

PROVE IN SITO

LABORATORIO PROVE MATERIALI AUTORIZZ. D.M. 52187 del 28.07.2004



4 EMME SERVICE S.p.A. - 39100 BOLZANO - ITALY - Via L. Zuegg, 20

**INDAGINI SPERIMENTALI  
FONDAZIONE ONLUS MONS. A. MAZZALI  
“RESIDENZA SANITARIA ASSISTENZIALE”  
VIA GAVIOLI A MARMIROLO (MN)**

**PROVE N. 3722÷3724/VR**

**21 e 22 giugno 2010**

Committente: **Fondazione Onlus Mons. A. Mazzali**

Collaudatore: **dott. ing. Stefano Mazzocchi**

Relatore: **dott. ing. Andrea Palermo**



*Panoramica dell'edificio oggetto di indagini a Marmirolo (MN)*

RIF.: MN-078-10 Fond.Mazzali

Verona, 15 LUGLIO 2010

BOLZANO Tel. 0471/543111  
Fax 0471/543110  
info@4emme.it  
www.4emme.it

LABORATORIO Tel. 0471/543181  
BOLOGNA Tel. 051/6346808  
CAGLIARI Tel. 070/490732  
COMO Tel. 031/305253

FIRENZE Tel. 055/461000  
GENOVA Tel. 010/586195  
MILANO Tel. 02/40092545  
MODENA Tel. 059/395414

NOVARA Tel. 0321/624873  
PADOVA Tel. 049/8020707  
PALERMO Tel. 091/6703629  
PIACENZA Tel. 0523/755849

ROMA Tel. 06/71546992  
TORINO Tel. 011/7706023  
TREVISO Tel. 0438/990200  
VERONA Tel. 045/8004278



PER INFORMAZIONI  
TECNICHE

Iscrizione Registro Imprese, Codice Fiscale e Partita I.V.A. IT 01288130212 - R.E.A. BZ 111601 - Capitale Sociale Euro 500.000,00 i.v.  
Banche: CASSA CENTR. RAIFFEISEN BZ - IBAN IT49 B034 9311 6000 0030 0027 138 - BANCA NAZIONALE DEL LAVORO - IBAN IT97 H 01005 11600 000000021486

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
1.1	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA	3
1.2	UBICAZIONE DELLE INDAGINI SU ELEMENTI IN C.A.	4
<b>2</b>	<b>PROVA DI CARICO SOLAIO P. TERRA - PROVA N° 3722/VR</b>	<b>8</b>
2.1	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	8
2.2	PARAMETRI DI CONTROLLO	9
2.3	MODALITA' DI ESECUZIONE DELLA PROVA DI CARICO	10
<b>3</b>	<b>CAROTAGGI Ø80 MM - PROVA N° 3723-A/VR</b>	<b>13</b>
3.1	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	13
3.2	MISURA DELLA PROFONDITA' DI CARBONATAZIONE	14
3.3	RISULTATI DELLE PROVE DI LABORATORIO	18
<b>4</b>	<b>INDAGINI PACHOMETRICHE – PROVA N° 3723-B/VR</b>	<b>19</b>
4.1	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	19
<b>5</b>	<b>INDAGINI ULTRASONICHE - PROVA N° 3724/VR</b>	<b>22</b>
5.1	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	22
5.2	RISULTATI DELLE INDAGINI ULTRASONICHE	24
<b>6</b>	<b>ALLEGATI</b>	<b>26</b>
6.1	TABULATO ORIGINALE DELLA PROVA 3722/VR CERTIFICATO N° 739 del 12/07/2010	26

## 1 PREMESSA

La Società *4 EMME Service S.p.A.* specializzata nell'esecuzione di prove sperimentali su strutture in sito è stata incaricata dalla **Fondazione Onlus Mons. A. Mazzali** di eseguire alcune indagini sperimentali su strutture interne all'**R.S.A. "Emanuele e Giuseppina Cordioli"** in via Gavioli 15 a Marmirolo (MN).

Attraverso queste indagini si intende verificare le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo ed il comportamento in campo elastico del solaio oggetto della prova di carico.

La scelta degli elementi strutturali da sottoporre a verifica, è stata preventivamente concordata con il collaudatore **dott. ing. Stefano Mazzocchi**.

Le indagini sperimentali sono state eseguite in data **21 e 22 giugno 2010**.

**Alle indagini sperimentali hanno assistito:**

dott. ing.    Stefano        Mazzocchi        Collaudatore

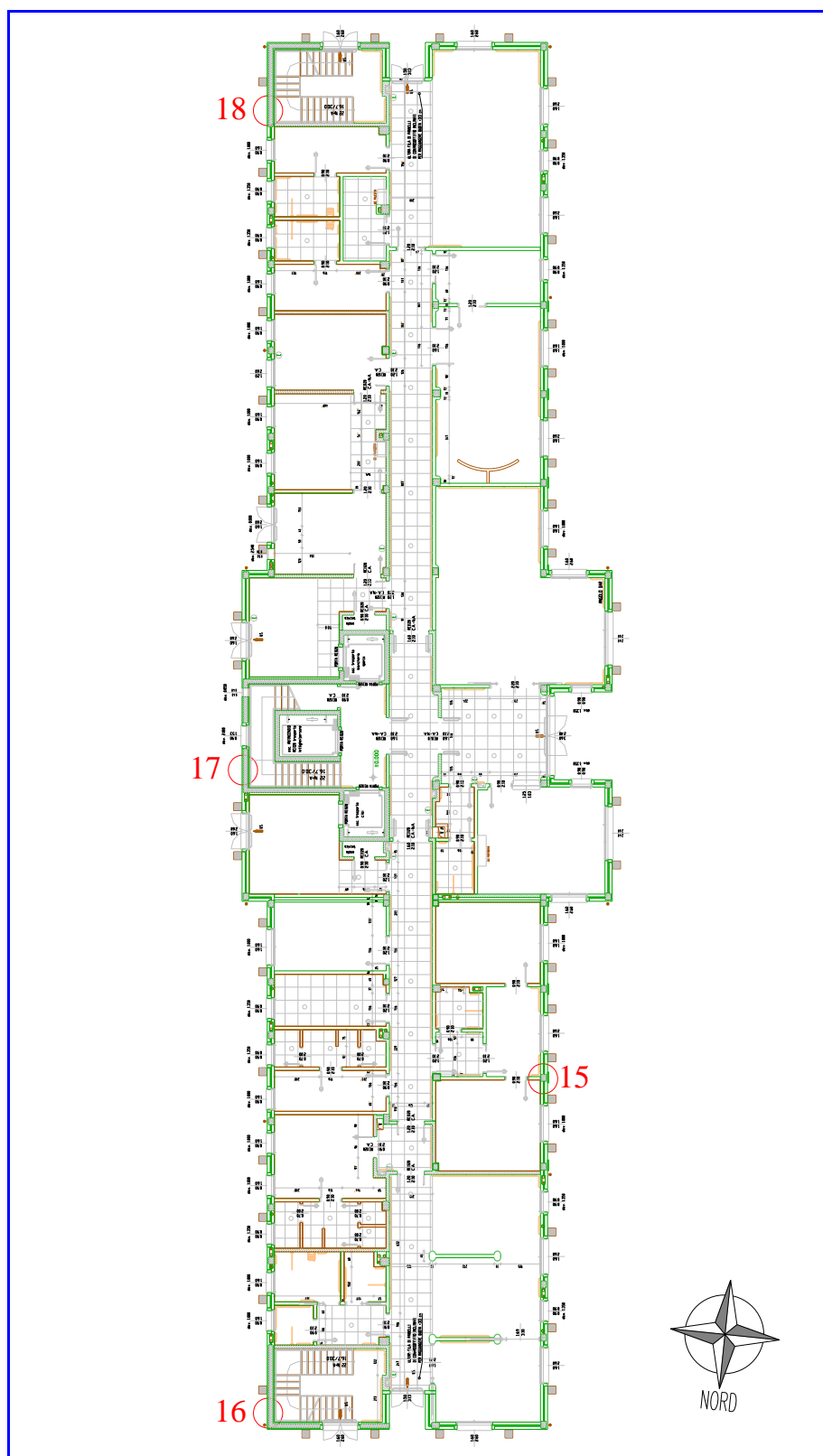
**e per la *4 EMME Service S.p.A.* :**

geom.	Paolo	Bassi
geom.	Simone	Marcolini
dott. ing.	Andrea	Palermo
geom.	Moreno	Mantovani

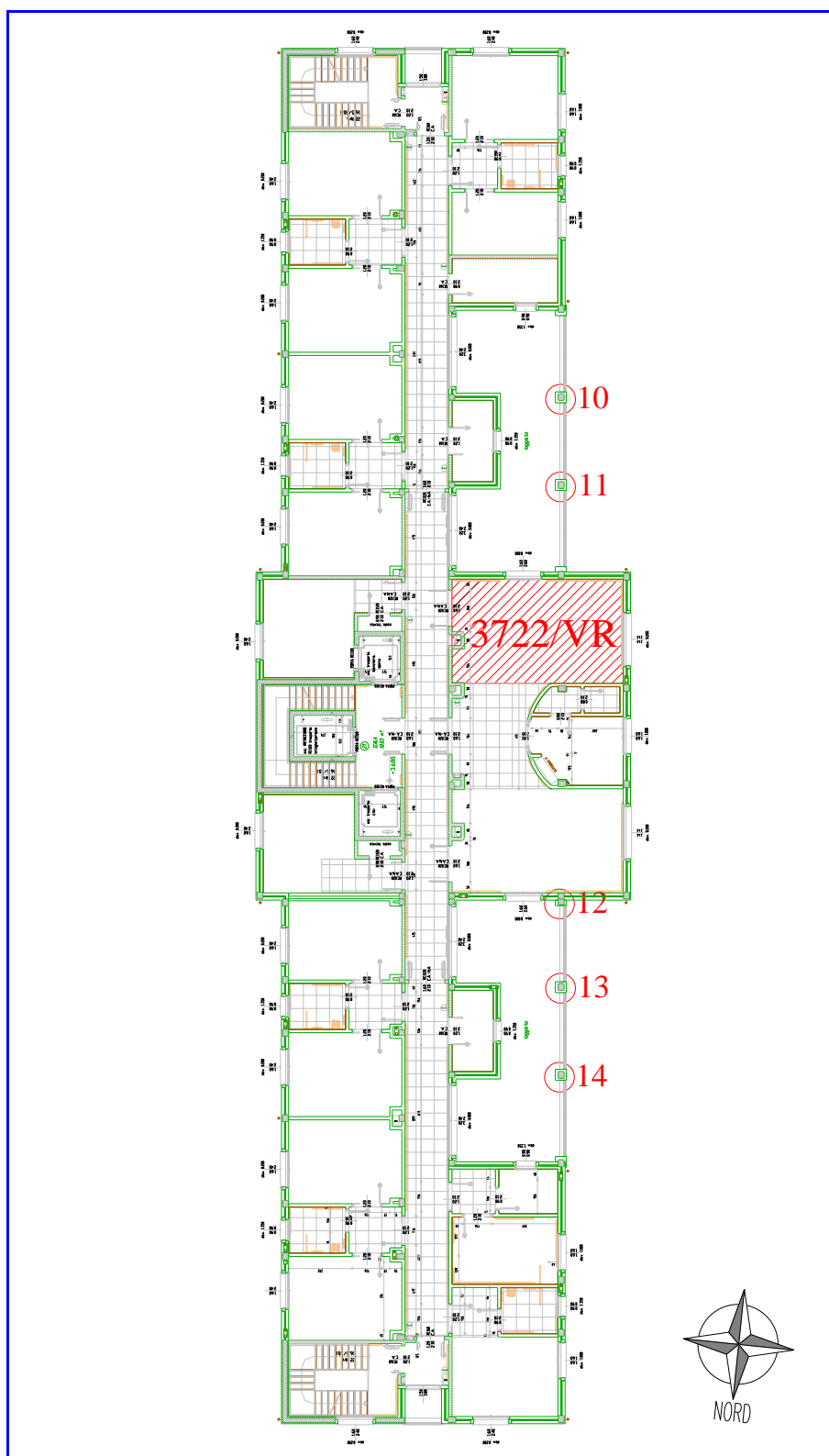
### 1.1 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

L'edificio oggetto di indagini è di forma pressoché rettangolare ed è costituito da un telaio in c.a. con solai interpiano e soletta di copertura in latero cemento.

## 1.2 UBICAZIONE DELLE INDAGINI SU ELEMENTI IN C.A.



*Fig. 1: Planimetria piano terra con ubicazione punti di indagine*



*Fig. 2: Planimetria primo piano con ubicazione punti di indagine*

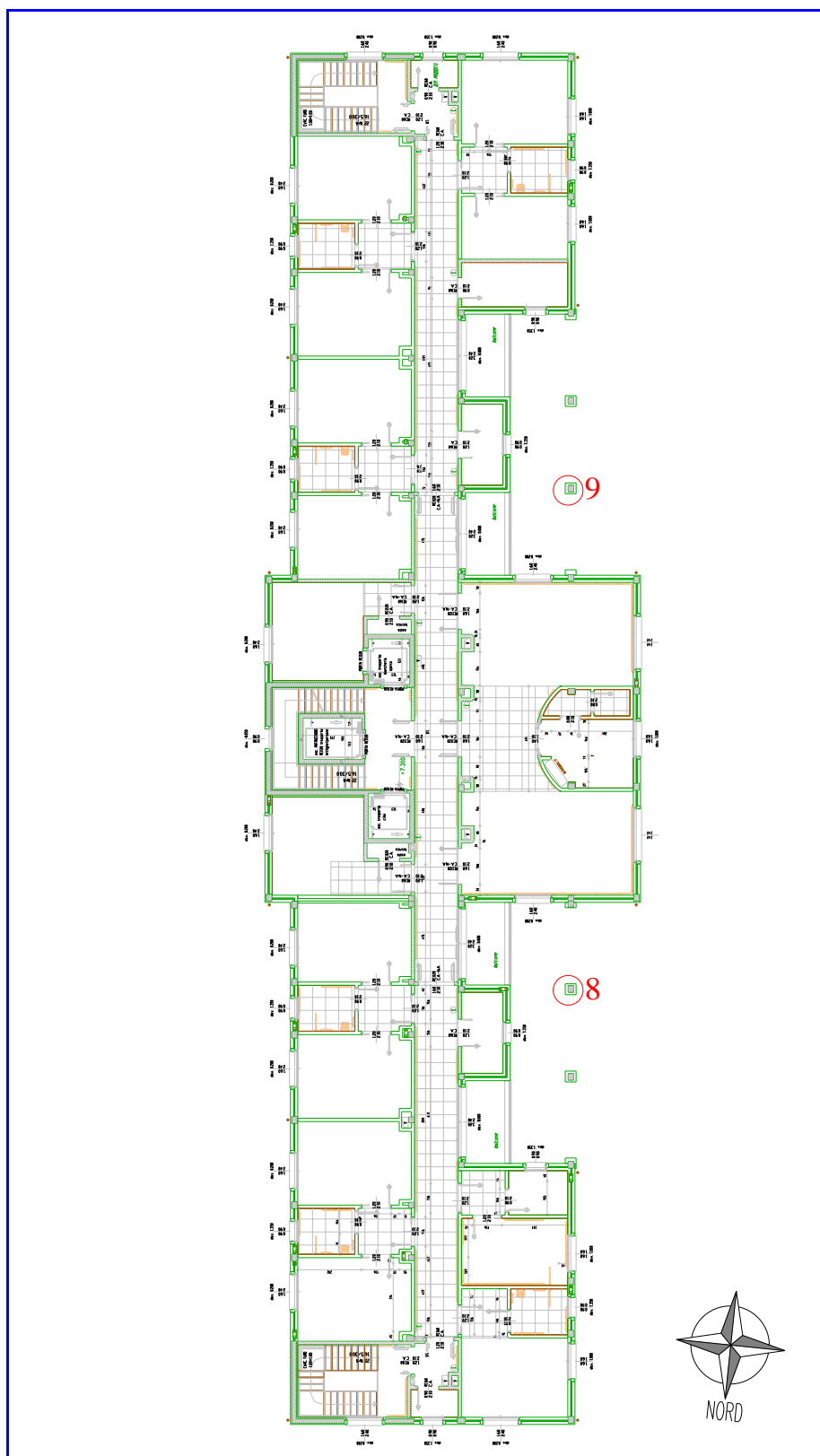


Fig. 3: Planimetria secondo piano con ubicazione punti di indagine

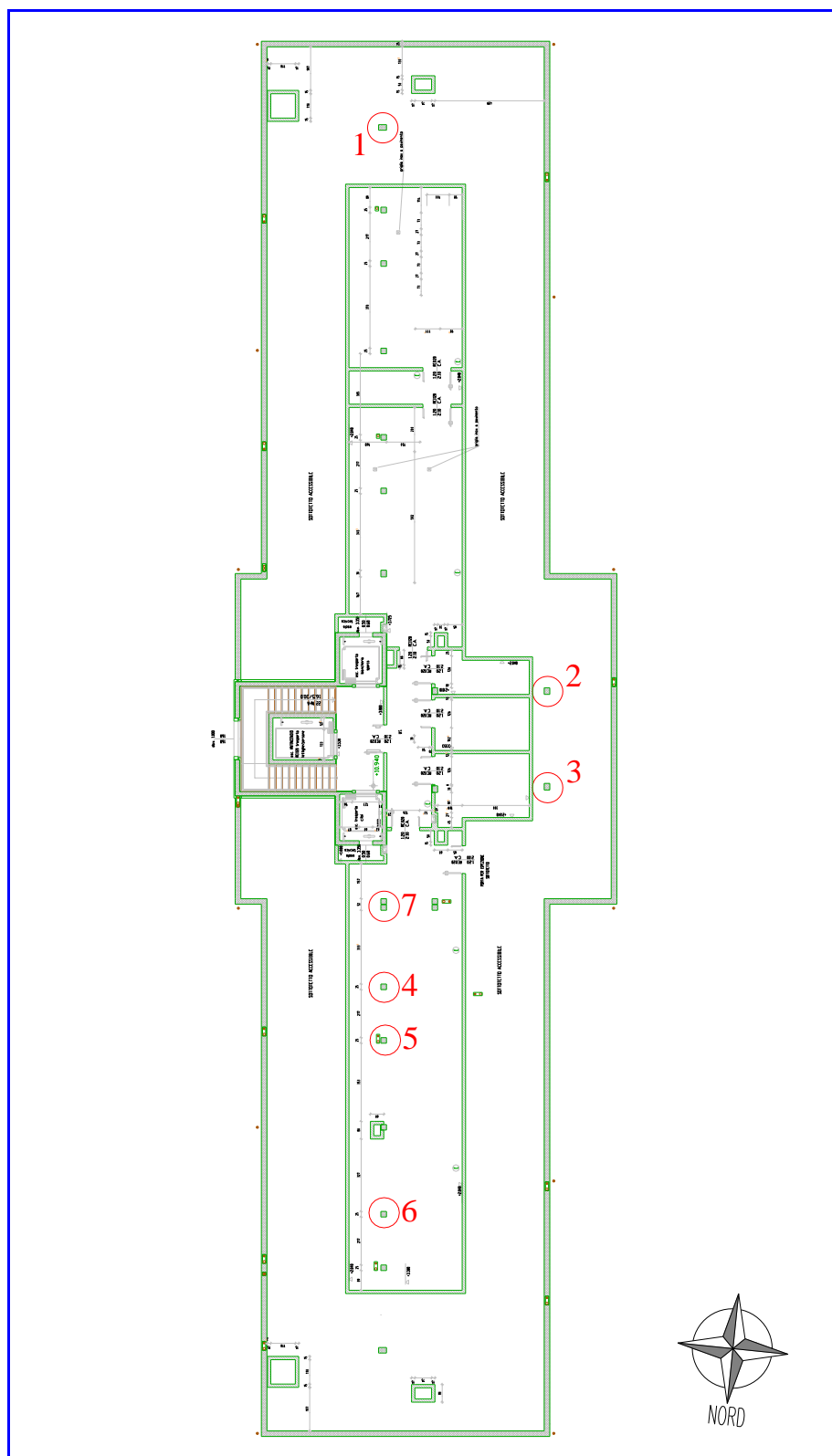


Fig. 4: Planimetria sottotetto con ubicazione punti di indagine

## 2 PROVA DI CARICO SOLAIO P. TERRA - PROVA N° 3722/VR

### 2.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

#### Collaudatore GS03

La rilevazione delle deformazioni è stata effettuata con l'attrezzatura denominata GS03 costituita da:

- unità computerizzata di registrazione delle deformazioni GS03;
- trasduttori di spostamento di tipo LVDT modello *Schaevitz E 200 HQ*;
- cella di carico bidirezionale classe 1 modello *TCQ 200 kN*;
- software di elaborazione *4 Emme Service*.

#### Trasduttori di spostamento

I trasduttori di spostamento sono portati a contatto dell'intradosso attraverso apposite aste telescopiche. La catena di misura, sensore-cavo-unità, comporta un errore massimo pari al  $\pm 1\%$ .

I sensori impiegati hanno le seguenti caratteristiche:

<i>escursione</i>	$\pm 5 \text{ mm}$
<i>sensibilità</i>	$0,002 \text{ mm}$
<i>linearità</i>	99,6%

#### Cella di carico

La cella di carico, è uno strumento a funzionamento estensimetrico che consente di rilevare il valore della forza applicata. La cella è installata direttamente su uno dei martinetti utilizzati per l'applicazione del carico. La catena di misura, strumento-cavo-unità, comporta un errore massimo pari a  $\pm 1,5\%$ .

La cella di carico ha le seguenti caratteristiche:

<i>escursione</i>	$\pm 250 \text{ kN}$
<i>sensibilità</i>	$10 \text{ daN}$
<i>linearità</i>	99,4%

#### Calibrazione

La calibrazione è stata effettuata in data 25 maggio 2010 e documentata col Certificato di Taratura n. 684/10. Tutti gli strumenti sono stati tarati dal Laboratorio della *4 EMME Service S.p.A.* utilizzando dei sensori campione come previsto dalla procedura 7.6 del "Manuale Qualità".



## 2.2 PARAMETRI DI CONTROLLO

Nella prova sperimentale durante il carico delle strutture oltre alle frecce e al carico sono costantemente, ed in tempo reale, tenuti sotto controllo tre ulteriori parametri: Linearità, Ripetibilità e Permanenza.

*Ripetibilità:* è il rapporto percentuale, a parità di carico, tra i valori della freccia (depurata del residuo) di due cicli diversi.

*Linearità:* è il rapporto percentuale tra le tangenti alla curva d'isteresi passanti per i punti individuati dall'ultimo e dal primo carico.

*Permanenza:* è il rapporto percentuale tra il residuo e la freccia massima.

Questi parametri con:

**Ripetibilità > 95 %   Linearità > 85 %   Permanenza < 5 %**

non rappresentano un limite invalicabile ma un'analisi statistica su una grande quantità di prove eseguite. Non superando questi limiti, si rientra in un comportamento d'insieme che corrisponde a strutture progettate per resistere ad un determinato carico.

### 2.3 MODALITA' DI ESECUZIONE DELLA PROVA DI CARICO

La prova di carico è stata eseguita per verificare l'idoneità statica di un solaio in latero cemento del piano primo, zona centrale dell'edificio, avente una luce di 5,00 m.

Il carico previsto e concordato precedentemente con il Collaudatore è pari a 4,00 kN/m<sup>2</sup>.

La prova di carico, eseguita con il sistema oleodinamico in 4 cicli di carico/scarico, consiste nel generare lo stesso momento flettente che si otterrebbe col carico distribuito attraverso l'utilizzo di forze concentrate su una striscia larga un metro.

Il carico è stato applicato "a spinta" mediante l'utilizzo di un martinetto oleodinamico posizionato in mezzeria al solaio esaminato e contrastato dal solaio soprastante.



*Foto 1: Martinetti per il carico*



*Foto 2: Sensori per rilevare le deformazioni*

In funzione dei parametri utilizzati la forza equivalente risulta essere:

$$F_{eq} = q \times C_v \times b \times L = \mathbf{24,00 \text{ kN}}$$

dove:

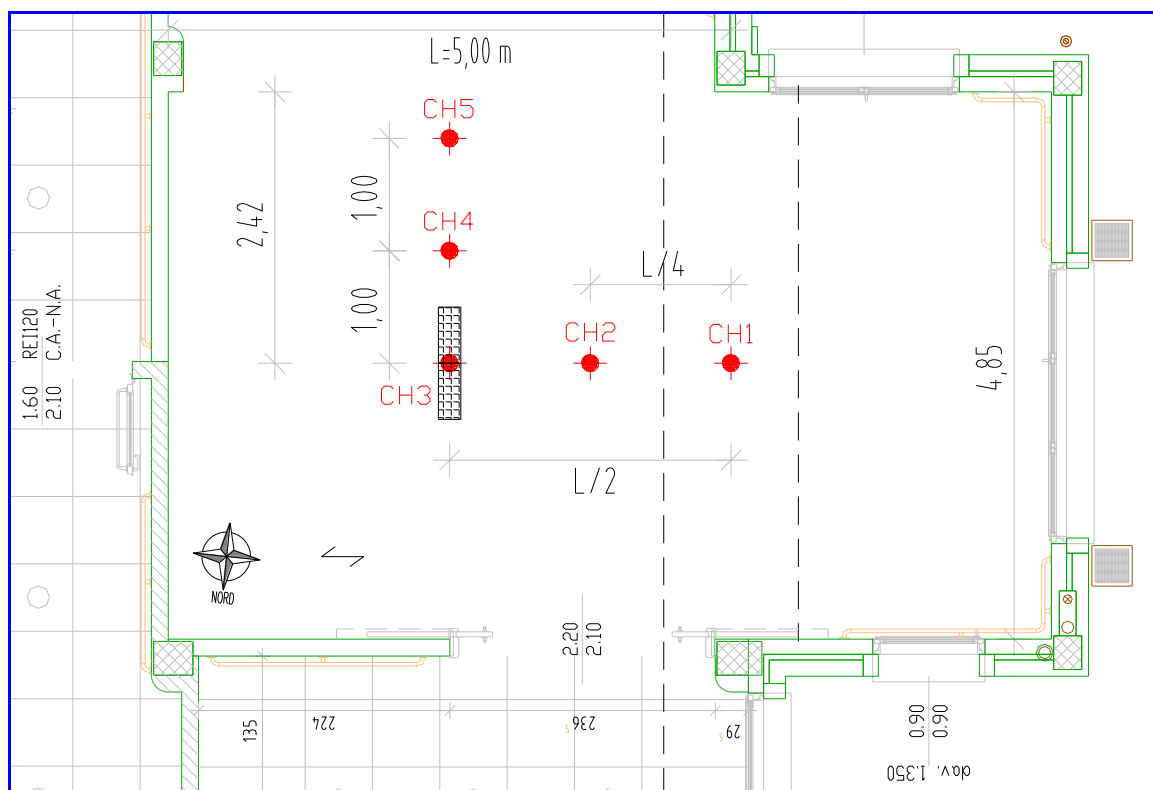
carico previsto  $q = 4,00 \text{ kN/m}^2$ ;

coefficiente di vincolo  $C_v = 0,4$ ;

fascia collaborante  $b = 3,00 \text{ m}$ ;

luce  $L = 5,00 \text{ m}$ .

## Schema ubicazione carico e sensori



*Fig. 5: Disposizione martinetti e punti di misura*

### Risultati della prova – 4° ciclo di carico/scarico

Forza (kN)	Carico (kN/m <sup>2</sup> )	Frecce (mm)					Linearità %
		CH 1 App. W	CH 2 L/4 W	CH 3 L/2	CH 4 1 Trsv. S	CH 5 2 Trsv. S	
0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
5,0	0,83	0,01	0,03	0,03	0,02	0,01	-
10,0	1,67	0,02	0,05	0,06	0,04	0,02	100
15,0	2,50	0,02	0,07	0,09	0,06	0,03	100
20,0	3,33	0,03	0,09	0,13	0,09	0,04	92
25,0	4,17	0,03	0,12	0,16	0,11	0,05	94
30,0	5,00	0,05	0,15	0,20	0,14	0,06	90
25,0	4,17	0,04	0,13	0,17	0,12	0,06	-
20,0	3,33	0,03	0,10	0,14	0,09	0,04	-
15,0	2,50	0,03	0,08	0,10	0,07	0,04	-
10,0	1,67	0,02	0,06	0,07	0,05	0,03	-
5,0	0,83	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01	-
0,0	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	-

Ripetibilità	Linearità media	Linearità minima	Permanenza	Area ist./carico
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
100	95	90	5	6,98

### Curva d'isteresi per il carico distribuito

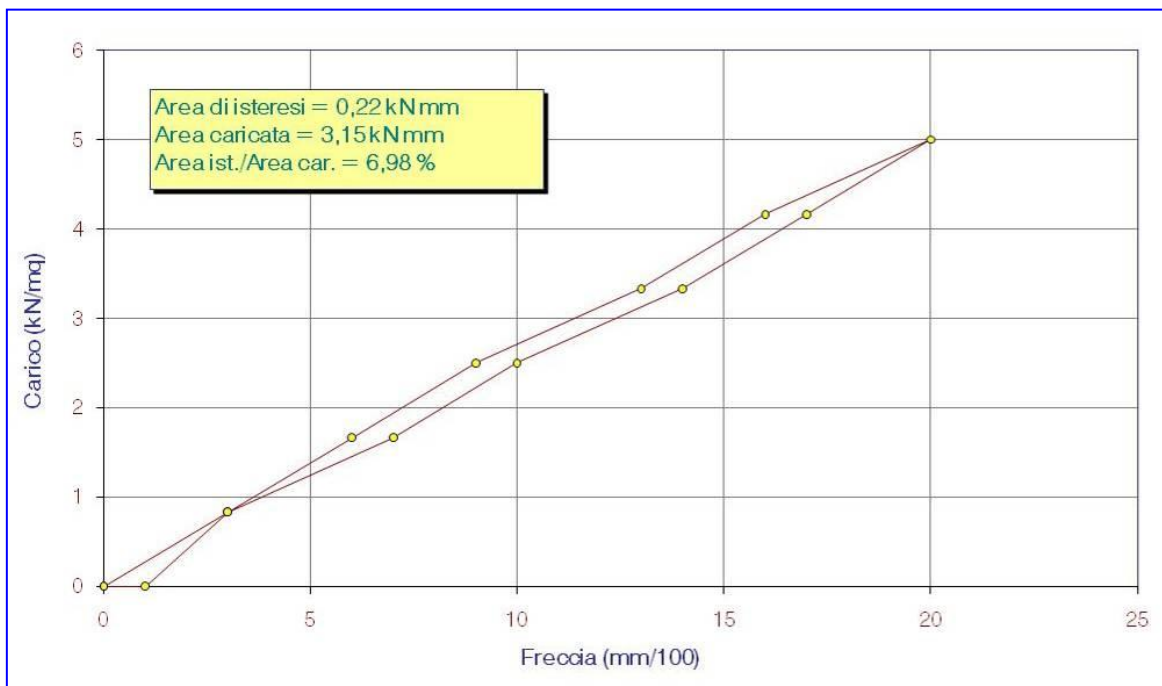


Fig. 6: Grafico rappresentativo dell'area d'isteresi relativa al "CH 3"

### 3 CAROTAGGI Ø80 MM - PROVA N° 3723-A/VR

#### 3.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per l'estrazione delle carote è stata utilizzata la seguente attrezzatura:

- un trapano carotatore Hilti;
- una base a binario Hilti per trapano carotatore;
- un fioretto diametro 80 mm;
- un serbatoio con pompa per l'acqua.

Le carote sono state inviate al **Laboratorio Prove Materiali** della *4 EMME Service S.p.A.* a Bolzano in via L. Zuegg, 20 dove sono state tagliate, rettificare e sottoposte alla prova di compressione tramite appositi macchinari.

Il valore della resistenza cubica è ottenuta da quella cilindrica attraverso la seguente formula di conversione (British Standards):

$$R_{cub} = R_{cil} \times 2,5 / (1,5 + 1/\lambda)$$

Dove  $\lambda = H/\varnothing$  (altezza/diametro del provino).



Foto 3: Carotaggio su pilastro



Foto 4: Carotaggio su pilastro

### 3.2 MISURA DELLA PROFONDITA' DI CARBONATAZIONE

La prova ha lo scopo di misurare la profondità di carbonatazione dello strato superficiale del calcestruzzo.

Il calcestruzzo possiede un valore di pH circa 12.5, cosa che gli conferisce un carattere fortemente alcalino. Questa forte alcalinità di fatto costituisce una protezione naturale dell'acciaio dell'armatura contro la corrosione (passivazione).

Il fenomeno chimico è conseguente all'anidride carbonica dell'aria che penetrando nei pori del calcestruzzo, neutralizza la calce libera presente. Il pH dello strato superficiale del calcestruzzo si abbassa fino a scendere a valori inferiori a 9 provocando il fenomeno della carbonatazione.

In questo stato il calcestruzzo è fortemente permeabile e riduce la capacità protettiva; fornisce, inoltre, allo strato superficiale, una durezza superiore che tende ad ingannare i metodi di determinazione della resistenza a compressione misurati con sclerometro o pull-out.

L'indagine consiste nello spalmare il liquido sulla superficie della carota dopo averla pulita accuratamente con uno straccio. La soluzione di fenoftaleina, all'1% di alcool etilico, reagisce con il calcestruzzo provocando un cambiamento di colore nella parte non carbonatata da bianco trasparente a rosso violetto. In presenza di carbonatazione il cls. manterrà inalterata la sua colorazione.

L'analisi va condotta subito dopo il prelievo della carota per evitare che si formi un film superficiale carbonatato lungo tutta la superficie che impedirebbe la reazione con la fenolftaleina.

La prova di carbonatazione è stata eseguita sulle carote in cls. asportate attraverso il carotaggio.

Di seguito riportiamo i dati rilevati in cantiere delle carote:

CAROTE N°	LUNGH. (mm)	CARBONATAZIONE (mm)	ELEMENTO ZONA	POSIZIONE (cm)
<b>C1</b>	180÷185	0÷6	Pilastro c.a.	Faccia E H da terra 150 cm
<b>C2</b>	180÷185	0÷13	Pilastro c.a.	Faccia N H da terra 107 cm
<b>C4</b>	175÷180	0÷11	Pilastro c.a.	Faccia W H da terra 140 cm
<b>C6</b>	175÷180	0÷8	Pilastro c.a.	Faccia W H da terra 125 cm
<b>C8</b>	170÷180	0÷10	Pilastro c.a.	Faccia E H da terra 75 cm
<b>C9</b>	170÷175	0÷5	Pilastro c.a.	Faccia E H da terra 80 cm
<b>C10</b>	165÷185	7÷12	Pilastro c.a.	Faccia E H da terra 105 cm
<b>C12</b>	175÷180	0÷10	Pilastro c.a.	Faccia N H da terra 84 cm
<b>C15</b>	170÷175	0÷3	Pilastro c.a.	Faccia W H da terra 124 cm
<b>C16</b>	170÷180	0÷7	Setto c.a.	Faccia E H da terra 21 cm
<b>C17</b>	155÷170	0÷8	Setto c.a.	Faccia E H da terra 89 cm
<b>C18</b>	180÷185	0÷3	Setto c.a.	Faccia E H da terra 47 cm



Foto 5: Foro della carota C2



Foto 6: Foro della carota C4





Foto 7: Foro della carota C9



Foto 8: Foro della carota C17



Foto 9: Carota C1



Foto 10: Carota C2



Foto 11: Carota C4

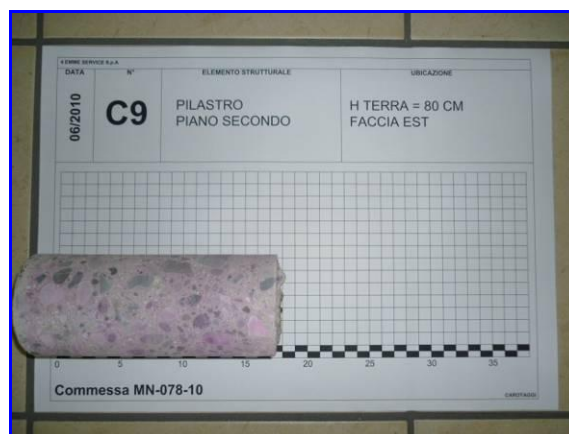


Foto 12: Carota C6





*Foto 13: Carota C8*



*Foto 14: Carota C9*



*Foto 15: Carota C10*



*Foto 16: Carota C12*



*Foto 17: Carota C15*



*Foto 18: Carota C16*



Foto 19: Carota C17

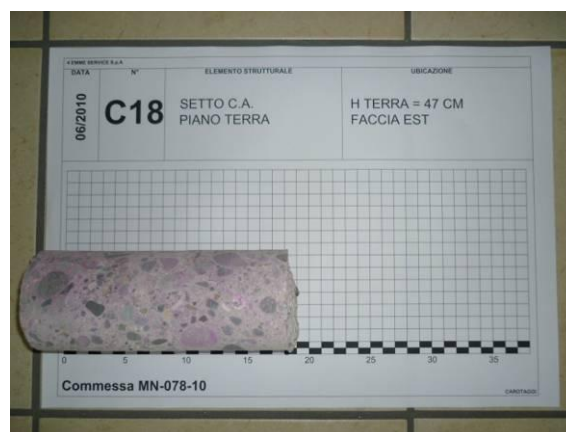


Foto 20: Carota C18

### 3.3 RISULTATI DELLE PROVE DI LABORATORIO

Di seguito riportiamo i risultati delle prove di Laboratorio:

Carota	Peso spec.	Ø medio	H	H/Ø	Carico rottura	$R_{cil}$	$R_{cub}$	Tipo di rottura
(contrass.)	( $kg/m^3$ )	(mm)	(mm)		(kN)	( $N/mm^2$ )	( $N/mm^2$ )	
<b>C1</b>	2304,7	74	148	2	169,9	39,5	49,38	soddisfacente
<b>C2</b>	2259,1	74	148	2	116,9	27,2	34,00	soddisfacente
<b>C4</b>	2259,0	74	147	2	141,4	32,9	41,13	soddisfacente
<b>C6</b>	2293,5	74	147	2	143,6	33,4	41,75	soddisfacente
<b>C8</b>	2364,4	74	148	2	153,9	35,6	44,50	soddisfacente
<b>C9</b>	2334,6	74	148	2	137,9	32,1	40,13	soddisfacente
<b>C10</b>	2281,1	74	148	2	94,0	21,9	27,38	soddisfacente
<b>C12</b>	2296,8	74	147	2	134,5	31,3	39,13	soddisfacente
<b>C15</b>	2386,4	74	148	2	222,4	51,7	64,63	soddisfacente
<b>C16</b>	2315,7	74	148	2	153,7	35,7	44,63	soddisfacente
<b>C17</b>	2328,3	74	74	1	129,1	30,0	30,00	soddisfacente
<b>C18</b>	2413,1	74	148	2	170,2	39,6	49,50	soddisfacente

Vedi in allegato il rapporto di prova n° 739 del 12/07/2010.

## **4 INDAGINI PACHOMETRICHE – PROVA N° 3723-B/VR**

### **4.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA**

Per l'esecuzione dell'indagine si è utilizzato lo strumento Pachometro P331 mod. S della ditta Boviar S.r.l. che sfrutta il principio della induzione di impulsi elettromagnetici.

Nella sonda è posto un solenoide cavo (l'aria fa da nucleo) trasmittente/ricevente, dotato di bilanciamento per azzerare gli effetti dei campi elettromagnetici parassiti. Grazie al nucleo cavo vengono superate le limitazioni (la sensibilità alle variazioni di temperatura, alle interferenze, all'umidità del calcestruzzo ed alla presenza di aggregati con proprietà ferromagnetiche) che affliggono i pachometri tradizionali, realizzati con solenoidi con nucleo in materiale ferromagnetico e impostati sulla tecnica dell'induzione di corrente elettrica mediante campi magnetici continuamente variabili.

Impegnando impulsi elettromagnetici indipendenti dalla frequenza ed analizzando l'eco susseguente a ciascun impulso è possibile, all'interno di un campo magnetico di una barra d'armatura, acquisire un segnale stabile, preciso e ripetibile.

La tecnica convenzionale di localizzazione delle barre d'armatura mediante correnti parassite impiega campi magnetici continuativamente variabili, di media frequenza e presenta varie limitazioni già citate sopra.

La tecnica ad induzione d'impulsi invece sfrutta due fasi distinte: prima viene generato un campo magnetico d'intensità e successivamente il campo viene annullato (riducendo rapidamente la forza magneto-motrice a zero) e viene acquisito il flusso residuo, in fase di decadimento, in un oggetto ferro magnetico (la barra d'armatura) posto all'interno dell'area indagata.

Le caratteristiche di questo segnale riflesso, come eco, sono strettamente correlate con quelle dell'oggetto stesso: massa, distanza dal sensore, aspetti dimensionali e geometrici, permeabilità magnetica e conduttività elettrica.

Mediante elaborazione del segnale, noti tutti gli altri parametri, è possibile risalire, in maniera attendibile, alla distanza dell'oggetto dalla sonda. Gli effetti parassiti vengono depurati mediante campionamento ed elaborazione del segnale.

La tecnica ad induzione di impulsi fornisce letture molto stabili ed è insensibile alle interferenze elettriche e agli effetti delle variazioni termiche.

L'attrezzatura è costituita dalle seguenti parti:

1. Pachometro P331 mod. S;
2. Sonda trasmittente/ricevente;
3. Cavo di collegamento per sonda.



Foto 21: Strumentazione pachometrica utilizzata per l'individuazione delle armature



Foto 22: Esempio d'indagine

Di seguito gli schemi dei rilievi effettuati con pachometro:

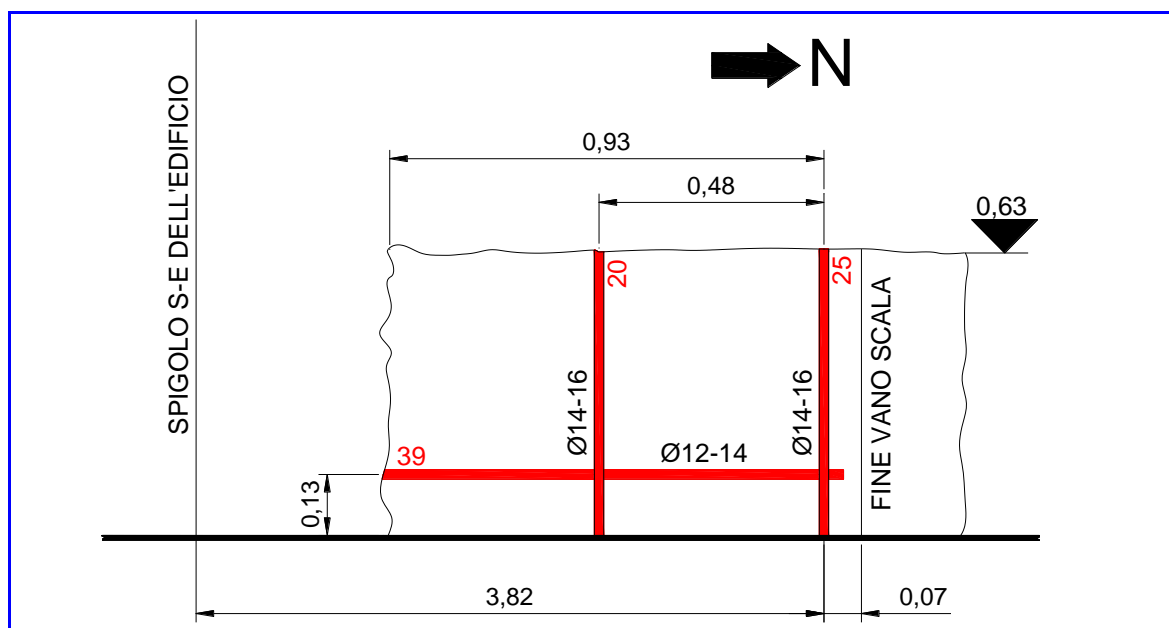


Fig. 7: Elemento 16 – setto in c.a.

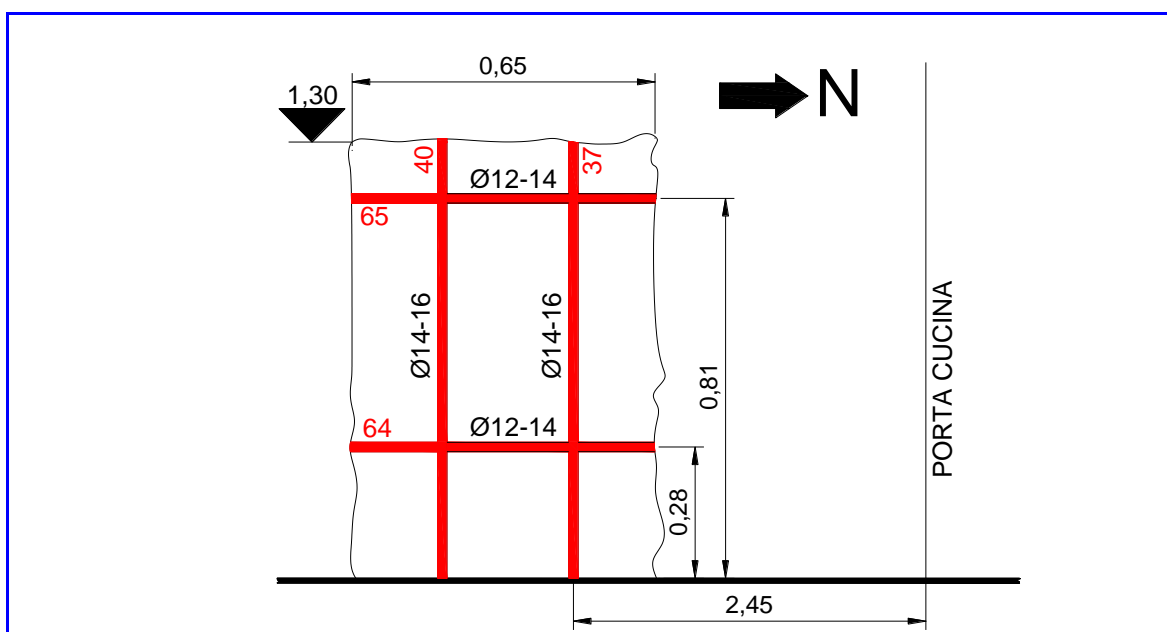


Fig. 8: Elemento 17 – setto in c.a.

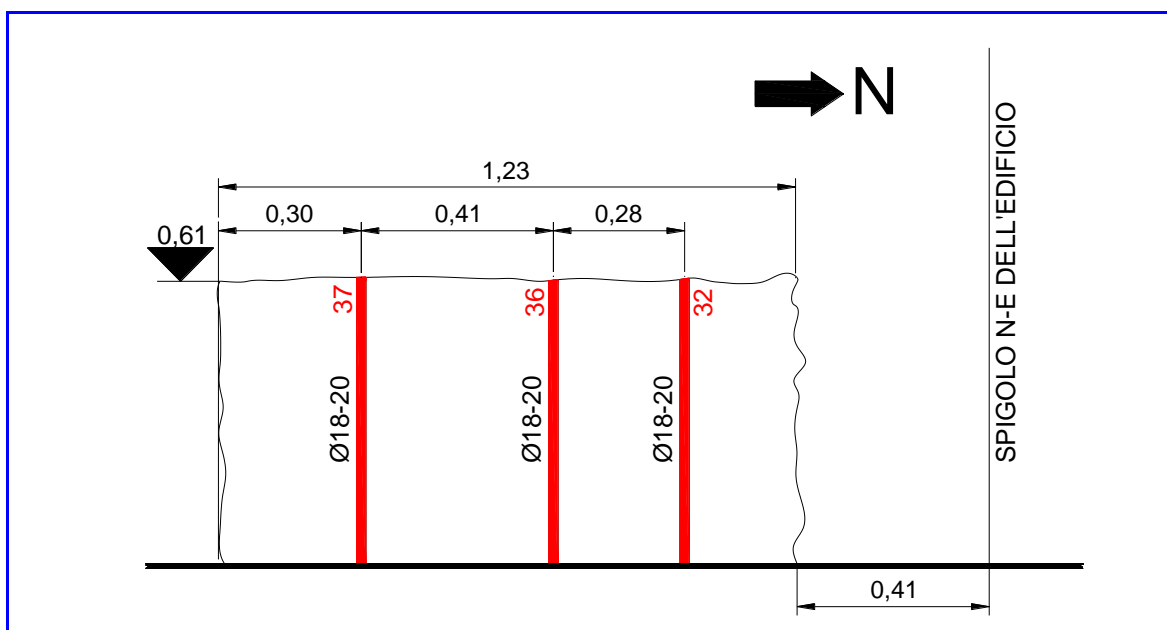


Fig. 9: Elemento 18 – setto in c.a.

NB: tra le barre verticali c'è presenza discontinua di metallo che limita l'indagine.



## 5 INDAGINI ULTRASONICHE - PROVA N° 3724/VR

### 5.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Il metodo ad ultrasuoni è basato sulla rilevazione di treni d'onde immessi in un manufatto. Applicando un impulso ad un corpo rigido si producono vari tipi di treni d'onde (longitudinali, trasversali e di superficie). Le onde con velocità maggiore e quindi le più facilmente individuabili sono quelle di tipo longitudinale che sono utilizzate nella diagnostica dei materiali.

La velocità delle onde longitudinali che si trasmettono in un mezzo elastico omogeneo ed isotropo è data dalla seguente formula:

$$V_p = \sqrt{\frac{g \cdot E_d \cdot (1 - \mu)}{\rho \cdot (1 + \mu) \cdot (1 - 2\mu)}}$$

Da questa si risale al modulo elastico:

$$E_d = V_p^2 \cdot \rho \cdot \frac{(1 + \mu)(1 - 2\mu)}{g(1 - \mu)}$$

dove:

$g$  = accelerazione di gravità ( $9,81 \text{ m/s}^2$ );

$E_d$  = modulo elastico dinamico del mezzo;

$V_p$  = velocità rilevata ( $\text{m/s}$ );

$\mu$  = coefficiente di Poisson ( $0,15 \div 0,35$ );

$\rho$  = densità del mezzo ( $\text{kN/m}^3$ ).

Il metodo consiste nel propagare dei treni di impulsi ultrasonici nel campo delle frequenze  $15 \div 200 \text{ kHz}$ . Il segnale è emesso da una sonda posta a contatto col materiale e nel misurare il tempo di transito per raggiungere la sonda ricevente posta ad una distanza nota.

Analizzando i tempi di arrivo degli impulsi si può valutare qualitativamente lo stato del materiale.

Per l'esecuzione delle prove è stata utilizzata l'apparecchiatura ultrasonica modello **IMG 5100CSD**, con energia di trasmissione selezionabile tra  $0,9$  e  $1,8 \text{ kV}$ , e sonde da  $55 \text{ kHz}$ .

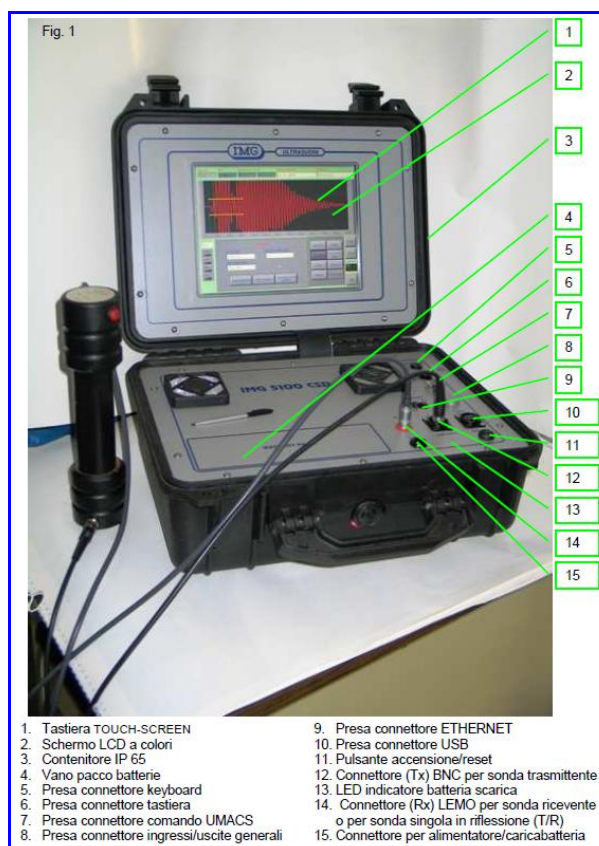


Foto 23: IMG 5100CSD

Con riferimento alla normativa UNI EN 12504 – 4 : 2005, seguita nel corso delle indagini, è stato adottato il metodo di misura “diretto”, con i trasduttori posizionati su due superfici opposte dello stesso elemento



Foto 24: Indagine su pilastro



Foto 25: Indagine su provino estratto

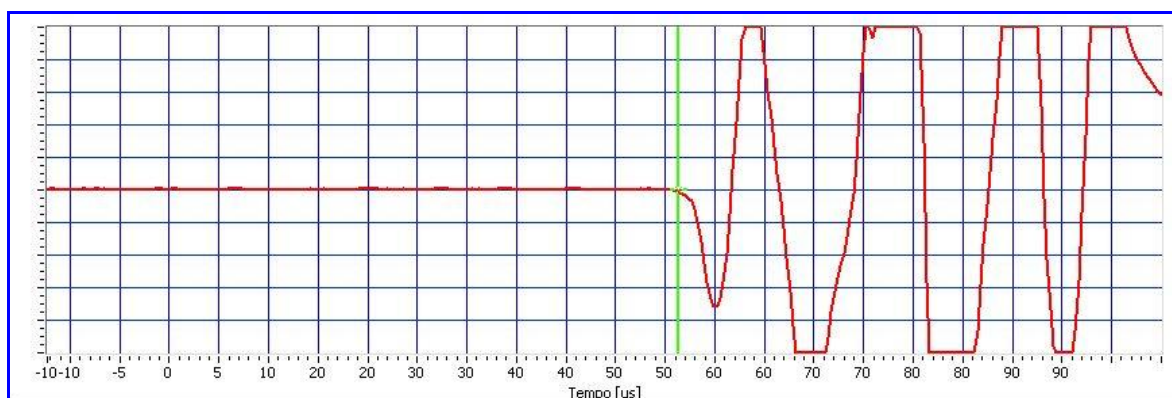


Fig. 10: Visualizzazione di un segnale

## 5.2 RISULTATI DELLE INDAGINI ULTRASONICHE

Di seguito riportiamo i risultati delle 9 indagini con ultrasuoni sugli elementi:

<b>Indagine <i>n</i><sup>°</sup></b>	<b>Ubicazione</b>	<b>Distanza sonde (cm)</b>	<b>Velocità Media (m/s)</b>
<b><i>U1</i></b>	Pilastro	25,0	<b>4347</b>
<b><i>U3</i></b>	Pilastro	25,0	<b>3923</b>
<b><i>U5</i></b>	Pilastro	25,0	<b>4323</b>
<b><i>U7</i></b>	Pilastro	25,0	<b>4278</b>
<b><i>U10</i></b>	Pilastro	29,5	<b>4010</b>
<b><i>U11</i></b>	Pilastro	28,5	<b>3970</b>
<b><i>U12</i></b>	Pilastro	25,0	<b>4228</b>
<b><i>U13</i></b>	Pilastro	29,0	<b>3938</b>
<b><i>U14</i></b>	Pilastro	29,5	<b>3900</b>

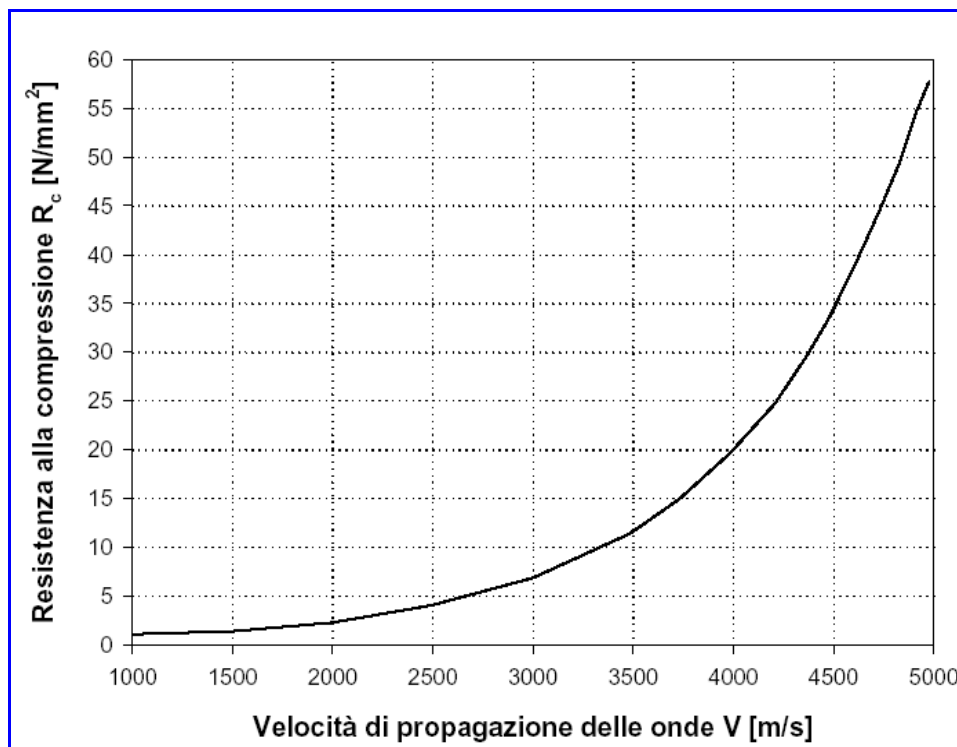
Risultati delle 12 indagini con ultrasuoni sui provini estratti:

<b>Provino <i>n</i><sup>°</sup></b>	<b>Velocità Media (m/s)</b>
<b><i>C1</i></b>	<b>4192</b>
<b><i>C2</i></b>	<b>3732</b>
<b><i>C4</i></b>	<b>3890</b>
<b><i>C6</i></b>	<b>3944</b>
<b><i>C8</i></b>	<b>4370</b>
<b><i>C9</i></b>	<b>4351</b>
<b><i>C10</i></b>	<b>4015</b>
<b><i>C12</i></b>	<b>4120</b>
<b><i>C15</i></b>	<b>4863</b>
<b><i>C16</i></b>	<b>4307</b>
<b><i>C17</i></b>	<b>4203</b>
<b><i>C18</i></b>	<b>4597</b>



Presentiamo di seguito il grafico di correlazione tra la velocità degli ultrasuoni e la resistenza a compressione estratto dalle “**Linee guida** per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive (febbraio 2008)”.

-Per le indagini ad ultrasuoni:



*Fig. 1: Andamento esemplificativo della correlazione tra velocità di propagazione delle onde elastiche e resistenza a compressione*

Verona, 15 LUGLIO 2010

Il relatore:  
dott. ing. Andrea Palermo

*4 EMME Service S.p.A.*  
Il Direttore del Centro di Verona  
geom. Paolo Bassi

## 6 ALLEGATI

### 6.1 TABULATO ORIGINALE DELLA PROVA 3722/VR

<b>Fase</b>	<b>Forza (kN)</b>	<b>CH 1 (mm)</b>	<b>CH 2 (mm)</b>	<b>CH 3 (mm)</b>	<b>CH 4 (mm)</b>	<b>CH 5 (mm)</b>	<b>Commento</b>	<b>Orario (H.m.s)</b>
C=001F=001	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	I CICLO	10.07.07
C=001F=002	5,0	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01		10.08.11
C=001F=003	10,0	0,01	0,05	0,04	0,03	0,01		10.09.14
C=001F=004	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		10.11.33
C=002F=001	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	II CICLO	10.11.56
C=002F=002	5,0	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01		10.12.55
C=002F=003	10,0	0,02	0,05	0,04	0,03	0,02		10.13.53
C=002F=004	15,0	0,02	0,07	0,08	0,06	0,03		10.14.53
C=002F=005	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		10.16.24
C=003F=001	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	III CICLO	10.28.51
C=003F=002	5,0	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01		10.29.51
C=003F=003	10,0	0,02	0,05	0,05	0,03	0,02		10.30.51
C=003F=004	15,0	0,03	0,07	0,08	0,06	0,03		10.31.49
C=003F=005	20,0	0,03	0,09	0,12	0,09	0,04		10.32.54
C=003F=006	25,0	0,04	0,12	0,16	0,11	0,05		10.33.50
C=003F=007	30,0	0,05	0,15	0,20	0,14	0,06		10.34.53
C=003F=008	30,0	0,05	0,15	0,20	0,15	0,06		10.49.53
C=003F=009	0,0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		10.51.30
C=004F=001	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	IV CICLO	10.51.38
C=004F=002	5,0	0,01	0,03	0,03	0,02	0,01		10.52.43
C=004F=003	10,0	0,02	0,05	0,06	0,04	0,02		10.53.40
C=004F=004	15,0	0,02	0,07	0,09	0,06	0,03		10.54.39
C=004F=005	20,0	0,03	0,09	0,13	0,09	0,04		10.55.40
C=004F=006	25,0	0,03	0,12	0,16	0,11	0,05		10.56.32
C=004F=007	30,0	0,05	0,15	0,20	0,14	0,06		10.57.37
C=004F=008	25,0	0,04	0,13	0,17	0,12	0,06		10.58.41
C=004F=009	20,0	0,03	0,10	0,14	0,09	0,04		10.59.33
C=004F=010	15,0	0,03	0,08	0,10	0,07	0,04		11.00.35
C=004F=011	10,0	0,02	0,06	0,07	0,05	0,03		11.01.36
C=004F=012	5,0	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01		11.02.37
C=004F=013	0,0	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00		11.03.46