

PROVINCIA DI TERNI

COMUNE DI TERNI

**ADEGUAMENTO SISMICO DELL'EDIFICIO SCOLASTICO
ELEMENTARE G. CARDUCCI**

PROGETTO ESECUTIVO



ABACO SOC. COOPERATIVA DI RICERCA E PROGETTI

Viale Guglielmo Marconi, 2 Spoleto
Tel. 0743 222755 Fax 0743 222527 e-mail: info@studioabaco.com pec: abaco.coop@pec.it

Arch. E. Bacchettini

Arch. G. Cittadoni

Arch. L. Elisei

Arch. M. Orazi



ALL. 9

PROGETTO

RAPPORTO INDAGINI SULLE STRUTTURE

Data:
OTT. 2016

RAPPORTO INDAGINI SULLE STRUTTURE

Allegati:

- Rapporto d'indagine: saggi visivi
- RELAZIONE 10846-RO2PA/16_Rev.0 DEL 21/09/2016)

Proprietà dei materiali e definizione dei livelli di conoscenza

Al fine di determinare le caratteristiche meccaniche della muratura e degli elementi in c.a, sono stati eseguiti esami visivi e prove , che hanno permesso di individuare le tipologie dei materiali esistenti; al fine di raggiungere un livello di conoscenza **LC2** (F.C. =1.20) per quanto riguarda le murature sono state eseguite, secondo le indicazioni presenti all'appendice C8A tabella C8A.1.1, le seguenti prove (come da allegati Rapporto d'indagine: saggi visivi e RELAZIONE 10846-RO2PA/16 Rev.0 DEL 21/09/2016):

- N. 7 esami visivi , previa rimozione di una zona di intonaco di almeno 1x1m, al fine di individuare forma, dimensione dei blocchi e ammorsatura tra le pareti murarie;
- N. 2 prelievi di campioni di malta, per valutarne la compattezza, in corrispondenza di ciascuna tipologia muraria;
- N. 12 videoendoscopie passanti sulle murature;
- N.2 prove con martinetti piatti e doppi, una per ogni tipologia muraria;

Per quanto riguarda i solai e gli elementi in c.a. le prove eseguite, di seguito elencate, hanno permesso di raggiungere un livello di conoscenza **LC1** (F.C. =1.35) :

- N.4 ispezioni visive del solaio, eseguite sia all'intradosso che all'estradosso;
- N.2 ispezioni visive della copertura;
- N. 1 videoendoscopia passante sul solaio;
- N. 10 indagini magnetometriche;
- N. 2 scavi in fondazione.

La struttura presenta a tutti i livelli paramenti costituiti da pietra a spacco con presenza di listature in doppia fila di mattoni ogni metro di altezza; solamente due setti divisorii del vano scala ai piani rialzato e primo sono costituiti da mattoni pieni, come anche gli archi presenti al piano di sottotetto e tutti i sottofinestra. Per tali murature si assumono i valori di riferimento dei parametri meccanici indicati nella Tabella C8A.2.1.

Nel caso specifico si riportano i valori meccanici di riferimento da applicare per le murature esaminate:

Muratura in pietra a spacco	Muratura in mattoni pieni e malta di calce
$f_m = 320 \text{ N/cm}^2$ $\tau_o = 6,5 \text{ N/cm}^2$ $E = 1740 \text{ N/mm}^2$ $G = 580 \text{ N/mm}^2$ $w = 21 \text{ kN/m}^3$	$f_m = 320 \text{ N/cm}^2$ $\tau_o = 7,6 \text{ N/cm}^2$ $E = 1500 \text{ N/mm}^2$ $G = 500 \text{ N/mm}^2$ $w = 18 \text{ kN/m}^3$

In tabella C8A.2.2 dell'appendice C8A della Circolare si definiscono i coefficienti migliorativi nel caso in cui la muratura presenti caratteristiche migliori rispetto alle condizioni descritte in precedenza, come anche il coefficiente utilizzato per la murature in pietra spacco che presenta listature in mattoni ad interasse regolare di un metro.

Tabella C8A.2.2 - Coefficienti correttivi dei parametri meccanici (indicati in Tabella C8A.2.1) da applicarsi in presenza di: malta di caratteristiche buone o ottime; giunti sottili; ricorsi o listature; sistematiche connessioni trasversali; nucleo interno particolarmente scadente e/o ampio; consolidamento con iniezioni di malta; consolidamento con intonaco armato.

Tipologia di muratura	Malta buona	Giunti sottili (<10 m)	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Nucleo scadente e/o ampio	Iniezione di miscele leganti	Intonaco armato*
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	-	1,3	1,5	0,9	2	2,5
Muratura a conci sbazzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	1,4	1,2	1,2	1,5	0,8	1,7	2
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	-	1,1	1,3	0,8	1,5	1,5
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,5	1,5	-	1,5	0,9	1,7	2
Muratura a blocchi lapidei squadriati	1,2	1,2	-	1,2	0,7	1,2	1,2
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	1,5	1,5	-	1,3	0,7	1,5	1,5

* Valori da ridurre convenientemente nel caso di pareti di notevole spessore (p.es. > 70 cm).

I valori delle caratteristiche meccaniche e di resistenza utilizzati nelle analisi sono stati valutati come segue:

$$resistenze: f_d = (f_{min} / (FC / \gamma_m))$$

$$moduli: E_d = E_{med}$$

dove il coefficiente di sicurezza sui materiali γ_m è assunto pari a 2.

Inoltre, la normativa (§7.8.1.5.2) prescrive anche di utilizzare nella modellazione valori dei moduli elastici e di taglio valutati tenendo conto delle rigidità fessurate, opportunamente valutate in funzione del tipo di intervento cui sono soggette le murature.

Muratura esistente senza intervento → $\%k_{elast} (rigid. fess.) = 50 \%$

Strisce e sottofinestra degli allineamenti interni rinforzate a taglio → $\%k_{elast} (rigid. fess.) = 70 \%$

Muratura esistente (prospetti e allineamenti interni) con intervento → $\%k_{elast} (rigid. fess.) = 80 \%$

3. Dati MATERIALI

N°	Tipologia materiale	Descrizione [parametri meccanici: N/mm²]	Mat. nuovo	Tipologia muratura	E	G	f _m
1 1	Conglomerato Cementizio Armato	Elevazione C25/30			31220	14191	41.00
3	3) Muratura	M1 e listature		3) Pietre a spacco, buona tessitura	1740	580	3.20
6 1	Conglomerato Cementizio Armato	Fondazione C20/25			28500	12955	36.00
7	3) Muratura	M2		6) Mattoni pieni, malta di calce	1500	500	3.20

N°	f _k	f _{vm0} (mur.nuova) / tau0 (mur.esistente)	f _{vk0}	f _{tm}	f _{hm}	f _{hk}	f _{bk}	f'bk	Malta: f _m	Duttilità (du/de)	Coeff. attrito	Coeff. dilataz. termica (°^-1)	Peso sp. (kN/m³)	Coeff. corr.: Malta buona
1	33.00	0.000	0.000	0.000	20.50	16.50	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.000010	25.00	1.00
3	2.24	0.065	0.046	0.320	1.60	1.12	0.00	0.00	0.0	1.50	0.40	0.000010	21.00	1.30
6	28.00	0.000	0.000	0.000	18.00	14.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.000010	25.00	1.00
7	2.24	0.076	0.053	0.320	1.60	1.12	0.00	0.00	0.0	1.50	0.40	0.000010	18.00	1.50

N°	Giunti sottili	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Nucleo scadente	Iniezioni di miscele	Intonaco armato	E giunto	G giunto	f _m giunto	f _{tm} giunto
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0	0	0.00	0.000
3	1.00	1.10	1.30	0.80	1.50	1.50	0	0	0.00	0.000
6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0	0	0.00	0.000
7	1.50	1.00	1.30	0.70	1.50	1.50	0	0	0.00	0.000

PROVINCIA DI TERNI

COMUNE DI TERNI

OGGETTO: PROGETTO ADEGUAMENTO SISMICO DELLA
“SCUOLA ELEMENTARE CARDUCCI”

RAPPORTO D’INDAGINE:
SAGGI VISIVI

INTRODUZIONE

Nel presente rapporto vengono illustrati i risultati delle indagini strutturali eseguite sulla Scuola elementare Carducci, sita nel comune di Terni

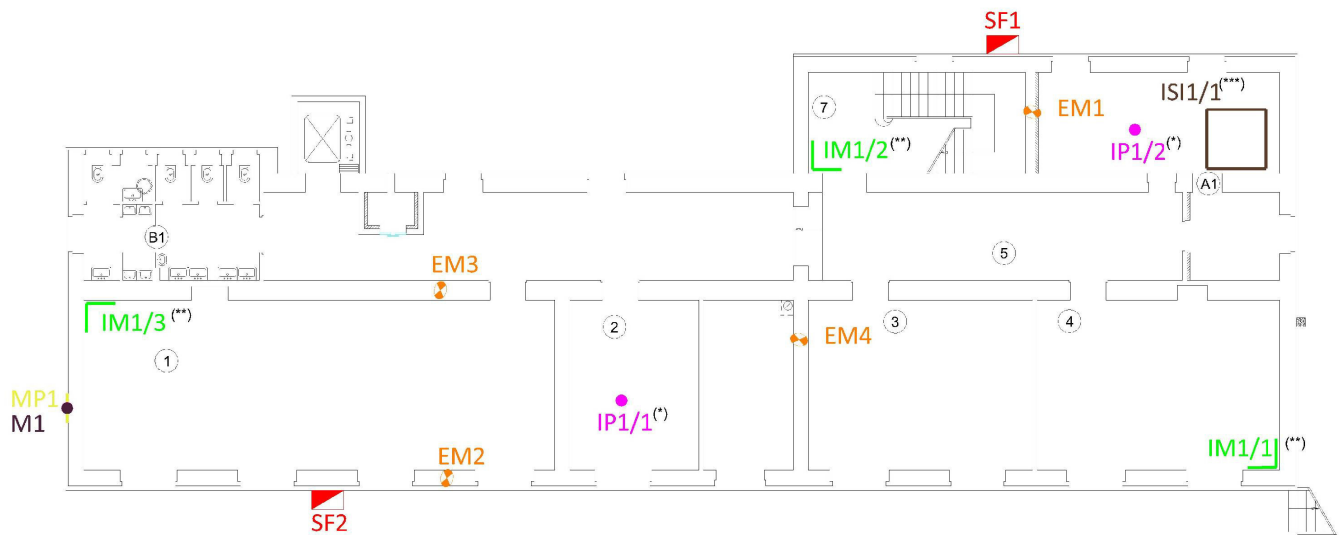
La scuola è composta da un unico corpo di fabbrica, con sviluppo longitudinale parallelo a via del Pellicano. L'edificio è realizzato principalmente in muratura in pietra spacco con malta buona e listature, generalmente ad unico paramento.

L'indagine è stata sviluppata eseguendo:

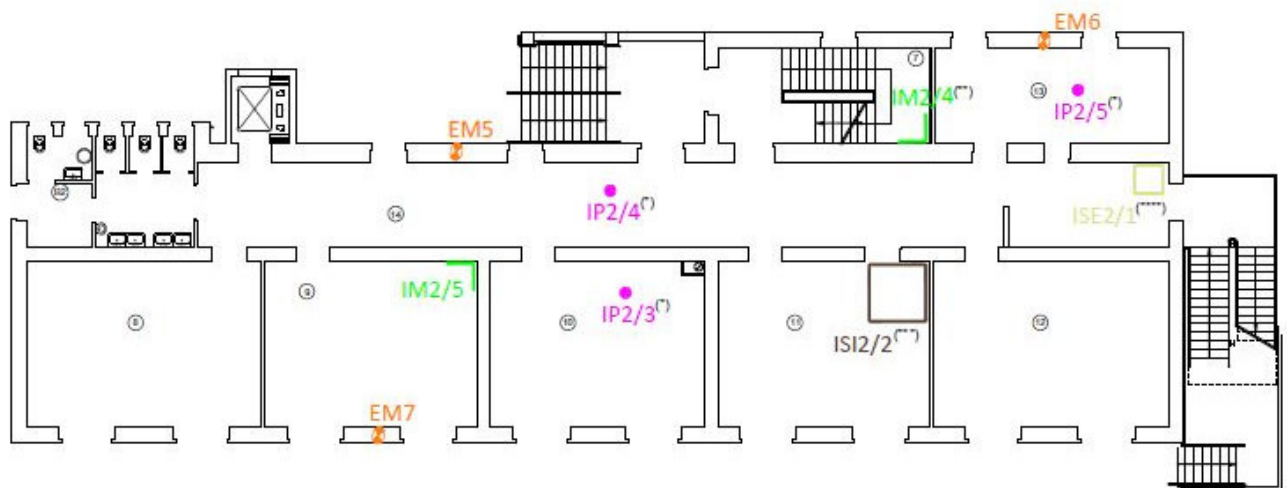
- n. 7 ispezioni visive per la verifica dei dettagli costruttivi dell'apparecchiatura muraria (tessitura muraria ed ammorsamento);
- n. 4 ispezioni visive dei solai;
- n. 2 ispezioni visive della copertura;
- n. 2 scavi di fondazione.

LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

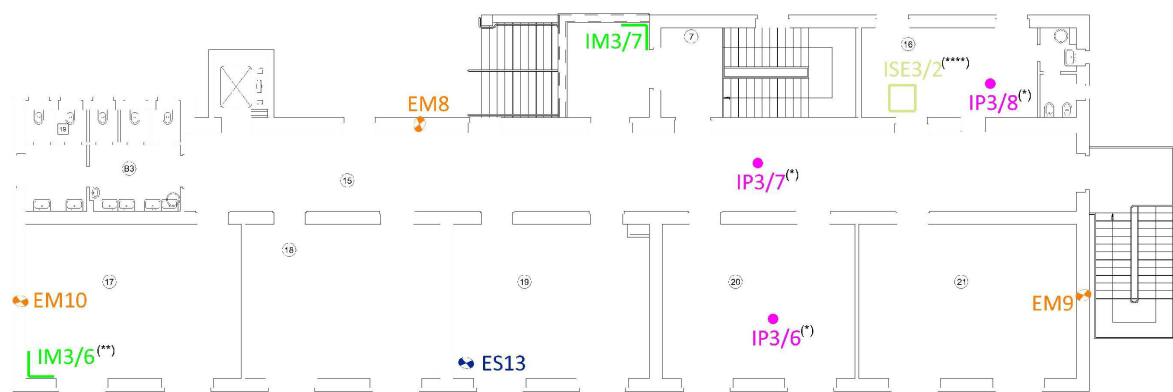
Pianta piano seminterrato



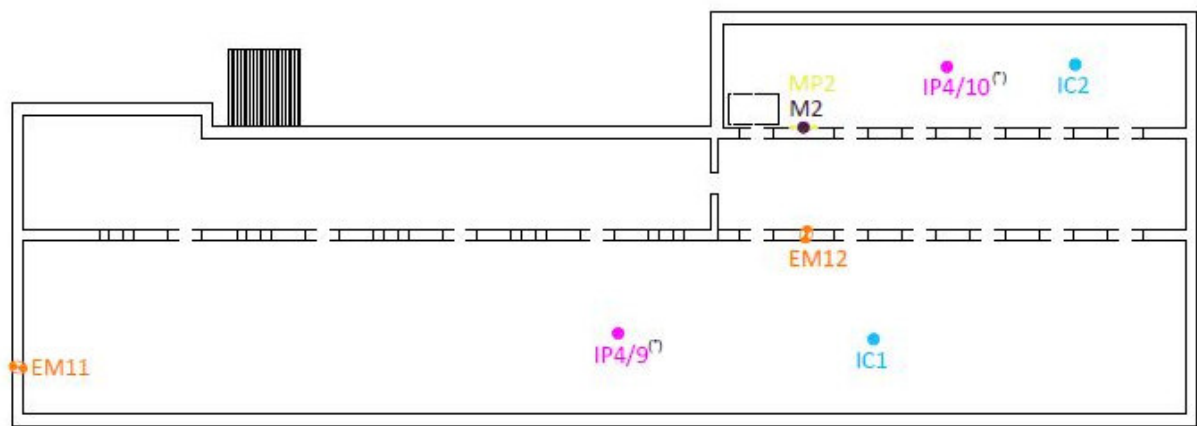
Pianta piano rialzato



Pianta piano primo



Pianta piano sottotetto



INDAGINI ESEGUITE

1. Ispezioni visiva su muratura (Codice: IM)

L'ispezione visiva è stata eseguita su parti a vista della struttura e su quelle intonacate o rivestite, dove è stato prima rimosso lo strato superficiale di rivestimento per un'area di circa 1x1 m.

Quest'indagine poco invasiva ha consentito di reperire molteplici informazioni in merito ai paramenti murari. Nello specifico ha permesso di raccogliere dati in merito:

- gli elementi costitutivi della muratura: tipo di materiale, lavorazione, dimensioni e stato di conservazione;
- la composizione (calce, sabbia, cemento, ecc.), lo stato di conservazione e la funzione della malta. L'elemento legante può avere funzione di allettamento o di riempimento a seconda se sia stato impiegato per una muratura a ricorsi (funzione di allettamento) o per una muratura a sacco (funzione di riempimento);
- la tessitura (ordinata, disordinata o continua) e la posa in opera degli elementi resistenti e l'individuazione di eventuali singolarità quali zeppe o scaglie in pietra e laterizio;
- la sezione trasversale dell'apparecchio murario, variabile a seconda della grandezza degli elementi posti in opera. Nel caso di elementi di grandi dimensioni si può essere in presenza di un paramento unico, mentre ci si troverà in presenza di due paramenti accostati in caso di elementi di dimensioni più ridotte. In caso di muratura a sacco, invece, si risconteranno due paramenti esterni di rivestimento e materiale di riempimento interno di vario tipo e dimensione con la presenza di cavità e minima presenza di calce;
- la presenza di ammorsamenti tra le pareti murarie, una soluzione impiegata per conferire un comportamento scatolare alla struttura;
- la composizione e lo stato di conservazione dell'intonaco di rivestimento. (A tal proposito nella casella "spessore intonaco", la scrittura x-y cm va interpretata come x cm di spessore nella parte frontale e y cm nella parte retrostante).

2. Ispezione visiva sui solai intradosso (Codice: ISI)

L'ispezione visiva dei solai è un'indagine molto importante sia per il riconoscimento della tipologia di orizzontamento, sia dell'orditura e dello spessore dei vari elementi per poter così effettuare una precisa e dettagliata analisi dei carichi. Per poter procedere all'esecuzione dell'indagine è stato necessario prima di tutto provvedere alla rimozione di intonaco, all'intradosso del solaio, per **un'area tale da consentire l'individuazione di almeno due travetti successivi.** Successivamente è stato **demolito parte del laterizio costituente i travetti** in modo da mettere in luce l'armatura in acciaio per verificarne il diametro e l'effettivo stato di conservazione.

3. Ispezione visiva sui solai estradosso (Codice: ISE)

L'ispezione del solaio all'estradosso ha permesso di definire in maniera precisa il pacchetto di finitura e evidenziato l'assenza di una soletta armata. In una prima fase è stata rimossa la pavimentazione per una superficie di **circa 0,5mx0,5m** ed, in infine osservata, misurata e documentata fotograficamente la stratigrafia del pacchetto solaio.

4. Ispezione visiva coperture (Codice: IC)

L'ispezione visiva della copertura ha permesso di definire la tipologia del solaio. Per controllare l'effettivo stato delle armature e i loro diametri, è stato necessario demolire parte del laterizio, fino ad arrivare ad individuare l'armatura esistente.

5. Saggio in fondazione (Codice: SF)

I saggi in fondazione sono indagini molto importanti per la caratterizzazione della struttura. Sono stati eseguiti in varie zone dell'edificio, al fine di garantire un' ispezione completa delle fondazioni del fabbricato. L'indagine è stata condotta demolendo la pavimentazione, ove presente, ed eseguendo uno scavo a mano nella zona d'interesse di circa 1 m³, sino ad individuare il piano di posa della fondazione.

Edificio Scuola Carducci	PROGETTO ADEGUAMENTO SISMICO SCUOLA ELEMENTARE CARDUCCI DI TERNI			Scheda 1 15
DATA: 30/08/2016	CODICE: SF1	LIVELLO: Terra	SUP. ISP.: 1,00mx0,50m	
Descrizione: parete in conglomerato cementizio h=1,40 m; fondazione in conglomerato cementizio non armato h= 0,80 cm; affondamento del piano di posa 2,15m.				
ELEMENTO RESISTENTE		MALTA		
Materiale:	conglomerato cementizio	Tipo di malta:	/	
Lavorazione:	irregolare	Funzione:	/	
Dimensioni:	h=80cm	Spessore dei giunti:	/	
Stato di conservazione:	buono	Stato di conservazione:	/	
Posa in opera degli elementi: /		Ricorsi o listature: /	Zeppe o scaglie: /	

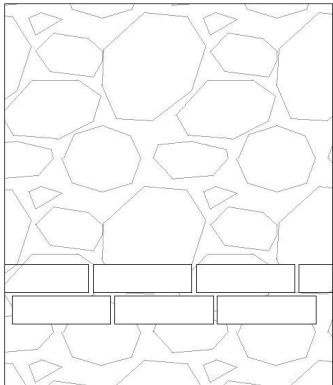
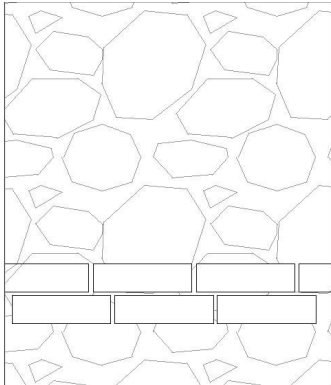




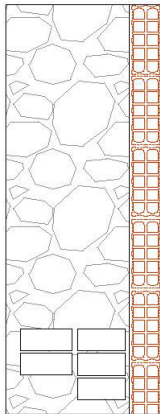
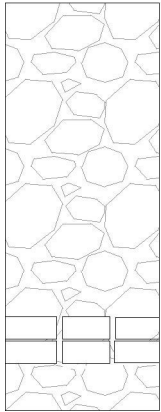
Note:

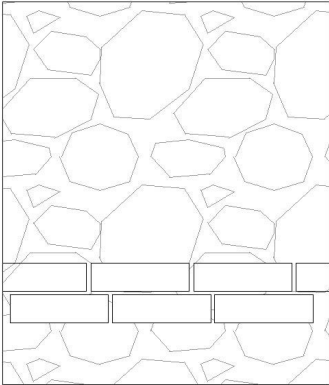
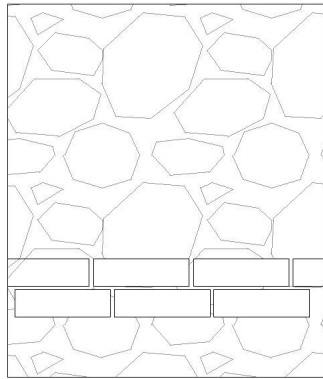


Edificio Scuola Carducci	PROGETTO ADEGUAMENTO SISMICO SCUOLA ELEMENTARE CARDUCCI DI TERNI			Scheda 2 15
DATA: 30/08/2016	CODICE: SF2	LIVELLO: Terra	SUP. ISP.: 1,00mx0,50m	
Descrizione: fondazione in conglomerato cementizio non armato h=80cm, affondamento piano di posa 145cm				
ELEMENTO RESISTENTE		MALTA		
Materiale:	conglomerato cementizio	Tipo di malta:	/	
Lavorazione:	irregolare	Funzione:	/	
Dimensioni:	h=80cm	Spessore dei giunti:	/	
Stato di conservazione:	buono	Stato di conservazione:	/	
Posa in opera degli elementi: /		Ricorsi o listature: /	Zeppe o scaglie: /	

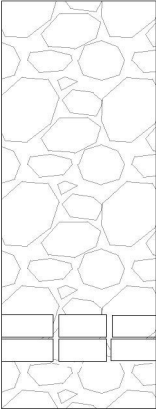
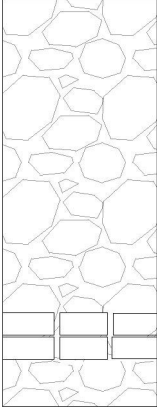



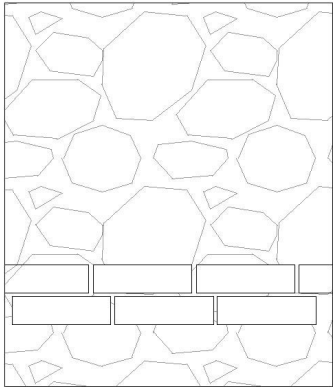
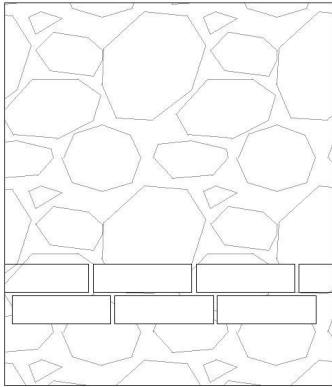


Note:

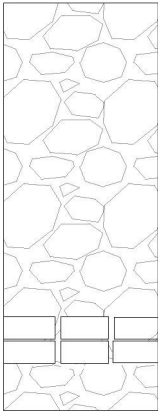
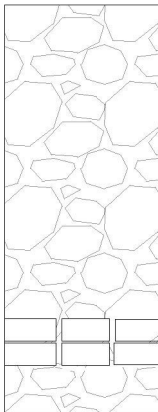

Edificio Scuola Carducci	PROGETTO ADEGUAMENTO SISMICO SCUOLA ELEMENTARE CARDUCCI DI TERNI		Scheda 3 15
DATA: 30/08/2016	CODICE: IM1/1	LIVELLO: Terra	SUP. ISP.: 1,00mx1,00m
TIPOLOGIA: Muratura in pietra spacco con fodera in laterizio		TIPOLOGIA: Muratura in pietra spacco	
ELEMENTO RESISTENTE (SX)		ELEMENTO RESISTENTE (DX)	
Materiale:	pietre calcaree naturali	Materiale:	pietre calcaree naturali
Lavorazione:	irregolari	Lavorazione:	irregolare
Dimensioni:	-	Dimensioni:	-
Stato di conservazione:	buono	Stato di conservazione:	buono
MALTA (SX)		MALTA (DX)	
Tipo di malta:	pozzolana	Tipo di malta:	pozzolana
Funzione:	allettamento	Funzione:	allettamento
Spessore dei giunti:	2-3 cm	Spessore dei giunti:	2-3 cm
Stato di conservazione:	buono	Stato di conservazione:	buono
TESSITURA DEI PARAMENTI			
Apparecchiatura e posa degli elementi: disordinata. Non sono rispettati i filari orizzontali, né lo sfalsamento dei giunti verticali, presenza di ricorsi in mattoni.			
			
			

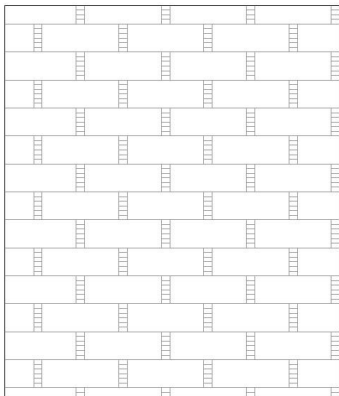
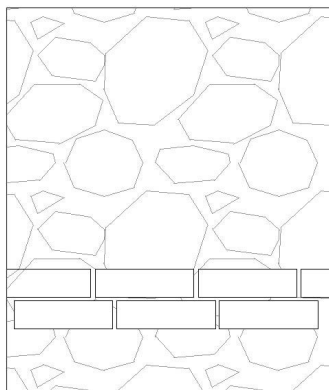


INTONACO			
Stato attuale: presente		Stato attuale: presente	
Tipo di malta: 2 cm di cemento		Tipo di malta: 2 cm di cemento	
Stato di consistenza: buono		Stato di consistenza: buono	
SEZIONE TRASVERSALE (SX)		SEZIONE TRASVERSALE (DX)	
Tipologia: singolo paramento		Tipologia: singolo paramento	
Spessore intonaco: 2 cm		Spessore intonaco: 2 cm	
Spessore giunti: 2 cm		Spessore giunti: 2-3 cm	
Spessore totale: __ cm		Spessore totale: __ cm	
Note: fodera in laterizio e ricorsi in mattoni		Note: ricorsi in mattoni	
Note: Assenza di ammorsamento tra i paramenti			


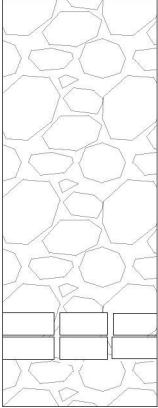

Edificio Scuola Carducci	PROGETTO ADEGUAMENTO SISMICO SCUOLA ELEMENTARE CARDUCCI DI TERNI		Scheda 4 15
DATA: 30/08/2016	CODICE: IM1/2	LIVELLO: Terra	SUP. ISP.: 1,00mx1,00m
TIPOLOGIA: Muratura in pietra spacco		TIPOLOGIA: Muratura in pietra spacco	
ELEMENTO RESISTENTE (SX)		ELEMENTO RESISTENTE (DX)	
Materiale:	pietre calcaree naturali	Materiale:	pietre calcaree naturali
Lavorazione:	irregolari	Lavorazione:	irregolare
Dimensioni:	-	Dimensioni:	-
Stato di conservazione:	buono	Stato di conservazione:	buono
MALTA (SX)		MALTA (DX)	
Tipo di malta:	pozzolana	Tipo di malta:	pozzolana
Funzione:	allettamento	Funzione:	allettamento
Spessore dei giunti:	2-3 cm	Spessore dei giunti:	2-3 cm
Stato di conservazione:	buono	Stato di conservazione:	buono
TESSITURA DEI PARAMENTI			
Apparecchiatura e posa degli elementi: disordinata. Non sono rispettati i filari orizzontali, né lo sfalsamento dei giunti verticali, presenza di ricorsi in mattoni.			
			
			

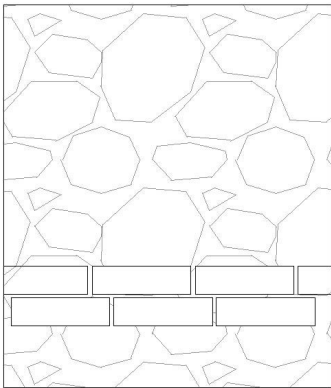
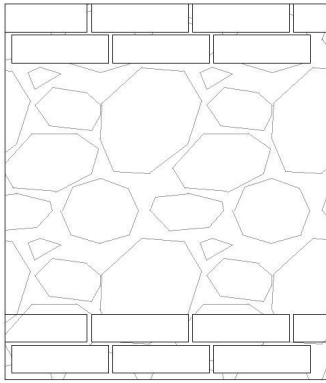


INTONACO			
Stato attuale: presente		Stato attuale: presente	
Tipo di malta: 2 cm di cemento		Tipo di malta: 2 cm di cemento	
Stato di consistenza: buono		Stato di consistenza: buono	
SEZIONE TRASVERSALE (SX)		SEZIONE TRASVERSALE (DX)	
Tipologia: singolo paramento		Tipologia: singolo paramento	
Spessore intonaco: 2 cm		Spessore intonaco: 2 cm	
Spessore giunti: 2 cm		Spessore giunti: 2-3 cm	
Spessore totale: __ cm		Spessore totale: __ cm	
Note: ricorsi in mattoni		Note: ricorsi in mattoni	
COLLEGAMENTO PARAMENTI			
			
Note: Assenza di ammorsamento tra i paramenti			

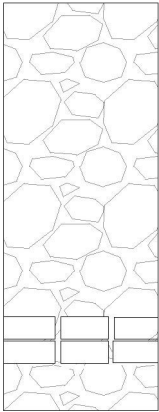
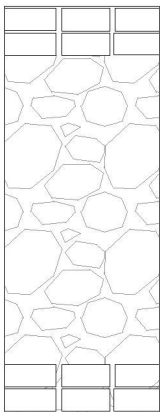

Edificio Scuola Carducci	PROGETTO ADEGUAMENTO SISMICO SCUOLA ELEMENTARE CARDUCCI DI TERNI			Scheda 5 15
DATA: 30/08/2016	CODICE: IM1/3	LIVELLO: Terra	SUP. ISP.: 1,00mx1,00m	
TIPOLOGIA: Muratura in pietra spacco		TIPOLOGIA: Muratura in pietra spacco		
ELEMENTO RESISTENTE (SX)		ELEMENTO RESISTENTE (DX)		
Materiale:	pietre calcaree naturali	Materiale:	pietre calcaree naturali	
Lavorazione:	irregolari	Lavorazione:	irregolare	
Dimensioni:	-	Dimensioni:	-	
Stato di conservazione:	buono	Stato di conservazione:	buono	
MALTA (SX)		MALTA (DX)		
Tipo di malta:	pozzolana	Tipo di malta:	pozzolana	
Funzione:	allettamento	Funzione:	allettamento	
Spessore dei giunti:	2-3 cm	Spessore dei giunti:	2-3 cm	
Stato di conservazione:	buono	Stato di conservazione:	buono	
TESSITURA DEI PARAMENTI				
Apparecchiatura e posa degli elementi: disordinata. Non sono rispettati i filari orizzontali, né lo sfalsamento dei giunti verticali, presenza di ricorsi in mattoni.				
				
				

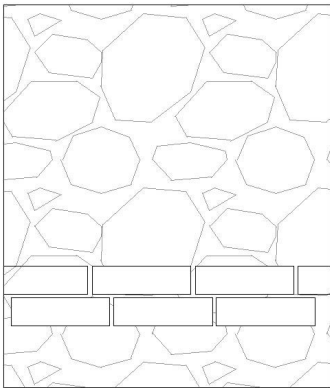
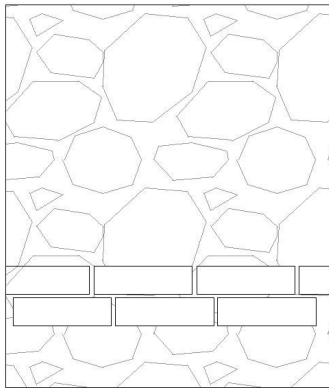


INTONACO			
Stato attuale: presente		Stato attuale: presente	
Tipo di malta: 2 cm di cemento		Tipo di malta: 2 cm di cemento	
Stato di consistenza: buono		Stato di consistenza: buono	
SEZIONE TRASVERSALE (SX)		SEZIONE TRASVERSALE (DX)	
Tipologia: singolo paramento		Tipologia: singolo paramento	
Spessore intonaco: 2 cm		Spessore intonaco: 2 cm	
Spessore giunti: 2 cm		Spessore giunti: 2-3 cm	
Spessore totale: __ cm		Spessore totale: __ cm	
Note: ricorsi in mattoni		Note: ricorsi in mattoni	
COLLEGAMENTO PARAMENTI			
			
Note: Assenza di ammorsamento tra i paramenti			

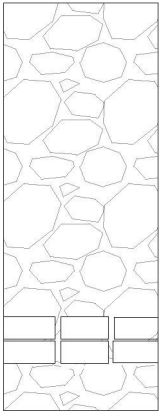
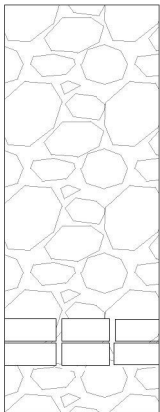

Edificio Scuola Carducci	PROGETTO ADEGUAMENTO SISMICO SCUOLA ELEMENTARE CARDUCCI DI TERNI			Scheda 6 15
DATA: 30/08/2016	CODICE: IM2/4	LIVELLO: Rialzato	SUP. ISP.: 1,00mx1,00m	
TIPOLOGIA: Mattoni pieni e malta pozzolana		TIPOLOGIA: Muratura in pietra spacco		
ELEMENTO RESISTENTE (SX)		ELEMENTO RESISTENTE (DX)		
Materiale:	laterizio pieno	Materiale:	pietre calcaree naturali	
Lavorazione:	regolari	Lavorazione:	irregolare	
Dimensioni:	-	Dimensioni:	-	
Stato di conservazione:	buono	Stato di conservazione:	buono	
MALTA (SX)		MALTA (DX)		
Tipo di malta:	pozzolana	Tipo di malta:	pozzolana	
Funzione:	allettamento	Funzione:	allettamento	
Spessore dei giunti:	2-3 cm	Spessore dei giunti:	2-3 cm	
Stato di conservazione:	buono	Stato di conservazione:	buono	
TESSITURA DEI PARAMENTI				
Apparecchiatura e posa degli elementi: disordinata. Non sono rispettati i filari orizzontali, né lo sfalsamento dei giunti verticali, presenza di ricorsi in mattoni.				
				
				

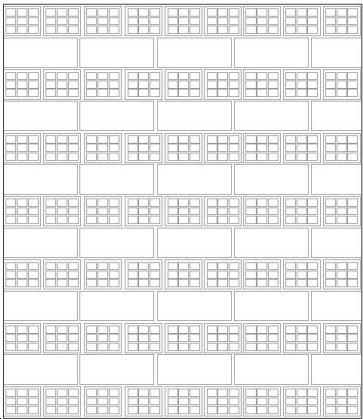
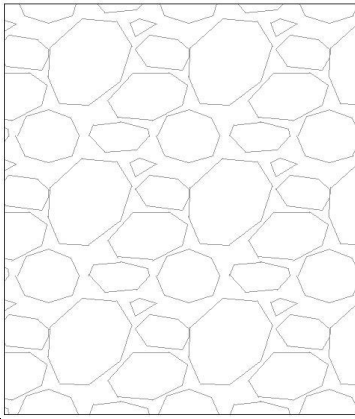


INTONACO			
Stato attuale: presente		Stato attuale: presente	
Tipo di malta: 2 cm di cemento		Tipo di malta: 2 cm di cemento	
Stato di consistenza: buono		Stato di consistenza: buono	
SEZIONE TRASVERSALE (SX)		SEZIONE TRASVERSALE (DX)	
Tipologia: singolo paramento		Tipologia: singolo paramento	
Spessore intonaco: 2 cm		Spessore intonaco: 2 cm	
Spessore giunti: 2 cm		Spessore giunti: 2-3 cm	
Spessore totale: __ cm		Spessore totale: __ cm	
Note:		Note: ricorsi in mattoni	
COLLEGAMENTO PARAMENTI			
			
Note: Assenza di ammorsamento tra i paramenti			


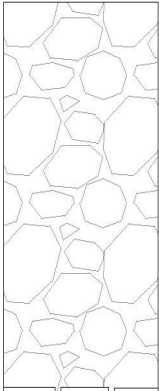

Edificio Scuola Carducci	PROGETTO ADEGUAMENTO SISMICO SCUOLA ELEMENTARE CARDUCCI DI TERNI			Scheda 7 15
DATA: 30/08/2016	CODICE: IM2/5	LIVELLO: Rialzato	SUP. ISP.: 1,00mx1,00m	
TIPOLOGIA: Muratura in pietra spacco		TIPOLOGIA: Muratura in pietra spacco		
ELEMENTO RESISTENTE (SX)		ELEMENTO RESISTENTE (DX)		
Materiale:	pietre calcaree naturali	Materiale:	pietre calcaree naturali	
Lavorazione:	irregolare	Lavorazione:	irregolare	
Dimensioni:	-	Dimensioni:	-	
Stato di conservazione:	buono	Stato di conservazione:	buono	
MALTA (SX)		MALTA (DX)		
Tipo di malta:	pozzolana	Tipo di malta:	pozzolana	
Funzione:	allettamento	Funzione:	allettamento	
Spessore dei giunti:	2-3 cm	Spessore dei giunti:	2-3 cm	
Stato di conservazione:	buono	Stato di conservazione:	buono	
TESSITURA DEI PARAMENTI				
Apparecchiatura e posa degli elementi: disordinata. Non sono rispettati i filari orizzontali, né lo sfalsamento dei giunti verticali, presenza di ricorsi in mattoni.				
				
				




INTONACO			
Stato attuale: presente		Stato attuale: presente	
Tipo di malta: 2 cm di cemento		Tipo di malta: 2 cm di cemento	
Stato di consistenza: buono		Stato di consistenza: buono	
SEZIONE TRASVERSALE (SX)		SEZIONE TRASVERSALE (DX)	
Tipologia: singolo paramento		Tipologia: singolo paramento	
Spessore intonaco: 2 cm		Spessore intonaco: 2 cm	
Spessore giunti: 2 cm		Spessore giunti: 2-3 cm	
Spessore totale: __ cm		Spessore totale: __ cm	
Note: ricorsi in mattoni		Note: ricorsi in mattoni con interasse 1m	
COLLEGAMENTO PARAMENTI			
			
Note: Ammorsatura scadente			

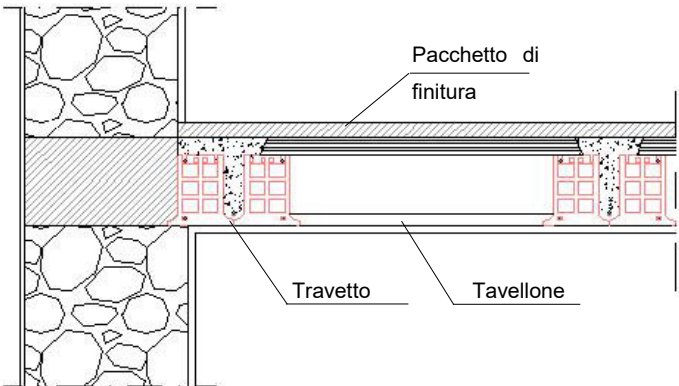
Edificio Scuola Carducci	PROGETTO ADEGUAMENTO SISMICO SCUOLA ELEMENTARE CARDUCCI DI TERNI		Scheda 8 15
DATA: 30/08/2016	CODICE: IM3/6	LIVELLO: Primo	SUP. ISP.: 1,00mx1,00m
TIPOLOGIA: Muratura in pietra spacco		TIPOLOGIA: Muratura in pietra spacco	
ELEMENTO RESISTENTE (SX)		ELEMENTO RESISTENTE (DX)	
Materiale:	pietre calcaree naturali	Materiale:	pietre calcaree naturali
Lavorazione:	irregolare	Lavorazione:	irregolare
Dimensioni:	max 30 cm	Dimensioni:	max 30 cm
Stato di conservazione:	buono	Stato di conservazione:	buono
MALTA (SX)		MALTA (DX)	
Tipo di malta:	pozzolana	Tipo di malta:	pozzolana
Funzione:	allettamento	Funzione:	allettamento
Spessore dei giunti:	2-3 cm	Spessore dei giunti:	2-3 cm
Stato di conservazione:	buono	Stato di conservazione:	buono
TESSITURA DEI PARAMENTI			
Apparecchiatura e posa degli elementi: disordinata. Non sono rispettati i filari orizzontali, né lo sfalsamento dei giunti verticali, presenza di ricorsi in mattoni.			
			
			

INTONACO			
Stato attuale: presente		Stato attuale: presente	
Tipo di malta: 2 cm di cemento		Tipo di malta: 2 cm di cemento	
Stato di consistenza: buono		Stato di consistenza: buono	
SEZIONE TRASVERSALE (SX)		SEZIONE TRASVERSALE (DX)	
Tipologia: singolo paramento		Tipologia: singolo paramento	
Spessore intonaco: 2 cm		Spessore intonaco: 2 cm	
Spessore giunti: 2 cm		Spessore giunti: 2-3 cm	
Spessore totale: __ cm		Spessore totale: __ cm	
Note: ricorsi in mattoni		Note: ricorsi in mattoni	
COLLEGAMENTO PARAMENTI			
			
Note: Ammorsatura scadente			

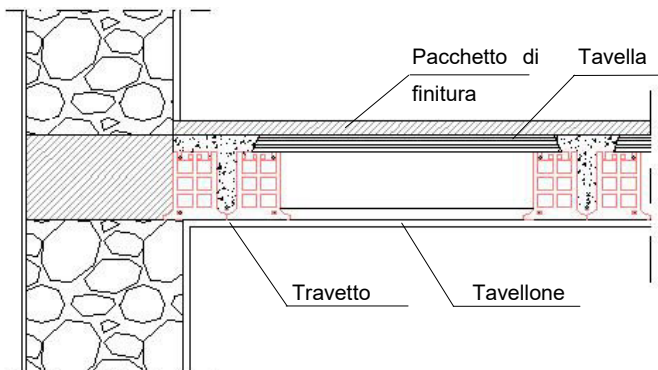


Edificio Scuola Carducci	PROGETTO ADEGUAMENTO SISMICO SCUOLA ELEMENTARE CARDUCCI DI TERNI		Scheda 9 15
DATA: 30/08/2016	CODICE: IM3/7	LIVELLO: Primo	SUP. ISP.: 1,00mx1,00m
TIPOLOGIA: Mattoni forati non portanti		TIPOLOGIA: Muratura in pietra spacco	
ELEMENTO RESISTENTE (SX)		ELEMENTO RESISTENTE (DX)	
Materiale:	mattoni laterizio forati	Materiale:	pietre calcaree naturali
Lavorazione:	regolare	Lavorazione:	irregolare
Dimensioni:	-	Dimensioni:	max 30 cm
Stato di conservazione:	buono	Stato di conservazione:	buono
MALTA (SX)		MALTA (DX)	
Tipo di malta:	pozzolana	Tipo di malta:	pozzolana
Funzione:	allettamento	Funzione:	allettamento
Spessore dei giunti:	2-3 cm	Spessore dei giunti:	2-3 cm
Stato di conservazione:	buono	Stato di conservazione:	buono
TESSITURA DEI PARAMENTI			
Apparecchiatura e posa degli elementi: disordinata. Non sono rispettati i filari orizzontali, né lo sfalsamento dei giunti verticali.			
			
			

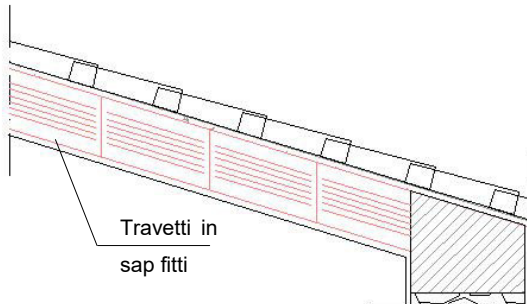




INTONACO			
Stato attuale: presente		Stato attuale: presente	
Tipo di malta: 2 cm di cemento		Tipo di malta: 2 cm di cemento	
Stato di consistenza: scadente		Stato di consistenza: buono	
SEZIONE TRASVERSALE (SX)		SEZIONE TRASVERSALE (DX)	
Tipologia: singolo paramento		Tipologia: singolo paramento	
Spessore intonaco: 2 cm		Spessore intonaco: 2 cm	
Spessore giunti: 2 cm		Spessore giunti: 2-3 cm	
Spessore totale: __ cm		Spessore totale: __ cm	
Note: parapetto		Note: -	
COLLEGAMENTO PARAMENTI			
			
Note: Ammorsatura assente			

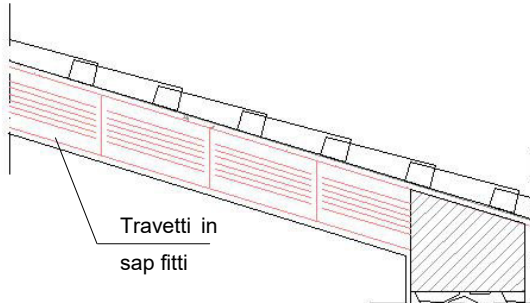


Edificio Scuola Carducci	PROGETTO ADEGUAMENTO SISMICO SCUOLA ELEMENTARE CARDUCCI DI TERNI		Scheda 10 15
DATA: 30/08/2016	CODICE: ISI1/1	LIVELLO: intradosso calpestio piano rialzato	SUP. ISP.: 0,5mx0,5m
TIPOLOGIA SOLAIO: solaio in latero-cemento - SAPAL			
DIMENSIONI			
Travetto	22 cm		
Tavella	30 cm		
Interasse travetti	52 cm		
			
			
Note: Presenza di un ferro Ø10			

Edificio Scuola Carducci	PROGETTO ADEGUAMENTO SISMICO SCUOLA ELEMENTARE CARDUCCI DI TERNI		Scheda 11 15
DATA: 30/08/2016	CODICE: ISI2/2	LIVELLO: intradosso calpestio piano primo	SUP. ISP.: 1,00mx0,5m
TIPOLOGIA SOLAIO: solaio in latero-cemento - SAPAL			
DIMENSIONI			
Travetto	22 cm		
Tavella	30 cm		
Interasse travetti	52 cm		
			
Note: Presenza di un ferro Ø10 Cordolo in c.a. con altezza pari a quella del solaio.			

Edificio Scuola Carducci	PROGETTO ADEGUAMENTO SISMICO SCUOLA ELEMENTARE CARDUCCI DI TERNI		Scheda 12 15
DATA: 30/08/2016	CODICE: ISE2/1	LIVELLO: calpestio piano rialzato	SUP. ISP.: 0,5mx0,5m
TIPOLOGIA SOLAIO: solaio in latero-cemento - SAPAL			
SPESSORI			
Pavimentazione:	1 cm		
Massetto:	2-3 cm		
Soletta:	assente		
			
Note:			

Edificio Scuola Carducci	PROGETTO ADEGUAMENTO SISMICO SCUOLA ELEMENTARE CARDUCCI DI TERNI			Scheda 13 15
DATA: 30/08/2016	CODICE: ISE3/2	LIVELLO: calpestio piano primo	SUP. ISP.: 0,5mx0,5m	
TIPOLOGIA SOLAIO: solaio in latero-cemento - SAPAL				
SPESSORI				
Pavimentazione:	1,5 cm			
Massetto:	3 cm			
Soletta:	assente			
Tavella	4 cm			
				
Note: Interasse tra tavella e tavellone 13 cm.				

Edificio Scuola Carducci	PROGETTO ADEGUAMENTO SISMICO SCUOLA ELEMENTARE CARDUCCI DI TERNI			Scheda 14 15
DATA: 30/08/2016	CODICE: IC1	LIVELLO: intradosso solaio di copertura	SUP. ISP.: 0,2mx0,2m	
TIPOLOGIA SOLAIO: solaio in latero-cemento – SAP FITTI				
DIMENSIONI				
SAP	20 cm			
Interasse travetti	fitti			
				
				
Note: Armatura inferiore 3 ferri lisci Ø5-6 mm				

Edificio Scuola Carducci	PROGETTO ADEGUAMENTO SISMICO SCUOLA ELEMENTARE CARDUCCI DI TERNI			Scheda 15 15
DATA: 30/08/2016	CODICE: IC2	LIVELLO: intradosso solaio di copertura	SUP. ISP.: 0,2mx0,2m	
TIPOLOGIA SOLAIO: solaio in latero-cemento – SAP FITTI				
DIMENSIONI				
SAP	20 cm			
Interasse travetti	fitti			
				
Note: Armatura inferiore 3 ferri lisci Ø3-4 mm				

Rilievi, monitoraggi, ispezioni, elaborazione dati, certificazioni e prove sperimentali di prodotti da costruzione, strutture, terreni e materiali in sito ed in laboratorio

PERUGIA Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (art. 59 del D.P.R. 380/2001) settori:

- Materiali da costruzione – Settore A - (Legge n. 1086/71) Decreto n. 38194 del 14/01/1994 e successivi

- Terreni – Settore A - Decreto n. 54349 del 16/02/2006 e successivi

PERUGIA - VERONA Organismo di Ispezione, Certificazione e Prova settore:

- Prodotti da costruzione ai sensi del Regolamento (UE) n. 305/2011 - Notifica n. 1676

RELAZIONE 10846-RO2PA/16_Rev.0 DEL 21/09/2016

(Rif. Commessa 10846-RO2P/16)

OGGETTO: INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE
SCUOLA PRIMARIA “GIOSUÈ CARDUCCI”
TERNI



COMMITTENTE: COMUNE DI TERNI

Palazzo Spada – Piazza Mario Ridolfi, 1
TERNI

EXPERIMENTATIONS S.r.l.

Elaborazione dati

Dott. Ing. Riccardo Buratta

BUREAU VERITAS
Certification



EXPERIMENTATIONS SRL

Sede Legale:
Via Yurj Gagarin, 69 - Fraz. San Mariano – 06073 CORCIANO (PG)

Certificato multisito. Il dettaglio dei siti è nell'appendice di questo certificato.

Bureau Veritas Italia spa certifica che il sistema di gestione dell'organizzazione sopra indicata è stato valutato e giudicato conforme ai requisiti della norma di sistema di gestione seguente

Norma

ISO 9001:2008

Campo di applicazione

Rilievi, monitoraggi, ispezioni, elaborazione dati, certificazioni e prove sperimentali di prodotti da costruzione, strutture, terreni e materiali in sito ed in laboratorio.

Certificazione rilasciata in conformità al Regolamento Tecnico ACCREDIA: RT-05
Settore/i EA di attività: **35, 28**

Data d'inizio del presente ciclo di certificazione: **23 aprile 2015**

Soggetto al continuo e soddisfacente mantenimento del sistema di gestione questo certificato è valido fino al: **27 aprile 2018**

Data della certificazione originale: **28 ottobre 2014**

Certificate No. **IT260359**

Rev. 1 del: **23 aprile 2015**


Patrizia Caporaletti – Quality Technical Committee

Indirizzo dell'organismo di certificazione: Bureau Veritas Italia S.p.A., Via Miramare, 15, - 20126 Milano, Italia

La presente certificazione si intende riferita agli aspetti gestionali dell'impresa nel suo complesso ed è utilizzabile ai fini della qualificazione delle imprese di costruzione ai sensi dell'articolo 40 della legge 163 del 12 aprile 2006 e successive modificazioni e del DPR 5 ottobre 2010 n. 207. La validità del presente certificato è consultabile sul sito www.certification.bureauveritas.it. Per informazioni puntuali e aggiornate circa eventuali variazioni intervenute nello stato della certificazione di cui al presente certificato, si prega contattare l'indirizzo e-mail registro.certificati@it.bureauveritas.com



SGQ	N° 009A	PRS	N° 076C
SGA	N° 008D	SGE	N° 009P
PRD	N° 009B	EMAS	N° 004P
SCR	N° 008P	GRD	N° 008D
PSMS	N° 003I	SP	N° 008E

Membro degli Accordi di Riconoscimento EA e IAF
Signatory of EA and IAF Mutual Recognition Agreements

INDICE

INDICE	3
PREMESSA.....	4
1. INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE	5
1.1. PROVE CON MARTINETTI PIATTI SINGOLI E DOPPI.....	5
1.2. INDAGINI VIDEOENDOSCOPICHE	5
1.3. INDAGINI MAGNETOMETRICHE	6
2. RAPPORTO DI PROVA – INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE.....	7
2.1. PIANO SEMINTERRATO.....	8
2.2 . PIANO RIALZATO	20
2.3 . PIANO PRIMO	27
2.4. PIANO SOTTOTETTO	35
ALLEGATO A. METODOLOGIA DELLE INDAGINI SPERIMENTALI	I
A.1. PROVE CON MARTINETTI PIATTI.....	II
A.2. INDAGINI MAGNETOMETRICHE	III
A.3. ATTREZZATURE UTILIZZATE	IV

PREMESSA

La *EXPERIMENTATIONS S.r.l.* è stata incaricata dell'esecuzione di indagini sperimentali su materiali e strutture dell'edificio sede della Scuola Primaria "Giosuè Carducci", sita in via del Pellicano, 14 a Terni.

Le indagini effettuate si articolano come indicato nella tabella seguente:

<i>TIPOLOGIA INDAGINE</i>	<i>NUMEROSITÀ</i>
Prove con martinetti piatti singoli e doppi	2
Indagini videoendoscopiche	13
Indagini magnetometriche	10
Prelievi di campioni di malta per analisi chimiche di Laboratorio*	2

Tali indagini, effettuate per conto del COMUNE DI TERNI – Palazzo Spada – Piazza Mario Ridolfi, 1 – TERNI sono state eseguite nei giorni 29 e 30 Agosto 2016 dai seguenti Tecnici:

<i>P.I. Cristiano Traccucci (29-30/08/2016)</i>	<i>Responsabile e Sperimentatore prove esterne</i>
<i>Geom. Marco Paradisi (29/08/2016)</i>	<i>Sperimentatore prove esterne</i>
<i>Geom. Diego Deiana (30/08/2016)</i>	<i>Sperimentatore prove esterne</i>
<i>Dipl. Riccardo Menichetti (29-30/08/2016)</i>	<i>Sperimentatore prove esterne</i>

*A causa dei tempi tecnici necessari per l'esecuzione delle analisi chimiche di Laboratorio su campioni di malta prelevati in sito, i risultati di tali analisi saranno riportati in una relazione separata

1. INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE

1.1. PROVE CON MARTINETTI PIATTI SINGOLI E DOPPI

Si è proceduto all'esecuzione di prove con martinetti piatti singoli e doppi sui paramenti murari del piano seminterrato e del piano sottotetto; le prove sono state eseguite al fine di stimare le caratteristiche meccaniche (tasso di lavoro, modulo elastico, resistenza a compressione) in opera della muratura indagata.

1.1.1 DESCRIZIONE DEI METODI DI CALCOLO

Partendo dai valori di pressione del martinetto (espressi in bar, così come rilevati mediante manometro) e dai valori degli spostamenti (espressi in $[mm \cdot 10^{-1}]$) ed essendo $\varepsilon = \Delta l / l_0$, con la base di misura pari a $l_0 = 205$ mm, il valore di tensione σ nel punto di prova si ricava tramite la relazione:

$$\sigma = K_m * K_A * p$$

dove:

p è la pressione applicata dal martinetto piatto,

$K_m = 0,91$ per $1 \text{ bar} \leq p \leq 50 \text{ bar}$, e rappresenta un coefficiente determinato sperimentalmente, che dipende dalla tipologia del martinetto; descrive il legame tra la pressione del martinetto e la pressione trasferita dallo stesso alla macchina di prova.

$$K_A = A_j / A_c$$

con:

A_j = area dei martinetti utilizzati;

A_c = area del taglio.

1.2. INDAGINI VIDEOENDOSCOPICHE

Tali indagini sono state eseguite al fine di individuare principalmente tipologie e stratigrafie interne negli elementi indagati.

Le videoendoscopie sono state condotte in fori di piccolo diametro al fine di limitarne al minimo l'invasività.

L'apparecchiatura utilizzata per l'esecuzione delle indagini videoendoscopiche, è costituita da un endoscopio snodabile, di lunghezza massima 3,5 m che consente di illuminare ed ispezionare zone altrimenti non visibili, come l'interno delle strutture murarie.

La luce generata da una sorgente viene portata alla zona da ispezionare tramite un fascio di fibre ottiche, mentre un altro fascio di fibre ottiche provvede a far tornare l'immagine all'oculare.

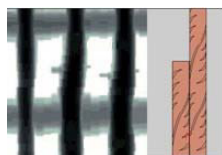
Per ogni indagine sono state memorizzate alcune immagini fotografiche all'interno del foro.

1.3. INDAGINI MAGNETOMETRICHE

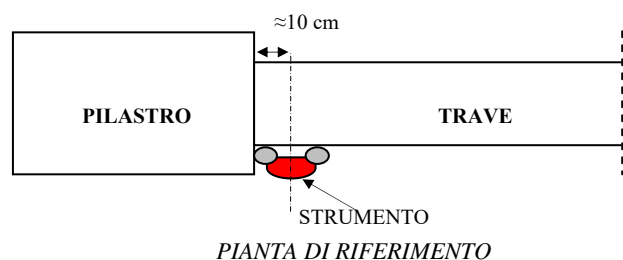
Tali indagini vengono eseguite sull'elemento strutturale indagato mediante scanner ad alta risoluzione per evidenziare la disposizione delle barre di armatura. La necessità di eseguire tale fase operativa è anche legata all'esigenza di evitare l'intercettamento delle barre durante l'esecuzione delle battute sclerometriche, delle letture ultrasoniche e durante l'operazione di carotaggio. Lo scanner utilizzato genera un campo magnetico tra i poli della sonda e quantifica, tramite lo strumento di misura, l'interferenza tra la sonda e un corpo magnetico (barra di armatura). In alcuni casi quando le barre di armatura sono particolarmente ravvicinate, diventa difficoltosa la loro corretta ubicazione. Lo scanner può essere utilizzato in due modalità:

- la modalità *quickscan* consente solo il rilievo della disposizione delle barre di armatura;
- la modalità *imagescan* consente oltre al rilievo anche l'acquisizione di immagini che, elaborate tramite apposito software, permettono di effettuare, in alcuni casi, la stima del diametro delle barre di armature.

Le barre di armatura che si trovano al di sotto dell'armatura superiore, non sempre posso essere localizzati; ugualmente accade per barre sovrapposte (vedi immagine sottostante).



N.B. Data la configurazione dello scanner in casi particolari, come quello riportato nello schema sottostante, lo strumento non può rilevare l'eventuale presenza di armature nei primi 10 cm.



Nel “Rapporto di prova – Indagini sperimentali su materiali e strutture” sono riportate tutte le dislocazioni, le elaborazioni delle indagini svolte e la relativa documentazione fotografica.

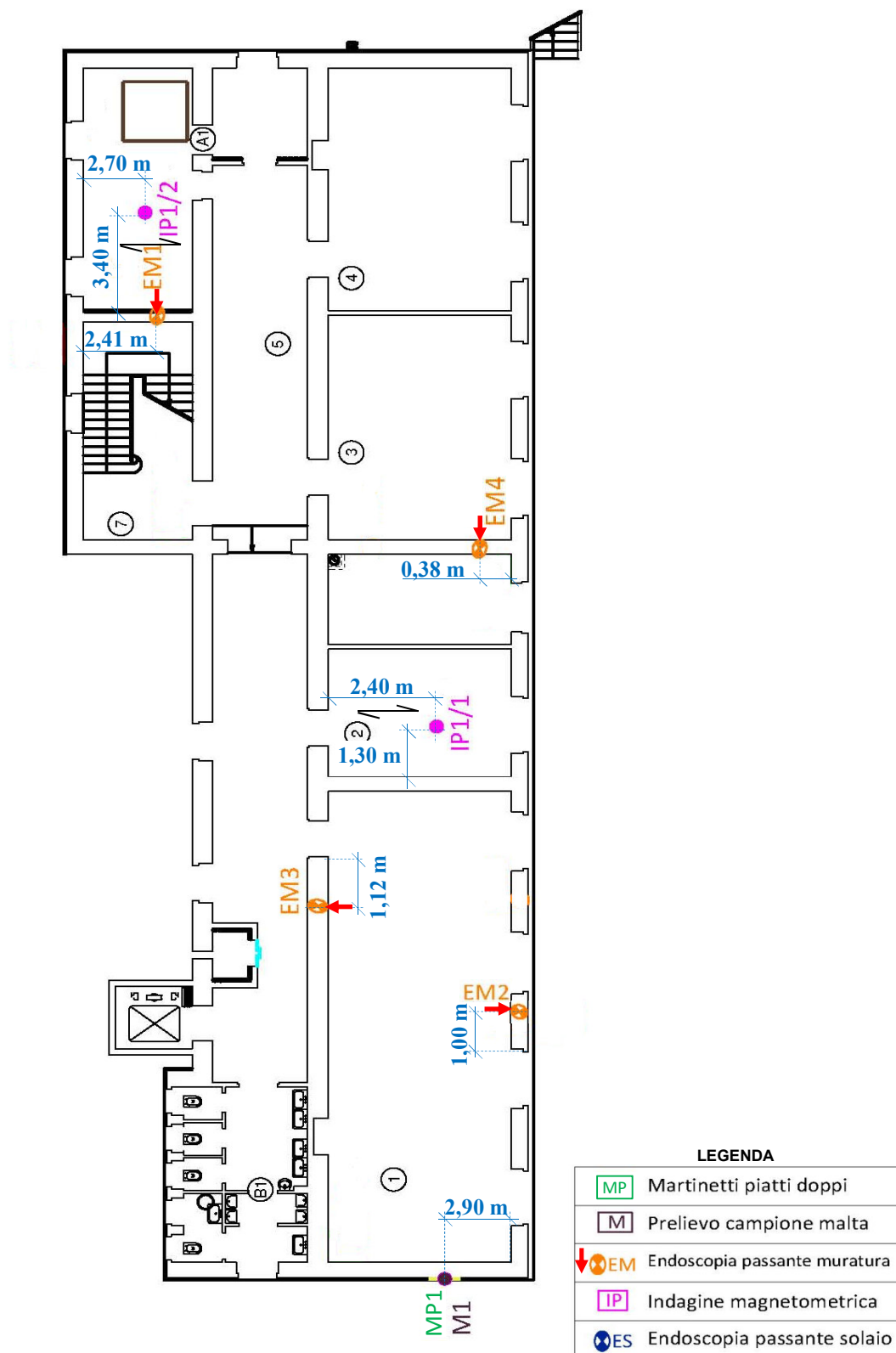
In “Allegato A – Metodologia delle indagini sperimentali” vengono riportate le metodologie delle indagini eseguite.

2. RAPPORTO DI PROVA – INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE

2.1. PIANO SEMINTERRATO

- DISLOCAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE	9
- PROVA CON MARTINETTI PIATTI SINGOLI E DOPPI	10
- INDAGINI VIDEOENDOSCOPICHE	15
- INDAGINI MAGNETOMETRICHE	19

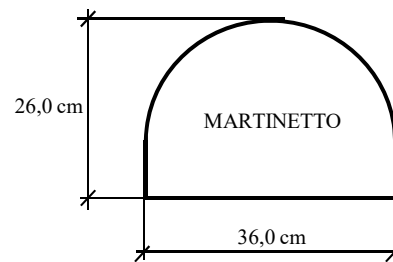
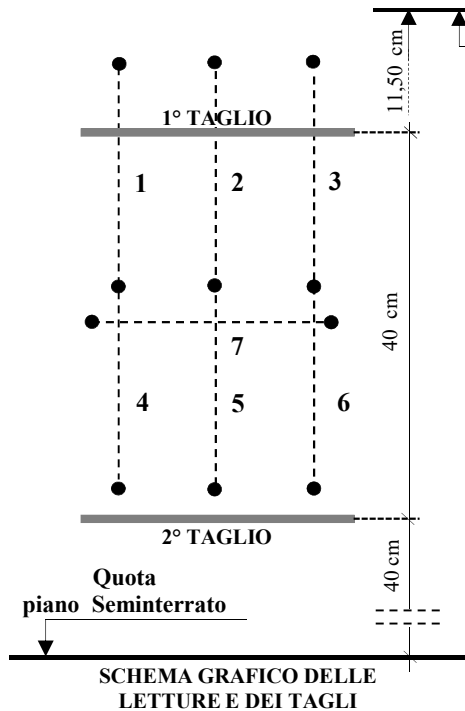
INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE
DISLOCAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE - PIANO SEMINTERRATO



PIANTA PIANO SEMINTERRATO
ENDOSCOPIE MURI PIANO SEMINTERRATO
MARTINETTO PIATTO DOPPIO PIANO SEMINTERRATO
INDAGINI MAGNETOMETRICHE SOLAI PIANO RIALZATO

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE

PROVA CON MARTINETTO PIATTO MP1 - PIANO SEMINTERRATO CARATTERISTICHE DEI TAGLI, DELLE LETTURE E DEI MARTINETTI



GEOMETRIA DEL MARTINETTO
AREA DEL MARTINETTO = 778,65 cm²

DIMENSIONE DEI TAGLI			
Taglio	Larghezza	Profondità	Area
	[cm]	[cm]	[cm ²]
1°	36,0	26,0	804,56
2°	36,0	26,0	804,56
area media dei tagli		804,56	cm ²

TIPOLOGIA MURARIA INDAGATA

Muratura irregolare in conci di pietra e ricorsi costituiti da una doppia fila di mattoni pieni



INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE

**PROVA CON MARTINETTO PIATTO MP1 - PIANO SEMINTERRATO
PRIMO TAGLIO - TABELLA DELLE MISURAZIONI EFFETTUATE**

		LETTURE ESEGUITE					
Ora	Pressione [bar]	Lett. 1 [mm*10 ⁻¹]	Lett. 2 [mm*10 ⁻¹]	Lett. 3 [mm*10 ⁻¹]	Lett. 4 [mm*10 ⁻¹]	Lett. 5 [mm*10 ⁻¹]	Lett. 6 [mm*10 ⁻¹]
10:40	Zero iniziale	37,17	37,56	15,49	47,37	35,17	40,29
10:42		37,17	37,55	15,49	47,38	35,15	40,28
ESECUZIONE 1° TAGLIO							
10:57	0,0	37,50	38,35	16,44	47,26	35,15	40,05
10:59	1,0	37,38	38,08	16,24	47,30	35,15	40,11
11:01	2,0	37,22	37,89	16,01	47,32	35,15	40,26
11:03	2,5	37,12	37,76	15,96	47,35	35,15	40,36
11:05	3,0	37,04	37,62	15,80	47,38	35,15	40,40
11:07	3,5	36,95	37,49	15,50	47,38	35,15	40,40

Nota: Ad una pressione di **3,5 bar** si sono ripristinate le condizioni di deformazione iniziali, prima dell'esecuzione del taglio.

**PRIMO TAGLIO
TABELLA DELLE DEFORMAZIONI UNITARIE E DELLE TENSIONI**

Pressione al martinetto [bar]	DEFORMAZIONI UNITARIE							Tensione
	$\varepsilon 1$	$\varepsilon 2$	$\varepsilon 3$	$\varepsilon 4$	$\varepsilon 5$	$\varepsilon 6$	ε medio	σ [N/mm ²]
0,0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00
1,0	5,85E-05	1,32E-04	9,76E-05	1,95E-05	0,00E+00	2,93E-05	1,63E-05	0,09
2,0	1,37E-04	2,24E-04	2,10E-04	2,93E-05	0,00E+00	1,02E-04	4,39E-05	0,18
2,5	1,85E-04	2,88E-04	2,34E-04	4,39E-05	0,00E+00	1,51E-04	6,50E-05	0,22
3,0	2,24E-04	3,56E-04	3,12E-04	5,85E-05	0,00E+00	1,71E-04	7,64E-05	0,26
3,5	2,68E-04	4,20E-04	4,59E-04	5,85E-05	0,00E+00	1,71E-04	7,64E-05	0,31

$$\sigma = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

La σ rappresenta la tensione applicata per ripristinare le condizioni prima del taglio (**tensione di esercizio presente nel setto murario**).

La formula per la determinazione di σ è la seguente: $\sigma = K_m \times K_A \times p$.

K_m = coefficiente ricavato da curva di taratura consegnata dal fornitore dei martinetti piatti;

$K_m = 0,91$ per $1 \text{ bar} \leq p_m \leq 50 \text{ bar}$ dove p_m = pressione del martinetto.

$K_A = (A_j/A_c)$ rapporto area del martinetto (778,65 cm²)/area del taglio (804,56 cm²);

p è la pressione al martinetto che ripristina le condizioni originarie.

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE

**PROVA CON MARTINETTO PIATTO MP1 - PIANO SEMINTERRATO
SECONDO TAGLIO - TABELLA DELLE MISURAZIONI EFFETTUATE**

Ora	Pressione [bar]	LETTURE ESEGUITE			
		Lett. 4 [mm*10 ⁻¹]	Lett. 5 [mm*10 ⁻¹]	Lett. 6 [mm*10 ⁻¹]	Lett. 7 [mm*10 ⁻¹]
11:46	0,0	47,95	36,63	40,35	40,86
11:48	2,0	48,16	36,80	40,56	40,69
11:50	4,0	48,48	36,99	40,86	40,56
11:52	6,0	48,69	37,15	41,11	40,46
11:54	8,0	49,15	37,31	41,45	40,22
11:56	10,0	49,69	38,02	42,18	39,87
11:58	12,0	50,85	39,25	43,48	39,15
12:00	14,0	52,03	40,10	44,88	38,21
12:02	7,0	51,57	39,00	44,49	38,43
12:04	0,0	48,84	37,07	42,89	39,44

Prima dell'esecuzione del ciclo di carico sono stati eseguiti n. 2 pre-cicli con pressione massima pari a 6 bar.

SECONDO TAGLIO - TABELLA DELLE DEFORMAZIONI UNITARIE

Pressione al martinetto [bar]	DEFORMAZIONI UNITARIE					Tensione σ [N/mm ²]
	ε 4	ε 5	ε 6	ε medio	ε 7	
0,0	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,00
2,0	1,024E-04	8,293E-05	1,024E-04	9,593E-05	8,293E-05	0,18
4,0	2,585E-04	1,756E-04	2,488E-04	2,276E-04	1,463E-04	0,35
6,0	3,610E-04	2,537E-04	3,707E-04	3,285E-04	1,951E-04	0,53
8,0	5,854E-04	3,317E-04	5,366E-04	4,846E-04	3,122E-04	0,70
10,0	8,488E-04	6,780E-04	8,927E-04	8,065E-04	4,829E-04	0,88
12,0	1,415E-03	1,278E-03	1,527E-03	1,407E-03	8,341E-04	1,06
14,0	1,990E-03	1,693E-03	2,210E-03	1,964E-03	1,293E-03	1,23
7,0	1,766E-03	1,156E-03	2,020E-03	1,647E-03	1,185E-03	0,62
0,0	4,341E-04	2,146E-04	1,239E-03	6,293E-04	6,927E-04	0,00

Alla tensione $\sigma = 0,70 \text{ N/mm}^2$ si verifica la perdita di linearità sul diagramma tensioni-deformazioni.

Alla tensione $\sigma = 0,88 \text{ N/mm}^2$ inizio fessurazione della malta.

Alla tensione $\sigma = 1,23 \text{ N/mm}^2$ la prova viene interrotta a causa della diffusa fessurazione della porzione di muratura indagata.

*** Stima Modulo Elastico $\approx 1433 \text{ N/mm}^2$**

* La stima del modulo elastico è stata effettuata considerando la media delle letture ed isolando la parte lineare del grafico tensioni-deformazioni unitarie. Il modulo elastico è dato dal valore del coefficiente angolare della linea di tendenza di tale grafico (vedi grafici pag. seguente).

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE

PROVA CON MARTINETTO PIATTO MP1 - PIANO SEMINTERRATO DIAGRAMMA TENSIONI-DEFORMAZIONI UNITARIE

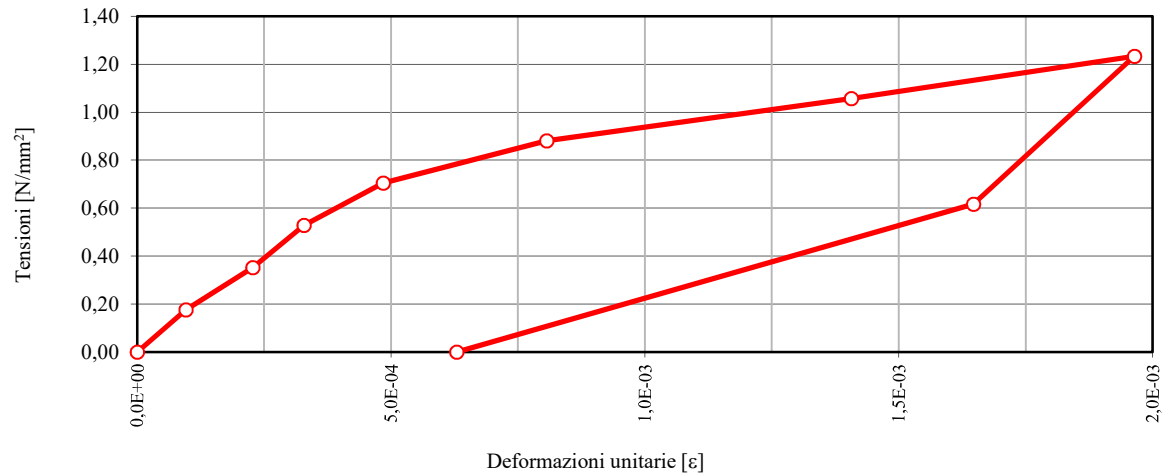
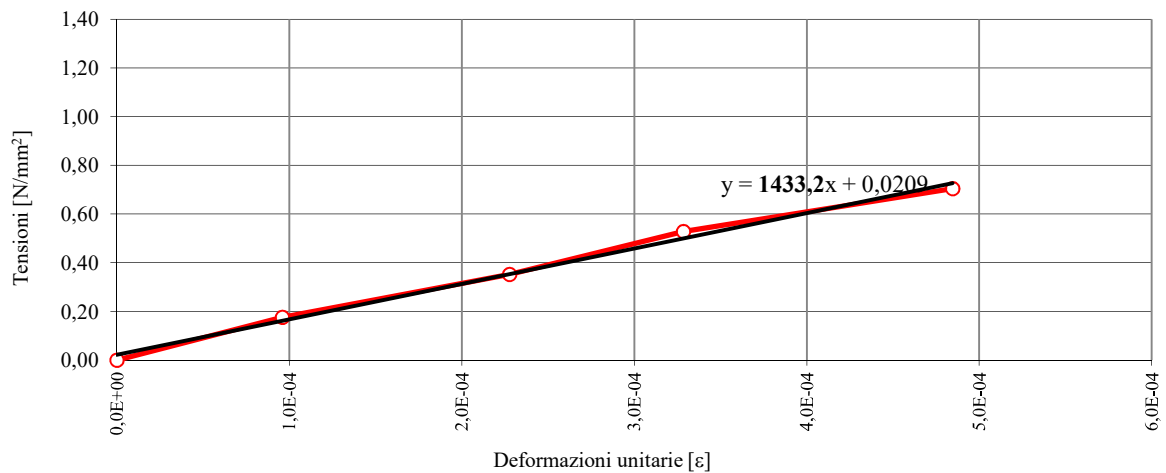
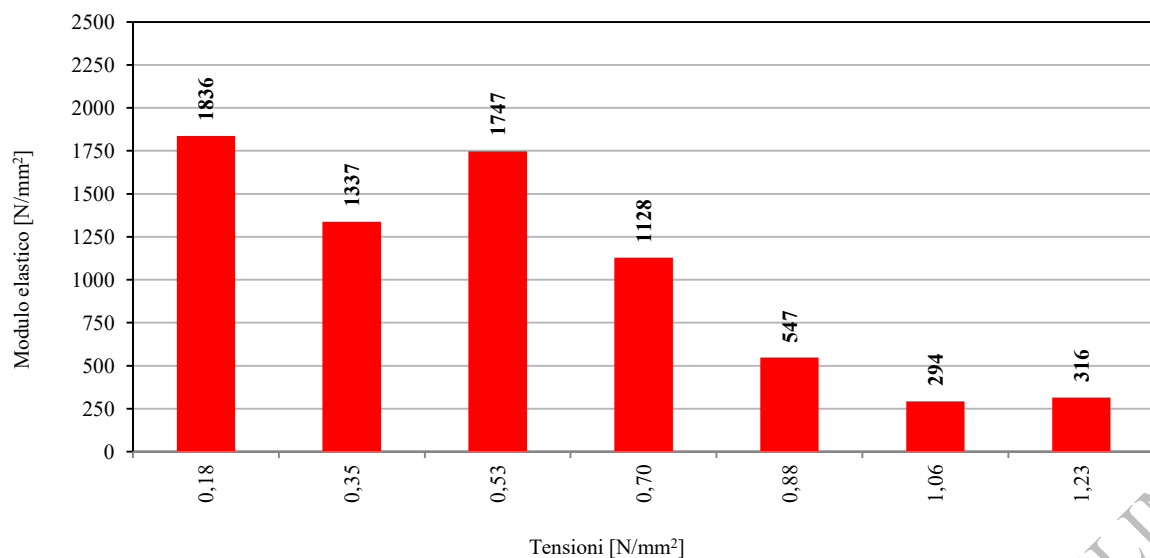


DIAGRAMMA TENSIONI-MEDIE DEFORMAZIONI UNITARIE (Tratto lineare)



MODULO ELASTICO



INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE
PROVA CON MARTINETTO PIATTO MP1 - PIANO SEMINTERRATO
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

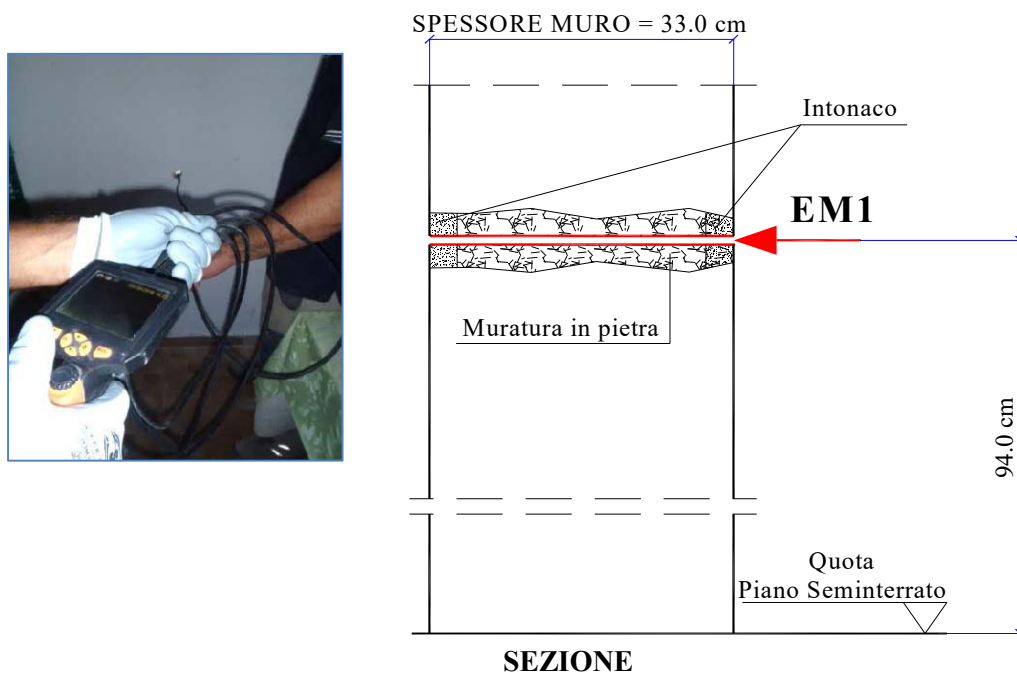


Esecuzione lettura n. 2



Esecuzione lettura n. 5

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE
ENDOSCOPIA - EM1 - PIANO SEMINTERRATO
SCHEMA GRAFICO E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



SCATTI ENDOSCOPICI



EM1.1 - inizio foro, muratura in pietra



EM1.2 - 10 cm da inizio foro,
muratura in pietra

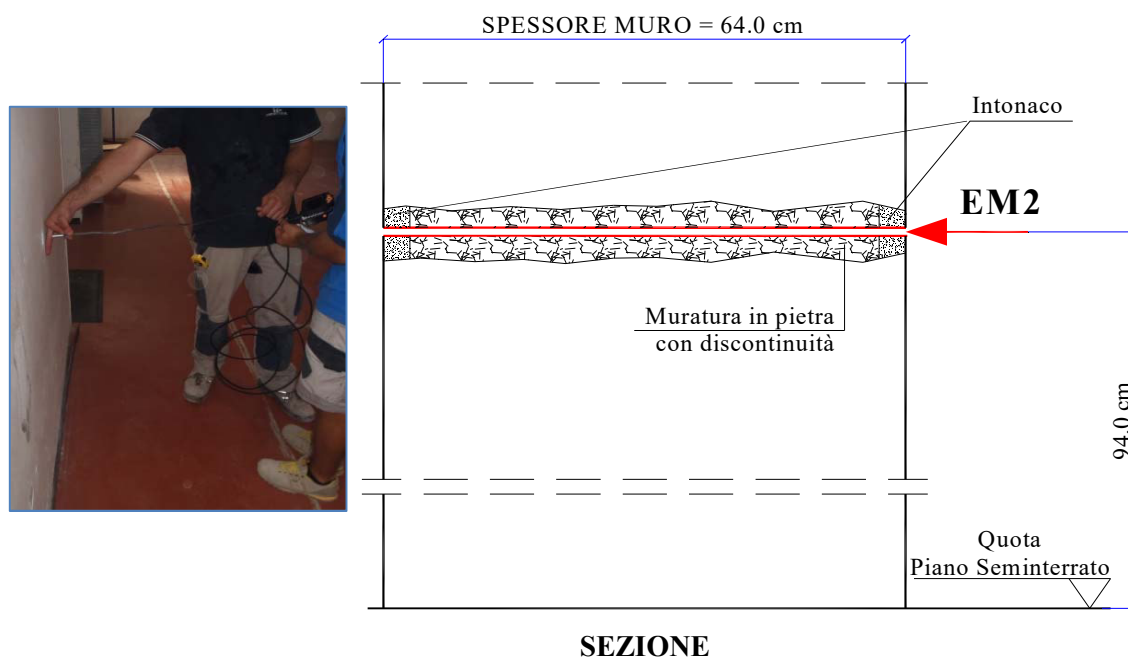


EM1.3 - 20 cm da inizio foro,
muratura in pietra



EM1.4 - fine foro, muratura in pietra

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE
ENDOSCOPIA - EM2 - PIANO SEMINTERRATO
SCHEMA GRAFICO E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



SCATTI ENDOSCOPICI



EM2.1 - inizio foro, muratura in pietra



EM2.2 - 20 cm da inizio foro,
muratura in pietra con piccole discontinuità

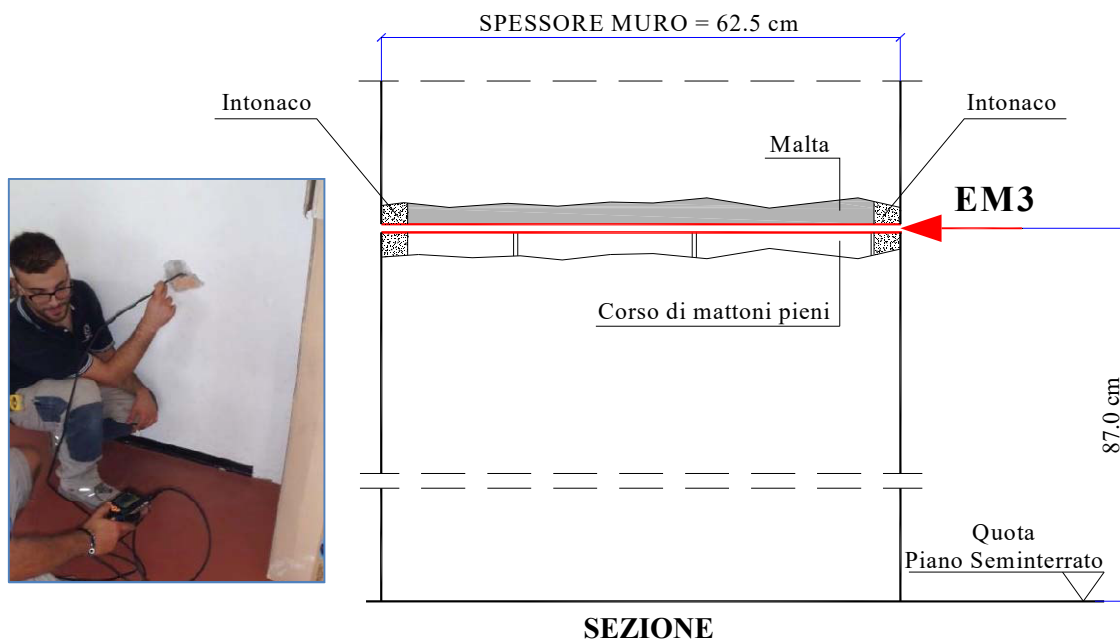


EM2.3 - 40 cm da inizio foro,
muratura in pietra con piccole discontinuità



EM2.4 - 55 cm da inizio foro,
muratura in pietra con piccole discontinuità

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE
ENDOSCOPIA - EM3 - PIANO SEMINTERRATO
SCHEMA GRAFICO E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



SCATTI ENDOSCOPICI



EM3.1 - inizio foro, muratura in pietra e malta



EM3.2 - 20 cm da inizio foro, muratura in pietra malta

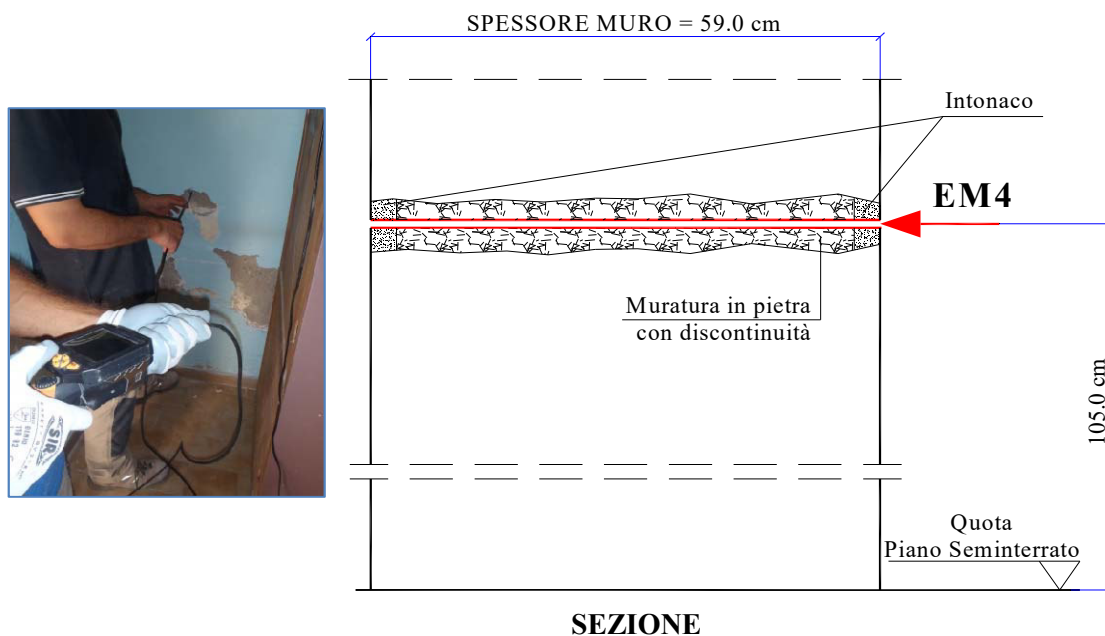


EM3.3 - 40 cm da inizio foro, muratura in pietra malta



EM3.4 - 55 cm da inizio foro, muratura in pietra con lievi discontinuità

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE
ENDOSCOPIA - EM4 - PIANO SEMINTERRATO
SCHEMA GRAFICO E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



SCATTI ENDOSCOPICI



EM4.1 - inizio foro, muratura in pietra



EM4.2 - 20 cm da inizio foro,
muratura in pietra con piccole discontinuità



EM4.3 - 40 cm da inizio foro,
muratura in pietra con piccole discontinuità



EM4.4 - 55 cm da inizio foro,
muratura in pietra

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE

INDAGINE MAGNETOMETRICA IP1/1 - SOLAIO PIANO RIALZATO

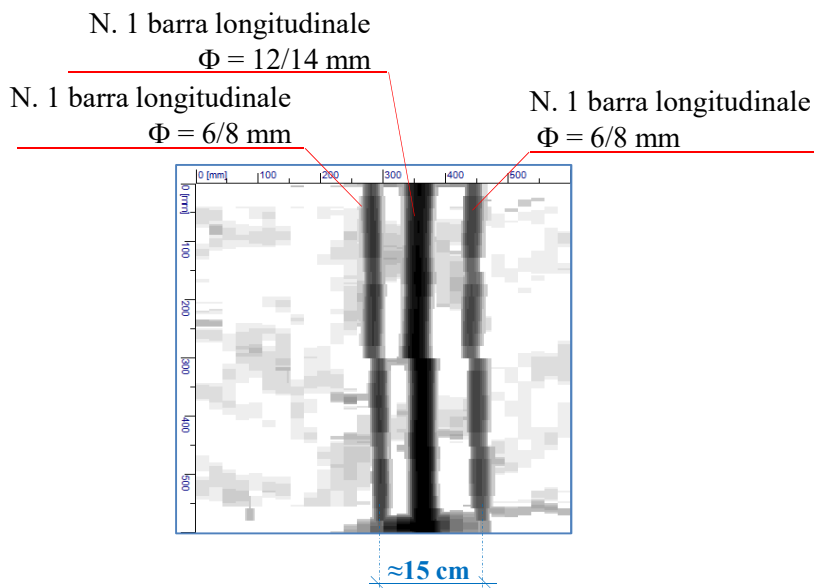


IMMAGINE MAGNETOMETRICA IP1/1

Sono visibili le armature longitudinali di un travetto del solaio.
Interasse travetti $\approx 50 \text{ cm}$.

INDAGINE MAGNETOMETRICA IP1/2 - SOLAIO PIANO RIALZATO

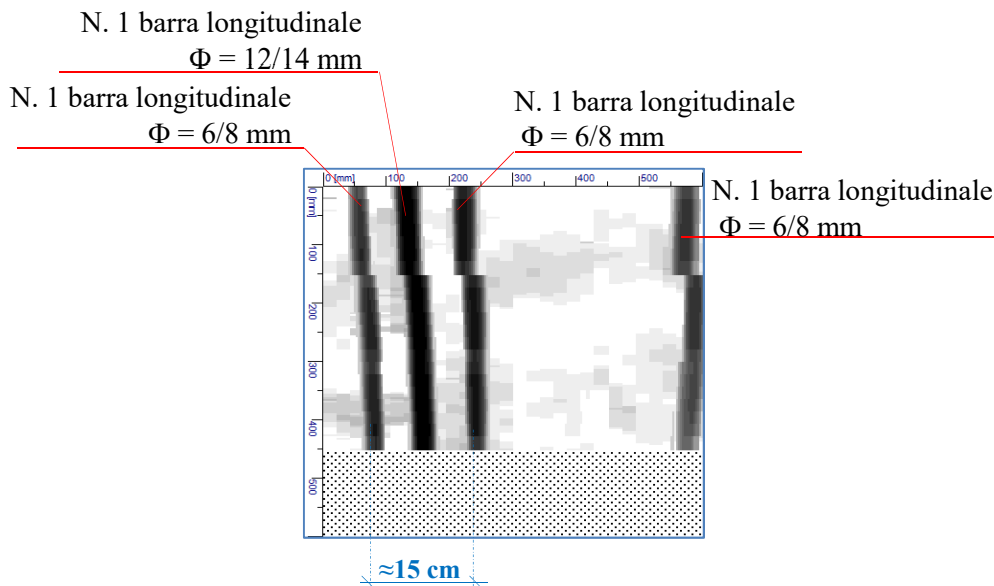


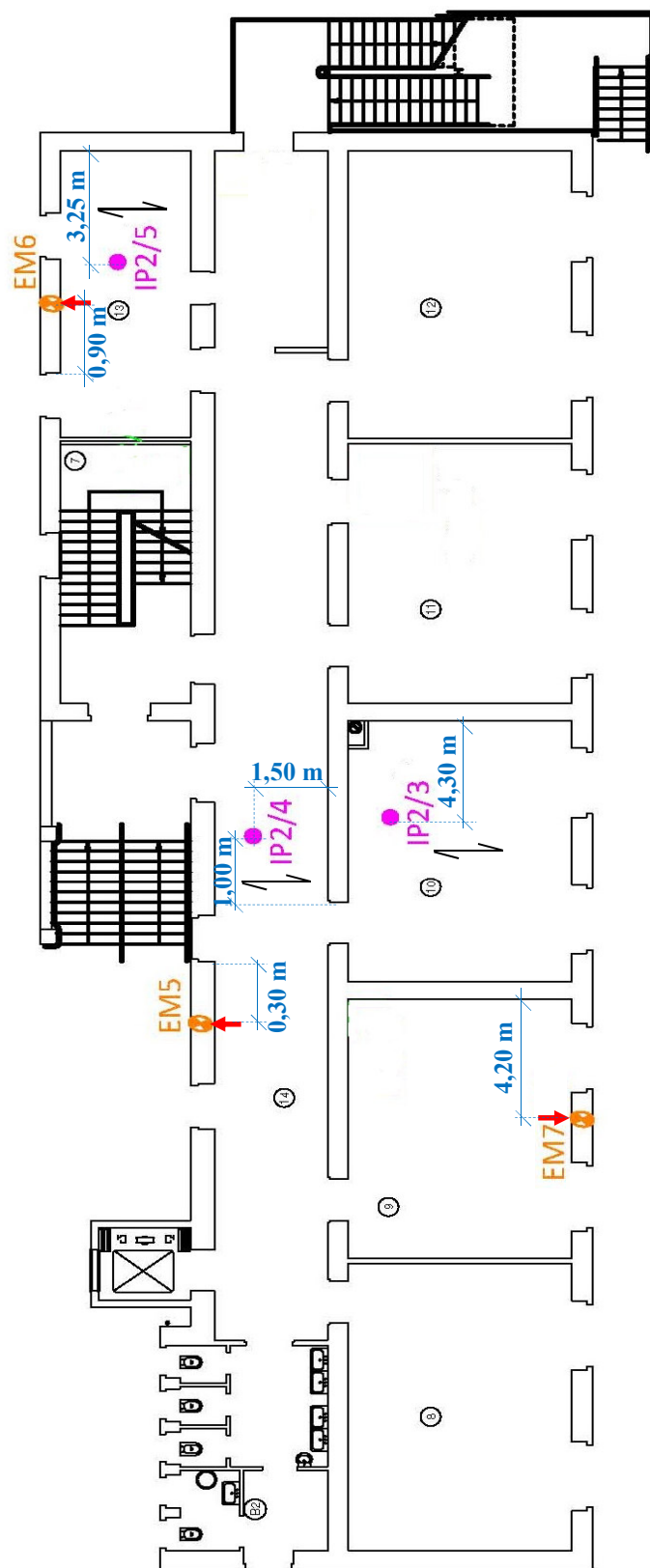
IMMAGINE MAGNETOMETRICA IP1/2

Sono visibili le armature longitudinali di un travetto del solaio.
Interasse travetti $\approx 50 \text{ cm}$.

2.2 . PIANO RIALZATO

- <i>DISLOCAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE</i>	21
- <i>INDAGINI VIDEOENDOSCOPICHE</i>	22
- <i>INDAGINI MAGNETOMETRICHE</i>	25

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE DISLOCAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE - PIANO RIALZATO



LEGENDA

MP	Martinetti piatti doppi
M	Prelievo campione malta
↓ EM	Endoscopia passante muratura
IP	Indagine magnetometrica
ES	Endoscopia passante solaio

PIANTA PIANO RIALZATO
ENDOSCOPIE MURI PIANO RIALZATO
INDAGINI MAGNETOMETRICHE SOLAI PIANO PRIMO

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE
ENDOSCOPIA - EM5 - PIANO SEMINTERRATO
SCHEMA GRAFICO E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



SCATTI ENDOSCOPICI



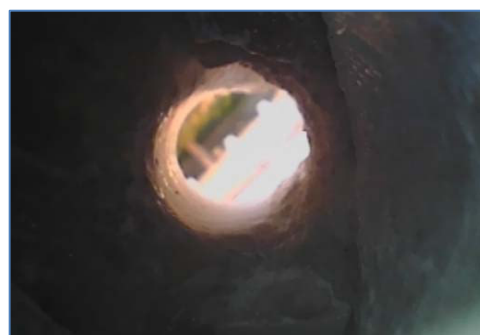
EM5.1 - inizio foro, muratura in pietra con lievi discontinuità



EM5.2 - 15 cm da inizio foro, muratura in pietra con piccole discontinuità

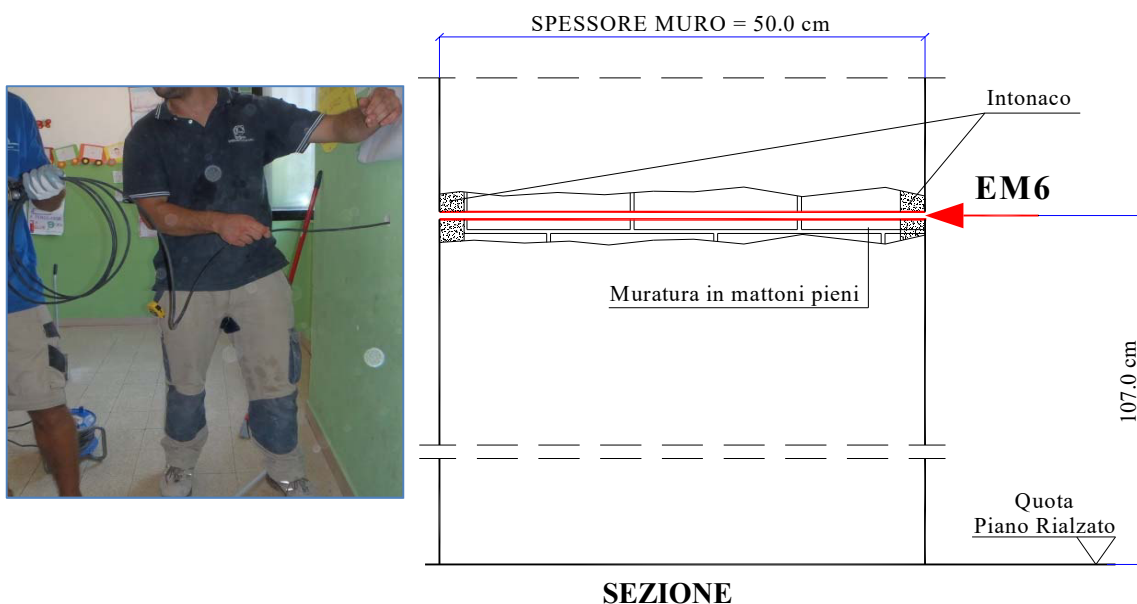


EM5.3 - 30 cm da inizio foro, muratura in pietra con piccole discontinuità



EM5.4 - fine foro

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE
ENDOSCOPIA - EM6 - PIANO RIALZATO
 SCHEMA GRAFICO E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



SCATTI ENDOSCOPICI



EM6.1 - inizio foro,
muratura in mattoni pieni



EM6.2 - 15 cm da inizio foro,
muratura in mattoni pieni

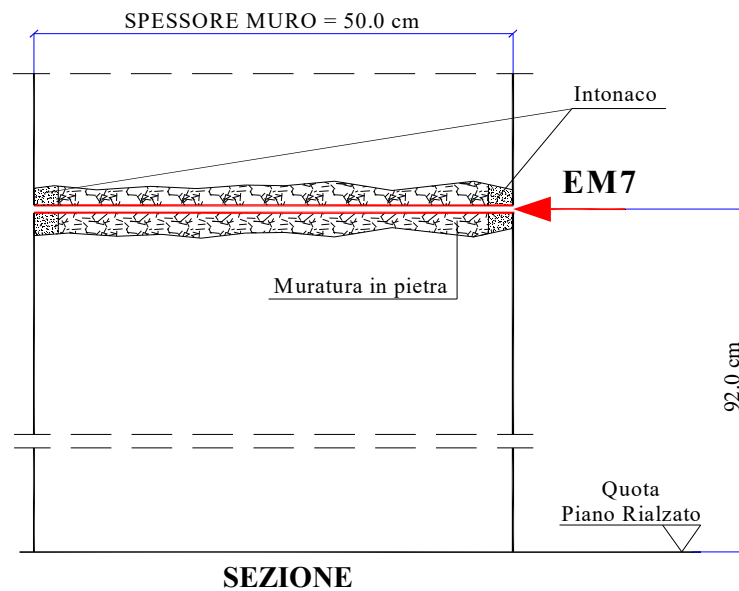


EM6.3 - 30 cm da inizio foro,
muratura in mattoni pieni



EM6.4 - 45 cm da inizio foro,
muratura in mattoni pieni

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE
ENDOSCOPIA - EM7 - PIANO RIALZATO
SCHEMA GRAFICO



SCATTI ENDOSCOPICI



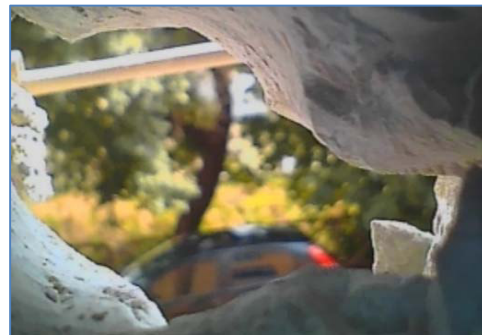
EM7.1 - inizio foro, muratura in pietra



EM7.2 - 15 cm da inizio foro,
muratura in pietra



EM7.3 - 35 cm da inizio foro,
muratura in pietra



EM7.4 - fine foro, muratura in pietra

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE INDAGINE MAGNETOMETRICA IP2/3 - SOLAIO PIANO PRIMO

N. 2 barre longitudinali
 $\Phi = 6/8 \text{ mm}$

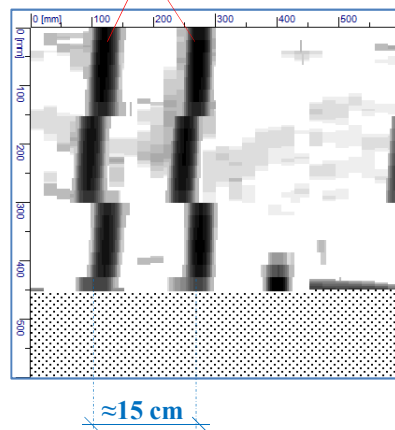


IMMAGINE MAGNETOMETRICA IP2/3

Sono visibili le armature longitudinali di un travetto del solaio.
Interasse travetti $\approx 50 \text{ cm}$.

INDAGINE MAGNETOMETRICA IP2/4 - SOLAIO PIANO PRIMO

N. 1 barra longitudinale
 $\Phi = 6/8 \text{ mm}$

N. 2 barre longitudinali
 $\Phi = 6/8 \text{ mm}$

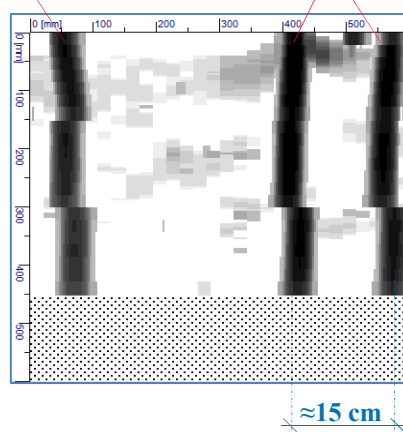


IMMAGINE MAGNETOMETRICA IP2/4

Sono visibili le armature longitudinali di un travetto del solaio.
Interasse travetti $\approx 50 \text{ cm}$.

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE
INDAGINE MAGNETOMETRICA IP2/5 - SOLAIO PIANO PRIMO

N. 2 barre longitudinali
 $\Phi = 6/8 \text{ mm}$

N. 1 barra longitudinale
 $\Phi = 6/8 \text{ mm}$

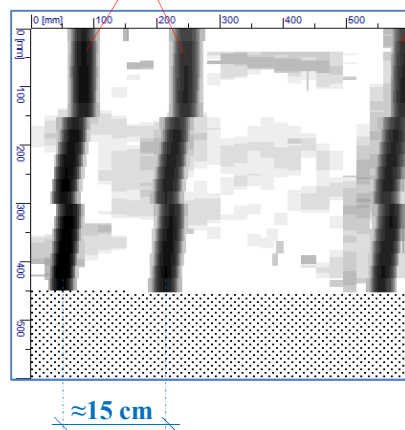


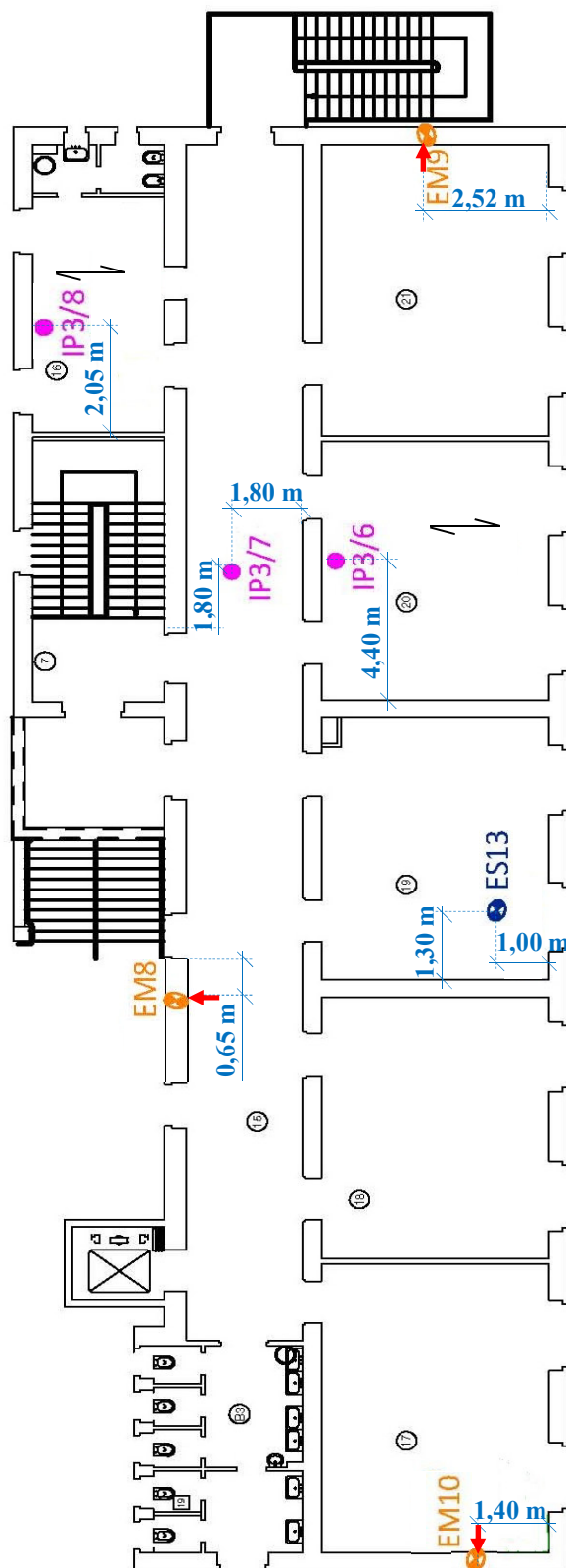
IMMAGINE MAGNETOMETRICA IP2/5

Sono visibili le armature longitudinali di un travetto del solaio.
 Interasse travetti $\approx 50 \text{ cm}$.

2.3 . PIANO PRIMO

- <i>DISLOCAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE</i>	28
- <i>INDAGINI VIDEOENDOSCOPICHE</i>	29
- <i>INDAGINI MAGNETOMETRICHE</i>	33

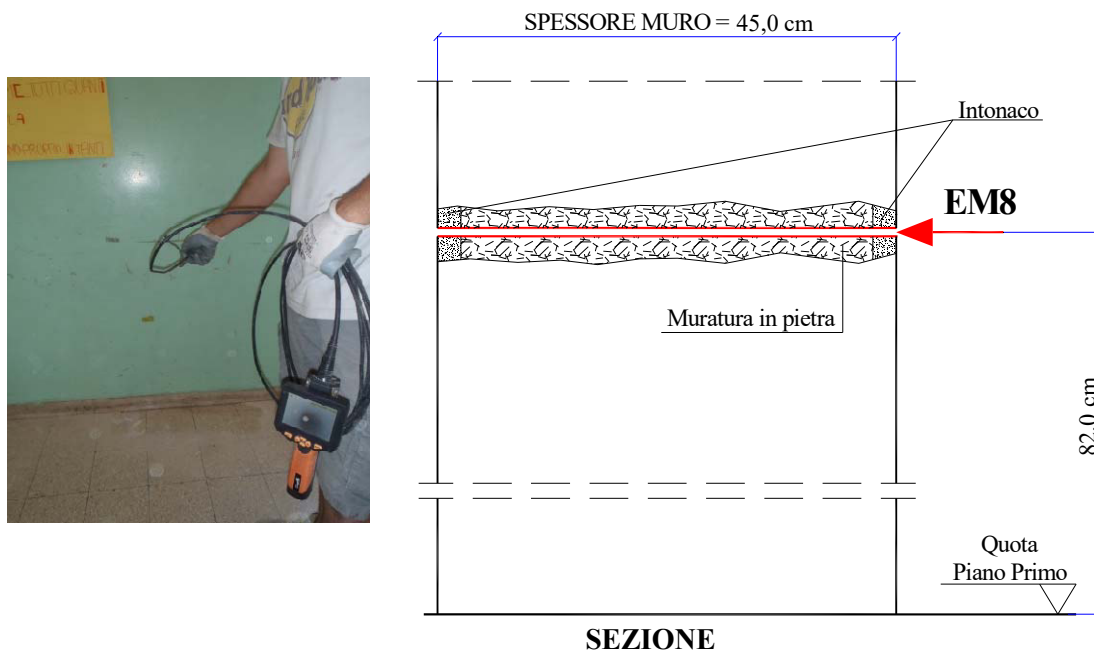
INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE DISLOCAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE - PIANO PRIMO



LEGENDA	
MP	Martinetti piatti doppi
M	Prelievo campione malta
↓ ● EM	Endoscopia passante muratura
● IP	Indagine magnetometrica
● ES	Endoscopia passante solaio

PIANTA PIANO PRIMO
ENDOSCOPIE MURI PIANO PRIMO
ENDOSCOPIA SOLAIO PIANO PRIMO
INDAGINI MAGNETOMETRICHE SOLAI PIANO SOTTOTETTO

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE
ENDOSCOPIA - EM8 - PIANO PRIMO
SCHEMA GRAFICO E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



SCATTI ENDOSCOPICI



EM8.1 - inizio foro, muratura in pietra



EM8.2 - 15 cm da inizio foro,
muratura in pietra

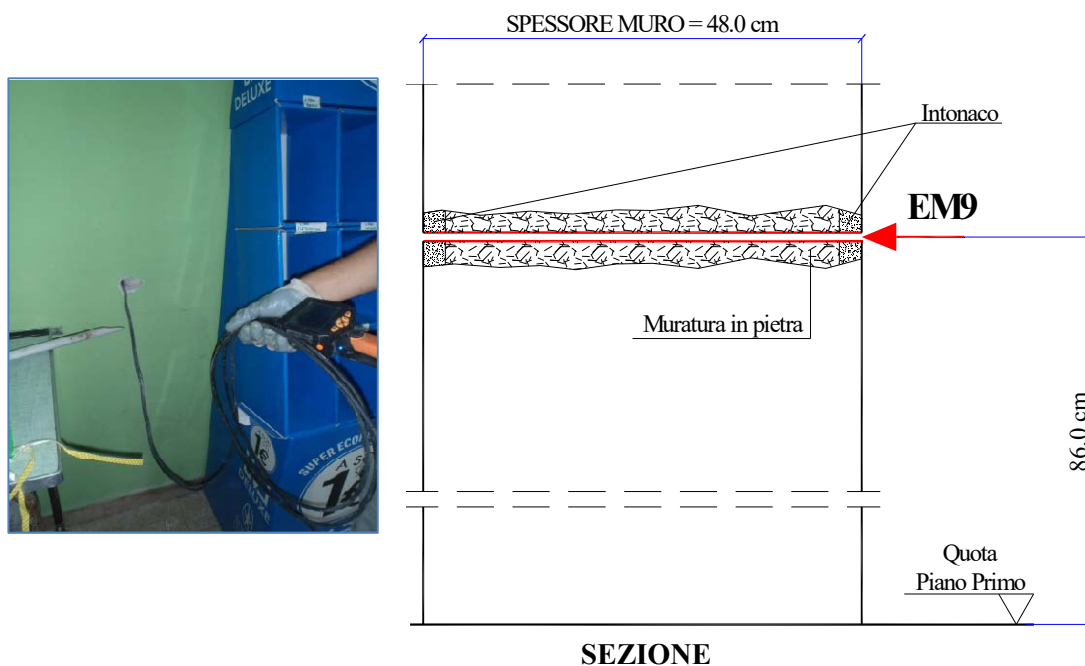


EM8.3 - 35 cm da inizio foro,
muratura in pietra



EM8.4 - fine foro, muratura in pietra

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE
ENDOSCOPIA - EM9 - PIANO PRIMO
SCHEMA GRAFICO E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



SCATTI ENDOSCOPICI



EM9.1 - inizio foro, muratura in pietra con piccole discontinuità



EM9.2 - 15 cm da inizio foro, muratura in pietra con piccole discontinuità

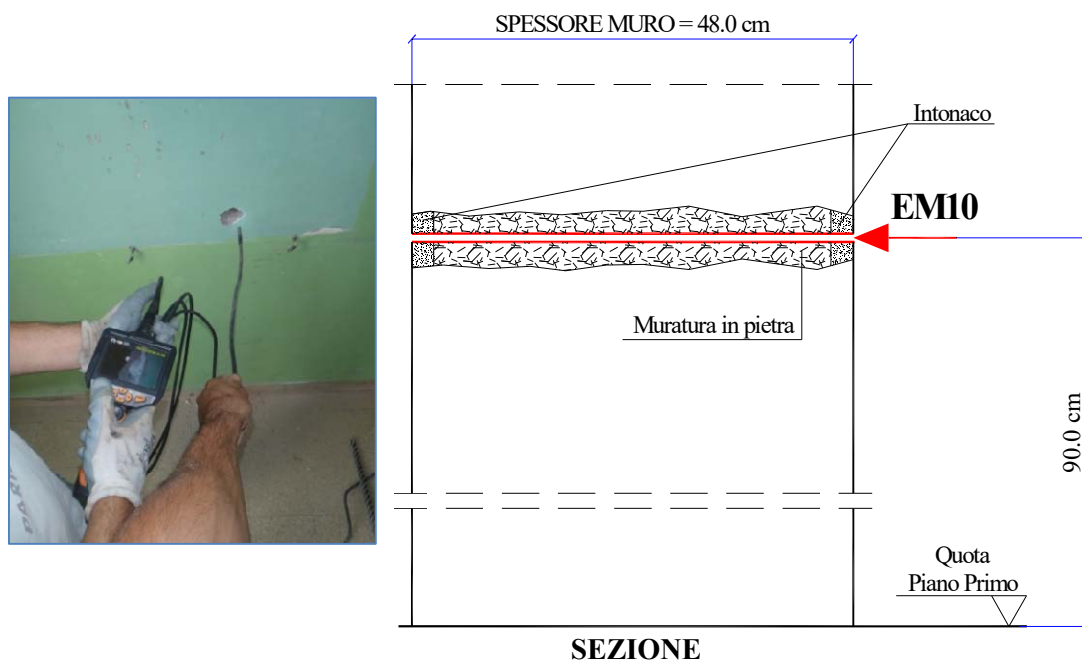


EM9.3 - 35 cm da inizio foro, muratura in pietra con piccole discontinuità



EM9.4 - fine foro

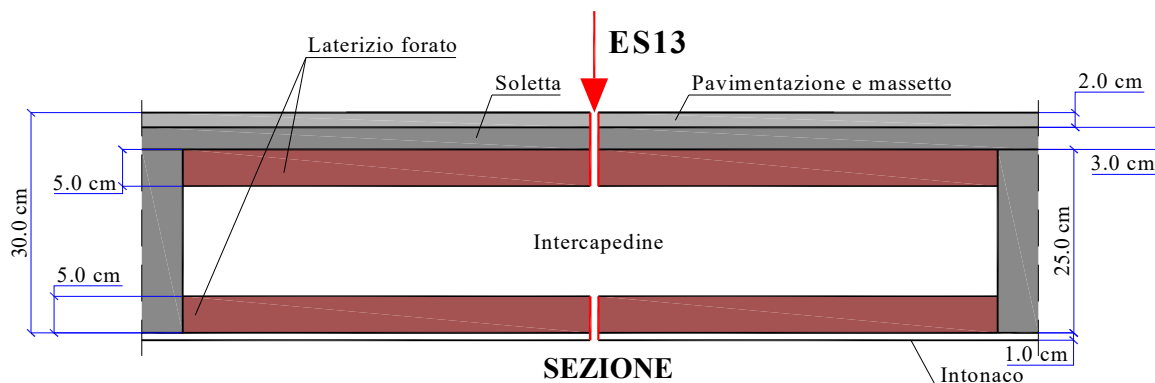
INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE
ENDOSCOPIA - EM10 - PIANO PRIMO
SCHEMA GRAFICO E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



SCATTI ENDOSCOPICI



INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE
ENDOSCOPIA - ES13 - PIANO PRIMO
SCHEMA GRAFICO E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



SCATTI ENDOSCOPICI



ES13.1 - inizio foro, estradosso solaio,
pavimentazione



ES13.2 - 4 cm da inizio foro,
soletta e massetto



ES13.3 - 10 cm da inizio foro,
laterizio forato



ES.13.4 - fine foro, laterizio forato

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE

INDAGINE MAGNETOMETRICA IP3/6 - SOLAIO PIANO SOTTOTETTO

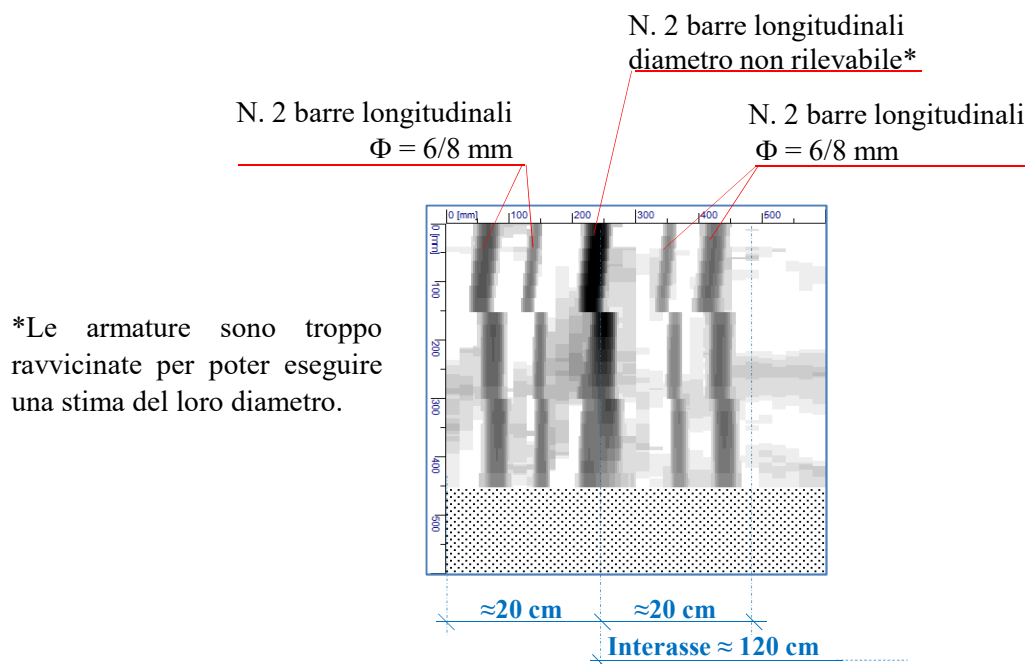


IMMAGINE MAGNETOMETRICA IP3/6

Sono visibili le armature longitudinali di due travetti accoppiati del solaio. Ogni travetto è armato con n. 3 barre longitudinali.
Interasse travetti ≈ 120 cm.

INDAGINE MAGNETOMETRICA IP3/8 - SOLAIO PIANO SOTTOTETTO

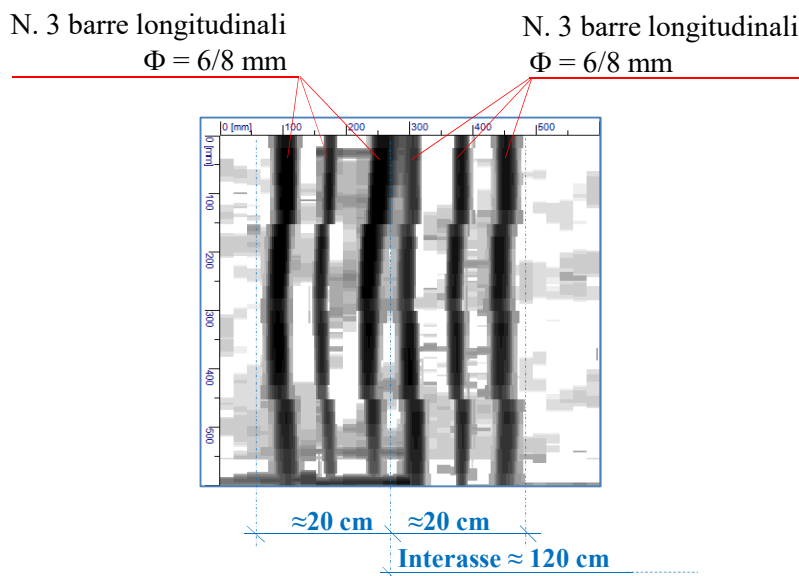


IMMAGINE MAGNETOMETRICA IP3/6

Sono visibili le armature longitudinali di due travetti accoppiati del solaio. Ogni travetto è armato con n. 3 barre longitudinali.
Interasse travetti ≈ 120 cm.

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE
INDAGINE MAGNETOMETRICA IP3/7 - SOLAIO PIANO SOTTOTETTO

N. 9 barre longitudinali

$\Phi = 6/8 \text{ mm}$

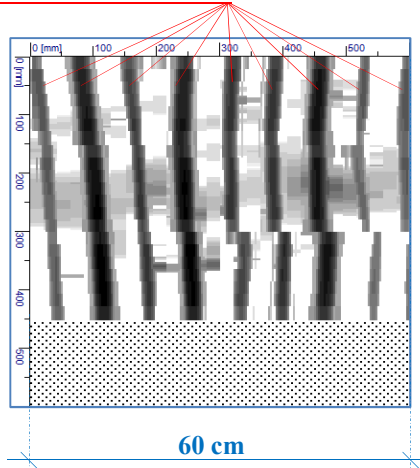
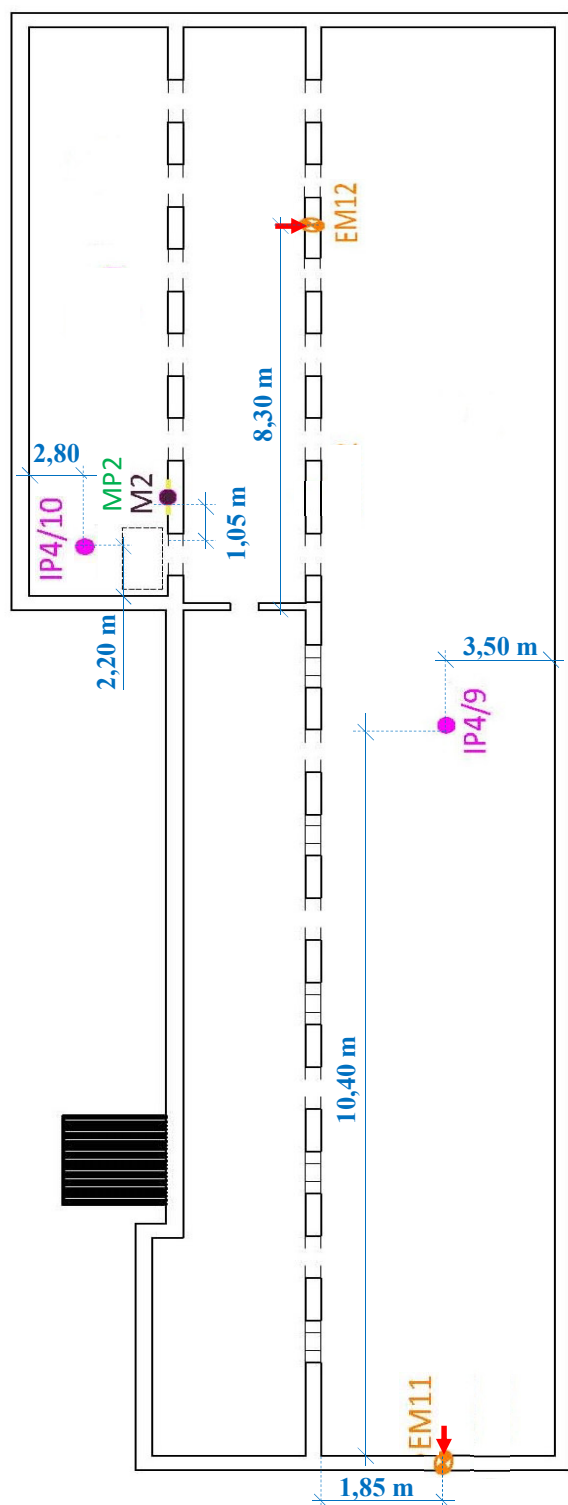


IMMAGINE MAGNETOMETRICA IP3/7

2.4. PIANO SOTTOTETTO

- <i>DISLOCAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE</i>	36
- <i>PROVA CON MARTINETTI PIATTI SINGOLI E DOPPI</i>	37
- <i>INDAGINI VIDEOENDOSCOPICHE</i>	43
- <i>INDAGINI MAGNETOMETRICHE</i>	45

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE
DISLOCAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE - PIANO SOTTOTETTO



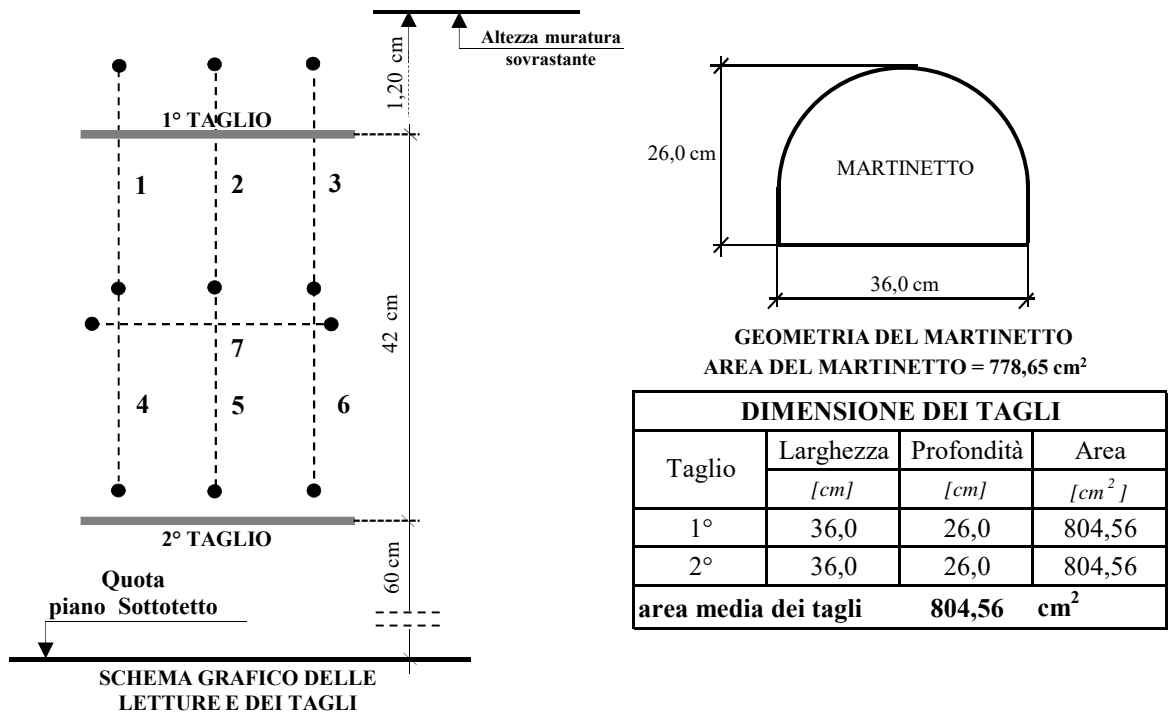
LEGENDA

MP	Martinetti piatti doppi
M	Prelievo campione malta
↓ EM	Endoscopia passante muratura
IP	Indagine magnetometrica
↓ ES	Endoscopia passante solaio

PIANTA PIANO SOTTOTETTO
ENDOSCOPIE MURI PIANO SOTTOTETTO
MARTINETTO PIATTO DOPPIO PIANO SOTTOTETTO
INDAGINI MAGNETOMETRICHE SOLAI DI COPERTURA

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE

PROVA CON MARTINETTO PIATTO MP2 - PIANO SOTTOTETTO CARATTERISTICHE DEI TAGLI, DELLE LETTURE E DEI MARTINETTI



TIPOLOGIA MURARIA INDAGATA

Muratura in mattoni pieni



INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE

**PROVA CON MARTINETTO PIATTO MP2 - PIANO SOTTOTETTO
PRIMO TAGLIO - TABELLA DELLE MISURAZIONI EFFETTUATE**

		LETTURE ESEGUITE					
Ora	Pressione [bar]	Lett. 1 [mm*10 ⁻¹]	Lett. 2 [mm*10 ⁻¹]	Lett. 3 [mm*10 ⁻¹]	Lett. 4 [mm*10 ⁻¹]	Lett. 5 [mm*10 ⁻¹]	Lett. 6 [mm*10 ⁻¹]
9:26	Zero iniziale	34,98	52,55	54,01	36,60	34,89	42,87
9:30		34,98	52,55	54,02	36,60	34,90	42,85
ESECUZIONE 1° TAGLIO							
9:45	0,0	35,15	52,86	54,28	36,58	34,90	42,85
9:50	0,5	34,92	52,47	53,84	36,60	34,91	42,86

Nota: Ad una pressione di **0,5 bar** si sono ripristinate le condizioni di deformazione iniziali, prima dell'esecuzione del taglio.

**PRIMO TAGLIO
TABELLA DELLE DEFORMAZIONI UNITARIE E DELLE TENSIONI**

Pressione al martinetto [bar]	DEFORMAZIONI UNITARIE							Tensione
	$\varepsilon 1$	$\varepsilon 2$	$\varepsilon 3$	$\varepsilon 4$	$\varepsilon 5$	$\varepsilon 6$	ε medio	σ [N/mm ²]
0,0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00
0,5	1,12E-04	1,90E-04	2,15E-04	9,76E-06	4,88E-06	4,88E-06	6,50E-06	0,04
$\sigma = 0,04 \text{ N/mm}^2$								

La σ rappresenta la tensione applicata per ripristinare le condizioni prima del taglio (**tensione di esercizio presente nel setto murario**).

La formula per la determinazione di σ è la seguente: $\sigma = K_m \times K_A \times p$.

K_m = coefficiente ricavato da curva di taratura consegnata dal fornitore dei martinetti piatti;

$K_m = 0,91$ per $1 \text{ bar} \leq p_m \leq 50 \text{ bar}$ dove p_m = pressione del martinetto.

$K_A = (A_j/A_c)$ rapporto area del martinetto (778,65 cm²)/area del taglio (804,56 cm²);

p è la pressione al martinetto che ripristina le condizioni originarie.

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE

**PROVA CON MARTINETTO PIATTO MP2 - PIANO SOTTOTETTO
SECONDO TAGLIO - TABELLA DELLE MISURAZIONI EFFETTUATE**

		LETTURE ESEGUITE			
Ora	Pressione [bar]	Lett. 4 [mm*10 ⁻¹]	Lett. 5 [mm*10 ⁻¹]	Lett. 6 [mm*10 ⁻¹]	Lett. 7 [mm*10 ⁻¹]
10:22	0,0	78,37	79,95	71,77	68,60
10:24	2,0	78,16	79,46	71,64	68,60
10:26	4,0	77,82	79,05	71,55	68,63
10:28	6,0	77,25	78,77	71,45	68,71
10:30	8,0	77,20	78,20	71,24	68,80
10:32	10,0	76,81	77,49	70,53	69,10
10:34	12,0	76,37	76,78	70,02	69,34
10:36	14,0	75,75	75,88	69,37	69,61
10:38	12,0	75,81	75,93	69,42	69,61
10:40	10,0	75,87	76,00	69,49	69,60
10:42	8,0	75,96	76,12	69,59	69,49
10:44	6,0	76,12	76,34	69,77	69,47
10:46	4,0	76,34	76,64	70,01	69,38
10:48	2,0	76,67	77,07	70,30	69,22
10:50	0,0	77,55	78,45	71,28	68,99

Prima dell'esecuzione del ciclo di carico sono stati eseguiti n. 2 pre-cicli con pressione massima pari a 6 bar.

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE

**PROVA CON MARTINETTO PIATTO MP2 - PIANO SOTTOTETTO
SECONDO TAGLIO - TABELLA DELLE DEFORMAZIONI UNITARIE**

Pressione al martinetto [bar]	DEFORMAZIONI UNITARIE					Tensione σ [N/mm ²]
	ε_4	ε_5	ε_6	$\varepsilon_{\text{medio}}$	ε_7	
0,0	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,00
2,0	1,024E-04	2,390E-04	6,341E-05	1,350E-04	0,000E+00	0,18
4,0	2,683E-04	4,390E-04	1,073E-04	2,715E-04	1,463E-05	0,35
6,0	5,463E-04	5,756E-04	1,561E-04	4,260E-04	5,366E-05	0,53
8,0	5,707E-04	8,537E-04	2,585E-04	5,610E-04	9,756E-05	0,70
10,0	7,610E-04	1,200E-03	6,049E-04	8,553E-04	2,439E-04	0,88
12,0	9,756E-04	1,546E-03	8,537E-04	1,125E-03	3,610E-04	1,06
14,0	1,278E-03	1,985E-03	1,171E-03	1,478E-03	4,927E-04	1,23
12,0	1,249E-03	1,961E-03	1,146E-03	1,452E-03	4,927E-04	1,06
10,0	1,220E-03	1,927E-03	1,112E-03	1,420E-03	4,878E-04	0,88
8,0	1,176E-03	1,868E-03	1,063E-03	1,369E-03	4,341E-04	0,70
6,0	1,098E-03	1,761E-03	9,756E-04	1,278E-03	4,244E-04	0,53
4,0	9,902E-04	1,615E-03	8,585E-04	1,154E-03	3,805E-04	0,35
2,0	8,293E-04	1,405E-03	7,171E-04	9,837E-04	3,024E-04	0,18
0,0	4,000E-04	7,317E-04	2,390E-04	4,569E-04	1,902E-04	0,00

Alla tensione $\sigma = 0,70 \text{ N/mm}^2$ si verifica la perdita di linearità sul diagramma tensioni-deformazioni.

Alla tensione $\sigma = 1,23 \text{ N/mm}^2$ la prova viene interrotta a causa della diffusa fessurazione della porzione di muratura indagata.

*** Stima Modulo Elastico $\approx 1246 \text{ N/mm}^2$**

* La stima del modulo elastico è stata effettuata considerando la media delle letture ed isolando la parte lineare del grafico tensioni-deformazioni unitarie. Il modulo elastico è dato dal valore del coefficiente angolare della linea di tendenza di tale grafico (vedi grafici pag. seguente).

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE

PROVA CON MARTINETTO PIATTO MP2 - PIANO SOTTOTETTO DIAGRAMMA TENSIONI-DEFORMAZIONI UNITARIE

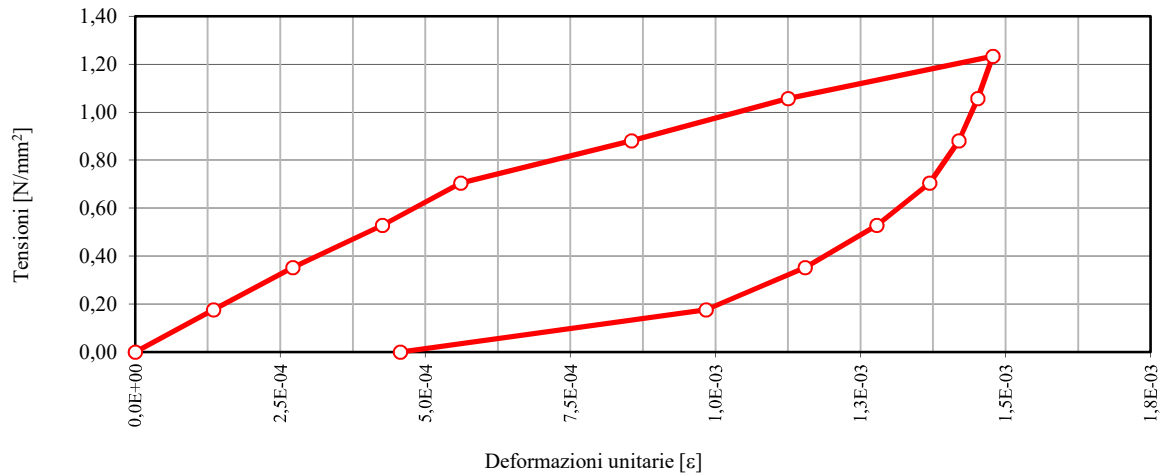
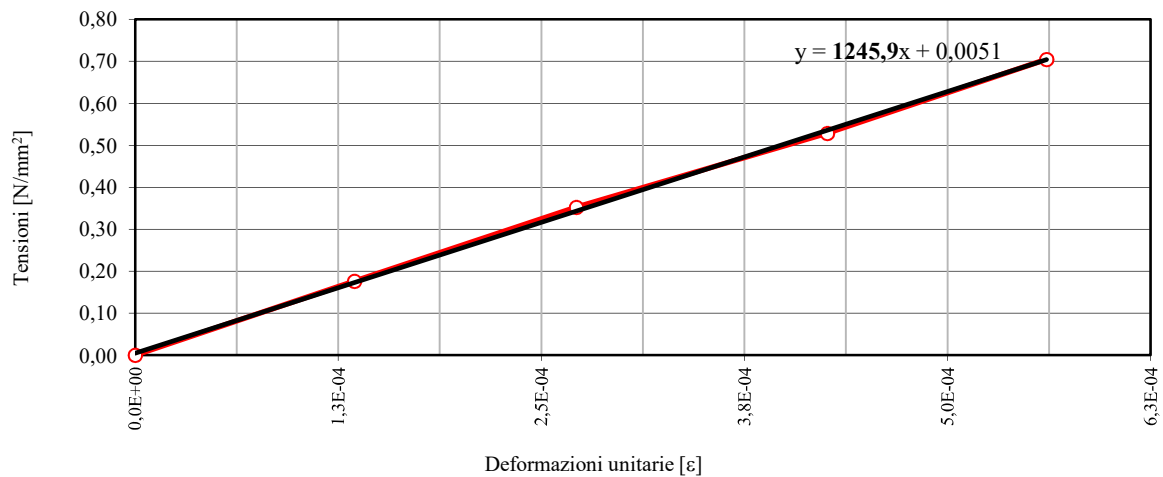
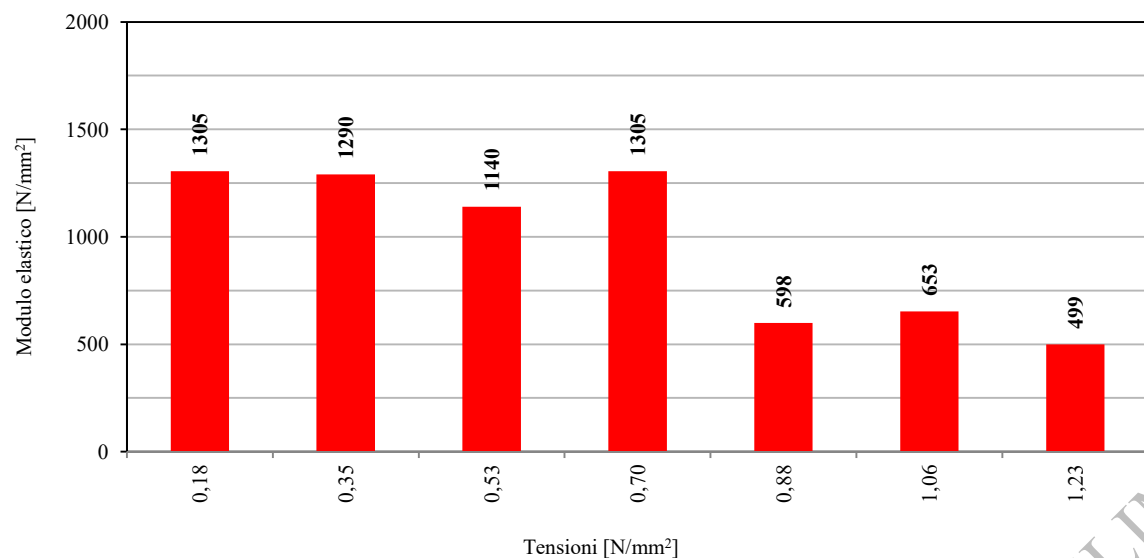


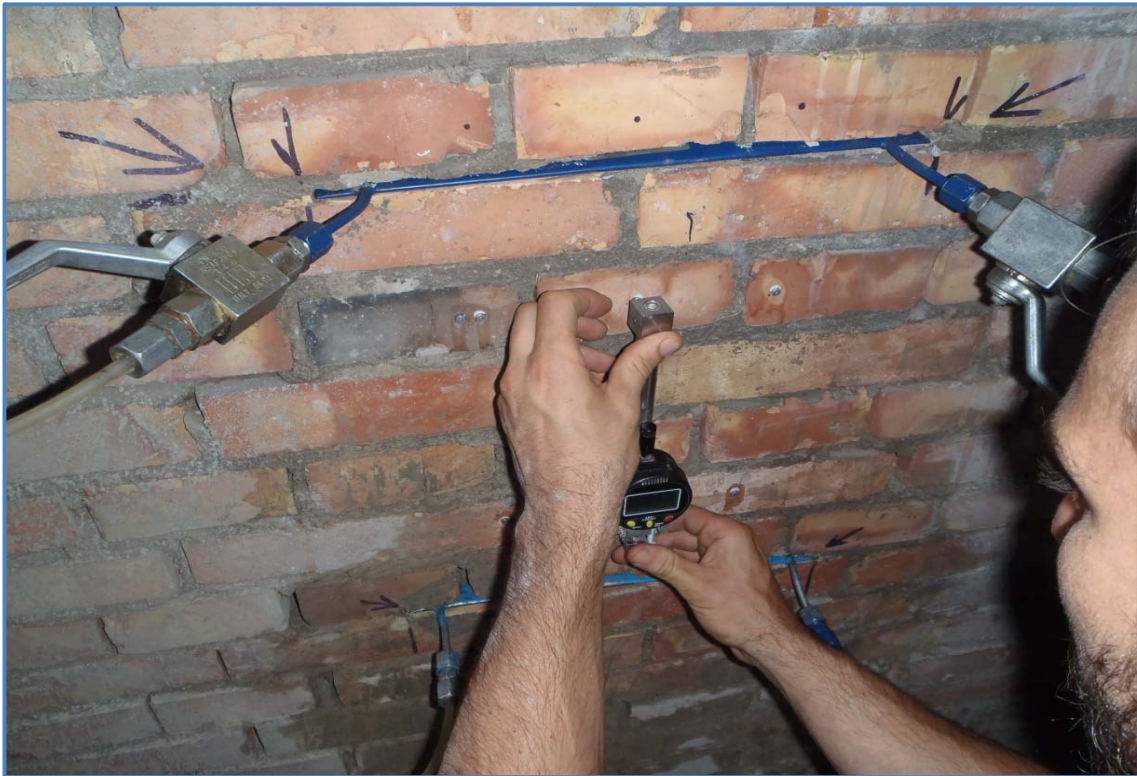
DIAGRAMMA TENSIONI-MEDIE DEFORMAZIONI UNITARIE (Tratto lineare)



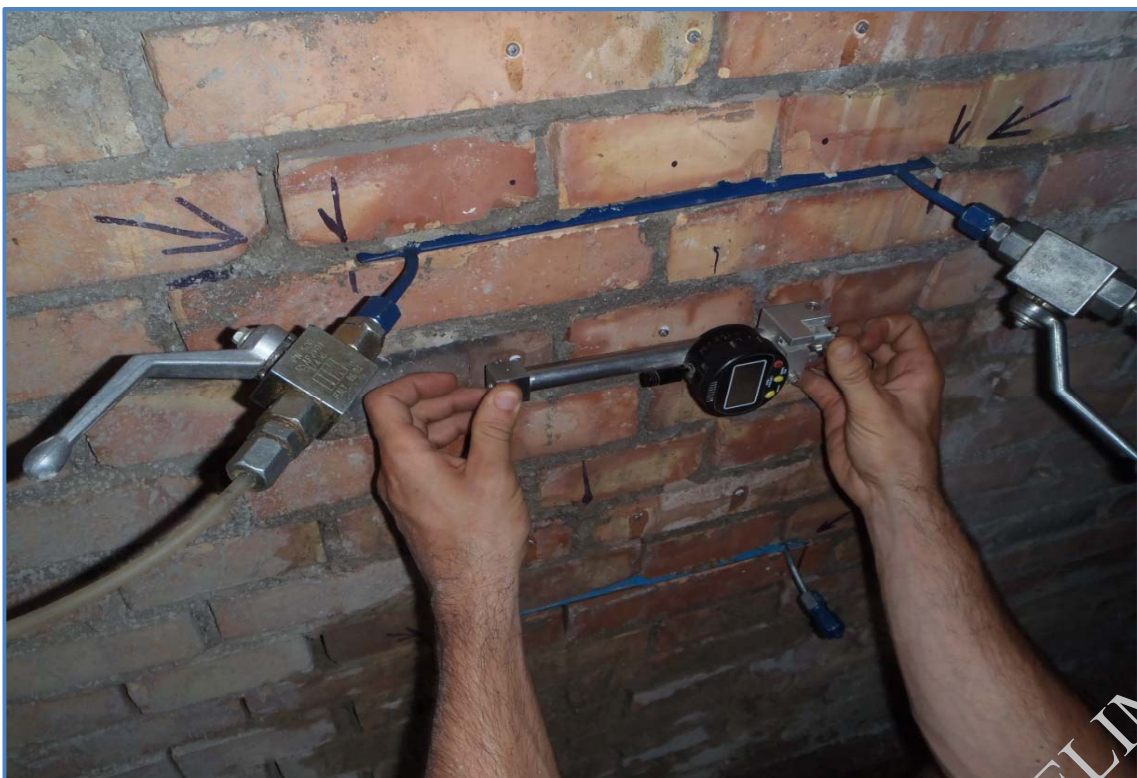
MODULO ELASTICO



INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE
PROVA CON MARTINETTO PIATTO MP2 - PIANO SOTTOTETTO
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

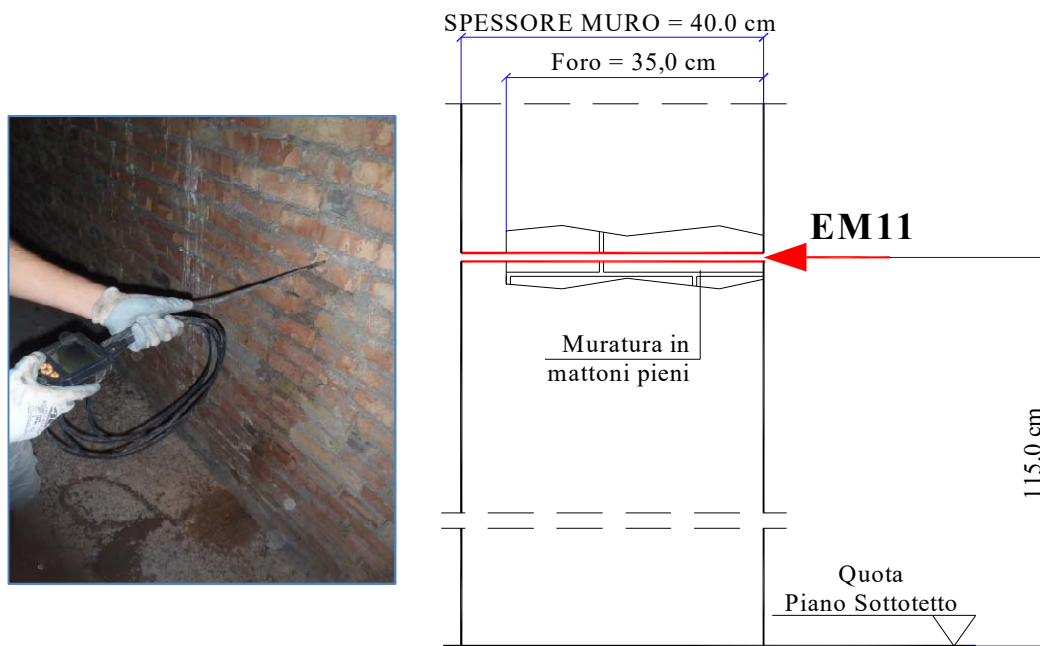


Esecuzione lettura n. 5



Esecuzione lettura n. 7

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE
ENDOSCOPIA - EM11 - PIANO SOTTOTETTO
SCHEMA GRAFICO E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



SEZIONE

SCATTI ENDOSCOPICI



EM11.1 - inizio foro,
muratura in mattoni pieni



EM11.2 - 15 cm da inizio foro,
muratura in mattoni pieni

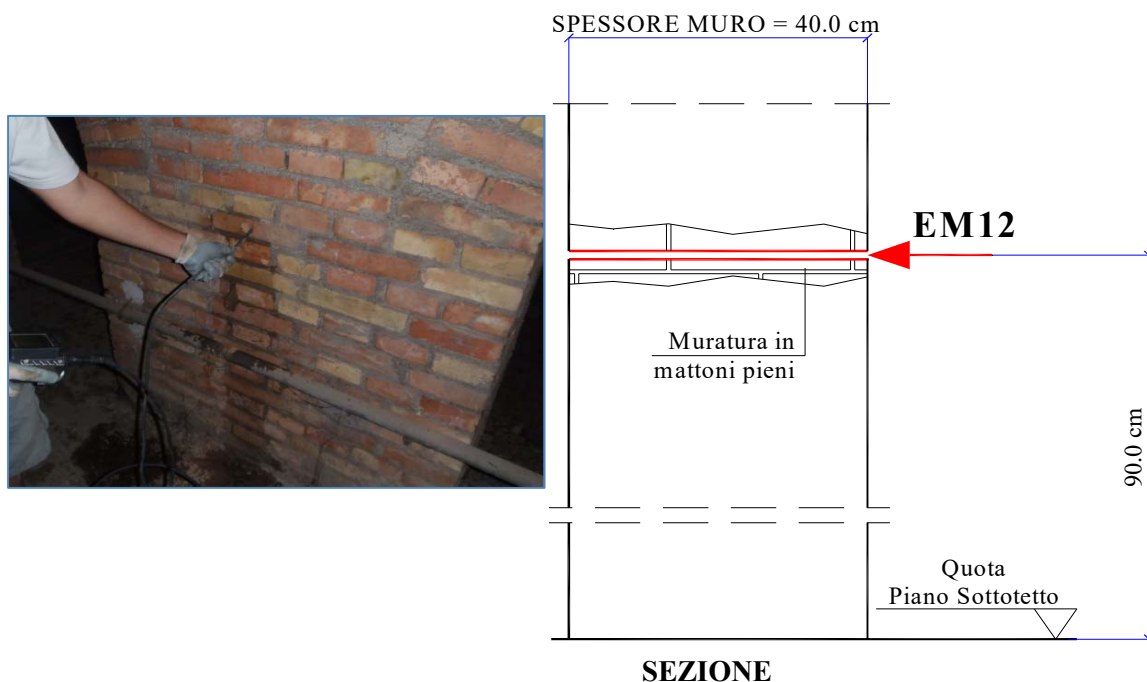


EM11.3 - 30 cm da inizio foro,
muratura in mattoni pieni



EM11.4 - Fine foro,
muratura in mattoni pieni

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE
ENDOSCOPIA - EM12 - PIANO SOTTOTETTO
SCHEMA GRAFICO E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



SCATTI ENDOSCOPICI



EM12.1 - inizio foro,
muratura in mattoni pieni



EM12.2 - 15 cm da inizio foro,
muratura in mattoni pieni



EM12.3 - 30 cm da inizio foro,
muratura in mattoni pieni



EM12.4 - Fine foro,
muratura in mattoni pieni

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE

INDAGINE MAGNETOMETRICA IP4/9 - SOLAIO DI COPERTURA

N. 9 barre longitudinali

$\Phi = 6/8 \text{ mm}$

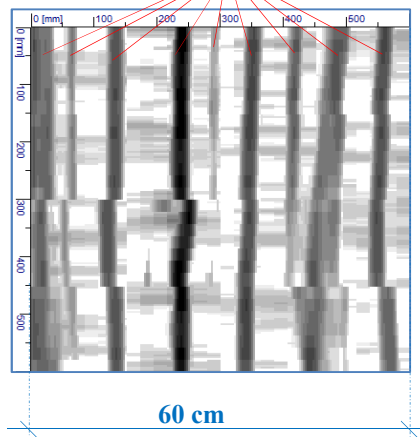
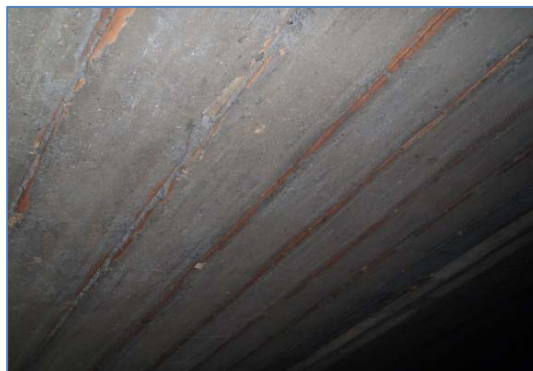


IMMAGINE MAGNETOMETRICA IP4/9

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE
INDAGINE MAGNETOMETRICA IP4/10 - SOLAIO DI COPERTURA

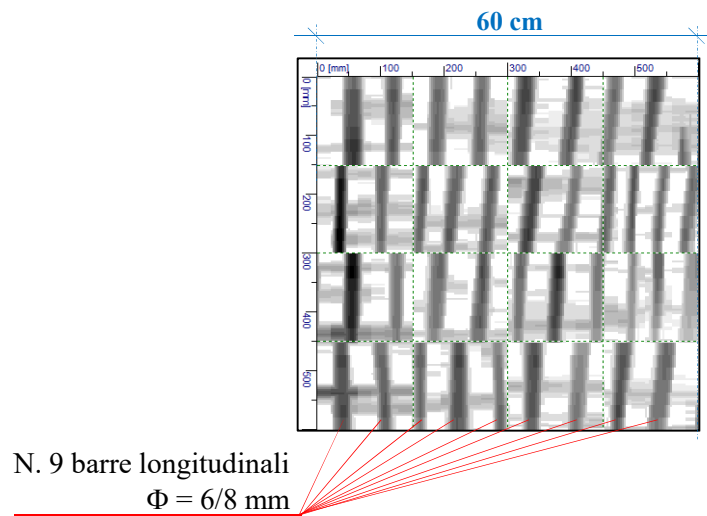


IMMAGINE MAGNETOMETRICA IP4/10

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



ALLEGATO A. METODOLOGIA DELLE INDAGINI SPERIMENTALI

A.1. PROVE CON MARTINETTI PIATTI

A.1.1. Martinetto semplice

A.1.1.1. Generalità

La metodologia di prova è finalizzata alla valutazione dei carichi effettivamente gravanti su un paramento murario. La misura viene effettuata nelle reali condizioni di normale esercizio del manufatto, per cui è di fondamentale importanza per un'analisi progettuale di verifica e di eventuale rinforzo. Le condizioni che caratterizzano tale tipo di prova sono costituite dal tipo di compressione praticamente uniassiale e dal fatto che la porzione di muratura in esame ha dei vincoli particolari non simmetrici ed a volte non del tutto ben definiti.

Con opportuna sega "da muro" (montata su supporti adeguati che garantiscono la perfetta orizzontalità e profondità del taglio) si procede all'asportazione di un giunto di malta. Tale operazione provoca un rilascio nella zona di muro interessata ed una conseguente redistribuzione delle tensioni. Infatti il taglio di piccolo spessore (al massimo di 15 mm), realizzato senza intaccare il corpo degli elementi di laterizio o lapidei, genera l'instaurarsi di due fenomeni caratteristici:

- a) un cedimento micrometrico della muratura sovrastante il taglio, dovuto ai carichi gravanti nella zona di taglio;
- b) l'instaurazione di un effetto arco che, redistribuendo le tensioni, garantisce la stabilità del paramento murario generando una nuova configurazione di equilibrio.

Se si applica pertanto un estensimetro di precisione in corrispondenza del taglio, si può rilevare l'entità dei cedimenti verificatisi nella prima fase di assestamento (cedimenti dell'ordine di frazioni di millimetro), rispetto alla situazione rilevata con due punti fissi (basi di misura) individuati prima dell'asportazione del giunto di malta.

Inserendo poi un martinetto sottile (piatto) nel taglio operato, si può ripristinare per via idraulica la situazione iniziale, annullando le deformazioni ed i cedimenti misurati. Il valore di pressione necessario per effettuare tale operazione è direttamente proporzionale all'entità dei carichi gravanti in tal punto per cui, adottando opportuni coefficienti correttivi che tengano conto di tipologia muraria, condizioni di svolgimento della prova, tipo di martinetti impiegati, si può risalire al valore del carico unitario agente sulla muratura nella zona di taglio.

A.1.2. Attrezzatura di prova e messa in opera

A.1.2.1. Misure di deformazione

Le basi di misura (di lunghezza pari a 250/300 mm) sono costituite da coppie di capisaldi da incollare sulla faccia della muratura. Le misure di convergenza sono eseguite con l'aiuto di un estensimetro meccanico rimovibile (deformometro) con campo di misura di circa 5 mm e risoluzione pari almeno a 0.01 mm.

I capisaldi sono costituiti da piastrine metalliche di circa 20 mm di diametro, fissate alla muratura mediante resine alla muratura.

Per lo svolgimento della prova sono state predisposte n. 3 basi (cioè n. 6 piastrine) nella zona superiore al taglio e n. 3 basi a cavallo oltre a n. 1 base ortogonalmente al taglio. Tutte le basi sono state collocate prima della esecuzione del taglio e sono state posizionate in mezz'aria e ad 1/4 della lunghezza del martinetto, come indicato nello schema allegato.

Prima di iniziare il taglio della fessura di alloggiamento del martinetto, si è provveduto ad eseguire e registrare la lettura a zero di tutte le basi di misura messe in opera.

A.1.2.2. Attrezzatura e modalità per l'esecuzione del taglio

La posizione della prova è stata scelta in modo che il martinetto possa sollecitare in modo centrato e simmetrico due o più elementi affacciati e sovrapposti alla muratura anche se dissimili; a tal fine il taglio è stato realizzato in corrispondenza del giunto di malta tra corsi regolari.

Il taglio è stato eseguito mediante un'apposita sega "da muro", raggiungendo una profondità di circa 25 mm oltre al fondo per alloggiare poi il martinetto che sarà da posizionare a filo con la faccia della parete della muratura da provare. Per poter realizzare un taglio a facce ben parallele, piane e prive di troppe asperità, si è provveduto ad impiegare una dima (cioè un telaio rigido di metallo) da appoggiare e fissare provvisoriamente alla parete della muratura.

Dopo la realizzazione del taglio si ripetono e si registrano le letture di tutte le basi estensimetriche previste.

A.1.2.3. Impianto idraulico di carico

Oltre al martinetto, l'impianto consiste di una tubazione idraulica di alta rigidità radiale, capace di sopportare le massime pressioni previste (60 bar), una pompa idraulica manuale a piccola corsa con rubinetto e valvola di non ritorno di buona tenuta, un regolatore fine della pressione (cioè un pistone con corsa manovrata da vite micrometrica) un manometro

A.1.2.4. Inserimento del martinetto nel taglio e messa in carico del circuito

Ultimato il taglio, si provvede ad ispezionarlo visivamente ed a ripulirlo, in modo da rimuovere ogni residuo di detrito ed accertare che non siano rimasti risalti troppo vivi o sporgenti sulle superfici del taglio. Viene poi effettuata un'accurata misura del taglio, per poter tener conto, in sede di elaborazione dei dati, della sua reale dimensione rispetto all'area del martinetto. La messa in carico del martinetto è realizzata per incrementi di pressione che sono da mettere in relazione alle deformazioni del bordo del taglio lette in corrispondenza di ogni gradino del carico. Il valore massimo della pressione da raggiungere è quella dell'annullamento della deformazione misurata in seguito all'esecuzione del taglio.

A.1.3. Martinetto doppio

A completamento delle informazioni rilevabili con il martinetto piatto singolo o semplice, è stata sviluppata la tecnica del martinetto doppio, al fine di consentire la stima del modulo elastico in opera della muratura in esame (ASTM C1197).

Il metodo consiste nel realizzare due tagli sovrapposti, come per il martinetto singolo, a distanza di circa 60 cm lungo la verticale, e di inserirvi due martinetti piatti. Per il resto, la prova si svolge in maniera del tutto analoga al martinetto semplice. In tal modo si esegue una vera e propria prova a compressione sulla zona di muratura compresa tra i due martinetti, su un ideale campione in opera, con tutti i vantaggi di una prova in situ, con tutte le condizioni al contorno reali. Si supera in tal modo il limite riscontrato nella prova di laboratorio su campioni isolati.

A.2. INDAGINI MAGNETOMETRICHE

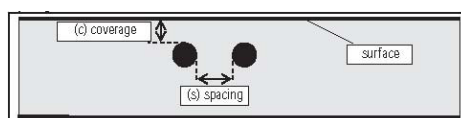
A.2.1. Capacità di misurazione del sistema e condizioni

È necessario che siano soddisfatte le seguenti condizioni per ottenere valori di lettura affidabili:

- superficie del calcestruzzo liscia e piatta
- ferri d'armatura non corrosi
- armatura parallela alla superficie
- il calcestruzzo non deve contenere alcun tipo di materiale inerte o componenti con caratteristiche magnetiche
- i ferri d'armatura sono disposti verticalmente, con una precisione del $\pm 5^\circ$, rispetto al senso di scansione
- i ferri d'armatura non sono saldati
- i ferri contigui hanno un diametro simile
- i ferri contigui si trovano alla stessa profondità
- nessun effetto di disturbo proveniente da campi magnetici esterni o da oggetti, presenti nelle immediate vicinanze, dotati di proprietà magnetiche
- i ferri d'armatura hanno una permeabilità magnetica relativa di 85–105
- le ruote dello scanner sono pulite e non presentano tracce di sabbia o altro sporco simile
- tutte e 4 le ruote dello scanner scorrono sull'oggetto da misurare

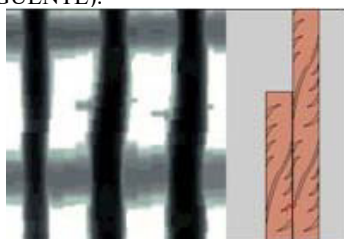
Se una o più di queste condizioni non vengono soddisfatte, la precisione del rilevamento può risultarne compromessa.

Il rapporto distanza ferri/copriferro (s/c) rappresenta spesso un limite nella individuazione dei ferri singoli.



Nota: (c) coverage = copriferro
(s) spacing = spazio tra le barre
surface = superficie

Distanza minima barre 36 mm per l'individuazione di barre d'armatura singole, oppure distanza ferri/copriferro (s/c) 1,5 / 1, in base al valore superiore. Per una misurazione della profondità è necessaria una profondità minima di 10 mm. Le barre di armatura che si trovano al di sotto dell'armatura superiore, non sempre posso essere localizzati; ugualmente accade per barre sovrapposte (vedi schema PAGINA SEGUENTE).



A.2.2. Precisione nella stima del copriferro (profondità)

La precisione nella stima del copriferro in funzione del diametro rilevato, è riportata nella tabella sottostante

Diametro rilevato	Misura rilevata del Copriferro (profondità)								
	[mm]								
	20	40	60	80	100	120	140	160	180
6	±3	±3	±4	±6	±8	O	X	X	X
8	±3	±3	±4	±6	±8	O	O	X	X
10	±3	±3	±4	±6	±8	O	O	X	X
12	±3	±3	±4	±6	±8	±12	O	X	X
14	±3	±3	±4	±6	±8	±12	±14	X	X
16	±3	±3	±4	±6	±8	±12	±14	X	X
20	±3	±3	±4	±6	±8	±12	±14	X	X
25	±3	±3	±4	±6	±8	±12	±14	X	X
28	±3	±3	±4	±6	±8	±12	±14	X	X
30	±3	±3	±4	±6	±8	±12	±14	X	X

Il valore indica la precisione tipica della misurazione di profondità (scostamento dal valore effettivo) in mm.

O: a questa profondità è possibile individuare la barra di armatura, tuttavia non può essere stimata la profondità.

X: a questa profondità non è possibile individuare la barra di armatura.

A.2.3. Precisione nella stima del diametro delle barre di armatura

Diametro standard ± 1 mm, dove il rapporto distanza ferri/copriferro è $\geq 1,5 / 1$.

A.2.4. Precisione nella localizzazione delle barre di armatura

Misurazione relativa del centro della barra (tutte le modalità operative): standard ± 3 mm, dove il rapporto distanza ferri/copriferro è $\geq 1,5 / 1$.

A.2.5. Modalità di utilizzo dello strumento

Il pachometro può essere utilizzato in due modalità: la modalità quickscan e la modalità imagescan.

La modalità Quickscan può essere utilizzata per determinare velocemente la posizione dei ferri d'armatura, che verranno quindi segnati sulla superficie analizzata. Questo procedimento viene definito Rilevamento Quickscan (a scansione rapida). Lo scanner rileva solo le barre d'armatura che sono verticali rispetto al senso della scansione. Le barre che sono parallele rispetto al senso della scansione non vengono invece rilevate. Per questo motivo ci si deve accertare che la scansione dell'oggetto avvenga sia in senso orizzontale, sia verticale. Per barre d'armatura che si trovino in posizione obliqua rispetto al senso della scansione, potrebbe eventualmente essere calcolata una profondità errata.

La modalità Imagescan viene utilizzata per creare un'immagine della disposizione dei ferri d'armatura. La profondità ed il diametro dei ferri d'armatura possono essere determinati in un punto qualsiasi. Per ogni punto identificato sull'immagine scanner, si riporta: il numero di riferimento del punto identificativo, la stima del diametro della barra di armatura in quel punto e l'orientamento della barra di armatura.

A.3. ATTREZZATURE UTILIZZATE

A.3.1. Generalità

La Società *EXPERIMENTATIONS S.r.l.*, operante secondo il Sistema Qualità UNI EN ISO 9001, certificato Bureau Veritas. n.IT260359, ha adottato una serie di procedure operative per la taratura delle sue apparecchiature.

A.3.2. Attrezzatura per indagini videoendoscopiche

Per l'esecuzione di tali indagini è stata utilizzata l'apparecchiatura IPLEX-FX - OLYMPUS, codice interno **PE F643**.

A.3.3. Attrezzatura per indagini magnetometriche

Per l'esecuzione di tali indagini è stata utilizzata l'apparecchiatura portatile della Hilti denominata "Ferrosan", codice interno **PE F196**.

A.3.4. Attrezzatura per letture martinetti piatti singoli e doppi

Per l'esecuzione di tali indagini è stato utilizzato il comparatore digitali millesimali MATEST, codice interno **PE F896** e un manometro, codice interno **PE F646**.

A.3.5. Attrezzatura per rilievi

Le misure sono state rilevate in sito e in laboratorio, tramite un metro codice interno **LAB A87**, la cui taratura è documentata dalla verifica di taratura *EXPERIMENTATIONS*.