

**APPENDICE C**  
**RELAZIONE SULLE PROVE DI CARICO**



**PROVE PRESSO**  
***IL POLO UNIVERSITARIO***  
**IN VIA MAGLIOTTO, A SAVONA (SV)**

**PROVE n. 4520÷4521-GE**

**16 Dicembre 2011**

Committente: **S.P.E.S. S.c.p.A.**

Progettista strutture: **Ing Andrea Tomarchio**

Relatore: **P.I. P. Emanuelli**



*Vista esterna della zona di collaudo.*

Rif:Ge-149-11-saccone-endoscopio-termografia-S.P.E.S. Genova, 11 Gennaio 2012

<b>BOLZANO</b>	Tel. 0471/543111 Fax 0471/543110 info@4emme.it www.4emme.it	<b>LABORATORIO</b>	Tel. 0471/543181	<b>FIRENZE</b>	Tel. 055/461000	<b>PADOVA</b>	Tel. 049/8020707	<b>TORINO</b>	Tel. 011/7706023
		<b>BOLOGNA</b>	Tel. 051/6346808	<b>GENOVA</b>	Tel. 010/586195	<b>PALERMO</b>	Tel. 091/6703629	<b>TRENTO</b>	Tel. 0461/830920
		<b>CAGLIARI</b>	Tel. 070/490732	<b>MILANO</b>	Tel. 02/40092545	<b>PIACENZA</b>	Tel. 0523/755849	<b>TREVISO</b>	Tel. 0438/990200
		<b>COMO</b>	Tel. 031/305253	<b>MODENA</b>	Tel. 059/395414	<b>ROMA</b>	Tel. 06/71546992	<b>VERONA</b>	Tel. 045/8004278

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b>	<b>2</b>
<b>2. DESCRIZIONE DELLE STRUMENTAZIONI</b>	<b>3</b>
2.1 Collaudatore GS04	3
2.2 Trasduttori di spostamento	3
2.3 Serbatoio per collaudi	3
2.4 Indagini endoscopiche	4
2.5 Termocamera	4
<b>3. DESCRIZIONE DELLE PROVE</b>	<b>4</b>
3.1 Prova di carico statica su elementi strutturali con serbatoio d'acqua.	4
3.2 Indagini endoscopiche	4
3.3 Indagine termografica	5
<b>4. RAPPORTO DEI RISULTATI</b>	<b>5</b>
PROVA N. 4520/GE	5
PROVA N. 4521/GE ( indagini termografiche )	13
PROVA N. 4521/GE ( indagini endoscopiche )	14

## ALLEGATI:

elaborato tecnico

### 1. PREMESSA

La Società **4 EMME Service S.p.A.** è stata incaricata, dalla Società **S.P.E.S. S.c.p.A.** di effettuare una prova di carico, un'indagine termografica ed una indagine endoscopica, presso **il polo universitario di Savona, sito in Via Magliotto, a Savona (SV).**

Attraverso queste indagini si intende verificare la composizione e il comportamento statico, di una porzione di solaio di copertura del polo universitario, durante l'applicazione del carico.

Le zone interessate dalle indagini endoscopiche, termografiche e, la scelta dell'elemento strutturale da sottoporre a verifica, la determinazione e la disposizione del carico, le modalità di rilevazione i punti di misura, sono stati preventivamente concordati con il **progettista strutturale, nella persona dell'Ing. Andrea Tomarchio.**

La prova è stata eseguita il giorno **16 Dicembre 2011**

All'esecuzione della prova hanno assistito:

Prof. F. Delfino                      Università di Genova

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

Ing. Alessandro Torre  
P.I. Paolo Emanuelli  
P.I. Giuseppe Cianci

## 2. DESCRIZIONE DELLE STRUMENTAZIONI

### 2.1 Collaudatore GS04

Le rilevazioni delle deformazioni e delle forze applicate, sono state eseguite con l'attrezzatura denominata GS04, matricola n° 39, costituita da:

- unità computerizzata di registrazione delle deformazioni e forze GS04 AD 24;
- sensori LVDT Schaevitz E 200 HQ;
- 1 cella di carico bidirezionale classe 1 TCQ 200 kN;
- software di elaborazione 4 Emme Service.

La calibrazione del GS04 è stata effettuata in data 5 Aprile 2011 e documentata col certificato di taratura n. 777/11.



*Collaudatore GS04*

### 2.2 Trasduttori di spostamento

Per la rilevazione della deformata sono stati impiegati sensori differenziali LVDT con escursione massima di  $\pm 5$ ,  $\pm 12.5$  e  $\pm 25$  mm.

I sensori impiegati hanno le seguenti caratteristiche:

- tensione di alimentazione 3V rms;
- range di frequenza da 2kHz a 20kHz;
- risoluzione 0,002mm;
- errore linearità <0,5% f.s.

La calibrazione del GS04 è stata effettuata in data 5 Aprile 2011 e documentata col certificato di taratura n. 777/11.



*Sensore di spostamento*

### 2.3 Serbatoio per collaudi

Si tratta di serbatoi in P.V.C. del tipo a cuscino, costruiti dalla SO.CAP. di Milano, avente dimensioni di e (6x3,5x0,75)m.



*Serbatoio per collaudi*

## 2.4 Indagini endoscopiche

Le indagini endoscopiche sono state eseguite allo scopo di verificare le caratteristiche costruttive dei pilastri e della muratura portante, mediante endoscopio VideoProbe VP300, dotato di testa mobile di diametro  $\varnothing$  6 mm, telecomandata tramite joystick e con trasmissione delle immagini mediante fibre ottiche.

L'immagine viene visualizzata su un monitor a colori e può essere registrata o fotografata.



*Video Probe VP300*

## 2.5 Termocamera

Le indagini termografiche sono eseguite con termocamera Flir, modello ThermaCam™ B400 con le seguenti caratteristiche:

- Risoluzione spaziale            1,36 mrad;
- Accuratezza                         $\pm 2^{\circ}\text{C}$  o  $\pm 2\%$  della lettura;
- Intervallo spettrale            7,5 – 13,0  $\mu\text{m}$ ;
- Rilevatore                         FPA (Focal Plane Array), micro bolometro 320x240.



*Termocamera ThermaCam B400*

## 3. DESCRIZIONE DELLE PROVE

### 3.1 Prova di carico statica su elementi strutturali con serbatoio d'acqua.

La prassi esecutiva di questa prova è quella di applicare i carichi distribuiti di progetto all'estradosso della soletta di prova, mediante un serbatoio avente dimensioni (6x3x0.75)m. Oltre a misurare gli spostamenti conseguiti all'intradosso della soletta stessa da alcuni punti tramite sensori differenziali ad alta precisione.

I parametri di controllo considerati nella verifica delle strutture ed i loro valori massimi secondo i nostri criteri operativi sono i seguenti:

- **fuori-linearità:** è il rapporto percentuale tra le tangenti alla curva di isteresi passanti per i punti individuati dall'ultimo e dal primo carico (valore limite  $\leq 15\%$ ).
- **permanenza:** è il rapporto percentuale tra il residuo e la freccia max (valore limite  $\leq 10\%$ ).

### 3.2 Indagini endoscopiche

L'indagine viene eseguita eseguendo un foro perpendicolare alla superficie della muratura utilizzando un trapano con punta  $\varnothing$  32mm; tale foro viene successivamente pulito e ispezionato mediante endoscopio VideoProbe VP300, dotato di testa mobile di diametro  $\varnothing$  6mm, telecomandata tramite joystick e con trasmissione delle immagini mediante fibre ottiche.

L'immagine viene visualizzata su un monitor a colori e può essere registrata o fotografata.



### 3.3 Indagine termografica

L'indagine consiste nell'effettuare una serie di riprese con termocamera ad infrarossi, finalizzata all'ottenimento di un'immagine termica dell'oggetto indagato.

La chiave di lettura delle immagini termiche è improntata sull'assegnazione della "scala del ferro", associando a zone di emissione termica superiore il colore più chiaro e a zone di emissione termica inferiore colori progressivamente più scuri.

Nelle condizioni di transitorio termico l'immagine termica mette in evidenza la struttura presente al di sotto dell'intonaco, che risponde in maniera differente al riscaldamento a seconda delle diverse emissività termiche dei materiali: ad esempio in un solaio risultano ben definite nei contorni le zone in calcestruzzo (travi, e travetti), più scure rispetto alle aree occupate dai blocchi in laterizio.

## 4. RAPPORTO DEI RISULTATI

### PROVA N. 4520/GE

La prova di carico statica è stata effettuata sul solaio di copertura dell'ala Nord Est, come indicato in figura n°1.

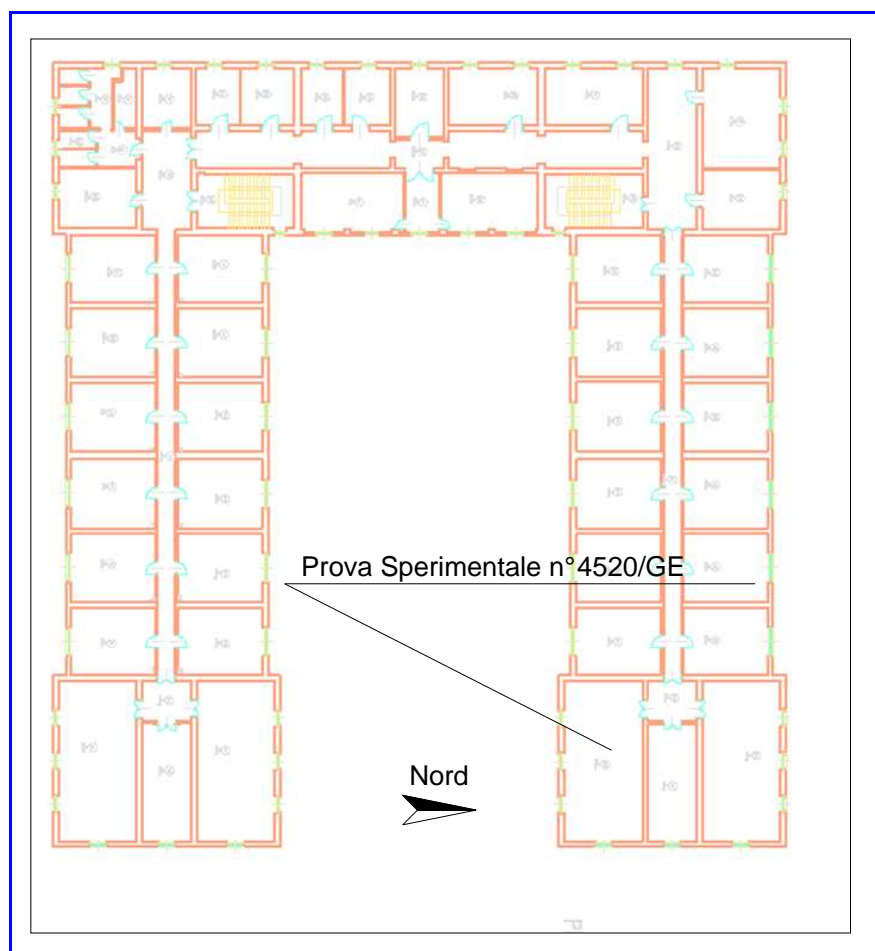
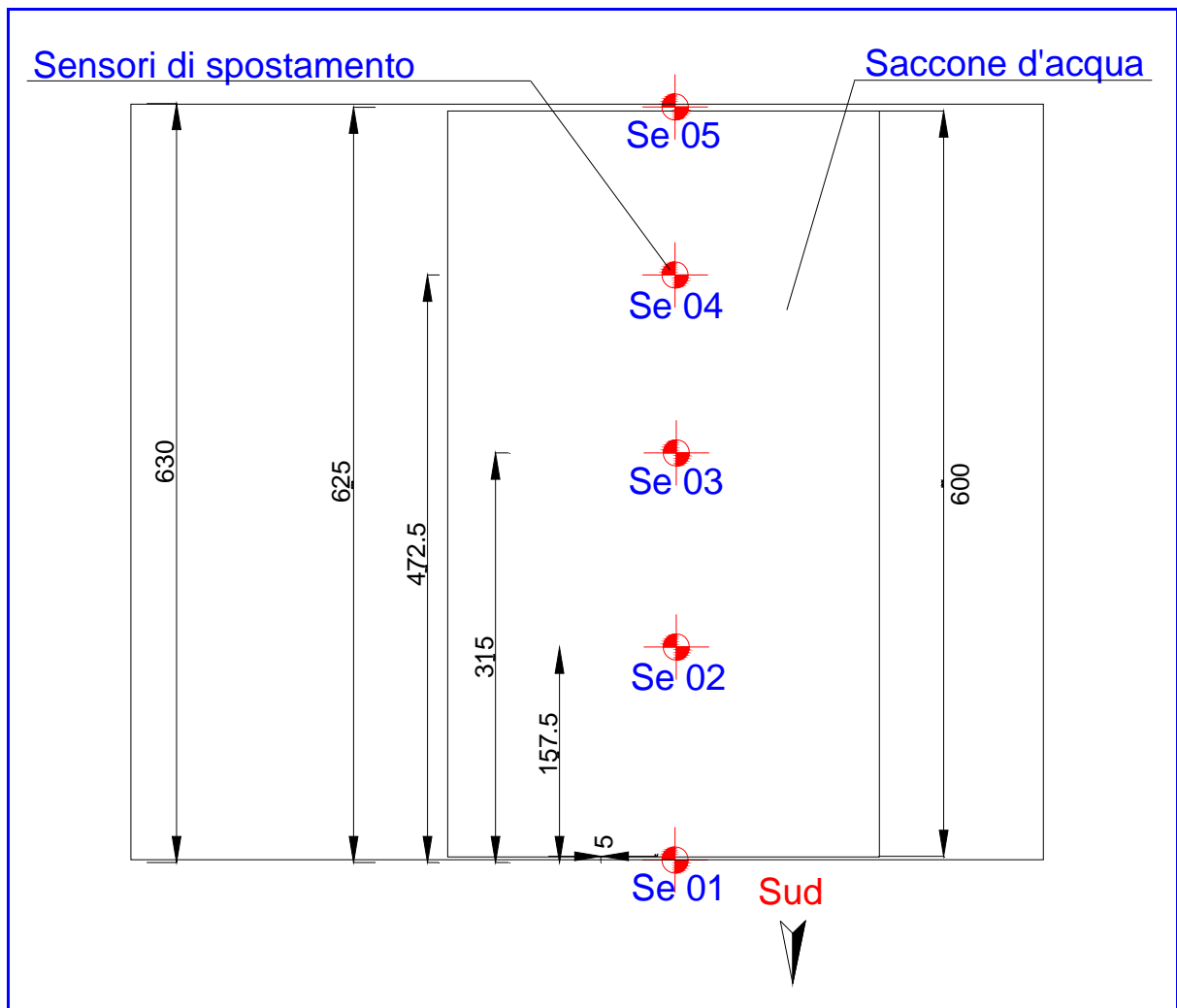


Figura n. 1 – Zona relativa alla prova sperimentale n°4520/GE

Nella figura n°2 è rappresentata in pianta sia la disposizione del saccone, che la disposizione dei sensori di spostamento, utilizzati per la misura dei cedimenti durante il carico.



*Figura n. 2 – Disposizione in pianta dei Sensori di spostamento e del saccone d'acqua.*

Il carico è stato applicato tramite n° 1 saccone di dimensioni (6x3)m, disposto in modo da distribuire il carico su tutta la luce del solaio.

Sono stati posizionati cinque sensori in linea sotto il solaio per la misura delle deformazioni e due sensori trasversali per verificare la ripartizione del carico.

Nelle foto n. 1÷2 sono riprese le attrezzature utilizzate.





*Foto n.1 – Panoramica del saccone a carico raggiunto.*



*Foto n.2 – Panoramica dei sensori di spostamento.*

Le fasi effettuate durante il ciclo di carico sono state le seguenti:

- -1- riempimento del saccone ad un'altezza di 5cm;
- -2- riempimento del saccone ad un'altezza di 5cm;
- -3- riempimento del saccone ad un'altezza di 10cm;
- -4- riempimento del saccone ad un'altezza di 15cm;
- -5- riempimento del saccone ad un'altezza di 20cm;
- -6- riempimento del saccone ad un'altezza di 25cm;
- -7- riempimento del saccone ad un'altezza di 28cm.

Nella tabella n. 1 sono riportati tutti i valori rilevati nell'ambito di tale prova:

- Battente livello d'acqua [cm]
- carico equivalente [daN/m<sup>2</sup>]
- frecce massime su :
  - Appoggio trave lato Sud [Se.01] [mm]
  - 1/4 luce trave da appoggio Sud [Se.02] [mm]
  - Mezzeria [Se.03] [mm]
  - 3/4 luce trave da appoggio Sud [Se.04] [mm]
  - Appoggio trave lato Nord [Se.05] [mm]

**Prova Sperimentale n. 4520/GE – Tabella n. 1**

Carico totale [daN]	Carico eq. [daN/m <sup>2</sup> ]	Se. 01 [mm]	Se. 02 [mm]	Se. 03 [mm]	Se. 04 [mm]	Se. 05 [mm]
900	50	0	0.03	0.06	0.02	0.00
1800	100	0.01	0.10	0.14	0.09	0.00
2700	150	0.03	0.16	0.21	0.14	0.02
3600	200	0.04	0.19	0.28	0.16	0.03
4500	250	0.06	0.22	0.35	0.20	0.04
<b>5040</b>	<b>280</b>	<b>0.07</b>	<b>0.32</b>	<b>0.44</b>	<b>0.28</b>	<b>0.04</b>
4500	250	0.06	0.31	0.42	0.28	0.04
3600	200	0.04	0.26	0.37	0.22	0.03
2700	150	0.03	0.19	0.29	0.18	0.02
1800	100	0.01	0.13	0.20	0.12	0.02
900	50	0.00	0.10	0.15	0.08	0.01
0	0	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00

*I valori relativi al carico equivalente, sono stati calcolati considerando come grado di vincolo il semplice appoggio ed una striscia collaborante di 3m pari alla larghezza del serbatoio.*

Gli elaborati seguenti riportano i dati rilevati durante l'esecuzione della prova di analisi durante il ciclo di carico, in particolare:

tabella e curva d'isteresi carico-frecce misurate, relative al ciclo di carico;

- andamento del parametro caratteristico della “fuori linearità” calcolato come variazione percentuale delle tangenti, alla curva d'isteresi durante i vari "step" di carico, rispetto a quelli iniziali.
- Il valore dell'area e della percentuale d'isteresi indica l'energia che la struttura ha assorbito durante il ciclo di carico-scarico.

PROVA DI ANALISI

GE 4520  
4 Emme S.p.a.

Data dell'intervento .....: 16/12/2011  
 Località .....: Savona (SV)  
 In .....: Via Magliotto 2  
 Committente.....: S.p.e.s. S.c.p.A.  
 Denominazione edificio ....: Università di Savona  
 Seguendo le istruzioni d .: Ing. Prof. F. Delfino

Tipo di struttura .....: solaio di copertura  
 Luce.....: 630 cm  
 Sovraccarico richiesto ....: 230 daN/m<sup>2</sup>  
 Coefficiente C1 .....: 1  
 Coefficiente C2 .....: 1

FRECCE RELATIVE AL CARICO DI **5040** daN

SENSORI LONGITUDINALI			ALTRI SENSORI		
n.° Sensore	Posizione	Frecce mm	n.° Sensore	Posizione	Frecce mm
1	Appoggio Sud	0,070			
2	1/4 luce lato Sud	0,320			
3	Mezzeria	0,440			
4	1/4 luce lato Nord	0,28			
5	Appoggio Nord	0,04			

NOTE:  
0

Tabella Carico-Freccia del sensore n°3 nel ciclo 1

Carico daN	Freccia mm	Incr. Decrementi (+/-) mm/100
900	0,060	6
1800	0,140	8
2700	0,210	7
3600	0,280	7
4500	0,350	7
5040	0,440	9
4500	0,420	-2
3600	0,370	-5
2700	0,290	-8
1800	0,200	-9
900	0,150	-5
0	0,020	-13

Fuori linearità del carico applicato

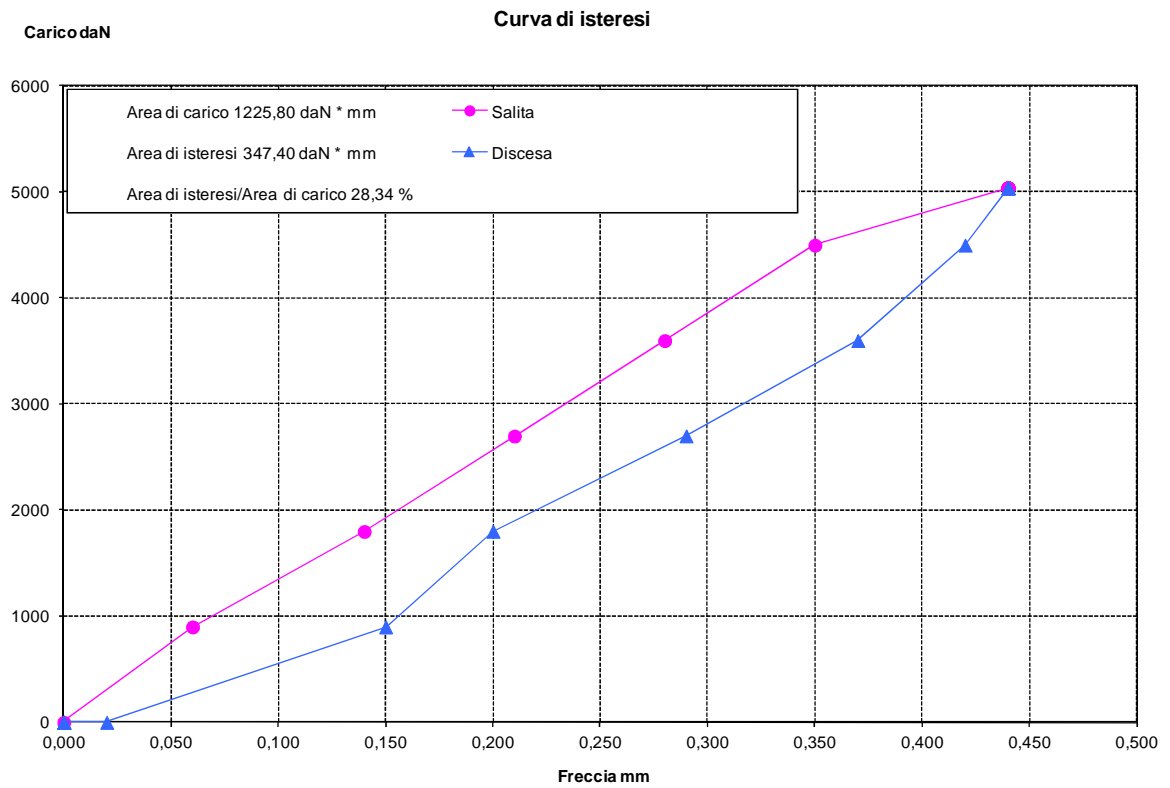
Carico daN      Fuori linearità %

900	0
1800	17
2700	17
3600	17
4500	17
5040	31

Ripetibilità complessiva	-	%
Fuori linearità media		16 %
Fuori linearità massima		31 %
Permanenze percentuali		5 %

La società si assume la responsabilità per la precisione delle misurazioni effettuate. L'elaborazione dei dati invece rappresenta solamente un sussidio da verificare ed approvare dal Collaudatore.

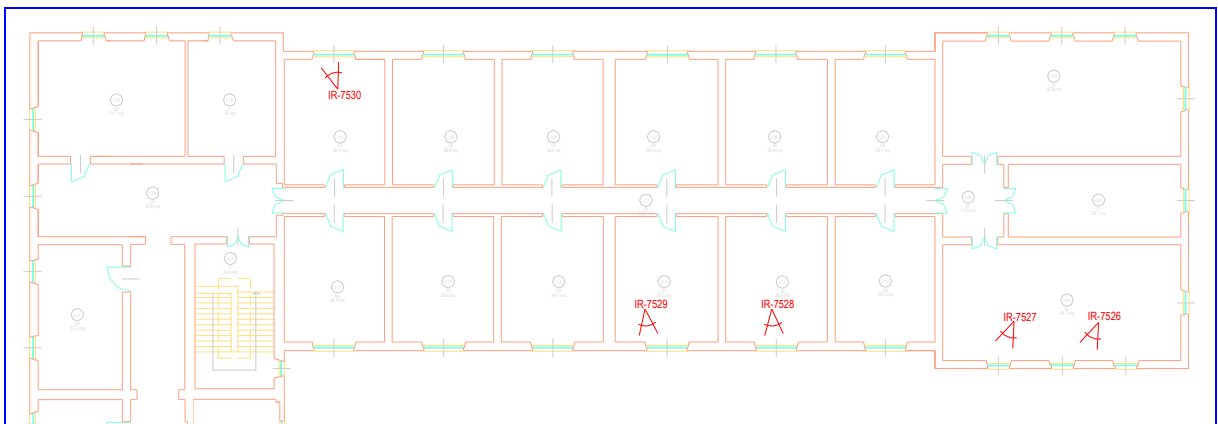
Genova, li 16/12/2011



**PROVA N. 4521/GE ( indagini termografiche )**

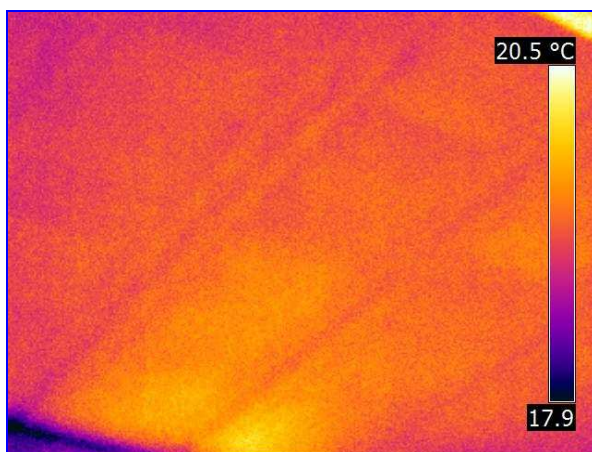
Le indagini sono state eseguite in data 14 Gennaio 2010 dall'ing. Alessandro Torre, in qualità di **Infrared Thermographer – Level 1 n° 2008IT25N004**, e hanno interessato alcune porzioni di solaio di copertura dell'edificio.

Nella figura 4 è riportata l'ubicazione delle termografie realizzate

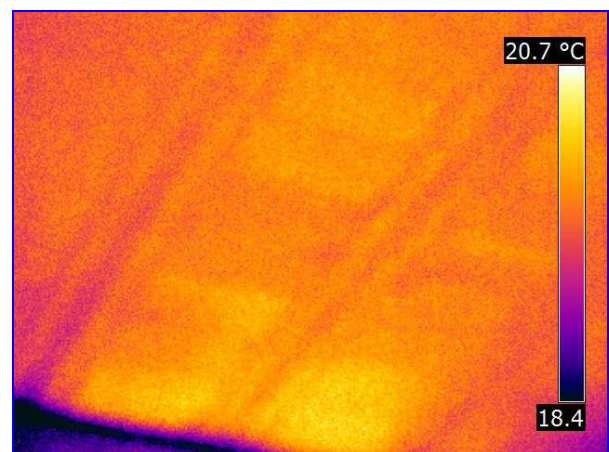


*Figura 3 - ubicazione termografie*

Nelle foto 3÷7 sono riportati i termogrammi.

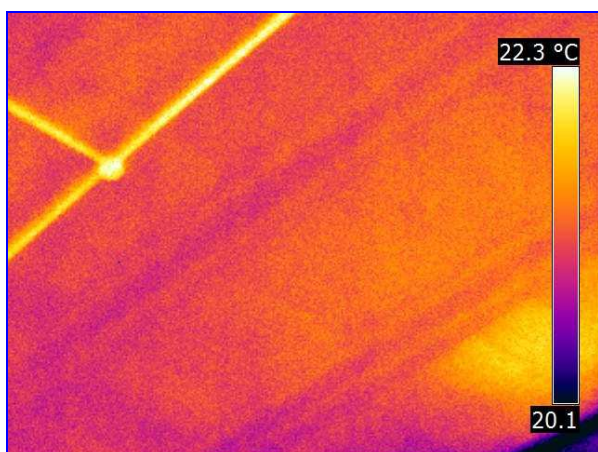


*Foto n° 3 - Termogramma IR-7526*

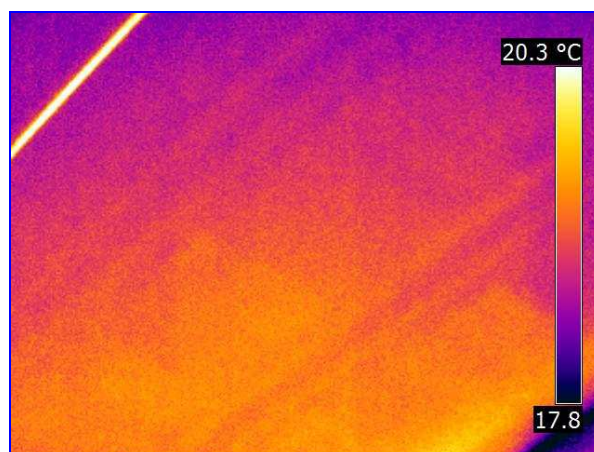


*Foto n° 4 - Termogramma IR-7527*

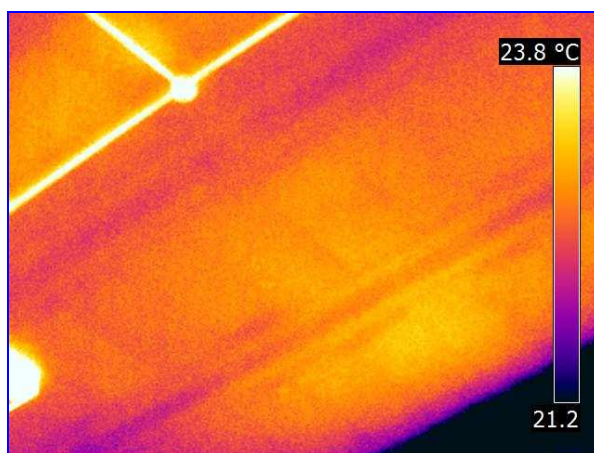




*Foto n° 5 - Termogramma IR-7528*



*Foto n° 6 - Termogramma IR-7529*



*Foto n° 7 - Termogramma IR-7530*

Le indagini termografiche hanno evidenziato la presenza di solaio laterocementizio composto da travetti prefabbricati accoppiati con interasse di circa 85 cm in corrispondenza della zona di testa e di 105 cm in corrispondenza del resto degli uffici. L'orditura è ortogonale all'asse dell'ala dell'edificio in corrispondenza della zona di testa e parallela a questo in corrispondenza degli uffici. Una successiva indagine pachometrica ha evidenziato un'armatura longitudinale composta da 2  $\phi 8$  per travetto.

#### **PROVA N. 4521/GE ( indagini endoscopiche )**

Sono state eseguite n° 2 perforazioni, di profondità tale da non intaccare la guaina di impermeabilizzazione, su altrettante porzioni di solaio di copertura.

Nella figura n° 3 sono indicate le zone oggetto dell'indagine.

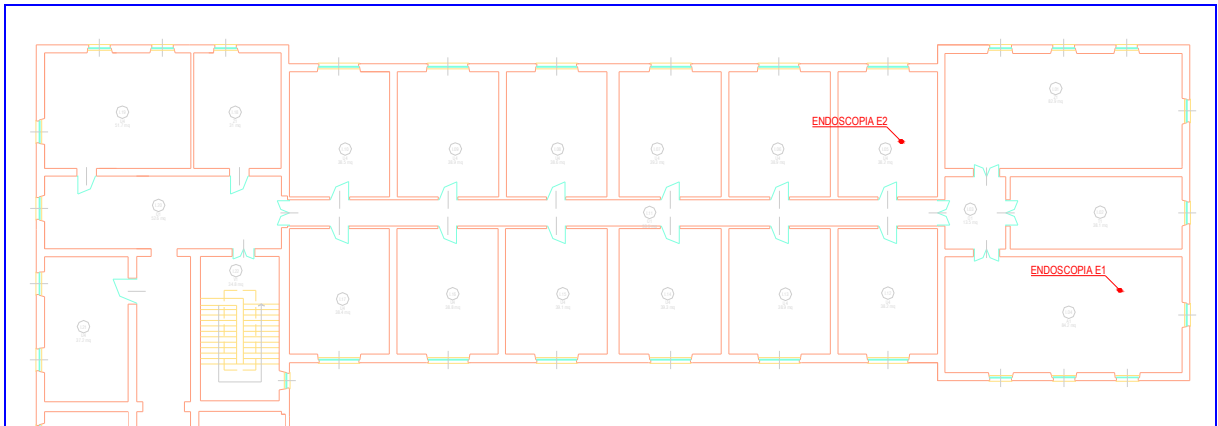


Figura n° 4 – Zone indagini endoscopiche

**ENDOSCOPIA E1**



Fotogramma 1 - Parte finale del foro, soletta di 4 cm



Fotogramma 2 - Tavella superiore di 3 cm

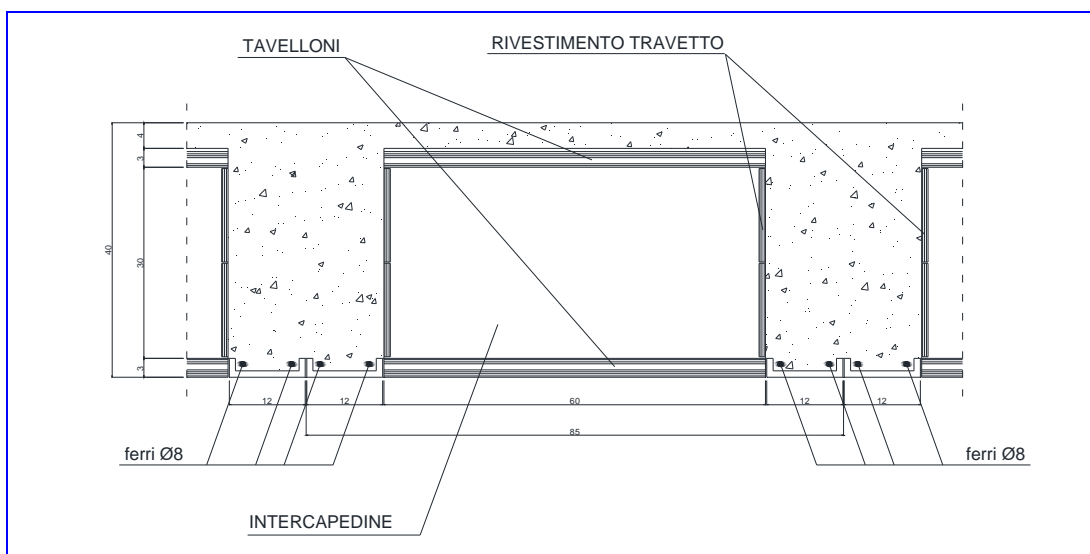


Fotogramma 3 - Rivestimento laterale travetti

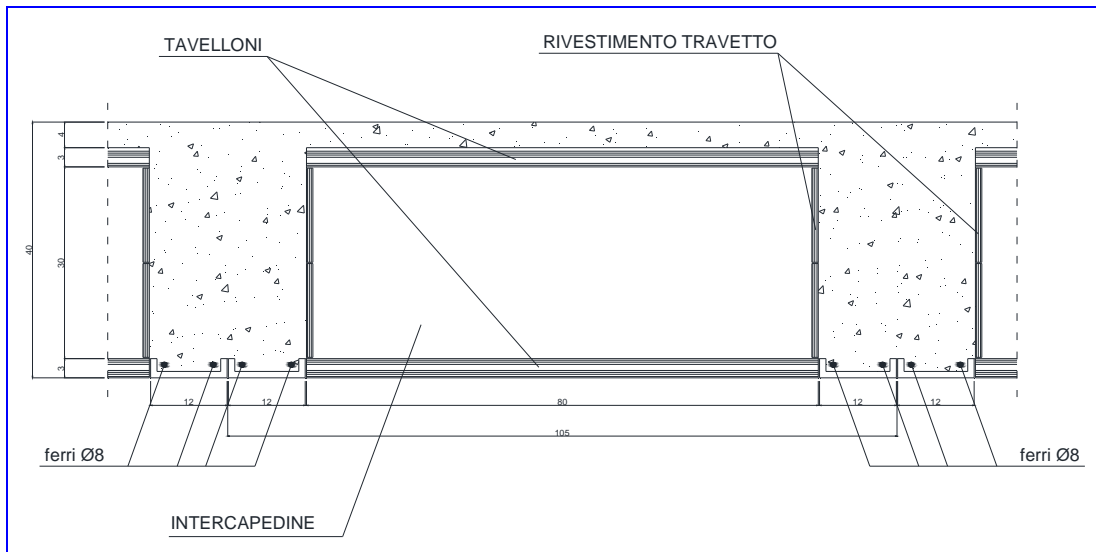
## ENDOSCOPIA E2



La sintesi dei dati raccolti dalle indagini termografiche, endoscopiche e pachometriche porta ad ipotizzare un pacchetto di solaio come mostrato nelle figure n° 4 e 5.



*Figura n° 5 – Sezione tipo solaio zona di testa*



*Figura n° 6 – Sezione tipo solaio zona uffici*

Genova, 11 Gennaio 2012

*4 EMME Service S.p.A.*

Direttore del Centro di Genova  
 Dott. Ing. Alessandro Torre

Il Relatore

P.I. Paolo Emanuelli

RELAZIONE REVISIONATA DA:

P.i. Giuseppe Cianci

## PROVA SPERIMENTALE N°4520/GE

DataInterv	Localita	Via	Committente	Nome Edificio	Direttore Tecnico	note
16/12/2011	Savona	Magliotto	S.P.E.S.	Solaio di copertura	Prof. Delfino	Utilizzato un saccone d'acqua 6x3m

Sensore	Canale	Posizione	Descrizione
1	1	0,05	Appoggio lato Sud
2	2	1.525	1/4 luce da appoggio Sud
3	3	3.15	Mezzeria
4	4	2,5	3/4 luce trave da appoggio Sud
5	5	0,05	Appoggio lato Nord

CicloFase	SC_01_01	SC_02_02	SC_03_03	SC_04_04	SC_05_05	CommentoFase	OraData
C=001F=001	0	0,03	0,06	0,02	0	5 cm di acqua	16/12/2011 12.47.51
C=001F=002	0,01	0,1	0,14	0,09	0	10 cm di acqua	16/12/2011 12.58.01
C=001F=004	0,03	0,16	0,21	0,12	0,02	15 cm di acqua	16/12/2011 13.05.06
C=001F=005	0,04	0,19	0,28	0,15	0,03	20 cm di acqua	16/12/2011 14.05.56
C=001F=006	0,06	0,22	0,35	0,2	0,04	25 cm di acqua	16/12/2011 14.14.10
C=001F=007	0,07	0,26	0,43	0,25	0,04	28 cm di acqua	16/12/2011 14.17.50
C=001F=008	0,07	0,27	0,44	0,25	0,04	28 cm di acqua	16/12/2011 14.19.02
C=001F=009	0,07	0,27	0,44	0,26	0,04	28 cm di acqua	16/12/2011 14.20.02
C=001F=010	0,07	0,28	0,44	0,26	0,04	28 cm di acqua	16/12/2011 14.21.02
C=001F=011	0,07	0,28	0,44	0,26	0,04	28 cm di acqua	16/12/2011 14.22.02
C=001F=012	0,07	0,28	0,44	0,27	0,04	28 cm di acqua	16/12/2011 14.23.02
C=001F=013	0,07	0,29	0,44	0,27	0,04	28 cm di acqua	16/12/2011 14.24.02
C=001F=014	0,07	0,29	0,44	0,27	0,04	28 cm di acqua	16/12/2011 14.25.02
C=001F=015	0,07	0,29	0,44	0,27	0,04	28 cm di acqua	16/12/2011 14.26.02
C=001F=016	0,07	0,3	0,44	0,27	0,04	28 cm di acqua	16/12/2011 14.27.02
C=001F=017	0,07	0,3	0,44	0,27	0,04	28 cm di acqua	16/12/2011 14.28.02
C=001F=018	0,07	0,32	0,44	0,28	0,04	28 cm di acqua	16/12/2011 14.29.02
C=001F=019	0,06	0,31	0,42	0,28	0,04	25 cm di acqua scarico	16/12/2011 14.31.33
C=001F=020	0,04	0,26	0,37	0,22	0,03	20 cm di acqua scarico	16/12/2011 14.39.49
C=001F=021	0,03	0,19	0,29	0,18	0,02	15 cm di acqua scarico	16/12/2011 14.48.27
C=001F=022	0,01	0,13	0,2	0,12	0,02	10 cm di acqua scarico	16/12/2011 14.59.00
C=001F=023	0	0,1	0,15	0,08	0,01	5 cm di acqua scarico	16/12/2011 15.07.27
C=001F=024	0	0	0,02	0,01	0	scarico	16/12/2011 15.26.33