



*Prefettura di Parma*  
*Ufficio Territoriale del Governo*

## **RELAZIONE DI VULNERABILITA' SISMICA**

### **VERIFICHE SISMICHE IN EDIFICI STRATEGICI O** **RILEVANTI AI FINI DEL COLLASSO**

*Ai sensi dell'art. 2 comma 3 OPCM 3274/2003 e ai sensi del D.M. 17/01/2018 e circ. 7/19*

## **ALLEGATO R2**

## **INDAGINI DIAGNOSTICHE DI LABORATORIO**

#### **DESCRIZIONE:**

**VERIFICA DELLA VULNERABILITA' SISMICA DEL "PALAZZO RANGONI FARNESE"**

**SEDE DELLA PREFETTURA DI PARMA – UFFICIO TERRITORIALE DEL GOVERNO**

**Strada Repubblica, 39 - Parma**

#### **COMMITTENTE:**

**PREFETTURA DI PARMA - UFFICIO TERRITORIALE DEL GOVERNO**

**Strada Repubblica, 39 - Parma**

#### **PROGETTISTA :**

**Dott. Ing. STEFANO COBIANCHI**

**via Tazio Nuvolari, 44, 43122 PARMA (PR)**

**Albo Ingegneri Prov. PR N.1345/A**

#### **COLLABORATORI :**

**Dott. Ing. CLAUDIO CANALI**

**Dott. Ing. GIULIO ROMANELLI**

**Ing. iunior SIMONE SILVAGNI**



**Studio MM S.r.l.**  
Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

# **REPORT INDAGINI DIAGNOSTICHE** **FINALIZZATE A VERIFICA DELLA VULNERABILITA'** **SISMICA IN EDIFICI STRATEGICI O RILEVANTI AI FINI** **DEL COLLASSO**

*Ai sensi dell'art. 2 comma 3 OPCM 3274/2003 e ai sensi del D.M. 17/01/2018 e circ. 7/19*



**CANTIERE:**

***“PALAZZO RANGONI FARNESE” - SEDE DELLA PREFETTURA DI PARMA”***  
***– UFFICIO TERRITORIALE DEL GOVERNO - Strada Repubblica, 39 - Parma***

**COMMITTENTE:**

***PREFETTURA DI PARMA - UFFICIO TERRITORIALE DEL GOVERNO***  
***Strada Repubblica, 39 - Parma***

**PROGETTISTA :**

***Dott. Ing. STEFANO COBIANCHI Via Tazio Nuvolari, 44, 43122 PARMA (PR)***  
***Albo Ingegneri Prov. PR N.1345/A***

**COLLABORATORI :**

***Dott. Ing. CLAUDIO CANALI***  
***Dott. Ing. GIULIO ROMANELLI***  
***Ing. iunior SIMONE SILVAGNI***

***Ingresso n. 278-2019***



## SOMMARIO

<b>A. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>B. UBICAZIONE PUNTI DI INDAGINE.....</b>	<b>4</b>
<b>C. SAGGI CONOSCITIVI - CAROTAGGI - ENDOSCOPIE .....</b>	<b>7</b>
C.1 METODOLOGIA DELLA PROVA .....	7
C.1.1 CAROTATRICE - STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA.....	7
C.1.2 ENDOSCOPIO - STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA.....	8
C.2 RESOCONTO INDAGINI.....	9
<b>D. INDAGINI PACOMETRICHE E TERMOGRAFICHE .....</b>	<b>23</b>
D.1 METODOLOGIA DELLA PROVA .....	23
D.1.1 DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE PACOMETRO.....	23
D.1.2 DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE TERMOCAMERA.....	26
D.2 RESOCONTO INDAGINI.....	27
<b>E. PROVE DI PENETRAZIONE SU MALTA .....</b>	<b>32</b>
E.1 METODOLOGIA DELLA PROVA .....	32
E.1.1 STRUMENTAZIONE .....	32
E.1.2 PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO.....	33
E.1.3 MODALITA' DI ESECUZIONE DELLA PROVA.....	34
E.2 RESOCONTO INDAGINI.....	35
<b>F. PROVE SONICHE .....</b>	<b>41</b>
F.1 STRUMENTAZIONE e METODOLOGIA D'INDAGINE .....	41
F.1.1 STRUMENTAZIONE .....	41
F.1.2 METODOLOGIA D'INDAGINE.....	42
F.1.3 SCOPO DELLE INDAGINI.....	43
F.2 RESOCONTO INDAGINI.....	44



**Studio MM S.r.l.**

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

## **A. PREMESSA**

Nelle date di Giovedì 14/03/2019 e Venerdì 15/03/2019, su richiesta della Committenza, è stata condotta una campagna di prove strumentali a supporto della verifica di vulnerabilità sismica del palazzo “Rangoni Farnese” sede della Prefettura di Parma ubicato presso Strada Repubblica n°39 - 43121 Parma (PR).

Le indagini sono state eseguite nei punti indicati dal gruppo di progettazione composto da Ing. Stefano Cobianchi, Ing. Claudio Canali, Ing. Giulio Romanelli, Ing. Junior Simone Silvagni e secondo le modalità concordate.

Le prove eseguite sono:

- N° 1 Saggi Conoscitivi
- N° 5 Carotaggi
- N° 2 Endoscopie
- N° 5 Termografie
- N° 2 Prove Pacometriche per verifica ferri di armatura
- N° 2 Prove di penetrazione su malta di allettamento
- N° 5 Prove Soniche



**Foto 01.** Edificio oggetto di indagine



## **B. UBICAZIONE PUNTI DI INDAGINE**

Vengono di seguito riportate le planimetrie del fabbricato oggetto di studio con evidenziati i punti di prova.

LEGENDA:

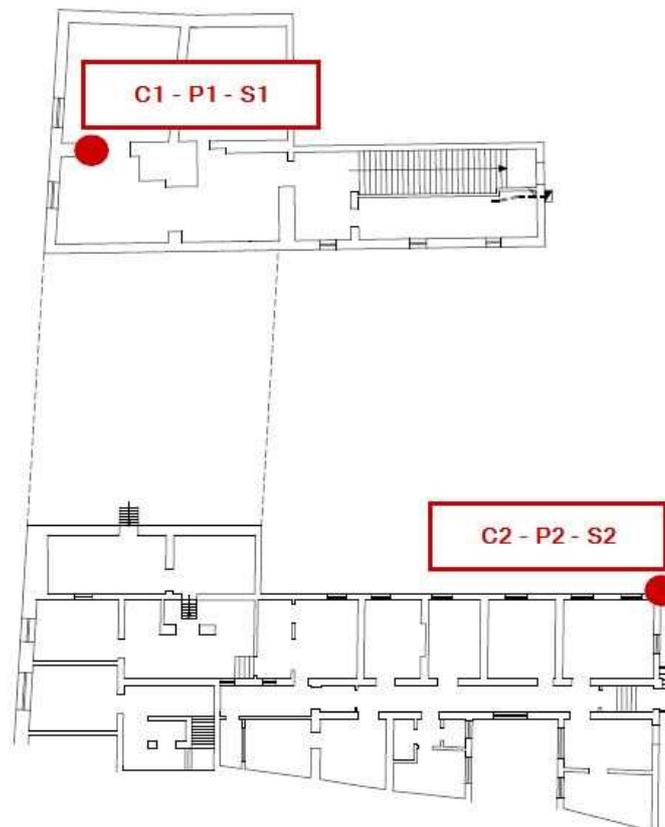
**C:** Carotaggio

**S:** Prova Sonica

**P:** Prova di penetrazione su malta di allettamento

**T:** Termografia

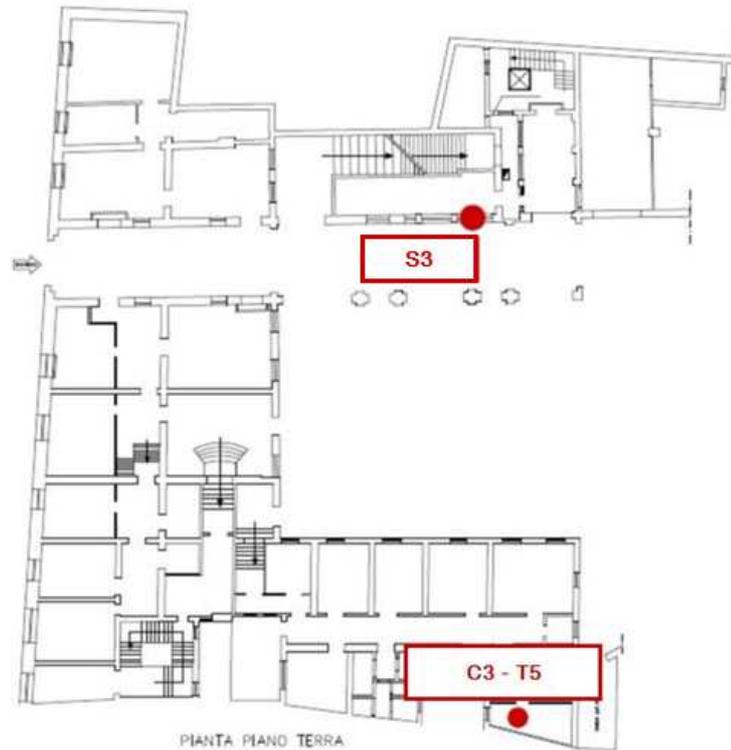
**PAC:** Pacometria



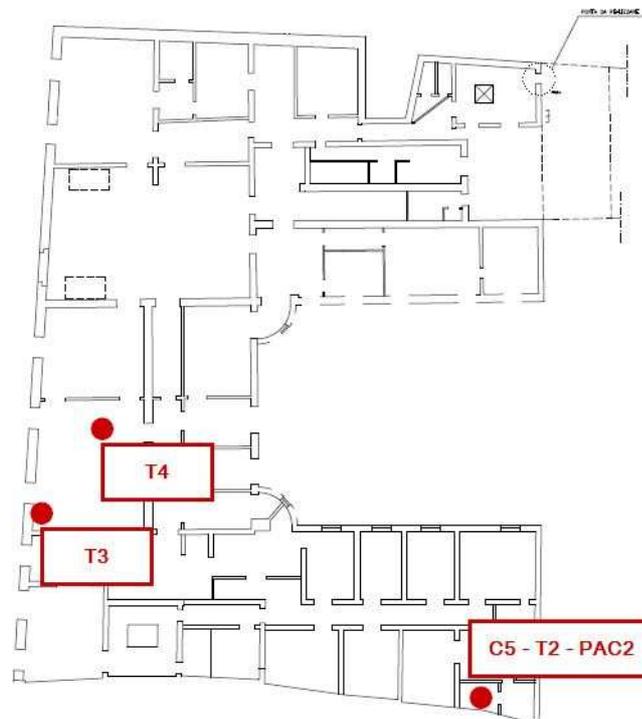
**Figura 01.** Estratto planimetria piano interrato. In rosso i punti di prova



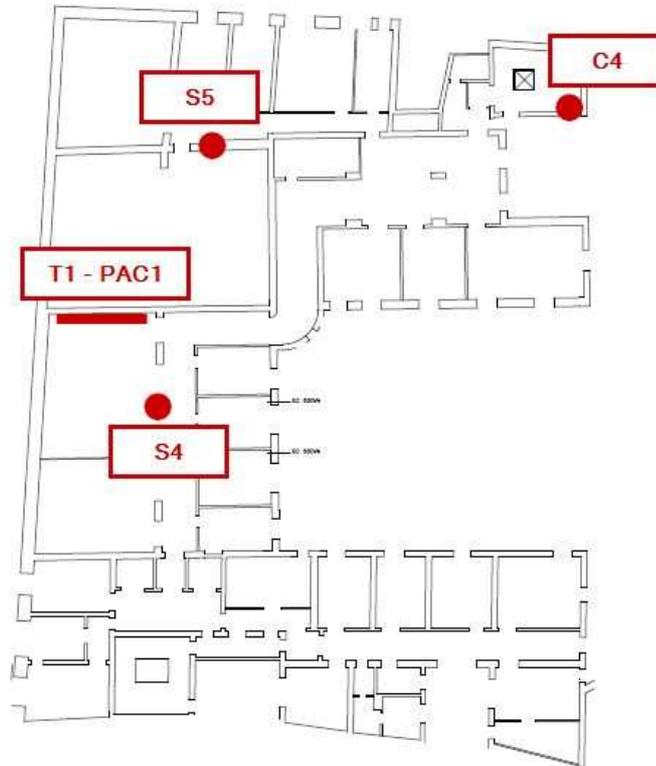
Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953



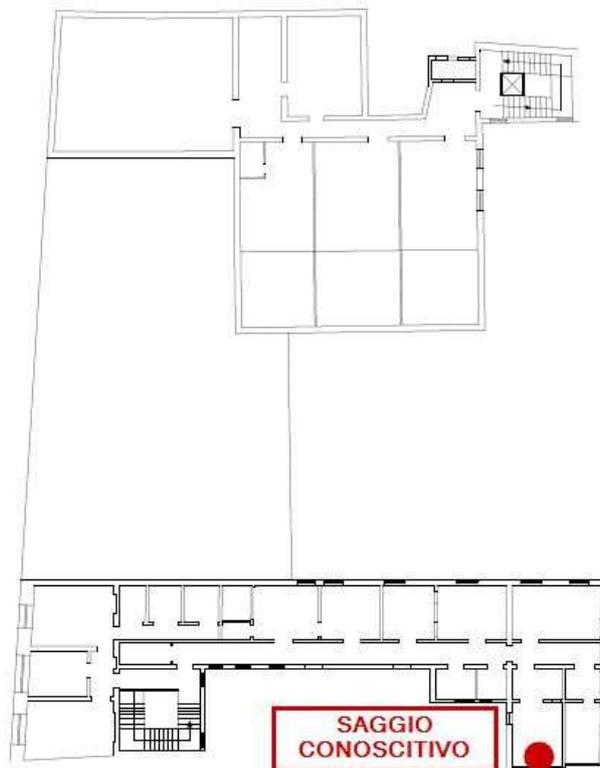
**Figura 02.** Estratto planimetria piano terra. In rosso i punti di prova



**Figura 03.** Estratto planimetria piano primo. In rosso i punti di prova



**Figura 04.** Estratto planimetria piano secondo. In rosso i punti di prova



**Figura 05.** Estratto planimetria piano terzo. In rosso i punti di prova

## C. SAGGI CONOSCITIVI - CAROTAGGI - ENDOSCOPIE

### C.1 METODOLOGIA DELLA PROVA

Sono stati eseguiti una serie di indagini finalizzate alla definizione degli elementi strutturali che compongono il fabbricato. In particolare sono stati indagati i solai interpiano e muri perimetrali.

#### C.1.1 CAROTATRICE - STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA

La strumentazione di estrazione consiste in una carotatrice portatile montata su un supporto. I diametri scelti per i fori sono di 35 e 85 mm.



**Foto 02.** *Strumento utilizzato per il carotaggio.*



**Studio MM S.r.l.**  
Consulenza materie prime - Prove materiali

**di Michele Mazzone**

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

## C.1.2 ENDOSCOPIO - STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA

La strumentazione di estrazione consiste in un endoscopio Velleman Inspection camera CAMCOLI2.



**Foto 03.** *Esempio di prova Endoscopica*



**Studio MM S.r.l.**

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

## C.2 RESOCONTO INDAGINI

### **SAGGIO CONOSCITIVO**

Al terzo piano nel punto indicato in planimetria (figura 05) è stato eseguito un saggio conoscitivo per determinare la tecnologia costruttiva del solaio.

Dimensione saggio 15 x 55 cm.

Il saggio ha evidenziato la presenza di due pignatte di larghezza 22,5 cm e un travetto di larghezza 5,5 cm. L'interasse tra le pignatte risulta essere 32/33 cm-

Stratigrafia desunta della verticale:

- a 0,0 a 0,8 cm finitura D
- a 0,8 a 3,2 cm sottofondo D
- a 3,2 a 7,7 cm conglomerato D
- a 7,7 a 22,8 cm pignatta D



**Studio MM S.r.l.**

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953



**Foto 04.** Saggio



**Studio MM S.r.l.**  
Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953



Foto 05. Saggio

**CAROTAGGIO C1**

Al piano interrato nel punto indicato in planimetria (figura 01) è stato eseguito un carotaggio per determinare la stratigrafia del paramento murario. Profondità saggio 41 cm.



**Foto 06. Carotaggio C1**



**Foto 07. Carota C1**



**Studio MM S.r.l.**  
Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953



**Foto 08. Foro**

Stratigrafia desunta:

- a 0,0 a 1,9 cm intonaco D
- a 1,9 a 41,0 cm muratura in laterizio D

**CAROTAGGIO C2**

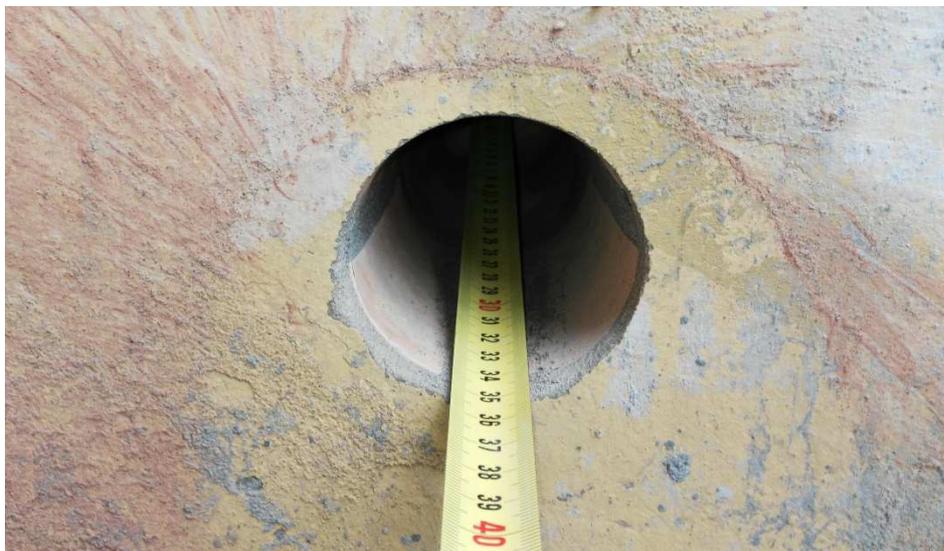
Al piano terra nel punto indicato in planimetria (figura 01) è stato eseguito un carotaggio per determinare la stratigrafia del paramento murario. Profondità saggio 35 cm.



**Foto 09. Carotaggio C2**



**Foto 10. Carota C2**



**Foto 11. Foro C2**

Stratigrafia desunta:

- a 0,0 a 1,4 cm intonaco D
- a 1,4 a 35,0 cm muratura in laterizio D

### **CAROTAGGIO C3**

Al piano terra nel punto indicato in planimetria (figura 02) è stato eseguito un carotaggio nel solaio per determinare la tecnologia e le dimensioni dello stesso. Saggio passante.



**Foto 12. Carotaggio C3**

Stratigrafia desunta:

- a 0,0 a 1,1 cm pavimento D
- a 1,1 a 4,0 cm sottofondo D



**Studio MM S.r.l.**  
Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

- a 4,0 a 10,5 cm conglomerato D
- a 10,5 a 22,5 cm pignatta D



**Foto 13.** Endoscopia Carotaggio C3. Foto scattata a 5 cm di profondità



**Studio MM S.r.l.**  
Consulenza materie prime - Prove materiali

**di Michele Mazzoni**

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953



**Foto 14.** Endoscopia Carotaggio C3. Foto scattata a 11 cm di profondità

#### **CAROTAGGIO C4**

Nel vano scale nel punto indicato in planimetria (figura 04) è stato eseguito un carotaggio per determinare la stratigrafia del paramento murario. Profondità saggio 41 cm. Profondità saggio 30 cm.

**Foto 15. Carotaggio C4**

Stratigrafia desunta:

- a 0,0 a 2,1 cm intonaco D
- a 2,1 a 30,0 cm muratura in laterizio D



**Studio MM S.r.l.**  
Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953



**Foto 16. Carota C4**

**CAROTAGGIO C5**

Al piano primo nel punto indicato in planimetria (figura 03) è stato eseguito un carotaggio nel solaio per determinare la tecnologia e le dimensioni dello stesso. Saggio passante.



**Foto 17. Foro carota C5**

Stratigrafia desunta:

- a 0,0 a 1,2 cm pavimento D
- a 1,1 a 5,0 cm sottofondo D



**Studio MM S.r.l.**  
Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzone

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

- a 5,0 a 10,0 cm conglomerato D
- a 10,0 a 22,0 cm pignatta D



**Foto 18.** Endoscopia foro carota C5. Foto scattata a 5 cm.



**Studio MM S.r.l.**  
Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzone

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953



*Foto 19. Endoscopia foro carota C5. Foto scattata a 20 cm.*

## **D. INDAGINI PACOMETRICHE E TERMOGRAFICHE**

### **D.1 METODOLOGIA DELLA PROVA**

Sono stati eseguiti una serie di indagini non distruttive finalizzate alla definizione degli elementi strutturali che compongono il fabbricato. In particolare sono stati indagati i solai interpiano e muri perimetrali.

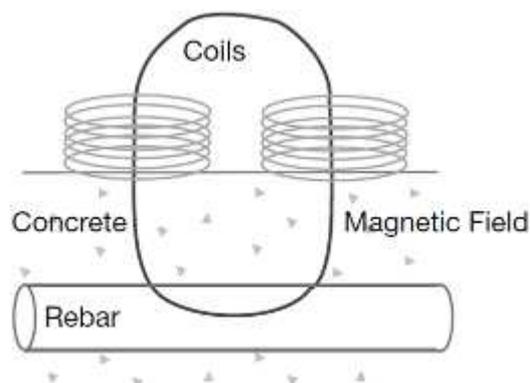
#### **D.1.1 DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE PACOMETRO**

Sono state eseguite indagini diagnostiche mediante pacometro portatile modello “Profoscope”.



**Figura 06.** Strumento utilizzato per le indagini (pacometro modello “Profoscope Proceq”).

Tale strumento utilizza l’induzione ad impulsi elettromagnetici per rilevare elementi di metallo. Le bobine della sonda vengono periodicamente caricate di impulsi di corrente generando così un campo magnetico. Sulla superficie dei materiali che conducono elettricità, all’interno del campo magnetico, si producono correnti a vortice. Esse inducono un campo magnetico nella direzione contraria. La differenza di tensione viene sfruttata per la misurazione.



**Figura 07.** Schema di funzionamento del pacometro nell’individuazione dei ferri di armatura.



**Studio MM S.r.l.**  
Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it

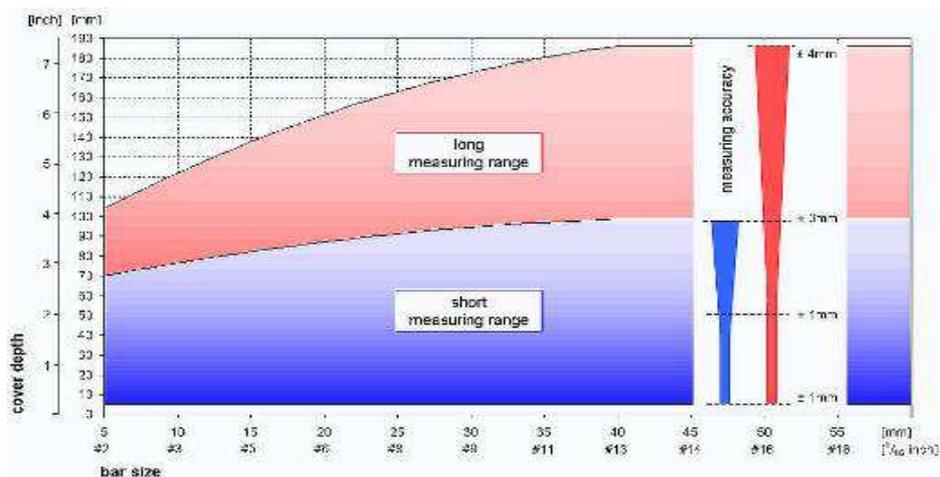


Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

“Profoscope” usa diverse configurazioni di bobine per generare vari campi magnetici. L'elaborazione avanzata del segnale consente la:

- localizzazione di una armatura;
- localizzazione del punto medio tra le armature;
- determinazione della copertura;
- stima del diametro dell'armatura;
- verifica dell'orientamento di una armatura.

Il pacometro ha la capacità di rilevare il diametro di ferri compresi tra i 5 e i 57 mm e di analizzare la profondità delle coperture fino ad un massimo di 180 mm.



E' molto importante tenere presente che:

Il pacometro fornisce misure piuttosto attendibili sulla localizzazione dei ferri anche se è influenzato da vari fattori quali diametro e profondità dei ferri e presenza di disturbi di materiali metallici nelle vicinanze.

Risulta invece poco attendibile nella stima del diametro dei ferri specialmente se il copriferro è consistente.

## D.1.2 DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE TERMOCAMERA

L'analisi termografica è stata realizzata mediante l'utilizzo della termocamera tipo TROTEC IC080LV

- Intervallo di temperatura: da -20°C a +600°C
- Precisione:  $\pm 2$  °C,  $\pm 2\%$  rispetto al valore di misurazione
- Tipo di rilevatore: Focal Plane Array (FPA), microbolometro a temperatura ambiente
- Risoluzione del rilevatore: 384 x 288 Pixel
- Campo spettrale: 7,5 / 14  $\mu\text{m}$
- Campo visivo (FOV): 24°C x 21°C
- Risoluzione geometrica: 1,1 mrad
- Sensibilità termica: 0,05°C a 30°C
- Frequenza di acquisizione delle immagini: 50/60 Hz
- Distanza focale minima: 0,10 m
- Display: LCD-TFT da 3,5", 320 x 240 pixel
- Tipo di laser: Semiconductor AlGaInP Diode Laser, 1 mw/635 nm red
- Classificazione laser: Classe 2
- Tipo di batteria: standard, agli ioni di litio; ricaricabile e sostituibile
- Durata di esercizio:  $\approx 2,5$  h
- Temperatura di esercizio: da -15°C a +50°C
- Temperatura di stoccaggio: da -40°C a +70°C
- Tipo di protezione: IP 54 IEC 529
- Shock: 25G IEC 68-2-29
- Vibrazione: 2G IEC 68-2-6
- Dimensioni: 230 x 80 x 195 mm
- Peso: 650 g



**Figura 08.** Termocamera Trotec IC080LV



**Studio MM S.r.l.**

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



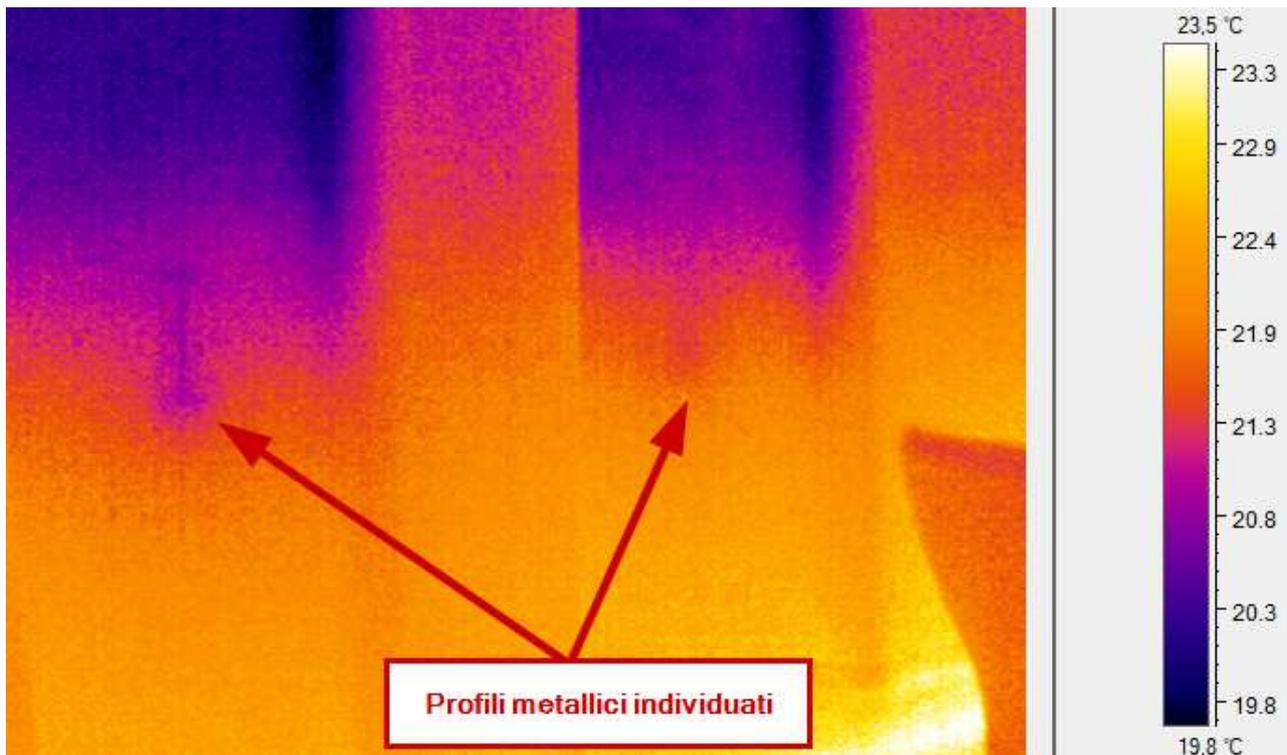
Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

## D.2 RESOCONTO INDAGINI

### TERMOGRAFIA T1 E PACOMETRIA PAC1

Al piano secondo (figura 04) sono stati registrati alcuni termogrammi per individuare presenza ed ubicazione di diversi profili metallici strutturali.

Sono stati individuati mediante termocamera due profili metallici ad una altezza di circa 100 cm dal piano di calpestio. Successivamente è stato eseguita una prova pacometrica (PAC1) che ha confermato la presenza di due elementi metallici pieni.



**Foto 20. Termografia**



**Studio MM S.r.l.**

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



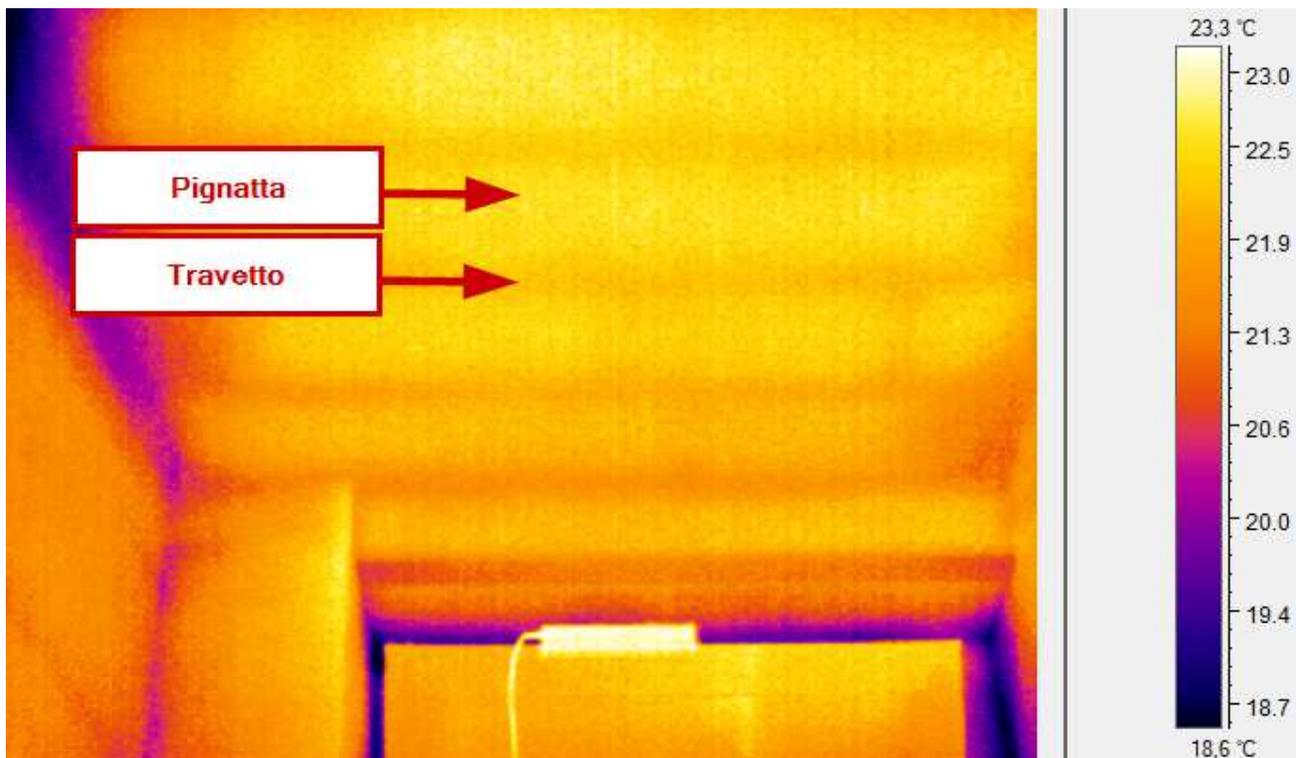
Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

## TERMOGRAFIA T2

Al piano primo (figura 03) sono stati registrati alcuni termogrammi per determinare la tecnologia del solaio superiore.

I termogrammi rilevano la probabile composizione del solaio a travetti e pignatte. Nell'immagine successiva si possono distinguere gli elementi più chiari (pignatte) dagli elementi più scuri (travetti).

Successivamente è stato eseguita una prova pacometrica (PAC2) che ha confermato la presenza di tondini metallici (copriferro 34/36 mm) con interasse di circa 350/380 mm.



**Foto 21. Termografia**



**Studio MM S.r.l.**  
Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

### **TERMOGRAFIA T3 - T4**

Al piano primo (figura 03) sono stati registrati alcuni termogrammi per determinare la tecnologia del solaio superiore.

Sono stati individuati alcuni elementi riconducibili a travi metalliche (vedi foto successive, elementi più scuri) con una larghezza stimata di circa (14/17) cm. Il passo tra gli elementi metallici è di circa 100/110 cm.



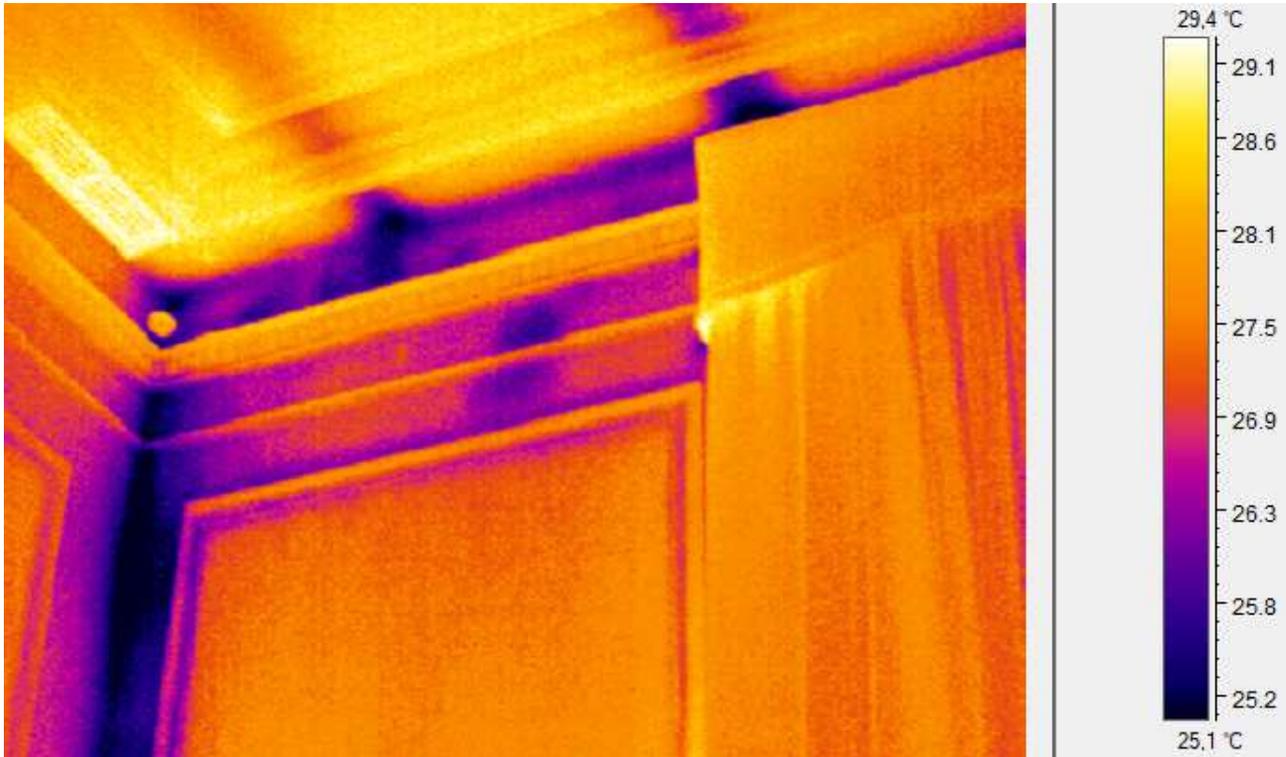
**Studio MM S.r.l.**  
Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzone

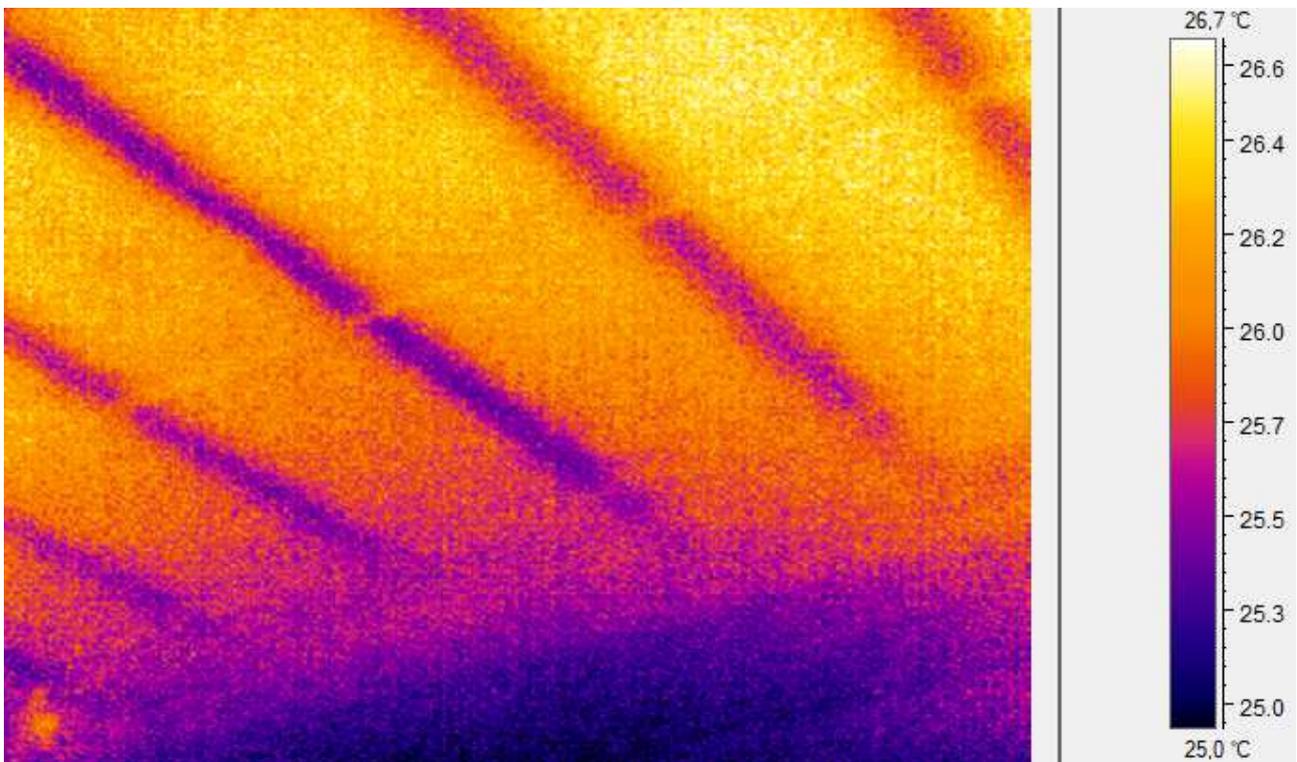
Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953



**Foto 22. Termografia**



**Foto 23. Termografia**



**Studio MM S.r.l.**

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzone

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it

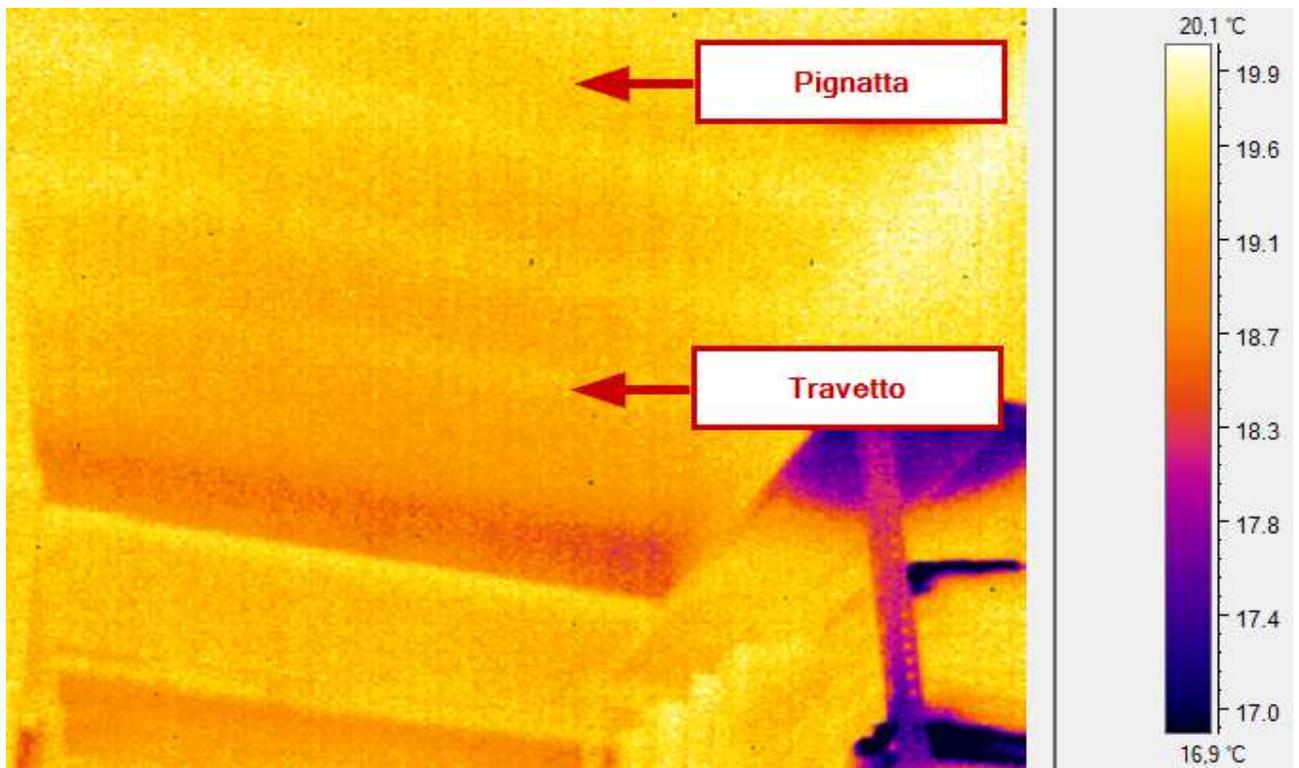


Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

## TERMOGRAFIA T5

Al piano terra (figura 02) sono stati registrati alcuni termogrammi per determinare la tecnologia del solaio superiore.

I termogrammi rilevano la probabile composizione del solaio a travetti e pignatte. Nell'immagine successiva si possono distinguere gli elementi più chiari (travetti) dagli elementi più scuri (pignatte).



**Foto 24. Termografia**

## E. PROVE DI PENETRAZIONE SU MALTA

### E.1 METODOLOGIA DELLA PROVA

#### E.1.1 STRUMENTAZIONE

Lo strumento consente di misurare la risposta della malta alla penetrazione di un ago e correlarla alle prestazioni meccaniche del materiale. Il penetrometro per malta serie RSM fornisce indicazioni sulla qualità e sulla omogeneità della malta sia lungo il proprio spessore sia in differenti punti della struttura sottoposta ad indagine. Il prodotto è realizzato con materiali accuratamente selezionati e a basso impatto ambientale. La produzione dello strumento è interamente italiana, garantendo la qualità del manufatto made in Italy.



**Figura 09.** Penetrometro malte RSM\_15

#### PRESTAZIONI

ENERGIA IMPATTO	4,55 Nm
MASSA IMPATTO	835 g
CORSA	82 mm

#### FISICHE

DIMENSIONI	300 x 70 x 70 mm
PESO	1,3 Kg
IMBALLO	400 x 300 x 150 mm
PESO IMBALLO	5,7 Kg

#### MECCANICHE

CORPO ESTERNO	Alluminio 6060 - 11S
TRATTAMENTO	Satinatura chimica OX
MASSA INTERNA	C 40
TRATTAMENTO TERMICO	NIT-OX
ORGANI SCORRIMENTO	INOX 303

**Figura 10.** Tabella specifiche tecniche Penetrometro malte RSM\_15

## E.1.2 PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

La prova ha lo scopo di fornire informazioni in merito alla resistenza del giunto di malta a seguito della penetrazione di un ago di acciaio mediante colpi generati con energia costante da una massa in movimento. Il risultato che si ottiene è la profondità di penetrazione su un numero di colpi definiti secondo il tipo di procedura utilizzata. Attraverso l'utilizzo di curve di correlazione è possibile ottenere una stima indicativa della resistenza meccanica della malta in rapporto alla profondità di penetrazione. Le curve di correlazione, fornite con lo strumento, sono state ricavate attraverso sperimentazioni eseguite in sito. Le caratteristiche meccaniche dei materiali testati (malte) non sono comunque rappresentative di tutte le malte presenti in sito.



**Foto 25. Penetrometro malte RSM\_15**

### E.1.3 MODALITA' DI ESECUZIONE DELLA PROVA

- Una volta selezionare la muratura oggetto di indagare si è eseguita la pulizia, mediante spazzolatura, del giunto di malta orizzontale da verificare
- Una volta eseguita la verifica dell'ago iniziale, sono state eseguite 20 Battute attraverso il percussore. (Sono stati annotati 4 punti di misura ogni 5 battute)
- L'operazione di misura è stata ripetuta 4 volte sullo stesso corso di malta (i quattro fori sono distanziati di circa 5 cm tra di loro)



**Foto 26.** Esempio di svolgimento della prova



**Studio MM S.r.l.**  
Consulenza materie prime - Prove materiali

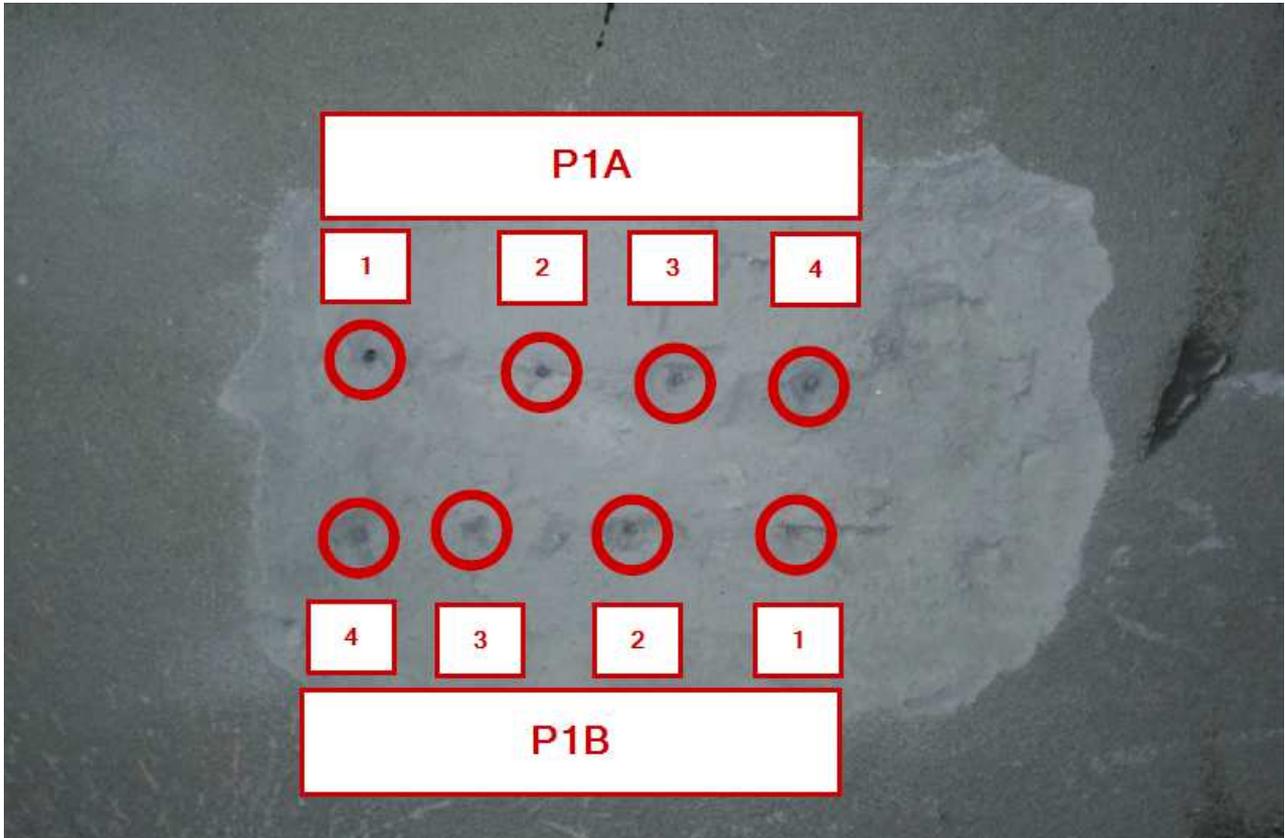
di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

## E.2 RESOCONTO INDAGINI



*Foto 27. Punti di prova. Prova P1A e P1B*



**Studio MM S.r.l.**

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

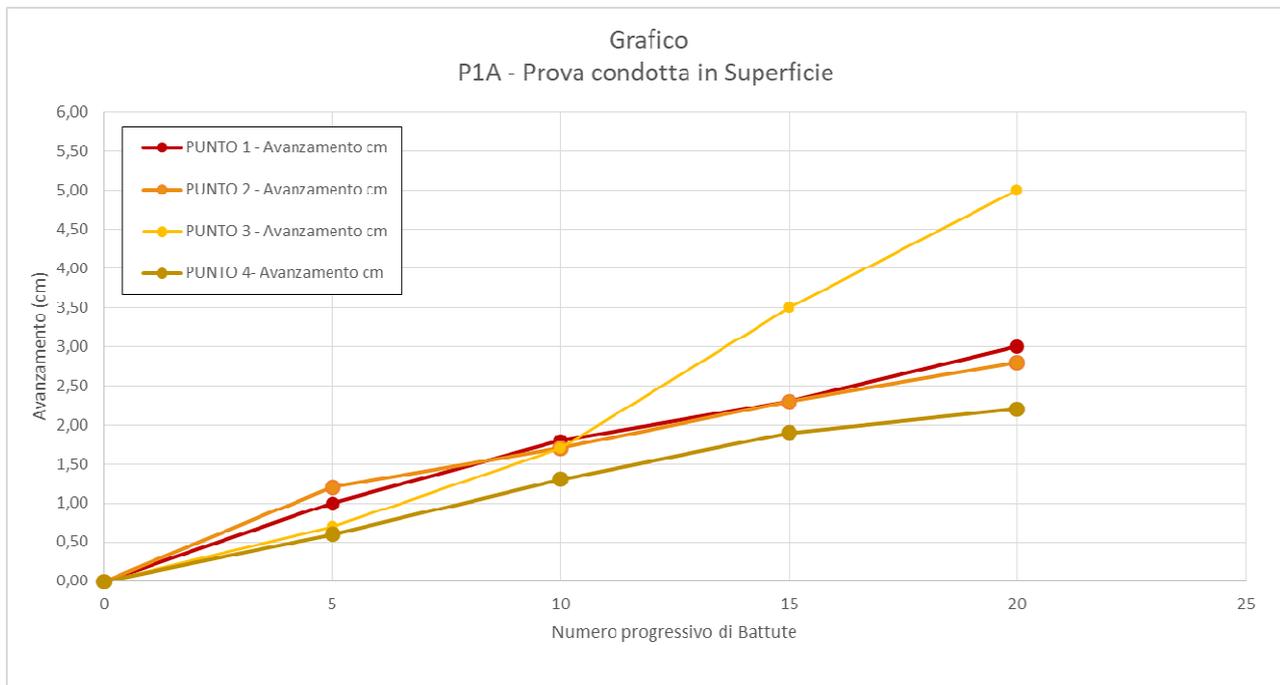
Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

P1A - Prova condotta in Superficie				
BATTUTA n.	PUNTO 1 - Avanzamento cm	PUNTO 2 - Avanzamento cm	PUNTO 3 - Avanzamento cm	PUNTO 4 - Avanzamento cm
0	0,00	0,00	0,00	0,00
5	1,00	1,20	0,70	0,60
10	1,80	1,70	1,70	1,30
15	2,30	2,30	3,50	1,90
20	3,00	2,80	5,00	2,20

**Figura 11.** Tabella dati desunti dalla prova P1A



**Figura 12.** Grafico dati desunti dalla prova P1A



**Studio MM S.r.l.**

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

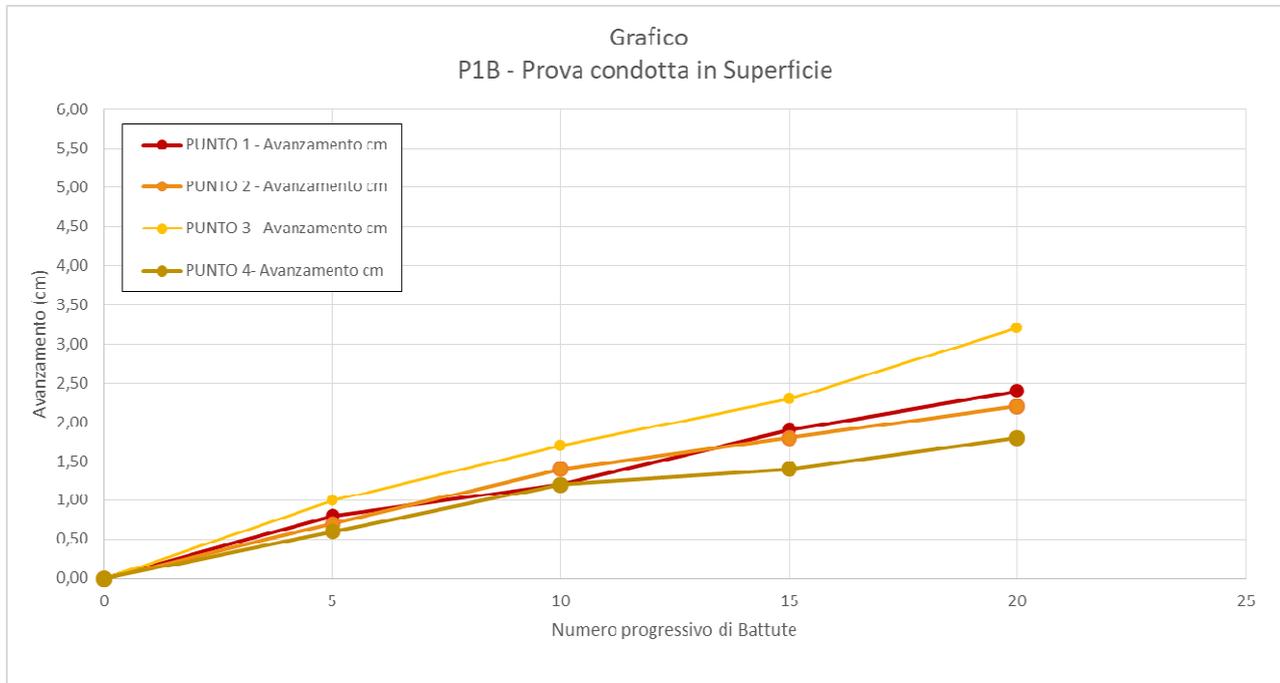
Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

P1B - Prova condotta in Superficie				
BATTUTA n.	PUNTO 1 - Avanzamento cm	PUNTO 2 - Avanzamento cm	PUNTO 3 - Avanzamento cm	PUNTO 4 - Avanzamento cm
0	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,80	0,70	1,00	0,60
10	1,20	1,40	1,70	1,20
15	1,90	1,80	2,30	1,40
20	2,40	2,20	3,20	1,80

**Figura 13.** Tabella dati desunti dalla prova P1B



**Figura 14.** Grafico dati desunti dalla prova P1B



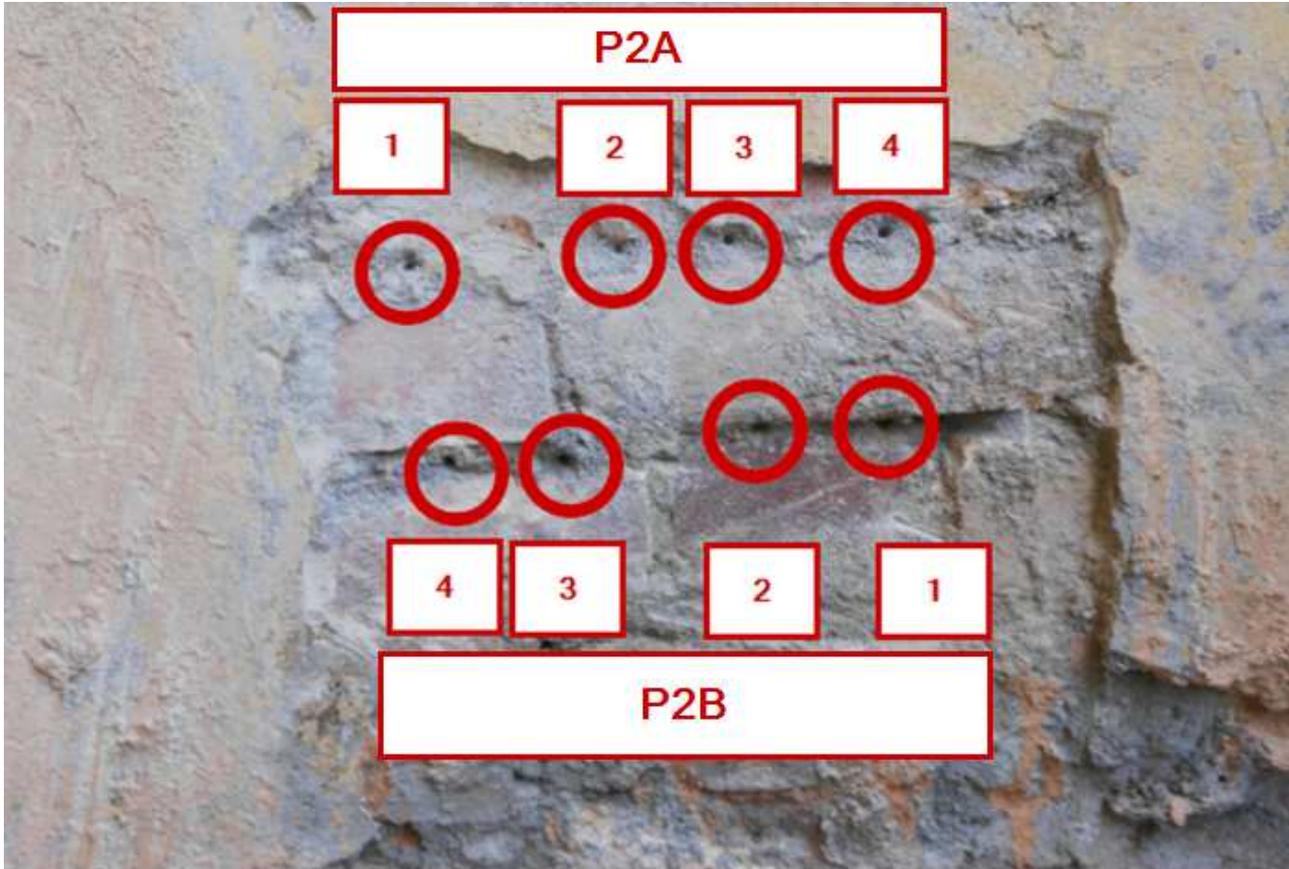
**Studio MM S.r.l.**  
Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953



**Foto 28.** Punti di prova. Prova P2A e P2B



**Studio MM S.r.l.**

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

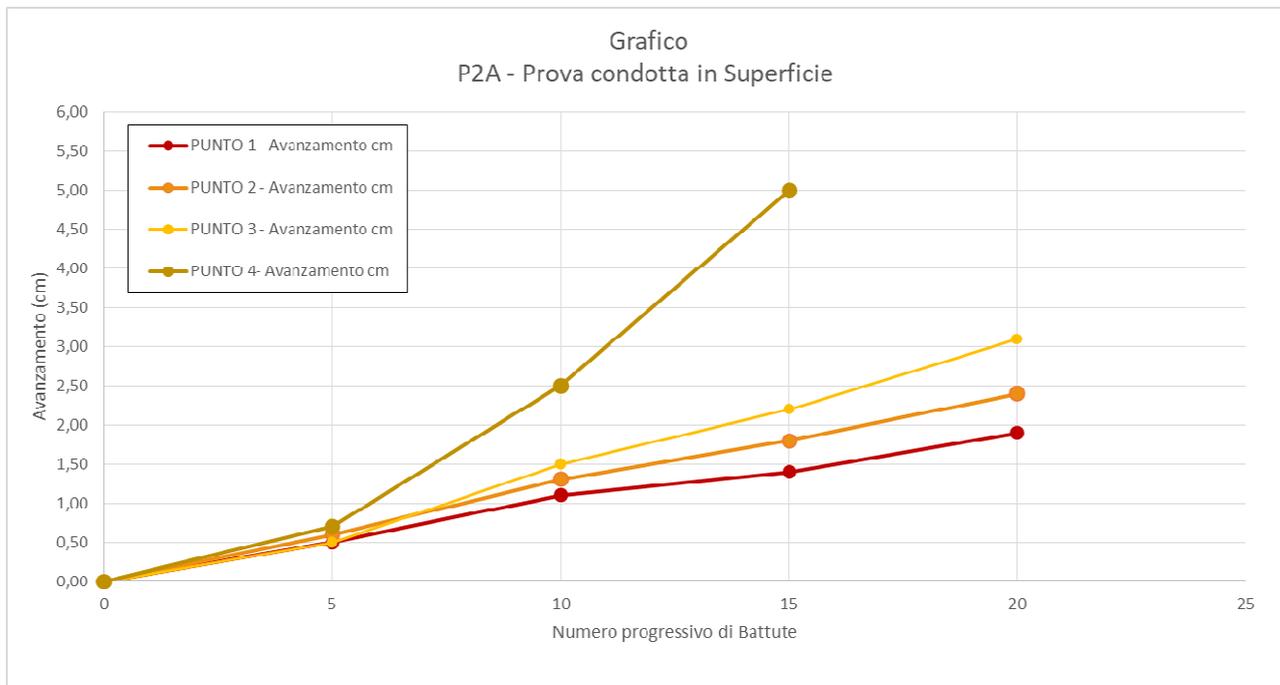
Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

P2A - Prova condotta in Superficie				
BATTUTA n.	PUNTO 1 - Avanzamento cm	PUNTO 2 - Avanzamento cm	PUNTO 3 - Avanzamento cm	PUNTO 4- Avanzamento cm
0	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,50	0,60	0,50	0,70
10	1,10	1,30	1,50	2,50
15	1,40	1,80	2,20	5,00
20	1,90	2,40	3,10	Vuoto

**Figura 15.** Tabella dati desunti dalla prova P2A



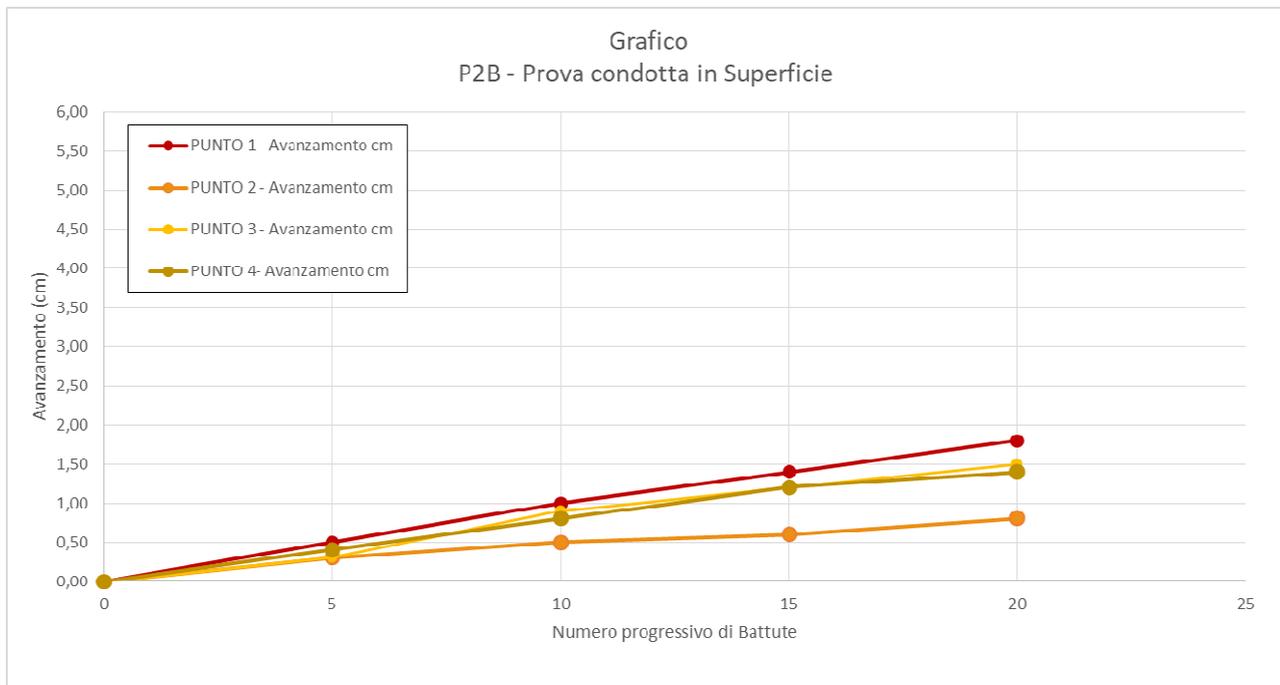
**Figura 16.** Grafico dati desunti dalla prova P2A



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

P2B - Prova condotta in Superficie				
BATTUTA n.	PUNTO 1 - Avanzamento cm	PUNTO 2 - Avanzamento cm	PUNTO 3 - Avanzamento cm	PUNTO 4- Avanzamento cm
0	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,50	0,30	0,30	0,40
10	1,00	0,50	0,90	0,80
15	1,40	0,60	1,20	1,20
20	1,80	0,80	1,50	1,40

**Figura 17.** Tabella dati desunti dalla prova P2B



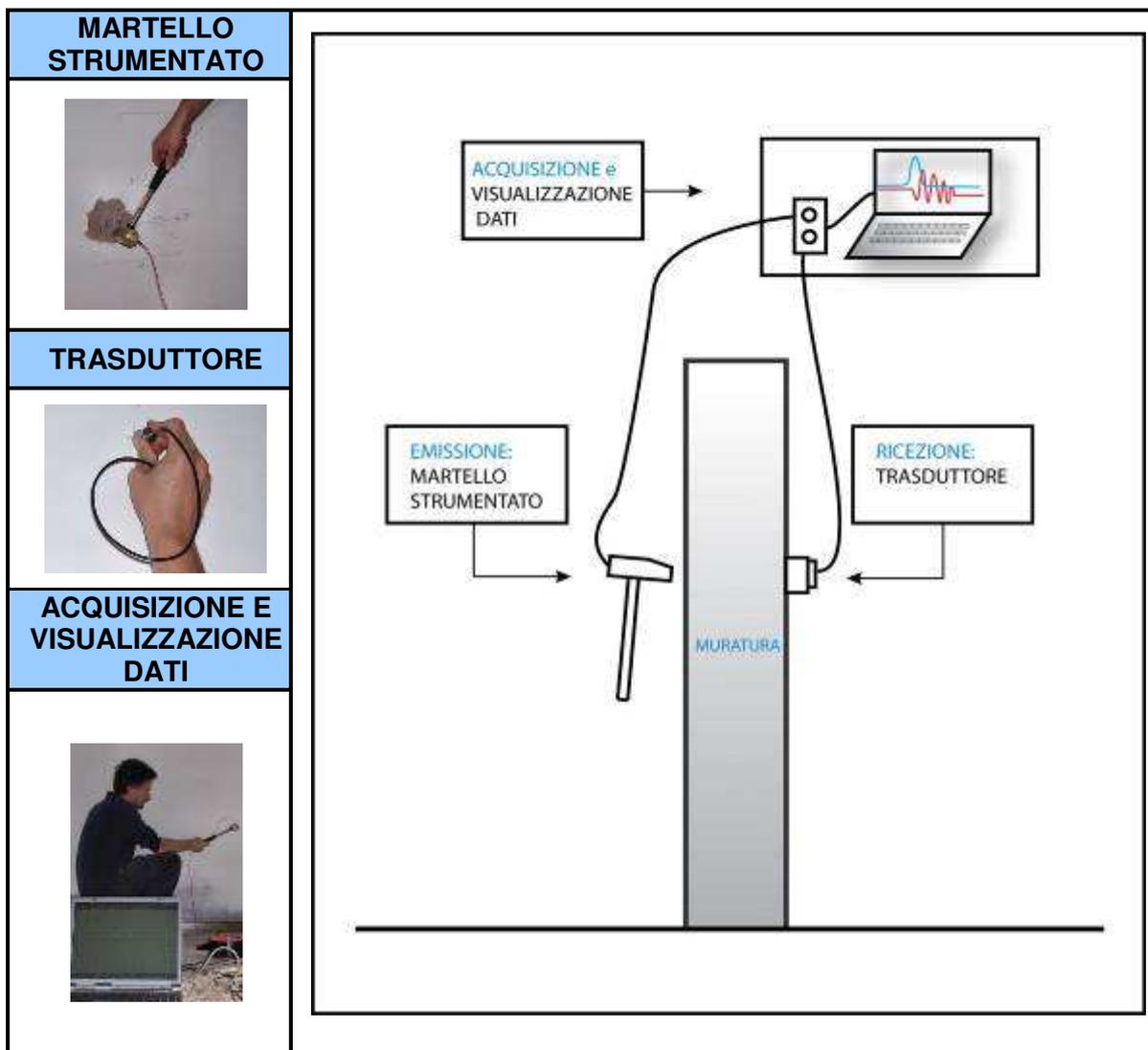
**Figura 18.** Grafico dati desunti dalla prova P2B

**F. PROVE SONICHE**

**F.1 STRUMENTAZIONE e METODOLOGIA D'INDAGINE**

**F.1.1 STRUMENTAZIONE**

Per le prove soniche l'attrezzatura richiesta per la prova comprende un'unità emittente composto da un martello strumentato, che svolge la funzione di sorgente di impulsi e genera l'onda sonora che attraversa la muratura, un sensore ricevente e una centralina di acquisizione interfacciata con un computer portatile per l'acquisizione ed elaborazione dei segnali.



*Figura 19. Schematizzazione principio di prova*



**Studio MM S.r.l.**

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

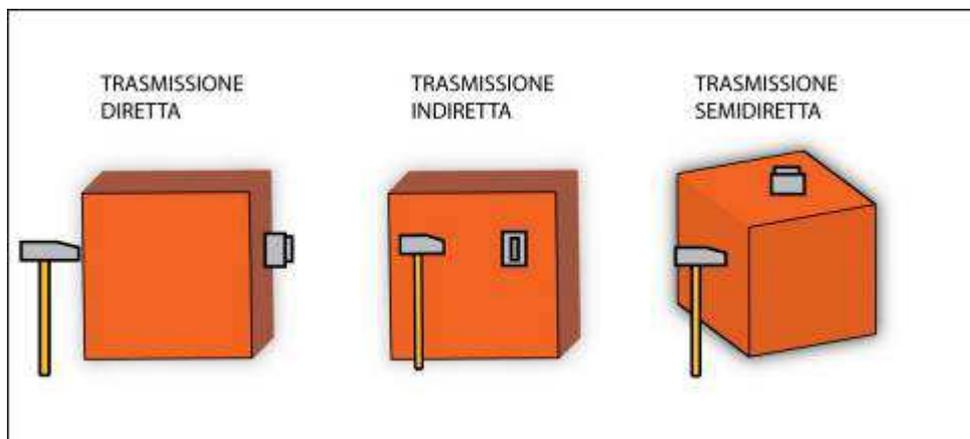
## F.1.2 METODOLOGIA D'INDAGINE

Per indagare una porzione di muratura si posizionano con precisione sulle pareti punti o maglie di punti corrispondenti, dove avverrà la sollecitazione e la ricezione del segnale. Le misure dei tempi di volo sono effettuate dalla centralina di acquisizione, composta da un cronometro di precisione (che misura intervalli di tempo dell'ordine del milionesimo di secondo) e di un oscilloscopio, che permette di visualizzare l'onda sonora.

L'inizio della misurazione del tempo è sincronizzata con l'invio del segnale acustico (battuta), emesso dal martello, al trasduttore di ricezione posizionato a contatto con la struttura da esaminare. Quest'ultimo registra l'arrivo dell'onda elastica e invia un segnale elettrico all'apparecchio di misura. Il segnale elettrico viene rappresentato sullo schermo dell'oscilloscopio in forma di onda.

Sull'onda si misura il tempo intercorso fra l'emissione e la ricezione del segnale e di conseguenza la velocità di propagazione dell'onda sonora nel materiale della struttura in esame.

I principali metodi di misura sono per trasmissione diretta (trasparenza), per trasmissione semi diretta (diagonale) e per trasmissione indiretta (superficiale) in riferimento alla posizione reciproca di martello e trasduttore.



**Figura 20.** Tipologia di trasmissione onda sonora



**Studio MM S.r.l.**

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

### F.1.3 SCOPO DELLE INDAGINI

La metodologia sonica indaga la velocità di propagazione delle onde soniche, all'interno delle strutture che si vogliono studiare (paramenti murari, colonne etc..), calcolata registrando i tempi di emissione e ricezione, quindi di propagazione, di un impulso meccanico e la distanza percorsa dallo stesso.

Tale velocità, influenzata dalle caratteristiche intrinseche del materiale quali densità, elasticità e dalla presenza di discontinuità, vuoti o fessurazioni, fornisce informazioni sulla struttura interna dei manufatti indagati ed eventualmente sulle variazioni delle loro caratteristiche, per esempio prima e dopo un intervento di consolidamento. La velocità ricavata è direttamente proporzionale alla resistenza e al modulo elastico della muratura.

Alcune limitazioni all'applicazione di questa metodologia sono legate alla presenza di disturbi del segnale oppure a una forte presenza di umidità nelle murature, che possono impedire una corretta interpretazione dei risultati. Inoltre le variazioni tipologiche, mineralogiche e costruttive che si riscontrano nelle murature si riflettono in un'estrema variabilità di valori, che consentono esclusivamente una valutazione di tipo qualitativo dei parametri meccanici che le caratterizzano.



## F.2 RESOCONTO INDAGINI



Foto 29. Sonica S1 – punti di battuta. Griglia 15x15 cm

<b>PROVA SONICA S1</b>				
<b>UBICAZIONE</b>	<i>Prefettura (Pr)</i>			
<b>DATA</b>	<i>15/03/209</i>			
<b>QUOTA</b>				
<b>NUMERO BATTUTA</b>	<b>TEMPO (ms)</b>	<b>TEMPO (s)</b>	<b>DISTANZA (m)</b>	<b>VELOCITA'(m/s)</b>
1	891	0,000891	1,41	1582,49
2	1197	0,001197	1,41	1177,94
3	1629	0,001629	1,41	865,56
4	1313	0,001313	1,41	1073,88
5	772	0,000772	1,41	1826,42
6	1263	0,001263	1,41	1116,39
7	1437	0,001437	1,41	981,21
8	1254	0,001254	1,41	1124,40
9	846	0,000846	1,41	1666,67
10	1295	0,001295	1,41	1088,80
11	1492	0,001492	1,41	945,04
12	1196	0,001196	1,41	1178,93

Figura 21. Tabella dati desunti dalla prova

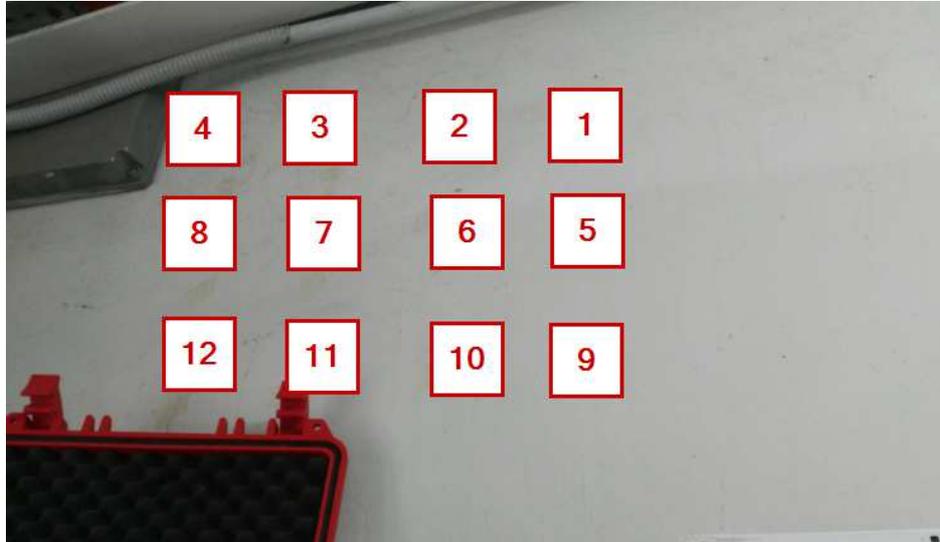


Foto 30. Sonica S2 – punti di battuta. Griglia 15x15 cm

<b>PROVA SONICA S2</b>				
<b>UBICAZIONE</b>	<i>Prefettura (Pr)</i>			
<b>DATA</b>	<i>15/03/209</i>			
<b>QUOTA</b>				
<b>NUMERO BATTUTA</b>	<b>TEMPO (ms)</b>	<b>TEMPO (s)</b>	<b>DISTANZA (m)</b>	<b>VELOCITA'(m/s)</b>
1	330	0,00033	0,57	1727,27
2	334	0,000334	0,57	1706,59
3	368	0,000368	0,57	1548,91
4	353	0,000353	0,57	1614,73
5	364	0,000364	0,57	1565,93
6	344	0,000344	0,57	1656,98
7	372	0,000372	0,57	1532,26
8	354	0,000354	0,57	1610,17
9	323	0,000323	0,57	1764,71
10	358	0,000358	0,57	1592,18
11	363	0,000363	0,57	1570,25
12	335	0,000335	0,57	1701,49

Figura 22. Tabella dati desunti dalla prova



**Studio MM S.r.l.**

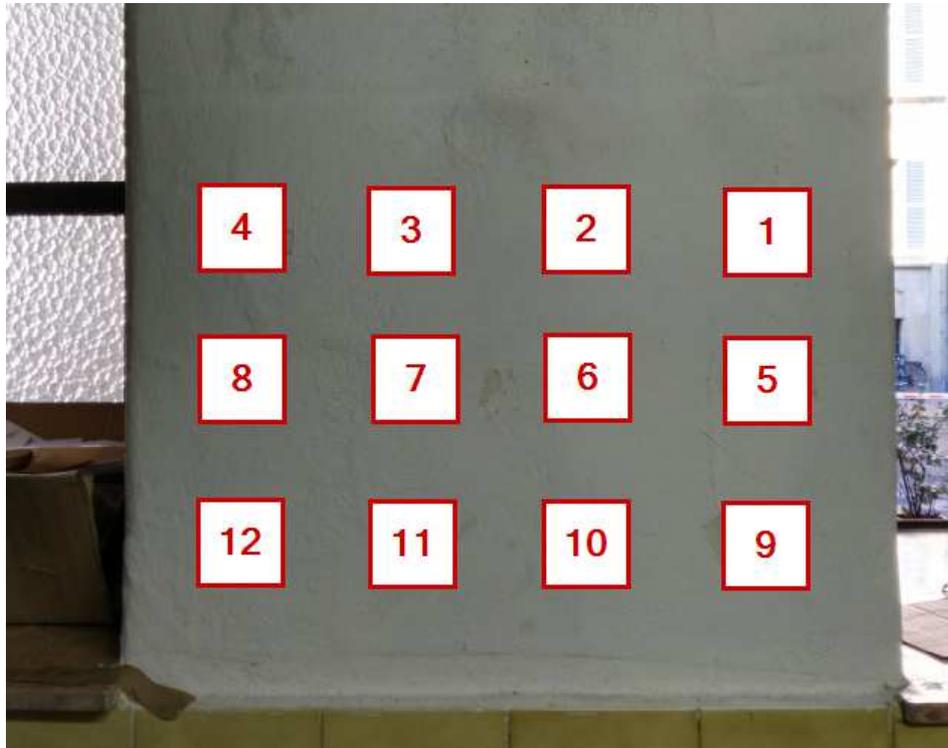
Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



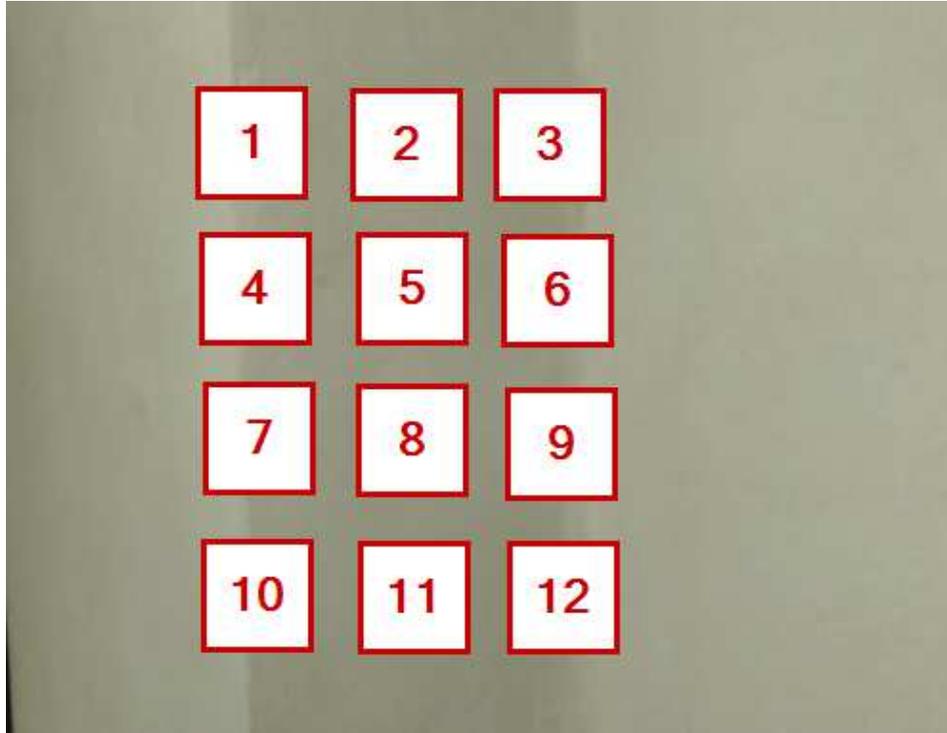
Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953



**Foto 31.** Sonica S3 – punti di battuta. Griglia 15x15 cm

<b>PROVA SONICA S3</b>				
<b>UBICAZIONE</b>	<i>Prefettura (Pr)</i>			
<b>DATA</b>	<i>15/03/209</i>			
<b>QUOTA</b>				
<b>NUMERO BATTUTA</b>	<b>TEMPO (ms)</b>	<b>TEMPO (s)</b>	<b>DISTANZA (m)</b>	<b>VELOCITA'(m/s)</b>
1	193	0,000193	0,76	3937,82
2	336	0,000336	0,76	2261,90
3	356	0,000356	0,76	2134,83
4	248	0,000248	0,76	3064,52
5	263	0,000263	0,76	2889,73
6	283	0,000283	0,76	2685,51
7	383	0,000383	0,76	1984,33
8	205	0,000205	0,76	3707,32
9	268	0,000268	0,76	2835,82
10	274	0,000274	0,76	2773,72
11	342	0,000342	0,76	2222,22
12	347	0,000347	0,76	2190,20

**Figura 23.** Tabella dati desunti dalla prova



**Foto 32.** Sonica S4 – punti di battuta. Griglia 15x15 cm

<b>PROVA SONICA S4</b>				
<b>UBICAZIONE</b>	<i>Prefettura (Pr)</i>			
<b>DATA</b>	<i>15/03/209</i>			
<b>QUOTA</b>				
<b>NUMERO BATTUTA</b>	<b>TEMPO (ms)</b>	<b>TEMPO (s)</b>	<b>DISTANZA (m)</b>	<b>VELOCITA'(m/s)</b>
1	279	0,000279	1,01	3620,07
2	247	0,000247	1,01	4089,07
3	368	0,000368	1,01	2744,57
4	300	0,0003	1,01	3366,67
5	231	0,000231	1,01	4372,29
6	349	0,000349	1,01	2893,98
7	281	0,000281	1,01	3594,31
8	278	0,000278	1,01	3633,09
9	380	0,00038	1,01	2657,89
10	343	0,000343	1,01	2944,61
11	307	0,000307	1,01	3289,90
12	304	0,000304	1,01	3322,37

**Figura 24.** Tabella dati desunti dalla prova



**Studio MM S.r.l.**  
Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

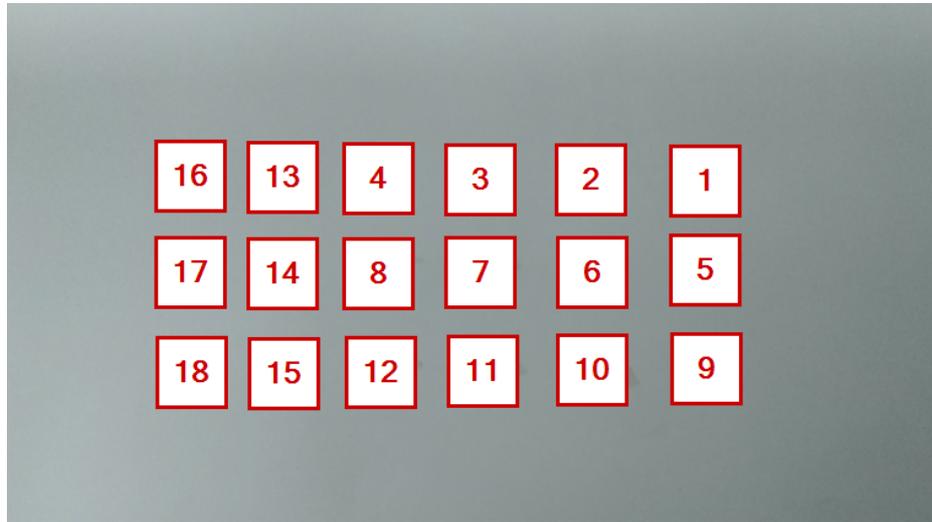


Foto 33. Sonica S5 – punti di ricezione. Griglia 15x15 cm

<b>PROVA SONICA S5</b>				
<b>UBICAZIONE</b>	<i>Prefettura (Pr)</i>			
<b>DATA</b>	<i>15/03/209</i>			
<b>QUOTA</b>				
<b>NUMERO BATTUTA</b>	<b>TEMPO (ms)</b>	<b>TEMPO (s)</b>	<b>DISTANZA (m)</b>	<b>VELOCITA'(m/s)</b>
1	519	0,000519	0,61	1175,34
2	522	0,000522	0,61	1168,58
3	339	0,000339	0,61	1799,41
4	297	0,000297	0,61	2053,87
5	292	0,000292	0,61	2089,04
6	345	0,000345	0,61	1768,12
7	641	0,000641	0,61	951,64
8	503	0,000503	0,61	1212,72
9	438	0,000438	0,61	1392,69
10	671	0,000671	0,61	909,09
11	301	0,000301	0,61	2026,58
12	632	0,000632	0,61	965,19
13	240	0,00024	0,61	2541,67
14	327	0,000327	0,61	1865,44
15	326	0,000326	0,61	1871,17
16	203	0,000203	0,61	3004,93
17	371	0,000371	0,61	1644,20
18	401	0,000401	0,61	1521,20

Figura 25. Tabella dati desunti dalla prova



**Studio MM S.r.l.**

Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

Di seguito si riporta una tabella nella quale si fornisce un'indicazione della qualità della muratura rapportata alla velocità ottenuta dalle prove soniche. Tale tabella è frutto di comparazioni e considerazioni tratte da precedenti lavori e da bibliografia, ed è quindi da considerarsi indicativa.

Scala	Velocità m/s
Buono (Mattone pieno con malta di buona qualità)	$x > 2000$
Discreto (Mattoni pieni con calce o malta di consistenza media)	$1000 > x > 2000$
Pessimo (Murature a sacco o slegate)	$x < 1000$

**Figura 26.** Tabella Indicazione qualità delle murature in relazione alla velocità



**Studio MM S.r.l.**  
Consulenza materie prime - Prove materiali

**di Michele Mazzoni**

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)  
Tel. 0521/844092 - Fax: 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it



Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n° 7618/2010 – Concessione n° 5953

*Mamiano di Traversetolo, 21 Marzo 2019*

*Tecnici incaricati per le prove*

*Dott. Geol. Alessandro Vignali*

*Dott. Arch. Stefano Guarnieri*

*Responsabile Studio MM*

*Dott. Geol. Michele Mazzoni*