



Comune di Pantelleria

Provincia di Trapani

SETTORE II

Lavori di manutenzione straordinaria della scuola media
Dante Alighieri

PROGETTO ESECUTIVO

Indagini strutturali

R.12

Il Progettista
Arch. Domenico Orobello

Il Responsabile del procedimento
Geom. Salvatore Gambino

Indagini sui calcestruzzi

Contratto di appalto per affidamento indagini e prove sulle strutture in c.a. e sulle murature della Scuola Media “Dante Alighieri” e della Scuola Elementare “Capoluogo”
Comune di Pantelleria (TP).

PROVE n. 3417/PA e n. 3418/PA

07 Luglio e 01 settembre 2008

Committente: **COMUNE DI PANTELLERIA**
Piazza Cavour n. 6
91017 PANTELLERIA (TP)

Relatore: **geom. Sebastiano Di Maggio**



Scuola Media “D. Alighieri”, Via Salibi - Pantelleria



<i>INDICE</i>	<i>Pagina</i>
1. <i>PREMESSA</i>	3
2. <i>PROVA DI COMPRESSIONE SU CAROTE</i>	5
3. <i>RILIEVO SULLA CARBONATAZIONE</i>	9
4. <i>NOTA CONCLUSIVA</i>	14

Allegati

- *Certificato Lab. 4 EMME Service S.p.A. rapp. n. 305 del 29/07/2008 (Compressione).*
- *Certificato Lab. 4 EMME Service S.p.A. rapp. n. 336 del 10/09/2008 (Compressione).*
- *Certificato Lab. 4 EMME Service S.p.A. rapp. n. 332 del 02/09/2008 (Cloruri e solfati).*



1. PREMESSA

La società **4 EMME Service S.p.A.**, specializzata nell'esecuzione di prove sperimentali su strutture, avente sede in Bolzano Via L. Zuegg n. 20 e centro operativo anche in **Palermo Via Resuttana Colli n. 414**, ha avuto incarico **COMUNE DI PANTELLERIA, Ufficio Tecnico**, giusto contratto rep. n. 2640 del 09/07/2008, di eseguire alcune indagini sperimentali sulle strutture in c.c.a. del corpo di fabbrica di cui in oggetto.

Il presente tomo riguarda le seguenti indagini:

Prova n. 3417/PA:

- **Prelievo di n. 10 campioni** cilindrici di calcestruzzo indurito (norma di riferimento UNI EN 12504-1/2002 per il prelievo in sito – UNI EN 12390-3 per la compressione in laboratorio);
- **Rilievo colorimetrico** alla fenolftaleina per la determinazione della profondità di carbonatazione (norma di riferimento UNI 9944) eseguito sui campioni cilindrici prelevati e preliminarmente alla compressione degli stessi.

Prova n. 3418/PA:

- **Prove chimiche** per la determinazione della percentuale di cloruri e solfati (norma di riferimento UNI EN 1744-1 ED 99) effettuate sui materiali di risulta su **3 (tre)** campioni di *cls* dopo la compressione.

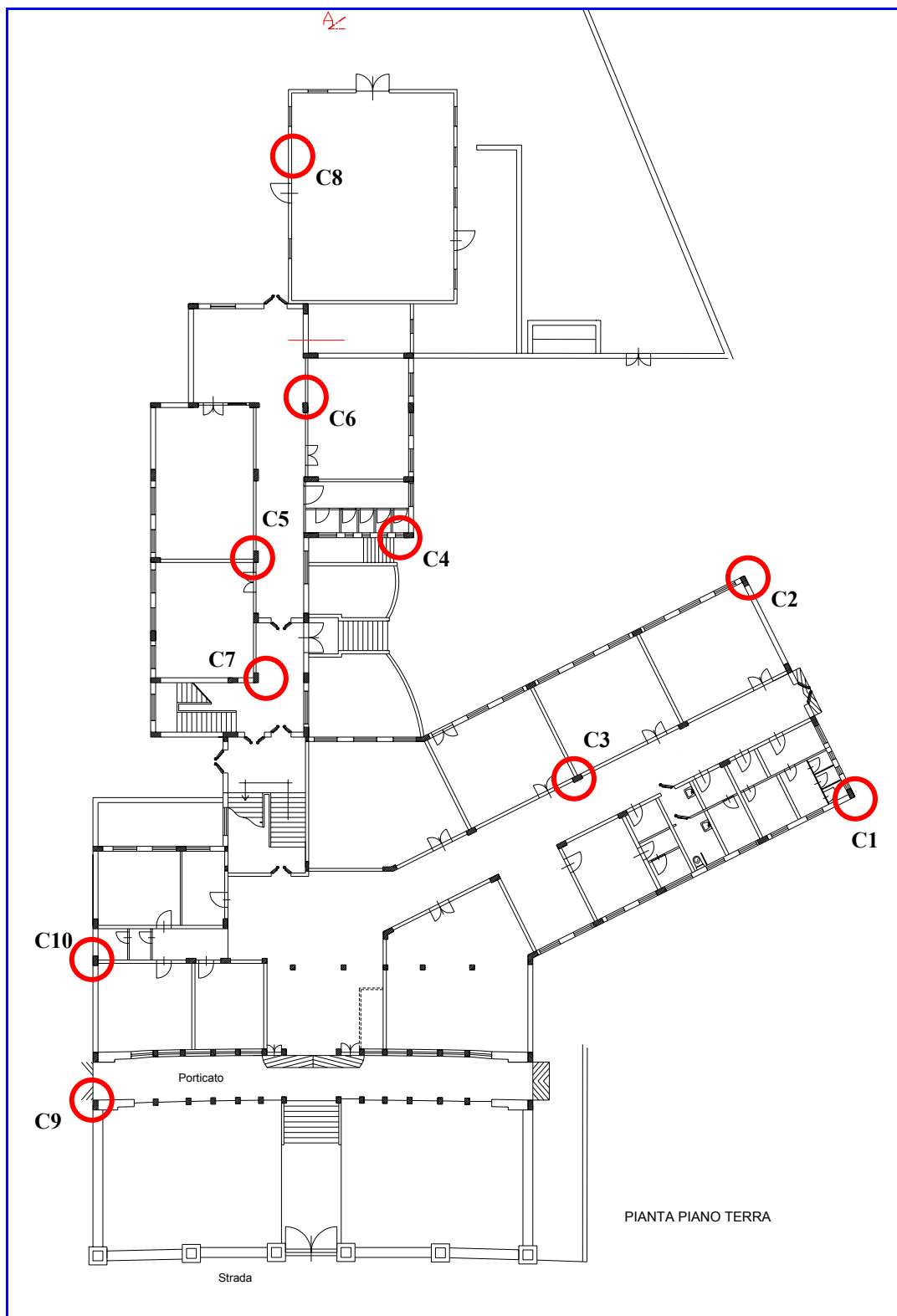
Gli elementi strutturali sui quali operare, le quantità e la loro distribuzione sono stati preventivamente concordati con la *Committenza*; le operazioni, eseguite in data *07 luglio 2008*, sono state condotte dal personale della **4 EMME Service S.p.A.**, nelle persone dell'ing. Michele Infurna, geom. Sebastiano Di Maggio e del sig. Giuseppe Scovazzo.



Particolare delle carote prelevate



Nello schema planimetrico che segue sono indicati i punti di prelievo di ciascun campione.



Copia planimetrica del piano terra con ubicazione siti di prova.



2. PROVA DI COMPRESSIONE SU CAROTE

Sono stati eseguiti **n. 10 carotaggi** (*corona* $\varnothing = 100 \text{ mm}$) su altrettanti elementi strutturali (*pilastri*) del corpo di fabbrica; tali prelievi sono indicati con numero progressivo da **C₁** a **C₁₀**.

Le carote sono state tagliate e rettificate presso il *Laboratorio Materiali della 4 EMME Service S.p.A.* con prova di schiacciamento condotta in base alla normativa **UNI EN 12390** che ha determinato la resistenza cilindrica f_{ck} .

Il valore della resistenza cubica è stato ottenuto dalla relazione (art. 4.0.2 del D.M. 9 gennaio 1996):

$$R_{ck} = f_{ck} / 0,83 \quad (\text{per } h / d = 2)$$

Per rapporti inferiori è introdotto un fattore di correzione ricavabile dalle norme ASTM C 42:68 e la relazione diventa:

$$R_{ck} = F_c \times f_{ck} / 0,83 \quad (\text{per } h / d < 2)$$

h/d	F_c
2	1,00
1,75	0,99
1,50	0,97
1,25	0,94
1,00	0,91

Tabella A: Risultati delle prove di compressione su carote

N.	Carota	Piano	Elemento	Peso (g)	h (mm)	d (mm)	f_{ck} (N/mm ²)	R_{ck} (N/mm ²)
1	C ₁	Terra	Pilastro	2.665	188,8	94,4	12,91	15,55
2	C ₂	Terra	Pilastro	2.635	188,8	94,4	7,38	8,89
3	C ₃	Terra	Pilastro	2.682	188,8	94,4	10,07	12,13
4	C ₄	Terra	Pilastro	2.466	188,8	94,4	17,29	20,83



N.	Carota	Piano	Elemento	Peso (g)	h (mm)	d (mm)	f_{ck} (N/mm ²)	R_{ck} (N/mm ²)
5	C ₅	Terra	Pilastro	2.441	188,8	94,4	16,69	20,11
6	C ₆	Terra	Pilastro	2.400	188,8	94,4	19,80	23,86
7	C ₇	Terra	Pilastro	2.463	188,8	94,4	23,90	28,80
8	C ₈	Terra	Pilastro	2.881	188,8	94,4	20,72	24,96
9	C ₉	Terra	Pilastro	1.427	94,4	94,4	14,33	15,71
10	C ₁₀	Terra	Pilastro	1.407	94,4	94,4	21,65	23,74

N.B.: Il prelievo delle carote C₉ e C₁₀ è stato eseguito in data 01/09/2008 dietro specifica richiesta del Committente.



Prelievo campione C₁



Prelievo campione C₂



Prelievo campione C₃



Prelievo campione C₄



Prelievo campione C₅



Prelievo campione C₆



Prelievo campione C₇



Prelievo campione C₈



Prelievo campione C₉



Prelievo campione C₁₀

3. RILIEVO SULLA CARBONATAZIONE

La carbonatazione è un fenomeno legato alla graduale penetrazione dell'anidride carbonica attraverso le microporosità e/o le fessurazioni superficiali.

La reazione relativa a questo fenomeno vede la formazione di carbonato di calcio che neutralizza la calce presente e abbassa il *pH* da circa il 13,0 al di sotto di *pH* 11.

In queste condizioni l'ambiente passivante attorno le barre d'armatura si deteriora favorendo l'innesco dei fenomeni corrosivi.

Fattori acceleranti il processo sono l'umidità in range compresi tra il 50 e l'80 %, mentre i frequenti cicli di bagnazione aumentano la resistenza del calcestruzzo.

Si è addirittura riscontrato che i fenomeni di carbonatazione hanno una maggiore incidenza all'interno di edifici piuttosto che all'esterno.

Nella pratica si tratta di un test colorimetrico che utilizza una soluzione di fenolftaleina all'1% di alcool etilico che cambia colore passando da incolore a rosso.



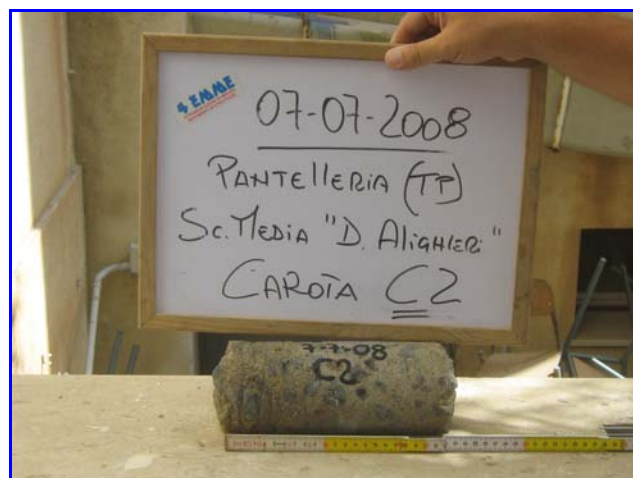
- Non vira al rosso quando il *pH* vale circa 9 (*carbonatazione in corso*)
- Vira al rosso se il *pH* è compreso tra 12,5 e 9 (*carbonatazione assente*)

La determinazione della profondità di carbonatazione è stata effettuata sulle carote, subito dopo il prelievo. La valutazione del risultato è del tipo a “*debole discriminazione*” nel senso che è semplice capire se il fenomeno di carbonatazione è in corso oppure se è assente, mentre è difficile quantificare il fenomeno.

N.	Carota	Piano	Lunghezza carota (cm)	Profondità Carbonatazione		Carota passante SI / NO
				Lato prelievo (cm)	Lato opposto (cm)	
1	C ₁	Terra	23,0	Tutta carbonatata		NO
2	C ₂	Terra	22,0	Tutta carbonatata		NO
3	C ₃	Terra	27,0	8,0	8,0	NO
4	C ₄	Terra	26,5	4,5	////	NO
5	C ₅	Terra	30,0	7,0	4,5	SI
6	C ₆	Terra	28,5	6,0	////	NO
7	C ₇	Terra	28,0	8,0	////	NO
8	C ₈	Terra	28,00	4,0	3,0	SI
9	C ₉	Terra	24,00	7,0	////	NO
10	C ₁₀	Terra	23,00	7,5	////	NO



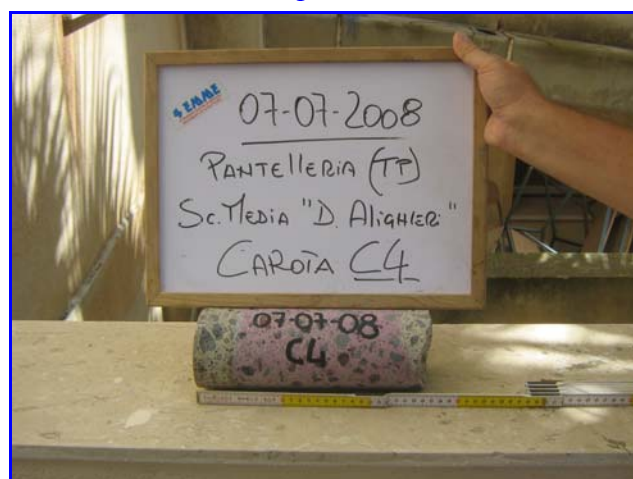
Campione C₁



Campione C₂



Campione C₃



Campione C₄



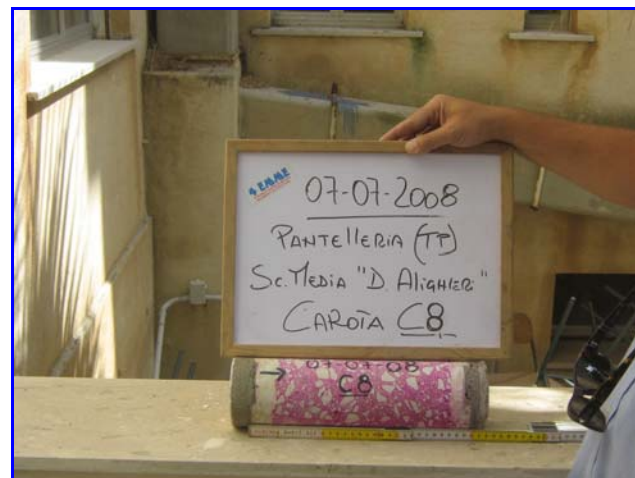
Campione C₅



Campione C₆



Campione C₇



Campione C₈



Campione C₉



Campione C₁₀



4. ANALISI CHIMICHE – Determinazione cloruri e solfati

Sui campioni provenienti dalla frantumazione delle carote di cls sottoposte a prova di compressione, è stata eseguita la determinazione del contenuto di cloruri e solfati presenti nell'impasto. Le quantità sono state determinate secondo la normativa UNI 8520/11. Si tenga presente che i valori così rilevati si riferiscono all'intera massa di calcestruzzo.

La norma UNI 9852 che prescrive i tenori massimi di cls ed SO₃ fa però riferimento non all'intera massa di cls ma soltanto alla pasta di cemento.

In particolare detta normativa prescrive:

Calcestruzzo	Cl (%) sulla massa di cemento	SO ₃ (%) sulla massa di cemento
Armato	0,4	3,5

Pertanto se ad esempio il tenore di cloruri determinato nella massa di calcestruzzo è eguale a 0,020%, ipotizzata una massa volumica di cls pari a 2400 kg/m³ ed un dosaggio di cemento eguale a 300 Kg/m³, il tenore di cloruri riferito alla pasta di cemento è pari a:

$$2400 \times 0,020/100 \times 1/300 \times 100 = 0,16\%$$

Con lo stesso criterio si procede per i solfati.

Si riportano nella tabella che segue i valori ottenuti nel nostro specifico caso. Si tenga presente che, mentre per il dosaggio è stato ipotizzato un valore di 300 Kg/m³, per la massa volumica è stato utilizzato il valore sperimentalmente determinato.

Carota	Elemento	Sulla massa di calcestruzzo			Sul cemento presente (ipotesi 300 kg/mc)		Tenori max da normativa sulla massa di cemento	
		Cloruri Cl-	Solfati SO ₃	massa volumica	Cloruri Cl-	Solfati SO ₃	Cloruri Cl-	Solfati SO ₃
		%	%	kg/m ³	%	%	%	%
C ₁	Pilastro Piano Terra	0,10	0,61	2018	0,673	4,103	0,4	3,5
C ₃	Pilastro Piano Terra	0,13	0,64	2031	0,880	4,333	0,4	3,5
C ₇	Pilastro Piano Terra	0,10	0,66	1865	0,622	4,103	0,4	3,5



5. NOTA CONCLUSIVA

La società si assume la responsabilità per la precisione delle misurazioni effettuate.

Palermo, 29 maggio 2009

4 EMME Service S.p.A.

*Il Responsabile delle prove:
Geom. Sebastiano Di Maggio*

*Il Direttore del Centro di Palermo
Ing. Michele Infurna*

Prelievo barre d'armatura

Contratto di appalto per affidamento indagini e prove sulle strutture in c.a. e sulle murature della Scuola Media "Dante Alighieri" e della Scuola Elementare "Capoluogo" Comune di Pantelleria (TP).

PROVA n. 3419/PA

07 Luglio 2008

Committente: **COMUNE DI PANTELLERIA**
Piazza Cavour n. 6
91017 PANTELLERIA (TP)

Relatore: **geom. Sebastiano Di Maggio**



Scuola Media "D. Alighieri", Via Salibi - Pantelleria



INDICE.....Pagina

1. *PREMESSA*..... 3

2. *NOTA CONCLUSIVA*..... 6

Allegati

- *Certificato Laboratorio 4 EMME Service S.p.A. rapp. n. 314 del 31/07/2008.*



1. PREMESSA

La società *4EMME Service S.p.A.*, specializzata nell'esecuzione di prove sperimentali su strutture, avente sede in Bolzano Via L. Zuegg n. 20 e centro operativo anche in **Palermo Via Resuttana Colli n. 414**, ha avuto incarico **COMUNE DI PANTELLERIA, Ufficio Tecnico**, giusto contratto rep. n. 2640 del 09/07/2008, di eseguire alcune indagini sperimentali sulle strutture in c.c.a. del corpo di fabbrica di cui in oggetto.

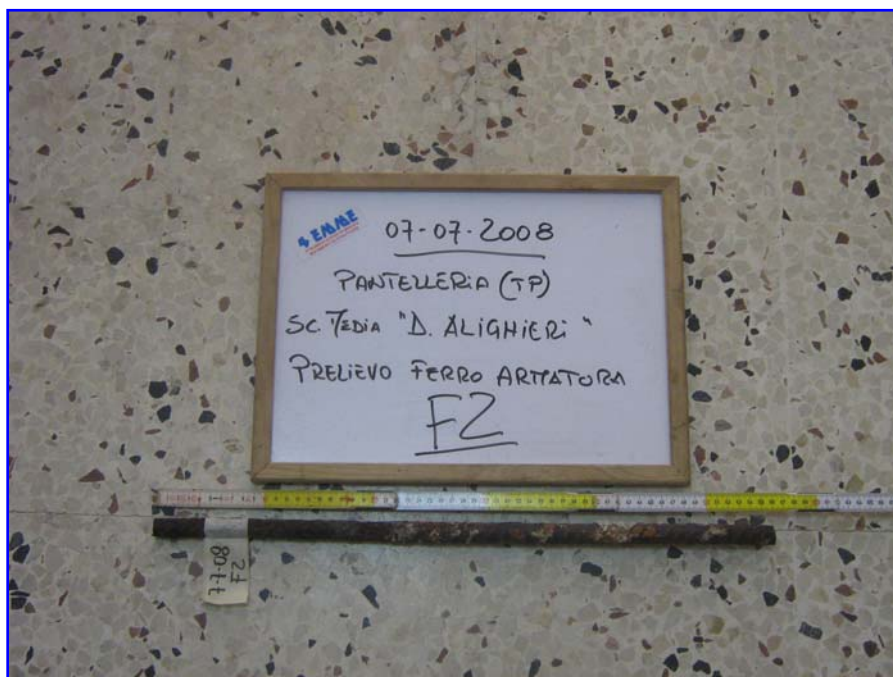
In particolare il presente tomo riguarda la **prova n. 3373/PA** consistente in:

- **Prelievo e prova di trazione su barre d'armatura**

Nelle foto e nella copia planimetrica che segue, sono evidenziati gli spezzoni prelevati ed i siti di provenienza. I campioni sono stati trasferiti presso il *Laboratorio Materiali della 4EMME Service S.p.A.* con prova di trazione norma di riferimento UNI EN ISO 15630/1 e UNI EN 10002/1, i cui risultati sono visibili nel certificato avente numero di rapporto 314 del 31/07/2008 allegato alla presente.

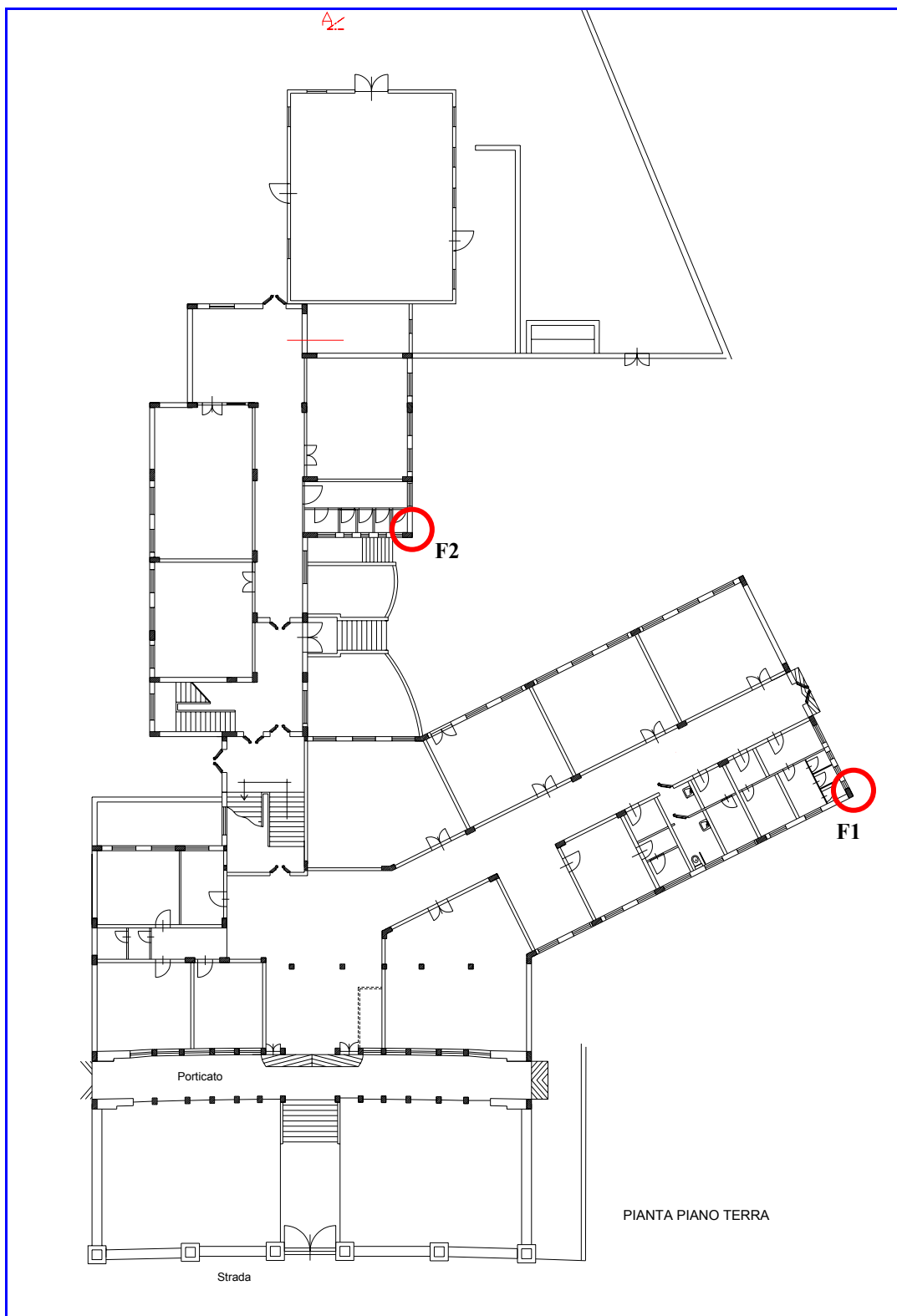


Particolare dei ferri d'armatura prelevati



Particolare dei ferri d'armatura prelevati

Nello schema planimetrico che segue sono indicati i punti di prelievo di ciascun campione.



Copia planimetrica del piano terra con ubicazione siti di prova.



2. NOTA CONCLUSIVA

La società si assume la responsabilità per la precisione delle misurazioni effettuate.

Palermo, 29 maggio 2009

4 EMME Service S.p.A.

*Il Responsabile delle prove:
Geom. Sebastiano Di Maggio*

*Il Direttore del Centro di Palermo
Ing. Michele Infurna*

Prove di carico statiche

Contratto di appalto per affidamento indagini e prove sulle strutture in c.a. e sulle murature della Scuola Media “Dante Alighieri” e della Scuola Elementare “Capoluogo”
Comune di Pantelleria (TP).

PROVE da n. 3411/PA a n. 3414/PA

08 luglio e 01 settembre 2008

Committente: **COMUNE DI PANTELLERIA**
Piazza Cavour n. 6
91017 PANTELLERIA (TP)

Relatore: **geom. Sebastiano Di Maggio**



Scuola Media “D. Alighieri”, Via Salibi - Pantelleria



INDICE	Pagina
1. <i>PREMESSA</i>	3
2. <i>STRUMENTAZIONE UTILIZZATA</i>	7
2.1 <i>Collaudatore GS03</i>	7
2.2 <i>Trasduttori di spostamento</i>	7
2.3 <i>Cella di carico (Prove da n. 3411 a 3413/PA)</i>	7
3. <i>PROVE DI CARICO DA N. 3411/PA A N. 3413/PA</i>	8
4. <i>DESCRIZIONE PROVA N. 3414/PA</i>	20
4.1 <i>Tabella carichi – cedimenti</i>	22
5. <i>TABELLA RIASSUNTIVA PROVE DI CARICO</i>	23
6. <i>CONCLUSIONI</i>	23



1. PREMESSA

La società **4 EMME Service S.p.A.**, specializzata nell'esecuzione di prove sperimentali su strutture, avente sede in Bolzano Via L. Zuegg n. 20 e centro operativo anche in **Palermo Via Resuttana Colli n. 414**, ha avuto incarico dal **COMUNE DI PANTELLERIA, Ufficio Tecnico**, giusto contratto rep. n. 2640 del 09/07/2008, di eseguire alcune indagini sperimentali sulle strutture in c.c.a. del corpo di fabbrica di cui in epigrafe.

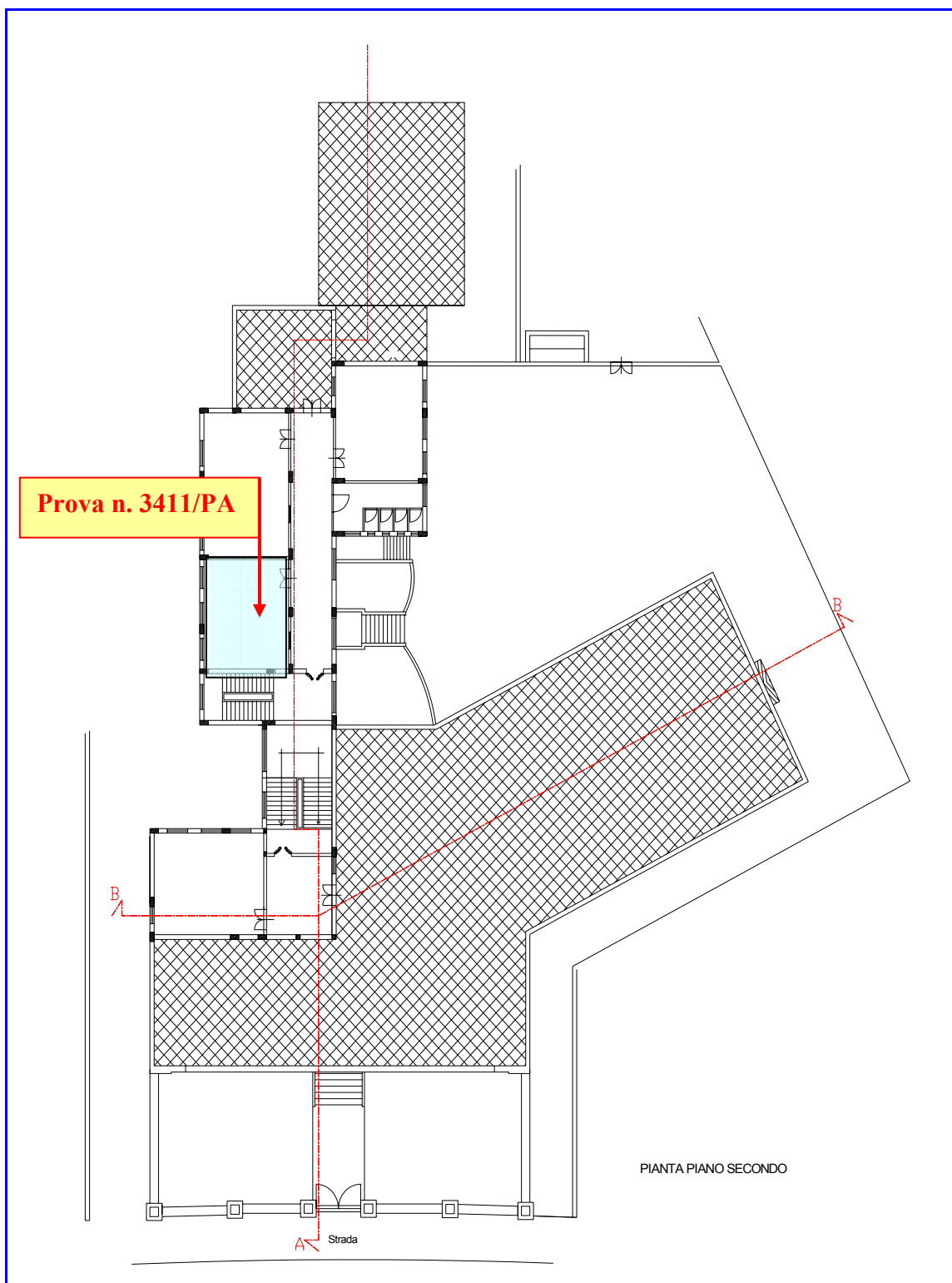
In particolare il presente tomo riguarda l'esecuzione di **n. 4 prove di carico** realizzate con l'obiettivo di verificare l'attitudine degli elementi esaminati a sopportare in sicurezza le sollecitazioni derivanti dalle previste condizioni di esercizio.

Si è operato su:

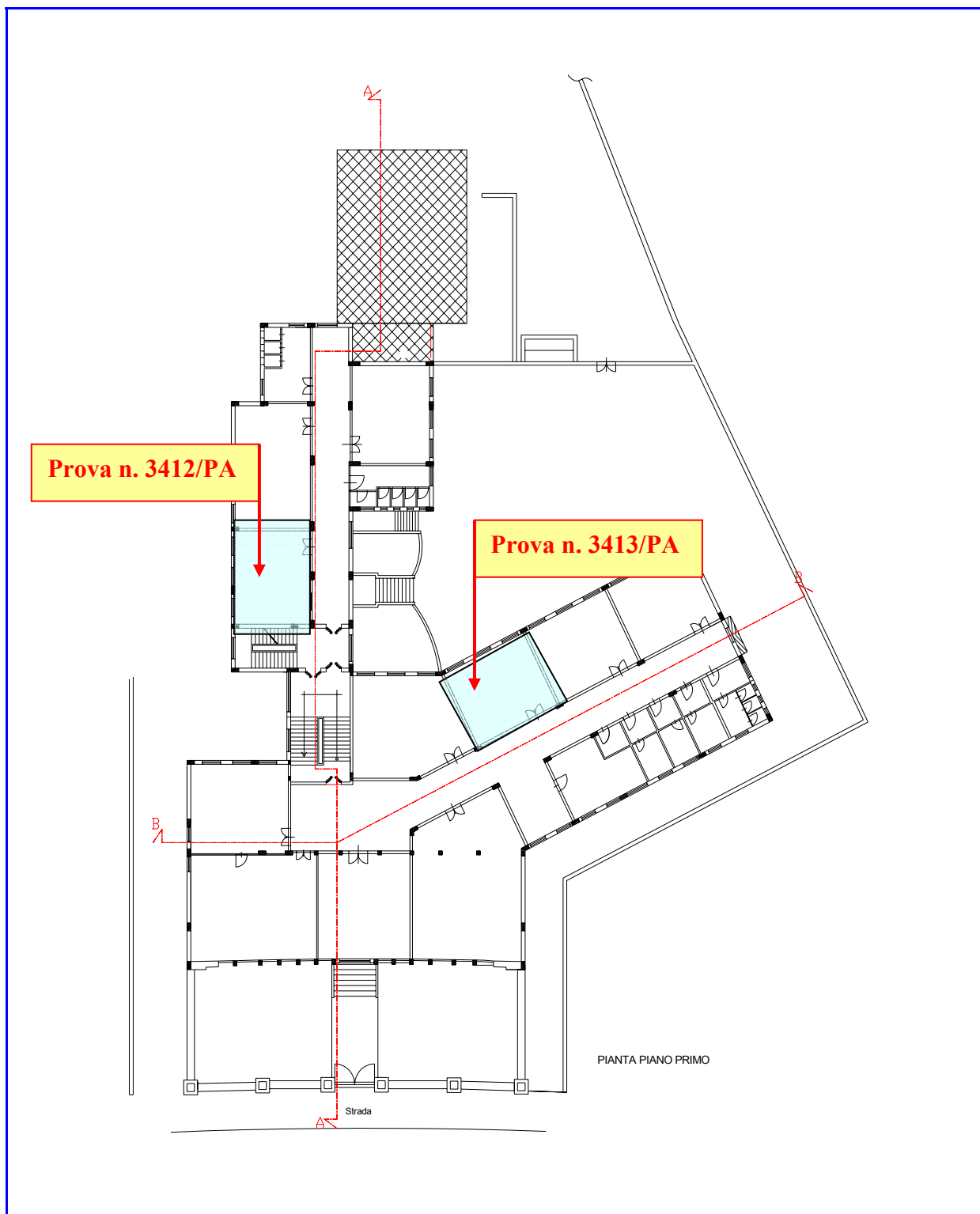
- **Prova n. 3411/PA:** **Solaio di calpestio del 2° piano**, avente luce netta **l = 6,10 m** e carico di prova **q = 350 daN/m²** (vedi planimetria allegata);
- **Prova n. 3412/PA:** **Solaio di calpestio del 1° piano**, avente luce netta **l = 5,95 m** e carico di prova **q = 350 daN/m²** (vedi planimetria allegata);
- **Prova n. 3413/PA:** **Solaio di calpestio del 1° piano**, avente luce netta **l = 6,10 m** e carico di prova **q = 350 daN/m²** (vedi planimetria allegata);
- **Prova n. 3414/PA:** **Solaio di copertura**, avente luce netta **l = 5,60 m** e carico di prova **q = 300 daN/m²** (vedi planimetria allegata).
(eseguita in data 01/09/2008)

Gli elementi strutturali sui quali operare sono stati preventivamente concordati con la *Committenza*; le operazioni sono state condotte dal personale della **4 EMME Service S.p.A.**, nelle persone dell'ing. Michele Infurna, geom. Sebastiano Di Maggio e del sig. Giuseppe Scovazzo.

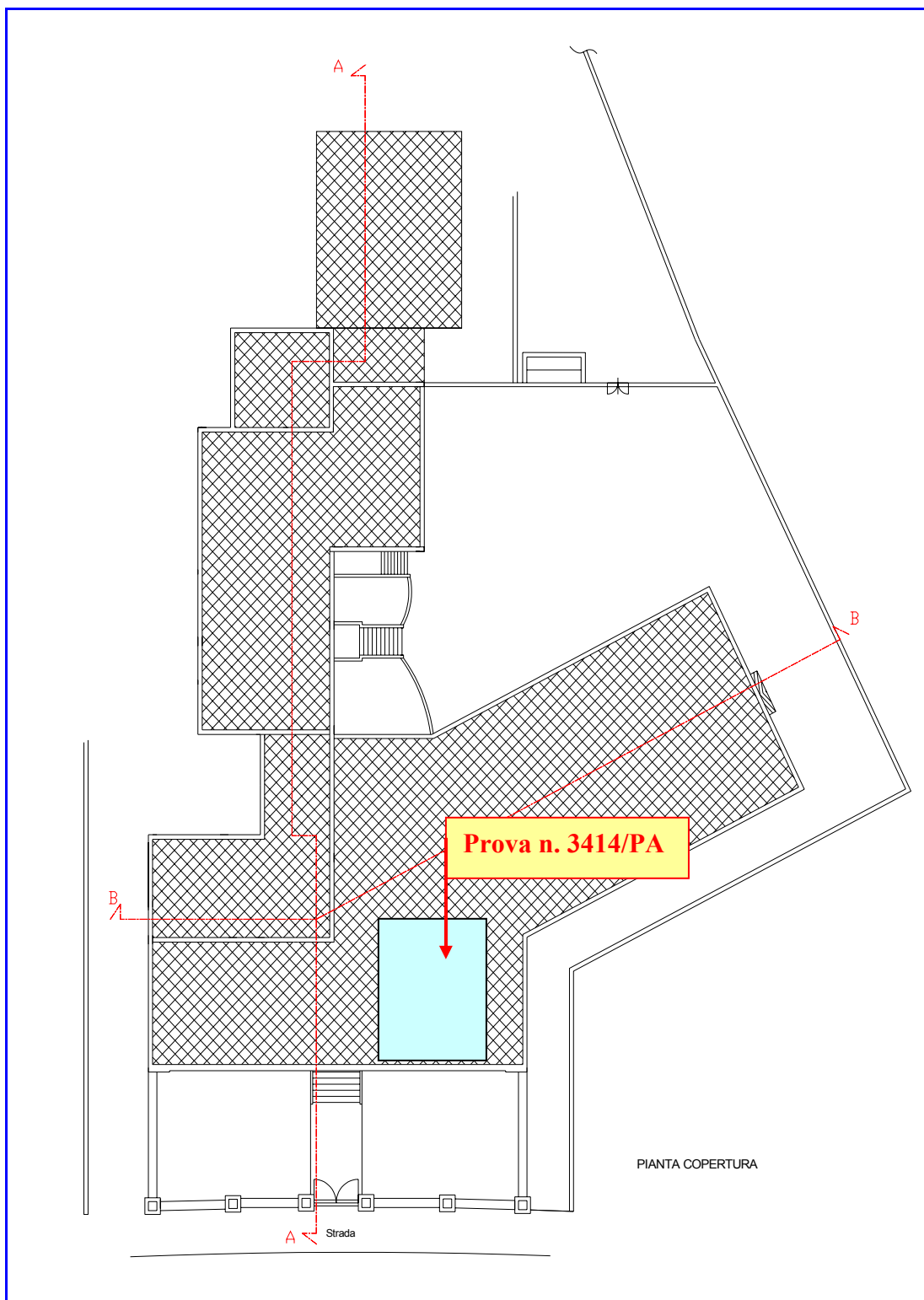




Copia planimetrica del 2° piano con ubicazione sito di prova.



Copia planimetrica del 1° piano con ubicazione sito di prova.



Copia planimetrica della copertura con ubicazione sito di prova.



2. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

2.1 Collaudatore GS03

Le rilevazioni delle deformazioni sono state eseguite con l'attrezzatura denominata GS03, matricola n. 30, costituita da:

- unità computerizzata di registrazione delle deformazioni GS03 AD 24;
- sensori LVDT Schaevitz E 200 HQ;
- cella di carico AEP modello C2S da 1.000 kN;
- acquisitore digitale AEP modello MP3;
- software di elaborazione 4 Emme Service.



Unità GS 03 Ad



Software di elaborazione

2.2 Trasduttori di spostamento

Per la rilevazione della deformata sono stati impiegati sensori differenziali LVDT con escursione massima ± 5 mm.

I sensori impiegati hanno le seguenti caratteristiche:

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



Sensore utilizzato

2.3 Cella di carico (Prove da n. 3411 a 3413/PA)

La cella di carico, collegata al display alfanumerico, è uno strumento a funzionamento estensimetrico che consente di rilevare il valore della forza applicata. La cella è installata direttamente sul martinetto utilizzato per l'applicazione del carico. La catena di misura, strumento-cavo-unità, comporta un errore massimo pari a $\pm 1,5\%$.



Cella di carico



La calibrazione della strumentazione è stata effettuata in data 11 gennaio 2007 e documentata col Certificato di Taratura n. 372/07. 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

3. PROVE DI CARICO da n. 3411/PA a n. 3413/PA

Al fine di esemplificare le operazioni di prova nonché di poter produrre a piacimento quei cicli di carico utili ad apprezzare il comportamento elastico degli elementi esaminati, si è deciso di sostituire al previsto carico uniformemente distribuito, una forza concentrata equivalente verticale F_{eq} calcolata in modo da produrre le medesime sollecitazioni massime. *Il metodo utilizzato è stato quello “a spinta” come si evince dalle foto che seguono.*

La forza equivalente F_{eq} è definita come:
forza applicata su una linea di un metro, in corrispondenza della mezzeria di un solaio, trasversalmente alle nervature, capace di indurre lo stesso momento massimo prodotto da un carico uniformemente distribuito q .

Per calcolare le F_{eq} partendo dal carico distribuito di prova q , si utilizza la formula:

$$F_{eq} = C_v \cdot b \cdot q \cdot L$$

dove:

C_v = coefficiente di vincolo; deriva dall'eguaglianza tra il momento dovuto al carico concentrato e distribuito; nel caso di solai/travi assume un valore compreso fra 0,33 per incastro perfetto e 0,50 per semplice appoggio; nel caso di mensola sollecitata con una forza verticale posta in prossimità dell'estremo libero il coefficiente di vincolo vale 0,50;

b = fascia trasversale di solaio collaborante [m];

q = carico uniformemente distribuito di prova [daN/m²];

L = luce del solaio [m].

Nel caso particolare di prova su travi / rampe scala:

b = interasse travi / larghezza rampa scala.

Il procedimento di calcolo del coefficiente C_v deriva dall'ipotesi di vincolo adottata. Per semplicità si ipotizzano vincoli eguali da entrambi i lati, mentre nell'eventualità di vincoli differenziati si adotterà la media dei valori ipotizzati.



La metodologia alla base della *prova di analisi/verifica* si basa sulla determinazione sperimentale di C_v e b e sulla ricerca del limite del carico applicabile considerando tre ulteriori parametri: *Linearità*, *Ripetibilità*, *Permanenza*, definiti rispetto alla freccia in mezzzeria.

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 di isteresi passanti per i punti individuati dall'ultimo e dal primo carico.

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

La procedura iterativa di carico porta ad un incremento costante di questi tre parametri. Il limite del carico in campo elastico è raggiunto quando anche uno di questi parametri raggiunge il limite indicato:

Ripetibilità > 95%

Linearità > 85%

Permanenze < 5%

Questi valori non rappresentano un limite invalicabile in quanto la loro determinazione non è matematica ma statistica. Tali limiti sono emersi dall'esame di una grande quantità di prove di verifica effettuate su solai, dove il carico applicato corrispondeva a quello di dimensionamento.



Nel nostro caso:

Prova n. 3411/PA (eseguita in data 08/07/08):

Solaio di calpestio del 2° piano.

Parametri utilizzati:

$$C_v = 0,34 \quad (\text{deter. sperimentalmente})$$

$$b = 3,00 \text{ m} \quad (\text{deter. sperimentalmente})$$

$$q = 350 \text{ daN/m}^2$$

$$L = 6,10 \text{ m}$$

$$F_{eq} = C_v \times b \times q \times L = 2.178 \text{ daN} \Rightarrow \text{incrementata fino a giungere a } 2.241 \text{ daN.}$$



Solaio sottoposto a prova

Ubicazione sensori

- Sensore **S1**: Appoggio lato corridoio;
- Sensore **S2**: ¼ luce solaio;
- Sensore **S3**: Mezzeria solaio;
- Sensore **S4**: Appoggio lato esterno;
- Sensore **S5**: In collaborazione ad 1,20 m da S3.



Ubicazione strumenti di misura



Prova n. 3412/PA (eseguita in data 08/07/08):

Solaio di calpestio del 1° piano.

Parametri utilizzati:

$$C_v = 0,34 \quad (\text{deter. sperimentalmente})$$

$$b = 2,96 \text{ m} \quad (\text{deter. sperimentalmente})$$

$$q = 350 \text{ daN/m}^2$$

$$L = 6,10 \text{ m}$$

$$F_{eq} = C_v \times b \times q \times L = 2.149 \text{ daN} \Rightarrow$$

incrementata fino a giungere a 2.228 daN.



Solaio sottoposto a prova

Ubicazione sensori

- Sensore S1: Appoggio lato corridoio;
- Sensore S2: ¼ luce solaio;
- Sensore S3: Mezzeria solaio;
- Sensore S4: Appoggio lato esterno;
- Sensore S5: In collaborazione ad 1,20 m da S3.



Ubicazione strumenti di misura



Prova n. 3413/PA (eseguita in data 08/07/08):

Solaio di calpestio del 1° piano.

Parametri utilizzati:

$$C_v = 0,34 \quad (\text{deter. sperimentalmente})$$

$$b = 3,03 \text{ m} \quad (\text{deter. sperimentalmente})$$

$$q = 350 \text{ daN/m}^2$$

$$L = 5,95 \text{ m}$$

$$F_{eq} = C_v \times b \times q \times L = 2.145 \text{ daN} \Rightarrow$$

incrementata fino a giungere a 2.427 daN.



Solaio sottoposto a prova

Ubicazione sensori

- Sensore **S1**: Appoggio lato corridoio;
- Sensore **S2**: ¼ luce solaio;
- Sensore **S3**: Mezzeria solaio;
- Sensore **S4**: In collaborazione ad 1,20 m da S3;
- Sensore **S5**: In collaborazione ad 2,40 m da S3.



Ubicazione strumenti di misura



Nelle pagine che seguono sono riportate le risultanze delle prove eseguite con riferimento al ciclo maggiormente significativo.

Si osservi che ogni livello di carico è stato mantenuto fino a potere giudicare ultimati i cedimenti ad esso conseguenti.



PROVA DI CARICO N° PA3411-0 del 08/07/2008

Dati generali

Data dell'intervento: 08/07/2008
in: Via Salibi
Località: Pantelleria (TP)
Committente: Comune di Pantelleria
Denominazione edificio: Scuola Media "Dante Alighieri"
Seguendo le istruzioni di:
Note: Prova a "spinta" con una forza concentrata applicata in mezzeria.

Caratteristiche della struttura

Tipo di struttura: Solaio di calpestio del 2° piano.
Tipo di indagine: Verifica
Luce (m): 6,1
Sovraccarico (daN/m²): 350
Coefficiente b (m): 3,00 Coefficiente Cv : 0,34

Tabella configurazione sensori

N° Sensore	Sensori longitudinali	Posizione (m)	Freccia (mm)
1	Appoggio lato corridoio	0,00	0,00
2	1/4 luce	1,53	0,17
3	Mezzeria	3,05	0,36
4	Appoggio lato esterno	6,10	0,01
N° Sensore	Sensori trasversali	Posizione (m)	Freccia (mm)
5	A 1,2 m da Ch3	1,20	0,27

Le deformazioni sono assolute e si riferiscono al carico di: 2241 (daN)

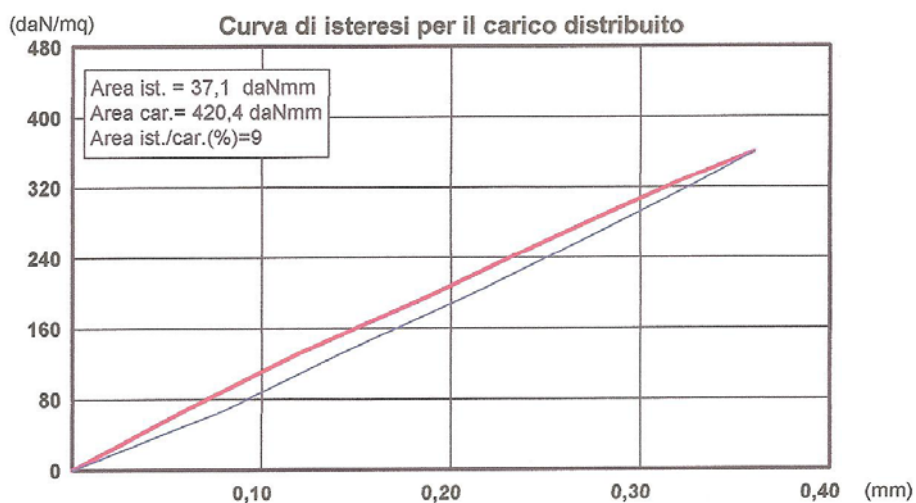
Prova: PA3411-0



Tabella carichi-deformazioni assolute

Forza (daN)	Carico (daN/m ²)	Freccia (mm)	Linearità (%)
0	0	0,00	
423	68	0,06	100
824	132	0,12	97
1233	198	0,19	92
1614	259	0,25	91
2029	326	0,32	90
2241	360	0,36	88
2023	325	0,33	
1619	260	0,27	
1224	197	0,21	
810	130	0,14	
419	67	0,08	
0	0	0,00	

Note: i valori si riferiscono al sensore n° 03 del ciclo 002



Ripetibilità complessiva (%)	Linearità media (%)	Linearità minima (%)	Permanenze (%)
	93	88	0

Palermo venerdì 25 luglio 2008

Prova: PA3411-0



PROVA DI CARICO N° PA3412-0 del 08/07/2008

Dati generali

Data dell'intervento: 08/07/2008
in: Via Salibi
Località: Pantelleria (TP)
Committente: Comune di Pantelleria
Denominazione edificio: Scuola Media "Dante Alighieri"
Seguendo le istruzioni di:
Note: Prova a "spinta" con una forza concentrata applicata in mezzeria.

Caratteristiche della struttura

Tipo di struttura: Solaio di calpestio del 1° piano.
Tipo di indagine: Verifica
Luce (m): 6,1
Sovraccarico (daN/m²): 350
Coefficiente b (m): 2,96 Coefficiente Cv : 0,34

Tabella configurazione sensori

N° Sensore	Sensori longitudinali	Posizione (m)	Freccia (mm)
1	Appoggio lato corridoio	0,00	0,01
2	1/4 luce	1,53	0,19
3	Mezzeria	3,05	0,41
4	Appoggio lato esterno	6,10	0,02
N° Sensore	Sensori trasversali	Posizione (m)	Freccia (mm)
5	A 1,2 m da Ch3	1,20	0,30

Le deformazioni sono assolute e si riferiscono al carico di: 2228 (daN)

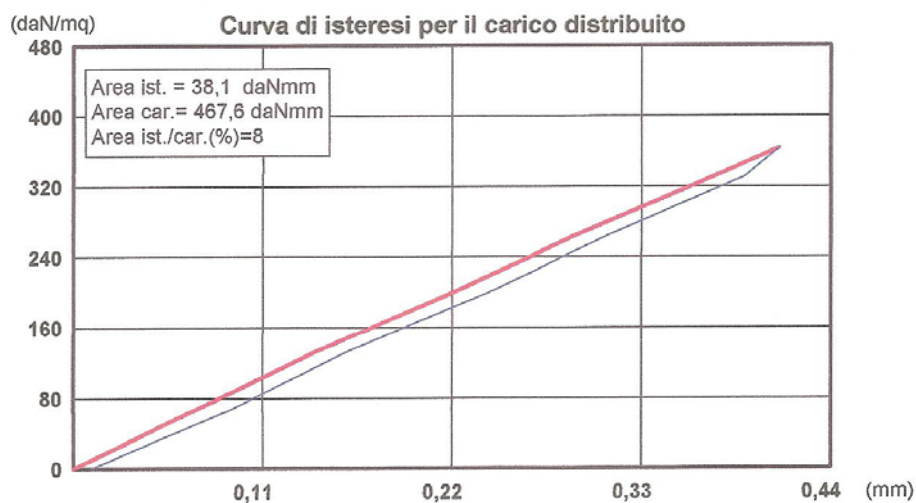
Prova: PA3412-0



Tabella carichi-deformazioni assolute

Forza (daN)	Carico (daN/m ²)	Freccia (mm)	Linearità (%)
0	0	0,00	
406	66	0,07	100
812	132	0,14	100
1220	199	0,22	96
1615	263	0,29	96
2019	329	0,37	94
2228	363	0,41	94
2033	331	0,39	
1620	264	0,31	
1224	199	0,24	
824	134	0,16	
406	66	0,09	
0	0	0,01	

Note: i valori si riferiscono al sensore n° 03 del ciclo 002



Ripetibilità complessiva (%)	Linearità media (%)	Linearità minima (%)	Permanenze (%)
	97	94	2

Palermo venerdì 25 luglio 2008

Prova: PA3412-0



PROVA DI CARICO N° PA3413-0 del 08/07/2008

Dati generali

Data dell'intervento: 08/07/2008
in: Via Salibi
Località: Pantelleria (TP)
Committente: Comune di Pantelleria
Denominazione edificio: Scuola Media "Dante Alighieri"
Seguendo le istruzioni di:
Note: Prova a "spinta" con una forza concentrata applicata in mezzeria.

Caratteristiche della struttura

Tipo di struttura: Solaio di calpestio del 1° piano.
Tipo di indagine: Verifica
Luce (m): 5,95
Sovraccarico (daN/m²): 350
Coefficiente b (m): 3,03 Coefficiente Cv : 0,34

Tabella configurazione sensori

N° Sensore	Sensori longitudinali	Posizione (m)	Freccia (mm)
1	Appoggio lato corridoio	0,00	0,03
2	1/4 luce	1,49	0,69
3	Mezzeria	2,98	1,31
N° Sensore	Sensori trasversali	Posizione (m)	Freccia (mm)
4	A 1,2 m da Ch3	1,20	0,73
5	A 2,4 m da Ch3	2,40	0,27

Le deformazioni sono assolute e si riferiscono al carico di: 2427 (daN)

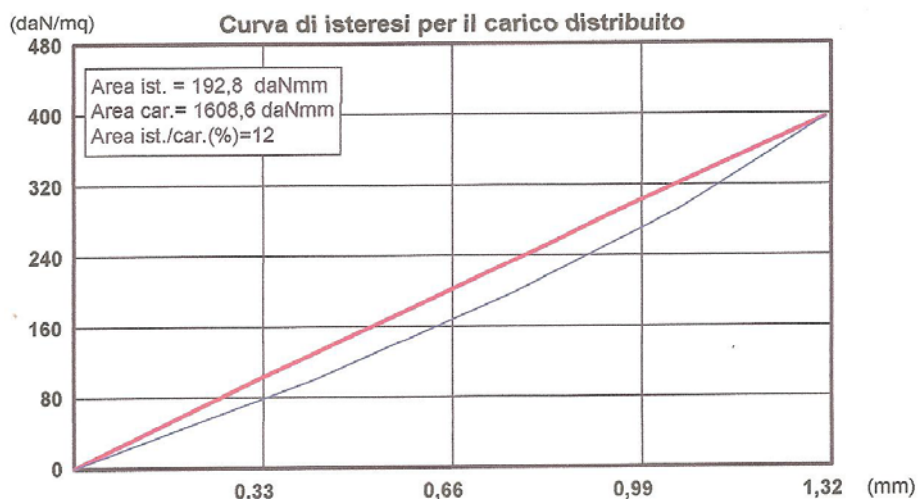
Prova: PA3413-0



Tabella carichi-deformazioni assolute

Forza (daN)	Carico (daN/m ²)	Freccia (mm)	Linearità (%)
0	0	0,00	
614	100	0,32	100
1219	199	0,65	98
1819	297	0,97	98
2427	396	1,31	97
1800	294	1,06	
1219	199	0,77	
614	100	0,42	
0	0	0,00	

Note: i valori si riferiscono al sensore n° 03 del ciclo 002



Ripetibilità complessiva (%)	Linearità media (%)	Linearità minima (%)	Permanenze (%)
	98	97	0

Palermo venerdì 25 luglio 2008

Prova: PA3413-0



4. DESCRIZIONE PROVA n. 3414/PA

Per il carico è stato utilizzato un serbatoio pieghevole in p.v.c., avente pianta di forma rettangolare, lunghezza eguale a ml 4,00 e larghezza pari a ml 3,00; esso veniva disposto sull'elemento provato in posizione baricentrica e con la dimensione maggiore parallela al senso di orditura come si osserva nelle foto che seguono.

Tale serbatoio veniva successivamente riempito con acqua fino al raggiungimento di un'altezza tale da applicare un sovraccarico sull'area d'impronta pari a 300 daN/m².

Si procedeva realizzando le seguenti fasi di carico:

Fase 0 = Solaio scarico – Azzeramento strumenti;

Fase 1 = Riempimento sino ad un'altezza d'acqua nel serbatoio pari a 0,10 m ⇒ **100 daN/m²**;

Fase 2 = Riempimento sino ad un'altezza d'acqua nel serbatoio pari a 0,20 m ⇒ **200 daN/m²**;

Fase 3 = Riempimento sino ad un'altezza d'acqua nel serbatoio pari a 0,30 m ⇒ **300 daN/m²**, **Carico Massimo** (vedi foto allegate);

Fase 4 = Scarico completo.



Ubicazione del carico sul solaio di prova



Ubicazione sensori

- sensore S_1 : posizionato in prossimità dell'appoggio lato esterno edificio;
- sensore S_2 : posizionato in prossimità dell'appoggio lato interno edificio.
- sensore S_3 : mezzeria solaio;



Ubicazione strumenti di misura

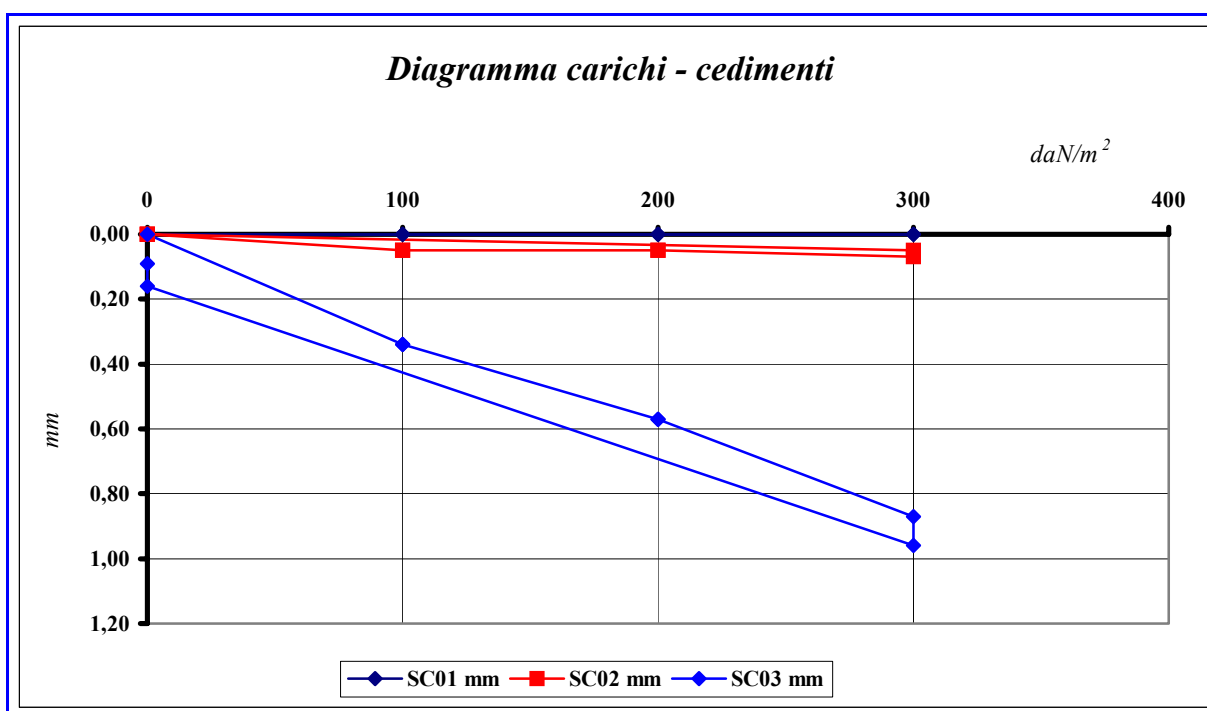
Si riportano nel prosieguo le principali misurazioni eseguite al netto delle variazioni termiche registratesi durante l'esecuzione della prova e delle quali si è tenuto conto per mezzo di un termometro digitale posizionato in prossimità dei sensori.

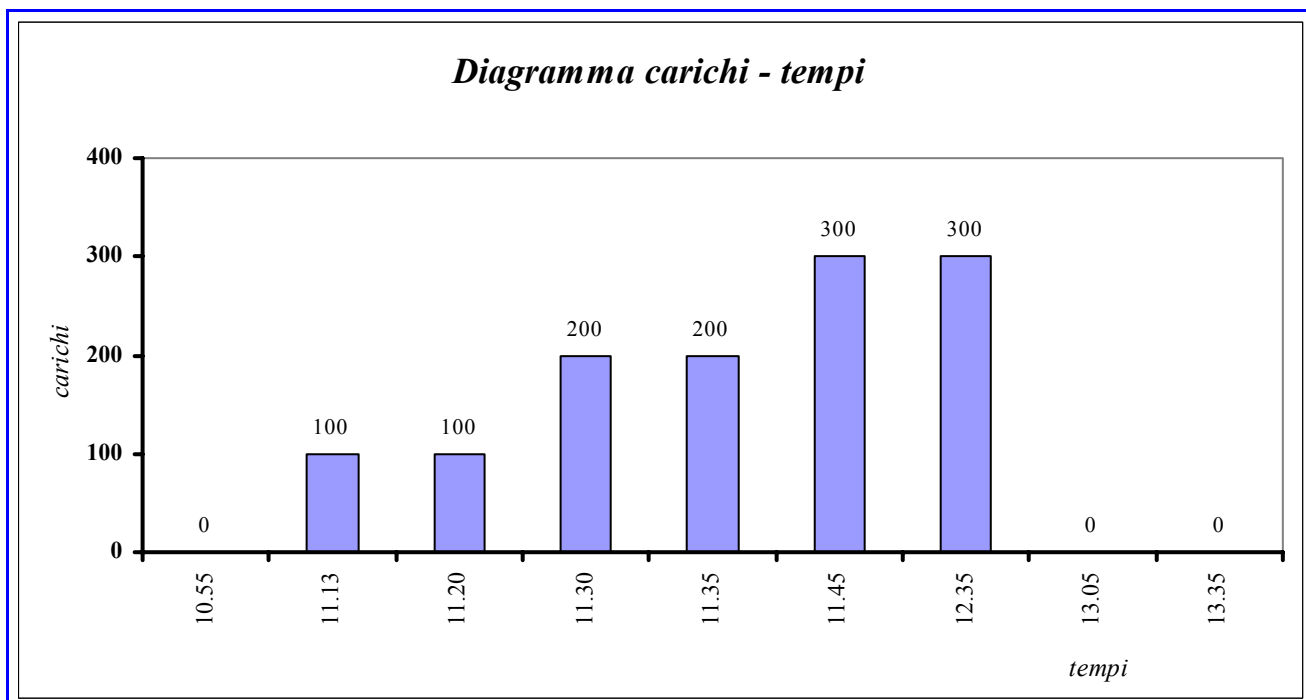
Si tenga presente che ogni livello di carico è sempre stato mantenuto fino a potere giudicare ultimati i cedimenti ad esso conseguenti.



4.1 Tabella carichi – cedimenti

Ora	Carico	SC01	SC02	SC03	Commento Fase
	daN/m ²	mm	mm	mm	
10.55	0	0,00	0,00	0,00	<i>Azzeramento</i>
11.13	100	0,00	0,05	0,34	<i>Fase 1</i>
11.20	100	0,00	0,05	0,34	
11.30	200	0,00	0,05	0,57	<i>Fase 2</i>
11.35	200	0,00	0,05	0,57	
11.45	300	0,00	0,07	0,87	<i>Fase 3 - Carico Massimo</i>
12.35	300	0,00	0,05	0,96	
13.05	0	0,00	0,00	0,16	<i>Fase 4 - Scarico completo</i>
13.35	0	0,00	0,00	0,09	<i>Residuo</i>





5. TABELLA RIASSUNTIVA PROVE DI CARICO

Prova n.	luce m	q daN/m ²	F daN	Cv	b m	Fmax mm	Fres mm	q eff daN/m ²	LIN _{min} %	PER %
3411/PA	6,10	350	2.241	0,34	3,00	0,36	0,00	360	88	0
3412/PA	6,10	350	2.228	0,34	2,96	0,41	0,01	363	94	2
3413/PA	5,95	350	2.427	0,34	3,03	1,31	0,00	396	97	0
3414/PA	5,60	300				0,96	0,09			

6. CONCLUSIONI

La società si assume la responsabilità per la precisione delle misurazioni effettuate.

Palermo, 29 maggio 2009

4 EMME Service S.p.A.

Il Responsabile delle prove:
Geom. Sebastiano Di Maggio

Il Direttore del Centro di Palermo
Ing. Michele Infurna

Rilievi pacometrici ed indagini sclerometriche

Contratto di appalto per affidamento indagini e prove sulle strutture in c.a. e sulle murature della Scuola Media “Dante Alighieri” e della Scuola Elementare “Capoluogo”
Comune di Pantelleria (TP).

PROVA n. 3415/PA e n. 3416/PA

08 Luglio 2008

Committente: **COMUNE DI PANTELLERIA**
Piazza Cavour n. 6
91017 PANTELLERIA (TP)

Relatore: **geom. Sebastiano Di Maggio**



Scuola Media “D. Alighieri”, Via Salibi - Pantelleria



INDICE	Pagina
1. <i>PREMESSA</i>	3
2. <i>PROVA N. 3415/PA - DESCRIZIONE ATTREZZATURA</i>	4
2.1 <i>DATI RILIEVI PACOMETRICI</i>	5
3. <i>PROVA N. 3416/PA - INDAGINE SCLEROMETRICA</i>	8
4. <i>NOTA CONCLUSIVA</i>	12



1. PREMESSA

La società **4 EMME Service S.p.A.**, specializzata nell'esecuzione di prove sperimentali su strutture, avente sede in Bolzano Via L. Zuegg n. 20 e centro operativo anche in **Palermo Via Resuttana Colli n. 414**, ha avuto incarico **COMUNE DI PANTELLERIA, Ufficio Tecnico**, giusto contratto rep. n. 2640 del 09/07/2008, di eseguire alcune indagini sperimentali sulle strutture in c.c.a. del corpo di fabbrica di cui in oggetto.

Il presente tomo riguarda le seguenti indagini:

Prova n. 3415/PA:

- **determinazione con pacometro** del diametro dei ferri d'armatura e/o della disposizione degli stessi e/o del copriferro negli elementi (*pilastr/travi*) indagati (*vedi foto allegate*);



Particolare rilievo

Prova n. 3416/PA:

- **prova sclerometrica** (norma di riferimento UNI EN 12504-2.2001), ai fini della determinazione dell'indice di rimbalzo **I** e della conseguente stima della resistenza meccanica a compressione del calcestruzzo (*vedi foto allegate*).



Particolare prova sclerometrica



Le operazioni, eseguite in data 08 luglio 2008, sono state condotte dal personale della *4 EMME Service S.p.A.*, nelle persone dell'ing. Michele Infurna, geom. Sebastiano Di Maggio e del sig. Giuseppe Scovazzo.

2. Prova n. 3415/PA - DESCRIZIONE ATTREZZATURA

E' stato utilizzato il modello "**Elcometer Protovale 331 modello T**" prodotto dalla **Protovale Limited** avente sede ad Oxford Inghilterra.

Il principio di funzionamento si basa sulla misura del campo magnetico prodotto dallo strumento e che viene indicato su apposito display.



In particolare la strumentazione e' composta da:

- unità di emissione e lettura del campo magnetico;
- sonda emettitrice costituita da un elettromagnete.

Nella pratica le operazioni vengono condotte "*spazzolando*" per mezzo della **sonda** la superficie in esame fino a quando, dalla misura dell'assorbimento prodotto da eventuali armature metalliche nascoste, non si riscontri la presenza di queste nonché la loro direzione. E' inoltre leggibile direttamente sul display di cui è dotato l'apparecchiatura l'entità del copriferro e, con idoneo algoritmo e procedura, **sono stimabili i diametri delle barre metalliche con un'approssimazione dell'ordine del 10%** il che in pratica fa sì che la misura mostrata dallo strumento possa fare effettivamente riferimento al diametro precedente ovvero a quello immediatamente successivo dei diametri per tondi in c.a. commercialmente disponibili.

Si precisa altresì che la stima del diametro delle barre d'armatura presenti, può essere influenzata da barre molto ravvicinate, sovrapposizioni delle stesse etc etc.

Di tali circostanze è bene dunque che l' Utilizzatore dei dati ottenuti attraverso l'apparecchiatura "**Elcometer Protovale 331 modello T**" (*progettista . direttore dei lavori, collaudatore...*) sia consapevole adottando le cautele del caso.

Nelle copie planimetriche sono evidenziati gli elementi indagati ai diversi piani degli edifici interessati dall' indagine.

Nel prosieguo le tabelle sinottiche dell'attività svolta.




2.1 DATI RILIEVI PACOMETRICI

()*: le dimensioni riportate sono quelle a vista e sono da intendersi al lordo degli intonaci


*(**)*: rilievo possibile solo su un lato dell'elemento (larghezza elemento).

N.	Elemento	Piano	Dimensioni Rilevate elementi (*)	Numero ferri rilevati (**)	Ferri Longit.	Staffe	Interasse medio staffe	Copriferro	Coprif.erro staffe	Note
			$L \times S$ (cm)		ϕ (mm)	ϕ (mm)	(cm)	(cm)	(cm)	
1	Pilastro n. 1	Terra	60 x 30	2	16	n.r.	20	70	62	Rilievo parziale.
2	Pilastro n. 2	Terra	64 x 36	3	n.r.	n.r.	22	115	109	
3	Pilastro n. 3	Terra	64 x 36	3	n.r.	n.r.	22	121	116	
4	Pilastro n. 4	Terra	? x 37	3	n.r.	n.r.	25	65	55	Eseguito rilievo sulla faccia S (37 cm).
5	Pilastro n. 5	Terra	? x 32	2	n.r.	n.r.	22	60	52	
6	Pilastro n. 6	Terra	71 x 32	4	n.r.	n.r.	20	42	38	



N.	Elemento	Piano	Dimensioni Rilevate elementi (*)	Numero ferri rilevati (**)	Ferri Longit.	Staffe	Interasse medio staffe	Copriferro	Coprif.erro staffe	Note
			<i>L x S</i> (cm)		ϕ (mm)	ϕ (mm)	(cm)	(cm)	(cm)	
7	Pilastro n. 7	Terra	60 x 35	3	n.r.	n.r.	20	86	75	
8	Pilastro n. 8	Terra	70 x 32	4	n.r.	n.r.	20	69	64	
9	Pilastro n. 9	Terra	? x 30	2	n.r.	n.r.	23	66	60	Eseguito rilievo sulla faccia S (37 cm).
10	Pilastro n. 10	Terra	70 x 35	4	n.r.	n.r.	23	70	60	
11	Pilastro n. 11	Terra	40 x 30	2	n.r.	n.r.	20	76	65	
12	Pilastro n. 12	1°	64 x 35	4	n.r.	n.r.	20	82	74	
13	Pilastro n. 13	1°	64 x 35	4	n.r.	n.r.	22	78	69	
14	Pilastro n. 14	1°	63 x 35	4	n.r.	n.r.	20	79	68	





N.	Elemento	Piano	Dimensioni Rilevate elementi (*)	Numero ferri rilevati (**)	Ferri Longit.	Staffe	Interasse medio staffe	Copriferro	Coprif.erro staffe	Note
			<i>L x S</i> (cm)		ϕ (mm)	ϕ (mm)	(cm)	(cm)	(cm)	
15	Pilastro n. 15	1°	73 x 35	4	22	8	18	61	52	
16	Pilastro n. 16	1°	71 x 35	4	22	8	18	65	54	
17	Pilastro n. 17	1°	73 x 35	4	n.r.	n.r.	18	71	60	
18	Pilastro n. 18	1°	? x 33	3	n.r.	n.r.	17	60	51	Eseguito rilievo sulla faccia S (33 cm).
19	Pilastro n. 19	1°	71 x 35	4	n.r.	n.r.	18	64	56	
20	Pilastro n. 20	1°	? x 30	3	n.r.	n.r.	17	69	57	Eseguito rilievo sulla faccia S (30 cm).





3. Prova n. 3416/PA - INDAGINE SCLEROMETRICA

Con questo metodo si è misurata la ***durezza superficiale del calcestruzzo*** per correlarla, con opportune curve di taratura, alle caratteristiche di resistenza del calcestruzzo stesso.

A tale proposito è utile fare notare che secondo la normativa di riferimento ***UNI EN 12504-2.2001*** "il metodo della durezza superficiale non è destinato a sostituire gli altri metodi utilizzati per la determinazione della durezza del calcestruzzo, che può essere stimata, con l'ausilio dello sclerometro, esclusivamente in presenza di una curva sperimentale di taratura".

Le misure sono state eseguite annotando (e registrando su una striscia di carta in dotazione allo strumento) il rimbalzo di una massa metallica normalizzata che con una data energia urtava contro la superficie del calcestruzzo in esame.

Nella interpretazione dei risultati, oltre a quanto sopra detto, va ben tenuto presente che essi sono sensibili ad alcuni parametri quali umidità, carbonatazione, presenza di armature e dimensioni degli inerti, per cui è bene eccedere in cautela (la precisione del metodo si colloca attorno al $15 \div 20\%$).

Nel prosieguo sono riportati i valori degli indici ***I*** rilevati (strumento ***SCHMIDT*** modello ***C383/1*** dotato di ago scrivente su foglio graduato), le relative medie ed i corrispondenti valori della resistenza desunti da curve standard e proposti esclusivamente a titolo di riferimento (direzione dell'impatto orizzontale ed ortogonale al lembo in esame, $\alpha = 0^\circ$).

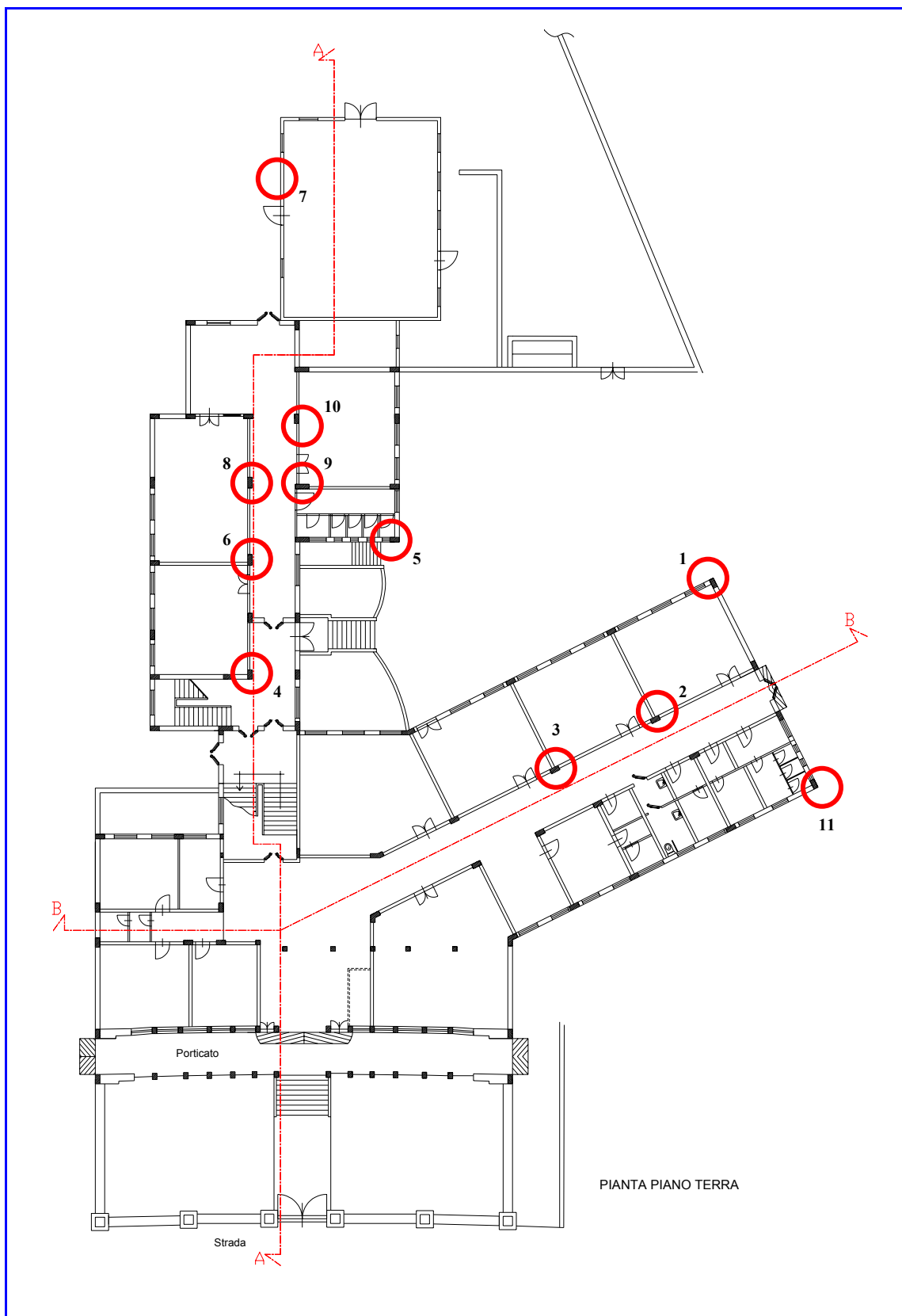


Particolare indagine sclerometrica

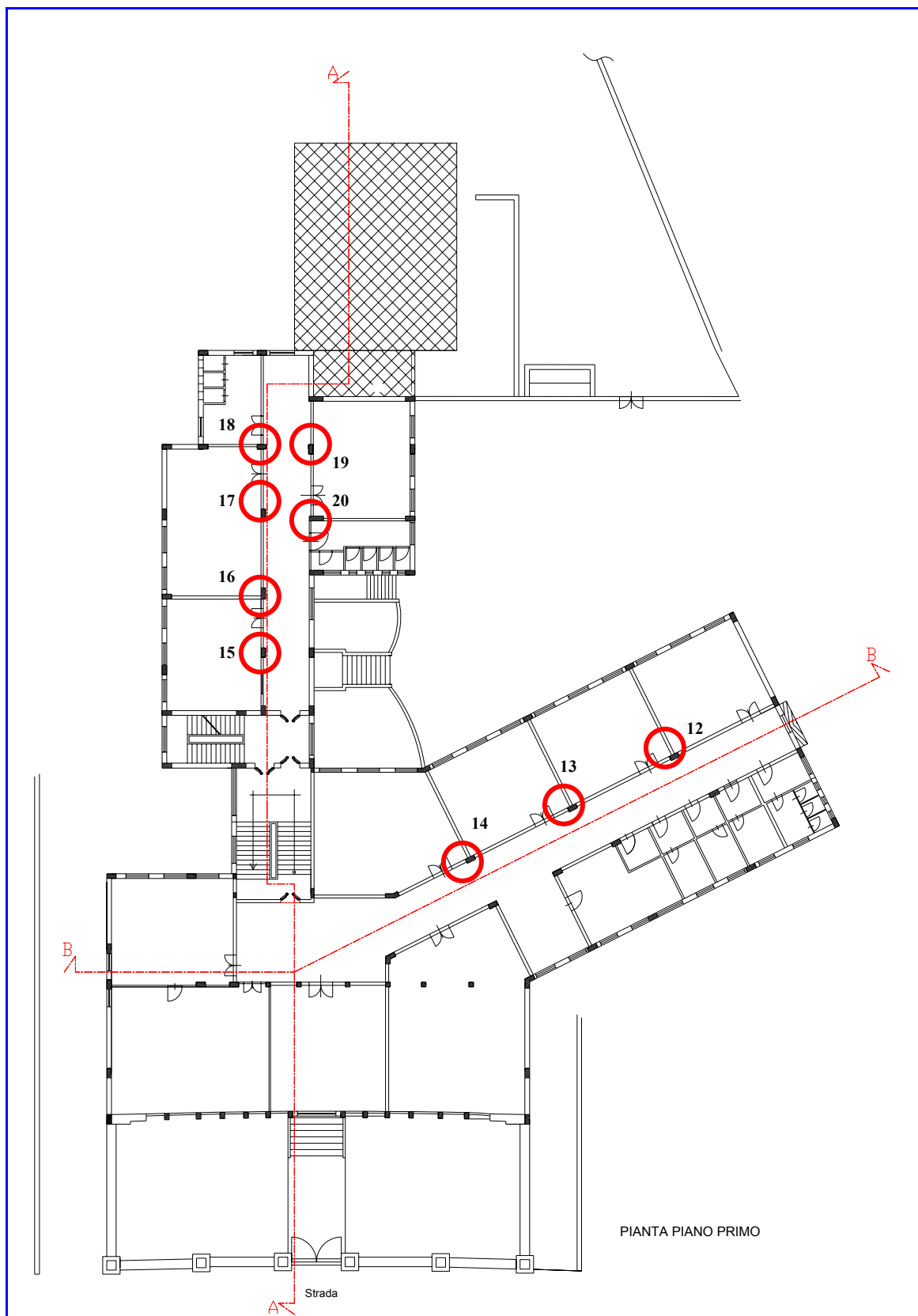


Sono stati rilevati i seguenti dati:

Ordine	Piano	Elemento n.	Sclerometro										MEDIA I	R _{wm} daN/cm ²
			19	27	24	24	26	17	23	26	22	21		
1	Terra	Pilastro	19	27	24	24	26	17	23	26	22	21	22,9	141
2	“	Pilastro	19	17	24	22	24	19	18	23	22	21	20,9	121
3	“	Pilastro	27	22	21	21	24	22	18	22	18	22	21,7	129
4	“	Pilastro	29	29	31	33	26	35	27	33	28	28	29,9	226
5	“	Pilastro	35	27	27	37	35	30	28	27	26	28	30,0	227
6	“	Pilastro	26	26	26	26	28	24	25	27	26	26	26,0	177
7	“	Pilastro	32	38	31	36	32	39	39	32	35	32	34,6	291
8	“	Pilastro	26	29	26	28	29	29	28	29	27	26	27,7	197
9	“	Pilastro	27	27	27	36	30	28	33	27	28	31	29,4	219
10	“	Pilastro	32	31	31	30	33	28	35	32	30	29	31,1	242
11	“	Pilastro	19	27	25	19	21	22	22	23	22	19	21,9	131
12	Primo	Pilastro	28	26	23	25	25	25	23	22	24	25	24,6	160
13	“	Pilastro	26	27	32	31	31	30	29	28	30	26	29	214
14	“	Pilastro	32	32	33	27	32	27	26	27	29	29	29,4	219
15	“	Pilastro	21	23	21	23	22	24	23	24	19	22	22,2	134
16	“	Pilastro	27	25	23	23	22	22	23	23	24	27	23,9	152
17	“	Pilastro	23	22	27	25	23	22	24	21	23	28	23,8	151
18	“	Pilastro	30	31	29	30	29	28	30	29	28	32	29,6	222
19	“	Pilastro	27	26	28	27	28	25	26	27	31	29	27,4	194
20	“	Pilastro	30	30	29	33	28	28	30	29	29	29	29,5	220



Planimetria del piano terra con ubicazione siti rilevati



Planimetria del primo piano con ubicazione siti rilevati



4. NOTA CONCLUSIVA

La società si assume la responsabilità per la precisione delle misurazioni effettuate.

Palermo, 29 maggio 2009

4 EMME Service S.p.A.

*Il Responsabile delle prove:
Geom. Sebastiano Di Maggio*

*Il Direttore del Centro di Palermo
Ing. Michele Infurna*