



RELAZIONE SULLE INDAGINI



Scuola Primaria

Via Santa Veronica
Orosei (NU)

Cod. R22079



Tel 02 36527601
ufficiotecnico@tecnoindagini.it
www.tecnoindagini.it

Committente:
Comune di Orosei
Via Santa Veronica, 5
10075 – Orosei (NU)

INDICE

1.	PREMESSA	2
2.	INQUADRAMENTO DELLE INDAGINI	3
3.	METODOLOGIA D'INDAGINE	4
3.1.	Analisi termografica	4
3.2.	Analisi magnetometrica	5
3.3.	Scarificazione e prelievo armature	6
3.4.	Analisi durezza delle armature	7
3.5.	Prelievo campioni di calcestruzzo	8
3.6.	Analisi profondità di carbonatazione	9
3.7.	Analisi penetrometrica per malte	11
3.8.	Scarificazione murature	12
3.10.	Analisi costruttiva dei solai	13
3.11.	Analisi endoscopiche	14
3.12.	Rilievo geometrico	15
4.	CONCLUSIONI	16

1. PREMESSA

A seguito dell'incarico conferito dalla Committenza si è proceduto all'esecuzione di una campagna di indagini diagnostiche per determinare le caratteristiche strutturali dell'edificio che ospita la Scuola Primaria sito in Via Santa Veronica a Orosei (NU).

Dette indagini seguono un protocollo che prevede verifiche da effettuare in situ, comprensive sia di prove distruttive atte o alla stima diretta dei parametri meccanici dei materiali o al prelievo di campioni di materiale, queste ultime completate da specifiche prove di laboratorio, sia di prove non distruttive (PND) che consentono di estendere i risultati ai punti laddove non condotte prove distruttive. Le stesse PND permettono, tra l'altro, l'individuazione dei tracciati e delle tramature caratteristiche degli elementi portanti sia verticali che orizzontali, il rilievo delle sezioni dei vari elementi in cemento armato, quindi la stima del numero e della dimensione delle armature o ancora l'ispezione di sistemi di rivestimento non accessibili, quali ad esempio controsoffitti continui o contropareti.

I punti di prova sono stati individuati in numero e posizione in modo tale da garantire un livello di conoscenza adeguato ed omogeneo per le varie componenti strutturali del manufatto, supportato ove presente dalla documentazione di progetto.

Si riporta di seguito un elenco non esaustivo relativo alle prove eseguite:

- *Analisi termografica*
- *Analisi magnetometrica*
- *Scarificazione calcestruzzo per rilievi dimensionali al vero delle armature*
- *Analisi durezza delle armature*
- *Prelievo di campioni di calcestruzzo*
- *Analisi della profondità di carbonatazione*
- *Analisi penetrometrica per malte*
- *Scarificazione murature*
- *Analisi costruttiva dei solai*
- *Analisi endoscopica*
- *completamento delle prove distruttive condotte sugli elementi in calcestruzzo armato, i campioni di materiali prelevati dal manufatto sono stati sottoposti a prove di laboratorio, e nello specifico:*
 - *Prove di rottura a compressione sui provini cilindrici di calcestruzzo*

I risultati delle stesse prove sono riepilogati nei certificati emessi dal *Laboratorio Tecnoindagini*, autorizzato con Decreto n.367 del 27/10/2020 del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti all'esecuzione e certificazione di prove sui materiali da costruzione, allegati alla presente relazione.

L'elaborazione e l'interpretazione delle misurazioni ottenute, consente di risalire ai valori di resistenza dei materiali in opera oltreché ad avere un riscontro oggettivo delle strutture; la documentazione fotografica riportata nel Report Diagnostico è di ausilio all'individuazione dei punti di prova delle varie analisi.

2. INQUADRAMENTO DELLE INDAGINI

L'analisi storico critica e la definizione delle unità strutturali sono trattate rispettivamente al capitolo §2.1.2 e §2.1.3 della *Relazione di Verifica di Vulnerabilità Sismica*. Al fine di poter stimare sia le caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati per le strutture portanti, sia la geometria delle sezioni resistenti, e nel caso di elementi in cemento armato la loro carpenteria, possono essere condotte prove sperimentali singole o combinate sulle varie componenti strutturali del manufatto oggetto di verifiche. Le prove eseguite sono ricapitolate nelle tavole degli elaborati grafici denominate *Report Diagnostico*.

3. METODOLOGIA D'INDAGINE

3.1. Analisi termografica

Al fine di permettere l'individuazione ed il riconoscimento delle principali tipologie costruttive adottate per la realizzazione degli impalcati, viene compiuta un'osservazione generale della struttura mediante termocamera ad infrarossi. Tale procedura consente il rilevamento degli elementi strutturali intonacati e la localizzazione di eventuali anomalie presenti nella conformazione degli stessi elementi. Ciò può avvenire grazie alla sensibilità di misurazione dello strumento, che permette di distinguere con colorazioni differenti, zone che ammettono temperature superficiali diverse. La termografia è uno strumento prezioso anche per la valutazione di infiltrazioni e umidità nell'edificio. La presenza di sacche d'aria tra lo strato di finitura ed il supporto può consentire l'osservazione diretta delle zone degradate. La capacità di fornire un'immagine fisica dei percorsi di diffusione dell'umidità offre informazioni più sicure rispetto all'estrapolazione dei dati di umidità rilevate da sonde e comporta tempi inferiori. Le infiltrazioni ed i vuoti d'aria, attraverso la struttura, influiscono anche sulle variazioni di temperatura della superficie. Ciò significa che i difetti di isolamento presenti nelle componenti strutturali che racchiudono un edificio possono essere localizzati ed ispezionati. Grazie alla sua maggiore capacità termica, la parte umida tratterrà il calore più a lungo di quella asciutta e sarà visibile nelle immagini termiche; inoltre, il materiale da costruzione interessato dall'umidità ha una massa termica più elevata e la sua temperatura diminuisce più lentamente rispetto alle aree circostanti a causa dell'effetto capacitivo conduttivo e termico.

Lo scopo principale della termografia consiste nell'individuazione di errori e difetti nelle strutture e nella determinazione della loro natura ed estensione. Generalmente viene utilizzata per studiare l'andamento della temperatura sulle superfici esposte. Le variazioni nella resistenza termica possono infatti, in determinate condizioni, determinare differenze nella temperatura superficiale.

La termocamera permette di misurare e rappresentare la radiazione infrarossa emessa da un oggetto. La radiazione emessa dallo strumento, quale funzione della temperatura della superficie di un oggetto, permette di calcolare e visualizzare tale temperatura. La radiazione rilevata dalla termocamera non dipende solo dalla temperatura dell'oggetto ma è anche una funzione dell'emissività. L'emissività è una misura che si riferisce alla quantità di radiazione termica emessa dall'oggetto, comparata a quella emessa dal perfetto corpo nero. L'emissività della maggior parte dei materiali da costruzione ha valori compresi tra 0,85 e 0,90.

3.1.1. Caratteristiche tecniche delle apparecchiature

- Campo di misura della temperatura da -20 °C a +120 °C
- Frequenza di immagine: 30 Hz
- Sensibilità termica (NETD) 50 mK @ +30°C
- Risoluzione spaziale a 45°: 1,23 mRad
- Tipo di sensore: Focal Plane Array (FPA), microbolometro non raffreddato 640x480 pixels, vanadium oxide.
- Campo spettrale da 7,8 a 14 µm

3.2. Analisi magnetometrica

Per procedere all'esecuzione delle analisi sul calcestruzzo in situ è necessario rilevare, in tutti i punti di prova, la disposizione delle armature, longitudinali e trasversali. Tale operazione è necessaria per evitare interferenze con le armature.

L'indagine per la localizzazione delle armature nei getti di calcestruzzo viene eseguita con un pacometro digitale. Il pacometro basa il suo funzionamento sul fenomeno delle correnti parassite: un conduttore massiccio (ad es. un'armatura), sottoposto ad un campo d'induzione magnetica, dissipa una certa quantità di potenza in funzione della sua resistività, e quindi della sua geometria.

Lo strumento è costituito da una sonda generatrice del campo e da una centralina che misura la potenza dissipata dall'oggetto metallico per effetto dell'induzione magnetica indotta dalla sonda. La posizione dei ferri è determinata muovendo la sonda sulla superficie in esame, fino ad individuare la direzione di massimo assorbimento elettromagnetico che corrisponde all'andamento longitudinale della barra.

Tale principio operativo presenta, rispetto ad altri sistemi, una maggiore precisione (± 1 mm) e l'assenza di disturbo dovuto ad umidità ed altri fenomeni chimici o termici.

Il principio a induzione di impulsi utilizzato dallo strumento ha un range di funzionamento predefinito. L'accuratezza della misurazione dipende dalle dimensioni dell'armatura e dalla profondità della ricoprimento.

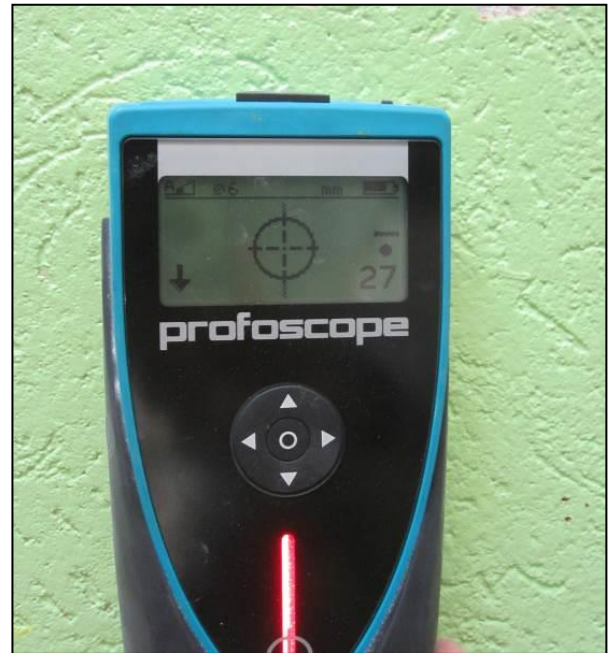


Foto 1 – Analisi pacometrica.

3.3. Scarificazione e prelievo armature

Ad integrazione dei rilievi pacometrici sono state eseguite valutazioni a campione al vero delle dimensioni delle armature metalliche da rilevare, previa scarificazione del copriferro cementizio e messa a nudo parziale delle armature sia longitudinali che trasversali e successiva misurazione mediante calibro digitale.

Anomalie nelle registrazioni pacometriche, possono essere indotte da eccessiva profondità delle armature o interferro ridotto. Tali circostanze, soprattutto laddove combinate, favoriscono le interferenze delle potenze dissipate da armature vicine.

Sono stati previsti i prelievi delle barre di armatura al fine di effettuare prove a trazione in laboratorio ai sensi della norma UNI EN 10002/1 per valutare il valore di snervamento e rottura dell'acciaio e completarne la caratterizzazione.

L'estrazione delle barre è stata eseguita previa scarificazione del copriferro cementizio e messa a nudo parziale delle armature sia longitudinali che trasversali.

A completamento dei rilievi le rimozioni di parti di calcestruzzo andranno ripristinate con malta cementizia a ritiro compensato, fibrata e tixotropica.



Foto 2 – Prelievo barra di armatura.

3.4. Analisi durezza delle armature

La prova durometrica in sito permette di stimare la resistenza a trazione delle barre d'armatura, senza prelevarne un campione su cui eseguire prove di laboratorio. La prova durometrica non può sostituire il prelievo di campioni di barre d'armatura/profilati d'acciaio, ma permette di estendere la stima della resistenza a trazione, eseguita su un campione, ad un maggior numero di elementi. L'attrezzatura utilizzata è costituita da un durometro digitale a rimbalzo. La prova di durezza viene eseguita in modo conforme agli standard ASTM A956, DIN 50156.

Il principio di misura è il seguente: un dardo con una punta a elevata durezza viene scagliato da una molla sul campione, causando una deformazione plastica alla superficie che si traduce in una perdita di energia cinetica. Questa perdita di energia è quantificata misurando la differenza di velocità del dardo prima e dopo l'impatto con la superficie del campione ad una data distanza dalla superficie. Il magnete permanente incluso nel dardo genera una tensione indotta passando attraverso la bobina della sonda.

La tensione del segnale così ottenuta sarà direttamente proporzionale alla velocità del dardo attraverso la bobina.

L'elettronica dello strumento elabora il segnale fornendo la lettura della durezza. Lo strumento fornisce una misura diretta della durezza del campione (espressa in scala Leeb); il risultato può essere convertito nella altre più comuni scale di durezza (HRC, HRB, HB, HV, HSD ecc.).

Per l'esecuzione della prova di durezza viene rimosso il copriferro in corrispondenza della barra d'armatura da campionare, per una porzione adeguata alla corretta preparazione del campione stesso; sulla porzione di barra scoperta viene creata una superficie piatta e a bassa rugosità su cui verrà eseguita la prova.



Foto 3 – Prova durometrica su barra di armatura.

3.4.1. Caratteristiche tecniche delle apparecchiature

- Energia d'impatto: 11 Nm
- Punta sferica: Carburo di tungsteno, $\phi 3$ mm
- Portata di misura: 150-950 HL
- Precisione: ± 4 HL (0,5% a 800 HL)
- Display: LCD ad alto contrasto.
- Temperatura di funzionamento: da -10°C a $+60^{\circ}\text{C}$

3.5. Prelievo campioni di calcestruzzo

La valutazione della resistenza meccanica del calcestruzzo indurito costituente un'opera, si può ottenere prelevando dei campioni in sito ("carote"), secondo la UNI EN 12504/1-2002 unitamente alla UNI 6131-2002, i quali vengono successivamente sottoposti alla prova di compressione in laboratorio, secondo la UNI EN 12390/3-2003. L'estrazione dei campioni di calcestruzzo indurito ("carote") avviene attraverso l'impiego di una attrezzatura chiamata "carotatrice", in grado di estrarre provini cilindrici di diametro e profondità variabile. Il prelievo deve essere condotto in modo da ridurre al minimo il danneggiamento provocato dall'estrazione sul campione. Le carote vengono prelevate per quanto possibile in punti lontani da giunti e bordi ed in zone poco armate o per nulla armate. L'esatto posizionamento viene perciò preceduto da una preliminare analisi pacometrica che individui le armature al contorno dell'area di foratura.

Una volta individuata la zona sede del prelievo, si procede alla installazione della "carotatrice", la quale viene rigidamente posizionata al fine di evitare fenomeni vibratorii, deve essere dotata di punte affilate e perfettamente cilindriche e deve usufruire di abbondante acqua di raffreddamento.

Per evitare il danneggiamento del campione è buona norma che il prelievo avvenga perpendicolarmente alla parete di calcestruzzo.

Subito dopo il prelievo della carota, la stessa viene sottoposta ad esame visivo, al fine di identificare eventuali anomalie che richiederebbero il prelievo di ulteriori campioni. Ogni campione viene indelebilmente marcato, fotografandolo vicino al punto di prelievo, nonché registrandone posizione ed orientamento.



Foto 4 - Prelievo campioni di calcestruzzo.

Giunte in laboratorio, le carote vengono misurate (diametro, lunghezza, peso) e rettificate le estremità. In seguito, viene eseguita la prova di compressione in accordo con la UNI EN 12390-3, utilizzando macchinari conformi alla UNI EN 12390-4.

Nella interpretazione dei valori di resistenza scaturiti dalla prova di compressione del campione (f_{core}) si fa riferimento al metodo proposto dalle EN 13791 dove per la determinazione della f_c si introduce un coefficiente di disturbo $F_d=1/0,85$ ed un coefficiente di snellezza del provino $F_{l/D}=0,83+(1-0,83)*(l/D-1)$ secondo la seguente relazione:

$$f_c = f_{core} \cdot F_{l/D} \cdot F_d$$

Il valore utilizzato nelle analisi (f_{cm}), come meglio specificato nella *Relazione Verifica di Vulnerabilità Sismica*, è frutto della media delle interpretazioni dei valori di resistenza scaturiti dalle prove a compressione (f_c). Come indicato in circolare f_{cm} è la resistenza a compressione del calcestruzzo ottenuta come media delle prove eseguite in sito, eventualmente corretta sulla base di fonti aggiuntive di informazione.

3.6. Analisi profondità di carbonatazione

Il procedimento inserito nella norma UNI EN 14630 inerente alla “Corrosione e protezione dell’armatura del calcestruzzo. Determinazione della profondità di carbonatazione e del profilo di penetrazione degli ioni cloruro nel calcestruzzo” prevede di determinare le caratteristiche sullo stato di conservazione delle armature mediante il prelievo e l’analisi di campioni di calcestruzzo.

Il prelievo dei campioni può essere effettuato secondo tre differenti metodologie:

- tramite carotaggio, conforme alla norma UNI 6131:2002, di profondità e dimensione stabilita in funzione dello scopo dell’indagine;
- tramite prelievo di frammenti di calcestruzzo, nel caso di copriferri già visibilmente danneggiati o distaccati dall’armatura;
- tramite prelievo di polveri per mezzo di un trapano a percussione.

La misura della *profondità di carbonatazione* viene svolta utilizzando una soluzione di fenolftaleina all’1% in alcol etilico, che vira al rosa se a contatto con materiali il cui pH è maggiore di 8,3÷10 e rimane incolore per valori di pH inferiori.

Il calcestruzzo che riveste le armature, in genere caratterizzato da un pH compreso tra 13÷13,80, ha delle caratteristiche protettive nei confronti dell’acciaio che si ricopre di un film di ossido di pochi nanometri di spessore. L’alcalinità del calcestruzzo si riduce progressivamente al contatto con l’anidride carbonica presente nell’atmosfera, per cui il pH si riduce a valori inferiori a 9. In queste nuove condizioni il film di ossido viene distrutto e si annullano le condizioni di passività delle armature.

L’aggressione procede fino a ridurre considerevolmente la sezione resistente delle armature, la cui collaborazione con il calcestruzzo risulta per di più limitata dal decadimento dell’aderenza. I prodotti della corrosione, inoltre, occupano un volume maggiore rispetto allo strato metallico aggredito. L’aumento di volume all’interfaccia acciaio-calcestruzzo viene a generare elevate tensioni puntuali di trazione nel calcestruzzo che ne provocano la fessurazione.

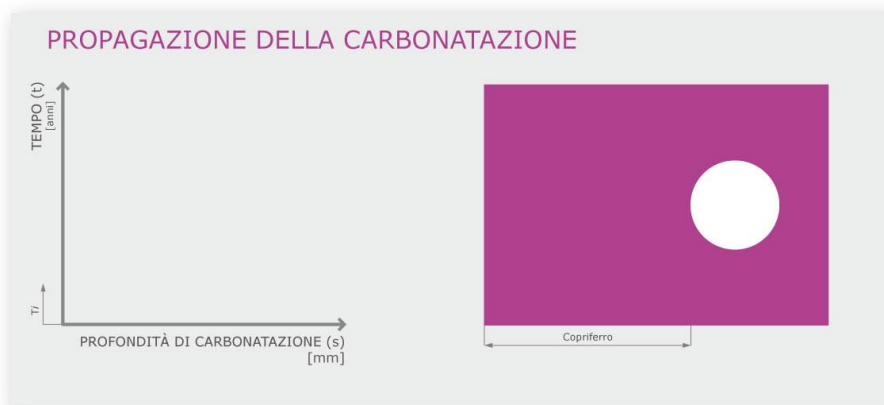
La penetrazione della carbonatazione dipende, oltre che dalle caratteristiche intrinseche del getto di calcestruzzo (tipo di cemento, rapporto a/c, porosità, messa in opera, compattazione, stagionatura, fessurazione, copriferro) anche dalle condizioni ambientali (umidità, temperatura, concentrazione CO₂ nell’aria, esposizione). In particolare, la presenza di temperature superiori a 15°÷20°C e umidità relative dell’aria intorno al 60% costituiscono condizioni tali da permettere il verificarsi delle reazioni ma da impedire l’intasamento da parte dell’acqua liquida dei pori del calcestruzzo, fatto che ostacolerebbe il trasporto della anidride carbonica in fase gassosa.

La presenza di alternanza di condizioni di bagnato e asciutto, come quelle provocate dalla presenza di infiltrazioni, riduce leggermente i tempi di avanzamento del fronte di carbonatazione ma costituisce le condizioni migliori per la corrosione delle armature. Le differenze di esposizione costituiscono le principali variabili nell’avanzamento della propagazione della carbonatazione a parità di caratteristiche intrinseche dell’edificio. La Norma UNI EN 206, infatti, suddivide i livelli delle condizioni di aggressività ambientale definendo 4 livelli XC per la corrosione da Carbonatazione. Dove il calcestruzzo armato è esposto all’aria e all’umidità, l’esposizione viene classificata come segue:

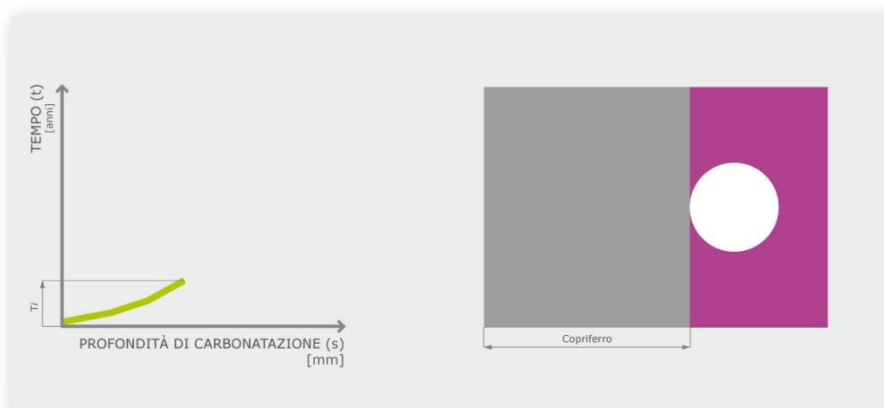
- XC1 – Secco o saturo
- XC2 – Umido, raramente secco
- XC3 – Moderatamente umido
- XC4 – Cicli di bagnamento e asciugamento

La determinazione della profondità di carbonatazione è stata eseguita sui campioni di calcestruzzo in cui è stato eseguito il saggio attraverso l’applicazione della fenolftaleina. La reazione chimica del reagente avviene immediatamente. Il calcestruzzo carbonatato non modifica il suo colore, mentre quello non ancora raggiunto dalla carbonatazione assume il tipico colore rosa.

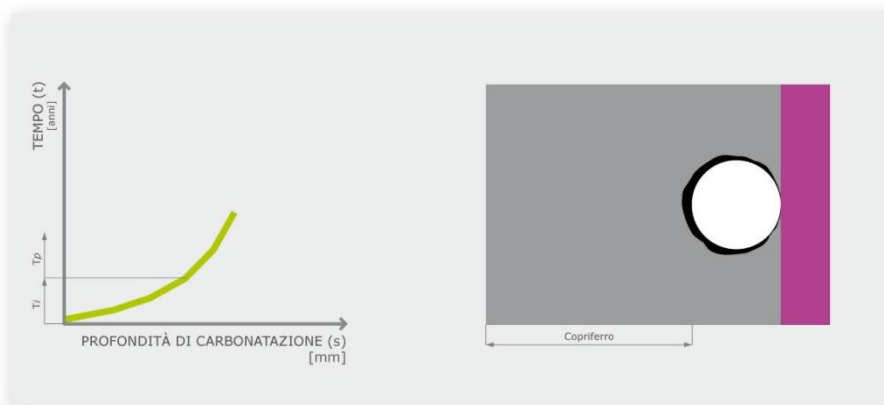
Questa metodologia consente di suddividere in tre fasi l'evoluzione del degrado del calcestruzzo. Nelle schematizzazioni di seguito si riporta il diagramma di propagazione della carbonatazione e la corrispondente immagine dell'avanzamento all'interno dell'elemento in calcestruzzo con il corrispondente colore caratteristico.



Fase 1 - Calcestruzzo non interessato dalla carbonatazione



Fase 2 - Calcestruzzo carbonatato per una profondità minore o uguale allo spessore del copriferro



Fase 3 - Calcestruzzo carbonatato per una profondità superiore allo spessore del copriferro

3.7. Analisi penetrometrica per malte

L'analisi penetrometrica per malte consente di misurare la risposta della malta alla penetrazione di un ago e correlarla alle prestazioni meccaniche del materiale. Il penetrometro per malta fornisce indicazioni sulla qualità e sulla omogeneità della malta sia lungo il proprio spessore sia in differenti punti della struttura sottoposta ad indagine.

La prova permette l'acquisizione di informazioni qualitative della malta, attraverso la penetrazione di un ago di acciaio mediante colpi generati con energia costante. Il risultato che si ottiene è la profondità di penetrazione, espressa in millimetri, su un numero di colpi definiti secondo il tipo di procedura utilizzata. Attraverso l'utilizzo di curve di correlazione è possibile ottenere una stima indicativa della resistenza meccanica della malta in rapporto alla profondità di penetrazione. Le curve di correlazione, fornite con lo strumento, sono state ricavate attraverso sperimentazioni eseguite in sito.



Foto 5 – Esecuzione della prova penetrometrica su malta.

3.7.1. Caratteristiche tecniche delle apparecchiature

- Energia d'impatto: 4,55 Nm
- Massa impatto: 835 g
- Corsa: 82 mm
- Corpo esterno: Alluminio 6060-11S
- Ago puntale: Inox

3.8. Scarificazione murature

Per valutare le caratteristiche delle murature si eseguono analisi dirette tramite scarificazione dell'intonaco con valutazioni visive dei paramenti che consentono di individuare gli elementi costituenti, la tramatura ed i livelli di ammorsamento tra muri collegati. Altre informazioni sono reperite da documentazione fornita dalla Committenza.

Per determinare lo spessore delle murature, senza produrre una ispezione "passante" si impiega un transpinter dotato di due sonde ("ricevitore" e "trasmettitore") che appoggiate sulle due facce dell'elemento da analizzare consente di stimarne lo spessore con la precisione di $\pm 5\%$.



Foto 6 – Misurazione indiretta dello spessore di un setto murario.

3.8.1. Caratteristiche tecniche delle apparecchiature

- Precisione della misurazione spessore parete: $\pm 5\%$.
- Range di misurazione: 0.05 m÷1.35 m
- Range temperatura d'esercizio: $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \div +55\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Precisione: $\pm 4\text{ HL}$ (0,5% a 800 HL)
- Display: LCD ad alto contrasto.
- Temperatura di funzionamento: da $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$

3.10. Analisi costruttiva dei solai

I rilievi non distruttivi e le demolizioni localizzate effettuate all'intradosso dei solai permettono di identificare le tipologie costruttive (travetti, alleggerimenti, rivestimento dell'intradosso, pavimento e sottofondo, ecc.).

L'impiego di transpointer, dotato di due sonde ("ricevitore" e "trasmettitore") che appoggiate sulle due facce dell'elemento da analizzare, consente di stimarne lo spessore complessivo del pacchetto con la precisione di $\pm 5\%$.



Foto 7 - Rilievo del solaio condotto mediante demolizione localizzata dell'intradosso.

3.11. Analisi endoscopiche

L'analisi visiva mediante l'ausilio dell'endoscopio elettronico, ove ritenuto necessario, ha dato la possibilità di integrare e/o completare le informazioni ottenute durante l'analisi costruttiva e consentito, in modo puntuale, la verifica degli spessori delle varie stratigrafie individuate nelle strutture.

Il procedimento permettere l'esecuzione di osservazioni tese ad un rilievo puntuale con un metodo non invasivo, effettuando un foro di dimensioni ridotte, necessario al passaggio della sola sonda videoendoscopica.

La strumentazione di ispezione è composta da un endoscopio flessibile alla cui estremità è posizionato un obiettivo interscambiabile con visione variabile da 15° in avanti a retroguardia 135°, con lampadina LED incorporata alimentata da un regolatore di intensità luminosa. L'immagine viene visualizzata dalla telecamera e trasferita al display per la successiva memorizzazione su scheda di memoria. L'analisi delle immagini registrate consente così la ricostruzione della stratigrafia di una struttura, evitando l'esecuzione di demolizioni.



Foto 8 – Analisi endoscopica condotta all'estradosso del solaio.

3.11.1. Caratteristiche tecniche delle apparecchiature

- Diametro esterno 5,8 mm
- Luce bianca a LED regolabile
- Regolazione della messa a fuoco
- Memoria esterna da 2.0 Gb
- Direzione di visione panoramica su 370°
- Terminale specchiato per visioni laterali

3.12. Rilievo geometrico

L'acquisizione della documentazione tecnica e degli elaborati progettuali originali fornisce una solida base per il rilievo della struttura portante del fabbricato in sito. Il rilievo geometrico-strutturale consente di verificare accuratamente in situ i dati raccolti; qualora vengano riscontrate delle difformità coi progetti depositati, ed in tutti i casi in cui questi non sono disponibili o carenti, le attività di indagine completano le informazioni necessarie a quantificare le azioni a cui sono soggette le strutture e le caratteristiche delle membrature resistenti.

Per questo motivo, il rilievo geometrico-strutturale è riferito sia alla geometria complessiva del manufatto che a quella degli elementi costruttivi, comprendendo i rapporti con le eventuali strutture in aderenza. Per ciascun elemento che compone la struttura portante, è quindi necessario risalire accuratamente alle proprie dimensioni in pianta, alla precisa posizione planimetrica, e al controllo dei profili in acciaio indicati nelle tavole strutturali pervenuteci.

Per quanto riguarda, invece, lo studio dei rapporti tra le strutture in adiacenza, risulta importante individuare i giunti strutturali che suddividono il manufatto in più unità strutturali a sé stanti, tramite raddoppio dei pilastri, ed individuare il percorso che tali giunti seguono lungo la struttura. Oltre ai rapporti tra più unità strutturali del manufatto in esame verranno eseguiti anche dei saggi per cercare di risalire anche al grado di accostamento/divisione nei punti di contatto con edifici adiacenti di altra proprietà. Tali analisi verranno effettuate, a seconda dei casi, mediante demolizioni localizzate o forometrie con edoscopie, al fine di individuare la presenza o meno di giunti di dilatazione e provare a stimarne la dimensione.

Al fine di permettere l'individuazione ed il riconoscimento delle principali tipologie costruttive adottate e per identificare la presenza di elementi portanti celati in spessore di parete, si esegue un'analisi termografica dell'immobile.

4. CONCLUSIONI

A seguito dell'incarico conferito dalla Committenza si è proceduto all'esecuzione di una campagna d'indagini diagnostiche per determinare le caratteristiche strutturali dell'edificio che ospita la Scuola Primaria sito in Via Santa Veronica a Orosei (NU).

Nelle costruzioni in muratura, vista la grande varietà di materiali e tecniche costruttive impiegate, riveste un ruolo di primaria importanza la conoscenza della composizione degli elementi costruttivi e delle caratteristiche dei collegamenti, a partire dalla tipologia e disposizione dei materiali e dalla presenza di discontinuità.

Le prove non distruttive eseguite in situ ed i risultati ottenuti dalle prove di laboratorio condotte sui materiali prelevati, permettono di stimare le caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati per la realizzazione delle varie componenti strutturali del manufatto. Congiuntamente, il rilievo delle sezioni delle stesse componenti, condotto con analisi dirette ed indirette, permette di raggiungere un **Livello di Conoscenza LC2** (NTC2018): è pertanto possibile condurre le necessarie verifiche adottando un fattore di confidenza **FC = 1,20**. Per il raggiungimento del livello di conoscenza prefissato, la vigente normativa prevede l'esecuzione di verifiche **estese** sia per quanto concerne il rilievo dei dettagli costruttivi sia relativamente alle prove da condurre sui materiali.

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

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

Si rimanda alla tavola del *Report Diagnostico* per l'individuazione delle prove e risultati ottenuti. Completano gli allegati gli eventuali certificati di laboratorio prodotti a seguito dei prelievi condotti in situ.

Orosei (NU), 31/08/2022

Ing. Marco Gallotta

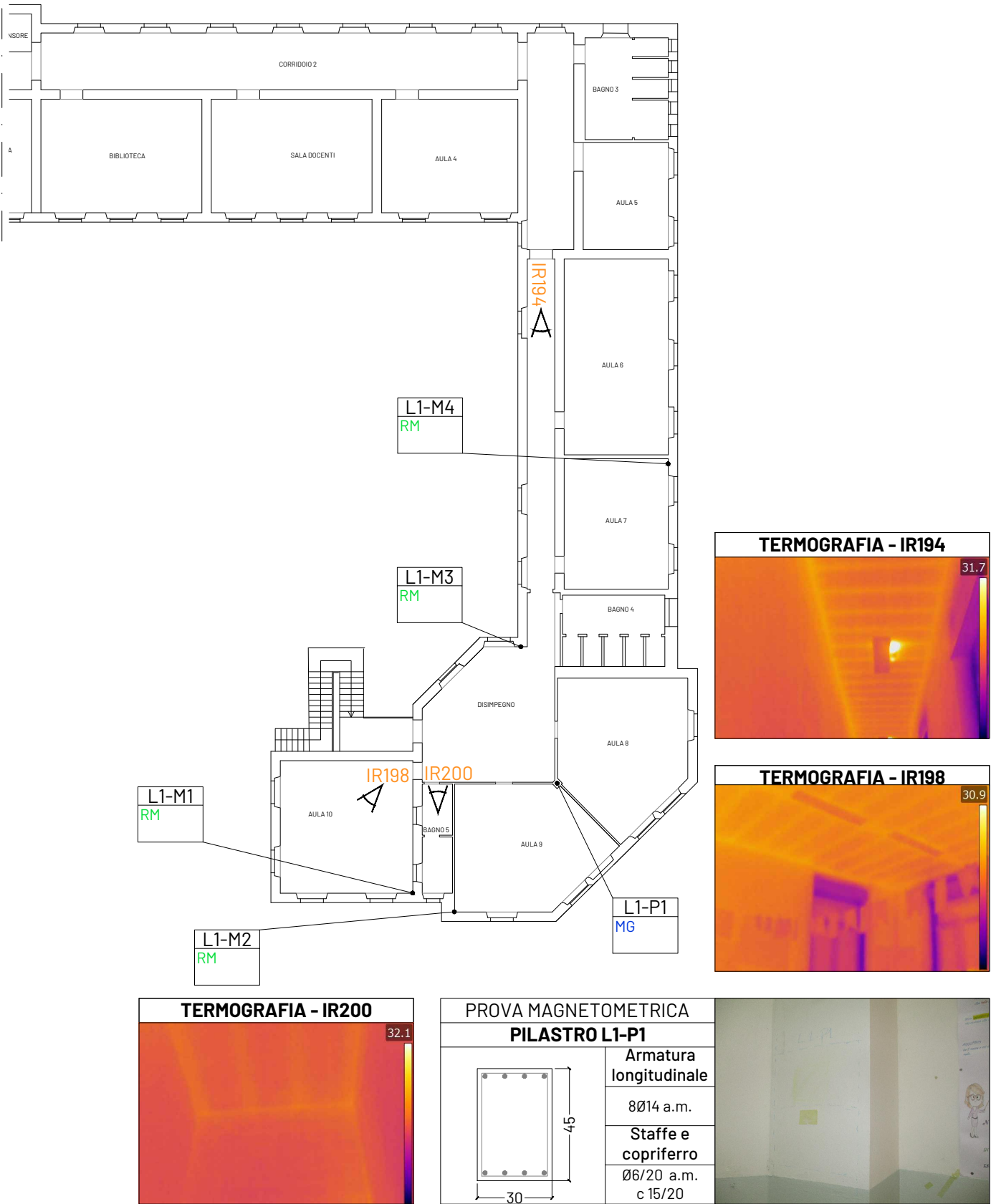
Tecnoindagini S.r.l.



TECNOINDAGINI SRL
Via Monte Sabotino n° 14
20095 Cusano M. (MI)
P.IVA 06383520969

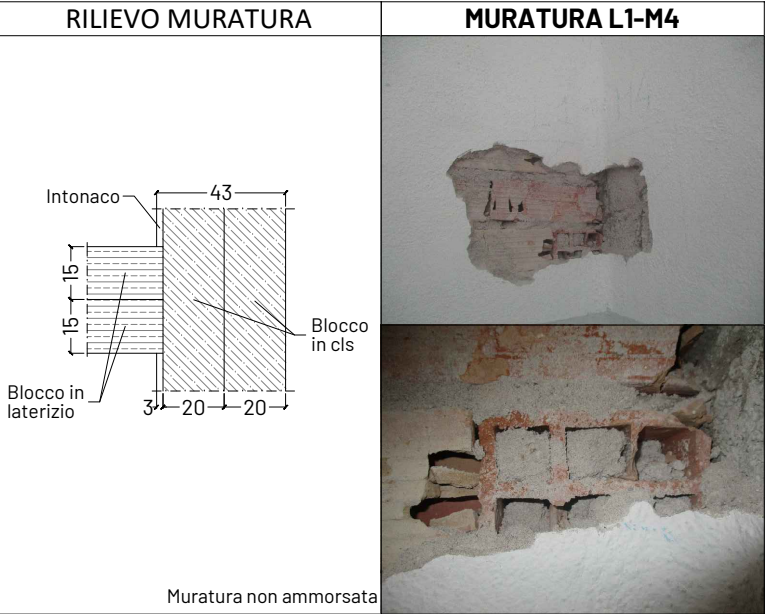
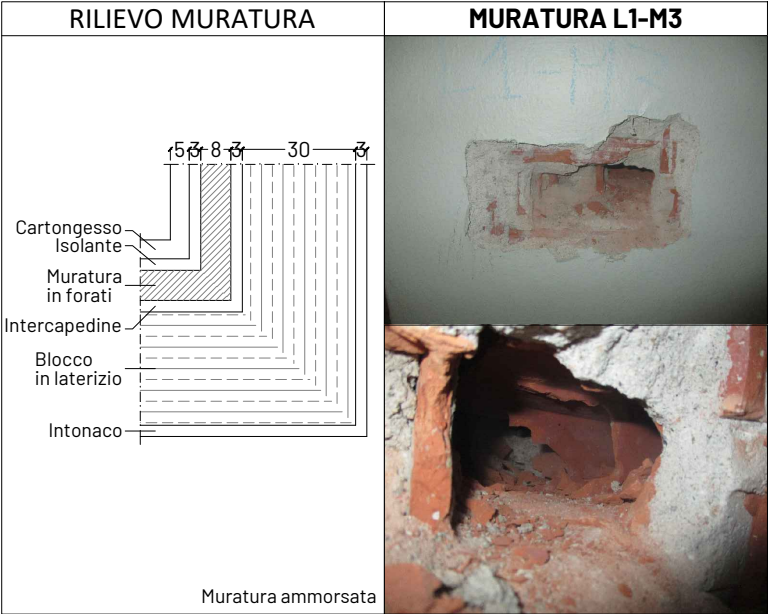
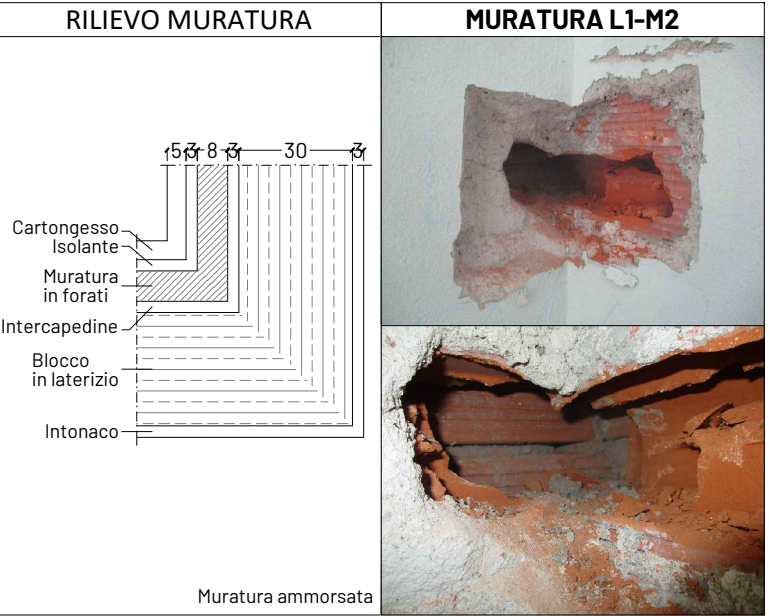
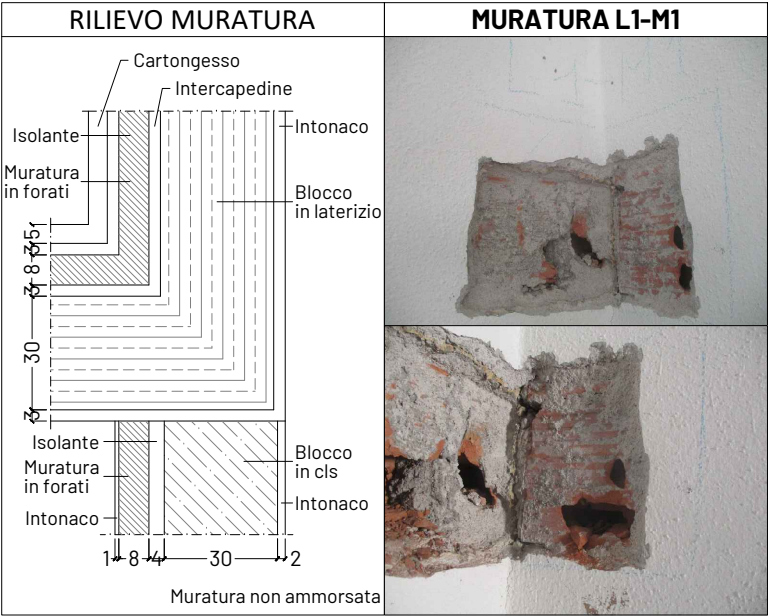
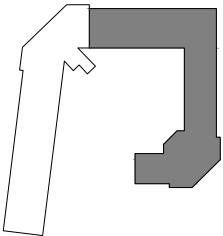
REPORT DIAGNOSTICO

REPORT DIAGNOSTICO - PIANO PRIMO - PARTE 1



LEGENDA

- MG PROVA MAGNETOMETRICA
- RM RILIEVO MURATURA
- IR TERMOGRAFIA

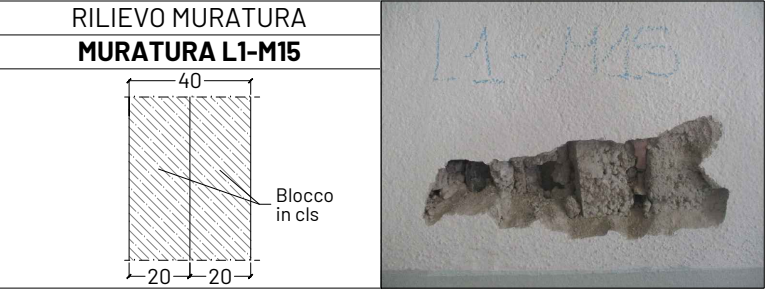
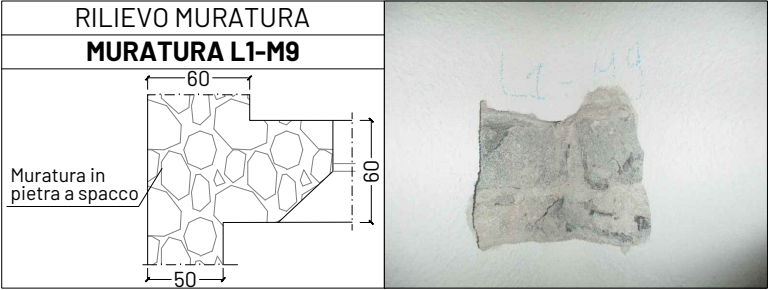
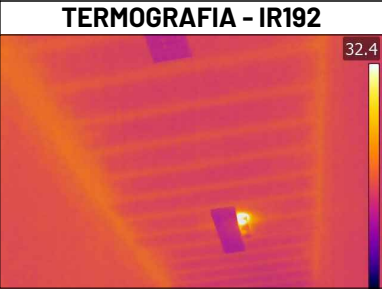
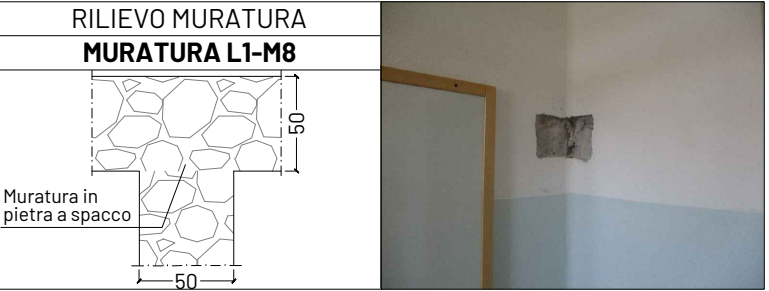
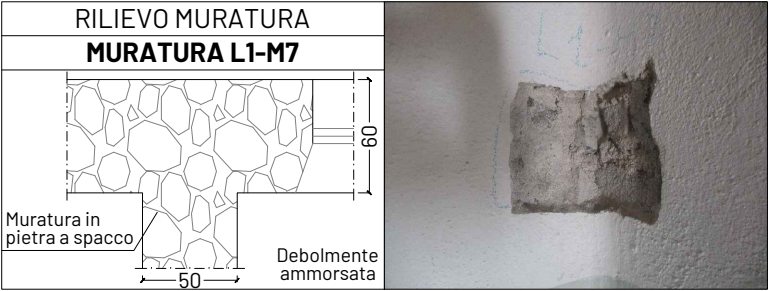
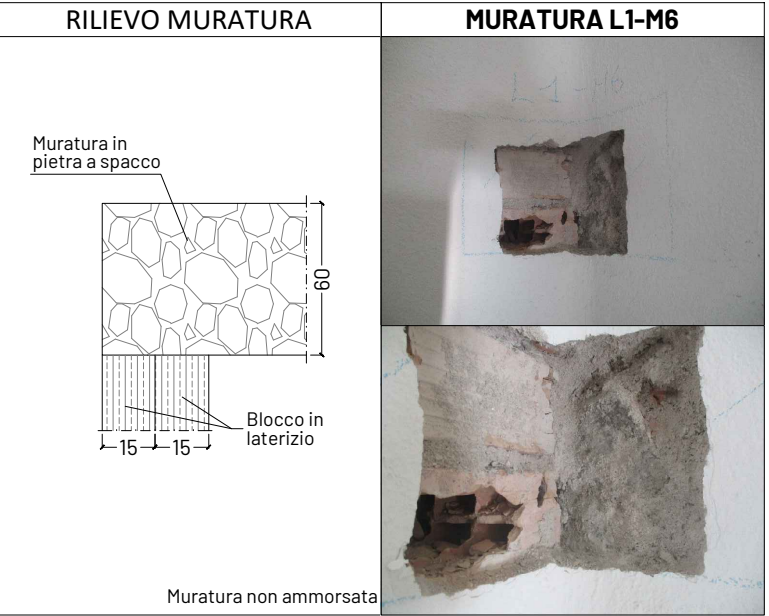
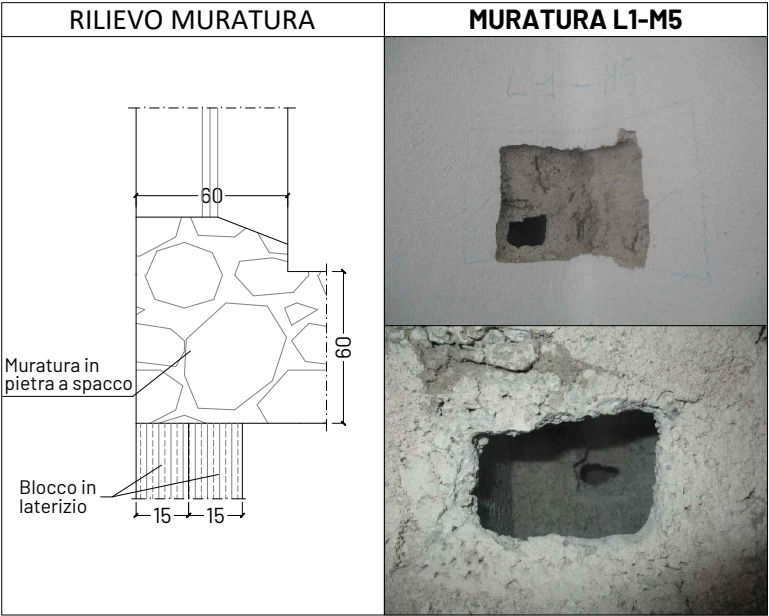
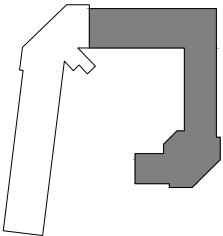


REPORT DIAGNOSTICO - PIANO PRIMO - PARTE 2



LEGENDA

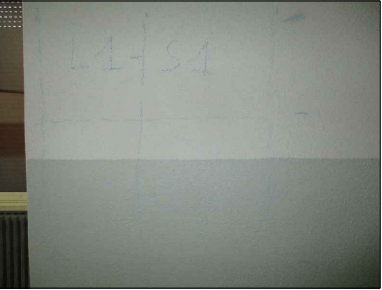
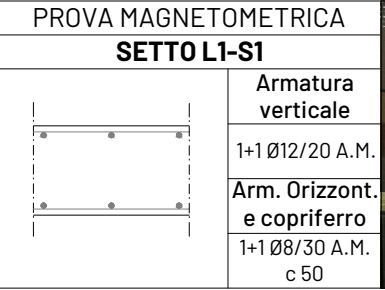
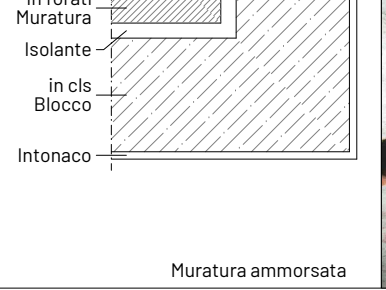
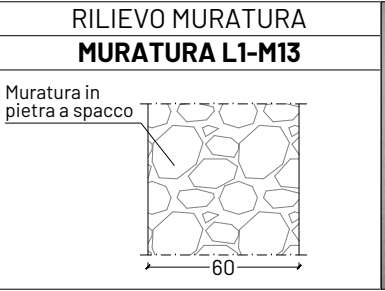
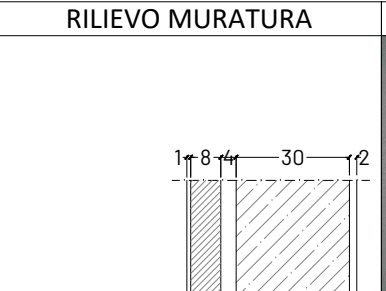
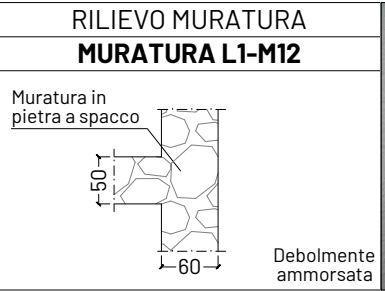
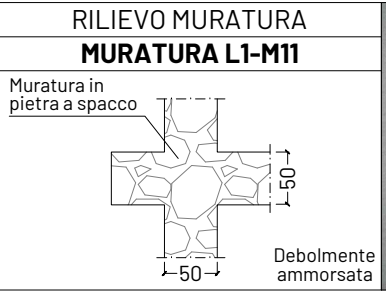
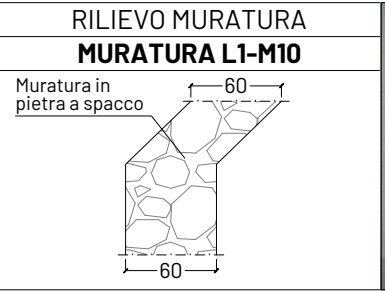
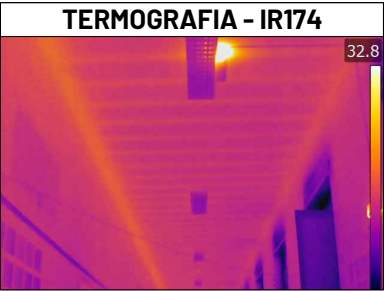
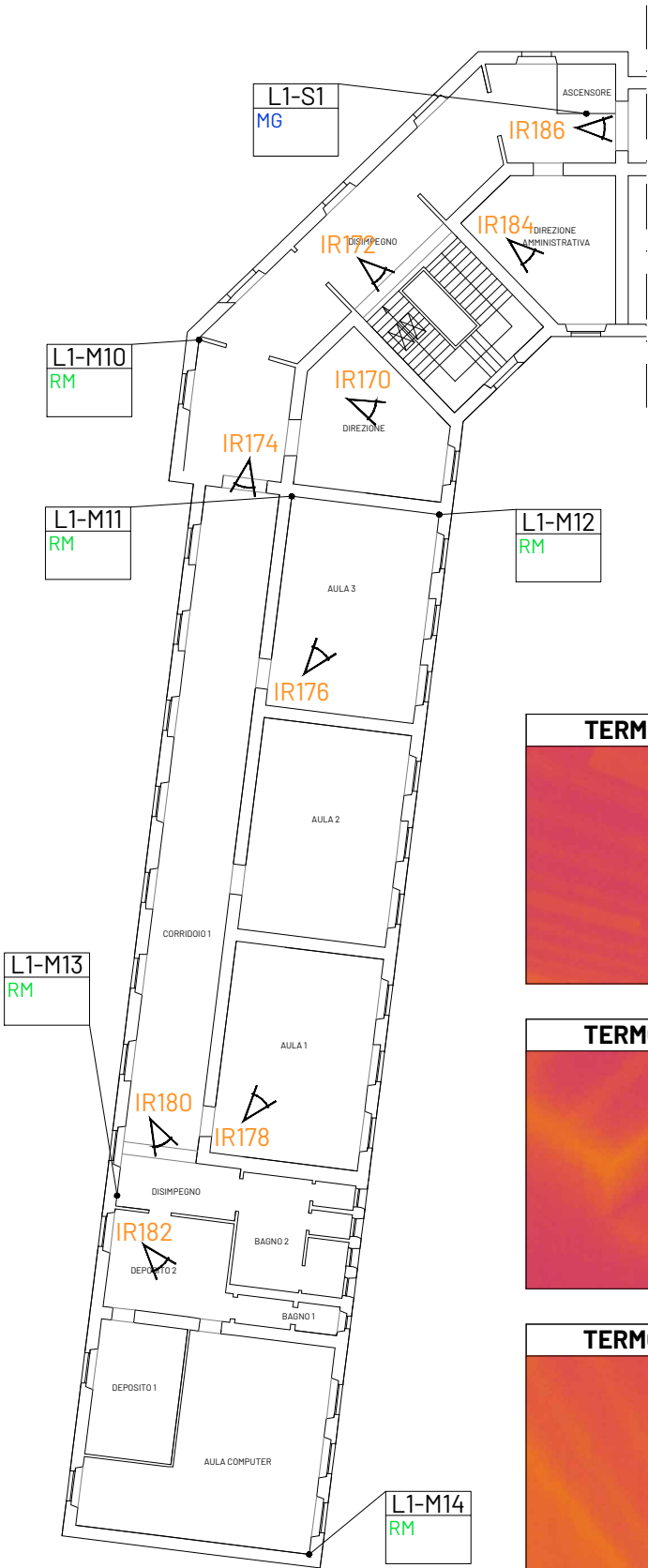
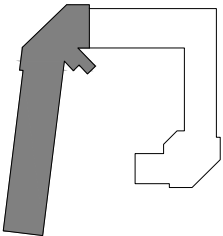
- RM RILIEVO MURATURA
- IR TERMOGRAFIA



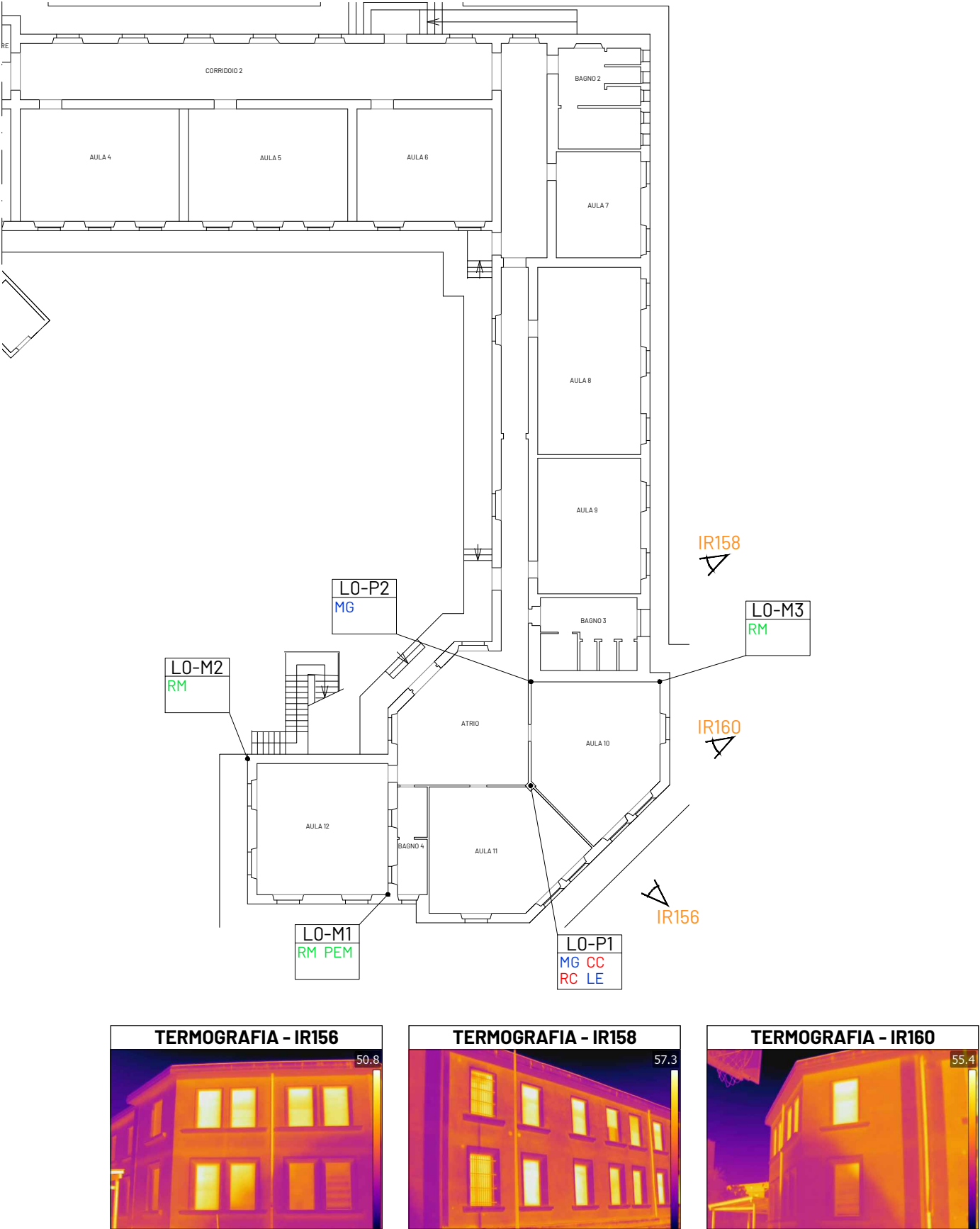
REPORT DIAGNOSTICO - PIANO PRIMO - PARTE 3

LEGENDA

- MG
- PROVA MAGNETOMETRICA
- RM
- RILIEVO MURATURA
- IR
- TERMOGRAFIA

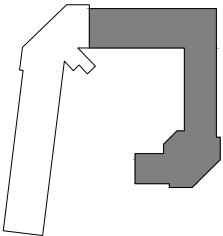


REPORT DIAGNOSTICO - PIANO TERRA - PARTE 1



LEGENDA

- MG PROVA MAGNETOMETRICA
- LE DUREZZA LEEB
- CC CAROTAGGIO E CARBONATAZIONE CLS
- RC RILIEVO C.A.
- PEM PROVA PENETROMETRICA
- RM RILIEVO MURATURA
- IR TERMOGRAFIA



PROVA MAGNETOMETRICA PILASTRO L0-P1		RILIEVO C.A.
	Armatura longitudinale	
	8Ø14 A.M.	
	Staffe e copriferro	
	Ø6/20 A.M. c 15/20	


PROVA DUREZZA LEEB PILASTRO L0-P1					
423	420	425	427	421	
424	418	420	427	423	
Media [HLD]				423	
Scarto quadratico				3.05	

CAROTAGGIO CLS PILASTRO L0-P1		
Diametro [mm]	95	
Altezza [mm]	96	
f _{core} [N/mm ²]	37.6	
Carbonatazione [mm]	30	

PROVA MAGNETOMETRICA PILASTRO L0-P2		
	Armatura longitudinale	
	8Ø14 A.M.	
	Staffe e copriferro	
	Ø6/20 A.M. c 15/20	

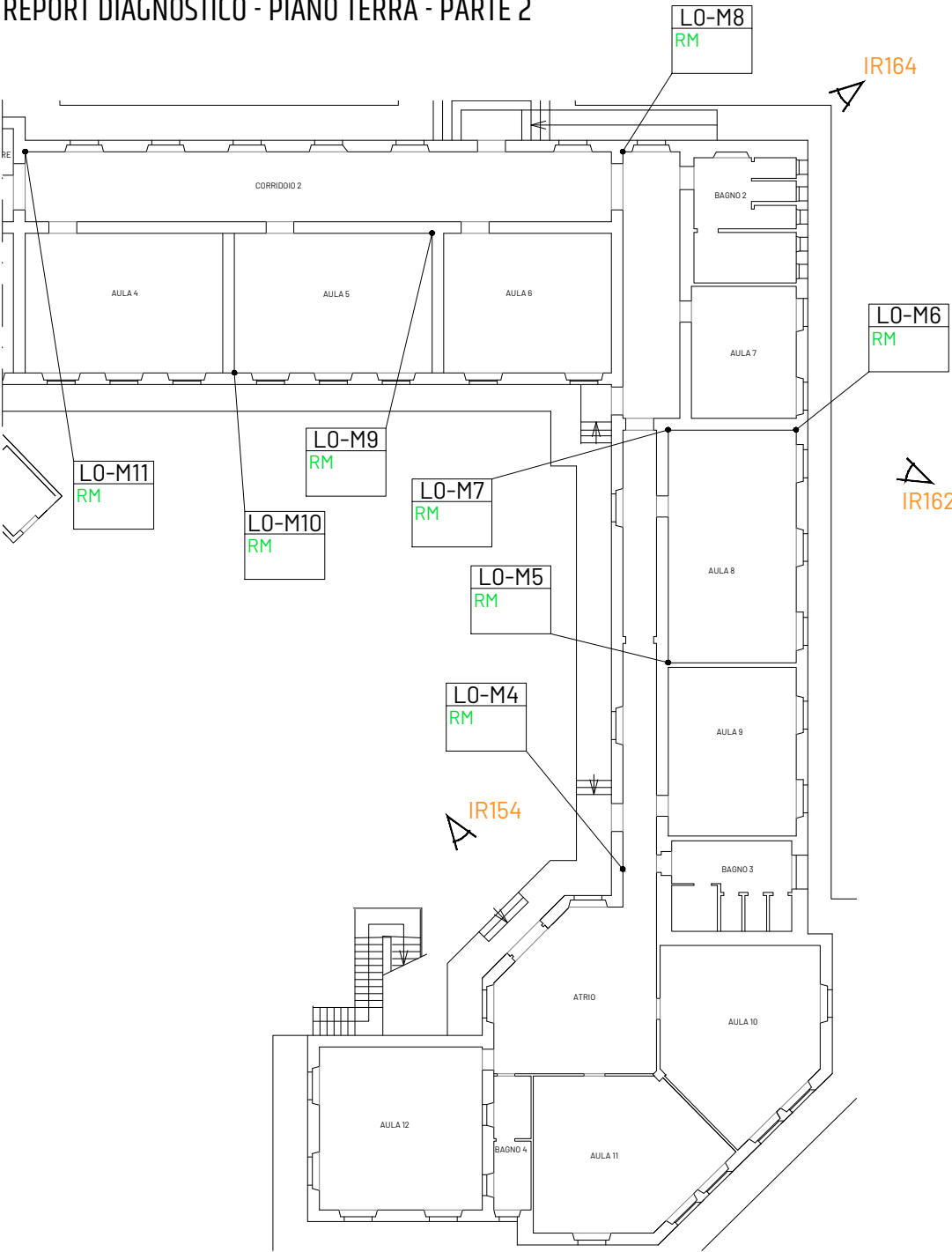
PROVA PENETROMETRICA	MURATURA L0-M1

RILIEVO MURATURA MURATURA L0-M2	

PROVA PENETROMETRO [mm]			
MURATURA TIPO 1			
10	14	12	
MURATURA TIPO 2			
8	12	10	

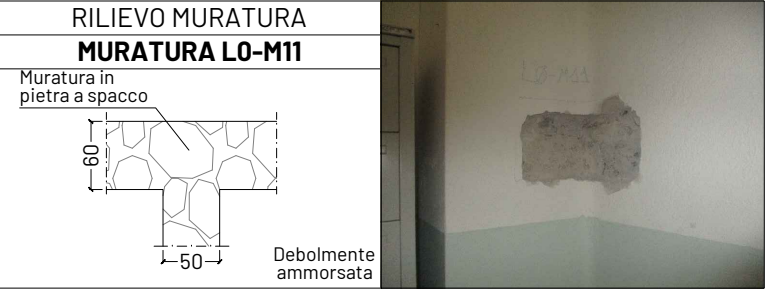
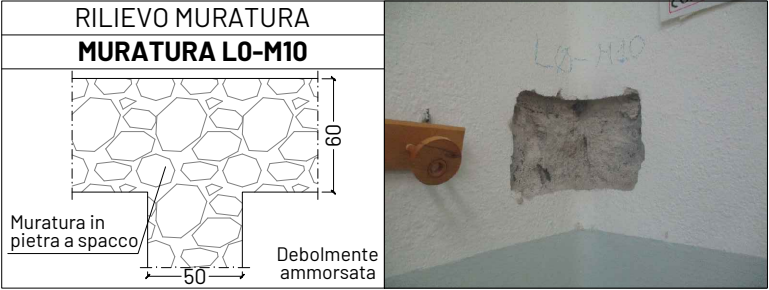
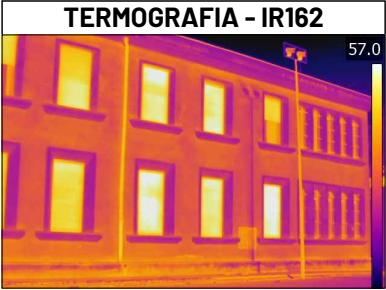
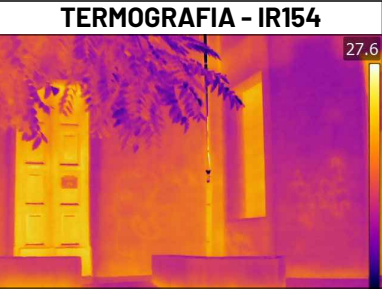
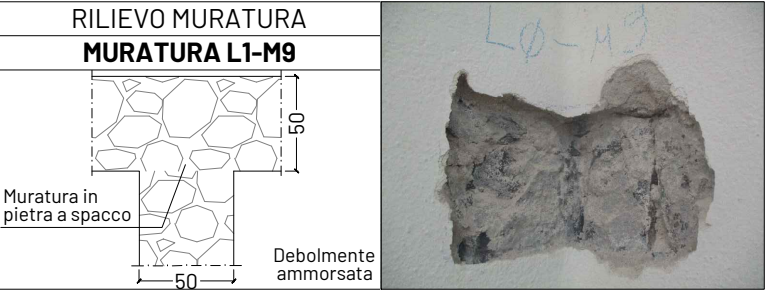
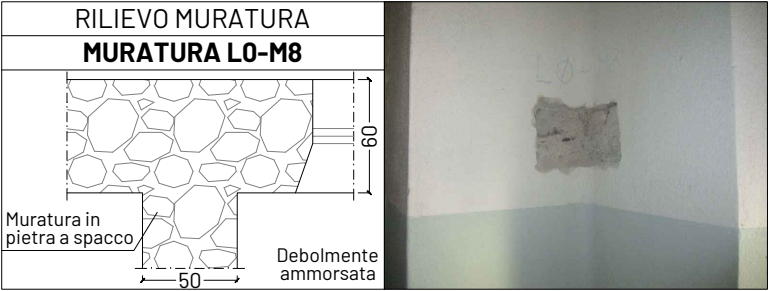
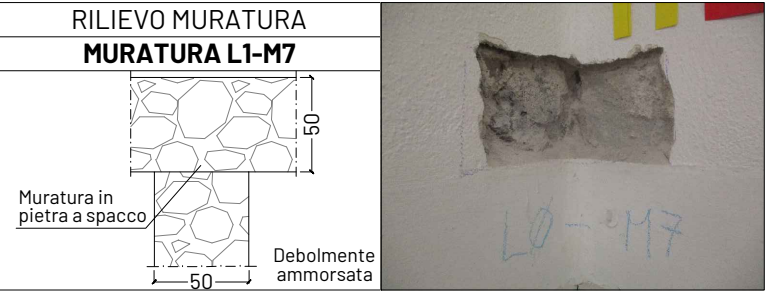
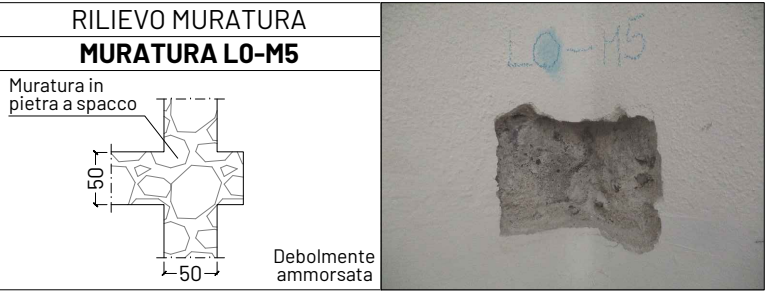
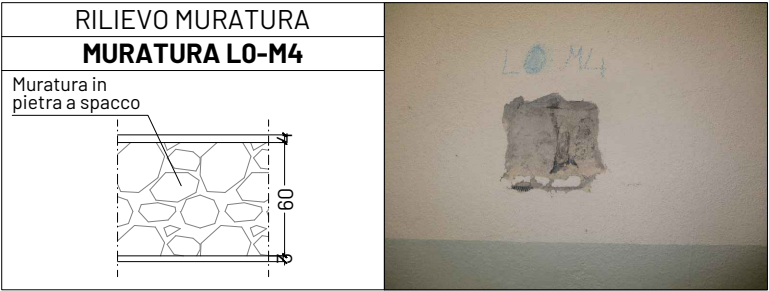
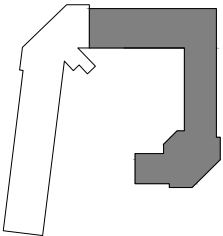
RILIEVO MURATURA MURATURA L0-M3	

REPORT DIAGNOSTICO - PIANO TERRA - PARTE 2

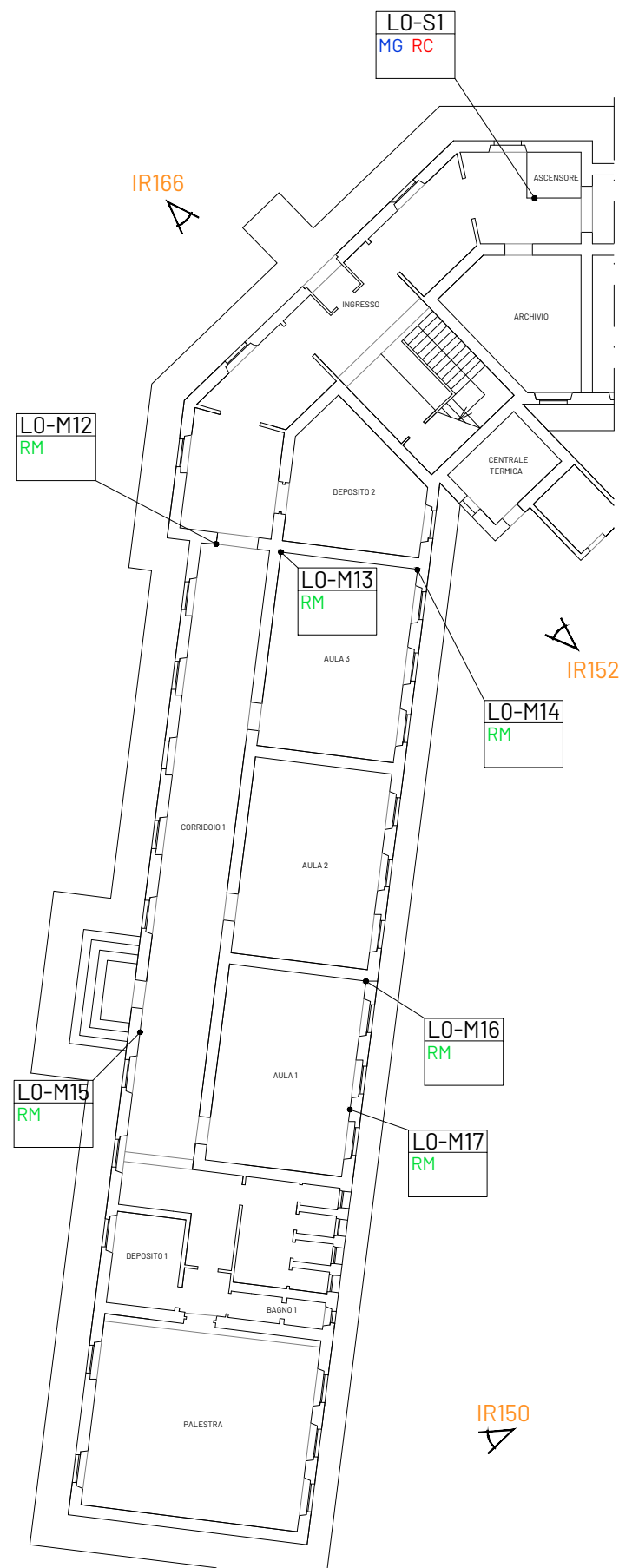


LEGENDA

- RM RILIEVO MURATURA
- IR TERMOGRAFIA

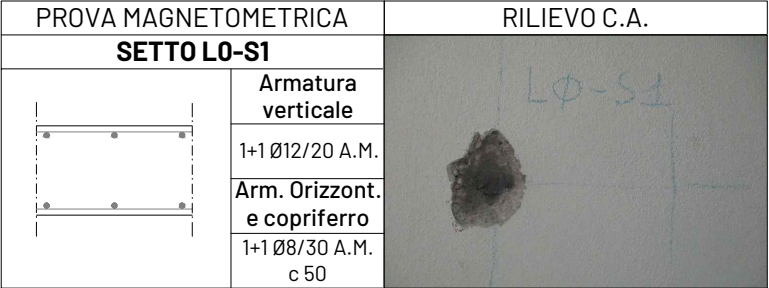
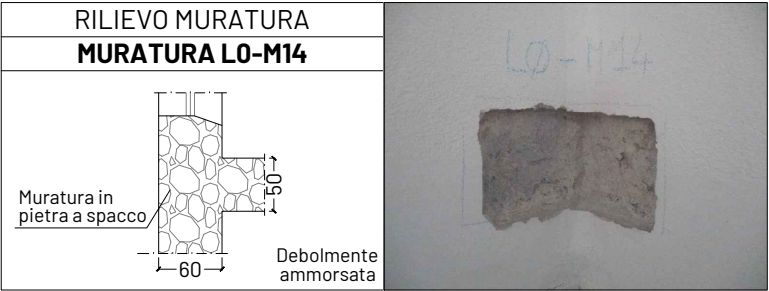
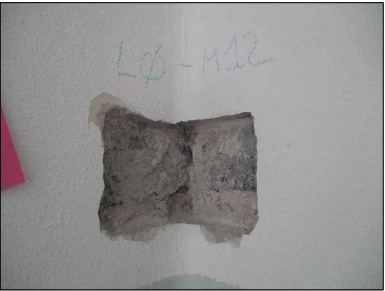
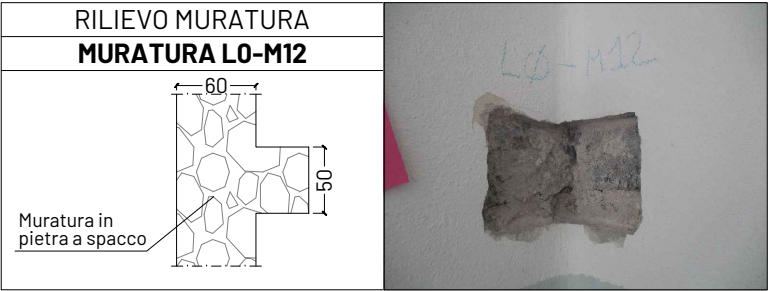
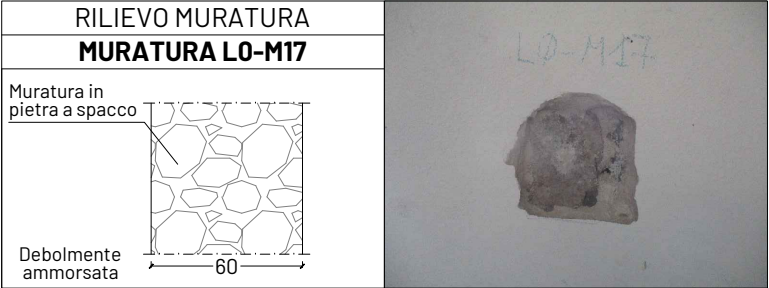
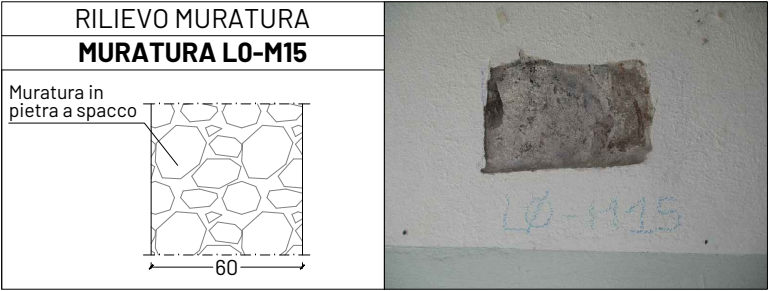
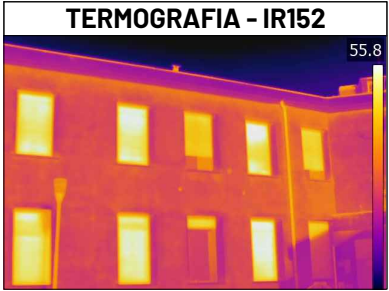
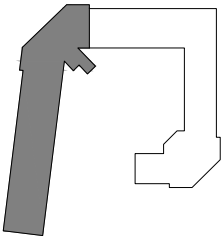


REPORT DIAGNOSTICO - PIANO TERRA - PARTE 3

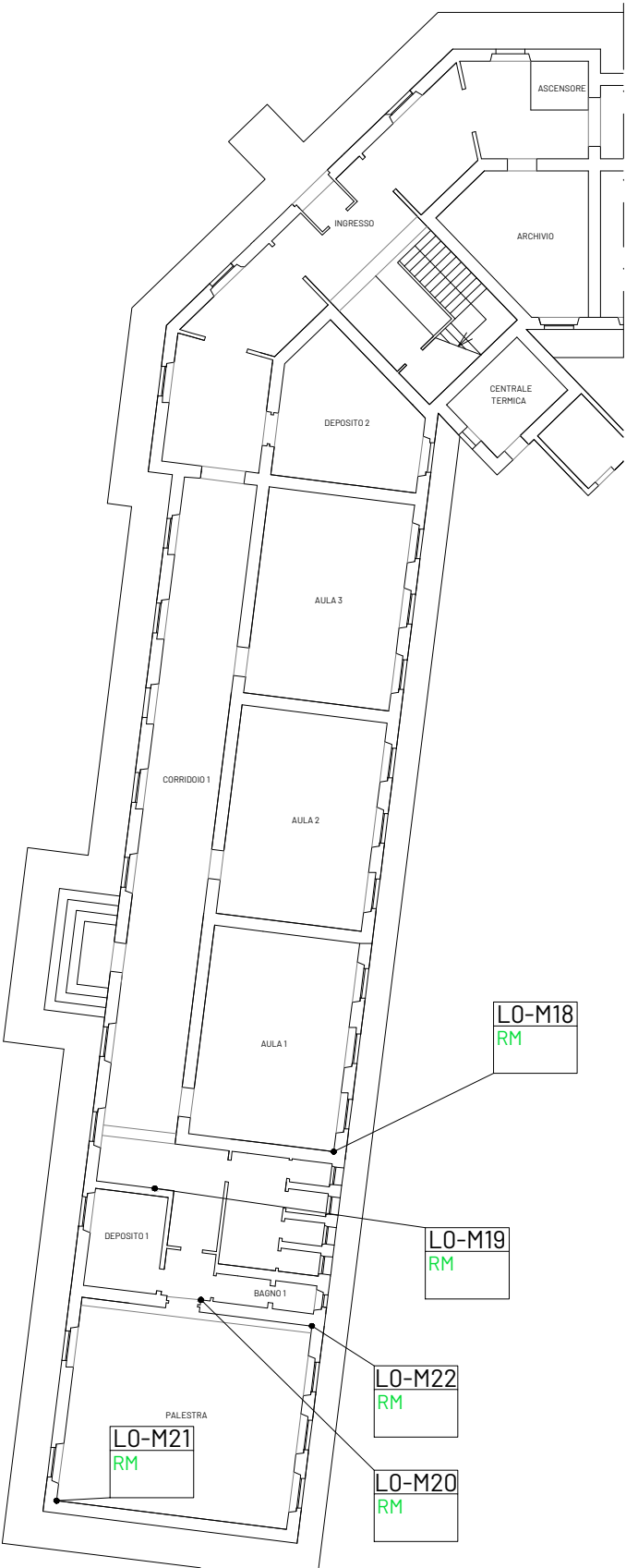


LEGENDA

- MG PROVA MAGNETOMETRICA
- RC RILIEVO C.A.
- RM RILIEVO MURATURA
- IR TERMOGRAFIA

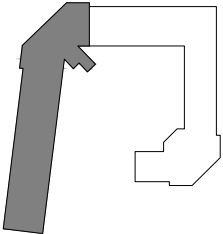


REPORT DIAGNOSTICO - PIANO TERRA - PARTE 4



LEGENDA

RM RILIEVO MURATURA



RILIEVO MURATURA	
MURATURA L0-M18	
<p>Muratura in pietra a spacco</p>	

RILIEVO MURATURA	
MURATURA L0-M19	
<p>Tavolato in forati</p>	

RILIEVO MURATURA	
MURATURA L0-M20	
<p>Muratura in pietra a spacco</p> <p>Tavolato in forati</p>	

RILIEVO MURATURA	MURATURA L0-M21
<p>Intonaco</p> <p>Blocco in cls</p> <p>Isolante</p> <p>Muratura in forati</p> <p>Intonaco</p> <p>Muratura ammorsata</p>	

RILIEVO MURATURA	MURATURA L0-M22
<p>Intonaco</p> <p>Blocco in cls</p> <p>Isolante</p> <p>Muratura in forati</p> <p>Intonaco</p> <p>Muratura in pietra a spacco</p>	

CERTIFICATO DI PROVA CLS

**RAPPORTO DI PROVE A COMPRESSIONE SU CAROTE DI CLS
(UNI EN 12504-1, UNI EN 12390-1, UNI EN 12390-3)**

Rapporto di prova n° RP680 del 30/09/2022

Pag. 1/1

Committente: Comune di Orosei

Proprietà: Comune di Orosei

Edificio: Scuola Primaria
Via Santa Veronica – Orosei (NU)

Commessa: R22079

Sigla N. Prov.	Struttura di provenienza	Data prelievo	DIMENSIONI (mm)		Massa volumica (kg/m³)	Carico massimo F (kN)	Resist. compr. f _c (MPa)	Data prove	Rettifica	Rottura tipo
			Diam.	Alt.						
L0-P1	Pilastro	01/09/22	95	96	2161	266.5	37.6	19/09/22	N	S2

Tipo rottura: S - SODDISFACENTE tipo1-bipiramidale esplosiva; tipo 2-bipiramidale centrale; tipo 3-bipiramidale decentrata;
tipo 4-fessurazioni longitudinali all'altezza
NS - NON SODDISFACENTE (fig. 4 UNI EN 12390-3)

Rettifica: M - Molatura

C - Cappatura

N - Molatura non necessaria in quanto la tolleranza di planarità delle facce dei provini rientra nei limiti delle UNI EN 12390-1 e UNI EN 12390-3

Attrezzatura utilizzata: CONTROLS 600 kN Classe 1 matricola 19007840

Note:

Il Tecnico
(S. Bonomini)

S. Bonomini



Il Responsabile
(Ing. M. Salvadori)

M. Salvadori