stato un innovatore in campo agricolo; di avere svolto un ruolo importante nell'industria della seta naturale; di essere riuscito a vincere la cultura mezzadrile della Romagna degli anni Venti impiantando uno stabilimento per la produzione di seta artificiale, che nel giro di un decennio rappresenterà il maggiore polo industriale della regione romagnola, vincendo le mille insidie di un ambiente non preparato, senza maestranze e tradizioni industriali, perfino ostile alla mentalità imprenditoriale.

La comparsa dell'imprenditore privato è stata con tutta probabilità impreveduta e ha certamente radicalizzato il disegno d'innovazione. Consultando la pratica del Municipio di Forlì del tempo dedicata alle destinazioni d'uso e di urbanizzazione della zona si nota, infatti, che la volontà degli amministratori era piuttosto cauta in materia. Inizialmente essi pensavano a un ampliamento del foro boario, cioè a un incentivo alla commercializzazione dell'agricoltura. L'iniziativa del conte Mangelli induceva allora una prima frattura con la tradizione mezzadrile e artigianale della zona.

¹ Fonte Archivio di Stato di Forlì, Fondo Alessandro Schiavi; busta 30; fasc. 156 (1957). L'incartamento è originato dal tentativo di fare avere al conte Mangelli l'onorificenza al merito di lavoro.

3.1. L'IMPORTANZA DELLA FAMIGLIA ORSI MANGELLI A FORLÌ

Inizialmente la fortuna della famiglia Mangelli sembra provenire dai vasti possedimenti terrieri e dalla collocazione politica e religiosa di alcuni membri dell'antico albero genealogico.

Durante la prima invasione napoleonica (1796-1799) l'antenato Giuseppe Mangelli si era distinto fra i giacobini forlivesi, come presidente della municipalità forlivese e del locale Circolo Costituzionale, nonché come estensore del progetto di un opificio per il risveglio commerciale della zona. Mangelli riuscirà a restare in sella sia nel Regno italico in qualità di podestà di Forlì dal 1807 al 1809, sia durante la Restaurazione. Non a caso proprio in quegli anni i Mangelli acquistavano un palazzo signorile, su tre piani, con facciata barocca, a un passo dalla piazza maggiore della città. Sarà questa la residenza dell'industriale Paolo, che la preferirà all'altra bergamasca, dopo averla ristrutturata nel 1925 con affreschi, pavimenti in mosaico alla veneziana e pareti foderate in seta. Vi abiterà fino al 1943, gli anni del più intenso sviluppo dell'opificio forlivese.

Nato nel 1880, la sua maturità aveva coinciso con la prima apertura dell'agricoltura romagnola al mercato e con la conseguente razionalizzazione di diversi settori tra cui la zootecnica, la concimazione chimica, i bachi da seta, le prime piante industriali. E la città aveva risposto con l'ampliamento del foro boario e la nascita di una serie di opifici direttamente legati a tali materie prime: pastifici, setifici, fornaci, la Cantina sociale, l'Eridania. Anche le proprietà terriere del nobile, delle quali risultava alla guida non ancora trentenne, partecipavano a tale nuova avventura.

Lottò attivamente come moderno agricoltore cercando di superare gli ostacoli legati a un'arcaica mentalità imperniata nel cerchio delle usuali coltivazioni dei foraggi, della vite, dei cereali, e chiusa nel sistema della mezzadria individuale, che quindi faticava ad accettare le sue innovazioni agronomiche e tecniche. Tra le "trasformazioni" introdotte dal Conte troviamo i primi impianti di frutteti razionali come normale lavoro poderale, la prima intensa coltivazione del tabacco, aprendo il redditizio commercio delle piante industriali, la costruzione del primo impianto in Romagna di irrigazione a pioggia capace di innaffiare circa 80 ettari. Intorno al 1931-1932 si stimava che possedesse intorno ai mille ettari di terreno, di cui le sole tre tenute di circa 777 ettari. Ottenne pubblici riconoscimenti anche nell'attività rurale, per non parlare della tenuta bolognese dove il nobile aveva iniziato dal 1924 l'allevamento di cavalli da trotto, destinato a notorietà nazionale e internazionale.

La componente più industriale sembrava, quindi, innestarsi sul ramo di "moderno" agricoltore. Bisogna però tener conto d'una fase intermedia, durante la quale affiancava alle iniziative rurali una serie di investimenti nell'industria della seta naturale. L'origine di tale interesse è datato 1916, anno del matrimonio con Giselda

Girolimini, di famiglia borghese iesina, la quale gli aveva portato in dote una filanda di Jesi. Fino ad allora la sua iniziativa più ardita restava il caseificio a Carpinello. A partire dal matrimonio, invece, gli investimenti di Mangelli nell'industria della seta naturale raggiunsero flussi di tutto rispetto a giudicare dall'acquisto di diversi stabilimenti. Insieme al padre Raffaele possedevano un insieme di opifici tra filande, filatoi e caseifici, nei quali lavoravano circa 2500 persone nel 1931, salite a circa 3500 nel secondo dopoguerra.

La crisi che colpì questo settore verso il 1925 spinse il conte verso la terra inesplorata della seta artificiale, per la quale lo stabilimento forlivese (SOAM - Società Anonima Orsi Mangelli) resterà per lui un'avanguardia, spiccando come la maggiore industria della Romagna con i suoi 2000 operai e anche la linea di una strategia produttiva via via specializzatasi tale da riconvertire le filande o disseminando poli simili: già nel 1929 affiancava alla SAOM la SIDAC (Società Italiana Di Applicazione Cellulosa), sempre a Forlì, per la produzione del cellofan, mentre a Faenza nel 1940 impiantava l'OMSA per la fabbricazione di calze di nylon. Il secondo dopoguerra vedrà fiorire il mercato delle fibre sintetiche. Un processo, tuttavia, che culminerà con la deindustrializzazione degli anni Settanta, che segna per Forlì la chiusura o la forte crisi della prima industria, dall'Eridania (agrochimica) alla Bartoletti (meccanica) alla Mangelli, solo per citare le maggiori. (Mengozzi, 1997)

3.2. NASCITA E SVILUPPO DELLA FABBRICA ORSI MANGELLI

“Mi permetto di rivolgermi a V.E. conoscendo con quanto interesse Ella segua il sorgere della nuova fabbrica di seta artificiale a Forlì. I lavori sono a buon punto e come già ebbi l'onore di dirvi a voce, spero che per la fine di agosto potrà cominciare a funzionare. Questo impianto che ho fatto da solo, costituisce per me una immobilizzazione di circa venti milioni.”

Lettera di Paolo Orsi Mangelli a Mussolini, Forlì, 8 maggio 1926.

Gli impianti della fabbrica Orsi Mangelli, collocata a due passi dalla nuova stazione ferroviaria entro un vasto isolato a ridosso del centro storico, specializzata nella produzione di seta viscosa, entrarono in funzione alla fine del 1926 per iniziativa del conte Paolo Orsi Mangelli, amministratore unico della società omonima, che aveva colto l'occasione della costruzione della nuova stazione ferroviaria di Forlì, voluta dal regime fascista per celebrare la città del Duce, ormai meta di veri e propri pellegrinaggi. Non si trattava, infatti, di un rinnovo dell'impianto esistente, ma di un vero e proprio trasferimento della stazione in un'area non ancora urbanizzata. Ciò aveva creato la possibilità, per la Orsi Mangelli, di insediare la propria attività, che

pure richiedeva ampi spazi di terreno, proprio nei pressi della nuova stazione, in un'area di 16.000 mq., occupata precedentemente dal vecchio Foro Boario e dalle proprietà del Consorzio Agrario Cooperativo. In conseguenza dell'urbanizzazione delle aree, il mercato del bestiame, che prima vi si svolgeva, venne allontanato verso nord lungo la direttrice della via che porta a Ravenna, nella zona ancora oggi nota come "Foro Boario". (Casadei, 1927)

Questo importantissimo ramo dell'industria tecnica ha portato l'Italia, nella filatura della seta artificiale, al primo posto tanto per la qualità che per la quantità del prodotto.



Figura 3.1: Foto dell'epoca raffigurante Piazzale Mangelli (attuale Piazzale del Lavoro), sullo sfondo l'ingresso allo stabilimento caratterizzato da un edificio a ponte, ben si notano le vecchie rotaie che si spingono fin dentro la fabbrica (www.ResistenaMappe.it)

Il principio adottato dallo stabilimento Orsi Mangelli è lo stesso usato da quasi la totalità dei produttori del genere, e cioè la filatura di una materia chiamata viscosa, ricavata dalla cellulosa di legno adeguatamente trattata. Il legno adoperato per la produzione della cellulosa è comunemente il pioppo e generalmente si importava la cellulosa già preparata in fogli dalla Germania, maestra in materia di chimica industriale.

Due sono i cicli necessari ad ottenere ciò che comunemente si chiama seta artificiale: un primo ciclo di preparazione ed un secondo di lavorazione.

Nel primo ciclo la cellulosa viene pressata e macerata con una soluzione di soda, poi, attraverso macchine speciali che la sfibrano completamente, viene ridotta in poltiglia e fatta maturare in un apposito locale. In un secondo tempo viene portata in altre macchine rimescolatrici che per mezzo di un trattamento chimico ne fanno un liquido molto denso chiamato viscosa. Lasciata a riposo per un certo tempo, è pronta per essere filata.

Nel secondo ciclo di lavorazione specifiche macchine filano la viscosa, ne tolgono mediante un bagno chimico le parti nocive alla salute e avvolgono il filo ottenuto sopra bobine che ne permettono l'accurato lavaggio dopo il quale viene essiccato e di nuovo umidificato. E' successivamente sottoposto a un trattamento pressochè uguale a quello delle altre fibre tessili, cioè viene ritorto, asparto e sbiancato. (Prati e Tramonti, 2000)

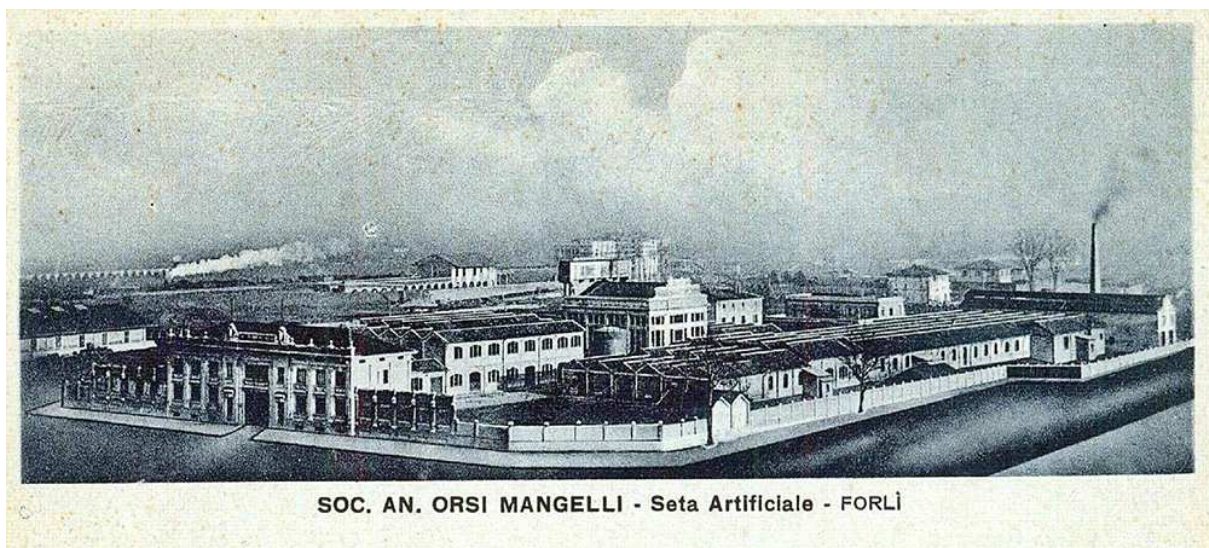


Figura 3.2: 1926-1927, Panoramica dello stabilimento Orsi Mangelli fabbrica di seta artificiale in una foto cartolina, con sulla sinistra, in primo piano, la palazzina uffici, al centro la centrale termoelettrica e sullo sfondo un treno a vapore in transito. (Biblioteca comunale Forlì, Raccolta Piancastelli, Sez. Cartoline Romagnole, Album Forlì 5C / 1032)

Lo stabilimento insisteva su un'area trapezoidale il cui ingresso principale è costituito da un edificio a ponte, eretto su disegno dell'architetto Bazzareo. Varcato il comodo ingresso, la vista spazia su due lunghissime ali di fabbricati divisi da un vialone centrale largo 15 metri e lungo 220 metri, percorso dai binari di raccordo con la Ferrovie dello Stato e con le tramvie della Romagna su tutta la sua lunghezza. Nell'ala di sinistra avevano stanza i reparti chimici, dove avveniva la preparazione della seta, e in quella di destra i tessili, dove il prodotto veniva successivamente lavorato.

Una delle particolarità di questo stabilimento sarà la centrale termoelettrica per la produzione di energia che renderà la fabbrica completamente autonoma per quanto riguarda il fabbisogno dell'energia elettrica.



Figura 3.3: 1926-1927, Centrale termoelettrica dello stabilimento Orsi Mangelli (Biblioteca comunale Forlì, Raccolta Piancastelli, Sez. Cartoline Romagnole, Album Forlì 5C / 1031)

Forlì anticipava, in questa nuova attività, analoghe realtà industriali di Ferrara e Ravenna. A differenza di queste ultime però, il polo industriale forlivese presentava varie debolezze di fondo, costituite principalmente dalla mancanza di infrastrutture appropriate, quali un porto fluviale o marittimo, un quadro normative ad hoc ed un adeguato sostegno pubblico.

Perché un così enorme stabilimento per una città come Forlì? Tre furono i fattori fondamentali: un imprenditore innovativo e capace, una lunga tradizione pre-industriale, un periodo storico favorevole allo sviluppo urbano del capoluogo romagnolo.

Prima ancora che come sistema produttivo di nuovo tipo, la fabbrica, fece scomparire anche fisicamente un mondo che aveva conservato tratti dell'antico regime. Forlì e comprensorio erano noti da sempre per il mercato dei bachi da seta, tradizione dura a morire dal momento che fino a una cinquantina d'anni prima in alcune scuole elementari di campagna si presentava agli alunni come si allevano i bachi tra foglie di gelso. Nei primi anni di attività della fabbrica era difatti rilevante la presenza di

maestranze femminili, poiché nel 1927 le filande forlivesi avevano licenziato buona parte delle loro dipendenti costrette a chiudere in favore della nuova produzione di seta artificiale.

La Orsi Mangelli fu di fatto uno stabilimento in continua espansione che inghiottì spazi verdi, strade pubbliche, vecchi caseggiati, nei quali viveva un'umanità di emarginati, creando un nuovo quartiere alla prima periferia della città e imponendo a tutti nuove gerarchie e preminenze nella scala della proprietà privata. Il conte, inizialmente, aveva chiesto l'area dell'attuale Foro Boario; in seguito ebbe la possibilità di realizzare la sua industria su un vasto terreno che, dalle propaggini del centro, si estendeva verso la nuova urbanizzazione di viale della Libertà. Il suo spirito di iniziativa, la sua caparbità e la sua ambizione seppero realizzare il suo sogno, incoraggiato anche dal conterraneo Capo del Governo. L'area trapezoidale vantava anche un raccordo ferroviario, rimasto parzialmente in sede fino agli anni Ottanta. La fisionomia dell'area che ha resistito sino a tempi recenti si può dire che risalga al 1934: i forlivesi di allora si videro, in appena otto anni, costruire un nuovo quartiere, enorme, interamente industriale.



Figura 3.4: La fabbrica Orsi Mangelli vista dalla nuova stazione ferroviaria. A destra è visibile la centrale termoelettrica, a sinistra nella foto, è ritratto il cantiere Benini. Solo in seguito anche quell'area diventerà della Mangelli. (Fotografia Zoli. Raccolta privata)

Le più ragguardevoli tappe dell'espansione sono comprese tra il 1926 e il 1936, nel decennio lo stabilimento passa da 45.000 mq a 60.000, portando i lavoratori da 800 a 1.300, e la produzione giornaliera da 2.500 kg di seta a 8-9.000 kg di raion, fiocco e prodotti speciali. Un giro d'affari pari a 100 milioni delle Lire di allora.

La più importante è senz'altro quella del 1929, che comporta la costruzione di un nuovo stabilimento, la SIDAC (Società Italiana di Applicazione Cellulosa), il primo impianto italiano per la produzione del cellophan. In totale, tra l'una e l'altra struttura, lavoravano più di duemila persone. In risposta all'americano nylon o nailon, Forlì propose il *forlion*, onorando il nome urbano.

Nel 1934 si può dire che il complesso della SAOM (Società Anonima Orsi Mangelli) e SIDAC (Società Italiana di Applicazione Cellulosa) assumeva definitivamente il volto che ha conservato fino agli anni Settanta del secolo scorso, con la sistemazione per volere del Municipio del piazzale antistante l'ingresso principale della SAOM, allora dedicato al nome del fondatore della fabbrica stessa, che verrà ribattezzato Piazzale del lavoro negli anni Settanta. Per le dimensioni della Forlì del tempo, si trattava dell'aggiunta di un intero quartiere, cresciuto improvvisamente in otto anni, qualcosa che non si era mai visto in precedenza. Un quartiere senza il campanile della sua chiesa, ma con un'alta torre fumaria, rotonda, di mattoni rossicci. Sempre nello stesso anno la Società Anonima Orsi Mangelli cambiò la propria denominazione in quella di SAOM Società Azionaria Orsi Mangelli. (Casadei, 1927)

All'inizio degli anni Quaranta, la fabbrica dovette ridurre il proprio ritmo produttivo poiché non riusciva ad ottenere le materie prime indispensabili per la propria attività, interrotta durante il conflitto mondiale. Nel dopoguerra, ciò nonostante, la produzione riprese rapidamente dato che gli impianti erano sfuggiti ai bombardamenti e alle rappresaglie delle truppe tedesche in ritirata. Il 1949, tuttavia, vide le maggiori industrie forlivesi e cesenate colpite da scioperi ed agitazioni, che per la Orsi Mangelli furono assai pesanti a causa della vulnerabilità degli impianti a ciclo continuo.

Negli anni Settanta la crisi del mercato nazionale ed estero fece registrare un andamento negativo. La Società presentava una situazione finanziaria difficile, dal momento che le banche avevano ristretto drasticamente i prestiti e risultava complesso gestire l'azienda senza l'apporto di nuovi capitali. La situazione del mercato e quella finanziaria peggiorarono al punto che, alla fine del 1972, si arrivò alla cessazione della produzione del rayon, con conseguente chiusura di questo reparto e il licenziamento di tutti gli addetti. Continuarono invece le produzioni di nylon e di cellophane fino ai primi mesi del 1976, quando la proprietà passò dalla famiglia Orsi Mangelli ad altra società, il cui presidente, Carlo Gotti Porcinari, non riuscì ad evitare il fallimento, che fu dichiarato nell'agosto del 1977.

Nei primi mesi del 1978 il curatore vendette il comparto nylon all'imprenditore biellese Emilio Falco che affittò il comparto cellophane ad una cooperativa formata da dipendenti della fabbrica; quest'ultima fu poi acquisita dallo stesso Falco. Questa nuova azienda proseguì l'attività di produzione del cellophane fino al 1984 e quella

del nylon sino al 1993. Intanto, nel 1992, Falco aveva ceduto la società ad un gruppo di imprenditori forlivesi e ravennati.

Diventata successivamente proprietà del Comune di Forlì, l'intera area è stata oggetto di una pesante bonifica dall'amianto e successivamente anche del suolo. Fino all'alba del ventunesimo secolo rimanevano gli scheletri degli edifici dell'area. In seguito all'inserimento dell'intera area in un progetto di riqualificazione urbana, degli edifici originari sono stati mantenuti la palazzina uffici principale, la ciminiera (drasticamente capitozzata), alcune strutture lungo la circonvallazione oggi è sede di condomini e del centro commerciale "I Portici".

Come è avvenuto per altre zone dismesse della prima industrializzazione, la Mangelli "risanata" ha poi mutato d'uso; in particolare la palazzina uffici ha ospitato fino a pochi mesi fa gli uffici della società Romagna Acque e ora si prepara ad ospitare la sede della Polizia Municipale di Forlì.

Moltissimi forlivesi e non solo avranno chissà quanti ricordi di ciò che si faceva all'interno della vasta area trapezoidale. Non c'era famiglia forlivese che non avesse un membro della famiglia che lavorava al suo interno.

I suoi operai usavano andare in piazza e nei negozi a far compere con indosso la tuta della fabbrica, ostentando un privilegio e una garanzia. I più giovani, in genere, aspettavano di essere assunti là per sposarsi. Oggi, invece, racconta simpaticamente l'ex portiere alla Mangelli e uomo di fiducia del conte Paolo, esitano o si sottraggono alla vista di chi potrebbe in luogo pubblico identificarli come vecchi operai della Mangelli.

3.3. L'EX PALAZZINA UFFICI

3.3.1. Caratteristiche dell'immobile

La palazzina degli uffici, progettata nel 1925 dall'architetto Ariodante Bazzareo perpetuò nella costruzione della sua immagine i modelli compositivi e linguistici di quelle delle industrie milanesi, con evidente riferimento a quella della società elettrica Galileo Ferraris, progettata e costruita nel 1917 dall'ing. Valverti.

La struttura è in muratura portante di pianta rettangolare di dimensioni circa m. 40,90 x 12,00 e volumetria stimata di circa 8000 m³. Si tratta di un edificio a ponte sull'ingresso dell'intero stabilimento che si articola su due piani poggianti su un piano seminterrato rialzato di m. 1,20 rispetto al piano stradale con coronamento di un piano attico. (Prati e Tramonti, 2000)

All'interno del piano rialzato trovavano sede gli uffici dell'amministrazione, la portineria, l'infermeria e la sala baliatico, al piano primo gli appartamenti dei direttori tecnici e nel piano seminterrato gli spogliatoi e i refettori.



Figura 3.5: Cartolina dell'epoca rappresentante la palazzina uffici della fabbrica Orsi Mangelli, 1926, Forlì (Biblioteca comunale Forlì, Raccolta Piancastelli, Sez. Cartoline Romagnole, Album Forlì 5C / 1033)

Ad un semplice impianto planimetrico rettangolare corrispondono prospetti caratterizzati da un linguaggio che rifugge dell'eclettismo più magniloquente per approdare ad una sorta di nuovo classicismo: il fronte principale è scandito da una serie di alte lesene tra cui si aprono grandi finestre; il piano attico è sormontato da un

parapetto che ha funzione di frontone, coronato da pinnacoli scanditi sul ritmo delle lesene.

La geometria degli elementi decorativi, che arricchiscono i pochi interspazi di questa facciata, che vede il dominio prevalente dei vuoti sui pieni, attinge al repertorio linguistico della decorazione massonica.



Figura 3.6: Immagine dello stabilimento della Società elettrica Galileo Ferraris, 1915, Milano (www.mumi-ecomuseo.it)

Dal confronto con le foto del decennio successivo la costruzione, è chiara l'aggiunta dei corpi di fabbrica laterali sui due lati che hanno aumentato di una campata la lunghezza dell'edificio sia a destra che a sinistra. Il fabbricato fu poi oggetto di importanti interventi di manutenzione e modifica, in particolare della zona di ingresso, tra il 1988 e il 1990 che non ne hanno comunque stravolto l'aspetto originario.

L'esterno dell'edificio è rimasto pressoché intatto nel tempo, non ha subito stravolgimenti particolari a parte la chiusura delle porte laterali all'accesso principale trasformate in finestre e dell'androne da cui passavano i binari a cui è stato aggiunto un solaio alla quota del piano rialzato ed una rampa di scale al centro del prospetto per arrivare dal livello della strada a quello del piano rialzato. All'interno dell'edificio le trasformazioni invece sono state notevoli, con la creazione di un nuovo blocco scale-ascensori in c.a. al centro dell'edificio, nuove partizioni degli spazi, consolidamento dei solai, realizzazione di controsoffitti.

Dagli anni '90 di proprietà di Romagna Acque ed usato come uffici, è ora diventato di proprietà del Comune di Forlì che lo vuole destinare a sede della propria Polizia Municipale locale.



Figura 3.7: Fronte attuale della palazzina uffici Orsi Mangelli



Figura 3.8: Particolare dell'ingresso a ponte dell'edificio, oggi chiuso in seguito ai lavori eseguiti negli anni 1988-1990

3.3.2. Richiesta di verifica dell'interesse culturale dell'immobile

La nuova destinazione d'uso della palazzina a sede della Polizia Municipale di Forlì impone modeste ridistribuzioni degli spazi interni per adattarli alle esigenze della nuova utenza e, stante la "strategicità" della nuova destinazione d'uso, necessita di interventi di adeguamento/miglioramento sismico per portare l'edificio alla classe d'uso IV "costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della Protezione Civile in caso di calamità" (punto 2.4.2 "Classi d'uso" del DM 17/01/2018 dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni).

L'immobile, essendo di proprietà di un ente pubblico, avendo più di 70 anni ed opera di autore non più vivente, risulta sottoposto alle tutele previste dal "D.lgs. 42 del 22 gennaio 2004, Codice dei beni culturali e del paesaggio".

In occasione dei nuovi lavori, si è pertanto dovuto richiedere alla Soprintendenza Archeologica, Belle Arti e Paesaggio competente (Ravenna) una preventiva verifica nel merito della sussistenza di interesse culturale di tale immobile ai sensi dell'art. 12 del D.Lgs. 42/2004, al fine di poter essere considerato eventualmente un "bene culturale" ed ottenere quindi la qualifica di "patrimonio culturale" con tutti i vincoli conseguenti. La decisione di vincolare un dato bene appartiene alle valutazioni di discrezionalità tecnico-amministrativa della Soprintendenza, con l'intento di perseguire un interesse pubblico di salvaguardia e valorizzazione del patrimonio che si attua attraverso l'emanazione di un decreto della Direzione Regionale territorialmente competente.

Il vincolo imposto all'immobile comporta essenzialmente:

- a) l'imprescindibile dovere di conservazione che costituisce l'assunto fondamentale rispetto al quale tutti gli ulteriori obblighi ne discendono quali corollari;
- b) l'obbligo di autorizzazione preventiva per ogni intervento sul manufatto. Essenzialmente ciò avviene con i mezzi del restauro o altre tecniche conservative. Le modalità proposte, con una progettazione affidata alla figura professionale dell'architetto, sono soggette ad un puntuale controllo da parte della Soprintendenza.

A seguito delle innumerevoli modifiche interne subite soprattutto con i lavori del 1988-1990, l'imposizione di tale vincolo è stato limitato unicamente al mantenimento delle facciate esterne.

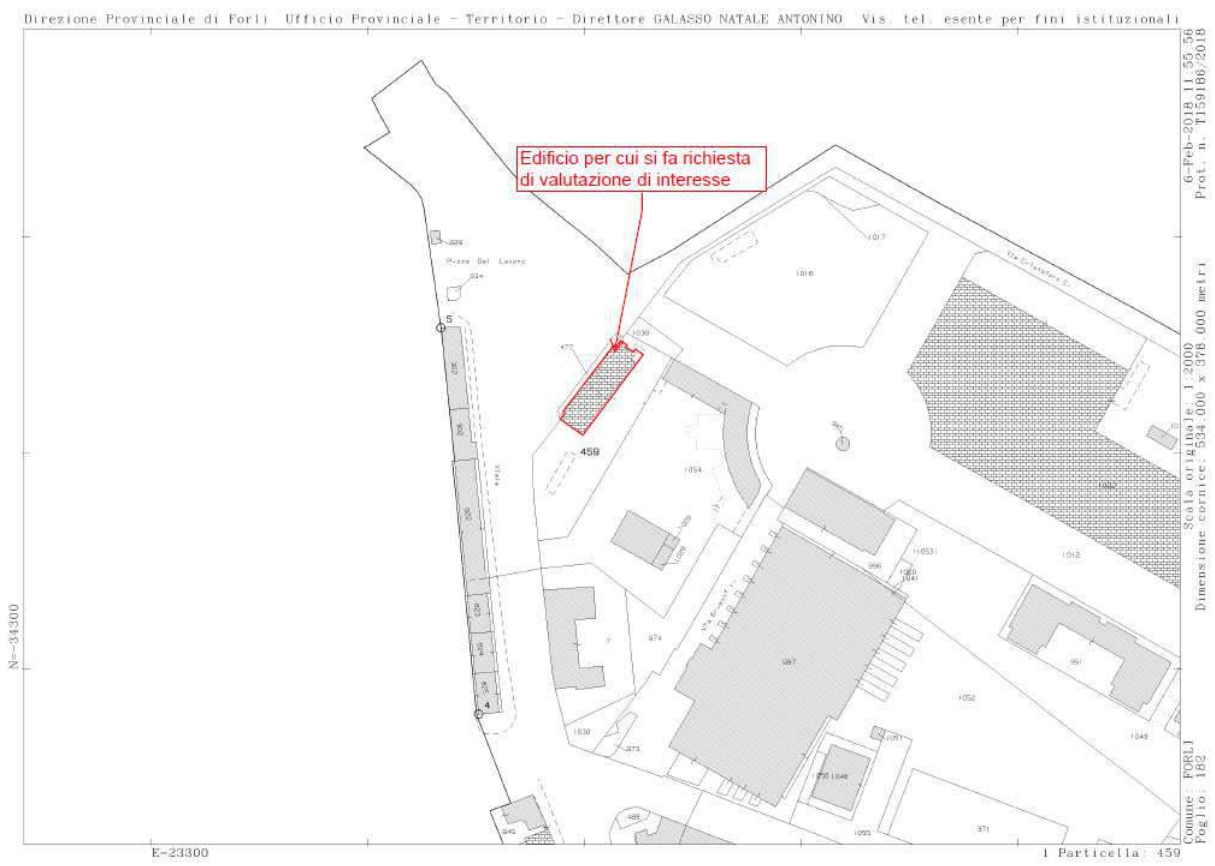


Figura 3.9: Mappa catastale – Foglio 182, particella 459, del Catasto Fabbricati del Comune di Forlì

4. RILIEVO DEL CASO STUDIO

La conoscenza della costruzione è un presupposto fondamentale sia ai fini di una attendibile valutazione della sicurezza sismica attuale sia per la scelta di efficaci interventi di miglioramento. Ai fini dello studio delle caratteristiche dell'edificio si è cercato di seguire i vari passi del percorso della conoscenza illustrati nelle *Linee guida per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle NTC 08*, descritti nel Cap. 2 di questa Tesi.

Dopo accurate analisi storiche dell'evoluzione funzionale dell'edificio e delle sue articolazioni, finalizzate a riconoscere quali utilizzazioni si siano succedute nel tempo, come illustrato nel Cap. 3, e dei principali interventi subiti nel corso degli anni (sono stati ricercati i vari documenti cartacei ancora esistenti delle modifiche subite con particolare attenzione ai consistenti lavori degli anni '87-'90), è stata la volta del rilievo geometrico dell'immobile e a seguire alcune preliminari analisi del quadro fessurativo e osservazioni sull'intonaco esterno attraverso l'analisi visiva di qualche campione prelevato, prove sclerometriche, indagini radar e analisi dello stato di conservazione. Sono infine state svolte all'interno della palazzina indagini con termocamera a infrarossi e prove radar per studiare le varie strutture delle murature e dei solai presenti.

4.1.RILIEVO GEOMETRICO

Ho avuto l'opportunità di conoscere da vicino questo immobile durante il tirocinio curriculare svolto presso lo studio tecnico di Ingegneria Associato Ing. Berlati – Ing. Gaspari – Ing. Donatini, con sede in Viale Vittorio Veneto n. 5, Forlì (FC).

Allo studio tecnico era stata commissionata la redazione dei progetti nei vari livelli previsti dell'intervento di adeguamento/miglioramento sismico e rifunzionalizzazione della palazzina uffici dell'Ex Fabbrica Orsi Mangelli. Il mio tirocinio è coinciso con la fase di redazione del progetto preliminare.

Si è intrapresa inizialmente una ricerca storica sull'immobile per poi passare alla fase di rilievo e prime valutazioni del progetto.

Il rilievo dell'intero edificio si è reso necessario al fine di definire uno stato di fatto sufficientemente preciso, partendo comunque dalle basi grafiche relative all'ultimo intervento eseguito alla fine degli anni '80 del secolo scorso. Ci si è recati più volte in sito per effettuare tutte le misurazioni necessarie che sono state poi riportate graficamente mediante l'utilizzo di AutoCad, creando piante, prospetti e sezioni dell'edificio in scala 1:50.

In questa fase sono state riscontrate leggere discordanze con lo stato attuale, che hanno richiesto approfondimenti di archivio ed anche incontri con la precedente proprietà.

E' stato un rilievo di tipo diretto (longimetrico), indispensabile al fine di creare piante e sezioni fedeli dell'edificio. Gli strumenti utilizzati per misurare le distanze sono stati: metro a stecca, cordella metrica e distanziometro a laser. Quest ultimo è stato quello maggiormente utilizzato poiché ormai sufficientemente preciso ed in grado di velocizzare molto le operazioni di misurazione, fra l'altro con il vantaggio di consentire l'effettuazione dei rilevamenti in autonomia, senza la presenza di un secondo collega, cosa invece impossibile utilizzando la rotella metrica tradizionale.

In questa fase ho compreso che il rilievo architettonico prevede diverse stadi e metodologie applicative. Nello specifico l'iter operativo consiste di due fasi distinte:

1. **fase di campagna**, ossia l'acquisizione dei dati e quindi il prelievo delle misure;
2. **restituzione**, da effettuare in un momento successivo, ovvero di traduzione del rilevato in segni grafici convenzionali, una riproduzione grafica in scala attraverso l'uso, nel mio caso, di software come AutoCad.

La fase di campagna è importantissima; è caratterizzata dallo studio preventivo dell'architettura attraverso rilievo fotografico e rilievo a vista (schizzi geometrici e proporzionali), analizzare i documenti a disposizione e decidere cosa rilevare e come rilevare, gli strumenti necessari e l'accessibilità; si definirà in questo modo un programma di lavoro.

Fasi:

1. Eidotipo: disegno bidimensionale di piante, prospetti, sezioni e dettagli dell'edificio o della porzione che si intende rilevare, devono essere un supporto chiaro per recepire tutte le annotazioni metriche;
2. Misurazione: rilievo metrico di tutte le misure necessarie alla realizzazione del modello bidimensionale dell'edificio, quindi delle piante e degli alzati;
3. Restituzione: disegno tecnico del sistema di misure rilevato in modo da poter ottenere per costruzione geometrica piante/sezioni/prospetti dell'edificio in oggetto.

Si è sempre cercato di effettuare i rilievi in mattinata e di riportarli graficamente nel pomeriggio al fine di non perdere la “memoria” di quanto effettuato.

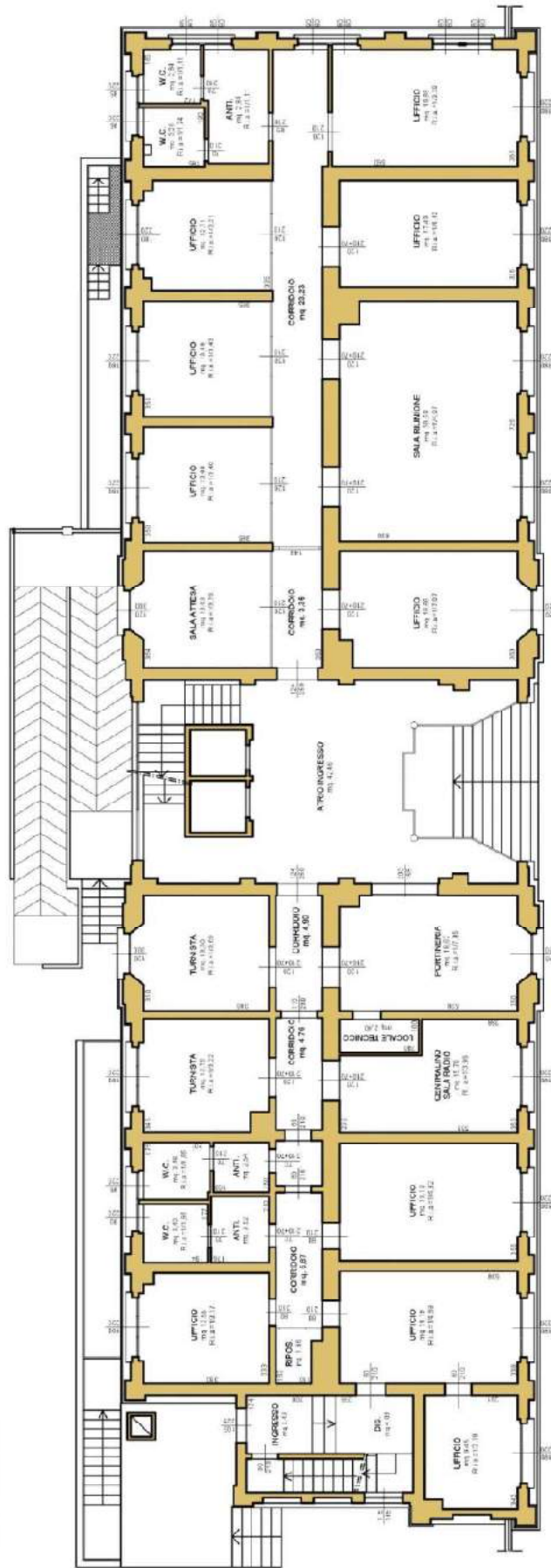
Abbiamo iniziato con il misurare l'interno dell'edificio, partendo dal piano seminterrato per giungere poi ai piani superiori misurando gli interpiani in più posizioni per rilevare l'effettiva altezza poiché è quasi ovunque controsoffittato, e rilevando anche i vani scala. Abbiamo misurato una stanza alla volta con sovrabbondanza di misurazioni utili ad evitare possibili errori macroscopici e per avere maggiori riscontri in fase di restituzione grafica.

Sono state rilevate tutte le caratteristiche plano altimetriche degli elementi costitutivi l'immobile: la geometria dei vari elementi in muratura (altezza, lunghezza, spessore), dei solai e della copertura (tipologia e orditura), delle scale (tipologia strutturale), la localizzazione di eventuali nicchie e cavità, canne fumarie.

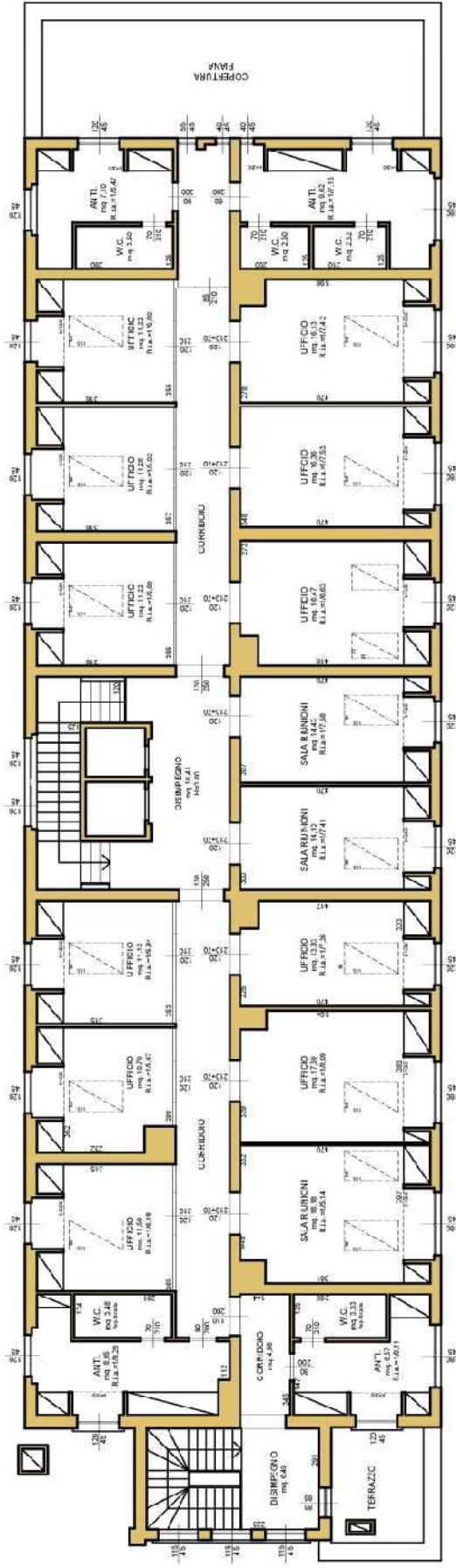
Successivamente abbiamo effettuato anche il rilievo dell'esterno dell'edificio e dell'area circostante. Impegnativo è stato la misurazione di tutti i motivi architettonici presenti in facciata.

La restituzione dei risultati del rilievo è avvenuta attraverso piante, alzati e sezioni come di seguito riportati.

PIANTA PIANO RIALZATO



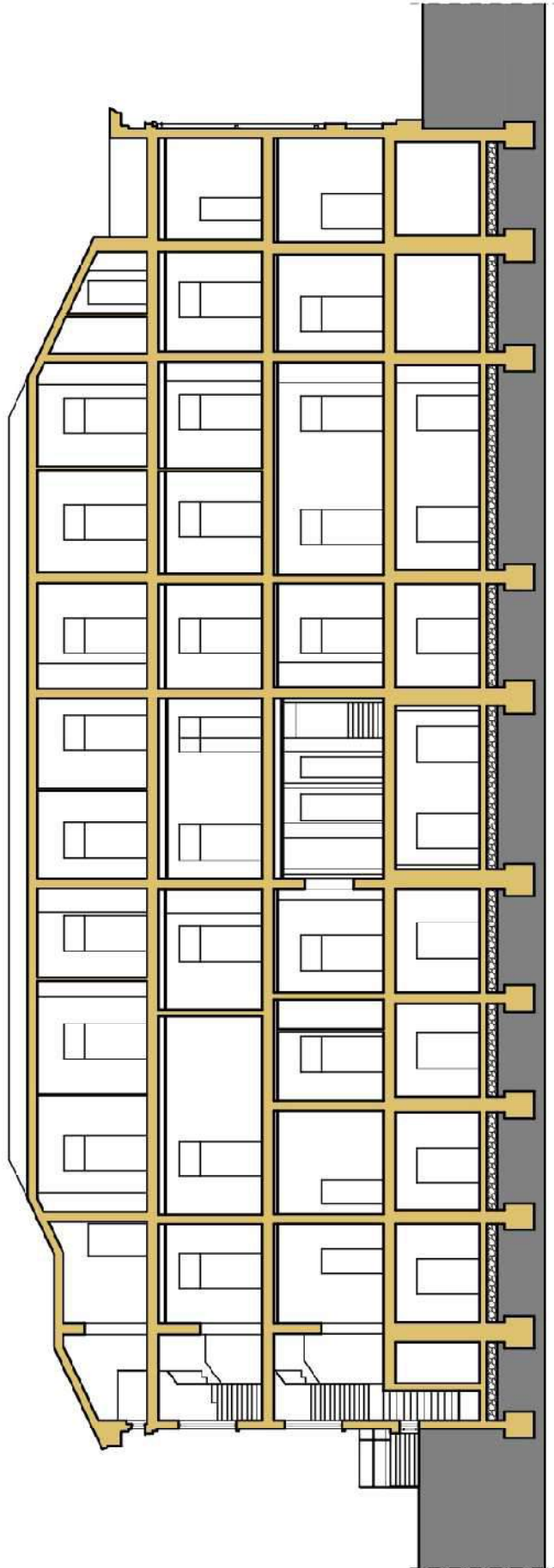
PIANTA PIANO SOTTOTETTO



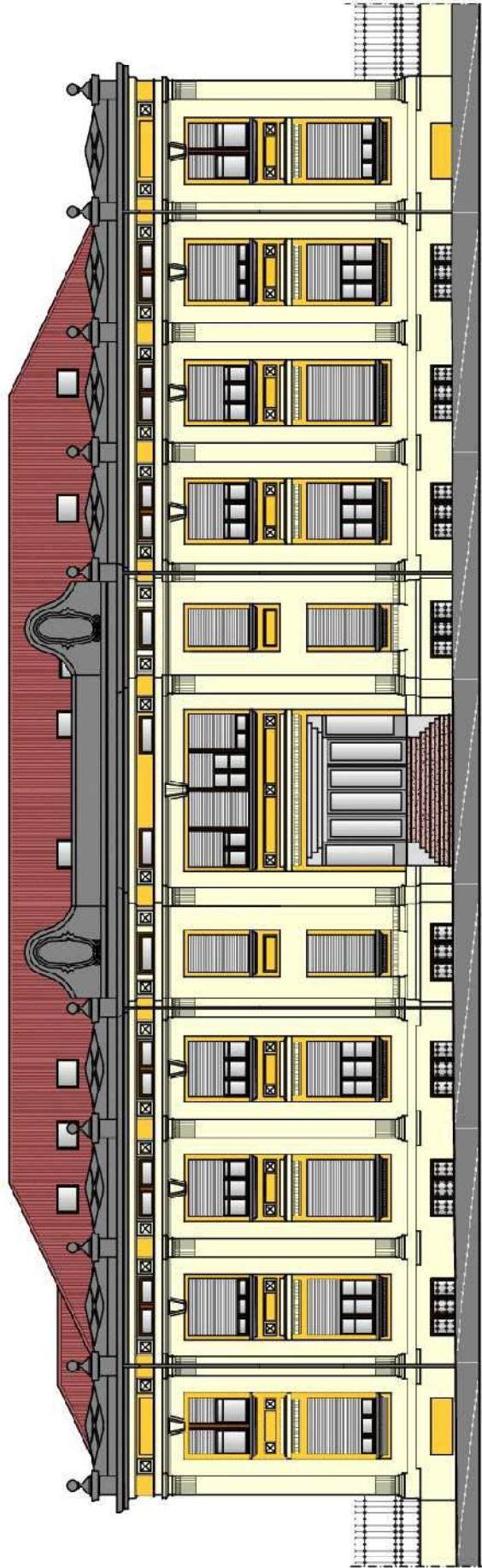
PIANTA COPERTURE



SEZIONE LONGITUDINALE



PROSPETTO FRONTE



4.2 RILIEVO DEL QUADRO FESSURATIVO

In data 27 e 28 Dicembre 2018, presso l' "Ex palazzina uffici Orsi-Mangelli" per l'esecuzione di alcune indagini non distruttive sulla struttura, è stato eseguito anche una ispezione per l'individuazione di fessure eventualmente presenti nei vari locali. Non si tratta di un vero rilievo del quadro fessurativo bensì di alcune preliminari osservazioni al fine di avere una conoscenza più approfondita della struttura.

Come illustrato nelle *"Linee Guida per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008"*, il rilievo degli eventuali fenomeni fessurativi e deformativi della struttura oggetto di indagine è uno dei presupposti fondamentali ai fini di ottenere un'attendibile valutazione della sicurezza sismica attuale sia per la scelta di un'efficace intervento di miglioramento/adequamento sismico.

Al fine della definizione di un modello interpretativo della struttura con un grado di attendibilità più elevato, si ricorda che tale livello di precisione varia a seconda del numero e della completezza delle indagini conoscitive eseguite. Successivamente all'analisi storica e al rilievo geometrico sono state rilevate e rappresentate solo in pianta le posizioni di fessure presentinell'edificio. Un rilievo più approfondito e completo del quadro fessurativo consentirebbe di studiarne e individuarne le cause e le possibili evoluzioni delle problematiche strutturali dell'organismo.

Le lesioni sono state classificate, secondo il loro andamento in:

- Lesioni verticali;
- Lesioni orizzontali;
- Lesioni su solaio (assenti o non visibili nel nostro caso a causa della presenza dei controsoffitti nella maggior parte degli ambienti).

A loro volta tali fessure sono state distinte in quattro classi in base alla loro importanza in:

- Lievi;
- Medie;
- Gravi;
- Passanti.

È stata eseguita questa analisi per ogni piano della palazzina, ispezionando una stanza alla volta. È stata scattata una foto per ogni fessura dopo averle "nominate" con numero progressivo tramite un'etichetta, con lo scopo di rendere più immediata la successiva analisi. Si è cercato di esaminare tutte le pareti, spigoli, pavimenti e solai delle stanze, ma non sempre è stato possibile a causa di ingombri/presenza di mobilio.

Sono di seguito riportate, suddivise per piani, le piante raffiguranti la posizione delle fessure e a seguire le foto delle varie lesioni.

Piano seminterrato



PIANTA PIANO SEMINTERRATO

LEGENDA QUADRO FESSURATIVO:			
	Lieve		Fessure verticali (F + n. fessura)
	Media		Fessure orizzontali (F + n. fessura)
	Grave		Passante

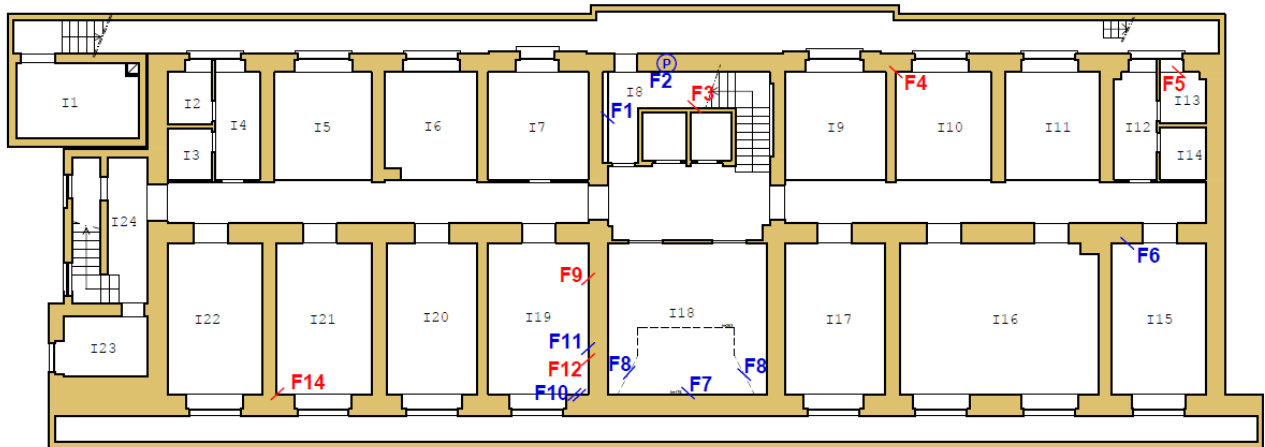


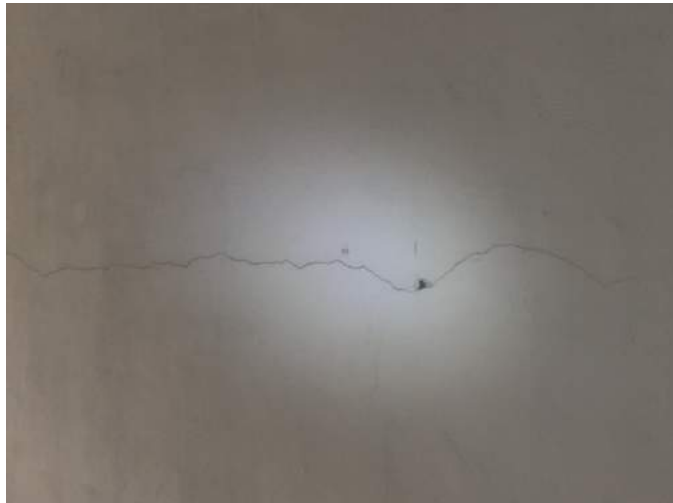
Figura 4.1: Pianta piano seminterrato con riportate le posizioni delle fessure. Il codice in centro a ciascun ambiente si riferisce all'identificazione della stanza.



Fessura:	F1, Orizzontale
Gravità:	Lieve
Stanza:	I8
Parete:	
Note:	Trattasi probabilmente di leggeri cedimenti fondali legati al tipo di terreno (argilla limosa e limo argilloso) . Dai disegni degli interventi negli anni '87-'90 risulta inoltre una parziale tamponatura di un preesistente vano murario.



Fessura:	F2, Orizzontale
Gravità:	Passante
Stanza:	I8
Parete:	SE
Note:	Trattasi probabilmente di leggeri cedimenti fondari legati al tipo di terreno (argilla limosa e limo argilloso).



Fessura:	F2, Orizzontale
Gravità:	Passante
Stanza:	Esterno dell'edificio
Parete:	SE
Note:	Fessura F2 vista dalla parte esterna.



Fessura: F3, Verticale

Gravità: Lieve

Stanza: I8

Parete: NO

Note: fessura in corrispondenza del punto di contatto di pareti realizzate con diversi materiali (muratura a sx, c.a. a dx).



Fessura: F4, Verticale

Gravità: Lieve

Stanza: I10,

Parete: angolo Est

Note: Leggerissima fessura nel punto di collegamento tra pareti in muratura con caratteristiche diverse ed epoca di realizzazione diverse.



Fessura: F5, Verticale

Gravità: Lieve

Stanza: I13

Parete SE

Note: La fessura si trova nella porzione di muratura rientrante antistante l'infisso. Si ipotizza distacco di rivestimento in laterizio a suo tempo realizzato per "regolarizzare" la parete e l'architrave.



Fessura: F6, Orizzontale

Gravità: Lieve

Stanza: I15

Parete SE

Note: Fessurazione situata nel muro di spina dell'edificio vicino ad una apertura di una porta, quindi un punto debole della parete.



Fessura:	F7, Orizzontale
Gravità:	Lieve
Stanza:	I18
Parete:	NO
Note:	Ci si trova nella zona sottostante l'ingresso principale. Trattasi probabilmente di leggeri cedimenti fondali legati al tipo di terreno (argilla limosa e limo argilloso) in corrispondenza del punto di collegamento fra i cordoli di fondazione originari più superficiali e le nuove sottofondazioni per la realizzazione negli anni '87-'90 dell'interrato, non presente all'epoca della costruzione.



Fessura:	F8, Orizzontale
Gravità:	Lieve
Stanza:	I18
Parete:	SO (della rampa scale di ingresso)
Note:	Ci si trova nella zona sottostante l'ingresso principale; quella che si vede dalla foto è la rampa dell'ingresso (all'altezza di 1.20 m dal piano stradale) situato sul fronte dell'edificio. La lesione che si vede si ritiene dovuta al distacco tra rampa ed il sovrastante tamponamento laterale.



Fessura:	F9, Verticale
Gravità:	Lieve
Stanza:	I19
Parete	SO
Note:	Fessurazione situata in un tramezzo portante di muratura. È presente anche un leggero rigonfiamento dello strato di finitura dell'intonaco. Osservando le piante degli interventi eseguiti tra il '87-'90 si può notare che la lesione F9 si trova in corrispondenza di vano porta chiuso con l'intervento di ristrutturazione degli anni '87-'90. tale fessura può quindi essere dovuta a tali modifiche apportate nella muratura (vedi figura 4.2).

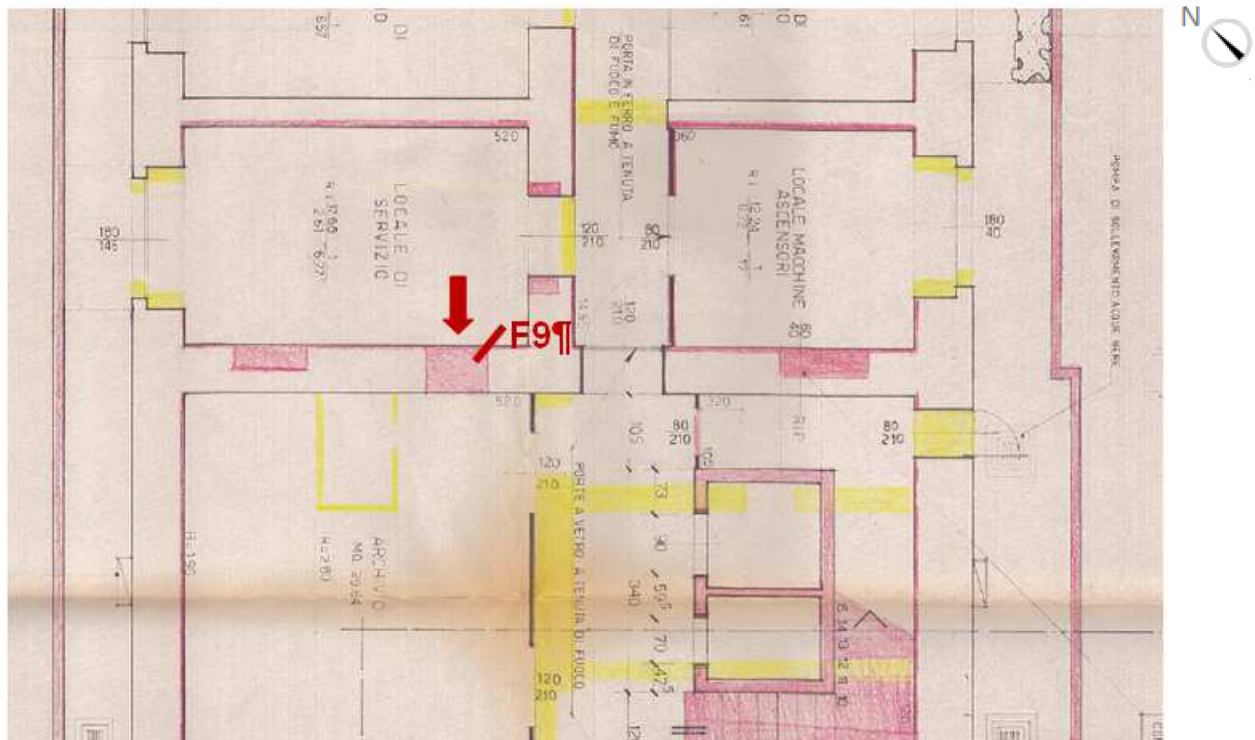


Figura 4.2: Pianta del piano seminterrato risalente al 1987 con apportante in giallo (demolizioni) e rosso (nuove costruzioni) degli importanti interventi che hanno interessato la struttura negli anni '87-'90. In rosso è anche indicata la posizione della fessura in esame presente. (Stato modificato, 9 Novembre 1987)



Fessura:	F10, Orizzontale
Gravità:	Media
Stanza:	I19
Parete:	NO
Note:	Fessurazione in corrispondenza del vecchio cordolo del solaio: il solaio di questa stanza, posta sul lato fonte dell'edificio, aveva originariamente una quota inferiore. Come si può notare dalla Fig 4.3, la stanza posta sopra alla I19 si trovava ad una quota inferiore rispetto ad oggi.



Figura 4.3: cartolina originaria del 1926 (a sinistra) dalla quale si può vedere che la quota di calpestio della stanza adiacente al passaggio a ponte dell'edificio si trovava a una quota inferiore rispetto ad oggi (a destra), oltre che dalle piante lo si intuisce infatti dalla porta di ingresso oggi trasformata in finestra, dopo essere stata alzata la quota del solaio.



Fessura:	F11, F12
Gravità:	Lieve
Stanza:	I19
Parete:	SO
Note:	Ci troviamo sulla stessa parete della fessura F9, più vicini al fronte dell'edificio. Osservando la pianta del 1987 con riportati gli interventi che sono stati eseguiti in occasione di tali lavori, si nota per anche questa porzione di muratura una modifica consistente nella chiusura di una rientranza della stessa. In F11 è presente anche un leggero rigonfiamento dello strato di finitura dell'intonaco.

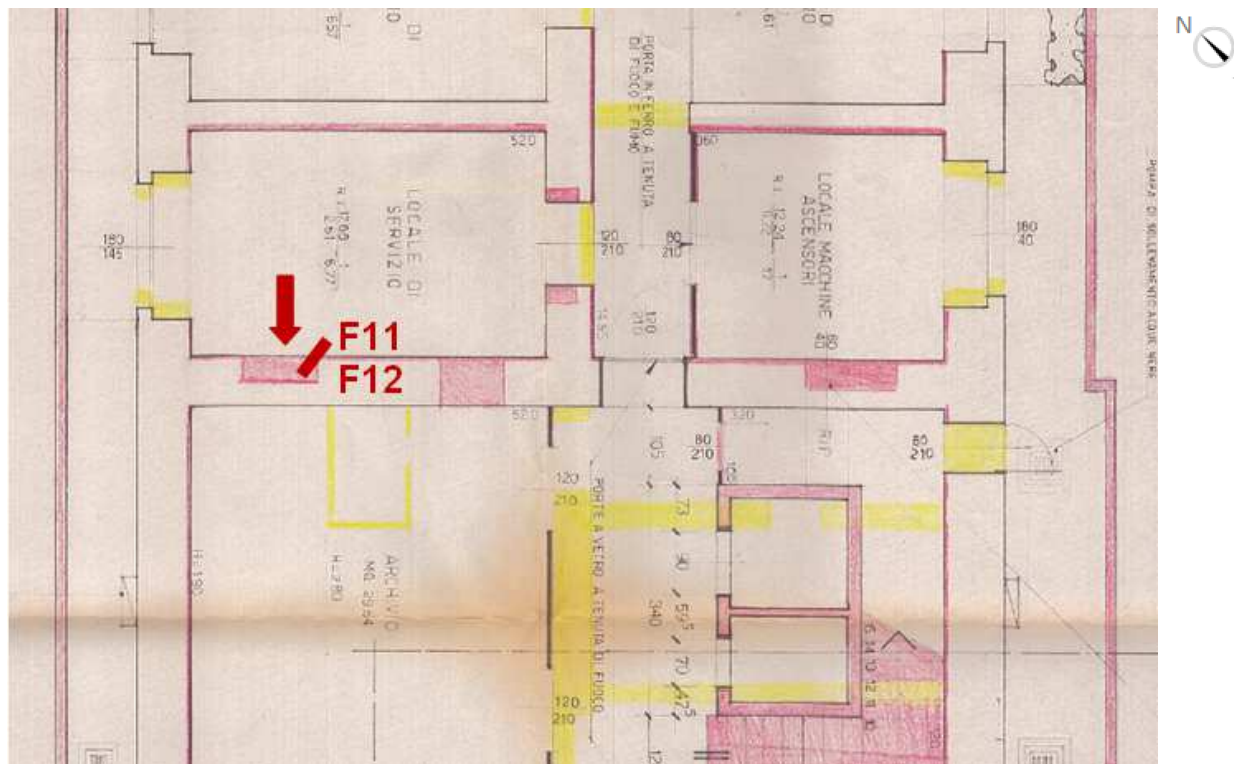


Figura 4.4: Pianta del piano seminterrato risalente al 1987 con apportante in giallo (demolizioni) e rosso (nuove costruzioni) degli importanti interventi che hanno interessato la struttura negli anni '87-'90. Sempre in rosso sono anche indicate le posizioni delle fessure in esame presenti. (Stato modificato, 9 Novembre 1987)



Fessura: F14

Gravità: Lieve

Stanza: I21

Parete: Angolo Nord

Note: Leggerissima fessura nel punto di collegamento tra pareti in muratura con caratteristiche diverse: una si tratta della parete del fronte dell'edificio, l'altra di un tramezzo perpendicolare ad essa di spessore minore. Sono state inoltre costruite in epoche diverse come riportato in Fig. 4.5; il tramezzo è infatti stato realizzato in occasione dei consistenti lavori avvenuti negli anni '87-'90.

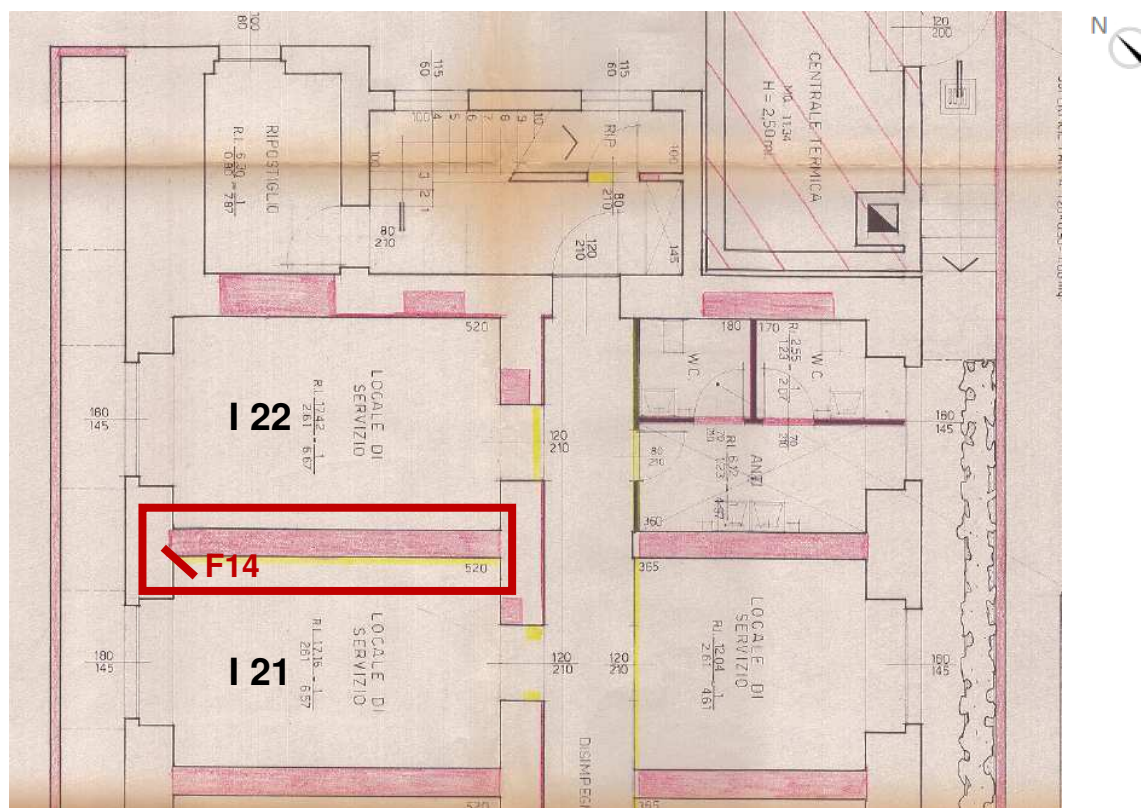


Figura 4.5: Pianta del piano seminterrato risalente al 1987 con apportante in giallo (demolizioni) e rosso (nuove costruzioni) degli importanti interventi che hanno interessato la struttura negli anni '87-'90. Sempre in rosso sono anche indicate le posizioni delle fessure in esame presenti. (Stato modificato, 9 Novembre 1987)

Piano Rialzato

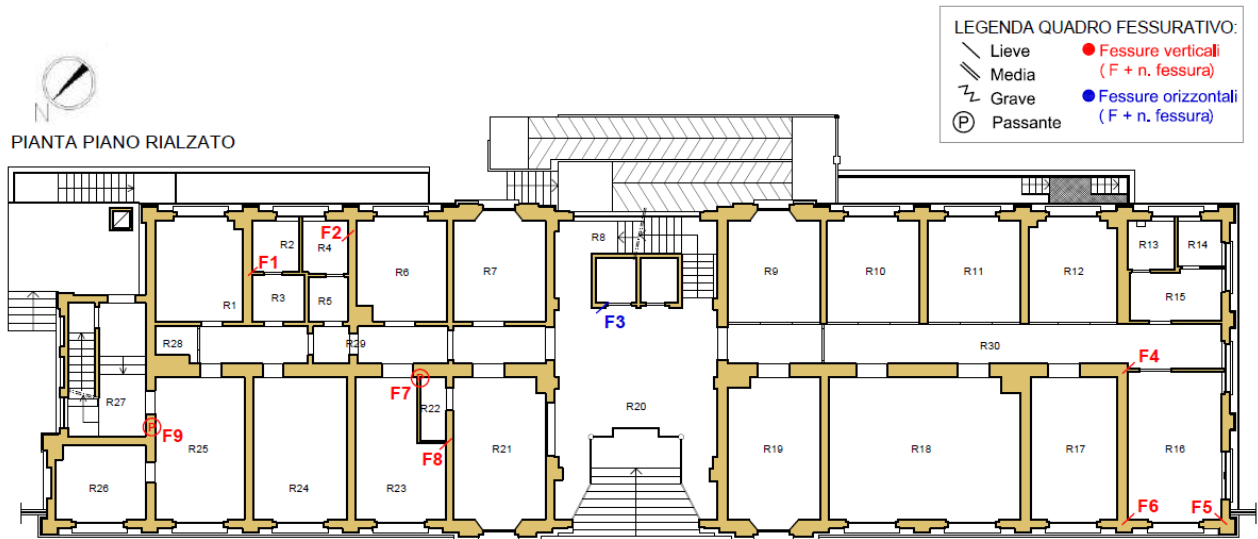


Figura 4.6: Pianta piano rialzato con riportate le posizioni delle fessure. Il codice in centro a ciascun ambiente si riferisce all'identificazione della stanza.



Fessura:	F1, Verticale
Gravità:	Lieve
Stanza:	R2
Parete:	Angolo Nord
Note:	Leggera fessura nel punto di collegamento tra pareti in muratura con caratteristiche diverse (spessore).



Fessura:	F2, Orizzontale
Gravità:	Lieve
Stanza:	R2
Parete:	SO, vicino angolo S
Note:	Leggerissima fessura. La parete su cui si trova è stata realizzata durante gli interventi degli anni '87-'90.



Fessura:	F3, Orizzontale
Gravità:	Lieve
Stanza:	R20
Parete:	Parete del vano ascensore
Note:	Fessura nel punto di unione fra elementi con caratteristiche diverse (parete in c.a. del vano ascensore e controsoffitto in cartongesso).



Fessura:	F4, Verticale
Gravità:	Lieve
Stanza:	R30 (Corridoio, di fronte a R16)
Parete:	NO
Note:	Fessura nel punto di giunzione fra pareti con caratteristiche diverse (muratura portante con tramezzo in laterizio).



Fessura:	F5, Verticale
Gravità:	Lieve
Stanza:	R16,
Parete:	Angolo O
Note:	Leggerissima fessura nel punto di collegamento tra pareti perimetrali ortogonali in cui non vi è probabilmente un perfetto ammorsamento legato al diverso tipo di tessitura.



Fessura:	F6, Verticale
Gravità:	Lieve
Stanza:	R16,
Parete:	Angolo N
Note:	Leggerissima fessura nel punto di collegamento tra pareti in muratura con caratteristiche diverse; una si tratta di muratura portante perimetrale, l'altra invece un tramezzo.



Fessura:	F7, Verticale
Gravità:	Passante
Stanza:	R22 (locale tecnico)
Parete:	Angolo E
Note:	Fessura nel punto di contatto fra una parete in muratura portante e una paretina in cartongesso, realizzata per creare un vano tecnico.



Fessura:	F8, Verticale
Gravità:	Lieve
Stanza:	R23
Parete:	Angolo tra locale tecnico e parete SO della stanza
Note:	Leggerissima fessura nel punto di collegamento tra pareti in muratura con caratteristiche diverse ed epoca di realizzazione diverse.



Fessura:	F9, Verticale
Gravità:	Passante
Stanza:	R27
Parete:	NO
Note:	Fessura legata probabilmente ad alcune modifiche delle aperture negli interventi strutturali degli anni '87-'90, ulteriormente indebolite dalla realizzazione di "tagliole" per impianti.

Piano Primo

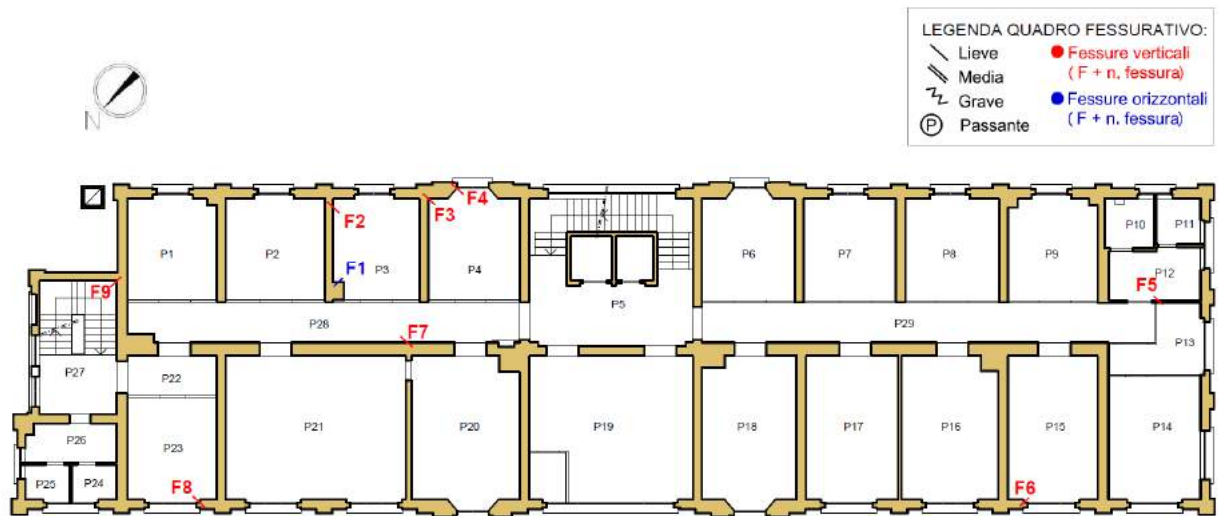
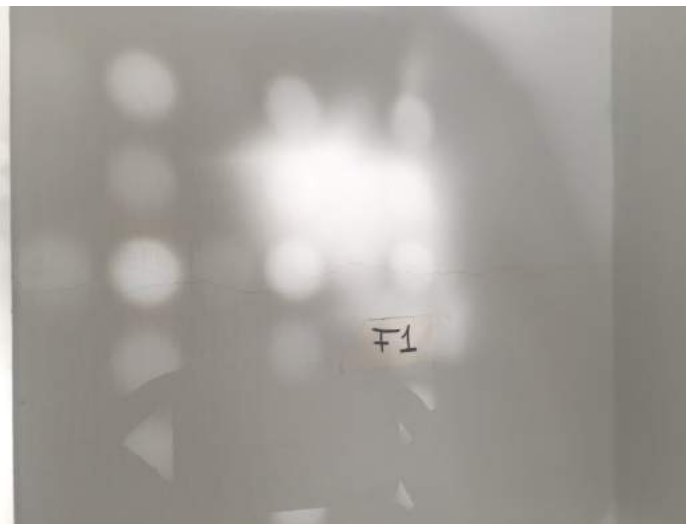


Figura 4.7: Pianta piano primo con riportate le posizioni delle fessure. Il codice in centro a ciascun ambiente si riferisce all'identificazione della stanza.



Fessura:	F1, Orizzontale
Gravità:	Lieve
Stanza:	P3
Parete:	NE
Note:	Fessurazione non significativa dal punto di vista strutturale poiché situata su parete in cartongesso realizzato per vano passaggio impianti



Fessura:	F2, Verticale
Gravità:	Lieve
Stanza:	P3
Parete:	NE, vicino angolo E
Note:	Ci troviamo vicino alla parete della facciata del retro dell'edificio. Il soffitto che si vede in foto non è quello strutturale, bensì un controsoffitto; non si riesce quindi a vedere da dove parte esattamente la fessura. Dai disegni degli interventi degli anni '87-'90 sappiamo che si tratta di un tramezzo realizzato in tale occasione, quindi non originario.



Fessura:	F3, Verticale
Gravità:	Lieve
Stanza:	P4
Parete:	Angolo E
Note:	Leggerissima fessura nel punto di collegamento tra pareti in muratura con caratteristiche diverse; quella a destra si tratta della parete del retro dell'edificio (originale), l'altra invece è un tramezzo realizzato negli anni '87-'90.



Fessura:	F4, Verticale
Gravità:	Lieve
Stanza:	P4
Parete:	SE
Note:	Fessura situata sotto l'infisso della stanza SE, la quale si affaccia sul retro dell'edificio, in corrispondenza della discontinuità dello spessore della muratura esterna.



Fessura:	F5, Orizzontale
Gravità:	Lieve
Stanza:	P12
Parete:	SO
Note:	Fessura su tramezzo in laterizio, in corrispondenza di un punto di discontinuità della parete (apertura).



Fessura:	F6, Verticale
Gravità:	Lieve
Stanza:	P15
Parete:	SO
Note:	Fessura verticale situata nello spigolo sotto all'infisso affacciato sul fronte dell'edificio, in corrispondenza della discontinuità dello spessore della muratura esterna.



Fessura:	F7, Verticale
Gravità:	Lieve
Stanza:	P28 (Corridoio)
Parete:	NE
Note:	Fessura dovuta probabilmente a realizzazione di "tagliola" per passaggio impianti data la presenza di scatola impianti da cui parte la lesione





Fessura:	F8, Verticale
Gravità:	Lieve
Stanza:	P23
Parete:	NO
Note:	Fessura situata sotto l'infisso che si affaccia sul fronte dell'edificio, in corrispondenza della discontinuità dello spessore della muratura esterna



Fessura:	F9, Verticale
Gravità:	Lieve
Stanza:	P27, vano scale, tra piano primo e sottotetto
Parete:	Angolo S
Note:	Fessura nel punto di collegamento tra pareti in muratura di diverse caratteristiche (diverso spessore).

Piano Sottotetto

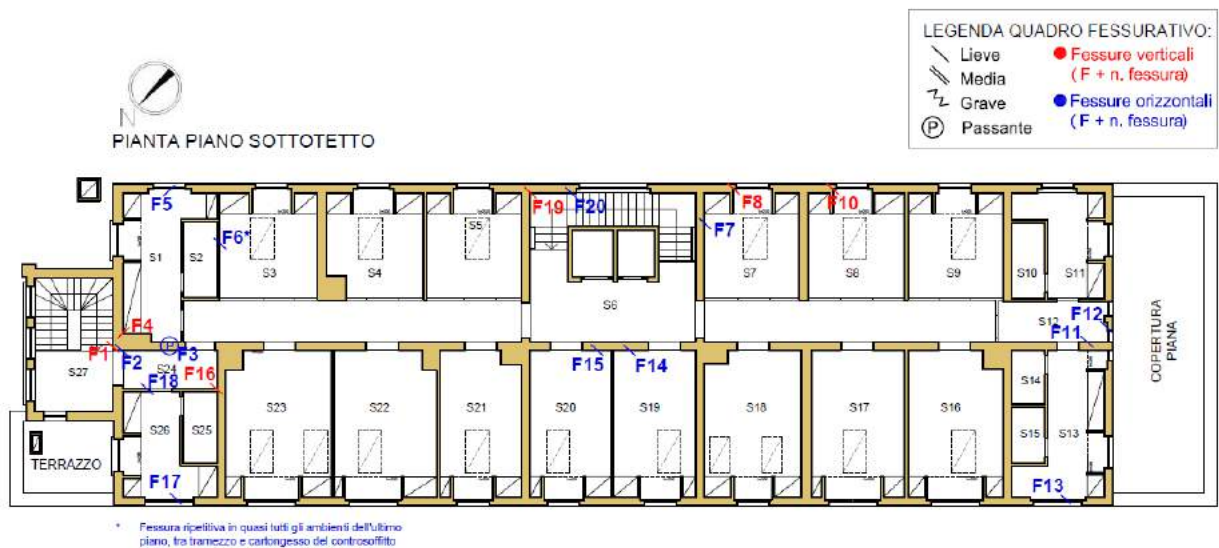


Figura 4.8: Pianta del piano primo con riportate le posizioni delle fessure. Il codice in centro a ciascun ambiente si riferisce all'identificazione della stanza.



Fessura:	F1, Verticale
Gravità:	Lieve
Stanza:	S27, vano scale piano sottotetto
Parete:	SO
Note:	Fessura dovuta probabilmente sia alla diversa tipologia costruttiva (parete di fondo in muratura con soletta e paretina in c.a.) sia alle differenti epoche di realizzazione. La porzione del vano scale che collega il piano primo con il sottotetto, situato nell'ultima campata (verso Nord) dell'edificio è stata infatti realizzata durante i lavori che hanno interessato la palazzina tra il 1987 e il 1990 (vedi Fig.).

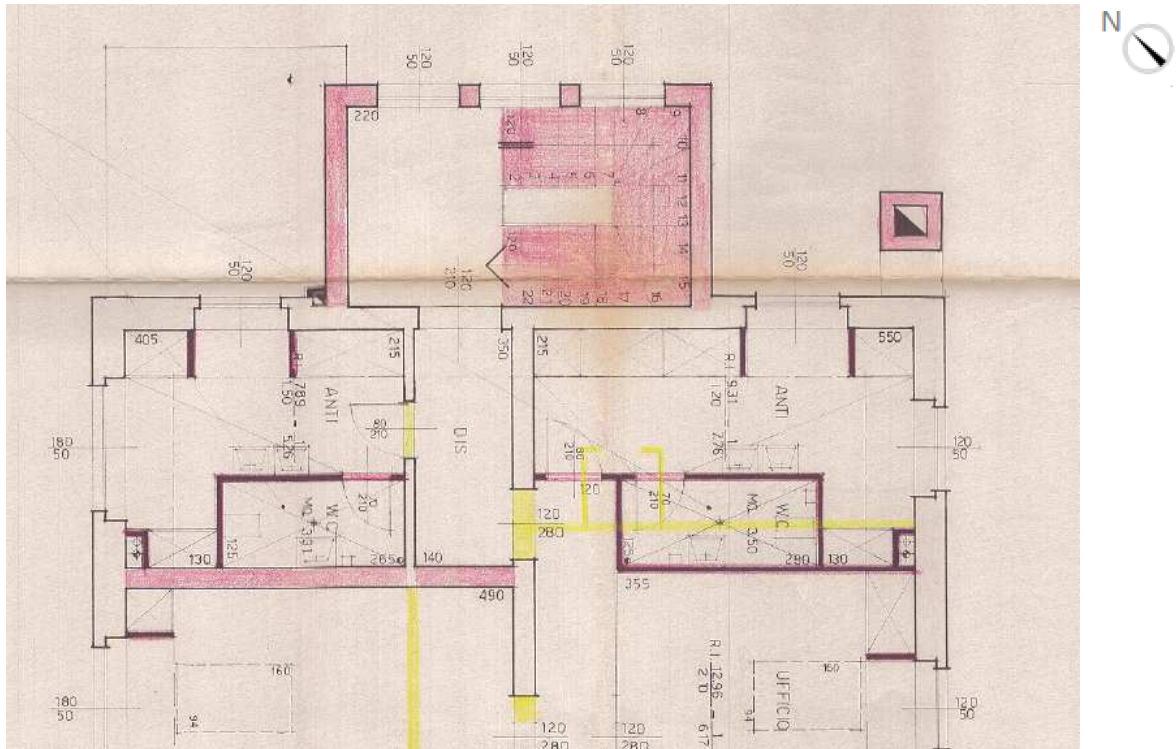
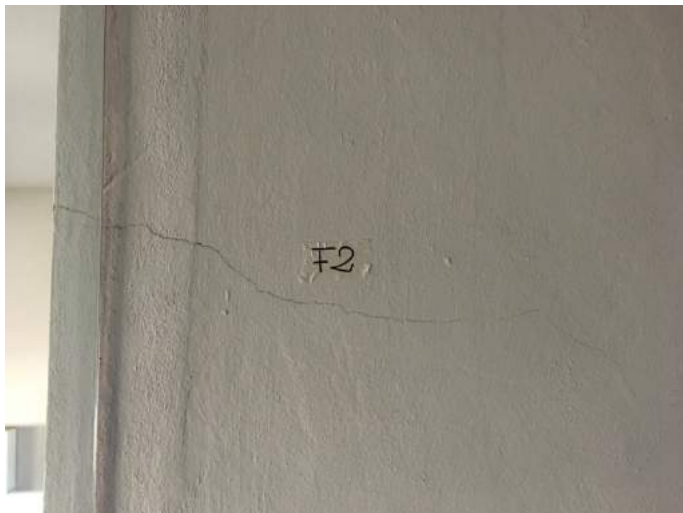


Figura 4.9: Porzione di pianta del piano sottotetto dello stato attuale del 1987 con sopra riportati in giallo (demolizioni) e rosso (nuove costruzioni) le modifiche apportate dai lavori degli anni '87-'90. Si può ben notare in rosso (nuova costruzione) il vano scale presente al medesimo piano. (Stato modificato, 9 Novembre 1987)



Fessura:	F2, Orizzontale
Gravità:	Lieve
Stanza:	S24
Parete:	SE, vicino angolo E
Note:	



Fessura: F3, Orizzontale

Gravità: Passante

Stanza: S24

Parete: SE

Note: Fessura dovuta alla "marcatura" dell'architrave della porta.



Fessura: F4, Verticale

Gravità: Lieve

Stanza: S1

Parete: Angolo N

Note: Fessura nel punto di collegamento tra pareti in muratura con caratteristiche diverse



Fessura:	F5, Orizzontale
Gravità:	Lieve
Stanza:	S1
Parete:	SE
Note:	Fessura legata alla "marcatura" del nuovo cordolo perimetrale della copertura realizzato negli anni '87-'90.



Fessura:	F6, Orizzontale
Gravità:	Lieve
Stanza:	S3
Parete:	NE
Note:	Fessura nel punto di unione fra elementi con caratteristiche diverse (parete in muratura e controsoffitto in cartongesso). Tale lesione è evidente in quasi tutti gli ambienti del piano sottotetto



Fessura: F7, Orizzontale

Gravità: Lieve

Stanza: S7

Parete: NE

Note: Fessura più marcata rispetto alla precedente nel punto di unione fra elementi con caratteristiche diverse (parete in muratura e controsoffitto in cartongesso).



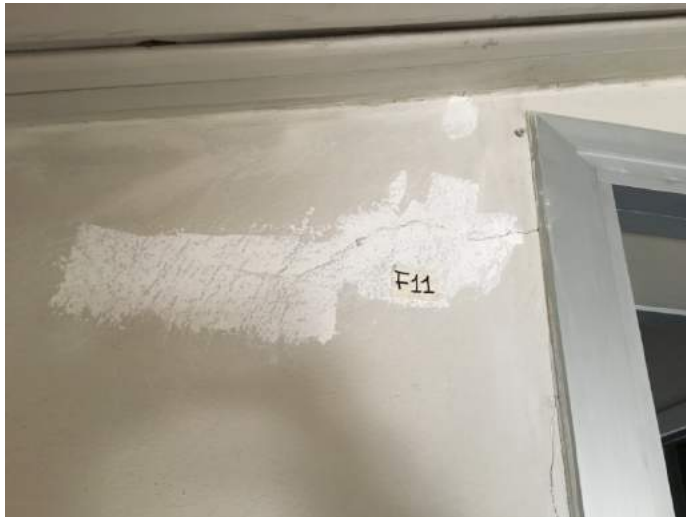
Fessura: F8, Orizzontale

Gravità: Lieve

Stanza: S7

Parete: SE

Note: Fessura situata in corrispondenza della discontinuità dello spessore della muratura esterna e accentuata con distacco dell'elemento di finitura dell'intonaco accentuato da infiltrazioni di acqua.



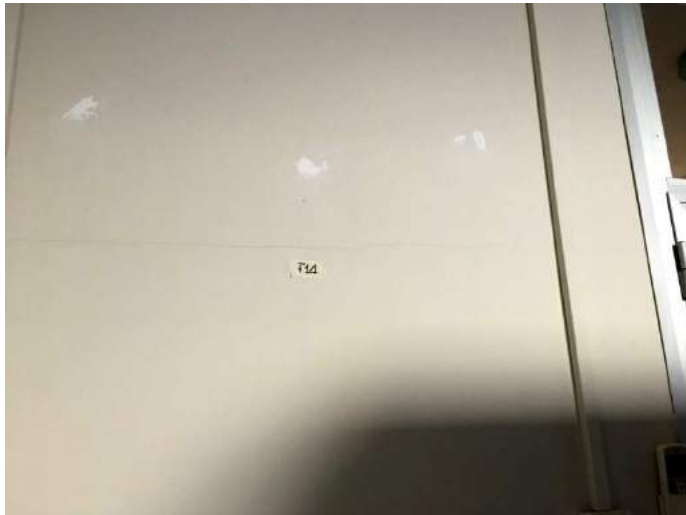
Fessura:	F11, Orizzontale
Gravità:	Lieve
Stanza:	S12
Parete:	NO
Note:	Fessura in corrispondenza di un punto di discontinuità della parete (apertura)



Fessura:	F12, Orizzontale
Gravità:	Lieve
Stanza:	S12
Parete:	SO
Note:	Lesione orizzontale presente nella parete che si affaccia verso l'esterno; la fessura parte dall'angolo superiore di una finestra (punto di discontinuità, quindi debole)



Fessura:	F13, Orizzontale
Gravità:	Lieve
Stanza:	S13
Parete:	NO
Note:	Fessura nel punto di unione fra elementi con caratteristiche diverse (parete in muratura e controsoffitto in cartongesso) accentuata dalla presenza di infiltrazioni di acqua.



Fessura: F14, Orizzontale

Gravità: Lieve

Stanza: S19

Parete: SE

Note: Fessura dovuta alla non continuità verticale della muratura (assente al piano rialzato).



Fessura: F15, Orizzontale

Gravità: Lieve

Stanza: S20

Parete: SE

Note: (vedi precedente)



Fessura: F17, Orizzontale

Gravità: Lieve

Stanza: S26

Parete: NO

Note: Fessura nel punto di unione fra elementi con caratteristiche diverse (parete in muratura e controsoffitto in cartongesso).



Fessura:	F16, Verticale
Gravità:	Lieve
Stanza:	S24
Parete:	Angolo S
Note:	Fessura nel punto di collegamento tra pareti in muratura con caratteristiche diverse.



Fessura:	F18, Verticale
Gravità:	Lieve
Stanza:	S24
Parete:	NO
Note:	Fessura in corrispondenza di un punto di discontinuità della parete (apertura)



Fessura:	F19, Orizzontale
Gravità:	Lieve
Stanza:	S6, vano scale centrale
Parete:	Angolo E (piano sottotetto - copertura)
Note:	Fessura nel punto di collegamento tra pareti in muratura con caratteristiche diverse e nella parte superiore tra muratura e cartongesso.



Fessura:	F20, Orizzontale
Gravità:	Lieve
Stanza:	S6, vano scale centrale
Parete:	SE
Note:	Lesione orizzontale presente nella parete che si affaccia verso l'esterno; la fessura parte dall'angolo inferiore di una finestra (punto di discontinuità, quindi debole)

Osservazioni finali

Osservando l'insieme delle piante dei vari piani dell'edificio in cui sono state riportate le lesioni riscontrate durante il rilievo, si ricorda che per la presenza di mobilio non è stato possibile esaminare tutte le pareti e gli angoli, non si notano zone in cui si concentrano le lesioni e che le stesse si ripetono ai vari livelli; tuttavia si può constatare che una buona parte siano posizionate lungo le pareti perimetrali, nei punti di intersezione con murature perpendicolari, alcune di esse realizzate più recentemente in occasione degli importanti interventi eseguiti negli anni '87-'90.

Si è riscontrato, soprattutto al piano seminterrato, piano oggetto di numerose modifiche strutturali durante i lavori del '87-'90, che alcune lesioni sono riconducibili a tali variazioni nella struttura, come tamponamenti di porte.

Si può concludere che l'edificio non presenta un quadro fessurativo, seppure eseguito speditivamente, preoccupante. L'unica parte meritevole di attenzione è la rampa di scale dell'ingresso sul fronte dell'edificio; sono presenti alcune lesioni che pur di dimensioni tali da non generare particolari preoccupazioni, meritano qualche approfondimento. Nello specifico nel progetto di adeguamento sismico è prevista la posa di due nuovi pilastri di sostegno in acciaio poggianti su cordolo di fondazione.

4.3 INTONACO ESTERNO

Dopo aver prodotto un'attenta analisi storica delle fasi costruttive dell' "ex palazzina uffici Orsi-Mangelli" e dei principali interventi subiti nel corso degli anni e aver compiuto il rilievo geometrico, in data 27 e 28 Dicembre 2018 è stata indagata la struttura attraverso l'esecuzione di alcune prove non distruttive. In tale occasione sono state compiute anche alcune osservazioni relative ai materiali utilizzati nella costruzione della palazzina e all'organismo resistente della fabbrica, tenendo presente la qualità e lo stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi.

Tali identificazioni richiedono l'acquisizione di informazioni spesso nascoste (sotto intonaco, dietro a controsoffitti, ecc.) ricavabili grazie a tecniche di indagine non distruttive di tipo indiretto (termografia, georadar, tomografia sonica, ecc.) o ispezioni dirette debolmente distruttive (endoscopie, scrostamento di intonaci, saggi demolitivi, piccoli scassi, ecc.).

Le analisi di tipo indiretto utilizzate a tale scopo sulla palazzina oggetto di studio sono consistite in prove termografiche e radar, che verranno illustrate nel prossimo capitolo; in questa sezione si descrivono le osservazioni e indagini eseguite localmente in pochi punti delle pareti esterne dell'edificio, in data 28 Dicembre 2018: ispezione visiva per una speditiva analisi dello stato di conservazione del rivestimento esterno e prelievo ed analisi di alcuni campioni di tale rivestimento.

Scopo di tali indagini era anche la constatazione se il rivestimento oggi presente sui fronti esterni dell'edificio fosse quello originale del 1926, anno di costruzione della palazzina.

A tal fine sono stati prelevati alcuni campioni; si riportano di seguito foto e osservazioni.

POSIZIONI E ANALISI DEI CAMPIONI PRELEVATI

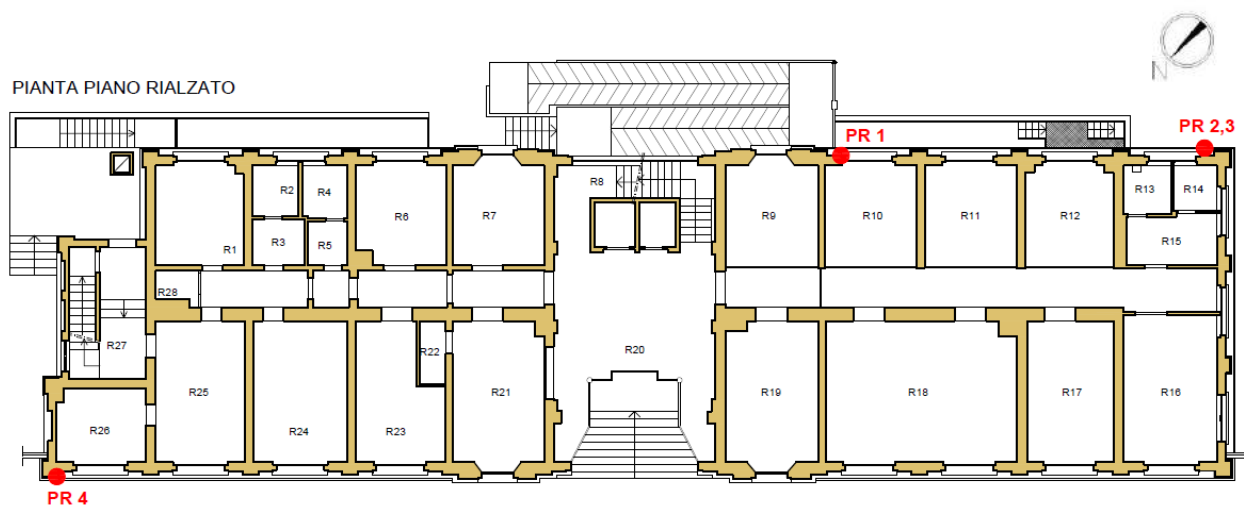


Figura 4.10: pianta del piano rialzato con indicate in rosso le zone dove sono stati prelevati i campioni.

Prelievo n. 1



Nome:	IN 1
Parete:	SE
Quota:	2.15 m (da livello terreno)
Dimensione:	5 x 3.5 x 0.4 cm
Peso:	12.4 g

Figura 4.11: posizione del prelievo IN.1



Figura 4.12: foto della faccia esterna (a sinistra) e interna (a destra) del prelievo IN.1

Prelievo effettuato in una porzione verticale del muro, a quota circa di 2,15m. da livello del marciapiede perimetrale sul retro (parete esposta a SE).

Osservando le foto del campione IN 1 si può notare la stratificazione di vari materiali.

Immediatamente sotto alla prima mano di tinteggiatura si nota uno strato grigio chiaro che si ipotizza essere malta cementizia con additivi e risulta piuttosto rigido/ad alta resistenza, oltre ad avere granulometria fine; ciò è confermato dal fatto che nel rimuoverlo si è portato via anche un po' dello strato sottostante. Lo si vede dalla Fig. 4.12 a destra, sulla cui faccia interna è presente uno strato marroncino (descritto in seguito). Questo è dovuto al fatto che la granulometria del cemento, molto fine, si inserisce nei pori dello strato sottostante e al momento della rimozione, forzata o di distacco da degrado, porta via con sé anche una parte del supporto. Inoltre la granulometria fine e gli additivi lo rendono impermeabile, altro aspetto negativo del cemento che rende impossibile o molto limitata la traspirazione muraria, modificando la risalita capillare e il regime dell'evaporazione dell'umidità.

Al di sotto dello strato di malta cementizia sembra essere presente uno strato più spesso di malta bastarda, così chiamata perché caratterizzata dalla presenza di due leganti (calce e cemento), oltre agli aggregati, tra i più comuni sabbia e pietra. Nella Fig. 4.12 di destra si nota la decoesione della matrice, che appare polverosa, e qualche elemento dell'aggregato, di colore scuro e di dimensioni maggiori della sabbia (ghiaietto con spigoli arrotondati).

Prelievo n. 2



Nome:	IN 2
Parete:	SE, vicino angolo S
Quota:	0.8 m (da livello terreno)
Dimensione:	11 x 6.8 x 0.05 cm
Peso:	4.1 g

Figura 4.13: posizione del prelievo IN.2



Figura 4.14: Foto della faccia superiore (a sinistra) e inferiore (a destra) del prelievo IN.2

Prelievo effettuato in una porzione del muro verticale della parete esposta a SE a quota circa di 0,80 m. da livello del marciapiede perimetrale.

Questa volta il prelievo riguarda soltanto lo strato superficiale di tinteggiatura.

Come si vede dalla fig.4, nella zona in cui è stato prelevato il campione, la tinteggiatura è in parte staccata e si stacca in ampie porzioni (diversi cm), presenta dei rigonfiamenti diffusi, indicatori di un materiale impermeabile che non lascia “respirare” la muratura, creando una barriera contro la fuoriuscita del vapore acqueo e, nel lungo termine, un maggior degrado del supporto murario. Anche al contatto sembra un materiale “plastico”, non molto friabile.

Si ipotizza una tinteggiatura al quarzo, materiale molto diffuso all’epoca dell’ultima ristrutturazione (anni '87-'90).

Prelievo n. 3



Nome:	IN 3
Parete:	SE, vicino angolo S
Quota:	0.8 m (da livello terreno)
Dim. IN 3a:	4 x 2 x 0.8 cm
Peso IN 3a:	6 g
Dim. IN 3b:	5.5 x 2 x 1 cm
Peso IN 3b:	13.8 g

Figura 4.15: posizione del prelievo IN.3, spigolo basamento



Figura 4.16: foto della faccia superiore (a sinistra) e inferiore (a destra) del prelievo IN.3a



Figura 4.17: superficie inferiore del prelievo IN.3b

Prelievo effettuato in una porzione del muro orizzontale della parete esposta a SE a quota circa di 0,80 m. da livello del marciapiede perimetrale, in corrispondenza dello spigolo del basamento.

Anche guardando questi campioni si nota una serie di stratigrafie imputabili ai vari ripristini di intonaco, nel tempo, dell'elemento posto in orizzontale alla base della parete dovuti alla criticità della posizione. In particolare, osservando la Fig.4.17 nella quale appaiono ben scandite,partendo dallo strato più superficiale troviamo in ordine:

- tinteggiatura, sp. 0.5mm;
- strato di malta cementizia (colore grigio chiaro), sp. circa2mm;
- malta bastarda con anche inerti di maggiori dimensioni (più scura della precedente), sp. circa3mm;
- e infine un altro strato più chiaro forse riconducibile a malta di diversa composizione, sp. circa 2 mm, nella cui faccia inferiore è presente una colorazione rosa che sembrerebbe essere il laterizio del muro.

Prelievo n. 4



Nome:	IN 4
Parete:	NO, angolo N
Quota:	1.95 m (da livello stradale)
Dimensione:	5 x 2.3 x 0.5
Peso:	4 g

Figura 4.18: posizione del prelievo IN.4, nello spigolo Nord, in facciata.



Figura 4.19: area di rimozione del campione (a sinistra) e superficie inferiore del campione IN4 (a destra)

Il campione IN4 è stato prelevato dal decoro della base di una delle lesene presenti in facciata (facciata O). Anche in questo campione sono facilmente individuabili gli aggregati di dimensioni maggiori e la porosità della malta bastarda. Inoltre, nella faccia esterna del campione, sotto la pellicola dell'ultima tinteggiatura di colore beige sono presenti tracce di una tinteggiatura precedente, forse l'originale, di colore grigio

Osservazioni finali

Si conclude ipotizzando che il rivestimento più esterno dell'edificio non risulta essere quello originale dovuto alla presenza di materiali pittorici forse "plastici", non di certo utilizzati all'epoca della costruzione della palazzina (1926) e di intonaco di malta cementizia, anche questa introdotta più recentemente.

Dalle indagini locali effettuate, è stata comunque appurata la presenza di numerosi strati di intonaco di natura e colore diverso. Per un'analisi più accurata bisognerebbe indagare più in profondità fino a trovare gli strati originari e il supporto murario.

Tuttavia, le nostre ipotesi sono state confermate dal responsabile degli importanti interventi strutturali realizzati negli anni '87-'90, il quale ha dichiarato che l'intonaco esterno era in buona parte stato ripreso in tale occasione.

STATO DI CONSERVAZIONE

Si riportano di seguito alcune delle foto scattate in data 28 Dicembre durante l'ispezione visiva per una speditiva analisi dello stato di conservazione del rivestimento esterno.

Si è cercato di individuare elementi di degrado quali macchie di risalita di umidità o dovute a infiltrazioni, efflorescenze saline, presenza di muschi e licheni e si è osservato anche lo stato degli infissi lignei delle finestre.

Fronte SE



Figura 4.20: vista del fronte SE



Figura 4.21: Presenza di efflorescenze saline dovute al trasporto ed evaporazione di umidità da risalita con deposito di sali, accentuate dalla presenza di finitura con malta cementizia



Figura 4.22: La luce solare radente mostra diffusa presenza di distacchi e rigonfiamenti della pellicola di tinteggiatura, accentuati dalla risalita di umidità che stante l'impermeabilità del rivestimento esterno e quindi non avendo possibilità di "asciugare" traspirando rimane imprigionata creando i fenomeni di distacco e risale a quote maggiori lungo la parete.

Fronte NO

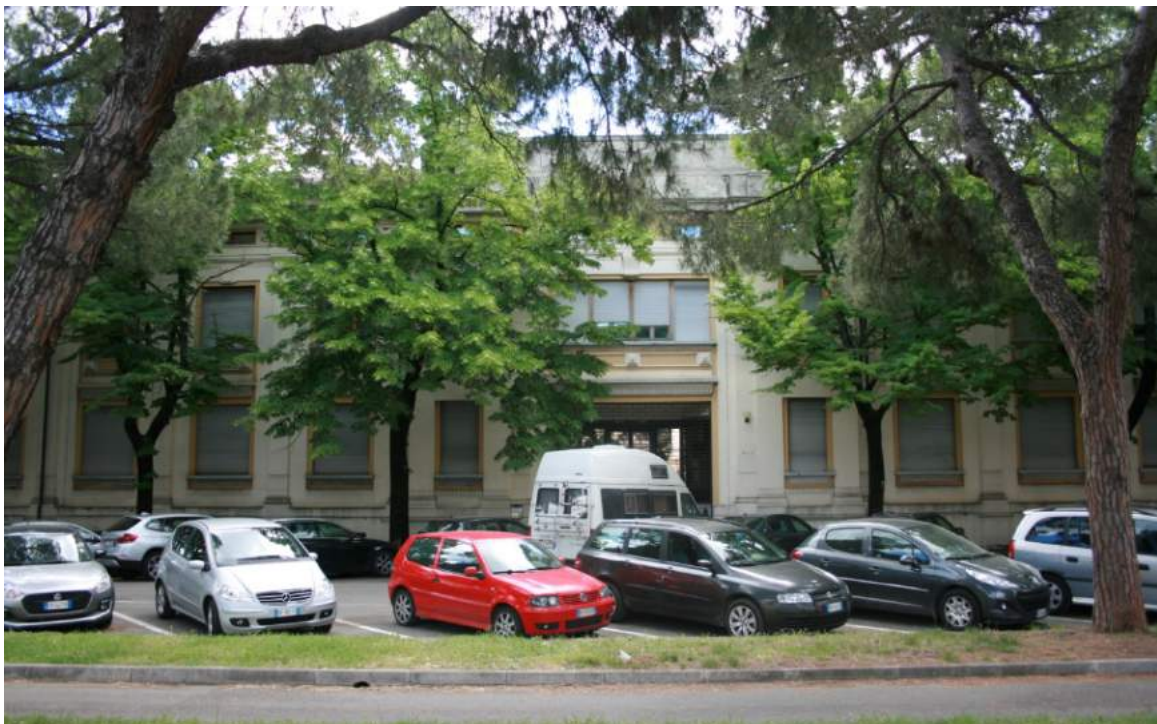


Figura 4.23: vista della facciata NO, si nota la presenza dell'alberatura che sovrasta in altezza l'edificio



Figura 4.24: Distacco della pellicola di tinteggiatura in vari punti; la luce radente evidenzia i rigonfiamenti



Figura 4.25: Distacco della tinteggiatura e presenza di licheni e muschio legata all'esposizione e alla presenza d alberatura



Figura 4.26: Nella parte sommitale dell'edificio, in corrispondenza degli sporti di gronda, è presente una macchia di umidità imputabile ad una infiltrazione dalla sovrastante copertura.



Figura 4.27: Diffusa presenza di cavillature a ragnatela probabilmente imputabili a un intonaco troppo rigido rispetto alla sottostante struttura in muratura accentuata dalla presenza di umidità di risalita dal terreno e limitata traspirabilità della parete.



Figura 4.28: ammaloramento dell'infisso ligneo legata alla carenza di manutenzione particolarmente accentuata nel montante centrale; il fatto si spiega in quanto tale porzione è sempre esposta alle intemperie in quanto mai protetta dalle tapparelle che risultanocostituite in questo particolare infisso da due teli separati. Lo stato di degrado non è ancora tale da richiedere la sostituzione dell'infisso, ma ancora facilmente risolvibile mediante “carteggiatura” della superficie e applicazioni a più mani di idonea vernice naturale trasparente.

Osservazioni finali

L'edificio in generale appare in buono stato, non presenta particolari criticità a una prima osservazione visiva, forse anche grazie al fatto che è in disuso da poco meno di un anno.

Tuttavia durante il sopralluogo sono stati riscontrati alcuni degradi; il più eclatante è certamente quello legato alle problematiche che presenta l'intonaco nella parte inferiore della costruzione, imputabile in gran parte all'umidità di risalita nel muro e ad una scarsa traspirabilità dello strato di finitura intonacale e pittorico, che ha portato a una disgregazione dell'intonaco. Più in alto lungo la parete si osserva invece distacco e rigonfiamento della pellicola di tinteggiatura

Sul fronte NO (facciata) sono presenti in modo ancora più accentuato fenomeni di rigonfiamento e distacco della pellicola di tinteggiatura; il fenomeno è imputabile certamente alla diversa esposizione e regime idrico, rispetto al fronte edilizio discusso in precedenza, e alla presenza di alberatura che impedisce l'irraggiamento solare della parete e quindi all'asciugatura della stessa. Tale fenomeno è rilevabile anche dalla presenza in varie zone di aree con tonalità più scure dovute alla formazione sulla facciata di muffe e muschi. I distacchi “a brandelli” della tinteggiatura possono anche essere dovuti al maggiore spessore della stessa, probabilmente applicata con uno strato in più; dal sopralluogo è stato anche constatato visivamente il maggiore spessore.

5. CAMPAGNA DI INDAGINI NON DISTRUTTIVE IN SITU

5.1 INDAGINE TERMOGRAFICA A INFRAROSSI

In data 27 e 28 dicembre 2018, mediante l'utilizzo di termocamera a infrarossi (IR) ad alta risoluzione sono stati acquisiti termogrammi all'interno dell'edificio storico oggetto di studio, situato in Forlì. Le condizioni dell'edificio al momento delle prove erano di non utilizzo, in occasione di un cambio di destinazione d'uso e prima di un miglioramento/adeguamento sismico dell'immobile.

Scopo della prova

La termografia è una tecnica diagnostica non distruttiva che sfrutta il principio fisico secondo cui qualunque corpo ad una temperatura maggiore dello zero assoluto ($0^{\circ}\text{K} = -273^{\circ}\text{C}$), emette energia sotto forma di radiazione infrarossa. Lo strumento che converte l'energia emessa da un corpo (sotto forma di onde elettromagnetiche nel campo dell'infrarosso) in un segnale digitale è la termocamera. Per leggere le temperature corrette, è necessario prendere in considerazione un fattore importante, noto come emissività. L'emissività (ϵ) è un indicatore della capacità di un materiale di emettere raggi infrarossi; cambia in base alle proprietà superficiali, al materiale e, per alcuni materiali, anche in base alla temperatura dell'oggetto di misura. ϵ è un valore che può variare tra 0 e 1; $\epsilon = 1$ vale per i "corpi neri", non si verifica mai nella realtà, i corpi reali hanno emissività minore di 1, perché non solo emettono, ma anche riflettono ed eventualmente trasmettono le radiazioni. Misurare la radiazione infrarossa emessa dalla superficie di un corpo permette, infatti, di determinare la temperatura superficiale degli oggetti o dell'area indagati. La termocamera genera mappe di temperatura dette termogrammi, in scala di grigi o di "falsi colori", che associando appunto un colore ad ogni temperatura corrispondente e così creano delle distribuzioni di valori rappresentative delle zone indagate. All'acquisizione dei termogrammi segue una possibile post-elaborazione e l'interpretazione.

Nel campo dell'edilizia, tale tecnica è utilizzata con scopi energetici per la valutazione delle dispersioni termiche degli edifici e per il rilievo delle diverse temperature presenti all'interno dell'involucro; con scopi strutturali per controllare la stratificazione delle fasi costruttive individuando gli elementi architettonici di materiali diversi, tamponamenti di porte e finestre, l'individuazione della tipologia di tessitura del paramento e/o di eventuali cavità nella muratura, verificare il regime termigrometrico della muratura per determinare la presenza di acqua e quindi di umidità e localizzare perdite idrauliche, umidità da risalita capillare o infiltrazioni, individuazione di errori e difetti nelle strutture, ecc.

Nella campagna di indagine termografica qui riportata, gli scopi sono stati principalmente legati all'analisi delle murature; l'edificio presenta tutte pareti

intonacate, quindi una semplice analisi visiva non era sufficiente per ottenere informazioni inerenti ad esse. Si tratta, inoltre, di un edificio storico sottoposto a vincolo di interesse culturale, quindi l'utilizzo della termografia a infrarossi, la quale non comporta alcun danneggiamento all'immobile, in quanto è prova assolutamente non distruttiva, risulta sicuramente una delle tecniche più idonee.

Tale indagine si è resa pertanto necessaria per l'individuazione della tessitura muraria, di anomalie e manomissioni, trattandosi di un edificio costruito nell'anteguerra ed oggetto di alcuni interventi nel corso degli anni, fra cui certamente quello abbastanza invasivo degli anni '87-'90, ma ancora si è resa utile per la ricerca di distacchi di intonaco e risalite di umidità. Purtroppo, come si vedrà in seguito, è stato possibile eseguire l'analisi termografica in sole due stanze della palazzina.

Oggetto della prova

L'indagine termografica è stata svolta presso l' "Ex Palazzina Uffici Orsi Mangelli", edificio costruito a partire dal 1926, situato a Forlì in Piazzale del Lavoro n. 35.

La costruzione, rettangolare in pianta, ha dimensioni di circa 41m x 12m e volumetria stimata di circa 8000 m³. Nacque come palazzina uffici dello stabilimento Orsi-Mangelli con la caratteristica di essere, originariamente, anche un "edificio a ponte" sull'ingresso dell'intero stabilimento, oggi non più esistente, che si articola su quattro piani, di cui uno seminterrato alla quota di m. -2,00 e l'ultimo di sottotetto.



Figura 5.1: Fronte dell' "Ex palazzina Uffici Orsi-Mangelli" nel 1926

Le prove a infrarossi sono state svolte, nella prima giornata, nella stanza R1 del piano rialzato, sul retro, nella seconda, invece, nella stanza I19 situata nel piano seminterrato sul fronte dell'edificio (Fig. 2) e sono stati scattati alcuni termogrammi anche all'esterno dell'edificio, sulle pareti SE e SO.

La scelta delle stanze non è stata casuale; la preferenza è ricaduta su stanze nelle quali erano già state eseguite prove diagnostiche sulla muratura, durante precedenti campagne di indagini svolte a gennaio e aprile 2018 da parte della ditta Controls s.r.l. di Cesena (FC) per conto della precedente proprietà (Romagna Acque Società delle Fonti), al fine di una verifica di vulnerabilità sismica; prove tuttavia di tipo debolmente

distruttivo come endoscopie, saggi con rimozione di una porzione di intonaco per la messa in vista dell'apparecchiatura muraria, prelievo di mattoni, ecc.

Le presenti indagini e ipotesi interpretative basate su metodologie assolutamente non invasive hanno così potuto avvalersi del riscontro degli esiti delle verifiche dirette effettuate dal laboratorio precedentemente incaricato.

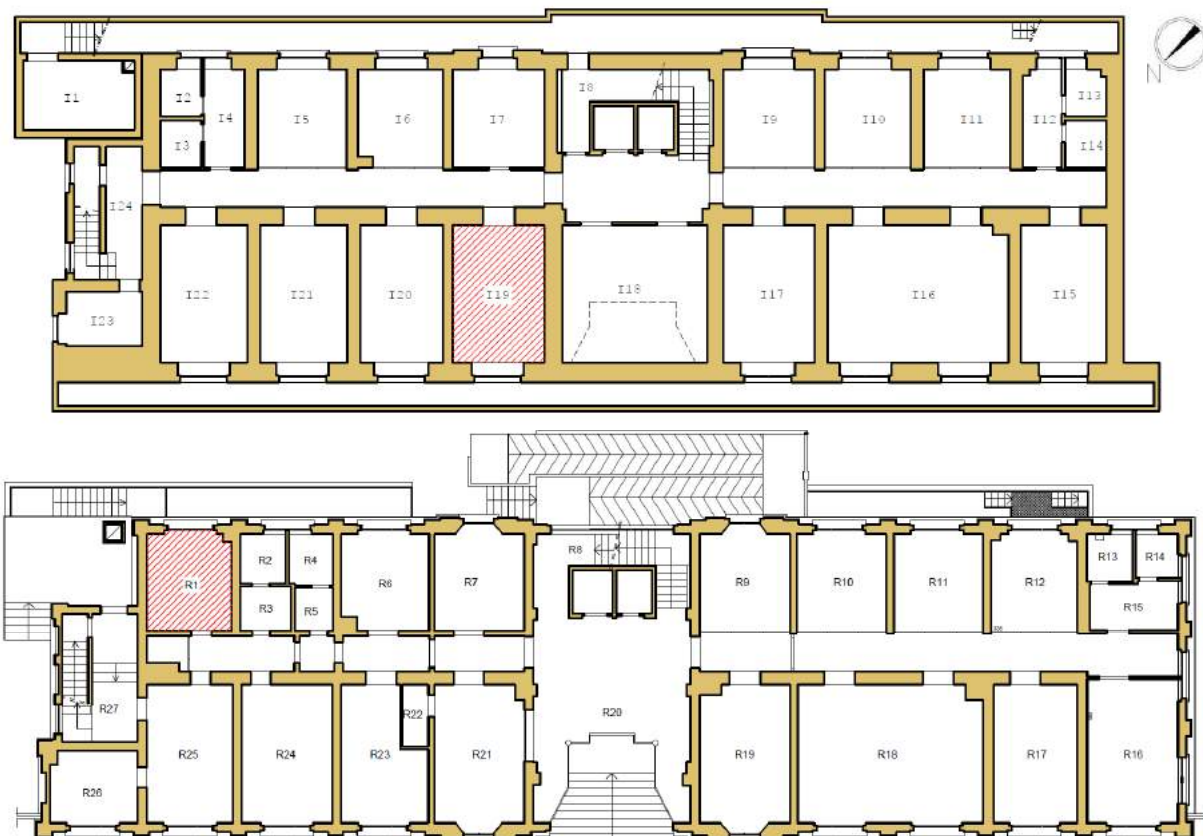


Figura 5.2: Piante del piano seminterrato (in alto) e del piano rialzato (in basso). Le stanze oggetto dell'indagine termografica sono retinate in rosso.

Strumentazione utilizzata


Per effettuare l'indagine termografica sono stati utilizzati:

- una termocamera FLIR P620 (Tab. 1) munita di treppiede;
- n.2 termoventilatori elettrici con le seguenti caratteristiche principali:
 - Termoventilatore 1:
 - Marca: LS
 - Potenza: 2 KW
 - Termoventilatore 2:
 - Marca: BIMAR
 - Potenza: 2 KW



Figura 5.3: Termoventilatore1 (a sx) e Termoventilatore2 (a dx)

Tabella 5.1: Scheda tecnica della termocamera utilizzata.

 FLIR P620	
Caratteristiche Fisiche	
<i>Peso termocamera, incl. Batteria</i>	1,8 kg
<i>Dimensioni della termocamera (L x P x A)</i>	299 x 144 x 147 mm
Caratteristiche Tecniche	
<i>Campo visivo (FOV)/distanza minima di messa a fuoco</i>	24° x 18°/0,3 m
<i>Precisione</i>	±2 °C o ±2% della lettura
<i>Intervallo di misurazione della temperatura</i>	Da -40 °C a +120 °C (opzionale fino a +2000 °C)
<i>FocalPlane Array (FPA)</i>	Microbolometro non raffreddato
<i>Zoom elettronico</i>	1-2x continuo
<i>Messa a fuoco manuale ed elettronica con tecnologia USM</i>	Automatica/manuale
<i>Puntatore laser</i>	Diodo laser semiconduttore AlGaInP, Classe 2
Caratteristiche Immagine IR	
<i>Risoluzione IR</i>	640 x 480 pixels
<i>Campo spettrale</i>	7,5 - 13 µm
<i>Regolazioni manuali dell'immagine</i>	Livello/campo/max./min
<i>Modalità immagine</i>	Immagine IR, immagine visiva, memorizzazione contemporanea di immagini IR e visive
<i>Commenti vocali di immagini</i>	60 secondi memorizzati insieme all'immagine (tramite Bluetooth)
Caratteristiche fotocamera digitale	
<i>Fotocamera digitale incorporata</i>	3,2 Megapixel, messa a fuoco automatica con illuminatore incorporato
Sistema di alimentazione	
<i>Caratteristiche batteria</i>	Batteria agli ioni di litio ricaricabile, sostituibile sul posto
<i>Autonomia batteria</i>	3 ore
<i>Sistema di ricarica</i>	Integrato nella termocamera, adattatore CA, caricabatteria a due vani o 12 V da un veicolo
<i>Gestione energetica</i>	Spegnimento automatico e modalità riposo (selezionabile dall'utente)
<i>Funzionamento con alimentazione CA</i>	Adattatore CA, 100 - 240 V CA, 50/60 Hz
Interfacce	
<i>USB-A</i>	Collegamento di un dispositivo USB esterno
<i>IrDA</i>	Per l'invio di file di commento testuali dal PDA alla termocamera, trasferimento wireless del testo
<i>WLAN</i>	Opzionale

Procedura di termografia attiva utilizzata

L'analisi termografica può essere condotta in condizioni attive o passive. Nel primo caso viene fornita una sollecitazione termica utilizzando un metodo di riscaldamento esterno al sistema-oggetto osservato per incrementare la risposta termica e, contestualmente, attivare i flussi di calore che consentono di ottenere diverse risposte dagli elementi e materiali in funzione della loro capacità termica. Nella termografia passiva, invece, si sfruttano i fenomeni di riscaldamento/raffreddamento interni al sistema osservato, per esempio il riscaldamento domestico o la fase di evaporazione.

Infatti, l'utilizzo della termografia permette la lettura delle radiazioni emesse nella banda dell'infrarosso da corpi sottoposti a sollecitazione termica. L'energia radiante è funzione della temperatura superficiale dei materiali, a sua volta condizionata dalla conducibilità termica e dal calore specifico, che esprimono in termini quantitativi l'attitudine del materiale stesso a trasmettere il calore o a trattenerlo: un materiale con valori alti di conducibilità si riscalderà velocemente ed altrettanto velocemente si raffredderà. Per effetto dei differenti valori di questi parametri, specifici per ciascun materiale, i diversi componenti di un manufatto, quale una muratura (insieme di unità murarie e interposti giunti di malta), il suo eventuale intonaco e inclusioni eventualmente presenti in superficie o sottotraccia, assumeranno differenti temperature sotto l'azione della stessa sollecitazione termica.

Nei giorni dell'esecuzione dell'indagine termografica, nell'edificio oggetto della prova l'impianto di riscaldamento non era attivo bensì messo in sicurezza contro il gelo visto il periodo invernale dell'anno in cui è stata svolta la prova (fine dicembre), vuotandolo dall'acqua. Da qui, nell'impossibilità di riattivarlo in tempi brevi, e grazie ad impianto elettrico funzionante, la scelta di procedere tramite termografia attiva utilizzando corpi riscaldanti mobili e di circoscrivere l'esecuzione dell'indagine termografica a solo due ambienti della palazzina, una per ogni giorno di sopralluogo. Le due stanze sono state riscaldate ciascuna con due termoventilatori, per creare flussi termici e riuscire quindi a "leggere" sotto la superficie: le murature (tessitura, tipologia e dimensione delle unità murarie e dei giunti di malta), manomissioni, macchie di umidità, impianti elettrici e di altro tipo, distacchi di intonaco, ecc. Questo, come detto, grazie alle diverse caratteristiche di emissività dei materiali che rispondono in maniera diversa in funzione della propria capacità termica.

La scelta delle stanze in cui eseguire le prove termografiche è caduta, anche per i motivi precedentemente descritti, su stanze di non eccessive dimensioni a causa del tempo necessario per scaldare l'ambiente di alcuni gradi centigradi.

L'utilizzo dei termoventilatori è stato reso possibile grazie alla presenza dell'impianto elettrico funzionante; le stufette sono state posizionate e entrambe accese alla

mattina fin dall'arrivo presso lo stabile;registrando di tanto in tanto la temperatura raggiunta (Tabelle 2 e 3),dopo qualche ora, nel pomeriggio, sono state eseguite le prove termografiche.

Stanza R1(27 dicembre)

Ora	T Rilevata
10.50	10°C
13.04	20°C
14.40	23°C

Stanza I19 (28 dicembre)

Ora	T Rilevata
11.30	10°C
12.15	14°C
15.20	17°C

Tab. 5.2 e 5.3:Temperature rilevate nelle relative stanze prima dell'inizio dell'indagine termografica al fine di monitorare il riscaldamento dell'ambiente

Come si può evincere dalle tabelle 2 & 3 sopra riportate, a parità di tempo concesso per il riscaldamento dell'ambiente e partendo dalla stessa temperatura iniziale, la stanza R1 si è scaldata maggiormente rispetto la I19. Rispettivamente hanno raggiunto la temperatura di 23°C e 17°C; questo è dovuto al fatto che la prima stanza ha dimensioni minori rispetto alla seconda, ma anche alla presenza di una grata nella porta della stanza I19.

Acquisizione dati

L'accensione del sistema di riscaldamento utilizzato è cominciata in mattinata, ma l'acquisizione dei dati termografici ha avuto inizio dopo circa quattro ore, quindi nel primo pomeriggio ed e' durata circa un'ora.

Per l'acquisizione dei termogrammi è stata utilizzata la termocamera FLIR P620, con le caratteristiche descritte nella Tab. 1, posizionata sull'apposito cavalletto ossia con obiettivo a quota di circa 1,5 m. dal pavimento. Grazie alla termocamera è stato possibile, per ogni scatto, registrare sia il termogramma IR, sia l'immagine visibile DC ad esso associata; l'immagine visibile presenta un angolo di inquadratura maggiore rispetto al termogramma. Le modalità di acquisizione dei termogrammi sono state circa le stesse per entrambe le giornate.

Compatibilmente con gli ingombri presenti (arredi), la termocamera è stata posta circa al centro di ciascuna stanza, ossia cercando di distanziarla dalla parete di volta in volta inquadrata. Sono state indagate tutte le pareti delle stanza, ruotando orizzontalmente la telecamera per le inquadrature orizzontali e dal basso verso l'alto per quelle verticali avendo l'accortezza, ad ogni movimentazione, di fissare bene le viti del cavalletto che permettevano tali rotazioni dello strumento.

Prima di ogni scatto la termocamera è stata messa a fuoco tramite l'apposito pulsante di "messa a fuoco automatica", non è stata utilizzata in questo caso la modalità manuale.

In entrambe le giornate di prova, dopo aver terminato l'indagine di tutte le pareti della stanza, sono state spente le stufette e aperta la porta della stanza in modo da fare fuoriuscire il calore creatosi all'interno, con lo scopo di provare ad esaminare anche una porzione del muro del corridoio di fronte alla porta della camera oggetto della prova. Secondo le nostre aspettative tale parete muraria avrebbe dovuto iniziare a scaldarsi pian piano e saremmo quindi state in grado di poter leggere informazioni dai termogrammi ottenuti, in particolare in quelli al termine della prova. Durante questa serie di acquisizioni sono stati scattati termogrammi con frequenza di circa uno al minuto mentre la termocamera era stata spostata dal centro della stanza in un'area più vicino alla porta in modo da ridurre la distanza tra lo strumento e l'oggetto della prova. Durante la prima giornata di prova, per gli ultimi termogrammi acquisiti in corridoio, sempre in quest'area, la termocamera è stata posizionata nel corridoio antistante la camera R1 per indagare altre pareti ed infine nella stanza R27.

Al termine del secondo giorno, approfittando della giornata soleggiata, sono stati scattati alcuni termogrammi anche all'esterno dell'edificio, nello specifico sulla parete SE, angolo Sud e parete SO (quest'ultimo in soleggiamento diretto), cercando di sfruttare l'effetto termico del soleggiamento. I termogrammi sono stati scattati nel pomeriggio quando il sole stava calando e non più irraggiante direttamente sull'edificio.

Post processing

Terminata l'acquisizione dei dati in sito mediante telecamera, si è proceduto ad elaborare le informazioni raccolte al fine di visualizzare al meglio i risultati della prova. Per ogni inquadratura delle diverse serie di termogrammi si hanno a disposizione sia i termogrammi IR che le foto digitali corrispondenti DC; i termogrammi, come già detto, presentano un'inquadratura meno ampia rispetto all'immagine digitale.

Per analizzare le informazioni contenute all'interno dei termogrammi è stato installato ed utilizzato un software specifico per i dati termografici di questo strumento, FliirQuickReport1.2; i termogrammi di ogni singola serie sono stati importati nel software ed analizzati.

L'intervallo di temperature inerenti ciascun termogramma è riportato in legenda, è valutato in automatico dal software; tuttavia è possibile, in modo manuale, impostare un intervallo di valori di temperatura differente. Nello specifico, mediante il software, è possibile inserire dei puntatori sul termogramma per rilevare la temperatura di punti d'interesse, ma sono anche disponibili lo "strumento linea" e lo "strumento area", che consentono di individuare i massimi e i minimi presenti sulla linea o all'interno area

scelta e la relativa temperatura media.

L'analisi dei termogrammi è stata condotta utilizzando proprio questi strumenti per puntare l'attenzione su alcune zone del termogramma, focalizzando quindi su alcuni elementi, come pilastri, porzioni di muratura dove si notavano zone non uniformi di temperatura indici di manomissioni, distacchi di intonaco, risalita di umidità, o ancora individuazioni di impianti, ponti termici, ecc. Per rendere leggibili tutte queste informazioni sul paramento murario indagato, note le temperature medie di quella zona specifica su cui ci si vuole focalizzare, si è proceduto a restringere o aumentare manualmente l'intervallo di temperatura impostando come valori massimi e minimi quelli emersi tramite l'introduzione di una linea o area. In questo modo, restringendo il range di temperature ai valori desiderati, si riescono a rendere meglio visibili determinati elementi e quindi a individuare per esempio la tessitura muraria leggendo i giunti di malta, individuare i ferri di armatura in un pilastro e così via.

Utilizzando questa procedura, restringendo spesso il range di temperatura fino a soli 2°C (il minimo consentito dal programma), può accadere che gran parte del termogramma appaia nero al di fuori dell'area prescelta, se le temperature lì sono inferiori al minimo dell'intervallo di temperatura scelto, e bianche, "bruciate", le zone con temperatura superiore al valore massimo scelto.

I risultati ottenuti dall'elaborazione dei dati sono stati poi organizzati, in fase di elaborazione, in pagine contenenti ciascuna l'immagine visibile, il rispettivo termogramma originario e quello modificato con il software; sotto alle immagine sono stati infine riportati la stanza e la parete di esecuzione del termogramma e una descrizione interpretativa dei risultati ottenuti; se ne riportano di seguito alcuni esempio per ciascuna delle due stanze dove sono stati eseguiti. L'analisi completa è stata raccolta nell'ALLEGATO A.

INDAGINE TERMOGRAFICA - STANZA R1

Data prova: 27.12.2018

Luogo di prova: Stanza R1, Piano Rialzato, angolo Est dell'edificio

Inizio Riscaldamento: ore 10.50 T=10°C

Inizio prova: ore 14.3 T=23°C

Posizione termoventilatore 1: vicino parete NE, quota pavimento

Posizione termoventilatore 2: al centro della stanza, su scrivania (quota circa 0,70m)

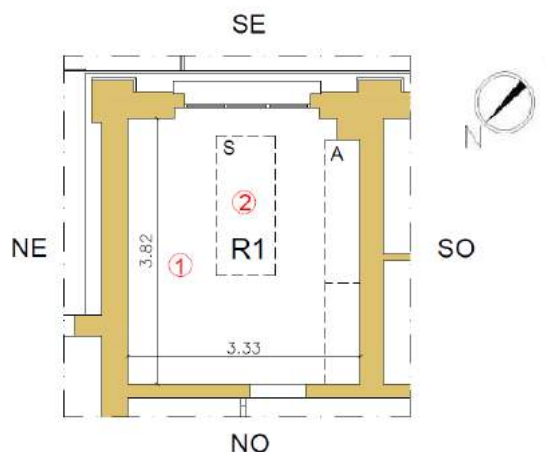


Figura 5.4: Pianta orientata della stanza R1, in tratteggio sono indicati gli ingombri del mobilio presente (A=armadio; S=scrivania). Con i numerini in rosso (1 e 2) sono indicate le posizioni dei termoventilatori.

Ora	Serie di acquisizione dati	Intervallo termogrammi IR + immagine visibile DC
14.38 – 15.01	1° serie su pareti stanza	18070 – 18095
15.07 – 15.16	2° serie su muro di spina, porta aperta	18096 – 18119
15.17 – 15.18	3° serie corridoio	18120– 18123
15.20	4° serie stanza R27, parete NE	18124 – 18125
15.22	5° serie stanza R1, parete NE	18126 – 18127

Tab. 5.4: Sequenza degli orari e serie di termogrammi + immagini visibili relativi a tutte le fasi e serie di acquisizione dati.

In questa stanza R1, durante le campagne di gennaio e aprile 2018 eseguite da Controls s.r.l., sono state effettuate le seguenti prove:

- prelievo di malta e mattone dalla parete NE;
- messa in vista della tessitura muraria tramite rimozione di intonaco (area di circa 1x1m) in parete SE;
- messa in vista della tessitura muraria tramite rimozione di intonaco (area di circa 1x1m) in parete SO;
- messa in vista della tessitura muraria tramite rimozione di intonaco (area di circa 1x1m) in parete NO;
- su pavimentazione: saggio, indagine "Poldi", sclerometro su travetto.

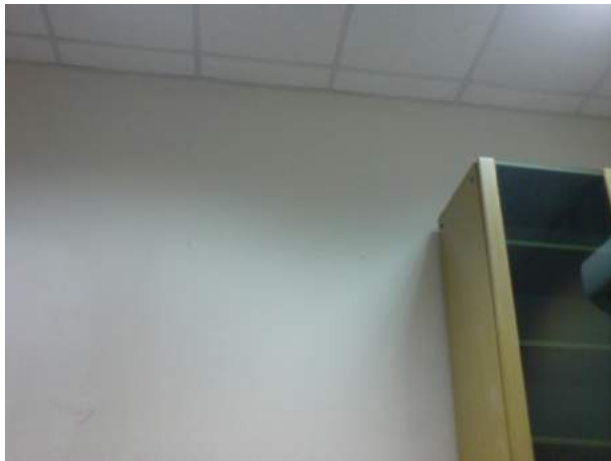
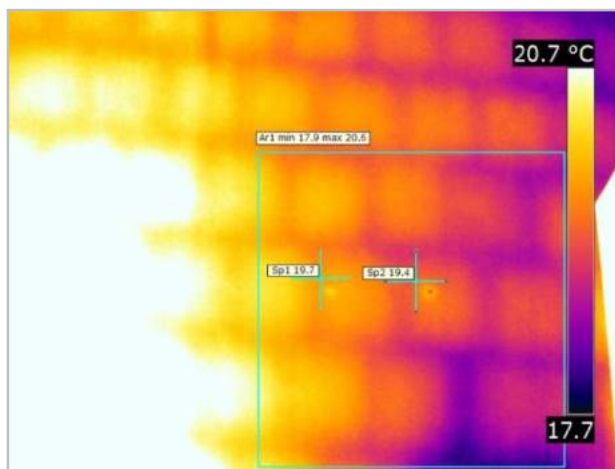


Immagine visibile: DC_18075



Termogramma originale: IR_18074



Termogramma modificato: IR_18074



Fig. 5.5: Saggio (Controls) per messa in vista tessitura

Stanza: R1

Parete: SO in centro

Note: La parte sinistra del termogramma appare più calda per la vicinanza e direzione di uno dei due termoventilatori.

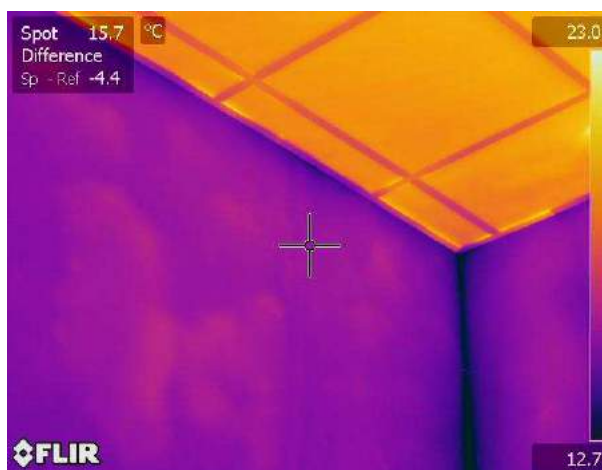
Il metodo d'indagine ha fatto chiaramente emergere la tessitura muraria sotto l'intonaco. La regolarità dei giunti di malta ha messo in evidenza le dimensioni delle unità murarie. Osservando le dimensioni e conformazione abbiamo supposto che non fossero laterizi pieni, dal momento che le unità hanno tutte circa le stesse dimensioni e non compaiono due direzioni di posa, oltre ad essere di dimensioni maggiori rispetto a laterizi. Possiamo quindi concludere ipotizzando che il paramento murario sia costituito da blocchi di laterizio forato. Le nostre ipotesi sono state verificate dal confronto con la foto dell'indagine già eseguita da Controls s.r.l. su questa parete SO (vedi Fig. 5.5).

Si possono inoltre notare nel termogramma modificato due piccole circonferenze (ciascuna individuata da un puntatore). Tali elementi sono riconducibili a fori eseguiti con trapano e successivamente chiusi con malta aventi caratteristiche di conducibilità differenti rispetto al blocco in laterizio.

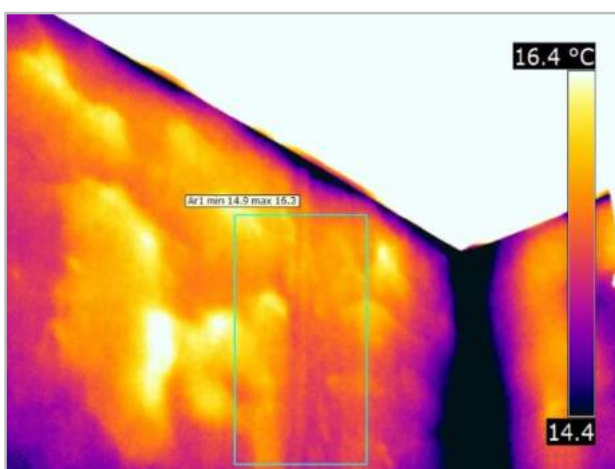
Nella parte bassa destra del termogramma si nota una zona più fredda, probabilmente riconducibile a un giunto di malta più spesso.



Immagine visibile: *DC_18081*



Termogramma originale: *IR_18080*



Termogramma modificato: *IR_18080*



Figura 5.6: Saggio con rimozione di spesso strato di intonaco per messa in vista della muratura di laterizi della parete NE dietro a rete metallica elettrosaldata (Controls s.r.l.)



Figura 5.7: Foto dell'esterno dell'edificio, angolo Est. Si può notare la presenza delle macchine dell'impianto di climatizzazione e canna fumaria in cemento armato.

Stanza: R1

Parete: NE verso angolo Est

Note: Nel termogramma modificato si nota una striscia verticale più calda (racchiusa nel rettangolo). Tale zona può essere associabile al passaggio di impianti inglobati nell'intonaco: sono infatti presenti – più in basso dell'area inquadrata – alcune scatole elettriche.

Appaiono anche delle zone irregolari più calde, di forma vagamente rettangolare. Inizialmente si è ipotizzato potessero essere dovute alla presenza delle macchine dell'impianto di climatizzazione posizionate sull'esterno della parete NE. L'ipotesi è stata smentita dalle foto dell'esterno della palazzina: l'altezza delle macchine risulta inferiore a quella delle zone calde emerse dal termogramma (Fig. 5.6).

Si ipotizza quindi possano essere:

- principi di distacco di intonaco e quindi la presenza di sacche d'aria frapposte fra l'intonaco e gli strati sottostanti che si scaldano più velocemente delle zone circostanti ed appaiono quindi più calde;
- manomissioni risarcite con materiale con conducibilità termica diversa rispetto a quello circostante.

In questo termogramma il metodo di indagine non è riuscito a fornire la lettura della tessitura muraria sottointonacale. C'è qualcosa che lo impedisce: forse un intonaco molto spesso (come un intonaco armato).

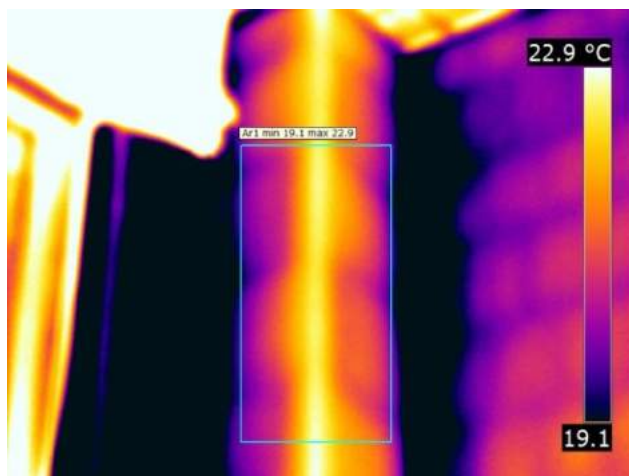
Le foto fornite dai laboratori Controls hanno confermato la presenza di una rete elettrosaldata in uno spesso intonaco, al di sotto del quale appare visibile una tessitura muraria di mattoni (Fig. 5.7).



Immagine visibile: DC_18077



Termogramma originale: IR_18076



Termogramma modificato: IR_18076

Stanza: R1

Parete: Angolo SUD

Note: Dal termogramma originale si può meglio apprezzare che gli angoli rientranti tra le pareti appaiono più freddi rispetto al resto della stanza; ciò è dovuto al fatto che l'aria calda tende a muoversi per moti convettivi rotatori e per questo motivo gli angoli fanno più fatica a scaldarsi rispetto alle pareti in quanto vi arriva poca aria calda.

Nel termogramma modificato ci si è focalizzati sull'analisi del pilastro. Infatti, da verifica a battitura con martelletto da noi condotta in precedenza, preso anche atto della non continuità del pilastro nel piano inferiore, si è constatato che non si tratta di un pilastro portante in c.a./muratura, bensì di un "cassonetto", probabilmente in blocchi di laterizio, contenente gli scarichi dei bagni dei piani superiori. Le linee fredde orizzontali che scandiscono il pilastro corrisponderebbero quindi a giunti di malta tra i blocchi.

Sul lato destro del termogramma modificato si riesce ancora debolmente a leggere la tessitura muraria della parete SO.

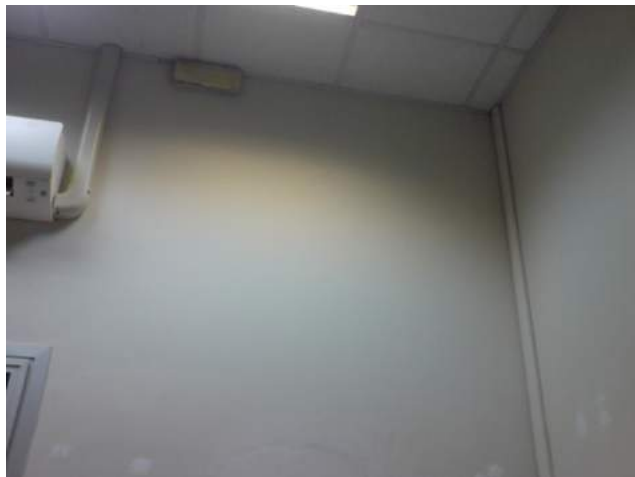
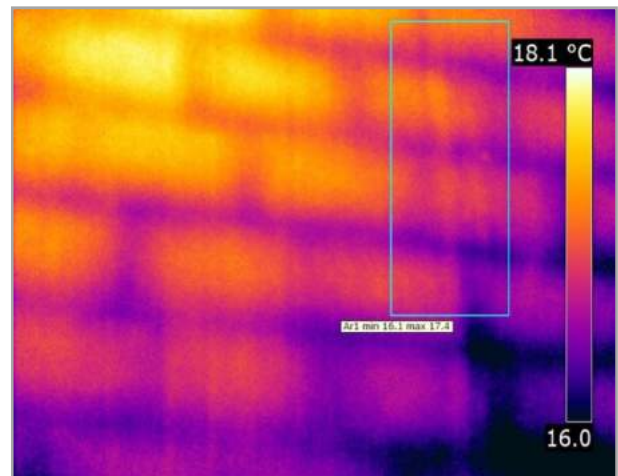
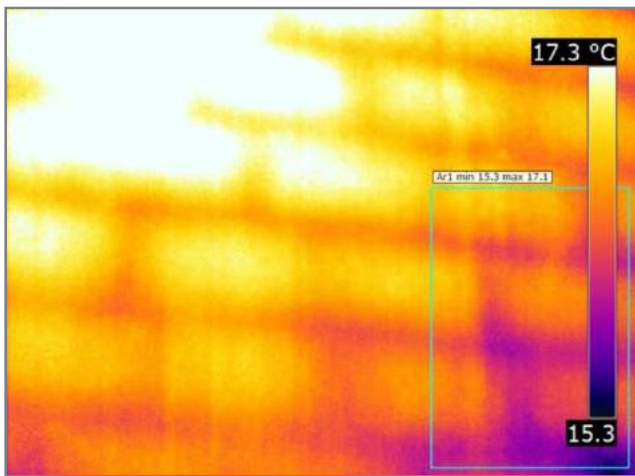


Immagine visibile: *DC_18087*



Termogramma originale: *IR_18086*



Termogramma modificato: *IR_18086* (2 tentativi di restituzione: 1° tentativo a sx e 2° a dx)



Foto 5.8: Saggio (Controls) per messa in vista tessitura

Stanza: R1

Parete: NO verso angolo N

Note: Il metodo d'indagine ha fatto chiaramente emergere la tessitura muraria sotto l'intonaco.

La regolarità dei giunti di malta ha messo in evidenza le dimensioni delle unità murarie. Osservando le dimensioni e conformazione abbiamo supposto che non fossero laterizi pieni, dal momento che non compaiono due direzioni di posa, oltre ad essere di dimensioni maggiori rispetto a laterizi. Possiamo quindi concludere ipotizzando che il paramento murario sia costituito da blocchi di laterizio forato; confrontando il presente termogramma con il rispettivo della parete SO si può notare che i blocchi sono di dimensioni maggiori e di forma più allungata.

Le nostre ipotesi sono state verificate dal confronto con la foto dell'indagine già eseguita da Controls s.r.l. su questa parete SO (vedi Fig. 5.8).

Sono stati eseguiti due tentativi di restituzione del fotogramma originale, variando leggermente il range di temperatura.

Nel primo si può notare una zona più fredda nella parte bassa destra del termogramma; si ipotizza essere un giunto di malta più spesso rispetto agli altri.

Nel secondo, oltre a vedersi ancora in modo più accentuata la zona fredda presente nella parte bassa destra del termogramma, si rileva una linea calda che percorre l'immagine per tutta la sua altezza; si ipotizza la presenza di un impianto inglobato nell'intonaco.

INDAGINE TERMOGRAFICA - STANZA I19, PIANO SEMINTERRATO

Data prova: 28.12.2018

Luogo di prova: Stanza I19, Piano Seminterrato

Inizio riscaldamento: ore 11.30 T=10°C

Inizio prova: ore 15.20 T= 17°C

Posizione termoventilatore 1: al centro della stanza, su cassetteria (quota c. 0,50 m)

Posizione termoventilatore 2: al centro della stanza, su pavimento

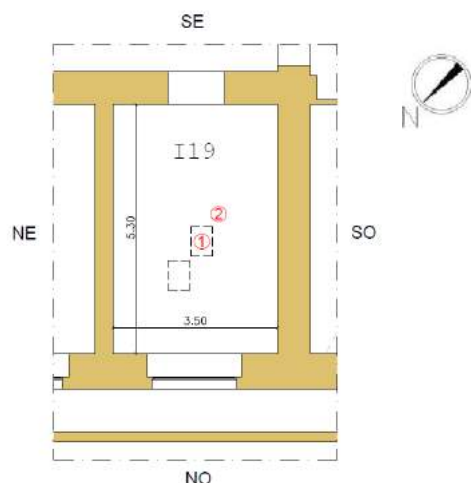


Figura 5.9: Pianta orientata della stanza I19, in tratteggio sono indicati gli ingombri del mobilio presente; i numeri 1 e 2 indicano la posizione dei termoventilatori

Ora	Serie di acquisizione dati	Intervallo termogrammi IR + immagine visibile DC
15.21 – 15.44	1° serie su pareti e solaio stanza	18128 - 18159
15.48 – 15.51	2° serie su muro di fronte a I19	18160 - 18173

Tab. 5: Sequenza degli orari ed intervalli dei termogrammi IR + immagini visibili DC relativi a tutte le fasi e serie di acquisizione dati.

In questa stanza I19 posta nel seminterrato e con affaccio sul fronte dell'edificio, durante le campagne di Gennaio e Aprile 2018 eseguite da Controls s.r.l. sono state effettuate le seguenti prove:

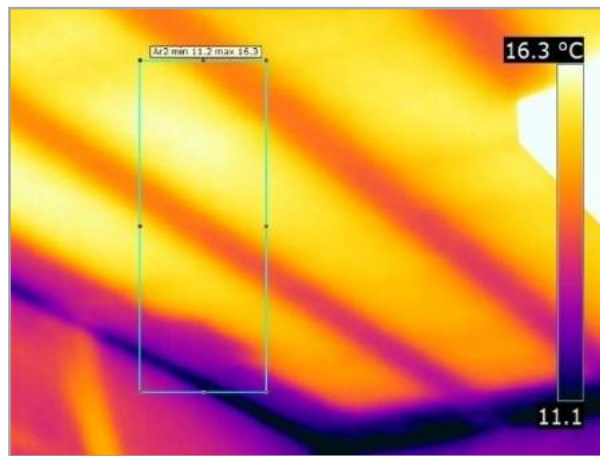
- prelievo di malta e mattone nella parete NO;
- messa in vista della tessitura muraria tramite rimozione di intonaco (area di dim. circa 1x1m.) nella parete NO;
- sul solaio della stanza adiacente (I20): saggio, indagine "Poldi", indagine sclerometrica su travetto.



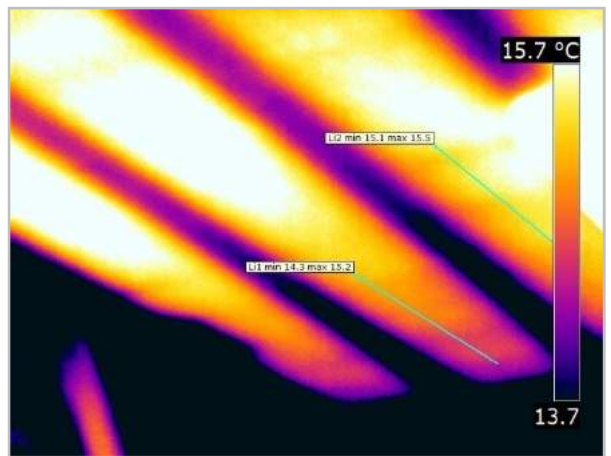
Immagine visibile: DC_18133



Termogramma originale: IR_18132



Termogramma modificato: IR_18132



Termogramma modificato per mettere in evidenza i giunti tra le pignatte che si intravedono nella parte a destra in basso del termogramma



Figura 5.10: Disegno schematico del solaio del piano primo (Controls s.r.l.)

Stanza: I19

Parete: Solaio, vista verso angolo O

Note: Il metodo di indagine ha messo in vista l'orditura del solaio.

L'orditura risulta facilmente distinguibile dalla lettura dei travetti portanti che risultano più freddi. Essi sono orientati da NO a SE. Si potrebbero contare e stabilire il loro interasse, oltre alla loro sezione trasversale di base. Si riescono anche debolmente a intravedere delle linee più fredde perpendicolari ai travetti, a passo regolare, imputabili ai giunti tra le varie pignatte.

Si ipotizza quindi un solaio di laterocemento.

Lungo il perimetro del solaio le zone fredde hanno una dimensione maggiore, trattasi di cordoli perimetrali per il collegamento del solaio con le murature perimetrali.

Dai dati storici raccolti è noto che il solaio non è quello originario, ma è stato rifatto negli anni '90, quando l'edificio è stato oggetto di un importante intervento strutturale.

Le indagini eseguite da Controls confermano quanto ipotizzato: solaio in laterocemento tralicciato (Fig. 5.10).

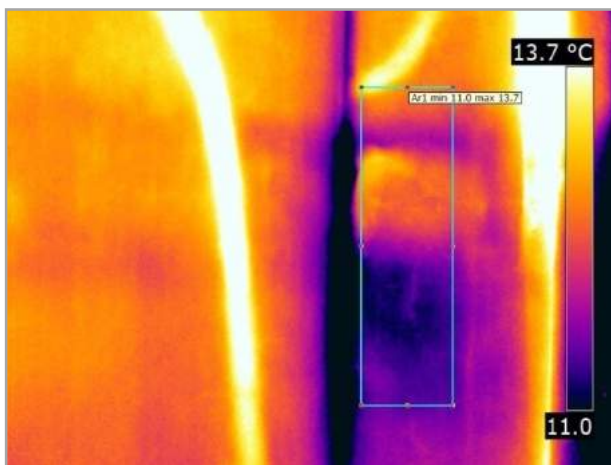
Nella parete verticale SO si nota – a sinistra nel termogramma - una anomalia più calda; la sua forma lascia pensare alla presenza di impianti.



Immagine visibile: *DC_18137*



Termogramma originale: *IR_18136*



Termogramma modificato: *IR_18136*



Figura 5.11: Dalla foto si può notare una soletta esterna spingente, causa forse della fessura.



Figura 5.12: Fessura media F10.

Stanza: I19

Parete: Angolo Ovest

Note: Nella parete NO, quella verso il fronte dell'edificio, si nota un'area più calda e subito sotto una fredda. In corrispondenza della zona calda è presente una fessura (F10) e come si può vedere dalla foto, se guardata attentamente, nella parte sinistra della crepa è presente anche un rigonfiamento dell'intonaco. E' coinvolto dunque anche un distacco dello stesso.

La zona fredda potrebbe essere dovuta alla presenza di umidità.

Nella parete SO è ben visibile una linea molto calda quasi verticale, corrispondente a cavi elettrici posti al di sotto dell'intonaco, come visto prima.

Si notano inoltre anche linee fredde orizzontali parallele sulla parete SO. Dai dati storici è noto che il solaio del piano rialzato è stato rifatto in occasione del grosso intervento strutturale eseguito negli anni '87-'90, in corrispondenza delle due stanze poste a fianco del passaggio a ponte dell'edificio a una quota maggiore rispetto all'originario; originariamente si trovava alla quota stradale (la finestra della stanza sopra alla I19 era originariamente una porta di ingresso pedonale, vedi Fig. 5.11). La zona fredda che corre lungo la parete SO e continua in quella NO, seppure nascosta dall'area calda del distacco di intonaco, potrebbe corrispondere al cordolo del vecchio solaio.



Figura 5.13: cartolina del 1926 con dettaglio del fronte in cui si rileva la diversa quota delle zone di ingresso.



Immagine visibile: DC_18147



Termogramma originale: IR_18146



Termogramma modificato: IR_18146

Stanza: I19

Parete: SE, angolo Sud

Note: Nella parte bassa della parete SE sono presenti delle zone calde. Per la loro forma irregolare si ipotizzano siano legate alla presenza di distacco di intonaco. La temperatura più elevata rispetto al resto della parete è data dalla formazione di sacche d'aria al di sotto dell'intonaco.

Le zone più fredde sono invece legate alla evaporazione di umidità di risalita capillare dal basso. Appaiono più fredde perché fornendo calore (termoventilatori accesi fino a poco prima per permettere la termografia attiva) si verifica il fenomeno dell'evaporazione, la quale comporta un raffreddamento della superficie (calore latente di evaporazione).

La regolarità della forma della zona fredda in basso a destra porta a pensare a una diversa composizione materica della parete (probabilmente una scatola impianti posta sul lato corridoio).

Indagine termografica – Esterno della palazzina

Data prova: 28.12.2018

Luogo di prova: Esterno della palazzina (Fronte SE e Parete NO)

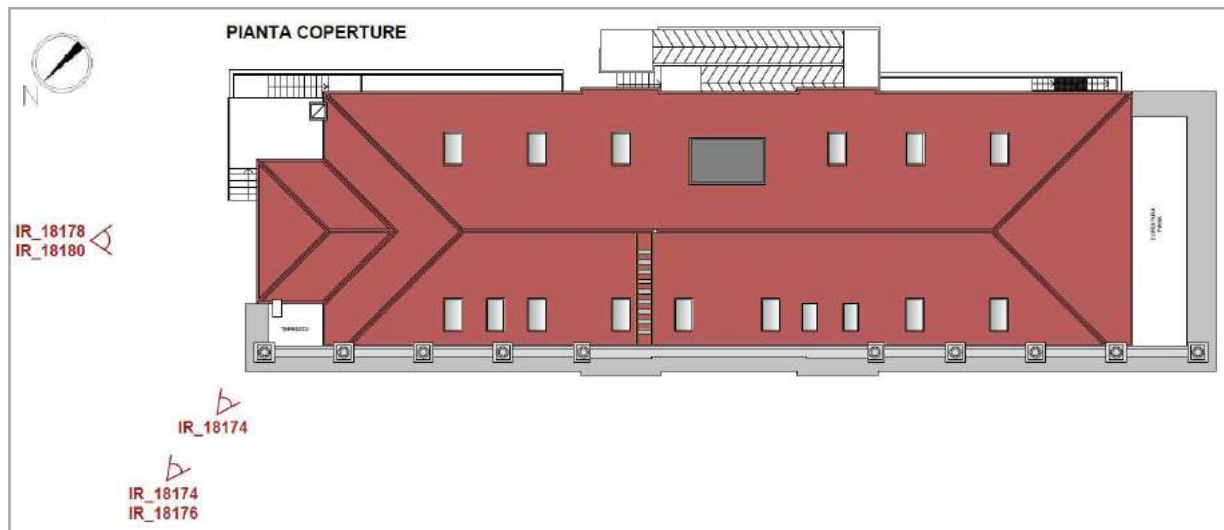


Figura 5.15: Pianta delle coperture con indicate in rosso le posizioni di acquisizione dei termogrammi.

Ora	Serie di acquisizione dati	Intervallo termogrammi IR + immagine visibile DC
16.00 – 16.04	3° serie esterno dell'edificio	18174 - 18183

Tab. 5: Sequenza degli orari ed intervalli dei termogrammi IR + immagini visibili DC relativi a tutte le fasi e serie di acquisizione dati.



Immagine visibile: *DC_18181*



Termogramma originale: *IR_18180*



Termogramma modificato: *IR_18180*

Parete: Esterno, Parete SO

Note: A un primo sguardo è immediatamente leggibile l'effetto di riscaldamento da irraggiamento solare in funzione sia delle zone d'ombra (cornicione in sommità) sia della diversa tinteggiatura (colori più caldi assorbono più calore rispetto al bianco delle lesene e delle cornici). Questo effetto è amplificato anche dallo spessore delle murature (lesene e cornici più spesse e quindi con maggiore massa rispetto alle pareti, i capitelli invece appaiono più caldi probabilmente per la diversa costituzione materica).

Anche la diversa angolazione degli elementi incide sul riscaldamento delle superfici; l'angolazione dei davanzali/banchine delle finestre, rivolta al sole, e' diversa rispetto all'angolazione delle pareti. Le banchine sono più ortogonali ai raggi solari quindi ricevono e assorbono più energia termica. Il fatto è amplificato anche dalla diversa costituzione materica o finitura superficiale di tali elementi

Sono chiaramente rilevabili nel termogramma anche le fasce orizzontali fredde che denunciano la presenza del solaio tra il piano rialzato e primo.

Infine, altra informazione riscontrabile dalle diverse temperature al di sopra delle finestre e' la presenza di disomogeneità materica rispetto al pannello costituente la muratura. Ciò indica la presenza di cassonetti per tapparelle. In particolare si riesce a leggere la diversa tipologia di queste ultime fra quelle poste al primo piano (telo unico) e quelle poste al piano rialzato (telo sdoppiato).

5.2 PROVE RADAR

Mediante l'utilizzo della tecnica GPR sono stati acquisiti dati radar, in data 27 e 28 Dicembre 2018, su alcuni solai e pareti dell'"Ex palazzina uffici Orsi-Mangelli" (Forlì) al fine di indagare, in modo non distruttivo, le caratteristiche principali di questi elementi strutturali.

Scopo della prova

La tecnica GPR (Ground Penetrating Radar) permette di identificare oggetti e strutture situati in profondità sfruttando la propagazione delle onde elettromagnetiche. È possibile localizzare, con buona precisione, per esempio discontinuità ed elementi non visibili dall'esterno della struttura in esame; in particolare nel campo dell'edilizia è utilizzata per la localizzazione dei sottoservizi presenti nelle strutture (tubature, impianti), per il controllo del manufatto in termini di fessure, distacchi ed ammaloramenti e per l'individuazione delle armature e della struttura portante, permettendo per esempio di distinguere la presenza di mattoni pieni o blocchi di laterizio forati.

Nello specifico, nell'analisi svolta sul caso studio, la prova Radar è stata utilizzata per rilievi su solai e parete dell'edificio in esame con l'obiettivo di raggiungere una completa ed accurata conoscenza degli stessi e di identificarne i singoli componenti; capire ad esempio se le pareti murarie siano costituite da mattoni pieni o blocchi di laterizio forati, o ancora individuare la presenza di reti elettrosaldate al di sotto dell'intonaco o solette armate nei solai.

Oggetto della prova

L'acquisizione di dati radar presso l'"Ex Palazzina uffici Orsi-Mangelli" (Forlì) è stata eseguita su solai e pareti di tutti e 4 i piani dell'edificio con preferenza per le zone in cui erano già state eseguite le prove di una campagna di indagine precedente. Questo al fine di consentire un possibile riscontro alle ipotesi avanzate dall'interpretazione dei radargrammi grazie agli esiti delle prove dirette eseguite in precedenza. In particolare, nella stanza R1 sono state eseguite numerose prove su tutte le pareti e sul solaio. Data la vastità dell'edificio e il limitato tempo a disposizione non è stato possibile ripetere lo stesso numero di prove per tutte le altre stanze presenti.

Sono inoltre state eseguite alcune linee di rilievo radar anche su un fronte esterno dell'edificio, ossia sulla parete SE (retro dell'edificio) a destra dell'infisso della stanza R9 e vicino all'angolo Sud.

Strumentazione utilizzata

L'acquisizione dei dati radar è stata effettuata mediante l'utilizzo di un'antenna Palm da 2GHz (Fig.1) collegata a un monitor.

CARATTERISTICHE TECNICHE RADAR

Marca: GSSI

Modello: SIR 3000

Antenna: 2GHz P (Palm)

Tab. 1: Caratteristiche del radar utilizzato per l'indagine

L'antenna Palm offre all'operatore la possibilità di raggiungere, data la sua piccola dimensione, punti inaccessibili con altre tipologie di antenna quali, ad esempio, angoli ed ostruzioni. È composta al suo interno da due antenne (dipoli) parallele tra di loro disposte a "forma di farfalla" una con funzione trasmittente, l'altra, invece, ricevente; è inoltre dotata di un odometro in grado di misurare le distanze percorse dall'antenna durante l'analisi.

Esistono diversi tipi di antenne in funzione alla frequenza con cui emettono segnali elettromagnetici (maggiore è la frequenza, minore è la profondità di indagine, ma maggiore sarà la risoluzione del radargramma); l'antenna utilizzata in questa analisi ha una frequenza di emissioni di segnali elettromagnetici pari a 2 GHz e la corrispondente profondità di indagine (per ottenere una buona risoluzione) è di circa 0.5m.



Figura 5.16: Antenna 2 GHz P(Palm); si può notare il odometro

Procedura preparatoria

L'intero immobile è stato oggetto di studio attraverso prove radar. I punti di indagine, esclusi quelli della prima giornata di sopralluogo che sono stati eseguiti solamente all'interno della stanza R1, sono stati scelti in corrispondenza di zone nelle quali erano già state eseguite altre tipi di prove (semi-distruttive) durante le campagne di indagine svolte a Gennaio e marzo 2018 al fine di una verifica di vulnerabilità sismica, da parte della ditta Controls s.r.l. di Cesena (FC), commissionate dai precedenti proprietari dell'immobile; in questo modo è stato possibile avere un riscontro certo, per la maggior parte delle prove eseguite, delle ipotesi avanzate sulla base delle nostre indagini.

L'acquisizione dei dati è avvenuta per linee radar singole, non è quindi stata necessaria la predisposizione di una griglia.

Concordate le zone di indagine si è passati all'impostazione dello strumento (Fig. 2).

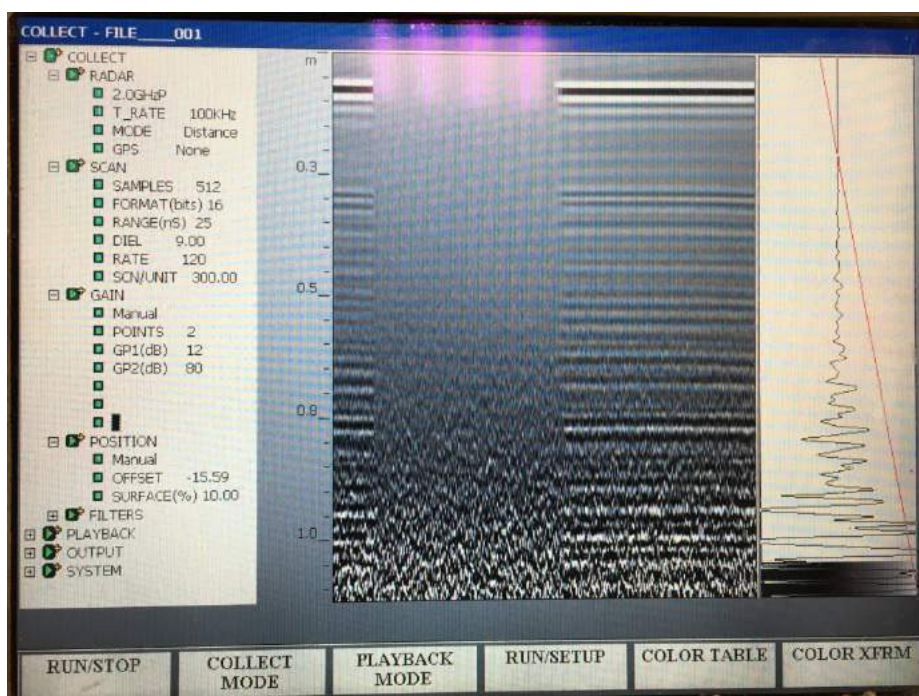


Figura 5.17: Monitor dello strumento contenente i settaggi dello strumento

Si analizzano di seguito alcune delle principali impostazioni utilizzate durante la prova:

Comando	Settaggio	Significato
RADAR		
Antenna:	<i>2GHz P</i>	ha riconosciuto l'antenna inserita descritta precedentemente
Mode:	<i>Distance</i>	registra le distanze grazie al odometro

GPS:	<i>None</i>	segnale GPS non attivo
SCAN		forma dell'onda; il singolo segnale digitale è detto ASCAN, a sua volta è formato da tanti punti
Samples:	<i>512</i>	Ogni AScan è formato da 512 puntini
Range(ns):	<i>25</i>	profondità di indagine 1,25m. (alta risoluzione fino a 0,5m.)
Diel:	<i>9</i>	caratteristica dielettrica del materiale (imposto 9 quando non la si conosce con precisione)
Scn/Unit(m):	<i>300</i>	n. di AScan registrati ogni metro, una registrazione circa ogni 3mm
GAIN		= guadagno, amplificazione segnale
Point:	<i>2</i>	amplificazione per due punti, quindi lineare
GP1:	<i>12 dB</i>	
GP2:	<i>80 dB</i>	(massimo consentito dallo strumento)

Per tutte le linee radar acquisite all'interno dell'edificio sono stati mantenuti invariati questi settaggi; per i radargrammi acquisiti invece sulla parete esterna SE della palazzina, è stata modificata l'amplificazione del segnale (GP1=5dB e GP2=15dB).

Acquisizione dei dati

Durante la prima giornata di sopralluogo le prove sono state eseguite solamente nella stanza R1; sono state effettuate linee radar verticali e orizzontali su tutte le pareti e sul solaio, nelle aree non occupate dal mobilio presente (erano posizionati lungo la parete SO un armadio e al centro della stanza una scrivania).

Il 28 dicembre, invece, ci si è spostati sui vari piani dell'edificio e sono state indagate pareti e solai nei quali erano già state svolte le altre prove (semi-distruttive) dalla ditta Controls s.r.l.

In generale durante l'acquisizione dei dati radar è stata adottata la convenzione di eseguire le linee radar verticali dal basso verso l'alto e quelle orizzontali da sinistra a destra. Sono inoltre stati inseriti manualmente dall'operatore dei markers; lungo le pareti sono quasi sempre stati introdotti in corrispondenza dell'inizio e della fine di scassi rilevati sull'intonaco della muratura; sui solai, invece, ad ogni fuga di piastrelle o in corrispondenza di porte.

Ogni posizione di acquisizione è stata riportata durante la prova su piante dell'edificio con anche il rispettivo numero di file e contemporaneamente in una tabella riportando la zona di esecuzione ed eventuali note.



Figura 5.18: Foto scattata durante l'acquisizione di una linea radar orizzontale sulla parete NE della stanza R1, situata al primo piano dell'edificio.

Elaborazione dati e visualizzazione risultati

Terminata la fase di acquisizione, l'elaborazione dei dati è avvenuta mediante l'utilizzo del software Radan 6.6 (GSSI). L'elaborazione in questo caso ha avuto lo scopo di rendere maggiormente visibili le anomalie presenti nei file e poter individuare geometricamente e spazialmente le riflessioni registrate, così' da analizzare la composizione delle varie pareti e solai indagati.

Per tutti i radargrammi registrati è stata effettuata una procedura standard che è consistita nella correzione del tempo zero, nell'applicazione del background removal e nell'applicazione del gain (amplificazione dei segnali).

La *correzione del tempo zero* consiste nel correggere la posizione verticale dell'intero profilo del radargramma; è consigliato posizionare lo zero nel punto in cui l'asse orizzontale incontra il primo picco positivo della riflessione superficiale; tale operazione permette di portare la prima riflessione visibile (quella dovuta all'accoppiamento antenna-superficie di prova) al tempo zero, eliminando così la banda di radargramma in cui non sono presenti segnali e provocando uno slittamento verso l'alto di tutti gli scan. Questo passaggio è fondamentale per

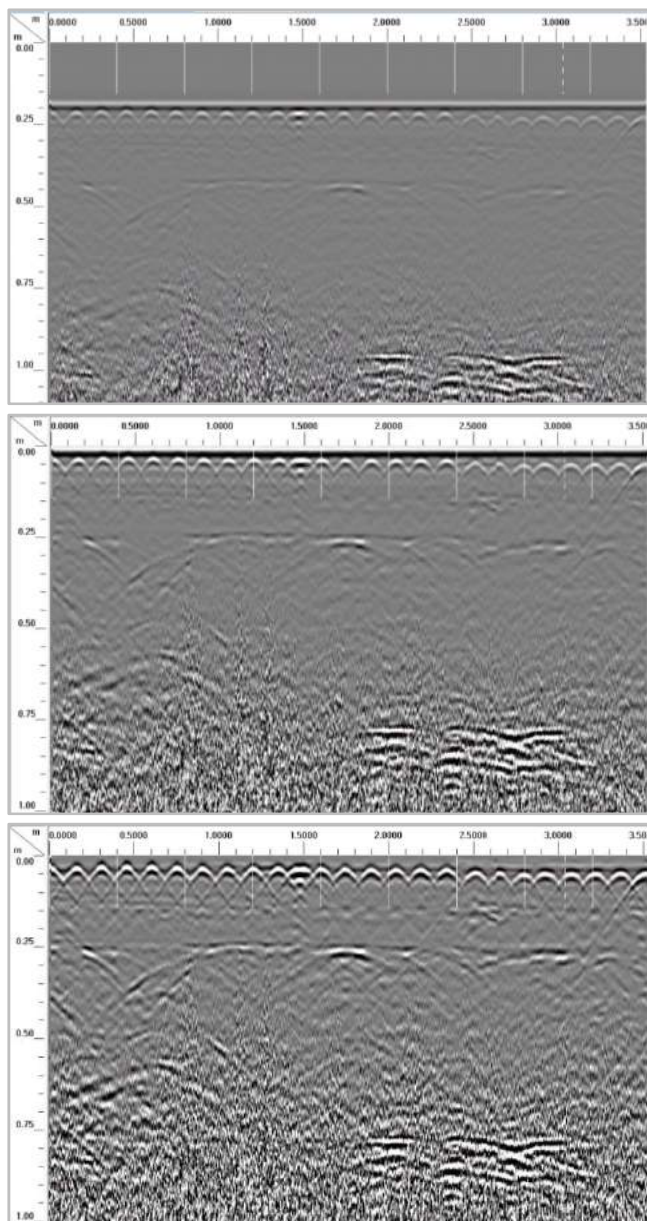
individuare correttamente le profondità delle riflessioni registrate in quanto in questo modo sarà possibile leggere senza errori la loro posizione sull'asse Y (quello delle profondità), a patto di aver impostato un valore corretto di velocità di propagazione dei segnali nel mezzo indagato.

Successivamente viene applicato il *background removal* che è un'operazione di filtraggio dei dati radar che consiste nel tagliare un certo range di frequenze del segnale al di sotto di una soglia prestabilita lasciando inalterate tutte le altre, per eliminare dal radargramma i disturbi presenti che, talvolta, possono oscurare le riflessioni di altri dati.

Infine è stato applicato al radargramma un *range gain* (guadagno o amplificazione) lineare che amplifica, ove necessario, il segnale e mette maggiormente in luce le riflessioni principali. L'intensità di una riflessione presente nel radargramma dipende dalla quantità di energia posseduta e riflessa dal segnale; durante la fase di acquisizione, le onde elettromagnetiche subiscono una forte attenuazione mentre attraversano il mezzo (materiali indagati), provocando una diminuzione di energia del segnale e conseguentemente anche delle sue riflessioni. Per cercare di "contrastare" questo fenomeno è possibile, tramite il software Radan, applicare un gain (guadagno) che consente di amplificare le oscillazioni del segnale ricevuto in modo tale da rendere più chiara la lettura dei picchi di riflessione.

Tutte le linee radar acquisite e modificate in questo modo, sono state raccolte nell'ALLEGATO B, dove sono stati messi a confronto i radargrammi originali con quelli modificati e sono state descritte le riflessioni visualizzate indicandone posizioni lungo la linea (sull'asse X) e profondità (sull'asse Y) e principali caratteristiche; si è cercato inoltre di fornire un'interpretazione alle riflessioni individuate, tentando di ricondurle alla "causa" generatrice, ad esempio provando ad affermare se la parete esaminata fosse in mattoni o blocchi di laterizio forati. Si è quasi sempre potuto avere un riscontro delle ipotesi avanzate grazie ad altri tipi di indagini (semi-distruttive o invasive) eseguiti precedentemente da una ditta specializzata in prove diagnostiche. Sono riportati di seguito alcuni esempi di radargrammi maggiormente significativi acquisiti presso l' "Ex palazzina uffici Orsi Mangelli" durante le due giornate di indagini.

F_003



File:	003
Stanza:	R1
Parete:	NE
Linea di rilievo:	Orizzontale
Lunghezza linea:	3.50 m
Quota:	1.75 m



F003– dati grezzi (in alto), correzione del tempo 0 e display gain 6 (in centro), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (sotto). Sotto alla tabella è riportata la pianta della stanza R1, con spessore della parete oggetto di indagine.



Figura 5.19: Saggio con rimozione di spesso strato di intonaco per messa in vista della muratura di laterizi e prelievo di mattone con manomissione anche della rete metallica elettrosaldata presente (Controls s.r.l., Aprile 2018)

NOTE:

La linea radar orizzontale, acquisita per l'intera lunghezza della parete NE, alla una quota di 1.75 m., passando per la parte superiore dello scasso presente sulla parete vicino all'angolo E. Lo spessore della parete appare circa 25 cm a sx, quello reale, da rilievo, risulta 37 cm.

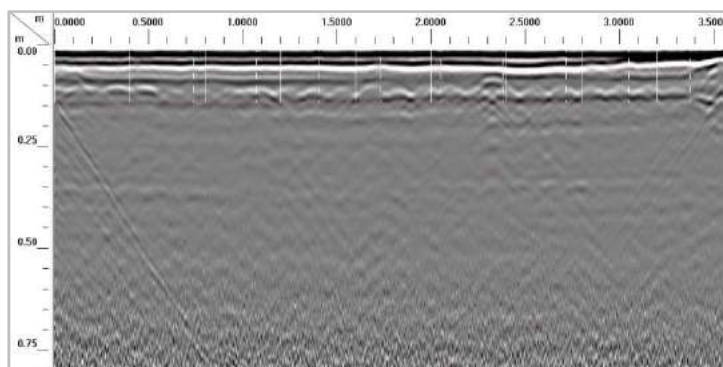
Sono presenti anche in questa linea iperboli a passo costante di circa 15 cm. Si ipotizza presenza di rete e.s., a sx più superficiale, circa 2 cm dalla superficie di prova, a dx risulta poco più in profondità, circa 4-5 cm. Ipotesi confermata dal confronto con la foto dell'indagine già eseguita da Controls s.r.l. su questa parete (vedi Fig. 5.19). A circa 1,50 m dall'inizio della linea radar, si nota un punto a maggiore concentrazione di iperboli, forse riconducibile al passaggio di un impianto.

A circa 1 m dalla fine della linea radar, alla profondità di 12-13 cm, si possono notare delle linee confuse riconducibili probabilmente a possibili manomissioni; anche le iperboli superficiali sembrano avere subito modifiche, il loro passo sembra alterato. Ipotesi confermata dall'osservazione delle foto eseguite dai Lab. Controls durante la campagna di indagine di Aprile 2018, vedi Fig.5.19, la quale riconduce la manomissione al prelievo di mattone e l'alterazione delle iperboli sembra dovuta al fatto che tale rimozione ha comportato anche modifiche alla rete e.s.

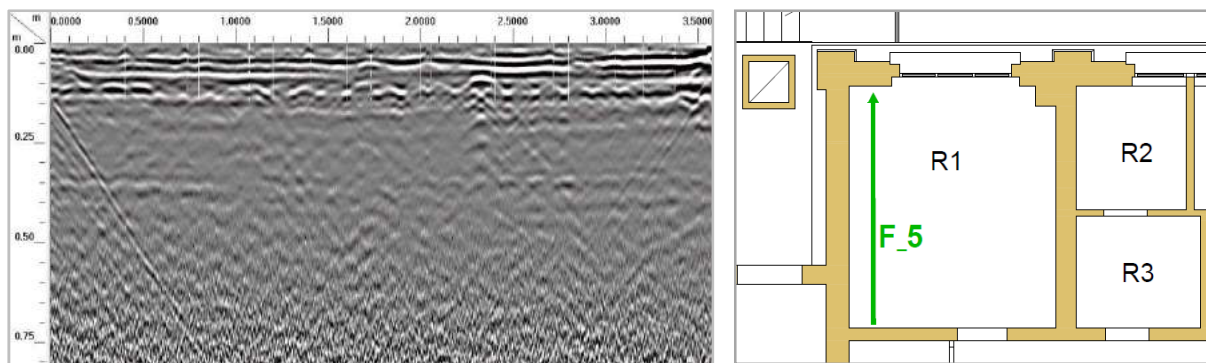
Marker a 60 cm dal termine della linea radar, posto in corrispondenza della fine dello scasso. In tale porzione non si notano alterazioni delle iperboli, la rete e.s. non è stata oggetto di modifiche; l'intonaco, invece, risulta più spesso.

Sulla parte destra del radargramma grezzo (il primo in alto) si può notare che le iperboli appaiono di colore grigio più chiaro, quindi il segnale risulta più attenuato. La causa può essere imputabile ad un maggior tasso di umidità nella muratura, imputabile al fatto che si tratta di una porzione di parete con affaccio diretto verso l'esterno, fra l'altro esposta a NE.

F_005



File:	005
Stanza:	R1
Parete:	Solaio
Linea di rilievo:	Parallela alla parete NE
Lunghezza linea:	3.60 m
Quota:	0 m



F005 – correzione del tempo 0 e display gain 12 (in alto), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 20 (in basso). In basso a destra è riportata la pianta della stanza R1, con la linea radar F_5 su solaio.

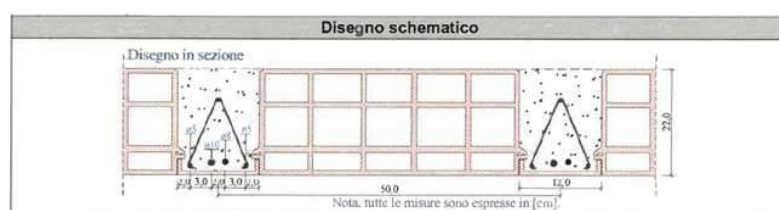


Figura 5.20: Disegno schematico del solaio del piano primo (Controls s.r.l.)

NOTE:

Linea radar acquisita sul solaio della stanza R1 parallelamente alla parete NE, a una distanza di 25 cm da essa. Intradosso apparente del solaio a circa 34 cm di profondità a sinistra. Spessore reale, da rilievo in sito, circa 40 cm.

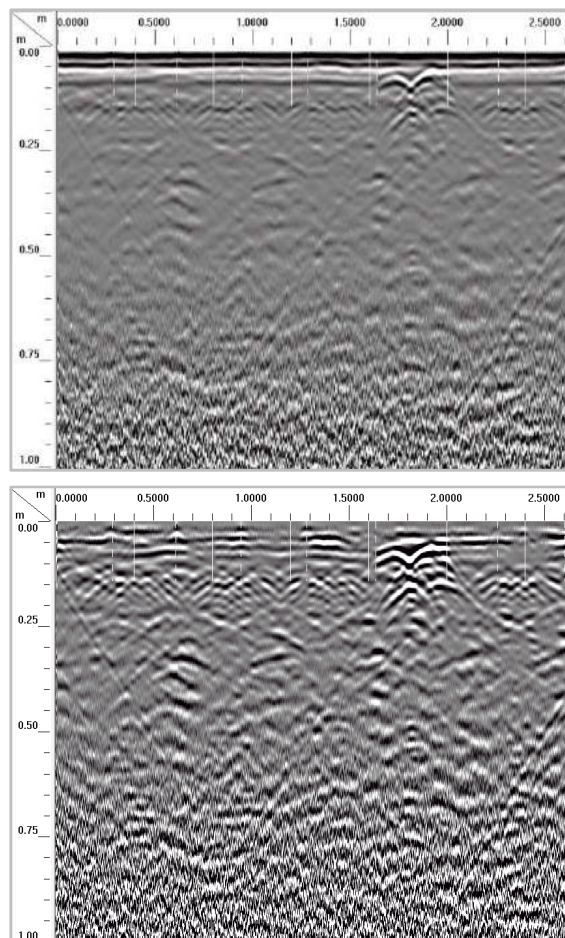
Marker presente ad ogni fuga tra le piastrelle del pavimento, di lato 33 cm (manca 1° marker).

Le varie linee parallele presenti al di sotto del piano calpestabile ci fanno intuire la presenza di vari strati di materiali diversi sotto alle piastrelle.

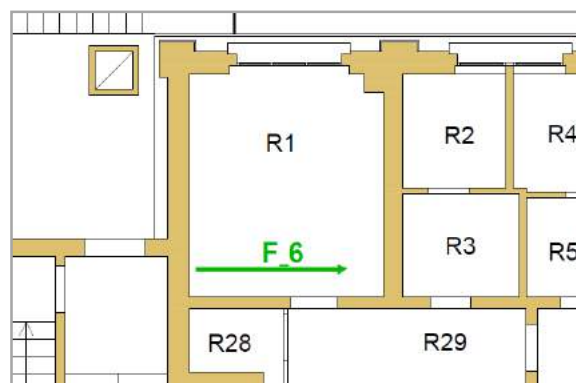
Sappiamo che è presente un solaio in laterocemento tralicciato ordito parallelamente alla parete NE (vedi Fig. 5.20). Non ci spettiamo quindi di leggere i ferri longitudinali presenti nei travetti. Alla profondità di circa 10 cm si notano tante piccole ondate riconducibili alla presenza di elementi forati; ciò è confermato dallo schema del solaio rappresentato nella Fig. 5.20, fornita da Controls.

A circa 2,30 m dall'inizio della linea radar si riscontra il picco di una iperbole piuttosto marcata con sotto le relative onde di rimbalzo del segnale; si ipotizza il passaggio di un impianto sotto pavimento.

F_006



File:	006
Stanza:	R1
Parete:	Solaio
Linea di rilievo:	Parallela a parete NO
Lunghezza linea:	2.60 m
Quota:	0 m



F006– correzione del tempo 0 e display gain 12 (in alto), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 20 (in basso). Sotto alla tabella è invece riportata la pianta della stanza R1, piano rialzato, con linea radar F_6 sul solaio della stessa.

NOTE:

Linea radar acquisita sul solaio della stanza R1 parallelamente alla parete NO, in direzione NE – SO, 0,5 m dalla parete NO. In questo radargramma non si riesce a distinguere l'estradosso del solaio indagato.

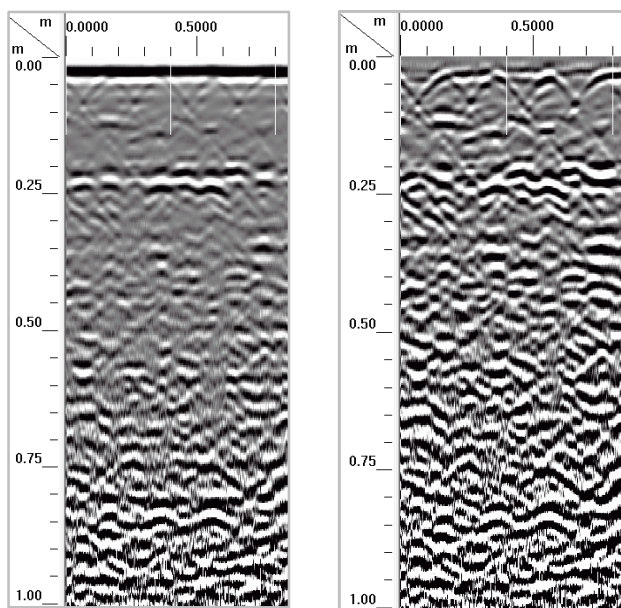
Marker presente ad ogni fuga tra le piastrella (di lato 33 cm) del pavimento.

Le varie linee parallele presenti al di sotto del piano calpestabile ci fanno intuire la presenza di vari strati di materiali diversi sotto alle piastrelle.

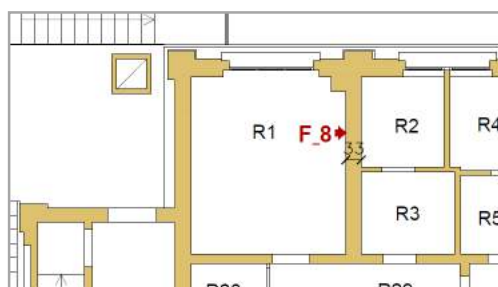
Alla quota di circa 10 cm si notano tante piccole ondinie riconducibili alla presenza di elementi forati; ce lo conferma lo schema del solaio rappresentato nella Fig. 5.20, fornita da Controls. Si notano inoltre, tra 1,6 m e 2 m dall'inizio della linea radar, 2 iperboli più superficiali e di forte intensità corrispondenti a impianti che passano in corrispondenza della porta della stanza.

Oltre i 30 cm di profondità si riescono a distinguere delle deboli iperboli ad interasse di circa 0,5 m che potrebbero essere ricondotte ai travetti del solaio. Tale ipotesi è confermata dalla Fig. 5.20.

F_008



File:	008
Stanza:	R1
Parete:	SO
Linea di rilievo:	Verticale
Lunghezza linea:	0.80 m
Quota:	1.50 –2.80 m



F008 – correzione del tempo 0 e display gain 12 (a sinistra), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 20 (a destra). Sotto alla tabella è riportata la pianta della stanza R1 con la posizione della linea radar F_8 e lo spessore della parete SO.



Figura 5.21: Saggio con rimozione dello strato di intonaco eseguito sulla parete SO della stanza R1 per messa in vista della muratura (Controls s.r.l., Aprile 2018).

NOTE:

Linea radar verticale acquisita dal basso verso l'alto lungo la parete SO, da quota c. 1,50 (sopra armatura presente) a c. 2,80 m rispetto al piano di calpestio.

Spessore apparente della parete c. 23 cm a sinistra. Spessore reale: circa 33 cm.

Presenza di deboli iperboli superficiali ogni 20 cm riconducibili alla dimensione dei blocchi di laterizio; esclusa la possibilità di rete e.s. anche dalla Fig. 5.21. Possibile interfaccia a metà spessore della parete muraria.

5.3 PROVE SCLEROMETRICHE

In data 28 dicembre 2018, mediante l'utilizzo di uno sclerometro per malta sono stati raccolti dati riguardanti la qualità dell'intonaco esterno dell'edificio storico oggetto di studio, situato in Forlì.

Scopo della prova

Lo sclerometro è un dispositivo meccanico utilizzato per eseguire un'analisi qualitativa rapida e non distruttiva su materiali in conformità alle specifiche caratteristiche dello strumento per cui è stato progettato, per esempio per analisi di malte o calcestruzzo, ma anche di rocce.

Il dispositivo misura il valore di rimbalzo di una massa battente proiettata sulla superficie della struttura stessa. Con l'ausilio di tabelle di conversione è possibile determinare la durezza superficiale del materiale e da lì stimare approssimativamente il relativo valore della resistenza alla compressione. Lo strumento fornirebbe quindi il valore di durezza e resistenza della superficie indagata.

Nello specifico, nell'analisi svolta, lo sclerometro è stato utilizzato per stimare la durezza superficiale del rivestimento esterno dell'edificio oggetto di studio.

Oggetto della prova

Presso l'“Ex palazzina uffici Orsi Mangelli” situata a Forlì, edificio costruito a partire dal 1926, sono state effettuate delle prove sclerometriche sulla facciata SE dell'edificio, nel dettaglio, sulla parete muraria accanto alla finestra della stanza R9 e sul basamento che corre lungo tutto il perimetro dell'edificio, vicino all'angolo Sud.

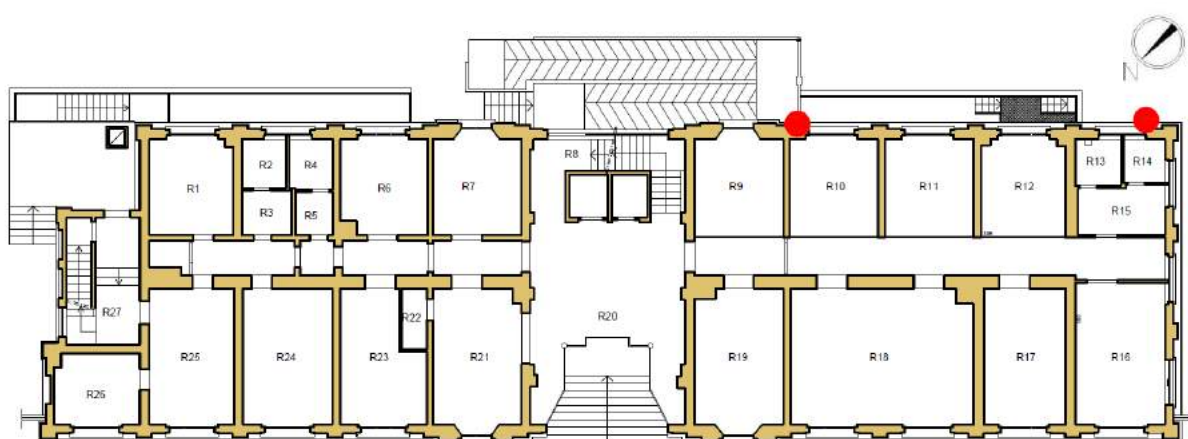


Figura 5.22: Pianta del piano rialzato dell'edificio oggetto di studio. In rosso sono indicati i punti in cui sono state eseguite le prove sclerometriche.

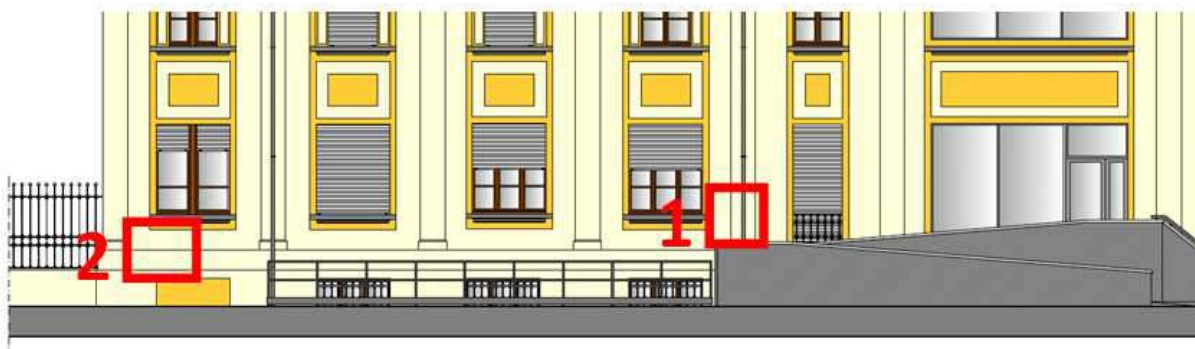


Figura 5.23: Prospetto SE dell'edificio oggetto di studio. In rosso sono indicati i punti in cui sono state eseguite le prove sclerometriche.

Strumentazione utilizzata

L'acquisizione degli indici di rimbalzo è stata effettuata mediante l'utilizzo di uno sclerometro PASI di Tipo M., idoneo alla misurazione della durezza superficiale di malte di allettamento, con le seguenti specifiche tecniche (Tab. 1):

Caratteristiche tecniche - Sclerometro Tipo M.	
Energia d'impatto:	0.169J (0.169N/mm ²)
Valore sull'incudine:	74±2 R
Dimensioni:	54 × 268mm
Peso:	1kg
Campo di misura:	1.4 - 25 N/mm ² (Mpa)

Tab. 5.7:Caratteristiche tecniche dello sclerometro PASI Tipo M.

La dotazione dello strumento comprende:

- Strumento;
- Custodia;
- Pietra abrasiva;
- Manuale di istruzioni.



Figura 5.24: Sclerometro PASI di Tipo M.

Procedura preparatoria

L'indagine sclerometria, come già detto, è stata svolta sull'esterno dell'edificio oggetto dello studio. Non si è certi che l'intonaco oggi presente sia quello originario del 1926, anno di costruzione della palazzina, dal momento che tale edificio ha subito alcuni interventi nel corso degli anni, tra cui, uno dei più significativi, quello eseguito tra il 1987 e il 1990 che ha apportato notevoli modifiche strutturali e in occasione del quale sembra sia avvenuta anche una ritinteggiatura dello stesso.

Da un'attenta analisi del rivestimento esterno è stata infatti riscontrata, al di sotto della verniciatura, la presenza di una malta cementizia con addizione di materiali plastici (resine), indice di intonaco più recente rispetto alla data di costruzione e quindi non originario.

Si procede comunque all'analisi del rivestimento.

Come dimensione della zona di indagine si deve considerare la necessità di eseguire almeno 10-12 battute (test); i singoli punti di impatto devono essere distanti tra loro almeno 20mm.

Sono state scelte due superfici di prova poste sul retro dell'edificio. Una volta individuato e raggiunto il luogo della prova, si è utilizzata la pietra abrasiva in dotazione per levigare le superfici fino a quando sono diventate lisce. Irregolarità superficiale possono alterare i risultati della prova.

Le misurazioni non devono essere effettuate con temperature inferiori ai +5°C e superiori ai 35°C: il giorno della prova era molto freddo visto il periodo dell'anno (Dicembre), tuttavia l'indagine sclerometria è stata svolta nel primo pomeriggio, quando il sole stava ancora irraggiando la parete SE oggetto della prova; la temperatura si trovava quindi nel giusto range. Anche l'intonaco risultava asciutto, altro fattore importante al fine dell'ottenimento di risultati non falsati.

Acquisizione dei dati

Lo sclerometro va posizionato perpendicolarmente alla superficie di prova e impugnato sempre con entrambe le mani, una sulla parte anteriore e l'altra sulla parte posteriore, poiché genera un contraccolpo al momento del contatto.

Si colloca lo strumento bloccato (attraverso il pulsante presente sulla parte terminale dello strumento), quindi con il puntale che sporge molto poco e la molla è tesa, sulla superficie da misurare e si esercita una leggera pressione; a questo punto si sblocca il fissaggio (il pulsante si sblocca e il percussore sale fino a raggiungere la sua massima lunghezza). A partire da questa condizione lo strumento potrà essere utilizzato per l'acquisizione di dati.

Si procede quindi posizionando lo sclerometro, per ogni battuta, perpendicolarmente alla superficie di prova e contro la stessa; si spinge il martello contro la superficie di prova a velocità moderata fino a quando avviene l'impatto.

Immediatamente dopo il colpo, tenendo lo strumento premuto contro la parete, si può leggere direttamente il risultato dell'indicatore sulla scala stampata sullo strumento; in alternativa, premendo il pulsante posto nella parte terminale dello sclerometro si fissa il valore di lettura sulla scala.

È stato ripetuto questo procedimento, ovviamente in altre posizioni distanti tra loro minimo 20mm, fino a quando non si è raggiunto un numero di valori sufficienti per ottenere una statistica affidabile, prendendo nota di volta in volta del valore ottenuto.



Figura 5.25: Esecuzione della prova sclerometria in sito, alla posizione 1

Elaborazione dei dati

Dei 12 valori ottenuti dell'area di misura sono stati scartati il valore massimo e minimo registrati; con i 10 valori rimanenti è stato calcolato l'indice medio di rimbalzo tramite la formula (media aritmetica):

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^{10} R_i}{10}$$

R_m : Valore medio di rimbalzo dell'area di misura (accuratezza 0.1R)

R_i : Valore di rimbalzo delle misure effettuate

Dopo aver determinato il valore medio dell'indice di rimbalzo della zona di indagine, tramite le tabelle (Tab. 5.8), fornite in dotazione allo strumento, si ricavano le resistenze a compressione della malta oggetto di indagine.

Tab. 5.8: Tabella di conversione Indice di rimbalzo R/Resistenza alla compressione della malta di allestimento per lo sclerometro PASI Tipo M. (Manuale Istruzioni-Sclerometro PASI tipo M.)

Indice di rimbalzo Rm	Durezza misurata N/mm ² - MPa
15	1,4
15,2	1,4
15,4	1,5
15,6	1,6
15,8	1,6
16	1,7
16,2	1,8
16,4	1,9
16,6	1,9
16,8	2
17	2,1
17,2	2,3
17,4	2,3
17,6	2,4
17,8	2,5
18	2,6
18,2	2,7
18,4	2,8
18,6	2,9
18,8	3
19	3,2
19,2	3,3
19,4	3,4
19,6	3,5
19,8	3,7
20	3,8
20,2	3,9
20,4	4,1
20,6	4,2
20,8	4,4
21	4,5
21,2	4,7
21,4	4,8
21,6	5
21,8	5,1
22	5,3
22,2	5,5
22,4	5,7
22,6	5,7
22,8	6
23	6,2
23,2	6,4
23,4	6,6
23,6	6,8
23,8	7
24	7,3
24,2	7,5
24,4	7,7
24,6	7,9
24,8	8,2
25	8,4
25,2	8,6
25,4	8,9
25,6	9,1
25,8	9,4
26	9,7
26,2	9,9
26,4	10,2
26,6	10,5
26,8	10,8
27	11
27,2	11,3
27,4	11,6
27,6	11,9
27,8	12,3
28	12,6
28,2	12,9
28,4	13,2
28,6	13,6
28,8	13,9
29	14,3
29,2	14,6
29,4	15
29,6	15,3
29,8	15,7
30	16,1
30,2	16,5
30,4	16,9
30,6	17,3
30,8	17,7
31	18,1
31,2	18,5
31,4	18,9
31,6	19,4
31,8	19,8
32	20,3
32,2	20,7
32,4	21,2
32,6	21,6
32,8	22,1
33	22,6
33,2	23,1
33,4	23,6
33,6	24,1
33,8	24,6
34	25,1

PROVA N. 1

Data prova: 28.12.2018

Zona di indagine: - parete esterna SE

- a dx del davanzale della finestra della stanza R9
- quota circa 2 m. dal livello del terreno

Direzione battute: perpendicolare alla parete



Figura 5.26: Foto generale dell'area oggetto di studio

Si riporta di seguita la tabella con i risultati delle indagini:

Prova	Elemento	Indice di rimbalzo												Resistenza cubica a compressione	
		Battute											Media		
n.1	intonaco	10	11	12	11	6	10	13	14	14	12	13	14	12	/

Tab. 5.9: Tabella contenente i risultati della prova n.1

Per quanto detto precedentemente sono stati scartati i valori minimi e massimi, rispettivamente 6 e 14. La media ottenuta con la formula di media aritmetica è 12.

Purtroppo la prova non è riuscita a fornire informazioni sulla durezza dell'intonaco presente nella zona indagata in quanto la media dell'indice di rimbalzo ottenuta (12) non compare nella tabella di conversione Indice di rimbalzo/Resistenza alla compressione allegata al manuale di istruzioni dello strumento: non rientra nel campo di misura dello sclerometro utilizzato (o forse non è stata eseguita correttamente la prova). Si presume dunque che la resistenza sia inferiore a 1,4 MPa.

PROVA N. 2

Data prova: 28.12.2018

Zona di indagine: - parete esterna SE

- vicino all'angolo Sud

- quota circa 0.7m dal livello del terreno



Figura 5.27: Foto dell'area oggetto di studio, presso l'angolo Sud

Si riporta di seguito la tabella con i risultati delle indagini:

Prova	Elemento	Indice di rimbalzo												Resistenza cubica a compressione	
		Battute											Media		
n.2	intonaco	24	18	23	24	18	18	24	18	20	20	16	23	20.6	4.2MPa

Tab. 5.10: Tabella contenente i risultati della prova n.2

Per quanto detto precedentemente sono stati scartati i valori minimi e massimi, rispettivamente 16 e 24. La media ottenuta con la formula di media aritmetica è 20.6.

La corrispondente resistenza cubica a compressione, ottenuta tramite la tabella di correlazione fornita con lo strumento, è 4.2 MPa (N/mm²).

6. CONFRONTO TRA ESITI DI PROVE NON DISRUTTIVE E PRECEDENTI INDAGINI INVASIVE E SEMI-INVASIVE

In questo capitolo si mettono a confronto in maniera esemplificativa alcuni degli esiti ottenuti tramite le presenti indagini, assolutamente non distruttive, con quelli ottenuti da prove invasive e semi-invasive eseguite da una ditta specializzata, sempre sulla palazzina Orsi Mangelli. Come detto, precedentemente a questa tesi, la palazzina è stata oggetto di due campagne di indagini, rispettivamente a gennaio e aprile 2018, al fine di contribuire a definire il grado di vulnerabilità sismica e quindi di stimare le sue prestazioni residue, trattandosi di un edificio storico del 1926, allo scopo di definire gli interventi opportuni/necessari per il miglioramento/adeguamento sismico stante il nuovo e diverso utilizzo previsto per il futuro dell'edificio.

Confronto indagini eseguite all'interno della palazzina

Nelle due campagne di indagini eseguite da laboratorio specializzato sono state eseguite su solai e pareti interne dell'edificio le seguenti prove:

- n.1 prova con martinetti piatti su muratura portante;
- n.2 prova di resistenza allo scorrimento della muratura portante di mattoni in presenza di carichi verticali;
- n.10 prelievi di mattoni in laterizio da setti murari del fabbricato per prove in laboratorio;
- n.10 prelievi di campioni di malta dalle murature del fabbricato per prove in laboratorio;
- n.8 indagini pacometriche e saggi diretti (il visibile) su solai;
- n.7 indagini sclerometriche su travetti dei solai;
- n.4 prove "Poldi" su travetti dei solai;
- n.1 indagine combinata Sonreb su pilastro in c.a. dell'ascensore al piano seminterrato.

Tutte queste prove, unitamente alla documentazione reperita nel merito dei lavori eseguiti negli anni '87-'90, hanno dato la possibilità allo strutturista incaricato di avere una conoscenza della consistenza e qualità delle strutture dell'edificio, tali da essere considerata a livello LC2. Sulla base di ciò sono stati definiti gli interventi di miglioramento sismico per portare l'immobile alla classe d'uso IV "costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della Protezione Civile in caso di calamità", indispensabile ai fini della nuova destinazione d'uso, quale sede della Polizia Municipale locale.

D'altro lato, le indagini di questa tesi, svolte in data 27 e 28 dicembre 2018, hanno riguardato, per ovvi motivi di tempo e disponibilità, solo porzioni dell'edificio e fra l'altro con alcune problematiche riguardanti l'attuale mancanza di riscaldamento. La durata dell'impegno in sito è stata di 6 ore in ciascuno dei 2 giorni, comprensive di spiegazioni sulle finalità e modalità delle indagini, e sui principi delle tecniche che si sarebbero utilizzate così come sull'uso della strumentazione, che non erano note all'autrice della tesi. Per riassumere, sono state eseguite:

- uno speditivo rilievo delle fessure presenti;
- indagini termografiche a IR le quali hanno riguardato solo due stanza (R1 e I19), causa l'assenza del riscaldamento;
- prove radar eseguite su numerose pareti e solai dell'edificio;

Dal confronto delle prove invasive a suo tempo eseguite con quelle non invasive da noi effettuate si arriva ad un perfetto e complementare riscontro. Alcuni esempi:

- RICERCA DELLA TESSITURA MURARIA (Rimozione intonaco VS Termografia a IR VS Indagine Radar)

Nella stanza R1 posta al piano primo dell'edificio, sulla parete SO è stata a suo tempo rimossa una porzione di intonaco al fine di definire il tipo della sottostante muratura che è risultata in blocchi di laterizio forato. Dalla termografia a infrarossi, eseguita sulla stessa parete, appare evidente l'omogeneità della muratura; la regolarità di alternanza tra i giunti di malta e le unità murarie ha messo in evidenza le dimensioni e le proporzioni d'aspetto tra i lati delle unità murarie; cosa che ha fatto identificare la muratura come composta da forati di laterizio.

Ulteriore conferma di quanto sopra, lo si ha anche dall'analisi dei radargrammi riguardanti la stessa porzione muraria; emerge infatti in maniera chiara la tessitura della muratura attraverso la lettura delle cartelle dei forati e dei giunti di malta, aggiungendo fra l'altro un ulteriore dato che è quello legato all'individuazione dello spessore della parete.

Tutti e tre i tipi di indagini – quella diretta e distruttiva e le due non invasive -, nonostante i diversi principi su cui si basano, hanno restituito con esattezza l'informazione ricercata.



Figura 6.1: Rimozione dello strato di intonaco per messa in vista muratura (Controls)

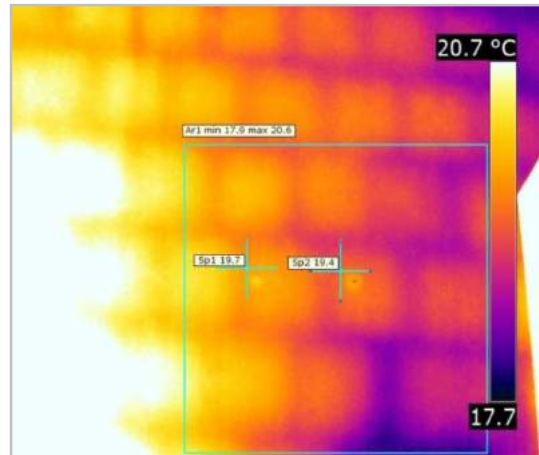


Figura 6.2: Restituzione con indagine termografica a infrarossi eseguita sulla parete SO della stanza R1 (IR_18074)

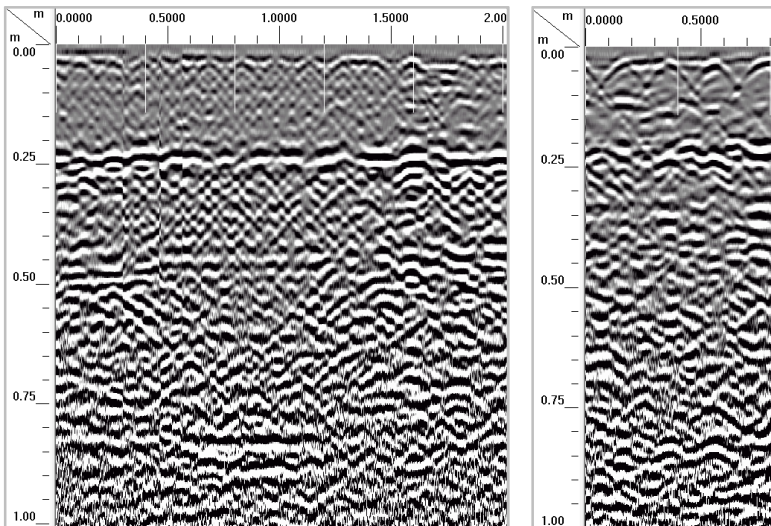


Figura 6.3: Restituzione con indagine Radar. A sinistra linea di rilievo orizzontale (F_007), a destra linea di rilievo verticale (F_008), entrambe eseguite su parete SO della stanza R1

- RICERCA TESSITURA MURARIA, CASO CON RETE E.S. (Prelievo di mattone VS Indagine Radar)

Nella stanza I20, situata al piano seminterrato, era stato eseguito un prelievo di malta e mattone per successive prove in laboratorio e tramite la preventiva rimozione dello strato di intonaco era stata constatata la presenza di rete elettrosaldata di maglia 15 cm e setto murario in mattoni. Dall'osservazione del radargramma, eseguito sulla stessa parete e successivamente alla risarcitura di quanto sopra, è chiaramente leggibile la presenza su tutta la parete del placcaggio con la rete elettrosaldata oltre allo spessore del setto e

la sua tipologia costruttiva. Emerge inoltre che nel punto stesso di esecuzione dello scasso, ove è stato effettuato il prelievo del materiale, lo stesso è stato ripristinato con materiali tipologicamente diversi e senza la posa della porzione di rete e.s. precedentemente rimossa.



Figura 6.4: Rimozione dello strato di intonaco per messa in vista muratura e prelievo di mattone sulla muratura SO della stanza I19 (Controls)

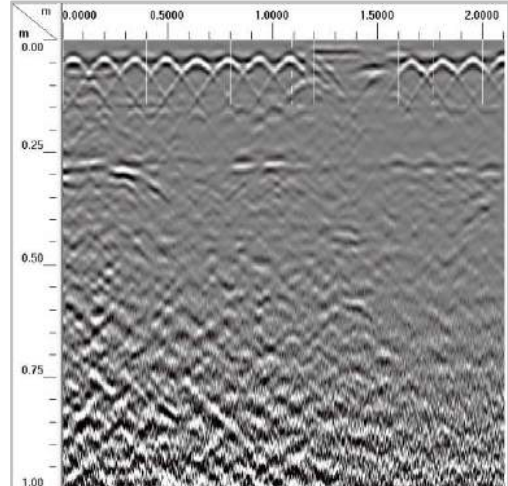


Figura 6.5: Restituzione dell'indagine radar sulla parete SO della stanza I19 (F_031)

- RICERCA STRUTTURA DEL SOLAIO (Saggio e Termografia a IR)

Nella stanza I19, situata al piano seminterrato, era stato eseguito un saggio sul solaio, realizzato ex novo negli anni '87-'90, il quale ha confermato la realizzazione di quanto a suo tempo previsto. Anche il termogramma, eseguito all'intradosso, ha confermato la regolarità strutturale del solaio attraverso la restituzione del termogramma sul quale è possibile leggere l'alternanza di pignatte e travetti ed evidenziando anche la presenza dei cordoli perimetrali di ammassamento.



Figura 6.6: Disegno schematico della struttura del solaio del piano rialzato realizzata grazie ai dati raccolti dal saggio eseguito su di esso (Controls)



Figura 6.7: Foto del solaio della stanza I19 oggetto di indagine

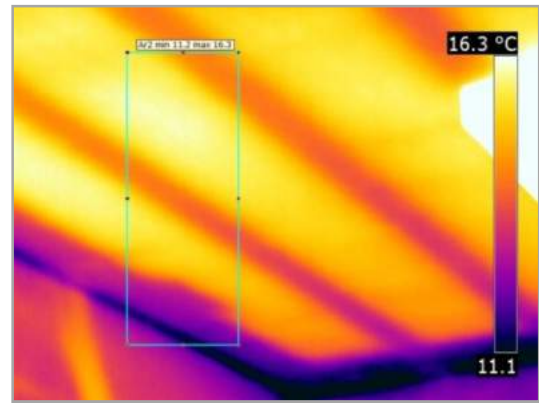


Figura 6.8: Termogramma del solaio della stanza I19 ottenuto con l'indagine termografica a infrarossi (IR_18132)

- RICERCA STRUTTURA DEL SOLAIO (Saggio diretto e Indagine Radar)

Nella P28 situata al piano primo era stato eseguito un saggio per definire la stratigrafia della struttura; trattasi del solaio in laterocemento originale (epoca di costruzione 1926) in cui sono presenti travetti con interasse di circa 53 cm, così come confermato dall'indagine radar, la quale ha rilevato anche la stratigrafia degli elementi costituenti la pavimentazione all'estradosso e la presenza di impianti inglobati nella soletta.

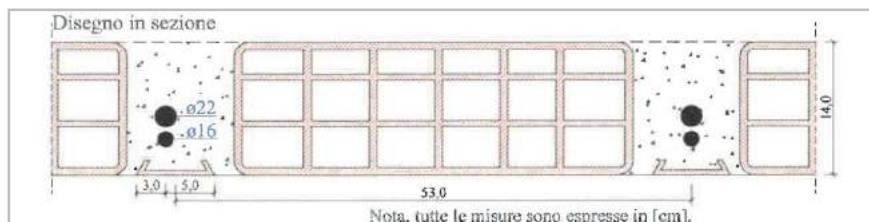


Figura 6.9: Disegno schematico della struttura del solaio del piano primo realizzata grazie ai dati raccolti dal saggio eseguito su di esso (Controls)

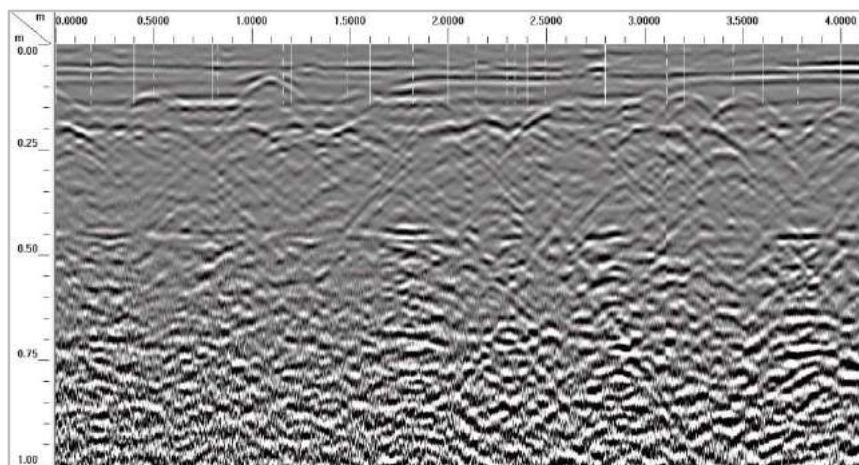


Figura 6.10: Restituzione dell'indagine radar eseguita sul solaio della stanza P28 (corridoio) situata al piano primo (F_042)

Confronto indagini eseguite all'esterno della palazzina

Sull'esterno dell'edificio non sono state eseguite da parte di Controls s.r.l. indagini diagnostiche se non un solo prelievo nella facciata SE, al piano seminterrato, confermando l'ipotesi che la struttura portante risulta essere in muratura di mattoni pieni.

Le nostre indagini diagnostiche in esterno, eseguite localmente in pochi punti dell'edificio, sono state sempre analisi di tipo indiretto, non distruttive:

- n.4 indagini termografiche sul fronte SE e parete SO;
- n.2 indagini sclerometriche entrambe sulla parete SE, la prima a destra del davanzale della finestra R19 a una quota di circa 2 m. dal livello del terreno e l'altra vicino all'angolo Sud alla quota di 0,70 m.;
- n.2 indagini radar nei punti in cui erano state eseguite le prove sclerometriche;
- n.4 prelievi di alcuni campioni del rivestimento;
- ispezione visiva per una speditiva analisi dello stato di conservazione del manto intonacale esterno.

Scopo di tali indagini è stata anche la constatazione se il rivestimento oggi presente sui fronti esterni dell'edificio fosse quello originale del 1926, anno di costruzione della palazzina.

Pur non avendo a disposizione risultati di prove debolmente invasive o invasive, siamo riusciti ad avere comunque dei raffronti anche tra le prove indirette o in remoto da noi eseguite.

Si veda per esempio il caso più semplice di confronto tra indagine visiva e indagine a infrarossi di seguito riportato.

- ASSENZA DI TINTEGGIATURA (Indagine visiva VS indagine termografica)

Come si può vedere osservando l'immagine fotografica si notano sulla parete SO, in particolare lungo il basamento, delle zone in cui la tinteggiatura risulta assente, indice di degrado, ed è a vista la malta cementizia costituente lo strato superficiale di intonaco. Tali aree sono distinguibili anche nel termogramma come zone più calde, questo perché l'assenza della tinteggiatura chiara ha fatto sì che la superficie si scaldasse maggiormente poiché i colori scuri (il grigio della malta rispetto al color latte della tinteggiatura) accumulano maggiormente energia, a differenza di quelli chiari che tendono a riflettere i raggi solari.



Figura 6.11: Immagine fotografica (in alto) della parete SO e dell'angolo Sud dell'edificio e termogramma IR_80176 (sotto) inquadranti la stessa porzione di area.

- DISTACCO DELL'INTONACO (Indagine visiva VS indagine termografica a IR VS prelievi)



Figura 6.12: Immagine fotografica (a sinistra) della parete SE all'angolo Sud dell'edificio e termogramma IR_80174 (a destra) inquadrante circa la stessa porzione di area.

La luce solare radente mostra nella foto a sinistra la diffusa presenza di distacchi e rigonfiamenti della pellicola di tinteggiatura, accentuati dalla risalita di umidità che, stante l'impermeabilità del rivestimento esterno e quindi non avendo possibilità di "asciugare" traspirando, rimane imprigionata creando i fenomeni di distacco mentre al contempo risale a quote maggiori lungo la parete.

Anche il termogramma ci mostra, oltre alle zone più calde determinate dall'assenza di tinteggiatura come spiegato nel precedente esempio, altre piccole aree calde, messe in evidenza tramite riquadri, corrispondenti ai distacchi di intonaco. Tale fenomeno crea infatti la presenza di sacche d'aria termicamente isolante al di sotto del sottile strato di tinteggiatura che quindi si scalda maggiormente rispetto ad altre aree dove ancora lo strato è adesso.

L'impermeabilità della tinteggiatura, la quale determina l'insorgenza di tali fenomeni, è riscontrabile anche al contatto (Fig. 6.13); appare un materiale "plastico", non molto friabile e di spessore rilevante per essere una tinteggiatura.



Figura 6.13Foto della faccia superiore del prelievo (IN.2) del sottile strato di tinteggiatura esterna dell'edificio

- RICERCA TESSITURA MURARIA (Indagine Radar VS Prelievo di mattone)

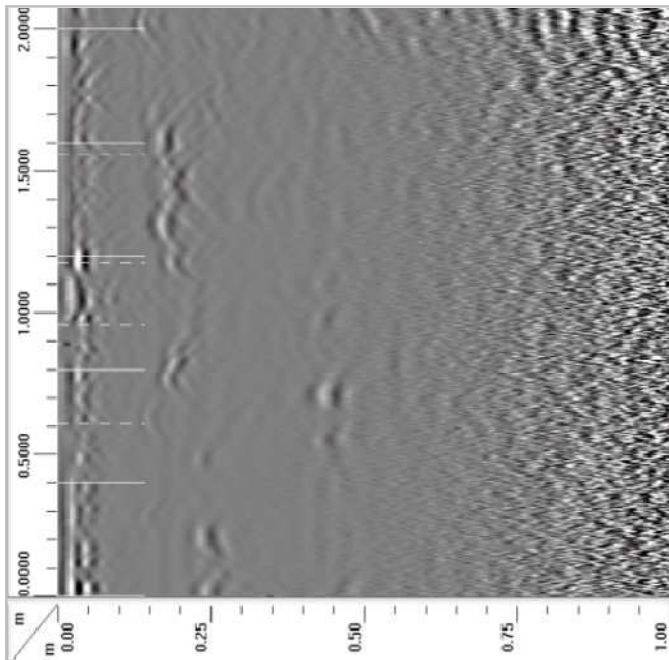


Figura 6.14: Radargramma F030 effettuato in corrispondenza dello scasso eseguito (e successivamente risarcita) da Controls per il prelievo di mattone.

Il radargramma F030 rappresentato in Fig. 6.14 è stato registrato all'esterno dell'edificio, in scannafosso, quindi al piano seminterrato, nella porzione di parete tra le finestre delle stanze I10 e I11. Si tratta di una linea di rilievo verticale dal basso eseguita in corrispondenza di uno scasso operato da Controls per il prelievo di un mattone.

Dalla lettura del radargramma la parete in esame sembrerebbe di mattoni, non si notano infatti le iperboli dovute alla lettura delle cartelle dei forati; i picchi che si notano qualche cm sotto alla superficie di prova sono forse riconducibili alla lettura dei giunti di malta tra i mattoni. L'ipotesi è confermata dall'indagine eseguita da Controls su questa porzione di parete, consistente in prelievo di mattone per successive analisi in laboratorio (non ci sono foto ma l'analisi della relazione dei risultati lo attesta). Questo tipo di indagine ci fornisce anche lo spessore dell'elemento, la riflessione dal retro parete appare a c. 45 cm e a metà spessore sembra essere presente un'interfaccia.

Nella parte bassa del file (quota 40-60 cm), il segnale risulta più attenuato, dovuto alla presenza di umidità di risalita dalle fondazioni e terreno, trovandosi la linea di rilievo in uno scannafosso a quota circa -2,00 m. dal piano stradale.

Rispetto quindi all'indagine invasiva condotta dalla ditta specializzata abbiamo ottenuto dei dati in più con una semplice analisi indiretta, non invasiva e di rapida esecuzione.

Conclusioni

Osservando i vari esempi di confronti sopra riportati tra le indagini da noi condotte di carattere non invasivo e quelle eseguite da Controls invasive/semi-invasive, si può concludere che i risultati ottenuti da entrambe non sono tra loro discordanti, ma anzi hanno un perfetto riscontro e soprattutto sono complementari tra loro.

Un uso combinato di queste diverse tipologie di indagini è quindi estremamente redditizio al fine di voler conoscere/indagare la struttura di un edificio con rapidità ed investimenti economici limitati. Da rilevare inoltre che le prove invasive per ovvi motivi possono essere solo “puntuali”, mentre quelle non distruttive possono riguardare pressoché tutte le superfici, fra l’altro potendole eseguire anche durante il mantenimento delle attività lavorative o d’uso all’interno dell’edificio.

CONCLUSIONI

Il lavoro svolto ha riguardato l'applicazione di varie tecniche diagnostiche avanzate non distruttive e il successivo confronto con precedenti indagini semi-invasive e invasive effettuate su un edificio storico in muratura situato a Forlì (FC), al fine di ricercare le prestazioni residue dell'immobile e fornire un'adeguata analisi della struttura, sulla base della quale sono stati progettati gli interventi di miglioramento/adeguamento sismico necessari per la soddisfazione dei requisiti della nuova destinazione d'uso prevista.

L'occupazione e l'impermeabilizzazione dei suoli sono state fino a poco tempo fa considerati uno degli "indicatori" dello sviluppo economico delle nostre società. Nel loro eccedere hanno però causato gravi effetti ambientali, ad esempio sulla produzione alimentare, sulle risorse idriche, sul clima e sulla tutela della natura. L'occupazione dei suoli è in particolare il risultato della crescita delle città e dell'espansione delle aree urbane (sprawl urbano). I dati raccolti negli ultimi anni dimostrano che i tassi di occupazione e impermeabilizzazione dei suoli sono in crescita in tutta Europa e l'Italia è di fatto uno dei paesi con il più alto consumo di suolo (ISPRA Rapporto 288/2018).

Non è più possibile né giustificabile, quindi, pensare di espandere gli insediamenti in aree libere, per evitare di sottrarre altro suolo agli usi agricoli e naturalistici, per non perturbare ulteriormente gli equilibri ambientali e per non rendere ingestibile la mobilità. È tempo, come sostiene il famoso architetto Renzo Piano di **"costruire sul costruito** [...] non si può pensare di espandere periferie, le città possono crescere da dentro." Un consistente contenimento del consumo di suolo è la premessa per garantire una ripresa sostenibile dei nostri territori attraverso la promozione del capitale naturale e del paesaggio, l'edilizia di qualità, la riqualificazione e la rigenerazione urbana, oltre al riuso delle aree/edifici contaminati o dismessi.

Tale concetto lo ritroviamo anche in una recente legge approvata dal Governo italiano; si tratta del Bando per la Riqualificazione Urbana e per la Sicurezza delle Periferie, piano inventato dallo stesso Renzo Piano nel 2014, che prevede l'assegnazione di fondi destinati al "Programma straordinario di intervento per la riqualificazione urbana e la sicurezza delle periferie delle città metropolitane, dei comuni capoluogo di provincia e della città di Aosta".

Attraverso il bando, l'esecutivo mira a stimolare la rinascita del territorio, incentivando l'intervento virtuoso degli enti territoriali più popolosi, affinché si impegnino nella riattivazione e nel recupero delle aree urbane caratterizzate da

situazioni di marginalità economica e sociale, degrado edilizio e carenza di servizi.

Il bando stabilisce inoltre che i piani di intervento urbano da realizzarsi non devono produrre ulteriore consumo di suolo; è chiara dunque la volontà di recuperare il tessuto urbano già edificato, massimizzandone l'efficacia in termini di infrastrutture e di impatto sociale e ambientale (INU).

I progetti presentati dovranno puntare a raggiungere i seguenti obiettivi:

- miglioramento della qualità del decoro urbano;
- manutenzione, ri-uso e ri-funzionalizzazione di aree pubbliche e di strutture edilizie esistenti, per finalità di interesse pubblico;
- accrescimento della sicurezza territoriale e della capacità di resilienza urbana;
- potenziamento delle prestazioni e dei servizi di scala urbana, tra i quali lo sviluppo di pratiche del terzo settore e del servizio civile, per l'inclusione sociale e la realizzazione di nuovi modelli di welfare metropolitano e urbano;
- mobilità sostenibile e adeguamento delle infrastrutture destinate ai servizi sociali e culturali, educativi e didattici, nonché alle attività culturali ed educative promosse da soggetti pubblici e privati.

L'approvazione del bando non è stata tuttavia immediata. Sono seguiti vari dibattiti parlamentari; anche Renzo Piano, è intervenuto nella discussione in merito all'approvazione del succitato definendo in una intervista a La Repubblica, questi progetti "interventi d'amore che riqualificano [...] Nelle periferie infatti vivono i giovani. Nelle periferie non c'è l'élite che Cinque Stelle e Lega combattono, ma il popolo che dicono di rappresentare, la marginalità che difendono, la sofferenza, l'energia e la speranza di futuro che li ispirano", afferma ancora che "Bloccando i fondi per le periferie hanno bocciato, spero senza capirlo, la vita associata, la città, e anche il pensiero, che si spinge oltre il centro delle abitudini consolidate e dei simboli stereotipati. Hanno bocciato l'intelligenza che oggi è periferia."

Il bando, partito nel 2015 con una previsione di 200 milioni di euro ha avuto nel 2016 ulteriori finanziamenti per 500 milioni di euro, incrementata nel 2017 a 2,1 miliardi di euro per finanziare tutti i 120 progetti presentati. Esso ha avuto nel 2018 una battuta d'arresto con il decreto Milleproroghe che spostava al 2020 l'efficacia di 96 delle 120 convenzioni del Bando Periferie precedentemente concesse. Dopo una lunga trattativa la Legge di Bilancio 2019 ha ripristinato parte delle risorse.

Anche da qui dunque la motivazione della scelta come filo conduttore di questa tesi di laurea magistrale del tema del riuso edilizio e non per esempio di un progetto ex novo. L'obiettivo è quello di promuovere la rigenerazione, il riuso e la valorizzazione del patrimonio ambientale, urbano e sociale esistente attraverso la riqualificazione del costruito e quindi spingersi verso un consumo zero di suolo.

Nell'ambito delle attività di recupero del patrimonio edilizio, il riuso ha lo scopo di prolungare il ciclo di vita degli edifici attraverso la loro continuità d'uso, limitando di conseguenza il consumo di risorse e l'immissione di rifiuti nell'ambiente. Purtroppo l'Italia dispone di un patrimonio edilizio piuttosto datato, costituito per oltre il 30% da edifici realizzati prima del 1945 (Cresme, 2012). Operare su queste tipologie di fabbricati pone in essere numerose problematiche, legate alla loro anzianità (comprese le problematiche normative), spesso accentuate dalla scarsa manutenzione e/o abbandono. Queste situazioni interessano quasi tutto lo stock datato del patrimonio edilizio esistente, ma si presentano in maniera ancora più critica nel caso in cui ci si trovi di fronte ad edifici di elevato valore/pregio culturale, e perciò vincolati dalla legge, fatto abbastanza ricorrente in un Paese come l'Italia dotato di un grandissimo patrimonio edilizio di interesse artistico e culturale.

Per rendere di nuovo fruibili questi edifici sono quasi sempre necessari interventi strutturali oltre a quelli, scontati, impiantistici; il punto di partenza è quindi l'esecuzione di un'accurata diagnosi dello stato di fatto dell'immobile. Le tecniche diagnostiche, se eseguite in modo corretto ed opportuno, forniscono un ottimo strumento per la conoscenza del manufatto in esame e la programmazione di eventuali interventi sullo stesso. In funzione del grado di invasività, le prove si suddividono in distruttive, semidistruttive e non distruttive; in particolare, l'utilizzo di queste ultime permette di ampliare il campo di applicabilità di tale disciplina a tutte le situazioni maggiormente delicate quali, ad esempio, gli interventi sul patrimonio storico esistente. Nel capitolo 2 della tesi sono state riportate e brevemente descritte le principali tecniche di indagine non distruttive applicate nel caso studio.

Non bisogna inoltre dimenticare che tutti gli interventi inerenti i beni culturali esistenti sul territorio nazionale hanno l'obbligo di far riferimento e rispettare le prescrizioni vigenti contenute nelle "Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale, con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008 e relativa Circolare contenente Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008". L'intento delle Linee Guida è quello di specificare un percorso di conoscenza, valutazione del livello di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche e definizione degli interventi atti a produrre un miglioramento delle prestazioni strutturali opportunamente adattato alle esigenze e peculiarità del patrimonio culturale. In particolare, nel Capitolo 4 di tale documento, sono fornite le indicazioni necessarie per una approfondita conoscenza del manufatto, fondamentale sia per una corretta valutazione del rischio sismico, che per la programmazione di eventuali interventi di miglioramento; tale procedura è stata seguita nello sviluppo del caso in studio, seppure limitatamente ad alcune porzioni del manufatto e non "a tappeto".

Preso atto dell'ingente problema dello sfruttamento del suolo e della diffusa presenza di edifici in disuso su tutto il territorio italiano, durante il periodo di tirocinio curriculare svolto presso lo studio tecnico di Ingegneria Associato Ing. Berlati – Ing. Gaspari – Ing. Donatini, con sede in Viale Vittorio Veneto n. 5, Forlì (FC), nel periodo compreso tra il 03/05/2018 e il 31/08/2018, ho avuto la possibilità di prendere parte ai primi studi necessari per la rifunzionalizzazione dell'edificio storico situato a Forlì e di continuarli nel progetto di tesi; si tratta dell' "Ex palazzina uffici Orsi-Mangelli" progettata nel 1925 dall'architetto Ariodante Bazzareo. L'immobile faceva parte degli antichi impianti della nota fabbrica forlivese Orsi Mangelli specializzata nella produzione di seta viscosa, entrata in funzione alla fine del 1926 per iniziativa del conte Paolo Orsi Mangelli e dismessa negli anni '90. L'intera area è stata poi oggetto di una pesante bonifica dall'amianto e successivamente anche del suolo. Fino all'alba del ventunesimo secolo rimanevano gli scheletri degli edifici dell'area; in seguito all'inserimento dell'intera area in un progetto di riqualificazione urbana, degli edifici originari purtroppo sono stati mantenuti solamente la palazzina uffici principale, la ciminiera (per quanto drasticamente capitozzata) oltre ad alcuni elementi dei muri di recinzione perimetrale dell'ex complesso industriale.

Dagli anni '90 di proprietà di Romagna Acque ed usato come uffici, l'edificio è ora diventato di proprietà del Comune di Forlì che lo vuole destinare a sede della propria Polizia Municipale locale. A tal fine i lavori da eseguire sull'immobile, oltre ad alcuni interventi minimi di rifunzionalizzazione degli spazi, prevedono interventi di miglioramento/adequamento sismico per portare l'immobile alla classe d'uso IV "costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della Protezione Civile in caso di calamità", indispensabile ai fini della nuova destinazione d'uso.

Il lavoro di tesi svolto si inserisce all'interno di questo contesto con l'intento di accrescere la conoscenza del manufatto, individuare le criticità e analizzare i principali elementi della struttura interna; a tale scopo sono state organizzate due giornate di sopralluogo durante le quali sono state eseguite indagini diagnostiche non distruttive, quali la termografia a infrarossi, prove radar e prove sclerometriche precedute da una speditiva ispezione con individuazione delle lesioni interne e dello stato di conservazione osservabile dall'esterno.

La termografia a infrarossi si è mostrata una tecnica di indagine valida per l'edificio in esame, soprattutto per la velocità di acquisizione dei dati e la facilità di lettura e interpretazione dei risultati (termogrammi); è stato possibile analizzare solai, ove non era presente il controsoffitto, e intere pareti con un paio di "scatti" della termocamera e individuare per esempio la tessitura muraria, anomalie, passaggi di impianti, seppure con qualche limite. Riguardo a queste indagini termografiche, non

è infatti stato possibile svolgere la prova sull'intero edificio perché al momento della sua esecuzione il sistema di riscaldamento centralizzato dell'edificio non era attivo e quindi gli oggetti da investigare erano in equilibrio termico con l'ambiente circostante; è stata quindi utilizzata un'indagine termografica attiva fornendo calore tramite due termoventilatori. Su alcune pareti murarie non è stato possibile determinare la tessitura stante la presenza di un intonaco armato molto spesso che quindi impediva la lettura della muratura sottostante.

Tuttavia, l'indagine termografica fornisce solo un'informazione superficiale degli oggetti indagati, e questo può essere annoverato tra i limiti della prova. Per cercare quindi di "colmare" questa lacuna sono state eseguite parallelamente e nelle stesse posizioni anche indagini radar. Mediante l'utilizzo del GPR è stato possibile individuare la struttura principale di solai e pareti, sempre col fine di accrescere il livello di conoscenza del manufatto. Al termine dell'elaborazione dei dati acquisiti mediante l'antenna radar ad alta frequenza è possibile affermare che sono stati individuati gli elementi principali costituenti i solai, quindi i vari strati del massetto e pavimento fino all'orditura, in questo caso, di travetti e pignatte, con i relativi spessori; quanto detto è valido anche per l'indagine delle pareti sulle quali la prova ha restituito spessore, tipologia muraria, presenza o meno di rete elettrosaldata e passaggi di impianti inglobati nello spessore murario.

Volontamente, molte delle prove eseguite sono state effettuate in corrispondenza di precedenti punti di prova di indagine invasive e semi-invasive commissionate dalla proprietà al fine della definizione degli interventi di adeguamento da programmare. Questo ha permesso di avere riscontri diretti delle analisi non distruttive eseguite; i risultati ottenuti appaiono perfettamente in linea con quanto sopra. Certamente i due tipi di analisi sono da considerare complementari: da una parte quelli invasivi/semi-invasivi possono essere per ovvi motivi eseguiti solo in maniera puntuale, mentre con quelli non distruttivi si ha la possibilità di estendere le indagini su ampie superfici acquisendo dati rapidamente e senza interruzione delle attività che si svolgono all'interno dell'edificio né necessità di successivi onerosi ripristini. Il corretto impiego della combinazione delle due tipologie può portare alla pressoché assoluta certezza della conoscenza della consistenza degli elementi strutturali del manufatto.

La fortunata esperienza maturata durante il tirocinio, unita alla possibilità che mi è stata data dal relatore Prof. Ernesto Antonini di svolgere la tesi sul tema del riuso edilizio che mi ha sempre appassionato, nonché la grande disponibilità della Prof.ssa Camilla Colla nell'indirizzarmi e guidarmi nell'esecuzione delle prove non distruttive in sito, sono stati fattori che mi hanno permesso di ampliare moltissimo la mia conoscenza sia teorica sia pratica nell'ambito dello sfruttamento del suolo, del recupero degli edifici, della relativa normativa e per conoscere e applicare in prima

persona avanzate tecniche di indagine diagnostica sulle strutture esistenti, tecniche che si sono rivelate non solo efficaci, ma anche rapide e quindi economiche, oltre che affidabili, anche grazie alla resa dei risultati attraverso immagini bidimensionali quali mappe e pseudo-sezioni degli elementi indagati.

BIBLIOGRAFIA

- Baccini P. and Brunner P. (2012), "Metabolism of the Anthroposphere: Analysis, Evaluation", Cambridge, Design. MIT Press.
- Binda L., Modena C., Baronio G., Anzani A, (1998), "Tecniche di indagine e di consolidamento per le murature in pietra in Ambiente Costruito", aprile-giugno 1998
- Carbonara G. (1997), "Avvicinamento al restauro. Teoria, storia, monumenti", Napoli, Liguori Editore.
- Casadei E. (1927), Industrie Forlivesi, Soc. An. Orsi Mangelli - Seta Artificiale, in "Forum Livii", anno II n. 2, gennaio - aprile 1927, pp. 5-18.
- Cassioli D., Marchetti D., Olini F., Orlandi O., Seri R., Spina S. (2009) "Esempi di applicazioni GPR (Ground Penetrating Radar) su beni architettonici e grandi complessi di edilizia civile e industriale nel centro Italia".
- CNAPPC (2012), Consiglio Nazionale degli Architetti Pianificatori Paesaggisti e Conservatori, "Il Piano Nazionale per la Rigenerazione Urbana Sostenibile".
- Colombi R. (2002) "Restauro e conservazione. Le tecniche diagnostiche", in Le indagini conoscitive, Enciclopedia Treccani.
- Commissione Europea (2013), "Superfici impermeabili, costi nascosti. Alla ricerca di alternative all'occupazione e all'impermeabilizzazione dei suoli", Lussemburgo, Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione Europea.
- Coppola L. e Buoso A. (2015), "Il restauro dell'architettura moderna in cemento armato. Alterazione e dissesto delle strutture in c.a.- Diagnostica. Interventi di manutenzione e adeguamento antisismico. Materiali, tecniche e cantieristica", Ulrico Hoepli Editore.
- Cresme (2012), "XX Rapporto congiunturale e previsionale CRESME sul mercato delle costruzioni 2012-2016".
- Di Battista V. (2006), Ambiente costruito, Firenze, Alinea.
- EEA (2017), "Environmental indicator report 2017 In support to the monitoring of the Seventh Environment Action Programme", Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- FLIR System (2011), "Manuale di termografia ad infrarossi per il mercato delle costruzioni e delle energie rinnovabili".
- Harry M. Jol, (2009) "Ground Penetrating Radar: theory and applications", Elsevier.
- IPCC (ottobre 2018), "Global Warming of 1,5°C, an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty".
- ISPRA (2018), "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici", Rapporto 288/2018.
- ISPRA (2015), "Il consumo di suolo in Italia - Edizione 2015", Rapporto 218/2015.
- Istat (2013), Quarto Rapporto sulla coesione sociale.
- Istat (2018), Comunicato Stampa, Produzione nelle costruzioni.
- Jurina L. (1996) "alcuni recenti sviluppi nella tecnica dei martinetti piatti", Atti del Convegno Nazionale - la meccanica delle murature tra teoria e progetto - Messina, 18-20 settembre 1996.

- Lanzoni Davide (2012), "Diagnosi e certificazione energetica: prove strumentali su edifici", Maggioli Editore.
- Masi A. (2005) "La stima della resistenza del calcestruzzo in situ mediante prove distruttive e non distruttive", Il Giornale delle Prove non Distruttive Diagnostica Monitoraggio 1/2005, DiSGG, Università degli Studi di Basilicata, Potenza.
- Modena C., (2000), "Interpretazione dei risultati ottenuti dalle prove in situ nell'ambito delle tre convenzioni con gli istituti di ricerca di Firenze e Milano e modellazione del comportamento strutturale dei componenti rinforzati", Relazione finale, Convenzione di ricerca tra la Regione Toscana e il Dipartimento di Costruzioni e Trasporti dell'Università degli Studi di Padova.
- Modena C. (2009), "Indagini Diagnostiche su Tipologie Murarie", Reluis, Progetto esecutivo 2005-08.
- Manzone F. (2018), Controllo e monitoraggio strutturale degli edifici, Maggioli Editore.
- Mengozi D. (1997), La Mangelli risanata. Da "fabbrica fascista" a sito contadino (1925-1992), Franco Angeli, Milano, Italy.
- Pascale G. (2008), "Diagnostica a ultrasuoni per l'edilizia", Dario Flaccovio Editore.
- Pellegrini P.C. (2018), "Manuale del riuso architettonico: sostenibilità e compatibilità ambientale nella scelta dei materiali e delle tecnologie", Palermo, Dario Flaccovio Editore.
- Pinto M.R. (2004), Il riuso edilizio. Criteri, metodi ed esperienze, Torino, UTET Libreria.
- Prati L. e Tramonti U. (2000), "La città progettata: Forlì, Predappio, Castrocaro. Urbanistica e architettura fra le due guerre", Forlì 27 novembre 1999 – 26 marzo 2000.
- RELUIS (2005-2007), Misura in situ dello stato di sforzo mediante l'uso del martinetto piatto singolo, Responsabile : L. Binda, A. Saisi, G. Cardani, C. Modena, M.R. Valluzzi, F.daPorto, F.Casarin, N.Mazzon, M. dalla Benetta, Coordinatore: G.Magenes, S.Lagomarsino.
- RELUIS (2005-2007). Misura in situ delle proprietà elastiche mediante l'uso di martinetto piatto doppio, Responsabile : L. Binda, A. Saisi, G. Cardani, C. Modena, M.R. Valluzzi, F.daPorto, F.Casarin, N.Mazzon, M. dalla Benetta, Coordinatore: G.Magenes, S.Lagomarsino.
- Roche G. (2012), "La termografia per l'edilizia e l'industria. Manuale operativo per le verifiche termografiche", Maggioli Editore.
- Rosato L. (2013), "Sviluppo di un nuovo software di elaborazione tomografica per l'applicazione del metodo di indagine sonica per la diagnosi strutturale delle murature esistenti", Tesi di Laurea, Rel. Prof.ssa Maria Rosa Valluzzi, Università degli Studi di Padova
- Scolaro A.M. (2017), "Progettare con l'esistente. Riuso di edifici, componenti e materiali per un processo edilizio circolare" , Milano, Franco Angeli.
- Ruggerone E. (2004) "Diagnostica strutturale", Dario Flaccovio Editore.
- Stabilimento Mangelli per la fabbricazione della seta artificiale, in "Monografia Industriale di Forlì", edita a cura del Municipio, Forlì XXI aprile MCMXXVI, pp.167-168;
- Venturi V. (2012) "Manuale dei Controlli non Distruttivi", SIDERCEM s.r.l. Istituto di Ricerca e Sperimentazione, tipografia Lussografica
- Zanzi L., Lualdi M. (2009) "Recenti progressi nella tecnologia GPR e loro impatto sulle applicazioni per la diagnostica", AIPnD Journal, n. 4, pp. 47-53.

Ringraziamenti

A conclusione di questo lavoro di tesi, è doveroso porre i miei più sentiti ringraziamenti alle persone che ho avuto modo di conoscere in questo importante periodo della mia vita e che mi hanno aiutato a crescere sia dal punto di vista professionale che umano.

Prima di tutti vorrei ringraziare il mio relatore, il Professore Ernesto Antonini, e la mia correlatrice, la Prof.ssa Camilla Colla, per i loro preziosi consigli, per l'incredibile disponibilità e per tutte le opportunità che mi sono state date nel condurre la mia tesi di laurea. Hanno certamente saputo fornirmi grazie alle loro competenze tutti gli strumenti di cui avevo bisogno per intraprendere la strada giusta e portare a compimento la mia tesi.

Un ringraziamento speciale in particolare va al mio ragazzo. Se ho raggiunto questo traguardo lo devo anche alla sua continua presenza, per avermi fatto capire che potevo farcela, incoraggiandomi a "non mollare mai" e facendomi ragionare anche nei momenti di crisi, per il supporto che non mi ha mai fatto mancare, per la fiducia che ha sempre riposto in me, per avermi sostenuta anche nei momenti più difficili e per riuscire a sopportarmi ancora dopo 6 anni nonostante il mio "caratterino".

Non so se trovo le parole giuste per ringraziare i miei genitori, però vorrei che questo mio traguardo raggiunto, per quanto possibile, fosse un premio anche per loro e per i sacrifici che hanno fatto. Un infinito grazie per esserci sempre, per sostenermi, per avermi insegnato ciò che è "giusto" e ciò che non lo è. Senza di voi certamente non sarei la persona che sono. Grazie per i vostri saggi consigli, per le vostre critiche che mi hanno fatto crescere. Grazie per il vostro amore.

Vorrei ringraziare inoltre la struttura presso la quale ho avuto la possibilità di svolgere il tirocinio curriculare, lo studio di Ingegneria associato – Ing. Berlati, Gaspari e Donatini; grazie a loro ho avuto modo di conoscere l' "ex palazzina uffici Orsi-Mangelli" e, di conseguenza, l'opportunità di svolgere la mia tesi di laurea magistrale.

Intendo poi ringraziare per la particolare disponibilità la Dott.ssa Antonella Imolesi, responsabile dell'Unità Fondi Antichi, Manoscritti e Raccolte Piancastelli, presso la Biblioteca Comunale "A. Saffi, nonché i servizi "Edifici pubblici" del Comune di Forlì nella persona del dirigente Ing. Gianluca Foca ed Arch. Simona Scattolin per avermi fornito i materiali indispensabili per la realizzazione della tesi.

Infine voglio ringraziare tutti i miei amici e parenti che mi sono sempre stati accanto in questo percorso.

Un sentito grazie a tutti!

ALLEGATO A

ELABORAZIONE E ANALISI TERMOGRAMMI

Indagine termografica - Stanza R1

Data prova: 27.12.2018

Luogo di prova: Stanza R1, Piano Rialzato, angolo Est dell'edificio

Inizio Riscaldamento: ore 10.50 T=10°C

Inizio prova: ore 14.38 T=23°C

Posizione termoventilatore 1: vicino parete NE, quota pavimento

Posizione termoventilatore 2: al centro della stanza, su scrivania (quota circa 0,70m)

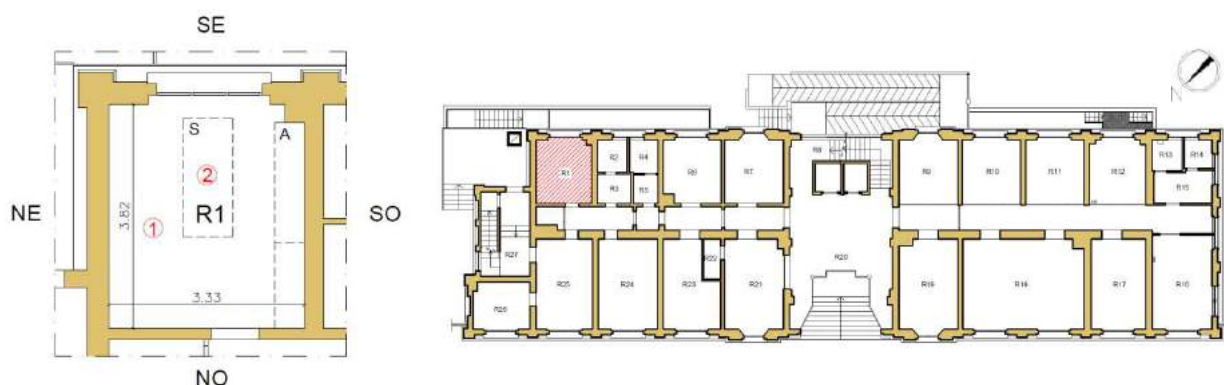


Figura 1: Pianta orientata della stanza R1 (a sinistra), in tratteggio sono indicati gli ingombri del mobilio presente (A=armadio; S=scrivania); con i numerini in rosso (1 e 2) sono indicate le posizioni dei termoventilatori. Pianta del piano primo (a destra) in cui si trova la stanza R1, campita di rosso.

Ora	Serie di acquisizione dati	Intervallo termogrammi IR + immagine visibile DC
14.38 – 15.01	1° serie su pareti stanza	18070 – 18095
15.07 – 15.16	2° serie su muro di spina, porta aperta	18096 – 18119
15.17 – 15.18	3° serie corridoio	18120– 18123
15.20	4° serie stanza R27, parete NE	18124 – 18125
15.22	5° serie stanza R1, parete NE	18126 – 18127

Tab. 4: Sequenza degli orari e serie di termogrammi + immagini visibili relativi a tutte le fasi e serie di acquisizione dati.

In questa stanza R1, durante le campagne di gennaio e aprile 2018 eseguite da Controls s.r.l., sono state effettuate le seguenti prove:

- prelievo di malta e mattone dalla parete NE;
- messa in vista della tessitura muraria tramite rimozione di intonaco (area di circa 1x1m) in parete SE;
- messa in vista della tessitura muraria tramite rimozione di intonaco (area di circa 1x1m) in parete SO;
- messa in vista della tessitura muraria tramite rimozione di intonaco (area di circa 1x1m) in parete NO;
- su pavimentazione: saggio, indagine "Poldi", sclerometro su travetto.

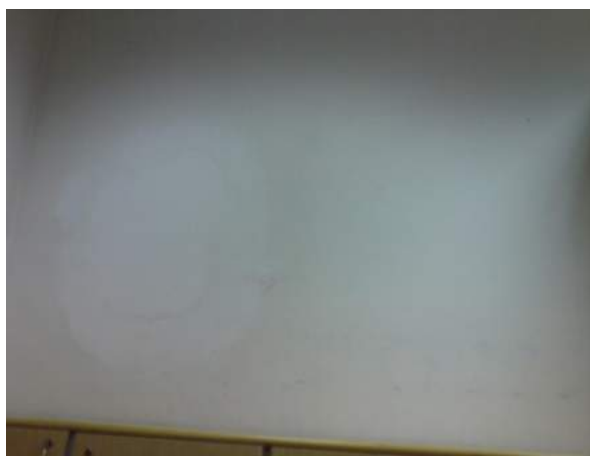
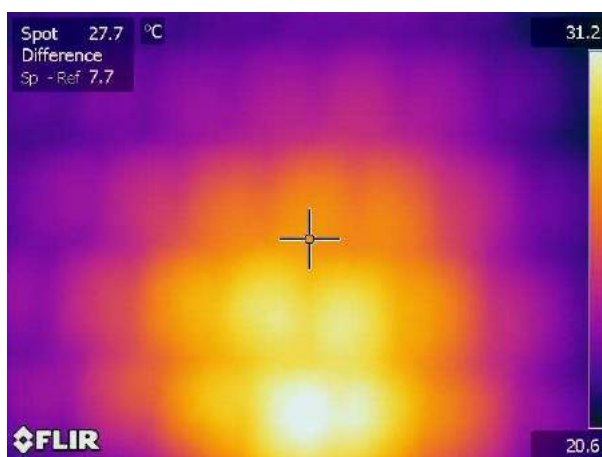
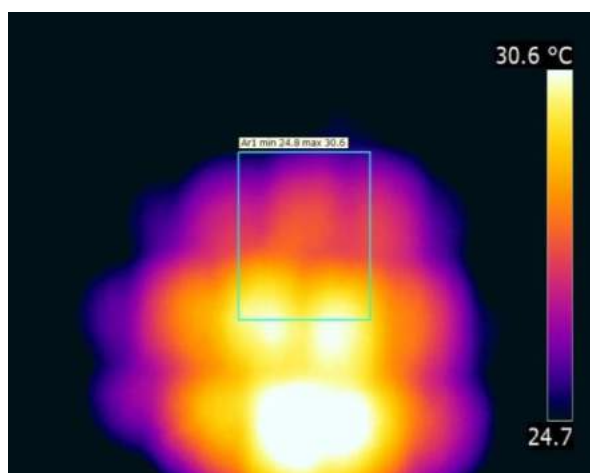


Immagine visibile: *DC_18071*



Termogramma originale: *IR_18070*



Termogramma modificato: *IR_18070*



Figura 2: Saggio (Controls) per messa in vista tessitura

Stanza: R1

Parete: SO, in centro verso Sud

Note: Già dal termogramma originale si possono notare temperature più calde al centro, determinate dalla vicinanza e direzione di uno dei due termoventilatori.

Il metodo d'indagine ha fatto chiaramente emergere la tessitura muraria sotto l'intonaco. La regolarità dei giunti di malta ha messo in evidenza le dimensioni delle unità murarie. Osservando le dimensioni e conformazione abbiamo supposto che non fossero laterizi pieni, dal momento che le unità hanno tutte circa le stesse dimensioni e non compaiono due direzioni di posa, oltre ad essere di dimensioni maggiori rispetto a laterizi. Possiamo quindi concludere ipotizzando che il paramento murario sia costituito da blocchi di laterizio forato.

Nel termogramma modificato si è cercato di rendere maggiormente leggibile la tessitura muraria.

Le nostre ipotesi sono state verificate dal confronto con la foto dell'indagine già eseguita da Controls s.r.l. su questa parete SO (vedi Fig. 2).

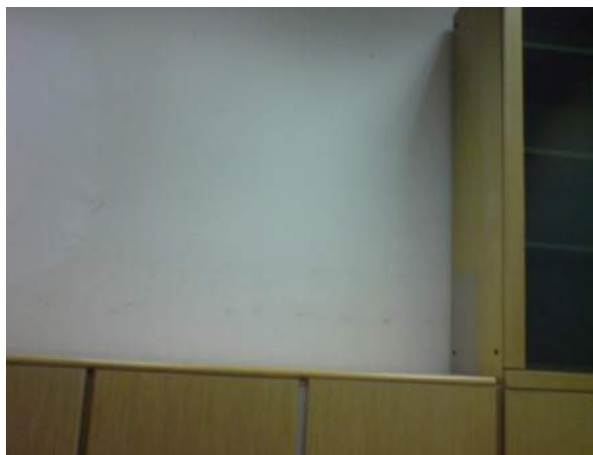
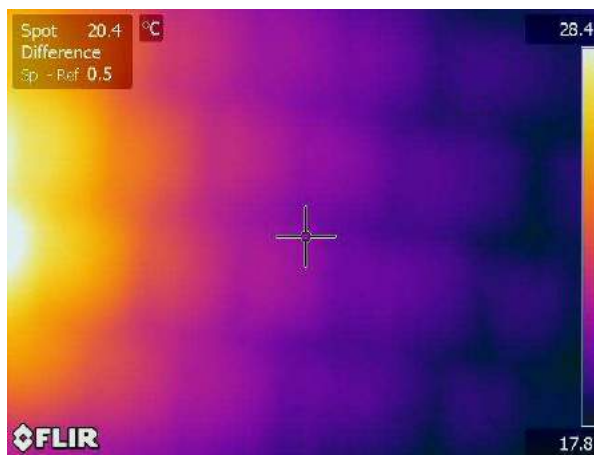
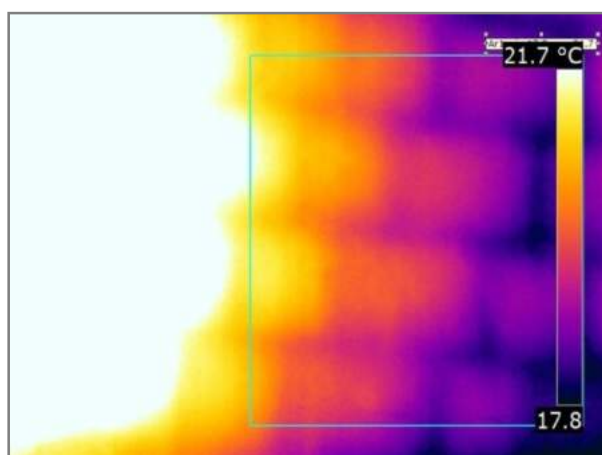


Immagine visibile: *DC_18073*



Termogramma originale: *IR_18072*



Termogramma modificato: *IR_18072*

Stanza: R1

Parete: SO in centro

Note: La parte sinistra del termogramma appare più calda a causa della direzione del flusso d'aria calda dal termoventilatore diretto verso la parete.

Anche in questo termogramma il metodo ha messo in evidenza la tessitura muraria. Poiché la zona di indagine è circa la stessa del termogramma precedente (l'obiettivo della termocamera è stato fatto ruotare leggermente verso destra) valgono le stesse considerazioni.

Si conferma la presenza di blocchi di laterizio forati. Essendo noto lo spessore della parete, circa 33cm, si suppongono blocchi di laterizio delle dimensioni circa 20 x 25 x 30 cm.

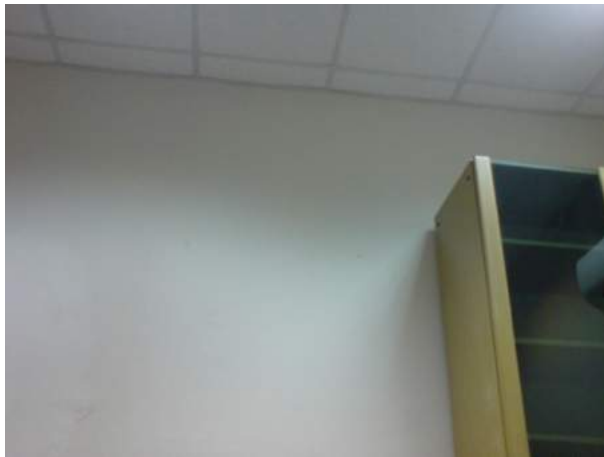
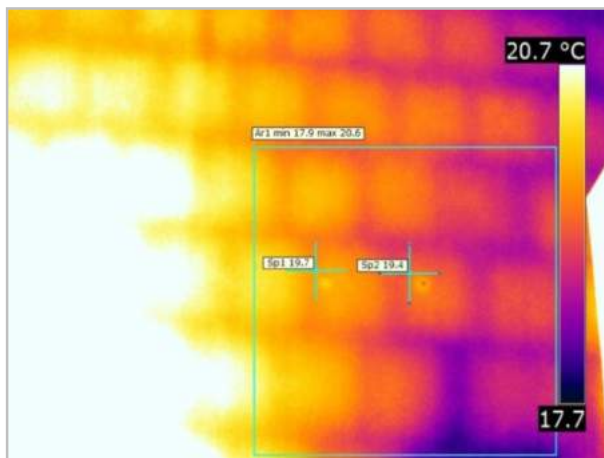


Immagine visibile:DC_18075



Termogramma originale: IR_18074



Termogramma modificato:IR_18074

Stanza: R1

Parete: SO in centro

Note: La parte sinistra del termogramma appare più calda sempre per la presenza del flusso d'aria calda dal termoventilatore (la zona di indagine è circa la stessa dei termogrammi precedenti).

Il metodo di indagine ha messo in evidenza la tessitura muraria. Trattandosi della stessa parete dei precedenti due termogrammi, valgono le stesse osservazioni.

Si possono inoltre notare nel termogramma modificato due piccole circonferenze(ciascuna individuata da un puntatore). Tali elementi sono riconducibili a fori eseguiti con trapano e successivamente chiusi con malta aventi caratteristiche di conducibilità differenti rispetto al blocco in laterizio.

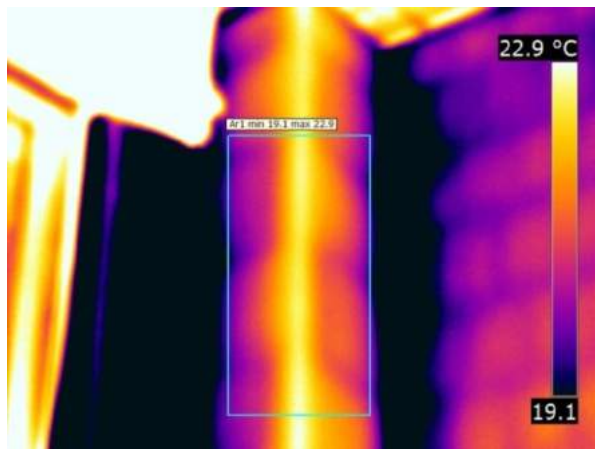
Nella parte bassa destra del termogramma si nota una zona più fredda, probabilmente riconducibile a un giunto di malta più spesso.



Immagine visibile: DC_18077



Termogramma originale: IR_18076



Termogramma modificato: IR_18076

Stanza: R1

Parete: Angolo SUD

Note: Dal termogramma originale si può meglio apprezzare che gli angoli rientranti tra le pareti appaiono più freddi rispetto al resto della stanza; ciò è dovuto al fatto che l'aria calda tende a muoversi per moti convettivi rotatori e per questo motivo gli angoli fanno più fatica a scaldarsi rispetto alle pareti in quanto vi arriva poca aria calda.

Nel termogramma modificato ci si è focalizzati sull'analisi del pilastro. Infatti, da verifica a battitura con martelletto da noi condotta in precedenza, preso anche atto della non continuità del pilastro nel piano inferiore, si è constatato che non si tratta di un pilastro portante in c.a./muratura, bensì di un "cassonetto", probabilmente in blocchi di laterizio, contenente gli scarichi dei bagni dei piani superiori. Le linee fredde orizzontali che scandiscono il pilastro corrisponderebbero quindi a giunti di malta tra i blocchi.

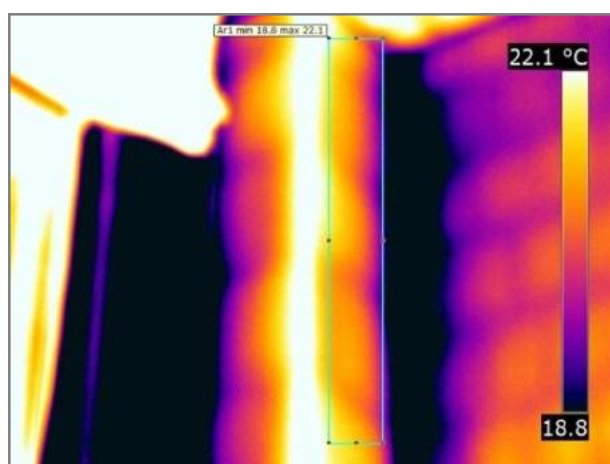
Sul lato destro del termogramma modificato si riesce ancora debolmente a leggere la tessitura muraria della parete SO.



Immagine visibile: *DC_18079*



Termogramma originale: *IR_18078*



Termogramma modificato: *IR_18078*

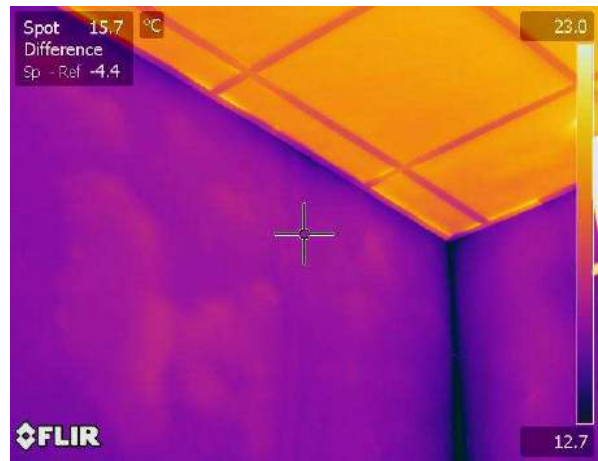
Stanza: R1

Parete: Angolo SUD

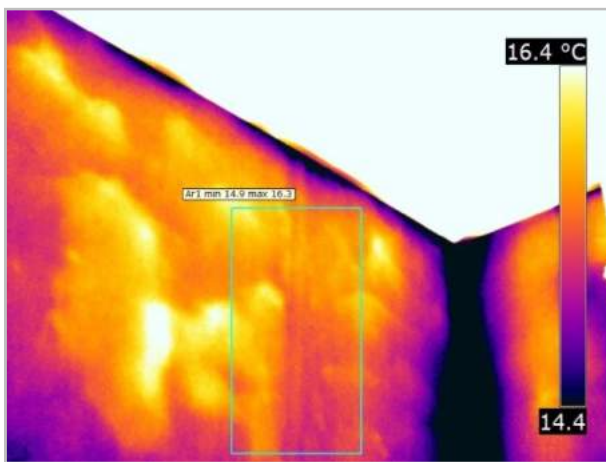
Note: L'inquadratura del termogramma è la stessa del precedente.
In questo termogramma si è provato a restringere ulteriormente il range di temperatura. Purtroppo il risultato non è migliorato tanto.
Si ritengono valide le osservazioni fatte per il precedente termogramma.



Immagine visibile: DC_18081



Termogramma originale: IR_18080



Termogramma modificato: IR_18080



Figura 3: Saggio con rimozione di spesso strato di intonaco per messa in vista della muratura di laterizi della parete NE dietro a rete metallica elettrosaldata (Controls s.r.l.)



Figura 4: Foto dell'esterno dell'edificio, angolo Est. Si può notare la presenza delle macchine dell'impianto di climatizzazione e canna fumaria in cemento armato.

Stanza: R1

Parete: NE verso angolo Est

Note: Nel termogramma modificato si nota una striscia verticale più calda (racchiusa nel rettangolo). Tale zona può essere associabile al passaggio di impianti inglobati nell'intonaco: sono infatti presenti – più in basso dell'area inquadrata – alcune scatole elettriche.

Appaiono anche delle zone irregolari più calde, di forma vagamente rettangolare. Inizialmente si è ipotizzato potessero essere dovute alla presenza delle macchine dell'impianto di climatizzazione posizionate sull'esterno della parete NE. L'ipotesi è stata smentita dalle foto dell'esterno della palazzina: l'altezza delle macchine risulta inferiore a quella delle zone calde emerse dal termogramma (Fig. 3).

Si ipotizza quindi possano essere:

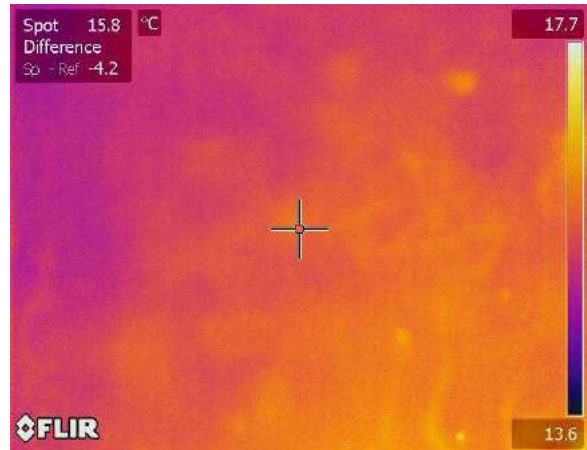
- principi di distacco di intonaco e quindi la presenza di sacche d'aria frapposte fra l'intonaco e gli strati sottostanti che si scaldano più velocemente delle zone circostanti ed appaiono quindi più calde;
- manomissioni risarcite con materiale con conducibilità termica diversa rispetto a quello circostante.

In questo termogramma il metodo di indagine non è riuscito a fornire la lettura della tessitura muraria sottointonacale. C'è qualcosa che lo impedisce: forse un intonaco molto spesso (come un intonaco armato).

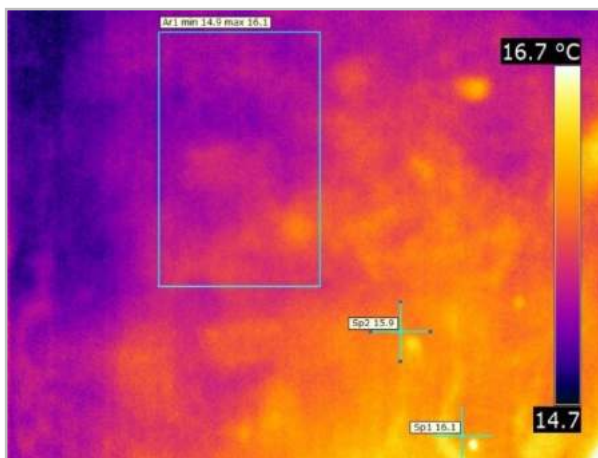
Le foto fornite dai laboratori Controls hanno confermato la presenza di una rete elettrosaldata in uno spesso intonaco, al di sotto del quale appare visibile una tessitura muraria di mattoni (Fig. 4).



Immagine visibile: DC_18083



Termogramma originale: IR_18082



Termogramma modificato: IR_18082

Stanza: R1

Parete: NE verso angolo N

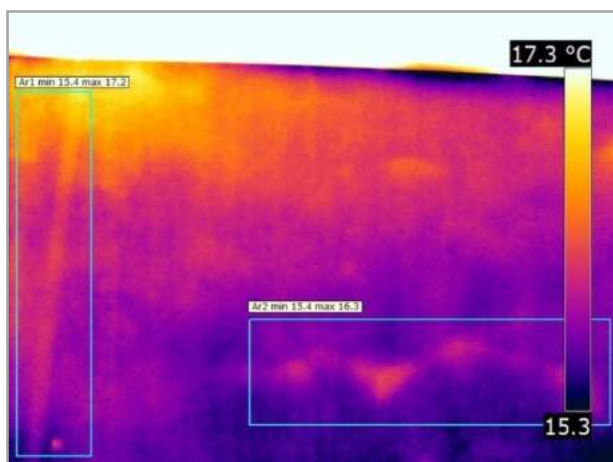
Note: La parete oggetto dell'indagine è la stessa del termogramma precedente.
Non si legge nessuna tessitura muraria. Lo spesso intonaco con rete elettrosaldata non ne permette la lettura.
Si possono vedere delle zone non uniformi più calde, riconducibili a principi di distacco di intonaco o risarciture con materiale di caratteristiche diverse rispetto a quello circostante in seguito a manomissioni.
Le piccole circonferenze, indicate nel termogramma da puntatori, fanno pensare a fori eseguiti per fissare ad esempio mobili, mensole o ancora fori per indagine endoscopiche. Tali risarciture sono anche rilevabili dall'immagine fotografica; sono presenti delle piccole zone circolari più bianche.



Immagine visibile: DC_18085



Termogramma originale: IR_18084



Termogramma modificato: IR_18084

Stanza: R1

Parete: NE verso angolo N

Note: La parete oggetto dell'indagine è la stessa del termogramma precedente. Anche in questo caso quindi lo spesso intonaco con rete elettrosaldata non permette la lettura della tessitura muraria.

Nel termogramma modificato si nota una striscia verticale più calda (racchiusa nel rettangolo di sinistra). Tale zona può essere associabile al passaggio di impianti inglobati nell'intonaco: sono infatti presenti – più in basso dell'area inquadrata – alcune scatole elettriche. Anche la striscia orizzontale più calda che appare nel termogramma si ipotizza essere un impianto posto sotto l'intonaco.

La parte bassa dell'immagine a infrarossi modificata appare più fredda rispetto alla sommità della parete muraria. Ciò è dovuto al fatto che l'aria calda tende a muoversi per moti convettivi rotatori ascendenti, per questo motivo le parti superiori delle pareti tendono a scaldarsi maggiormente.

Nel termogramma il soffitto appare molto caldo; come si può vedere dall'immagine fotografica non si tratta di solaio strutturale, bensì di un controsoffitto.

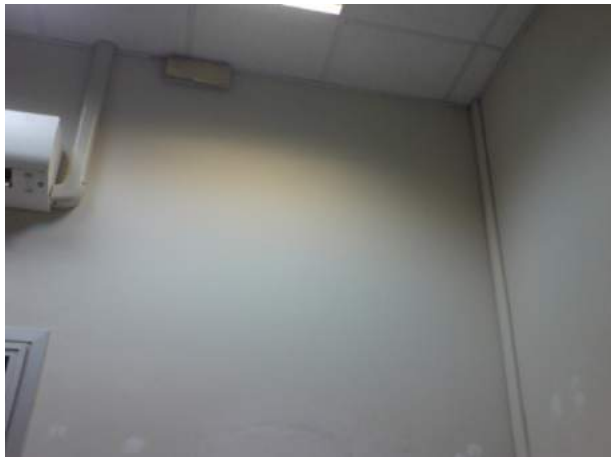
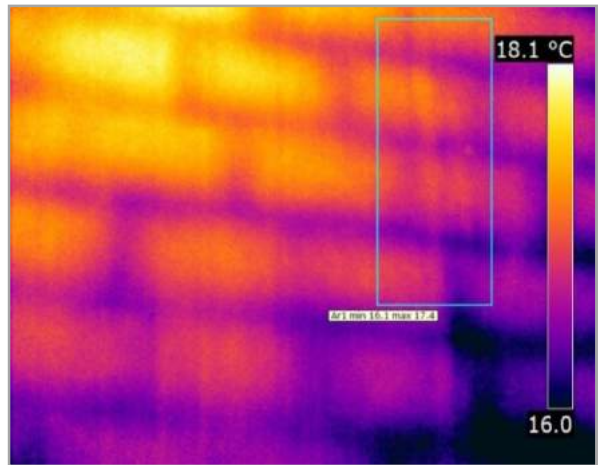
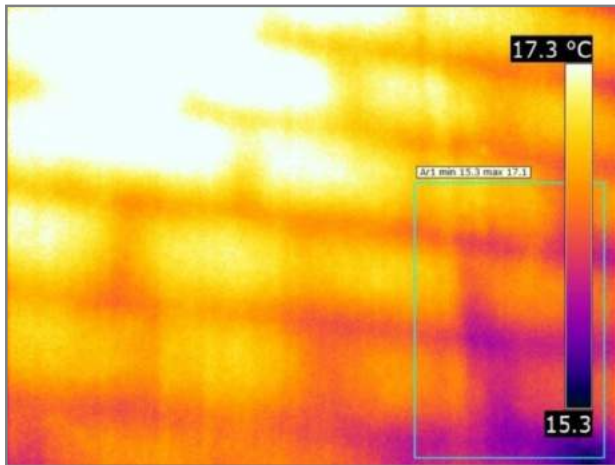


Immagine visibile: DC_18087



Termogramma originale: IR_18086



Termogramma modificato: IR_18086 (2 tentativi di restituzione: 1° tentativo a sx e 2° a dx)



Figura 5: Saggio (Controls) per messa in vista tessitura

Stanza: R1

Parete: NO verso angolo N

Note: Il metodo d'indagine ha fatto chiaramente emergere la tessitura muraria sotto l'intonaco.

La regolarità dei giunti di malta ha messo in evidenza le dimensioni delle unità murarie. Osservando le dimensioni e conformazione abbiamo supposto che non fossero laterizi pieni, dal momento che non compaiono due direzioni di posa, oltre ad essere di dimensioni maggiori rispetto a laterizi. Possiamo quindi concludere ipotizzando che il paramento murario sia costituito da blocchi di laterizio forato; confrontando il presente termogramma con il rispettivo della parete SO si può notare che i blocchi sono di dimensioni maggiori e di forma più allungata.

Le nostre ipotesi sono state verificate dal confronto con la foto dell'indagine già eseguita da Controls s.r.l. su questa parete SO (vedi Fig. 5).

Sono stati eseguiti due tentativi di restituzione del fotogramma originale, variando leggermente il range di temperatura.

Nel primo si può notare una zona più fredda nella parte bassa destra del termogramma; si ipotizza essere un giunto di malta più spesso rispetto agli altri.

Nel secondo, oltre a vedersi ancora in modo più accentuata la zona fredda presente nella parte bassa destra del termogramma, si rileva una linea calda che percorre l'immagine per tutta la sua altezza; si ipotizza la presenza di un impianto inglobato nell'intonaco.

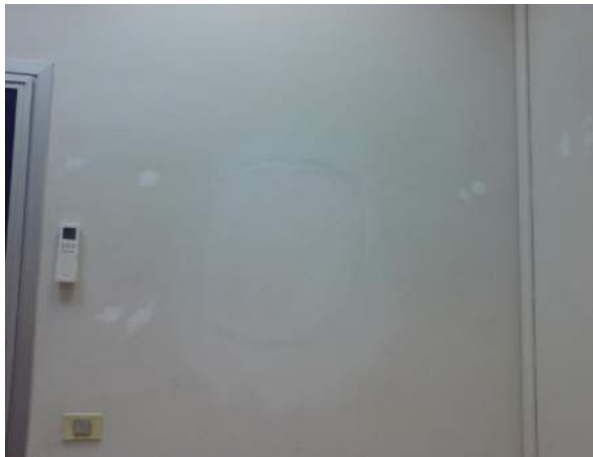
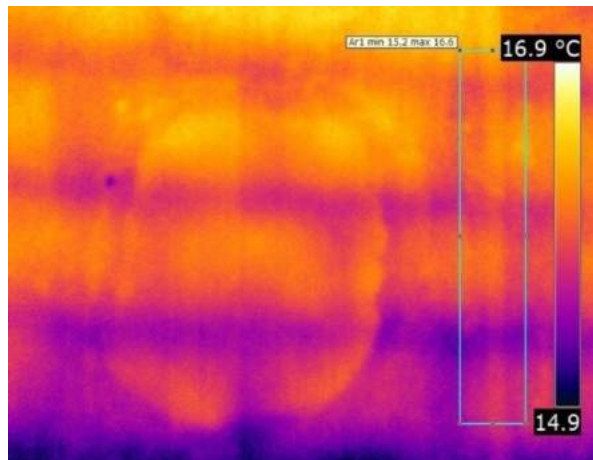


Immagine visibile: *DC_18089*



Termogramma originale: *IR_18088*



Termogramma modificato: *IR_18088*



Figura 6: Saggio (Controls) per messa in vista della tessitura muraria

Stanza: R1

Parete: NO verso angolo N

Note: Anche in questo termogramma il metodo ha messo in evidenza la tessitura muraria. Poiché la zona di indagine è circa la stessa del termogramma precedente (l'obiettivo della termocamera è stato fatto ruotare leggermente verso il basso) valgono le stesse considerazioni. Si conferma la presenza di blocchi di laterizio forati (Fig. 6).

Nei termogrammi è inoltre visibile una zona più calda al centro. Si suppone una manomissione risarcita con materiale con conducibilità termica diversa rispetto a quello circostante. Non si notano, tuttavia, alterazioni nella lettura della tessitura muraria, non sono quindi state eseguiti prelievi di mattoni. La documentazione fornita da Controls s.r.l. conferma le ipotesi di cui sopra, trattandosi la foto fornita (Foto4) proprio del saggio eseguito nella porzione di muratura da noi indagata.

Sulla destra del termogramma è presente una fascia calda, si ipotizza per la forma regolare il passaggio di un impianto inglobato nell'intonaco.

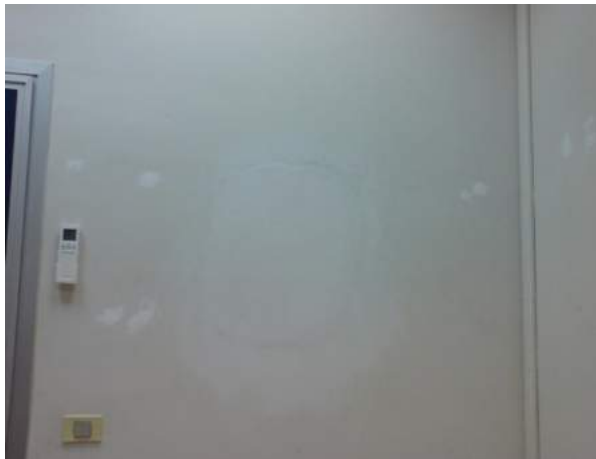
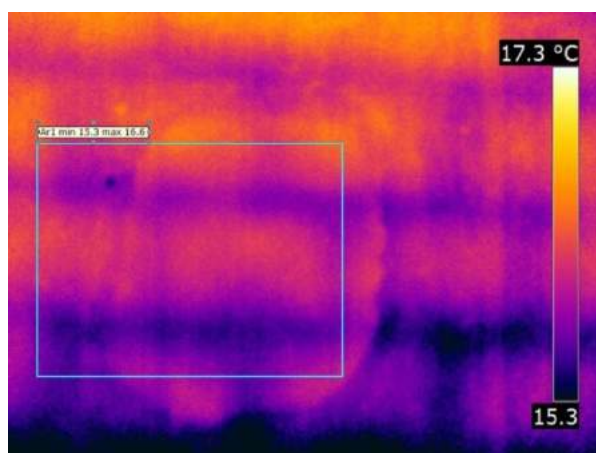


Immagine visibile: *DC_18091*



Termogramma originale: *IR_18090*



Termogramma modificato: *IR_18090*

Stanza: R1

Parete: NO verso angolo N

Note: Anche in questo termogramma il metodo ha messo in evidenza la tessitura muraria. Poiché la zona di indagine è la stessa del termogramma precedente valgono le stesse considerazioni e ipotesi avanzate prima:

- muratura in blocchi di laterizio forato;
- manomissione risarcita con intonaco di caratteristiche termofisiche diverse.

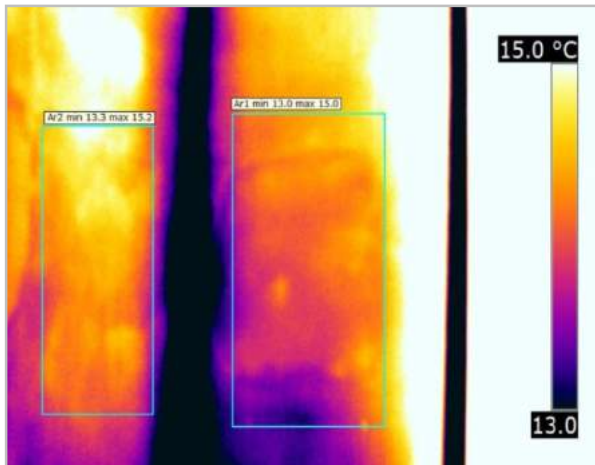
Diversamente dal precedente termogramma, nonostante la zona indagata sia la stessa, il range di temperatura è stato abbassato di circa 2°C. In questo modo si possono meglio notare all'interno della zona non uniforme delle fasce fredde più spesse rispetto alle altre presenti nel termogramma; si ipotizzano essere giunti di malta più spessi (probabilmente sono stati risarciti con altro materiale in seguito all'esecuzione del saggio).



Immagine visibile: DC_18093



Termogramma originale: IR_18092



Termogrammi modificati: IR_18092

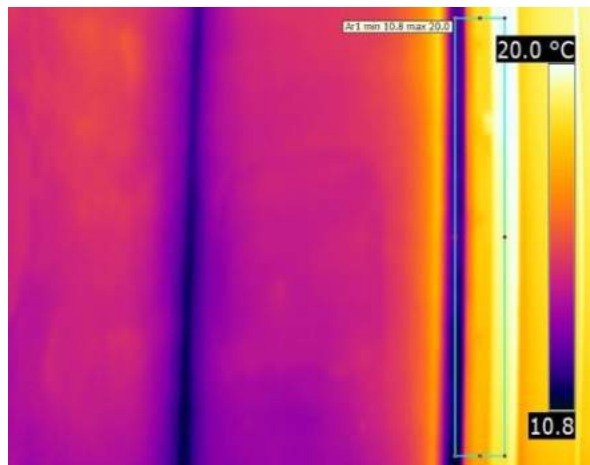


Figura 7: Saggio con rimozione di spesso strato di intonaco per messa in vista della muratura di laterizi della parete NE dietro a rete metallica elettrosaldata (Controls s.r.l.).



Figura 8: Saggio con rimozione di spesso strato di intonaco per messa in vista della muratura di laterizi della parete SE dietro a rete metallica elettrosaldata (Controls s.r.l.).

Stanza: R1

Parete: Angolo Est

Note: Dai termogrammi si può notare che gli angoli rientranti tra le pareti appaiono più freddi rispetto al resto della stanza; ciò è dovuto al fatto che l'aria calda tende a muoversi per moti convettivi rotatori e per questo motivo gli angoli fanno più fatica a scaldarsi rispetto alle pareti, in quanto vi arriva poca aria calda.

Nel termogramma modificato si vedono delle zone più calde (racchiuse in rettangoli). Osservando l'immagine visibile si può intuire che siano risarcimenti seguiti a manomissioni. Dalla documentazione fornita dai laboratori della Controls si può verificare che tali interventi sono riconducibili a saggi con rimozione dell'intonaco per la messa in vista della muratura delle pareti NE e SE, come da foto 4 e 5.

In questo termogramma il metodo di indagine non è riuscito a fornire la lettura della tessitura muraria sottointonacale. C'è qualcosa che lo impedisce: forse un intonaco molto spesso (come un intonaco armato).

Le foto fornite dai laboratori Controls hanno confermato la presenza di una rete elettrosaldata in uno spesso intonaco, al di sotto del quale appare visibile una tessitura muraria di mattoni (Fig. 7 e 8).

Nel 2° termogramma si è indagata la presenza di ponti termici nell'infisso. Si può notare una zona fredda subito di fianco all'infisso in legno dovuta sia alla posizione rientrante che non favorisce i moti convettivi dell'aria calda, sia per possibili infiltrazioni di aria dall'infisso.

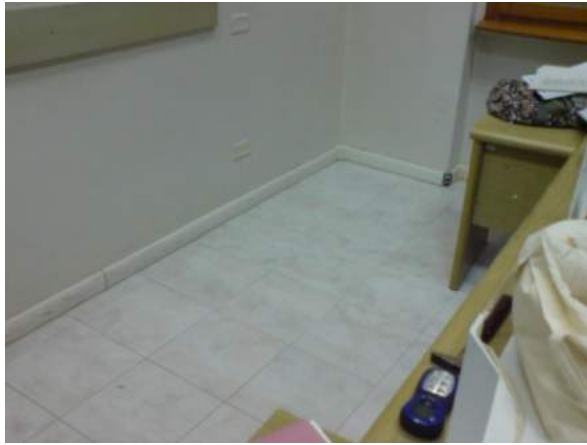
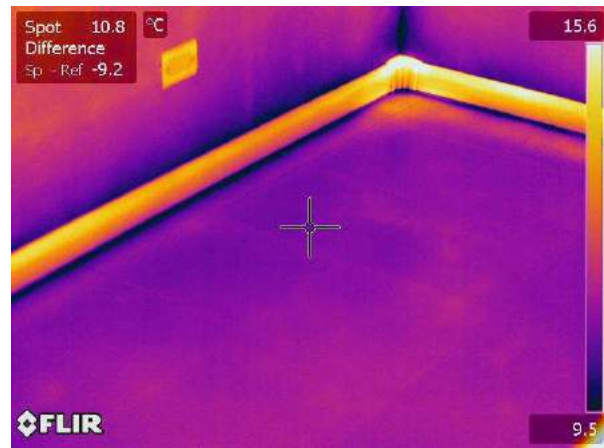
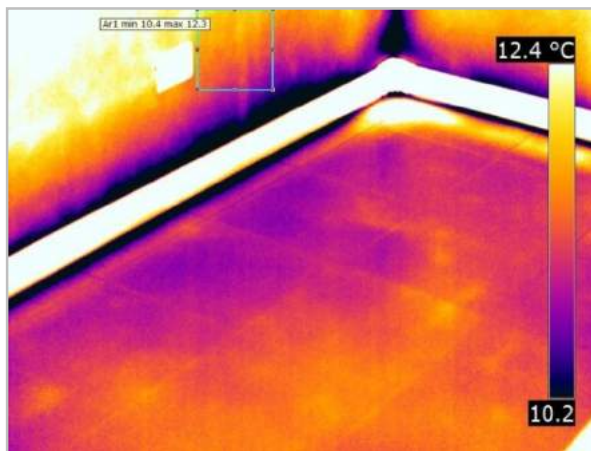


Immagine visibile: DC_18095



Termogramma originale: IR_18094



Termogramma modificato: IR_18094

Stanza: R1

Parete: Angolo Est e Solaio

Note: Sulla parete NE si nota una fascia stretta verticale più calda. Tale zona può essere associabile al passaggio di impianti inglobati nell'intonaco.

L'angolo tra le pareti NE e SE e gli angoli tra le pareti e il pavimento appaiono più freddi; per la forma di tali aree si ipotizzano risalite di umidità dal terreno.

In questo termogramma il metodo di indagine non è riuscito a fornire la lettura dell'orditura del solaio sottostante, ma solo della sovrastante pavimentazione. C'è qualcosa che lo impedisce: forse una soletta armata.

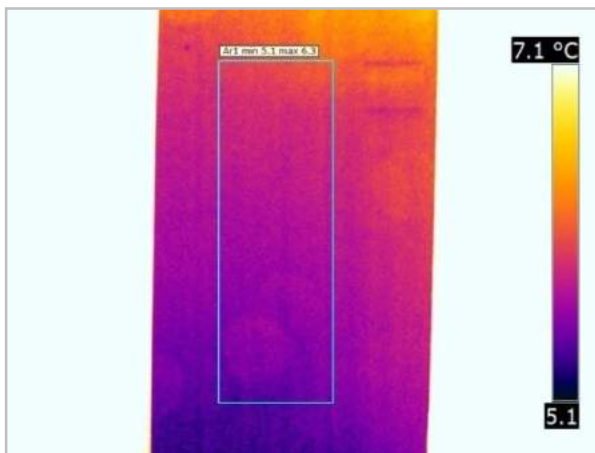
Si notano sulla pavimentazione delle zone più calde probabilmente dovute al calore rilasciato attraverso i nostri piedi, poiché durante gli scatti dei precedenti termogrammi ci trovavamo circa in quella posizione. Le zone più calde vicine, questa volta, alla canalina di impianti esterna che percorre il perimetro del pavimento, potrebbero essere dovute alla presenza di impianti o semplicemente riscaldatosi per trasmissione di calore dalla canalina in vista che risulta essere molto calda, forse anche per il riscaldamento dei cavi elettrici sottoposti a un prelievo importante di energia, 2KW, protratta dai termoventilatori per alcune ore.



Immagine visibile: DC_18097



Termogramma originale: IR_18096



Termogramma modificato: IR_18096

Stanza: R1

Parete: Muro corridoio di fronte a R1

Note: E' stata aperta la porta della stanza R1. Primo termogramma scattato alle ore 15:07:07. Seguono una serie di termogrammi scattati con frequenza di circa 1 minuto.

Nel termogramma modificato si è cercato di far emergere qualche informazione del muro posto di fronte alla stanza R1, trattasi del muro di spina dell'edificio.

La parete muraria indagata risulta inizialmente molto fredda. Le temperature minime e massime rilevate tramite lo "strumento rettangolo" sono rispettivamente 5.1°C e 6.3°C.

In questo termogramma il metodo di indagine non è riuscito a fornire la lettura della tessitura muraria sottointonacale. C'è qualcosa che lo impedisce: forse un intonaco molto spesso (come un intonaco armato).

Nel termogramma modificato si riescono a vedere delle zone circolari più calde nella parte bassa del termogramma; probabili manomissioni seguite da risarciture con materiali di caratteristiche fisiche diverse o "errori" dovuti alla termocamera.



Immagine visibile: DC_18099



Termogramma originale: IR_18098



Termogramma modificato: IR_18098

Stanza: R1

Parete: Muro corridoio di fronte a R1

Note: Termogramma scattato alle ore 15:07:29.

Non è passato neanche un minuto dallo scatto del precedente termogramma. L'immagine che ci appare è uguale alla precedente.

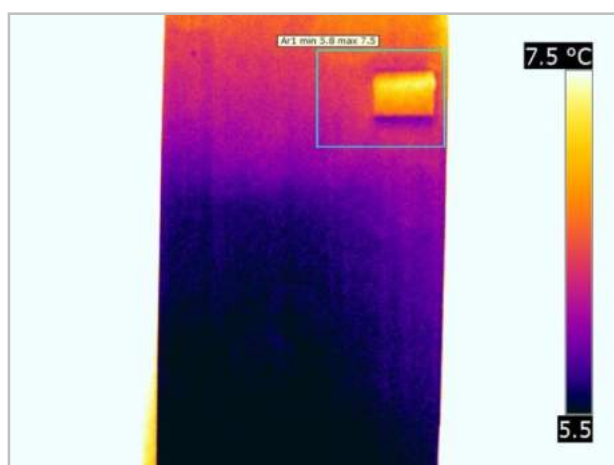
Purtroppo il software non ci permette di restringere ulteriormente in range di temperatura per analisi più accurate.



Immagine visibile: DC_180101



Termogramma originale: IR_18100



Termogramma modificato: IR_18100

Stanza: R1

Parete: Muro corridoio di fronte a R1

Note: Termogramma scattato alle ore 15:08:02.

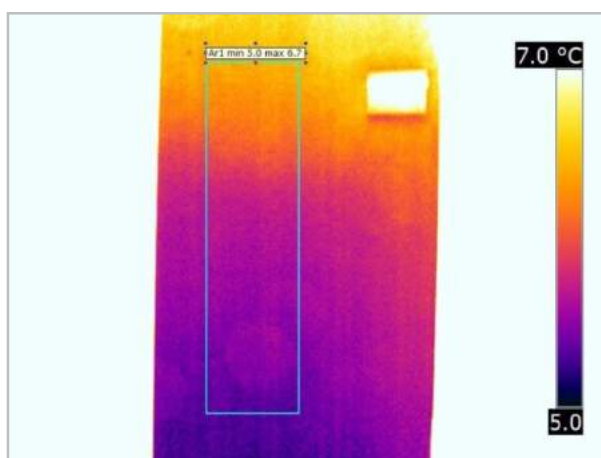
Nel termogramma modificato IR_18100 ci si è focalizzati sulla targhetta affissa alla parete. Appare più calda rispetto alla parete perché costituito da materiale di diversa capacità termica.



Immagine visibile: DC_18103



Termogramma originale: IR_18102



Termogramma modificato: IR_18102

Stanza: R1

Parete: Muro corridoio di fronte a R1

Note: Termogramma scattato alle ore 15:08:27.

È passato poco più dallo scatto del primo termogramma con la porta aperta. Le temperature minime e massime rilevate sul termogramma modificato tramite lo "strumento rettangolo" sono rispettivamente 5.0°C e 6.7°C; la massima è già cresciuta di 0.4°C da quella di partenza.

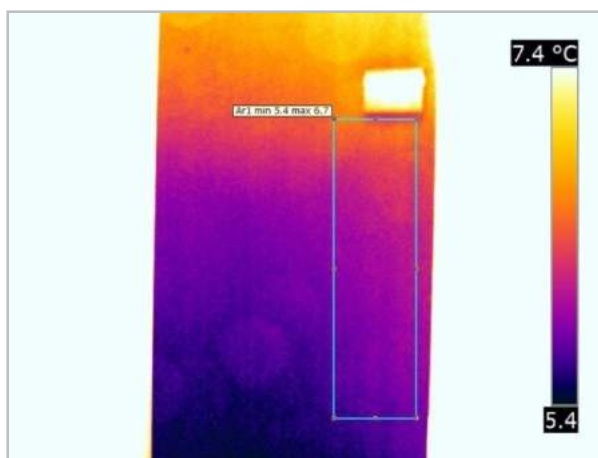
Il termogramma appare più caldo nella parte superiore perché l'aria calda tende a salire verso l'alto.



Immagine visibile: DC_18105



Termogramma originale: IR_18104



Termogramma modificato: IR_18104

Stanza: R1

Parete: Muro corridoio di fronte a R1

Note: Termogramma scattato alle ore 15:09:08.

In questo termogramma si è provato ad analizzare un'altra area per cercare altre informazioni sulla parete muraria. Purtroppo il risultato è molto simile ai precedenti. Anche qui il metodo di indagine non è riuscito a fornire la lettura della tessitura muraria sottointonacale. C'è qualcosa che lo impedisce: forse un intonaco molto spesso (come un intonaco armato) come visto in altre pareti.



Immagine visibile: *DC_18107*



Termogramma originale: *IR_18106*



Termogramma modificato: *IR_18106*

Stanza: R1

Parete: Muro corridoio di fronte a R1

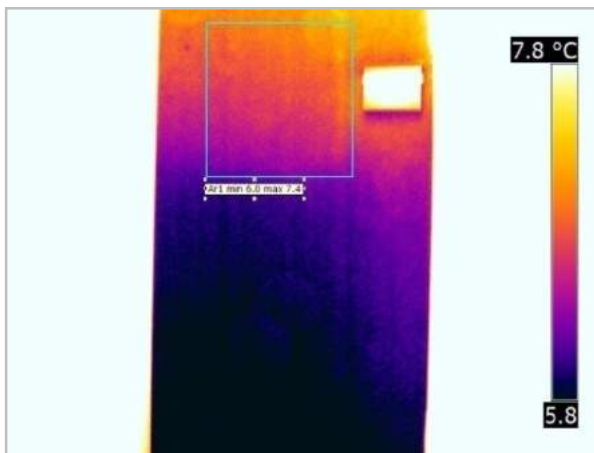
Note: Termogramma scattato alle ore 15:09:44.



Immagine visibile: *DC_18109*



Termogramma originale: *IR_18108*



Termogramma modificato: *IR_18108*

Stanza: R1

Parete: Muro corridoio di fronte a R1

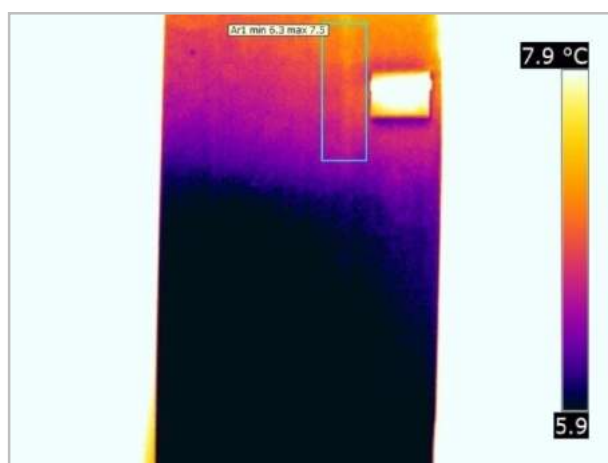
Note: Termogramma scattato alle ore 15:11:15.



Immagine visibile: *DC_18111*



Termogramma originale: *IR_18110*



Termogramma modificato: *IR_18110*

Stanza: R1

Parete: Muro corridoio di fronte a R1

Note: Termogramma scattato alle ore 15:12:08.



Immagine visibile: DC_18113



Termogramma originale: IR_18112



Termogramma modificato: IR_18112

Stanza: R1

Parete: Muro corridoio di fronte a R1

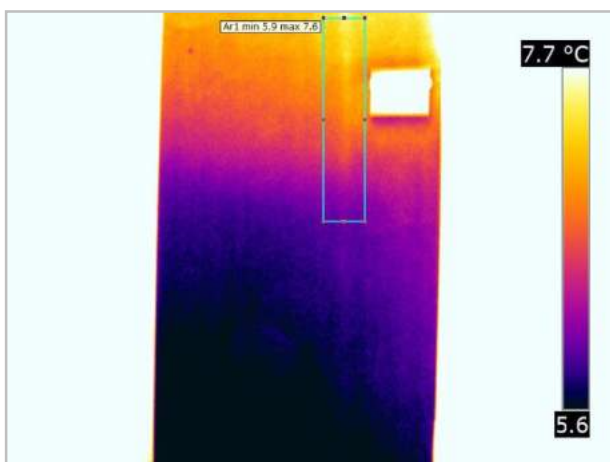
Note: Termogramma scattato alle ore 15:13:08.



Immagine visibile: DC_18115



Termogramma originale: IR_18114



Termogramma modificato: IR_18114

Stanza: R1

Parete: Muro corridoio di fronte a R1

Note: Termogramma scattato alle ore 15:14:21.

Si inizia a vedere una fascia verticale più calda a sinistra della targhetta che percorre per tutta l'altezza il termogramma. Si ipotizza essere il passaggio di un impianto inglobato nell'intonaco.



Immagine visibile: DC_18117



Termogramma originale: IR_18116



Termogramma modificato: IR_18116

Stanza: R1

Parete: Muro corridoio di fronte a R1

Note: Termogramma scattato alle ore 15:15:17.

Le temperature minime e massime rilevate sul termogramma tramite lo "strumento rettangolo" sono rispettivamente 5.2°C e 7.2°C. La temperatura minima è rimasta circa la stessa del primo termogramma (5.1°C), la massima, invece, è aumentata di quasi un grado, passando dal valore iniziale di 6.3°C a 7.2°C. la parete si è quindi scaldata soprattutto in sommità, dovuto ai moti convettivi ascendenti dell'aria calda.

Tuttavia su questa parete il metodo di indagine non è riuscito a fornire la lettura della tessitura muraria sottointonacale. C'è qualcosa che lo impedisce: forse un intonaco molto spesso (come un intonaco armato) come osservato in altre pareti dell'edificio.

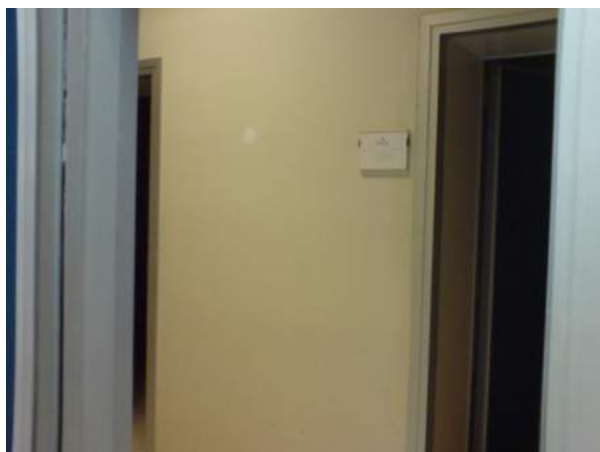
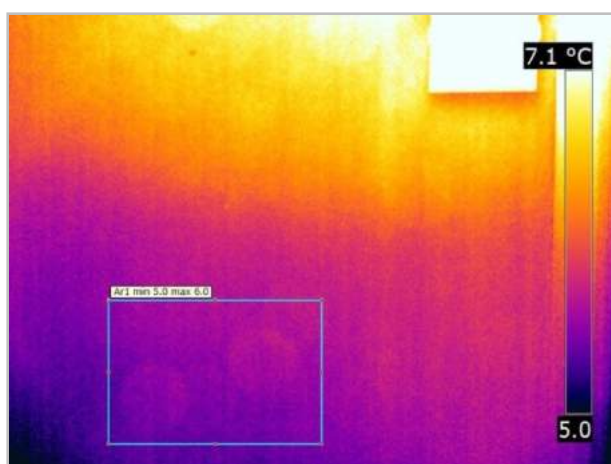


Immagine visibile: *DC_18119*



Termogramma originale: *IR_18118*



Termogramma modificato: *IR_18118*

Stanza: R1

Parete: Muro corridoio di fronte a R1

Note: Termogramma scattato alle 15:16:13.

La termocamera è stata spostata vicino alla porta, diminuendo la distanza obiettivo – oggetto indagato. Ancora nessuna informazione riguardo la tessitura muraria.

Si continuano a vedere nella parte bassa del termogramma due zone circolari più calde. Poiché sono presenti anche in termogrammi successivi si pensa siano dovuti a “errori” della termocamera.



Immagine visibile: DC_18121



Termogramma originale: IR_18120



Termogramma modificato: IR_18120

Stanza: Corridoio

Parete:

Note: La termocamera è stata spostata nel corridoio di accesso alla stanza R1.

All'interno del rettangolo disegnato sul termogramma si riescono a intravedere delle linee orizzontali e verticali più fredde che si ipotizzano essere i giunti di malta.

Il soffitto in vista non è quello strutturale, ma un controsoffitto, come si riconosce dall'immagine fotografica; nel termogramma appare molto caldo, indice di materiale diverso.



Immagine visibile: DC_18123



Termogramma originale: IR_18122



Termogramma modificato: IR_18122

Stanza: Corridoio

Parete:

Note: L'oggetto di indagine è lo stesso del termogramma precedente. Rispetto al precedente si è provato ad indagare la zona più calda della parete in esame (racchiusa in un rettangolo); si intravedono dei rettangoli che potrebbero essere le unità murarie. La zona calda è probabilmente dovuta ai moti rotatori convettivi ascendenti dell'aria calda.

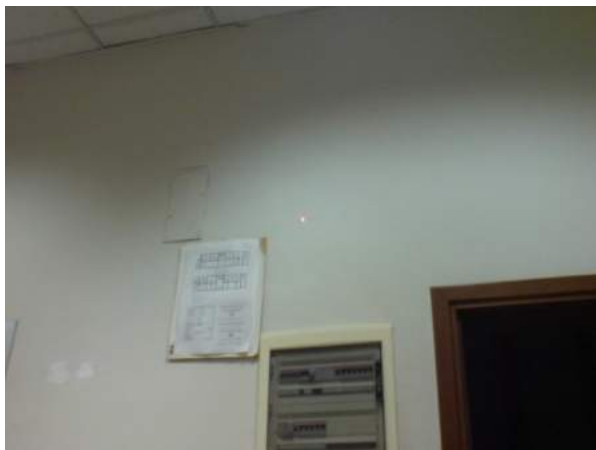
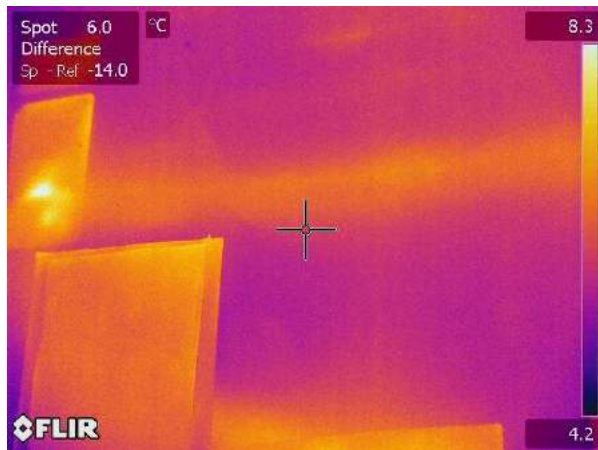
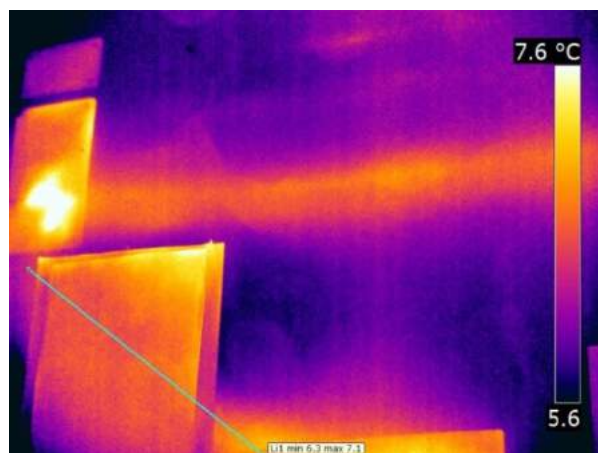
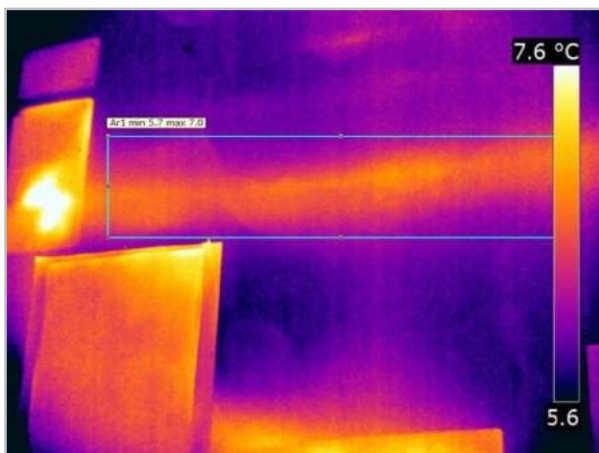


Immagine visibile: DC_18125



Termogramma originale: IR_18124



Termogrammi modificati (2 tentativi):IR_18124



Figura 9: Fessura passante nella parete SE della stanza R27 (parete NE della stanza R25)

Stanza: R25

Parete: NE in centro

Note: Dal sopralluogo sappiamo che sulla parete in oggetto è presente una fessura passante. La foto 6 mostra la fessura vista dall'altro lato della parete.

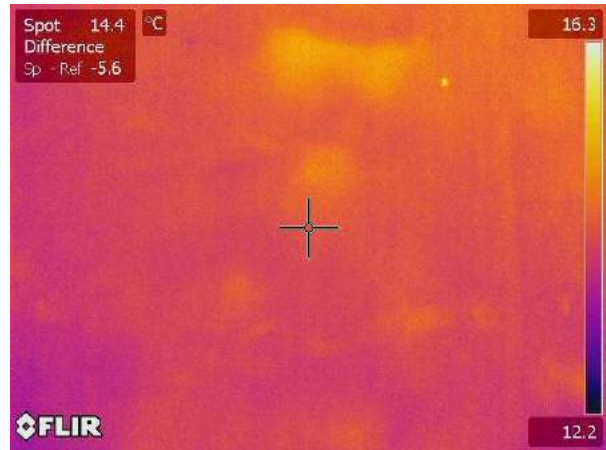
Nel termogramma sono presenti aree rettangolari ben definite molto calde; come si può vedere dall'immagine fotografica corrispondono a scatole contenenti impianti, tranne la terza che sembra essere un pannellino rigido affisso alla parete.

Nell'immagine IR si nota anche una linea orizzontale più calda; dal momento che esce/entra in una delle scatole di impianti presenti si ipotizza essere un cavo elettrico inglobato nell'intonaco.

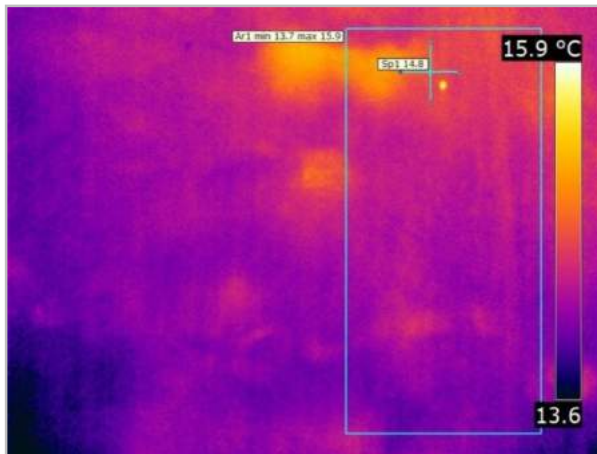
Nella parte bassa a destra, vicino alla legenda del secondo termogramma modificato si nota un'altra linea obliqua più calda, non ben leggibile perché coperta dall'elemento affisso alla parete; dall'osservazione della Fig. 9 si ipotizza essere la fessura mostrata nella foto.



Immagine visibile: *DC_18127*



Termogramma originale: *IR_18126*



Termogramma modificato: *IR_18126*

Stanza: R1

Parete: NE in centro

Note: Termogramma scattato alle ore 15:22:07, quando la stanza si era un po' raffreddata, avendo spento le stufette e tenuto la porta aperta da circa 15 minuti.

Si intravede sulla destra del termogramma una fascia verticale più calda riconducibile alla presenza di un impianto passante sotto l'intonaco.

Nella parte alta del termogramma, al centro, è presente una zona più calda di forma non definita. Si ipotizza un distacco di intonaco.

Attraverso il puntatore è indicata una piccola area dalla forma circolare più calda; tale elemento può essere riconducibile a fori eseguiti per il fissaggio di mobilio o indagini endoscopiche, in entrambi i casi risarciti con materiale aventi caratteristiche di conducibilità differenti rispetto a quello dell'intonaco.

Anche in questo termogramma il metodo di indagine non è riuscito a fornire la lettura della tessitura muraria sottointonacale. C'è qualcosa che lo impedisce: forse un intonaco molto spesso (come un intonaco armato). Trattandosi di una parete già indagata in precedenti termogrammi tale ipotesi è già stata verificata (vedi termogramma IR_18-080).

Indagine termografica - Stanza I19

Data prova: 28.12.2018

Luogo di prova: Stanza I19, Piano Seminterrato

Inizio riscaldamento: ore 11.30 T= 10°C

Inizio prova: ore 15.20 T= 17°C

Posizione termoventilatore 1: al centro della stanza, su cassetteria (quota c. 0,50 m)

Posizione termoventilatore 2: al centro della stanza, su pavimento

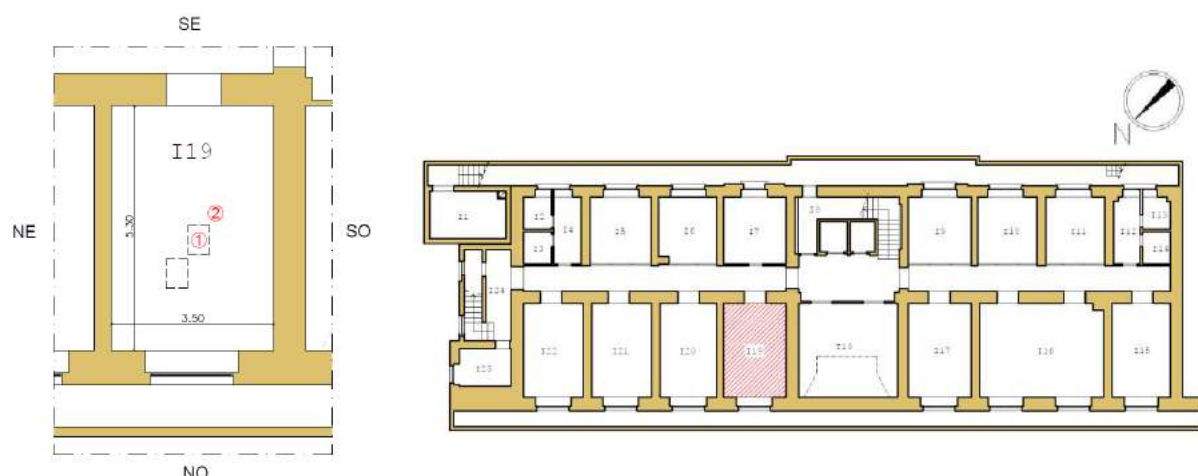


Figura 10: Pianta orientata della stanza I19 (a sinistra), in tratteggio sono indicati gli ingombri del mobilio presente; i numeri 1 e 2 indicano la posizione dei termoventilatori. A destra, invece, la pianta del piano Seminterrato in cui è presente la stanza I19 (campita di rosso).

Ora	Serie di acquisizione dati	Intervallo termogrammi IR + immagine visibile DC
15.21 – 15.44	1° serie su pareti e solaio stanza	18128 - 18159
15.48 – 15.51	2° serie su muro di fronte a I19	18160 - 18173

Tab. 5: Sequenza degli orari ed intervalli dei termogrammi IR + immagini visibili DC relativi a tutte le fasi e serie di acquisizione dati.

In questa stanza I19 posta nel seminterrato e con affaccio sul fronte dell'edificio, durante le campagne di Gennaio e Aprile 2018 eseguite da Controls s.r.l. sono state effettuate le seguenti prove:

- prelievo di malta e mattone nella parete NO;
- messa in vista della tessitura muraria tramite rimozione di intonaco (area di dim. circa 1x1m.) nella parete NO;
- sul solaio della stanza adiacente (I20): saggio, indagine "Poldi", indagine sclerometrica su travetto.

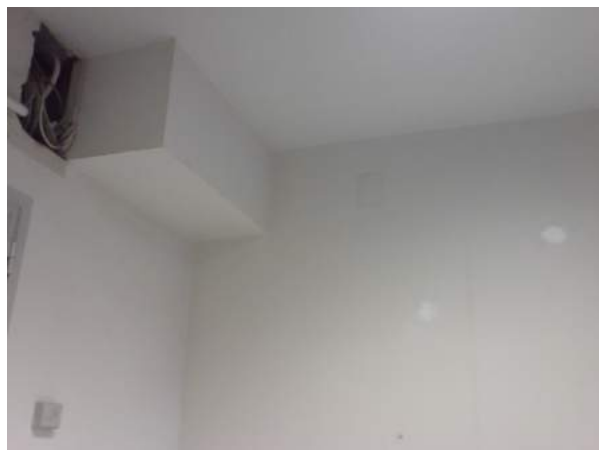
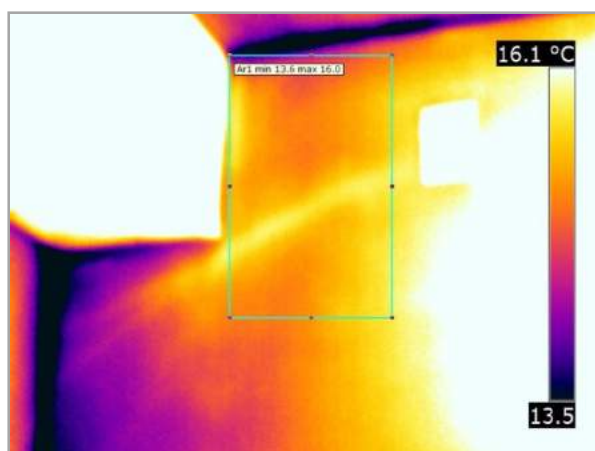


Immagine visibile: DC_18129



Termogramma originale: IR_18128



Termogramma modificato: IR_18128

Stanza: I19

Parete: SO, vista verso spigolo Sud

Note: Nel termogramma modificato si vede una anomalia termica obliqua più calda che termina in una scatola di impianti, si pensa quindi che siano dei cavi elettrici.

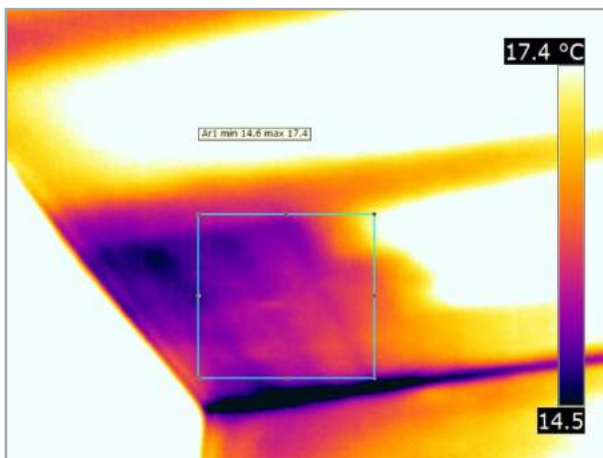
Il metodo di indagine non ha messo in vista la tessitura muraria, c'è qualcosa che lo impedisce, forse intonaco armato o comunque intonaco spesso.



Immagine visibile: DC_18131



Termogramma originale: IR_18130



Termogramma modificato: IR_18130

Stanza: I19

Parete: Solaio, vista verso angolo Sud

Note: Nel termogramma è presente una zona più fredda ben definita nel solaio, indicata dal riquadro inserito.

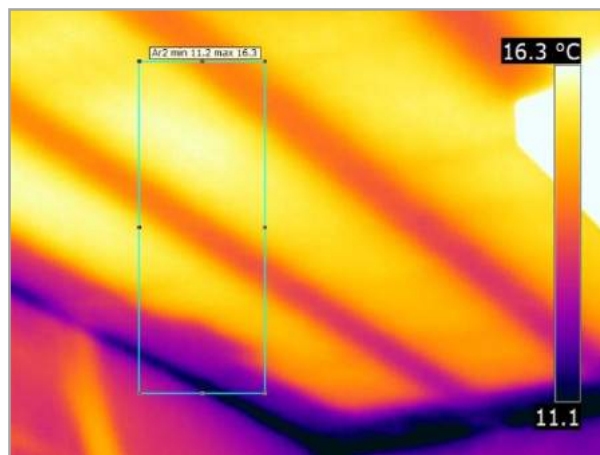
Tale area ha forma rettangolare ed è scandita al suo interno da linee parallele più fredde. La vicina presenza di un cassonetto contenente impianti potrebbe far pensare ad una botola per ispezione con tessitura diversa del solaio, come la presenza di elementi in c.a. al fine di contenere lo spessore. Andrebbe meglio indagato con sondaggi in loco.



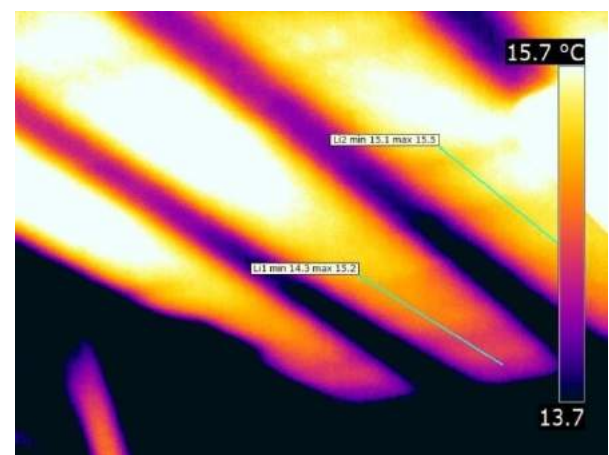
Immagine visibile: DC_18133



Termogramma originale: IR_18132



Termogramma modificato: IR_18132



Termogramma modificato per mettere in evidenza i giunti tra le pignatte che si intravedono nella parte a destra in basso del termogramma

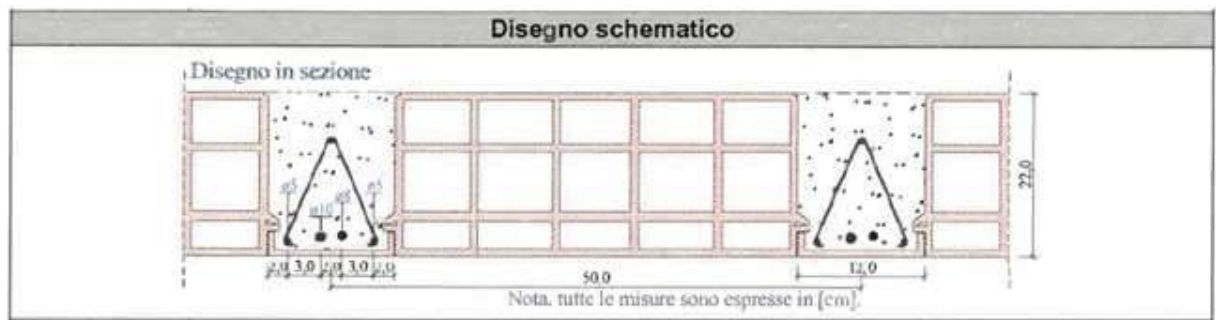


Figura 11: Disegno schematico del solaio del piano primo (Controls s.r.l.)

Stanza: I19

Parete: Solaio, vista verso angolo O

Note: Il metodo di indagine ha messo in vista l'orditura del solaio.

L'orditura risulta facilmente distinguibile dalla lettura dei travetti portanti che risultano più freddi. Essi sono orientati da NO a SE. Si potrebbero contare e stabilire il loro interasse, oltre alla loro sezione trasversale di base si riescono anche debolmente a intravedere delle linee più fredde perpendicolari ai travetti, a passo regolare, imputabili ai giunti tra le varie pignatte.

Si ipotizza quindi un solaio di laterocemento.

Lungo il perimetro del solaio le zone fredde hanno una dimensione maggiore, trattasi di cordoli perimetrali per il collegamento del solaio con le murature perimetrali.

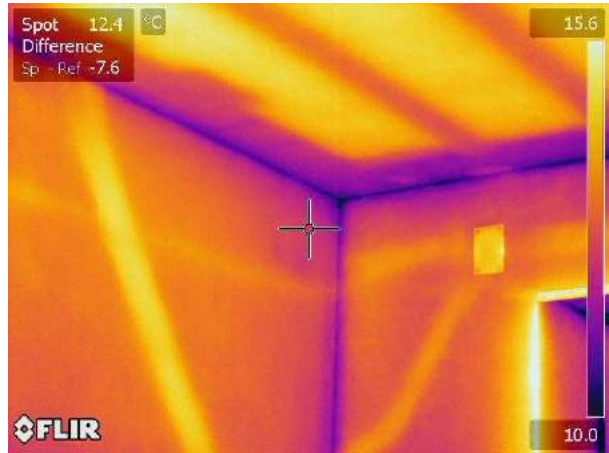
Dai dati storici raccolti è noto che il solaio non è quello originario, ma è stato rifatto negli anni '90, quando l'edificio è stato oggetto di un importante intervento strutturale.

Le indagini eseguite da Controls confermano quanto ipotizzato: solaio in laterocemento tralicciato (Fig. 5.10).

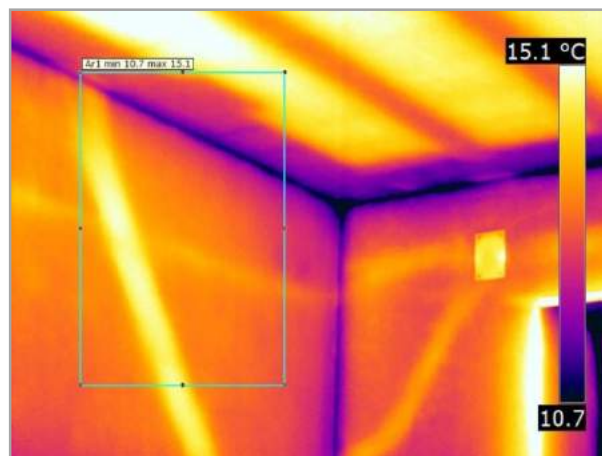
Nella parete verticale SO si nota – a sinistra nel termogramma - una anomalia più calda; la sua forma lascia pensare alla presenza di impianti.



Immagine visibile: *DC_18135*



Termogramma originale: *IR_18134*



Termogramma modificato: *IR_18134*

Stanza: I19

Parete: Angolo Ovest

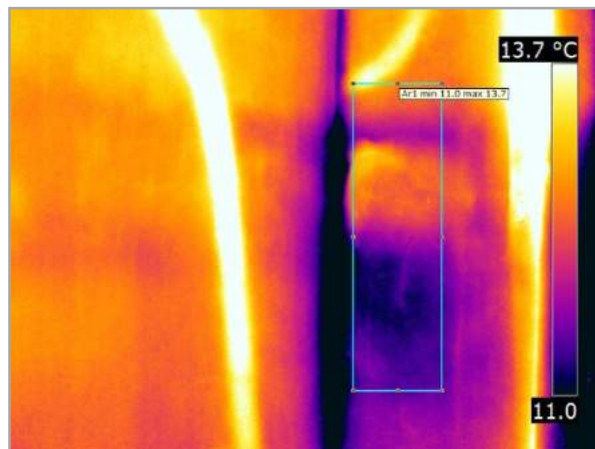
Note: Il metodo di indagine ha messo in vista l'orditura del solaio.
L'orditura del solaio risulta facilmente distinguibile dalla lettura dei travetti portanti. Il solaio in esame è lo stesso del precedente termogramma, abbiamo quindi già verificato l'ipotesi e sappiamo che si tratta di solaio in latero-cemento tralicciato.
Lungo le pareti sono invece presenti delle "linee" più calde che corrispondono ad impianti probabilmente elettrici visto che portano a scatole di ispezione/derivazione, distinguibili in parte anche nell'immagine visibile.
Nelle pareti non è leggibile la tessitura muraria, probabile presenza di intonaco armato come in altri tramezzi della palazzina.



Immagine visibile: DC_18137



Termogramma originale: IR_18136



Termogramma modificato: IR_18136



Figura 12: Dalla foto si può notare una soletta esterna spingente, causa forse della fessura.



Figura 13: Fessura media F10.

Stanza: I19

Parete: Angolo Ovest

Note: Nella parete NO, quella verso il fronte dell'edificio, si nota un'area più calda e subito sotto una fredda. In corrispondenza della zona calda è presente una fessura (F10) e come si può vedere dalla foto, se guardata attentamente, nella parte sinistra della crepa è presente anche un rigonfiamento dell'intonaco. E' coinvolto dunque anche un distacco dello stesso.

La zona fredda potrebbe essere dovuta alla presenza di umidità.

Nella parete SO è ben visibile una linea molto calda quasi verticale, corrispondente a cavi elettrici posti al di sotto dell'intonaco, come visto prima.

Si notano inoltre anche linee fredde orizzontali parallele sulla parete SO. Dai dati storici è noto che il solaio del piano rialzato è stato rifatto in occasione del grosso intervento strutturale eseguito negli anni '87-'90, in corrispondenza delle due stanze poste a fianco del passaggio a ponte dell'edificio a una quota maggiore rispetto all'originario; originariamente si trovava alla quota stradale (la finestra della stanza sopra alla I19 era originariamente una porta di ingresso pedonale, vedi Foto 12). La zona fredda che corre lungo la parete SO e continua in quella NO, seppure nascosta dall'area calda del distacco di intonaco, potrebbe corrispondere al cordolo del vecchio solaio.



Figura 14: cartolina del 1926 con dettaglio del fronte in cui si rileva la diversa quota delle zone di ingresso.



Immagine visibile: DC_18139



Termogramma originale: IR_18138



Termogramma modificato: IR_18138



Figura 15: Fessure lievi F11 e F12, parete SO

Stanza: I19

Parete: Angolo Ovest

Note: Nella parete SO è ben visibile una linea verticale molto calda che termina in una scatola di impianti, riconducibile quindi a un cavo elettrico.

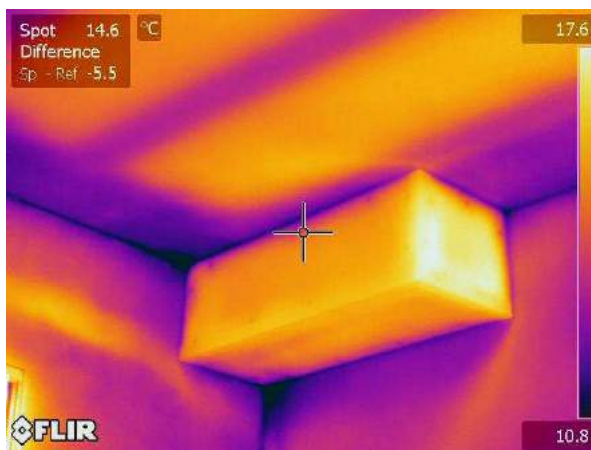
Sulla stessa parete è stato posizionato tramite il software un puntatore per indicare una piccola zona calda. L'interpretazione è stata data dalle foto del quadro fessurativo. La foto scattata durante il sopralluogo mette, infatti, in mostra due fessure, F11 e F12; la zona calda mostrata dal termogramma corrisponde alla fessura F11, nella quale è evidente un rigonfiamento con distacco di intonaco. La fessura F12, invece, non è leggibile nel termogramma.

È presente ancora sulla parete SO la fascia orizzontale fredda ipotizzata essere il cordolo del solaio originario.

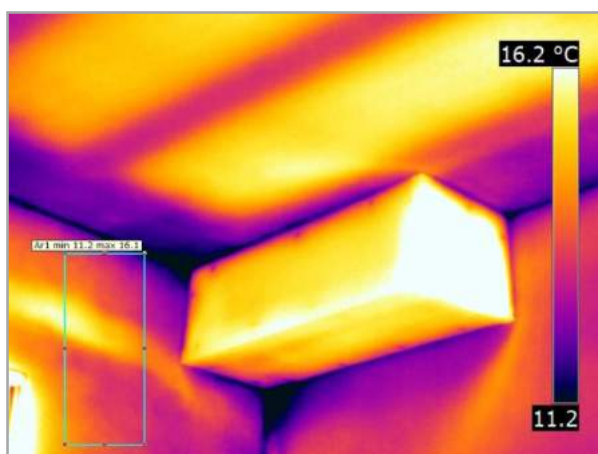
Sulla parete NO è visibile la zona fredda, già precedentemente ipotizzata come macchia di umidità.



Immagine visibile: DC_18141



Termogramma originale: IR_18140



Termogramma modificato: IR_18140

Stanza: I19

Parete: Angolo Nord

Note: Il metodo di indagine ha messo in vista l'orditura del solaio.

L'orditura risulta facilmente distinguibile dalla lettura dei travetti portanti più freddi orientati da NO a SE. Il solaio in esame come già ipotizzato e verificato, si tratta di solaio in latero-cemento tralicciato.

Lungo le pareti sono invece presenti delle "linee" più calde che corrispondono al passaggio di cavi elettrici.

Il parallelepipedo che si vede nell'angolo, a contatto con il solaio, appare molto caldo. Si tratta probabilmente di un cassonetto in cartongesso posto a nascondere impianti che altrimenti risulterebbero a vista.

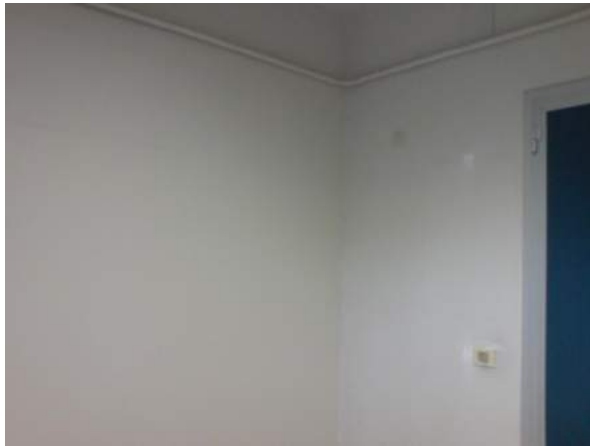
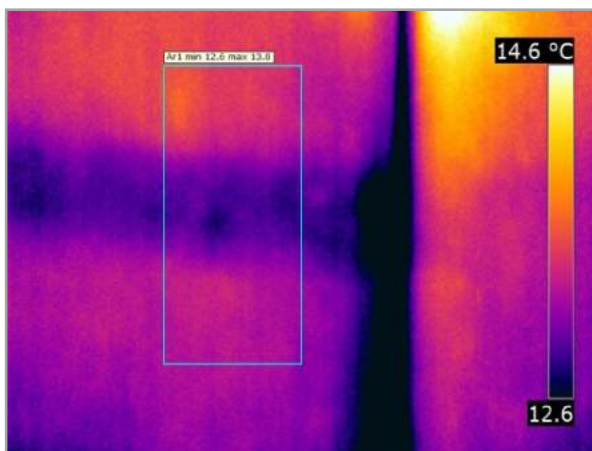


Immagine visibile: *DC_18143*



Termogramma originale: *IR_18142*



Termogramma modificato: *IR_18142*

Stanza: I19

Parete: Angolo Est

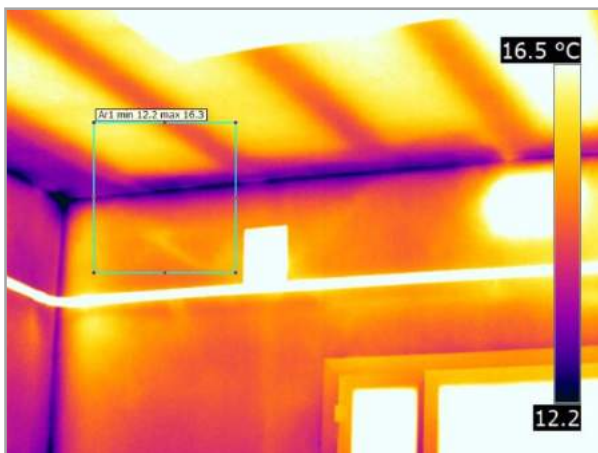
Note: Lungo la parete NE è presente una fascia orizzontale fredda. Per i motivi precedentemente descritti si associa al cordolo del solaio originario, il quale si trovava a un'altezza minore.



Immagine visibile: DC_18145



Termogramma originale: IR_18144



Termogramma modificato: IR_18144

Stanza: I19

Parete: SE verso angolo Est

Note: Il metodo di indagine ha messo in vista l'orditura del solaio.
L'orditura del solaio risulta facilmente distinguibile dalla lettura dei travetti portanti. Come già ipotizzato e verificato si tratta di un solaio in latero-cemento.
Lungo il perimetro del solaio le fasce fredde sono più larghe rispetto ai travetti perché si tratta dei cordoli perimetrali del nuovo solaio.
La linea molto calda che corre orizzontalmente per tutta la parete SE e NE è la canalina di un impianto esterno, come rilevabile anche nell'immagine fotografica. Le altre linee calde presenti nella parete SE si ipotizzano essere cavidotti per impianti elettrici inglobati nell'intonaco.



Immagine visibile: DC_18147



Termogramma originale: IR_18146



Termogramma modificato: IR_18146

Stanza: I19

Parete: SE, angolo Sud

Note: Nella parte bassa della parete SE sono presenti delle zone calde. Per la loro forma irregolare si ipotizzano siano legate alla presenza di distacco di intonaco. La temperatura più elevata rispetto al resto della parete è data dalla formazione di sacche d'aria al di sotto dell'intonaco.

Le zone più fredde sono invece legate alla evaporazione di umidità di risalita capillare dal basso. Appaiono più fredde perché fornendo calore (termoventilatori accesi fino a poco prima per permettere la termografia attiva) si verifica il fenomeno dell'evaporazione, la quale comporta un raffreddamento della superficie (calore latente di evaporazione).

La regolarità della forma della zona fredda in basso a destra porta a pensare a una diversa composizione materica della parete (probabilmente una scatola impianti posta sul lato corridoio).



Immagine visibile: DC_18149



Termogramma originale: IR_18148



Termogramma modificato: IR_18148

Stanza: I19

Parete: SE – Angolo Sud

Note: Valgono le stesse osservazioni del precedente termogramma.



Immagine visibile: DC_18151



Termogramma originale: IR_18150



Termogramma modificato: IR_18150



Stanza: I19

Parete: NO

Note: Ricerca di ponti termici nell'infisso.

I vetri delle finestre riflettono la radiazione termica, quindi per la termocamera la finestra agisce come uno specchio, si vedono infatti riflesse su di esso le sagome degli operatori.

Nel primo termogramma modificato si rileva una zona più fredda tra l'infisso e il davanzale della finestra, quindi la presenza di un'infiltrazione di aria, la quale influisce ad abbassare il benessere termo-igrometrico della stanza, così come quelle presenti nel secondo termogramma tra gli infissi delle varie ante della finestra. Altro punto che appare più freddo è l'unione tra vetro ed infisso; questo per due motivi: il primo è che, essendo arretrato il vetro rispetto all'infisso, in tali posizioni i moti convettivi sono ostacolati, il secondo dal piccolo ponte termico che l'elemento costituente il distanziale fra i "vetri a camera" crea comunque un ponte termico.



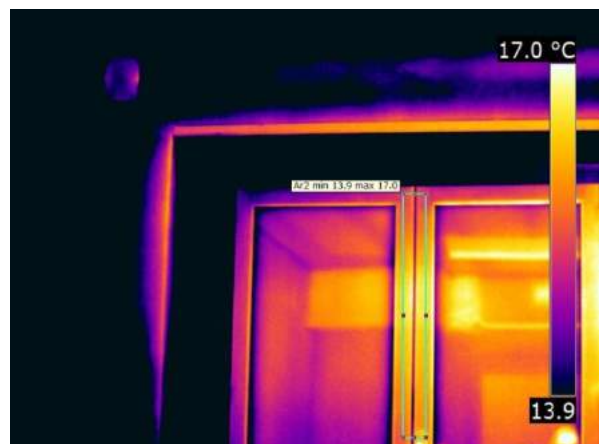
Immagine visibile: DC_18153



Termogramma originale: IR_18152



Termogramma modificato: IR_18152



Stanza: I19

Parete: NO verso Ovest

Note: Ricerca di ponti termici nell'infisso.

Nel primo termogramma modificato si rileva una zona più fredda nella parte di muratura rientrante che conduce all'infisso: la riduzione dello spessore della muratura comporta ovviamente una minore massa e quindi una maggiore dispersione, oltre anche alla possibile presenza di infiltrazioni d'aria fra anta e telaio.

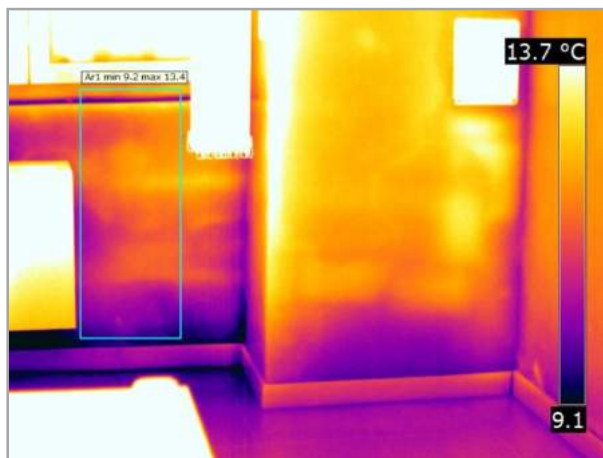
Nel secondo termogramma sono visibili zone più fredde anche fra le ante della finestra.



Immagine visibile: DC_18155



Termogramma originale: IR_18154



Termogramma modificato: IR_18154

Stanza: I19

Parete: NO verso Nord

Note: Zone fredde di forma irregolare presenti alla base della parete NO dovute alla risalita di umidità dal terreno.

Si notano inoltre nel riquadro linee orizzontali di alimentazione del fancoil. Nella porzione di destra del termogramma pare invece di intravedere una fessura sub-verticale con andamento variabile, oltre ad aree più calde di forma quadrangolare.



Immagine visibile: DC_18157



Termogramma originale: IR_18156



Termogramma modificato: IR_18156 (2 tentativi per mettere in vista un numero maggiore di fessure)



Figura 16: Foto raffigurante le fessure F11 e F12

Stanza: I19

Parete: SO verso Ovest

Note: Nella porzione di parete inquadrata è ben visibile una linea verticale molto calda che termina in una scatola di impianti, riconducibile quindi a un cavo elettrico.

Sulla stessa parete è presente una piccola zona calda (racchiusa dal rettangolo). L'interpretazione è stata fornita dalle foto del quadro fessurativo: l'immagine scattata durante il sopralluogo mette in mostra due fessure, F11 e F12. La zona calda mostrata dal termogramma corrisponde alla fessura F11, la quale è caratterizzata da un rigonfiamento e quindi presenza di distacco di intonaco e/o della pellicola pittorica. La fessura F12, invece, non è leggibile nel termogramma. Sembra di intravedere altre 3-4 fessure che si dipartono a raggiera dalla scatola elettrica (si vedono anche nel termogramma originale).



Immagine visibile: DC_18159



Termogramma originale: IR_18158



Termogramma modificato: IR_18158

Stanza: I19

Parete: muro NE, angolo Nord

Note: Alla base parete NO (quella che si affaccia sulla strada) sono presenti delle zone fredde; per la loro forma e posizione si ritiene siano macchie di risalita di umidità dal terreno.

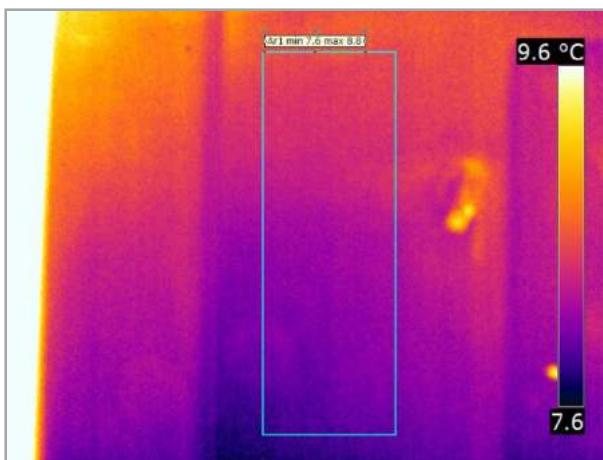
Sulla parete NE, tramite un puntatore, è individuata una zona calda corrispondente a un distacco di intonaco per effetto di umidità di risalita.



Immagine visibile: *DC_18161*



Termogramma originale: *IR_18160*



Termogramma modificato: *IR_18160*

Stanza: I19

Parete: Muro corridoio di fronte a I19

Note: Subito dopo aver aperto la porta è stato scattato il primo termogramma. Ne seguiranno altri scattati ad intervalli compresi tra 30 sec e 1 minuto.

Termogramma scattato alle ore 15:48:21.

Le temperature minime e massime presenti nell'area oggetto di indagine nel termogramma sono rispettivamente 7.6°C e 8.8°C.

A prova appena iniziata il termogramma è muto, non si hanno informazioni leggibili da esso sulla parete muraria indagata.

La zona più calda che si vede sulla destra è la scatola dell'interruttore per l'impianto antincendio.

La parte più bassa del termogramma inoltre appare più fredda in quanto meno interessata dal fenomeno di convezione.



Immagine visibile: DC_18163



Termogramma originale: IR_18162



Termogramma modificato: IR_18162

Stanza: I19

Parete: Muro corridoio di fronte a I19

Note: Termogramma scattato alle ore 15:48:59.

Le temperature minime e massime presenti nell'area oggetto di indagine nel termogramma sono le stesse del termogramma precedente, dallo scatto del quale non è passato neanche un minuto.



Immagine visibile: DC_18165



Termogramma originale: IR_18164



Termogramma modificato: IR_18164

Stanza: I19

Parete: Muro corridoio di fronte a I19

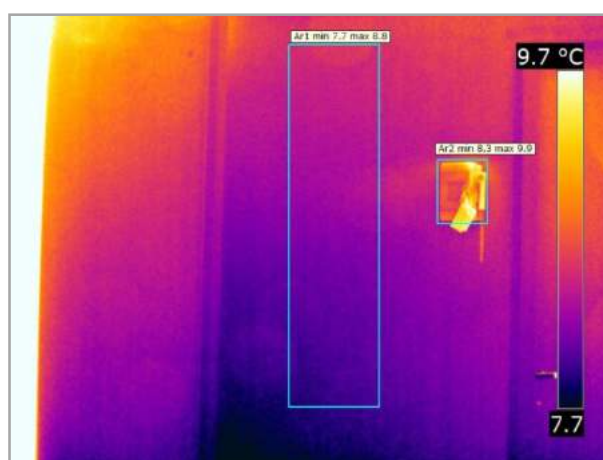
Note: Termogramma scattato alle ore 15:50:12.



Immagine visibile: *DC_18173*



Termogramma originale: *IR_18172*



Termogramma modificato: *IR_18172*

Stanza: I19

Parete: Muro corridoio di fronte a I19

Note: Termogramma scattato alle ore 15:51:49

Termogramma scattato contemporaneamente agli ultimi quattro (errore al momento dello scatto).

Rispetto al primo termogramma della serie, le temperature della parete muraria sono variate di poco: le minime sono salite di 0.1°C (da 7.6°C a 7.7°C) così come le massime (da 8.7°C a 8.8°C).

La scatola dell'impianto antincendio, invece, la temperatura massima è salita da 9.4°C a 9.9°C, perchè costituito da materiale con capacità termica diversa.

Indagine termografica – Esterno della palazzina

Data prova: 28.12.2018

Luogo di prova: Esterno della palazzina (Fronte SE e Parete NO)

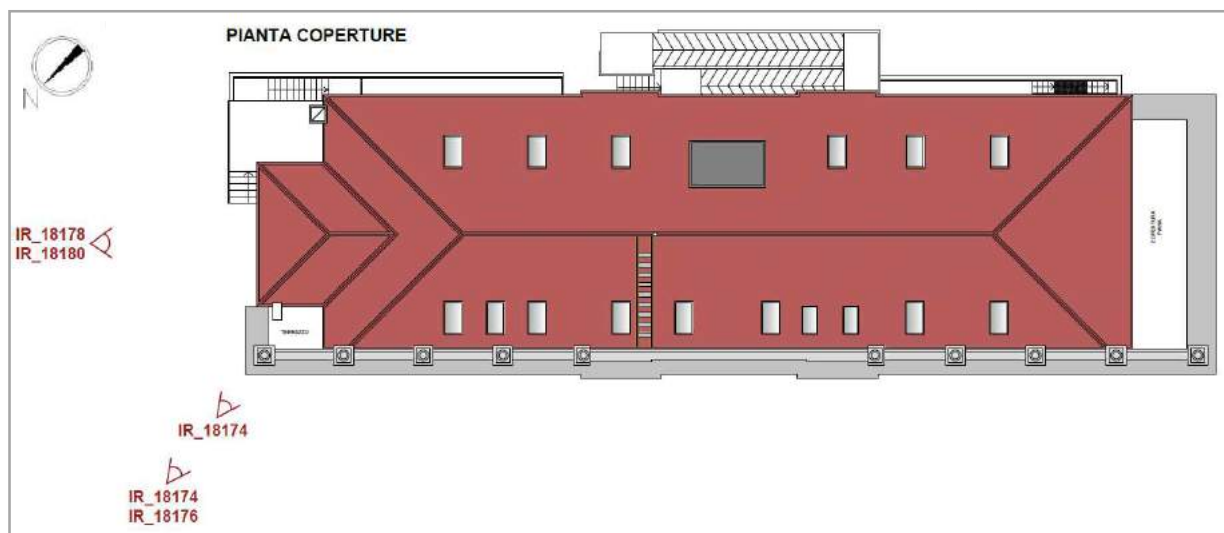


Figura 17: Pianta delle coperture con indicate in rosso le posizioni di acquisizione dei termogrammi.

Ora	Serie di acquisizione dati	Intervallo termogrammi IR + immagine visibile DC
16.00 – 16.04	3° serie esterno dell'edificio	18174 - 18183

Tab. 5: Sequenza degli orari ed intervalli dei termogrammi IR + immagini visibili DC relativi a tutte le fasi e serie di acquisizione dati.



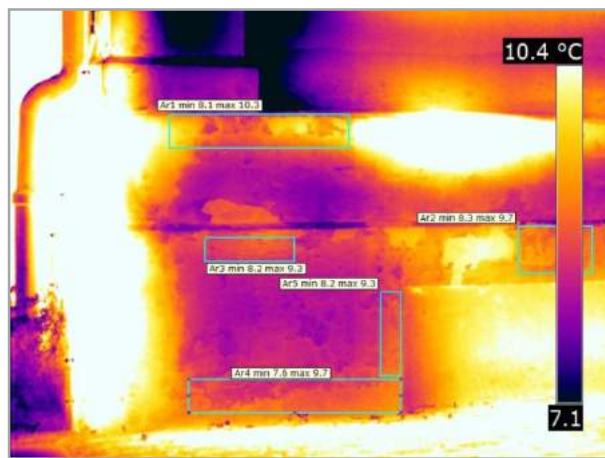
Immagine visibile: DC_18175



Termogramma originale: IR_18174



Termogramma modificato: IR_18174



Stanza: --

Parete: Esterno, fronte SE, angolo Sud della palazzina

Note: Il sole ha abbandonato da poco tempo questo fronte SE, per portarsi completamente sul fronte SO. Nel termogramma sono chiaramente visibili zone più calde. In corrispondenza della parete SE la zona più calda è dovuta all'assenza della tinteggiatura, dall'immagine visibile si nota infatti una zona più scura, che quindi, irradiata dal sole, si è maggiormente scaldata perché i colori scuri accumulano maggiormente energia, a differenza di quelli chiari che tendono a riflettere i raggi solari (vedi presenza di tinteggiatura muraria chiara). La parete SO appare più calda per il motivo sopra citato e perché è stata l'ultima esposta al sole (siamo nel pomeriggio).

Anche dove sono stati posizionati i puntatori sono zone in cui manca la tinteggiatura ed è presente malta cementizia a vista. Sono quindi aree che si sono scaldate maggiormente durante l'irraggiamento diretto solare.

Nel secondo termogramma modificato sono state messa in evidenza tramite riquadri le aree calde corrispondenti a distacchi di intonaco, ipotesi confermata dalla lettura delle immagini fotografiche, oltre che da constatazione diretta in sito.



Immagine visibile: DC_18177



Termogramma originale: IR_18176



Termogramma modificato: IR_18176

Stanza: --

Parete: Fronti esterni della palazzina, angolo Sud

Note: Sulla parete SO, in particolare lungo il basamento, sono presenti zone più calde. Osservando l'immagine visibile si nota che tali aree corrispondono a zone in cui la tinteggiatura risulta assente, indice di degrado, ed è a vista la malta cementizia costituente lo strato superficiale di intonaco.

La parete SE appare più fredda perché in ombra da maggior tempo.



Immagine visibile: DC_18179



Termogramma originale: IR_18178



Termogramma modificato: IR_18178

Stanza: --

Parete: Esterno, Parete SO allo spigolo Sud

Note: La parete SE appare più fredda perché in ombra da maggior tempo.

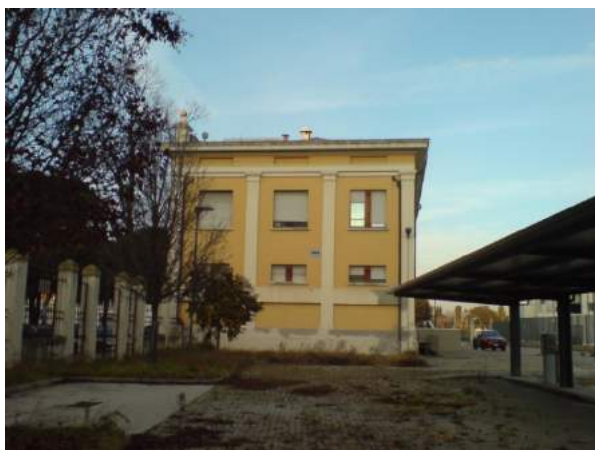


Immagine visibile: DC_18181



Termogramma originale: IR_18180



Termogramma modificato: IR_18180

Stanza: --

Parete: Esterno, Parete SO

Note: A un primo sguardo è immediatamente leggibile l'effetto di riscaldamento da irraggiamento solare in funzione sia delle zone d'ombra (cornicione in sommità) sia della diversa tinteggiatura (colori più caldi assorbono più calore rispetto al bianco delle lesene e delle cornici). Questo effetto è amplificato anche dallo spessore delle murature (lesene e cornici più spesse e quindi con maggiore massa rispetto alle pareti, i capitelli invece appaiono più caldi probabilmente per la diversa costituzione materica).

Anche la diversa angolazione degli elementi incide sul riscaldamento delle superfici; l'angolazione dei davanzali/banchine delle finestre, rivolta al sole, e' diversa rispetto all'angolazione delle pareti. Le banchine sono più ortogonali ai raggi solari quindi ricevono e assorbono più energia termica. Il fatto è amplificato anche dalla diversa costituzione materica o finitura superficiale di tali elementi

Sono chiaramente rilevabili nel termogramma anche le fasce orizzontali fredde che denunciano la presenza del solaio tra il piano rialzato e primo.

Infine, altra informazione riscontrabile dalle diverse temperature al di sopra delle finestre e' la presenza di disomogeneità materica rispetto al pannello costituente la muratura. Ciò indica la presenza di cassonetti per tapparelle. In particolare si

riesce a leggere la diversa tipologia di queste ultime fra quelle poste al primo piano (telo unico) e quelle poste al piano rialzato (telo sdoppiato).



Immagine visibile: DC_18183



Termogramma originale: IR_18182



Termogramma modificato: IR_18182

Stanza: --

Parete: Esterno, Parete SO

Note: Valgono le considerazioni del precedente termogramma.

ALLEGATO B

ELABORAZIONE E ANALISI RADARGRAMMI

Post-processing e interpretazione dati GPR

Data: 27.12.2018

Luogo: Ex-palazzina uffici Orsi-Mangelli, Piazzale del Lavoro 53, Forlì

Presenti: F. Argnani, C. Colla, G. Trillini

Acquisizioni GPR con antenna Palm 2 GHz al piano rialzato.

Stanza R1 _ Piano Rialzato

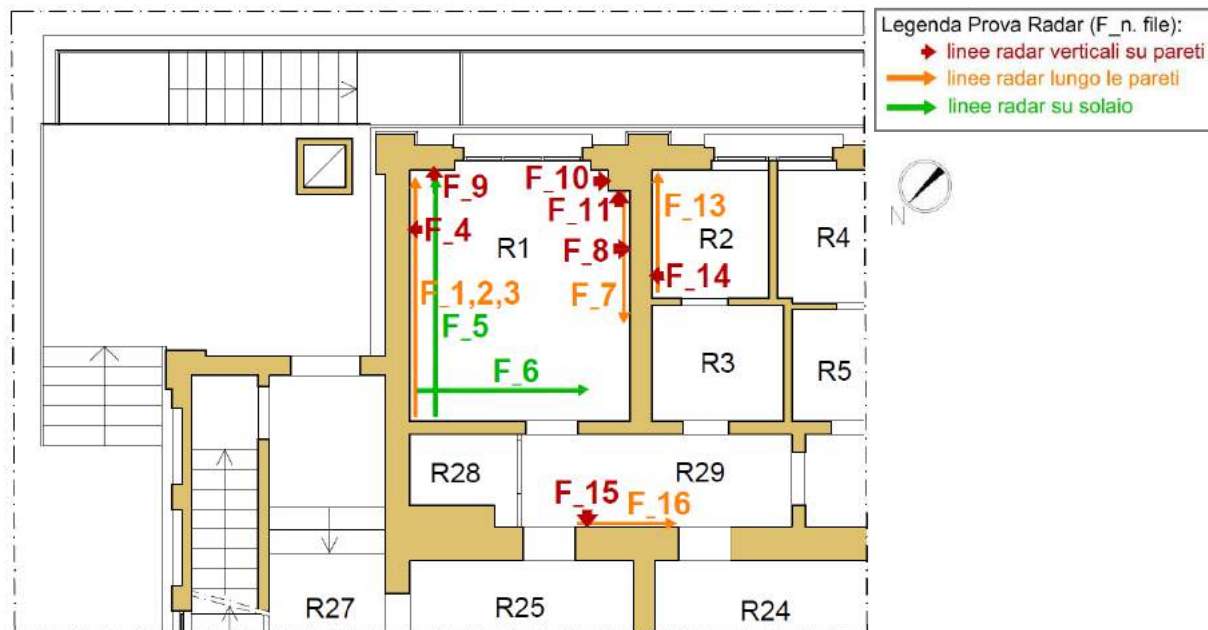
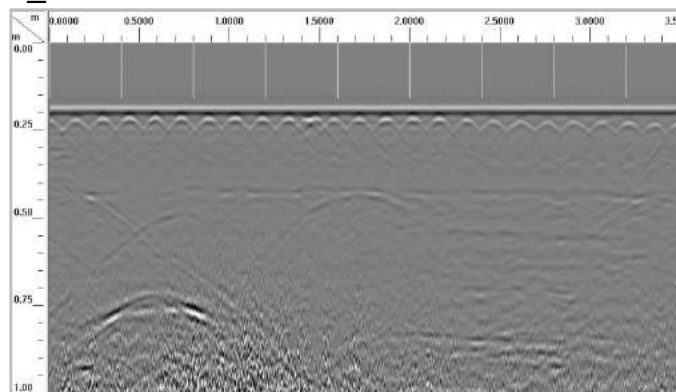


Figura 1: porzione NE della pianta del piano rialzato dell'edificio, con stanza R1 oggetto di indagine radar

F_001



File: 001

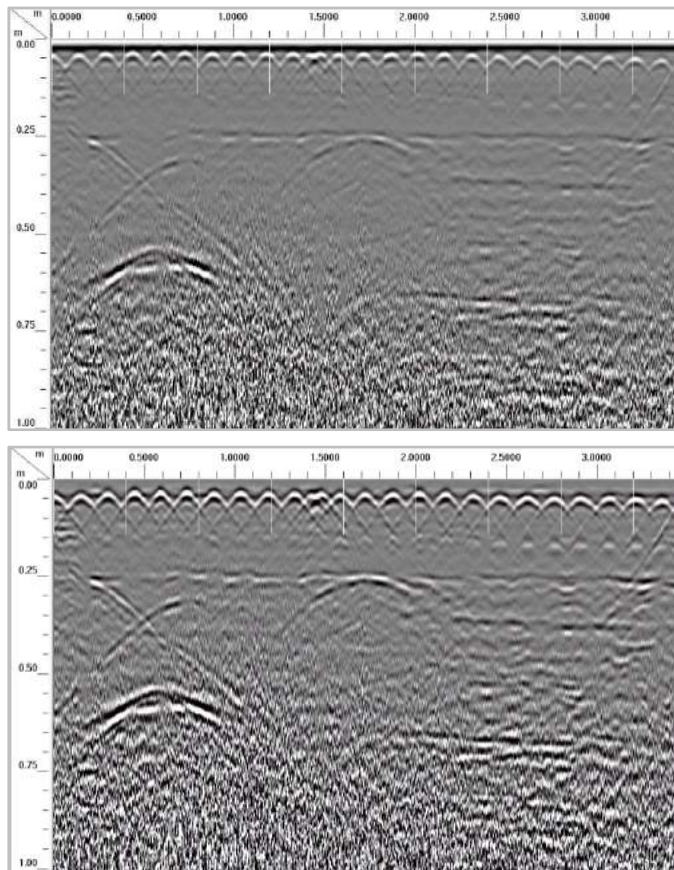
Stanza: R1

Parete: NE

Linea di rilievo: Orizzontale

Lunghezza linea: 3.60 m

Quota: 1.35 m



F001 – dati grezzi (in alto), correzione del tempo 0 e display gain 6 (in centro), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (sotto). A destra porzione NE della pianta del piano rialzato dell'edificio, con spessore della parete oggetto di indagine.



Figura 2: Saggio con rimozione di spesso strato di intonaco per messa in vista della muratura di laterizi della parete NE dietro a rete metallica elettrosaldata (Controls s.r.l., Gennaio 2018)



Figura 3: Foto dell'esterno dell'edificio, angolo Est. Si può notare la presenza delle macchine dell'impianto di climatizzazione con la relativa canalina di impianti e canna fumaria in cemento armato. Questo e' l'esterno della parete indagata dall'interno dell'edificio.

NOTE:

Linea radar orizzontale acquisita per tutta la lunghezza della parete NE.

Spessore apparente della parete: 25 cm a sx; spessore reale: 37 cm. Questo errore è stato causato dal fatto che non conoscendo la cost dielettrica esatta del materiale qui è stata usata pari a 9, quindi una velocità del segnale di circa 10 cm/ns, ma non risulta essere quella giusta.

Sono presenti iperboli a passo costante di circa 15 cm a 3-4 cm dalla superficie di prova. Si ipotizza presenza di rete e.s., a sinistra più superficiale, a destra risulta poco più in profondità. La presenza della rete e.s. è confermata dalle foto eseguite dai Lab. Controls durante la loro campagna di indagine (Fig. 1).

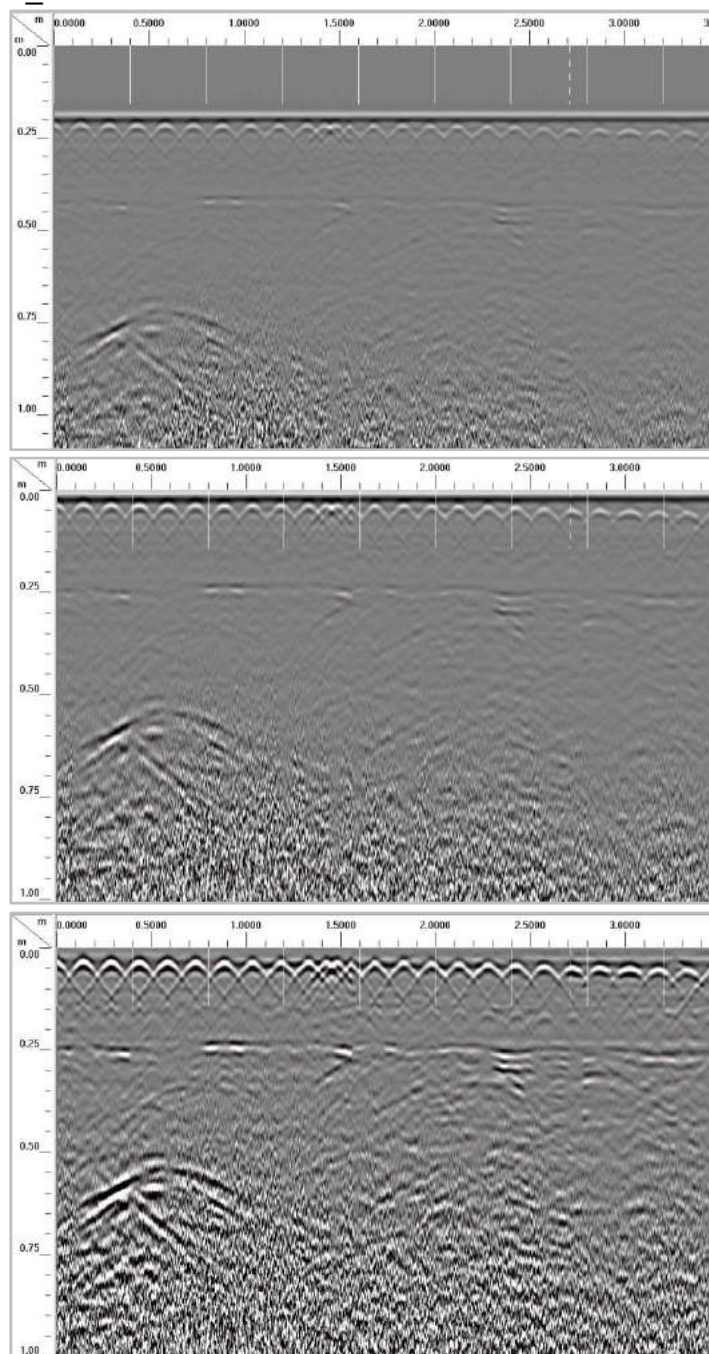
Lungo la linea di iperboli si nota, a circa 1,40 m dall'inizio della linea radar, un punto a maggiore concentrazione di esse, forse riconducibile al passaggio di un impianto.

A circa 60 cm dall'inizio della linea radar si nota un'iperbole molto ampia in profondità, a circa 50 cm dalla superficie della parete e la linea più scura, indicatrice dello spessore della parete dal cm 40 al cm 70 sembra interrompersi. Si ipotizza la presenza di una parete perpendicolare posta sull'altra faccia del muro, di cui l'iperbole descritta potrebbe corrispondere al serramento della porta. Ipotesi confermata dalle piante del rilievo geometrico.

È presente anche un'altra iperbole al di sotto della linea che delimita lo spessore della parete in esame, a circa 1,70 m dall'inizio dell'acquisizione. Osservando le foto dell'angolo Est dell'esterno dell'edificio, si può notare la presenza di macchine dell'impianto di climatizzazione con la relativa canalina di passaggio dei cavi; essendo la linea radar acquisita a quota 1,75 m dal pavimento, si suppone che la presenza dell'iperbole sia dovuta alla lettura da parte del radar della canalina (si esclude possano essere le macchine di climatizzazione perché poste ad una quota inferiore).

Guardando con attenzione il radargramma grezzo (il primo in alto) si può notare che le prime iperboli superficiali e quelle nella parte di destra appaiono di colore grigio più chiaro, quindi il segnale risulta più attenuato. La causa può essere imputabile ad un maggior tasso di umidità nella muratura, per il primo tratto dovuta alla vicinanza dell'angolo tra le pareti della stanza dove c'è minor moto convettivo dell'aria e quindi le superfici impiegano più tempo ad asciugarsi, la seconda zona invece in quanto si tratta di una porzione di parete con affaccio diretto verso l'esterno, fra l'altro esposta a NE.

F_002



File:	002
Stanza:	R1
Parete:	NE
Linea di rilievo:	Orizzontale
Lunghezza linea:	3.60 m
Quota:	0.90 m



F002– dati grezzi (in alto), correzione del tempo 0 e display gain 6 (in centro), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (sotto). Sotto alla tabella di destra è riportata la pianta della stanza R1, con spessore della parete oggetto di indagine.

NOTE:

Linea radar orizzontale parallela a F_001 acquisita per l'intera lunghezza della parete NE, da sx a dx, ma a una quota inferiore, ossia 0,90 m. Spessore apparente parete: circa 25 cm a sx. Spessore reale: 37 cm.

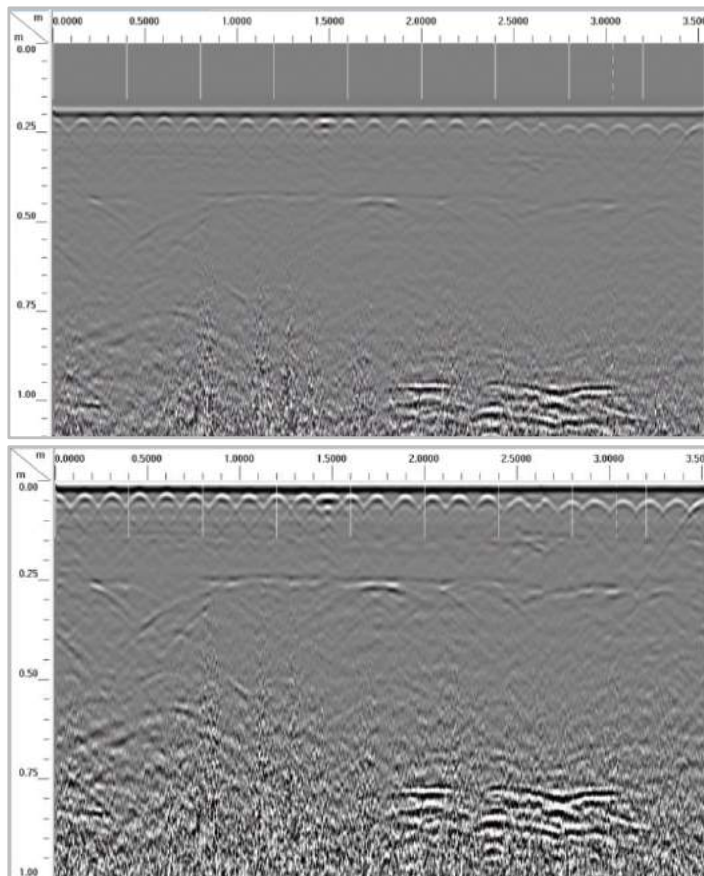
Sono presenti anche in questa linea radar iperboli a passo costante di circa 15 cm a pochi cm dalla superficie di prova. Si ipotizza la presenza di rete e.s., a sx più superficiale, a dx risulta poco più in profondità. Ipotesi confermata dal confronto con la foto dell'indagine già eseguita da Controls s.r.l. su questa parete (vedi Fig. 1).Lungo la linea di iperboli si nota, a

circa 1,40 m dall'inizio della linea radar, un punto a maggiore concentrazione di iperboli, forse riconducibile al passaggio di un impianto.

Marker a 2,70 m in corrispondenza della fine dello scasso riconoscibile sulla parete (manomissione per messa in vista della tessitura muraria e successivamente risarcito, vedi Fig. 1). In tale porzione non si notano alterazioni delle iperboli, la rete e.s. non è quindi stata oggetto di modifiche; l'intonaco, invece, risulta più spesso.

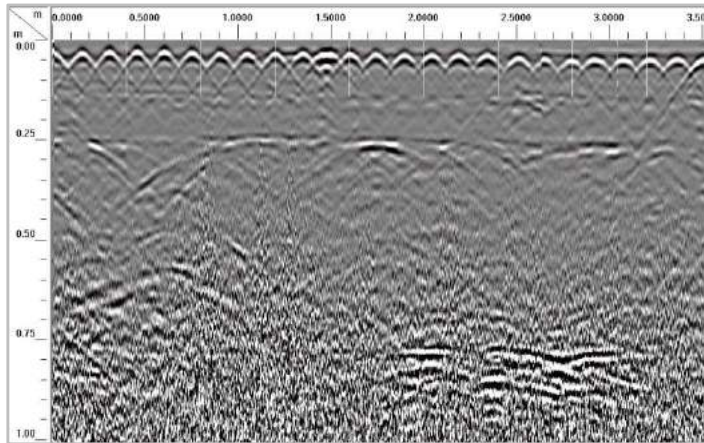
Guardando con attenzione il radargramma grezzo (il primo in alto) si può notare che le prime iperboli e quelle nella parte di destra appaiono di colore grigio più chiaro, indici di segnale più attenuato. La causa può essere imputabile ad un maggior tasso di umidità nella muratura, per il primo tratto dovuta alla vicinanza dell'angolo tra le pareti della stanza dove c'è minor moto convettivo dell'aria e quindi le superfici impiegano più tempo ad asciugarsi, la seconda zona invece in quanto si tratta di una porzione di parete con affaccio diretto verso l'esterno, fra l'altro esposta a NE.

F_003



File:	003
Stanza:	R1
Parete:	NE
Linea di rilievo:	Orizzontale
Lunghezza linea:	3.50 m
Quota:	1.75 m





F003– dati grezzi (in alto), correzione del tempo 0 e display gain 6 (in centro), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (sotto). Sotto alla tabella è riportata la pianta della stanza R1, con la linea radar F_3 e lo spessore della parete oggetto di indagine.



Figura 4: Saggio con rimozione di spesso strato di intonaco per messa in vista della muratura di laterizi e prelievo di mattone con manomissione anche della rete metallica elettrosaldata presente (Controls s.r.l., Aprile 2018)

NOTE:

La linea radar orizzontale parallela alle precedenti, acquisita per l'intera lunghezza della parete NE, ma a una quota maggiore pari a 1.75 m., passando per la parte superiore dello scasso presente sulla parete vicino all'angolo E.

Lo spessore della parete appare circa 25 cm a sx, quello reale, da rilievo, risulta 37 cm.

Sono presenti anche in questa linea iperboli a passo costante di circa 15 cm. Si ipotizza presenza di rete e.s., a sx più superficiale, circa 2 cm dalla superficie di prova, a dx risulta poco più in profondità, circa 4-5 cm. Ipotesi confermata dal confronto con la foto dell'indagine già eseguita da Controls s.r.l. su questa parete (vedi Fig. 1). A circa 1,50 m dall'inizio della linea radar, si nota un punto a maggiore concentrazione di iperboli, forse riconducibile al passaggio di un impianto.

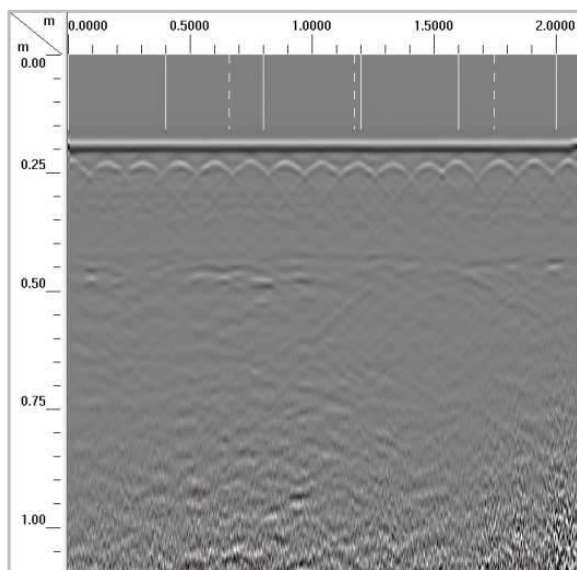
A circa 1 m dalla fine della linea radar, alla profondità di 12-13 cm, si possono notare delle linee confuse riconducibili probabilmente a possibili manomissioni; anche le iperboli superficiali sembrano avere subito modifiche, il loro passo sembra alterato. Ipotesi

confermata dall'osservazione delle foto eseguite dai Lab. Controls durante la campagna di indagine di Aprile 2018, vedi Fig. 4 (l'area di indagine è la stessa della Fig. 1, tali prove sono però state eseguite in periodi dell'anno diversi), la quale riconduce la manomissione al prelievo di mattone e l'alterazione delle iperboli sembra dovuta al fatto che tale rimozione ha comportato anche modifiche alla rete e.s. Nei precedenti radargrammi ciò non si notava per il semplice motivo che nonostante la parete di indagine fosse la stessa e le linee di acquisizione parallele tra loro, sono state acquisite a quote inferiori.

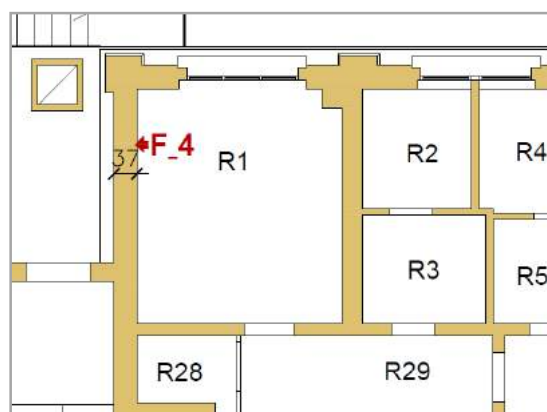
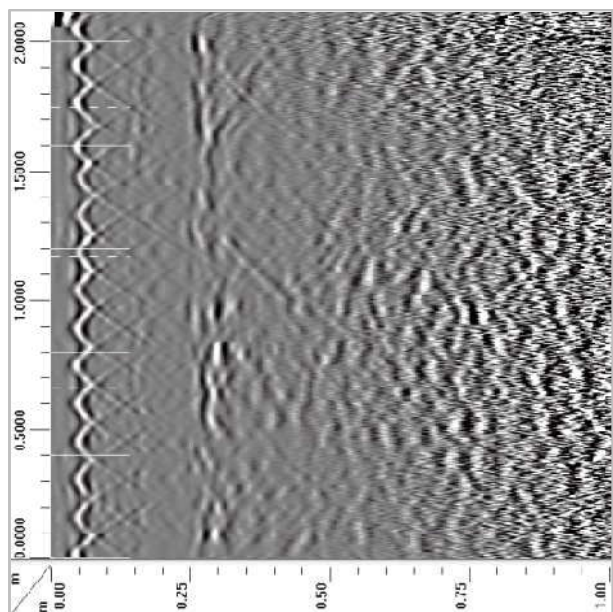
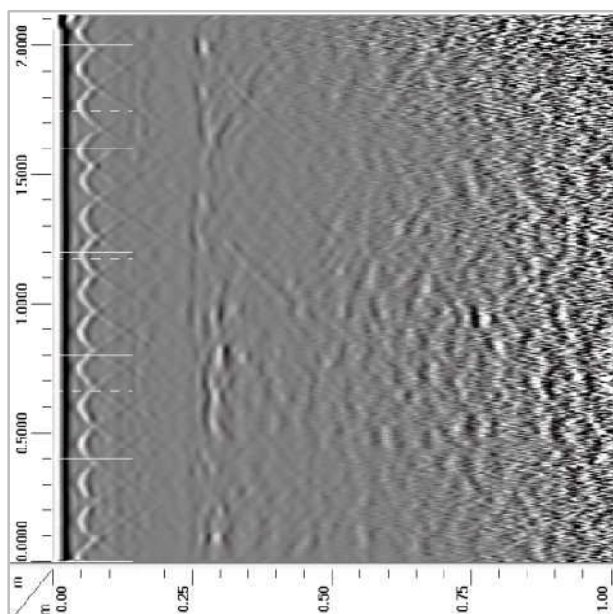
Marker a 60 cm dal termine della linea radar, posto in corrispondenza della fine dello scasso (vedi Fig. 1). In tale porzione non si notano alterazioni delle iperboli, la rete e.s. non è stata oggetto di modifiche; l'intonaco, invece, risulta più spesso.

Sulla parte destra del radargramma grezzo (il primo in alto) si può notare che le iperboli appaiono di colore grigio più chiaro, quindi il segnale risulta più attenuato. La causa può essere imputabile ad un maggior tasso di umidità nella muratura, imputabile al fatto che si tratta di una porzione di parete con affaccio diretto verso l'esterno, fra l'altro esposta a NE.

F_004



File:	004
Stanza:	R1
Parete:	NE
Linea di rilievo:	Verticale
Lunghezza linea:	2.10 m
Quota:	10-2.20 m



F004– dati grezzi (in alto), correzione del tempo 0 e display gain 6 (in centro), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (sotto). A destra pianta della stanza R1, con spessore della parete oggetto di indagine.

NOTE:

Linea radar verticale acquisita lungo la parete NE, a 80 cm dall'angolo E, passando per lo scasso presente nella parete.

Spessore apparente parete: circa 27 cm in basso; lo spessore reale risulta essere 37 cm.

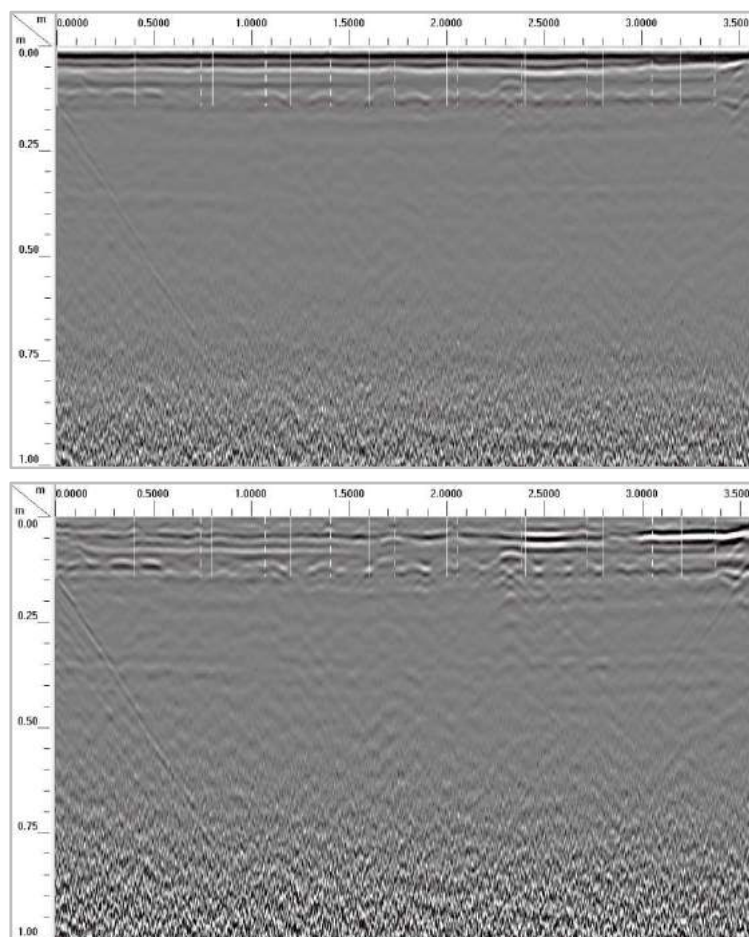
Marker posizionati a circa 70 cm, 120 cm e 180 cm dalla quota di inizio prova; gli ultimi due marker sono stati posizionati rispettivamente sul bordo inferiore e superiore dello scasso.

Sono presenti iperboli a passo costante di circa 15 cm a 3-4 cm dalla superficie di prova. Si ipotizza la presenza di rete e.s. Ipotesi confermata dalle foto eseguite dai Lab. Controls durante la campagna di indagine di Marzo 2018 (Fig. 1).

In corrispondenza dello scasso, indicato dagli ultimi due marker, è presente una piccola alterazione nelle ripetizioni delle iperboli all'altezza di circa 1,50 m dovuta probabilmente

all'indagine invasiva di aprile eseguita da Controls che, come visto nel radargramma precedente, è consistita nel prelievo di mattone e malta dove si è resa necessaria la rimozione di una parte di rete e.s. che sarà poi stata riposizionata e saldata dato che il radargramma ne rileva comunque la presenza. Per quanto riguarda il laterizio rimosso, in questo radargramma la posizione non sembra evidente.

F_005



File: 005

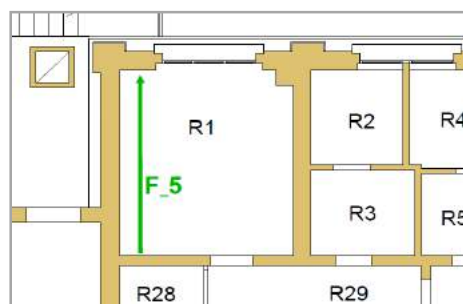
Stanza: R1

Parete: Solaio

Linea di rilievo: Parallela
parete NE

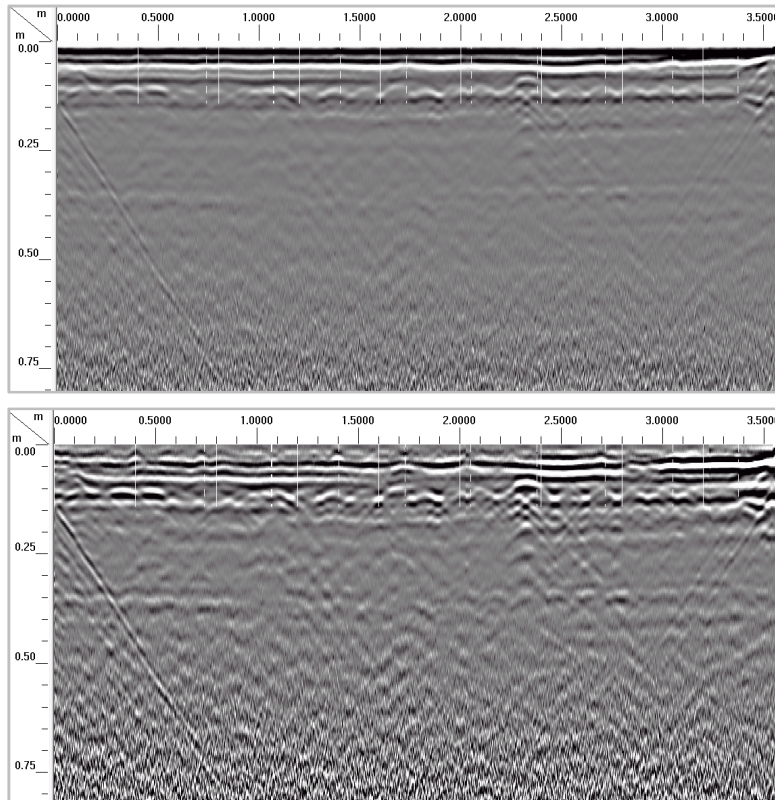
Lunghezza linea: 3.60 m

Quota: 0 m



F005—correzione del tempo 0 e display gain 6 (in alto), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (in basso).

F_005



File: 005

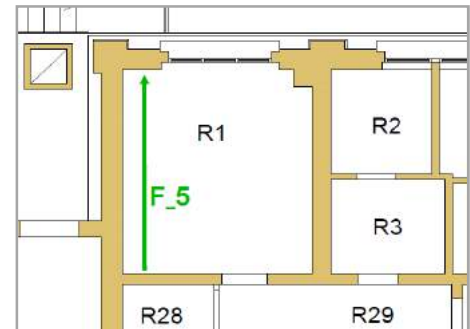
Stanza: R1

Parete: Solaio

Linea di rilievo: Parallela a parete NE

Lunghezza linea: 3.60 m

Quota: 0 m



F005– correzione del tempo 0 e display gain 12 (in alto), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 20 (in basso). Sotto alla tabella è riportata la pianta della stanza R1, con la linea radar su solaio F_5.



Figura 5: Disegno schematico del solaio del piano primo (Controls s.r.l.)

NOTE:

Linea radar acquisita sul solaio della stanza R1 parallelamente alla parete NE, a una distanza di 25 cm da essa.

Intradosso apparente del solaio a circa 34 cm di profondità a sinistra. Spessore reale circa 40 cm.

Marker presente ad ogni fuga tra le piastrelle del pavimento, di lato 33 cm (manca 1° marker).

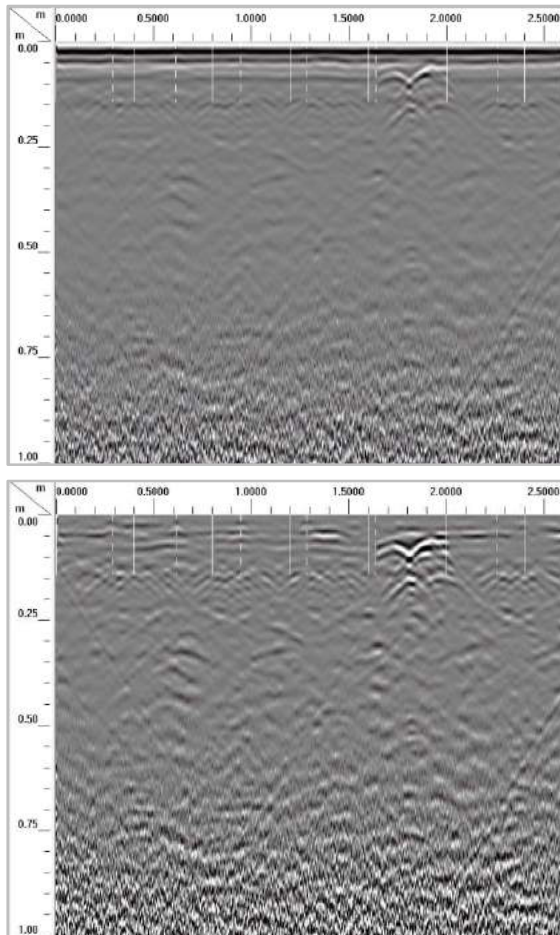
Le varie linee parallele presenti al di sotto del piano calpestabile ci fanno intuire la presenza di vari strati di materiali diversi sotto alle piastrelle.

Sappiamo che è presente un solaio in laterocemento tralicciato ordito parallelamente alla parete NE (vedi Fig. 5). Non ci spettiamo quindi di leggere i ferri longitudinali presenti nei travetti. Alla profondità di circa 10 cm si notano tante piccole ondine riconducibili alla

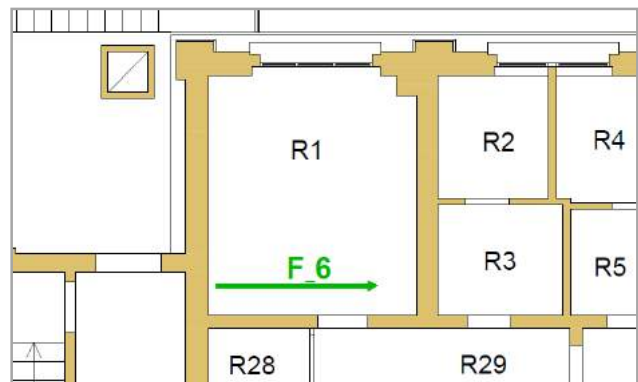
presenza di elementi forati; ciò è confermato dallo schema del solaio rappresentato nella Fig. 5, fornita da Controls.

A circa 2,30 m dall'inizio della linea radar si riscontra il picco di una iperbole piuttosto marcata con sotto le relative onde di rimbalzo del segnale; si ipotizza il passaggio di un impianto sotto pavimento.

F_006

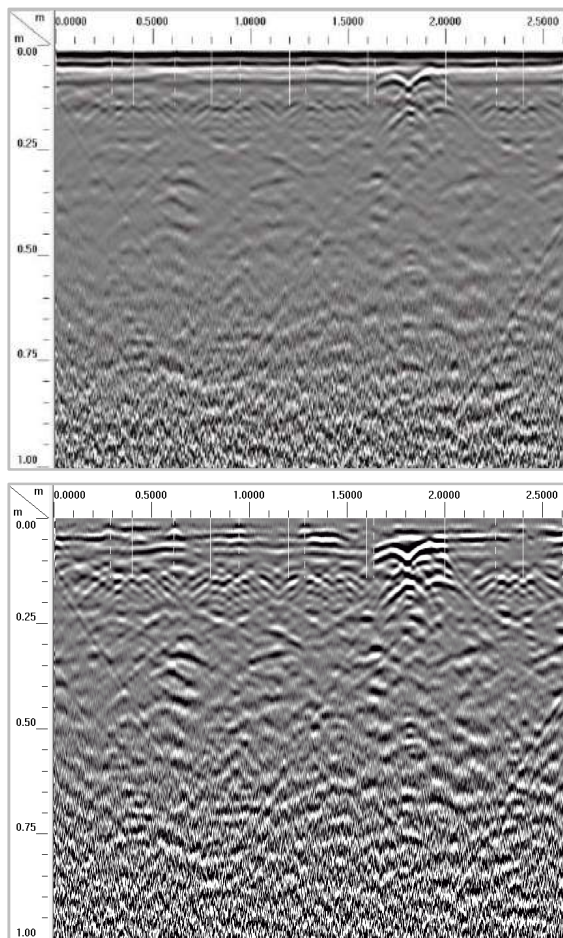


File:	006
Stanza:	R1
Parete:	Solaio
Linea di rilievo:	Parallela a parete NO
Lunghezza linea:	2.60 m
Quota:	0 m

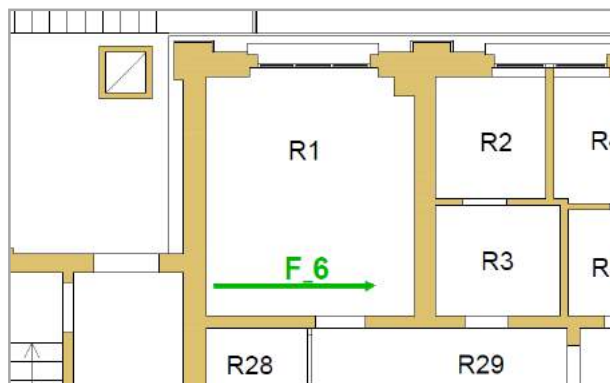


F006– correzione del tempo 0 e display gain 6 (in alto), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (in basso).

F_006



File:	006
Stanza:	R1
Parete:	Solaio
Linea di rilievo:	Parallela a parete NO
Lunghezza linea:	2.60 m
Quota:	0 m



F006– correzione del tempo 0 e display gain 12 (in alto), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 20 (in basso). Sotto alla tabella è invece riportata la pianta della stanza R1, piano rialzato, con linea radar F_6 sul solaio della stessa.

NOTE:

Linea radar acquisita sul solaio della stanza R1 parallelamente alla parete NO, in direzione NE – SO, 0,5 m dalla parete NO. In questo radargramma non si riesce a distinguere l'estradosso del solaio indagato.

Marker presente ad ogni fuga tra le piastrelle (di lato 33 cm) del pavimento.

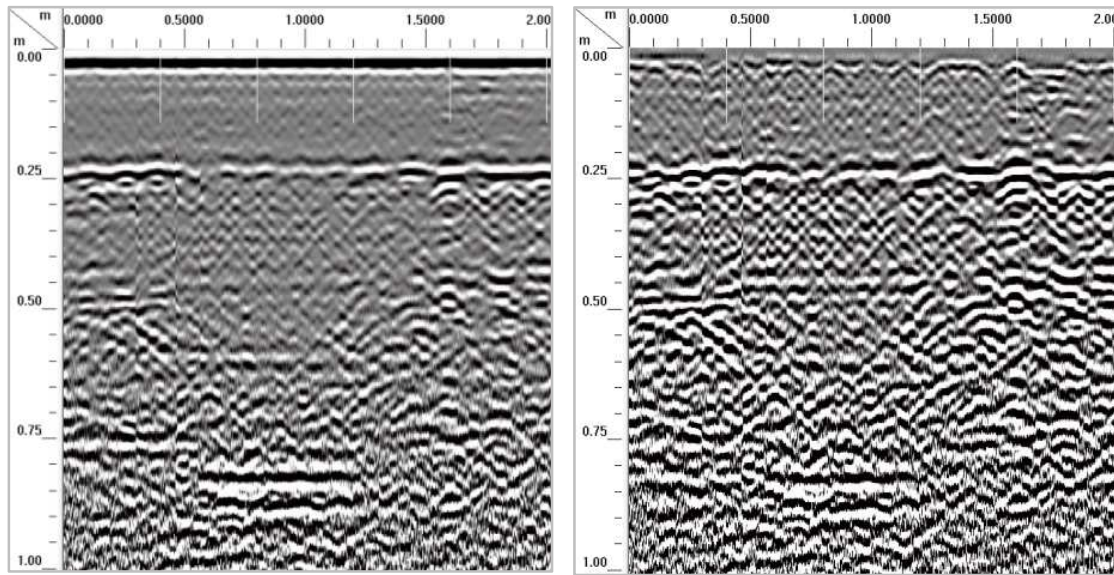
Le varie linee parallele presenti al di sotto del piano calpestabile ci fanno intuire la presenza di vari strati di materiali diversi sotto alle piastrelle.

Alla quota di circa 10 cm si notano tante piccole ondate riconducibili alla presenza di elementi forati; ce lo conferma lo schema del solaio rappresentato nella Fig. 5, fornita da Controls. Si notano inoltre, tra 1,6 m e 2 m dall'inizio della linea radar, 2 iperboli più superficiali e di forte intensità corrispondenti a impianti che passano in corrispondenza della porta della stanza.

Oltre i 30 cm di profondità si riescono a distinguere delle deboli iperboli ad interasse di circa 0,5 m che potrebbero essere ricondotte ai travetti del solaio. Tale ipotesi è confermata dalla Fig. 5.

F_007

File:	007
Stanza:	R1
Parete:	SO
Linea di rilievo:	Orizzontale
Lunghezza linea:	2.00 m
Quota:	1.50m



F007 – correzione del tempo 0 e display gain 12 (a sinistra), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 20 (a destra).



Figura 6: Saggio con rimozione dello strato di intonaco (a sinistra) per messa in vista della muratura (Controls s.r.l., Aprile 2018); a destra pianta della stanza R1, con riportata la linea radar F_7 e spessore reale della parete oggetto di indagine.

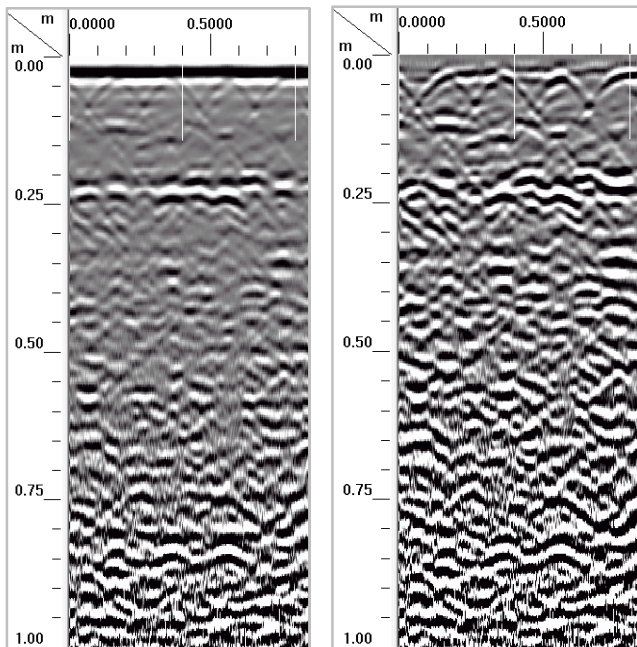
NOTE:

Linea radar orizzontale acquisita lungo la parete SO, da sinistra a destra, a quota c. 1,50 m dall'angolo S fino contro l'armadio presente nella stanza.

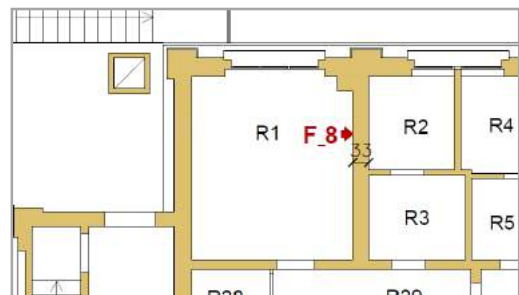
Spessore apparente parete: circa 25 cm a sinistra. Spessore reale: 33 cm.

Picchi molto fitti (ogni pochi cm) sotto alla superficie di prova quindi possibili cartelle di forati. Iperboline ogni 15 cm; si esclude possano essere dovute alla presenza di rete e.s perché molto deboli, si ipotizzano essere riconducibili alla presenza di blocchi di forati. La Fig. 6. Conferma la presenza di blocchi di laterizio forati. A circa 1,70 m sull'asse X si notano delle alterazioni per tutta la profondità della parete; osservando le piante del piano rialzato si ipotizza possano essere dovute all'ammorsatura di una parete perpendicolare a quella SO.

F_008



File:	008
Stanza:	R1
Parete:	SO
Linea di rilievo:	Verticale
Lunghezza linea:	0.80 m
Quota:	1.50 -2.80 m



F008 – correzione del tempo 0 e display gain 12 (a sinistra), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 20 (a destra). Sotto alla tabella è riportata la pianta della stanza R1 con la posizione della linea radar F_8 e lo spessore della parete SO.

NOTE:

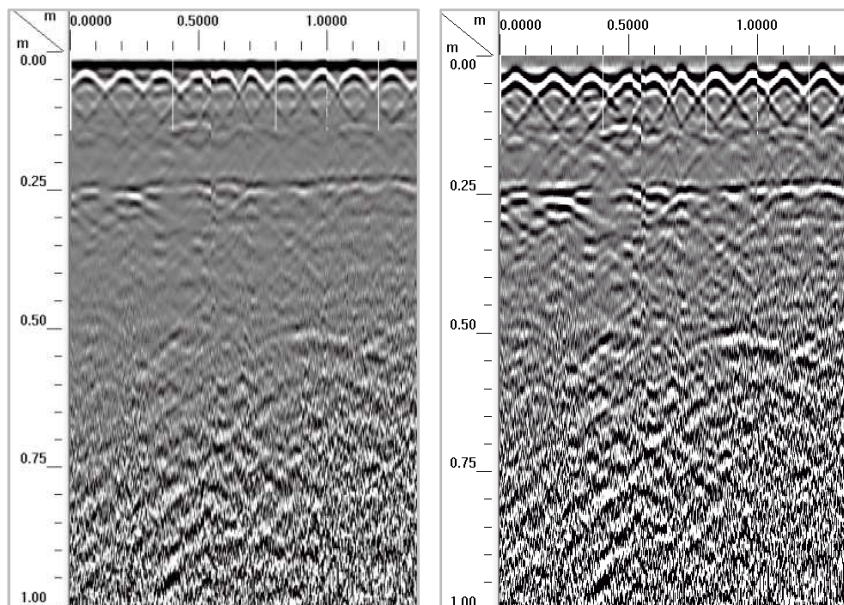
Linea radar verticale acquisita dal basso verso l'alto lungo la parete SO, da quota c. 1,50 (sopra armadiatura presente) a c. 2,80 m rispetto al piano di calpestio.

Spessore apparente della parete c. 23 cm a sinistra. Spessore reale: circa 33 cm.

Presenza di deboli iperboli superficiali ogni 20 cm riconducibili alla dimensione dei blocchi di laterizio; esclusa la possibilità di rete e.s. anche dalla Fig. 6. Possibile interfaccia a metà spessore della parete muraria.

F_009

File:	009
Stanza:	R1
Parete:	SE
Linea di rilievo:	Verticale
Lunghezza linea:	1.30 m
Quota:	0 -1.30 m



F009– correzione del tempo 0 e display gain 12 (a sinistra), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 20 (a destra).

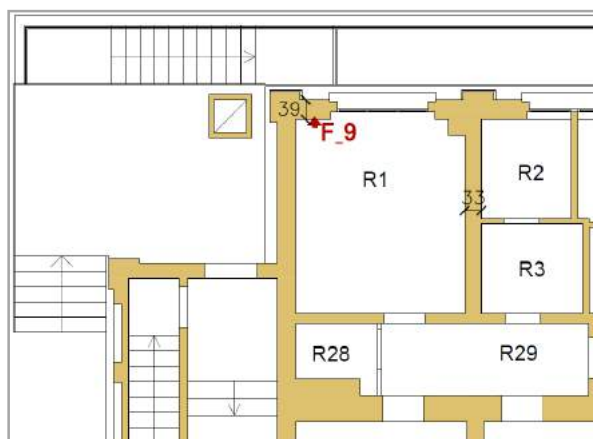


Figura 7: Saggio con rimozione dello strato di intonaco (a sinistra) per messa in vista della muratura (Controls s.r.l., Aprile 2018). A destra è riportata la piante della stanza R1 con la posizione della linea radar F_9 e lo spessore della relativa parete oggetto di indagine.

NOTE:

Linea radar verticale acquisita dal basso, sulla parete SE, a sinistra della finestra.

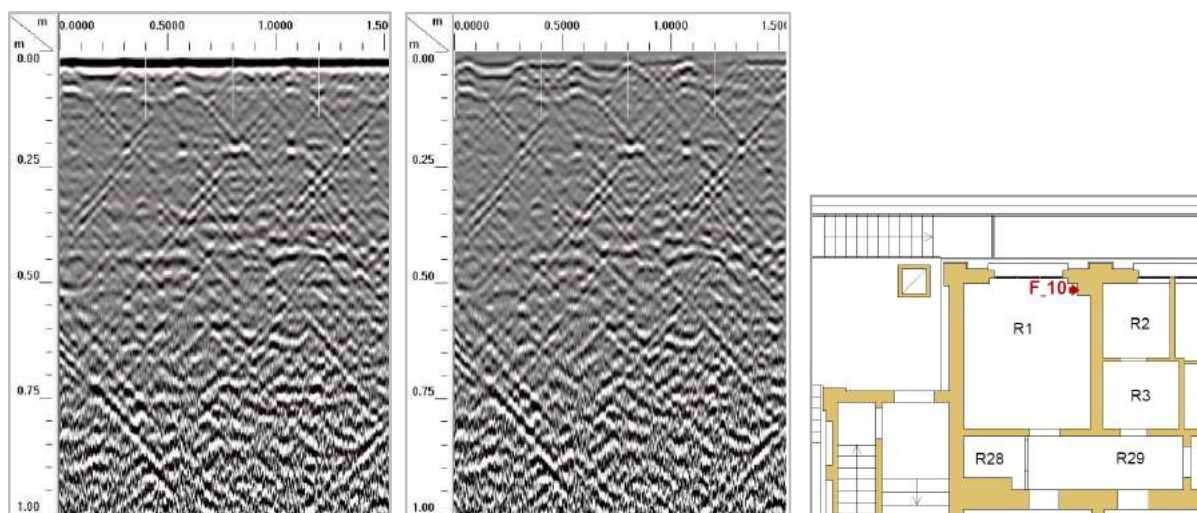
Spessore apparente della parete indagata c. 25 cm a sinistra., lo spessore reale è circa 39 cm.

Presenza di maggiore umidità in basso (segnale più debole). Presenza di iperboline superficiali ogni 13,5-15,0 cm, riconducibili alla presenza di rete e.s. Ipotesi confermata dal confronto con la foto dell'indagine già eseguita da Controls s.r.l. su questa parete (vedi Fig. 7).

Osservando il radargramma, a 0,50 m sull'asse X, si nota un'alterazione delle iperboli, si suppone dovuta a una manomissione della rete e.s. Possibile interfaccia a metà spessore della parete muraria.

F_010

File:	010
Stanza:	R1
Parete:	SO_Pilastro
Linea di rilievo:	Verticale
Lunghezza linea:	1.50 m
Quota:	0.8 -2.30 m



F010 – correzione del tempo 0 e display gain 12 (a sinistra), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (al centro). È infine riportata (a destra) la pianta della stanza R1 con posizione di acquisizione della linea radar F_10.

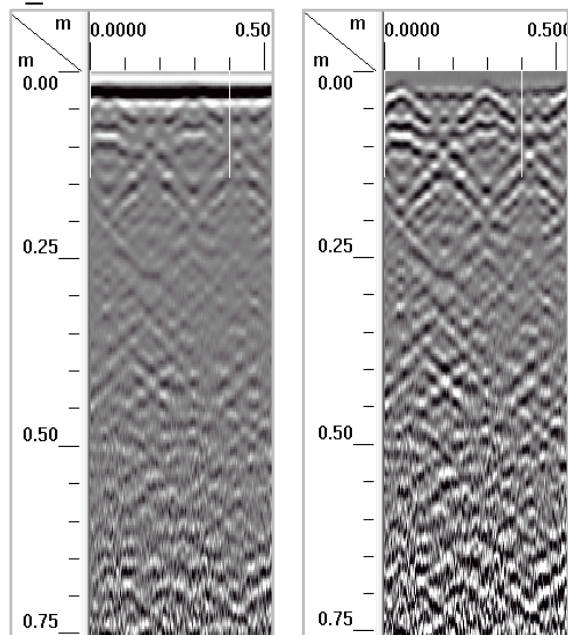
NOTE:

Linea radar verticale acquisita dal basso, sulla faccia SO del pilastro presente nell'angolo S della stanza, da quota 0,80 cm a 2,30 m.

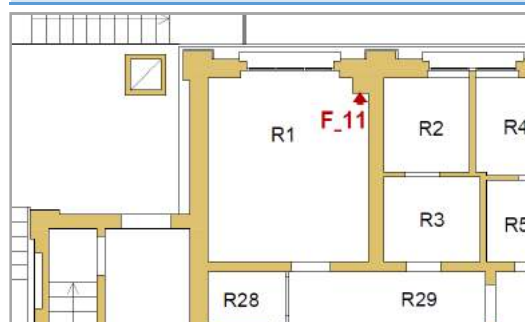
Spessore apparente del pilastro c. 45 cm.

Presenza di iperboli superficiali ogni 25 cm; da verifica a battitura con martelletto da noi condotta in precedenza, preso anche atto della non continuità del pilastro nel piano inferiore, si è constatato che non si tratta di un pilastro portante in c.a, bensì di un “cassonetto”, probabilmente in blocchi di laterizio, contenente gli scarichi dei bagni dei piani superiori. Le iperboli presenti potrebbero quindi corrispondere ai giunti di malta tra i blocchi. Alcune sembrano doppie in profondità.

F_011



File:	011
Stanza:	R1
Parete:	SE_Pilastro
Linea di rilievo:	Verticale
Lunghezza linea:	0.50 m
Quota:	1.40 -1.90 m



F011 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (a sinistra), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (al centro); a destra, sotto alla tabella, è invece riportata la pianta della stanza R1 con la posizione della linea radar verticale F_11.

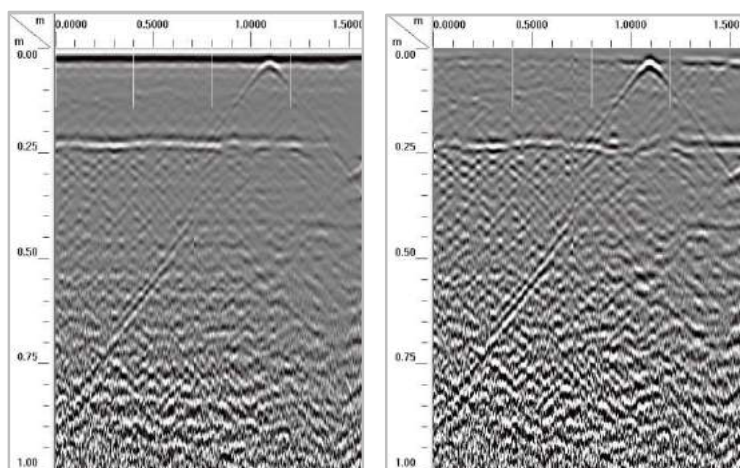
NOTE:

Linea radar verticale acquisita dal basso, sulla faccia SE del pilastro presente nell'angolo S della stanza, da quota 1,40 cm (da sopra armadiatura) a 1,90 m.

Presenza di iperboli superficiali ogni 25 cm; trattandosi dello stesso pilastro del radargramma precedente valgono le stesse osservazioni; si conclude quindi ipotizzando che le iperboli presenti potrebbero corrispondere ai giunti di malta tra i blocchi di laterizio costituenti il pilastro. Alcune sembrano doppie in profondità.

F_013

File:	013
Stanza:	R2
Parete:	NE
Linea di rilievo:	Orizzontale
Lunghezza linea:	1.55 m
Quota:	2.00 m



F013 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (a sinistra), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (a destra).

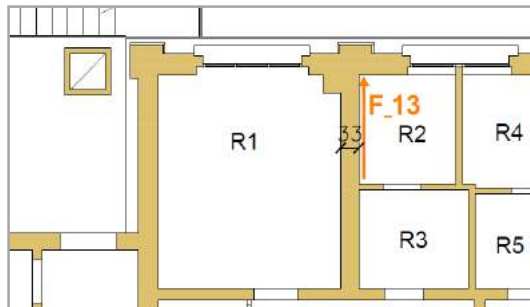


Figura 8: Pianta della stanza R1, situata al piano rialzato, con riportata in arancione la linea radar orizzontale F_13 sulla parete NE dell'ambiente e lo spessore della parete di indagine.

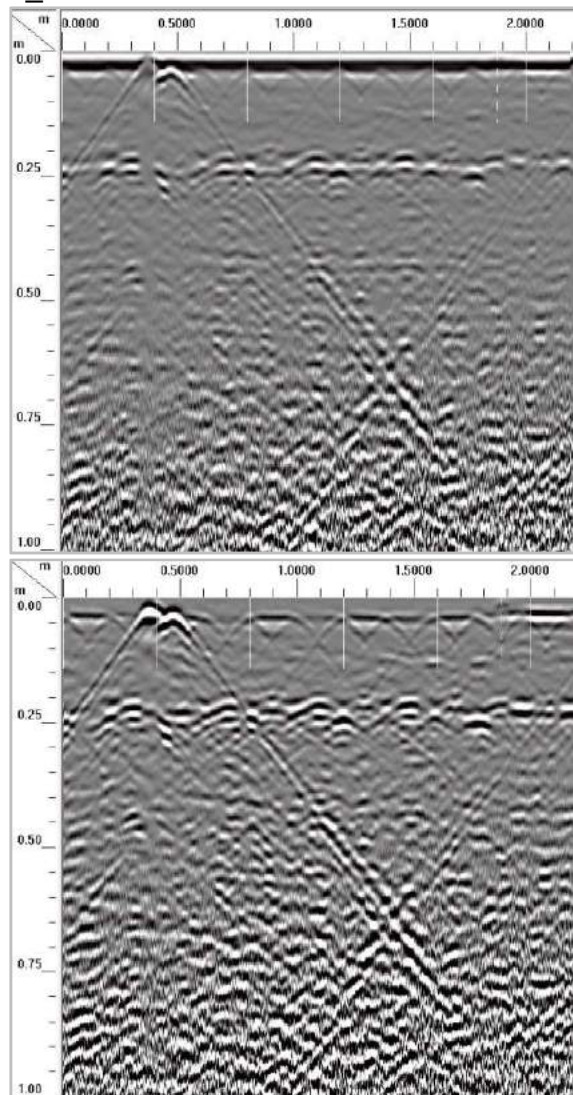
NOTE:

Linea radar orizzontale acquisita sulla parete NE della stanza adiacente a R1 (bagno) a quota circa di 2,00 m (su intonaco a quota maggiore della zona piastrellata).

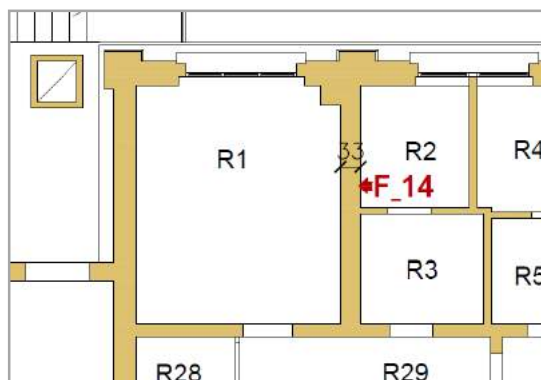
La parete dal termogramma appare di spessore circa 23 cm, dal rilievo in sito è 33 cm. Si conferma la presenza di forati per le numerose iperboliche dovute alla lettura delle cartelle dei forati, come dimostrato anche dal saggio eseguito sull'altra faccia della parete (parete SO della stanza R1) per la messa in vista della tessitura muraria (Fig. 6), e di un'interfaccia di discontinuità a metà spessore.

Presenza di un riflettore metallico superficiale a 1,1 m sull'asse X, probabilmente un cavo elettrico. Si nota anche una riflessione diagonale nella prima metà del file a profondità maggiore di 40 cm, indicante la presenza del pilastro angolare non portante nella stanza R1.

F_014



File:	014
Stanza:	R2
Parete:	NE
Linea di rilievo:	Verticale
Lunghezza linea:	2.15 m
Quota:	0 - 2.30 m



F014 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (in alto), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (in basso). Sotto alla tabella è riportata la pianta della stanza R2 in cui è svolta la prova con lo spessore reale della parete NE.

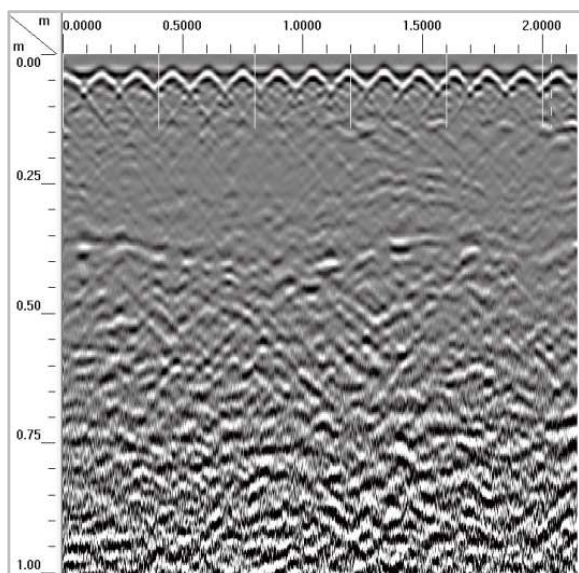
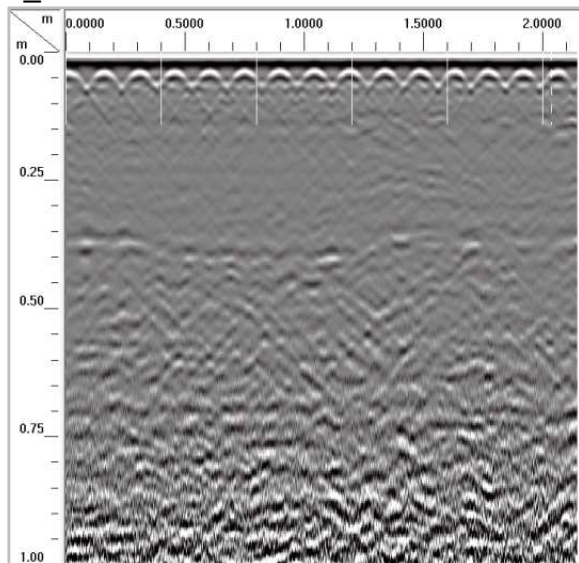
NOTE:

Linea radar verticale dal basso acquisita sulla parete NE della stanza R2 (bagno) da quota 0 a 2,15 m. Marker nel punto di passaggio da piastrelle a intonaco.

Si conferma presenza forati e interfaccia discontinuo a metà spessore. Le iperboli superficiali con passo 20 cm indicano i giunti di allettamento tra i blocchi di laterizio e quindi la loro altezza.

Presenza 2 riflettori metallici superficiali a c. 0,4 m lungo l'asse X, probabilmente cavi elettrici/impianti. Si conferma riflessione dal retro parete molto irregolare, presente anche nei file F 007 e F008 acquisiti in stanza R1 su stessa parete.

F_015



File:	015
Stanza:	R29 (Corridoio)
Parete:	NO
Linea di rilievo:	Verticale
Lunghezza linea:	2.15 m
Quota:	0 - 2.30 m



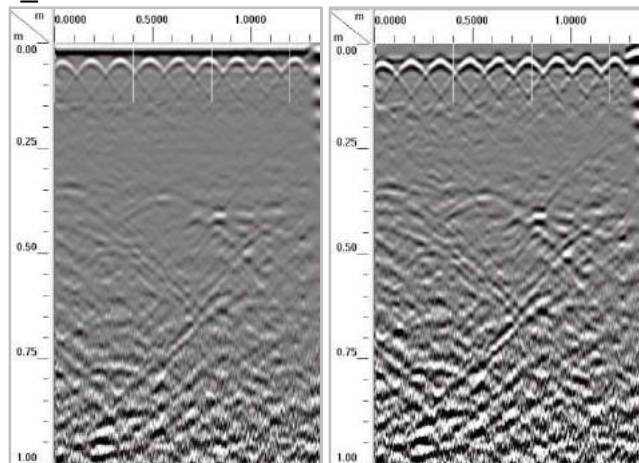
F015 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (in alto), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (in basso); sotto alla tabella sulla destra è riportata la porzione della pianta NE del piano rialzato con in rosso la posizione della prova F_15 e lo spessore della parete indagata.

NOTE:

Linea di rilievo verticale dal basso acquisita sulla parete NO del corridoio, sul maschio murario tra la stanza R24 e R25 di fronte a stanza R1. Marker ad altezza architrave porta.

Iperboli superficiali con passo costante di circa 15 cm indicano i ferri della rete e.s. Presenza interfaccia a c. 13 cm di profondità. Parete forse in laterizi pieni; riflessione dal retro parete appare a c. 37-38 cm a sx e prosegue con andamento irregolare; da rilievo lo spessore è 52 cm.

F_016



File:	019
Stanza:	R29 (Corridoio)
Parete:	NO
Linea di rilievo:	Orizzontale
Lunghezza linea:	1.35 m
Quota:	1.50 m

F015 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (a sinistra), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (a destra).



Figura 9: porzione NE della pianta del piano rialzato con riportata in arancione la posizione della prova F_16 e lo spessore della parete indagata.

NOTE:

Linea di rilievo orizzontale acquisita sulla parete NO del corridoio, sul maschio murario tra la stanza R24 e R25 di fronte a stanza R1, da sx a destra, alla quota di 1,50 m.

Iperboli superficiali con passo costante di circa 15 cm indicano i ferri della rete e.s. Parete forse in laterizi pieni; riflessione dal retro parete appare a c. 35-40 cm con andamento irregolare, nella parte iniziale forse dovuta alla presenza di una parete perpendicolare sul retro della parete NO, come si può notare in pianta. Trattandosi della stessa parete del precedente radargramma, lo spessore reale risulta da rilievo 52 cm.

Data: 28.12.2018

Luogo: Ex-palazzina uffici Orsi-Mangelli, Piazzale del Lavoro 53, Forlì

Presenti: F. Argnani, C. Colla, G. Trillini

Acquisizioni GPR con antenna Palm 2 GHz

Piano rialzato

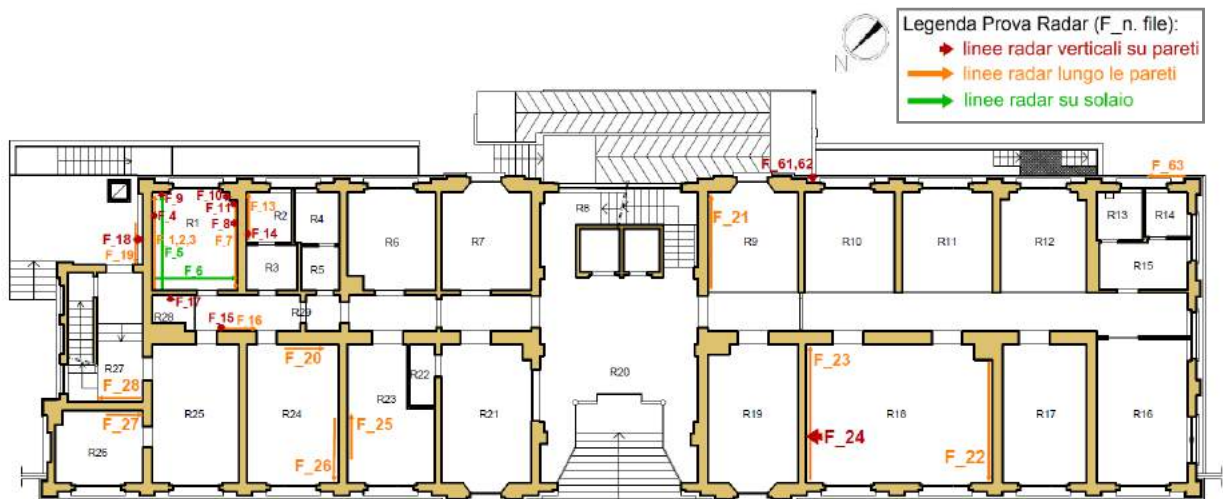
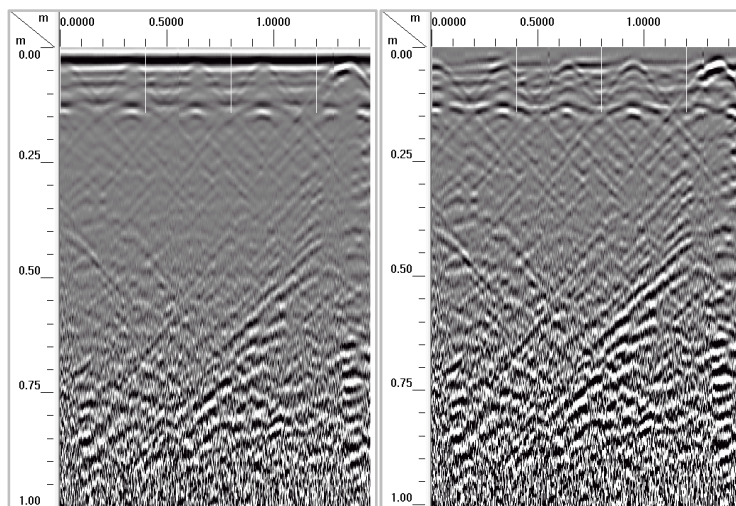


Figura 10: Pianta del piano rialzato con le relative linee radar acquisite

F_017



File: 017

Stanza: R28

Parete: SE

Linea di rilievo: Orizzontale

Lunghezza linea: 1.45 m

Quota: 1.30 m

F017 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (a sinistra), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (a destra).

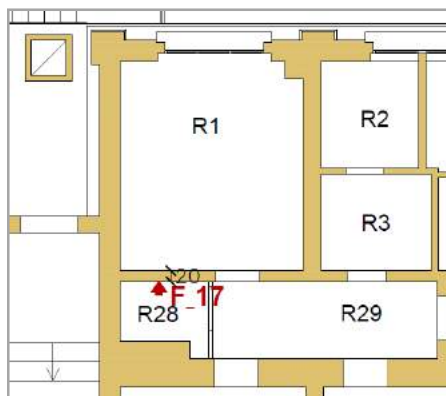


Figura 11: porzione NE della pianta del piano rialzato con riportato in rosso la posizione della linea radar verticale F_17 e spessore della parete oggetto di indagine.

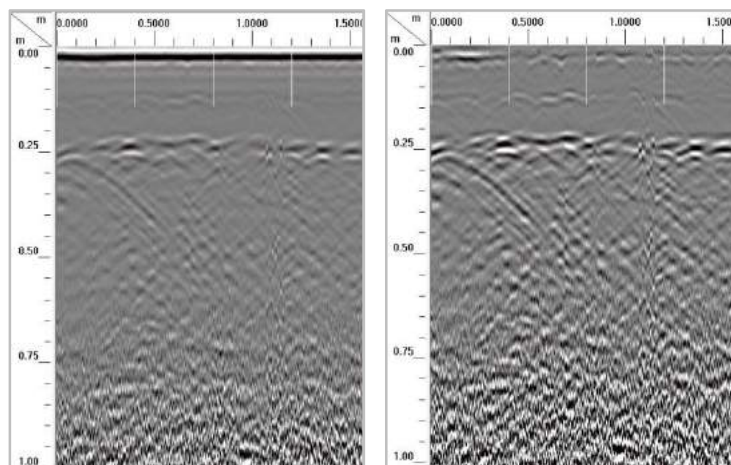
NOTE:

Linea radar orizzontale acquisita per l'intera lunghezza della parete SE, alla quota di 1,30 m. Spessore apparente della parete 15 cm. Spessore reale da rilievo in sito: 20 cm.

Sono presenti deboli iperboli a passo costante di circa 32,5 cm; si esclude quindi possa esserci la rete e.s., si ipotizza quindi siano in corrispondenza dei giunti di malta tra i blocchi di laterizio forati, fornendoci quindi la loro lunghezza.

F_018

File:	018
Stanza:	Esterno edificio
Parete:	NE
Linea di rilievo:	Verticale
Lunghezza linea:	1.55 m
Quota:	0.50 – 2.00 m



F018 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (a sinistra), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (a destra).



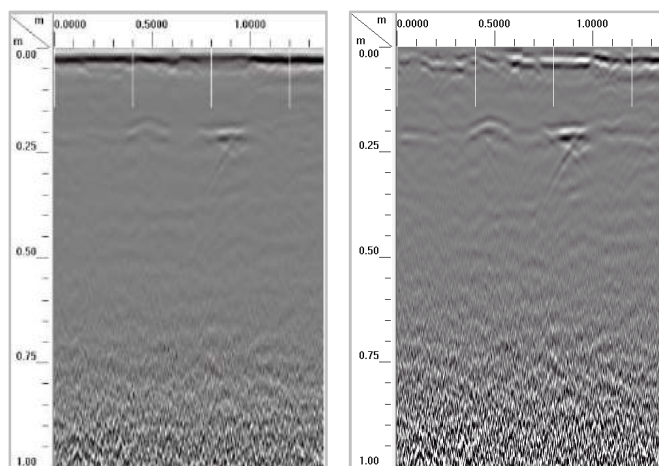
Figura 12: Saggio con rimozione di spesso strato di intonaco (a sinistra) per messa in vista della muratura di laterizi della parete NE dietro a rete metallica elettrosaldata effettuato sulla faccia interna della parete di indagata (Controls s.r.l., Gennaio 2018); a destra è riportata una porzione NE della pianta del piano rialzato con la posizione di esecuzione della linea radar F_18 e lo spessore della parete oggetto di indagine.

NOTE:

Linea radar verticale acquisita dal basso da quota 0,50 m (sopra allo zoccolo) a 2,00 m a destra della canalina impianti. Spessore apparente della parete circa 22 cm (spessore reale: 37 cm), si ipotizza di mattoni pieni a 2 paramenti. L'ipotesi riguardante la presenza di mattoni è confermata dal confronto con la foto dell'indagine già eseguita da Controls s.r.l. sulla faccia interna di questa parete (vedi Fig. 12)

Riflessione dal retro della parete molto disturbata, forse dovuta alla presenza della rete e.s. sull'altra faccia del muro.

F_019



File:	019
Stanza:	Esterno edificio
Parete:	NE
Linea di rilievo:	Orizzontale
Lunghezza linea:	1.45 m
Quota:	0.25 m

F019 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (a sinistra), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (a destra).

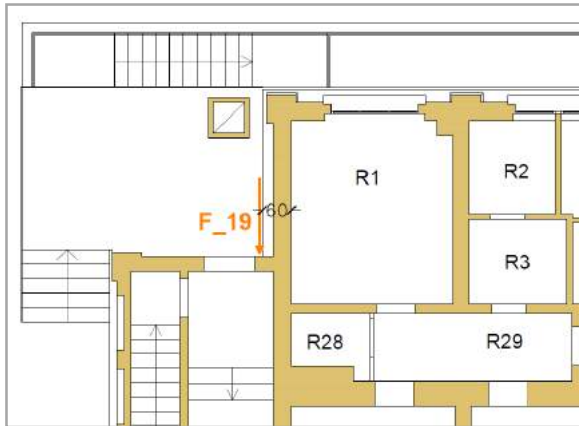
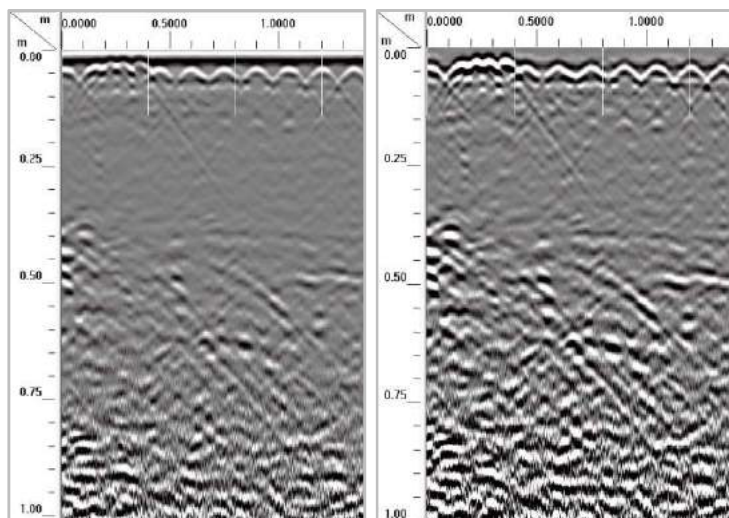


Figura 13: porzione NE della pianta del piano rialzato con riportata in rosso la posizione di esecuzione della linea radar F_19 e lo spessore della parete oggetto di indagine.

NOTE:

Ci troviamo all'esterno dell'edificio, lungo la parete NE. La linea radar è stata acquisita in orizzontale a quota 0,25 m (a metà dell'altezza dello zoccolo perimetrale) dal piano di calpestio della zona rialzata presente. Spessore apparente della parete circa 22 cm; spessore reale, da rilievo in sito, circa 60 cm.

F_020



File:	020
Stanza:	R24
Parete:	SE
Linea di rilievo:	Orizzontale
Lunghezza linea:	1.40 m
Quota:	1.80 m

F020 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (a sinistra), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (a destra).

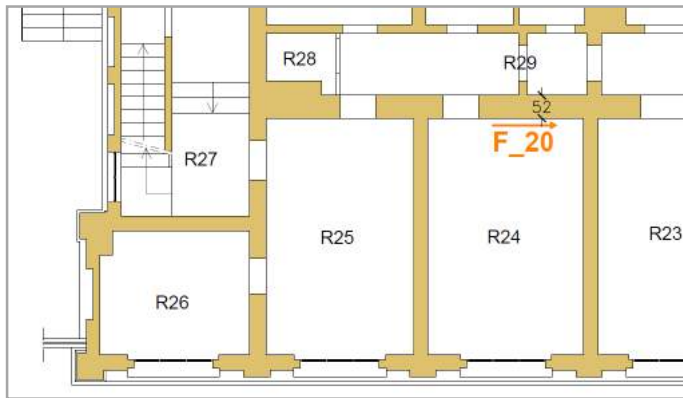


Figura 14: porzione NO della pianta del piano rialzato con riportata in arancione la linea radar F_20 e lo spessore della parete oggetto di indagine.

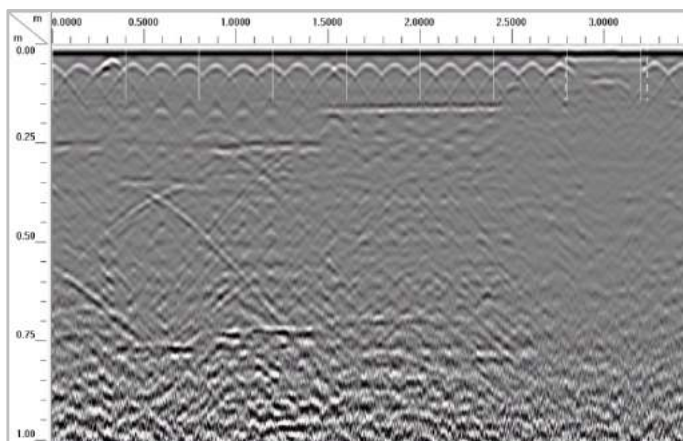
NOTE:

Linea di rilievo orizzontale acquisita a quota 1,80 m lungo la parete SE della stanza R24 situata al piano rialzato dell'edificio. Da radargramma lo spessore della parete appare circa 39 cm, da rilievo, risulta invece essere 52 cm; la costante dielettrica utilizzata (9) non è quella corretta.

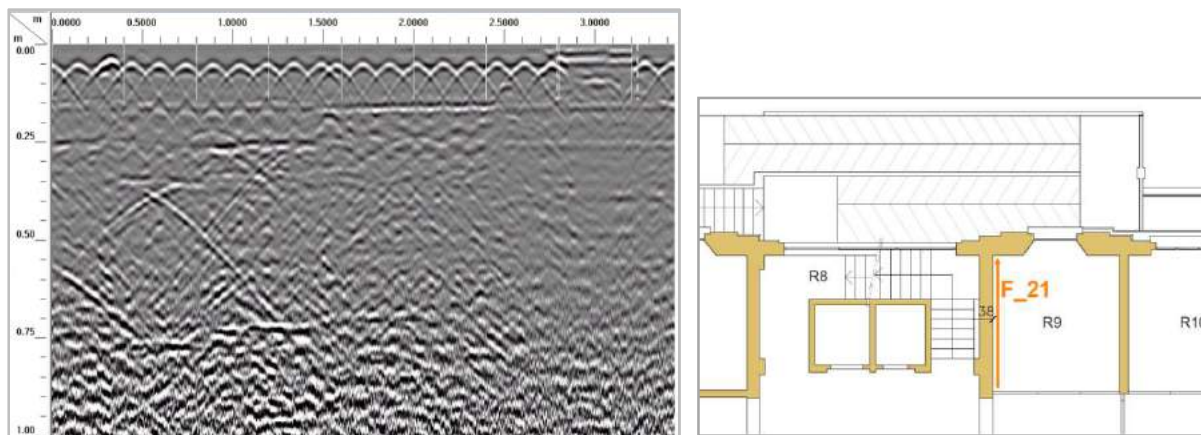
Presenza di rete e.s. con passo 15 cm, 3-4 cm sotto la superficie di prova.

A circa 25 cm dell'asse X si notano due picchi imputabili al passaggio di due cavi elettrici inglobati nell'intonaco.

F_021



File:	021
Stanza:	R9
Parete:	NE
Linea di rilievo:	Orizzontale
Lunghezza linea:	3.45 m
Quota:	1.00 m



F021 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (in alto), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (sotto). A destra è riportata una porzione centrale della pianta del piano rialzato in cui è presente in arancione la linea radar orizzontale F_21 e anche lo spessore reale della parete oggetto di indagine, pari a 38 cm.

NOTE:

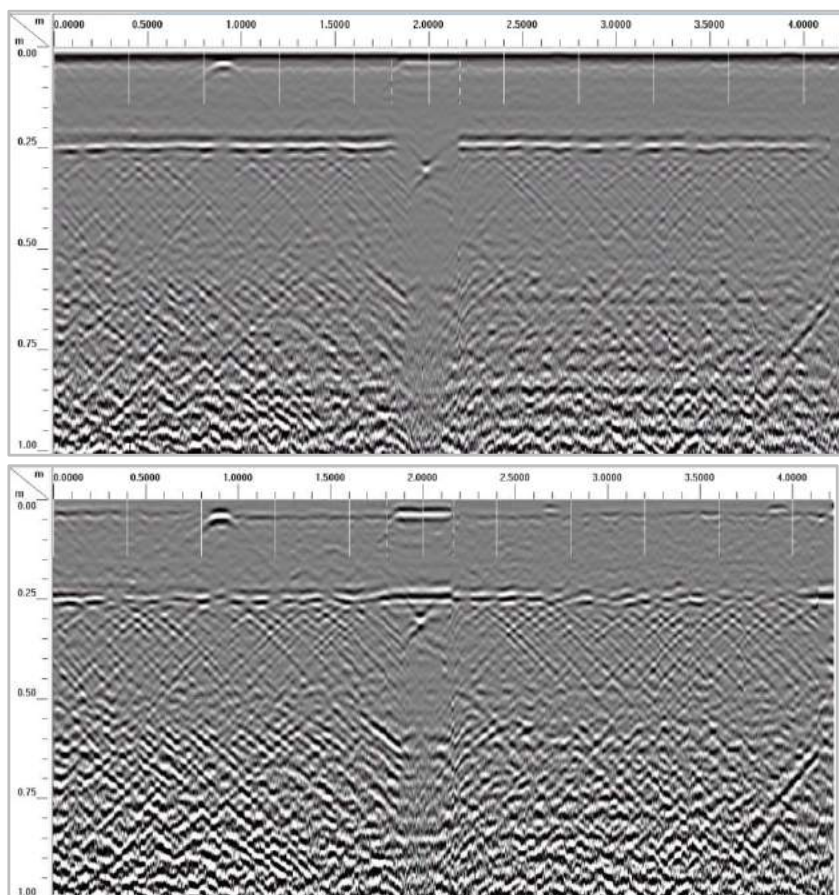
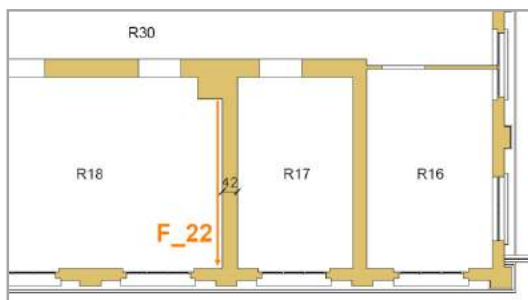
Linea di rilievo orizzontale acquisita a quota 1,00 m da sx a destra, per quasi l'intera lunghezza della parete NE della stanza R24 situata al piano rialzato della palazzina e affacciata sul retro dell'edificio. Spessore apparente della parete variabile, a gradini. Dal cm 40 al cm 80 dell'asse X sembrerebbe avere uno spessore di circa 35 cm riconducibile, osservando le piante del piano rialzato, a un pilastro/sporgenza posto sull'altro lato della parete, spessore simile a quello reale che da rilievo risulta essere 38 cm.

Presenza di rete e.s. con passo 15 cm a 5 cm di profondità dalla superficie di prova. Due marker a inizio e fine scasso di una precedente indagine; in tale porzione la rete e.s. sembra interrompersi. Sappiamo che la precedente è consistita in rimozione di intonaco e rimozione di mattone e malta, si ipotizza quindi che la rete e.s. sia stata rimossa in quel punto e il tutto risarcito con calce.

Si ipotizza presenza di mattoni. Tale ipotesi è stata confermata dalla relazione dei risultati delle indagini eseguite da Controls s.r.l.

F_022

File:	022
Stanza:	R18
Parete:	SO
Linea di rilievo:	Orizzontale
Lunghezza linea:	4.20 m
Quota:	1.10 m



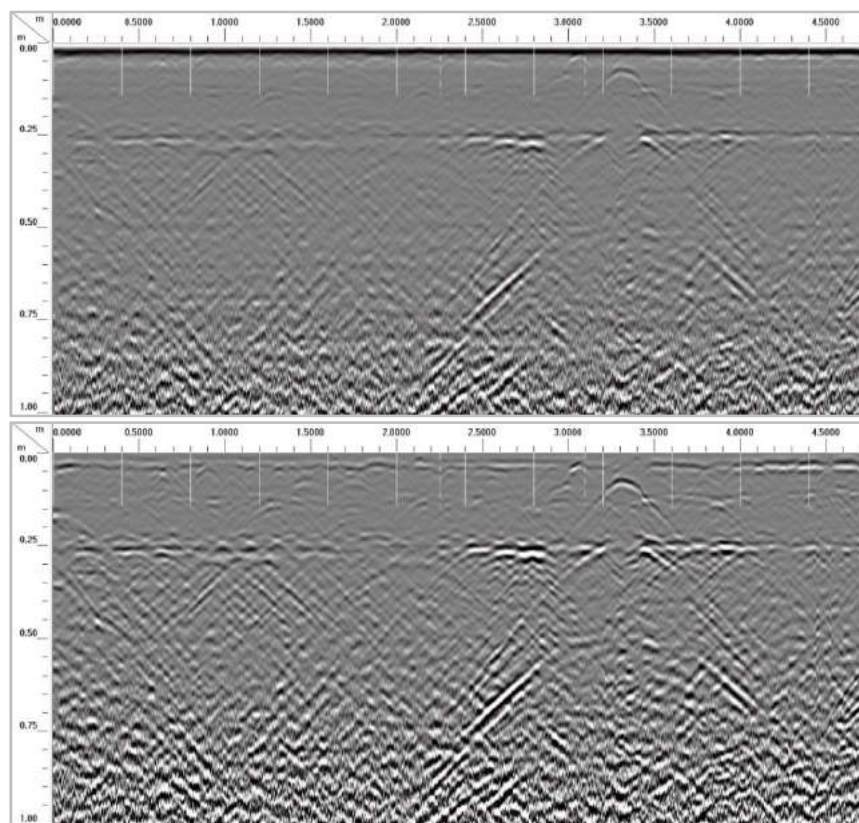
F022 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (in alto), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (in basso).

NOTE:

Linea di rilievo orizzontale acquisita a quota 1,10 m da sx a destra, per l'intera lunghezza della parete. Spessore apparente parete: 25 cm; spessore reale da rilievo in sito: 42 cm. In questo caso non è presente la rete e.s. Si ipotizza parete in blocchi di laterizio forati. Ipotesi confermata dalla relazione dei risultati delle indagini eseguite da Controls s.r.l.

Marker a inizio e fine scasso di una precedente prova di indagine consistita in rimozione di campione di malta e mattone (Controls); si nota infatti in quell'intervallo la manomissione risarcita superficialmente con un materiale con caratteristiche diverse. È presente una forte riflessione superficiale a X= 90 cm, riconducibile probabilmente al passaggio di un impianto inglobato nell'intonaco.

F_023



File:	023
Stanza:	R18
Parete:	NE
Linea di rilievo:	Orizzontale
Lunghezza linea:	4.65 m
Quota:	0.90 m

F023 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (in alto), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (in basso).

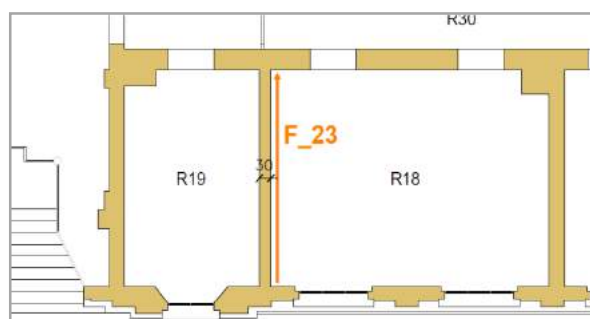


Figura 16: Prova condotta mediante l'utilizzo dei martinetti piatti (a sinistra) per la determinazione delle caratteristiche di deformabilità della muratura (Controls s.r.l.); porzione di pianta del piano rialzato con riportata la posizione di acquisizione della linea radar F_23.

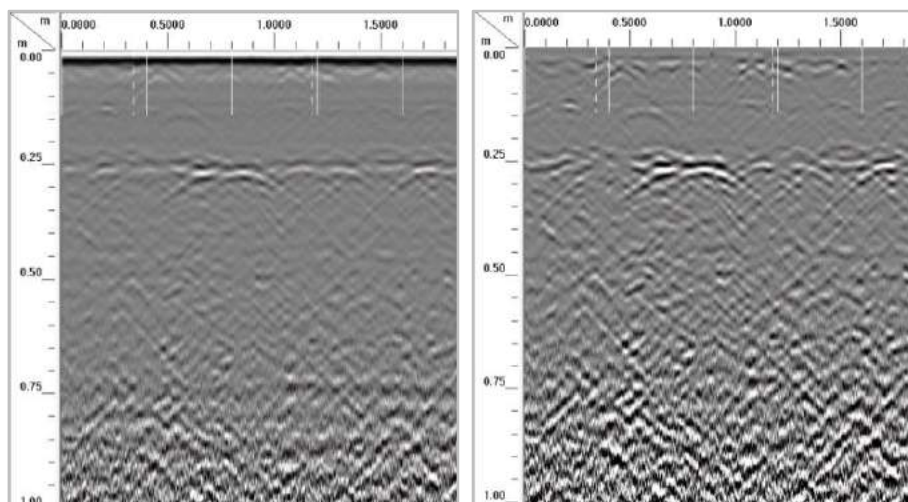
NOTE:

Linea di rilievo orizzontale acquisita a quota 0,90 (a metà scasso) m da sx a destra, per l'intera lunghezza della parete NE della stanza R18, situata al piano rialzata e affacciata sul fronte dell'edificio.

Spessore apparente parete circa di 25 cm; spessore reale da rilievo circa 30 cm. Anche in questo caso è assente la rete e.s. Si ipotizza parete in mattoni. Marker a inizio e fine scasso di una precedente prova di indagine condotta con martinetti piatti (Controls), la quale ha confermato la costituzione della muratura in mattoni.

F_024

File:	024
Stanza:	R18
Parete:	NE
Linea di rilievo:	Verticale
Lunghezza linea:	1.85 m
Quota:	0 – 1.85 m



F024 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (a sinistra), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (a destra).

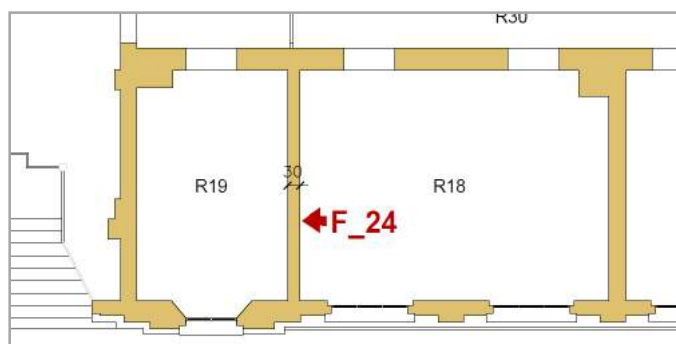


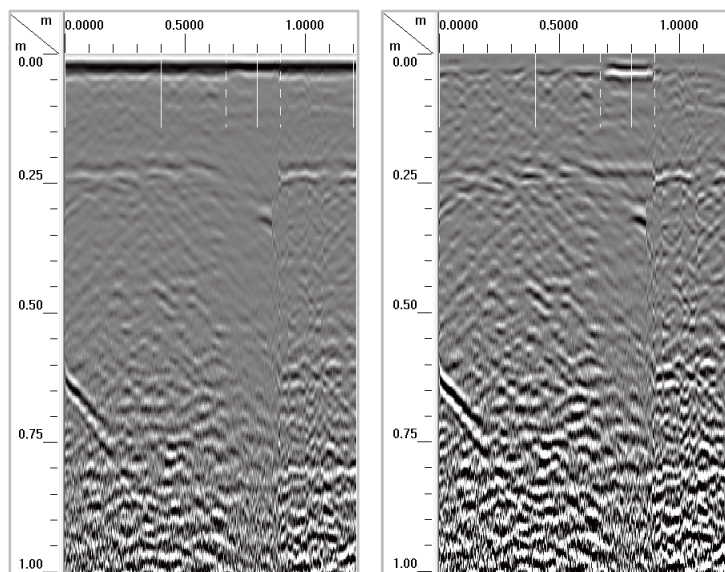
Figura 17: Porzione di pianta del piano rialzato della palazzina, con riportata in rosso la posizione della linea radar verticale F_24 e lo spessore della parete oggetto di indagine.

NOTE:

Linea di rilievo verticale dal basso passante circa a metà dello scasso presente sulla parete NE per l'esecuzione di prova con martinetti piatti. Due markers in corrispondenza di inizio e fine scasso. Spessore apparente parete circa 25 cm, reale 30 cm. Anche in questo caso è assente la rete e.s. Si ipotizza parete in mattoni, ipotesi confermata dai dati della Controls (vedi Fig. 16). Presenta alcune disomogeneità nello spessore.

F_025

File:	025
Stanza:	R23
Parete:	NE
Linea di rilievo:	Orizzontale
Lunghezza linea:	1.20 m
Quota:	1.30 m



F025 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (a sinistra), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (a destra).

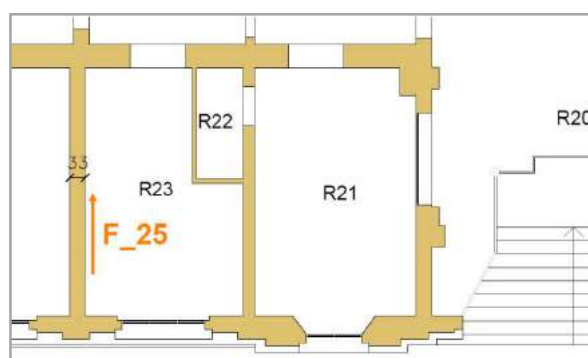


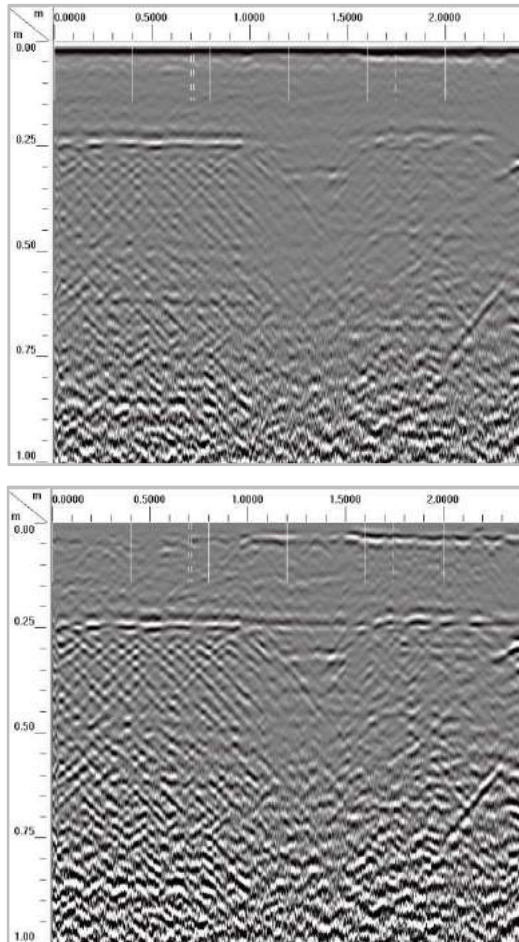
Figura 18: Fotografia scattata durante l'esecuzione della prova di scorrimento (a sinistra) su un mattone sulla parete NE della stanza R23 (Controls s.r.l.); a destra è invece riportata una porzione della pianta del piano rialzato con la linea radar F_25 e lo spessore della parete oggetto di indagine.

NOTE:

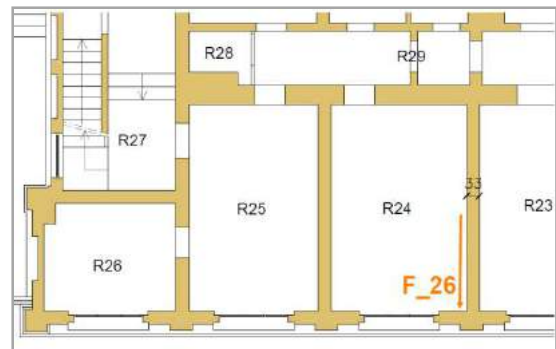
Linea di rilievo orizzontale sulla parete NE della stanza R23 situata al piano rialzato e con affaccio sul fronte della palazzina, condotta da sx a destra dx, alla quota di 1,30 m. Linea di riflessione del retro parete risulta a circa 23 cm di profondità a sinistra; da rilievo, lo spessore reale è 33 cm. Si ipotizza parete in forati; ciò è riscontrabile dalla Fig. 18.

Due marker a inizio e fine scasso in cui è stata eseguita da parte di Controls una prova di scorrimento su mattone in Aprile 2018. Tra i due marker è infatti bene visibile un tipo di risarcitura diversa, sia in superficie, sia in profondità dove sembrano essere assenti i forati. Dalla foto di tale prova (Fig. 18) è stata confermata la presenza di blocchi di laterizio forati.

F_026



File:	026
Stanza:	R24
Parete:	SO
Linea di rilievo:	Orizzontale
Lunghezza linea:	2.40 m
Quota:	1.40 m



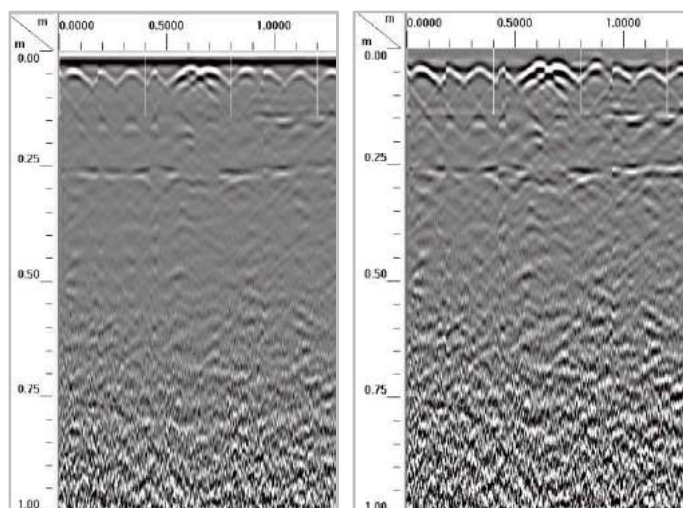
F026 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (in alto), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (in basso). In basso a destra è riportata una porzione NO della pianta del piano rialzato con la linea radar F_26 e lo spessore della relativa parete oggetto di indagine.

NOTE:

Linea di rilievo orizzontale sulla parete SO della stanza R24 situata al piano rialzato dell'edificio, condotta da sx a destra dx, alla quota di 1,40 m dal piano di calpestio del piano, da circa metà parete alla finestra che si affaccia sul fronte dell'edificio. Linea di riflessione del retro parete appare a circa 23 cm di profondità; da rilievo lo spessore reale di tale parete è 33 cm.

Si suppone essere una parete in blocchi di laterizio forati; ipotesi confermata trattandosi della stessa del radargramma precedente (F025). Sono stati posizionati due marker a inizio e fine scasso in cui è stata eseguita da parte di Controls la prova di scorrimento su mattone, in Aprile 2018 (vedi Fig. 18). Si ipotizza che siano stati usati mattoni pieni per riempimento perché in tale porzione sembrano assenti le letture delle cartelle dei forati.

F_027



File:	027
Stanza:	R26
Parete:	SE
Linea di rilievo:	Orizzontale
Lunghezza linea:	1.30 m
Quota:	1.20 m

F027 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (a sinistra), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (a destra).

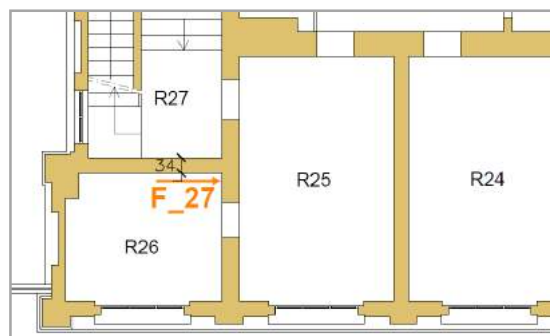


Figura 19: Fotografia scattata durante il prelievo di un mattone (a sinistra) dalla parete SO della stanza R27 (Controls s.r.l.) e porzione NO della pianta del piano rialzato della palazzina con riportata la linea radar orizzontale F_27 e lo spessore della parete oggetto di indagine.

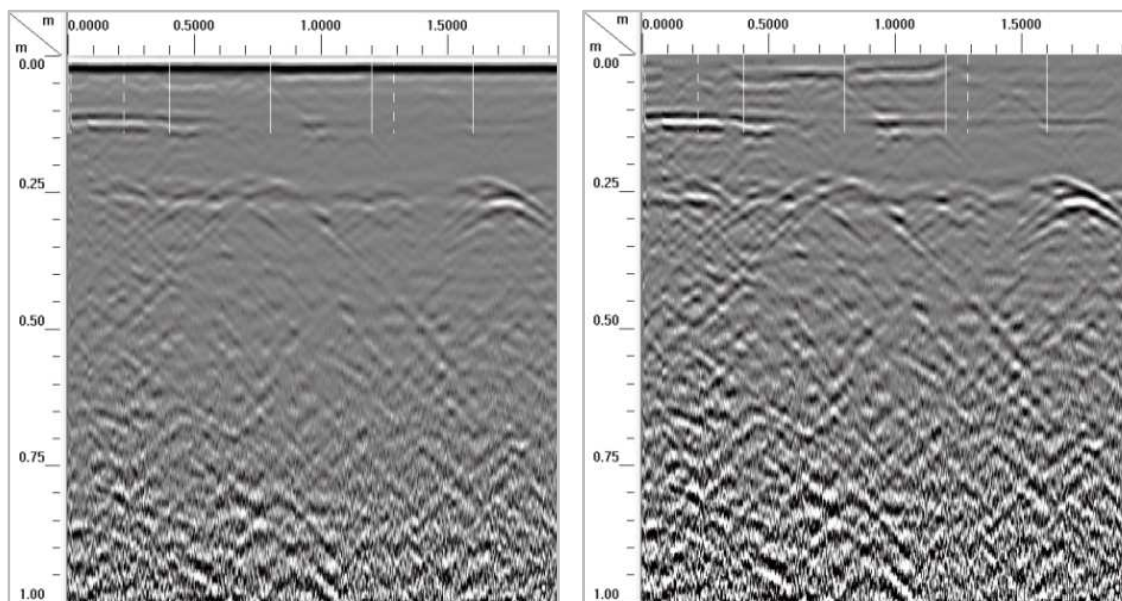
NOTE:

Linea di rilievo orizzontale sulla parete SE della stanza R26 situata al piano rialzato nell'angolo N dell'edificio, condotta da sx a destra dx, alla quota di 1,20 m da circa metà parete fino alla fine di essa. Spessore apparente della parete circa 27 cm a sinistra; spessore reale, da rilievo in sito, circa 34 cm. Si ipotizza parete in mattoni; ipotesi confermata dalla fotografia scattata durante il prelievo di un mattone (Fig. 19) dalla parete SO della stanza R27 (Controls s.r.l.).

Si ipotizza la presenza di rete e.s. sotto lo strato di intonaco sul lato della superficie di prova; tale ipotesi non è stata confermata in quanto la porzione di muratura messa in vista nella Fig. 19 corrisponde all'altro lato della parete oggetto di indagine. Presenza di cavi elettrici inglobato nella parete, passanti a X=60-70 cm (dell'asse X del radargramma).

F_028

File:	028
Stanza:	R27
Parete:	NO
Linea di rilievo:	Orizzontale
Lunghezza linea:	1.95 m
Quota:	1.15 m



F028 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (a sinistra), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (a destra).

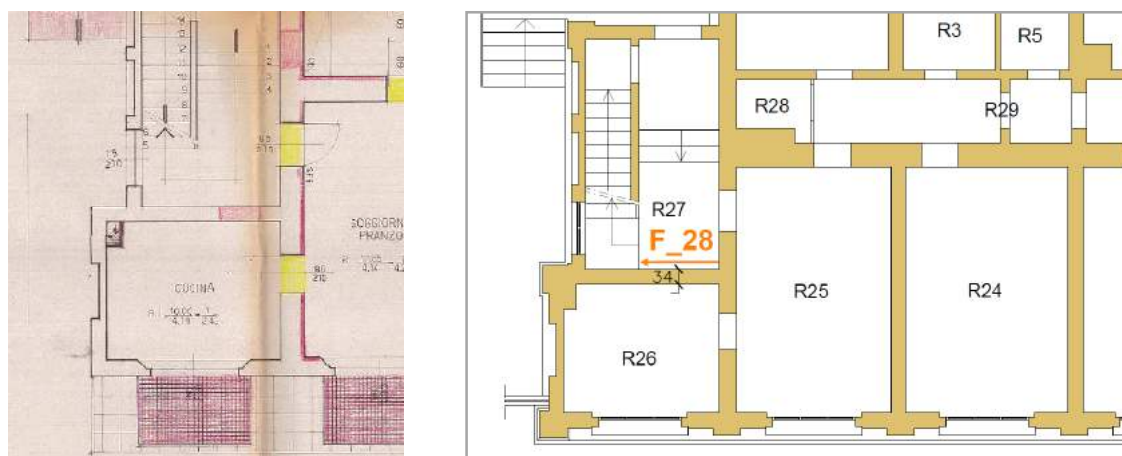


Figura 20: Disegni (a sinistra) risalenti agli importanti interventi che hanno interessato l'edificio negli anni 1987-1990 (stato modificato, 9 Novembre 1987) e porzione pianta dello stato attuale (2018) del piano rialzato della palazzina con riportata la linea radar F_28.

NOTE:

Linea di rilievo orizzontale sulla parete NO della stanza R27, condotta da sx a destra dx, alla quota di 1,15 m. Marker a inizio e fine scasso presente sulla parete. Spessore apparente della parete circa 25 cm a sinistra (sp. reale: 34 cm). Si ipotizza parete in mattoni; ipotesi confermata dalla Fig.19 scattata durante il prelievo di un mattone dalla parete oggetto di indagine (Controls s.r.l.). Sono presenti discontinuità a metà spessore della parete, specie nella prima parte del file. Presenza di un riflettore sul retro della parete a fine file, ipotizzabile al passaggio di un impianto inglobato nell'intonaco.

Alcune alterazioni riscontrabili nel radargramma potrebbero anche essere dovute alla chiusura di una porta in tale parete, avvenuta durante i lavori degli anni 1987-1990, come riportato sui disegni dell'epoca (Fig. 20).

Piano seminterrato

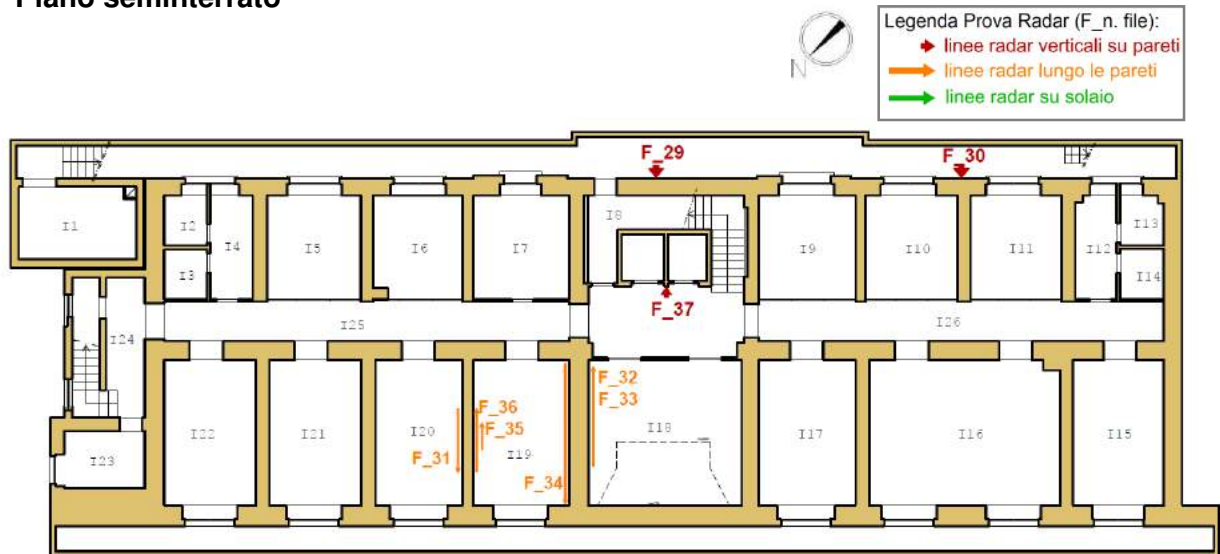
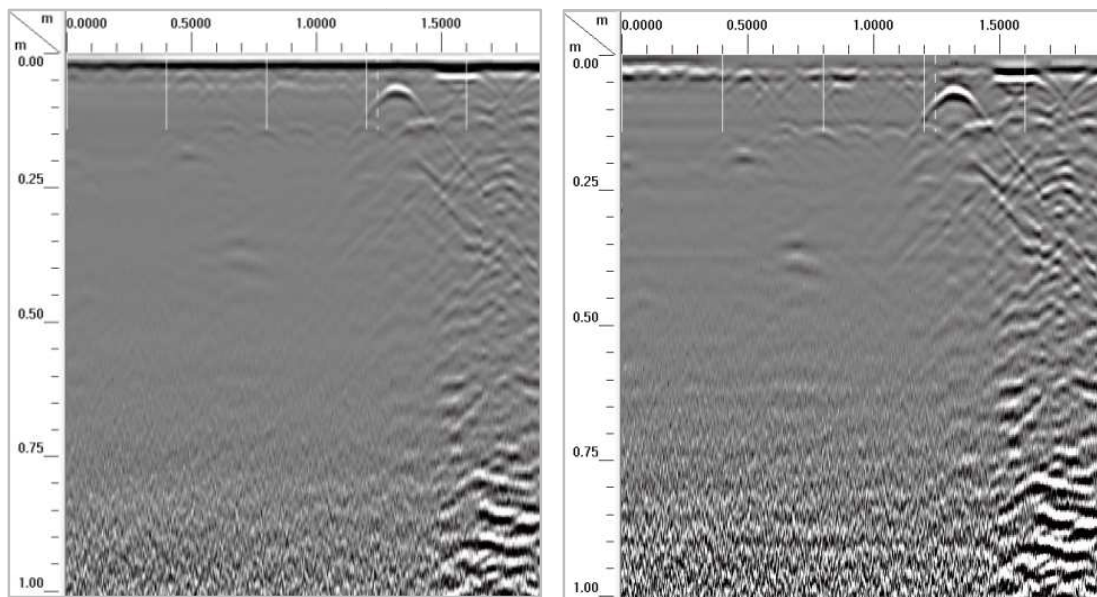


Figura 21: Pianta del piano seminterrato con le relative linee radar acquisite

F_029

File:	029
Stanza:	Esterno
Parete:	SE
Linea di rilievo:	Verticale
Lunghezza linea:	1.90 m
Quota:	0 -1.90 m



F029 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (a sinistra), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (a destra).

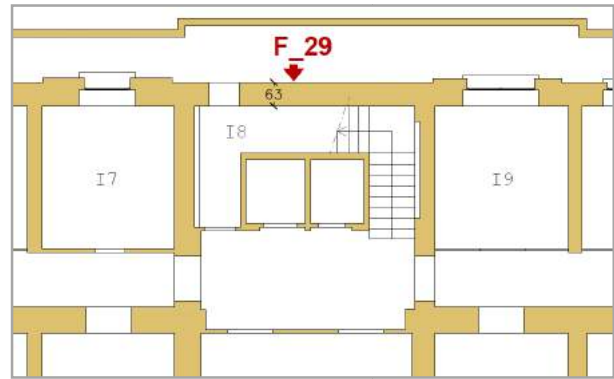


Figura 21: Foto (a sinistra) della fessura passante scatta all'esterno della stanza I8, nello scannafosso presente lungo la parete SE dell'edificio; a destra porzione della pianta del piano seminterrato dell'edificio con riportata la posizione di acquisizione della line radar F_29.

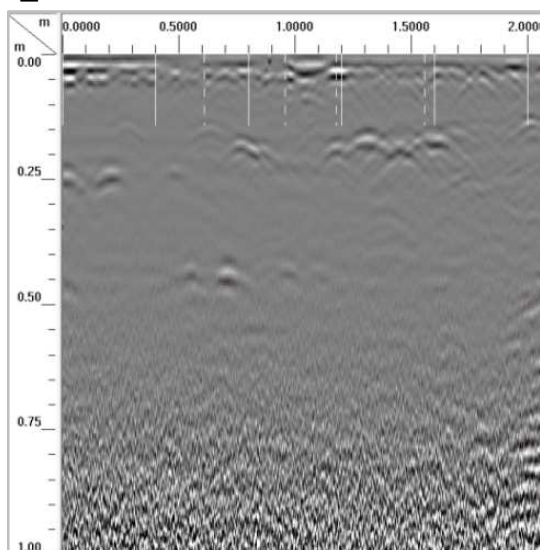
NOTE:

Linea di rilievo verticale acquisita sulla parete esterna del retro dell'edificio (parete SE), al piano seminterrato nello scannafosso, all'esterno della stanza I8, quote da 0 a 1,90 m. Spessore apparente della parete circa 38 cm (nella realtà è 63 cm, si ricorda però che la cost. dielettrica impostata per questa acquisizione è 9, andrebbe modificata). Marker a quota 1,25 m in corrispondenza della fessura e del foro endoscopico (Fig.21); a tale quota è presente anche un'iperbole, forse dovuta al vuoto del foro endoscopico, il quale non è risarcito.

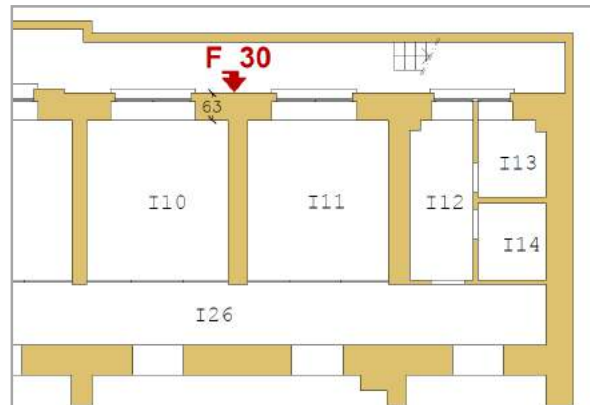
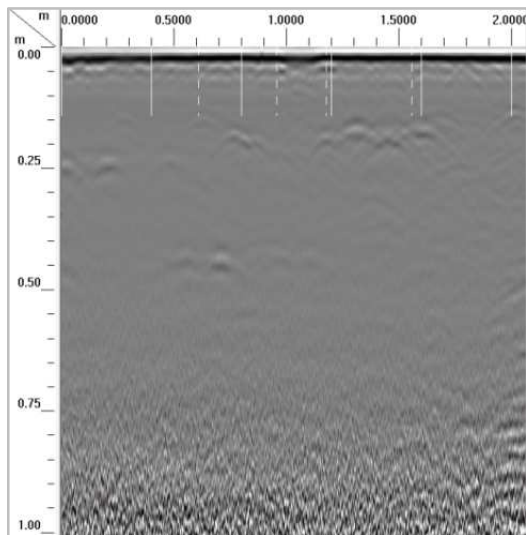
Nella parte bassa del file il segnale risulta più attenuato, dovuto probabilmente alla presenza di risalita di umidità dal terreno trovandoci all'esterno ed a una inferiore rispetto al livello stradale.

Fino a quota 1,50 m c'è un tipo di muratura, poi sembra cambiare. Certamente la parete è stata oggetto di interventi successivi per cambio di quota dei piani; la lesione orizzontale lo testimonia. Dal radargramma non sono definibili le diverse tipologie; servirebbero indagini più invasive.

F_030



File:	030
Stanza:	Esterno
Parete:	SE
Linea di rilievo:	Verticale
Lunghezza linea:	2.00 m
Quota:	0 -2.00 m



F030 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (in alto), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (in basso). In basso a destra è invece riportata la porzione di pianta SE con in rosso la posizione della linea radar F_30 e lo spessore della parete oggetto di indagine.

NOTE:

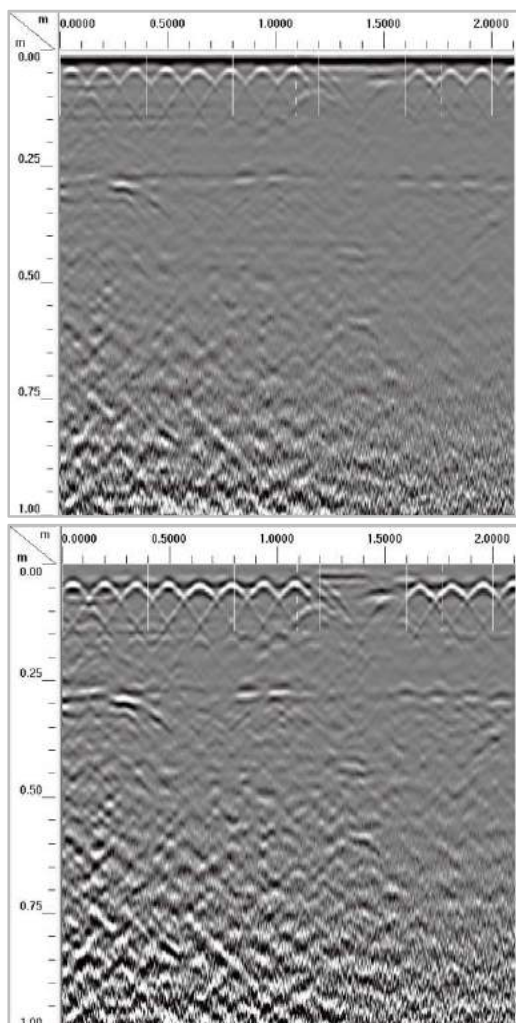
ci troviamo nell'esterno dell'edificio nello scannafosso presente lungo la parete esterna SE, piano interrato, nello specifico nella porzione di parete tra le finestre delle stanze I10 e I11; linea verticale dal basso. Riflessione dal retro parete a c. 45 cm e interfaccia a circa metà spessore; lo spessore reale da rilievo in sito risulta circa 63 cm.

Sono stati posizionati 4 marker in corrispondenza di: cavillatura orizzontale, inizio e fine scasso risarcito con malta cementizia e all'altezza di foro endoscopico risarcito con cemento.

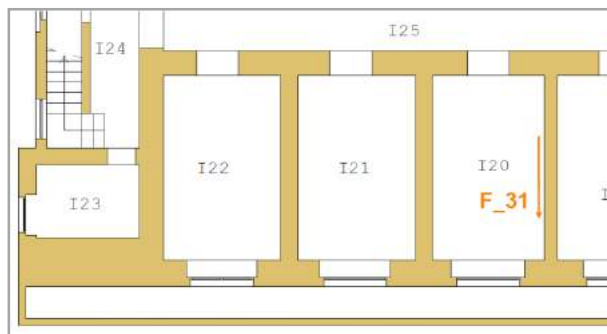
Sembrerebbe una parete di mattoni. Ipotesi confermata dalla relazione dall'indagine eseguita da Controls su questa porzione di parete, consistente in prelievo di mattone per successive analisi in laboratorio (non ci sono foto ma l'analisi dei risultati lo attesta); si nota infatti una manomissione in corrispondenza dello scasso visibile sulla parete.

Nella parte bassa del file (quota 40-60 cm), il segnale risulta più attenuato, dovuto alla presenza di umidità di risalita dal terreno trovandoci a quota circa -2,00 m dal piano stradale.

F_031



File:	031
Stanza:	I20
Parete:	SO
Linea di rilievo:	Orizzontale
Lunghezza linea:	2.10 m
Quota:	1.20 m



F031 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (in alto), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (in basso). Sotto alla tabella di destra è riportata una porzione della pianta del piano seminterrato dell'edificio con la posizione della linea radar F_31.



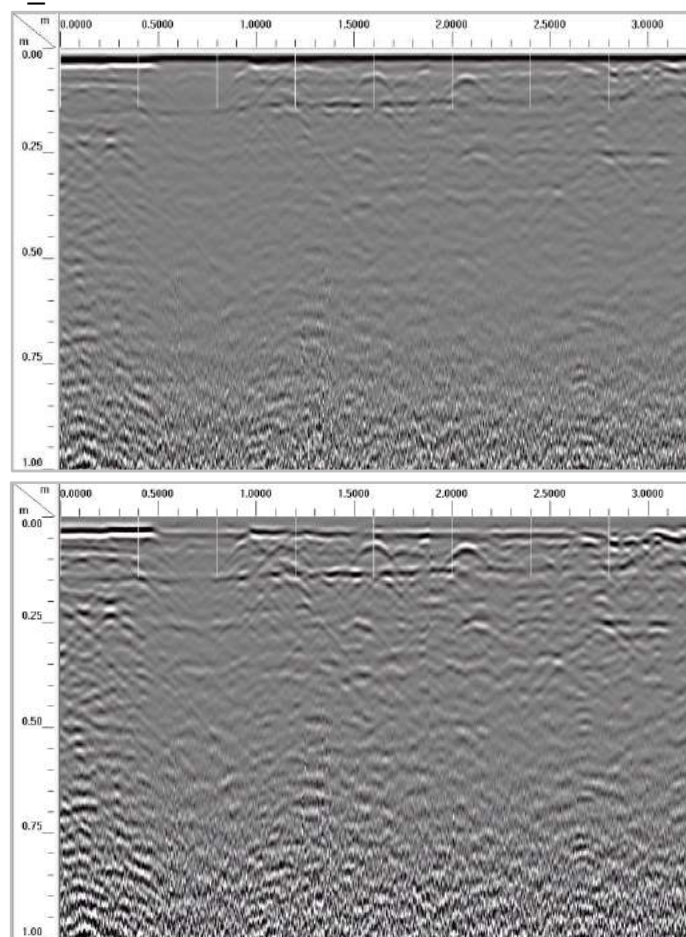
Figura 22: Foto dello scasso eseguito per messa in vista tessitura muraria e prelievo di malta e mattone. Si nota nella parte bassa l'assenza di un mattone e la conseguente interruzione della rete e.s. (Controls)

NOTE:

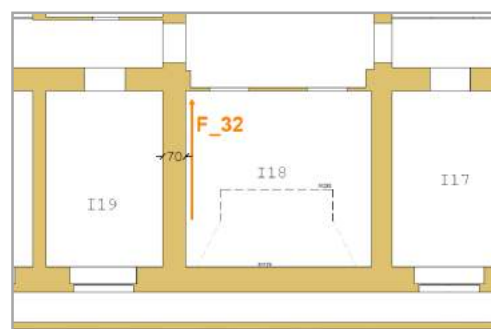
Linea radar orizzontale acquisita da sx a dx, sulla parete SO, a quota 1,20 m, della stanza I20 situata al piano seminterrato dell'edificio. Linea di riflessione del retro della parete a circa 27 cm di profondità; lo spessore reale, da rilievo in sito, risulta essere 38 cm. Si ipotizza paramento murario in mattoni pieni dal momento che non sembrano riscontrabili le iperboliche corrispondenti alla lettura delle cartelle dei forati.

Si suppone inoltre la presenza di rete e.s. in superficie con maglia di 15 cm. Sono stati posizionati 2 marker in corrispondenza dell'inizio e della fine dello scasso; in corrispondenza di tale porzione di muratura si nota l'assenza della rete e.s. in corrispondenza dello scasso è stato precedentemente eseguito dai Laboratori Controls il prelievo di malta e mattone; l'assenza di rete e.s. in quel tratto può essere imputata a tale rimozione. Tale prova ha confermato anche l'ipotesi della presenza di mattoni (Fig. 22).

F_032



File:	032
Stanza:	I18
Parete:	NE
Linea di rilievo:	Orizzontale
Lunghezza linea:	3.20 m
Quota:	1.40 m

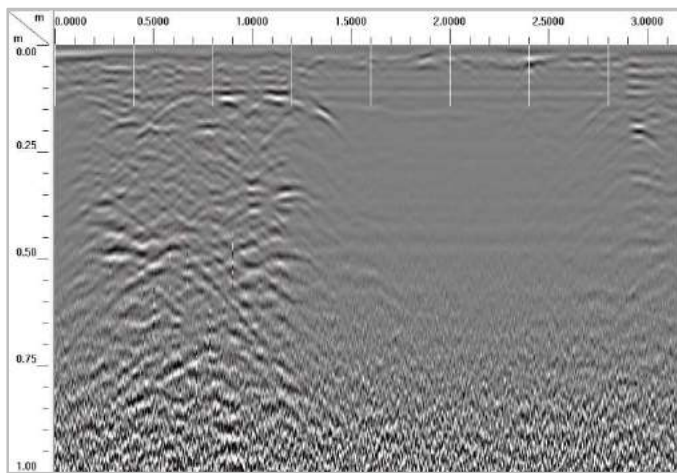
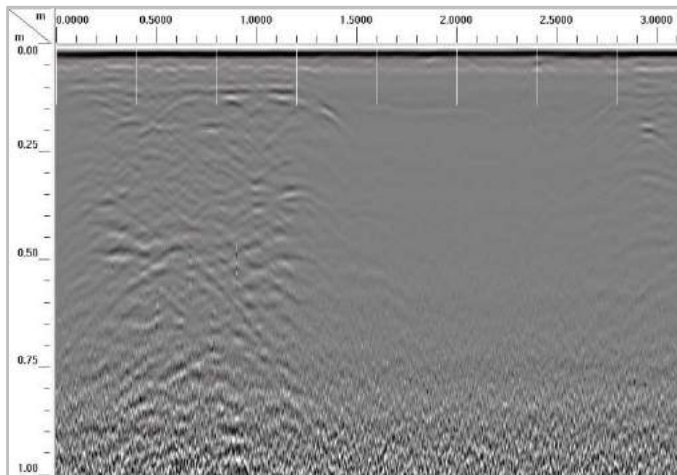


F032 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (in alto), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (in basso). Sotto alla tabella a destra è riportata una porzione della pianta del piano seminterrato con la posizione di acquisizione della linea di rilievo F_32.

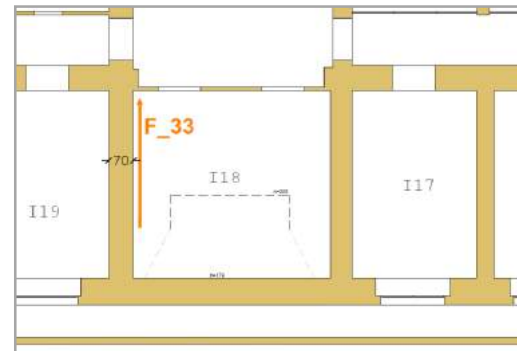
NOTE:

Linea radar orizzontale acquisita da sx a dx, a quota 1,40 m da circa metà della parete NE fino a quella SE, della stanza I18 situata al piano seminterrato della palazzina. Spessore apparente circa 25 cm a sinistra del file; spessore reale 70 cm. C'è troppa differenza tra i due spessori, la costante dielettrica utilizzata, pari a 9, è assolutamente sbagliata, bisognerebbe ripetere l'acquisizione del file cambiandola. Interfaccia a metà spessore della parete ben visibile nella porzione mediana del file dove sono presenti anche 3 iperboli a circa 7 cm di profondità.

F_033



File:	033
Stanza:	I18
Parete:	NE
Linea di rilievo:	Orizzontale
Lunghezza linea:	3.10 m
Quota:	1.0 m



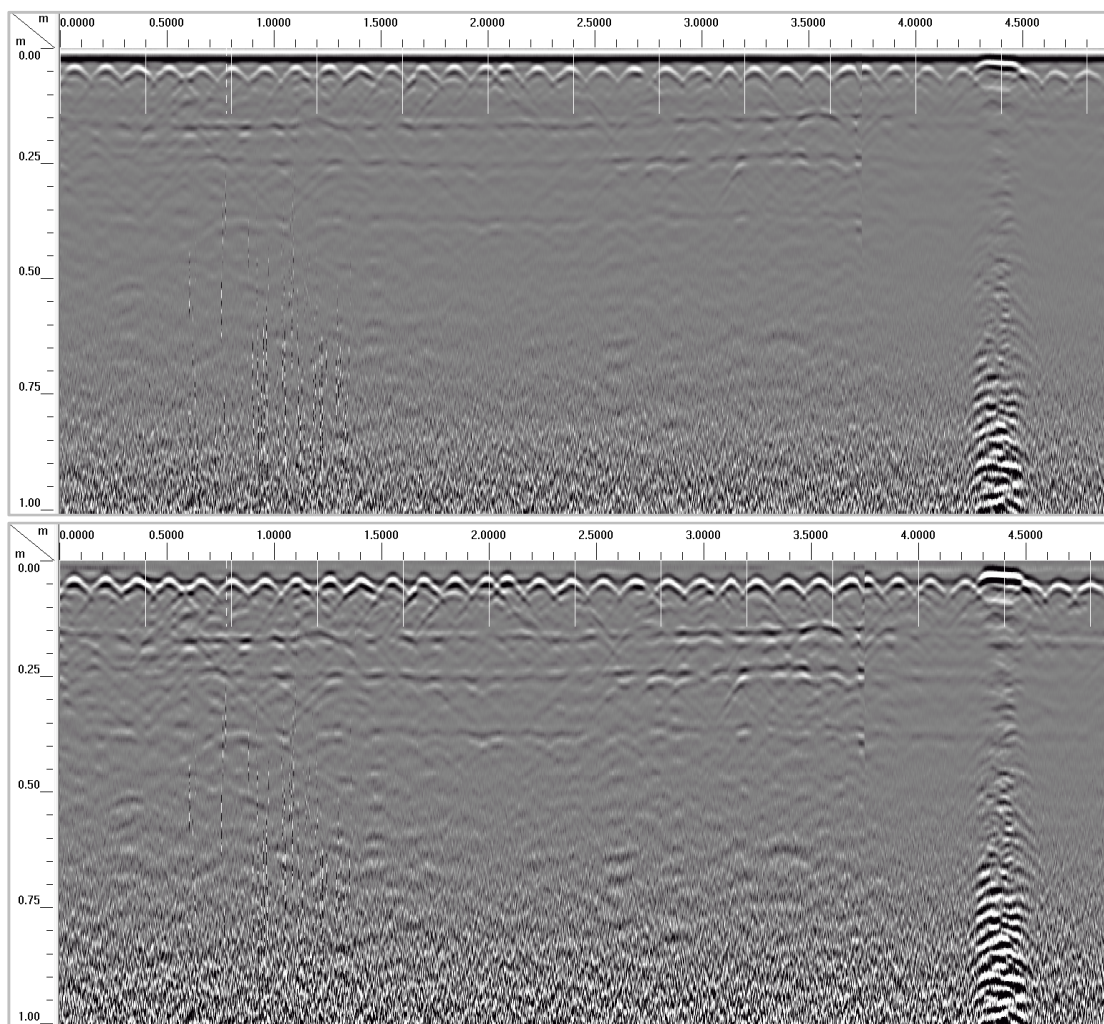
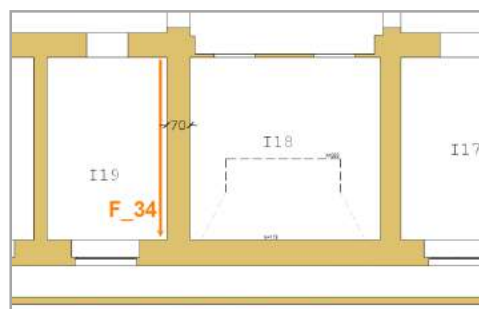
F033 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (in alto), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (in basso). Sotto alla tabella è riportata la porzione di pianta del piano seminterrato in cui è stata eseguita la prova F_33.

NOTE:

Linea radar orizzontale acquisita da sx a dx, sulla parete NE della stanza I18, a quota 1,00 m da circa metà parete; si ripete il precedente, ma a quota inferiore. La stanza oggetto di indagine è quella situata sotto l'ingresso principale della palazzina. La porzione di parete tra 20 e 120 cm dell'asse X appare diversa dal resto dell'area indagata. Si ipotizza inoltre un distacco o vuoto a circa 1 m dall'inizio del file. Non sembra presente la linea di riflessione del retro della parete che ci fornisce il suo spessore.

F_034

File:	034
Stanza:	I19
Parete:	SO
Linea di rilievo:	Orizzontale
Lunghezza linea:	4.50 m
Quota:	1.0 m



F034 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (in alto), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (in basso).

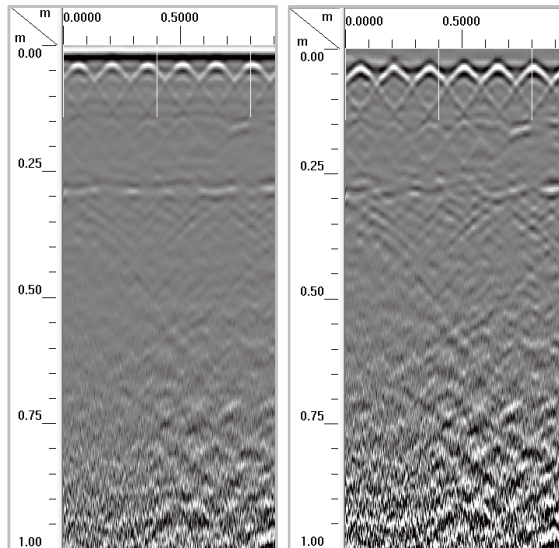
NOTE:

Linea radar orizzontale acquisita a quota 1,00 m., da sx a dx, per l'intera lunghezza della parete SO della stanza I19 posta nel piano seminterrato dell'edificio con affaccio sul fronte.

Marker in corrispondenza della fessura F9, non individuata dal radargramma (fessura lieve). Presenza di rete elettrosaldata con passo 15 cm a profondità di 4 cm. Si nota una prima interfaccia/discontinuità a circa 15 cm di profondità; altre interfacce a circa 25 e 35 cm di profondità.

Riflettore metallico superficiale a circa 4.40 m in ascissa, probabilmente dovuto alla presenza di un tubo di un impianto inglobato nel muro. Lo spessore apparente della parete sembra essere circa 35 cm; da rilievo sappiamo che lo spessore reale risulta 70 cm, ma siamo anche a conoscenza del fatto che tale indagine radar ha una buona qualità di risoluzione fino a 50 cm di profondità, quindi lo spessore riscontrato durante l'indagine di tale parete con antenna di 2GHz P non è affidabile.

F_035



File:	035
Stanza:	I19
Parete:	NE
Linea di rilievo:	Orizzontale
Lunghezza linea:	0.90 m
Quota:	1.20 m

F035 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (a sinistra), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (a destra).

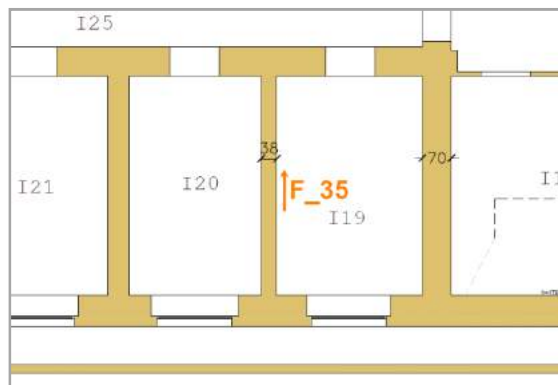


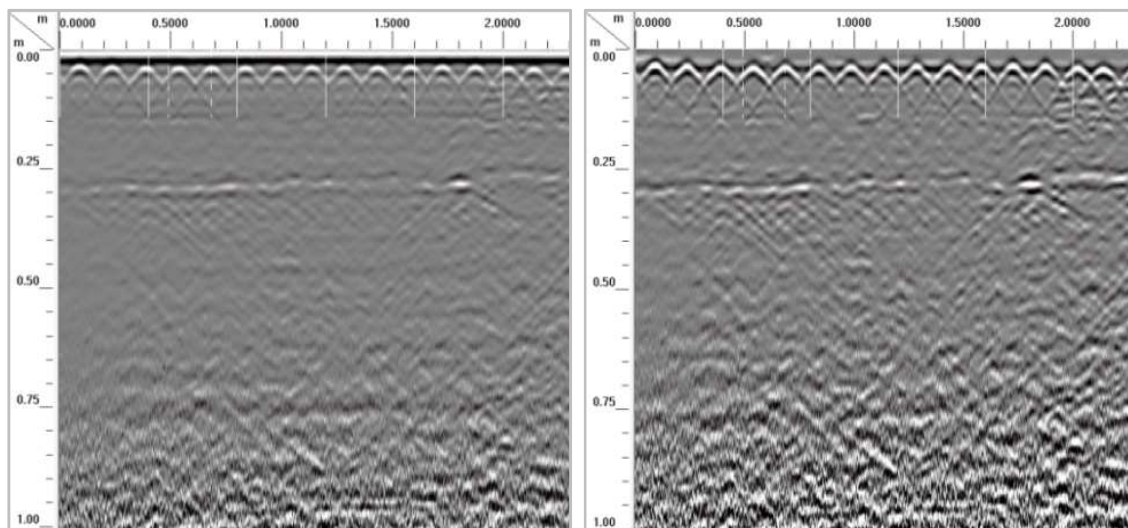
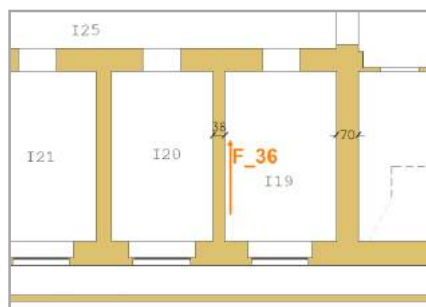
Figura 23: porzione di pianta del piano seminterrato con riportata la linea radar F_35 eseguita sulla parete NE della stanza I19.

NOTE:

Linea radar orizzontale acquisita da sinistra a destra, sulla parete NE della stanza I19, a quota 1,20 m. Spessore apparente circa 28 cm a sinistra; spessore reale 38 cm. Presenza di rete elettrosaldata con passo 15 cm sotto allo strato di intonaco. Si ipotizza parete in forati; tale ipotesi è confermata dalla Fig. 22 (trattasi della stessa parete).

F_036

File:	036
Stanza:	I19
Parete:	NE
Linea di rilievo:	Orizzontale
Lunghezza linea:	2.30 m
Quota:	1.50 m



F036 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (a sinistra), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (a destra).

NOTE:

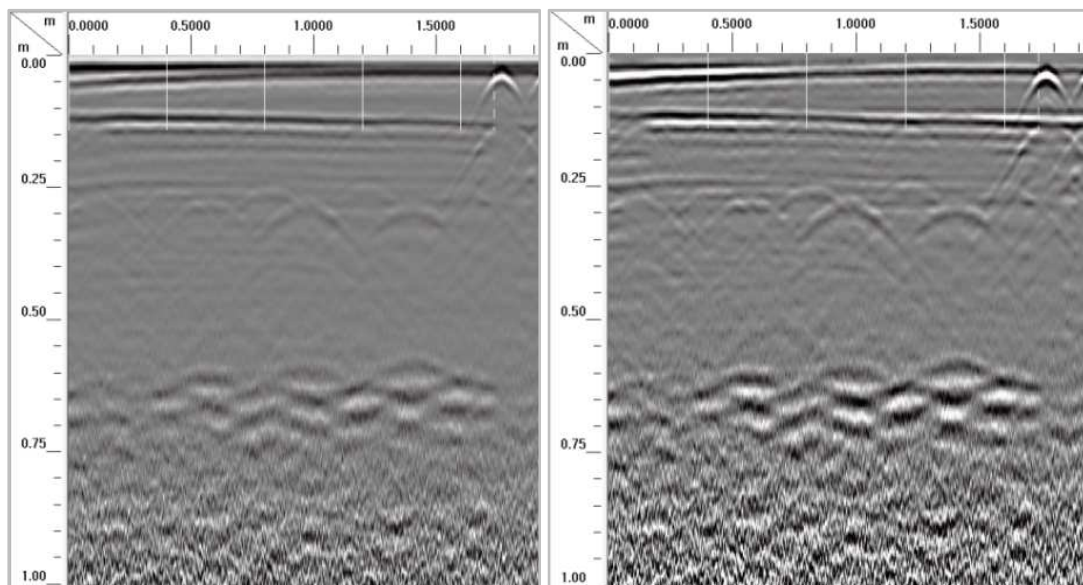
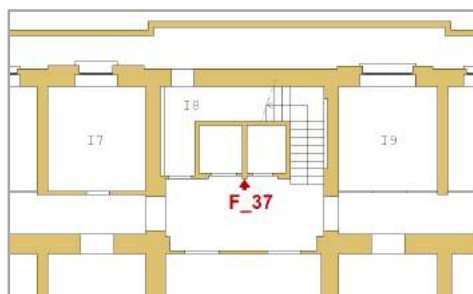
Linea radar orizzontale acquisita, da sx a dx, lungo la parete NE della stanza I19 situata al piano seminterrato dell'edificio. Si ripete il precedente, ma a una quota superiore pari a 1,50 m. Spessore linea di riflessione del retro della parete a circa 28 cm di profondità; lo spessore rilevato tramite la l'indagine non corrisponde però a quello reale che da rilievo risulta essere pari a 38 cm. Presenza di rete elettrosaldata con passo 15 cm. a circa 4 cm di profondità dalla superficie di prova.

Marker a inizio e fine scasso; non è stato rilevato niente di strano in corrispondenza di esso, la rete elettrosaldata sembra non essere stata disturbata. Presenza di un riflettore posto sul retro della parete ad ascissa X=1,80 m, probabilmente un cavo inglobato nell'intonaco dall'altra parte della parete in esame.

Si ipotizza parete in forati; tale ipotesi è confermata dalla Fig.22 trattandosi della stessa parete oggetto di indagine.

F_037

File:	037
Stanza:	I26 (Corridoio)
Parete:	Pil. Ascensore
Linea di rilievo:	Orizzontale
Lunghezza linea:	1.90 m
Quota:	0 -1.90 m



F037 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (a sinistra), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (a destra). Di fianco alla tabella è riportata una porzione di pianta del piano seminterrato, in rosso la linea radar F_37 eseguita sul pilastro dell'ascensore.

NOTE:

Linea radar verticale dal basso eseguita sul pilastro in c.a. tra gli ingressi degli ascensori presenti al piano seminterrato. Il vano ascensore è stato costruito in occasione degli importanti lavori che hanno interessato l'edificio negli anni '87-'90. Marker posizionato in corrispondenza dell'architrave degli ingressi degli ascensori, in corrispondenza del quale sono visibili dal radargramma ferri superficiali inglobati nel cls. Si notano inoltre riflettori oltre circa 25 cm di profondità. L'antenna probabilmente scorre parallela o sovrapposta a un ferro verticale posto a profondità apparente di circa 11-12 cm.

Piano primo

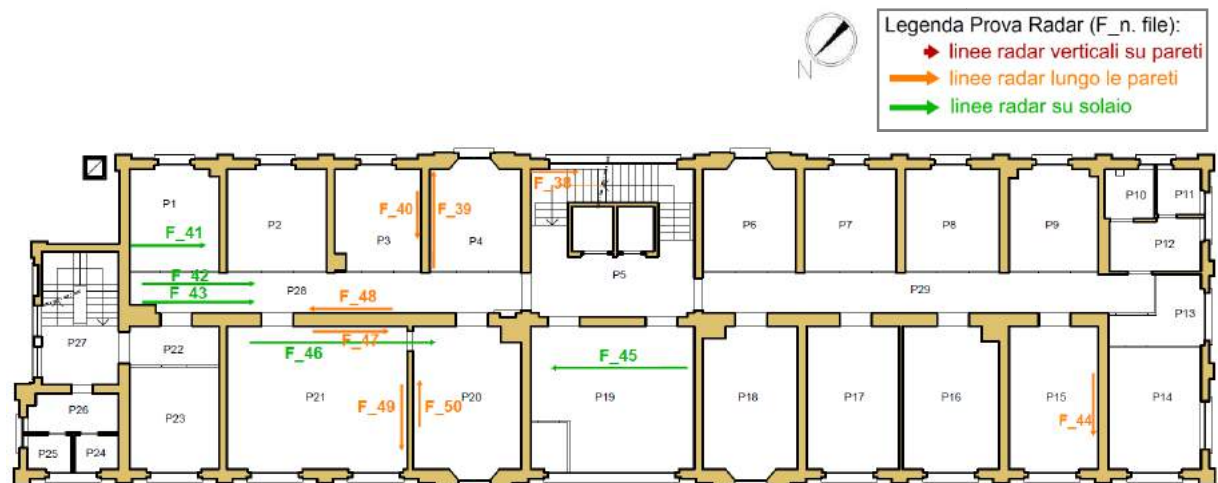
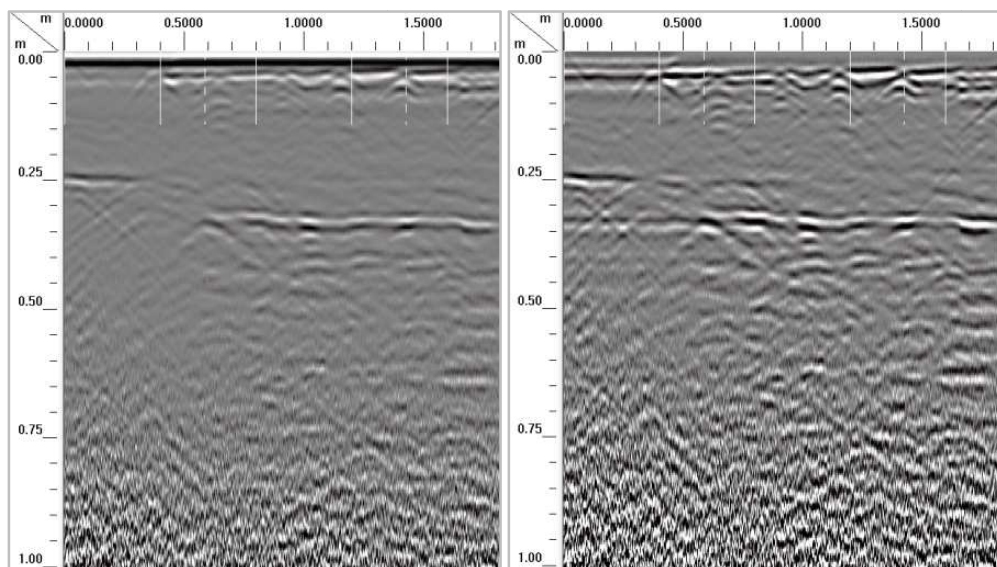


Figura 24: Pianta del piano primo con le relative linee radar acquisite

F_038

File:	038
Stanza:	P5 Scale
Parete:	SE
Linea di rilievo:	Orizzontale
Lunghezza linea:	1.80 m
Quota:	1.50 m



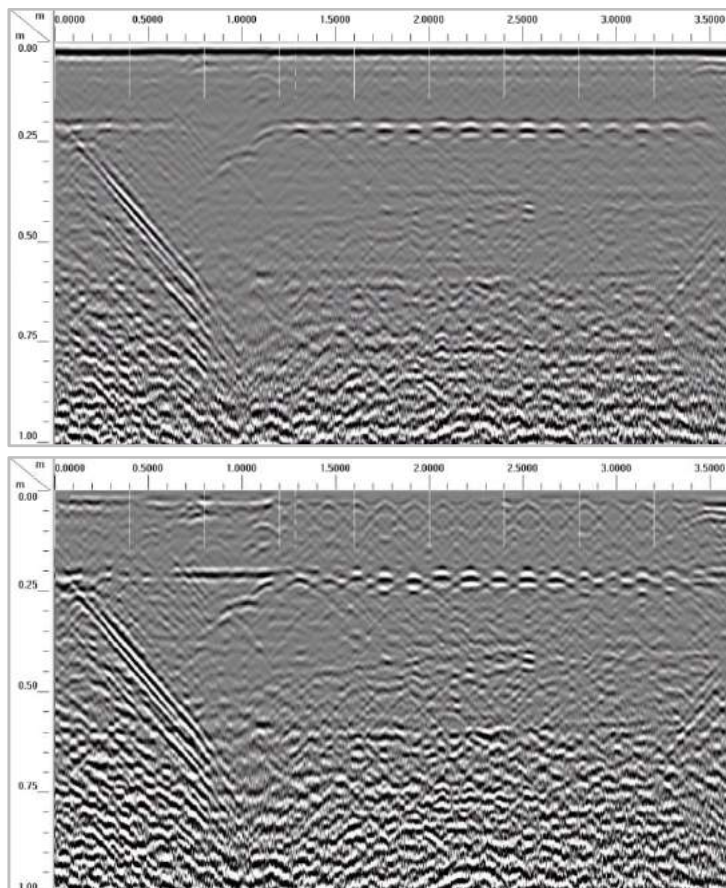
F038 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (a sinistra), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (a destra); di fianco alla tabella porzione di pianta del piano primo con riportata in arancione la posizione di acquisizione della linea radar orizzontale F_38.

NOTE:

Ci troviamo nel vano scale situato nella zona centrale dell'edificio. F_38 è la linea di rilievo orizzontale acquisita lungo la parete SE della stanza P5 (vano scale), alla quota di 1,50 m partendo dall'angolo Est del pianerottolo (già su scasso). Sono presenti 2 marker: uno a fine scasso, l'altro a filo infisso (la linea radar prosegue sotto di esso). Non siamo purtroppo in possesso di dati relativi a questo scasso, non possiamo quindi avere un riscontro certo delle nostre ipotesi.

Nel primo tratto, in corrispondenza di dove era stato eseguito uno scasso, probabilmente a scopo di indagini diagnostiche, si può notare che la risarcitura è avvenuta con materiale diverso e sono assenti i riflettori, i quali iniziano dal cm. 33 delle ascisse del radargramma, probabilmente riconducibili ai ferri di armatura della parete in c.a. Lo spessore apparente della parete risulta essere circa 36 cm, quello reale 39. Si riscontra inoltre un'interfaccia per i primi 25 cm di acquisizione.

F_039



File: 039

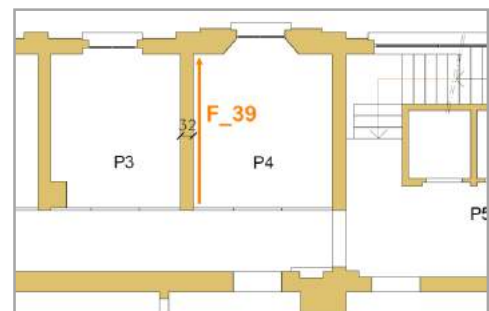
Stanza: P4

Parete: NE

Linea di rilievo: Orizzontale

Lunghezza linea: 3.60 m

Quota: 1.50 m



F039 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (in alto), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (in basso). Sotto alla tabella è riportata una porzione della pianta con la linea di rilievo F_39 e lo spessore della parete su cui è stata acquisita.



Figura 25: Foto dello scasso effettuato sulla parete NE della stanza P4, prima del prelievo del laterizio (Controls)

NOTE:

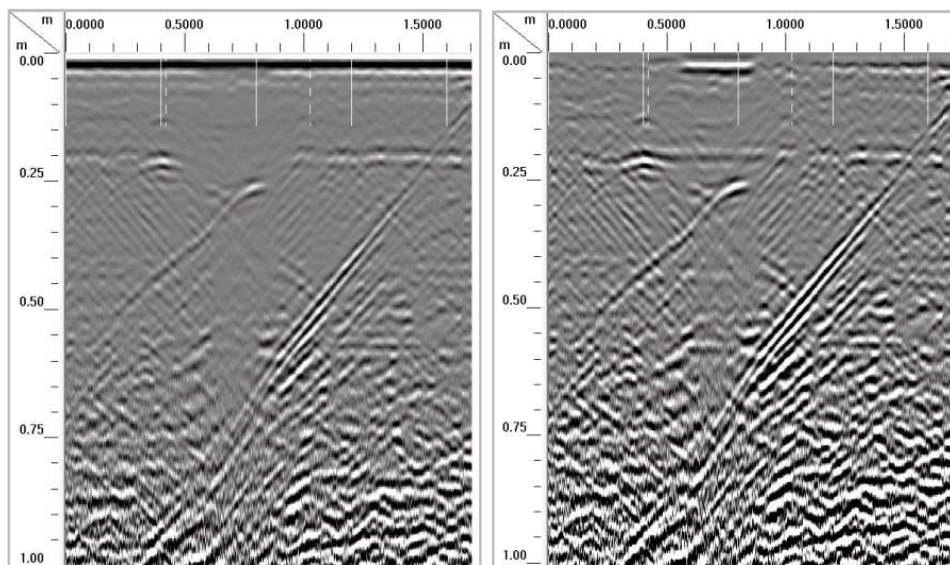
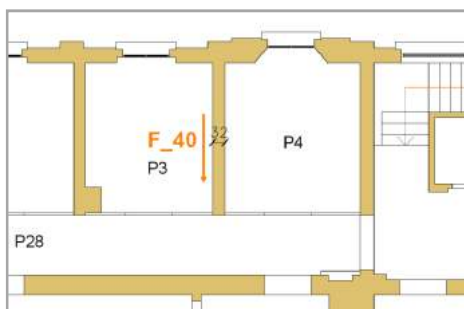
Linea di rilievo orizzontale acquisita lungo tutta la parete NE della stanza P4, da sx a dx, alla quota di 1,50 m dal piano di calpestio partendo dallo scasso presente su di essa e marker a fine scasso. Si presuppone essere una parete di blocchi di laterizio forati; ipotesi confermata da Fig.28. La linea di riflesso del retro della parete appare alla profondità di 20 cm; lo spessore reale, da rilievo in sito, risulta essere 32 cm. Nel termogramma sono chiaramente leggibili iperboli ogni 15 cm a 2 cm di profondità dalla superficie di prova; poiché risultano molto deboli si esclude la presenza di rete di rete e.s. e si ipotizzano essere dovute al riscontro dei giunti di malta tra un blocco e l'altro, restituendoci in questo modo anche la loro lunghezza (trattandosi di una linea orizzontale).

La parete risulta fortemente manomessa in zona scasso, effettuato da Controls per un prelievo di malta e mattone dalla muratura; in tale porzione corrispondente del radargramma appaiono assenti, o comunque in numero minore, le iperboli ipotizzate essere dovute alla lettura dei giunti malta, probabilmente il "vuoto" del mattone prelevato è stato risarcito con cls.

Si suppone la presenza di rete e.s. forse sull'altra faccia della muratura dato che la linea di riflessione del retro parete appare abbastanza frastagliata. Ipotesi esclusa dal successivo termogramma eseguita dall'altra parte della parete.

F_040

File:	040
Stanza:	P3
Parete:	SO
Linea di rilievo:	Orizzontale
Lunghezza linea:	1.70 m
Quota:	1.00 m



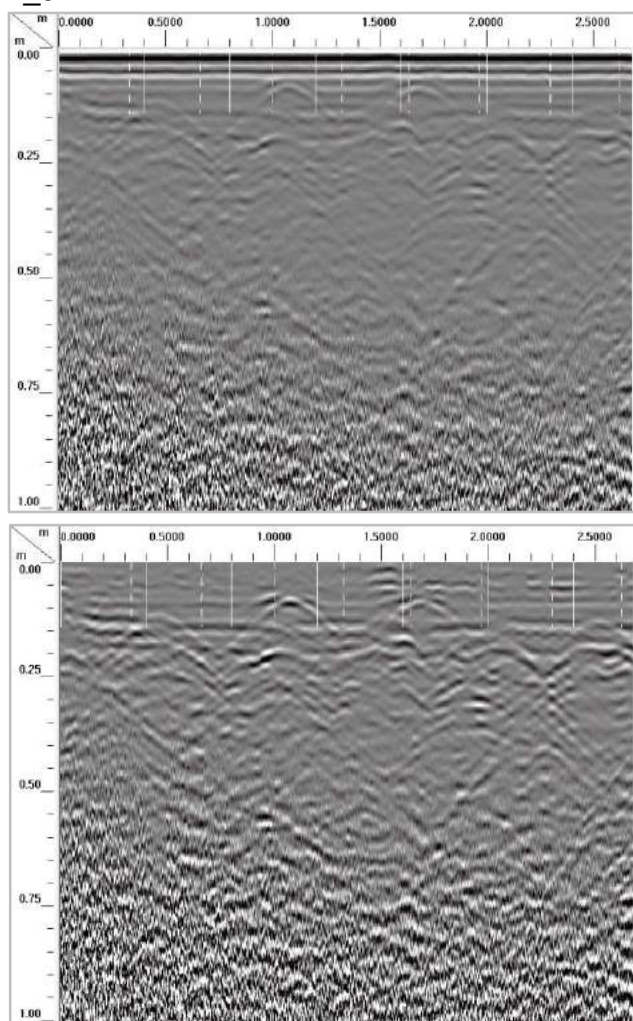
F040 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (a sinistra), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (a destra); di fianco alla tabella porzione di pianta del piano primo, con riportata in arancione la linea radar orizzontale F_40 acquisita lungo la parete SO della stanza P4.

NOTE:

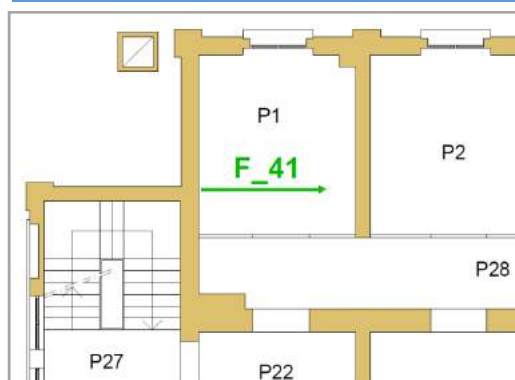
Linea di rilievo orizzontale acquisita alla quota di 1,00m (passando per metà scasso) lungo la parete SO della stanza P3 situata sul retro dell'edificio, al piano rialzato. Si ipotizza una parete in blocchi di laterizio forati; ipotesi confermata dal file radar precedente (vedi Fig.28), trattandosi della stessa parete indagata.

Marker presenti a inizio e fine scasso; in tale porzione di muratura la parete di forati appare più spessa (26 cm) rispetto a resto del file (21 cm), quindi forse lo scasso è stato risarcito con mattoni pieni; anche la parte superficiale della risarcitura appare di materiale diverso rispetto all'intonaco circostante.

F_041



File:	041
Stanza:	P1
Parete:	Solaio
Linea di rilievo:	A pavimento
Lunghezza linea:	2.70 m
Quota:	0 m



F041 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (in alto), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (in basso). Sotto alla tabella è riportata una porzione NE della pianta del piano prima con la linea radar F_41.

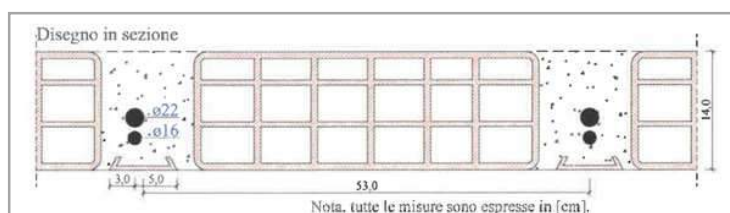


Figura 26: Sezione schematica del solaio presente nella stanza P1. Il solaio di questo piano (Piano Primo) risulta essere quello originale dell'anno di costruzione, 1926, ha quindi più di 90 anni (Controls)

NOTE:

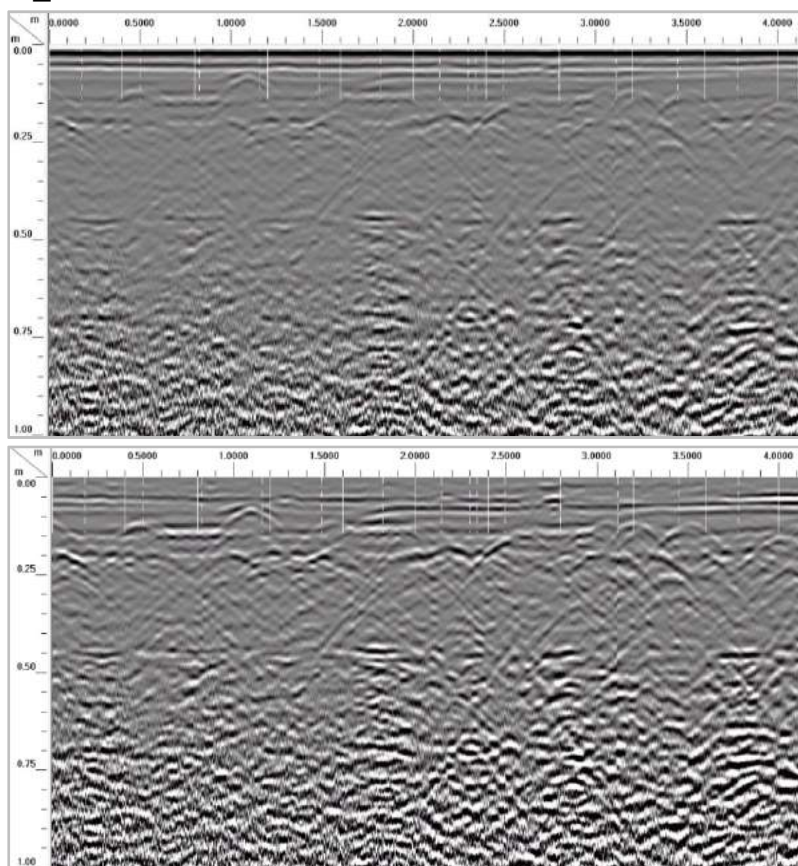
File radar effettuato nella stanza P1 situata al primo piano nell'angolo Est dell'edificio. La linea radar è stata acquisita a 90 cm dalla parete NO della stanza, direzione NE/SO. Marker inserito a ogni fuga tra le piastrelle di lato 33 cm.

A inizio file siamo passati vicini a 2 fori (di diametro diverso) nelle piastrelle (possibili prove con endoscopia ma non disponiamo di tale documentazione). Si notano stratificazioni sotto

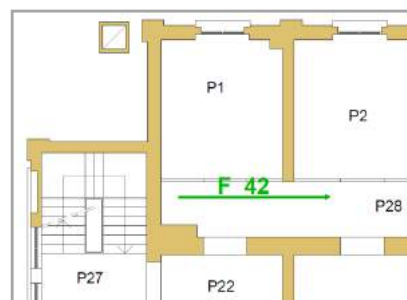
alle piastrelle. Sono inoltre presenti due iperboli a 1,1 m e 1,7 m dell'ascissa, a 8-9 cm di profondità; probabilmente sono impianti.

Non si vede chiaramente l'intradosso ma si notano iperboli a profondità di c. 19 cm, a interasse di circa 45-55 cm forse corrispondenti alla posizione dei travetti nella soletta, i quali dovrebbero essere infatti orditi perpendicolarmente alla nostra linea radar.

F_042



File:	042
Stanza:	P28
Parete:	Solaio
Linea di rilievo:	A pavim.
Lunghezza linea:	4.15 m
Quota:	0 m



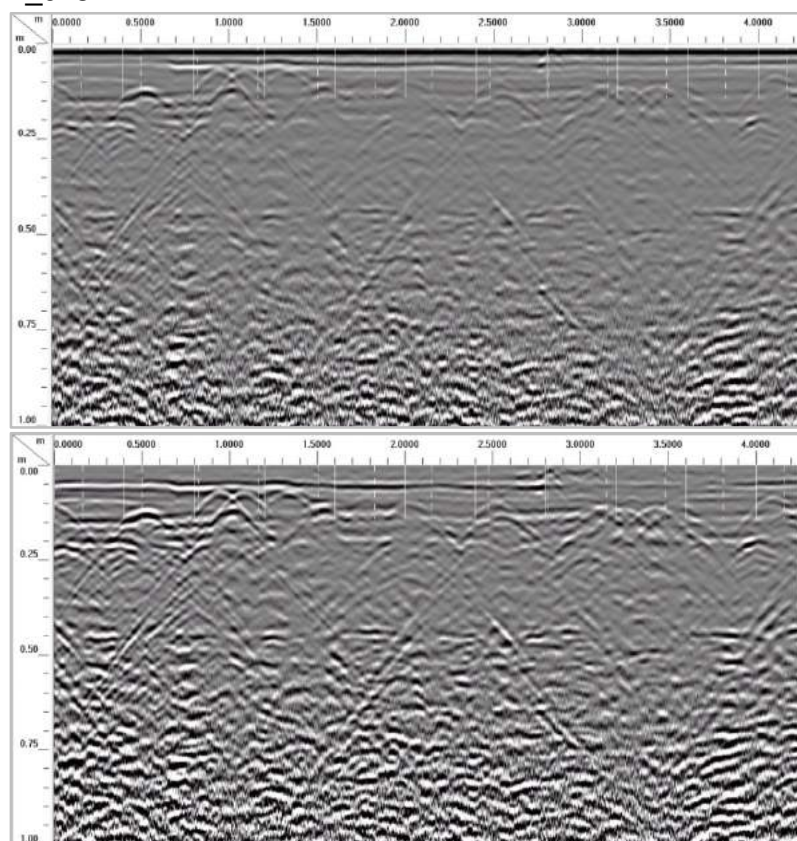
F042 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (in alto), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (in basso). Sotto alla tabella è riportata una porzione di pianta del piano primo con la linea radar F_42.

NOTE:

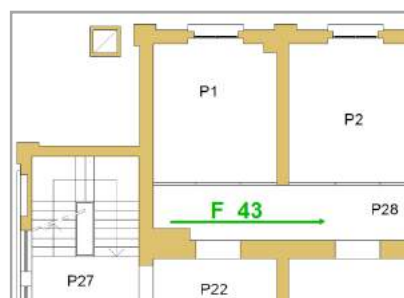
Linea a pavimento acquisita nella stanza P29 (Corridoio) al piano primo, a 50 cm dalla parete SE, direzione NE/SO. Marker posizionato ad ogni fuga tra le piastrelle (lato 33 cm) e doppio marker in corrispondenza della fine del file precedente.

L'intradosso del solaio appare a 45 cm di profondità. Si percepiscono anche le posizioni dei travetti del solaio, grazie a iperboli (deboli ma con rami lunghi) poste a 20 cm di profondità, con interasse di circa 55 cm. Inoltre, si legge un'interfaccia a circa 20 cm di profondità. Sono presenti anche un'iperbole più larga e superficiale, a 8 cm di profondità, a circa $X=1,1$ m e un'altra $X=2,75$ m ancora più superficiale; probabilmente dovute al passaggio di impianti inglobati nel massetto del pavimento. Si leggono stratificazioni sotto al piano di posa delle piastrelle.

F_043



File:	043
Stanza:	P28
Parete:	Solaio
Linea di rilievo:	A pavim.
Lunghezza linea:	4.15 m
Quota:	0 m



F043 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (in alto), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (in basso). Sotto alla tabella è riportata una porzione della pianta del piano primo con la linea radar F_43.

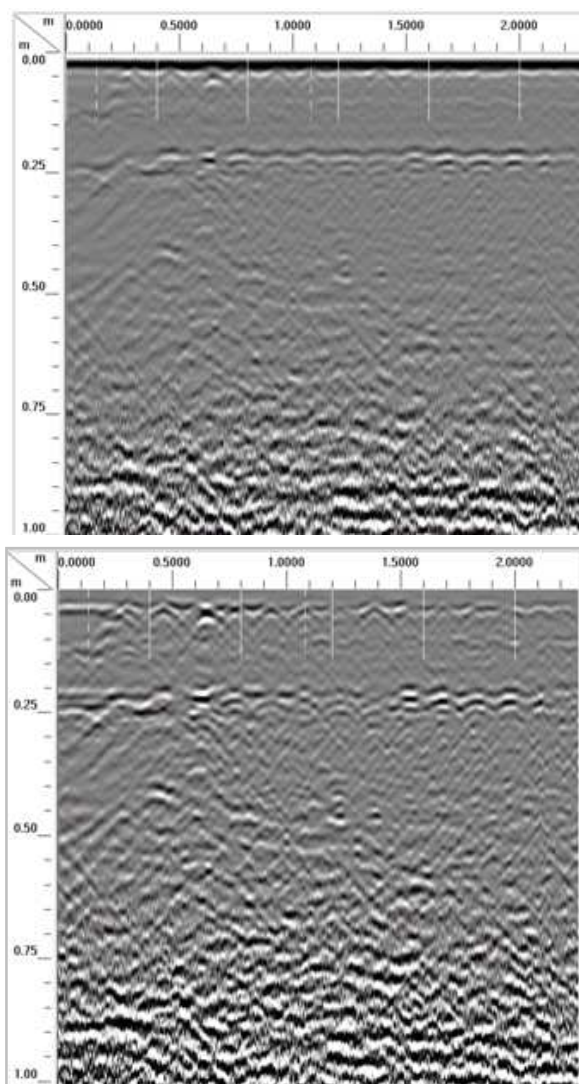
NOTE:

Linea a pavimento acquisita nella stanza P29 (Corridoio) al piano primo, parallela alla precedente, ma più spostata verso parete N-O. Posizione di inizio e fine sono simili al file precedente. Marker a ogni fuga tra le piastrelle, doppio marker in corrispondenza della fine del file precedente.

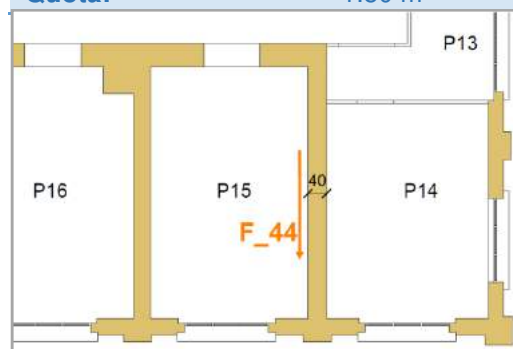
Iperboli superficiali (a c. 6 cm di profondità) sovrapposte a c. 1-1,3 m dall'inizio del file; sono riconducibili alla presenza di impianti. È presente nel radargramma anche un altro riflettore più superficiale (a un paio di cm di profondità) e più piccolo a $X=2,8$ m.

L'intradosso del solaio appare a 45 cm di profondità ma probabilmente è il controsoffitto. Si percepiscono anche le posizioni dei travetti del solaio, grazie a iperboli (deboli ma con rami lunghi) poste a 20 cm di profondità, con interasse di circa 53 cm. Inoltre, si leggono interfacce a circa 15 e 20 cm di profondità. Si leggono stratificazioni sotto a piastrelle.

F_044



File:	044
Stanza:	P15
Parete:	SO
Linea di rilievo:	Orizzontale
Lunghezza linea:	2.30 m
Quota:	1.50 m



F044 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (in alto), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (in basso). Sotto alla tabella è riportata una porzione della pianta del piano primo contenente la linea radar F_44

NOTE:

Linea radar orizzontale acquisita lungo la parete SO, direzione SE/NO, della stanza P15, situata al piano primo della palazzina. Spessore apparente della parete di 21 cm; spessore reale pari a 40 cm. Iperboli superficiali a circa 3 cm di profondità dalla superficie di prova, con passo di 15 cm; si ipotizzano in corrispondenza dei giunti di malta dei blocchi di laterizio, si esclude possano essere dovute alla lettura di una rete e.s. perché contrassegnate da un segnale debole.

Due marker, a inizio e fine scasso; manomissione eseguita da Controls per prelievo di campione di malta e mattone; non si notano tuttavia alterazioni dal radargramma. Tale prova ha confermato la presenza di forati.

F_045

File: 045

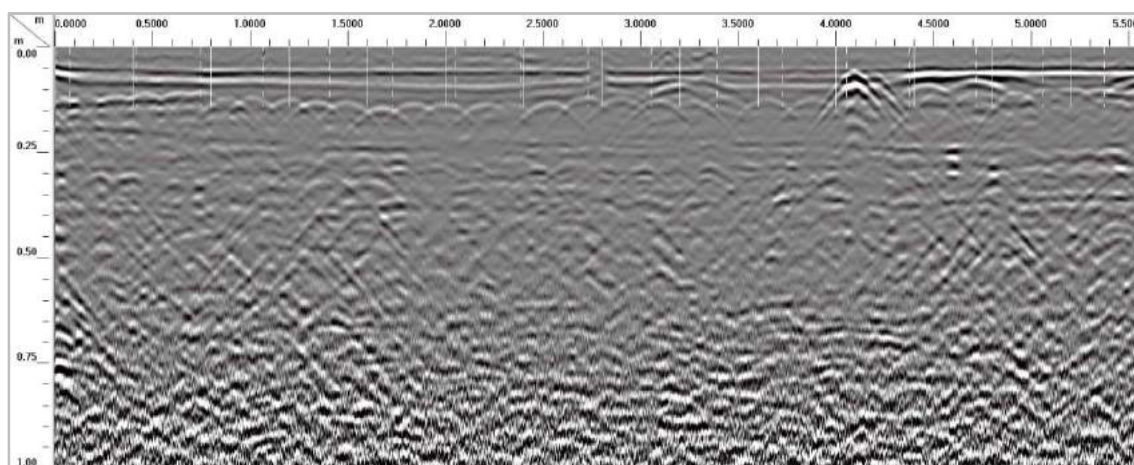
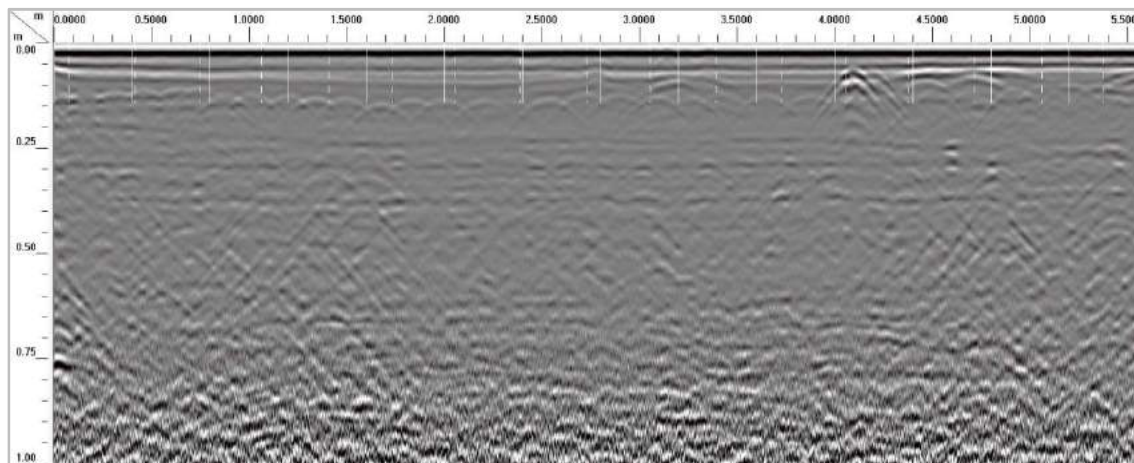
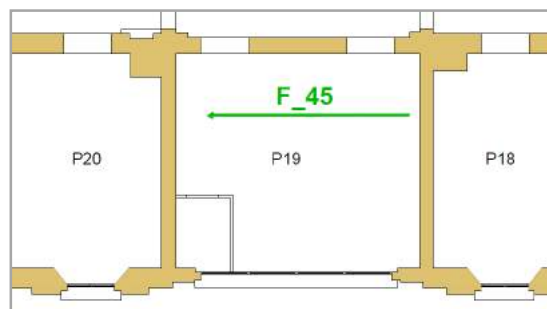
Stanza: P19

Parete: Solaio

Linea di rilievo: A pavimento

Lunghezza linea: 5.10 m

Quota: 0 m



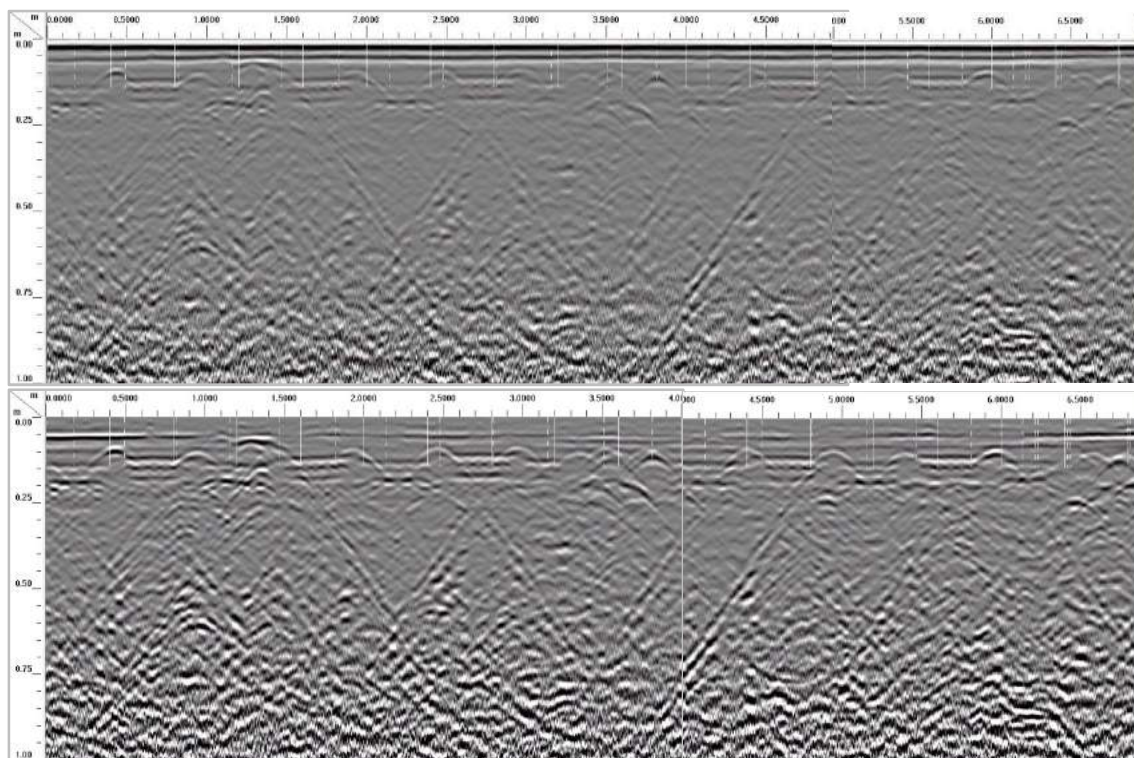
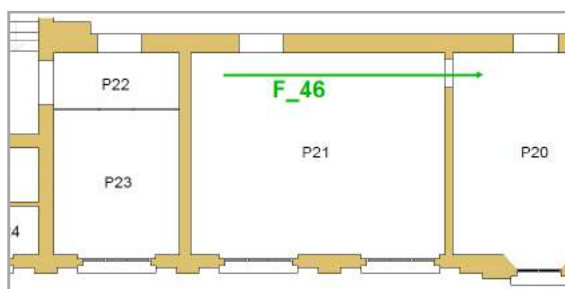
F045 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (in alto), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (in basso).

NOTE:

Linea a pavimento acquisita nella stanza P19 al piano primo, a circa 1,50 m di distanza dalla parete del corridoio, direzione S-O/N-E., fine linea quasi in fondo alla stanza. Marker a ogni fuga tra le piastrelle. Presenza di un impianto inglobato nella soletta del pavimento all'altezza della 2° porta a X=4.1m, alla profondità di circa 12 cm. Si possono distinguere varie stratificazioni sotto alle piastrelle. Iperboli a profondità e interasse variabile (a c. 13 cm di profondità). Stratificazioni a 19-24 cm e 29 cm.

F_046

File:	046
Stanza:	P21
Parete:	Solaio
Linea di rilievo:	A pavimento
Lunghezza linea:	6.95 m
Quota:	0 m



F046 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (in alto), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (in basso).

NOTE:

Linea a pavimento acquisita nella stanza P21 al piano primo, a circa 0,6 m di distanza dalla parete del corridoio, direzione NE/SO. Inizio vicino ad armadio presente sulla parete NE, termine nella stanza P20. Marker ad ogni fuga tra le piastrelle; doppio marker in corrispondenza della soglia tra i 2 ambienti (P21 e P20).

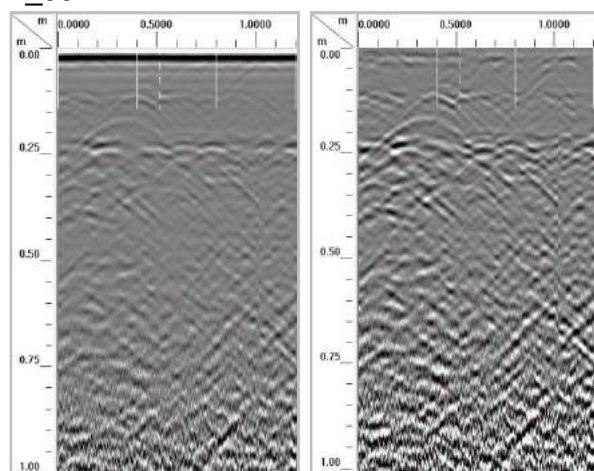
Si osservano varie stratificazioni sotto alle piastrelle. Iperboli a profondità e interasse variabile (a c. 13 cm di profondità). Stratificazioni a 19-24 cm e 29 cm.

Esterno (retro dell'edificio)



Figura 27: Prospetto del retro dell'edificio (parete SE) con le relative linee radar acquisite

F_061



F061 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (a sinistra), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (a destra).

NOTE:

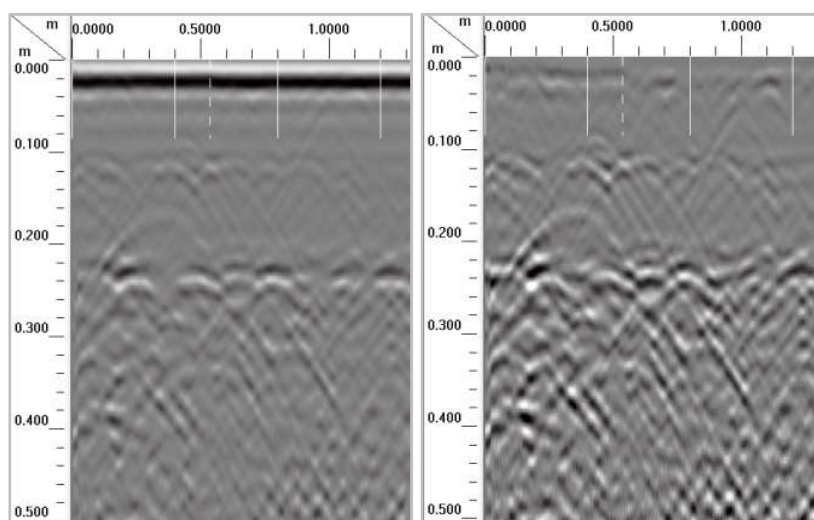
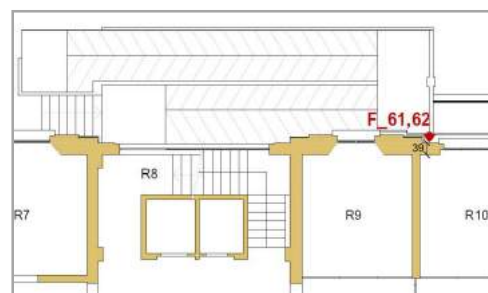
Linea radar verticale dal basso acquisita all'esterno dell'edificio, sul retro (parete SE), da quota parapetto della rampa, alla dx del davanzale della finestra (dove è stato messo un marker) della stanza R9.

Si riesce a vedere la linea di riflessione del retro indicante lo spessore murario a c. 23 cm. Possibile parete di forati.

File:	061
Stanza:	Esterno
Parete:	SE
Linea di rilievo:	Verticale
Lunghezza linea:	1.20 m
Quota:	1.50 – 2.70 m (dal piano del marciapiede perimetrale all'edificio.
Range Gain:	-GP1: 12 dB -GP2: 80 dB

F_062

File:	062
Stanza:	Esterno
Parete:	SE
Linea di rilievo:	Verticale
Lunghezza linea:	1.30 m
Quota:	1.50 – 2.80 m (da piano marciapiede perimetrale l'edificio)
Range Gain:	-GP1: 5 dB -GP2: 55 dB



F062 – correzione del tempo 0 e display gain 6 (a sinistra), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 12 (a destra).

Figura 32: porzione di pianta del piano rialzato con riportati i punti acquisizione dei file F_61 e F_62 e lo spessore della parete oggetto di indagine.

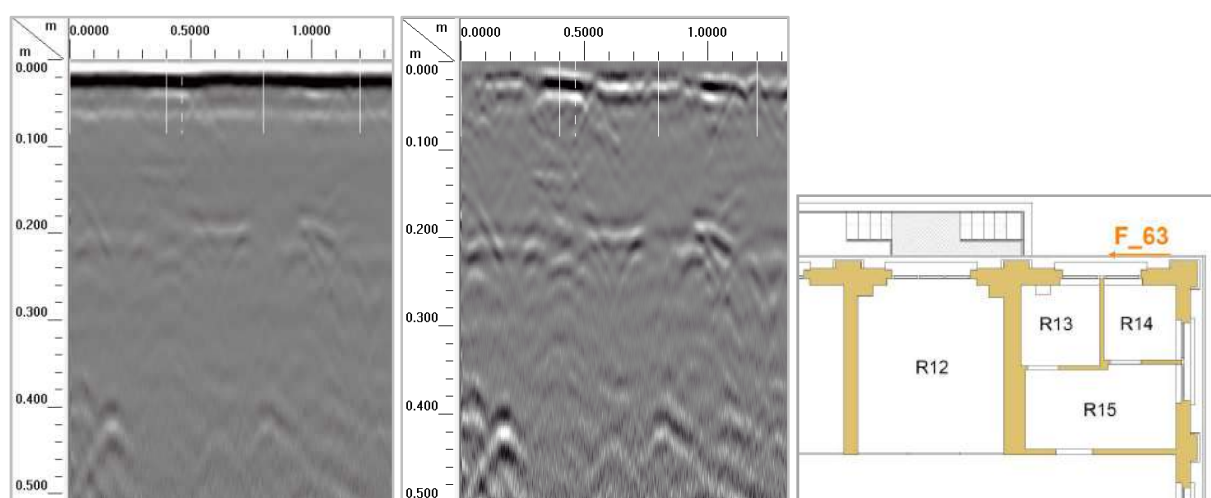
NOTE:

Linea radar verticale dal basso, acquisita all'esterno dell'edificio, sul retro (parete SE), dalla quota del parapetto della rampa (1,50 m dal piano del marciapiede perimetrale all'edificio), alla dx del davanzale della finestra della stanza R9. Si ripete il precedente, ma con settaggi diversi: è stata modificata l'amplificazione del segnale (GP1=5 dB, GP2=55 dB), restringendola rispetto al precedente.

Marker inserito all'altezza del davanzale della finestra della stanza R9. Nel termogramma si riesce a individuare anche la linea di riflessione del retro parete indicante lo spessore murario di c. 23 cm; lo spessore reale, da rilievo, risulta essere 39 cm. Si suppone essere una parete di forati. È inoltre rilevabile un'interfaccia discontinua a metà spessore della parete.

F_063

File:	063
Stanza:	Esterno
Parete:	SO, vicino angolo S
Linea di rilievo:	Verticale
Lunghezza linea:	1.30 m
Quota:	1.00 m (dal piano del marciapiede perimetrale all'edificio.
Range Gain:	-GP1: 5 dB -GP2: 55 dB



F063 – correzione del tempo 0 e display gain 12 (a sinistra), rimozione degli elementi costanti (background removal) e display gain 20 (a destra); in basso a destra è riportata una porzione della pianta del piano primo contenente la linea radar F_63

NOTE:

Linea di rilievo orizzontale acquisita all'esterno dell'edificio, sul retro (fronte SE), vicino a angolo S, a quota 1 m, sotto alla St. R14. Marker inserito in corrispondenza di una crepa presente nella parete.