



REGIONE AUTONOMA DI SARDEGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

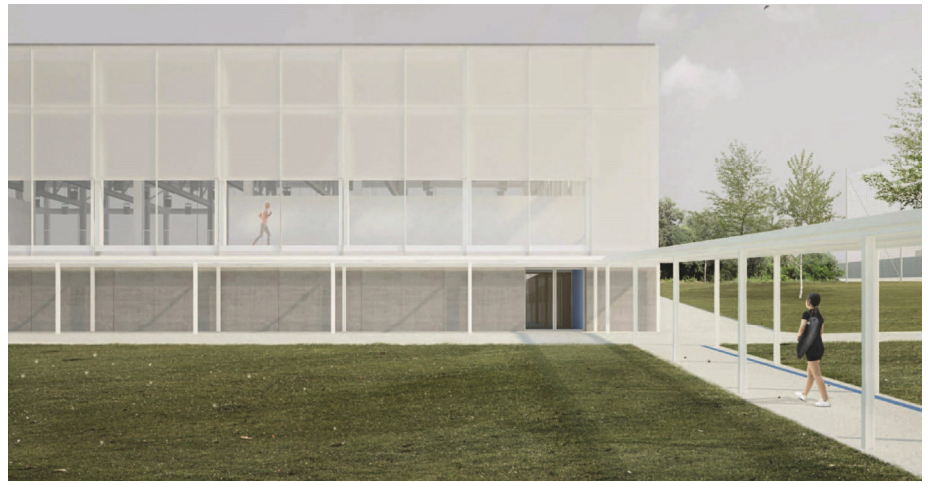


COMUNE DI SEDILO

PROVINCIA DI ORISTANO



ORDINE INGEGNERI
PROVINCIA DI NUORO
N. A107 - Settori A B C
Dr. Ing. Giovanni Antonio Mura



PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ DELLA REGIONE SARDEGNA - INTERVENTO DI ASSE I "SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO"

RIQUALIFICAZIONE DEL PLESSO SCOLASTICO INFANZIA, PRIMARIA E SECONDARI DI I GRADO

PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA

PROGETTAZIONE

MANDATARIA:



MANDANTI:

Ing. Alessio Bellu
Arch. Stefano Piano
Arch. Anna Corda
Arch. Roberta D'Angelo
Arch. Luca Frongia
Dott. Forest. Antonio Mario Denti
Dott.ssa Stefania Uda

Gruppo di lavoro:

Ing. Giovanni Antonio Mura Geom. Daniele Piras
Ing. Roberto Barracu Ing. Giampaolo Mugheddu
Ing. Sandro Uda Arch. Gina Piredda
Arch. Cristina Cabula Arch. Manuela Demurtas
Ing. Davide Piga Dott. Geol. Simone Asoni
Geom. Elio Piras Arch. Eleonora Betteghella
Geom. Alberto Betterelli Arch. Maria Pirastu
Geom. Luca Casu Arch. Francesco Farris
Ing. Jacopo Congiu Dott.ssa Federica Pitzalis
T.I.E.E. Fabrizio Soma
Ing. Egidio Rubanu
Arch. Salvatore Mula
Arch. Gaia Tedde
Arch. Alessio Cuboni

Il Sindaco
Dott. Salvatore Pes

Il RUP
Geom. Antonino Faedda

04 - PROGETTO STRUTTURALE

Prove sperimentali in sito 2025 - Scuola

SCALA

| PROGETTO | RESPONSABILE | CODICE ELABORATO | | | |
|-------------|-------------------|------------------|-----------|------------|-----------|
| M T 1 2 2 0 | G.A. Mura | M T 1 2 2 0 | F 0 4 P S | 1 4 R E L | B |
| B | seconda emissione | Novembre 2025 | M. Piras | D.Piga | G.A. Mura |
| REV. | DESCRIZIONE | DATA | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |



4 EMME Service S.p.A.

Prove in sito – Laboratorio prove materiali

Sede legale: Via L. Zuegg, 20 – 39100 Bolzano (BZ) – ITALY www.4emme.it

Filiale di Cagliari: Loc. Pixina Matzeu, ex ss 131 km 7,3 – 09028 Sestu (CA) – Tel. 070-490732 cagliari@4emme.it
Sistema Qualità ISO 9001: 2015 certificato RINA nr. 6441/01/S

PROVE SPERIMENTALI IN SITO

POLO SCOLASTICO

Scuola Primaria e dell'Infanzia

Via Carlo Alberto - SEDILO

PROVA N. 7755/CA

10 aprile 2025

Committente: **Metassociati S.r.l.**

Relatore: **Dott. Geol. Michele Piras**



Vista struttura

Rif: CA/23/25

Cagliari, 15 maggio 2025

INDICE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | PREMESSA | 3 |
| 2 | INDAGINI SUI MATERIALI | 4 |
| 2.1 | Schede delle indagini eseguite | 4 |
| 2.2 | Localizzazione delle zone di indagine | 8 |
| 2.3 | Risultati indagini..... | 10 |
| 2.3.1 | Carotaggio calcestruzzo | 10 |
| 2.3.2 | Indagini di laboratorio su campioni di armatura | 12 |
| 2.3.3 | Valutazione resistenza calcestruzzo con Pull Out | 13 |
| 2.4 | Verifiche strutturali | 14 |
| 3 | INDAGINE TERMOGRAFICA | 16 |
| 3.1 | Premessa | 17 |
| 3.1.1 | Solaio copertura piano terra..... | 17 |
| 3.1.2 | Solaio copertura piano primo | 18 |

1 PREMESSA

La Società **4 EMME Service S.p.A.** è stata incaricata dalla **Metassociati S.r.l.** di effettuare delle indagini sperimentali sui materiali di alcuni elementi strutturali presso i fabbricati della **Scuola dell'Infanzia e Primaria** del **polo scolastico** sito in **via Carlo Alberto** nel **Comune di Sedilo** (NU).

La scelta degli elementi strutturali da sottoporre ad indagine, le modalità di rilevazione e i punti di misura sono stati preventivamente concordati con il *dott. Ing. Davide Piga*.

Le prove sono state eseguite il giorno 10 aprile 2025.

All'esecuzione delle prove era presente:

Geom. Antonino Faedda

Ufficio tecnico comunale

Le indagini sono state realizzate dai tecnici 4 EMME Service S.p.A.:

Dott. Geol. Michele Piras

Geom. Roberto Talarico



Foto aerea ubicazione fabbricato oggetto dell'intervento (fonte google maps)

2 INDAGINI SUI MATERIALI

2.1 Schede delle indagini eseguite

| INDAGINI SUI FERRI D'ARMATURA | |
|--|---|
| <i>Indagini tramite pacometro</i> | |
| <p>Lo scopo della prova è quello di determinare la posizione delle armature, lo spessore del copriferro e, con buona approssimazione, il diametro dei ferri facendo scorrere lungo la superficie mediante una sonda emettitrice di campo magnetico collegata ad un'unità di elaborazione digitale ed acustica.</p> <p>Questo tipo di rilevazione è particolarmente utile per l'esecuzione delle altre prove come il carotaggio ed il Pull-out, che necessitano di evitare le armature.</p> | |
|  |  |
| PROCEDURA | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Posizionare la sonda con l'asse longitudinale nella direzione presunta delle barre. • Muovere la sonda nella direzione presunta delle sbarre e verificare se è quella effettiva. La sonda infatti emette un segnale di diversa intensità a seconda che il tondino rilevato corra parallelamente alla sonda o perpendicolarmente. • Accertato di muoversi nella corretta direzione, tracciare, man mano che si scansiona la superficie, la mappa dei ferri di armatura rilevati tramite un gesso colorato. • Usare le manopole dello strumento per settarlo correttamente e ripassare dove segnato col gessetto per determinare la profondità del copriferro. • Muovere nuovamente le manopole e passare nuovamente lo strumento nei punti contrassegnati dal gessetto al fine di rilevare in più punti il diametro dei ferri d'armatura • Trascrivere le misure rilevate in diversi punti e calcolare i valori medi del diametro delle armature rilevate, il loro passo e la profondità del copriferro. | |
| NOTE | RIFERIMENTI |
| <ul style="list-style-type: none"> • Utilizzare il lato NERO della sonda per coperture di calcestruzzo dai 30 mm ai 90 mm, mentre per coperture inferiori ai 30 mm bisogna girare la sonda mettendo il lato BIANCO a contatto con l'armatura e sottraendo i 30 mm di spessore della sonda dalla profondità segnata sul display. | BS 1881-204 |

INDAGINI SUI CALCESTRUZZI

Carotaggio del calcestruzzo

Lo scopo di questa indagine è di fornire al laboratorio il provino da sottoporre a prova di compressione per determinarne la resistenza e calibrare i risultati ottenuti con metodi non distruttivi. Dalla carota estratta si potrà anche ricavare il modulo elastico e lo spessore della carbonatazione.



PROCEDURA

- Il punto di carotaggio deve essere verificato con il pacometro per evitare di tagliare armature.
- Scegliere l'utensile necessario per il carotaggio con un diametro pari ad almeno tre volte il diametro massimo dell'inerte. E' importante che la lama della carota sia perfettamente affilata per evitare pericolose vibrazioni.
- La carotatrice va fissata con accuratezza e perfettamente ortogonale alla superficie di lavoro.
- Va sempre previsto il tubo per l'acqua di raffreddamento e l'aspiratore del fango di taglio.
- Il rapporto altezza/diametro (snellezza) dei provini deve essere possibilmente pari ad 1 o 2.
- Una volta terminato il prelievo fotografare la carota su un piano di colore neutro insieme ad un foglio di carta ove sia indicata la posizione di estrazione ed un doppio decimetro affiancato alla carota.

NOTE

- L'eventuale presenza di materiale estraneo e/o di anomalie sulla superficie deve essere registrata sul verbale di prelievo.
- È consigliabile effettuare i controlli su carote di snellezza pari a 1 quando si vuole operare in termini di resistenza cubica e quindi effettuare il confronto con R_c .
- Si suggerisce una snellezza pari a 2 quando si vuole operare in termini di resistenza cilindrica ed effettuare il confronto con f_c .

RIFERIMENTI

- UNI EN 12504-1
- LG Valutazione cls in opera 2017

INDAGINI SUI FERRI D'ARMATURA

Prelievo di armature

Lo scopo della prova è quello di prelevare dei ferri d'armatura sui quali andranno poi eseguiti dei test chimici, fisici o meccanici in un laboratorio prove materiali. Questa metodologia prevede l'uso di uno scalpello per togliere il copriferro e di una cesoia per tagliare il ferro. Esso deve essere eseguito in zone di scarsa sollecitazione e deve essere condotto in modo da creare il minor disturbo possibile al manufatto ed ai suoi elementi costitutivi.



PROCEDURA

- Individuare insieme la posizione che arrechi minor disturbo al manufatto.
- Individuare la presenza di ferri di armatura con pacometro e segnare la loro presenza con un gesso colorato.
- Scapitozzare il c.a. sino a liberare il ferro d'armatura per una lunghezza di circa 30 cm o maggiore se richiesti dal Laboratorio.
- Tagliare mediante molatrice o cesoia pneumatica il ferro da prelevare.
- Continuare a raffreddare i ferri d'armatura con getti d'acqua per impedire mutazioni delle caratteristiche chimiche e meccaniche del ferro.
- Dopo il prelievo fotografare il provino su un piano di colore neutro insieme con un foglio di carta ove sia indicata la posizione e un metro semirigido.
- Misurare e annotare il diametro e il copriferro delle armature rilevate.

NOTE

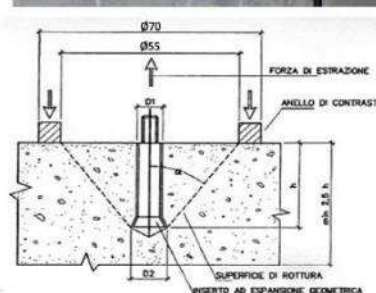
- All'atto della consegna al Laboratorio va allegata anche la planimetria della struttura con l'indicazione dei punti di rilevamento.

RIFERIMENTI

UNI EN ISO 15630-1
D.M. del 17 gennaio 2018 (Cap. 11.3)

| | |
|--|-------------------|
| INDAGINI SUI CALCESTRUZZI | 5 |
| <i>Valutazione resistenza del calcestruzzo con Pull-Out</i> | <i>5.3</i> |

La tecnica di indagine denominata Pull-out è utilizzata per determinare le proprietà meccaniche del calcestruzzo in opera. La metodologia consiste nell'inserire nel calcestruzzo un tassello d'acciaio di forma standard e di estrarlo mediante idonea attrezzatura. Il valore della forza di estrazione, confrontato con una curva di correlazione sperimentale, permette di valutare la resistenza del calcestruzzo.



PROCEDURA

- Individuare la presenza di ferri di armatura con pacometro e segnare la presenza con un gesso.
- Liberare le zone scelte dall'intonaco o quant'altro non faccia parte integrante del materiale in esame.
- Effettuare il foro con l'apposita punta svasata in aree senza ferri per un raggio di 5 cm.
- Pulire il foro con getto di aria e inserire il tassello.
- Ribattere il tassello con il martello e l'opportuno adattatore al fine di farlo aderire perfettamente alle pareti del foro e avvitare il cilindro filettato del martinetto sino a contrasto.
- Attivare l'apparecchiatura di estrazione per produrre la forza di tiro con incremento a velocità costante.
- Stampare i risultati e riportare i valori nella scheda di acquisizione di campo.

La resistenza cubica è valutabile attraverso la correlazione sperimentale:

$$R_c = 1,19 F + 6 \text{ [MPa]}$$

F= forza di estrazione in kN

NOTE

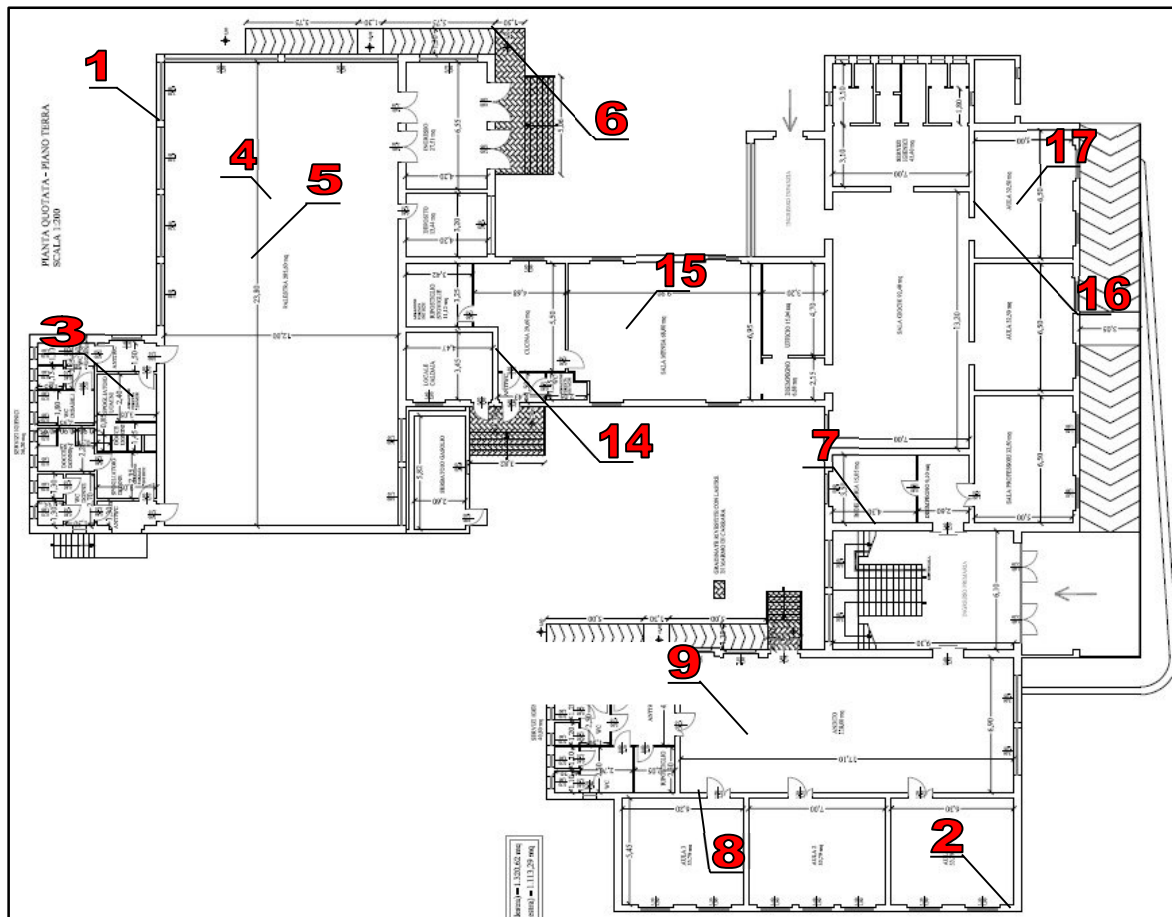
- Vanno eseguite almeno tre prove per zona ottenendo un valore medio di riferimento.
- I tasselli vanno inseriti ad una distanza di circa 20 cm uno dall'altro.
- Lo spessore minimo del calcestruzzo deve essere almeno di 10 cm.
- La distanza minima dai bordi è di 10 cm.

RIFERIMENTI

LG Valutazione cls in opera 2017
Bibliografia: (60), (63), (65)

2.2 Localizzazione delle zone di indagine

Di seguito le planimetrie della struttura con l'indicazione numerica delle zone indagate.



pianta piano terra – ubicazione indagini

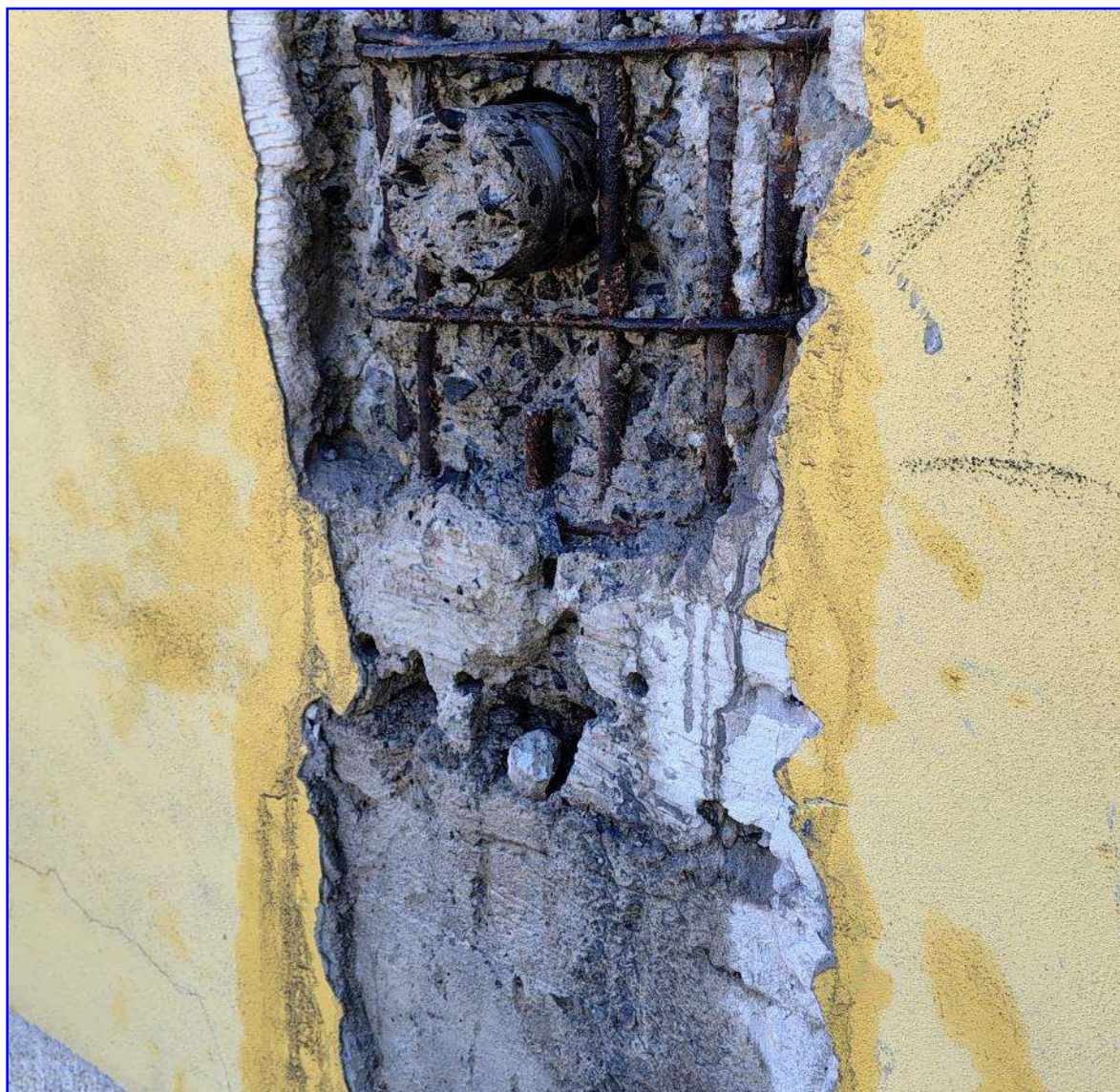
2.3 Risultati indagini

2.3.1 Carotaggio calcestruzzo

Sono stati prelevati n. 2 campioni cilindrici di cls, successivamente sottoposti a prova di compressione in laboratorio. A seguire la tabella riepilogativa dei risultati ottenuti:

| Rif. | Ubicazione | Elemento | Resistenza a compressione [N/mm ²] |
|------|-------------|----------|--|
| 1 | Piano terra | pilastro | 29,0 |
| 2 | | | 26,0 |

Di seguito, la documentazione fotografica esemplificativa sul prelievo mediante carotiere.



Carotaggio - Rif. 1

Segue il certificato di compressione dei campioni cilindrici in cls (carote) estratti:



4 EMME Service S.p.A.
Laboratorio Prove Materiali

Via Scarsellini 13 – 20161 Milano Tel. 02 40092545

laboratorio.mi@4emme.it – www.4emme.it

Sede legale: Via L. Zuegg 20 – 39100 Bolzano

Sistema Qualità ISO 9001:2018 certificato RINA nr. 6441/01/S

Pagina 2 di 2

Rapporto di Prova **NR 2907** **del: 24/04/2025**


| Dati dichiarati | | | Risultati di prova | | | | | | | | |
|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------|----|-----|-------------------------------------|--|--------------|------------------------|------------------------|------------|
| Sigla | Data estrazione | Posizione in opera | Dimensioni [mm] | | h/d | Massa volumica [kg/m ³] | Resistenza a compressione f_c [N/mm ²] | Tipo rottura | Max inerte ϕ [mm] | Armatura rilevata [mm] | Data prova |
| | | | ϕ | h | | | | | | | |
| 1 | 10/04/2025 | Pilastro | 99 | 99 | 1 | 2.354 | 29,0 | S | 30 | -- | 24/04/2025 |
| 2 | 10/04/2025 | Pilastro | 99 | 99 | 1 | 2.228 | 26,0 | S | 25 | -- | 24/04/2025 |

Legenda
 S = rottura soddisfacente NS = rottura non soddisfacente

Note : nessuna

| Attrezzatura utilizzata | | | | | | Certificato di taratura | | |
|-------------------------|----------|--------|-----------|----------|---------|-------------------------|------------|-----------------------|
| Nr. | Nome | Tipo | Matricola | Marca | Portata | Nr. Taratura | Data | Ente |
| 2 | 65L71200 | Pressa | 08004993 | Controls | 250 kN | LAT 104 2270/2024 | 29/11/2024 | Politecnico di Milano |

Lo Sperimentatore
 Geom. Maurizio Negri



Il Direttore del Laboratorio
 Ing. Alessandro Pirovano



Il presente rapporto di prova non può essere riprodotto, anche parzialmente, senza l'autorizzazione del Laboratorio Prove Materiali autorizzato con D.M. 3312 del 21.05.2009 e successivi rinnovi ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/2001.


2.3.2 Indagini di laboratorio su campioni di armatura

Sono stati prelevati n. 2 campioni di barre sottoposti successivamente alla prova di trazione in laboratorio. I risultati sono riassunti nella tabella sottostante:

| Rif. | Ubicazione | Elemento | Ø effettivo [mm] | Tensione di snervamento f_y [N/mm ²] | Tensione di rottura f_t [N/mm ²] |
|------|-------------|----------|------------------|--|--|
| 1 | Piano terra | pilastro | 17,72 | 338,2 | 506,9 |
| 2 | | | 12,08 | 383,4 | 573,4 |

a.m. = aderenza migliorata

Segue il certificato di trazione dei campioni d'armatura estratti:



4 EMME Service S.p.A.
Laboratorio Prove Materiali
Via Scarsellini 13 – 20161 Milano Tel. 02 40092545
laboratorio.mi@4emme.it – www.4emme.it
Sede legale: Via L. Zuegg 20 – 39100 Bolzano
Sistema Qualità ISO 9001:2018 certificato RINA nr. 6441/01/S
Pagina 2 di 2

Rapporto di Prova **NR 2906** **del: 24/04/2025**


| Dati dichiarati | | Risultati di prova | | | | | | | | |
|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|-------------|----------------|--|--|-------|------------|------------|
| Sigla | Data estrazione | Posizione in opera | Tipo di acciaio | Ø Eff. [mm] | Lunghezza [mm] | Tensione di snervamento f_y [N/mm ²] | Tensione di rottura f_t [N/mm ²] | Agt % | Tipo barra | Data prova |
| 1 | 10/04/2025 | Pilastro | -- | 17.72 | 422 | 338,2 | 506,9 | 12,2 | Liscia | 18/04/2025 |
| 2 | 10/04/2025 | Pilastro | -- | 12.08 | 380 | 383,4 | 573,4 | 16,2 | Liscia | 18/04/2025 |

Legenda :
ND=non dichiarato NE = non eseguito


Note : nessuna

| Attrezzatura utilizzata | | | | | | Certificato di taratura | | |
|-------------------------|--------|---------------------|-----------|----------|---------|-------------------------|------------|-----------------------|
| Nr. | Nome | Tipo | Matricola | Marca | Portata | Nr. Taratura | Data | Ente |
| 4 | C807/0 | Macchina Universale | 03074442 | Controls | 600 kN | LAT 104 2268/2024 | 29/11/2024 | Politecnico di Milano |

L.0 Sperimentatore
Geom. Maurizio Negri



Il Direttore del Laboratorio
Ing. Alessandro Pirovano



Il presente rapporto di prova non può essere riprodotto, anche parzialmente, senza l'autorizzazione del Laboratorio Prove Materiali autorizzato con D.M. 3312 del 21.05.2009 e successivi rinnovi ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/2001.

2.3.3 Valutazione resistenza calcestruzzo con Pull Out

Sono state eseguite n.6 prove su altrettanti elementi strutturali, a seguire i risultati dell'indagine e la documentazione fotografica esemplificativa:

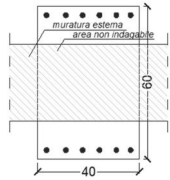
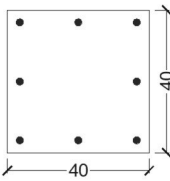
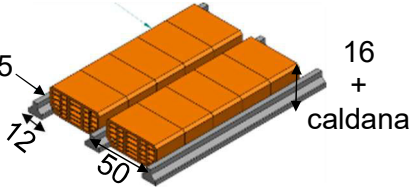
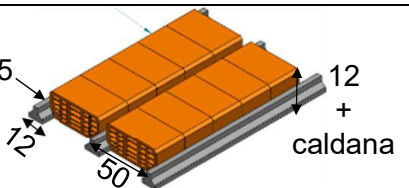
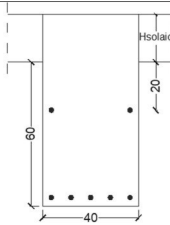
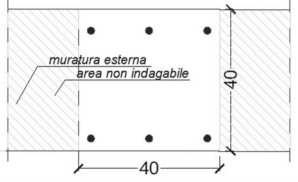
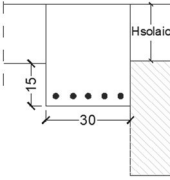
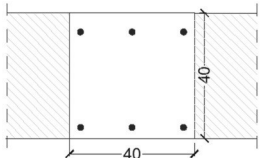
| Rif. | Valore medio R_{mc} [Mpa] | Elemento | Posizione |
|------|--------------------------------|----------|-------------|
| 2 | 32,9 | pilastro | Piano terra |
| 6 | 31,0 | pilastro | |
| 7 | 33,8 | trave | |
| 11 | 35,7 | trave | Piano primo |
| 12 | 32,7 | pilastro | |
| 14 | 31,4 | trave | Piano terra |

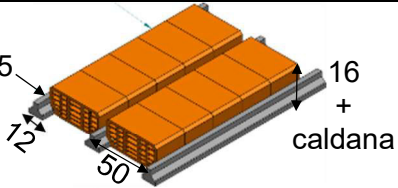
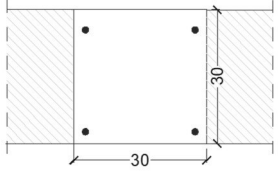
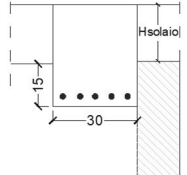
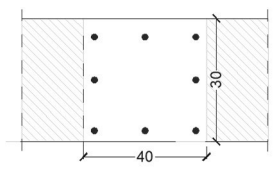
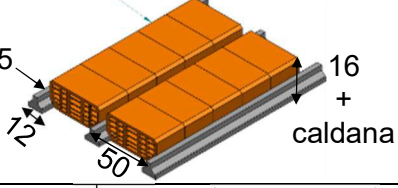
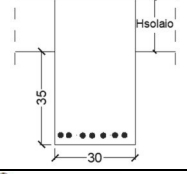
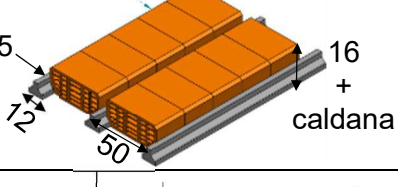
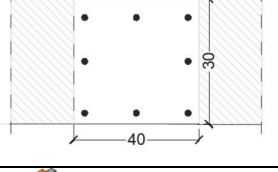
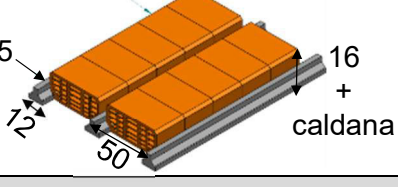


Indagine Pull Out - Rif.2 – Rif. 7; piano interrato

2.4 Verifiche strutturali

Si è proceduto alla verifica in sito delle armature presenti in alcuni elementi strutturali (travi-pilastri-solai) mediante ispezione strumentale talvolta diretta con scarifica meccanica.

| Rif. | Ubicaz. | Elemento | Note |
|------|-------------|----------|---|
| 1 | piano terra | pilastro | Scarifica Correnti: n. 6+6 Ø18 f.l.. Staffe: Ø8/15cm f.l.  |
| 2 | piano terra | pilastro | Scarifica Correnti: n. 8Ø12 f.l.. Staffe: Ø6/15cm f.l.  |
| 3 | piano terra | solaio | n. 4 trefoli Ø5  16 + caldana |
| 4 | piano terra | solaio | n. 2 trefoli Ø5  12 + caldana |
| 5 | piano terra | trave | Scarifica Correnti: • n. 5Ø22 f.l. Staffe: • Ø8/20cm f.l.  |
| 6 | piano terra | pilastro | Scarifica Correnti: • n. 4Ø12+2Ø10 f.l. Staffe: Ø8/15cm f.l.  |
| 7 | piano terra | trave | Scarifica Correnti: • n. 5Ø12 f.l. Staffe: Ø6/25cm f.l.  |
| 8 | piano terra | pilastro | Scarifica Correnti: • n. 4Ø16+2Ø12 f.l. Staffe: Ø8/15cm f.l.  |

| | | | |
|--------------------|-------------|----------|---|
| 9 | piano terra | solaio | n. 5 trefoli Ø5  |
| 10 | piano primo | pilastro | Scarifica Correnti: • n. 4Ø12 f.l. Staffe: Ø6/15cm f.l.  |
| 11 | piano primo | trave | Scarifica Correnti: • n. 3Ø16+2Ø12 f.l. Staffe: Ø6/20cm f.l.  |
| 12 | piano primo | pilastro | Scarifica Correnti: • n. 4Ø16+2Ø12 f.l. Staffe: Ø8/15cm f.l.  |
| 13 | piano primo | solaio | n. 5 trefoli Ø5  |
| 14 | piano terra | trave | Scarifica Correnti: • n. 7Ø16+2Ø12 f.l. Staffe: Ø6/25cm f.l.  |
| 15 | piano terra | solaio | n. 2 trefoli Ø5  |
| 16 | piano terra | pilastro | Scarifica Correnti: • n. 8Ø12 f.l. Staffe: Ø6/17cm f.l.  |
| 17 | | solaio | n. 2 trefoli Ø5  |
| f.l.= ferro liscio | | | |

3 INDAGINE TERMOGRAFICA

Si riporta la scheda relativa alla tipologia di indagini eseguita.

Il processo di diagnosi si attua mentre il calore migra dalla superficie verso l'interno in conseguenza delle diverse capacità di trasmissione. La rapidità di trasmissione del calore è legata a tutti i fenomeni di degrado come l'umidità, il distacco dell'intonaco, le fessurazioni ecc..

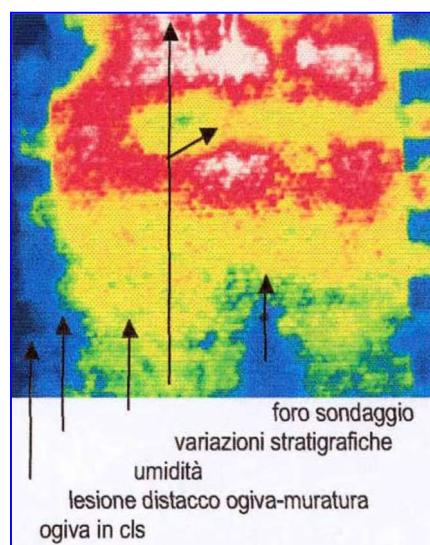
Riscaldando la superficie e/o gli ambienti, artificialmente o con grosse lampade all'interno degli ambienti, o sfruttando il repentino arrivo del sole per gli esterni, si ottiene il transitorio termico voluto e registrando il fenomeno nel frangente si risale alle condizioni di degrado ricercate.



Termocamera Flir T420bx

Tutti i difetti tendono a rallentare in modo diverso la trasmissione del calore. Il rallentamento varia proporzionalmente passando dalla sola presenza di umidità, al distacco, alla fessura, così che è possibile individuare i fenomeni con le diverse tonalità di colore che individuano la temperatura differente tra zone "sane" e zone "difettate".

La termografia è particolarmente indicata anche nella ricerca storica architettonica. Sono infatti facilmente individuabili ampliamenti, chiusure di finestre, presenza di camini o sottoservizi, tessiture murarie sotto l'intonaco, orditura dei solai, omogeneità dei materiali ecc..



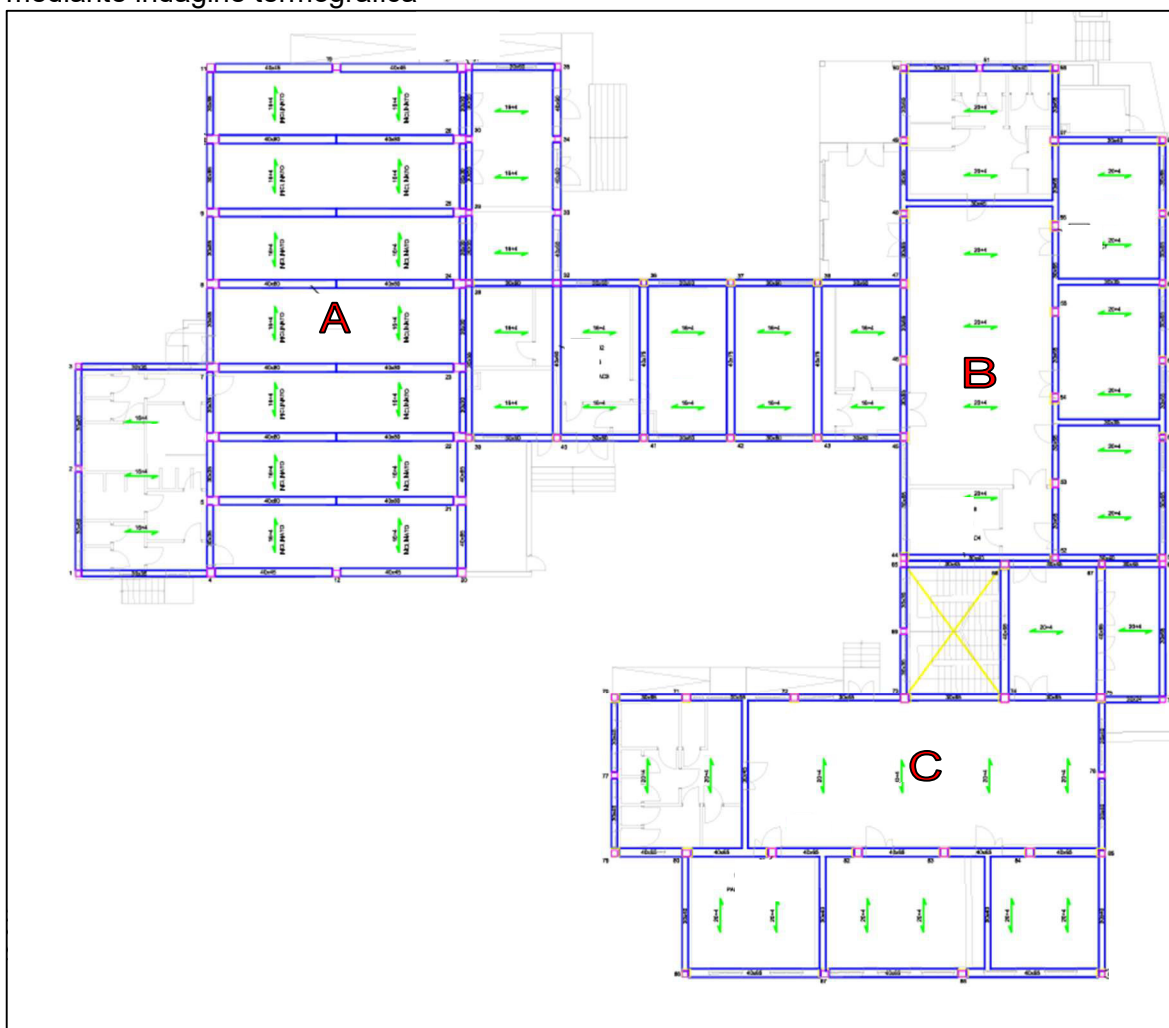
3.1 Premessa

Le rilevazioni termografiche, sono state realizzate all'intradosso dei solai di copertura del piano terra e del piano primo

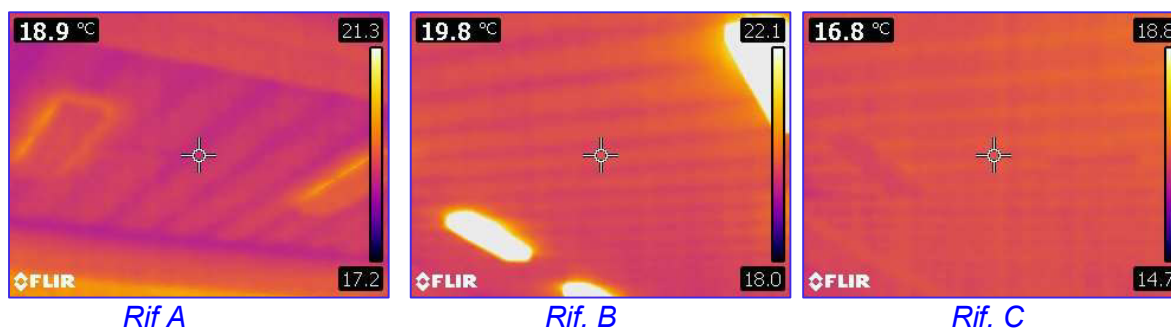
L'indagine è finalizzata alla verifica della direzione di tessitura dei solai indagati

3.1.1 Solaio copertura piano terra

Riportiamo di seguito la planimetria che evidenzia la direzione di tessitura dei solai rilevata mediante indagine termografica

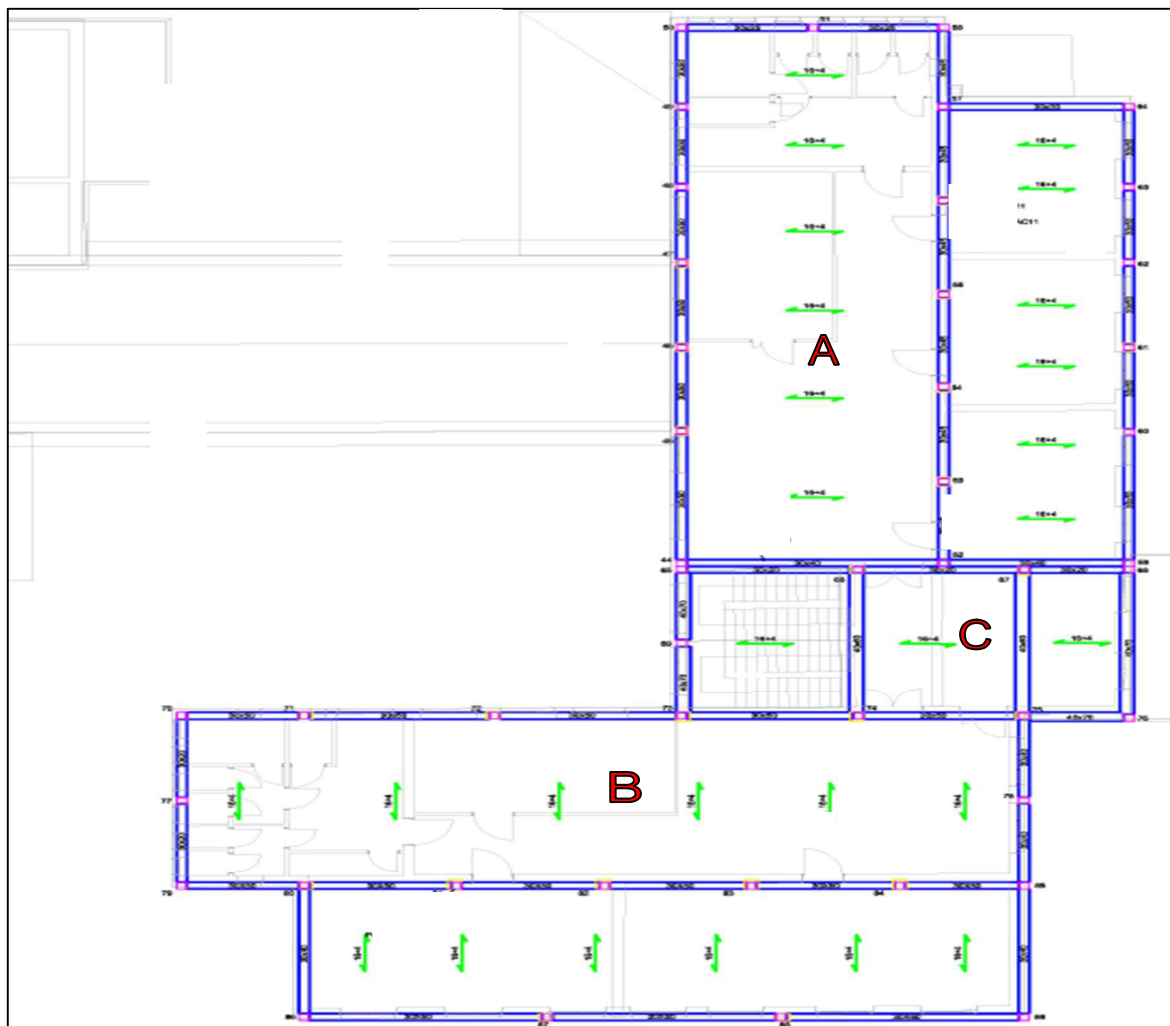


Riportiamo di seguito le termografie esemplificative dell'indagine eseguita

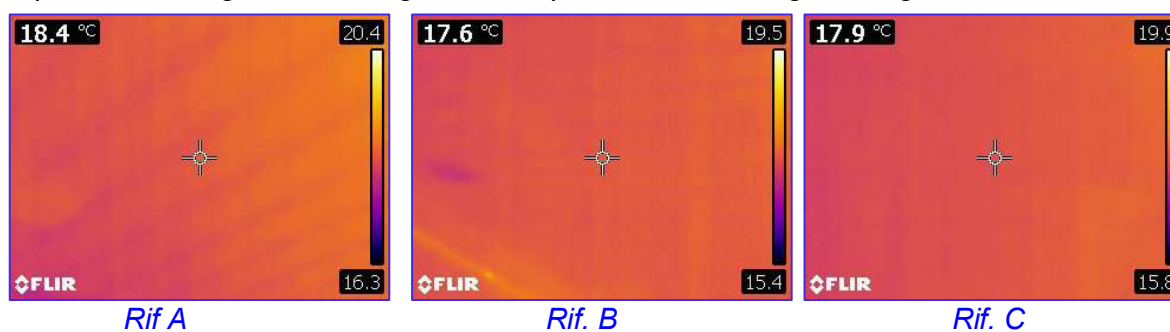


3.1.2 Solaio copertura piano primo

Riportiamo di seguito la planimetria che evidenzia la direzione di tessitura dei solai rilevata mediante indagine termografica



Riportiamo di seguito le termografie esemplificative dell'indagine eseguita



Cagliari, 15 maggio 2025

4 EMME Service S.p.A.
Il Direttore del Centro di Cagliari
dott. Ing. Stefano Damele

Il Relatore
Dott. Geol. Michele Piras

