

PROGETTAZIONE ESECUTIVA, COORDINAMENTO SICUREZZA E DIREZIONE LAVORI STRUTTURALE, ARCHITETTONICA ED IMPIANTISTICA, NONCHE' VERIFICHE A CALDO DELLE STRUTTURE RELATIVE ALL'INTERVENTO DI ADEGUAMENTO/MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA SECONDARIA DI 1° GRADO
CUP: F35E22000030001



COMMITTENTE:

COMUNE DI VERDELLO
PROVINCIA DI BERGAMO

FUTURA

Unione Europea Ministero del Sud e Italia domani

LA SCUOLA PER L'ITALIA DI DOMANI

Livello di Progetto:

Preliminare ☐
Definitivo ☐
Esecutivo ☒

Autore:

P&P

Codice:

04_23_GC

Scala:

-

Elaborato:

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Tavola:

IND

Data:

04/08/23

Revisione:

P & P

PROGETTAZIONE STRUTTURALE E COORDINAMENTO
P&P Consulting Engineers Studio Associato
Via Pastrengo, 9 - 24068 - Seriate (BG)
+39 035 3235700 - fax +39 035 3235750
E-mail: info@pepconsultingengineers.it



PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA
Arch. Alberto Valtulini
Via G.Moroni - 24127 - Bergamo (BG)



RAPPORTO TECNICO DI PROVA
SCUOLA SECONDARIA DI I° GRADO
VIA PAPA GIOVANNI XXIII IN VERDELLO (BG)

Indagini Diagnostiche e Conoscitive



p.c.: COMUNE DI VERDELLO

Documento RdP-265-2023	Data Luglio 2023	Pagine relazione 84
Commessa 04_23_GC	Revisione -	Allegati 4
Redatto da ing. Emanuele Scotti	Revisionato da ing. Gian Paolo Chiarelli	Il Responsabile ing. Ivan Belotti

INDICE

P&P LMC srl / via Pastrengo, 9 - 24068 Seriate (BG) tel. +39 035 32 357 info@peplmc.it www.peplmc.it

INDICE

1. PREMESSE E SCOPI	4
2. RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE E DETTAGLI COSTRUTTIVI.....	6
2.1 INDAGINI GEOMETRICHE E TIPOLOGICHE SU ELEMENTI IN C.A.	6
2.1.1 Rilievo mediante scassi localizzati "SC"	6
2.1.2 Rilievo con pacometro "PAC"	7
2.1.3 Rilievo dei giunti strutturali "RIL-G"	10
2.1.4 Rilievo della stratigrafia dei solai "RIL-SOL"	11
2.2 INDAGINI GEOMETRICHE E TIPOLOGICHE SU ELEMENTI IN CARPENTERIA METALLICA "RIL"	12
2.3 INDAGINI GEOMETRICHE E TIPOLOGICHE SU ELEMENTI IN MURATURA "IM"	13
2.4 INDAGINI GEOMETRICHE E TIPOLOGICHE SU ELEMENTI LIGNEI "RIL"	16
2.5 SONDAGGIO ENDOSCOPICO "END"	18
2.15 INDAGINI CON TERMOCAMERA "FLIR"	33
3. CARATTERIZZAZIONE DEL CALCESTRUZZO ARMATO.....	46
3.1 PROPRIETÀ MECCANICHE DELL'ACCIAIO D'ARMATURA	46
3.1.1 Prelievo di barre d'armatura e prove di trazione "ARM"	46
3.1.2 Prove di durezza "CND"	47
3.2 PROPRIETÀ MECCANICHE DEL CALCESTRUZZO	49
3.2.1 Prelievo e prove di compressione su carote di calcestruzzo "CA"	49
3.2.2 Prove non distruttive su calcestruzzo con metodo Son.Reb "SRB"	51
4. CARATTERIZZAZIONE DELLA MURATURA.....	59
4.1 PROVE CON MARTINETTO PIATTO SINGOLO E DOPPIO	59
4.2 PROVE PENETROMETRICHE SU MALTA DI ALLETTAMENTO "PEN"	64
4.3 PROVE SCLEROMETRICHE SU MATTONI IN LATERIZIO "SCL"	67
5. CARATTERIZZAZIONE DELLE STRUTTURE LIGNEE.....	68
5.1 METODOLOGIA DI INDAGINE	68
5.1.1 Ispezione visiva, classificazione e proprietà degli elementi lignei in opera	68
5.1.2 Prove penetrometriche (Woodpecker) "WP"	68
5.1.3 Prove resistografiche (Resistograph) "RES"	70
5.2 RISULTATI OTTENUTI.....	72
6. RILIEVO DEI FENOMENI DI DEGRADO	75
6.1 RILIEVO E ANALISI DEL QUADRO FESSURATIVO	75
6.2 RILIEVO DELLE AREE OGGETTO DI INFILTRAZIONI	78

ALLEGATI

Allegato 1: Tav.01-09 Piano delle indagini

Allegato 2: Tav.01-07 Dettagli costruttivi

Allegato 3: Rapporti di prova

Allegato 4: Martinetti piatti

1. PREMESSE E SCOPI

A seguito dell'incarico conferito alla P&P LMC del Comune di Verdello con Codice CUP: F35E22000030001 – CIG: 985218369B e con riferimento alla Determina n.237 del 23/06/2023 “Servizio di indagini diagnostiche conoscitive propedeutiche alla progettazione degli interventi da eseguirsi sulla scuola secondaria di primo grado sita in via Papa Giovanni XXIII, 46, 24049 Verdello (BG)” si è proceduto all'esecuzione di indagini diagnostiche e conoscitive condotte presso il sito in oggetto.

Di seguito si riporta l'ubicazione dell'edificio:



Ubicazione della Scuola Ssecondaria di I Grado

Gli esami e le analisi hanno riguardato gli elementi che costituiscono le strutture portanti del manufatto, nonché eventuali fenomeni di ammaloramento presenti.

Le indagini sono state eseguite durante le giornate dal 12 al 16 e dal 26 al 28 giugno 2023 dai tecnici specializzati della P&P LMC di Seriate (BG) secondo quanto preventivamente concordato con la Committenza.

Nella tabella di seguito si elencano in sintesi le indagini effettuate e la relativa nomenclatura.

PIANO DELLE INDAGINI		
ID	Tipologia di indagine	Quantità
SC	Rilievo diretto delle armature tramite scasso localizzato	15
PAC	Rilievo mediante pacometro	22
END	Sondaggio endoscopico	15
FLIR	Indagine con termocamera	a.c. (*)
ARM	Prelievo campione di armatura e successiva prova di trazione in laboratorio	2
CND	Prova di durezza su barre di armatura con durometro	8
CA	Prelievo campione di calcestruzzo tramite carotaggio e successiva prova di compressione in laboratorio	2
PEN	Indagine penetrometrica su letto di malta	3
SCL	Sclerometro su mattoni	3
IM	Indagine su muratura	3
SRB	Prova sonica tipo <i>Son.Reb.</i>	16
R	Rilievo elementi carpenteria metallica	4
MP	Prova con martinetto piatto singolo e doppio	1
(*) "a.c." = a corpo		

L'ubicazione delle indagini effettuate è riportata in specifico allegato alla presente relazione.

Nei successivi paragrafi vengono espone le modalità di rilievo geometrico, le tecniche di prova, le modalità di analisi e si riportano i risultati ottenuti dalle indagini.

2. RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE E DETTAGLI COSTRUTTIVI

Nell'ambito della campagna di indagine sono stati effettuati rilievi geometrici dei principali elementi strutturali del fabbricato.

Le modalità di rilievo e le informazioni raccolte sono contenute nei paragrafi seguenti.

2.1 INDAGINI GEOMETRICHE E TIPOLOGICHE SU ELEMENTI IN C.A.

Di seguito si descrivono le indagini effettuate per il rilievo geometrico strutturale degli elementi in c.a. del fabbricato.

2.1.1 *Rilievo mediante scassi localizzati "SC"*

Nei punti indicati nel piano di indagine con la sigla "SC" è stato effettuato un rilievo geometrico dell'elemento indagato mediante le seguenti operazioni.

Le indagini sui pilastri e sui setti sono state eseguite attraverso i seguenti passi:

- eliminazione del rivestimento architettonico del pilastro in esame (intonaco, mascherature);
- determinazione delle dimensioni dell'elemento;
- scarifica del copriferro determinandone lo spessore e mettendo a nudo le armature di taglio (staffe) e quelle verticali;
- determinazione della tipologia, diametro e passo delle armature verticali e delle staffe.

Per le indagini sulle travi si è proceduto come di seguito:

- per indagine eseguita dal piano inferiore, rilievo della trave a soffitto, eliminazione dell'eventuale controsoffitto portando al rustico l'intradosso della trave;
- scarifica del copriferro determinandone lo spessore e mettendo a nudo le armature di taglio (staffe) e quelle orizzontali correnti;
- determinazione della tipologia, diametro e passo delle staffe e delle armature orizzontali;
- rilievo dell'altezza della sezione della trave stessa e la misura della base;

Per le indagini sui solai si è proceduto come di seguito:

- per indagine eseguita dal piano inferiore, rilievo dei travetti a soffitto, eliminazione dell'eventuale controsoffitto portando al rustico l'intradosso strutturale;
- rilievo delle orditure degli elementi resistenti e delle loro sezioni tipiche;
- individuazione dell'interasse dei travetti e misura della base;
- scarifica del copriferro determinandone lo spessore e mettendo a nudo le armature presenti;
- determinazione della tipologia, diametro e passo delle armature;

- verifica mediante scassi localizzati del grado di ammorsamento dei solai nella muratura di perimetro e dell'eventuale presenza di cordoli in c.a..

Gli scassi sono stati integrati ove ritenuto opportuno da indagini pacometriche.

Il rilievo dei ferri d'armatura è stato effettuato compatibilmente con l'effettiva possibilità di raggiungere le varie facce degli elementi in c.a..

Al termine delle indagini il copriferro rimosso è stato ricostruito mediante apposita malta per ripristini strutturali. Sono inoltre stati eseguiti i ripristini delle finiture.

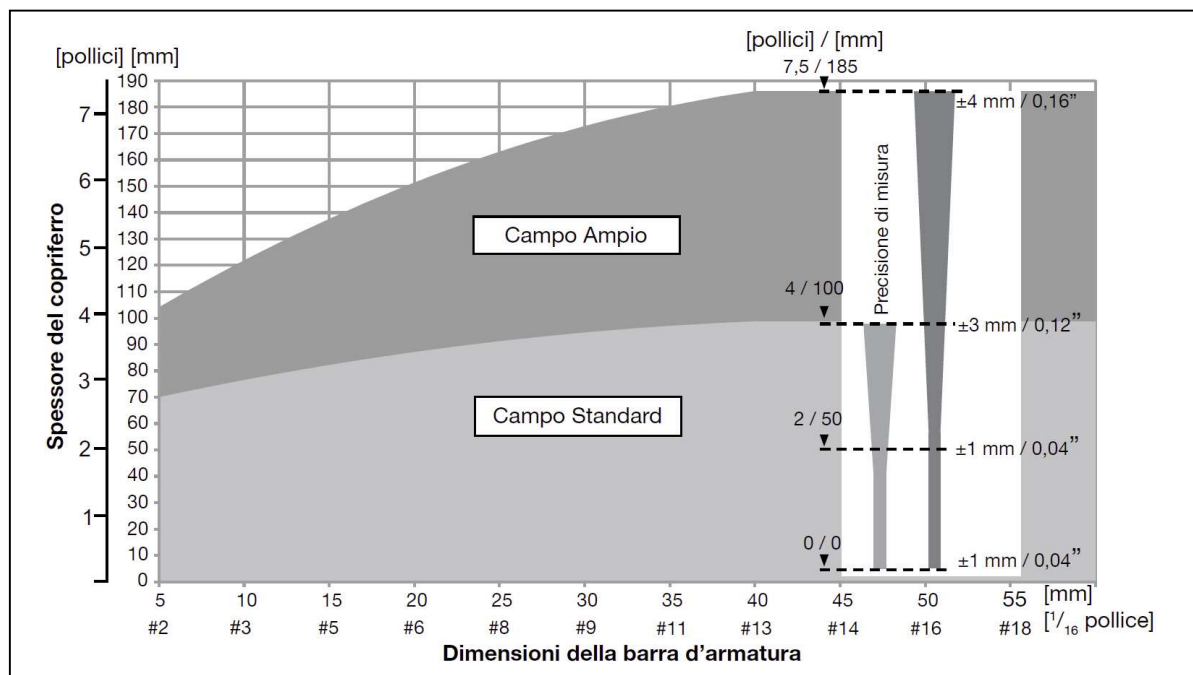
I risultati delle indagini eseguite in sito sono riportati nelle tavole dei dettagli costruttivi in allegato alla presente relazione.

2.1.2 Rilievo con pacometro "PAC"

I punti indagati con indagine pacometrica sono identificati nel piano delle indagini in allegato con la sigla "PAC" e i risultati delle indagini sono stati rappresentati nelle tavole dei dettagli costruttivi in allegato alla presente relazione.

Lo strumento per l'indagine pacometrica si basa sull'applicazione della tecnica induttiva, che sfrutta la variazione del flusso magnetico generato da un magnete posto sulla superficie del calcestruzzo perturbato dalla presenza delle barre metalliche incluse nel conglomerato. L'intensità del flusso magnetico dipende non solo della presenza delle barre ma anche dallo spessore del copriferro e dal diametro delle stesse barre. Ne deriva pertanto che l'intensità del segnale e conseguentemente la capacità di individuare barre d'armatura e l'incertezza di misura, risultano condizionate dall'eventuale presenza di altro materiale conduttore posto in vicinanza (ad esempio presenza di armature vicine a quelle in esame e poste a distanza indicativamente inferiore a 400 mm). Altri fattori che possono influenzare l'incertezza di misura sono la profondità del ricoprimento di calcestruzzo (ovvero il copriferro) e la stessa consistenza del calcestruzzo investigato.

Di seguito si fornisce un grafico che illustra indicativamente la capacità della strumentazione di individuare la presenza di barre d'armatura in funzione della profondità di copertura, indicando anche l'accuratezza attesa dalla misurazione. Si osserva che il grafico vale nell'ipotesi che non vi siano errori indotti dalla presenza di armature vicine. Pertanto, nel caso di presenza di armature entro il raggio d'influenza (circa 400 mm), la capacità dello strumento di individuare correttamente la presenza e il diametro delle armature e la relativa accuratezza di misurazione, può risultare ulteriormente condizionata.









Campi di misura e precisione nella determinazione del copriferro

Il rilievo nei punti indagati è stato eseguito mediante le seguenti modalità:

- eventuale eliminazione del rivestimento architettonico dell'elemento in esame (intonaco, mascherature, pavimentazioni etc.);
- determinazione delle dimensioni dell'elemento strutturale;
- determinazione della posizione, diametro e passo delle armature verticali e delle staffe (se presenti);
- misura del copriferro delle armature longitudinali e trasversali.

Il rilievo dei ferri d'armatura è stato effettuato compatibilmente con l'effettiva possibilità di raggiungere le varie facce dell'elemento in c.a..

Di seguito si raccolgono alcune foto esemplificative delle fasi di rilievo geometrico dei dettagli costruttivi e dei ripristini strutturali eseguiti in sito.

RILIEVO DEI DETTAGLI COSTRUTTIVI	
Rilievo armatura con pacometro	Rilievo armatura con pacometro
	
Scasso e rilievo armatura pilastro	Scasso e rilievo diretto armatura trave
	
Scasso e rilievo armatura tegolo	Scasso e rilievo armatura trave
	

2.1.3 Rilievo dei giunti strutturali "RIL-G"

Nei punti indicati nel piano di indagine con la sigla "RIL-G" sono stati eseguiti degli scassi localizzati finalizzati alla ricerca ed al rilievo di eventuali giunti strutturali tra il corpo palestra e il corpo principale.

Le indagini eseguite hanno permesso di rilevare la presenza di uno strato di polistirolo dello spessore pari a 2 cm in corrispondenza dell'interfaccia tra i pilastri della palestra e la muratura portante del corpo originario. Si riportano di seguito alcune immagini esemplificative.

RIL-G-13 Scasso e rilievo del giunto - Piano Terra palestra



Un ulteriore scasso localizzato è stato eseguito in corrispondenza dell'estradosso della copertura. Dall'indagine eseguita la trave in c.a. del solaio di copertura della palestra è risultata essere in aderenza con la muratura dell'edificio originario. Si riportano di seguito alcune immagini esemplificative.

RIL-X-4 Scasso e rilievo del giunto - Piano copertura palestra



I risultati del rilievo sono riportati all'interno della tavola dei "dettagli costruttivi".

2.1.4 Rilievo della stratigrafia dei solai "RIL-SOL"

In corrispondenza del solaio di copertura della palestra, nel punto identificato nel piano di indagine con la sigla "RIL-SOL", è stato eseguito un pozzetto ispettivo finalizzato al rilievo della stratigrafia del solaio. I risultati del rilievo sono riportati all'interno della tavola dei "dettagli costruttivi". Di seguito si riportano alcune immagini esemplificative.

RIL-SOL-3 Scasso e rilievo stratigrafia - Piano copertura palestra



2.2 INDAGINI GEOMETRICHE E TIPOLOGICHE SU ELEMENTI IN CARPENTERIA METALLICA “RIL”

Nei punti indicati nel piano di indagine con la sigla "RIL" è stato effettuato un rilievo geometrico delle dimensioni dell'elemento in carpenteria metallica

Il rilievo dell'elemento in carpenteria è stato effettuato compatibilmente con l'effettiva possibilità di raggiungere le varie facce dell'elemento.

I risultati delle indagini eseguite in sito sono riportati nelle tavole dei dettagli costruttivi in allegato alla presente relazione.

Di seguito si raccolgono alcune foto esemplificative delle fasi di rilievo geometrico dei dettagli costruttivi.

RILIEVO DEI DETTAGLI COSTRUTTIVI	
Rilievo carpenteria metallica RIL-P-48	Rilievo carpenteria metallica RIL-P-54
	
Rilievo carpenteria metallica RIL-SOL-47	Rilievo carpenteria metallica RIL-SOL-47
	

2.3 INDAGINI GEOMETRICHE E TIPOLOGICHE SU ELEMENTI IN MURATURA "IM"



Il rilievo della tipologia dei paramenti murari del fabbricato è consistito nell'insieme delle seguenti fasi di lavoro:


- rimozione delle finiture per una porzione di parete muraria di circa 0,50 x 0,50 m, preferibilmente posta all'intersezione fra due murature portanti in modo da evidenziare materiali e tessitura di entrambe le pareti, nonché la qualità del collegamento tra le stesse (ammorsamento nei cantonali e nei martelli, presenza di catene, ecc.);
- rilievo della tipologia della muratura (in mattoni, in pietra – squadrata, sbazzata, a spacco, ciottoli o mista; a paramento unico, a due o più paramenti, ecc.) e caratteristiche costruttive (tessitura regolare o irregolare; con o senza collegamenti trasversali, ecc..) e delle dimensioni tipiche degli elementi di composizione della muratura;
- rilievo della presenza di elementi trasversali (denominati diatoni), di collegamento tra i paramenti murari; la forma, tipologia e dimensione degli elementi;
- riconoscimento di una disposizione regolare e pressoché orizzontale dei corsi (o, in alternativa, la presenza di listature a passo regolare);
- rilievo della tessitura muraria, ottenuta tramite l'ingranamento degli elementi (numero ed estensione dei contatti);
- rilievo della presenza di scaglie ed il regolare sfalsamento dei giunti;
- rilievo dello spessore dei letti di malta, della natura delle malte ed il loro stato di conservazione;
- eventuale controllo dello spessore e della composizione interna della muratura praticando fori sui paramenti murari ispezionati mediante indagine video endoscopica.


I punti di esecuzione delle indagini sono indicati con la sigla "IM" nelle tavole del piano delle indagini in allegato alla presente relazione.

Al termine delle attività di indagine sono stati eseguiti i ripristini.

I risultati ottenuti sono stati organizzati sotto forma di schede di rilievo afferenti i diversi aspetti di interesse nell'osservazione della muratura e del grado di ammorsamento tra murature ortogonali. Le schede di rilievo della tessitura muraria sono riportate di seguito corredate dalla documentazione fotografica utile per apprezzare il tipo di muratura.

IM-PA-20 Pianerottolo Scala		
Note: Indagine eseguita in corrispondenza dell'intersezione tra due pareti ortogonali. Le pareti sono risultate essere ammorsate. Di seguito si riporta una scheda distinta per le due pareti (DX e SX) per meglio descriverne le caratteristiche.		
IM-PA-20 dx Pianerottolo Scala		
Tessitura muraria	Regolare	<div>Immagine</div> 
Spessore muro [cm]	60 (totale)	
Spessore Intonaco [cm]	1,5 (interno)	
Tipologia	Mattone pieno	
Dimensioni laterizio [cm]	11x23x6,5	
Spessore giunti malta [cm]	orizz. 1,5 ÷ 2,5 vert. 1,0 ÷ 2,5	
Dimensione finestra [cm]	50 x 50	
Note	Malta di allettamento è risultata composta da aggregati di diversa granulometria, oltre che friabile.	
IM-PA-20 sx Pianerottolo Scala		
Tessitura muraria	Regolare	<div>Immagine</div> 
Spessore muro [cm]	110 (totale)	
Spessore Intonaco [cm]	1,5 (interno)	
Tipologia	Mattone pieno	
Dimensioni laterizio [cm]	11x23x6,5	
Spessore giunti malta [cm]	orizz. 1,5 ÷ 2,5 vert. 1,0 ÷ 2,5	
Dimensione finestra [cm]	50 x 50	
Note	Malta di allettamento è risultata composta da aggregati di diversa granulometria, oltre che friabile.	

IM-PA-24 Piano Rialzato		
Tessitura muraria	Regolare	<div>Immagine</div> 
Spessore muro [cm]	63 (totale)	
Spessore Intonaco [cm]	2,0 (interno)	
Tipologia	Mattone pieno	
Dimensioni laterizio [cm]	11x23x6,5	
Spessore giunti malta [cm]	orizz. 1,5 ÷ 2,5 vert. 1,0 ÷ 2,5	
Dimensione finestra [cm]	50 x 50	
Note	Malta di allettamento composta da aggregati di diversa granulometria, malta friabile, sfalsamento dei giunti	

IM-PA-32 Piano Primo		
Tessitura muraria	Regolare	<div>Immagine</div> 
Spessore muro [cm]	50 (totale)	
Spessore Intonaco [cm]	2,0 (interno)	
Tipologia	Mattone pieno	
Dimensioni laterizio [cm]	11x23x6,5	
Spessore giunti malta [cm]	orizz. 2,0 ÷ 3,0 vert. 1,0 ÷ 3,5	
Dimensione finestra [cm]	50 x 50	
Note	Malta di allettamento composta da aggregati di diversa granulometria, malta friabile, sfalsamento dei giunti, ammorsamento tra le due pareti	

2.4 INDAGINI GEOMETRICHE E TIPOLOGICHE SU ELEMENTI LIGNEI "RIL"

Gli elementi in legno dell'edificio sono stati oggetto di una specifica serie di indagini. I punti di indagine sono indicati con la sigla "RIL" nelle tavole del piano di indagine allegato alla presente relazione.

Il rilievo degli elementi lignei ha previsto le seguenti modalità operative:

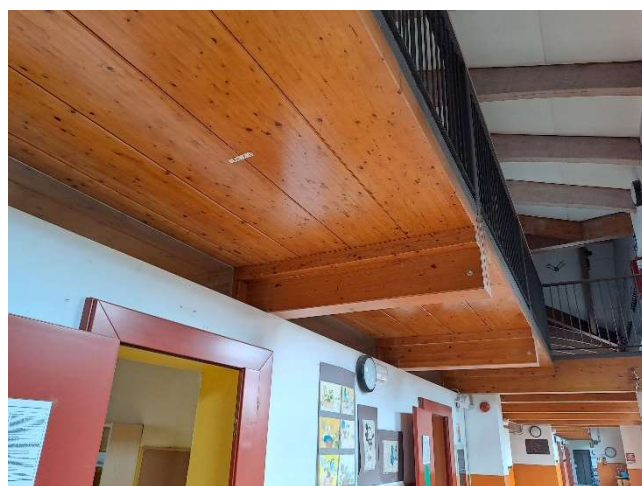
- rilievo delle dimensioni degli elementi principali e secondari, compresi eventuali restringimenti di sezione o situazioni di degrado (lesioni, fessurazioni e cipollature);
- rilievo dei dettagli costruttivi in corrispondenza degli appoggi sulle murature ed in corrispondenza degli appoggi delle strutture secondarie sulle strutture principali;

I dati rilevati con le indagini sono stati riassunti nelle tavole dei dettagli.

A seguire si riportano alcune fotografie delle indagini eseguite in sito.

RILIEVO DEGLI ELEMENTI LIGNEI

RIL-T-33



RIL-SOL-34



RIL-T-44	RIL-T-45
	
Rilievo trave di colmo	
	
Rilievo trave di displuvio	Rilievo trave soppalco
	

2.5 SONDAGGIO ENDOSCOPICO “END”

L'indagine conoscitiva con endoscopio è stata eseguita al fine di descrivere compiutamente la stratigrafia che caratterizza gli elementi strutturali.

L'ubicazione dei punti di indagine è indicata nelle tavole del piano di indagine con la sigla identificativa “END”. Nei diversi punti segnalati le indagini sono state eseguite sul solaio a soffitto e sulle pareti.


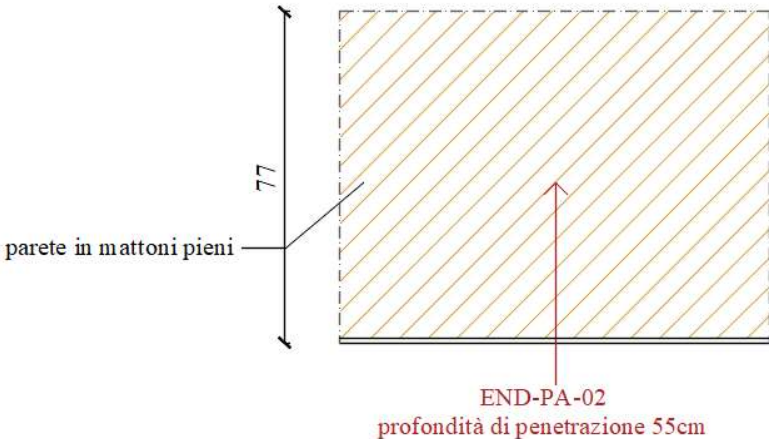
L'operazione consiste nel praticare un foro di diametro $10 \div 15$ mm nell'elemento da sottoporre a indagine endoscopica. Si procede poi alla rimozione di eventuali residui di materiale e di polvere rimasti nella cavità con un soffietto manuale e si introduce all'interno la sonda collegata al video endoscopio. A questo punto la sonda è fatta avanzare gradualmente, con soste a intervalli di distanza prestabiliti, misurando la profondità di penetrazione. Al contempo si realizza un filmato completo con avanzamento in ingresso e in uscita lungo tutta l'estensione del foro.


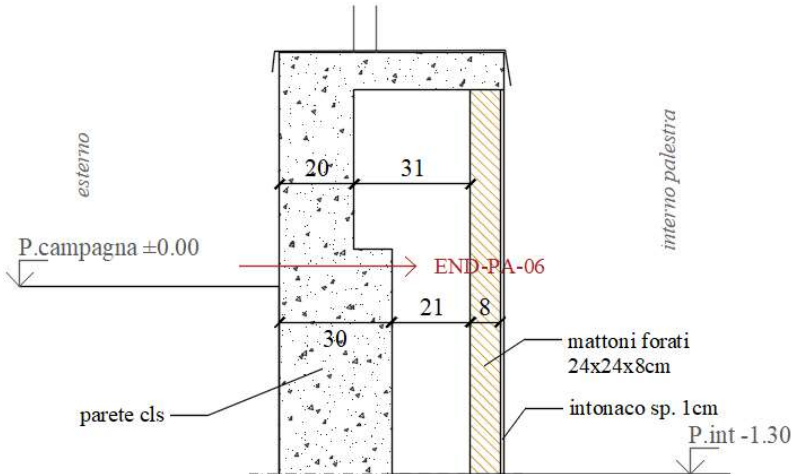
Si riportano alcune immagini delle operazioni di prova.


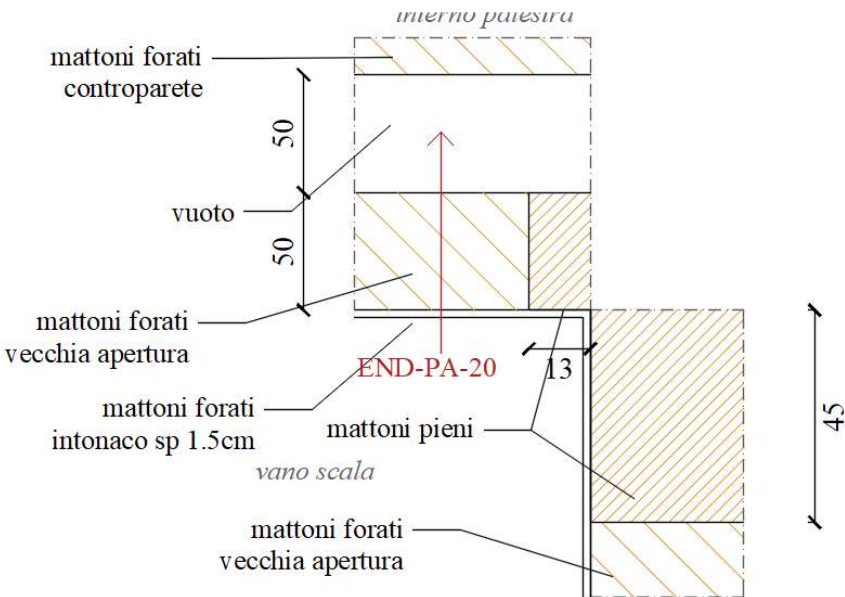


Indagine endoscopica

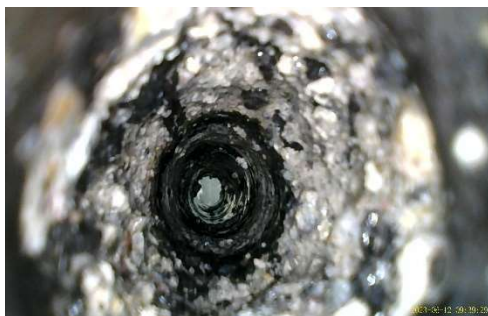
Di seguito per ogni posizione di indagine viene restituita una scheda con le geometrie e i parametri misurati in sito.

END-PA-02 SCHEDA SONDAGGIO CON ENDOSCOPIO		
Fotografia del punto indagato	Livello	Elemento
	P.-1	Parete corpo principale
	Materiale	
	Mattoni pieni	
	Descrizione	
	La composizione stratigrafica e materica dell'elemento, oggetto di indagine endoscopica, sono riportate negli schemi seguenti.	
Caratteristiche geometriche e sezione verticale dell'elemento		
<div></div>		

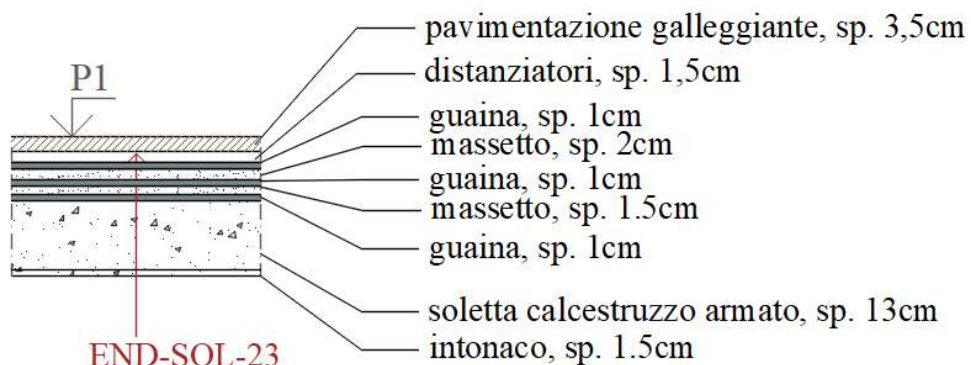
END-PA-06 SCHEDA SONDAGGIO CON ENDOSCOPIO		
Fotografia del punto indagato	Livello	Elemento
	P.r	Parete corpo palestra
	Materiale	
	c.a.+ laterizi forati	
	Descrizione	
	La composizione stratigrafica e materica dell'elemento, oggetto di indagine endoscopica, sono riportate negli schemi seguenti.	
Caratteristiche geometriche e sezione verticale dell'elemento		
		


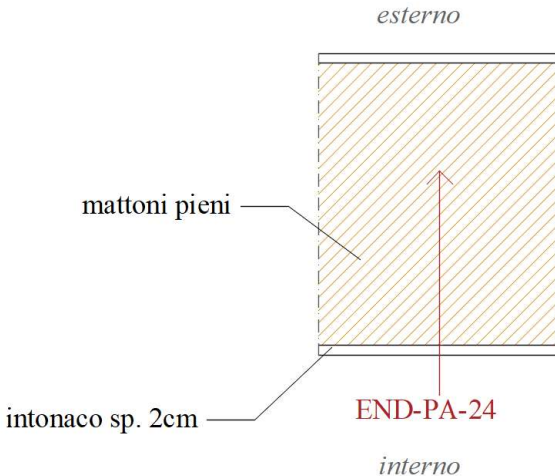
END-PA-20 SCHEDA SONDAGGIO CON ENDOSCOPIO		
Fotografia del punto indagato	Livello	Elemento
	P.r	Parete corpo principale
	Materiale	
	Mattoni pieni	
	Descrizione	
	La composizione stratigrafica e materica dell'elemento, oggetto di indagine endoscopica, sono riportate negli schemi seguenti.	
Caratteristiche geometriche e sezione verticale dell'elemento		
		


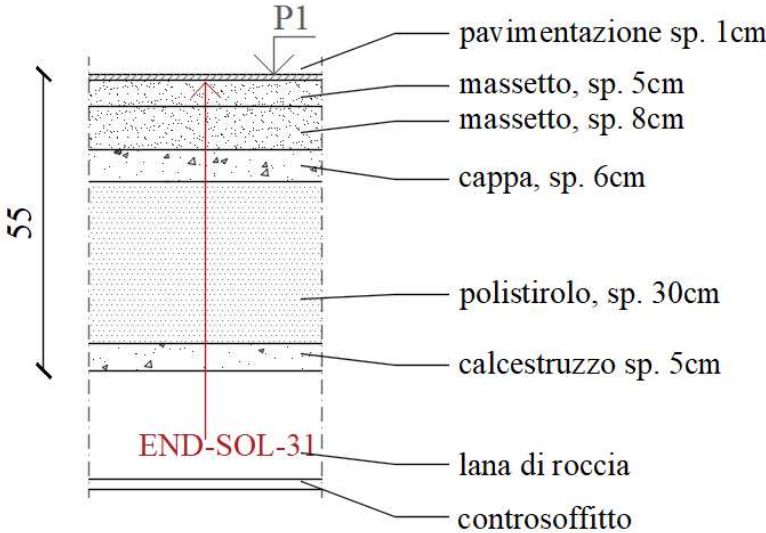
END-SOL-23 | SCHEDA SONDAGGIO CON ENDOSCOPIO


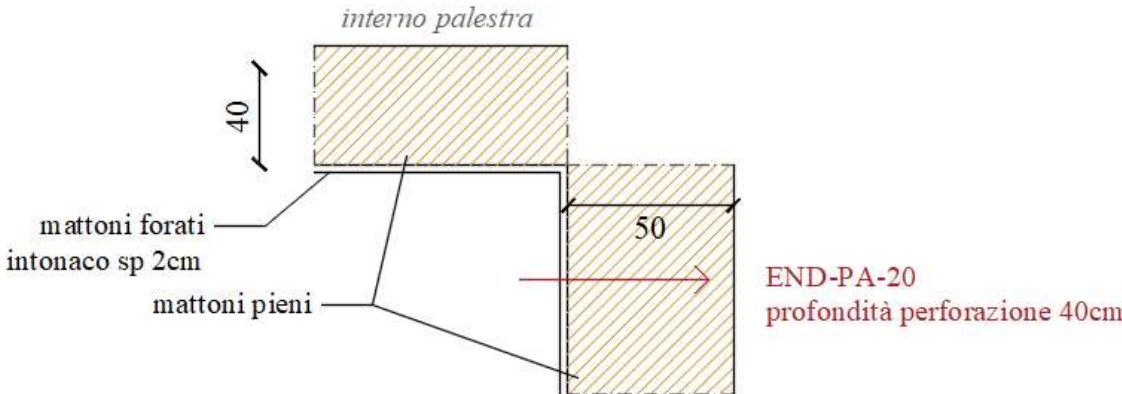
Fotografia del punto indagato	Livello	Elemento
	P.1	Solaio corpo principale
	Materiale	
	c.a.	
	Descrizione	
	La composizione stratigrafica e materica dell'elemento, oggetto di indagine endoscopica, sono riportate negli schemi seguenti.	


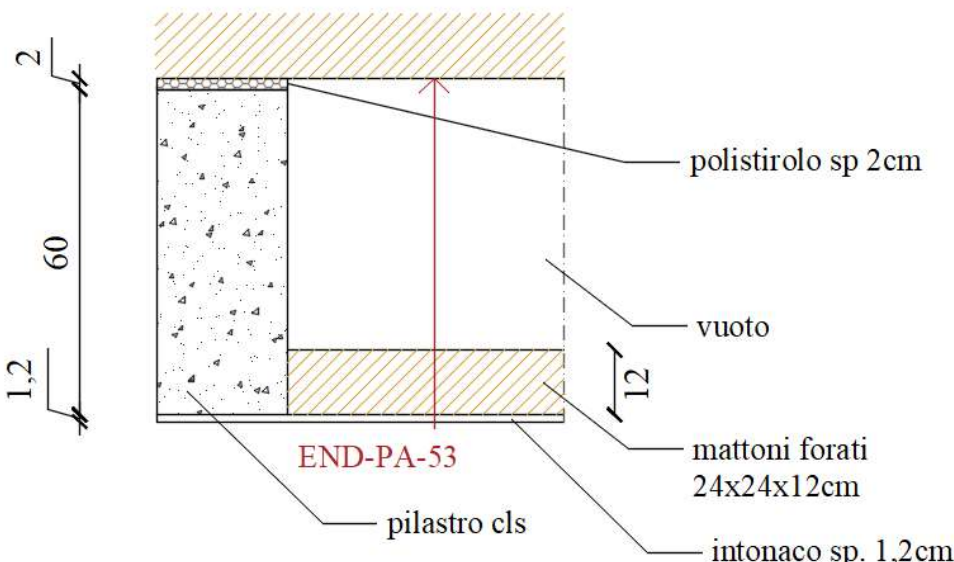
Caratteristiche geometriche e sezione verticale dell'elemento


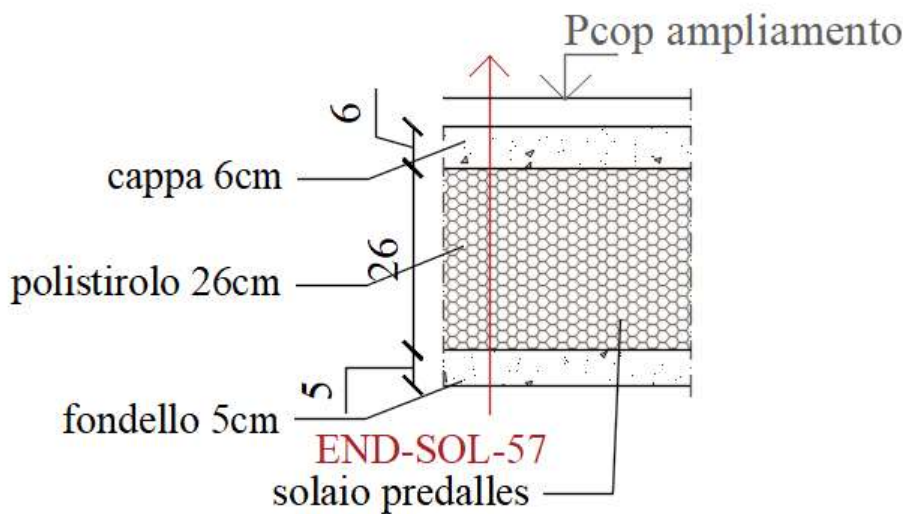



END-PA-24 SCHEDA SONDAGGIO CON ENDOSCOPIO		
Fotografia del punto indagato	Livello	Elemento
	P.R	Parete corpo principale
	Materiale	
	Mattoni pieni	
	Descrizione	
	La composizione stratigrafica e materica dell'elemento, oggetto di indagine endoscopica, sono riportate negli schemi seguenti.	
Caratteristiche geometriche e sezione verticale dell'elemento		
<div></div>		

END-SOL-31 SCHEDA SONDAGGIO CON ENDOSCOPIO		
Fotografia del punto indagato	Livello	Elemento
	P.1	Solaio corpo ampliamento 2008
	Materiale	
	Predalles	
	Descrizione	
	La composizione stratigrafica e materica dell'elemento, oggetto di indagine endoscopica, sono riportate negli schemi seguenti.	
Caratteristiche geometriche e sezione verticale dell'elemento		
		


END-PA-32 SCHEDA SONDAGGIO CON ENDOSCOPIO		
Fotografia del punto indagato	Livello	Elemento
	P.1	Parete corpo principale
	Materiale	
	Mattoni pieni	
	Descrizione	
	La composizione stratigrafica e materica dell'elemento, oggetto di indagine endoscopica, sono riportate negli schemi seguenti.	
Caratteristiche geometriche e sezione verticale dell'elemento		
<div></div>		

END-PA-53 SCHEDA SONDAGGIO CON ENDOSCOPIO		
Fotografia del punto indagato	Livello	Elemento
	P.r	Parete corpo palestra
	Materiale	
	Mattoni pieni	
	Descrizione	
	La composizione stratigrafica e materica dell'elemento, oggetto di indagine endoscopica, sono riportate negli schemi seguenti.	
Caratteristiche geometriche e sezione verticale dell'elemento		
<div><p><i>interno edificio centrale</i></p></div>		

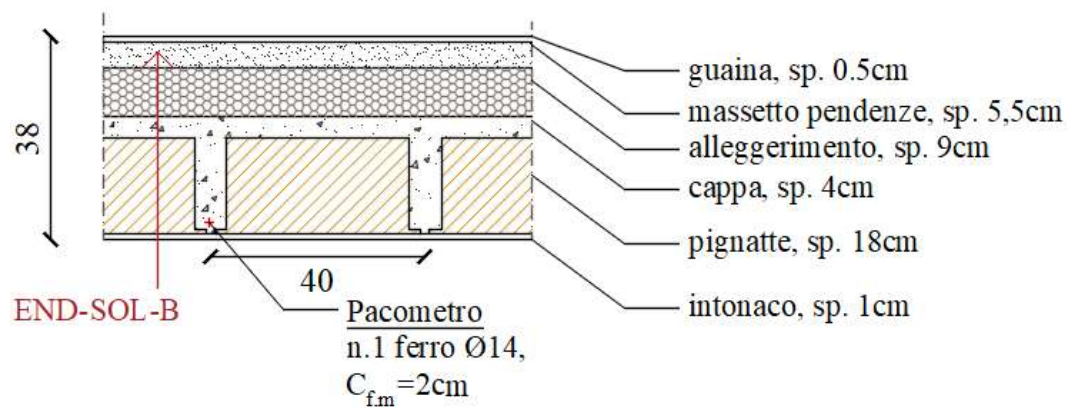
END-SOL-57 SCHEDA SONDAGGIO CON ENDOSCOPIO		
Fotografia del punto indagato	Livello	Elemento
	P.cop	Solaio corpo ampliamento 2008
	Materiale	
	Predalles	
	Descrizione	
	La composizione stratigrafica e materica dell'elemento, oggetto di indagine endoscopica, sono riportate negli schemi seguenti.	
Caratteristiche geometriche e sezione verticale dell'elemento		
<div></div>		


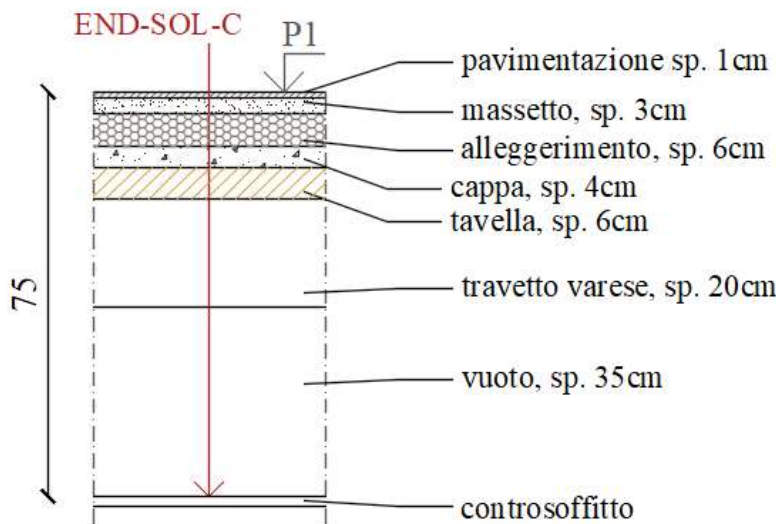
END-SOL-A SCHEDA SONDAGGIO CON ENDOSCOPIO		
Fotografia del punto indagato	Livello	Elemento
	P.-1	Solaio corpo principale
	Materiale	
	Voltine e volterrane	
	Descrizione	
	La composizione stratigrafica e materica dell'elemento, oggetto di indagine endoscopica, sono riportate negli schemi seguenti.	
Caratteristiche geometriche e sezione verticale dell'elemento		
		


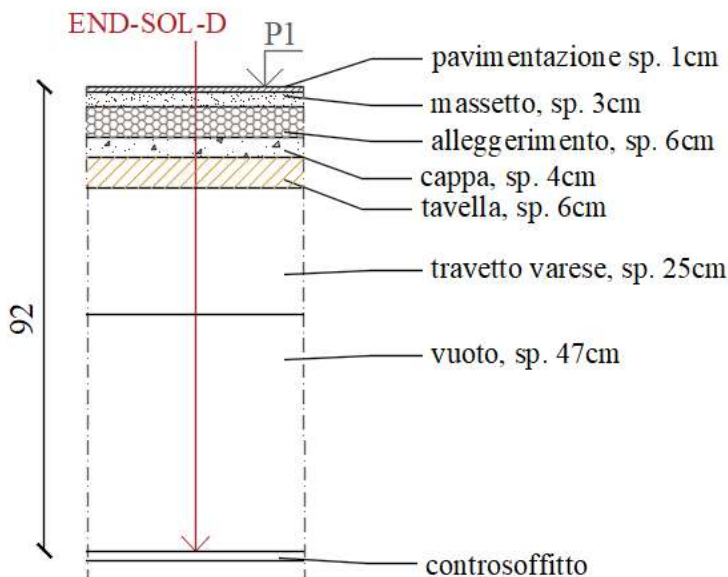
END-SOL-B | SCHEDA SONDAGGIO CON ENDOSCOPIO


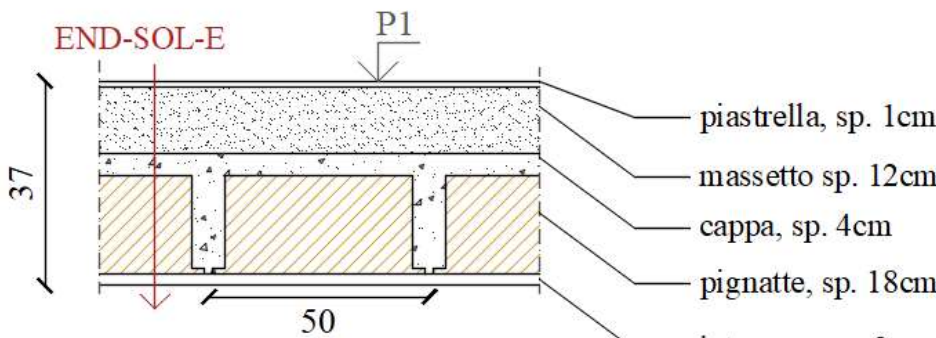
Fotografia del punto indagato	Livello	Elemento
	P.cop	Solaio spogliatoio
	Materiale	
	Latero-cemento	
	Descrizione	
	La composizione stratigrafica e materica dell'elemento, oggetto di indagine endoscopica, sono riportate negli schemi seguenti.	

Caratteristiche geometriche e sezione verticale dell'elemento



END-SOL-C SCHEDA SONDAGGIO CON ENDOSCOPIO		
Fotografia del punto indagato	Livello	Elemento
	P.1	Solaio travetti Varese corpo principale
	Materiale	
	travetti tipo Varese - lato corridoio	
	Descrizione	
	La composizione stratigrafica e materica dell'elemento, oggetto di indagine endoscopica, sono riportate negli schemi seguenti.	
Caratteristiche geometriche e sezione verticale dell'elemento		
		

END-SOL-D SCHEDA SONDAGGIO CON ENDOSCOPIO		
Fotografia del punto indagato	Livello	Elemento
	P.1	Solaio travetti Varese corpo principale
	Materiale	
	travetti tipo Varese - lato aule	
	Descrizione	
	La composizione stratigrafica e materica dell'elemento, oggetto di indagine endoscopica, sono riportate negli schemi seguenti.	
Caratteristiche geometriche e sezione verticale dell'elemento		
		

END-SOL-E SCHEDA SONDAGGIO CON ENDOSCOPIO		
Fotografia del punto indagato	Livello	Elemento
	P.1	Solaio corpo servizi
	Materiale	
	Latero-cemento	
	Descrizione	
	La composizione stratigrafica e materica dell'elemento, oggetto di indagine endoscopica, sono riportate negli schemi seguenti.	
Caratteristiche geometriche e sezione verticale dell'elemento		
		

2.15 INDAGINI CON TERMOCAMERA “FLIR”

L’indagine termografica ha consentito l’osservazione di alcuni aspetti delle strutture analizzate quali ad esempio l’orditura dei solai e la presenza di eventuali aperture, cavedi, architravi all'interno dei paramenti murari ed elementi strutturali celati da tamponamenti.


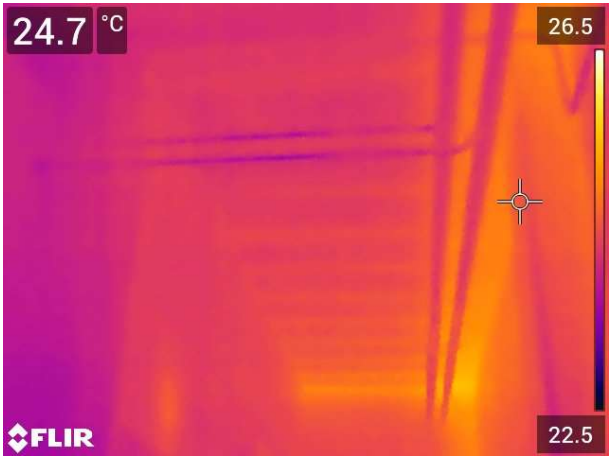



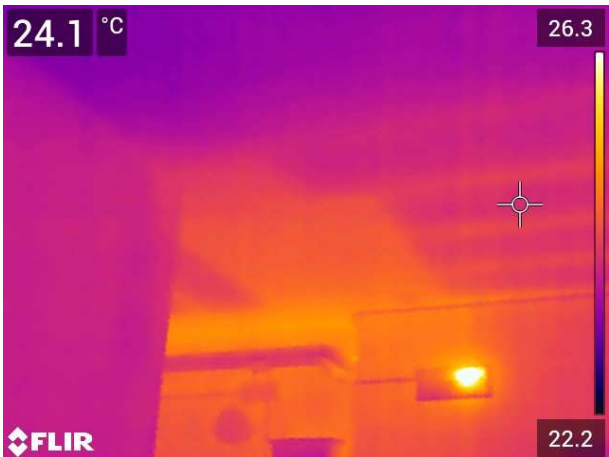
La termografia all’infrarosso è una particolare tecnica telemetrica in grado di determinare, con buona risoluzione spaziale e precisione, la temperatura radiante di una superficie. Si tratta di un mezzo di diagnosi non distruttiva basato sull’analisi di immagini che evidenziano discontinuità termiche. La metodologia in esame sfrutta la capacità di alcuni dispositivi (sensori bolometrici) di rivelare l’intensità della radiazione nella zona termica dello spettro elettromagnetico, ovvero quella dell’infrarosso. L’energia termica, o infrarossa, consiste in una luce la cui lunghezza d’onda risulta troppo grande per essere individuata dall’occhio umano; si tratta della porzione dello spettro elettromagnetico che viene percepita come calore. A differenza della luce visibile, nel mondo dei raggi infrarossi tutti gli elementi con una temperatura al di sopra dello zero assoluto (cioè a $0\text{ K} = -273,15\text{ °C}$) emettono calore. Più è alta la temperatura dell’oggetto, più quest’ultimo irradierà raggi infrarossi. Il principio quindi si basa sulla misura della distribuzione delle temperature superficiali dell’oggetto in esame.

In ambito edilizio e architettonico si è in grado di evidenziare le differenze termiche causate, ad esempio, dalla presenza di travetti in un solaio e nello specifico la presenza di eventuali vuoti all'interno di un paramento murario. La logica interpretativa consiste nella diversa velocità di raffreddamento dei materiali strutturali quali pietre, intonaci, lapidei naturali, elementi metallici, legno, per cui, secondo la differente conducibilità termica, si osserveranno zone più fredde e aree più calde. Le informazioni ottenute mediante istantanee all’infrarosso e analizzate poi con opportuni software di elaborazione possono essere talvolta corredate della corrispondente immagine nel campo visibile al fine di migliorarne la comprensione. In molti casi è quindi possibile utilizzare la termografia per una prima mappatura delle zone caratterizzate da discontinuità e/o anomalie, sulle quali poi eventualmente effettuare indagini più approfondite in grado di esaminare il mezzo più in profondità.

La termocamera impiegata è di marca Flir, modello ThermoCam™ P65, le cui caratteristiche sono:

- risoluzione spaziale 1,3 mrad;
- risoluzione termica 0,08 °C;
- accuratezza $\pm 2\text{ °C}$ o $\pm 2\%$ della lettura;
- intervallo spettrale 7,5 – 13,0 μm ;
- rilevatore FPA (Focal Plane Array), microbolometro non raffreddato;
- risoluzione sensore 320 x 240 pixel;
- campo di misura $-40\text{ °C} \div +500\text{ °C}$.

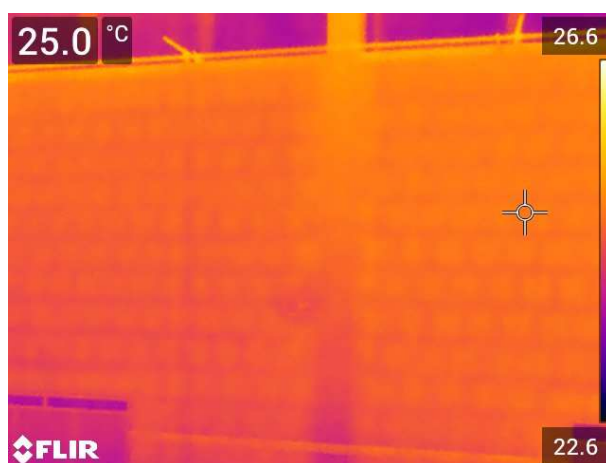
Di seguito si riportano le immagini delle indagini termografiche effettuate. L'ubicazione delle prove è indicata nella tavola delle indagini termografiche in allegato.

INDAGINI CON TERMOCAMERA	
FLIR 4285-4286	
	
FLIR 4287-4288	
	
FLIR 4289-4290	
	

FLIR 4299-4300



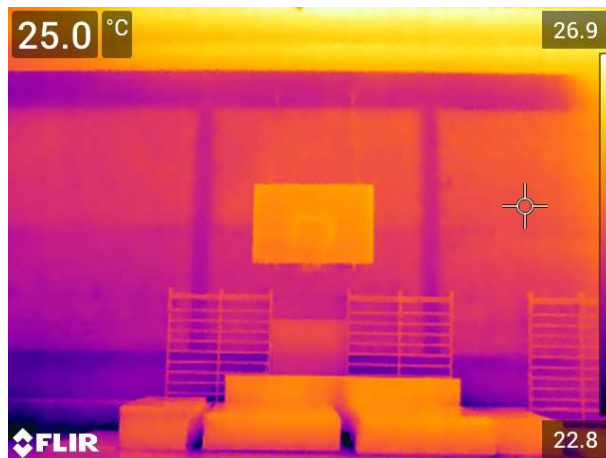
FLIR 4301-4302



FLIR 4303-4304



FLIR 4305-4306



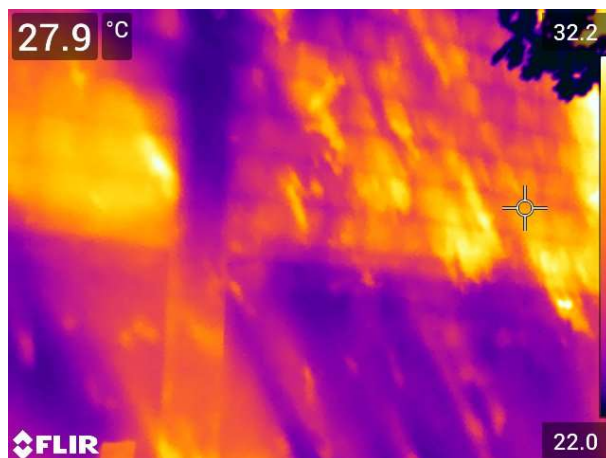
FLIR 4307-4308



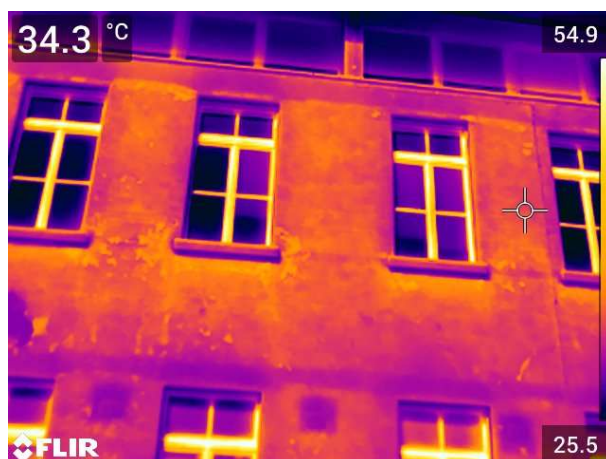
FLIR 4309-4310



FLIR 4311-4312



FLIR 4317-4318



FLIR 4321-4322



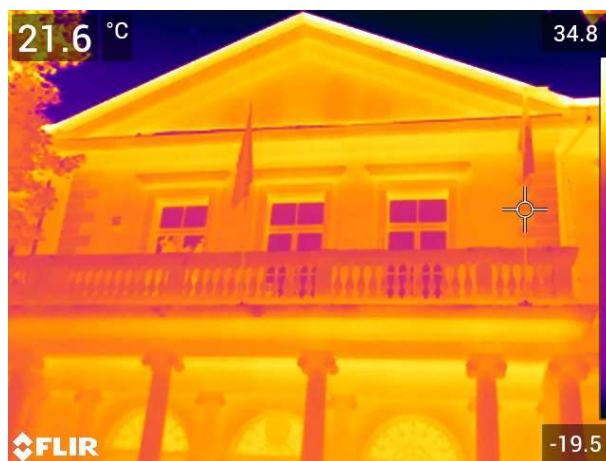
FLIR 4323-4324



FLIR 4325-4326



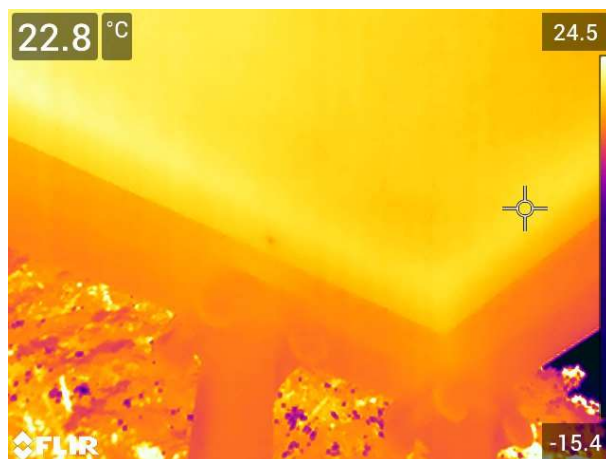
FLIR 4335-4336



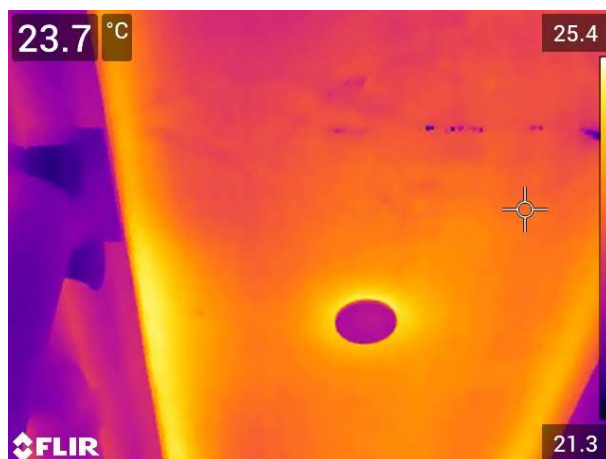
FLIR 4337-4338



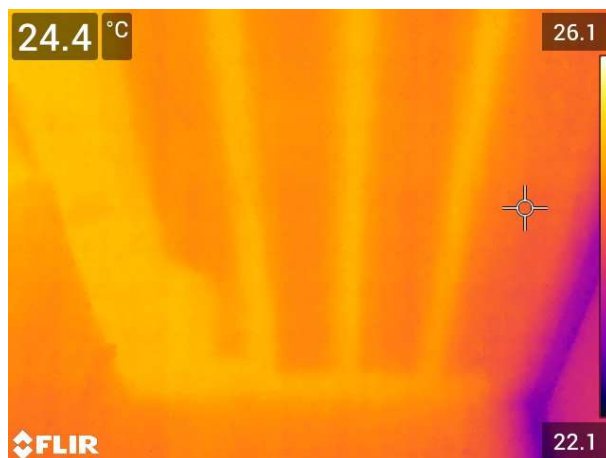
FLIR 4339-4340



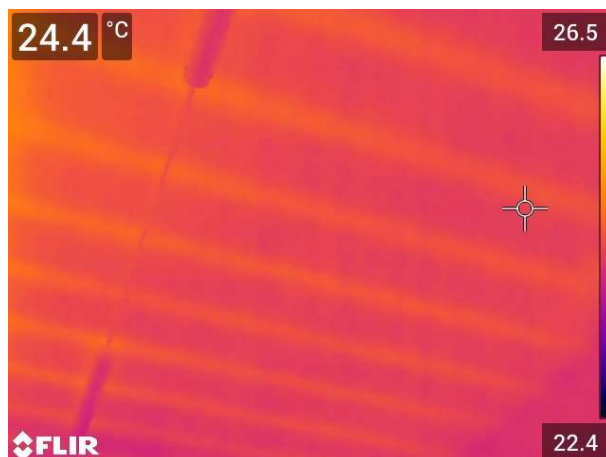
FLIR 4341-4342



FLIR 4347-4348

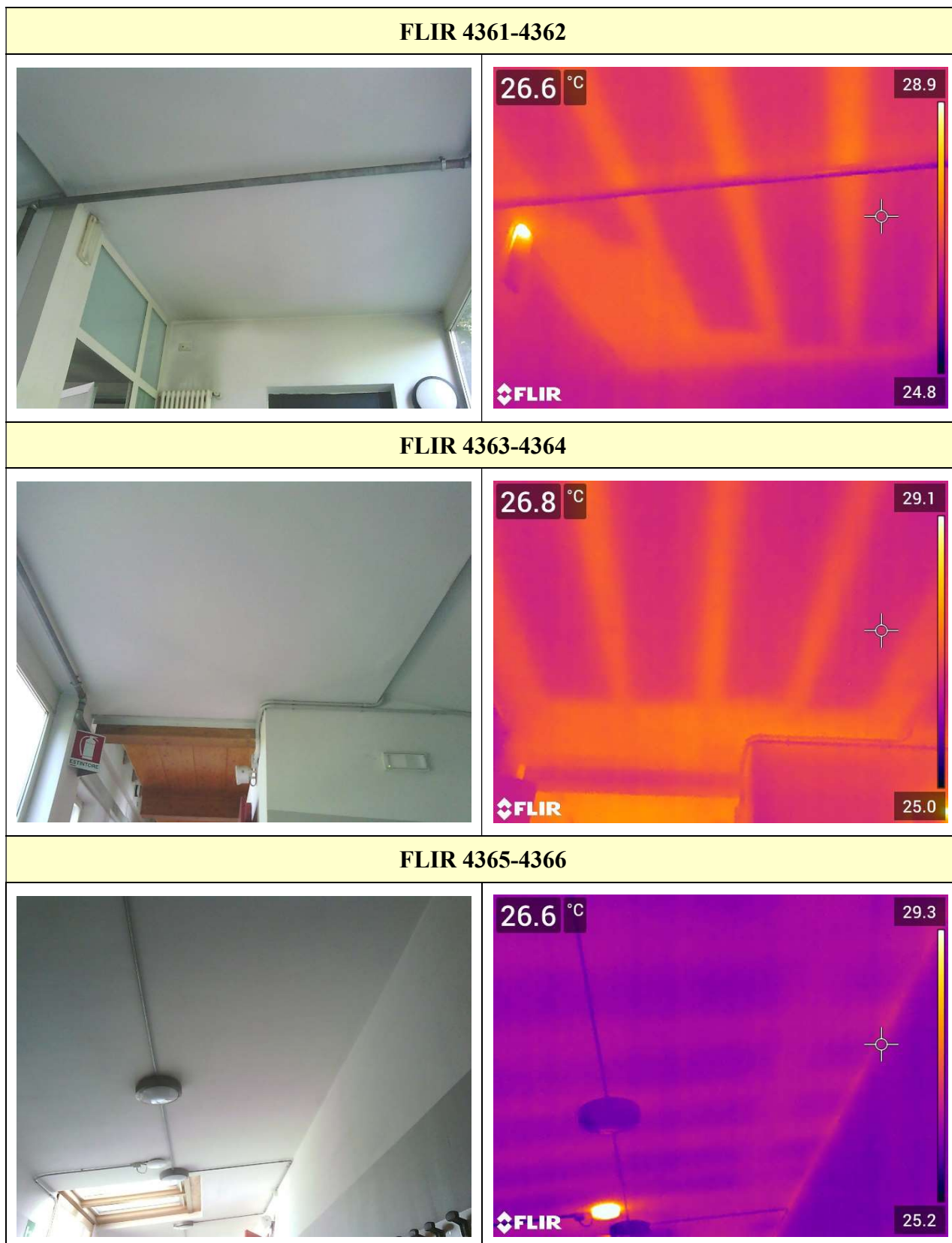


FLIR 4351-4352

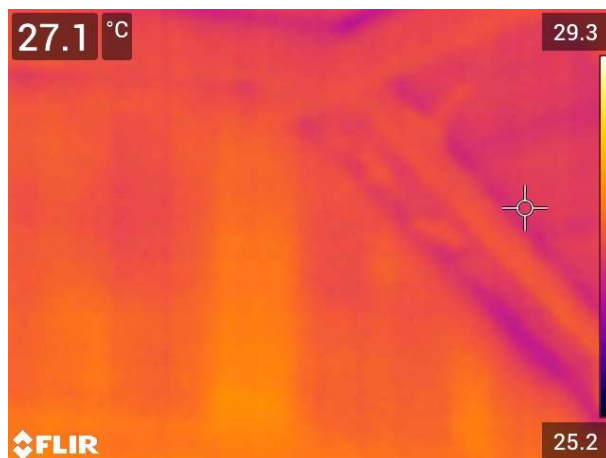


FLIR 4357-4358





FLIR 4369-4370



FLIR 4371-4372



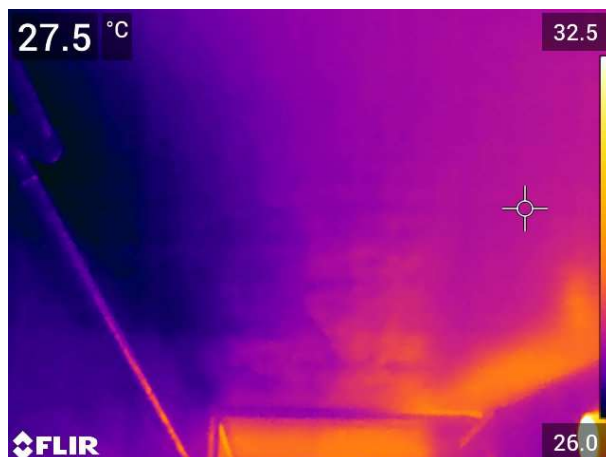
FLIR 4373-4374



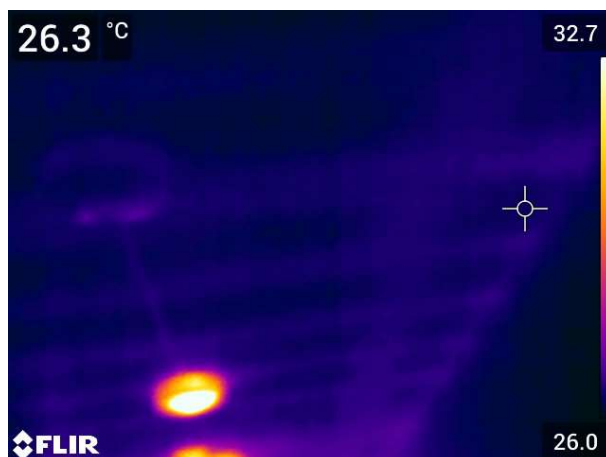
FLIR 4375-4376



FLIR 4381-4382



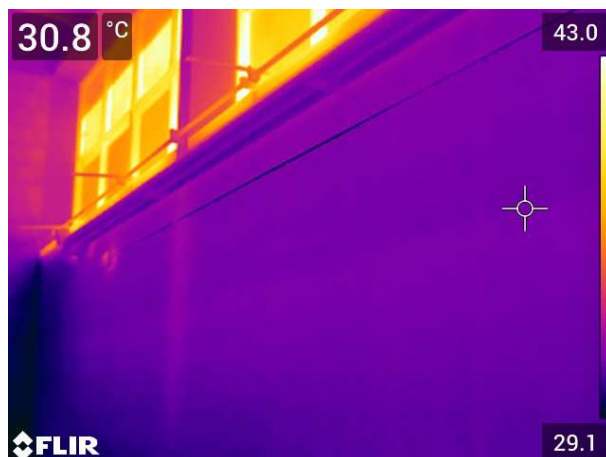
FLIR 4383-4384



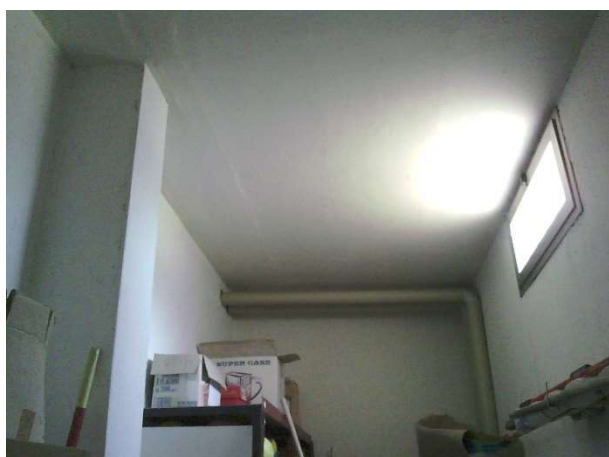
FLIR 4385-4386



FLIR 4513-4514



FLIR 4515-4516



FLIR 4517-4518



FLIR 4525-4526



3. CARATTERIZZAZIONE DEL CALCESTRUZZO ARMATO

Per quanto concerne i materiali, sono state condotte prove sperimentali distruttive e non distruttive sugli elementi strutturali in calcestruzzo armato. Le tipologie di indagini condotte e i risultati ottenuti sono descritti nei successivi paragrafi.

3.1 PROPRIETÀ MECCANICHE DELL'ACCIAIO D'ARMATURA

Per caratterizzare il tipo di acciaio utilizzato per le strutture in c. a. si sono effettuate prove non distruttive di durezza e prelievi di spezzoni di barre d'armatura per l'esecuzione delle prove di trazione in laboratorio.

3.1.1 Prelievo di barre d'armatura e prove di trazione "ARM"

Sono stati eseguiti n. 2 prelievi di barre d'armatura da un elemento in calcestruzzo armato. I punti di indagine sono segnalati nelle tavole tecniche in allegato con la sigla "ARM". I prelievi sono stati eseguiti secondo le prescrizioni della normativa UNI EN ISO 6892 assicurandosi una lunghezza utile per essere sottoposti a prova di trazione.

Le prove di trazione sui campioni prelevati sono state condotte presso il Laboratorio Ufficiale Min. LL.PP. Legge 1086/71 di P&P LMC.

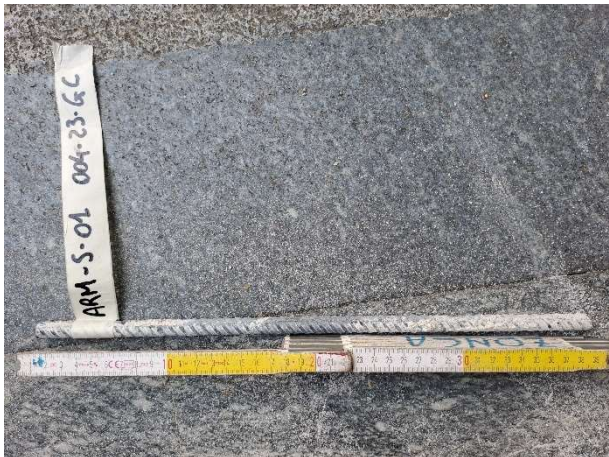

Il rapporto di prova di trazione sulle barre d'armatura è riportato in allegato alla presente relazione.

Nella tabella seguente vengono raccolte le caratteristiche principali degli spezzoni estratti. Contestualmente si presentano in sintesi i risultati ottenuti dalle prove di laboratorio in termini di tensione di snervamento (f_y), tensione a rottura (f_{st}), allungamento percentuale (A_{gt}).

PROVE DI TRAZIONE SU BARRE D'ARMATURA									
ID	Elemento strutturale	Edificio	Livello	ϕ [mm]	Tipo*	L [mm]	f_y [MPa]	f_{st} [MPa]	A_{gt} [%]
ARM-S-01	Setto	Blocco Servizi	P-1	12	AM ©	400	573.2	652.5	9.1
ARM-P-11	Pilastro	Palestra	PT	16	AM ©	420	471.2	718.2	6.6
* Tondini lisci (L), aderenza migliorata (AM), rumi (R); correnti (c), trasversali (t), staffe (st), (v) verticale e (o) orizzontale									

Al termine delle indagini i punti di prelievo sono stati ripristinati mediante saldatura di spezzoni di barra sostitutivi e ricostruzione del copriferro mediante utilizzo di malta per ripristini strutturali.

Di seguito si riportano le immagini dei provini sottoposti a prova di trazione e dei punti di prelievo.

PRELIEVI DI BARRE D'ARMATURA	
ARM-S-01 Setto	ARM-P-11 Pilastro
	

3.1.2 Prove di durezza “CND”

L'acciaio delle strutture oggetto di verifica è stato indagato con prove non distruttive con durometro secondo normativa UNI EN ISO 16859. I punti di indagine sono indicati nel piano delle indagini in allegato con la sigla “CND”.

La misura della durezza superficiale in sito dell'acciaio (resistenza che la superficie del materiale oppone alla sua penetrazione) consente di dedurre la classe di resistenza meccanica di rottura a trazione del materiale. Per l'esecuzione delle prove è stato utilizzato un durometro in grado di fornire direttamente a display la resistenza del materiale attraverso diverse scale di durezza.

Di seguito alcune caratteristiche tecniche della strumentazione:

- area di visualizzazione: da 0 fino a 999 HLD;
- precisione: $\pm 6\text{HL}$ (prossimità 800 HLD);
- direzione di misura: possibile in tutte le direzioni;
- LCD: ampio, (128 x 64 dot) LCD retroilluminato;
- memoria dati: 500 gruppi di misura;
- i risultati di misura: HRC, HRB, HB, HV, HSD;
- energia di impatto: 11N;
- peso del corpo di rimbalzo: 5,5 g;
- diametro della punta del sensore: 3mm, carburo di tungsteno;
- durezza della punta del sensore: $\geq 1600\text{ HV}$;
- temperatura operativa: da -10°C fino a $+60^{\circ}\text{C}$ e umidità: dal 5% fino al 95%.

Una prima fase di ricerca dei tondini d'armatura mediante l'impiego di un pacometro permette di individuare la maglia d'armatura nell'elemento strutturale. Si esegue a questo punto la messa a nudo di una barra mediante demolizione controllata del copriferro e successiva levigatura dell'acciaio impiegando una smerigliatrice angolare con disco abrasivo. Sulla superficie a lucido viene eseguita la prova durometrica con almeno cinque battiture. Nella tabella che segue vengono sintetizzati i risultati delle prove con durometro forniti secondo la scala Rockwell B "HRB" e riportati come media di più battute di misura per ogni elemento esaminato. I valori medi vengono quindi correlati alla resistenza caratteristica a rottura (f_{st}) dell'elemento metallico indagato tramite opportune tabelle di conversione.

PROVE DI DUREZZA SU BARRE D'ARMATURA												
ID	Elemento strutturale	Edificio	Livello	Ø [mm]	Tipo *	Battute (scala HRB)					Media	$f_{st_armatura}$ [MPa]
						1	2	3	4	5		
CND-T-25	Soletta c.a.	Corpo principale	P1	12	AM	79.8	82.5	78.5	77.3	79.9	79.6	490
CND-S-29	Setto	Corpo servizi	PT	8	AM	88.1	87.5	89.4	86.5	89.0	88.1	590
CND-T-05	Trave	Palestra	PT	10	AM	88.6	89.4	86.2	87.1	83.1	86.9	570
CND-T-10	Trave	Palestra	PT	14	AM	77.6	78.4	76.5	75.1	79.1	77.3	465
CND-P-11	Pilastro	Palestra	PT	16	AM	72.7	75.2	76.0	74.3	71.7	74.0	430
CND-P-07	Pilastro	Palestra	PT	10	AM	77.6	75.4	76.2	78.5	79.9	77.5	470
CND-S-27	Setto	Ampliamento	P-1	10	AM	82.9	83.9	82.3	85.6	85.8	84.1	540
CND-S-01	Setto	Corpo servizi	P-1	10	AM	82.8	84.9	82.3	82.5	84.6	83.4	530
CND-T-09	Tegolo	Palestra	P COP	10	AM	77.3	82.6	79.5	80.7	81.5	80.3	495
* (L) barra liscia, (AM) barra aderenza migliorata, rumi (R) - correnti (c), trasversali (t), staffe (st), (v) verticale e (o) orizzontale												

Di seguito si riportano alcune immagini delle prove realizzate.



Prove con durometro su barre d'armatura

Prove di durezza sono state condotte anche su elementi in carpenteria metallica. Nella tabella che segue vengono sintetizzati i risultati delle prove con durometro forniti secondo la scala Rockwell B “HRB” e riportati come media di più battute di misura per ogni elemento esaminato. I valori medi vengono quindi correlati alla resistenza caratteristica a rottura (f_{st}) dell'elemento metallico indagato tramite opportune tabelle di conversione.

PROVE DI DUREZZA SU BARRE D'ARMATURA										
ID	Elemento strutturale	Edificio	Livello	Battute (scala HRB)					Media	$f_{st_armatura}$ [MPa]
				1	2	3	4	5		
CND-P-16	Pilastro	Spogliatoio	PT	78.5	76.4	81.3	85.4	79.4	80.2	495
CND-P-48	Pilastro	Pensilina spogliatoio	PT	65.3	70.1	66.4	67.2	68.9	67.6	390
* (L) barra liscia, (AM) barra aderenza migliorata, rumi (R) - correnti (c), trasversali (t), staffe (st), (v) verticale e (o) orizzontale										

3.2 PROPRIETÀ MECCANICHE DEL CALCESTRUZZO

Per la caratterizzazione delle proprietà meccaniche del calcestruzzo sono state eseguite sia prove distruttive che non distruttive. Di seguito si riportano le modalità di indagine e i risultati ottenuti.

3.2.1 Prelievo e prove di compressione su carote di calcestruzzo “CA”

Per caratterizzare la resistenza meccanica a compressione del calcestruzzo sono stati effettuati n. 2 prelievi costituiti da un provino cilindrico avente diametro nominale pari a 80 mm. L'ubicazione dei punti di indagine è indicata nel piano di indagine in allegato con la sigla "CA".

Il carotaggio è stato eseguito secondo le prescrizioni della norma UNI EN 12504-1 procedendo in profondità in modo da assicurare il prelievo di carota di lunghezza utile per l'esecuzione della prova di compressione con l'accortezza di non intercettare barre di armatura. Prima dell'esecuzione del carotaggio è stata, al proposito, eseguita la ricerca della posizione di eventuali ferri d'armatura tramite pacometro.

Sul provino appena estratto dalla struttura è stata eseguita (secondo norma UNI EN 14630) la prova di carbonatazione con il metodo del viraggio chimico, utilizzando come indicatore una soluzione acquosa di fenolftaleina all'1% in alcool etilico al 70%. Tale soluzione vira al rosso-violetto a contatto con materiali aventi un pH superiore a 9.2, mentre rimane incolore per valori di pH inferiori. In queste condizioni il ferro d'armatura perde la sua passività ed è quindi in grado di subire la corrosione.

La carota estratta, previo condizionamento con taglio (per eliminare la testa del campione) e successiva spianatura, è stata sottoposta a prova di resistenza a compressione presso il Laboratorio Ufficiale Min. LL.PP. Legge 1086/71 di P&P LMC.

Il rapporto di prova di compressione sulle carote è riportato in allegato alla presente relazione.

Di seguito alcune immagini delle operazioni di carotaggio in situ.



Fasi di esecuzione dei carotaggi

Nella tabella seguente vengono raccolte in sintesi le caratteristiche dei provini estratti e contestualmente si presentano i risultati ottenuti dalle prove di compressione e di carbonatazione.

PROVE DI COMPRESSIONE SU CAROTE IN CALCESTRUZZO											
ID	Elemento strutturale	Edificio	Livello	L _{carota estratta} [cm]	P _{carbonat.} [cm]	Ø [mm]	H _{carota} [mm]	Ø/H	Massa volumica [kg/m³]	R _c carota [Mpa]	Tipo rottura *
CA-S-01	Setto	Blocco Servizi	P-1	16	5	74	74	1/1	2300	29.6	S
CA-P-11	Pilastro	Palestra	PT	16	2	74	74	1/1	2140	25.2	S

*Tipo di rottura: S = soddisfacente (bitronco-conica); A+K = non soddisfacente.

Di seguito si mostrano le immagini del campione estratto in sito su cui è stata eseguita la prova di carbonatazione.

PRELIEVI DI CAROTE IN CALCESTRUZZO	
CA-S-01 Setto	CA-P-11 Pilastro
	

3.2.2 Prove non distruttive su calcestruzzo con metodo Son.Reb "SRB"

Le prove in campo hanno compreso l'esecuzione di prove sclerometriche ed indagini soniche eseguite in abbinamento sulle medesime porzioni di struttura utili per la valutazione della resistenza a compressione degli elementi strutturali in c.a. tramite l'applicazione del metodo non distruttivo SonReb. L'ubicazione dei punti di indagine è indicata nel piano di indagine in allegato con la sigla "SRB".

Prove sclerometriche

Il metodo dell'indice di rimbalzo utilizza lo sclerometro per misurare l'energia elastica assorbita dal calcestruzzo a seguito di un impatto. Il metodo consiste nel provocare l'impatto di una massa standardizzata 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 della massa in movimento tra l'istante in cui è rilasciata e quando colpisce la superficie del calcestruzzo. Questa percentuale è detta indice di rimbalzo N. Dato che l'energia cinetica della massa battente è standardizzata, l'altezza di rimbalzo dipende dall'energia dissipata durante l'impatto, che a sua volta dipende dalla resistenza meccanica della superficie del calcestruzzo. Occorre ricordare che l'indice di rimbalzo è influenzato da 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 aggregati di grosso diametro in prossimità della superficie, presenza di barre d'armatura oppure di vuoti all'interno dell'elemento strutturale. Per mitigare gli effetti di alcune delle cause che alterano le misure nell'intorno di ogni punto di prova sono state eseguite più battute, adeguatamente distanziate fra di loro.

La taratura dello sclerometro è stata effettuata prima e dopo ogni giornata di lavoro o sequenze di prove utilizzando l'apposita incudine di taratura.

L'esecuzione delle prove si è svolta secondo le seguenti modalità:

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

- assenza di ferri armature in prossimità della superficie;
- 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;

c) esecuzione di 12 battute sclerometriche all'interno della zona di misura, secondo una griglia preliminarmente definita, mantenendo lo sclerometro perpendicolare alla superficie di misura. Nel caso in cui tale orientamento non sia perpendicolare, l'angolo di inclinazione dello strumento rispetto alla superficie è stato annotato per le successive elaborazioni.

d) calcolo della media dei valori degli indici di rimbalzo e verifica dell'accettabilità del risultato.

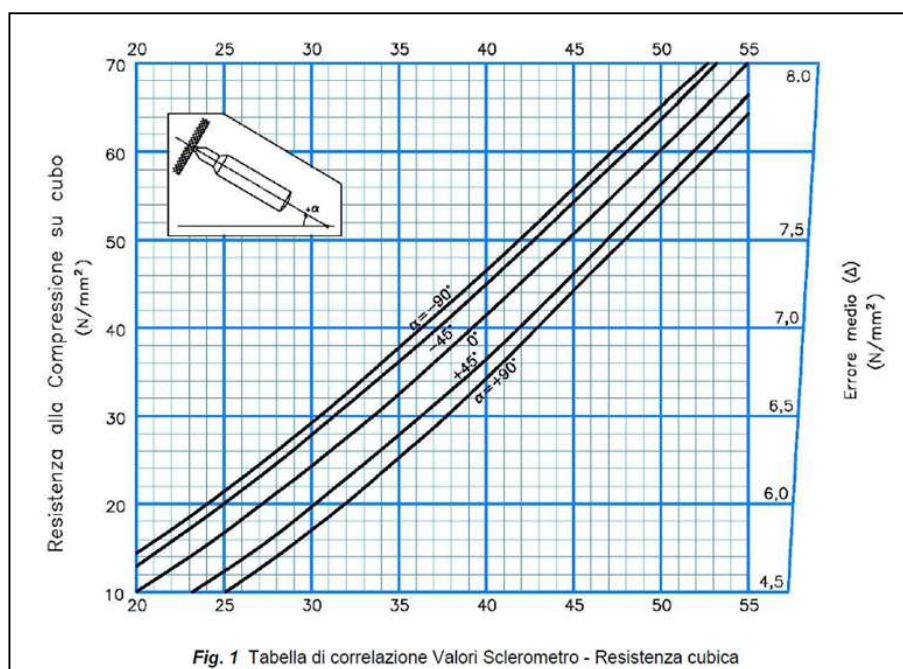
L'elaborazione delle misure sclerometriche consiste nelle seguenti fasi:

- a) correzione degli indici di rimbalzo rilevati in funzione dell'angolo d'azione dello strumento, utilizzando le correlazioni fornite in proposito dal fabbricante dello strumento;
- b) calcolo della media degli indici di rimbalzo rilevati per ciascuna zona. Il risultato relativo ad una zona corrisponde al valore medio delle misure arrotondate all'intero più prossimo.

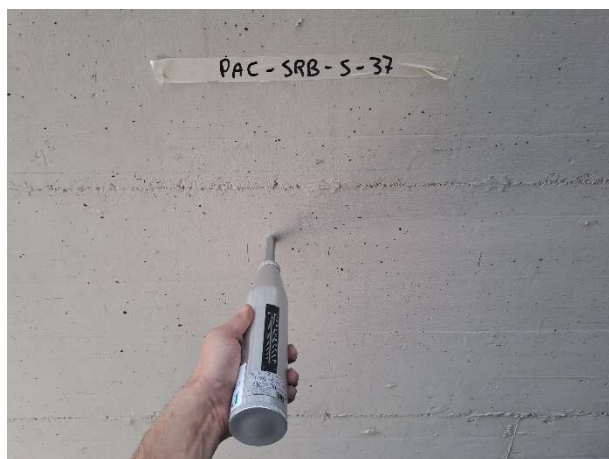
La correlazione tra indice di rimbalzo N e resistenza a compressione R_c è del tipo rappresentato nel grafico seguente e definito dalla:

$$R_c = A \cdot N^B$$

In cui i coefficienti A e B sono opportunamente calibrati mediante prove distruttive su carote.



Di seguito alcune fotografie esemplificative delle fasi di prova con relativa strumentazione.



Prove con sclerometro

Di seguito si raccolgono i risultati delle prove sclerometriche eseguite, indicando con MIR la media indice di rimbalzo depurata dei valori di lettura massimo e minimo.

PROVE SCLEROMETRICHE SU CLS																				
ID	Elemento strutturale	Edificio	Livello	Dir.	Battute												min	max	MIR statistico	R _c [MPa]
SRB-P-04	Pilastro	Amp. 2008	P-1	0°	45	48	45	46	51	50	48	52	49	46	50	51	45	52	48	56
SRB-P-08	Pilastro	Palestra	PT	0°	40	42	43	42	40	41	45	40	43	41	45	44	40	45	42	45
SRB-P-14	Colonna	Corpo centrale	PR	0°	54	51	50	49	52	50	48	53	56	55	56	54	48	56	52	64
SRB-S-15	Setto	Palestra	PT	0°	47	46	48	45	47	49	46	48	48	47	49	46	45	49	47	54
SRB-S-27	Setto	Amp. 2008	P-1	0°	43	44	41	40	45	46	44	42	40	41	42	43	40	46	43	47
SRB-S-17	Setto	Spogl.	PT	0°	45	43	42	45	48	44	42	40	40	41	48	43	40	48	43	47
SRB-S-18	Setto	Spogl.	PT	0°	44	45	46	44	43	40	42	45	43	41	46	44	40	46	44	49
SRB-S-29	Setto	Corpo servizi	PR	0°	44	46	48	50	42	43	43	43	48	50	45	46	42	50	46	52
SRB-S-30	Setto	Amp. 2008	PT	0°	44	43	42	40	42	41	40	43	41	42	38	41	38	44	42	45
SRB-S-37	Setto	Corpo servizi	P1	0°	42	44	46	41	40	43	44	45	44	42	41	42	40	46	43	47
SRB-S-38	Setto	Amp. 2008	P1	0°	42	44	40	46	44	45	42	43	42	44	40	41	40	46	43	47
SRB-S-59	Setto	Palestra	PT	0°	29	32	30	31	28	27	30	30	30	31	32	34	27	34	30	24
SRB-T-05	Trave	Palestra	Pcop	0°	50	50	48	47	46	48	50	49	46	48	52	51	46	52	49	58
SRB-T-09	Tegolo	Palestra	Pcop	0°	50	51	49	53	52	50	54	50	54	52	53	51	49	54	52	64
SRB-T-10	Trave	Palestra	Pcop	0°	45	42	47	46	44	43	42	43	45	41	43	42	41	47	44	49
SRB-T-22	Trave	Corpo centrale	PR	0°	46	48	45	44	43	49	47	46	45	50	48	47	43	50	47	54
SRB-T-42	Trave	Corpo centrale	P2	0°	46	52	48	50	48	54	52	55	56	55	56	54	46	56	52	64

Prove ultrasoniche

Il metodo basato sulla misura della velocità di propagazione di ultrasuoni consiste nello studio della propagazione di onde elastiche longitudinali all'interno del calcestruzzo, la cui velocità è anche funzione della sua rigidità media lungo il percorso.

La velocità di propagazione delle onde in un materiale omogeneo dipende dalla densità del materiale, dal modulo elastico e dal coefficiente di Poisson. La resistenza a compressione è stimata in base alla velocità di trasmissione degli ultrasuoni, ipotizzando la validità di una relazione di proporzionalità tra resistenza a compressione e modulo elastico, utilizzando le usuali correlazioni sperimentali. Si deve tener presente che le onde elastiche subiscono all'interno dell'elemento esaminato, rifrazioni e riflessioni, dovute alla presenza degli aggregati, di fessure, di vuoti. Ciò comporta un'attenuazione del segnale per effetto dell'assorbimento d'energia. Inoltre, per effetto di vuoti o fessure, il percorso effettivamente compiuto dalle onde elastiche può risultare più lungo della distanza tra trasmettitore e ricevitore.

La prova misura la velocità di propagazione delle onde elastiche nel calcestruzzo, determinata come rapporto tra la distanza fra trasmettitore e ricevitore ed il tempo impiegato a percorrerla. La velocità così calcolata può differire dall'effettiva velocità di propagazione delle onde nel calcestruzzo in esame. Per questo motivo la velocità così calcolata è spesso denominata anche "velocità apparente".

La velocità di propagazione delle onde elastiche è influenzata da diversi fattori, tra cui il contenuto d'umidità, la composizione della miscela ed il grado di maturazione. La determinazione della velocità deve tener conto della possibile presenza d'armature metalliche e di eventuali difetti macroscopici.

Per ridurre il rischio che il fascio di ultrasuoni percorra armature metalliche, preliminarmente all'esecuzione della prova, le armature sono state localizzate mediante pacometro.

La taratura dello strumento è stata ripetuta nel corso della giornata di misure: all'inizio e al termine della giornata, ogni qualvolta sono cambiate le condizioni ambientali (per temperatura, insolazione, umidità, ecc.) e/o la configurazione dello strumento (cambio di cavi di connessione e/o di trasduttori, ecc.). La taratura dello strumento consiste nella misura del tempo T_t (in μs) impiegato dalle onde elastiche a percorrere, secondo la sua altezza, il cilindro o il prisma metallico di taratura fornito a corredo dello strumento. Il tempo di percorrenza T_0 , predeterminato dal fabbricante, costituisce il riferimento di taratura. Se il valore di T_t differisce per più di 2 o 3 unità (μs) dal valore di T_0 lo strumento sarà ricalibrato seguendo le istruzioni del fabbricante.

L'esecuzione delle prove si è svolta secondo le seguenti modalità:

- a) individuazione di una zona di misura idonea;
- b) pulizia della superficie ed eventuale lisciatura;
- c) posizionamento dei punti di misura;

d) rilievo della distanza tra i punti estremi di ciascun percorso di misura. Nel caso della trasmissione diretta la distanza deve essere riportata con la precisione di $\pm 1\%$. Per le misure indirette si fa riferimento alla posizione del centro della faccia dei trasduttori;

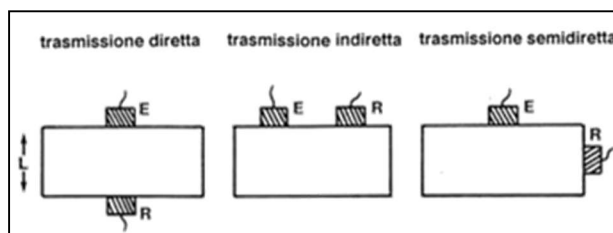
e) esecuzione delle misure nella zona individuata;

f) al termine delle misure su ogni zona è stato eseguito un controllo delle misure eseguite verificando i valori medi della velocità di propagazione delle onde elastiche.

Come anticipato nel punto d, vi sono essenzialmente tre modalità diverse per condurre i rilievi dei tempi di propagazione degli impulsi di vibrazione:

- metodo di trasmissione diretta (per trasparenza): i trasduttori sono ubicati su due facce opposte dell'elemento da esaminare;
- metodo di trasmissione semidiretta (diagonale): consiste nel posizionare i trasduttori in punti appartenenti a due facce adiacenti dell'elemento soggetto ad indagine;
- metodo di trasmissione indiretta (superficiale – per rifrazione).

La figura, di seguito riportata, mostra l'ubicazione dei trasduttori nelle tre diverse possibili modalità di esecuzione della prova sonica.



In questo caso i rilievi sono stati condotti secondo trasmissione indiretta o diretta, operando in accordo alla norma UNI EN 12504-4.

L'elaborazione delle misure di velocità di propagazione di micro-impulsi consiste nelle seguenti fasi:

- calcolo delle velocità di propagazione V con la seguente relazione:

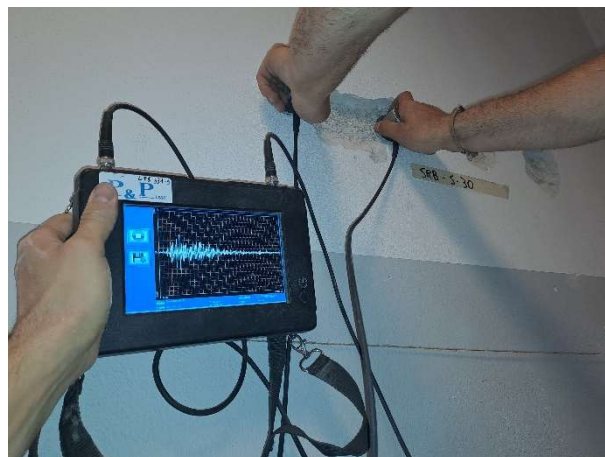
$$V = l / [T - (T_t - T_0)]$$

dove:

- l è la lunghezza della base di misura;
- T è il tempo di propagazione tra trasmettitore e ricevitore;
- T_t è il tempo impiegato dalle onde elastiche a percorrere, secondo la sua altezza, il cilindro o il prisma metallico di taratura fornito a corredo dello strumento;
- T_0 è il tempo di percorrenza, predeterminato dal fabbricante, relativo al cilindro o del prisma di taratura.

- velocità di propagazione V si esprime in m/s arrotondando il valore ai più prossimi 10 m/s.

Si presentano di seguito alcune immagini delle fasi d'indagine.



Indagini soniche

Di seguito si raccolgono i risultati delle prove soniche eseguite sugli elementi strutturali.

INDAGINI ULTRASONICHE SU CLS									
ID	Elemento strutturale	Edificio	Livello	Metodo prova	d _{maglia} o spessore [cm]	Velocità Sonica [m/s]			
						V1	V2	V3	V _{media}
SRB-P-04	Pilastro	Ampl. 2008	P-1	Diretta	30	3360	3960	3610	3643
SRB-P-08	Pilastro	Palestra	PT	Indiretta	20-40-60	3300	3100	2940	3113
SRB-P-14	Colonna	Corpo centrale	PR	Diretta	33	2770	2780	2750	2767
SRB-S-15	Setto	Palestra	PT	Indiretta	20-40-60	3016	2730	2808	2851
SRB-S-27	Setto	Ampl. 2008	P-1	Diretta	25	3560	3470	3690	3573
SRB-S-17	Setto	Spogl.	PT	Indiretta	20-40-60	3216	3200	3120	3179
SRB-S-18	Setto	Spogl.	PT	Diretta	30	3450	3250	3490	3397
SRB-S-29	Setto	Corpo servizi	PR	Indiretta	20-40-60	3410	3245	3278	3311
SRB-S-30	Setto	Ampl. 2008	PT	Indiretta	20-40-60	3454	3542	3498	3498
SRB-S-37	Setto	Corpo servizi	P1	Indiretta	20-40-60	3630	3190	2915	3245
SRB-S-38	Setto	Ampl. 2008	P1	Indiretta	20-40-60	4139	3286	2883	3436
SRB-S-59	Setto	Palestra	PT	Indiretta	20-30-40	3417	3954	4156	3842
SRB-T-05	Trave	Palestra	Pcop	Diretta	20	3830	3790	3650	3757
SRB-T-09	Tegolo	Palestra	Pcop	Diretta	10	3750	3680	3520	3650
SRB-T-10	Trave	Palestra	Pcop	Indiretta	20-40-60	3910	3749	3588	3749
SRB-T-22	Trave	Corpo centrale	PR	Diretta	25	3160	3070	3120	3117
SRB-T-42	Trave	Corpo centrale	P2	Indiretta	20-40-60	3255	3473	3094	3274

Metodo Son.Reb

Il metodo Son.Reb si basa sulla combinazione dei risultati ottenuti, nelle stesse zone di prova, con prove sclerometriche ed ultrasoniche, correlando l'indice di rimbalzo (REBund) con la velocità delle onde ultrasoniche (SONic), con la resistenza a compressione del calcestruzzo, attraverso una opportuna calibrazione della relazione che lega queste tre grandezze, effettuata mediante regressione statistica dei valori sperimentali. La validità del metodo Son.Reb deriva dalla compensazione delle imprecisioni dei due metodi non distruttivi utilizzati. Infatti, si è notato che il contenuto di umidità fa sottostimare l'indice sclerometrico e sovrastimare la velocità ultrasonica, e che, all'aumentare dell'età del calcestruzzo, l'indice sclerometrico aumenta mentre la velocità ultrasonica diminuisce.

Con il metodo SonReb, la resistenza del calcestruzzo R_c viene stimata sulla base della coppia dei valori della velocità di propagazione degli ultrasuoni V ed indice di rimbalzo sclerometrico S , mediante l'utilizzo di formule dedotte da correlazioni di tipo sperimentale, tra le quali si ricordano le più comunemente utilizzate in letteratura tecnica. La formula contenuta nelle Norme RILEM, la formula di Di Leo e Pascale (1994) e la formula di Gasparik (1992).

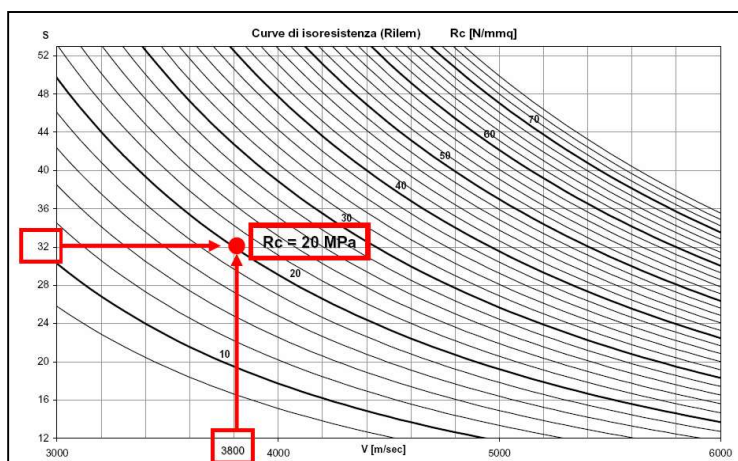
L'applicazione del metodo SonReb fornisce pertanto la resistenza del calcestruzzo R_c mediante espressioni del tipo:

$$R_c = a S^b V^c$$

Nello specifico:

- Norme RILEM: $R_c = 9.27 \cdot 10^{-11} \cdot S^{1.4} \cdot V^{2.6}$
- Gasparik: $R_c = 8.06 \cdot 10^{-8} \cdot S^{1.246} \cdot V^{1.85}$
- Di Leo - Pascale: $R_c = 1.2 \cdot 10^{-9} \cdot S^{1.058} \cdot V^{2.446}$

In cui R_c è la resistenza cubica a compressione in $[N/mm^2]$, S è l'indice sclerometrico e V è la velocità ultrasonica espressa in $[m/s]$. Nella figura presentata di seguito sono riportati a titolo esemplificativo i grafici derivabili dalle formule sopra richiamate in cui vengono utilizzate le curve basate sull'espressione fornita nelle norme RILEM.



Si osservi che tenuto conto della complessità della fenomenologia che correla i valori di “S” e “V” alle caratteristiche del calcestruzzo, appare evidente che le suddette espressioni non possono avere validità generale. Per quanto in letteratura tecnica non vengano dichiarate esplicitamente limitazioni di applicabilità, in generale le formulazioni proposte per il metodo SonReb sono da ritenersi maggiormente affidabili per calcestruzzi di qualità medio - alta, con tendenza invece a sovrastimare la qualità del materiale nel caso di calcestruzzi di qualità medio – bassa.

La tabella seguente riassume i risultati ottenuti nei punti d'indagine ove, disponendo di dati provenienti dalle prove soniche e sclerometriche, è stato possibile applicare il metodo SonReb. I risultati sono espressi in termini di resistenza cubica a compressione R_{cub} [N/mm²] ottenuta dalla media delle tre formulazioni adottate.

CORRELAZIONE MEDIANTE METODO SonReb									
ID	Elemento strutturale	Edificio	Livello	MIR	V _{media} [m/s]	Norme RILEM	Gasparik	Di Leo-Pascal	R _{cub_Sonreb} [MPa]
SRB-P-04	Pilastro	Ampl. 2008	P-1	48	3643	38.1	38.9	37.1	38.0
SRB-P-08	Pilastro	Palestra	PT	42	3113	21.0	24.6	21.9	22.5
SRB-P-14	Colonna	Corpo centrale	PR	52	2767	20.8	25.8	20.6	22.4
SRB-S-15	Setto	Palestra	PT	47	2851	19.5	24.1	19.9	21.2
SRB-S-27	Setto	Ampl. 2008	P-1	43	3573	31.0	32.7	31.5	31.8
SRB-S-17	Setto	Spogl.	PT	43	3179	22.9	26.4	23.7	24.3
SRB-S-18	Setto	Spogl.	PT	44	3397	28.1	30.7	28.5	29.1
SRB-S-29	Setto	Corpo servizi	PR	46	3311	28.0	30.9	28.1	29.0
SRB-S-30	Setto	Ampl. 2008	PT	42	3498	28.4	30.5	29.2	29.4
SRB-S-37	Setto	Corpo servizi	P1	43	3245	24.2	27.4	24.9	25.5
SRB-S-38	Setto	Ampl. 2008	P1	43	3436	28.0	30.4	28.6	29.0
SRB-S-59	Setto	Palestra	PT	30	3842	22.6	23.9	25.7	24.1
SRB-T-05	Trave	Palestra	Pcop	49	3757	42.4	42.2	40.9	41.9
SRB-T-09	Tegolo	Palestra	Pcop	52	3650	42.8	43.1	40.6	42.2
SRB-T-10	Trave	Palestra	Pcop	44	3749	36.3	36.8	36.3	36.5
SRB-T-22	Trave	Corpo centrale	PR	47	3117	24.6	28.4	24.8	25.9
SRB-T-42	Trave	Corpo centrale	P2	P2	52	3274	32.3	35.3	31.1

4. CARATTERIZZAZIONE DELLA MURATURA

Per caratterizzare la muratura sono state eseguite sia prove semi-distruttive, quali martinetti piatti singoli e doppi, sia prove non distruttive, quali prove penetrometriche su malta e sclerometro su mattoni.

4.1 PROVE CON MARTINETTO PIATTO SINGOLO E DOPPIO

Sono state complessivamente eseguite n. 1 prova con martinetto singolo e n. 1 con martinetto doppio, eseguite sulla medesima porzione muraria. Con riferimento al piano delle indagini allegato, sono identificati con la sigla "MP" i punti di indagine dove sono state eseguite le prove indicate.

La porzione di muratura interessata dall'esecuzione della prova con martinetti piatti, sia singoli che doppi, è stata depurata dello strato di intonaco e opportunamente ripulita, in maniera tale da garantire la necessaria affidabilità dei valori numerici riscontrati. La prova si è articolata in due fasi distinte:

- fase 1: misura dello stato di sollecitazione in esercizio della muratura (martinetto singolo);
- fase 2: determinazione del modulo elastico, del coefficiente di Poisson e della resistenza meccanica a compressione (martinetto doppio).

Fase 1: Martinetto singolo

La metodologia di prova con martinetto piatto singolo prevede, per prima cosa, l'esecuzione del taglio e la misura della convergenza della fessura, la cui entità viene rilevata attraverso misure di spostamento relativo fra più coppie di punti contrapposti (normalmente si utilizzano n°3 basi primarie) situati in posizione simmetrica rispetto allo stesso taglio tramite trasduttore di spostamento. Inserito il martinetto piatto all'interno del taglio, esso viene portato gradualmente in pressione fino ad annullare la convergenza in precedenza misurata. In queste condizioni la pressione all'interno del martinetto sarà pari alla sollecitazione preesistente nella muratura, a meno di costanti che tengono conto del rapporto tra l'area del martinetto e quella del taglio praticato e di un coefficiente di rigidezza del martinetto. La misura degli spostamenti viene effettuata con calibri meccanici millesimali o comparatori elettrici di elevata precisione.

Per conseguire un buon adattamento del martinetto piatto nell'apertura realizzata nella muratura, la pressurizzazione del martinetto viene inizialmente eseguita incrementando la pressione fino a circa la metà del valore stimabile del massimo sforzo di compressione presente nella muratura. Successivamente la pressione viene quindi riportata a zero.

A questo punto inizia la prova vera e propria con registrazione dei dati mediante sensori elettrici e con esecuzione di un ciclo completo di carico e scarico.

La tensione in esercizio si calcola come segue:

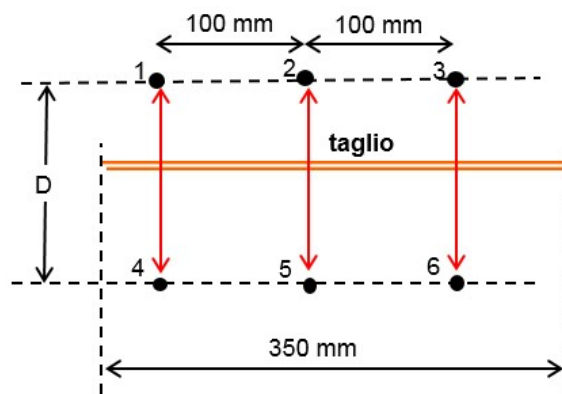
$$\sigma = P \cdot K_a \cdot K_m$$

in cui:

- P è la pressione del martinetto per la quale si recupera lo stato di sollecitazione antecedente al taglio;
- K_a è una costante adimensionale data dal rapporto tra area del martinetto e area del taglio (<1);

- K_m è una costante adimensionale che dipende dalla geometria e dalla rigidità del martinetto (<1).

Di seguito si riporta lo schema utilizzato per eseguire le prove con martinetto piatto singolo. Per le dimensioni effettive si rimanda agli allegati.



Layout di prova con martinetto singolo (1-4, 2-5, 3-6: basi di misura)

Fase 2: Martinetto doppio

La metodologia di prova con doppio martinetto piatto richiede l'esecuzione di due tagli paralleli nella muratura a debita distanza, compresa tra 40 e 80 cm in funzione della geometria del tessuto murario, all'interno dei quali si posizionano due martinetti piatti. Mandando contemporaneamente in pressione i due martinetti si provoca uno stato di tensione monoassiale sulla porzione di muratura compresa tra i due martinetti. Durante la prova vengono misurati con comparatori elettrici di elevata precisione gli spostamenti relativi fra più coppie di punti contrapposti: le basi di misura primarie identificano le deformazioni verticali in compressione, mentre quelle secondarie consentono la misura delle dilatazioni / contrazioni trasversali.

Per conseguire un buon adattamento del martinetto piatto nell'apertura realizzata nella muratura, viene iniziata la pressurizzazione del martinetto incrementando la pressione fino a circa il 10-20% del valore stimabile della resistenza di compressione della muratura. Successivamente la pressione viene quindi riportata a zero. La muratura viene quindi sollecitata con incrementi di carico gradualmente crescenti aumentando la pressione nei martinetti fino alla comparsa delle prime microfessure nei mattoni. Si procede eseguendo la fase di scarico a decrementi costanti, fino al raggiungimento della pressione nulla nel circuito oleodinamico.

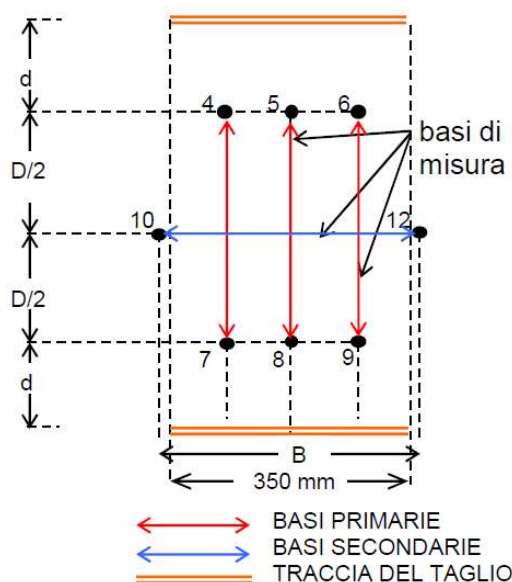
Lo scopo della prova è quello di individuare:

- il modulo elastico della muratura ricavabile dal rapporto tra la tensione applicata e la deformazione misurata;
- il coefficiente di Poisson ricavabile dal rapporto tra deformazioni medie in direzione parallela ed ortogonale ai tagli;

- la tensione di prima fessurazione a seguito di un aumento della pressione applicata fino all'apparizione delle prime microfessurazioni nella muratura (o comunque fino ad ottenere incrementi sensibili di spostamento a fronte di modesti incrementi di carico).

La “tensione di snervamento” viene identificata nelle curve pressioni – spostamenti come il punto in corrispondenza del quale si manifesta il cambiamento della pendenza. In generale l'identificazione del punto di snervamento richiede un accurato esame di tutte le curve fornite dalle diverse basi di misura (misure di convergenza) applicate. Il punto di snervamento viene utilizzato per la valutazione del modulo elastico e del coefficiente di Poisson.

Di seguito si riportano gli schemi utilizzati per eseguire le prove con martinetto piatto doppio. Per le dimensioni effettive si rimanda agli allegati.



Layout di prova con martinetto doppio (4-7, 5-8, 6-9: basi di misura primarie; 10-12: base di misura secondaria)

In entrambe le fasi di prova, la forma dei martinetti deve essere tale da consentire di riempire quanto più possibile l'area del taglio praticato nella muratura, al fine di avere un coefficiente K_a prossimo a 1.

I tagli della muratura devono essere realizzati in maniera tale da non danneggiare le parti circostanti della muratura stessa.

Risultati ottenuti

Per ogni prova eseguita con martinetto piatto singolo, sono allegate, al presente documento, le schede di elaborazione dei dati. Ogni scheda è composta da tre parti:

- la prima parte fornisce i dati identificativi della prova, le caratteristiche del martinetto piatto impiegato, i dati identificativi dell'area di prova, ed una sintesi dei risultati ottenuti in termini di

deformazione media delle tre basi primarie e di valore della pressione di compensazione, corrispondente al valore di sollecitazione locale rilevato;

- la seconda parte riporta i grafici di prova per ciascuna delle tre basi primarie e per il ciclo di carico e scarico eseguito;
- la terza parte riporta i valori tabellari di prova per ciascuna delle tre basi primarie e per il ciclo di carico e scarico eseguito.

Sempre in allegato alla relazione, per ciascuna prova effettuata con martinetto piatto doppio, viene riportata una scheda composta da cinque parti:

- la prima parte fornisce i dati identificativi della prova, le caratteristiche del martinetto piatto impiegato, i dati identificativi dell'area di prova, ed una sintesi dei risultati ottenuti in termini di deformazione media delle tre basi primarie, di valore del modulo di elasticità E e di valore del coefficiente di Poisson;
- la seconda e la terza parte riportano i grafici di prova rispettivamente per ciascuna delle tre basi primarie e per la base secondaria per il ciclo di carico e scarico eseguito;
- la quarta parte riporta i valori tabellari di prova per ciascuna delle basi primarie e secondarie e per il ciclo di carico e scarico eseguito;
- la quinta parte riporta la tabella riassuntiva dei punti di snervamento stimati per ogni base di misura, le pressioni di snervamento, le variazioni di lunghezza delle basi a snervamento e la tabella riassuntiva con le deformazioni utilizzate per il calcolo del coefficiente di Poisson.

Rimandando per ogni approfondimento alle schede riportate negli allegati, in sintesi i risultati forniti dalle prove con martinetto piatto singolo, e quindi i valori ottenuti in termini di sollecitazione locale presente nella struttura muraria sono i seguenti:

MARTINETTO SINGOLO				
ID	Livello Posizione	Altezza dal calpestio [cm]	Tipologia muratura	Sollecitazione [MPa]
MP-PA-20	PT Perimetrale	66	Muratura mattoni pieni	0,43

Di seguito vengono riportati i risultati ottenuti con le prove con martinetto piatto doppio per la valutazione delle caratteristiche meccaniche (di deformabilità e di resistenza a compressione) della muratura.

MARTINETTO DOPPIO						
ID	Livello Posizione	Tipologia muratura	Tensione di Snervamento [MPa]	Tensione di Rottura * [MPa]	Modulo di Elasticità [MPa]	Coefficiente di Poisson v
MP-PA-20	PT Perimetrale	Muratura mattoni pieni	1,0	2,34	1684	0.16
* Il valore indicato è il possibile valore di rottura, ipotizzato corrispondente al valore di tensione registrato con la comparsa delle prime fessurazioni nella malta. In caso di assenza di fessure si indica il massimo valore di pressione registrato in fase di prova prima dello scarico.						

Le immagini di seguito riportate illustrano il layout di prova, la posizione della strumentazione e forniscono una prima indicazione delle caratteristiche costruttive e della tessitura delle porzioni murarie esaminate.

MARTINETTI SINGOLI E DOPPI MP1	
MS1 Martinetto singolo	MD1 Martinetto doppio

4.2 PROVE PENETROMETRICHE SU MALTA DI ALLETTAMENTO “PEN”

Sono state eseguite prove penetrometriche ripetute con più test su giunti di malta verticali e orizzontali della muratura, la cui ubicazione è indicata nel piano delle indagini in allegato con la sigla “PEN”. Le prove permettono di definire la resistenza a compressione dei giunti di malta indagati.

La tecnica di prova si basa sull’infissione di una piccola sonda in acciaio, opportunamente sagomata per limitare l’influenza dell’attrito laterale, sfruttando le battute di energia costante fornite da uno sclerometro con energia di impatto pari a 2,207 Nm. Mediante un’opportuna registrazione dell’affondamento della sonda ad ogni battuta, è possibile tracciare i profili della resistenza puntuale alla penetrazione fino a una profondità massima di 5 cm, consentendo anche di individuare l’eventuale presenza di strati con diverse proprietà meccaniche (stilatura dei giunti non completa, fenomeni di degrado, ecc.).

Dall’esame della curva di correlazione riportata di seguito, è possibile determinare la resistenza media a compressione della malta (espressa in MPa) in funzione della resistenza media di infissione (numero di colpi medio per cm).

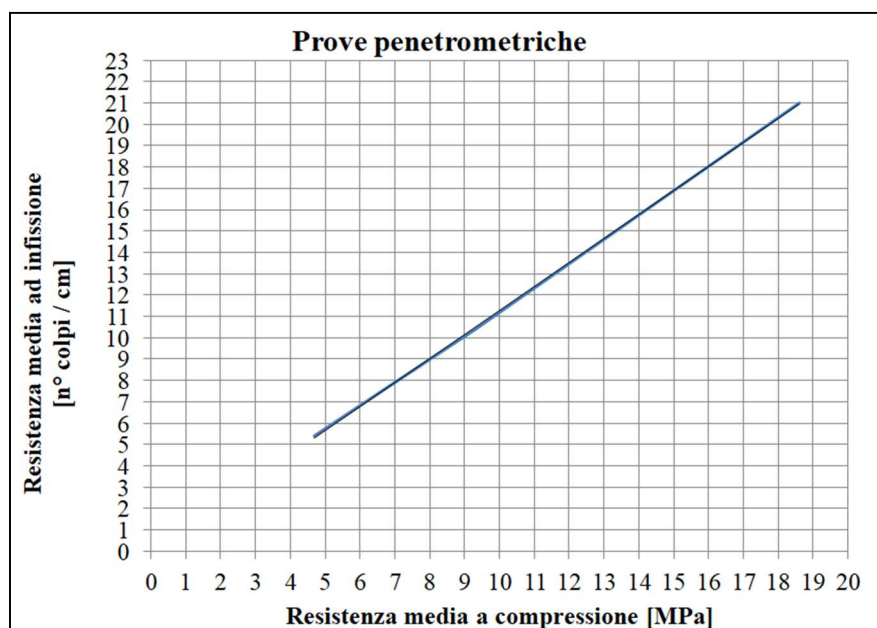


Diagramma di correlazione

Nella tabella sottostante si riportano i risultati delle prove eseguite.

PROVE PENETROMETRICHE SU MALTE



ID	Livello	Elemento strutturale	Cors o di malta	Spessor e malta [mm]	Tes t	n° colp i 1 cm	n° colp i 2 cm	n° colp i 3 cm	n° colp i 4 cm	n° colp i 5 cm	f infissione [n° colpi/cm]	f infissione_med i a [n° colpi/cm]	fmalta [MPa]	fmalta_med i a [MPa]
PEN-PA-20	PR	Muratura di confine con palestra	orizz.	20÷30	I	1	4	3	4	2	2.8	3.3	2.9	3.4
			orizz.	20÷30	II	2	1	8	10	8	5.8			
			vert.	10÷25	III	1	3	0	2	1	1.4			
PEN-PA-24	PR	Muratura perimetrale	orizz.	15÷25	I	7	3	0	1	1	2.4	5.4	4.8	
			orizz.	15÷25	II	6	13	8	10	10	9.4			
			vert.	10÷25	III	5	5	5	3	4	4.4			
PEN-PA-32	P1	Muratura perimetrale	orizz.	20÷30	I	5	5	7	8	7	6.4	2.9	2.6	
			orizz.	20÷30	II	5	0	0	0	4	1.8			
			vert.	10÷35	III	2	0	0	0	1	0.6			

Il superamento del 25° colpo, affinché si registri un avanzamento di 1 cm nella malta, se avviene durante l'infissione in corrispondenza del secondo, terzo, quarto o quinto centimetro, è la situazione che potrebbe essere dovuta alla presenza di aggregati di dimensioni maggiori rispetto allo standard delle malte o il contatto diretto con un inerte o un laterizio, pertanto la prova si interrompe e il valore non viene considerato nella media.

Dalla media dei test eseguiti sui corsi di malta delle varie finestre di muratura, si ottengono le resistenze a compressione della malta che sono riportate in tabella nell'ultima colonna (f_{malta}).

Di seguito si riportano alcune immagini esemplificative delle fasi delle prove penetrometriche.

PROVE PENETROMETRICHE

PEN-20	PEN-24
	

PEN-32



4.3 PROVE SCLEROMETRICHE SU MATTONI IN LATERIZIO "SCL"

Sono state eseguite prove sclerometriche sulle porzioni di muratura in mattoni pieni in corrispondenza delle prove penetrometriche su malta descritte precedentemente.

Lo strumento di misura è stato utilizzato in posizione orizzontale, realizzando più ripetizioni della battuta per ogni sezione di misura, avendo cura di mantenere una distanza tra i punti non inferiore a 25 mm. Per tutti i punti di indagine le prove sono state eseguite direttamente sulla superficie dell'elemento strutturale. Dove la superficie non si presentava liscia è stato eseguito un leggero condizionamento prima dell'esecuzione della prova. Per le prove sclerometriche è stato utilizzato uno sclerometro con energia di impatto pari a 2,207 Nm. Prima dell'esecuzione delle prove è stata verificata la taratura dello sclerometro utilizzando l'apposita incudine di taratura con indice di rimbalzo noto. Il grafico seguente illustra la correlazione tra l'indice di rimbalzo fornito da prove sclerometriche e il valore di resistenza a compressione, in N/mm², per elementi in muratura.

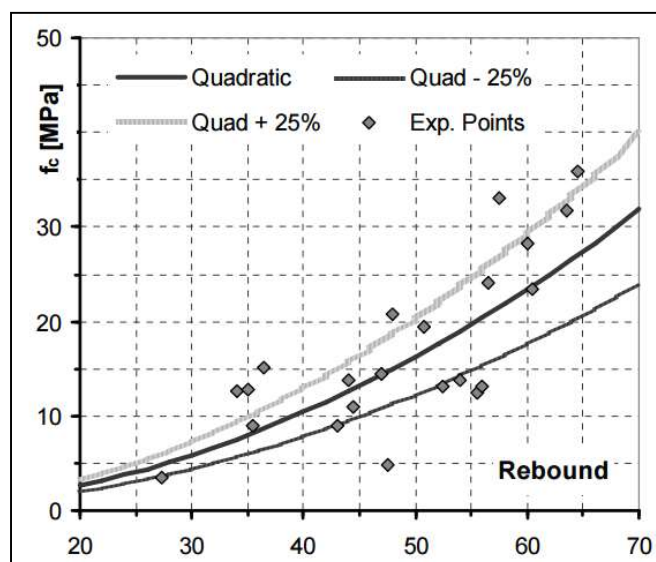


Grafico di correlazione

I risultati delle prove sono contenuti nella tabella di seguito riportata.

PROVE SCLEROMETRICHE SU LATERIZI PIENI																				
ID	Corri sp. Prov a	Livello	Elemento strutturale	BxLxH [mm]	Dir.	Battute												MIR	f _{matt.} [MPa]	f _{matt. media} [MPa]
SCL PA-24	PEN- PA- 20	PR	Muratura perimetrale	230x110x65	0°	53	50	52	51	55	52	50	50	48	49	46	48	50.3	16	15.3
SCL PA-25	PEN- PA- 24	PR	Muratura perimetrale	230x110x65	0°	48	44	47	50	49	52	49	45	51	50	47	46	48.2	14	
SCL- PA-32	PEN- PA- 32	P1	Muratura portante	230x110x65	0°	48	46	48	50	49	47	50	48	48	52	54	52	49.3	16	

5. CARATTERIZZAZIONE DELLE STRUTTURE LIGNEE

Sono state eseguite n. 2 indagini sugli elementi lignei di carattere strutturale, in particolare è stata caratterizzata una trave del soppalco in legno di piano secondo ed una trave di colmo di copertura. Per ogni elemento analizzato è stata restituita una scheda contenente tutte le informazioni relativamente alle indagini eseguite: i risultati dell'ispezione visiva, della prova penetrometrica e della prova resistografica.

5.1 METODOLOGIA DI INDAGINE

Di seguito vengono presentati i metodi e le modalità delle prove e successivamente si riportano le schede dei risultati ottenuti.

5.1.1 Ispezione visiva, classificazione e proprietà degli elementi lignei in opera

Sugli elementi designati in fase di programmazione delle indagini è stata eseguita la valutazione della resistenza sulla base di ispezione visiva e operando secondo le modalità indicate nella "UNI 11119 - luglio 2004 - Classificazione degli elementi lignei in opera". L'ispezione è stata svolta considerando i seguenti aspetti:

- a) Individuazione dell'essenza del legno;
- b) Rilievo geometrico e morfologico dell'elemento ligneo comprendente:
 - dimensione e forma dell'elemento;
 - particolari geometrici quali smussi o deformazioni;
 - rilievo delle lesioni, fessurazioni o cipollature;
 - nodi o gruppi di nodi;
 - inclinazione della fibratura;
 - fessurazioni radiali da ritiro.

L'analisi macroscopica, basata sul riconoscimento della presenza degli elementi anatomici rilevabili in base ad esame visivo sulle strutture in opera, ha consentito di individuarne la specie di legno.

5.1.2 Prove penetrometriche (Woodpecker) "WP"

Il Woodpecker è paragonabile ad un penetrometro che utilizza uno sclerometro corredato da un ago che viene infisso nel tessuto ligneo con un prefissato numero di colpi. È possibile correlare l'affondamento dell'ago alle caratteristiche meccaniche, alla natura del materiale ligneo ed alla sua conservazione all'interno dell'elemento indagato. Il metodo di prova è quindi particolarmente indicato per la valutazione meccanica del tessuto ligneo in sito.

L'ago di prova, diametro di 2,5 mm, viene infisso nell'elemento ligneo attraverso l'applicazione di un numero complessivo di n. 5 colpi consequenziali. Al termine delle infissioni, con l'ausilio di uno speciale comparatore ed agendo sull'estremità dell'ago, viene misurata la lunghezza di penetrazione (espressa in mm) e ne viene annotato il valore. La penetrazione dell'ago nel tessuto legnoso si calcola con la seguente espressione:

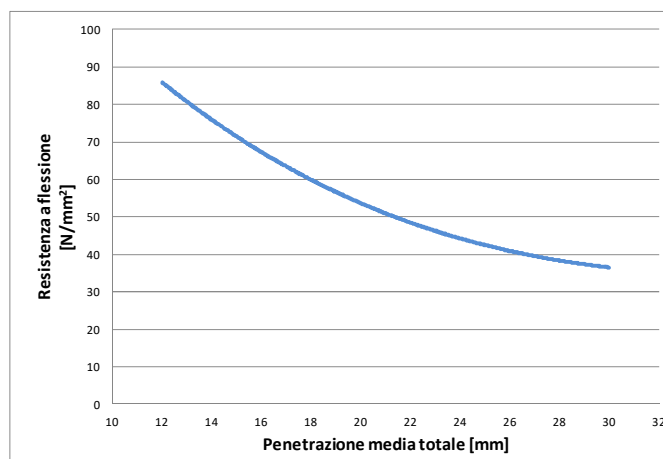
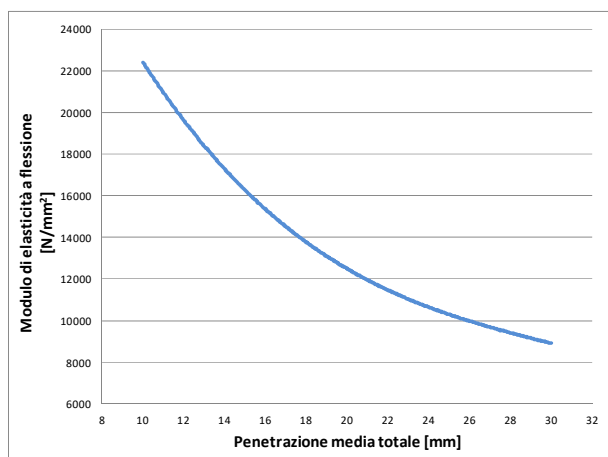
$$P = La - (Lc + Sc)$$

Dove:

- P = penetrazione dell'ago nel tessuto legnoso (mm);
- La = Lunghezza totale dell'ago (50 mm);
- Lc = Lettura eseguita al comparatore (mm);
- Sc = Spessore della cuffia di protezione (6 mm).

In letteratura esistono diagrammi di correlazione, a seconda della specie legnosa indagata (Abete, Castagno, Pioppo, Rovere), tra la penetrazione media totale P [mm] ed il modulo di elasticità a flessione [N/mm²] e la resistenza a flessione [N/mm²] del legno.

Nel caso in oggetto, tenuto conto che per quanto è stato possibile osservare con esame visivo macroscopico la specie indagata è associabili a legno di essenza “Pino o abete”, si farà riferimento ai diagrammi di correlazione per la specie legnosa “Abete” riportati di seguito.



Essenza abete

Nella tabella riportata successivamente relativa ai punti di indagine vengono riportati i valori di penetrazione media totale [mm], ottenuti in sede di indagine, ed i corrispondenti valori del modulo di elasticità a flessione e di resistenza a flessione. Per ogni elemento ligneo esaminato, sono state eseguite tre misure rispettivamente in corrispondenza delle due estremità e della mezzeria. Per le successive valutazioni è stato quindi preso in considerazione il valore medio delle tre determinazioni. Si osservi che tali parametri sono valori medi della resistenza a flessione del materiale, mentre i valori di resistenza meccanica della normativa, a cui fanno riferimento le norme specifiche di settore, sono valori caratteristici con frattile pari al 5%. Immaginando una distribuzione gaussiana dei valori, tenuto conto degli scarti quadratici medi, mediamente e tipicamente la relazione tra valore medio e valore caratteristico per elementi lignei comporta una riduzione della resistenza a flessione di almeno 15 ÷ 20 MPa sui valori medi per ottenere i corrispondenti valori caratteristici.

Di seguito si riporta un'immagine esemplificativa delle operazioni eseguite.



Prova penetrometrica con Woodpecker

5.1.3 Prove resistografiche (Resistograph) “RES”

L'analisi strumentale eseguita mediante tecnica resistografica costituisce la tecnica meglio rispondente ai requisiti di affidabilità e utilità a fini diagnostici non distruttivi applicabile in sito.

Il Resistograph è un trapano strumentato in grado di registrare la resistenza che il legno oppone all'ingresso di una punta dotata di un movimento combinato di rotazione e di avanzamento a velocità costante.



Prova resistografica

La punta di perforazione presenta un diametro di 3 mm e lunghezza sufficiente ad attraversare interamente la sezione analizzata, senza però lasciare segni eccessivamente visibili esternamente. Per questo motivo il sistema è adatto a indagare anche strutture di particolare pregio per decori e/o lavorazioni. La resistenza alla perforazione è concentrata sulla punta dell'ago, dal momento che quest'ultima ha uno spessore doppio rispetto allo stelo. Si riesce, quindi, a ricavare la misura della resistenza alla penetrazione in funzione della profondità della sezione analizzata. La regolazione elettronica del motore garantisce una velocità costante dell'ago in ingresso. Questa velocità, preselezionabile dall'utente, deve essere scelta in relazione alle specifiche caratteristiche di densità

del legno da esaminare: velocità basse risultano indicate per legni ad elevata densità mentre velocità alte per legni più teneri a minore densità.

In generale, le diverse specie legnose sono caratterizzate da profili diversi, anche se tra profili della stessa specie possono talvolta riscontrarsi notevoli variazioni. Inoltre, poiché la resistenza alla perforazione è correlata alla densità del legno indagato, lo strumento consente, indirettamente, di misurare le variazioni di densità nella sezione dell'elemento. Queste variazioni possono fornire importanti indicazioni sulle caratteristiche del legno come difetti, anomalie ed alterazioni (per esempio dovute alla presenza di attacchi fungini o da insetti, nodi, spaccature, slittamento di fibre, cipollature anulari, ecc.) in punti specifici della struttura lignea.

La localizzazione dei difetti o delle anomalie si basa sul fatto che il legno anomalo o decomposto ha una massa volumica e quindi una resistenza alla perforazione nettamente inferiore a quella del legno sano. Può succedere che queste anomalie non siano visibili semplicemente osservando esternamente l'elemento. In questi casi il Resistograph fornisce informazioni utili alla conoscenza della condizione interna del materiale.

I risultati delle indagini con Resistograph sono esposti sotto forma di grafici dove in ascissa si riporta la profondità progressiva della punta all'interno della sezione d'indagine, mentre in ordinata è mostrato un indice della resistenza (in forma di parametro adimensionale) riscontrata durante l'ingresso della punta.

I profili di sondaggio mostrano, solitamente, in modo abbastanza evidente gli anelli di crescita del materiale con picchi corrispondenti alle crescite tardive alternati a riduzione di resistenza in crescita primaverile.

Di seguito, a titolo esemplificativo, un grafico utile per l'interpretazione e la corretta lettura dei risultati derivanti dall'indagine condotta con Resistograph, nel quale sono evidenziati i principali difetti generalmente riscontrabili in base alla variazione dell'ampiezza.

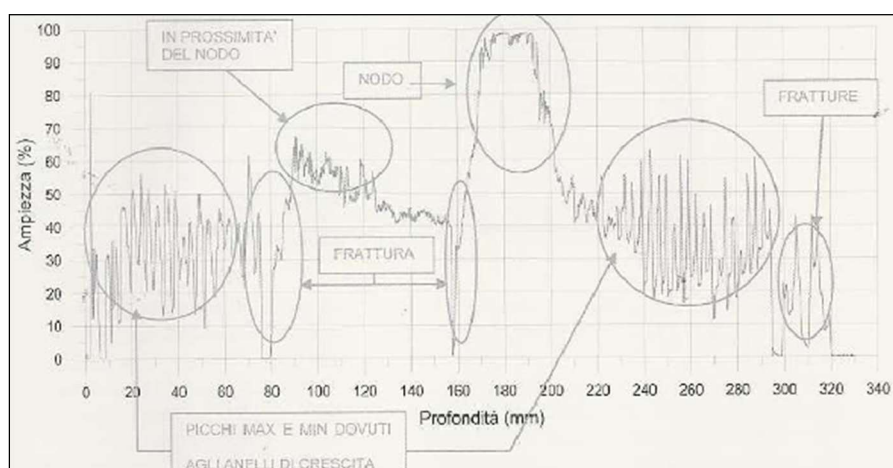
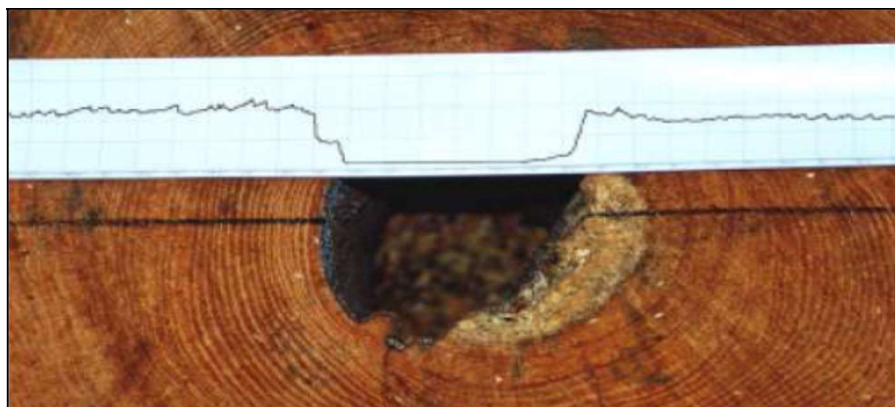


Diagramma esemplificativo per la lettura dei risultati del resistograph

Nella figura seguente, sempre a titolo esemplificativo, il profilo della prova resistografica rivela la presenza di una cavità nella zona centrale dell'elemento indagato, con decadimento dei valori del profilo resistografico.



Profilo della prova penetrometrica

Nei profili forniti dalle prove penetrometriche con Resistograph, viene riportata in ascissa la profondità di penetrazione espressa in cm, mentre in ordinata la resistenza alla penetrazione espressa in % [adimensionale].

Per la corretta lettura dei grafici si precisa che, fatto salvo differenti specifiche indicazioni, la posizione di inizio indagine non corrisponde allo “zero” delle ascisse, ma bensì al primo punto di incremento di densità (inserimento della punta ago nel legno).


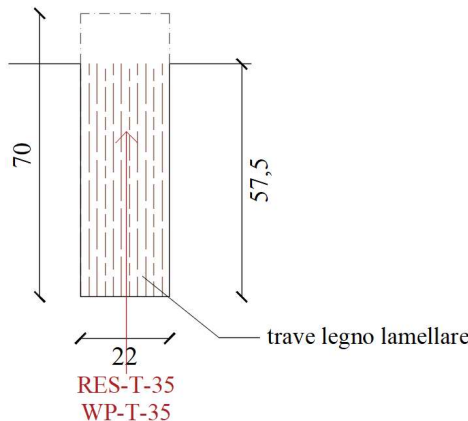
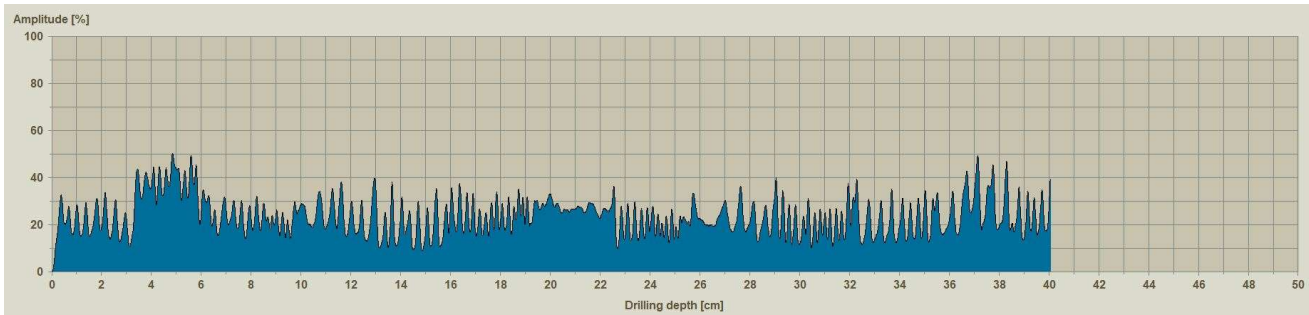
5.2 RISULTATI OTTENUTI


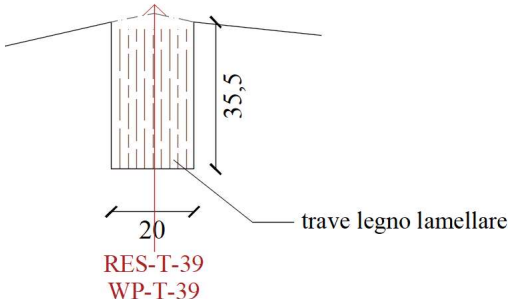
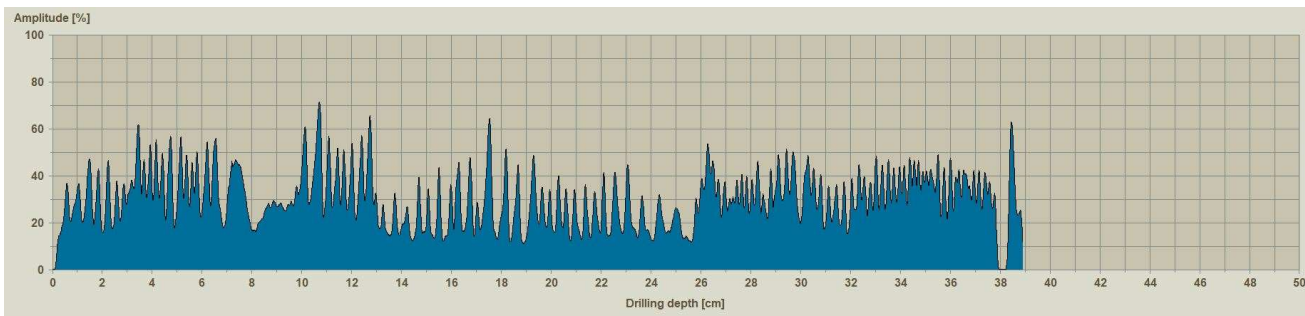
Nella tabella di seguito si raccolgono in sintesi i dati raccolti e le successive elaborazioni relativamente all'indagine igrometrica, alla prova penetrometrica e alla prova resistografica effettuate sulle strutture lignee indagate.

Parametri Caratteristici e Igrometrici			Prova penetrometrica (Woodpecker)							Resistografica	
ID	Elemento indagato	Tipo di essenza	L1 app. [mm]	L2 mezz [mm]	L3 app. [mm]	Lc [mm]	P [mm]	Modulo E [MPa]	Resist. flessione [MPa]	Angolo penetr. [°]	Ingres*
RES-T-35 WP-T-35	Trave scala	Pino/Abete	22.95	23.6	21.9	22.8	21.2	11846	50.3	90	Vb-a
RES-T-39 WP-T-39	Trave di colmo	Pino/Abete	22.39	24.5	19.6	22.2	21.8	11538	48.7	90	Vb-a

* Direzione di ingresso: Vb-a = verticale dal basso verso l'alto, Va-b verticale dall'alto verso il basso, Vh orizzontale lungo il lato maggiore;
** Angolo di penetrazione: 90° = perpendicolare alla faccia dell'elemento indagato.

Di seguito si riportano le schede riassuntive delle analisi condotte in cui vengono raccolte le informazioni relative ai solai e i risultati delle prove.

RES-T-35 INTRADOSSO CALPESTIO P2		
Elemento	Trave	
BxH	58 x 22 cm	
Smusso	Si	
Caratteristiche meccaniche		Sezione del solaio
E _{0, m} [MPa]	11846	
f _{m,0} [MPa]	50,3	
RESISTOGRAPH		
		
Note	<p>Andamento del profilo uniforme e buona consistenza del legno con variazioni di minimo e massimo attribuibili agli anelli di accrescimento lungo tutto il tratto attraversato. Tra 19.5 e 22.5 cm si osserva la presenza di un nodo. Non risultano presenti segni di cavità.</p> <p>La sezione della trave in oggetto, come riportato dalle tavole a disposizione, presenta un'altezza pari a 70 cm, il tratto indagato presenta una lunghezza di perforazione paria a 40cm</p>	

RES-T-39 INTRADOSSO COPERTURA		
Elemento	Trave di colmo	
BxH	20 x 35,5 cm	
Smusso	Si	
Caratteristiche meccaniche		Sezione del solaio
E _{0, m} [MPa]	11538	
f _{m,0} [MPa]	48,7	
RESISTOGRAPH		
		
Note	Andamento del profilo uniforme e buona consistenza del legno con variazioni di minimo e massimo attribuibili agli anelli di accrescimento del legno. La sezione della trave di colmo analizzata presenta un'altezza laterale (visibile) pari a 35.5 cm.	

6. RILIEVO DEI FENOMENI DI DEGRADO

Nell'ambito della campagna di indagine diagnostica conoscitiva è stata eseguita una valutazione del quadro fessurativo e in generale dello stato di conservazione del fabbricato.

Dagli esami visivi e dalle indagini strumentali eseguite è emerso un discreto stato di conservazione dell'immobile con presenza di alcuni ammaloramenti localizzati, dovuti a presenza di umidità/infiltrazioni d'acqua, e a locali fessurazioni .

6.1 RILIEVO E ANALISI DEL QUADRO FESSURATIVO

Per quanto riguarda il quadro fessurativo sono state riscontrate alcune lesioni la cui collocazione è identificata nelle tavole allegate.



In particolare, sono stati individuati stati fessurativi sulla muratura dell'ultimo piano, in corrispondenza dell'appoggio delle travi di compluvio del timpano. Ulteriori lesioni sono state osservate in corrispondenza della mezzeria degli architravi del colonnato addossati alla muratura (es. foto F1) e nei tavolati (elementi non strutturali) al secondo piano, nell'aula adiacente alla scala (es. foto F5).

Di seguito vengono riportate le foto relative alle fessurazioni riscontrate.

RILIEVO DELLE FESSURE	
F1 Livello P.r.	F2 Livello P.r.
	
F3 Livello P.r.	F4a Livello P.r.
	
F4b Livello P.r.	F5 Livello P.2 - lato corridoio
	

* Copia conforme all'originale * Comune di Verdello prot. n. 0007768 del 08-08-2023

F5 Livello P.2 - lato aula	F6 Livello P.2
	
F7 Livello P.2	F8a Livello P.2
	
F8b Livello P.2	F9 Livello P.2
	

F10 Livello P.2	F11 Livello P.2
	

6.2 RILIEVO DELLE AREE OGGETTO DI INFILTRAZIONI

L’ispezione visiva eseguita sull’intero fabbricato ha consentito di rilevare la presenza di locali zone delle coperture caratterizzate da fenomeni di infiltrazioni d’acqua. Tali are sono state identificate e riportate nelle tavole allegate.

Le seguenti immagini riportano gli ammaloramenti individuati

* Copia conforme all'originale * Comune di Verdello prot. n. 0007768 del 08-08-2023

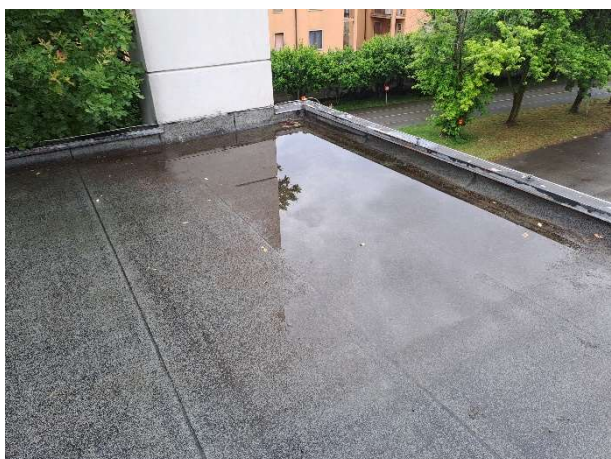
RILIEVO DELLE INFILTRAZIONI	
I1a Livello P.r.	I1b Livello P.r.
	
I2 Livello P cop	I3 Livello P. cop
	
I5 Livello P. cop	I7 Livello P. 2 cop
	

I8 Livello P. cop	I9 Livello P. cop
	
I10 Livello P. cop	I11 Livello P. cop
	

Di seguito si riportano alcune immagini esemplificative dello stato di conservazione del manto di copertura della palestra, degli spogliatoi e della terrazza.

STATO DI CONSERVAZIONE MANTO DI COPERTURA

Palestra





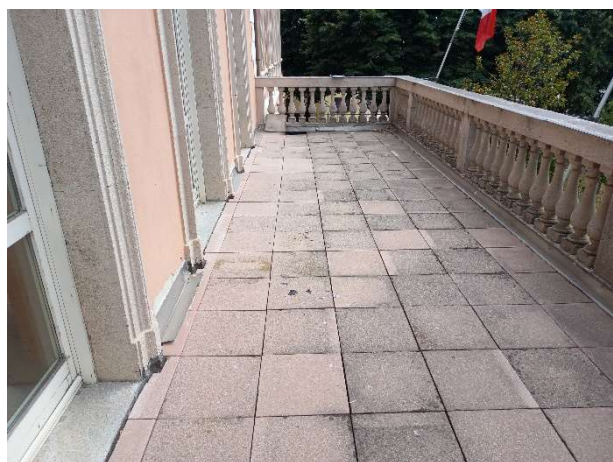
Dall’osservazione del manto di copertura della palestra si evince la presenza, in corrispondenza delle aree in cui è stata rilevata la presenza di fenomeni di infiltrazione, di locali avvallamenti e degradi della guaina impermeabilizzante.

STATO DI CONSERVAZIONE MANTO DI COPERTURA	
Spogliatoio	

Dall'osservazione del manto di copertura degli spogliatoi si evince la presenza di significativi accumuli di fogliame derivante dalla vicina vegetazione. Risulta pertanto necessario eseguire frequenti manutenzioni per prevenire fenomeni di infiltrazione.

STATO DI CONSERVAZIONE MANTO DI COPERTURA

Terrazzo



Il terrazzo del corpo principale è stato oggetto di diversi interventi finalizzati ad impedire l'infiltrazione d'acqua in corrispondenza dei bordi della terrazza che, in considerazione degli ammaloramenti riscontrati non sono risultati risolutivi.

**SCUOLA SECONDARIA DI I° GRADO
VIA PAPA GIOVANNI XXIII IN VERDELLO (BG)**

Indagini diagnostiche conoscitive

ALLEGATI

1. PIANO DELLE INDAGINI

2. DETTAGLI COSTRUTTIVI

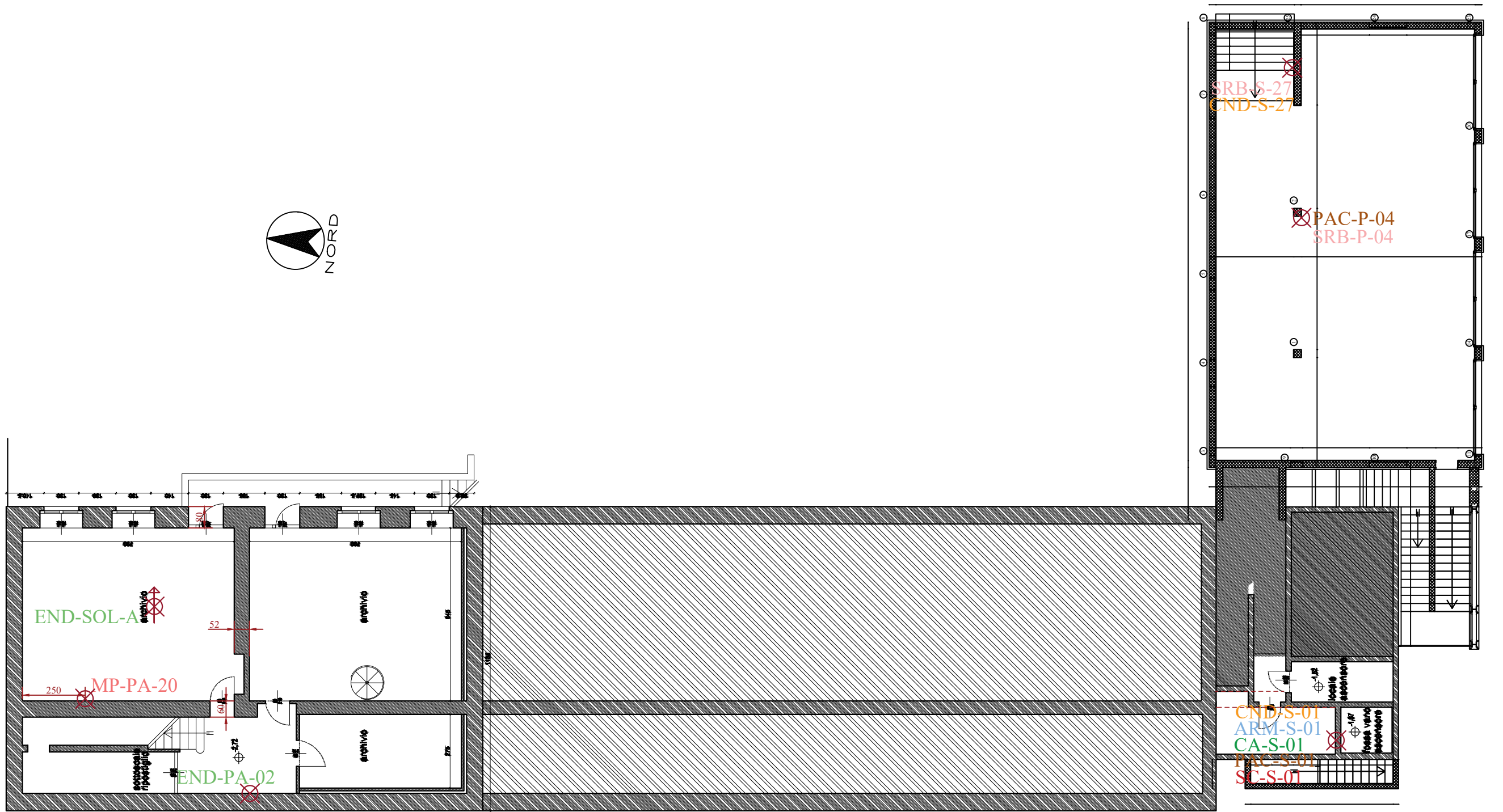
3. RAPPORTI DI PROVA

4. MARTINETTI PIATTI

p.c.: COMUNE DI VERDELLO

PIANO DELLE INDAGINI

* Copia conforme all'originale * Comune di Verdello prot. n. 0007768 del 08-08-2023



PIANTA SEMINTERRATO

INDAGINI:

Prelievo carote cls Son.Reb su cls	CA SRB	Indagine muraria Prelievo barre	IM ARM	Durometro su barre Rilievo mediante scasso	CND SC	Rilievo mediante pacometro Rilievo geometrico	PAC RIL	Martinetti piatti S+D Endoscopia	MP END	Penetrometrica su malta Sclerometro su mattoni	PEN SCL	Wookpecker Resistograph	WP RES	Termocamera Perforazione	FLIR PERF	Pilastro P Setto S	Trave T Solaio SOL	Parete PA Giunto G	Esempio: CA-P-01	CA=indagine P=elemento strutturale 01=numero indagine
---------------------------------------	-----------	------------------------------------	-----------	---	-----------	--	------------	-------------------------------------	-----------	---	------------	----------------------------	-----------	-----------------------------	--------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	---------------------	---



P&P LMC
via Pastrengo, 9 - 24068 - Seriate, Bergamo (Italia)
+39 035 3235700 - fax +39 035 3235750
e-mail: info@peplmc.it

COMMITTENTE:
COMUNE DI VERDELLO
via Camillo Cavour, 23
Verdello

OGGETTO:
Indagini diagnostiche e conoscitive

LUOGO:
SCUOLA SECONDARIA DI 1° GRADO
via Papa Giovanni XXIII
Verdello

DENOMINAZIONE TAVOLA:
INDAGINI DIAGNOSTICHE E CONOSCITIVE
PIANO DELLE INDAGINI

LIVELLO:
Pianta piano interrato

SCALA:
-

COMMESSA:
04_23_GC

DATA:
luglio 2023
REVISIONE:
-

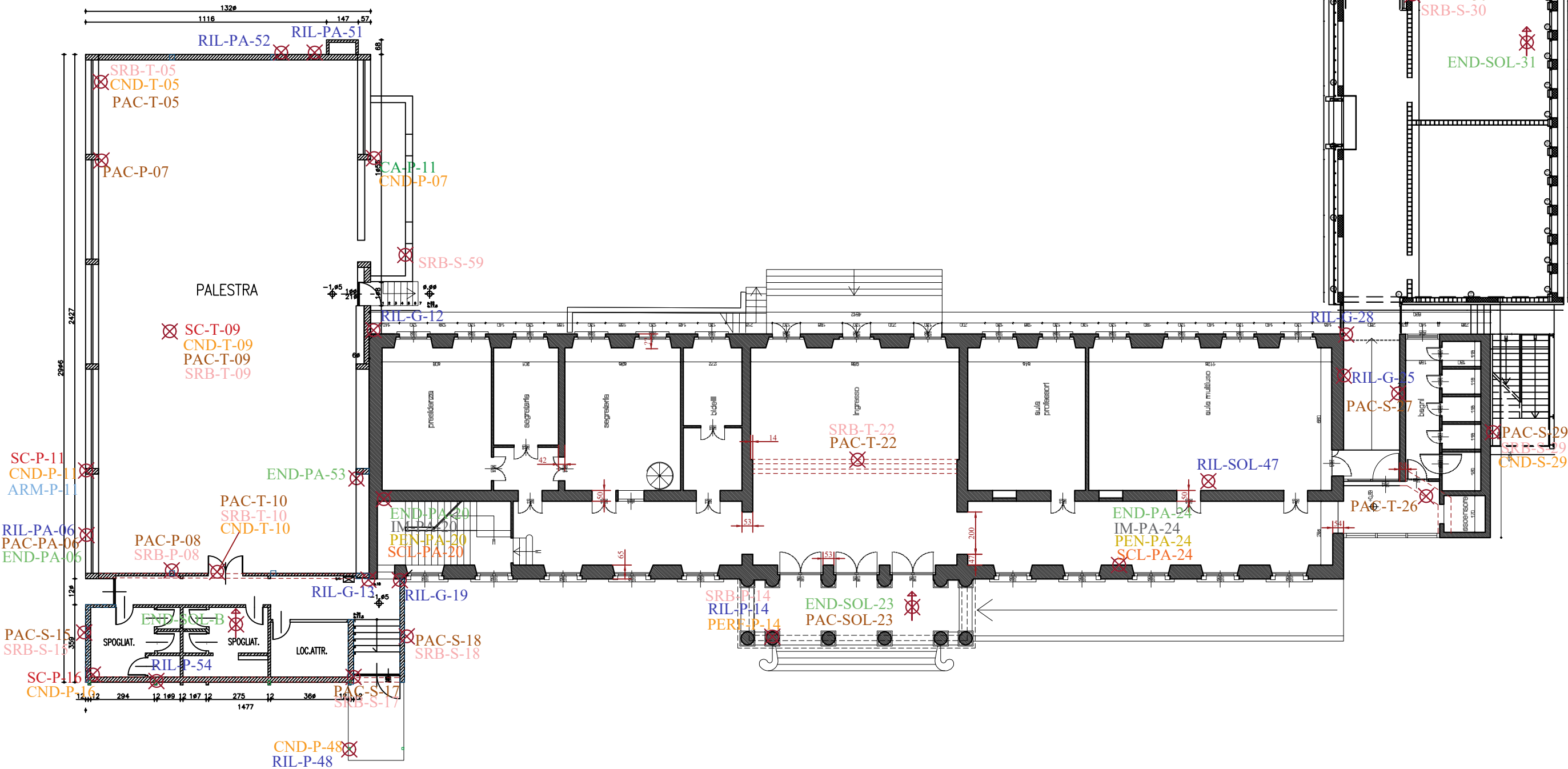
TAVOLA:

01/09

PIANO DELLE INDAGINI

LEGENDA:

- Putrelle carpenteria
- Travi c.a./c.a.p.
- Setti/pilastrini c.a.
- Travi legno



PIANTA PIANO TERRA

INDAGINI:

Prelievo carote cls	CA	Indagine muraria	IM	Durometro su barre	CND	Rilievo mediante pacometro	PAC	Martinetti piatti S+D	MP	Penetrometrica su malta	PEN	Wookpecker	WP	Termocamera	FLIR	Pilastro P	Trave T	Parete PA	Esempio:	CA=indagine
Son.Reb su cls	SRB	Prelievo barre	ARM	Rilievo mediante scasso	SC	Rilievo geometrico	RIL	Endoscopia	END	Sclerometro su mattoni	SCL	Resistograph	RES	Perforazione	PERF	Setto S	Solaio SOL	Giunto G	CA-P-01	P=elemento strutturale
																				01=numero indagine

ELEMENTO STRUTTURALE:

NOMENCLATURA:



P&P LMC
via Pastrengo, 9 - 24068 - Seriate, Bergamo (Italia)
+39 035 3235700 - fax +39 035 3235750
e-mail: info@peplmc.it

COMMITTENTE:
COMUNE DI VERDELLO
via Camillo Cavour, 23
Verdello

OGGETTO:
Indagini diagnostiche e conoscitive

LUOGO:
SCUOLA SECONDARIA DI 1° GRADO
via Papa Giovanni XXIII
Verdello

DENOMINAZIONE TAVOLA:
INDAGINI DIAGNOSTICHE E CONOSCITIVE
PIANO DELLE INDAGINI

LIVELLO:
Pianta piano rialzato

SCALA:

COMMESSA:

DATA:
luglio 2023
REVISIONE:

TAVOLA:


02/09

- [] Putrelle carpenteria
- [] Travi c.a./c.a.p.
- [] Setti/pilastrì c.a.
- [] Travi legno



Prelievo carote cls	CA	Indagine muraria	IM	Durometro su barre	CND	Rilievo mediante pacometro	PAC	Martinetti piatti S+D	MP	Penetrometrica su malta	PEN	Wookpecker	WP	Termocamera	FLIR	Pilastro P	Trave T	Parete PA	Esempio: CA-P-01	CA=indagine P=elemento strutturale 01=numero indagine
Son.Reb su cls	SRB	Prelievo barre	ARM	Rilievo mediante scasso	SC	Rilievo geometrico	RIL	Endoscopia	END	Sclerometro su mattoni	SCL	Resistograph	RES	Perforazione	PERF	Setto S	Solaio SOL	Giunto G		

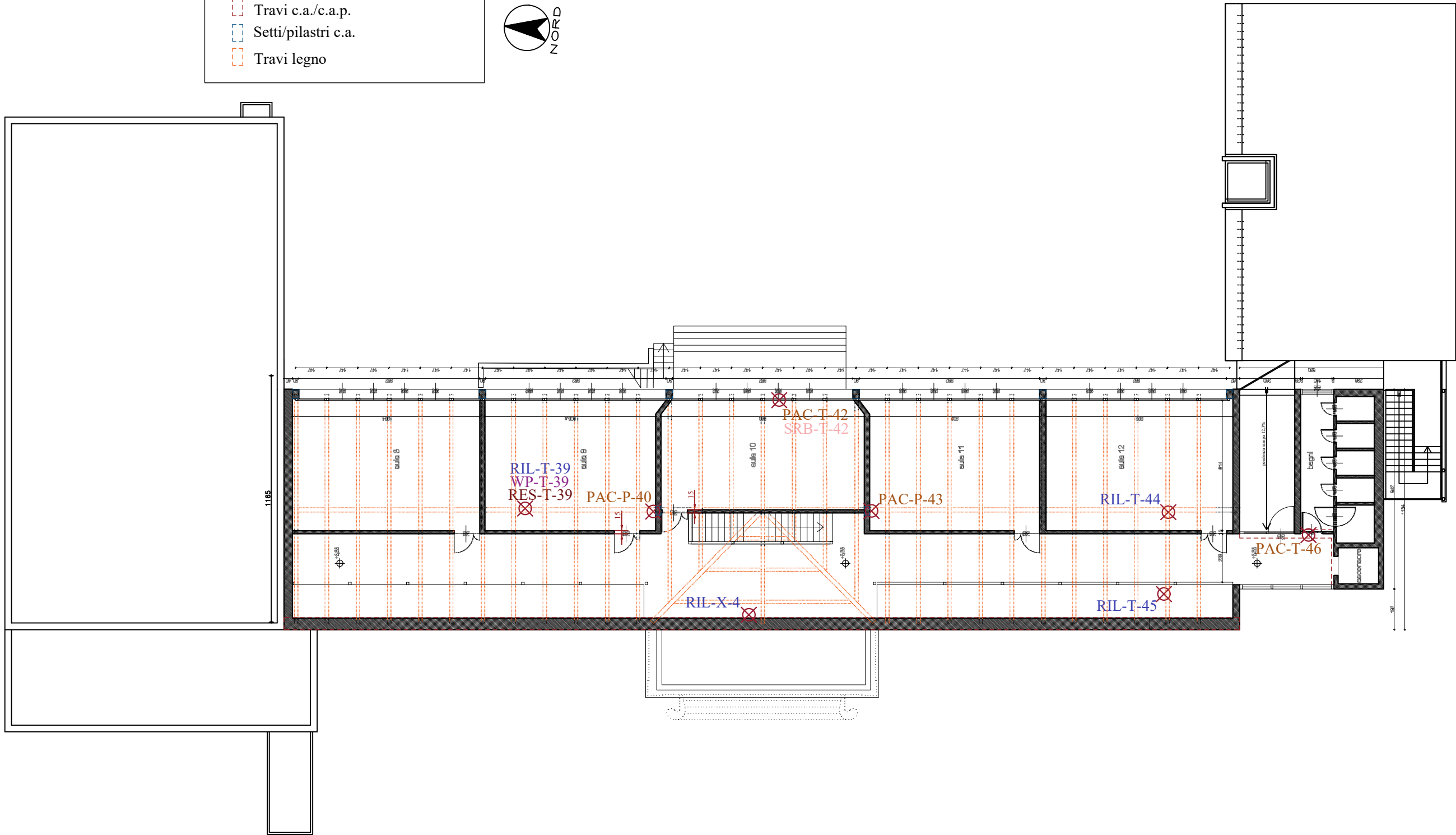
NOMENCLATURA:

 <p>P&P LMC via Pastrengo, 9 - 24068 - Seriate, Bergamo (Italia) +39 035 3235700 - fax +39 035 3235750 e-mail: info@peplmc.it</p>	<p>COMMITTENTE:</p> <p>COMUNE DI VERDELLO via Camillo Cavour, 23 Verdello</p>	<p>OGGETTO:</p> <p>Indagini diagnostiche e conoscitive</p>	<p>LUOGO:</p> <p>SCUOLA SECONDARIA DI 1° GRADO via Papa Giovanni XXIII Verdello</p>	<p>DENOMINAZIONE TAVOLA:</p> <p>INDAGINI DIAGNOSTICHE E CONOSCITIVE PIANO DELLE INDAGINI</p>	<p>LIVELLO:</p> <p>Pianta piano primo</p>	<p>SCALA:</p> <p>-</p>	<p>COMMESSA:</p> <p>04_23_GC</p>	<p>DATA:</p> <p>luglio 2023</p> <p>REVISIONE:</p> <p>-</p>	<p>TAVOLA:</p> <p>03/09</p>
	<p>PROGETTO DI INTERVENTO DI MANUTENZIONE ORDINARIA E DI MANUTENZIONE STRUTTURALE</p>								

PIANO DELLE INDAGINI

LEGENDA:

- Putrelle carpenteria
- Travi c.a./c.a.p.
- Setti/pilastri c.a.
- Travi legno



PIANTA PIANO SOTTOTETTO,

INDAGINI:

Prelievo carote cls Son.Reb su cls	CA SRB	Indagine muraria Prelievo barre	IM ARM	Durometro su barre Rilievo mediante scasso	CND SC	Rilievo mediante pacometro Rilievo geometrico	PAC RIL	Martinetti piatti Endoscopia	MP END	Penetrometrica su malta Sclerometro su mattoni	PEN SCL	Wookpecker Resistograph	WP RES	Termocamera Perforazione	FLIR PERF	Pilastro Setto	P S	Trave Solaio	T SOL	Parete Giunto	PA G	Esempio: CA-P-01	CA=indagine P=elemento strutturale 01=numero indagine
---------------------------------------	-----------	------------------------------------	-----------	---	-----------	--	------------	---------------------------------	-----------	---	------------	----------------------------	-----------	-----------------------------	--------------	-------------------	--------	-----------------	----------	------------------	---------	---------------------	---

ELEMENTO STRUTTURALE:

NOMENCLATURA:



P&P LMC
via Pastrengo, 9 - 24068 - Seriate, Bergamo (Italia)
+39 035 3235700 - fax +39 035 3235750
e-mail: info@peplmc.it

COMMITTENTE:
COMUNE DI VERDELLO
via Camillo Cavour, 23
Verdello

OGGETTO:
Indagini diagnostiche e conoscitive

LUOGO:
SCUOLA SECONDARIA DI 1° GRADO
via Papa Giovanni XXIII
Verdello

DENOMINAZIONE TAVOLA:
INDAGINI DIAGNOSTICHE E CONOSCITIVE
PIANO DELLE INDAGINI

LIVELLO:
Pianta piano secondo

SCALA:

COMMESSA:
04_23_GC

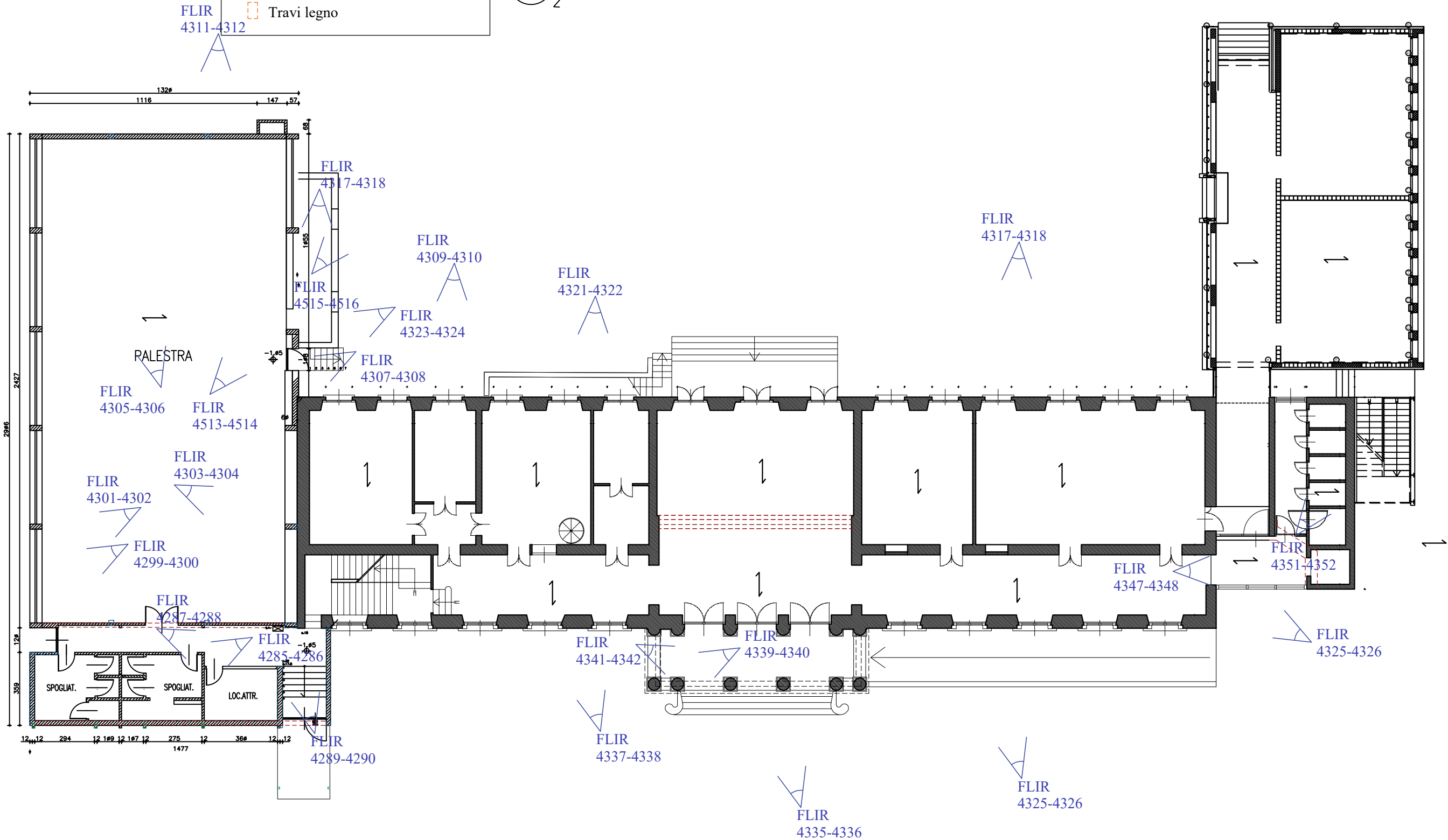
DATA:
luglio 2023
REVISIONE:

TAVOLA:

PIANO DELLE INDAGINI

LEGENDA:

- Putrelle carpenteria
- Travi c.a./c.a.p.
- Setti/pilastri c.a.
- Travi legno



INDAGINI:

Prelievo carote cls	CA	Indagine muraria	IM	Durometro su barre	CND	Rilievo mediante pacometro	PAC	Martinetti piatti S+D	MP	Penetrometrica su malta	PEN	Wookpecker	WP	Termocamera	FLIR	Pilastro P	Trave T	Parete PA	Esempio:	CA=indagine
Son.Reb su cls	SRB	Prelievo barre	ARM	Rilievo mediante scasso	SC	Rilievo geometrico	RIL	Endoscopia	END	Sclerometro su mattoni	SCL	Resistograph	RES			Setto S	Solaio SOL	Giunto G	CA-P-01	P=elemento strutturale
																				01=numero indagine

ELEMENTO STRUTTURALE:

NOMENCLATURA:



P&P LMC
via Pastrengo, 9 - 24068 - Seriate, Bergamo (Italia)
+39 035 3235700 - fax +39 035 3235750
e-mail: info@peplmc.it

COMMITTENTE:
COMUNE DI VERDELLO
via Camillo Cavour, 23
Verdello

OGGETTO:
Indagini diagnostiche e conoscitive

LUOGO:
SCUOLA SECONDARIA DI 1° GRADO
via Papa Giovanni XXIII
Verdello

DENOMINAZIONE TAVOLA:
INDAGINI DIAGNOSTICHE E CONOSCITIVE
TERMOCAMERE

LIVELLO:
Pianta piano rialzato

SCALA:
-

COMMESSA:
04_23_GC

DATA:
luglio 2023
REVISIONE:
-

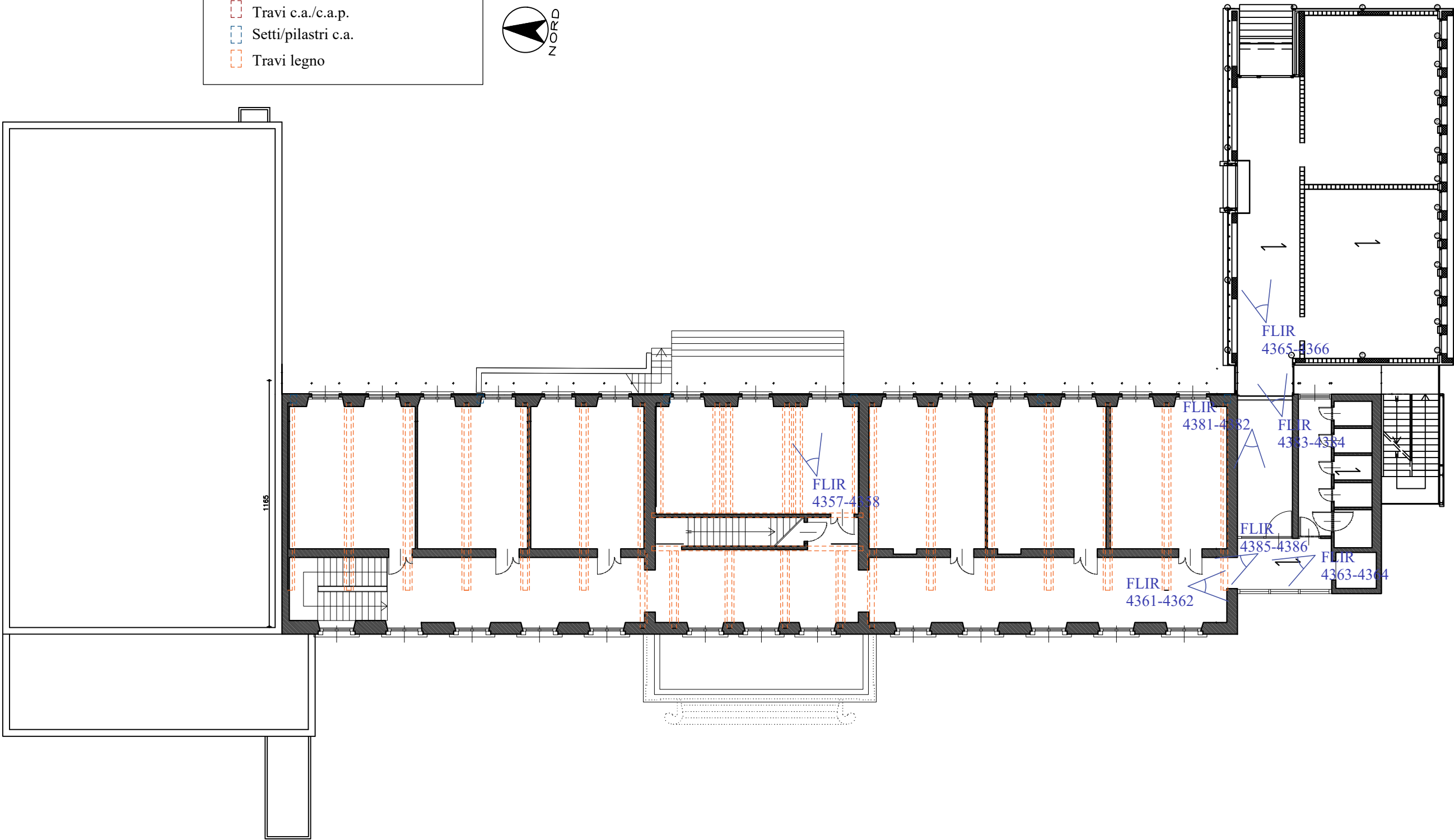
TAVOLA:

05/09

PIANO DELLE INDAGINI

LEGENDA:

- Putrelle carpenteria
- Travi c.a./c.a.p.
- Setti/pilastri c.a.
- Travi legno



INDAGINI:

Prelievo carote cls Son.Reb su cls	CA SRB	Indagine muraria Prelievo barre	IM ARM	Durometro su barre Rilievo mediante scasso	CND SC	Rilievo mediante pacometro Rilievo geometrico	PAC RIL	Martinetti piatti S+D Endoscopia	MP END	Penetrometrica su malta Sclerometro su mattoni	PEN SCL	Wookpecker Resistograph	WP RES	Termocamera	FLIR	Pilastro Setto	P S	Trave Solaio	T SOL	Parete Giunto	PA G	Esempio: CA-P-01	CA=indagine P=elemento strutturale 01=numero indagine
---------------------------------------	-----------	------------------------------------	-----------	---	-----------	--	------------	-------------------------------------	-----------	---	------------	----------------------------	-----------	-------------	------	-------------------	--------	-----------------	----------	------------------	---------	---------------------	---

ELEMENTO STRUTTURALE:

NOMENCLATURA:



P&P LMC
via Pastrengo, 9 - 24068 - Seriate, Bergamo (Italia)
+39 035 3235700 - fax +39 035 3235750
e-mail: info@peplmc.it

COMMITTENTE:
COMUNE DI VERDELLO
via Camillo Cavour, 23
Verdello

OGGETTO:
Indagini diagnostiche e conoscitive

LUOGO:
SCUOLA SECONDARIA DI 1° GRADO
via Papa Giovanni XXIII
Verdello

DENOMINAZIONE TAVOLA:
INDAGINI DIAGNOSTICHE E CONOSCITIVE
TERMOCAMERE

LIVELLO:
Pianta piano primo

SCALA:
-

COMMESSA:
04_23_GC

DATA:
luglio 2023
REVISIONE:
-

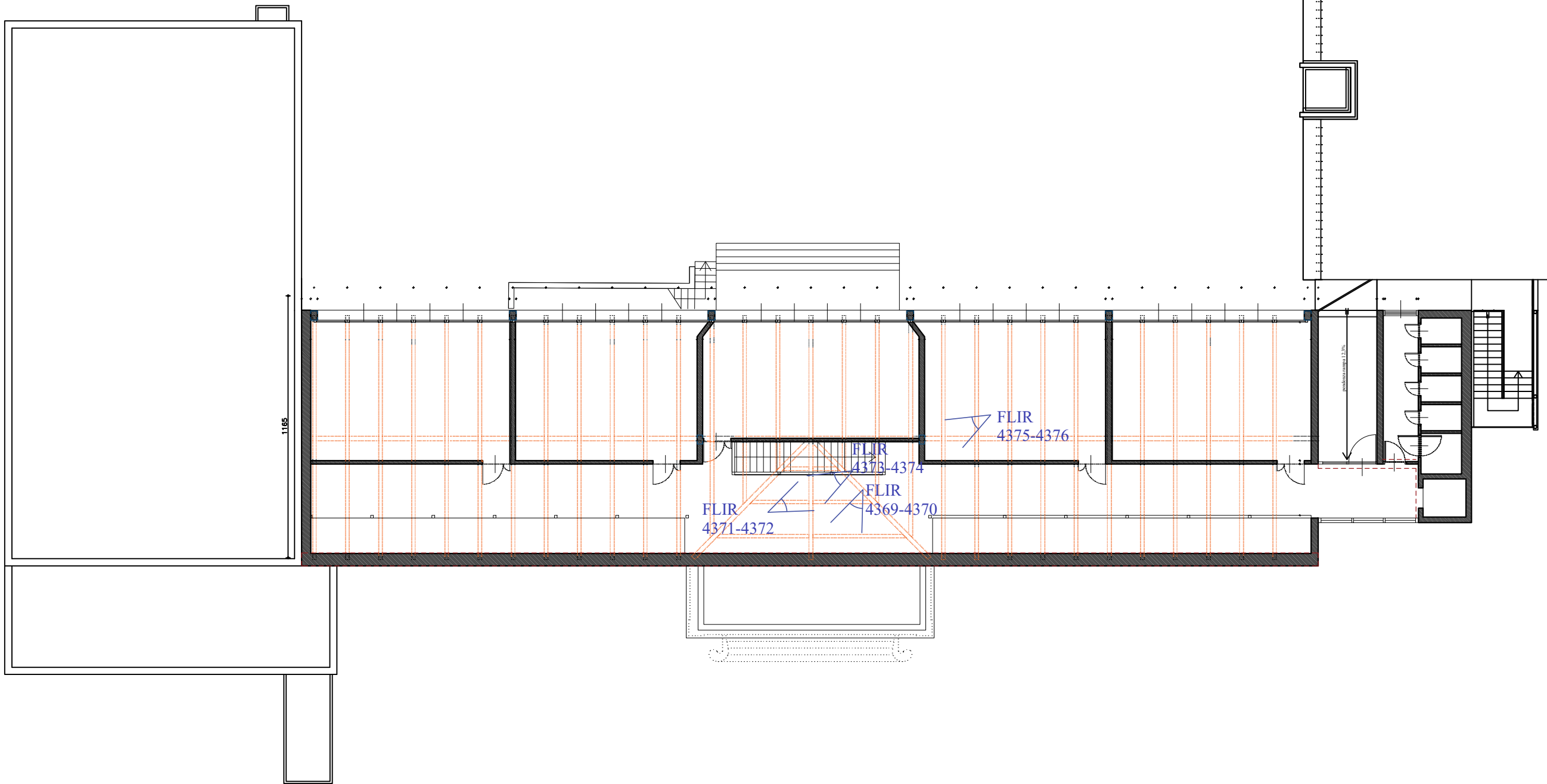
TAVOLA:

06/09

PIANO DELLE INDAGINI

LEGENDA:

- Putrelle carpenteria
- Travi c.a./c.a.p.
- Setti/pilastri c.a.
- Travi legno



INDAGINI:

Prelievo carote cls	CA	Indagine muraria	IM	Durometro su barre	CND	Rilievo mediante pacometro	PAC	Martinetti piatti	MP	Penetrometrica su malta	PEN	Wookpecker	WP	Termocamera	FLIR	Pilastro P	Trave T	Parete PA	Esempio:	CA=indagine
Son.Reb su cls	SRB	Prelievo barre	ARM	Rilievo mediante scasso	SC	Rilievo geometrico	RIL	Endoscopia	END	Sclerometro su mattoni	SCL	Resistograph	RES			Setto S	Solaio SOL	Giunto G	CA-P-01	P=elemento strutturale 01=numero indagine

ELEMENTO STRUTTURALE:

NOMENCLATURA:



P&P LMC
via Pastrengo, 9 - 24068 - Seriate, Bergamo (Italia)
+39 035 3235700 - fax +39 035 3235750
e-mail: info@peplmc.it

COMMITTENTE:
COMUNE DI VERDELLO
via Camillo Cavour, 23
Verdello

OGGETTO:
Indagini diagnostiche e conoscitive

LUOGO:
SCUOLA SECONDARIA DI 1° GRADO
via Papa Giovanni XXIII
Verdello

DENOMINAZIONE TAVOLA:
INDAGINI DIAGNOSTICHE E CONOSCITIVE
TERMOCAMERE

LIVELLO:
Pianta piano secondo

SCALA:
-

COMMESSA:
04_23_GC

DATA:
luglio 2023
REVISIONE:
-

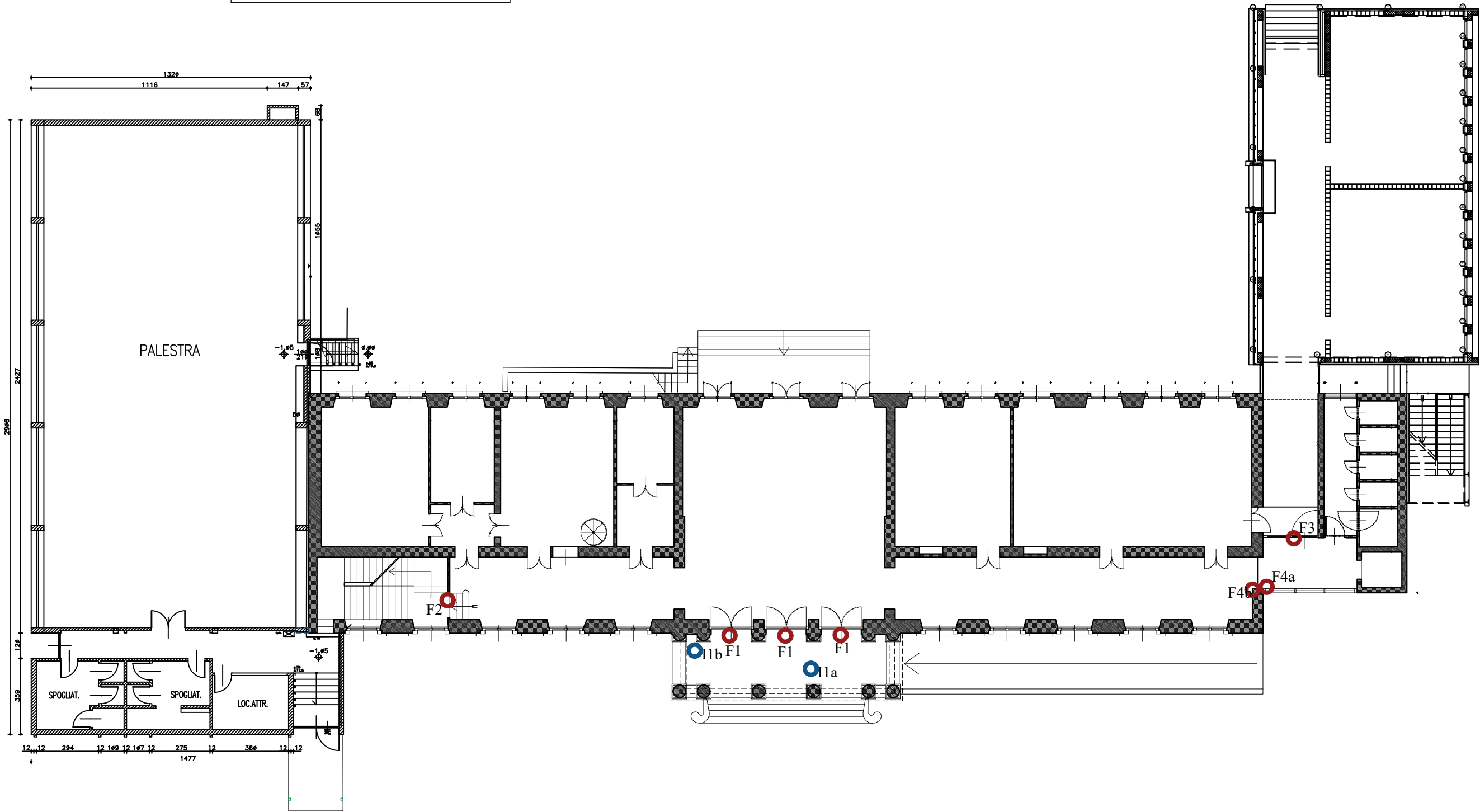
TAVOLA:

07/09

PIANO DELLE INDAGINI

LEGENDA:

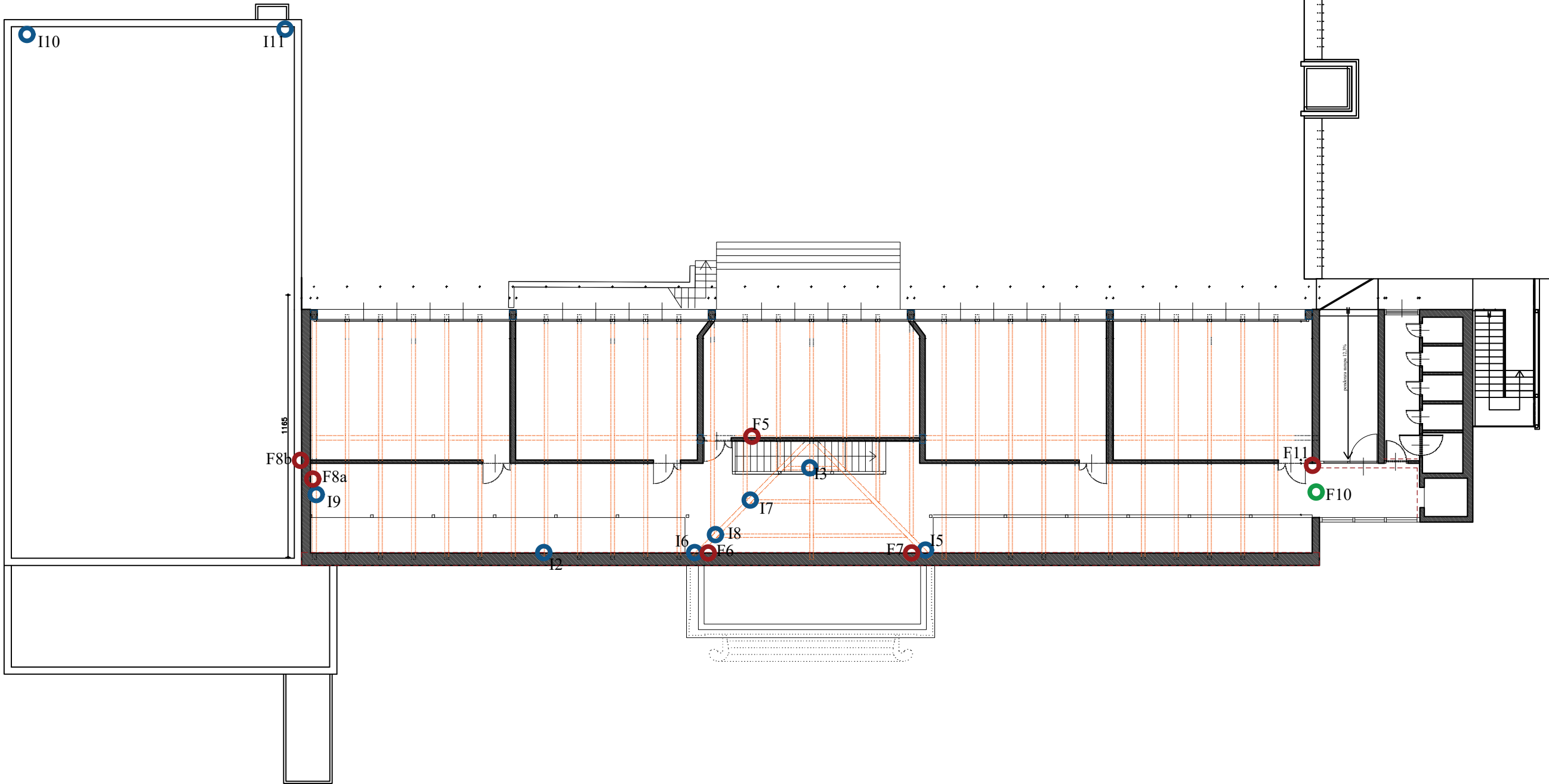
- Fessure a soffitto
- Fessure su elementi verticali
- Infiltrazioni



PIANO DELLE INDAGINI

LEGENDA:

- Fessure a soffitto
- Fessure su elementi verticali
- Infiltrazioni

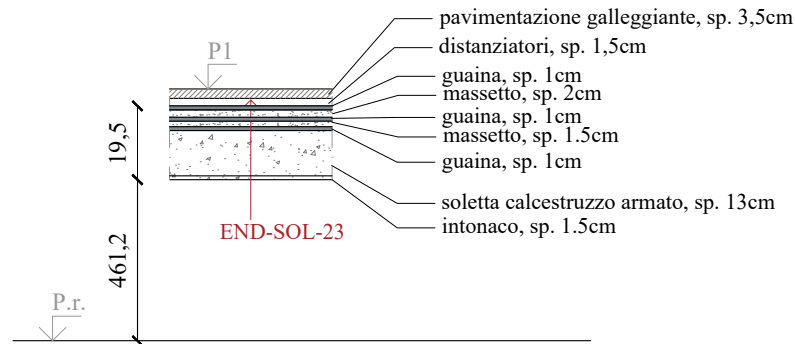


* Copia conforme all'originale * Comune di Verdello prot. n. 0007768 del 08-08-2023

* Copia conforme all'originale * Comune di Verdello prot. n. 0007768 del 08-08-2023

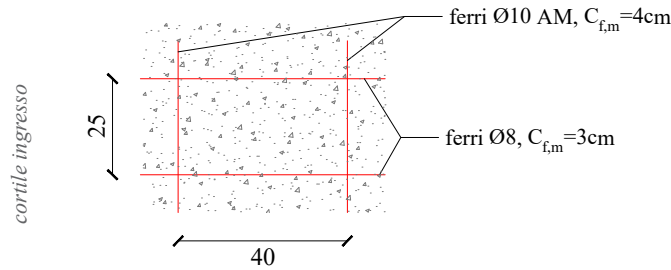
DETTAGLI COSTRUTTIVI

END-SOL-23 | Elemento: SOLAIO | PIANO COPERTURA RIALZATOZZO
Indagine e/o prova: ENDOSCOPIA

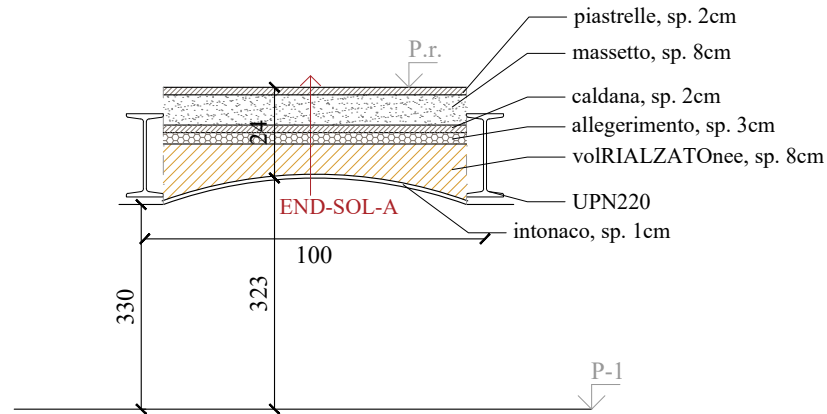


PAC-SOL-23 | Elemento: SOLAIO | PIANO COPERTURA RIALZATOZZO
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA

Solaio copertura colonnato

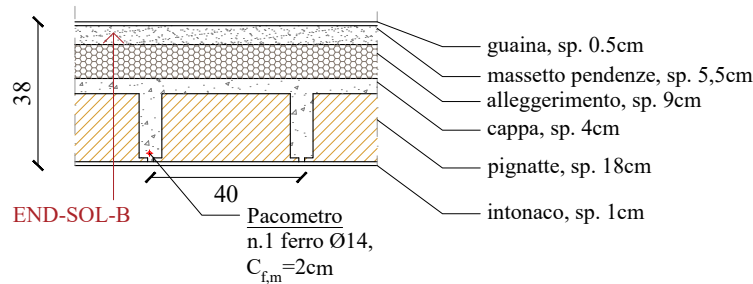


END-SOL-A | Elemento: SOLAIO | PIANO RIALZATO
Indagine e/o prova: ENDOSCOPIA, RILIEVO



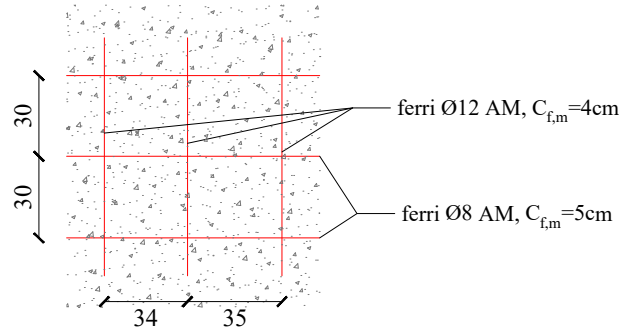
END-SOL-B | Elemento: SOLAIO | PIANO COPERTURA SPOGLIATOIO
Indagine e/o prova: ENDOSCOPIA

Solaio in laterocemento

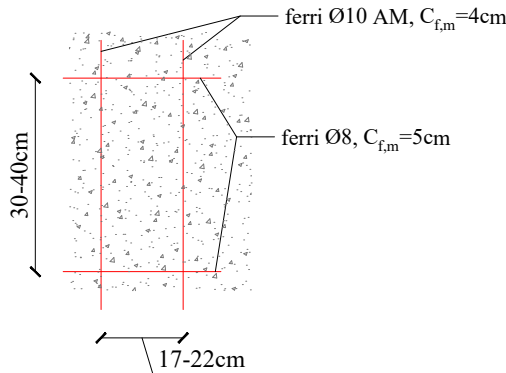


PAC-S-01 | Elemento: SETTO | PIANO INRIALZATOTO
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA, SCASSO

Setto sp. 20cm

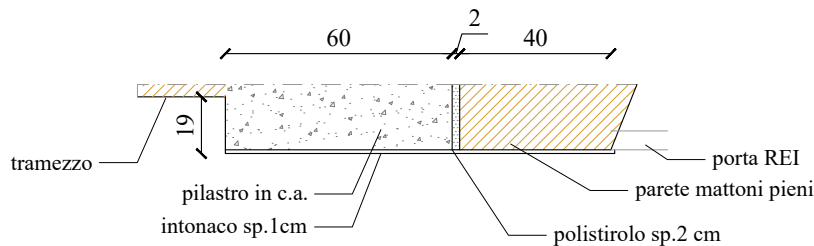


PAC-S-49 | Elemento: SETTO | PIANO RIALZATO
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA



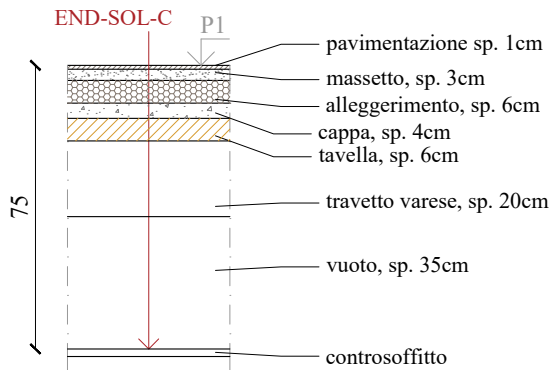
RIL-G-13 | Elemento: GIUNTO | PIANO RIALZATO PALESTRA
Indagine e/o prova: RILIEVO, SCASSO

Sezione orizzontale



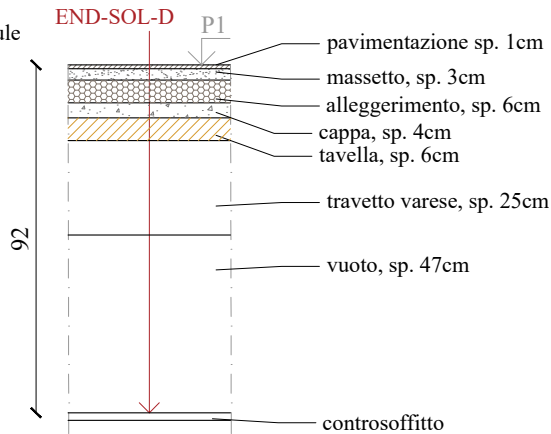
END-SOL-C | Elemento: SOLAIO | PIANO PRIMO
Indagine e/o prova: RILIEVO, ENDOSCOPIA

Solaio travetti tipo Varese-lato corridoio



END-SOL-D | Elemento: SOLAIO | PIANO PRIMO
Indagine e/o prova: RILIEVO, ENDOSCOPIA

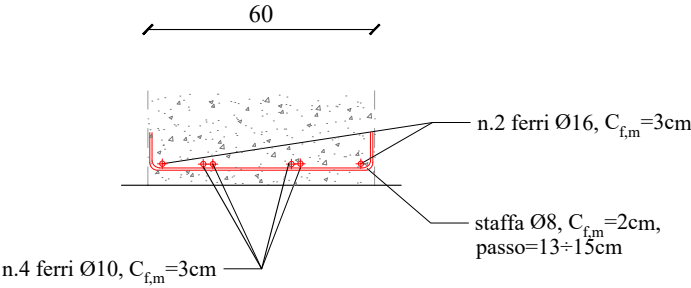
Solaio travetti tipo Varese-lato aule



DETTAGLI COSTRUTTIVI

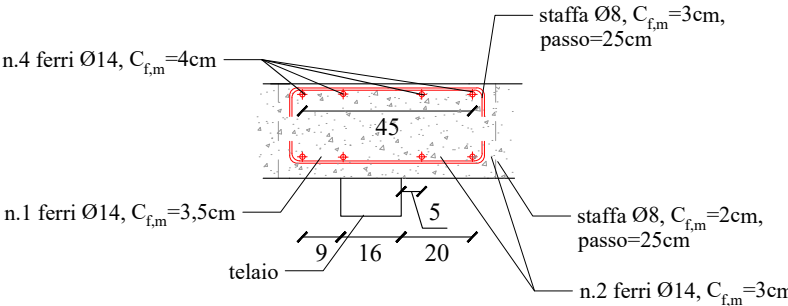
PAC-T-26 | Elemento: TRAVE | PIANO PRIMO
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA

Sezione verticale

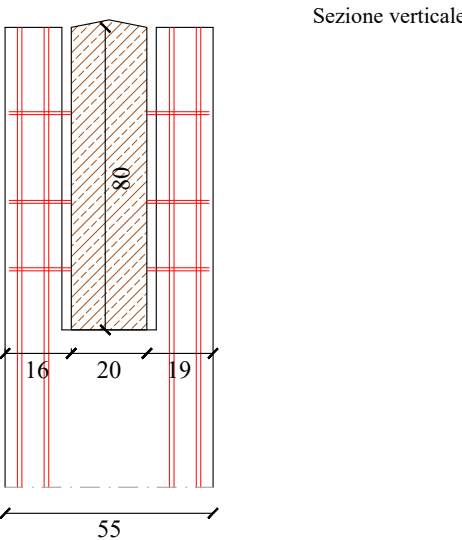


PAC-P-40 | Elemento: PILASTRO | PIANO SECONDO
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA

Sezione orizzontale

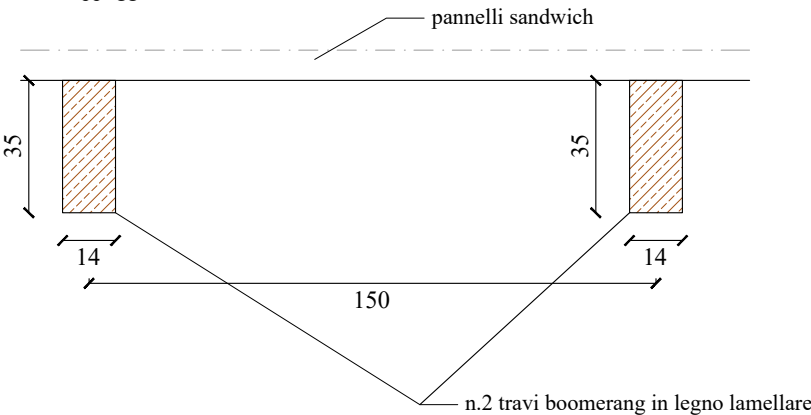


Vista frontale forcella pilastro
appoggio trave in legno di
copertura 20x80cm



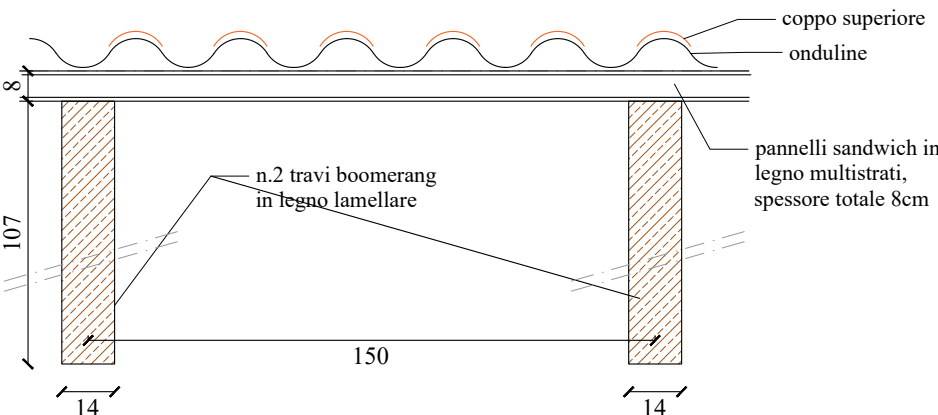
RIL-T-45 | Elemento: TRAVE | PIANO COPERTURA
Indagine e/o prova: RILIEVO

Sezione verticale all'appoggio



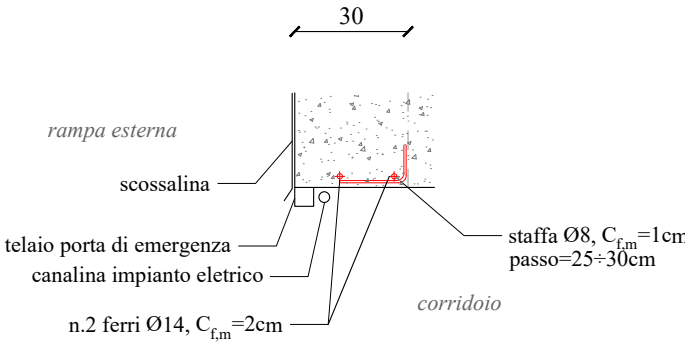
RIL-T-44 | Elemento: TRAVE | PIANO COPERTURA
Indagine e/o prova: RILIEVO

Sezione verticale colmo



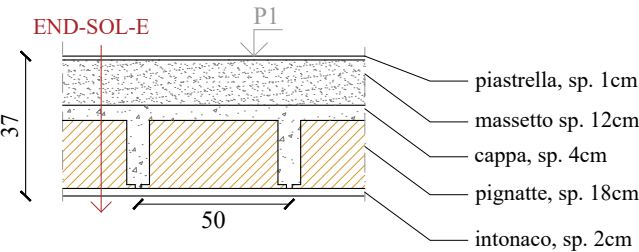
PAC-T-46 | Elemento: TRAVE | PIANO COPERTURA
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA

Sezione verticale



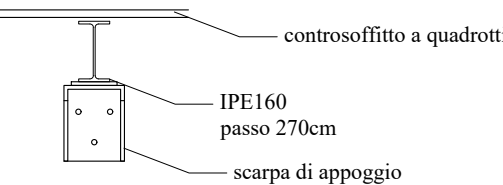
END-SOL-E | Elemento: SOLAIO | PIANO PRIMO
Indagine e/o prova: ENDOSCOPIA

Solaio in laterocemento corpo servizi



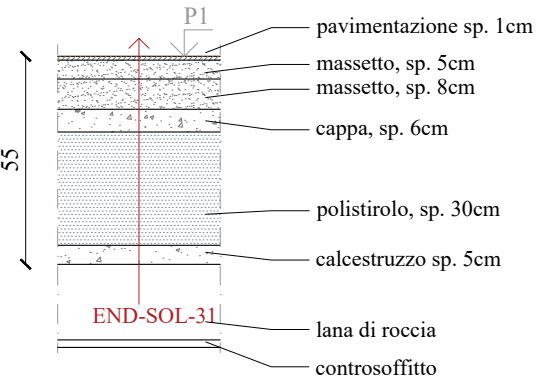
RIL-SOL-47 | Elemento: SOLAIO | PIANO PRIMO
Indagine e/o prova: RILIEVO

Indagine in appoggio



END-SOL-31 | Elemento: SOLAIO | PIANO PRIMO
Indagine e/o prova: RILIEVO, ENDOSCOPIA

Solaio predalles

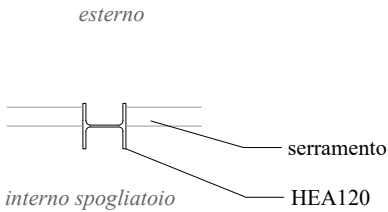


* Copia conforme all'originale * Comune di Verdello prot. n. 0007768 del 08-08-2023

DETTAGLI COSTRUTTIVI

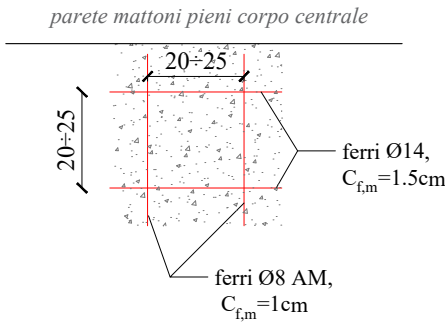
RIL-P-4 | Elemento: PILASTRO | PIANO INTERRATO
Indagine e/o prova: RILIEVO, SCASSO

Sezione orizzontale

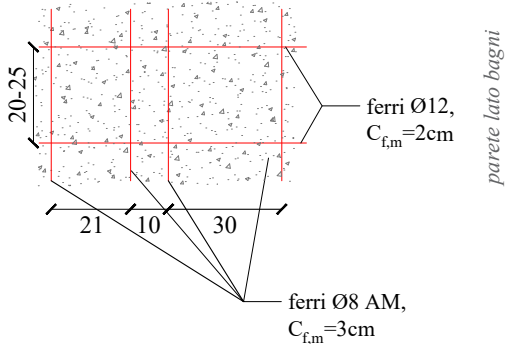


RIL-G-25 | Elemento: SOLAIO | PIANO PRIMO RAMPA
Indagine e/o prova: RILIEVO, SCASSO

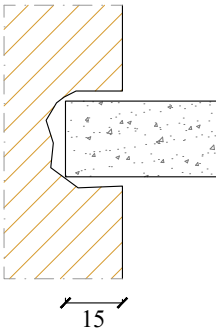
Intradosso rampa-appoggio



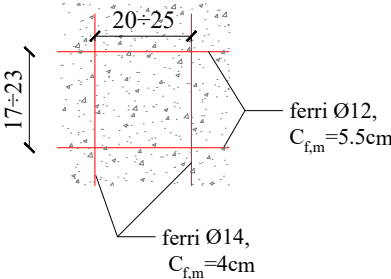
Intradosso rampa-mezzeria



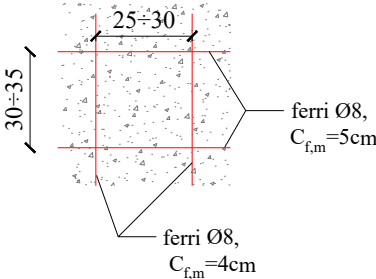
Ammorsamento nella parete in mattoni pieni Sezione verticale



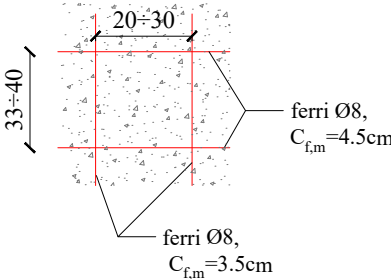
PAC-S-30 | Elemento: SETTO | PIANO INRIALZATOTO
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA



PAC-S-27 | Elemento: SETTO | PIANO RIALZATO
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA

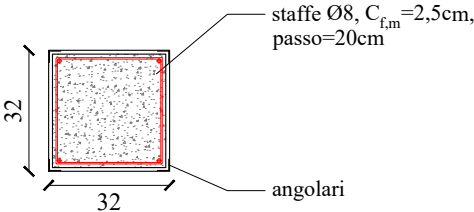


PAC-S-29 | Elemento: SETTO | PIANO RIALZATO
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA



PAC-P-04 | Elemento: PILASTRO | PIANO INRIALZATOTO
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA

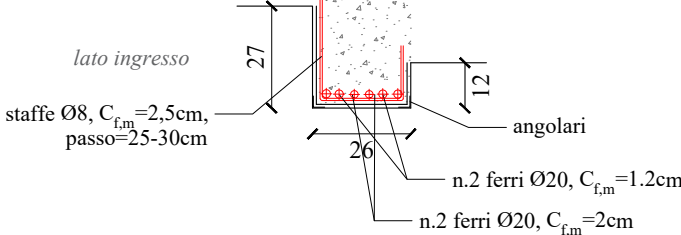
Sezione orizzontale



Intonaco sp 1cm

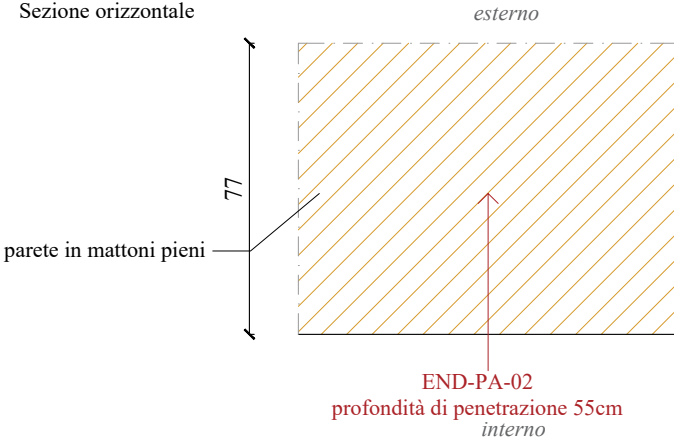
PAC-T-22 | Elemento: TRAVE | PIANO RIALZATO
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA

Misure comprensive di intonaco



END-PA-02 | Elemento: PARETE | PIANO INRIALZATOTO
Indagine e/o prova: ENDOSCOPIA

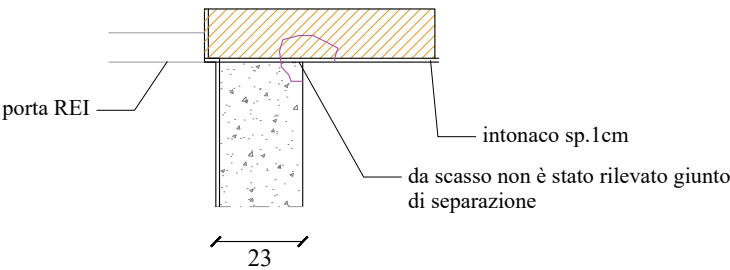
Sezione orizzontale



DETTAGLI COSTRUTTIVI

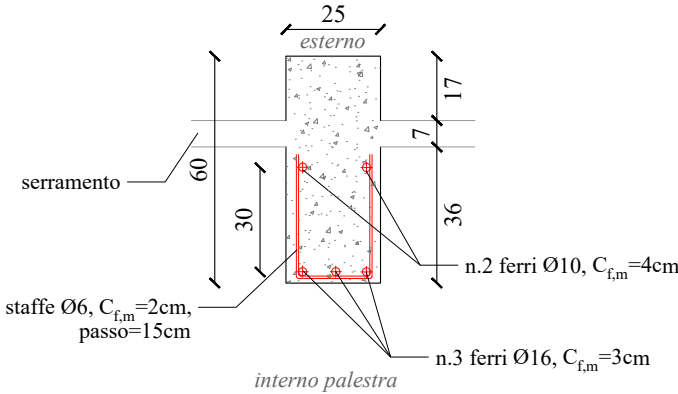
RIL-G-13 | Elemento: GIUNTO | PIANO RIALZATO PALESTRA
Indagine e/o prova: RILIEVO, SCASSO

Sezione orizzontale



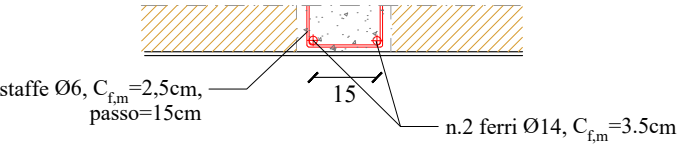
PAC-P-07 | Elemento: PILASTRO | PIANO RIALZATO
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA

Sezione orizzontale



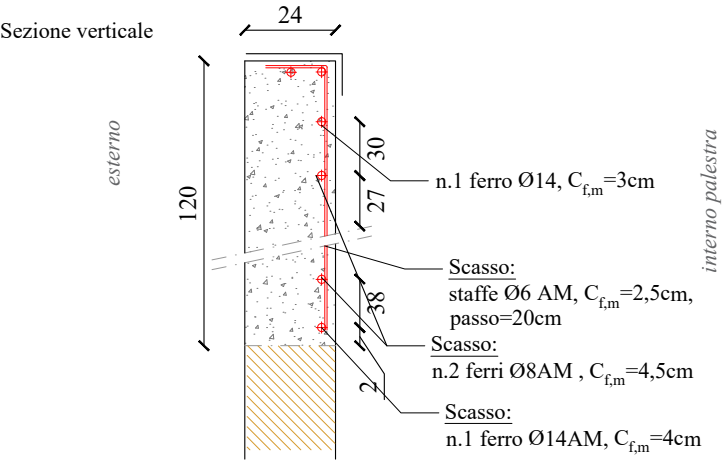
PAC-P-08 | Elemento: PILASTRO | PIANO RIALZATO
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA

Sezione orizzontale

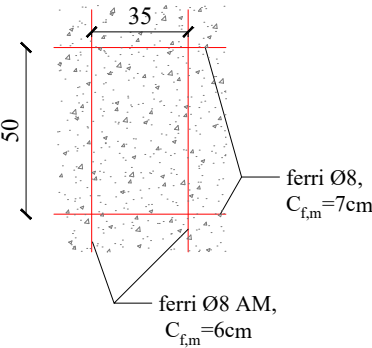


PAC-T-10 | Elemento: TRAVE | PIANO RIALZATO
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA

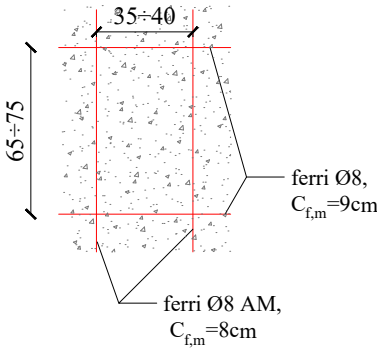
Sezione verticale



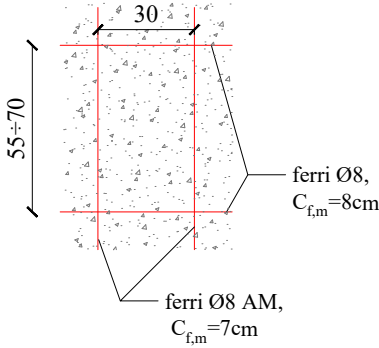
PAC-S-15 | Elemento: SETTO | PIANO RIALZATO
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA



PAC-S-17 | Elemento: SETTO | PIANO RIALZATO
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA

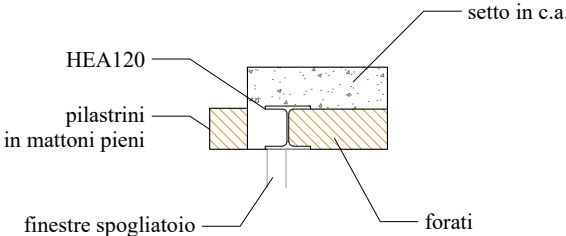


PAC-S-18 | Elemento: SETTO | PIANO RIALZATO
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA



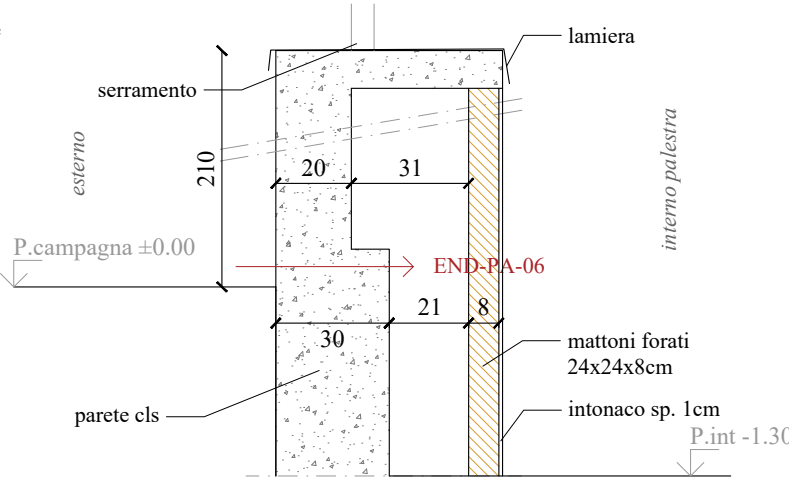
SC-P-16 | Elemento: PILASTRO | PIANO RIALZATO
Indagine e/o prova: RILIEVO, SCASSO

Sezione orizzontale



END-PA-06 | Elemento: PARETE | PIANO RIALZATO
Indagine e/o prova: ENDOSCOPIA

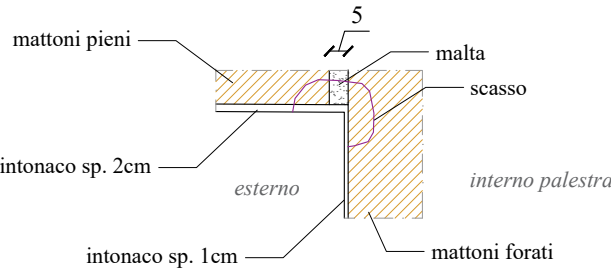
Sezione verticale



DETTAGLI COSTRUTTIVI

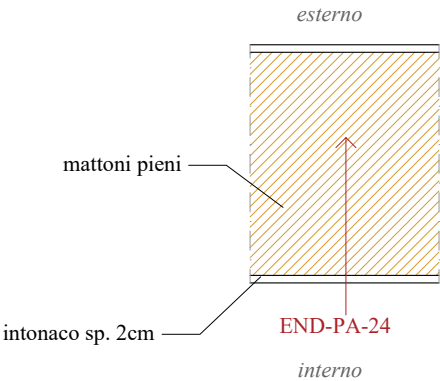
RIL-G-12 | Elemento: GIUNTO | PIANO RIALZATO PALESTRA
Indagine e/o prova: RILIEVO, SCASSO

Sezione orizzontale



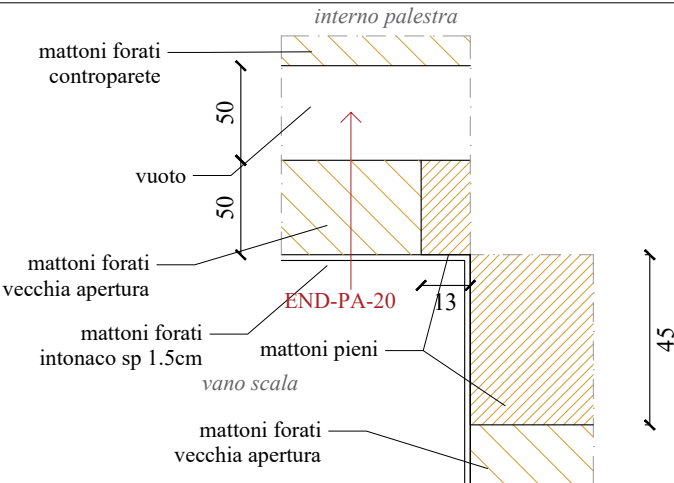
END-PA-24 | Elemento: PARETE | PIANO RIALZATO
Indagine e/o prova: ENDOSCOPIA

Sezione orizzontale



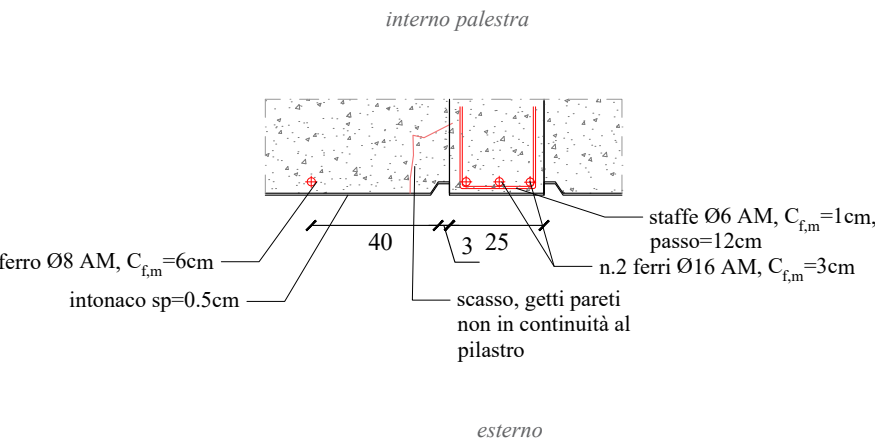
END-PA-20 | Elemento: PARETE | PIANO RIALZATO
Indagine e/o prova: ENDOSCOPIA

Sezione orizzontale



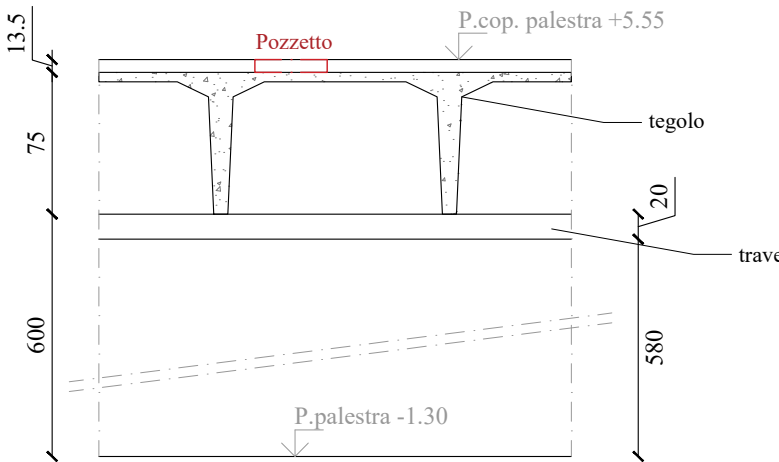
SC-P-11 | Elemento: PILASTRO | PIANO RIALZATO
Indagine e/o prova: RILIEVO, SCASSO, PACOMETRO

Sezione orizzontale

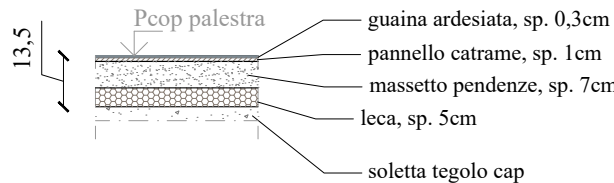


RIL-SOL-3 | Elemento: SOLAIO | PIANO COPERTURA PALESTRA
Indagine e/o prova: RILIEVO

Sezione verticale

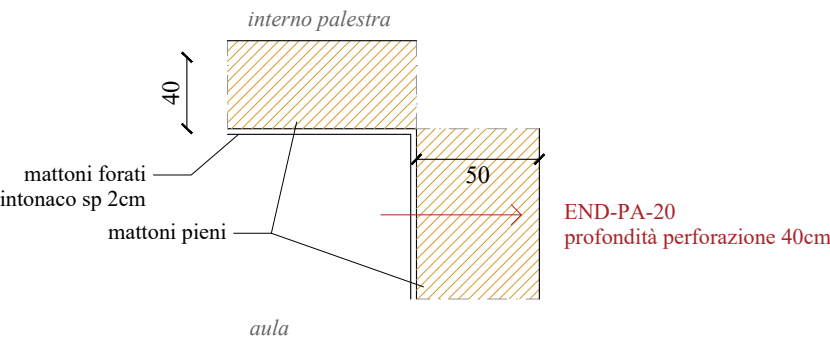


Sezione verticale



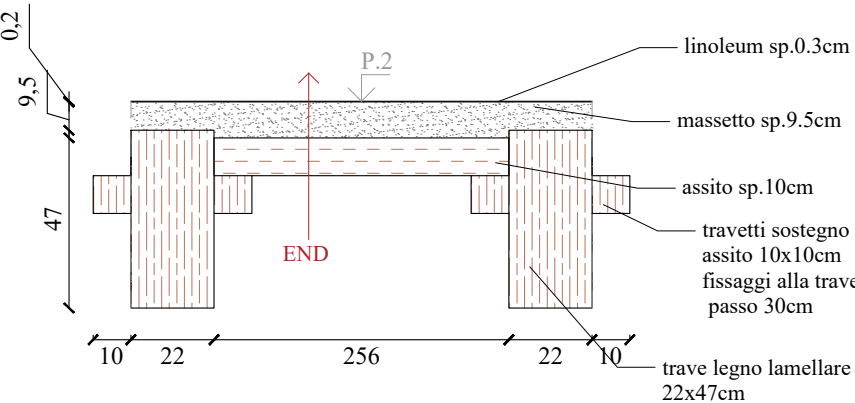
END-PA-32 | Elemento: PARETE | PIANO PRIMO
Indagine e/o prova: ENDOSCOPIA

Sezione orizzontale



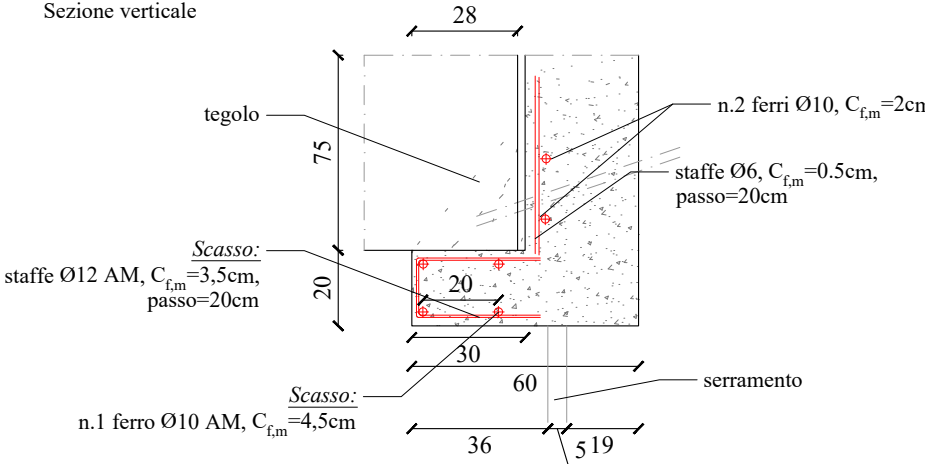
RIL-T-33 | Elemento: SOLAIO | PIANO SECONDO
Indagine e/o prova: RILIEVO, ENDOSCOPIA

Sezione verticale



PAC-T-05 | Elemento: TRAVE | PIANO RIALZATO
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA

Sezione verticale

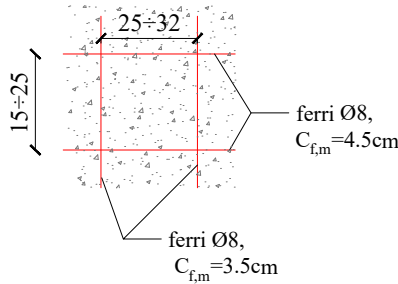


* Copia conforme all'originale * Comune di Verdello prot. n. 0007768 del 08-08-2023

DETTAGLI COSTRUTTIVI

PAC-S-37 | Elemento: SETTO | PIANO PRIMO
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA

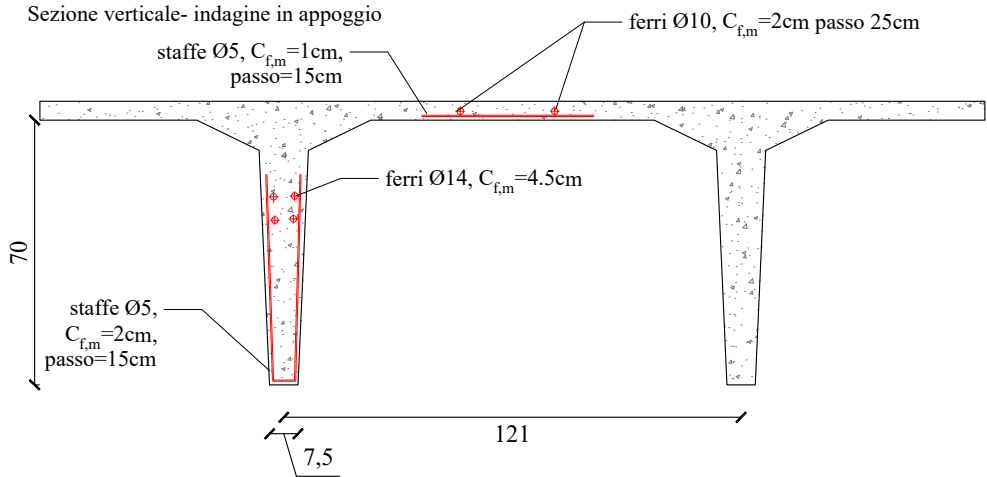
Sezione verticale



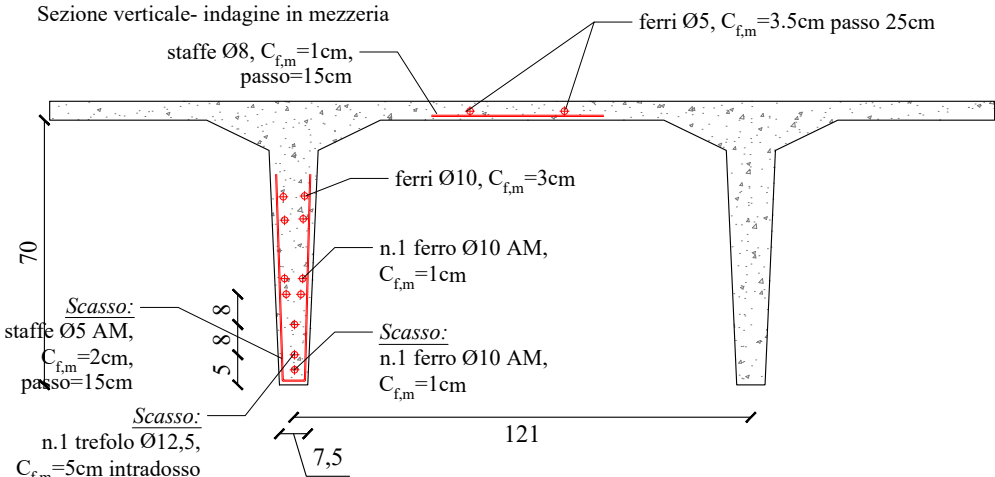
Spessore setto 20cm

SC-T-09 | Elemento: TEGOLO | PIANO COPERTURA
Indagine e/o prova: RILIEVO, SCASSO, PACOMETRO

Sezione verticale- indagine in appoggio

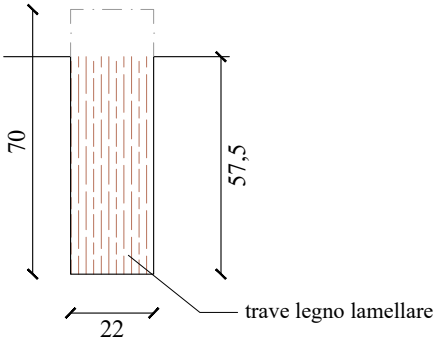


Sezione verticale- indagine in mezzeria



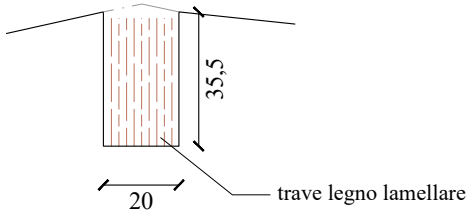
RIL-T-35 | Elemento: TRAVE | PIANO PRIMO
Indagine e/o prova: RILIEVO

Sezione verticale



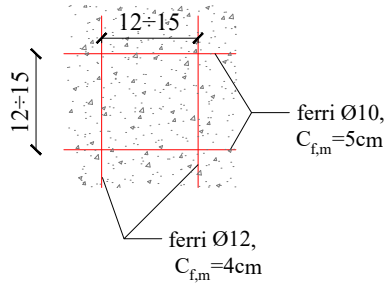
RIL-T-39 | Elemento: TRAVE | PIANO COPERTURA
Indagine e/o prova: RILIEVO

Sezione verticale



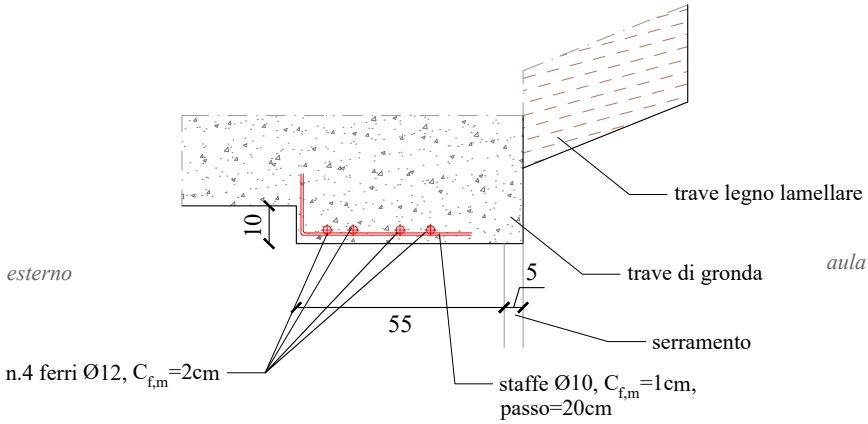
PAC-S-38 | Elemento: SETTO | PIANO PRIMO
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA

Sezione verticale



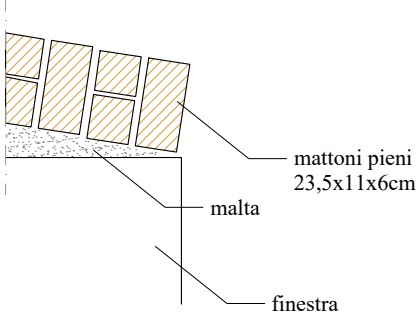
PAC-T-42 | Elemento: TRAVE | PIANO SECONDO
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA

Sezione verticale



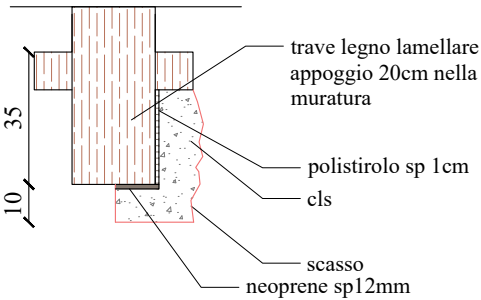
RIL-X-2 | Elemento: ARCHITRAVE | PIANO PRIMO
Indagine e/o prova: RILIEVO, SCASSO

Sezione verticale



RIL-X-2 | Elemento: TRAVE | PIANO PRIMO
Indagine e/o prova: RILIEVO, SCASSO

Sezione verticale

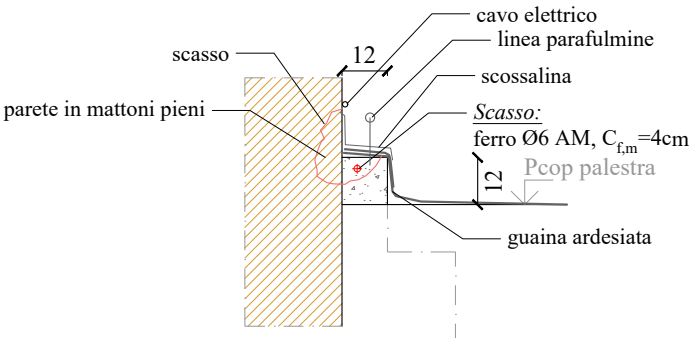


* Copia conforme all'originale * Comune di Verdello prot. n. 0007768 del 08-08-2023

DETTAGLI COSTRUTTIVI

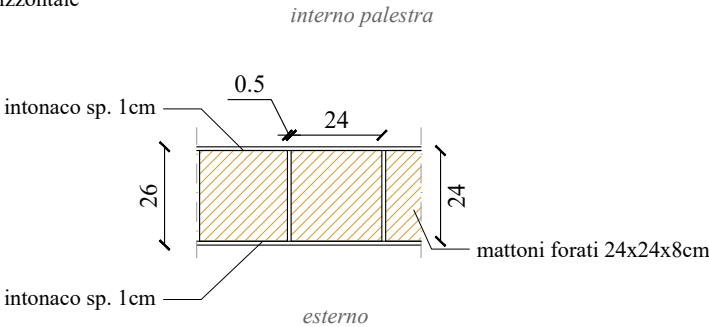
RIL-X-4 | Elemento: TRAVE | PIANO COPERTURA
Indagine e/o prova: RILIEVO, SCASSO

Sezione verticale



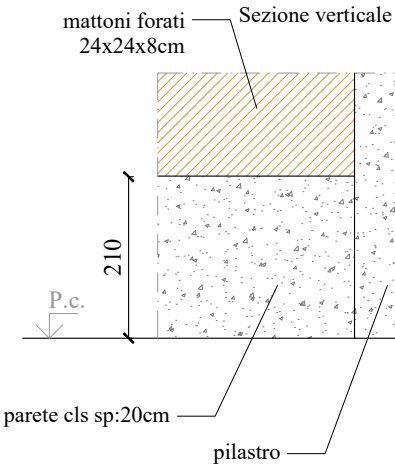
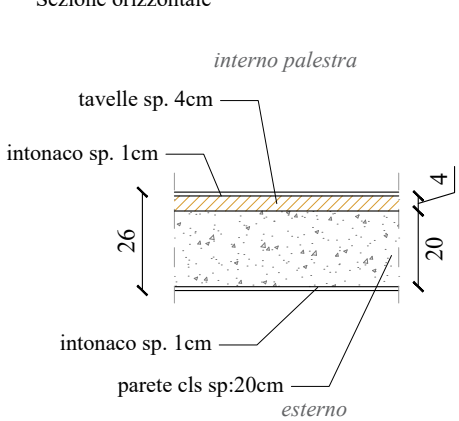
RIL-PA-51 | Elemento: PARETE | PIANO TERRA
Indagine e/o prova: RILIEVO, ENDOSCOPIA

Sezione orizzontale



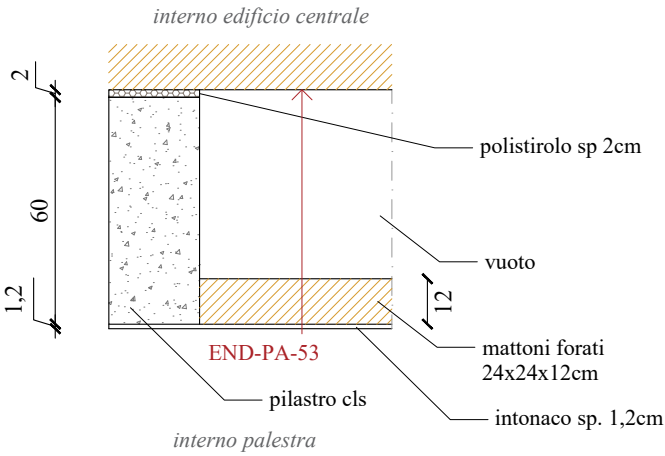
RIL-PA-52 | Elemento: PARETE | PIANO TERRA
Indagine e/o prova: RILIEVO, ENDOSCOPIA

Sezione orizzontale



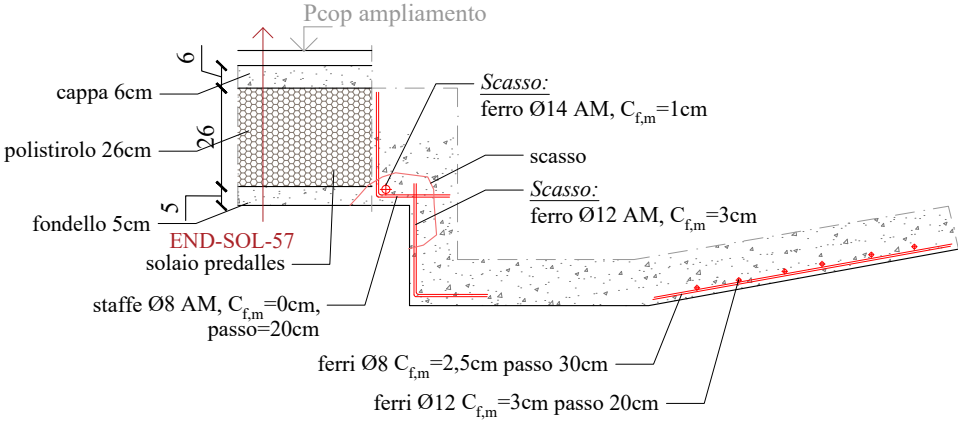
END-PA-53 | Elemento: PARETE | PIANO RIALZATO
Indagine e/o prova: ENDOSCOPIA, SCASSO

Sezione orizzontale



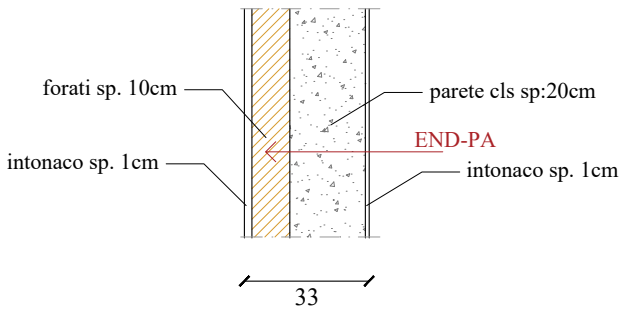
SC-T-56 | Elemento: TRAVE | PIANO PRIMO
Indagine e/o prova: RILIEVO, SCASSO, ENDOSCOPIA

Sezione verticale



END-PA-53 | Elemento: PARETE | PIANO INTERRATO
Indagine e/o prova: ENDOSCOPIA

Sezione verticale parete palestra-magazzino



Laboratorio Prove Materiali

Pag. 1 di 1

Rapporto di Prova N.
RdP/23/0905/CS-03

Autorizzazione

Decreto Ministeriale n. 0000012

Art. 20 - Legge 5-11-71 n. 1086

Art. 59 - D.P.R. 06-06-01 n. 380

Il presente Rapporto di Prova non costituisce certificato utile ai fini della procedura prevista dalla legge 1086/71.

PROVE DI COMPRESSIONE
su provini di calcestruzzo

Intestatario del Certificato:

COMUNE DI VERDELLO - VIA CAVOUR, 23/A - VERDELLO (BG)

Richiesta

Lettera del 12/06/2023

Accettazione N.:

0905

Oggetto: N. 2 carote di calcestruzzo

Resistenza caratteristica dich., Rck [MPa]: N.D.

Luogo del prelievo:

SCUOLA MEDIA IN VIA PAPA GIOVANNI XXIII, 46 - 24049 VERDELLO (BG)

Commessa:

004_23_GC

Opera:

SETTO - PILASTRO

Committente dell'opera:

COMUNE DI VERDELLO - VIA CAVOUR, 23/A - VERDELLO (BG)

Impresa Costruz.:

-

Denuncia C.A.:

-

Direttore Lavori:

--

Richiesta prove firmata dal D.L.:

NO

Norme di riferimento:

NTC2018 - UNI EN 12390-1:2012 - UNI EN 12390-7:2019 - UNI EN 12390-3:2019 - UNI EN 12504-1:2019

Data ricevimento provini: 15/06/2023

Data di Accettazione: 15/06/2023

Data di prova: 16/06/2023

Consegna dei provini in Laboratorio:

a cura di P&P LMC srl

Prelievo dei campioni in opera:

a cura di P&P LMC srl

Provino N.	Contrassegno/Identificazione	Data Prelievo	Verbale di Prelievo	Opera / Parte d'opera	Spianatura Provini (*)	Dimensioni [mm]		Massa Volumica [kg/m ³]	Resistenza a Compressione [MPa]	Tipo di rottura (**)
						Ø	h			
1	CA-S-01	12/06/23	-	SETTO	SI	74	75	2300	29,6	S
2	CA-P-11	12/06/23	-	PILASTRO	SI	74	73	2140	25,2	S
3						-	-	-	-	
4						-	-	-	-	
						-	-	-	-	
						-	-	-	-	
						-	-	-	-	
						-	-	-	-	

(*) Spianatura Provini: SI = effettuata; NO = provino conforme alla norma di riferimento - (**) Tipo di rottura: S = soddisfacente; A÷K = non soddisfacente (UNI EN 12390-3, fig. 4)

Rilievo di armature nei provini (se applicabile):

Prov. N.	-	Ø armatura (mm)	-	Direzione dell'armatura rispetto all'asse della carota:	-
Prov. N.	-	Ø armatura (mm)	-	Direzione dell'armatura rispetto all'asse della carota:	-
Prov. N.	-	Ø armatura (mm)	-	Direzione dell'armatura rispetto all'asse della carota:	-
Prov. N.	-	Ø armatura (mm)	-	Direzione dell'armatura rispetto all'asse della carota:	-

Rilievo di fessure e nidi di ghiaia (se applicabile):

Prov. N.	-	Nidi di ghiaia/segregazione:	-	Fessure:	-
Prov. N.	-	Nidi di ghiaia/segregazione:	-	Fessure:	-
Prov. N.	-	Nidi di ghiaia/segregazione:	-	Fessure:	-
Prov. N.	-	Nidi di ghiaia/segregazione:	-	Fessure:	-

Note: CIG 985218369B - CUP FE35E22000030001

Seriate, li
21/06/2023

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
(Belotti Ing. Ivan)I risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente all'oggetto provato.
Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio.

P&P LMC
Aut. Min.
L. 1086/71 Art. 20
DPR 380/01 Art. 59
ORIGINALE

Laboratorio Prove Materiali

Pag. 1 di 1

Rapporto di Prova N.
RdP/23/0905/FE-02

Autorizzazione

Decreto Ministeriale n. 0000012

Art. 20 - Legge 5-11-71 n. 1086

Art. 59 - D.P.R. 06-06-01 n. 380

Il presente Rapporto di Prova non costituisce certificato utile ai fini della procedura prevista dalla legge 1086/71.

PROVE DI TRAZIONE E PIEGAMENTO
su barre d'armatura

Intestatorio del Certificato:

COMUNE DI VERDELLO - VIA CAVOUR, 23/A - VERDELLO (BG)

Richiesta Lettera del 12/06/2023 Accettazione N.: 0905

Oggetto: N. 2 spezzoni di barre d'armatura per calcestruzzo armato Tipo di Acciaio: N.D.

Descr.	Ø (mm):	Tipo:	Sigla:	Data prelievo:	Ø (mm):	Tipo:	Sigla:	Data prelievo:
barre:	12	Nervato	ARM-S-01	-	-	-	-	-
	16	Nervato	ARM-P-11	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-

Luogo del prelievo: SCUOLA MEDIA IN VIA PAPA GIOVANNI XXIII, 46 - 24049 VERDELLO (BG)

Commessa: 004_23_GC

Opera: -

Committente dell'opera: COMUNE DI VERDELLO - VIA CAVOUR, 23/A - VERDELLO (BG)

Impresa Costruz.: -

Denuncia C.A.: -

Direttore Lavori: - - Richiesta prove firmata dal D.L.: NO

Norme di riferimento: NTC2018 - UNI EN 15630-1:2019

Data ricevimento provini: 15/06/2023 Data di Accettazione: 15/06/2023 Data di prova: 20/06/2023

Prelievo dei campioni in opera: a cura di P&P LMC srl

BARRA		PROVA DI TRAZIONE						PIEGAMENTO		Area Relativa di Nervatura [f]
Ø [mm]	Sigla Id.	Sezione Eff. [mm ²]	Massa Lineica [kg/m]	Tensione di Snervamento f _y [MPa]	Tensione di Rottura f _t [MPa]	f _t /f _y	Allung. Agt [%]	Ø mandrino [mm]	Esito	
12	ARM-S-01	114,52	0,899	573,2	652,5	1,14	9,1	-	-	-
16	ARM-P-11	203,29	1,596	471,2	718,2	1,52	6,6	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Note: CIG 985218369B - CUP FE35E22000030001

Seriate, li
21/06/2023

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio
(Belotti Ing. Ivan)I risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente all'oggetto provato.
Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio.
P&P LMC
 Aut. Min.
 L. 1086/71 Art. 20
 DPR 380/01 Art. 59
ORIGINALE

DATI IDENTIFICATIVI DELLA PROVA

Committente **Comune di Verdello**
Oggetto **Scuola secondaria di I Grado sita in Verdello**
Tipologia struttura **Muratura in mattoni pieni e corsi di malta**
Ubicazione prova **Piano interrato**
N. prova **MP-PA-20**
Data prova **14/06/2023**

CARATTERISTICHE DEL MARTINETTO PIATTO IMPIEGATO

Tipo **SEMICIRCOLARE**
Area [Am] cm² **778**
Dimensioni mm **350*85(+175)*3,5**
Coeff. di taratura [Km] **0.86** (nel range di pressione d'interesse)

DATI IDENTIFICATIVI DELL'AREA DI PROVA

Numero basi primarie ⁽¹⁾ n **3**
Lungh. basi primarie mm **220**
Superficie del taglio [At] cm² **811**
Coefficiente di forma [Ka] ⁽²⁾ **0.96**
Coeff. di correzione di pressione [Kp](3) **0.83**

MATERIALE INVESTIGATO

Muratura in mattoni pieni e corsi di malta

**STATO TENSIONALE
COMPRESSIONE**

PRESSIONE DI
COMPENSAZIONE

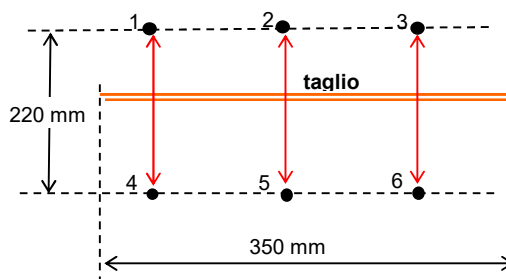
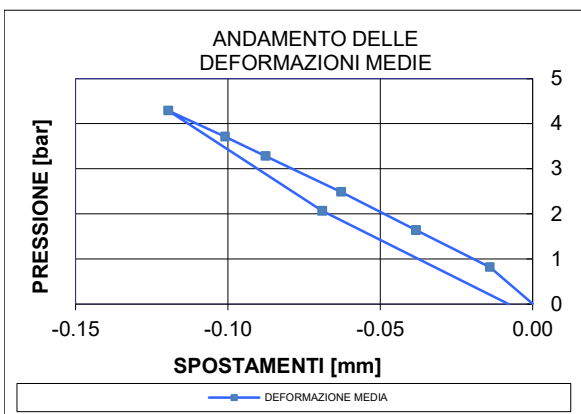
[bar]

4.3

SPOSTAMENTO (MEDIO) AL
RIPRISTINO

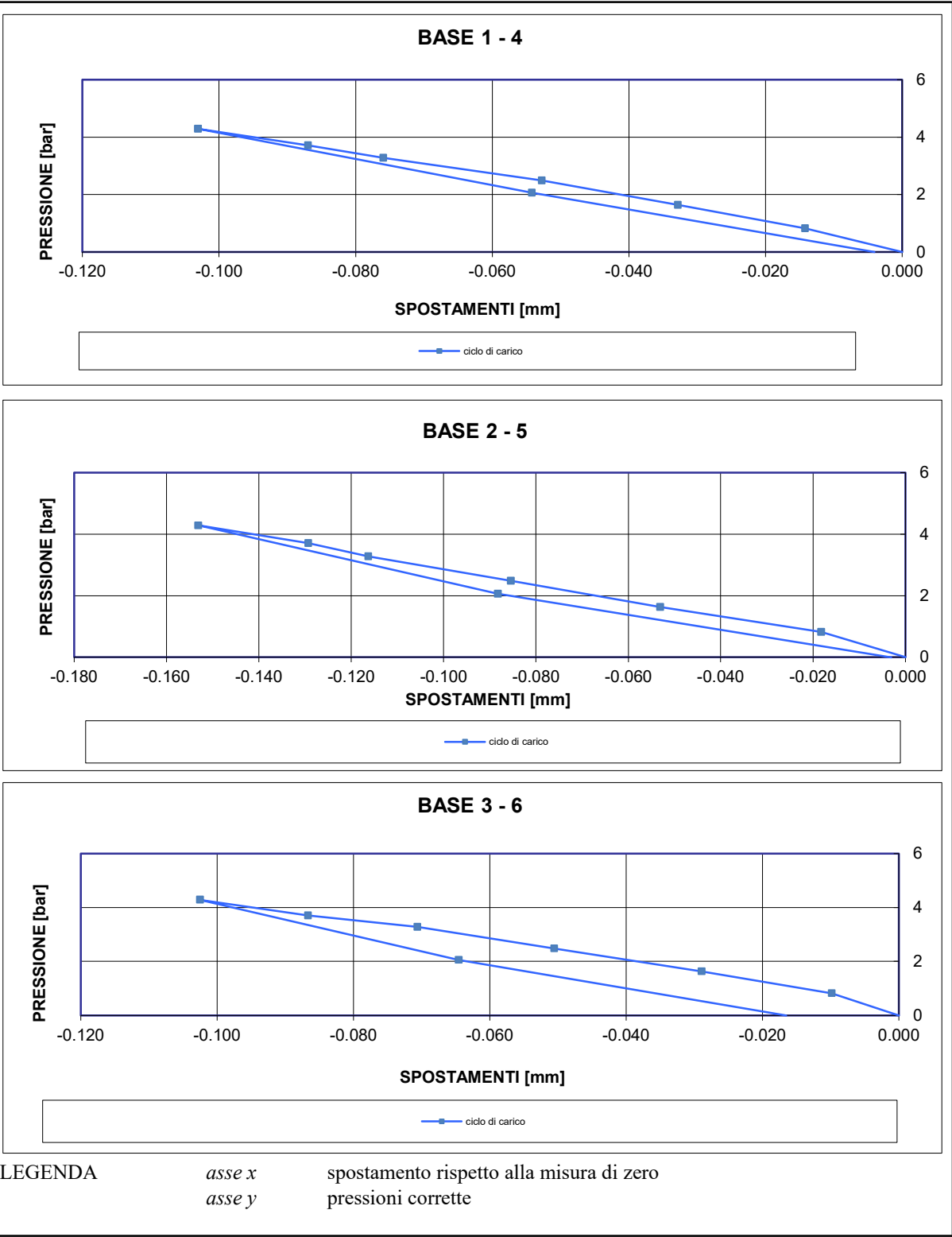
[mm]

-0.12



Prova con martinetto piatto

GRAFICI DI PROVA



NOTE		
(1)	BASI PRIMARIE	basi a cavallo del taglio
(2)	COEFFICIENTE DI FORMA	$K_a = A_m / A_t$
(3)	COEFFICIENTE DI CORREZIONE DELLA PRESSIONE	$K_p = K_a * K_m$

Prova con martinetto piatto

TABELLA DEI DATI DI PROVA

PRESSIONE [bar]		BASE 1-4 [mm]	BASE 2-5 [mm]	BASE 3-6 [mm]	Tempo [min]
lettura	corretta	Δl	Δl	Δl	
PT					
AT		-0.14	-0.12	-0.10	
0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0
1.0	0.8	-0.01	-0.02	-0.01	0.7
2.0	1.6	-0.03	-0.05	-0.03	1.7
3.0	2.5	-0.05	-0.09	-0.05	2.8
4.0	3.3	-0.08	-0.12	-0.07	3.4
4.5	3.7	-0.09	-0.13	-0.09	3.9
5.2	4.3	-0.10	-0.15	-0.10	4.7
2.5	2.1	-0.05	-0.09	-0.06	6.4
0.0	0.0	0.00	0.00	-0.02	8.1
0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0

NOTE:

Il Δl riportato per la condizione AT quantifica la "chiusura" dopo l'esecuzione del taglio (spostamento da conseguire a ripristino).
Il Δl riportato per le diverse fasi del ciclo di carico e scarico quantifica le variazioni di distanza tra i lembi del taglio conseguenti alle pressioni applicate.

SIGLE:

PT : prima del taglio
AT : assestamento dopo il taglio

**Prove di compressione monoassiale in sito
DOPPIO MARTINETTO PIATTO****Elaborazioni***Procedura Tecnica di riferimento : PT002/MP***DATI IDENTIFICATIVI DELLA PROVA**

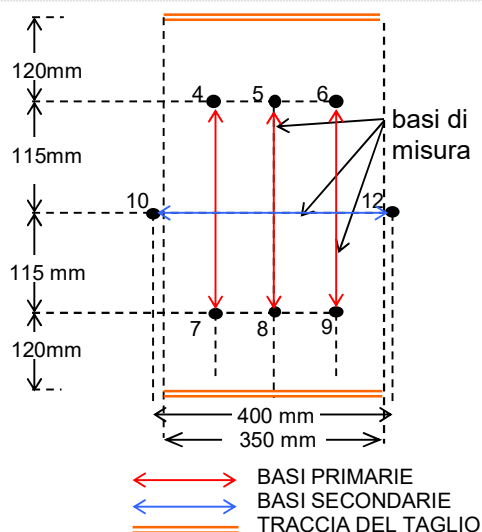
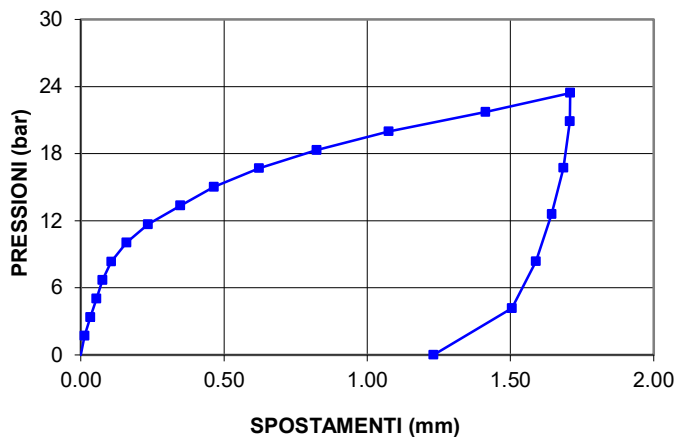
Committente	Comune di Verdello
Oggetto	Scuola secondaria di I Grado sita in Verdello
Tipologia struttura	Muratura in mattoni pieni e corsi di malta
Ubicazione prova	Piano interrato
N. prova	MP-PA-20
Data prova	14/06/2023

CARATTERISTICHE DEL MARTINETTO PIATTO IMPIEGATO

Tipo	SEMICIRCOLARE		
Area [Am]	cm ²	778	
Dimensioni	mm	350*85(+175)*3,5	
Coeff. di taratura [Km]		0.87	(nel range di pressione d'interesse)

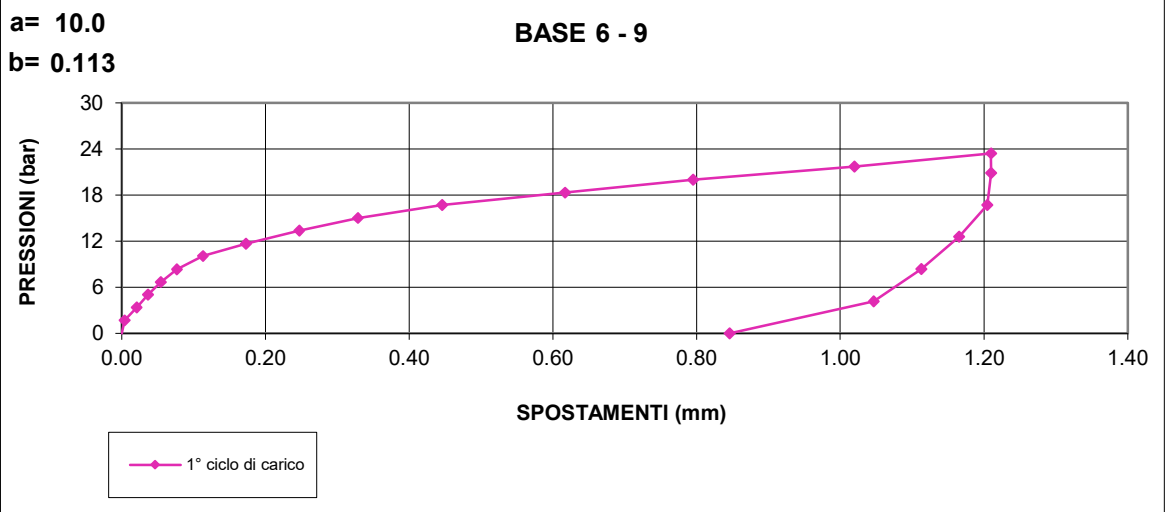
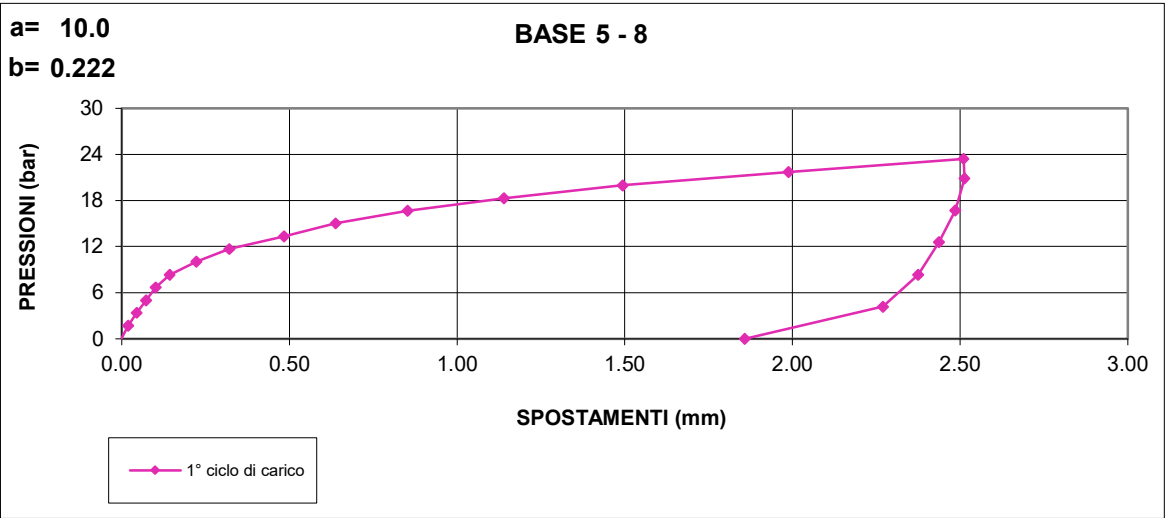
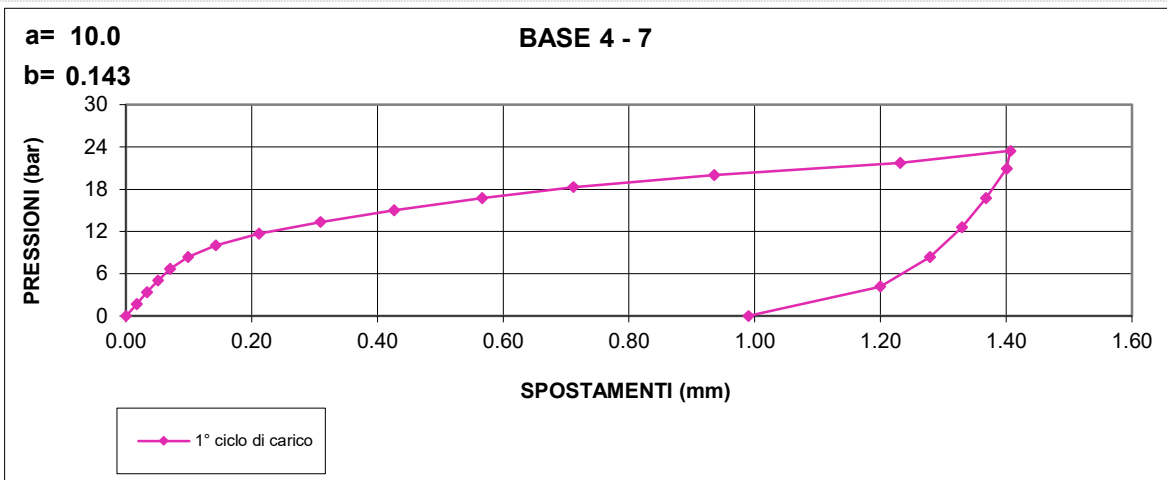
DATI IDENTIFICATIVI DELL'AREA DI PROVA

Numero basi primarie (1)	n	3
Lungh. basi primarie	mm	230
Numero basi secondarie (2)	n	1
Lungh. basi secondarie	mm	400
Superficie del taglio [At]	cm ²	811
Coefficiente di forma [Ka] (3)		0.96
Coeff. di correzione di pressione [Kp](4)		0.83

MATERIALE INVESTIGATO**Muratura in mattoni pieni e corsi di malta****DEFORMAZIONE MEDIA DELLE BASI PRIMARIE****MODULO DI
ELASTICITA'****[MPa]****1684****COEFFICIENTE
DI POISSON** **ν** **0.16**

Prova con doppio martinetto piatto

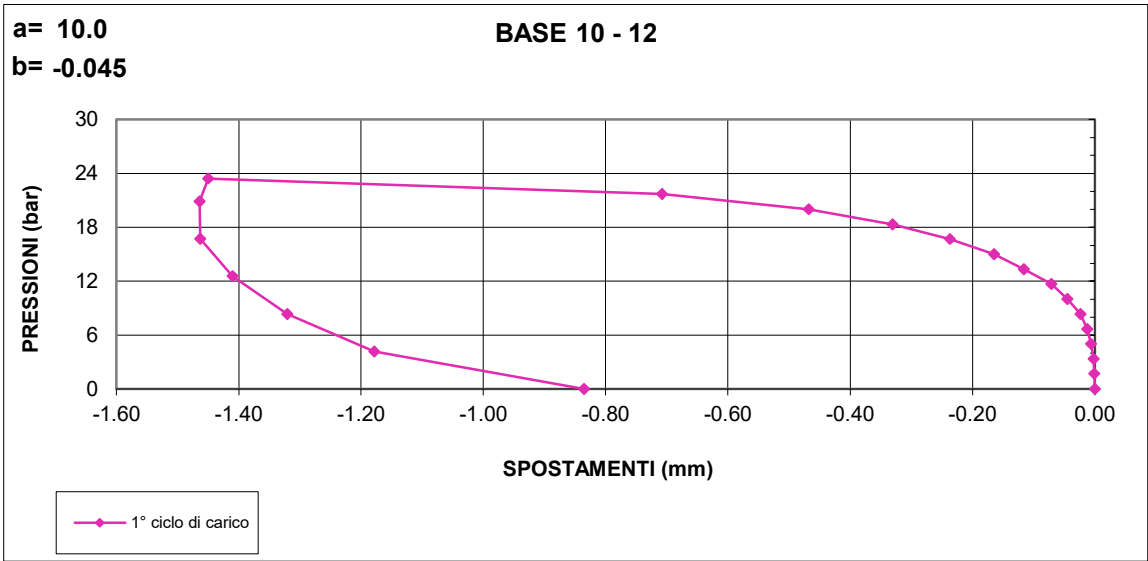
GRAFICI DI PROVA (I) - BASI PRIMARIE



LEGENDA	asse x	spostamento rispetto alla misura di zero
	asse y	pressioni corrette
	a	pressione di snervamento riferita all'ultimo ciclo
	b	spostamento relativo a snervamento riferito all'ultimo ciclo

Prova con doppio martinetto piatto

GRAFICI DI PROVA (II) - BASI SECONDARIE



NOTE

- | | | |
|-----|--|------------------------------|
| (1) | BASI PRIMARIE | basi ortogonali ai tagli (E) |
| (2) | BASI SECONDARIE | basi parallele ai tagli (v) |
| (3) | COEFFICIENTE DI FORMA | $K_a = A_m / A_t$ |
| (4) | COEFFICIENTE DI CORREZIONE DELLA PRESSIONE | $K_p = K_a * K_m$ |

LEGENDA	asse x	spostamento rispetto alla misura di zero
	asse y	pressioni corrette
	a	pressione di snervamento riferita all'ultimo ciclo
	b	spostamento relativo a snervamento riferito all'ultimo ciclo

Prova con doppio martinetto piatto

TABELLA DEI DATI DI PROVA

PRESSIONE (bar)		BASE 4-7 (mm)		BASE 5-8 (mm)		BASE 6-9 (mm)		BASE 10-12 (mm)	
lettura	corretta	lettura	Δ l	lettura	Δ l	lettura	Δ l	lettura	Δ l
0	0.0		0.00		0.00		0.00		0.00
2	1.7		0.02		0.02		0.00		0.00
4	3.4		0.03		0.04		0.02		0.00
6	5.0		0.05		0.07		0.04		-0.01
8	6.7		0.07		0.10		0.05		-0.01
10	8.3		0.10		0.14		0.08		-0.02
12	10.0		0.14		0.22		0.11		-0.04
14	11.7		0.21		0.32		0.17		-0.07
16	13.4		0.31		0.48		0.25		-0.12
18	15.0		0.43		0.64		0.33		-0.16
20	16.7		0.57		0.85		0.45		-0.24
22	18.3		0.71		1.14		0.62		-0.33
24	20.0		0.94		1.49		0.80		-0.47
26	21.7		1.23		1.99		1.02		-0.71
28	23.4		1.41		2.51		1.21		-1.45
25	20.9		1.40		2.51		1.21		-1.46
20	16.7		1.37		2.49		1.20		-1.46
15	12.6		1.33		2.44		1.17		-1.41
10	8.4		1.28		2.37		1.11		-1.32
5	4.2		1.20		2.27		1.05		-1.18
0	0.0		0.99		1.86		0.85		-0.84

Prova con doppio martinetto piatto

TABELLA RIASSUNTIVA CON I PUNTI DI SNERVAMENTO STIMATI PER OGNI BASE DI MISURA

	a (pressione corretta di snervamento in bar)	b (spostamento relativo a snervamento in mm)
BASE 4-7	$\Delta P_{(4-7)} = 10.0$	$\Delta l_{(4-7)} = 0.14$
BASE 5-8	$\Delta P_{(5-8)} = 10.0$	$\Delta l_{(5-8)} = 0.22$
BASE 6-9	$\Delta P_{(6-9)} = 10.0$	$\Delta l_{(6-9)} = 0.11$
BASE 10-12	$\Delta P_{(10-12)} = 10.0$	$\Delta l_{(10-12)} = -0.04$

Formule utilizzate per il calcolo dei moduli E e ν , considerando la sola fase di carico a comportamento elastico (fino al punto di snervamento):

$$E = (1 + \nu) l_o (\Delta P / \Delta l) \quad \text{con}$$
$$\nu = \epsilon_p \text{ medio} / \epsilon_o \text{ medio} \quad (\text{cfr. pagina seguente})$$

l_o = lunghezza standard di ciascuna base primaria di misura a 0 bar di pressione

$l'o$ = lunghezza standard della base secondaria di misura a 0 bar di pressione

ΔP = media degli incrementi di pressione misurati al punto di snervamento per ognuna delle tre basi ortogonali ai tagli (vedi tabella precedente)

Δl = media degli incrementi di lunghezza misurati al punto di snervamento per ognuna delle tre basi ortogonali ai tagli (vedi tabella precedente)

Prova con doppio martinetto piatto

TABELLA RIASSUNTIVA CON LE DEFORMAZIONI UTILIZZATE PER IL CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI POISSON

$\varepsilon_{p(10-12)} = \Delta l_{(10-12)} / L_{(10-12)}$	= -0.011%
$\varepsilon_{p \text{ medio}} = [\varepsilon_{p(10-12)}]$	= -0.011%
<hr/>	
$\varepsilon_{o(4-7)} = -\Delta l_{(4-7)} / L_{(4-7)}$	= -0.062%
$\varepsilon_{o(5-8)} = -\Delta l_{(5-8)} / L_{(5-8)}$	= -0.097%
$\varepsilon_{o(6-9)} = -\Delta l_{(6-9)} / L_{(6-9)}$	= -0.049%
$\varepsilon_{o \text{ medio}} = [\varepsilon_{o(4-7)} + \varepsilon_{o(5-8)} + \varepsilon_{o(6-9)}] / 3$	= -0.069%

$\varepsilon_{p(10-12)}$	deformazione parallela alle tracce dei due tagli, in percentuale; tra parentesi è indicata la base di riferimento
$\varepsilon_{p \text{ medio}}$	deformazione media parallela alle tracce dei due tagli, in percentuale
$\varepsilon_{o(4-7)}$	deformazione ortogonale alle tracce dei due tagli, in percentuale; tra parentesi è indicata la base di riferimento
$\varepsilon_{o \text{ medio}}$	deformazione media ortogonale alle tracce dei due tagli, in percentuale

N.B.: Le deformazioni sono state calcolate considerando la fase di carico di ciascuna base, fino al relativo punto di snervamento